

GLASNIK ZA ŠUMSKE POKUSE

*Annales
pro experimentis foresticis*

13



DIGITALNI REPOZITORIJ ŠUMARSKOG FAKULTETA

OŽUJAK, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
POLJOPRIVREDNO-ŠUMARSKI FAKULTET
ZAVOD ZA ŠUMSKE POKUSE

UNIVERSITATIS IN ZAGREB
FACULTATIS AGRONOMICŌ FORESTALIS
INSTITUTUM PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS

ANNALES
PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS

Volumen 13

ZAGREB IN JUGOSLAVIA · 1957

UNIVERSITATIS IN ZAGREB
FACULTATIS AGRONOMO - FORESTALIS
INSTITUTUM PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS

Glasnik za šumske pokuse

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
POLJOPRIVREDNO-ŠUMARSKI FAKULTET
ZAVOD ZA ŠUMSKE POKUSE

GLASNIK
ZA ŠUMSKE POKUSE

Knjiga 13

ZAGREB 1957

TISAK GRAFIČKOG ZAVODA HRVATSKE — ZAGREB

Urednik

Dr. ing. ZVONIMIR ŠPOLJARIĆ

Prof. dr. ANDRIJA PETRAČIĆ:

**PRILOG ZA POZNAVANJE VISINSKOG
PRIRASTA SMREKOVIH (PICEA EXCELSA
LINK) STABALACA NASTALIH IZ RAZLI-
ČITO RAZVIJENIH SADNICA ISTE SJETVE**

HÖHENWUCHS DER AUS VERSCHIEDEN KRÄFTIGEN PFLANZEN
DERSELBEN AUSSAAT STAMMENDEN FICHTEN-STÄMMCHEN

(*Picea excelsa Link*)

Poznato je, da iz sjemena posijanog u jednoj brazdici ne porastu u određenom vremenu jednako visoke biljke. Ma da su jednako stare, neke su od njih jače, a neke slabije. Od interesa je znati, kako se takve jednako stare, a različito razvijene biljke dalje razvijaju u visinu, pošto ih presadimo u rasadniku ili pošto ih posadimo u šumi. Vrijedno je znati, da li će slabije biljke zadržati u slijedećim godinama svoj polaganiji, odnosno da li će jače biljke zadržati svoj brži prirast u visinu iz prve mladosti. Kod podizanja šumskih kultura, ima ovo pitanje posebno značenje.

U fakultetskom šumskom rasadniku u Maksimiru podižu se češće u nastavne svrhe smrekove kulture iz jačih, kao i kulture iz slabijih sadnica iste sjetve, u namjeri, da se vidi njihov dalji prirast. U ovoj radnji prikazani su podaci iz jednog takvog pokusnog polja o prirastu stabalaca nastalih iz vrlo dobro, dobro i slabo razvijenih trogodišnjih smrekovih sadnica, i to do njihove dobi od 15 godina.

OPIS POKUSA — VERSUCHSBESCHREIBUNG

Dne 21. IV. 1941. izvađene su u jednoj gredici sve trogodišnje smrekove sadnice iz 5 redova (po 1 m dužine). Pošto je izlučen ološ, ostalo je 928 komada sadnica (t. j. 186 komada po m), koje su razvrstane s obzirom na svoj uzrast u 3 grupe, od kojih je bilo:

- a) $\frac{1}{3}$ ili 309 biljaka vrlo dobro razvijenih,
- b) $\frac{1}{3}$ ili 309 biljaka dobro razvijenih i
- c) $\frac{1}{3}$ ili 310 biljaka slabo razvijenih.

Na dan vađenja iz tla imale su te sadnice ove dužine stabljika:

U I. grupi, t. j. kod 309 vrlo dobro razvijenih sadnica:

dužina stabljike	broj sadnica	ukupna dužina
24 cm	41	984 cm
25 cm	35	875 cm
26 cm	26	676 cm
27 cm	29	783 cm
28 cm	35	980 cm
29 cm	25	725 cm
30 cm	16	480 cm
31 cm	22	682 cm
32 cm	21	672 cm
33 cm	14	462 cm
34 cm	16	544 cm
35 cm	6	210 cm
36 cm	6	216 cm
37 cm	3	111 cm
40 cm	3	120 cm
41 cm	3	123 cm
43 cm	2	86 cm
44 cm	1	44 cm
45 cm	1	45 cm
46 cm	1	46 cm
47 cm	1	47 cm
50 cm	1	50 cm
51 cm	1	51 cm
	309 kom.	9012 cm

ili 1 sadnica 29,17 cm

U II. grupi, t. j. kod 309 dobro razvijenih sadnica:

dužina stabljike	broj sadnica	ukupna dužina
17 cm	5	85 cm
18 cm	43	774 cm
19 cm	50	950 cm
20 cm	57	1140 cm
21 cm	58	1218 cm
22 cm	44	968 cm
23 cm	39	897 cm
24 cm	13	312 cm
	309 kom.	6344 cm

ili 1 sadnica 20,53 cm

U III. grupi, t. j. kod 310 slabo razvijenih sadnica:

dužina izbojka	broj sadnica	ukupna dužina
5 cm	1	5 cm
6 cm	4	24 cm
7 cm	10	70 cm
8 cm	16	128 cm
9 cm	17	153 cm
10 cm	26	260 cm
11 cm	23	253 cm
12 cm	35	420 cm
13 cm	37	481 cm
14 cm	35	490 cm
15 cm	43	645 cm
16 cm	35	560 cm
17 cm	28	476 cm
	310 kom.	3965 cm

ili 1 sadnica 12,8 cm

Prema tome 310 vrlo dobro razvijenih 3-godišnjih sadnica imale su prosječnu visinu od 29,17 cm, prosječna visina dobro razvijenih sadnica iznosila je 20,53 cm, a slabo razvijenih sadnica 12,79 cm.

Iz svake od ovih triju grupa (I., II., III.) uzeto je po 72 kom. sadnica, koje su po odraslosti bile najbliže visinama od 29,2 cm, 20,5 cm i 12,8 cm, te su presađene u rasadniku na ovcu tablu. Sadnice iz svake od naprijed navedenih grupa presađene su odijeljeno, i to po 6 redova sa 12 sadnica. Sadnice su presađene u razmacima redova i sadnica od 1,50 m. (Da bi se tlo u prvo vrijeme bolje zaštitilo, posađeno je između redova i sadnica isti broj jednako kvalitetnih sadnica. Te međusadnice izvađene su, čim se pokazalo, da su postale suvišne).

Mjerenje visina svakog pojedinog stabalca započelo je u njihovoj dobi od 9 godina i nastavljeno je do dobi od 15 godina (u jesen godine 1952.).

Rezultati mjerenja sadržani su u tabelama 1.—7.

TABELA — TABELLE 1.

Visine 9-godišnjih stabalaca (u jesen 1946.)
Die Höhen neunjähriger Stämmchen (im Herbst 1946)

Grupa — Gruppe I.							Grupa — Gruppe III.						
	a	b	c	d	e	f		a	b	c	d	e	f
1	106	158	174	123	95	70	1	108	106	85	61	110	84
2	149	108	163	116	69	99	2	127	101	81	85	65	47
3	135	151	151	146	146	119	3	89	74	89	64	107	67
4	127	188	145	131	111	111	4	96	72	85	61	55	68
5	130	158	118	143	152	129	5	104	84	87	77	68	85
6	109	159	95	160	132	78	6	65	98	84	89	75	80
7	164	169	122	184	109	111	7	95	53	47	64	43	73
8	135	153	133	130	105	99	8	92	36	48	104	82	43
9	139	131	137	152	111	101	9	106	65	67	59	92	54
10	135	139	148	114	131	141	10	66	88	88	67	80	80
11	144	133	123	142	176	167	11	65	67	89	69	82	74
12	133	167	162	172	134	94	12	65	89	94	52	54	54

9590 cm

5529 cm

Grupa — Gruppe II.

	a	b	c	d	e	f
1	99	88	119	93	133	102
2	115	104	93	146	61	69
3	143	102	119	151	85	101
4	131	113	114	82	107	97
5	103	146	99	85	107	82
6	101	109	111	91	89	115
7	85	81	105	119	112	103
8	132	88	81	79	97	96
9	111	95	94	103	116	60
10	97	107	74	147	77	33
11	106	101	92	99	116	96
12	113	118	88	82	113	109

7380 cm

Srednja visina:
Mittelhöhe:

- I. grupe, 9590 : 72 = 133,19 cm
- II. grupe, 7380 : 72 = 102,50 cm
- III. grupe, 5529 : 72 = 76,79 cm

TABELA — TABELLE 2.

Visine 10-godišnjih stabalaca (u jesen 1947.)
Die Höhen zehnjähriger Stämmchen (im Herbst 1947)

Grupa — Gruppe I.							Grupa — Gruppe III.						
	a	b	c	d	e	f		a	b	c	d	e	f
1	128	204	216	154	112	80	1	132	123	101	67	126	91
2	181	124	199	145	76	115	2	165	113	100	114	83	53
3	159	178	177	202	167	130	3	95	93	106	70	120	74
4	153	225	177	175	125	119	4	110	94	93	77	80	99
5	141	201	150	184	177	139	5	129	105	106	90	80	105
6	129	197	126	199	159	89	6	81	130	104	120	96	93
7	202	193	159	233	126	130	7	105	58	60	78	58	89
8	171	194	160	158	127	110	8	267	109	142	238	199	110
9	171	159	176	187	134	121	9	109	71	73	63	98	62
10	174	159	175	145	156	165	10	70	99	103	74	92	88
11	169	153	157	167	217	218	11	71	75	103	85	96	80
12	163	215	186	212	164	115	12	72	97	108	60	75	60

11633 cm

6503 cm

Grupa — Gruppe II.

Srednja visina:
Mittelhöhe:

	a	b	c	d	e	f
1	118	108	149	113	163	117
2	132	113	124	201	63	75
3	154	129	144	172	101	118
4	168	128	150	90	126	100
5	126	175	117	96	129	93
6	111	124	127	100	105	142
7	104	86	115	127	128	117
8	170	107	90	88	108	113
9	132	106	105	110	127	67
10	106	134	94	185	85	95
11	125	124	109	113	136	111
12	143	124	97	93	127	135

8637 cm

I. grupe, 11633 : 72 = 161,57 cm
II. grupe, 8637 : 72 = 119,96 cm
III. grupe, 6503 : 72 = 90,32 cm

TABELA — TABELLE 3.

Visine 11-godišnjih stabalaca (u jesen 1948.)
Die Höhen elfjähriger Stämmchen (im Herbst 1948)

Grupa — Gruppe I.

Grupa — Gruppe III.

	a	b	c	d	e	f
1	180	232	300	173	166	131
2	222	156	230	179	86	140
3	200	189	215	254	167	167
4	182	279	212	217	154	120
5	168	238	169	226	220	166
6	163	218	194	205	198	120
7	259	209	186	296	126	173
8	213	219	201	191	168	143
9	217	216	224	240	174	154
10	226	224	217	162	277	218
11	224	162	170	168	238	282
12	204	267	227	247	205	138

14302 cm

	a	b	c	d	e	f
1	181	150	133	93	184	111
2	232	134	120	136	113	65
3	127	123	146	101	159	78
4	124	130	118	115	112	133
5	164	124	146	135	106	116
6	81	164	141	141	139	122
7	93	126	103	88	79	134
8	145	58	69	154	108	62
9	113	87	73	83	100	94
10	95	118	148	102	117	85
11	76	108	133	118	113	107
12	74	102	140	77	104	61

8344 cm

Grupa — Gruppe II.

Srednja visina:
Mittelhöhe:

	a	b	c	d	e	f
1	157	128	184	146	206	128
2	186	120	153	257	74	90
3	157	154	208	192	131	152
4	208	155	187	126	155	114
5	155	206	142	108	173	117
6	138	135	168	112	134	184
7	148	91	137	159	151	144
8	235	119	102	116	128	143
9	181	135	128	133	161	78
10	132	182	131	234	113	149
11	154	175	132	137	165	140
12	193	147	117	114	162	174

10780 cm.

I. grupe, 14302 : 72 = 198,64 cm
II. grupe, 10780 : 72 = 149,72 cm
III. grupe, 8344 : 72 = 115,89 cm

TABELA — TABELLE 4.

Visine 12-godišnjih stabalaca (u jesen 1949.)
Die Höhen zwölfjähriger Stämmchen (im Herbst 1949)

Grupa — Gruppe I.						Grupa — Gruppe III.							
	a	b	c	d	e	f		a	b	c	d	e	f
1	246	284	368	189	223	188	1	249	191	179	133	249	164
2	280	208	243	233	103	186	2	302	178	157	177	153	87
3	234	246	277	323	174	215	3	189	168	190	146	214	95
4	242	332	276	272	205	126	4	182	180	162	154	151	159
5	223	294	206	280	288	209	5	226	177	207	202	142	156
6	197	247	234	214	237	164	6	102	196	208	173	192	167
7	334	250	232	379	167	227	7	112	166	138	121	111	161
8	288	274	236	237	224	182	8	199	81	103	193	154	92
9	256	275	269	287	203	208	9	136	126	87	111	129	133
10	288	305	271	183	184	279	10	142	151	179	140	151	105
11	279	192	181	205	302	352	11	92	149	171	147	140	151
12	270	327	288	318	248	196	12	105	130	198	119	149	78

17592 cm

11207 cm

Grupa — Gruppe II.

	a	b	c	d	e	f
1	234	170	208	174	266	141
2	241	178	203	327	96	131
3	200	191	301	237	167	195
4	269	198	221	188	184	145
5	201	259	189	119	194	151
6	205	181	223	139	180	232
7	197	114	183	215	194	174
8	303	172	140	159	176	177
9	242	195	172	187	193	104
10	167	254	193	261	156	230
11	196	228	184	188	225	184
12	265	192	160	139	223	226

14106 cm

Srednja visina:
Mittelhöhe:

- I. grupe, 17592 : 72 = 244,36 cm
II. grupe, 14106 : 72 = 195,92 cm
III. grupe, 11207 : 72 = 155,65 cm

TABELA — TABELLE 5.

Visine 13-godišnjih stabalaca (u jesen 1950.)
Die Höhen dreizehnjähriger Stämmchen (im Herbst 1950)

Grupa — Gruppe I.						Grupa — Gruppe III.							
	a	b	c	d	e	f		a	b	c	d	e	f
1	285	339	392	197	258	237	1	330	241	231	176	291	197
2	337	249	310	272	127	235	2	367	244	208	211	207	114
3	250	284	328	361	191	243	3	241	212	228	190	258	136
4	299	378	331	323	254	163	4	225	232	233	188	187	183
5	278	301	256	300	351	272	5	282	229	265	248	185	199
6	216	288	282	249	288	192	6	143	256	264	239	248	221
7	378	291	282	448	202	271	7	139	202	177	154	144	214
8	334	333	258	298	289	213	8	267	109	142	238	199	110
9	297	315	316	312	226	249	9	176	172	112	151	167	171
10	329	345	314	203	249	316	10	181	179	221	179	209	142
11	336	245	219	256	349	409	11	112	178	215	170	168	201
12	321	393	342	376	305	241	12	146	163	262	171	195	97

20776 cm

14342 cm

Grupa — Gruppe II.

Srednja visina:
Mittelhöhe:

	a	b	c	d	e	f
1	289	217	249	204	321	153
2	295	219	218	372	110	172
3	250	229	343	257	188	228
4	322	242	257	229	203	174
5	233	324	226	153	221	185
6	248	212	271	150	215	259
7	231	131	237	261	235	224
8	342	217	177	189	212	204
9	271	249	212	210	238	132
10	200	297	226	307	181	265
11	247	265	219	231	244	215
12	338	240	206	183	269	283

16826 cm

I. grupe, 20776 : 72 = 288,56 cm
II. grupe, 16826 : 72 = 233,61 cm
III. grupe, 14342 : 72 = 199,20 cm

TABELA — TABELLE 6.

Visine 14-godišnjih stabalaca (u jesen' 1951.)
Die Höhen vierzehnjähriger Stämmchen (im Herbst 1951)

Grupa — Gruppe I.

Grupa — Gruppe III.

	a	b	c	d	e	f
1	311	406	452	231	305	265
2	402	301	380	312	154	305
3	253	328	382	435	222	278
4	342	427	374	375	282	198
5	325	327	312	347	404	313
6	244	342	341	286	328	208
7	395	351	320	484	254	304
8	395	397	280	367	342	234
9	350	348	376	357	276	293
10	385	383	362	245	314	326
11	380	292	249	301	402	460
12	376	475	408	420	367	278

24044 cm

	a	b	c	d	e	f
1	404	305	286	197	326	236
2	423	300	266	239	242	138
3	276	240	275	229	297	180
4	265	294	272	217	225	207
5	343	266	337	293	227	242
6	184	307	314	276	303	274
7	174	258	223	192	180	273
8	301	133	172	281	250	123
9	232	233	142	193	200	215
10	217	199	258	222	261	184
11	132	219	273	208	210	244
12	195	199	325	212	249	131

17418 cm

Grupa — Gruppe II.

Srednja visina:
Mittelhöhe:

	a	b	c	d	e	f
1	325	248	315	243	378	168
2	360	261	226	415	129	220
3	306	292	365	284	200	269
4	376	279	328	255	222	184
5	254	376	262	174	263	205
6	274	243	291	167	228	283
7	261	158	275	296	265	259
8	386	247	208	217	245	246
9	308	292	256	244	258	153
10	245	316	247	350	208	272
11	307	286	242	285	267	245
12	425	331	268	232	294	325

19587 cm

I. grupe, 24044 : 72 = 333,94 cm
II. grupe, 19587 : 72 = 272,04 cm
III. grupe, 17418 : 72 = 241,92 cm

TABELA — TABELLE 7.

Visine 15-godišnjih stabalaca (u jesen 1952.)
Die Höhen fünfzehnjähriger Stämmchen (im Herbst 1952)

Grupa — Gruppe I.							Grupa — Gruppe III.						
	a	b	c	d	e	f		a	b	c	d	e	f
1	356	431	484	264	344	306	1	449	345	359	232	359	272
2	422	358	438	353	185	359	2	472	356	327	298	294	167
3	373	354	410	463	263	318	3	334	302	336	278	331	221
4	397	452	427	423	332	217	4	308	336	335	257	263	254
5	365	388	356	393	453	342	5	399	342	377	336	275	291
6	281	382	407	353	377	238	6	237	324	382	346	359	323
7	438	406	349	520	288	349	7	209	298	262	242	231	314
8	450	428	308	427	393	276	8	352	168	212	327	324	157
9	369	398	425	410	322	316	9	297	301	176	238	235	254
10	425	425	417	278	357	362	10	264	269	310	286	328	207
11	431	339	324	354	445	488	11	167	266	344	267	252	294
12	420	506	464	473	426	322	12	252	251	376	261	319	178
26893 cm							20964 cm						

Grupa — Gruppe II.						
	a	b	c	d	e	f
1	361	301	362	305	423	192
2	403	298	247	461	154	253
3	362	344	412	309	261	323
4	436	320	399	305	273	234
5	303	432	283	186	309	264
6	312	282	327	207	288	328
7	304	181	346	358	304	306
8	433	303	259	259	293	303
9	354	334	295	286	288	187
10	287	365	297	402	243	315
11	359	341	312	348	323	291
12	485	384	343	263	336	358
22704 cm						

Srednja visina:
Mittelhöhe:

- I. grupe, 26893 : 72 = 373,51 cm.
- II. grupe, 22704 : 72 = 315,33 cm.
- III. grupe, 20964 : 72 = 291,17 cm.

Iz tabeļa 1—7 uzeti su, odnosno izračunati ovi podaci:

a) Za 72 stabalca I. grupe (iz vrlo dobro razvijenih biljaka):

Dob	Ukupna visina svih 72 stabalca	Teč. god. prirast	Prosječna visina stabalaca	Prosječ. teč. prirast stabalca
Alter	Gesamthöhe sämtlicher 72 Stämmchen	Laufender jährlicher Zuwachs	Durchschnittshöhe der Stämmchen	Durchschnittl. laufender Zuwachs der Stämmchen
	cm	cm	cm	cm
9 god.	9590	2043	133,19	28,38
10 „	11633	2669	161,57	37,07
11 „	14302	3290	198,64	45,72
12 „	17592	3184	244,36	44,20
13 „	20776	3268	288,56	45,38
14 „	24044	2849	333,94	39,57
15 „	26893		373,51	

b) Za 72 stabalca II. grupe (iz dobro razvijenih biljaka):

Dob	Ukupna visina svih 72 stabalca	Teč. god. prirast	Prosječna visina stabalaca	Prosječ. teč. prirast stabalca
Alter	Gesamthöhe sämtlicher 72 Stämmchen	Laufender jährlicher Zuwachs	Durchschnittshöhe der Stämmchen	Durchschnittl. laufender Zuwachs der Stämmchen
	cm	cm	cm	cm
9 god.	7380	1257	102,50	17,46
10 „	8637	2143	119,96	29,76
11 „	10780	3326	149,72	46,20
12 „	14106	2720	195,92	37,69
13 „	16826	2761	233,61	38,43
14 „	19587	3117	272,04	43,29
15 „	22704		315,33	

c) Za 72 stabalca III. grupe (iz slabo razvijenih biljaka):

Dob	Ukupna visina svih 72 stabalca	Teč. god. prirast	Prosječna visina stabalaca	Prosječ. teč. prirast stabalca
Alter	Gesamthöhe sämtlicher 72 Stämmchen	Laufender jährlicher Zuwachs	Durchschnittshöhe der Stämmchen	Durchschnittl. laufender Zuwachs der Stämmchen
	cm	cm	cm	cm
9 god.	5529		76,79	
10 „	6503	974	90,32	13,53
11 „	8344	1841	115,89	25,57
12 „	11207	2863	155,65	39,76
13 „	14342	3135	199,20	43,55
14 „	17418	3076	241,92	42,72
15 „	20964	3546	291,17	49,25

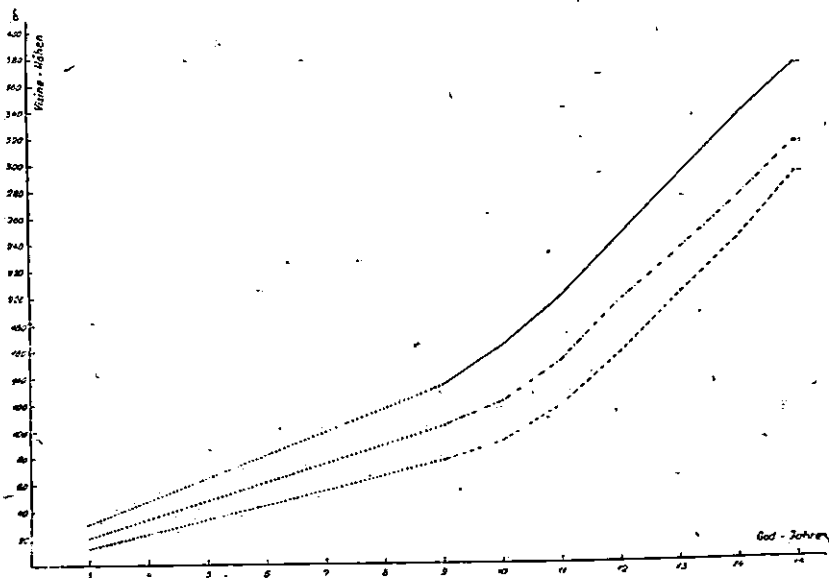
Visinske krivulje stabalaca iz grupa I., II., III., u dobi između 9—15 godina prikazane su na sl. 1.

Prosječna visina stabalaca III. grupe bila je u njihovoj 15. godini niža nego kod stabalaca I. i II. grupe, a prosječna visina stabalaca II. grupe bila je niža nego kod stabalaca I. grupe. To je, međutim, posljedica slabijeg priraščivanja u ranijim godinama njihova života. Stabalca II. grupe imala su, naime, već od svoje 11. godine podjednako velik tekući godišnji prirast u visinu kao i stabalca iz I grupe, a poprečni tekući godišnji visinski prirast bio im je u 15. godini dapače i veći nego kod stabalaca iz I. grupe (43,29 i 39,57). Isto je tako visinski prirast bio i kod stabalaca III. grupe veći u 13., 14. i 15. godini nego prirast stabalaca iz II., a u 15. godini veći nego i kod stabalaca iz I. grupe.

Prema tome očito je, da mali prirast slabih sadnica i stabalaca iz njihove prve mladosti ne ostaje nasljedan i u odmaklijoj dobi. Samo pojedine sadnice zadrže svoje sporo rastenje iz mladosti i u odmaklijoj dobi (do 15. godine). Međutim, i kod tih najnižih primjeraka mijenja se, donekle, u pojedinim godinama, međusobni odnos njihovih visina. Tako je u 9. godini starosti među sadnicama iz III. grupe bila najniža sadnica 8/b sa 36 cm, a nešto viša je bila sadnica 8/f sa 43 cm, a u 15. godini bila je sadnica 8/b visoka 168 cm, a sadnica 8/f 157 cm. I međusobni odnosi visina ostalih primjeraka varirali su u pojedinim godinama.

Posebnu pažnju zavređuje osvrt na visine najviših i najnižih stabalaca u grupama I, II. i III. u pojedinim godinama starosti (od 9.—15. godine). Te su visine iznosile u grupi:

	I. grupa		II. grupa		III. grupa	
	za naj- veće stabalce	za naj- manje	za naj- veće stabalce	za naj- manje	za naj- veće stabalce	za naj- manje
u 9 god.	188 cm	69 cm	151 cm	60 cm	127 cm	36 cm
„ 10 „	233 „	76 „	201 „	63 „	165 „	42 „
„ 11 „	300 „	86 „	257 „	74 „	232 „	58 „
„ 12 „	379 „	103 „	327 „	96 „	302 „	78 „
„ 13 „	448 „	127 „	372 „	110 „	367 „	97 „
„ 14 „	484 „	154 „	425 „	129 „	423 „	123 „
„ 15 „	520 „	185 „	485 „	154 „	472 „	157 „



Krivulje visinskog prirasta šmrekovih stabalaca u dobi od 9—15 godina podignutih iz: ————— vrlo dobro razvijenih, - - - - - dobro razvijenih, - - - - - slabò razvijenih trogodišnjih sadnica iste sjetve.
 — Höhenzuwachskurven der 9—15-jährigen Fichtenstämmchen, erzielt aus: ————— sehr gut entwickelten, - - - - - gut entwickelten und - - - - - schwach entwickelten 3-jährigen Pflanzen derselben Aussaat.

KRATAK SADRŽAJ I ZAKLJUČNE NAPOMENE

U ovoj radnji prikazani su rezultati mjerenja prirasta u visinu smrekovih stabalaca, uzgojenih iz vrlo dobro (29 cm), dobro (20,5 cm) i iz slabo (13 cm) razvijenih 3-godišnjih sadnica (grupe I., II., III.). Sadnice su uzete iz iste gredice. Na svakoj od tri pokusne plohe (u šumskom rasadniku Maksimir) presađeno je po 72 sadnice, i to na prvoj pokusnoj plohi sadnice iz grupe I., na drugoj sadnice iz grupe II., a na trećoj sadnice iz grupe III. Mjerenjem visinskog prirasta počelo se, kad su stabalca bila u dobi od 9 godina, i vršeno je do dobi stabalaca od 15 godina (vidi tabele 1—7). Stabalca u dobi od 9 godina bila su prosječno visoka: u I. grupi 133,19 cm, u II. grupi 102,50 cm, i u III. grupi 76,79 cm, a stabalca u dobi od 15 godina bila su prosječno visoka: u I. grupi 373,51 cm, u II. grupi 315,33 cm i u III. grupi 291,17 cm.

Tečajni (godišnji) prirast pojedinog stabalca iznosio je za:

	I. grupu	II. grupu	III. grupu
u 10. godini	28,38 cm	17,46 cm	13,53 cm
„ 11. „	37,07 „	29,76 „	25,57 „
„ 12. „	45,72 „	46,20 „	39,76 „
„ 13. „	44,20 „	37,69 „	43,55 „
„ 14. „	45,38 „	38,43 „	42,72 „
„ 15. „	39,57 „	43,29 „	49,25 „

Vidi se, da se tečajni prirast stabalaca uzgojenih iz sadnica II. grupe, odnosno III. grupe, gotovo izjednačio sa godišnjim visinskim prirastom stabalaca iz I. grupe u njihovoj dobi od 12 odnosno 13 godina. Prema tome došlo je do izravnavanja tekućeg visinskog prirasta stabalaca iz grupa I., II., III., dosta rano.

Zbog većeg prirasta u visinu do dobi od 12 (odnosno 13) godina stabalca su I. grupe bila u dobi od 15 godina znatno viša nego stabalca porasla iz sadnica grupa II. i III. (373,51 cm 315,33 cm, 291,17 cm), pa je to znatna prednost upotrebe bolje razvitih sadnica pri podizanju šuma, a napose pri pošumljavanju krša, gdje je radi zaštite tla vrlo poželjno, da se mlada stabalca u branjevinama što prije sklope.

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Abhandlung ist der Höhenwuchs junger Fichtenstämmchen, die aus ungleich entwickelten 3-jährigen Pflanzen derselben Aussaat erzogen wurden, dargestellt. Sehr gut entwickelte Pflanzen waren 29 cm (Gruppe I), gut entwickelte 20,5 cm (Gruppe II) und schwach entwickelte 13 cm (Gruppe III) hoch.

In dem Forstgarten Maksimir-Zagreb (Meereshöhe 120 m) wurden auf drei Versuchsflächen je 72 Stück sehr gut, gut und schwach entwickelter Pflanzen verschult (150/150 cm) und im Alter von 9—15 Jahren Messungen ihrer Höhen durchgeführt (Tabellen 1—7). Die Höhen der Stämmchen betragen:

Im Alter von:	Gruppe I.	Gruppe II.	Gruppe III.
9 Jahren	133,19 cm	102,50 cm	76,79 cm
10 "	161,57 "	119,96 "	90,32 "
11 "	198,64 "	149,72 "	115,89 "
12 "	244,36 "	195,92 "	155,65 "
13 "	288,56 "	233,61 "	199,20 "
14 "	333,94 "	272,04 "	241,92 "
15 Jahren	373,51 cm	315,33 cm	291,17 cm

Der laufend-jährliche Zuwachs eines Stämmchens betrug in seinem:

	Gruppe I.	Gruppe II.	Gruppe III.
10. Lebensjahr	28,38 cm	17,46 cm	13,53 cm
11. "	37,07 "	29,76 "	25,57 "
12. "	45,72 "	46,20 "	39,76 "
13. "	44,20 "	37,69 "	43,55 "
14. "	45,38 "	38,43 "	42,72 "
15. "	39,57 "	43,29 "	49,25 "

Daraus ist ersichtlich, dass der laufend-jährliche Zuwachs der Stämmchen aus der Gruppe II, bzw. aus der Gruppe III schon im 12., bzw. 13. Lebensjahr dem Zuwachs Stämmchen aus der Gruppe I so ziemlich gleicht.

Infolge grösseren Höhenzuwaches bis zum 12., bzw. bis zum 13. Lebensjahr sind die Stämmchen der Gruppe I im Alter von 15 Jahren viel höher als die Stämmchen der Gruppen II und III (373,51 cm, 315,33 cm, 291,17 cm). Nebst der grösseren Vitalität der besser entwickelten vor den schwächer entwickelten Pflanzen ist dies ein Vorzug auch bei Bestandesbegründung.

Dr. JURAJ KRPAJ:

**ISTRAŽIVANJE TOČKE ZASIĆENOSTI
VLAKANACA VAŽNIJIH DOMAĆIH VRSTA
DRVETA**

INVESTIGATION OF THE FIBRE-SATURATION
POINT OF SEVERAL MORE IMPORTANT NATIVE
WOOD SPECIES

ŠADRŽAJ — CONTENTS

- I. PREDGOVOR — PREFACE
 - II. UVOD — INTRODUCTION
 - III. CILJ ISTRAŽIVANJA — AIM OF THE INVESTIGATION
 - IV. MATERIJAL ZA ISTRAŽIVANJA — MATERIAL INVESTIGATED
 - 1. Područje i izbor stabala — *Forest area and selection of trees*
 - 2. Način uzimanja proba — *Method of specimen taking*
 - V. METODA — WORKING METHOD
 - VI. REZULTATI — RESULTS
 - a) Točka zasićenosti određena mjerenjem volumnog utezanja — *Fibre-saturation point determined by measurements of the volumetric shrinkage*
 - b) Točka zasićenosti određena mjerenjem čvrstoće na pritisak u smjeru paralelnom s vlakancima — *Fibre-saturation point determined by measurements of the crushing strength parallel to grain*
 - c) Komparacija rezultata dobivenih mjerenjem volumnog utezanja i mjerenjem čvrstoće na pritisak u smjeru paralelnom s vlakancima — *Comparison of the results obtained by measurements of the volumetric shrinkage and the crushing strength parallel to grain*
 - d) Utjecaj veličine i položaja probe u stablu na točku zasićenosti — *Influence of size and position of specimen in the stem on the fibre-saturation point*
 - e) Varijacije točke zasićenosti unutar hrastovine — *Variations of the fibre-saturation point within oak-wood*
 - VII. ZAKLJUČAK — CONCLUSION
 - VIII. LITERATURA — LITERATURE — SUMMARY
- Radnja primljena na štampanje 14. VII, 1953.*

I. PREDGOVOR — PREFACE

Na prvom mjestu zahvaljujem akademiku Aleksandru Ugrenoviću, redovnom sveučilišnom profesoru i predstojniku Zavoda za tehnologiju drveta Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Zagrebu, za pomoć, što mi ju je pružio kod izbora teme i za savjete u toku rada.

Ugodna mi je dužnost zahvaliti se Odboru za šume i Šumskom gospodarstvu Poljoprivredno-šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu za materijalnu i novčanu pomoć, koju su mi doznali za ova istraživanja, koja su povezana s velikim brojem vaganja, mjerenja dimenzija, ispitivanja čvrstoće kao i raznih drugih laboratorijskih radova i golemim brojem računskih operacija kod statističke obrade izmjerenih i izračunanih podataka. Spomenuto šumsko gospodarstvo stavilo mi je na raspolaganje i probna stabla, iz kojih su uzeti probni trupčići i izrađene probe.

Izvanredni sveučilišni profesor dr. ing. Ivo Horvat zadržao me je, stavivši mi na raspolaganje literaturu u vezi s ovim istraživanjima, koju je sabrao na svom putu po Engleskoj i Zapadnoj Njemačkoj, na čemu sam mu osobito zahvalan, kao i za primjedbe i savjete, koje mi je dao pri izradi instrukcije za rad i razrade problematike ovih istraživanja.

Zahvalan sam sveučilišnom profesoru Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu dr. ing. J. Hribaru, koji mi je omogućio, da na univerzalnom stroju Amsler izvršim potrebna ispitivanja velikog broja proba na čvrstoću.

Kod statističke obrade podataka pružio mi je veliku pomoć svojim savjetima i literaturom ing. Borivoj Emrović, asistent u Zavodu za dendrometriju, za što mu i ovom prilikom zahvaljujem.

Zahvaljujem ing. Ivi Opačiću, pod čijim su nadzorom izvršene analize tanina, ekstrakcije smole i određivanja vlage u ksilolu i sušioniku u Zavodu za agrikulturnu kemiju Poljoprivredno-šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Najzad mi je ugodna dužnost zahvaliti se studentima šumarstva: Pavlu Meštoviću, Ivanu Ujdenici, Branku Kopjaru i Božidaru Horvatu, koji su mi pomogli kod izrade proba, vaganja i ostalih laboratorijskih radova, a djelomično i kod statističke obrade podataka.

Svim onima, koji su me pomagali u toku rada, još jednom srdačno zahvaljujem.

II. UVOD — INTRODUCTION

Ova istraživanja imaju zadatak odrediti točku zasićenosti vlakana važnijih domaćih vrsta drveta primjenom metode volumnog utezanja i metode čvrstoće na pritisak u smjeru vlakana; istražiti utjecaj veličine proba na točku zasićenosti i varijacije točke zasićenosti s obzirom na bjeljikovinu i srževinu i s obzirom na položaj proba u stablu.

Između suhe drvne tvari i vode postoji velika privlačnost. Ova je pojava odavno poznata i njezina praktična važnost leži u činjenici, da kvaliteta drveta zavisi, među ostalim, i o sadržaju vlage. Kada vodena para dođe u dodir sa suhom drvnom tvari, atraktivne su sile tako velike, da se za vrijeme dok drvo prima vlagu oslobađa znatna količina topline. Primanjem vlage afinitet za vodu sve se više umanjuje, i kad se drvena tvar potpuno zasiti vodenom parom, afiniteta nestaje, a više se ne oslobađa ni toplina; nastaje ravnoteža.

Fibrozni materijali i elastični geli adsorbiraju tekućine. I ova pojava pripada istoj grupi fenomena. Sličnu pojavu imamo i kod celuloze, kada ona upija vodu. Ta se pojava zove sorpcija. Upijanje vlage zove se adsorpcija, a otpuštanje desorpcija.

U početku djelovanja vodene pare na suho kapilarno porozno tijelo odigravaju se površinske reakcije (molekularna sorpcija ili kemo-sorpcija), kod kojih dolazi do izražaja velika unutarnja površina. Unutarnja površina drveta može se približno izračunati na temelju istraživanja unutarnje površine celuloze i tvari koje sadržavaju celulozu (*Clark, Hess i Trogus, Hengstenberg, Stamm i Millet, po Kollmannu*²⁸ str. 118 i 384). Ona iznosi 20 ... 150 ... 280 m²/cm³ i varira s volumnom težinom drveta. Ako se molekularna sorpcija odigrava u području manje kohezije gotovo i ne dolazi do povećavanja volumena drveta. Primanje vlage, koje slijedi iza kemo-sorpcije odigrava se zgušnjavanjem vodene pare na unutarnjoj površini drveta i zove se adsorpcija. Ostali dio vezane vlage prima drvo kapilarnom kondenzacijom (*Kollmann*²⁸ str. 383).

Krivulje, koje pokazuju ravnotežu između količine adsorbirane vodene pare i djelomičnog (parcijalnog) tlaka vodene pare u uzduhu, kod stalne temperature, zovu se *adsorpcijske izoterme ili higroskopske izoterme*. One daju odgovor na važno pitanje, koje postavlja praksa: koliko vlage sadržava drvo okruženo uzduhom poznate vlage?

Do adsorpcijskih izoterma dolazi se držanjem proba drveta neko vrijeme u eksikatorima iznad poznatih koncentracija sumporne kiseline, odnosno u uzduhu poznatog parcijalnog pritiska vodene pare. Poznate su adsorpcijske izoterme: Katzova za celulozu, Hässelblatova za brezovinu i Loughboroughova za smrekovinu (*Picea sitchensis, Carr.*), za razne temperature. *Kollmann*²⁸ (str. 57) tvrdi, da se adsorpcijske izoterme od Loughborougha mogu, bez većih griješaka, upotrebiti za sve vrste drveta kod srednje i niže relativne vlage. Kad se relativna vlaga bliži iznosu 100%, javljaju se znatna odstupanja. Aritmetske sredine maksimalne vrijednosti adsorpcije kolebaju za pojedine vrste drveta između 22 i 35% vlage od težine apso-

lutno suhe drvne tvari ili, kako to isto izražava Stamm (po Kollmannu²⁸ str. 394), kg/kg (kilograma vode po kilogramu apsolutno suhe drvne tvari).

Količina vlage, što je sadržava drvo kod stalne temperature uzduha zavisi o relativnoj vlazi uzduha, koji ga okružuje. *Adsorpcijska vlaga zove se i higroskopska vlaga ili vezana voda.* Ona je upijena u drvne stijenke, utisnuta između nizova micela. Micel je koloidna čestica s adsorpcijskim slojem i električnim nabojem.

Osim vezane vode drvo može primiti još i znatnu količinu slobodne vode. Ona je nagomilana u porama drveta i nije vezana na drvo. Drvo može primiti, što vezane što slobodne vode, i preko dva i pol puta više od težine svoje apsolutno suhe drvne tvari, što zavisi o njegovoj strukturi. Slobodna voda ne utječe na svojstva drveta, osim što mu povećava težinu. Higroskopska voda je tako čvrsto vezana, da je njezina gustoća veća od gustoće slobodne vode oko 3%, što je dokazao Stamm (po Trendelenburgu⁵⁶ str. 12).

Potrebno je oštro razlikovati slobodnu vodu od vezane, jer na ponašanje drveta kod sušenja i upotrebe utječe samo vezana voda.

Likov i Auerman³¹ (str. 9) još i dalje diferenciraju vezu vlage s materijalom, i to ovako:

makrokapilarna vlaga je tekućina nagomilana u porama, koje imaju polumjer veći od 10^{-5} cm,

mikrokapilarna vlaga je tekućina, koja ispunjava uske pore, koje imaju polumjer manji od 10^{-5} cm,

vlaga bubrenja ili strukturna vlaga je ona, koju upijaju miceli osmotski ili je uključena u koloidnoj strukturi,

adsorpcijska vlaga je tekućina pridržavana molekularnim silama liofilnih grupa na površini čestica,

kemijski vezana vlaga je najčvršće vezana.

Makrokapilarna vlaga po Lykovu i Auermanu odgovara slobodnoj vodi, a mikrokapilarna, strukturna i adsorpcijska vezanoj vodi.

Većina autora dijeli vlagu u drvetu na slobodnu i vezanu, pa se dalje pridržavamo te podjele, imajući u vidu, da ostavljamo po strani kemijski vezanu vodu, koja dolazi u spojevima, koji izgrađuju drvenu tvar. Ona nije od interesa u proučavanju odnosa između vode i drveta, jer se radi o fizikalnim, a ne o kemijskim procesima, pa količina kemijski vezane vode ostaje nepromijenjena.

O promjenama vezane vode zavisi utezanje, odnosno bubrenje drveta, promjena važnijih mehaničkih svojstava, kao i promjena električne i termičke vodljivosti. Kod sušenja se da-

leko teže isparava vezana voda od slobodne. Rečeno je, da se oslobađa toplina, kada dođe u dodir suha drvna tvar s vodenom parom. Kada treba vezanu vodu istjerati iz drveta, potrebno je dovoditi velike količine topline, da bi se ta veza razbila. Isparavanje vezane i slobodne vode slijedi različite zakone. Za isparavanje slobodne vode vrijedi Daltonov zakon, po kojem je količina vode (Q), koja se ispari s neke površine (F), upravno proporcionalna deficitu zasićenosti ($E_t - e$), a obrnuto proporcionalna barometarskom pritisku (B):

$$Q = k \frac{E_t - e}{B} F \quad (1)$$

gdje je k faktor proporcionaliteta.

Po ovom zakonu isparavanje se može ubrzati povećavanjem deficita zasićenosti, uz B i F konstantno. Deficit zasićenosti povećava se povišenjem temperature. Iz toga slijedi, da povećanje temperature ubrzava sušenje, odnosno uvećava količinu isparene vode. Daltonov zakon ne uzima u obzir brzinu strujanja uzduha.

Na isušavanje vezane vode ne može se primijeniti Daltonov zakon, jer količina vode, koja izlazi iz drveta na njegovu površinu, manja je od one, koja se u istom vremenu može ispariti po Daltonovu zakonu. Podržavanjem uvjeta, koji odgovaraju Daltonovu zakonu, drvo bi se raspucalo i ne bi bilo upotrebljivo za namijenjenu svrhu, ili bi njegova upotrebljivost bila jako smanjena.

Izlaženjem vezane vode iz drveta javljaju se u njemu naprezanja zavisna o padu vlage. Pod padom vlage ili gradijentom razumijeva se razlika vlage susjednih slojeva. Kod isušivanja vezane vode treba pad vlage držati po mogućnosti što manji. To se postiže smanjivanjem brzine sušenja. Ako se ipak u toku procesa pojave naprezanja, uklanjaju se ona povremenim parenjem drveta, koje se suši.

Prije *Krischera* općenito se smatralo, da kretanje vezane vlage u drvetu slijedi *Fickov zakon difuzije*, po kojem je broj molekula (dn), koji u vremenu ($d\tau$) prolaze u smjeru pada koncentracije $\left(-\frac{dc}{dx}\right)$, predznak minus označuje smanjivanje koncentracije na putu (dx), proporcionalan nekoj konstanti (D), padu koncentracije, prijesjeku (F) i vremenu:

$$dn = -DF \frac{dc}{dx} d\tau \quad (2)$$

Krischer⁶¹ je došao do zaključka, da difuzija ne slijedi Fickov nego Stefanov zakon, po kojem je otpor difuziji obratno proporcionalan parcijalnom pritisku uzduha ($P_o - P_D$) u mješavini vlažnog uzduha. Za brzinu kretanja vlage u kapilarno poroznom tijelu kroz jedinicu površine u jednom satu, uz pretpostavku, da se u porama kapilarno poroznog tijela nalazi uzduh, Krischer je dao jednadžbu:

$$g'_a = - \frac{k}{\mu_u} \cdot \frac{1}{RT} \cdot \frac{P_o}{P_o - P_D} \cdot \frac{dP_D}{dx} \quad (3)$$

u kojoj je:

g'_a = težina vodene pare u kg, koja difundira kroz jedinicu površine (1 m^2) u jednom satu ($\text{kg/m}^2\text{h}$),

k = koeficijent difuzije vodene pare u uzduh (m^2/h), koji po Krischeru i Rohalтеру iznosi:

$$k = 0,086 \frac{10.000}{P_o} \left(\frac{T}{273} \right)^{2,3} \quad (\text{m}^2/\text{h})$$

μ_u = koeficijent otpora difuziji,

R = plinska konstanta ($\text{mkg/kg } ^\circ\text{K}$), koja za vodenu paru iznosi 47,1,

P_o = sveukupni pritisak vlažnog uzduha (kg/m^2),

P_D = parcijalni pritisak vodene pare u vlažnom uzduhu (kg/m^2),

T = apsolutna temperatura ($^\circ\text{K}$).

Pored toga, što se promjenom sadržaja vezane vode mijenjaju važnija mehanička, električna i termička svojstva drveta, i ova činjenica, da kretanje slobodne i vezane vode slijedi različite zakone, ukazuje na veliku teoretsku i praktičnu važnost poznavanja granice između slobodne i vezane vode.

»Ovu točku, kod koje tvar postaje zasićena, a toplina adsorpcije postaje jednaka nuli, nazvao sam točkom zasićenosti vlaknaca« (Tiemann⁵³ str. 132). Po Stammu (Kollmann²⁸ str. 394) točka zasićenosti vlaknaca iznosi od 0,22 do 0,35 kg/kg.

Po Stammu⁴⁸ (str. 94) termin točka zasićenosti vlaknaca, koji je prvi put upotrebljen za drvo, egzaktno odgovara pojmovima granica upijanja tekućine (limit of absorption) i granica topljivosti (limit of solubility), koji se upotrebljavaju za gele. Točka zasićenosti žice je stanje, kod kojeg su sve stanične stijenke zasićene vlagom, a pore ispunjene uzduhom. Ona predstavlja granicu između slobodne i vezane vode. To je prijelaz iz vlažnog u higroskopsko stanje ili granica adsorpcije. Točka zasićenosti je prijelomna točka, iznad koje su fizička svojstva drveta konstantna, a ispod koje se mijenjaju.

O samom terminu »točka zasićenosti vlaknaca« razlikuju se mišljenja pojedinih autora. Trendelenburg⁵⁵ (str. 193) ističe: »Bubrenje je najveće, kada su stanične stijenke zasićene vodom; govori se o vlazi

zasićenosti vlakana, i odgovarajući sadržaj vlage u odnosu na apsolutno suho drvo zove se točka zasićenosti ili bolje područje zasićenosti, jer se radi o više ili manje širokoj zoni zasićenosti vlakana. « Ugre-nović⁵⁸ prigovara tom terminu ovako: »Nauka (Tiemann) govori o točki zasićenosti žice (fiber saturation point). Ta nam se oznaka ne čini pravi-lna, jer se ne radi o nekom stalnom procentu, već o širokoj ampli-tudi, koja ima svoju donju i gornju granicu. Točka zasićenosti različita je prema vrsti drveta. Količina vlage provelog drveta koleba od nekih 22 do 40%.« Kollmann²⁸ (str. 395) govori o točki ili području: »Utezanje drveta (kod sušenja do sirova stanja) neobično je malo do blizu vlage zasićenosti vlakana, a ispod ove točke ili područja uvećava se, i to proporcionalno s gubitkom vlage.»

Istraživanja su pokazala, da točka zasićenosti varira ne samo po vrstama drveta, nego i prema metodi određivanja kod iste vrste drveta. Barkas (po Kollmannu²⁸ str. 396) stoji na sta-jalištu, da s praktičnog gledišta pojam »vlaga zasićenosti« zato ne gubi na značenju, jer se tim pojmom može označiti svaki kritični iznos vlage, od kojeg se počinju mijenjati fizička svoj-stva drveta.

Većina je autora usvojila termin »točka zasićenosti vlaka-naca«, pa ga i mi zadržavamo. Istina, pojedine varijante točke zasićenosti dispergirane su u relativno širokom području, ali ako se točka zasićenosti shvati kao aritmetička sredina od većeg broja varijanata, onda se doista i radi o točki, u kojoj se po-činju mijenjati fizička svojstva drveta i koja predstavljaju gornju granicu higroskopskog područja.

Problem određivanja položaja točke zasićenosti zauzima centralno mjesto u izučavanju odnosa između vode i drveta. Ona dolazi do izražaja u teoriji i tehnici parenja i sušenja drveta.

Pod sušenjem razumijevamo odstranjivanje jednog dijela vode iz drveta na način, kojim mu se kvaliteta ne oštećuje. Gubljenjem vezane vode javlja se utezanje drveta, koje izaziva nepoželjna naprezanja. Ta naprezanja imaju za posljedicu po-greške, kao što su pucanje i vitoperenje. Razumljivo je, da kod procesa sušenja treba znati, kada nastupa isušivanje vezane vode s tim više, što isparavanje vezane vode i isparavanje slobodne vode ne slijede iste zakone. Poznavanje točke zasićenosti omogućuje primjenu različitih uvjeta sušenja iznad nje i ispod nje. Ona je od velike važnosti i kod studiranja mehanizama, pomoću kojih se vrši migracija vlage u drvetu.

Poznavanje točke zasićenosti od osobite je važnosti i kod parenja drveta, koje se primjenjuje u razne svrhe u drvnoj industriji. Svrha parenja može biti promjena boje drveta. Ta svrha će se postići samo onda, ako je vlaga drveta na početku parenja veća od vlage, koja odgovara točki zasićenosti vla-kanaca.

Metode određivanja točke zasićenosti proizlaze iz činjenice, da se lijevo od točke zasićenosti, t. j. u higroskopskom području mijenjaju svojstva drveta, (utezanje, čvrstoća, električna i termička vodljivost i t. d.), kao i iz činjenice, da ona predstavlja granicu adsorpcije ili maksimalni iznos vlage, koju drvo može primiti u obliku vodene pare iz uzduha.

Tiemann je prvi (godine 1906.) odredio točku zasićenosti vlakancima mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima lijevo i desno od točke zasićenosti. Tom metodom određena je točka zasićenosti vlakancima za ove vrste američkog drveta (Tiemann⁵³ str. 133):

Longleaf pine (<i>Pinus palustris</i> , Mill.)	25%
Red spruce (<i>Picea rubens</i> , Sarg., <i>P. rubra</i> , Link.)	31%
Loblolly pine (<i>Pinus taeda</i> , Linn.)	24%
Norway pine (Red Pine, <i>Pinus resinosa</i> , Ait.)	30%
Western hemlock (<i>Tsuga heterophylla</i> , Sarg.)	29%
Tamarack (<i>Larix laricina</i> , Koch.)	30%
Douglas fir (<i>Pseudotsuga Douglasii</i> , Carr.)	23%
Chestnut (<i>Castanea dentata</i> , Borkh.)	25%
White ash (<i>Fraxinus americana</i> , Linn., <i>F. Alba</i> , Marsh.)	20%
Sweetgum (<i>Liriodendron tulipiferum</i> , Linn.)	25%
Yellow birch (<i>Betula lutea</i> , Mich.)	29%

Ona varira za ove vrste drveta od 20 do 31%. Tiemann (po Hawleyu) je našao, da su i varijacije unutar jedne vrste znatne, što Hawley pripisuje kao manu ovoj metodi, osim toga što je za određivanje točke zasićenosti mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima potreban dosta velik broj proba bez kvržica i drugih mana. Probe malog prijesjeka imaju prednost, da se vlaga unutar njih raspodjeljuje jednolično, t. j. ne stvara se pad (gradijent) vlage. Pojedine skupove proba treba držati u uzduhu poznate vlage kod iste temperature. Mjerenja treba provesti na taj način, da se dobije čvrstoća kod raznih postotaka vlage drveta, pa stoga ova metoda nije ni jednostavna.

Po Markwardtu i Wilsonu⁵³ (str. 48) do promjene čvrstoće s promjenom vlage u drvetu dolazi iz dva razloga: 1. zbog očvršćivanja i skrućivanja staničnih stijenki i 2. zbog povećanja gustoće drvene tvari u danom volumenu, do čega dolazi zbog utezanja, kojé prati sušenje ispod točke zasićenosti. Porast čvrstoće kod malih proba veći je nego kod velikih komada drveta zbog griješa. Ovi su autori izradili brojčane i grafičke prikaze prosječnih varijacija promjena fizičkih svojstava drveta s promjenom vlage za smrekovinu (Sitka spruce, *Picea sitchensis*, Carr.). Kad se vlaga drveta promijeni za 1% ispod točke zasićenosti, mijenja se čvrstoća na pritisak paralelno s vlakancima za 5%. Ova osjetljiva promjena čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima omogućuje određivanje položaja točke zasićenosti mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima u higroskopskom području i iznad njega.

Hasselblatt¹² je prvi dokazao (1926.), da kod brezovine logaritam električnog otpora opada proporcionalno s uvećavanjem vlage od apsolutno suhog stanja do točke zasićenosti, a iznad nje promjene su vrlo male. Iz toga Kollmann²⁸ (str. 527) zaključuje, da električni otpor mora stajati u nekoj zavisnosti i s unutarnjom površinom drveta. Odnos između vlage i električnog otpora fibrozih materijala proučavali su Kujirai i Akahira. Oni su došli do sličnog logaritamskog odnosa između vlage i električnog otpora za materijale, koje su uistraživali (Stamm⁴⁷ str. 1021).

Cilj *Hasselblatovih* istraživanja bio je, da pronade brzu jednostavnu i dovoljno točnu metodu određivanja vlage u furniru.

*Stamm*⁴⁸ je našao, da postoji linearan odnos između vlage drveta i električne vodljivosti u higroskopskom području i da iznad higroskopskog područja pravac prelazi u krivulju. Prijelaz pravca u krivulju predstavlja položaj točke zasićenosti.

Saznanje, da su promjene električnog otpora jako zavisne o sadržaju vlage drveta u higroskopskom području, iskoristili su *Mayer* i *Rees*³⁴ (1926.) za određivanje točke zasićenosti. Oni su istraživali točku zasićenosti na ovih šest vrsta drveta: *Pinus strobus*, L., *Tsuga canadensis*, Carr., *Castanea dentata*, Borkh., *Quercus borealis* var. *maxima*, Sarg., *Fraxinus americana*, L., (*F. Alba*, Marsh.) i *Acer saccharum*, Marsh. Oni su upotrebili cilindrične probe promjera 25,4 mm, dužine 50,8 mm u smjeru vlakana. Od svake su vrste ispitivali po 4 probe, i to dvije suhe i dvije sirove. Svrha je njihovih istraživanja bila, da odrede točku zasićenosti navedenih vrsta drveta: mjerenjem električne vodljivosti, metodom čvrstoće na pritisak i metodom utezanja. *Mayer* i *Rees* su došli do zaključka, da od ove tri metode najjednoličnije rezultate daje metoda mjerenja električne vodljivosti. Rezultati dobiveni mjerenjem električne vodljivosti variraju za šest navedenih vrsta od 19,6% do 24,8%, a mjerenjem čvrstoće od 21,0% do 24,1%. Nadalje su zaključili, da je metoda čvrstoće na pritisak potpuno pouzdana, a da metodu utezanja treba odbaciti kao bezvrijednu.

*Stamm*⁴⁸ je (1929) odredio točku zasićenosti za neke američke vrste drveta mjerenjem električne vodljivosti i uporedio te rezultate s rezultatima, koje je dobio drugim metodama. On je za određivanje točke zasićenosti mjerenjem električne vodljivosti upotrebio probe oblika diska s promjerom od 1,0 cm, a dužine 0,20 do 0,35 cm. Uzeo je ovako male probe, da bi izbjegao griješke, kojima su po njegovu mišljenju opterećeni *Mayer-Reesovi* rezultati zbog gradijenta vlage. *Stamm* je pored metode električne vodljivosti upotrebio za komparaciju još i ove: ravnotežu kod relativne vlage 100%, metodu utezanja radijalno i tangencijalno i metodu čvrstoće. Evo njegovih rezultata za smrekovinu (*Sitka spruce*, *Picea sitchensis*, Carr.):

Metoda	Točka zasićenosti u %
Ravnoteža kod 100% vlage	30,5
Utezanje	
radijalno	28
tangencijalno	30
Čvrstoća	
modul loma	27
savijanja	25
pritiská paralelno s vlakancima	27
Električna vodljivost	29

Prema ovim istraživanjima izlazi, da je aritmetška sredina između točke zasićenosti vlaknaca, dobivena mjerenjem radijalnog utezanja (28%) i tangencijalnog (30%), egzaktno jednaka točki zasićenosti, dobivenoj mjerenjem električne vodljivosti (29%).

Metodom mjerenja električne vodljivosti *Stamm* je našao ove iznose za točku zasićenosti:

Vrsta drveta — srževina	Stanje proba	Točka zasićenosti u %
Redwood (<i>Sequoia sempervirens</i> , Endl.)	sirove	29,5
Redwood (<i>Sequoia sempervirens</i> , Endl.)	osušene pa napojene	29,5
Redwood (<i>Sequoia sempervirens</i> , Endl.)	ekstrahirane u vrućoj vodi	31,0
Redwood (<i>Sequoia sempervirens</i> , Endl.)	ekstrahirane u alkoholu	31,0
Sitka spruce (<i>Picea sitchensis</i> , Carr.)	osušene pa napojene	29,0
Alaska cedar (<i>Chamaecyparis nutkaënsis</i> , Spach.)	osušene pa napojene	28,5
Western red cedar (<i>Thuja plicata</i> , Don.)	osušene pa napojene	30,0
Western hemlock (<i>Tsuga heterophylla</i> , Sarg.)	osušene pa napojene	30,5
Western yellow pine (<i>Pinus ponderosa</i> , Dougl.)	osušene pa napojene	30,0
Red fir (<i>Abies magnifica</i> , A. Murr.)	osušene pa napojene	30,0
Douglas fir (<i>Pseudotsuga Douglasii</i> , Carr.)	osušene pa napojene	30,5
Yellow poplar (<i>Liriodendron tulipiferum</i> , Linn.)	osušene pa napojene	31,5

U higroskopskom je području logaritam električne vodljivosti pravac, koji prelazi u krivulju u nadhigroskopskom području. Točka, u kojoj se krivulja odvaja od pravca, jest (po *Stammu*) točka zasićenosti. *Stamm* ističe, da se ovom metodom može odrediti točka zasićenosti točnošću $\pm 1\%$ u apsolutnom smislu.

Iz *Stammovih* se rezultata vidi, da se uklanjanjem ekstrakata iz drveta povećava točka zasićenosti. On je dokazao, da je

brojčana vrijednost točke zasićenosti ista, bilo da se kod eksperimentiranja polazi od sirovog ili osušenog pa opet napojenog drveta.

N. B. Mitra (po Kollmannu²⁸ str. 396) odredio je (1938) točku zasićenosti mjerenjem utezanja, električne i termičke vodljivosti za 16 vrsta indijskog drveta. Točka zasićenosti jedne iste vrste drveta jako varira prema metodi, koja se primijeni. Te razlike sežu i do 7% u apsolutnom smislu, što se vidi iz ovog primjera:

Vrsta drveta	Točka zasićenosti vlakancu u % određena metodom:		
	uteza- nja	električne vodljivosti	termičke vodljivosti
<i>Terminalia Arjuna</i> , Bedd.	28,6	31,2	24,2
<i>Juglans regia</i> , L.	28,7	30,9	32,3

Kako je naprijed istaknuto, točka zasićenosti ne gubi na značenju zbog toga, što se rezultati pojedinih metoda ne slažu, jer se po Barkasu točka zasićenosti može definirati kao ona kritična točka, u kojoj se mijenjaju fizikalna svojstva drveta.

Mnogi istraživači određivali su točku zasićenosti mjerenjem utezanja (radijalno, tangencijalno ili volumno). Po Hawleyu¹³ (str. 13) ne bi teoretski smjelo biti utezanja sirovog drveta kod sušenja, dok ono ne dosegne točku zasićenosti, ali zbog utjecaja strukture i nejednolike raspodjele vlage (gradijenta vlage) on tvrdi, da utezanje počinje nešto prije točke zasićenosti. Stoga, po njegovu mišljenju, rezultati, dobiveni mjerenjem utezanja, nisu sasvim sigurni.

Stamm (po Trendelenburgu⁵⁶ str. 12) je našao, da se kod sušenja bez naprezanja gubitak vode iz staničnih stijenki potpuno očituje na vanjskim dimenzijama drveta i da se kod utezanja općenito volumen pora nešto malo povećava i za toliko se smanjuje utezanje, koje se očituje na vanjskim dimenzijama komada drveta. Ako takva promjena volumena pora doista postoji, ona je izvan kontrole i dovodi do pogrešnih rezultata kod određivanja točke zasićenosti metodom utezanja.

Mjerenjem utezanja određivali su točku zasićenosti (po Trendelenburgu⁵⁶ str. 12) Newlin i Wilson (1919), Mörath (1931), Stamm i Seborg (1935), Stamm i Hansen (1939), Hartig i Sachs, Trendelenburg (1939) i njegovi suradnici Grössler i Raunecker. Kod nas je Horvat¹⁶ (1942) tom metodom određivao točku zasićenosti hrastovine.

Američki istraživači (Newlin, Wilson i Koehler) pronašli su za američko drvo odnos između volumnog utezanja (udjela vezane vode), točke zasićenosti i nominalne volumne težine. Taj su odnos izrazili ovako:

$$a_v = 28 t_n \quad (4)$$

gdje je:

a_v = volumno utezanje drveta u %

t_n = nominalna volumna težina u g/cm³

Udio na vezanoj vodi iznosi 28%. To je dakle točka zasićenosti za američko drvo u prosjeku. Točnije, točka zasićenosti iznosi 29%, jer se gustoća vezane vode uvećava za oko 3%.

Mörath³⁷ je istraživao bubrenje bukovine u sva tri anatomska smjera za sve promjene vlage i na osnovu tih mjerenja došao do zaključka, da točka zasićenosti bukovine iznosi 25... 30... 45% težine apsolutno suhe drvene tvari. On je istraživao i čvrstoću pritiska paralelno s vlakancima, da bi odredio točke zasićenosti, te je našao, da se položaj najjače zakrivljenosti nalazi u intervalu 25... 35% vlage. On je istraživao i utjecaj visokih temperatura na promjene čvrstoće i dokazao, da je taj utjecaj malen. Nadalje je dokazao, da je utjecaj kuhanja proba u vodi na čvrstoću veći od utjecaja visoke temperature.

Po Mörathu³⁷ mnogi su istraživači (*Chevandier, Bauchinger, Tetmaier, Landolf i Schwappach*) tražili zakonitost između čvrstoće i vlage drveta, ali samo u uskom području 10—20% vlage. Mörath ističe, da je on prvi istraživao cijelo higroskopsko područje.

*Trendelenburg*⁵⁶ (str. 15) je na temelju odnosa:

$$a_v = 28 t_n,$$

koji je kasnije ispravio za američko drvo *Markwardt* na:

$$a_v = 26,5 t_n,$$

odredio točku zasićenosti vlakancima za više vrsta (njemačkog) drveta. On je odredio točku zasićenosti smrekovine (na 1312 proba), borovine (na 1601 probi), ariševine (na 425 proba), a njegovi suradnici *Grössler* bukovine (na 603 probe) i *Raunecker* jehovine (na 1769 proba). *Trendelenburg* je prvi svrstao pojedine vrste drveta prema točki zasićenosti, uzevši u obzir i rezultate istraživača, koji su mu prethodili (*Greenhill, Hartig, Newlin i Wilson, i Sims*). On je grupirao vrste drveta s obzirom na točku zasićenosti ovako:

1. Difuzno porozne listače bez izražene srževine
lipovina, vrbovina, topolovina, jehovina, brezovina, bukovina, grabovina i bjeljikovina (četvrte grupe) osrženih listača 32...35 i više
2. Četinjače bez izražene srževine
jelovina, smrekovina i bjeljikovina četinjača izražene srževine (borovina, borovčevina i ariševina) 30...34
3. Četinjače s izraženom srževinom
s umjerenim sadržajem smole:
borovina, ariševina, duglazijevina 26...28
s puno smole:
borovina, ariševina, duglazijevina 22...28
rjeđe borovčevina 22...24
4. Prstenasto porozne listače s izrazitom srževinom
bagremovina, pitoma kesténovina, hrastovina, jasenovina, orahovina, trešnjevina 23...25
5. Korijen 40...50
6. Grane 9,3

Trendelenburg je došao do zaključka, da i za njemačko drvo odgovara odnos:

$$a_v = 28 t_n.$$

Točka zasićenosti varira po vrstama drveta, s obzirom na srževinu i bjeljikovinu, s obzirom na položaj proba u stablu (korijen, deblo, grane).

Kod nas je *Horvat*¹⁸ mjerenjem volumnog utezanja odredio točku zasićenosti-lunžjaka (na 442 probe) 27,4% i kitnjaka (na 144 probe) 25,0%. Za ova mjerenja upotrebio je probe poprečnog prijesjeka 30 mm X 30 mm i dužine 20 mm u smjeru vlakana.

*Perelygin*³⁹ (str. 53) tvrdi, da je točka zasićenosti, određena mjerenjem mehaničkih svojstava, u većini slučajeva manja od točke dobivene mjerenjem utezanja. On tvrdi, da je utjecaj gradijenta vlage odlučan kod određivanja t. z. vl. Kad bi se on uklonio, mogla bi se primijeniti metoda utezanja, koja je i najjednostavnija.

Pidgeon i *Maass*⁴⁰ su istraživali varijacije adsorpcije s promjenama parcijalnog pritiska vodene pare na probama konifera (*Picea canadensis*, Britt. i *Pinus Banksiana*, Lamb.) debljine 1,5 mm u smjeru vlakana i na drvnom brašnu istih vrsta. Po njihovim se istraživanjima krivulja adsorpcije asimptotički približava osi adsorpcije (horizontali, pritisku zasićenosti).

Na temelju tog saznanja oni su upozorili na nemogućnost točnog određivanja točke zasićenosti direktnim mjerenjem sadržaja vlage u drvetu, koje se dovoljno dugo nalazi u prostoru zasićenom vodenom parom. Prema njima i ne postoji jedna oštro definirana točka zasićenosti vlakana. Isto je tako i *Desch*⁹ (str. 79) mišljenja, da je točka zasićenosti više teoretsko poimanje, jer da nije moguće iz drveta ukloniti svu slobodnu vodu, a da se pritom ne ukloni i jedan makar i manji dio vezane vode. On drži, da se takvo stanje, kod kojeg su sve stanične stijenke zasićene vlagom, a pore ispunjene uzduhom, rijetko može postići.

Neki istraživači određivali su točku zasićenosti vlakana mjerenjem sadržaja vlage usitnjenog drveta, koje je dovoljno dugo izloženo u prostoru zasićenom vodenom parom. Tako je *Volbehr* (po *Hawleyu*¹³) odredio točku zasićenosti vlakana borovine (29,03), ali nije detaljnije opisao metodu. *Loughborough* je određivao sadržaj vlage drveta kod razne relativne vlage i kod raznih temperatura i pritom se služio interpolacijom za relativne vlage blizu 100%. *Robert Hartig* (po *Trendelenburgu*⁵⁶) određivao je točku zasićenosti stavljajući piljevinu u prostor zasićen vodenom parom. *Stamm* je za komparaciju upotrebio i ovu metodu.

Prema naprijed izloženom, za određivanje točke zasićenosti postoje ove metode:

1. direktno mjerenje sadržaja vlage usitnjenog drveta, koje se dovoljno dugo nalazi u prostoru zasićenom vodenom parom,

2. mjerenje utezanja (radijalno, tangencijalno ili volumno),
3. mjerenje promjena čvrstoće (na pritisak, savijanje, i t. d. s promjenama vlage u drvetu),
4. mjerenje promjene električne vodljivosti s promjenama vlage u drvetu,
5. mjerenje promjena termičke vodljivosti s promjenama vlage u drvetu.

ad 1. Ova metoda je danas napuštena iz ovih razloga:

a) kod relativne vlage 100% i uz sasvim neznatne promjene temperature javlja se kondenzacija vodene pare u uskim kapilarama drveta, i u drvetu se pored vezane vode nalazi i slobodna voda. Stoga ova metoda daje previsoke rezultate.

b) *Pidgeon* i *Maass*⁴⁰ su dokazali, da se krivulja adsorpcije asimptotički približava osi adsorpcije i da određivanje točke zasićenosti ovom metodom nije točno.

ad 2. Metodi utezanja prigovara se (*Hawley*¹³ str. 13), da se utezanje javlja prije točke zasićenosti. *Mayer* i *Rees*³⁴ su zaključili, da ovu metodu treba kao bezvrijednu odbaciti.

Dalji ozbiljan prigovor ovoj metodi je taj, da nije točna pretpostavka, na kojoj se ona temelji, t. j. da se cjelokupno utezanje ne očituje samo na vanjskim dimenzijama proba, već da se jedan manji dio prenosi i na unutarnju stranu. *Stamm* je došao do zaključka, da se utezanje sušenjem bez naprezanja potpuno prenosi na vanjske dimenzije proba.

Stammova istraživanja pokazuju, da su rezultati dobiveni ovom metodom egzaktno jednaki rezultatima dobivenim metodom mjerenja električne vodljivosti. To joj govori u prilog. Pojedine varijante određene ovom metodom dispergirane su u širokom intervalu.

Prednost metode utezanja leži u tome, što je jednostavna i što se može izvršiti u svakom laboratoriju bez specijalnih instrumenata.

*Perelygin*³⁹ (str. 54) dopušta, da bi ova metoda mogla dati rezultate koji zadovoljavaju, kad bi se uklonio gradijent vlage.

Metoda utezanja je s više strana opterećena sumnjama.

ad 3. Metodu mjerenja čvrstoće s promjenama vlage drveta većina autora smatra potpuno pouzdanom, jer se varijacije čvrstoće vrlo osjetljivo mijenjaju s promjenama vlage drveta.

Tiemann po *Hawleyu*¹³ (str. 13) je našao, da varijacije točke zasićenosti za nekoliko vrsta drveta, određene ovom metodom, iznose 20...31%. *Hawley* prigovara ovoj metodi zbog širokog intervala varijacije. Osim toga ona nije ni jednostavna, jer je potreban velik broj malih proba bez ikakvih pogrešaka.

ad 4. Varijacije su električnog otpora s promjenama vlage u drvetu ogromne u higroskopskom, a vrlo malene u nadhigro-

skopskom području. U higroskopskom je području logaritam električne vodljivosti u linearnom odnosu s promjenama vlage, a u nadhigroskopskom je krivulja. Prijelaz pravca u krivulju nije dovoljno oštar. Stamm⁴⁸ je ovom metodom odredio točku zasićenosti neekstrahirane sekvojevine (*Sequoia sempervirens*, Endl.) točnošću $\pm 1\%$ u apsolutnom smislu. Perehygin³⁹ ističe, da ova metoda nije dovoljno uvjerljiva i da je treba provjeriti istraživanjima. Za ovu su metodu potrebni specijalni električni instrumenti.

ad 5. Metodu određivanja točke zasićenosti mjerenjem toplinske vodljivosti upotrebio je samo N. B. Mitra, i da se o njoj može izreći sud, potrebna su dalja istraživanja. Čini se, da nije jednostavna i da su potrebni specijalni instrumenti.

Za određivanje točke zasićenosti nema nijedne metode, koja bi bila oslobođena svih prigovora. Danas stoje na raspolaganju tri metode: električne vodljivosti, čvrstoće i utezanja. Metodama električne vodljivosti i čvrstoće priznato je od većine autora, da daju jednake rezultate, koji zadovoljavaju, a metoda utezanja je po dosadašnjim istraživanjima manje pouzdana.

Dosadašnja istraživanja točke zasićenosti vlakanaca ostavljaju i dalje nerazjašnjena brojna pitanja, koja su od važnosti za razumijevanje ovog zamršenog problema.

Ugrenović⁵⁸ (str. 345) ističe: »Metodika istraživanja točke zasićenosti žice još nije posve naučno prečišćena«. Prigovori izneseni protiv metode utezanja nisu dovoljno naučno dokumentirani. A kako je to najjednostavnija metoda od svih, koje su danas poznate, s pravom se postavlja pitanje, da li se ona može ili ne može upotrebiti. Do danas se još nije ni pokušalo odgovoriti na pitanje: kakav utjecaj ima veličina proba na točku zasićenosti? Do danas još nema pravog uvida u varijacije točke zasićenosti unutar jedne vrste s obzirom na položaj proba u stablu (korijen, deblo i grane), srževinu i bjeljikovinu. Varijacije unutar vrste s obzirom na strane svijeta u stablu nisu ni istraživane.

Ova su pitanja od znatnog interesa, ne samo kod nas, gdje nije ni određena točka zasićenosti važnijih vrsta drveta, nego i u ostalom svijetu, zbog boljeg razumijevanja i unapređenja teorije i tehnike sušenja i parenja drveta.

III. CILJ ISTRAŽIVANJA — AIM OF THE INVESTIGATION

Cilj je ovih istraživanja:

1. Utvrditi točku zasićenosti vlakanaca na našim važnijim vrstama drveta (bukovini, hrastovini, jelovini i smrekovini):

- a) metodom volumnog utezanja,
- b) metodom čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima.

2. Utvrditi, u kojem odnosu stoje rezultati dobiveni pojedinom metodom i pokušati utvrditi zakonitosti, po kojima se mijenja čvrstoća u higroskopskom i nadhigroskopskom području s promjenama vlage.

3. Istražiti utjecaj veličine proba na točku zasićenosti.

4. Istražiti varijacije točke zasićenosti unutar hrastovine s obzirom na:

- a) položaj proba u stablu (korijen, deblo, grane),
- b) srževinu i bjeljikovinu,
- c) položaj proba po stranama svijeta u stablu.

IV. MATERIJAL ZA ISTRAŽIVANJE MATERIAL INVESTIGATED

1. Područje i izbor stabala — *Forest area and selection of trees*

Istraživanja su provedena na hrastovini (*Quercus pedunculata* Ehrh.), bukovini (*Fagus silvatica* L.), jelovini (*Abies alba* Mill., *Abies pectinata* Lam. et DC.) i smrekovini (*Picea excelsa* Lk.). Ukupno je istraženo 9 stabala (od toga 5 hrastovih, 2 bukova, 1 jelovo i 1 smrekovo stablo) i korijen od jednog izvaljenog hrastova stabla.

Probna stabla uzeta su s područja Šumskog gospodarstva Poljoprivredno-šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, i to: iz Šumarije Lipovljani, gospodarska jedinica A »*Posavske šume*« hrastova stabla i jedno bukovo, a iz šumarije Zalesina po jedno jelovo, smrekovo i bukovo. Mjesta, s kojih su uzeta probna stabla, označena su na kartama kružićima (sl. 1 i 2). Struktura sastojina, iz kojih su uzeta probna stabla, prikazana je za jedinicu površine (1 ha) u tablicama br. 1 .. 5, na temelju podataka spomenutog šumskog gospodarstva, dobivenih procjenom pomoću primjernih pruga, koje su obuhvatile 10% površine, a polagane su u kolovozu godine 1952.

Pregled probnih stabala i od njih uzetih probnih trupčica nalazi se u tablici 6. Stabla i trupčici iz njih uzeti su uglavnom

Tablica — Table 1.

Veliki Đol, odjel 67. Struktura sastojine po 1 ha:
„Veliki Đol“, compartment 67. Stand structure per 1 ha:

Debljinski razred Diameter class	Hrast (<i>Quercus pedunculata</i>)			Jasen (<i>Fraxinus angustifolia</i>)			Brijest (<i>Ulmus campestris</i>)			Topola (<i>Populus</i>)			Grab i klen (<i>Carpinus betulus, Acer campestre</i>)			Joha (<i>Alnus glutinosa</i>)			Ukupno Total		
	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M
cm	m ²		m ³	m ²		m ³	m ²		m ³	m ²		m ³	m ²		m ³	m ²		m ³	m ²		m ³
10—20	14	0.26	2.10	7	0.18	1.47	34	0.73	7.14	1	0.03	0.24	171	2.87	10.52	7	0.19	1.05	234	4.26	32.52
22—30	16	0.86	9.28	31	1.75	20.15	23	1.18	10.73	5	0.28	3.32	31	1.45	15.81	14	0.69	7.14	120	6.21	66.43
32—40	18	1.76	23.22	53	5.23	68.37	8	0.78	10.32	—	—	—	5	0.57	7.63	5	0.45	6.00	89	8.79	115.54
42—50	12	1.99	31.08	21	3.28	51.45	3	0.57	9.04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36	5.84	91.57
52 i više and more	4	1.01	15.84	6	1.53	25.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	2.54	41.74
Ukupno Total	64	5.88	81.52	118	11.97	167.34	68	3.26	37.23	6	0.31	3.56	207	4.89	43.96	26	1.33	14.19	489	27.64	347.80

B = Broj stabala — Number of stems T = Temeljnica — Basal area M = Drvna masa — Volume

Tablica — Table 2.

Čardačinska greda, odjel 158, odsjek b. Struktura
sastojine po 1 ha. — „Čardačinska greda“, compartment 158, sub-compartment b. Stand structure per 1 ha:

Debjinski razred Diameter class	Hrast (<i>Quercus pedunculata</i>)			Jasen (<i>Fraxinus angustifolia</i>)			Brijest (<i>Ulmus campestris</i>)			Grab (<i>carpinus betulus</i>)			Joha (<i>Alnus glutinosa</i>)			Ukupno Total					
	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M			
	cm	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ²	m ³	m ³	m ²	m ³	m ³	m ²	m ³	m ³	m ²	m ²	m ³		
10—20	13	0.28	1.56	4	0.12	0.53	25	0.49	3.00	158	2.64	15.80	6	0.16	0.36	—	—	—	206	3.69	21.25
22—30	20	1.06	11.60	31	1.76	17.98	18	0.76	6.66	30	1.38	15.60	10	0.55	4.90	—	—	—	109	5.51	56.74
32—40	31	3.09	43.09	39	3.87	50.70	7	0.68	8.40	5	0.48	6.91	3	0.46	2.62	—	—	—	85	8.58	111.72
42—50	18	3.44	54.72	17	2.76	41.65	1	0.15	2.19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36	6.35	98.56
52 i više and more	5	1.24	20.84	2	0.40	6.45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	1.64	27.29
Ukupno Total	87	9.11	131.81	93	8.91	117.31	51	2.08	20.25	193	4.50	38.31	19	1.17	7.88	—	—	—	443	25.77	315.56

B = Broj stabala — Number of stems

T = Temeljnica — Basal area

M = Drvna masa — Volume

Tablica — Table 3. Čardačinska greda, odjel 166, odsjek d, Struktura sastojine po 1 ha. — „Čardačinska greda“, compartment 166, sub-compartment d. Stand structure per 1 ha.:

Debljinski razred Diameter class	Hrast (<i>Quercus pedunculata</i>)			Jasen (<i>Fraxinus angustifolia</i>)			Brijest (<i>Ulmus campestris</i>)			Topola (<i>Populus</i>)			Grab i klen (<i>Carpinus betulus</i> , <i>Acer campestre</i>)			Joha (<i>Alnus glutinosa</i>)			Ukupno Total		
	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M
cm	m ²		m ³	m ²		m ³	m ²		m ³	m ²		m ³	m ²		m ³	m ²		m ³	m ²		m ³
10—20	14	0.27	1.82	16	0.22	1.28	76	1.20	7.65	26	0.49	3.12	26	0.47	3.12	17	0.34	1.02	175	2.99	18.01
22—30	17	0.99	11.30	44	1.43	16.72	14	0.73	8.41	14	0.65	7.00	2	0.06	0.57	22	1.22	11.44	113	5.08	55.44
32—40	31	3.24	43.71	21	2.00	26.46	1	0.04	0.50	1	0.09	1.05	—	—	—	5	0.41	4.65	59	5.78	76.37
42—50	30	4.84	73.50	3	0.49	7.35	1	0.06	0.91	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34	5.39	81.76
52 i više and more	11	3.01	53.23	1	0.16	2.75	1	0.14	-1.51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13	3.31	57.49
Ukupno Total	103	12.35	183.56	85	4.30	54.56	93	2.17	18.98	41	1.23	11.17	28	0.53	3.69	44	1.97	17.11	394	22.55	289.07

B = Broj stabala — Number of stems

T = Temeljnica — Basal area

M = drvna masa — Volume

prema »Instrukciji zavoda za uporabu šuma«, osim kod smrekovine i jelovine, kod kojih su trupčići uzeti počevši od prsne visine (1,30 m), a ne iz polovine čistog debla, da bi se izbjegla kvrgavost.

Dalje navedeni opći podaci uzeti su iz gospodarskih osnova i dokumenata spomenutog šumskog gospodarstva.

Tablica-Table 4

Jasle, distrikt VI, odsjek 3a. Struktura sastojine po tla
Jasle, section VI, sub-compartment 3a. Stand structure per tla

Debljinski razred Diameter class cm	Jela (<i>Abies alba</i>)			Smreka (<i>Picea excelsa</i>)			Bukva (<i>Fagus sylvatica</i>)			Ukupno Total		
	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M
		m ²	m ³		m ²	m ³		m ²	m ³		m ²	m ³
10 - 20	89	1,67	9,79	8	0,16	1,04	31	0,53	2,79	128	2,36	13,62
22 - 30	84	4,58	43,68	5	0,60	3,35	11	0,57	4,40	100	5,75	51,43
32 - 40	69	7,10	81,42	7	0,65	8,45	5	0,45	4,45	81	8,20	94,32
42 - 50	55	8,90	118,80	11	1,76	23,54	-	-	-	66	10,66	142,34
52 - 60	24	5,76	75,60	-	-	-	-	-	-	24	5,76	75,60
62 - 70	6	2,24	31,56	1	0,25	3,60	-	-	-	7	2,49	35,16
70 i više	4	1,74	25,92	-	-	-	-	-	-	4	1,74	25,92
Ukupno Total	331	31,99	386,77	32	3,42	39,98	47	1,55	11,64	410	36,96	438,39

Tablica-Table 5.

Jasle, distrikt VI, odsjek 3f. Struktura sastojine po tla
Jasle, section VI, sub-compartment 3f. Stand structure per tla

Debljinski razred Diameter class cm	Jela (<i>Abies alba</i>)			Smreka (<i>Picea excelsa</i>)			Bukva (<i>Fagus sylvatica</i>)			Ukupno Total		
	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M
		m ²	m ³		m ²	m ³		m ²	m ³		m ²	m ³
10 - 20	95	1,55	8,55	2	0,01	0,06	117	2,09	1,05	214	3,65	9,66
22 - 30	36	3,18	30,24	1	0,07	0,67	34	1,89	18,36	91	5,14	49,27
32 - 40	39	6,33	86,14	-	-	-	10	0,99	11,00	69	7,32	97,14
42 - 50	58	9,63	127,60	3	0,45	6,33	3	0,56	7,59	64	10,64	141,52
52 - 60	19	4,60	64,60	-	-	-	2	0,38	5,71	21	4,98	70,31
62 - 70	7	2,34	31,85	-	-	-	-	-	-	7	2,34	31,85
70 i više	2	1,80	17,80	-	-	-	-	-	-	2	1,80	17,80
Ukupno Total	296	29,43	366,78	6	0,53	7,06	166	5,91	43,71	468	35,87	417,55

B=broj stabala
Number of stems

T=Temeljnica
Basal area

M=Drvena masa
Volume

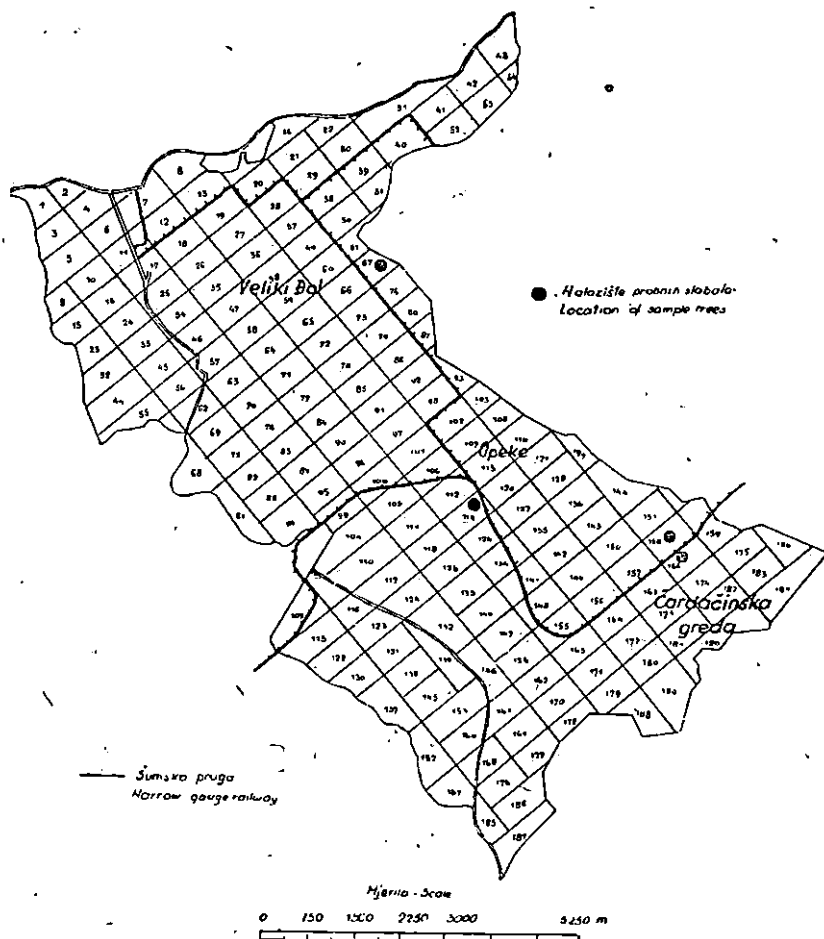
a) Šumarija Lipovljani, gospodarska jedinica A
»Posavske šume«

Gospodarska jedinica A ima površinu od cca 5365 ha i leži u tipičnom posavskom tlu, koje plavi rijeka Sava.

Onaj dio Čardačinske grede, s kojeg su uzeta probna stabla, ne plavi Sava, nego vode, koje se slijevaju s okolnih bregova.

Nadmorska visina gospodarske jedinice A iznosi prosječno oko 97 m. Tlo je blago valovito. Najveće visinske razlike iznose do 3 m. Zbog poplava ovo je apsolutno šumsko tlo.

Klimatske su prilike povoljne. Srednja godišnja temperatura iznosi +11,4° C, a u vegetacijskoj periodi +17,9° C.



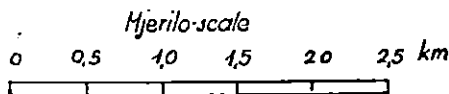
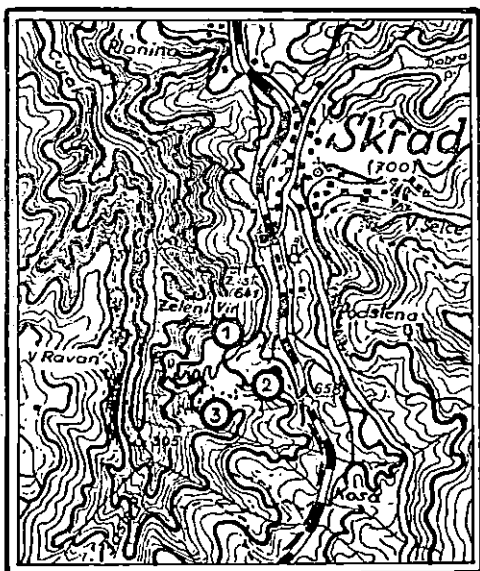
Sl. — Fig. 1. Šumarija Lipovljani — Forest district Lipovljani, Gospodarska jedinica A — Management unit A »Posavske šume«

Prosječna godišnja visina oborina iznosi oko 870 mm, a u vegetacijskoj periodi oko 380 mm) prema meteorološkoj postaji u Novskoj). Tlo čini ilovača, vezana na gredama, a nevezana u depresijama, gdje je i slabo podzolasta.

Glavne su vrste drveća hrast i jasen. Nekada se i brijest ubrajao u glavne vrste, ali se danas rapidno suši i brzim tempom nestaje iz ovih šuma. Od sporednih vrsta dolaze, grab joha, klen i mjestimice topola.

U ovoj gospodarskoj jedinici postoje tri izrazita bonitetna razreda. Prvi je bonitet (definiran po osnovi) onaj, na kojem su hrast i jasen u optimumu (nekada je to vrijedilo i za brijest). Na drugom su bonitetu visine istih vrsta upadljivo manje od onih na prvom bonitetu; stabla su jako granata, procent tehničkog drveća vrlo malen, kora raspucana, obrasla lišajem i mahovinom. U starijoj dobi na ovom bonitetu prevladuje jasen. Treći bonitetni razred čine bare i depresije zvane »polja«, na kojima nema vegetacije drveća zbog poplave, nakon koje voda dugo stagnira. Za probna stabla uzeta su dominantna stabla s prvog boniteta.

Probna stabla uzeta su iz odjela, koje čine mješovite sastojine uzgojene iz sjemena, starosti i obrasta smjese kako slijedi:



Sl. — Fig. 2. Šumarija Zalesina — Forest district Zalesina. 1. Nalazište probnog stabla bukve — Location of the beech sample tree. 2. Nalazište probnog stabla jele — Location of the fir sample tree. 3. Nalazište probnog stabla smreke — Location of the spruce sample tree

Odjel 67, srednja je starost sastojine oko 86 godina, omjer smjese: hrasta 0,2, jasena 0,5, brijesta 0,1, topole, graba, klena i joha zajedno 0,2.

Odjel 158, odsjek b, srednja starost sastojine je oko 80 godina, omjer smjese: hrasta 0,4, jasena 0,4, brijesta, graba i joha zajedno 0,2.

Odjel 166, odsjek d, srednja starost sastojine iznosi oko 90 godina, omjer smjese: hrasta 0,6, jasena 0,2, graba, klena i joha zajedno 0,2.

b) Šumarija Zalesina

Površina šumarije iznosi oko 2390 ha. Nalazi se na području Visokog krša. To su obronci Vapnenastih Alpa.

Nadmorska visina od 250 do 1000 m.

Srednja godišnja temperatura iznosi $+6,9^{\circ}\text{C}$, a u vegetacijskoj periodi $+14,7^{\circ}\text{C}$. Srednja godišnja količina oborina iznosi 2263 mm, a u vegetacijskoj periodu 603 mm (po meteorološkoj postaji Ravna Gora za decenij 1928—1937. Ravna Gora je udaljena oko 6 km).

Tlo sačinjavaju vapnenci i glineni škriljevci. Glineni škriljevci zauzimaju oko 2/3 površine šumarije.

Glavne su vrste drveta jela i bukva, a mjestimice dolazi i smreka.

Šumarija je po staroj podjeli razdijeljena na distrikte. Distrikt VI, iz kojeg su uzeta probna stabla jele i smreke, nalazi se na području vapnenca. Sastojine su uzgojene iz sjemena. Starost sastojina je oko 70 godina. Omjer smjese sada iznosi: jele 0,9, smreke i bukve 0,1. Struktura sastojine vidi se iz tablica 4 i 5.

Distrikt V, odsjek J, iz kojeg je uzeto bukovo stablo, čini bukova sastojina podignuta iz sjemena, stara oko 80 godina, koja ima većim dijelom karakter zaštitne šume, jer se nalazi na strmim padinama prema Zelenom viru.

2. Način uzimanja proba — Method of specimen taking

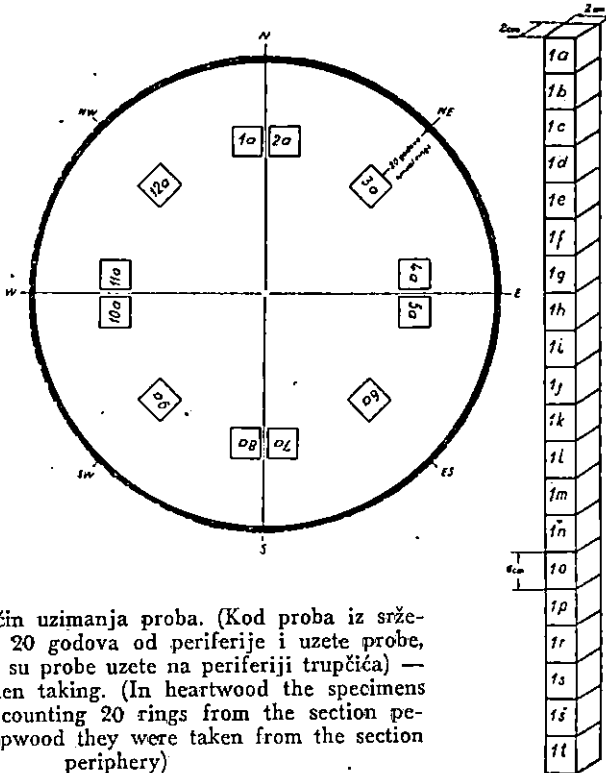
Probe oblika pravilne prizme prijesjeka $20\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ i dužine 60 mm u smjeru vlakana uzete su za: određivanje točke zasićenosti bukovine (iz Zalesine i Lipovljana), hrastovine, jelovine i smrekovine, za komparaciju tih rezultata, za utvrđivanje zakonitosti odnosa vlage i čvrstoće i za istraživanje varijacija točke zasićenosti kod hrastovine s položajem proba u stablu s obzirom na strane svijeta.

Odabran je najmanji prijesjek proba ($20\text{ mm} \times 20\text{ mm}$) (koji se daje još pravilno tehnički izraditi) da se ukloni gradijent vlage. Kako su ove probe određene i za ispitivanje čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima, odabrana je dužina proba u smjeru vlakana 60 mm, da visina probe bude jednaka trostrukoj stranici kvadratičnog prijesjeka (Ugrenović, ⁵⁸ str. 354).

Trupčići, na kojima je na terenu zabilježena sjeverna strana, ispiljeni su u kolute debljine 7—8 cm. Iz pojedinog koluta uzete su probe i označene prema sl. 3. Koluti su uzimani jedan za drugim na taj način, da probe iste oznake leže jedna iznad druge u vertikalnom smjeru.

Za istraživanja utjecaja veličine probe na točku zasićenosti vlakana upotrebene su probe oblika kocke u veličini

brida: 20, 30, 40 i 50 mm. Ove su probe uzimane na isti način kao i probe prvog skupa s tim, da je kod proba bridā 40 i 50 mm uzeto iz jednog koluta samo po 8 kom. (po 2 kom. sa sjeverne, istočne, južne i zapadne strane koluta).



Sl. — Fig. 3. Način uzimanja proba. (Kod proba iz srčevine odbrojeno je 20 godina od periferije i uzete probe, a kod bjeljikovine su probe uzete na periferiji trupčića) — Method of specimen taking. (In heartwood the specimens were taken after counting 20 rings from the section periphery, and in sapwood they were taken from the section periphery)

Za istraživanja varijacija unutar hrastovine upotrebljene su probe poprečnog prijesjeka 20 mm × 20 mm i dužine 30 mm u smjeru vlakana, a uzete su na isti način kao i probe prvog skupa. Iz grane se morao uzeti manji broj proba iz jednog koluta. Kod grane uzete su iz svakog koluta po 4 probe. Kod korijena se nisu mogle uzeti probe prema sl. 3, već je uzeto nekoliko proba iz srčevine i bjeljikovine. Sve su probe izrađene od drveta ravne žice.

U tablici 7 prikazano je, od kojeg probnog stabla potječu pojedine probe, njihove dimenzije, oznake i raspodjela po grupama, kao i sve što je istraživano na pojedinim probama.

Tablica — Table 7.

Pregled proba — Survey.

Redni broj Ser. number of		Vrsta drveta Wood species	Proba — Specimen			
Stabla Stem	Trupčica sections		Broj No.	Dimenzije Dimensions mm	Oznake Marks	
9	91	Bukovina (Zalesina) Beech-wood	240	20 × 20 × 60	BZ	
6	61 62	Bukovina (Lipovljani) Beech-wood	235		BL	
2	21 22	Hrastovina (srževina) Oak-wood (heartwood)	234		H	
7	71 72	Jelovina — Fir-wood	238		J	
8	81 82	Smrekovina Spruce — wood	226		S	
I	11 12	Hrastovina Oak-wood	58 56 40 47		20 × 20 × 20 30 × 30 × 30 40 × 40 × 40 50 × 50 × 50	IX.
10			41 46	20 × 20 × 30	Is (srž) Ib (bijel)	
3	31	Hrastovina Oak-wood	116		II	
	32		116		III	
	33		102		IV	
	34		99		V	
	35					
4	41		120 119		VI (bijel) VII (srž)	
5	51		114		VIII	
Ukupno — Total			2.247			

of specimens

Za ispitivanje For testing	Broj proba po grupama Number of specimens in the groups	Napomena Remark
<p>točke zasićenosti vlakancima metodom utezanja i čvrstoće // s vlakancima. of the fibre-saturation point by the method of shrinkage and crushing strength parallel to grain</p>	<p>Prva grupa 1173 kom. proba First group containing 1173 specimens</p>	<p>Ostale oznake na probama (osim vrste drveta) prema sl. 3. Other marks on the specimens (except wood species) according to Fig. 3.</p>
<p>utjecaja veličine probe na točku zasićenosti vlakancima, metodom utezanja. of influence of specimen size on the fibre-saturation point by the method of shrinkage</p>	<p>Druga grupa 201 kom. proba Second group containing 201 specimens</p>	
<p>varijacije točke zasićenosti metodom utezanja, unutar vrste, utjecaj položaja u stablu, širine goda, srčevine i bjeljikovine. of variations of the fibre-saturation point by the method of shrinkage within the species, influence of the position within the stem, annual - ring width, heartwood and sapwood</p>	<p>Treća grupa 873 kom. proba Third group containing 873 specimens</p>	<p>Proba — Spec. Bukovine — Beech 475 Jelovine — Fir . . 238 Smrek. — Spruce 226 Hrastovine — Oak 1308 Svega — Total 2247</p>
<p>2.247 kom. proba — specimens</p>		

Ukupno je istraženo:

hrastovine	1.308 komada	proba
bukovine	475	” ”
jelovine	238	” ”
smrekovine	226	” ”
U svemu	2.247 komada	proba

Sve su probe izrađene u pravilnim geometrijskim oblicima i fino polirane.

V. METODA — WORKING METHOD

Na 1.173 probe prve grupe prosušene u laboratoriju izmjerene su širine goda i zone kasnog drveta. Širina zone kasnog drveta mjerena je lupom. Kod bukovine je ona utvrđena samo približno zbog postepenog prijelaza ranog drveta u kasno.

Prosušene su probe stavljene u plitke posude i postepeno napajane vodom. Kad je voda izbila na gornja čela proba, stavljene su preko njih metalne mreže i probe su prelivene vodom. Napajanje je trajalo prosječno po 14 dana.

Napojene su probe izvađene iz posude, lagano obrisane krpom, da se ukloni voda s površine, zatim su vagnute na osjetljivoj vazi. Upotrebljene su vaga *Sartorius* osjetljivosti 0,1 g i torziona vaga osjetljivosti 0,01 g. Na taj je način ustanovljena težina probe u napojenom stanju. Odmah nakon vaganja izmjerene su simetrane dimenzije proba u radijalnom, tangencijalnom i longitudinalnom smjeru. Mjerenje je vršeno metalnim promjerkama na 0,1 mm točno. Podaci su upisani u posebne zapisnike. Probe su prosušene u laboratoriju i sušene u sušioniku do konstantne težine, što je utvrđeno kontrolnim vaganjem. U sušioniku su probe bile najprije izvrgnute temperaturi 40...50° C, što je trajalo oko 8 sati. Zatim su isto toliko vremena bile izvrgnute temperaturi 60...70° C, nakon čega su sušene do konstantne težine kod temperature 102 ± 3° C.

Apsolutno suhe probe izvađene su iz sušionika i vagnute na istoj vazi, na kojoj su vagane u napojenom stanju. Na svakoj su probi izmjerene dimenzije istom točnošću kao i kod napojenih proba, i podaci su upisani u zapisnik.

Volumno utezanje računano je po formuli:

$$\alpha_v = \frac{V_s - V_o}{V_s} \cdot 100\% \quad (5)$$

u kojoj je:

V_s = volumen probe napojene vodom u cm^3
 V_o = volumen apsolutno suhe probe u cm^3 ,

a točka zasićenosti po formuli:

$$k = \frac{\alpha_v}{t_n} \quad (6)$$

Iz dobivenih podataka izračunano je volumno utezanje od napojenog do apsolutno suhog stanja, nominalna volumna težina i točka zasićenosti.

Iste probe (1.173 kom.), na kojima je utvrđena točka zasićenosti mjerenjem volumnog utezanja, upotrebljene su i za određivanje točke zasićenosti mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima. Pošto su poslije određivanja točke zasićenosti utezanjem bile izložene oko 10 dana uzduhu u laboratoriju, stavljene su u eksikator, u kojima su vladali različiti parcijalni pritisci vodene pare (različita rel. vlaga), što je postignuto stavljanjem u eksikator sumporne kiseline različitih koncentracija (koncentracije određene prema *Landolt Börnstein-Roth, Kollmann*²⁶ str. 728 i *Kollmann*²⁸ grafikon na kraju knjige). Osim sumporne kiseline različitih koncentracija upotrebljen je i P_2O_5 i destilirana voda. Koncentracija sumporne kiseline odabrana je pomoću dijagrama ravnoteže vlage između uzduha i drveta. Kod ovog se pazilo na to, da se u higroskopskom području vlaga u pojedinim grupama raspodijeli tako, da se dobije pregled čvrstoće na pritisak za cijelo higroskopsko područje i da bude moguće odrediti krivulju čvrstoće u zavisnosti od vlage drveta. Tablica 8 prikazuje upotrebljena sredstva i koncentracije. Ukupno je uzeto 13 eksikatora. U jednom je bio P_2O_5 , u jednom destilirana voda, a u ostalim sumporna kiselina različite koncentracije.

U svaki eksikator stavljene su probe jednog koluta (12 komada) od svake vrste drveta. Ukupno je stavljeno u eksikator 13 \times 60 = 780 proba.

Probe su stavljene u eksikator 22. VIII. 1952. i ostale su u njima najmanje 30 dana. Ispitivanje čvrstoće je završeno 30. IX. 1952.

Eksikator su bili smješteni u zatvorenoj sobi na sjevernoj strani zgrade. Temperatura uzduha u sobi mjerena je tri puta dnevno, i to u 7, 14 i 19 sati. Dnevni srednjak temperature iznosio je 22,3⁰ C, a kretao se u granicama 20,0 ... 23,7⁰ C.

Probe su izvađene iz sušionika, vagnute, izmjerene im simetrale dimenzija radijalno, tangencijalno i longitudinalno.

Tablica — Table 8

Sredstvo — Mean	P ₂ O ₅		H ₂ S O ₄										Dist. voda Distilled water
	0	3	5	6	8	9	11	13	16	21	25	28		30
Vlaga drveta po t - φ - w dijagramu za t = 20 °C Moisture content of wood after t - φ - w diagram for t = 20 °C	0	3	5	6	8	9	11	13	16	21	25	28	30
Relativna vlaga uzduha u % Relative humidity of air in %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98	100
Koncentracija u % Concentration in %		66,5	58,5	52,8	47,2	42,2	37,5	32,8	28,5	18	11	5	
Kolut — Wood disc	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m

Odmah nakon toga određena je čvrstoća na pritisak paralelno s vlakancima na univerzalnom stroju *Amsler* od 4 tone. Probe, koje su pokazivale veću čvrstoću od 4 tone, ispitivane su na *Amslerovu* stroju od 50 tona. Iz izmjerenih podataka obračunata je čvrstoća na pritisak u kg/cm² paralelno s vlakancima za svaku probu.

Postotak vlage, koji je imala proba u času ispitivanja na čvrstoću, izračunan je iz težine probe izmjerene neposredno prije ispitivanja na čvrstoću i težine apsolutno suhe probe, koja je bila ustanovljena kod određivanja točke zasićenosti mjerenjem volumnog utezanja.

Probe preostalih koluta: n, o, p, r, s, š, i t (393 kom.) ponovo su postepeno napajane vodom i sušene u laboratoriju do poželjnog stupnja vlage. Kontrolnim vaganjem svih proba jednog koluta najednom (12 proba vagano najednom), ustanovljeno je, kad su probe dosegle poželjni stupanj vlage. U tu svrhu izrađena je posebna evidencija, i na osnovu otprije poznate težine za pojedinu probu u apsolutno suhom stanju izračunata je težina, koju moraju imati probe, da bi im srednja vlaga odgovarala onoj, koja se želi. Ovim probama su izmjerene dimen-

zije i ispitane su na čvrstoću. Na 12 proba svake vrste drveta mjerena je čvrstoća na pritisak paralelno s vlakancima u napojenom stanju.

Na 201 probi druge grupe i na 873 probe treće grupe proveden je isti postupak kao i na probama prve grupe, kako bi se odredila točka zasićenosti mjerenjem volumnog utezanja i nominalne volumne težine. Probe su napojene, vagane, izmjerene im simetrale dimenzija, prosušene, sušene u sušioniku do konstantne težine, vagane, mjerene im simetrale dimenzija, i iz dobivenih podataka izračunana je točka zasićenosti.

Rezultati su obračunati varijacijsko-statistički. Kod određivanja točke zasićenosti mjerenjem volumnog utezanja na prvoj grupi proba sve varijacijsko-statističke veličine računane su po skraćenom postupku. Kod druge i treće grupe proba za sva svojstva računano je odstupanje pojedine varijante od aritmetške sredine, da bi se izbjegao utjecaj manjeg broja proba. Za drugu i treću grupu proba standardna devijacija računana je po formuli:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_j v_j^2} \quad (7)$$

Za čvrstoću na pritisak nađene su odgovarajuće krivulje i izjednačene po metodama varijacijske statistike. Isto je tako izjednačena i krivulja utjecaja veličine probe na točku zasićenosti.

Kod smrekovih proba izvršena je korekcija s obzirom na isparivanje jednog dijela lako hlapljivih tvari kod sušenja u sušioniku. Korekcija je izvršena na bazi točnog određivanja vlage u ksilolu. Sadržaj smole i masti smrekovine ustanovljen je ekstrakcijom u kloroformu.

Kod hrastovine je određen sadržaj treslovina i netreslovina.

VI. REZULTATI—RESULTS

A) Točka zasićenosti određena mjerenjem volumnog utezanja *Fibre-saturation point determined by measurements of the volumetric shrinkage*

U tablicama 9...13 prikazane su aritmetške sredine: širine goda, širine zone kasnog drveta, volumnog utezanja, nominalne volumne težine i točke zasićenosti žice određene na probama prve grupe prijesjeka 20 mm × 20 mm i dužine 60 mm u smjeru vlakana. U tablici 14 donesen je pregled rezultata.

Tablica — Table 9.

Širina goda — Annual-ring width

Vrsta drveta — Wood species	Broj proba Number of specimens	Granice — Limits	m	f _m	σ	f _σ
		mm	mm		mm	
Bukovina (Zalesina) — Beech-wood	240	1,30 2,75	2,00	± 0,02	± 0,29	± 0,01
Bukovina (Lipovljani) — Beech-wood	235	2,50 4,33	3,42	± 0,03	± 0,39	± 0,02
Hrastovina — srževina Oak-wood — heartwood	234	0,68 2,50	1,20	± 0,02	± 0,28	± 0,01
Jelovina — Fir-wood	238	1,41 2,70	1,90	± 0,02	± 0,23	± 0,01
Smrekovina — Spruce-wood	226	1,70 3,40	2,36	± 0,03	± 0,38	± 0,02

Tablica — Table 10.

Širina zone kasnog drveta — Width of summerwood zone

Vrsta drveta — Wood species	Broj proba Number of specimens	Granice — Limits	m	f _m	σ	f _σ
		mm	mm		mm	
Bukovina (Zalesina) — Beech-wood	240	0,13 0,66	0,28	± 0,01	± 0,08	± 0,004
Bukovina (Lipovljani) — Beech-wood	235	0,43 1,96	0,93	± 0,02	± 0,25	± 0,01
Hrastovina — srževina, Oak-wood — heartwood	234	0,47 1,86	0,96	± 0,02	± 0,25	± 0,01
Jelovina — Fir-wood	238	0,46 1,13	0,68	± 0,01	± 0,12	± 0,01
Smrekovina — Spruce-wood	226	0,50 1,66	0,89	± 0,01	± 0,21	± 0,01

Tablica — Table 11.

Volumno utezanje — Volumetric shrinkage (α_v)

Vrsta drveta — Wood species	Broj proba Number of specimens	Granice — Limits	m	f _m	σ	f _σ
		mm	%		%	
Bukovina (Zalesina) — Beech-wood	238	14,30 19,71	16,56	± 0,06	± 0,97	± 0,04
Bukovina (Lipovljani) — Beech-wood	235	15,50 20,11	17,40	± 0,05	± 0,74	± 0,03
Hrastovina — srževina Oak-wood — heartwood	234	8,29 15,42	11,47	± 0,09	± 1,39	± 0,06
Jelovina — Fir-wood	238	8,66 16,25	12,63	± 0,09	± 1,45	± 0,07
Smrekovina — Spruce-wood	226	8,16 17,40	15,54	± 0,10	± 1,51	± 0,07

Tablica — Table 12.

Nominalna volumna težina — Specific gravity (t_n)*

Vrsta drveta — Wood species	Broj proba Number of specimens	Granice — Limits	m	f _m	σ	f _σ
		g/cm ³	g/cm ³		g/cm ³	
Bukovina (Zalesina) — Beech-wood	238	0,493 0,641	0,531	± 0,001	± 0,021	± 0,001
Bukovina (Lipovljani) — Beech-wood	235	0,543 0,610	0,573	± 0,001	± 0,014	± 0,001
Hrastovina — srževina Oak-wood — heartwood	234	0,441 0,576	0,505	± 0,002	± 0,035	± 0,002
Jelovina — Fir-wood	238	0,364 0,432	0,386	± 0,008	± 0,012	± 0,005
Smrekovina — Spruce-wood	226	0,332 0,434	0,387	± 0,001	± 0,017	± 0,001

* Means in this paper specific gravity on the basis of oven-dry weight in green volume.

Tablica — Table 13.

Točka zasićenosti vlaknaca — Fibre-saturation point

Vrsta drveta — Wood species	Broj proba Number of specimens	Granice — Limits	k*	f _k	σ	f _σ
		%	%	%	%	
Bukovina (Zalesina) — Beech-wood	238	25,0 35,6	31,2	± 0,1	± 1,7	± 0,1
Bukovina (Lipovljani) — Beech-wood	235	27,3 34,4	30,5	± 0,1	± 1,4	± 0,1
Hrastovina - srževina — Oak-wood — heartwood	234	17,7 34,1	22,8	± 0,1	± 2,1	± 0,1
Jelovina — Fir-wood	238	20,5 44,2	32,7	± 0,3	± 4,3	± 0,2
Smrekovina — Spruce-wood	226	24,0 45,4	39,6	± 0,2	± 3,3	± 0,3

* Kod računanja su primijenjene ove formule (Ugrenović Tehnologija drveta str. 364 za — In the computation: the following formulae (Ugrenović p. 364) were applied:

broj razreda — for the number of classes $i = 2 \sqrt[3]{n}$

širinu razreda — for the size of a class $a = \frac{x_{max} - x_{min}}{i}$

aritmetisku sredinu varijacijskog reda

for the arithmetical mean

$$m = \bar{m} + \mu a$$

standardnu devijaciju

for the standard deviation

$$\sigma = a \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r x_i y_i - \mu^2}$$

srednju griješku aritmetiske sredine — for the standard error.

$$j_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

srednju griješku standardne devijacije — for the error of the standard deviation

$$f_\sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$$

u kojima je — wherein it stands for:

n = broj varijanata — number of variants

x_{max} = najveća varijanta — maximum variant

x_{min} = najmanja varijanta — minimum variant

\bar{m} = aproksimativna srednja vrijednost — working mean

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r x_i y_i$$

Tablica — Table 14

Pregled rezultata određivanja točke zasićenosti mjerenjem volumnog utezanja

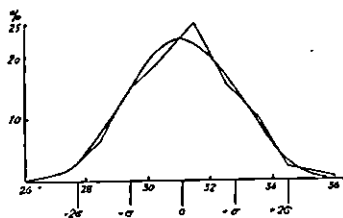
Survey of the results obtained by determining the fibre-saturation point by measuring the volumetric shrinkage

Vrst drveta Wood species	Broj proba Number of specimens	Godovi Annual rings			Utezanje — Shrinkage				Vol. težina Specific gravity		Točka zasićen. vlakna — Fibre-saturation point
		Prosji. širina Mean width	Kasno drvo Summerwood		radijalno Radial	tangencijalno Tangential	uzduž vlakna. Parallel to grain	Volumno Volumetric	t ₀	t ₁	
			mm	mm							
Bukovina (Zalesina) Beech-wood	238	2,01	0,28	14	5,2	11,3	0,2	16,5	0,637	0,532	31,2
Bukovina (Lipovljani) Beech-wood	235	3,43	0,93	27	5,4	12,7	0,3	17,4	0,692	0,572	30,5
Hrastovina - srževina Oak-wood — heart-wood	234	1,21	0,97	80	3,8	7,8	0,5	11,5	0,569	0,503	22,8
Jelovina — Fir-wood	238	1,91	0,69	36	4,0	8,9	0,3	12,6	0,442	0,386	32,7
Smrekovina — Spruce-wood	226	2,35	0,90	38	5,2	10,1	0,3	15,4	0,460	0,388	39,6

Frekvencijski poligoni i normalne krivulje točke zasićenosti istraživanih vrsta drveta konstruirani su na sl. 4... 8, na osnovu širina razreda i relativnih učestalosti iznesenih u tablicama 15... 19. Kod crtanja frekvencijskih poligona i normalnih krivulja točke zasićenosti upotrebljeno je isto mjerilo i relativne učestalosti zbog komparabilnosti.

Širina razreda Size of class %	Aps. učes. Abs. frequenc.	Rel. učes. Rel. frequenc. %
24,01 25,00	1	0,4
25,01 26,00	-	-
26,01 27,00	1	0,4
27,01 28,00	4	1,7
28,01 29,00	16	6,7
29,01 30,00	37	15,5
30,01 31,00	47	19,8
31,01 32,00	61	25,6
32,01 33,00	38	16,0
33,01 34,00	25	10,5
34,01 35,00	5	2,1
35,01 36,00	3	1,3

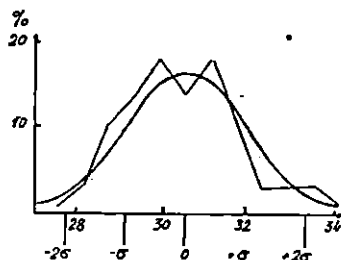
Tab. 15. Točka zasićenosti vlaknaca bukovine (Zalesina) - Fibre - saturation point of beech-wood (Zalesina)



Sl. - Fig. 4. Frekvencijski poligon i normalna krivulja točke zasićenosti bukovine - Frequency polygon and normal curve of the fibre-saturation point of beech-wood (Zalesina)

Širina razred Size of class %	Aps. učes. Abs. frequenc.	Rel. učes. Rel. frequenc. %
27,21 27,80	2	0,9
27,81 28,40	8	3,4
28,41 29,00	24	10,2
29,01 29,60	32	13,6
29,61 30,20	43	18,3
30,21 30,80	32	13,6
30,81 31,40	43	18,3
31,41 32,00	24	10,2
32,01 32,60	7	3,0
32,61 33,20	7	3,0
33,21 33,80	8	3,4
33,81 34,40	3	1,3
34,41 35,00	1	0,4
35,01 35,60	1	0,4

Tab. 16. Točka zasićenosti vlaknaca bukovine (Lipovljani) - Fibre-saturation point of beech-wood (Lipovljani)



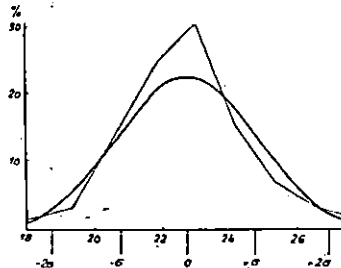
Sl. - Fig. 5. Frekvencijski poligon i normalna krivulja točke zasićenosti bukovine - Frequency polygon and normal curve of the fibre-saturation point of beech-wood (Lipovljani)

Između utezanja u tangencijalnom i u radijalnom smjeru postoje odnosi: a_t/a_r .

bukovina (Zalesina) 2,17, bukovina (Lipovljani) 2,35, hrastovina (srževina) 2,05, jelovina 2,23, smrekovina 1,94.

Širina razred Size of class	Aps. učestal. Abs. frequency	Rel. učes. Rel. frequency
%		%
17,60 18,80	4	1,7
18,81 20,00	8	3,4
20,01 21,20	32	13,7
21,21 22,40	57	24,4
22,41 23,60	70	29,9
23,61 24,80	35	15,0
24,81 26,00	16	6,8
26,01 27,20	6	2,6
27,21 28,40	3	1,3
28,41 29,60	-	-
29,61 30,80	-	-
30,81 32,00	1	0,4
32,01 33,20	-	-
33,21 34,40	2	0,8

Tab. 17. Točka zasićenosti vlaknaca hrastovine (srževine) – Fibre-saturation point of oak-wood



Sl. Fig. 6. Frekvencijski poligon i normalna krivulja točke zasićenosti hrastovine (srževine). Frequency polygon and normal curve of the fibre-saturation point of oak-wood (near-wood)

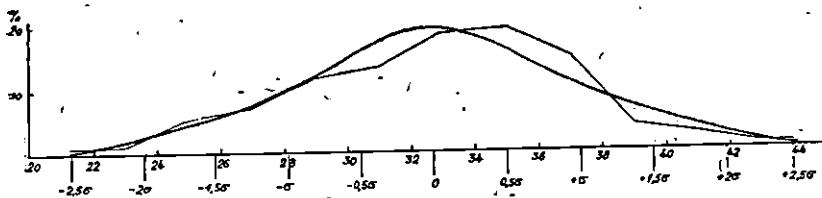
Širina razred Size of class	Aps. učes. Abs. frequency	Rel. učes. Rel. frequency
%		%
20,01 22,00	2	0,8
22,01 24,00	3	1,3
24,01 26,00	13	5,5
26,01 28,00	17	7,1
28,01 30,00	28	11,8
30,01 32,00	32	13,4
32,01 34,00	44	18,5
34,01 36,00	46	19,3
36,01 38,00	35	14,7
38,01 40,00	9	3,9
40,01 42,00	6	2,5
42,01 44,00	2	0,8
44,01 46,00	1	0,4

Tab. 18. Točka zasićenosti vlaknaca jelovine – Fibre-saturation point of fir-wood

Na brojevima, koji predstavljaju točku zasićenosti u tablici 13, bilo je potrebno izvršiti korekture, i to:

a) kod smrekovine s obzirom na isparivanje lako hlapljivih tvari,

b) kod svih vrsta s obzirom na povećavanje gustoće adsorbirane vode za 3%.



Sl. Fig. 7. Frekvencijski poligon i normalna krivulja točke zasićenosti jelovine. Frequency polygon and normal curve of the fibre-saturation point of fir-wood

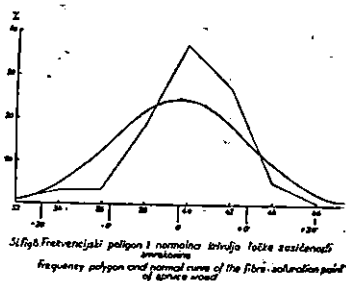
Kod sušenja proba u sušioniku, pri temperaturi $102 \pm 3^{\circ} \text{C}$, ostaje u drvetu neka relativno mala količina vlage ispod 1%, koja se ne da ispariti, osobito kod većih proba. To prouzrokuje relativno malu pogrešku kod određivanja, točke zasićenosti, koja se ne da ukloniti, ako se primjenjuje uobičajeno sušenje u sušioniku.

a) Korektura točke zasićenosti smrekovine s obzirom na isparivanje lako hlapljivih tvari

Smrekove probe sušene su, kao i probe ostalih istraživanih vrsta drveta, u sušioniku kod temperature $102 \pm 3^{\circ} \text{C}$ do konstantne težine. Ovakvim sušenjem isparuje se osim vode i jedan

Širina razred Size of class	Aps. učestal. Abs. frequency	Rel. učes. Rel. frequency
%		%
23,01 25,00	2	0,9
25,01 27,00	-	-
27,01 29,00	3	1,3
29,01 31,00	3	1,3
31,01 33,00	2	0,9
33,01 35,00	7	3,1
35,01 37,00	8	3,5
37,01 39,00	41	18,2
39,01 41,00	84	37,2
41,01 43,00	62	27,4
43,01 45,00	12	5,3
45,01 47,00	2	0,9

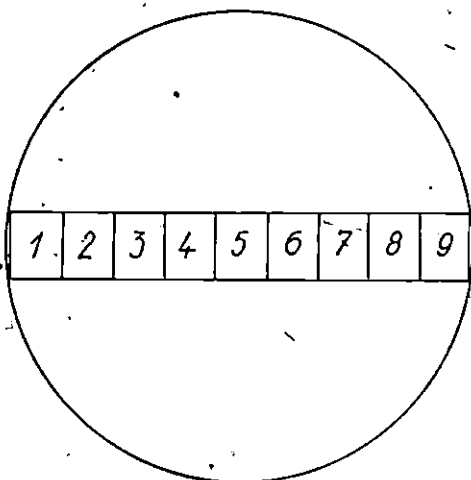
Tab. 19. Točka zasićenosti vlaknaca smrekovine - Fibre-saturation point of spruce-wood



dio lako hlapljivih tvari iz smrekovine. Na taj se način dolazi do većeg postotka vlage nego što je stvarni. Ta je pojava poznata kod svih vrsta drveta, koje sadržavaju veće količine smole, terpena, masti, eteričnih ulja ili drugih impregnacijskih tvari.

Točan sadržaj vlage drveta, koje sadržava lako hlapljive tvari, određuje se destilacijom u ksilolu, toluolu ili tetrakloreтанu. Razlika između određivanja vlage u sušioniku i destilacijom u navedenim tvarima može (po Kollmannu,²⁸ str. 366) iznositi 5 . . . 10% težine apsolutno suhe tvari, pa čak i više, što zavisi o količini lako hlapljivih tvari, veličini proba i t. d.

Da se dobije uvid, s kolikom se razlikom treba računati kod istraživane smrekovine, precizno je određen sadržaj vlage destilacijom u ksilolu i za komparaciju sušenjem u sušioniku kod $102 \pm 3^{\circ}\text{C}$ do konstantne težine. Osim toga određen je sadržaj smole i masti istraživane smrekovine ekstrakcijom u kloroformu.



Sl. — Fig. 9.

Ekstrakcija smole i određivanje vlage u ksilolu i sušioniku izvršeno je u Zavodu za agrikulturnu kemiju Poljoprivredno-šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod nadzorom *ing. Ive Opačića*.

Uzorci su uzeti (prema sl. 9) od istog trupčića smrekovine, od kojeg su uzete i probe za određivanje točke zasićenosti.

Za ekstrakciju smole kloroformom u *Soxhlet* aparatu uzete su probe br. 1, 3, 5, 7 i 9, a za određivanje vlage u ksilolu i u sušioniku probe br. 2, 4, 5, 6 i 8. Težina proba za određivanje smole-iznosila je cca 7 g usitnjenog drveta, a za destilaciju u ksilolu oko 1 g.

Ekstrakcija smole i masti kloroformom dala je ove rezultate:

Ekstrakcija probe br. 1	0,63%	smole i masti
„ „ „ 3	0,66%	„ „ „
„ „ „ 5	1,25%	„ „ „
„ „ „ 7	0,59%	„ „ „
„ „ „ 9	0,74%	„ „ „

Prosječno 0,76% smole i masti

Po istraživanju C. G. Schwalbea, C. Schultza i R. Siebera (Kollmann²⁶ str. 261) smrekovo stablo staro 40 godina imalo je ukupno 0,63% smole i masti.

U našem slučaju sadržaj smole opada od centra prema periferiji, s izuzetkom kod probe 9, do čega dolazi zbog nehomogenosti građe i nejednolične raspodjele smole.

Određivanje vlage dalo je ove rezultate:

destilacijom u ksilolu:

Vlaga probe br. 2	18,42%
„ „ „ 4	18,49%
„ „ „ 5	18,45%
„ „ „ 6	18,41%
„ „ „ 8	18,50%
Prosječno vlage	18,45%

u sušioniku:

Vlaga u sušioniku određena je na svega 2 uzorka kod temperature $102 \pm 3^\circ \text{C}$.

Prvo određivanje	19,72% vlage
Drugo „	19,65% „
Prosječno	19,69% vlage

Srednja vlaga određena u sušioniku	19,69%
Srednja vlaga određena u ksilolu	18,45%

Razlika 1,24%

Na bazi ove razlike izvršena je korekcija aritmetške sredine točke zasićenosti na ovaj način:

Aritmetška sredina težine od 226 napojenih proba iznosi: $T_s = 20,43 \text{ g}$, a apsolutno suh: $T_o = 9,90 \text{ g}$. Aritmetšku sredinu težine apsolutno suh proba treba povećati za težinu isparenih lako hlapljivih tvari (1,24%). Težina isparenih lako hlapljivih tvari i vode, koja se nije dala istjerati sušenjem u sušioniku, iznosi:

$$9,90 \times 0,0124 = 0,12 \text{ g}$$

Korigirana aritmetška sredina težine iznosi:

$$T_o = 9,90 \text{ g} + 0,12 \text{ g} = 10,02 \text{ g}$$

Aritmetška sredina volumena u napojenom stanju ostaje nepromijenjena, $V_s = 25,54 \text{ cm}^3$.

Korigirana aritmetaska sredina nominalne volumne težine iznosi:

$$t_n = \frac{T_o}{V_s} = \frac{10,02}{25,54} \text{ g/cm}^3 = 0,392 \text{ g/cm}^3$$

Aritmetisku sredinu volumena u apsolutno suhom stanju (21,57 cm³) treba povećati za volumen isparenih lako hlapljivih tvari težine 0,12 g. Težina isparenih tvari 0,12 g zauzima volumen 0,13 cm³, ako se uzme, da je specifična težina lako hlapljivih tvari manja od 1 i da iznosi 0,9 $\left(\frac{0,12}{0,9} = 0,13 \text{ cm}^3\right)$.

Korigirana aritmetaska sredina volumena u apsolutno suhom stanju iznosi:

$$V_o = 21,57 \text{ cm}^3 + 0,13 \text{ cm}^3 = 21,70 \text{ cm}^3$$

Iz toga se može izvesti korekcija aritmetiske sredine volumnog utezanja:

$$\alpha_o = \frac{25,54 - 21,70}{25,54} \cdot 100 \% = 15,03 \%$$

Prema tome korigirana aritmetaska sredina točke zasićenosti iznosi:

$$k = \frac{\alpha_v}{t_n} = \frac{15,03}{0,392} = 38,3 \%$$

b) Korekcija s obzirom na gustoću adsorbirane vode

Stamm i Seborg (1935) su dokazali (po Trendelenburgu⁵⁶ str. 12), da je afinitet između suhe drvne tvari i vode tako velik, da se gustoća adsorbirane vode povećava oko 3%. Privlačne sile su tako jake, da čvrsto vežu vodu, t. j. drvo i voda se snažno privlače, te dolazi do djelovanja površinskih sila.

Na taj se način može i razumjeti, da je adsorbirana voda gušća od vode, koja dolazi u prirodi. U formuli, iz koje je izračunan k u tablici 13, k je izražen u cm³ (to je adsorbirana voda izražena u cm³), a da se dobije težina adsorbirane vode, treba njezin volumen pomnožiti specifičnom težinom. S toga razloga treba sve brojeve, koji predstavljaju točku zasićenosti u tablici 13, pomnožiti sa 1,03, jer adsorbiranu vodu izražavamo procentualnim odnosom njene težine u odnosu na težinu apsolutno suhe drvne tvari (Kollmann je izražava u kg/kg), a točka zasićenosti i nije drugo nego maksimalni iznos adsorbirane vode u odnosu na težinu apsolutno suhe drvne tvari.

Povećanje faktora k za 3% povlači za sobom i povećavanje varijacijsko-statističkih veličina (f_m , f_σ i σ) iskazanih u tablici 13. Ta povećanja srednjih griješaka aritmetičke sredine (f_m) i standardne devijacije (f_σ) očituje se tek u trećoj decimali, a kod standardne devijacije (σ) u drugoj. Zaokruživanjem na jednu decimalu taj se utjecaj gubi. Uobičajeno je iskazivati točku zasićenosti na jednu decimalu, pa su i ostali varijacijsko-statistički iznosi u tablici 13 iskazani na jednu decimalu.

Definitivni rezultati točke zasićenosti istraživanih vrsta iskazani su u tablici 20.

Tablica — Table 20.

Točka zasićenosti — Fibre-saturation point

Vrste drveta Wood species	Broj porba Number of specimens	Granice Limits	k	fk	σ	f_σ
		%	%	%		
Bukovina (Zal.) Beech-wood	238	25.7 . . 36.7	32.1	± 0.1	± 1.7	± 0.1
Bukovina (Lip.) Beech-wood	235	28.2 . . 35.5	31.4	± 0.1	± 1.4	± 0.1
Hrastovina (srž.) Oak-wood (heartwood)	234	18.2 . . 35.2	23.5	± 0.1	± 2.1	± 0.1
Jelovina Fir-wood	238	21.1 . . 45.5	33.7	± 0.3	± 4.3	± 0.2
Smrekovina Spruce-wood	226	23.9 . . 45.2	39.4	± 0.2	± 3.3	± 0.2

Granice točke zasićenosti smrekovine korigirane su na isti način kao i aritmetička sredina.

Točka zasićenosti istraživanih:

listača (hrastovine i bukovine) varira u granicama 18... 36%
četinjača (jelovine i smrekovine) varira u granicama 21... 46%

Interval varijacije točke zasićenosti širi je kod četinjača nego kod listača.

Za sve istraživane vrste vrijedi odnos između volumnog utezanja (a_v), adsorbirane vode (bez uvećanja gustoće vode) i nominalne volumne težine (t_n)

- za listače $a_v = 30 t_n$ (8)
za listače $a_v = 28 t_n$ (9)
za četinjače $a_v = 33 t_n$ (10)

Aritmetska sredina točke zasićenosti sve istraživane bukovine (473 probe) iznosi: 25,7...31,8...36,7.

Mörath³⁷ (1931) je istraživao točku zasićenosti bukovine i došao do rezultata: 25...30...45%. Rezultati naših istraživanja dobro se slažu s Mörathovim, samo što je kod nas interval varijacije uži.

Trendelenburg⁵⁶ je svrstao bukovinu s obzirom na točku zasićenosti (na osnovu Grösslerovih istraživanja) u I. grupu, kamo on ubraja difuzno porozne listače bez izrazite srževine (lipovinu, vrbovinu, topolovinu, johovinu, bukovinu, grabovinu) i bjeljikovinu osrženih listača IV. grupe (bagremovine, pitome kestenovine, hrastovine, jasenovine, trešnjevine). Točka zasićenosti I. grupe iznosi po Trendelenburgu 32...35% i više. Sumarni prikaz rezultata, koje iznosi Trendelenburg⁵⁶ (na sl. 59, str. 205) pokazuje, da točka zasićenosti bukovine leži između 30 i 32% vlage.

Za naša istraživanja uzeta je bukovina iz Zalesine i Lipovljana. U Zalesini bukovina dolazi od prirode u mješovitim sastojinama s jelom. U gospodarskoj jedinici A »Posavske šume« bukva dolazi danas sporadično. U ovoj gospodarskoj jedinici glavne su vrste drveta hrast i jasen (nekada je bio i brijest), a bukva je vrlo velika rijetkost, jer ova gospodarska jedinica leži u nizini na poplavnom području. Ako postoje individualne razlike točke zasićenosti, može se očekivati, da će one biti osobito izražene komparacijom rezultata dobivenih na materijalu uzetom s različitih nalazišta.

Tiemann je našao, da unutar jedne vrste drveta postoje znatne varijacije točke zasićenosti. Točka zasićenosti istraživane bukovine iznosi:

bukovina (Zalesina)	32,1 ± 0,1%
bukovina (Lipovljani)	31,4 ± 0,1%

Razlika aritmetičke sredine točke zasićenosti bukovine s ovih dvaju različitih nalazišta nije velika.

Aritmetičke sredine širine goda i aritmetička sredina širine zone kasnog drveta istraživane bukovine iznose:

	širina goda	širina zone kasnog drveta	postotak kasnog drveta
bukovina (Zalesina)	2,00 ± 0,02 mm	0,28 ± 0,01 mm	14%
bukovina (Lipovljani)	3,42 ± 0,03 mm	0,93 ± 0,02 mm	27%

Kakav utjecaj ima širina goda i širina zone kasnog drveta na točku zasićenosti vlakancu predmet je posebnog studija.

Točka zasićenosti hrastovine iznosi po našim istraživanjima: 18,2...23,3...32,2% i odnosi se samo na srževinu.

Trendelenburg je svrstao hrastovinu u IV. grupu, kamo po njemu idu prstenasto porozne listače s izrazitom srževinom. Točka zasićenosti IV. grupe po *Trendelenburgu*⁵⁶ iznosi: 23 ... 25%, što se slaže s rezultatom, do kojeg smo došli.

*Horvat*¹⁸ je odredio točku zasićenosti slavonske hrastovine na probama prijesjeka 30 mm × 30 mm i dužine 20 mm u smjeru vlakana. Po njegovim istraživanjima točka zasićenosti hrastovine (lužnjaka) iznosi 27,4%. Već je otprije poznato (*Tiemann*), da unutar jedne iste vrste mogu nastupiti znatne varijacije točke zasićenosti. Do ove razlike između *Horvatovih* i naših istraživanja moglo je osim toga doći i zbog različite strukture proba, veličine proba, različitog sadržaja treslovina i netreslovina i t. d.

U spomenutom zavodu za agrikulturnu kemiju pod nadzorom istog stručnjaka određen je sadržaj treslovina i netreslovina istraživane hrastovine (srževine). Ukupno su izvršene dvije analize, koje su dale ove rezultate:

	treslovine	netreslovine	voda
prva analiza	4,82%	0,51%	16,1%
druga analiza	4,59%	0,48%	16,0%
prosječno	4,71%	0,50%	16,0%

Ako dobivene rezultate usporedimo u prosječnim vrijednostima za mlađu slavonsku hrastovinu (*Smaić Wladika, Collegium* 192, 146 po *Ugrenoviću*⁵⁸, str. 74) izlazi:

	vlaga	treslovina	netreslovina
aritmetička sredina naših analiza	16,0%	4,71%	0,50%
Smaić Wladika	13,5%	1,65%	1,25%

Hrastovina od stabala starih 90 godina, koja su bila predmet naših istraživanja bogatija je treslovinama i siromašnija netreslovinama od prosječnih iznosa za mlađu slavonsku hrastovinu.

*Stamm*⁴⁸ je dokazao određivanjem točke zasićenosti ekstrahirane i neekstrahirane sekvojevine (*Sequoia sempervirens*, Endl.), da se točka zasićenosti povećava uklanjanjem ekstraktivnih tvari. Iz tog se može izvesti zaključak, da ono drvo, koje ima veći sadržaj treslovina i netreslovina zajedno, mora imati nižu točku zasićenosti od drveta iste vrste s manjim sadržajem treslovina i netreslovina.

Po našim istraživanjima iznosi točka zasićenosti:

jelovine	21,1 ... 33,7 ... 45,5%
smrekovine	23,9 ... 39,4 ... 45,2%

Po Trendelenburgu⁵⁶ točka zasićenosti jelovine i smrekovine iznosi 30...34%. Aritmetska sredina točke zasićenosti jelovine po našim istraživanjima pada u te granice, a aritmetska sredina točke zasićenosti smrekovine po našim istraživanjima veća je od one, koju navodi Trendelenburg.

Točka zasićenosti smrekovine (Sitka spruce, *Picea sitchensis*, Carr.), određena metodom čvrstoće na pritisak paralelna s vlakancima, leži po Markwardtu i Wilsonu³³ (str. 49) između 25 i 30%, a po Tiemannu³³ (str. 228) između 30 i 35% vlage.

B) Točka zasićenosti određena mjerenjem čvrstoće na pritisak u smjeru paralelnom s vlakancima — *Fibre-saturation point determined by measurements of the crushing strength parallel to grain*

Za ova istraživanja upotrebljene su iste probe prve grupe, na kojima je određena točka zasićenosti vlakancima mjerenjem volumnog utezanja:

Nanošenjem podataka o vlazi i čvrstoći proba na polulogaritamski papir uočeno je, da za sve ispitivane vrste drveta odgovara u higroskopskom području logaritamska parabola:

$$\log y = a + bx + cx^2 \quad (11)$$

a u nadhigroskopskom području pravac:

$$y = a_1 + b_1 x \quad (12)$$

Svi podaci obrađeni su varijacijsko-statistički. Parametri logaritamske parabole (a, b i c) za pojedinu vrstu drveta i njihove statističke griješke (σ_a , σ_b i σ_c) nalaze se u tablici 21, a parametri pravca a_1 i b_1 i njihove pogreške (σ_{a1} i σ_{b1}) iskazani su u tablici 22.

Logaritamske parabole i pravci nacrtani su na sl. 11...15. Kod logaritamske parabole uzeta je ordinata y, a ne log y, tako da krivulja predstavlja izraz:

$$y = 10^{a + bx + cx^2} \quad (13)$$

oblik:

$$\log y = a + bx + cx^2$$

zadržan je radi lakšeg računanja.

Za kontrolu parametara izračunanih iz normalnih jednadžbi i za računanje pogrešaka parametara primijenjeni su Fisherovi c-multiplikatori (Fisher¹¹).

Na pr. za pravac, a analogno i za krivulju:

$$\begin{aligned} c_{11}\Sigma(y) + c_{12}\Sigma(yx) &= a_1, & \sigma_a^2 &= \sigma^2 c_{11} \\ c_{21}\Sigma(y) + c_{22}\Sigma(yx) &= b_1; & \sigma_b^2 &= \sigma^2 c_{22} \end{aligned} \quad \sigma = \frac{(\Sigma Y - y)^2}{n - 2}$$

Tablica — Table 21.

Parametri logaritamske parabole i njihove griješke — Parameters of logarithmic parabola and their errors

Vrst drveta Wood species	Broj proba Number of specimens	a	σ_a	b	σ_b	c	σ_c	σ
Bukovina (Z.) Beech - wood	202	+ 3.046	± 0.003	- 0.0283	± 0.0004	+ 0.00032	± 0.00001	± 0.01301
Bukovina (L.) Beech - wood	209	+ 3.063	± 0.005	- 0.0213	± 0.0007	+ 0.00003	± 0.00002	± 0.01999
Hrastovina (srževina) Oak - wood (heartwood)	192	+ 2.931	± 0.003	- 0.0196	± 0.0006	- 0.00007	± 0.00002	± 0.01321
Jelovina — Fir - wood	214	+ 2.859	± 0.005	- 0.0165	± 0.0006	+ 0.00003	± 0.00002	± 0.01955
Smrekovina Spruce - wood	202	+ 2.904	± 0.005	- 0.0222	± 0.0007	+ 0.00017	± 0.00005	± 0.02316

Tablica — table 22.

Parametri pravca i njihove griješke — Parameters of straight line and their errors

Vrsta drveta — Wood species	Broj proba Number of specimens	a_1	b_1	σ_{b_1}	$1.96 \sigma_{b_1}$
Bukovina (Z.) — Beech - wood	48	+ 305	- 0.21	± 0.23	0.45
Bukovina (L.) — Beech - wood	24	+ 284	+ 0.14	± 0.40	0.78
Hrastovina (srževina) — Beech - wood (heartwood)	47	+ 277	- 0.83	± 0.21	0.41
Jelovina — Fir - wood	34	+ 257	- 0.73	± 0.08	0.16
Smrekovina — Spruce - wood	36	+ 226	- 0.31	± 0.66	1.29

Apscisa presjecišta logaritamske parabole i pravca daje traženu točku zasićenosti. Koordinate presjecišta moraju zadovoljavati i jednadžbu logaritamske parabole i jednadžbu pravca. Do algebarskog se rješenja dolazi rješenjem sistema:

$$\begin{aligned} \log x &= a + bx \quad cx^2 \dots \dots \dots (14) \\ y &= a_1 + b_1 x \end{aligned}$$

Algebarsko rješenje ovog sistema moguće je samo u slučaju, kada je $b_1 = 0$. Tada je $y = a_1 = \text{const.}$ (pravac paralelan s koordinatnom osi x). Ako taj uvjet nije ispunjen, valja se zadovoljiti grafičkim rješenjem, jer se u sistemu javlja transcendentni oblik ($\log y$), koji se ne da ukloniti. Grafički se može ovaj sistem samo aproksimativno riješiti. Grafička se rješenja mogu i računom popravljati.

Mi smo se odlučili za algebarsko rješenje. Stoga postavljamo nul hipotezu, t. j. stavljamo, da je $b_1 = 0$. Nul-hipoteza ja opravdana, ako je ispunjen uvjet

$$b_1 < 1,96 \sigma_{b_1}$$

jer to znači, da je b_1 samo u 5% slučajeva veći od $1,96 \sigma_{b_1}$. Ovdje uzimamo, da pojava nije vjerojatna, ako je matematička vjerojatnost manja od 5%.

Iz tablice 22 izlazi za istraživane vrste drveta:

	b_1	$1,96 \sigma_{b_1}$
bukovina (Zalesina)	0,21	< 0,45
bukovina (Lipovljani)	0,14	< 0,78
smrekovina	0,31	< 1,29
hrastovina	0,83	> 0,41
jelovina	0,73	> 0,16

Prema ovome nul-hipoteza je opravdana za bukovinu i smrekovinu, a nije opravdana za hrastovinu i jelovinu.

Uzevši teoretski, iznad točke zasićenosti ne bi smjelo biti nikakvih promjena u čvrstoći na pritisak, kao što se ne mijenjaju ni ostala svojstva drveta u nadhigroskopskom području. U našem slučaju kod hrastovine i jelovine pravac ne bi bio paralelan s apscisnom osi x , već bi bio prema njoj nešto nagnut. Razlog leži u tome, što je uzet relativno malen broj proba. Kad bi se uzeo velik broj proba, pravac u nadhigroskopskom području bio bi svakako paralelan s osi x . Nas je naročito interesiralo higroskopsko područje, u kojem je uzet kudikamo veći broj proba, da se dobije što izražajinja krivulja, do koje se teško dolazi. Moglo se očekivati, da će i relativno malen broj proba u nadhigroskopskom području dati pravac parale-

lan s osi x . Naklonjenost pravca prema osi x uvjetuje i nejednolična distribucija vlage u probama, koju nije moguće izbjeći iznad točke zasićenosti. Ako uzmemo, da je na pr. kod hrastovine pravac paralelan s osi x , algebarsko rješenje daje za točku zasićenosti 25,4%, a ako uzmemo u istom slučaju, da pravac nije paralelan s osi x , već da je prema njoj nagnut, t. j. ako u jednadžbu pravca uvrstimo parametre a_1 i b_1 iz tablice 22 za hrastovinu, grafičko rješenje daje za točku zasićenosti 24,6%. Razlika iznosi $25,4 - 24,6\% = 0,8\%$. Svijesni ove razlike, uzimamo ipak i za hrastovinu i za jelovinu, da je u nadhigroskopskom području pravac paralelan s osi x , jer je čvrstoća drveta na pritisak u smjeru vlakana iznad točke zasićenosti konstantna. To su eksperimentalno dokazali razni istraživači (Tiemann³³, Markwardt i Wilson³³, Mörath³⁷ i drugi) za razne vrste drveta.

Dakle, za sve istraživane vrste drveta uzimamo, da je pravac u nadhigroskopskom području paralelan s osi x , odnosno, da je $b_1 = 0$, u tom slučaju jednadžba pravca:

$$y = a_1 + b_1x$$

prelazi u oblik

$$y = a_1 \dots \dots \dots (15)$$

ali mi ne uzimamo, da je $y = a_1$, već uzimamo najvjerojatniju vrijednost za y , a to je aritmetaska sredina od svih varijanata:

$$y = \frac{(y)}{n} = const \quad (16)$$

Tako se dolazi do sistema:

$$\begin{aligned} \log y &= a + bx + cx^2 \dots \dots \dots (17) \\ y &= const., \end{aligned}$$

koji se može algebarski riješiti. Uvrštavanjem vrijednost $y = const.$ u prvu jednadžbu dobiva se kvadratna jednadžba.

Uvrštavanjem parametara a , b i c u jednadžbu parabole i aritmetiske sredine svih varijanata u nadhigroskopskom području, u jednadžbu pravca dobiva se točka zasićenosti pojedinih vrsta:

a) bukovina (Zalesina)

$$\log y = 3,046 - 0,0283x + 0,00032x^2$$

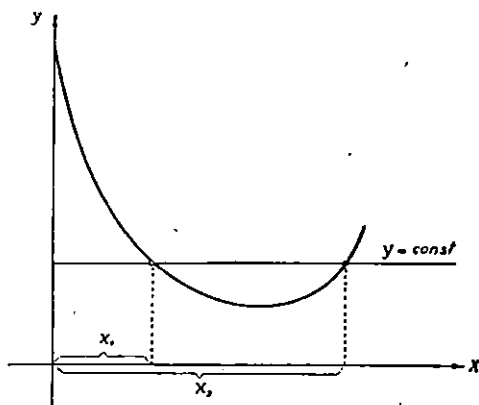
$$y = 296,11$$

$$0,00032x^2 - 0,0283x + 0,57454 = 0$$

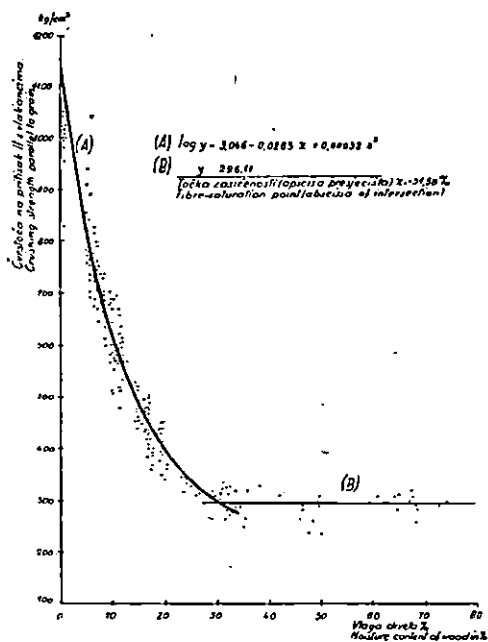
$$x_1 = 31,58\% \text{ točka zasićenosti}$$

$$x_2 = +56,86 \text{ je apscisa drugog presijeci-}$$

šta parabole i pravca i nema smisla u ovom problemu (sl. 10).



Sl. — Fig. 10.



Sl. — Fig. 11. Bukovina (Zalesina). Odnos vlage i čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima — Beech-wood (Zalesina). Relationship between the moisture content and crushing strength parallel to grain

U jednadžbi

$$\log y = 3,046 - 0,0283 x + 0,00032 x^2 \quad (18)$$

dano je x —u nekoliko vrijednosti, za koje je izračun y (zaokruženo na cijele brojeve). Na temelju tih koordinata konstruirana je krivulja na sl. 10.

$$\begin{array}{l} x = \quad 0 \quad 1 \quad 3 \quad 5 \quad 10 \quad 15 \quad 20 \quad 25 \quad 30 \quad 35 \\ y = 1.112 \quad 1.042 \quad 920 \quad 818 \quad 624 \quad 494 \quad 406 \quad 346 \quad 305 \quad 280 \end{array}$$

Na analogan su način konstruirane krivulje i pravci i za ostale vrste drveta sl. 12... 15.

b) bukovina (Lipovljani)

$$\log y = 3,063 - 0,0213 x + 0,00003 x^2$$

$$y = 291,78$$

$$0,00003 x^2 - 0,0213 x + 0,59794 = 0$$

$$x_1 = + 29,28\% \text{ točka zasićenosti}$$

c) hrastovina (srževina)

$$\log y = 2,931 - 0,0196 x - 0,00007 x^2$$

$$y = 243,85$$

$$0,00007 x^2 + 0,0196 x - 0,54388 = 0$$

$$x_1 = + 25,44\% \text{ točka zasićenosti}$$

d) jelovina

$$\log y = 2,859 - 0,0165 x + 0,0003 x^2$$

$$y = 207,18$$

$$0,00003 x^2 - 0,0165 x + 0,54265 = 0$$

$$x_1 = + 35,13\% \text{ točka zasićenosti}$$

e) smrekovina

$$\log y = 2,904 - 0,0222 x + 0,00017 x^2$$

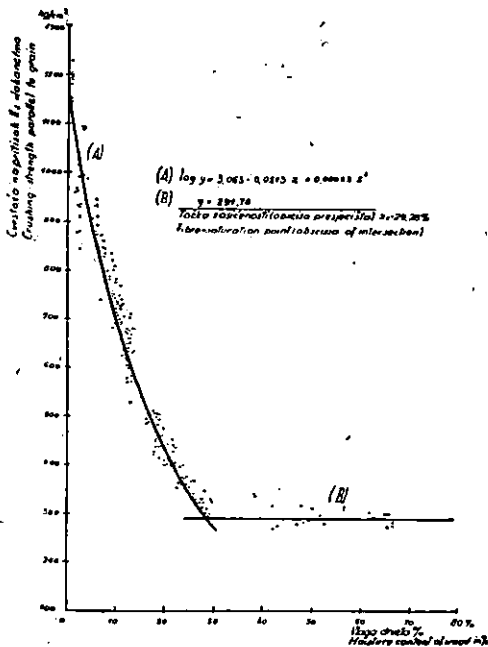
$$y = 208,03$$

$$0,00017 x^2 - 0,0222 x + 0,58588 = 0$$

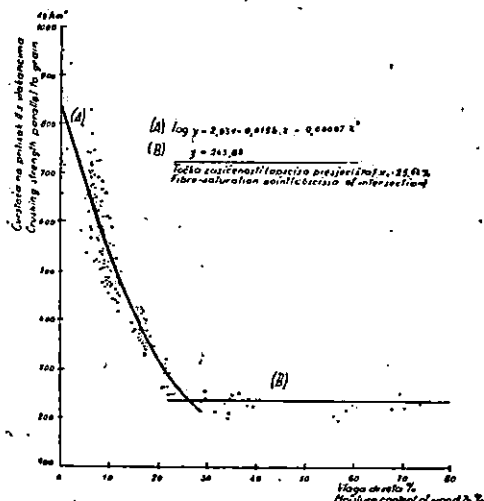
$$x_1 = + 36,71\% \text{ točka zasićenosti}$$

Točka zasićenosti istraživanih vrsta drveta određena mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima iznosi:

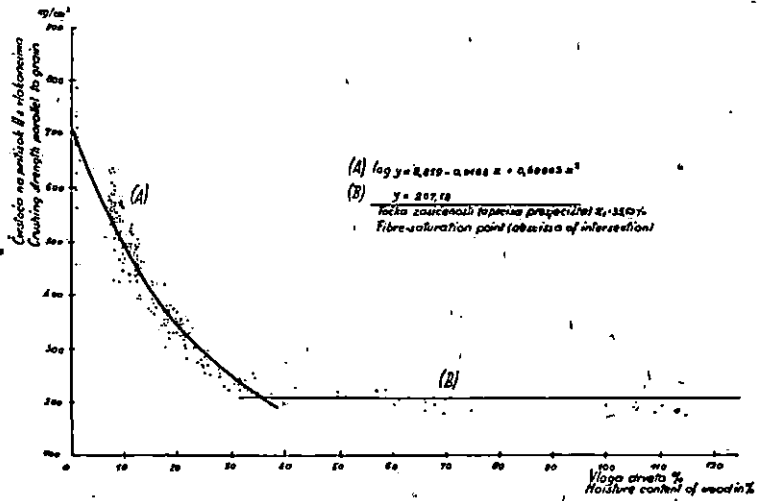
	iz Zalesine 31,6%	
bukovina		30,5%
	iz Lipovljana 29,3%	
hrastovina (srževina)		25,4%
jelovina		33,1%
smrekovina		36,7%



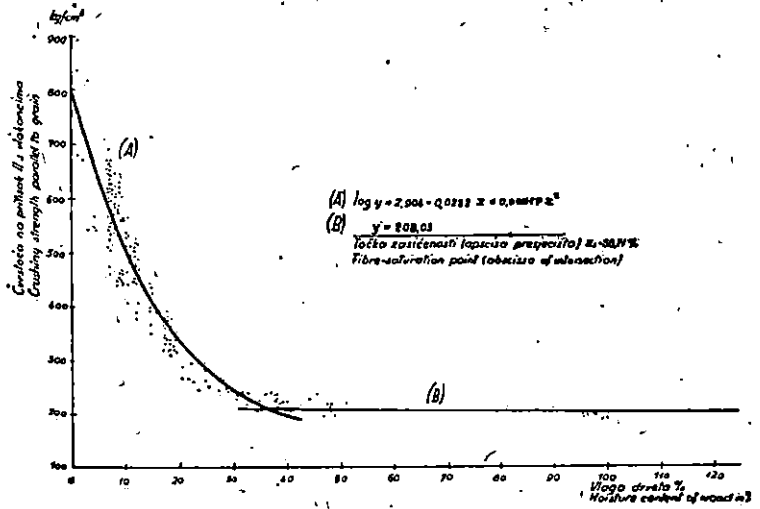
Sl. - Fig. 12. Bukovina (Lipovljani). Odnos vlage i čvrstoće na pritisak s vlakancima - Beechwood (Lipovljani). Relationship between the moisture content and crushing strength parallel to grain



Sl. - Fig. 13. Hrastovina (srževina). Odnos vlage i čvrstoće na pritisak s vlakancima - Oakwood (heartwood). Relationship between the moisture content and crushing strength parallel to grain



Sl. - Sig. 14. Smrekovina. Odnos vlage i čvrstoće na pritisak s vlakancima - Spruce-wood. Relationship between the moisture content and crushing strength parallel to grain



Sl. - Fig. 15. Jelovina. Odnos vlage i čvrstoće na pritisak s vlakancima - Fir-wood. Relationship between the moisture content and crushing strength parallel to grain

Zakovitost o zavisnosti vlage i čvrstoće drveta od velikog je praktičnog i teoretskog značenja, stoga ćemo se ovdje na nju osvrnuti.

Za sve istraživane vrste ova je zakovitost izražena logaritamskom parabolom u higroskopskom području, a ne pravcem, kako tvrdi *Perelygin*³⁹ (str. 54). *Markwardt* i *Wilson*³³ (str. 49) dobili su za Sitka spruce (*Picea sitchensis*, Carr.) eksponencijalnu krivulju, a slične krivulje dobio je i *Tiemann*⁵³ (str. 228) za smrekovinu (Spruce), kestenovinu (Chestnut) i borovinu (Longleaf Pine). *Wilson, T. R. C. (Davis-Troxell-Wiskocil*⁶, str. 327) donosi grafikon na kojem je za Sitka spruce odnos vlage i čvrstoće u higroskopskom području izražen pravcem. Na tom grafikonu točka zasićenosti smrekovine (Sitka spruce) iznosi oko 27%.

Koliko nam je poznato, u svjetskoj je literaturi izražena zavisnost vlage i čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima samo za smrekovinu (Sitka spruce, *Picea sitchensis*, Carr.). *Markwardt-Wilson*³³, str. 49) u higroskopskom području izrazom:

$$y = 10.040 \cdot 10^{-0,022x} \text{ pounds/sq. inch} \dots \dots \dots (19)$$

ili preračunano na naše mjere (kg/cm²):

$$y = 705,7 \cdot 10^{-0,022x} \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots (20)$$

logaritmiranjem izlazi:

$$\log y = 2,84844 - 0,022 x$$

ili općenito

$$\log y = A - Bx \dots \dots \dots (21)$$

I naše krivulje svih istraživanih vrsta mogu se svesti na ovaj oblik zanemarivanjem trećeg člana na desnoj strani jednadžbe (cx^2), jer je parametar c relativno malen. On je kod bukovine (*Lipovljani*) i jelovine čak i manji od $1,96 \sigma_c$, a može se zanemariti i kod ostalih vrsta, a da to ne bude na uštrb točnosti.

	c	$1,96 \sigma_c$
bukovina (<i>Lipovljani</i>)	0,00003	< 0,00004
jelovina	0,00003	< 0,00004
bukovina (<i>Zalesina</i>)	0,00032	> 0,00002
hrastovina (srževina)	0,00007	> 0,00004
smrekovina	0,00017	> 0,00010

1 pound = 0,4535 kg

1 square inch = 25,4 mm × 25,4 mm = 6,4516 cm²

Zanemarivanjem člana cx^2 zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima, u higroskopskom području, izražava eksponencijalna jednačba oblika:

$$y = m e^{-nx} \quad (22)$$

iz koje se dobiva logaritmiranjem:

$$\log y = \log m - n \cdot \log e x,$$

a dalje supstitucijom:

$$\log m = A$$

$$n \log e = B$$

dobiva se jednačba (21):

$$\log y = A - B x$$

Iz normalnih jednačbi izračunaju se A i B , a pomoću njih parametri m i n .

Za bukovinu (Zalesina) normalne jednačbe glase:

$$\begin{array}{l} \text{I} \quad A \sum (p) \qquad \qquad + B \sum (px) \qquad \qquad = \sum (p \log y) \\ \text{II} \quad A \sum (px) \qquad \qquad + B \sum (px^2) \qquad \qquad = \sum (px \log y) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{I} \quad 202,00 A + 2622,70 B = 555,249 \ 890 \\ \text{II} \quad 2622,70 A + 44937,91 B = 7007,338 \ 229 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} B = 0,018 \ 541 \ 779 \\ A = + 2,989 \ 502 \ 049 \\ \log m = A; \qquad \qquad m = + 976,1 \\ m \log e = B; \qquad \qquad n = - 0,04269 \end{array}$$

Analogno su izračunani A , B , m i n i za druge vrste drveta i prikazani u tablici 23.

Za bukovinu uzimamo aritmetisku sredinu od bukovine iz *Zalesine* i bukovine iz *Lipovljana*.

Prema tome, zakonitost za istraživane vrste po kojoj čvrstoća zavisi od vlazi u higroskopskom području, izražena u eksponencijalnom obliku, glasi:

$$\begin{array}{ll} \text{bukovina} & y = 1060,9 e^{-0,04500x} \text{ kg/cm}^2 \dots (23) \\ \text{hrastovina (srževina)} & y = 867,5 e^{-0,04897x} \text{ ,,} \dots (24) \\ \text{jelovina} & y = 712,0 e^{-0,03558x} \text{ ,,} \dots (25) \\ \text{smrekovina} & y = 718,7 e^{-0,03554x} \text{ ,,} \dots (26) \end{array}$$

Tablica — Table 23.

Parametri eksponencijalne funkcije — Parameters of exponential function

Vrst drveta Wood species	A	B	m	n
Bukovina (Zalesina) Beech-wood	+ 2.989 502 049	— 0.018 541 779	+ 976.1	— 0.04 269
Bukovina (Lipovljani) Beech-wood	+ 3.059 064 478	— 0.020 580 084	+ 1145.7	— 0.04 739
Hrastovina (srževina) Oak-wood (heartwood)	+ 2.938 273 975	— 0.021 269 639	+ 867.5	— 0.04 897
Jelovina Fir-wood	+ 2.852 528 883	— 0.015 455 720	+ 712.0	— 0.03 558
Smrekovina Spruce-wood	+ 2.856 585 070	— 0.015 436 238	+ 718.7	— 0.03 554

Upoređivanjem vrijednosti za smrekovinu (Sitka spruce) po jednadžbi (19) *Markardt-Wilsona*³³ i vrijednosti za smrekovinu po jednadžbi (26) izlazi:

za postotak vlage 0 5 10 15 20 25 30 35 %

Sitka spruce

po jednadžbi (19) $y=706\ 548\ 425\ 330\ 256\ 199\ 154\ 120\ \text{kg/cm}^2$

Smrekovina

po jednadžbi (26) $y=718\ 602\ 504\ 422\ 353\ 296\ 247\ 207\ \text{kg/cm}^2$

Ova nam komparacija pokazuje, da naša smrekovina ima veću čvrstoću na pritisak paralelno s vlakancima od Sitka spruce.

Za što točnije određivanje točke zasićenosti upotrebili smo logaritamsku parabolu oblika $\log y=a+bx+cx^2$. Za praktične potrebe mogu dobro poslužiti navedene eksponencijalne jednadžbe (23... 26).

Sada ćemo razmotriti odnos čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima i vlage drveta u higroskopskom području na istim logaritamskim parabolama, na kojima je određena i točka zasićenosti.

Čvrstoća na pritisak u apsolutno suhom stanju (y_0) dobije se uvrštavanjem $x=0$ u jednadžbu parabole. U napojenom.

i Rees stvorili su taj zaključak na osnovu 4 probe od svake ispitane vrste drva, a taj je broj proba, po našem mišljenju, prematen, da bi zaključak bio dovoljno uvjerljiv. Točka zasićenosti određena mjerenjem utezanja varira u relativno širokom intervalu, i nije čudo, da su se Mayeru i Reesu pokazale velike razlike između točke zasićenosti određene mjerenjem utezanja i mjerenjem električnog otpora Hawley je došao do zaključka, da metoda utezanja nije pouzdana. On polazi od pretpostavke, da utezanje počinje i nešto prije točke zasićenosti.

Granice varijacije točke zasićenosti određene mjerenjem volumnog utezanja kod naših istraživanja iznose:

	Granice	Interval varijacije
bukovina	25,7 ... 36,7%	11,0%
hrastovina (srževina)	18,2 ... 35,2%	17,0%
jelovina	21,1 ... 45,5%	24,4%
smrekovina	23,9 ... 45,2%	21,3%

Za istraživane listače točka zasićenosti, određena metodom utezanja, varira prosječno za 14%, a za istraživane četinjače prosječno za 22% u apsolutnom smislu. Interval varijacije točke zasićenosti istraživanih četinjača oko 1,5 puta je širi od intervala varijacije istraživanih listača.

Metoda mjerenja utezanja manje je primjenljiva kod vrsta, koje sadržavaju znatnije količine terpena, smole, eteričnih ulja i drugih impregnacijskih tvari, koje su lako hlapljive i koje se djelomično isparuju kod sušenja u sušioniku do konstantne težine pri temperaturi $102 \pm 3^{\circ} \text{C}$. Razumljivo je, da kod takvih vrsta razlika točke zasićenosti, određene metodom mjerenja utezanja i čvrstoće na pritisak paralelno s vlaknima, može biti i veća, nego što je iskazana za istraživanu smrekovinu. Predložena metoda korekcije određivanjem vlage u ksilolu odgovara uz pretpostavku, da je raspodjela smole i ostalih lako hlapljivih tvari jednolična u istraživanom materijalu, što redovno ne će biti slučaj. Prisustvo i nejednolična raspodjela lako hlapljivih tvari čine metodu mjerenja utezanja za određivanje točke zasićenosti žice manje ili potpuno neprijemljivom, jer nema sigurnosti, da se kod sušenja do apsolutne suhoće isparila samo voda.

Pri prosuđivanju primjenljivosti metode mjerenja utezanja za određivanje točke zasićenosti kod vrsta, koje ne sadržavaju lako hlapljivih tvari, treba uzeti u obzir i činjenicu, da se opće usvojenom metodom određivanja sadržaja vlage sušenjem u sušioniku do konstantne težine kod $102 \pm 3^{\circ} \text{C}$, bez obzira na vrstu drveta, ne može odrediti vlaga s većom točnošću od $\pm 1^{\circ}$ (Dawe⁷). Ako se nadalje usvoji činjenica, da se

ni onom metodom, koja se smatra kao dovoljno točna, a to je metoda mjerenja električnog otpora, ne može odrediti točka zasićenosti s većom točnošću od $\pm 1\%$, može se zaključiti: da je metoda mjerenja volumnog utežanja za određivanje točke zasićenosti primjenljiva za one vrste drveta, koje nemaju lako hlapljivih tvari, uz uvjet, da se primijeni dovoljno velik broj proba relativno malog poprečnog prijesjeka. Za vrste drveta, koje sadržavaju veće količine lako hlapljivih tvari, ona je manje primjenljiva.

D) Utjecaj veličine i položaja proba u stablu na točku zasićenosti — Influence of size and position of specimen in the stem on the fibre-saturation point.

a) Utjecaj veličine proba na točku zasićenosti

Mjerenjem volumnog utežanja određena je kod hrastovine (srčevine) točka zasićenosti. Upotrebene su probe oblika kocke dužine brida 20, 30, 40 i 50 mm.

Širina goda, širina zone kasnog drveta, volumno utežanje, nominalna volumna težina i točka zasićenosti obračunane su statistički i rezultati su izneseni u tablicama 25...29.

Iznosi t , izračunani po Fisheru¹¹, pokazuju, da su signifikantne razlike točke zasićenosti s promjenama veličine probe.

Na apscisu na sl. 16 naneseni su bridovi probe oblika kocke, a na ordinatu odgovarajuće aritmetičke sredine točke zasićenosti, kod kojih je uzeto u obzir uvećanje gustoće adsorbirane vode za 3% (po Stammu⁵⁶),

S uvećavanjem veličine probe umanjuje se točka zasićenosti. Ovu smo zakonitost izrazili vršnom parabolom:

$$y = a - bx^2 \quad \dots \dots \dots (27)$$

Parametri vršne parabole (a i b) i njihove statističke pogreške (σ_a i σ_b) izračunani su varijacijsko-statistički. U tu svrhu uzeti su za x bridovi probe oblika kocke u cm , a za y odgovarajuće aritmetičke sredine točke zasićenosti iz tablice 29.

Normalne jednadžbe za vršnu parabolu glase:

$$I \quad n \cdot a - b \sum (x^2) = \sum (y)$$

$$II \quad \sum (x^2) \cdot a - b \sum (x^4) = \sum (x^2y)$$

Tablica — Table 25.
Širina goda — hrastovina — Annual-ring width, oak-wood

Veličina proba Specimen size	Broj proba Number of specimens	Granice Limits	m	f _m	σ	f _σ
mm		mm	mm		mm	
20 × 20 × 20	58	0.80 · · 1.89	1.06	± 0.05	± 0.41	± 0.04
30 × 30 × 30	56	0.97 · · 1.40	1.14	± 0.02	± 0.13	± 0.01
40 × 40 × 40	40	1.15 · · 1.76	1.35	± 0.05	± 0.30	± 0.03
50 × 50 × 50	47	1.14 · · 1.73	1.36	± 0.03	± 0.22	± 0.02

Tablica — Table 26. Širina zone kasnog drveta — hrastovina
The width of the summerwood zone, oak - wood

Veličina proba Specimen size	Broj proba Number of specimens	Granice Limits	m	f _m	σ	f _σ
mm		mm	mm		mm	
20 × 20 × 20	58	0.43 · · 1.03	0.69	± 0.03	± 0.22	± 0.02
30 × 30 × 30	56	0.50 · · 1.06	0.78	± 0.02	± 0.13	± 0.01
40 × 40 × 40	40	0.70 · · 1.40	0.98	± 0.03	± 0.18	± 0.02
50 × 50 × 50	47	0.90 · · 1.36	1.07	± 0.02	± 0.13	± 0.01

Tablica — 27. Volumno utezanje (α_v) — hrastovina
Volumetric shrinkage (α_v), oak - wood

Veličina proba Specimen size	Broj proba Number of specimens	Granice Limits	m	f _m	σ	f _σ
mm		%	%		%	
20 × 20 × 20	58	10.22 · · 13.91	12.05	± 0.10	± 0.75	± 0.07
30 × 30 × 30	56	9.97 · · 13.40	11.59	± 0.13	± 0.96	± 0.09
40 × 40 × 40	40	8.63 · · 13.09	11.09	± 0.13	± 0.85	± 0.10
50 × 50 × 50	47	9.19 · · 11.63	10.39	± 0.09	± 0.62	± 0.06

Tablica — Table 28.
Nominalna volumna težina (t_n) — hrastovina — Specific gravity (t_n), oak-wood

Veličina proba Specimen size	Broj proba Number of specimens	Granice Limits	m	f _m	σ	f _σ
mm		g/cm ³	g/cm ³		g/cm ³	
20 × 20 × 20	57	0.467 · · 0.566	0.507	± 0.003	± 0.022	± 0.002
30 × 30 × 30	56	0.482 · · 0.546	0.507	± 0.004	± 0.027	± 0.003
40 × 40 × 40	40	0.495 · · 0.549	0.515	± 0.001	± 0.008	± 0.001
50 × 50 × 50	47	0.506 · · 0.547	0.521	± 0.004	± 0.029	± 0.003

Tablica — Table 29.

Točka zasićenosti (k) — hrastovine — Fibre-saturation point (k), oak-wood

Veličina probe Specimen size	Broj proba Number of specimens	Granice. Limits	k	f_k	σ	f_σ	t iznos t-amount
mm		%	%		%		
20 × 20 × 20	58	21.7 . . . 28.1	24.5	± 0.2	± 1.4	± 0.1	3.65
30 × 30 × 30	56	18.8 . . . 26.1	23.5	± 0.2	± 1.7	± 0.2	3.81
40 × 40 × 40	40	17.6 . . . 25.5	22.2	± 0.2	± 1.5	± 0.2	5.85
50 × 50 × 50	47	17.8 . . . 23.3	20.5	± 0.2	± 1.2	± 0.1	

x	y	y ²	x ²	yx	x ⁴	x ² y
2	24,5	600,25	4	49,0	16	98,0
3	23,5	552,25	9	70,5	81	211,5
4	22,2	492,84	16	88,8	256	355,2
5	20,5	420,25	25	102,5	625	512,5
14	90,7	2065,59	54	310,8	978	1177,2

Uvrštavanjem vrijednosti u gornje normalne jednadžbe izlazi:

$$I \quad 4 \cdot a - 54 b = 90,7$$

$$II \quad 54 \cdot a - 978 b = 1177,2$$

$$b = + 0,189 \ 764$$

$$a = + 25,236 \ 814$$

Jednadžba vršne parabole glasi:

$$y = 25,24 - 0,19 x^2 \quad (28)$$

Dajući x-u nekoliko vrijednosti izračunana je za te vrijednosti x varijabla y i nacrtana krivulja vršne parabole na sl. 16

x =	0	1	2	3	4	5	6
y =	25,2	25,1	24,5	23,5	22,2	20,5	18,4

Vidi se, da je točka zasićenosti za bridove proba 2, 3, 4 i 5 cm oblika kocke, izračunana iz uklopljene vršne parabole, jednaka točki zasićenosti određenoj eksperimentalnim putem za iste veličine probe.

Vršna parabola siječe ordinatnu os u točki:

$$y = a = 25,2.$$

Uklopljena je parabola
The parabola inserted is:

$$y = a - bx^2$$

Standardna devijacija
Standard deviation:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (Y - y)^2}{n - 2} = 0,000\ 575\ 500$$

c multiplikatori
c multipliers:

$$C_{11} = + 0,981\ 945\ 331$$

$$C_{22} = + 0,004\ 016\ 161$$

Griješka parametra a
Parameter a error:

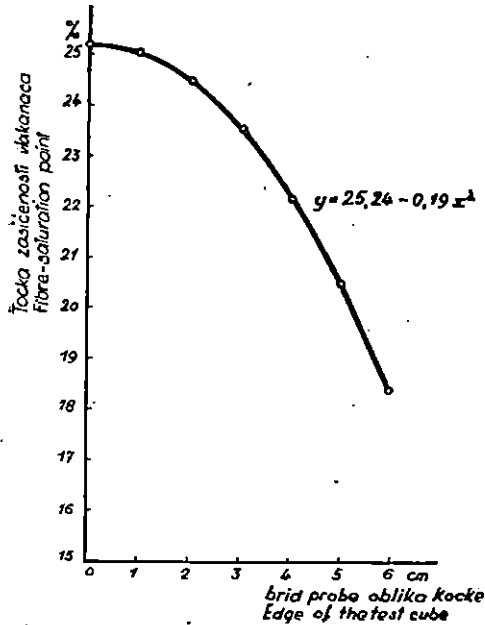
$$\sigma_a^2 = \sigma^2 \cdot c_{11}; \sigma_a = \pm 0,024$$

Griješka parametra b
Parameter b error:

$$\sigma_b^2 = \sigma^2 \cdot c_{22}; \sigma_b = \pm 0,002$$

$$a \pm \sigma_a = 25,237 \pm 0,024$$

$$b \pm \sigma_b = - 0,190 \pm 0,002$$



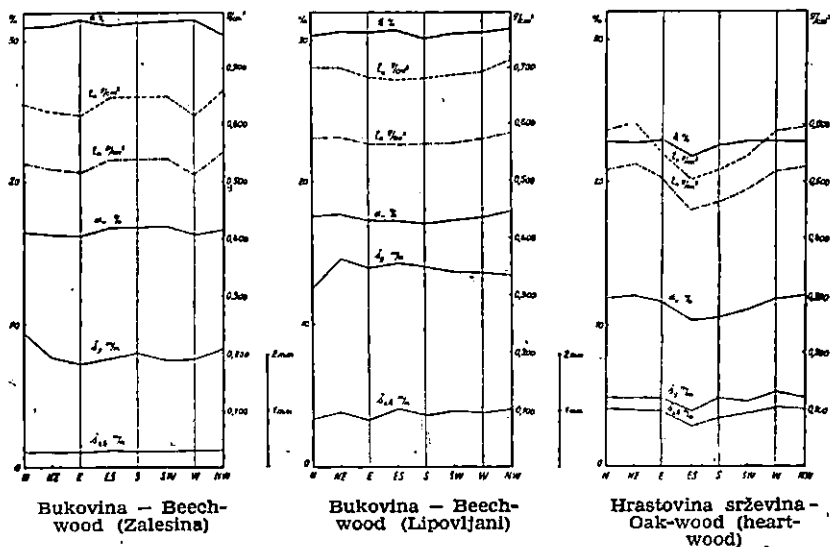
Sl. — Fig. 16. Utjecaj veličine probe na točku zasićenosti
Influence of the test piece on fibre-saturation point

Griješka parametra a ujedno je i griješka presijecišta parabole s ordinatom (y).

Iz slike 16 vidi se, da je točka zasićenosti to veća, što je manji brid probe oblika kocke, i da u točki $y = a$ doseže maksimum, koji se gotovo idealno podudara s točkom zasićenosti

(25,4) hrastovine (srževine) određenom mjerenjem čvrstoće na pritisak u smjeru vlakana.

Ova koincidencija rezultata ukazuje na novu mogućnost određivanja točke zasićenosti mjerenjem utezanja na probama oblika kocke raznih bridova.



Sl. — Fig. 17. Utjecaj položaja proba u stablu s obzirom na strane svijeta na k , t_0 , t_n , α_v , \check{s}_g i \check{s}_{zk} — Influence of the position of specimen in tree with regard to cardinal points on k , t_0 , t_n , α_v , \check{s}_g and \check{s}_{zk}

k = točka zasićenosti vlakana u % — Fibre-saturation point in %

α_v = volumna utezanje u % — volumetric shrinkage in %

t_0 = volumna težina u apsolutno suhom stanju u g/cm^3 — volume weight in the absolute dry state in $g/cu. cm$.

t_n = nominalna volumna težina u g/cm^3 — specific gravity in $g/cu. cm$.

\check{s}_g = širina goda u mm — annual-ring width in mm.

\check{s}_{zk} = širina zone kasnog drveta u mm — summerwood zone width in mm.

Već otprije je poznato (39, 48), da veličina probe ima neki utjecaj na točku zasićenosti, ali koliki i kakav, na to pitanje nije dosad odgovoreno. Kod velikih proba vlaga u drvetu nije jednolično distribuirana: *Stamm*⁴⁸ je stoga uzeo za određivanje točke zasićenosti električnom metodom vrlo tanke probe, koje su bile tanje u smjeru vlakana od dužine pojedinih vlakana. Na taj način sve su vlakna bila presječena. Isušivanje takvih proba odigrava se bez naprezanja.

Tablica — Table 30.

Utjecaj položaja proba u stablu s obzirom na strane svijeta, na širinu goda (ξ_g) širinu zone kasnog drveta (ξ_{zk}), volumno utezanje (α_v), volumnu težinu (t_o), nominalnu volumnu težinu (t_n) i točku zasićenosti (k).

Influence of the position of specimen in tree with regard to cardinal points, annual-ring width (ξ_g), width of summerwood zone (ξ_{zk}), volumetric shrinkage (α_v), volume weight (t_o), specific gravity (t_n), and fibre - saturation point (k)

Vrsta Species			N	NE	E	ES	S	SW	W	NW
Bukovina (Zalesina) Beech - wood	ξ_g	m/m	2.38	1.94	1.81	1.91	2.05	1.89	1.91	2.07
	ξ_{zk}	m/m	0.29	0.29	0.28	0.31	0.28	0.28	0.28	0.28
	α_v	%	16.46	16.28	16.28	18.82	16.92	16.95	16.26	16.64
	t_o	g/cm ³	0.637	0.625	0.620	0.650	0.652	0.653	0.618	0.662
	t_n	g/cm ³	0.533	0.523	0.518	0.541	0.541	0.542	0.518	0.551
	k	%	30.90	31.13	31.41	31.14	31.27	31.29	31.38	30.27
Bukovina (Lipovljani) Beech - wood	ξ_g	m/m	3.14	3.65	3.50	3.57	3.51	3.42	3.40	3.36
	ξ_{zk}	m/m	0.85	0.98	0.86	1.03	0.91	0.97	0.95	1.01
	α_v	%	17.56	17.68	17.28	17.27	17.05	17.32	17.54	17.97
	t_o	g/cm ³	0.702	0.702	0.685	0.680	0.683	0.688	0.694	0.712
	t_n	g/cm ³	0.578	0.578	0.567	0.563	0.566	0.569	0.575	0.584
	k	%	30.38	30.60	30.48	30.70	30.14	30.46	30.54	30.80
Hrastovina (srževina) Oak - wood (heartwood)	ξ_g	m/m	1.23	1.21	1.21	0.98	1.20	1.15	1.31	1.22
	ξ_{zk}	m/m	1.04	1.02	0.98	0.73	0.88	0.94	1.05	1.04
	α_v	%	11.85	12.04	11.59	10.34	10.52	11.09	11.84	12.00
	t_o	g/cm ³	0.590	0.603	0.572	0.505	0.520	0.547	0.589	0.599
	t_n	g/cm ³	0.520	0.530	0.506	0.451	0.465	0.487	0.519	0.627
	k	%	22.77	22.70	22.91	21.77	22.63	22.82	22.86	22.75
Jelovina Fir - wood	ξ_g	m/m	2.13	2.14	1.89	1.72	1.68	1.80	1.89	2.03
	ξ_{zk}	m/m	0.75	0.78	0.65	0.66	0.62	0.62	0.69	0.76
	α_v	%	11.44	12.20	13.29	13.43	12.95	12.04	12.43	12.02
	t_o	g/cm ³	0.440	0.442	0.435	0.443	0.443	0.442	0.447	0.454
	t_n	g/cm ³	0.390	0.388	0.378	0.383	0.384	0.382	0.391	0.399
	k	%	29.44	31.50	35.30	33.33	33.68	35.46	31.82	30.19

Smrekovina Spruce - wood	ξ_g	m/m	2.72	2.81	2.39	2.02	1.88	2.07	2.39	2.71
	ξ_{zk}	m/m	0.99	1.11	0.89	0.79	0.69	0.77	0.92	1.11
	α_v	%	13.73	14.97	15.86	15.74	15.69	15.94	15.72	15.82
	t_o	g/cm ³	0.423	0.445	0.471	0.473	0.459	0.472	0.475	0.458
	t_n	g/cm ³	0.364	0.379	0.396	0.398	0.386	0.396	0.400	0.386
	k	%	37.59	39.52	40.02	39.51	40.69	40.26	39.30	41.04

Slika 16. pokazuje, da bi se uzimanjem po volji malenih proba oblika kocke mogli dovoljno približiti pravom iznosu točke zasićenosti, koja korespondira onoj dobivenoj mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima, ali umanjivanje dimenzija probe ima svoju tehničku granicu, ispod koje se ne može ići. No usprkos tome sl. 16. pokazuje, da se i iz rezultata, koje daju probe raznih relativno velikih dimenzija, može odrediti pravi iznos za točku zasićenosti, ako je broj proba oblika kocke dovoljno velik, ako se podaci obrade varijacijsko-statistički i prikažu na opisan način.

To je svakako snažan dokaz, da se mjerenjem volumnog utezanja može odrediti točka zasićenosti istom točnošću kao mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima.

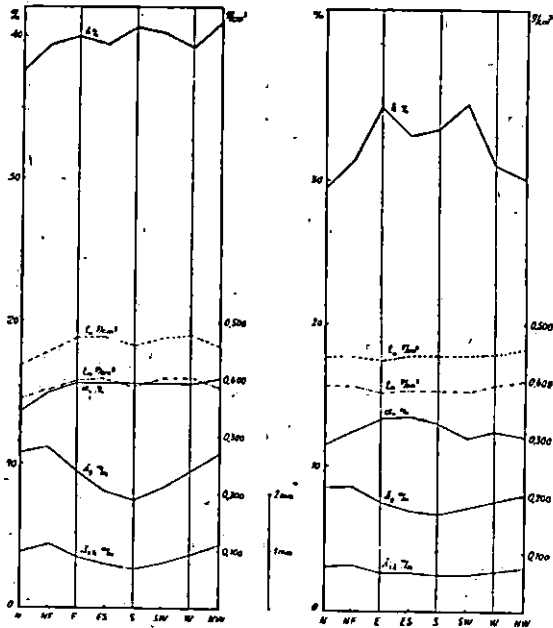
Ovo otvara novu naučnu problematiku i traži, da bude provjereno: da li i kod ostalih vrsta drveta utjecaj veličina probe na točku zasićenosti podliježe istoj zakonitosti?

b) Utjecaj položaja proba u stablu s obzirom na strane svijeta, na točku zasićenosti (k).

Za istraživanje ovog utjecaja upotrebljene su probe prve grupe veličine 20 mm × 20 mm × 60 mm. Širina goda, širina zone kasnog drveta, volumnog utezanja, nominalne volumne težine i točke zasićenosti, bukovine (*Zalesina*), bukovine (*Lipovljani*), hrastovine (srževine), jelovine i smrekovine razvrstane su po stranama svijeta i aritmetiske sredine iznesene su u tablici 30 i na sl. 17 i 18. Probe su razvrstane prema sl. 3 na taj način, što je uzeto, da probe broj 1 i 2 leže na sjevernoj (N), broj 4 i 5 na istočnoj (E), broj 7 i 8 na južnoj (S), br. 10 i 11 na zapadnoj (W) strani stabla, proba br. 3 na sjeveroistočnoj (NE), br. 6 na jugoistočnoj (ES), br. 9 na jugozapadnoj (SW) i br. 12 na sjeverozapadnoj (NW) strani stabla. Prema tome na stranama N, E, S i W ima dva puta veći broj proba nego na stranama NE, ES, SW i NW.

Iz slike 17 i 18 vidi se, da su varijacije točke zasićenosti s obzirom na strane svijeta u stablu veće kod istraživanih četinjača nego kod listača.

Kod jelovine varijacije pokazuju izrazite maksimume na istočnoj (E) i jugozapadnoj (SW) strani stabla, a minimum na sjevernoj (N) i sjeverozapadnoj strani (NW) stabla.



Smrekovina — Spruce-wood Jelovina — Fir-wood

Sl. — Fig. 18. Utjecaj položaja proba u stablu s obzirom na strane svijeta na k , t_0 , t_n , α_v , δ_g i δ_{zk} —

Influence of the position of specimen in tree with regard to cardinal points on k , t_0 , t_n , α_v , δ_g , and δ_{zk}

k = točka zasićenosti vlaknaca u % — fibre-saturation point in %

α_v = volumno utezanje u % — volumetric shrinkage in %

t_0 = volumna težina u apsolutno suhom stanju u g/cm^3 — volume weight (in the absolute dry state) in $g/cu. cm$.

t_n = nominalna volumna težina u g/cm^3 — specific gravity in $g/cu. cm$.

δ_g = širina goda u mm — annual-ring width in mm.

δ_{zk} = širina zone kasnog drveta u mm — summer-wood zone width in mm.

Kod smrekovine se maksimalni iznos točke zasićenosti nalazi na sjeverozapadnoj strani (NW), a minimum na sjevernoj strani (N).

Kod bukovine i hrastovine varijacije su minimalne.

E) *Varijacije točke zasićenosti unutar hrastovine — Variations of the fibre-saturation point within oak-wood*

U tablicama 31...35 prikazane su aritmetške sredine, standardne devijacije i njihove statističke pogreške obračunane varijacijsko-statistički za: širinu goda, širinu zone kasnog drveta, volumno utezanje, nominalnu volumnu težinu i točku zasićenosti. Standardne devijacije računane su na bazi odstupanja svake pojedine varijante od aritmetške sredine. Kod svake varijante točke zasićenosti uzeto je u obzir uvećanje gustoće adsorbirane vode za 3%.

U tablici 36 nalazi se pregled rezultata treće grupe proba, a u tablici 37 donesena je točka zasićenosti za svu istraživanu hrastovinu, određena metodom mjerenja utezanja.

a) *Varijacije točke zasićenosti s obzirom na položaj proba u stablu.*

Složene aritmetške sredine točke zasićenosti proba treće skupine razvrstanih na probe iz korijena, debla i grana iznose:

korijen	87 proba*	22,9%	točka zasićenosti
deblo	687 proba	23,5%	točka zasićenosti
grana	99 proba	22,2%	točka zasićenosti
Ukupno		873 probe	

*Trendelenburg*⁵⁶ (str. 15) navodi, da korijen ima točku zasićenosti od 40...50% prema podacima *Hartiga* (1894) za hrastovinu i *Omeisa* (1895) za bukovinu. Po tim podacima točka zasićenosti korijena hrastovine opada s udaljenošću od panja.

*Trendelenburg*⁵⁵ (str. 204) navodi dalje, da je po *Simesu* volumno utezanje drveta borove grane $\alpha_v = 7,8\%$, a nominalna volumna težina $t_n = 0,836$ i prema tome točka zasićenosti $k = 9,3\%$.

Po našim istraživanjima aritmetške sredine i granice za srževinu i bjeljikovinu drveta hrastova korijena na udaljenosti 0,5 m od panja iznose:

	bjeljikovina			srževina		
volumno						
utezanje	7,93	... 10,53	... 12,89%	8,37	... 13,16	... 16,28%
nominal. vol.						
težina	0,402	... 0,492	... 0,567 g/cm ³	0,490	... 0,578	... 0,654 g/cm ³
točka zasiće-						
nosti	16,7	... 22,2	... 29,4%	14,5	... 23,6	... 30,6%

* Probe korijena potječu od neistraženog stabla. Podaci su komparabilni samo što se tiče vrste drveta.

a kod drveta hrastove grane (srževine):

volumno utezanje	11,04 ... 13,92 ... 18,24%
nominalna volumna težina	0,601 ... 0,644 ... 0,767 g/cm ³
točka zasićenosti	15,6 ... 22,2 ... 25,7%

Iz toga se vidi, da kod korijena nisu nađene tako visoke vrijednosti kao što su one, koje navodi *Hartig*. Rezultati za drvo grane nisu komparabilni, jer je *Sümes* istraživao borovinu, a mi hrastovinu.

Građa hrastova korijena razlikuje se od građe debla. S udaljenošću od panja drvo korijena postaje sve više difuzno porozno, nestaje tila i osržavanja (*Trendelenburg*⁵⁵ str. 82). U našem slučaju srževina se razlikovala od bjeljkovine zbog male udaljenosti od panja (0,5 m) probnog koluta, uzetog iz jedne postrane žile.

Točka zasićenosti sve istražene hrastovine iznosi:

korijen	87 proba . . . 22,9%	točka zasićenosti
deblo	1.122 probe . . . 23,4%	točka zasićenosti
grana	99 proba . . . 22,2%	točka zasićenosti

Ukupno: 1.308 proba

Iz ovoga izlazi, da najveći iznos za točku zasićenosti ima drvo iz sredine čistog debla, a najmanji drvo grane. Razlike nisu velike, i može se reći, da drvo grane i korijena ima podjednak iznos za točku zasićenosti.

Probe II., III. i IV. grupe potječu od istog debla. Iz rezultata ovih grupa razabire se, da je točka zasićenosti najveća u polovini dužine čistog debla (t. j. od zemlje do prve žive grane), manja pri vrhu debla, a tek neznatno manja 0,5 m iznad zemlje.

Razlike su signifikantne, a ne slučajne, što pokazuje uporedba t iznosa iz tablice 35 s iznosima po *Fisheru*¹¹ (str. 174).

b) *Varijacije točke zasićenosti s obzirom na srževinu i bjeljkovinu.*

Za prosuđivanje utjecaja srževine i bjeljkovine na točku zasićenosti razmatramo probe od istog stabla od istog prijesjeka, jedne uzete iz srževine (grupa VI), a druge iz bjeljkovine (grupa VIII):

srževina	114 proba . . . 24,1%	točka zasićenosti
bjeljkovina	120 proba . . . 23,0%	točka zasićenosti

ili za svu istraženu hrastovinu:

srževina	1.142 probe . . . 23,3%	točka zasićenosti
bjeljkovina	166 proba . . . 22,8%	točka zasićenosti

Tablica — Table 31.

Širina goda hrastovine — Annual-ring width of oak-wood

Položaj proba u stablu Position of the specimens in the tree	Grupa Group	Broj Number	Granice — Limits	m	f_m	σ	f_σ
	proba of specimens		mm	mm		mm	
Korijen (srževina) — Root-wood (heartwood)	I _s	41	2,00 12,50)	7,22	± 0,37	± 2,40	± 0,27
Korijen (bjeljikovina) — Root-wood (sapwood)	I _b	46	2,62 11,50	6,38	± 0,31	± 2,08	± 0,22
Deblovina 0,5 m iznad zemlje Stem wood 0.5 m above ground	II	116	1,7 3,00	1,87	± 0,03	± 0,37	± 0,02
Sredina čistog debla — Mid-length of clear stem	III	116	1,15 2,19	1,60	± 0,02	± 0,22	± 0,01
Deblovina krošnje — Stem wood in the crown	IV	102	0,85 2,90	1,57	± 0,03	± 0,33	± 0,02
Grana — Branch wood	V	99	1,81 5,75	2,52	± 0,11	± 1,13	± 0,08
Sredina čistog debla, bjeljikovina Mid-length of clear stem, sapwood	VI	120	2,33 4,50	3,11	± 0,08	± 0,85	± 0,06
Sredina čistog debla, srževina Mid-length of clear stem, heartwood	VII	119	2,25 6,50	3,58	± 0,15	± 1,60	± 0,10
Sredina čistog debla, srževina (uski god) Mid-length of clear stem, heartwood (narrow- ringed)	VIII	114	0,69 1,78	1,12	± 0,05	± 0,49	± 0,03

Tablica — Table 32. Širina zone kasnog drveta hrastovine — Width of the zone of oak summerwood

Položaj proba u stablu Position of the specimens in the tree	Grupa Group	Broj Number	Granice — Limits	m	f_m	σ	f_σ
	proba of specimens		mm	mm		mm	
Korijen (srževina) = Root-wood (heartwood)	I _s	41	1,25 10,00	6,14	± 0,35	± 2,23	± 0,25
Korijen (bjeljikovina) — Root-wood (sapwood)	I _b	46	1,87 10,70	5,40	± 0,32	± 2,14	± 0,22
Deblovina 0,5 m iznad zemlje Stem wood 0,5 m above ground	II	116	0,50 2,06	1,13	± 0,03	± 0,33	± 0,02
Sredina čistog debla — Mid-length of clear stem	III	116	0,60 1,50	0,97	± 0,02	± 0,17	± 0,01
Deblovina krošnje — Stem wood in the crown	IV	102	0,33 2,10	0,96	± 0,03	± 0,28	± 0,02
Grana — Branch wood	V	99	1,06 5,22	1,98	± 0,07	± 0,68	± 0,05
Sredina čistog debla, bjeljikovina Mid-length of clear stem, sapwood	VI	20	1,40 3,50	2,27	± 0,05	± 0,50	± 0,03
Sredina čistog debla, srževina Mid-length of clear stem, heartwood	VII	119	1,13 4,75	2,68	± 0,08	± 0,87	± 0,06
Sredina čistog debla, srževina (uski god) Mid-length of clear stem, heartwood (narrow- ringed)	VIII	114	0,57 1,43	0,92	± 0,02	± 0,19	± 0,01

Tablica — Table 33. Volumno utezanje α_v hrastovine — Volumetric shrinkage α_v of oak-wood

Položaj proba u stablu Position of the specimens in the tree	Grupa Group	Broj Number	Granice Limits	m	f_m	σ	f_σ
	proba of specimens		%	%		%	
Korijen (srževina) Root-wood (heartwood)	I _s	41	8.37 . . . 16.28	13.16	± 0.27	± 1.7	± 0.19
Korijen (bjeljikovina) Root-wood (sapwood)	I _b	46	7.93 . . . 12.89	10.53	± 0.16	± 1.09	± 0.11
Deblovina 0.5 m iznad zemlje Stem wood 0.5-m above ground-	II	116	9.08 . . . 14.03	11.83	± 0.09	± 0.99	± 0.06
Sredina čistog debla Mid-length of clear stem	III	116	9.16 . . . 14.32	11.78	± 0.09	± 1.02	± 0.07
Deblovina krošnje Stem wood in the crown	IV	102	7.83 . . . 13.96	11.30	± 0.09	± 0.96	± 0.07
Grana Branch wood	V	99	11.04 . . . 18.24	13.92	± 0.11	± 1.08	± 0.08
Sredina čistog debla, bjeljikovina Mid-length of clear stem, sapwood	VI	120	9.06 . . . 13.45	11.16	± 0.07	± 0.76	± 0.50
Sredina čistog debla, srževina Mid-length of clear stem, heartwood	VII	119	10.40 . . . 15.21	12.75	± 0.08	± 0.85	± 0.06
Sredina čistog debla, srževina (uski god) Mid-length of clear stem, heartwood (narrow-ringed)	VIII	114	8.70 . . . 14.85	11.59	± 0.13	± 1.34	± 0.09

Tablica — Table 34. Nominalna volumna težina (t_n) hrastovine — Specific gravity (t_n) of oak-wood

Položaj proba u stablu Position of the specimens in the tree	Grupa Group	Broj Number	Granice Limits	m	f_m	σ	f_σ
	proba of specimens		g/cm ³	g/cm ³		g/cm ³	
Korijen (srževina) Root-wood (heartwood)	I _s	41	0.490 0.654	0.578	± 0.005	± 0.033	± 0.004
Korijen (bjeljikovina) Root-wood (sapwood)	I _b	46	0.402 0.567	0.492	± 0.007	± 0.044	± 0.005
Deblovina 0.5m iznad zemlje Stem wood 0.5m above ground	II.	116	0.442 0.555	0.514	± 0.002	± 0.025	± 0.002
Sredina čistog debla Mid-length of clear stem	III	116	0.461 0.569	0.505	± 0.002	± 0.020	± 0.001
Deblovina krošnje Stem wood in the crown	IV	102	0.461 0.706	0.515	± 0.004	± 0.037	± 0.003
Grana Branch wood	V	99	0.601 0.767	0.644	± 0.005	± 0.045	± 0.003
Sredina čistog debla, bjeljikovina Mid-length of clear stem, sapwood	VI	120	0.475 0.536	0.499	± 0.001	± 0.014	± 0.001
Sredina čistog debla, srževina Mid-length of clear stem, heartwood	VII	119	0.507 0.595	0.554	± 0.002	± 0.027	± 0.002
Sredina čistog debla, srževina (uski god) Mid-length of clear stem, heartwood (narrow-ringed)	VIII	114	0.440 0.550	0.494	± 0.003	± 0.032	± 0.002

Tablica — Table 35. Točka zasićenosti hrastovine — Fibre-saturation point of oak-wood

* Položaj proba u stablu Position of the specimens in the tree	Grupa	Broj	Granice Limits	k	f_k	σ	f_σ	t iznosi po Fischeru totals after Fisher
	Group	Number		proba of specimens		%		
Korijen (srževina) Root-wood (heartwood)	I _a	41	14.5 30.6	23.6	± 0.5	± 3.4	± 0.4	1,957
Korijen (bjeljkovina) Root-wood (sapwood)	I _b	46	16.7 29.4	22.2	± 0.4	± 2.7	± 0.3	
Deblovina 0.5 m iznad zemlje Stem wood 0.5 m. above ground	II	116	18.5 28.6	23.7	± 0.2	± 1.9	± 0.1	1,357
Sredina čistog debla Mid-length of clear stem	III	116	18.9 30.4	24.0	± 0.2	± 1.9	± 0.1	5,894
Deblovina krošnje Stem wood in the crown	IV	102	16.7 25.5	22.6	± 0.2	± 1.6	± 0.1	1,701
Grana — Branch wood	V	99	15.6 25.7	22.2	± 0.2	± 2.1	± 0.2	3,535
Sredina čistog debla, bjeljkovina Mid-length of clear stem, sapwood	VI	120	19.4 28.0	23.0	± 0.1	± 1.5	± 0.1	2,242
Sredina čistog debla, srževina Mid-length of clear stem, heartwood	VII	119	18.6 28.9	23.7	± 0.2	± 1.9	± 0.1	
Sredina čistog debla, srževina (uski god) Mid-length of clear stem, heartwood (narrow-ringed)	VIII	114	17.4 29.6	24.1	± 0.2	± 2.2	± 0.1	2,387

Tablica — Table 36.

Pregled rezultata (arit. sredine) hrastovine — Survey of the results (arithmetic means) for oak-wood

Položaj proba u stablu Position of the specimens in the tree	Grupa Group	Broj Number	Godovi — Annual rings			Volumno utezanje Volumetric shrinkage (α_v)	Nominalna volumna težina Specific gravity (γ_n)	Točka za- sićenosti Fibre-satu- ration point (k)
			Širina Width	Kasno drvo Summer- wood	% kasnog drveta % of sum- merwood			
	proba of specimens	mm	%	%	g/cm ³	%		
Korijen (srževina) Root-wood (heartwood)	I _a	41	7.22	6.14	85	13.16	0.578	23.6
Korijen (bjeljikovina) Root-wood (sapwood)	I _b	46	6.38	5.40	85	10.53	0.492	22.2
Deblovina 0.5 m iznad zemlje Stem wood 0.5 m above ground	II	116	1.87	1.13	60	11.83	0.514	23.7
Sredina čistog debla Mid-length of clear stem	III	116	1.60	0.97	61	11.78	0.505	24.0
Deblovina krošnje Stem wood in the crown	IV	102	1.57	0.96	61	11.30	0.515	22.6
Grana — Branch wood	V	99	2.52	1.98	79	13.92	0.644	22.2
Sredina čistog debla, bjeljikovina Mid-length of clear stem, sapwood	VI	120	3.11	2.27	73	11.16	0.499	23.0
Sredina čistog debla, srževina Mid-length of clear stem, heartwood	VII	119	0.58	2.68	75	12.75	0.554	23.7
Sredina čistog debla, srževina (uski god) Mid-length of clear stem, heartwood (narrow-ringed)	VIII	114	1.12	0.92	82	11.59	0.493	24.1

Tablica Table 37.

Pregled točke zasićenosti sve istraživane hrastovine određene metodom utezanja — Survey of the fibre-saturation point data of all oak-wood specimens investigated by the method of volumetric shrinkage

Grupa Group	Broj proba Number of specimens	Dimenzije proba Specimen size, mm	Oznaka Mark	Položaj proba u stablu Position of the specimens in the tree	Srževina ili bjeljkovina Heartwood or sapwood	Točka zasićenosti % Fibre-satura- tion point
Prva First	234	20×20×60	H	Sredina debla Stem mid-height	Srževina Heartwood	23.5
Druga Second	58	20×20×20		Sredina debla Stem mid-height	Srževina Heartwood	24.5
	56	30×30×30				23.5
	40	40×40×40				22.2
	47	50×50×50				20.5
Treća Third	46	20×20×30	I _b	Korijen Root-wood	Bjeljkovina Sapwood	22.2
	41		I _s		Srževina Heartwood	23.6
	116		II	Deblovina do panja Butt-log wood	— „ —	22.7
	116		III	Sredina debla Stem mid-height	— „ —	24.0
	102		IV	Deblovina krošnje Stem wood in the crown	— „ —	22.6
	99		V	Grana Branch wood.	— „ —	22.2
	120		VI	Sredina deblovine Stem wood in the mid-length	Bjeljkovina Sapwood	23.0
	119		VII	— „ — — „ —	Srževina Heartwood	23.7
	114		VIII	— „ — — „ —	— „ —	24.1
Ukupno Total	1308	Složena aritmetaska sredina Compound arithmetical mean				23.3

Točka zasićenosti srčevine veća je od točke zasićenosti bjeljikovine. Te razlike, iako male, nisu slučajne, nego signifikantne, što se vidi iz tablice 35, ako se t iznosi, izračunani po Fisheru, uporede s tablicom IV Fisher¹¹ (str. 174).

Logično bi bilo očekivati obratno, t. j. da je točka zasićenosti kod bjeljikovine veća nego kod srčevine, jer su u staničnim stijenkama srčevine nagomilane treslovine i netreslovine i po tom bi trebalo da količina adsorbirane vode bude veća kod bjeljikovine nego kod srčevine. Razlog, da je točka zasićenosti srčevine veća od točke zasićenosti bjeljikovine, leži u tome, što se kod napajanja hrastovih proba vodom izlučuju neke količine netreslovina i treslovina, o čemu se lako uvjeriti, jer se u vodi, u kojoj se natapaju probe, primjećuje nakon nekog vremena talog, koji potječe od izlučenih tvari.

Po *Stammovim*⁴⁸ istraživanjima uvećava se točka zasićenosti uklanjanjem ekstrakata iz sekvojevine. Janka (po *Ugrenoviću*⁵⁸, str. 158) je našao, da se utezanje smanjuje izluživanjem kemijskih sastojaka iz drveta. Razumljivo je, da se izluživanjem kemijskih sastojaka umanjuje i nominalna volumna težina. Kako se izluživanjem ekstrakata uvećava točka zasićenosti, znači, da je veći utjecaj umanjivanja nominalne volumne težine na točku zasićenosti od utjecaja umanjivanja volumnog utezanja.

c) *Varijacije točke zasićenosti s obzirom na širinu goda i zone kasnog drveta.*

Upoređivanjem grupe VII. i VIII. izlazi:

	broj proba	širina goda mm	kasno drvo %	točka zasi- ćenosti %
probe širokog goda	119	3,58	75	23,7
probe uskog goda	114	1,12	82	24,1

Točka zasićenosti nešto je veća kod uskog goda i većeg procentualnog učešća kasnog drveta. Vjerojatno da postoji i neka zavisnost, ali koliko i kakva je ta zavisnost, predmet je zasebne studije, kod koje treba isključiti utjecaj svih ostalih činilaca. U vezi s tim treba prostudirati i utjecaj postotka kasnog drveta i volumen pora na točku zasićenosti.

Složena aritmetaska sredina za svih 1.308 proba istraživane hrastovine, određena mjerenjem volumnog utezanja, iznosi 23,3%.

VII. ZAKLJUČAK — CONCLUSION

Cilj istraživanja je utvrditi točku zasićenosti bukovine, hrastovine, jelovine i smrekovine, metodom volumnog utezanja i metodom čvrstoće na pritisak u smjeru vlakancaca; istražiti utjecaj veličine proba na točku zasićenosti; istražiti varijacije točke zasićenosti unutar hrastovine s obzirom na položaj proba u stablu i s obzirom na srževinu i bjeljikovinu.

Izloživši problem, način uzimanja proba i metodu rada, autor iznosi zaključke, do kojih je došao:

1. a) Točka zasićenosti žice istraživanih vrsta (tablica br. 20) određena mjerenjem volumnog utezanja od napojenog do apsolutno suhog stanja iznosi:

	Točka zasićenosti vlakancaca u %	
	granice	aritmetaska sredina
bukovina (Zalesina)	25,7 . . . 36,7	32,1 ± 0,1
bukovina (Lipovljani)	28,2 . . . 35,5	31,4 ± 0,1
hrastovina (srževina)	18,2 . . . 35,2	23,5 ± 0,1
jelovina	21,1 . . . 45,5	33,7 ± 0,3
smrekovina	23,9 . . . 45,2	39,4 ± 0,2

Pojedine varijante dispergirane su kod iste vrste drveta u relativno širokom intervalu. Taj je interval prosječno oko 1,5 puta širi kod istraživanih četinjača, kod kojih iznosi prosječno 22% nego kod istraživanih listača, kod kojih iznosi 14% u apsolutnom smislu (tablica 15 . . . 19 i sl. 4 . . . 8).

b) Sadržaj smole i masti istraživane smrekovine, određen u Soxhlet aparatu ekstrakcijom u kloroformu, iznosi 0,76% težine apsolutno suhe drvene tvari.

Vlaga istraživane smrekovine, određena destilacijom u ksilolu, manja je za 1,24% u apsolutnom smislu, od vlage određene sušenjem u sušioniku kod $102 \pm 3^{\circ}\text{C}$ do konstantne težine. Na toj bazi izvršena je korekcija točke zasićenosti smrekovine određene mjerenjem volumnog utezanja kod sušenja proba u sušioniku do konstantne težine.

c) Između volumnog utezanja (a_v), nominalne volumne težine (t_n) i maksimalne količine adsorbirane vode ili točke zasićenosti vlakancaca (k) istraživanih vrsta postoje ovi prosječni odnosi:

za sve istraživane vrste	$a_v = 30 t_n$
za istraživane listače	$a_v = 28 t_n$
za istraživane četinjače	$a_v = 33 t_n$

2. a) Zavisnost čvrstoće na pritisak u smjeru vlakana o vlazi drveta izražena je za istraživane vrste drveta u higroskopskom području logaritamskom parabolom:

$$\log y = a + bx + cx^2,$$

a iznad njega pravcem paralelnim s apscisnom osi.

Parametri logaritamske parabole (a , b i c) i njihove statističke pogreške (σ_a , σ_b i σ_c) nalaze se u tablici 21, a parametri pravca a_1 i b_1 i njihove statističke pogreške (σ_{a1} i σ_{b1}) u tablici 22.

b) Aspcisa presjecišta logaritamske parabole i pravca je točka zasićenosti (sl. 11...15). Ona je određena za istraživane vrste drveta, i to za:

bukovinu (iz Zalesine)	31,6%
bukovinu (iz Lipovljana)	29,3%
hrastovinu (srževinu)	25,4%
jelovinu	35,1%
smrekovinu	36,7%

c) Zanemarivanjem trećeg člana na desnoj strani logaritamske parabole (cx^2) zakonitost zavisnosti čvrstoće na pritisak o vlazi drveta u higroskopskom području može se izraziti i eksponencijalnom jednadžbom :

$$y = m e^{-nx}$$

Parametri m i n iskazani su za pojedinu vrstu drveta u tablici 23.

d) Čvrstoća na pritisak paralelno s vlakancima u apsolutno suhom stanju dva puta je veća od čvrstoće na pritisak (u istom smjeru) prirodno osušenog drveta, a četiri puta veća od čvrstoće na pritisak drveta istraživanih vrsta napojenog vodom.

e) u higroskopskom području čvrstoća na pritisak u uzdužnom smjeru vlakana više se povećava (ili smanjuje) kod istraživane bukovine i hrastovine (srževine) nego kod jelovine i smrekovine, kad se vlaga drveta umanjuje (ili povećava) za 1% u apsolutnom smislu.

3. Komparacija brojčanih iznosa točke zasićenosti (tablica 24), dobivenih metodom mjerenja utezanja i metodom čvrstoće na pritisak, pokazuje ovo:

a) kod istraživane bukovine i smrekovine točka je zasićenosti, određena metodom mjerenja čvrstoće na pritisak u uzdužnom smjeru vlakana, manja, a kod hrastovine (srževine) i jelovine veća od točke zasićenosti određene metodom mjerenja volumnog utezanja.

b) razlika između točke zasićenosti, određene metodom mjerenja utezanja i metodom mjerenja čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima, iznosi prosječno za sve ispitivane vrste 1,8% u apsolutnom smislu. Iz ovog proizlazi, da se aritmetička sredina točke zasićenosti može odrediti približno jednakom točnošću mjerenjem volumnog utezanja od napojenog do apsolutno suhog stanja, kao i mjerenjem čvrstoće na pritisak u smjeru paralelnom s vlakancima.

c) metoda mjerenja volumnog utezanja manje je primjenjivana kod vrsta, koje sadržavaju znatnije količine lako hlapljivih tvari.

4. a) Između iznosa točke zasićenosti i veličine probe oblika kocke postoji zakonitost, koja je za hrastovinu (srževinu) izražena vršnom parabolom (sl. 16):

$$y = 25,24 - 0,19 x^2$$

Brojčani iznos točke zasićenosti uvećava se smanjivanjem dimenzije brida probe oblika kocke i postiže maksimum u točki $y = a$, t. j. u presijecištu vršne parabole i ordinatne osi. Taj maksimalni iznos točke zasićenosti za istu vrstu drveta koincidira s točkom zasićenosti određenom mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima.

Točka zasićenosti istraživane hrastovine određena je mjerenjem volumnog utezanja od napojenog do apsolutno suhog stanja na probama oblika kocke istom točnošću, koja se postiže metodom čvrstoće na pritisak u smjeru paralelnom s vlakancima.

b) Varijacije točke zasićenosti, s obzirom na položaj proba prema stranama svijeta u stablu, izražajnije su kod istraživanih četinjača nego kod listača. Kod jelovine točka zasićenosti pokazuje dva maksimuma, i to jedan na istočnoj, a drugi na jugozapadnoj strani stabla, i dva minimuma, jedan na sjevernoj, a drugi na sjeverozapadnoj strani stabla. Kod smrekovine maksimalni iznos za točku zasićenosti nalazi se na sjeverozapadnoj, a minimalni na sjevernoj strani stabla (tablica 30, sl. 18).

5. Unutar hrastovine postoje varijacije točke zasićenosti.

a) Kod hrastovine unutar stabla najvišu točku zasićenosti ima deblovina. Točka zasićenosti korijena i grane podjednaka je, no manja od one kod debla. Razlike su signifikantne.

Unutar hrastove deblvine najvišu točku zasićenosti ima sredina čistog debla (pod čistim deblom razumijeva se dio debla od zemlje do prve žive grane). Točka zasićenosti deblvine pri zemlji tek je neznatno manja. Točka zasićenosti deblvine u krošnji manja je od one u polovici čistog debla.

b) Kod istraživane hrastovine točka zasićenosti srčevine veća je od točke zasićenosti bjeljikovine. Vjerojatno je ovome razlog djelomično izluživanje netreslovina i treslovina u toku napajanja proba vodom.

c) Točka zasićenosti hrastovine (srčevine) uskih godova i većeg procentualnog učešća kasnog drveta veća je od točke zasićenosti hrastovine širokih godova s manjim postotnim učešćem kasnog drveta (tablice 31 ... 37).

VIII. LITERATURA — LITERATURE

1. *Barkas W. W.*: Swelling stresses in gels and calculation of the elastic constants of gels from their hygroscopic properties, Dep. sci. industr. Res., For. Prod. Res., Spec. Rep. No. 6, London 1945.
2. *Bateson R. G.*: Timber drying and behaviour of seasoned timber in use, 3rd ed., London 1952.
3. *Bošnjaković F.*: Nauka o toplini, I. dio, Zagreb 1950.
4. *Bošnjaković F.*: Nauka o toplini, II. dio, Zagreb 1950.
5. *Brown H. P.-Panshin A. J.-Forsyth C. C.*: Textbook of Wood Technology, Vol. II, The Physical, Mechanical and Chemical Properties of the Commercial Woods of the United States, New York — Toronto — London 1952.
6. *Davis-Troxell-Wiskocil*: Testing and Inspection of Engineering Materials, New York-London 1941.
7. *Dawe F. W.*: The status of the moisture meter, Wood, 1950 (9), str. 330.
8. *For. Prod. Res., London*: Kiln-drying schedules, Leaflet No. 42 (rev.), Dec. 1948.
9. *Desch H. E.*: Timber, its structure and properties, London 1938.
10. *Eames A.-MacDaniels*: An Introduction to Plant Anatomy, New York-London 1925.
11. *Fisher R. A.*: Statistical Methods for Research Workers, London 1948.
12. *Hasselblatt M.*: Der Wasserdampfdruck und die elektrische Leitfähigkeit des Holzes in Abhängigkeit von seinem Wassergehalt, Z. anorg. u. allg. Chemie, Bd. 154/1926, str. 375—385.
13. *Hawley L. F.*: Wood-liquid relations, U. S. Dep. Agric., Washington, D. C. Tech. Bull. No. 248, June 1931.
14. *Henderson L. H.*: The air seasoning and kiln drying of wood, 3rd ed., Albany, New York 1946.
15. *Hirsch M.*: Die Trockentechnik, Berlin 1932.
16. *Horvat I.*: Istraživanja o specifičnoj težini i utezanju slavonske hrastovine, Glasnik za šumske pokuse knj. 8, Zagreb 1942.
17. *Horvat I.-Emirpović B.*: Režimi sušenja drveta, Šum. list, 1951 (8/10), str. 303—321.
18. *Hribar J.*: Kemijski način sušenja drvene grade, Šum. list, 1945, str. 63—67.
19. *Hribar J.*: Umjetno sušenje drveta, Tehnički list, 1938 (7/8), str. 99—103, 1938 (9/10), str. 129—132.
20. *Ilhne A.*: Séchage du bois, 4^e éd. rev. et augm. par A. Villière, Paris 1947.
21. *Inst. Bois, Paris*: Rapport d'activité du laboratoire, 1948—1949.
22. *Knight R. A. G.*: The determination of moisture content of timber, Dep. sci. industr. Res., For. Prod. Res., Bull. No. 14, London 1932.

23. Knight R. A. G.: The moisture content of wood in relation to hygrometric conditions, Read at the meeting of the British Association for the Advancement of Science 1930.
24. Koehler A.: The properties and uses of wood, New York and London 1924.
25. Koehler A.-Thelen R.: The kiln drying of lumber, u njem. prijedvodu od P. Warlimonta, Berlin 1929.
26. Kollmann F.: Technologie des Holzes, Berlin 1936.
27. Kollmann F.: Künstliche Holz Trocknung und Holzlagerung, III. Aufl., Leipzig-Berlin 1942.
28. Kollmann F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, II. Neubearb. u. erweit.-Aufl., I. Bd., Berlin-Göttingen-Heidelberg-München 1951.
29. Krpan J.: Istraživanja higroskopske ravnoteže vlage uzduha i drveta, Glasnik za šumske pokuse knj. 11, Zagreb 1953.
30. Krpan J.: Furniri i šperovano drvo, Zagreb 1951.
31. Лыков А. В. и Ауерман Л. Я., Теория сушки капиллярно-пористых коллоидных материалов пищевой промышленности, Москва 1946.
32. Mathewson J. S.: The air seasoning of wood, US Dep. Agric., Tech. Bull. No. 174, Washington 1930.
33. Markwardt L. J.-Wilson T. R. C.: Strength and related properties of woods grown in the United States, U. S. Dep. Agric., Washington, D. C., Tech. Bull. No. 479, September 1935.
34. Mayer J. E.-Rees L. V.: Electrical resistance of wood with special reference to the fiber-saturation point, N. Y. St. Coll. For., Syracuse Univ., Techn. Bull. No. 19, Nov. 1926.
35. Moll F.: Künstliche Holz Trocknung, Berlin 1930.
36. Monnin M.: Bulletin de la section technique de l'aéronautique militaire, Fasc. 30, juillet 1919.
37. Mörrath E.: Beiträge zur Kenntnis der Quellungserscheinungen des Buchenholzes, Kolloidchem. Beih., Bd. 33, H. 1-4, str. 131-178, 1931.
38. Nusser E.: Die Bestimmung der Holzfeuchtigkeit durch Messung des elektrischen Widerstandes, Holz Roh-u. Werkstoff, Aug. 1938, H. 11, str. 417-420.
ерельгин Л. М., Стандартизация методов физических и механических испытаний древесины, Москва-Ленинград 1936.
40. Pidgeon M.-Maass O.: The adsorption of water by wood, J. Amer. chem. Soc., Vol. 52, March 1930, str. 1053-1069.
41. Razous P.: Théorie et pratique du séchage industriel, 5^e éd., Paris 1949.
42. Raes W.-Buckman J. S.: Moisture movement in wood above the fiber-saturation point, J. agric. Res., Vol. 57, No. 3, Washington, D. C. Aug. 1, 1938, str. 161-187.
43. Richter-Altschäffer H.: Theorie und Technik der Korrelationsanalyse, Berlin 1932.
44. Simes F. E.: On the structural and physical properties of Finnish pine wood, especially the phenomenon of shrinking and swelling affected by changing the moisture content of wood, Helsinki 1938.
45. Селюгин Н. С., Сушка древесины, Ленинград 1940.
46. Stamm J. A.: The capillary structure of softwoods, J. agric. Res., Vol. 38, No. 1, Washington, D. C. Jan. 1. 1929.
47. Stamm J. A.: The Electrical Resistance of Wood as a Measure of Its Moisture Content, Industr. Engng. Chem., Analyt. Ed. Amer. chem. Soc., Vol. 19, No. 9, 1927, str. 1021-1025.

48. Stamm J. A.: The Fiber-Saturation Point of Wood as Obtained from Electrical Conductivity Measurements, *Industr. Engng. Chem., Analyt. Ed., Amer. chem. Soc., Vol. 1, No. 2, 1929.* str. 94—97.
49. Stillwell S. T. C.: The moisture content of wood with special reference to furniture manufacture, *Dep. sci. industr. Res., For. Prod. Res. Bull. No. 5, 1929.*
50. Švorc J.: Vysoušení dřeva, v Praze 1941.
51. Tavčar A.: Biometrika u poljoprivredi, Zagreb 1946.
52. Tiemann H. D.: The kiln drying of lumber, 4th ed. rev., Philadelphia-London 1921.
53. Tieman H. D.: Wood Technology, London 1947.
54. Tippett L. H. C.: The methods of statistics, London-New York 1952.
55. Trendelenburg R.: Das Holz als Rohstoff, München-Berlin 1939.
56. Trendelenburg R.: Über Fasersättigungsfeuchtigkeit, Schwindmass und Raumdichtezahl wichtiger Holzarten, *Holz Roh-u. Werkstoff, 1939 (1), str. 12—17.*
57. Tuomola T.: Über die Holz Trocknung, Helsinki 1943.
58. Ugrenović A.: Tehnologija drveta, Zagreb 1950.
59. Ulich-Podhorsky: Kratak udžbenik fizikalne kemije, Zagreb 1947.
60. Uterharck F.: Handbuch für künstliche Holz Trocknung, Leipzig 1940.
61. Voigt H.-Krischer O.-Schauss H.: Die Feuchtigkeitsbewegung bei der Verdunstungstrocknung von Holz, *Holz Roh-u. Werkstoff, 1940 (10), str. 305—321.*
62. Voigt H.-Krischer O.-Schauss H.: Sonderverfahren der Holz Trocknung, *Holz Roh-u. Werkstoff, 1940 (11), str. 364—375.*
63. Wangaard F. F.: The mechanical properties of wood, New York-London 1950.
64. Wise L. E.: Wood chemistry, New York 1946.
65. Worthing G. A.-Geffner J.: Treatment of Experimental Data, New York, London 1944.
66. Zaharževskij V. G.: Parenje i sušenje bukovine, prijevod s ruskog od N. Aleksića, Beograd 1949.
67. Žančović S. S.: Statističke metode u industriskim istraživanjima, Beograd 1949.

SUMMARY

In contact with wet air wood behaves in a similar way as cellulose, i. e. like fibrous materials and elastic gels, which are able to absorb or give off moisture. The moisture content in such materials depends upon the partial pressure of the water vapour in the air. The moisture content of such materials for various partial pressures is expressed by the curves named desorption and adsorption curves or hygroscopic isotherms, which play an important rôle in the use of hygroscopic materials.

When water vapour comes into contact with wood substance, there occur primarily surface reactions. This initial stage of sorption is called molecular sorption or »chemo-sorption«. If it occurs in the range of minor cohesion, then according to the theory of fringed micellae the enlargement of the volume of wood does not take place.

Molecular sorption being finished, taking up water vapour occurs in the internal surface of wood. In physics, this phenomenon is called adsorption. Wood takes a further amount of moisture through capillary condensation.

When studying wood-water relations it is necessary to differentiate between free and bound water, because only bound water or hygroscopic water is responsible for the behaviour of wood. It is imbibed into the cell walls and impressed between the rows of mi-

cellae. »Micella« is a diminutive from the Latin word »mica« meaning morsel or grain. According to Nügel's theory on »organized substances«, structural products are formed by elementary particles which organize themselves into groups or into larger aggregates named micellary bundles. Present day authors hold the view, that these are colloidal particles with an adsorption layer and electric charge, mostly of ultra-microscopic size and filled with matter. Contrary to bound water, free water is not bound to wood but is accumulated in the wood pores. It does not influence the properties of wood, except increasing its weight.

Besides free and bound water, wood also contains chemically combined water in compounds forming wood (constitution water). The quantity of such water remains unchangeable for as long as the mentioned compounds are not chemically changed. And since in the mutual action of water and wood substance no chemical decomposition of compounds forming the wood substance occurs, the quantity of constitution water remains stable, so that when studying the wood-water relations it does not come into consideration.

Changes of bound water produce shrinking and swelling, changes of some important mechanical properties, and changes in electric and thermal conductivity of wood. These changes are the basic reasons why it is necessary to know the content of bound water and to distinguish bound water from free water. In evaporation bound and free water do not follow the same laws. While evaporation of free water follows Dalton's law, evaporation of bound water follows Fick's law of diffusion or, more exactly, as Krischer has shown, a law analogous to Stefan's.

The limit between free and bound water, i. e. the point at which the wood substance becomes saturated with moisture and the heat of adsorption becomes nul, was designated by Tiemann as »fibre-saturation point«. Stamm stresses that this concept used in connection with wood expresses exactly the same concept as the terms »limit of absorption« and »limit of solubility« used for gels. The fibre-saturation point is a state in which cell-walls are saturated with water, while in the pores there is no liquid water, these being filled with a mixture of air and water vapour. This is a transition point from wet to hygroscopic state. Above this point the properties of wood are constant, below it, they change.

On the term itself, there exist different opinions; Trendelenberg and Kollmann mention the terms »point« or »zone«, while Ugrenović speaks of »zone«. In favour of this conception is the fact, that the fibre-saturation point varies considerably with the same species and the same method of its determination. According to Barkas, the concept of the fibre-saturation point does not lose from its significance, because this concept may express the critical moisture content below which the properties of wood change. Most researchers have accepted Tiemann's term »fibre-saturation point«. We understand the fibre-saturation point as the arithmetic mean of a greater number of variants, and therefore observe the term »fibre-saturation point«.

The fibre-saturation point acquires importance in the drying and steaming process of wood. During the drying process the conditions above and below the fibre-saturation point are different. The steaming process aiming at changing the colour of wood can be carried out successfully only in the case the initial moisture content of wood is greater than the fibre-saturation point.

The methods of determination of the fibre-saturation point result from the notion that below this point shrinkage sets in, changes of important mechanical properties, as well those of electrical and thermal conductivity occur, and that this point indicates the limit between free and bound water.

Tiemann in 1906 applied for the determination of the fibre-saturation point the method of the crushing strength parallel to grain. The fibre-saturation point for several species of American woods was determined by this method. The same method was applied by *Mörath* and *Stamm*, *Mayer* and *Rees* for the purpose of comparing it with other methods.

In 1926 *Hasselblatt* discovered for birch-wood that the logarithm of the electrical resistance decreases in proportion with the increase of the moisture content in wood ranging from the oven-dry state to the fibre-saturation point. A similar logarithmic relationship was arrived at by *Kujirai* and *Akahira*. This phenomenon was thoroughly investigated by *Stamm*. This knowledge was utilized by *Mayer* and *Rees* in determining the fibre-saturation point of six species of wood by measuring the electrical resistance of wood. Besides that they also applied the method of crushing strength and that of shrinking, and they finally came to the conclusion that the method of electrical resistance and that of crushing strength give the same results, and that the shrinking method is to be rejected as worthless. *Stamm* also applied the method of electrical conductivity in determining the fibre-saturation point in several American species. His specimens were disc-shaped 1 cm in diameter and 2...3,5 mm long. He took such small specimens only to avoid errors by which, in his opinion, the results achieved by *Mayer* and *Rees* were loaded as the latter had taken large specimens in the shape of a cylinder 1 inch in diameter and 2 inch. long. *Stamm* showed that when applying the method of the electrical conductivity the fibre-saturation point may be determined with a precision of $\pm 1\%$ (in the absolute sense).

Mitra determined the fibre-saturation point in 16 species of Indian woods by means of the shrinking method, the method of electrical conductivity, and the method of thermal conductivity. The results of his investigations show, that the fibre-saturation point of the same species varies in relation to different methods of determination applied even by 7% (in the absolute sense).

By means of measuring the radial, tangential and volumetric shrinkage the fibre-saturation point was determined by *Newlin* and *Wilson*, *Mörath*, *Stamm* in conjunction with *Seborg* and *Hansen*, *Hartig* and *Sachs*, *Trendelenburg* with *Grössler* and *Raunecker*, and, in this country, *Horvat*. On the basis of his own investigations as well as the results of the investigations that had preceded him, *Trendelenburg* has classified according to the fibre-saturation point the important species of wood into several groups. He determined the fibre-saturation point by measuring the volumetric shrinkage and by computing it from relation found by the American research workers, that the volumetric shrinkage is equal to the product of the fibre-saturation point and the specific gravity based upon oven-dry weight and green volume.

Volbehr, *Hartig*, *Loughborough* and *Stamm* determined the fibre-saturation point by keeping chipped wood in a water-vapour saturated space.

None of the five aforementioned methods is without criticism.

Thus one objects to the method of direct measuring of the moisture content after keeping chipped wood in a water-vapour saturated space, that it is not reliable; first, because under such conditions by the extremely small changing of the temperature, water-vapour condensation takes place and the data for fibre-saturation point are greater than they really are, and, second, for the reason that *Pidgeon* and *Mass* proved that the adsorption curve approaches the adsorption axis asymptotically, i. e. the line representing the pressure of the saturation.

One objects to the method of shrinkage, that shrinkage takes place even prior to the fibre-saturation point. Furthermore, because shrinkage does not manifest itself only on external dimensions, but also because an amount, even if small, is transmitted also on the internal dimensions of the wood structure. True, *Stamm* has proved that shrinkage only transmits on to the external side of the dimensions of the wood, but in drying without the stresses. The results of *Stamm's* investigations according to which he obtained the same results both by method of shrinkage and that of electrical conductivity, speak in favour of the method of shrinkage. *Perelygin* points out that the method of shrinkage might be satisfactory, if only the moisture gradient could be removed. If this method were without criticism, its advantage would be in its simplicity.

On the basis of *Thiemann's* results, that the fibre-saturation point of a number of wood species varies to a greater extent within the one species as such than between different species, *Hawley* objects to the method of measuring the crushing strength parallel to grain. Most researchers consider this method satisfactory, because the strength varies considerably in relation to the moisture content.

Perelygin objects to the method of electrical conductivity that it is not convincing and that it requires special electric instruments which are not available in every laboratory. Other research workers consider this method as reliable because the variations of the electrical resistance in hygroscopic range are enormous when changing the moisture content, while on the contrary these variations in the above hygroscopic range are relatively small. The logarithm of the electrical conductivity in the hygroscopic range, when changing the moisture content, varies in a straight line, while above the fibre-saturation point this straight line goes over into a curve. This transition part of the graph representing the fibre-saturation point where the straight line goes over into the curve is not sufficiently distinctive, and after this method the fibre-saturation point may be determined with an accuracy of ± 1 per cent (in the absolute sense).

The method of thermal conductivity was applied only by *Mitra* but lacking sufficient data we cannot give an account of this method.

There are three methods at our disposal: the method of electrical conductivity, the method of crushing strength, and the method of shrinkage. The general opinion is to the effect, that the method of electrical conductivity and the method of crushing strength give satisfactory equal results, while the method of shrinkage is loaded upon with suspicions which, it is true, are not sufficiently and scientifically proved, and there arises the question as to the possibility of applying or not this method in determination of the fibre-saturation point. In addition to, no trial was made up to the present-day to answer the question in what way the fibre-saturation point is influenced by the size of the specimens, nor is there a real insight into the variations within the same species in regard to the position of the specimens in the stem as well as in regard to sapwood and heartwood. The importance of these questions is reflected in the theory and technique of wood drying and steaming.

Keeping that in view the aims of our investigations were:

1. to determine the fibre-saturation point of our more important species of wood: beech-wood, oak-wood, fir-wood and spruce-wood by means of the method of shrinkage and the method of crushing strength parallel to grain.
2. to determine the relationship between the results of both methods and to try to express the laws governing the variation of the crushing strength when the moisture content changes.

3. to express how the size of the specimens affects the fibre-saturation point of oak-wood, as well as the influence of sapwood and heartwood as regards the laying out of specimens in the tree.

The experimental material for investigations was taken from the faculty experimental forests at *Lipovljani* and *Zalesina*. All together there were investigated 9 trees and the root of a windthrow, i. e. from *Lipovljani* 5 oak-trees, the root of a windthrown oak-tree and a beech tree, and from *Zalesina* a beech, a fir and a spruce-tree. The data concerning the habitats and the method of taking the specimens are described in the paper.

For determining the fibre-saturation point by means of 2 methods, for comparison of the results, for determining the rules governing the relationship between the crushing strength and moisture, and for determining the variations in the tree there were taken 1173 specimens (from all investigated species), 20 mm × 20 mm wide and 60 mm long in the direction of the grain. The cross-section taken is the minimum size which is possible to make regularly. The length of the specimens was three times as large as the width of its cross-section.

In order to investigate how the size of the specimens affects the fibre-saturation point in oak-wood, there were taken 201 specimens in cubic form, of which an equal number of specimens had the edge 20 mm, 30 mm, 40 mm and 50 mm respectively.

In the investigation of fibre-saturation point variations of oak-wood in regard to heartwood and sapwood as well as in regard to the position of specimens in the stem we took 873 specimens with a cross-section 20 mm × 20 mm and length of 30 mm in the direction of the grain.

There were investigated in all 2,247 specimens, i. e. of beech-wood 475, fir-wood 238, spruce-wood 226, and oak-wood 1,308 specimens. All the specimens were marked according to a system, which makes it possible to identify instantly the position of the specimen in the tree.

According to the mathematical statistics the results of the investigation of a property is the more reliable the greater the number of the specimens investigated. Some research workers took only a little number of specimens, thus, for instance, *Stamm* took 2 specimens and *Mayer* and *Rees* 4 specimens of each species. It is understandable that the number of specimens cannot be increased at will because that involves a huge number of measurements and computations if the data are to be treated according to the methods of mathematical statistics.

The working method was as follows:

On all air-dry specimens of the first group the width of the annual rings and that of the summerwood were measured. The summerwood was measured by means of a magnifying glass. The specimens were gradually soaked in water at room temperature. The soaking process lasted on an average 14 days. The water-logged specimens were weighed on a precision balance, and the axis of symmetry of the dimension measured with an accuracy of 0,1 mm in three anatomical directions. Thereupon the specimens were dried in the laboratory and put into the oven to be heated 8 hours at a temperature of 30...40°C and for the same time at 60...70°C, and at last they were exposed to a temperature of $102 \pm 3^\circ\text{C}$ in order to desiccate them to a constant weight. The oven-dry specimens were repeatedly weighed and the dimensions measured. From these data there were computed the volumetric shrinkage (α_v), the specific gravity (t_n) (on the basis of oven-dry weight in green volume) and on that basis the fibre-saturation point (k). The same specimens were also used for determining the fibre-saturation point by the method of crushing strength parallel to grain. For this purpose a group of these specimens were put into desiccators of

different partial pressures of the water-vapour produced by means of P_2O_5 , H_2SO_4 of known concentrations and distilled water. The specimens remained in the desiccators at least 30 days. Thereafter, the specimens were weighed, the dimensions measured, and the crushing strength parallel to grain determined on a 4-ton Universal Amsler machine, while the 18 specimens of beech-wood of greater crushing strength than 4 tons were tested on a 50-ton Amsler machine. The remaining set (393 specimens) of the first group was repeatedly soaked in water and dried in the laboratory up to the desired moisture content, which was determined by control weighing. 12 water-logged specimens of each species were investigated for crushing strength. In the same way also 201 specimens were treated belonging to the second group, and 873 of the third group as the specimens of the first group prepared for determining the fibre-saturation point by the method of shrinkage. The measurements data were treated by the methods of mathematical statistics, and the measurements data of the first group by an abridged treatment, while in the second and third groups the deviation of each property was calculated from the arithmetic mean.

The fibre-saturation point determined by the method of shrinkage was corrected in all species to increased density of adsorbed water, and in the case of spruce-wood the content of volatile substances was also taken into consideration.

Discussion on the results

The fibre-saturation point of the beech-wood determined by the method of shrinkage agrees well with *Mörath's* results. The final result for the fibre-saturation point of beech-wood was found by him to be 30 per cent, and according to our investigations 30,8 per cent. The interval of the variation of our data was shorter.

In our investigations the beech-wood was taken from its natural habitat in the forest district of Zalesina as well as from the district of *Lipovljani*, where the beech is not an autochthonous species. This was done so because it was to be expected that the differences of the fibre-saturation point, if any, would be significant. And if we compare the arithmetic means of the fibre-saturation point for beech-wood from *Lipovljani* with that from *Zalesina*, the difference is less than 1 per cent, or, more exactly, it amounts to 0,7 per cent (in the absolute sense). Therefore, this difference is relatively small.

According to *Trendelenburg* the fibre-saturation point for oak-wood is 23...25 per cent, and according to our investigations, 23,3 per cent for heartwood. *Horvat* has determined the fibre-saturation point of the *Slavonian oak-wood* by the same method and he obtained a greater value for fibre-saturation point, but on specimens of other sizes. Here it is necessary to take into consideration the fact that, besides the influence of the size of the specimens and wood structure, there also exists the influence of the content of extractives. Analyses carried out for this purpose show that the investigated oak-wood is richer in extractives than it is found on an average in younger *Slavonian oak-wood*. In *Sequoia sempervirens*, *Stamm* has found that the fibre-saturation point increases when the content of the extractives decreases.

According to *Trendelenburg* the fibre-saturation point of fir and spruce-wood is 30...34 per cent. According to our investigations the fibre-saturation point of fir-wood is inside of them and amounts 33,7 per cent, while that of spruce-wood is outside and amounts 39,4 per cent.

The relationship between the strength and the moisture content within the hygroscopic range was expressed by a logarithmic parabola $\log y = a + bx + cx^2$, and above the hygroscopic range by a straight line $y = a_1 + b_1 x$. For each species investigated the coefficients (parameters) were determined from corresponding normal equations. The abscissa of the intersection of the curve and the straight line is the fibre-saturation point required. In order to find it, it is necessary to solve the system of the parabola and straight line. There are two ways to attain this: the graphical and numerical methods. The graphical solution can also be improved by computation. The numerical solution is possible only in case the straight line is parallel to the abscissa axis i. e. if $y = \text{const.}$, for it is not possible in some other way to remove from the system the transcendental form of $\log y$. We adopted the numerical solution and introduced the zero hypothesis, i. e. that in straight line by $b_1 < 1,96 \sigma_{b_1}$. If this assumption is satisfied, then the probability that the straight line is parallel to the abscissa axis is 95 per cent, and the phenomena of 95 per cent probability can be considered as certain. This assumption is satisfied only in beech and spruce-wood, but not in the other two species. That occurs on account of the non-uniform distribution of water in specimens above the hygroscopic range, and this is unavoidable. If we take, for instance, the oak-wood and assume for the first time that the straight line is parallel to the abscissa axis, and for the second time that it is inclined towards the abscissa, the difference of the fibre-saturation point obtained by these two methods is 0,8 per cent (in the absolute sense). If a very large number of specimens were taken, the straight line would be parallel to the abscissa axis, because that is in conformity with the theory and the results of other research workers. Therefore, we might assume, that the established assumption is satisfied and that the straight line is parallel to the abscissa axis. In this way the system is transformed into a quadratic equation yielding two solutions, one of which represents the fibre-saturation point while the other an imaginary number.

The comparison of the numerical values at which we arrived with the same trial material and by the two methods, shows, that the difference of the fibre-saturation point averages 1,8 per cent, and if we omit the spruce-wood (because of volatile substances), it becomes still smaller, i. e. 1,5 per cent (in the absolute sense). Now if we take that the fibre-saturation point can be determined by the method of the electrical conductivity with an accuracy of ± 1 per cent (in the absolute sense), which is considered by some researchers as the most accurate, and further if we take that the moisture content of wood as determined by the conventional method of drying to a constant weight at a temperature of $102 \pm 3^\circ \text{C}$ cannot be determined with a greater accuracy than 1 per cent (in the absolute sense), then we should conclude that the fibre-saturation point can be determined by the method of shrinkage and the crushing strength with approximately the same accuracy. The method of shrinkage is less applicable to those species which contain volatile substances. One cannot adopt the proposal of Mayer and Rees that the method of shrinkage should be rejected as worthless. They came to this conclusion on the basis of the small number of specimens, and the frequency polygons of our investigations show that the fibre-saturation point varies in a wide interval, which for the investigated deciduous species averages 14 per cent and for the conifers 22 per cent (in the absolute sense).

The logarithmic parabolas expressing the relationship between moisture content and crushing strength can be simplified without great detriments to accuracy and transformed into the exponential form

$y = m e^{-nx}$. This was achieved by neglecting the third term (cx^2) on the right side of the parabola equation.

The influence of the specimen size on the fibre-saturation point is expressed by the equation of the parabola $y = a - bx^2$. The smaller the edge of the specimen (in the form of a cube), the greater the fibre-saturation point. It attains a maximum at the intersection of the parabola with the axis of ordinates and at this point this value agrees perfectly with the value of the fibre-saturation point obtained by the method of crushing strength. If it were possible to make small specimens at will, and if it were possible to measure the shrinkage, the following would ensue: the smaller the value of the fibre-saturation point obtained, the smaller the specimen, but naturally, this has its technical limits.

In considering the effect of the laying-out of the specimens in the tree, we restricted ourselves to the facts without any explanations, because it is probable that also other influencing factors exist which are not included in this research. The variations of the fibre-saturation point in regard to the cardinal points are greater in the investigated conifers than in deciduous species. The variations of the fibre-saturation point in regard to the laying-out of the specimens in the tree (root, trunk, limb) in oak-wood are smaller than 2 per cent (in the absolute sense), and they all fall within the limits of 22... 24 per cent. For this purpose there were compared 87 specimens of the root, 687 of the trunk, and 99 of the limb. That is in contrast with that what *Trendelenburg* cites. After *Trendelenburg* the fibre-saturation point of oak root-wood is 40... 50 per cent.

The variations between oak sapwood and heartwood are still smaller and the difference does not surpass 1. per cent (in the absolute sense).

Conclusions

1. a) The fibre-saturation point of the investigated species (Table 20) determined by measuring the volumetric shrinkage from water-logged to oven-dry state is:

The fibre-saturation point in percentages

	Limits	Arithmetical mean
Beech-wood (from Zalesina)	25,7 ... 36,7	32,1 ± 0,1
Beech-wood (from Lipovljani)	28,2 ... 35,5	31,4 ± 0,1
Oak-wood (heartwood)	18,2 ... 35,2	23,5 ± 0,1
Fir-wood	21,1 ... 45,5	33,7 ± 0,3
Spruce-wood	23,9 ... 45,2	39,4 ± 0,2

The individual variants in the same species are dispersed in a relatively wide interval. This interval is about 1,5 time wider in the investigated conifers, being approximately 22 per cent, while in deciduous species it is 14 per cent (in the absolute sense) tables 15... 19, fig. 4... 8).

b) The content of resin and fat in spruce-wood investigated was determined in Soxhlet apparatus by extraction in chloroform and amounted to 0,76 per cent of oven-dry weight of wood substance.

The moisture content of the investigated spruce-wood determined by distillation in xylene, was smaller by 1,24 per cent (in the absolute sense) than the moisture content determined in an oven at $102 \pm 3^\circ \text{C}$ when drying spruce-wood to constant weight. Upon this basis rectification was carried out of the fibre-saturation point of the spruce-wood

determined by measuring the volumetric shrinkage of the specimens dried in the oven to constant weight.

c) Between the volumetric shrinkage (α_v), the specific gravity (t_n) (oven-dry weight in green volume) and the maximum amount of absorbed water or the fibre-saturation point (k) of the species investigated, the following approximate ratios are valuable:

for all the species investigated	$\alpha_v = 30 t_n$
for the deciduous species investigated	$\alpha_v = 28 t_n$
for the conifers investigated	$\alpha_v = 33 t_n$

2. a) The relationship between the crushing strength parallel to grain and moisture content is expressed for all species investigated in the hygroscopic range by the logarithmic parabola: $\log y = a + bx + cx^2$ and above it by a straight line parallel to the abscissa axis. The parameters of the logarithmic parabola (a , b and c) and their sampling errors (σ_a , σ_b and σ_c) are to be found in Table 21, and the parameters of the straight line (a_1 and b_1) and their sampling errors (σ_{a1} and σ_{b1}) in Table 22.

b) The abscissa of the intersection of the parabola and the straight line is the fibre-saturation point (Fig. 11...15). The fibre-saturation point for the species investigated was determined as follows:

Beech-wood (from Zalesina)	31,6 per cent
Beech-wood (from Lipovljani)	29,3 per cent
Oak-wood (heartwood)	25,4 per cent
Fir-wood	35,1 per cent
Spruce-wood	36,7 per cent

c) By omitting the third term (cx^2) on the right side of the logarithmic parabola the relationship between moisture and crushing strength in the hygroscopic range can also be expressed by the exponential equation: $y = m e^{-nx}$. The parameters m and n for individual species are to be found in Tab. 23.

d) The crushing strength parallel to grain in an oven-dry state was two times greater than the strength of the air-dry, and four times than the strength of the water-logged wood.

e) In the hygroscopic range the crushing strength parallel to grain increases (or decreases) in the beech and oak-wood (heartwood) investigated more than in fir and spruce-wood, if the moisture decreases (or increases) by 1 per cent (in the absolute sense).

3. The comparison of the amounts of the fibre-saturation point (Tab. 24) determined by the method of measuring the shrinkage as well as by the method of the crushing strength shows the following:

a) In the investigated beech-wood and spruce-wood the fibre-saturation point determined by the method of crushing strength parallel to grain, is smaller and in oak-wood (heartwood) and fir-wood it is greater than the fibre-saturation point determined by the method of measuring the volumetric shrinkage.

b) The difference between the fibre-saturation point determined by the method of measuring the shrinkage and the method of crushing strength parallel to grain, amounts on an average in all species investigated to 1,8 per cent (in the absolute sense). There follows that the arithmetic mean of the fibre-saturation point can be determined nearly with the same accuracy by the method of the volumetric shrinkage as by the method of the crushing strength parallel to grain.

c) The method of measuring the volumetric shrinkage is less applicable in the species containing a greater amount of volatile substances.

4. a) The relationship between the amount of the fibre-saturation point and the size of the oak-wood (heartwood) specimens of the cubic form is expressed by the parabola (Fig. 16): $y = 25,24 - 0,19x^2$. The amount of the fibre-saturation point increases as the edges of the specimens of cubic form decrease, and it attains its maximum at the point $y = a$, i. e. at the intersection of the parabola and the axis of ordinates. This maximum amount of the fibre-saturation point in the same wood species coincides with the fibre-saturation point determined by the method of measuring the crushing strength parallel to grain. The fibre-saturation point of the oak-wood was determined by measuring the volumetric shrinkage ranging from the water-logged to oven-dry state on the specimens of cubic form with the same accuracy as obtained by the method of crushing strength parallel to grain.

b) The variation of the fibre-saturation point in regard to the laying-out of the specimens according to the cardinal points are more expressive in the investigated conifers than in the deciduous species. In fir-wood the fibre-saturation point shows two maximums, the one on the East side, the other on the South-west side of the tree. The maximum in the spruce-wood is on the North-west side and the minimum on the North side of the tree (Tab. 30, Fig. 18).

5. Within the oak-wood there exist variations of the fibre-saturation point.

a) Within the tree the stem shows the greatest amount for the fibre-saturation point. The fibre-saturation point in both the root and branch is equal, though smaller than in the stem. The differences are significant. The greatest fibre-saturation point within the oak stem is in the middle part of the clear stem (i. e. the part up to the first living branch). The fibre-saturation point of the stem near the earth is slightly smaller. The fibre-saturation point of the stem in the crown is smaller than in the middle part of the clear stem.

b) In the oak-wood investigated the fibre-saturation point of the heartwood is greater than that of the sapwood. The reason for this may lie in partial leaching out of the non-tannins and tannins during the soaking process of the specimens.

c) The fibre-saturation point of oak-wood (heartwood) of narrow annual rings with a greater rate of summerwood is greater than that of the oak-wood of wide annual rings with a smaller rate of summerwood (Tab. 31 ... 37).

Dr. MIRKO VIDAKOVIĆ

OBLICI CRNOG BORA U JUGOSLAVIJI NA TEMELJU ANATOMIJE IGLICA

FORMS OF PINUS NIGRA IN YUGOSLAVIA ON
THE BASIS OF ANATOMICAL STRUCTURE OF THE
NEEDLES

(Disertacija)

SADRŽAJ — CONTENTS

1. Predgovor — *Preface*
2. Uvod — *Introduction*
3. Prikaz značenja anatomske građe iglica za razlikovanje vrsta roda Pinus — *Survey of the importance of the anatomical structure of the needles for the distinction of the species of the Pinus genus*
4. Osvrt na dosadanju primjenu anatomije iglica kod razlikovanja nižih sistematskih jedinica vrste Pinus nigra — *On the application of the anatomical structure of the needles as practised hitherto in the distinction of the lower systematical units of the Pinus nigra species*
5. Sabrani materijal — *Experimental material*
6. Metoda rada — *Working method*
7. Anatomske kvalitete pojedinih staničja iglice crnog bora sa teritorije FNRJ — *Anatomical features of the individual tissues of the needle of Pinus nigra of the territory of Yugoslavia*
8. Anatomski prikaz pojedinih svojta crnog bora u Jugoslaviji — *Anatomical description of the individual races of Pinus nigra in Yugoslavia*
 - a) Pinus nigra Arn. ssp. austriaca (Höss.) n. comb.
 - b) Pinus nigra Arn. ssp. gočensis (Đorđ.) n. comb.
 - c) Pinus nigra Arn. ssp. gočensis (Đorđ.) var. illyrica n. var.
 - d) Pinus nigra Arn. ssp. dalmatica (Vis.) Schwz. n. comb.
 - e) Pinus nigra Arn. ssp. Pallasiana (Lamb.) Holmboe
 - f) Prelazni oblici — *Transitional forms*
9. Anatomija iglica nekih stranih svojta crnog bora — *Anatomy of the needles of several foreign races of Pinus nigra*
10. Značenje pojedinih elemenata građe iglica u sistematici vrste Pinus nigra — *Importance of individual structural elements of the needle for the systematics of the Pinus nigra species*

11. Ključ za određivanje svojta crnog bora u Jugoslaviji — *Key for the determination of the races of Pinus nigra in Yugoslavia*
12. Nalazišta pojedinih svojta crnog bora u Jugoslaviji istraženih na temelju anatomije iglica — *Habitats of individual races of Pinus nigra in Yugoslavia investigated on the basis of anatomical structure of the needles*
- Pinus nigra* Arn. ssp. *austriaca* (Höss.) n. comb.
 - Pinus nigra* Arn. ssp. *gočensis* (Dord.) n. comb.
 - Pinus nigra* Arn. ssp. *gočensis* (Dord.) var. *illyrica* n. var.
 - Pinus nigra* Arn. ssp. *dalmatica* (Vis.) Schwz. n. comb.
 - Pinus nigra* Arn. ssp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe
 - Pinus nigra* Arn. ssp. *Laricio* (Poir.) Schwz.
 - Prelazni oblici — *Transitional forms*
13. Zaključak — *Conclusion*
Radnja primljena na štampanje 14. VIII. 1953.

PREDGOVOR — PREFACE

Potkraj godine 1949. postavljen sam za asistenta u Zavodu za botaniku na Poljoprivredno-šumarskom fakultetu u Zagrebu. Predstojnik zavoda gosp. prof. dr. Ivo Pevalek izložio mi je važnost rješenja sistematike crnog bora u našoj državi i predložio mi, da se bavim tim pitanjem. Gosp. prof. Pevalek mi je dao na raspolaganje svoju vlastitu literaturu u vezi s tim problemom, a isto tako me je i pomagao diskusijama. Pored toga nailazio sam kod njega uvijek na razumijevanje, kada god sam tražio kredite potrebne mi radi obilaska pojedinih naših područja crnoga bora; svaku je moju molbu kao predstojnik zavoda i sam osobno potkrijepio, a više puta mi je donio i materijal s terena. Za sve to izražavam ovom prilikom gosp. prof. dr. Ivi Pevaleku svoju najdublju zahvalnost.

Zahvaljujem gg. prof. M. Aniću i I. Horvatu, koji su mi za moja istraživanja ustupili određeni broj primjeraka crnog bora.

Od ing. B. Emrovića dobio sam literaturu, kao i upute za određivanje nekih dimenzija kod građe iglice na osnovu varijacione statistike, te se i njemu ovom zgodom zahvaljujem.

Primjerke crnog bora iz Francuske dobio sam od gosp. prof. Braun-Blanqueta i dr. P. Fukareka. Preko ing. E. Polak dobio sam iz Italije od gosp. dr. Susmela grančice kalabrijskog crnog bora. Na učinjenoj usluzi najtoplije im zahvaljujem.

Bivše Savezno ministarstvo šumarstva naredilo je rješenjem broj 3185/49 svojim nižim organima, da mi za moja istraživanja pošalju grančice crnog bora, te sam n. ataj način dobio prvi materijal, koji mi je u prvom redu služio u orijentacione svrhe, a koji sam kasnije nadopunjavao. Na tome zahvaljujem bivšem Saveznom ministarstvu šumarstva, napose ing. P. Zianiju, tadanjem načelniku toga ministarstva.

Zahvaljujem bivšem Ministarstvu šumarstva NRH i osobno ing. P. Dragišiću, tadanjem zamjeniku pomoćnika ministra, na materijalnoj pomoći za obilazak lokaliteta i sakupljanje materijala crnog bora u NRH. Isto tako dugujem zahvalnost i Šumarskom odjelu Poljoprivredno-šumarskog fakulteta, a napose gosp. prof. dr. N. Neidhardt.

Materijal iz NR Slovenije, dobio sam preko Gozdarskog instituta iz Ljubljane. Stoga zahvaljujem direktoru Instituta ing. M. Brinaru, čijom mi je zaslugom taj materijal poslan.

Zahvaljujem gg. dr. S. Urbanu, dr. Z. Špoljariću, dr. S. Vasiljeviću i ing. N. Lovriću, koji su mi također s terena poslali potrebne mi grančice crnog bora.

I na kraju zahvaljujem svim kolegama i šumarskom osoblju, koji su mi izašli ususret kod prikupljanja materijala na terenu.

UVOD — INTRODUCTION*

Svojte crnog bora određivale su se dosada na osnovu vanjske morfologije ili na osnovu vanjske morfologije i anatomije iglica.

Stariji autori određivali su svojte crnog bora samo na osnovu vanjske morfologije, prema boji jednogodišnjih izbojaka, duljini i širini iglica, boji i zakrivljenosti iglica, duljini, širini i boji češera, zatim na temelju oblika grbice na štitiću kod češera, obliku krošnje i visini stabla.

U novije se doba pored vanjske morfologije djelomično istražuje i anatomija iglica. Od anatomske građe iglica najčešće se uzima u obzir broj smolenica i broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice.

Studirajući literaturu o svojstama crnog bora opazio sam, da su razlike između pojedinih svojta kod nekih elemenata, kao na pr. boja jednogodišnjih izbojaka, boja, tvrdoća i zakrivljenost iglica i boja češera određenih na osnovu vanjske morfologije, često nejasne. Iz literature se vidi osim toga, da kod nekih elemenata anatomske građe iglica, a naročito kod hipoderme i epiderme, postoje jasne razlike između pojedinih svojta. Na osnovu tih razlika u anatomske građi iglica kod pojedinih svojta prema literaturi pretpostavljao sam, da bi se svojte crnog bora mogle odrediti isključivo na osnovu anatomije iglica. Prednost takvog rješenja leži u tome, što se određivanje svojta može vršiti i sa malim grančicama, pa i takvim, koje su sterilne.

Budući da je određivanje svojta samo na osnovu vanjske morfologije često dosta teško, dok se u anatomiji iglica pokazuju znatne razlike između pojedinih svojta, pokušao sam istražiti svojte crnog bora u našoj državi samo na osnovu anatomije iglica.

* Iz razloga štednje 15 tabela nije ušlo u tisak. One stoje na uvid interesentima u Zavodu za šumske pokuse pod brojem 222/1954. — For purposes of economy 15 tables have not been printed. They are open to inspection in the »Zavod za šumske pokuse« (Institute of Forest Research) under Ref. no. 222/1954.

PRIKAZ ZNAČENJA ANATOMSKE GRADE IGLICA
ZA RAZLIKOVANJE VRSTA RODA PINUS — SUR-
VEY OF THE IMPORTANCE OF THE ANATOMI-
CAL STRUCTURE OF THE NEEDLES FOR THE
DISTINCTION OF THE SPECIES OF THE
PINUS GENUS

Prva monografija o rodu *Pinus* potječe od *Lamberta* iz god. 1828. U toj radnji, koja je sistematske prirode, govori *Lambert* (prema *Zangu*, 44) već o rasporedu puči u iglici. Anatomsku građu iglica kod borova prvi je obradio *Hartig* godine 1852. Prvu posve anatomsku radnju o borovim iglicama napisao je *Thomas* god. 1863. Kasnije je isti autor izdao jednu radnju o smolenicama i njihovu rasporedu u iglici kod *Pinus*-vrsta (prema *Zangu* i *Mahlertu*). *Thomas* razlikuje glavne i sporedne smolenice u iglici. *Bertrand* se bavio istraživanjem žila u iglici. Ali ni iz njegovih, kao ni iz *Purkyneovih* istraživanja prema riječima *Zanga*: . . . »ne doznajemo ništa novo o anatomiji iglica«. Prema *Zangu*, *Purkyne* tvrdi, da je anatomija iglica kod pojedinih vrsta veoma konstantna. Ta konstatacija je veoma značajna, što je i *Zang* naznačio. *Engelmann* uzima u obzir prema *Zangu* u njegovoj raspodjeli sekcije *Strobis* i *Pinaster* pored oblika češera i anatomiju iglica. On pridaje anatomskoj građi iglica sistematsku vrijednost, te zbog toga *Huet* (19) citira njegove riječi: »Položaj smolenica je konstantan i čini se tako usko vezan s glavnim karakteristikama biljke, da ja ne oklijevam da ih prihvatim kao jednu od glavnih karakteristika kod podraspodjele roda«. *Möbius* je po izlaganjima *Mahlerta* podijelio *Pinus*-vrste u tri grupe na osnovu oblika smolenica.

Hempel i *Wilhelm* (16) nisu dali detaljni opis atomske grade iglica za pojedine borove. Oni navode, da se *P. montana* razlikuje od *P. silvestris* po tome, što su epidermalne stanice kod planinskog bora uvijek duže od njihove širine i što taj bor ima manji broj smolenica. Anatomija iglica *P. Leucodermis* slična je građi iglica kod crnog bora, samo što *P. Leucodermis* ima velik broj hipodermalnih slojeva, a slojevi sklerenhimskih stanica nalaze se isto tako iznad floema kao i između žila, te oni čine oblik slova T.

Iz toga se može zaključiti, da su autori, koji su opisivali pojedine vrste roda *Pinus*, iznijeli pored vanjske morfologije, kojoj se u ono doba pridavalo najviše važnosti, i neke fragmente iz anatomije iglica, jer su vidjeli, da se vrste i po tim osobinama razlikuju.

Mahlert (23) je u svom radu otišao još mnogo dalje. On je istraživao razlike *Pinus*-vrsta u epidermalnim stanicama, broju i obliku hipodermalnih slojeva, rasporedu puči u iglici, međusobnom položaju žila u iglici i u razlici u tokovima smolenica.

Mahlert pridaje hipodermi veliku vrijednost za sistematiku *Pinus*-vrsta i na str. 121. veli: »Ovaj sloj (misli na hipodermu) nije kod svih borova jednako razvijen, i to nam daje mogućnost, da pojedine vrste međusobno razlikujemo«.

Godine 1893. napisana je kod nas jedna radnja (13) o anatomiji lišća četinjača. To je prvi pokušaj, da se u našoj stručnoj literaturi tretira pitanje klasifikacije *Conifera* na temelju anatomije iglica. Sam autor u uvodu veli: »Premda se, kako se iz nekoliko navedenih djela vidi, već mnogo pisalo o anatomskoj strukturi lišća konifera, pokušao sam ipak sam, budući da me je taj predmet osobito zanimao, pronaći, da li bi se mogla sastaviti sistematika *Conifera* na temelju anatomske strukture njihova lišća«. U toj je radnji autor prikazao pojedina karakteristična obilježja građe lista nekih četinjača. Nažalost, autor nije završio započeto djelo. On je prikazao i klasificirao samo 3 roda, i to *Abies*, *Picea* i *Tsuga*. Za nas je važno to, da je autor prikazao karakteristike građe lista ne samo pojedinih vrsta, nego i pojedinih varijacija. Dakle, on je uočio značenje, koje ima anatomija lista za sistematiku četinjača, te je s navedenom radnjom pridonio daljem rješavanju tog problema.

Zang (44) je... »iznio na prvom mjestu morfologiju borovih iglica, a zatim je obradio anatomiju iglica i na kraju je donio sistematsku raspodjelu roda *Pinus* na osnovu morfološke i anatomske građe iglica. Kod opisa anatomske građe iglica roda *Pinus* Zang je opisao svako staniče posebno. Iznio je karakteristiku svakog pojedinog staniča za čitav rod ili za pojedine grupe ili pak za pojedine vrste toga roda« (Vidaković 41). Od elemenata građe iglice Zang opisuje ponajprije epidermu, za koju veli, da su joj membrane odebljale. Prema uglovima tih stanica postoje kanali, t. j. neodebljala mjesta, koji su na poprečnom presjeku iglica naročito vidljivi, i to kod *P. Laricio* i *P. silvestris*. Za dvoigličaste borove veli, da imaju lumene epidermalnih stanica okruglaste ili pukotinaste. Za *P. montana* veli, da ima karakteristično dugoljaste lumene. Troigličasti i petoigličasti borovi imaju prema ovom autoru veoma odebljale epidermalne stanice, tako da su lumeni i kanali jedva vidljivi. Poprečno prerezane epidermalne stanice kod ovih borova kvadratičnog su oblika.

Karakteristično je, da već Zang pridaje hipodermi veliko značenje. Na str. 18. veli: »Veličina odebljanja hipodermalnih stanica kod pojedinih vrsta borova veoma je različita i daje odlične oznake za razlikovanje blisko srodnih vrsta«. On donosi razliku u građi hipoderme između *P. silvestris* i *P. Laricio*. Prvi ima hipodermalne stanice »veoma slabo odrvenjele«, dok *P. Laricio*, *P. Pinaster* i *P. Jeffreyi* imaju veoma mali lumen odebljanih hipodermalnih stanica. Kod ovih je hipoderma sastavljena od 3—4 sloja i ona je klinasta oblika.

Za duljinu i širinu puči Zang donosi dimenzije i veli, da su puči najveće kod dvoigličastih, a da su najmanje kod petoigličastih borova.

Zang veli, da su broj i smještaj smolenica, kao i izgradnja sklerenhimskih stanica oko smolenica određeni za pojedine vrste. A već su prije njega *Bertrand*, *Engelmann*, *Meyer* i *Möbius* na osnovu smolenica klasificirali pojedine vrste borova. Značajno je to, da su već ovi autori uočili značenje smolenica za klasifikaciju borova. Zang je išao još dalje, jer je pretpostavljao, da se na osnovu tih anatomskih oznaka mogu i varijeteti među sobom razlikovati.

U transfuzijskom parenhimu ima u blizini žila kod onih vrsta, koje imaju slabo razvijenu hipodermu, najjače razvijen sloj sklerenhimskih stanica, tako na pr. kod *P. montana* i *P. silvestris*. *Pinus Laricio* ima jedan sloj tih stanica kod žila. Ovaj je autor mišljenja, da to dolazi odatle, što se hipoderma sastoji od više slojeva, pa nije potreban veći broj slojeva mehaničkih stanica kod žila, jer je već hipoderma dovoljna za čvrstoću iglice. Takav odnos tih elemenata ne možemo uzeti kao opće pravilo za vrste roda *Pinus*, jer ima i takvih vrsta, koje imaju veoma velik broj slojeva i hipodermalnih i sklerenhimskih stanica, kao na pr. *P. Leucodermis*. A isto je tako i kod *P. nigra ssp. Pallasiana* Schwz., koji ima 3—5 slojeva hipodermalnih stanica, a broj slojeva sklerenhimskih stanica kod žila iznosi često dva.

Na kraju Zang donosi sistematsku raspodjelu vrsta roda *Pinus* na osnovu morfoloških i anatomskih oznaka iglica.

Zang je *Pinus*-vrste raspodijelio na osnovu broja iglica u kratkom izbojku i na osnovu unutarnje građe iglica. Od anatomskih oznaka uzeo je u obzir broj žila u iglici, položaj smolenica i debljinu radijalnih i tangetnih membrana kod endoderme.

»Ova sistematska raspodjela *Pinus*-vrsta veoma je manjkava, jer Zang nije uzeo u obzir i druge elemente građe iglice, ma da je o njima u radnji govorio« (Vidaković 41). Štaviše, kod opisa pojedinih elemenata razlikuje *Pinus*-vrste po građi epiderme, hipoderme i puči. Prema tome, kod svoje konačne sistematske raspodjele trebalo je da i te elemente uzme u obzir. »Ali i pored tih manjkavosti, ta radnja ima vrijednost u tome, što nam ona ukazuje na put sistematske raspodjele *Pinus*-vrsta na osnovu anatomije iglica« (Vidaković 41). Važno je i to napomenuti, da Zang u svojoj radnji (str. 40) iznosi, da su pojedina staničja iglice za svaku vrstu tako karakteristična i konstatna, da nam ona daju izvrsne oznake za sistematiku vrsta roda *Pinus*.

Kirchner (20) je između ostaloga donio i prikaz građe iglica *P. silvestris*, *P. nigra var. austriaca*, *P. pinaster* i *P. Strobus*. Za *P. montana* donosi prikaz anatomске građe iglica *Schröter* i *Kirchner*, a za *P. cembra* *Rikli* i *Kirchner*.

Pilger (10) je kod opisa *Pinaceae* opisao najprije općenito vegetativne organe, a nakon toga opisuje svaki rod i donosi sistematsku raspodjelu za pojedine rodove. U prvom dijelu, u kojem opisuje vegetativne organe, opisao je između ostaloga i građu lista, t. j. iglica kod *Pinus*-vrsta. Kod raspodjele *Pinus*-vrsta podijelio ih je *Pilger* u dva podroda: I. *Haploxyton* i II. *Diploxyton*, a kod raspodjele *Diploxytona* u sekcije uzima u obzir i položaj smolenica.

Fitschen (5) je detaljno opisao vanjsku morfologiju 51 vrste roda *Pinus*, a isto tako još i mnoge varijacije. Iako on detaljno razrađuje samo vanjsku morfologiju i uglavnom na osnovu nje razlikuje pojedine vrste, donosi ipak i neke elemente građe iglica. Od elemenata građe iglica opisao je kod pojedinih borova smještaj smolenica — da li su one slobodno u parenhim uložene ili su na epidermu naslonjene, i smještaj puči u iglici — da li su puči rasporedene na svim ili samo na pojedinim stranama iglice.

Najviše elemenata iz građe iglice opisao je *Fitschen* kod *P. nigra*. Po njemu crni bor ima sa svake strane iglice 12—14 redova puči, smolenice su u parenhim uronjene i većinom su opkoljene mehaničkim stanicama, hipoderma je veoma razvijena (kod oblika, koji imaju tanje iglice slabije je razvijena). Hipoderma je između puči klinasto zaobljena prema unutra. Kod opisa pojedinih varijacija i forma crnog bora ne donosi opis ni jednog elementa anatomske građe iglice.

Bailey (4) je obradio i rod *Pinus*. Ponajprije opisuje morfološke oznake borova, a potom i građu iglica. On daje četiri poluhematska crteža poprečnog prijesjeka iglice, i to od *P. Strobus*, *P. Coulteri*, *P. palustris* i *P. echinata*. Time je htio autor prikazati građu iglica kod dvoigličastih, troigličastih i petoigličastih borova. Pored morfoloških oznaka, koje iznosi ovaj autor, on pridaje važnost i anatomske oznake iglica. Tako na str. 2633 veli: „...»druge vrijedne karakteristike daje anatomska građa iglica«. Od anatomske oznake iglica kod svoje sistematske raspodjele *Pinus*-vrsta uzima u obzir broj žila i smještaj smolenica u iglici.

Harlow (15) iznosi u uvodu svoje radnje, da se oko polovice XIX. vijeka počela obradivati anatomija iglica raznih *Pinus*-vrsta. Na komparativnoj anatomiji *Pinus*-vrsta, koje dolaze u Americi, prvi su radili *Coulter* i *Rose*, *Sergent* i *Schow* su se kasnije u svojim radovima koristili rezultatima *Coultera* i *Rosea*, te su ih još nadopunili. *Doi* i *Mori-kava* htjeli su, kako kaže *Harlow*, vidjeti, postoji li korelacija između anatomske građe iglica i prirodne klasifikacije prema Engleru i Prantlu.

U prvom poglavlju svog rada *Harlow* opisuje najprije vanjsku morfologiju iglica, a zatim njihovu anatomsku građu. Za anatomsku građu iglica veli, da je mnogo istaknutija i bitnija od morfologije i da se na osnovu nje može načiniti jedan »pouzdan« ključ za razlikovanje različitih vrsta.

Harlow je dao veliku vrijednost dermalnoj regiji, i to hipodermi, smještaju smolenica, kao i broju i položaju žila.

Ključ, koji je sastavljen na osnovu anatomske građe iglica, nije prirodan, što je i autor naglasio. Taj ključ treba prema *Harlowu* da služi kako botaničarima tako i drugima za razlikovanje *Pinus*-vrsta.

Pored ključa *Harlow* donosi mikrofotografske snimke poprečnog prijesjeka iglica od 54 vrste borova. U tabli 15. sl. 2

dao je mikrofotografsku snimku poprečnog prijesjeka iglice *P. nigra*. Sve slike su dosta nejasne, i zbog toga je teško pojedina staničja iglice kod raznih borova uspoređivati. Uz svaku sliku donosi i opis građe iglica tog bora.

Huet (19) u prvom dijelu svog rada opisuje općenito anatomsku građu iglica *Pinus*-vrsta, dok u drugom dijelu iznosi svoje rezultate za pojedine *Pinus*-vrste. On pridaje veliku vrijednost anatomiji iglica za klasifikaciju *Pinus*-vrsta, te na str. 66 veli: »Anatomija iglica nije samo korisna za utvrđivanje raspodjele roda, nego ona služi također i kod razlikovanja nekih vrlo bliskih i vanjsko-morfološki malo različitih specijesa«. *Huet* dalje iznosi, kako je mogao razlikovati *P. Laricio austriaca* od *P. Laricio corsicana* na osnovu anatomske građe iglica.

Huet je obradio anatomsku građu iglica ovih vrsta: *P. cembra*, *P. Ströbus*, *P. excelsa*, *P. Lambertiana*, *P. contorta* var. *Murrayana*, *P. rigida*, *P. Jeffreyi*, *P. Laricio*-var. *austriaca*, *P. Laricio corsicana*, *P. Laricio* var. *calabrica*, *P. maritima*, *P. leucodermis*, *P. silvestris*, *P. halepensis* i *P. montana*.

Ovaj autor luči *P. Laricio* var. *calabrica* od *P. Laricio corsicana* po tome, što *calabrica* ima sklerenhimske stanice iznad floema, a *corsicana* ih nema, ali on dalje veli, da je to nedovoljno za razlikovanje tih dvaju borova.

Iz gornjih izlaganja vidimo, da je svima autorima prije *Zanga*, koji su opisivali anatomsku građu iglica ili samo pojedinih staničja, bila svrha da prikažu, kako pojedini elementi građe iglica imaju vrijednost kod sistematike *Pinus*-vrsta, te su na osnovu građe pojedinih elemenata i podijelili *Pinus*-vrste u pojedine grupe. Tako je *Möbius* podijelio *Pinus*-vrste na osnovu oblika smolenica u 3 grupe, a *Mahlert* je po građi hipoderme podijelio borove u nekoliko grupa.

Zang je isto tako kao i autori prije njega dao na osnovu pojedinih elemenata građe iglica više grupacija *Pinus*-vrsta. Ali, on je otišao još i dalje od toga, jer je donio jednu sistematsku raspodjelu vrsta roda *Pinus*, na osnovu broja iglica i anatomske oznake iglica. To je prvi pokušaj (prema literaturi, koju posjedujem), da se na osnovu tih elemenata sistematiziraju vrste roda *Pinus*.

Harlow je prikazao anatomsku građu iglica 54 bora i, što je najvažnije, sastavio je ključ za *Pinus*-vrste na osnovu anatomske građe iglica. Taj ključ, iako nije prirodan, čvrst je dokaz, da se *Pinus*-vrste mogu determinirati i na osnovu anatomske građe iglica. Radnja *Harlowa* još je jedan korak naprijed u sistematici *Pinus*-vrsta na osnovu anatomije iglica.

Huet obrađuje manji broj vrsta, ali on iznosi već detaljne prikaze anatomske građe iglica. Iz njegova se rada može vidjeti, da je građa iglica veoma karakteristična, ne samo za pojedine vrste, nego i za sistematske jedinice niže od vrste.

OSVRT NA DOSADANJU PRIMJENU ANATOMIJE
IGLICA KOD RAZLIKOVANJA NIŽIH SISTEMAT-
SKIH JEDINICA VRSTE PINUS NIGRA — ON THE
APPLICATION OF THE ANATOMICAL STRUCTURE
OF THE NEEDLES AS PRACTISED HITHERTO IN
THE DISTINCTION OF THE LOWER SYSTEMAT-
ICAL UNITS OF THE PINUS NIGRA SPECIES

U ovom su poglavlju prikazani dosadašnji rezultati upotrebe anatomske građe iglica za razlikovanje nižih sistematskih jedinica crnog bora. Ujedno ću se kritički osvrnuti na literaturu u vezi s tim pitanjem.

Hempel i Wilhelm (16) daju crtež poprečnog prijesjeka iglice austrijskog crnog bora (*P. Laricio var. austriaca*) bez ikakvih objašnjenja. Crtež je prikazan pri malom povećanju, te se neka staničja ne vide dobro, ali sudeći i samo prema onim vidljivim elementima taj primjerak najviše odgovara austrijskom crnom boru. Prema tom crtežu austrijski crni bor ima na poprečnom prijesjeku iglica 12 poprečno prerezanih puči, 6 smolenica. Broj slojeva hipodermalnih stanica kreće se na konveksnoj strani iglice od 3—2, na ravnoj su strani 2, a u uglovima iglice nalaze se 3 sloja tih stanica. Čini se, da su te stanice debelih membrana kao i one, koje obavijaju smolenice. Hipoderma je između puči slabo zaobljena do zaobljena. Iznad floemā se nalazi jedan sloj sklerenhimskih stanica. Na floemskoj su strani 2 sloja transfuzijskog parenhima, a na ksilemskoj 4. Jedino broj tih slojeva, koliko se to vidi iz crteža, ne odgovara austrijskom crnom boru. Austrijski bor ima više slojeva tih stanica, nego što je na crtežu prikazano. Možda su ti slojevi crtani više shematski iz razloga, što se u ono doba tome nije pridavala velika vrijednost. Pored crteža ovi autori govore o rasprostranjenju crnog bora, na što ću se kasnije u radnji osvrnuti.

Kao što je u prijašnjem poglavlju rečeno, Zangov rad ima značenje za nas u tome, što je on pokušao na osnovu anatomije iglica izgraditi sistematiku roda *Pinus*. Još veće je značenje u tome, što Zang naslućuje, da bi se mogle i unutar vrste pojedinog roda razlikovati niže sistematske jedinice na osnovu anatomije iglica. Na str. 31., gdje on govori o smolenicama kao vrijednoj oznaci za sistematiku borova, veli: ... »meni se čini mogućim poslije obilnog istraživanja, da se mogu razlikovati također varijeteti jedni od drugih po anatomske oznakama iglica...« Znači, da je već Zang uočio veliku vrijednost anatomske oznake iglica, kada nabacuje misao, da bi bilo moguće po tim anatomske oznakama razlikovati varijetete jedne od drugih.

Longo u svom radu »Sul *Pinus nigricans* Host« (citirano prema Ronnigeru) govori o anatomiji iglica crnog bora u Italiji. On je razlikovao dvije vrste crnog bora, koje dolaze u Italiji: *Pinus nigricans* i *Pinus Laricio*, uključujući ovamo i korzički crni bor.

Harlow (15) je u svom radu opisao i anatomsku građu iglica *Pinus nigra*, koji naziva austrijskim crnim borom, što je neispravno, jer je austrijski crni bor samo jedna svojta od *Pinus nigra*. Tim se opisom mi ne možemo mnogo okoristiti, jer anatomija unutar te vrste nije detaljno razrađena. Po njemu *P. nigra* ima ovakvu građu iglica: broj smolenica iznosi 2—10, a često puta i više, stanice toka kod smolenica debelih su membrana. Hipoderma se sastoji od 2—3 sloja stanica, a stanice su raznog oblika ili sve jednog te istog oblika, a ponekad je hipoderma sastavljena od stanica, koje možemo po obliku podijeliti u dvije grupe. Membrane epidermalnih stanica su veoma odelbljale. Iglice imaju po dvije žile, a one su obično rastavljene, ali su često i spojene. Sklerenhimske su stanice iznad floema jednoslojne, a ispod ksilema u transfuzijskom parenhimu imamo također razbacane sklerenhimske stanice. Po Harlowu broj se smolenica kreće od 2—10, a često ih je i više. Prema mojim istraživanjima, samo sam u jednom slučaju našao dvije smolenice na poprečnom prijesjeku, inače je taj broj uvijek veći od 2. Isto tako hipodermalne stanice nisu sve jednog te istog oblika, nego im se oblik većinom mijenja od epiderme prema unutrašnjosti iglice. Za žile u iglici ne možemo reći, da su često spojene. Uz sam opis on je donio i fotografiju poprečnog prijesjeka iglice *P. nigra*. Ta fotografija, kao i druge, veoma je nejasna, jer se detalji ne vide ili se jedva primjećuju. Pored toga ovaj autor nije opisao veličinu epidermalnih stanica, broj puči, zaobljenost hipoderme između puči, broj slojeva transfuzijskog parenhima, širinu iglica i visinu poprečnog prijesjeka iglica. Važno je za nas, da je Harlow u drugom poglavlju svog rada »Unutarnje mikroskopske odlike« naglasio, da je građa iglica mnogo istaknutija i bitnija od vanjske morfologije.

Ronniger (32) je u svom radu uzeo kao glavno obilježje broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, a u obzir je uzeo još i broj smolenica, duljinu češera i iglica, kao i boju jednogodišnjih izbojaka. Ronniger je veću važnost pripisao anatomiji iglica nego kasnije Schwarz, ali nije uzeo u obzir sve elemente građe iglice, pa je i razumljivo, da nije mogao dobiti pregledniju sliku o oblicima crnog bora. Tako on veli, da se forma *austriaca* razlikuje od glavnog oblika *P. nigra* u boji jednogodišnjih izbojaka, a lokalna rasa *f. dalma-*

tica razlikuje se pak po tome od glavnog oblika, što ima kraće iglice i kratke češere. Isto se tako f. *Pallasiana* razlikuje od glavnog oblika *P. nigra* po boji jednogodišnjih izbojaka. Usporedimo li ova tri bora ma i samo s obzirom na anatomsku građu iglica, vidjet ćemo tako očitu razliku, da se kod njihove sistematizacije ni u kom slučaju ne možemo zabuniti. Baš zbog toga, što je *Ronniger* samo na osnovu boje jednogodišnjih izbojaka, odnosno duljine češera i iglica donosio zaključke o f. *austriaca*, *dalmatica* i *Pallasiana*, nije ni mogao dati tim oblicima veću sistematsku vrijednost od forme. Njegov rad ima veću vrijednost u tome, što je kod sistematizacije crnog bora anatomsku oznaku (broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice) stavio na prvo mjesto i što po toj oznaci razlikuje dvije velike grupe:

A. *Pinus Laricio*: 1—2 sloja hipodermalnih stanica.

B. *Pinus nigra*: 2—5 slojeva hipodermalnih stanica. Hipoderma je prema unutra zaobljena ili klinasta.

Dallimore i *Jackson* (6) donose sistematski prikaz crnog bora prema prof. *Henryju*. Ta se klasifikacija slaže s *Ronnigerovom* u tome, što je prof. *Henry* kod razrade crnog bora između ostalog uzeo u obzir i broj slojeva hipodermalnih stanica, na osnovu kojih razlikuje dvije grupe:

I. Veći broj hipodermalnih slojeva
f. *austriaca* i var. *caramanica*

II. 1—2 sloja hipodermalnih stanica
var. *calabrica* i var. *cebennensis*

Klika (21) također dijeli crni bor na osnovu broja slojeva hipoderme u dvije grupe:

A. 1—2 sloja hipoderme
Pinus laricio Poir.
var. *Poiretiana*
var. *cebennensis*
var. *hispanica*
var. *stricta*

B. 2—5 slojeva hipoderme
var. *austriaca*
f. *dalmatica*
f. *šarganica*
var. *balcanica*
var. *prostrata*
var. *Pallasiana*
f. *Fenzlii*

Schwarz (34) je u svom radu o crnom boru donio sistematiku svojta crnog bora na osnovu vanjske morfologije i anatomije iglica. Crni bor je podijelio u 6 subspeciesa, i to: *Pallasiana*, *Fenzlii*, *nigra*, *dalmatica*, *Laricio* i *Salzmanii*, koji se razlikuju međusobno u morfološkim i anatomskim oznakama iglica. *Schwarz* je istražio ove morfološke oznake: oblik krošnje i grana, visinu stabla, boju jednogodišnjih izbojaka, boju i duljinu palistića, boju i duljinu češera, boju i duljinu sjeменki, duljinu igličnog toka, boju, tvrdoću, zakrivljenost, duljinu i širinu iglica.

Kod anatomije iglica istražio je broj slojeva hipodermalnih stanica, debljinu membrana i širinu lumena hipodermalnih stanica, zaobljenost hipoderme, broj smolenica i broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila. Primjećujem, da je *Schwarz* istražio broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila samo kod *ssp. Fenzlii*, *ssp. Pallasiana* i *ssp. dalmatica*, a kod ostala tri crna bora nije ih opazio, iako i kod njih postoje te sklerenhimske stanice.

Schwarz misli, da bi za određivanje oblika crnog bora pomoću anatomije iglica bilo potrebno u početku iz svake autohtone sastojine najmanje 50 stabala, a sa svakog stabla po 10 jednako vrijednih iglica (str. 228), a da bi se kasnije taj broj detaljnim istraživanjem reducirao. Prema mojim istraživanjima nije potrebno uzeti iz svake autohtone sastojine 50 stabala, jer je anatomska građa iglica konstantna te nam daje jasnu sliku, ako uzmemo i manji broj ispravno odabranih primjeraka, a sa pojedinih stabala do 10 dobro odabranih iglica.

Ovaj autor smatra vanjsko-morfološke oznake konstantnijima od anatomskih. Iz tog razloga kao i iz razloga, što za određivanje oblika crnog bora na osnovu anatomije iglica treba po njegovu mišljenju veoma velik broj primjeraka, stavlja na prvo mjesto vanjsko-morfološke oznake. Prema tomu on je veće značenje dao vanjskim morfološkim osobinama nego anatomskim. Na osnovu vanjskih morfoloških osobina i donekle anatomskih oznaka *Schwarz* želi stvoriti jedan prirodan i praktički sistem.

Na drugom mjestu (str. 233 i 234) on veli: »Ni iz ostalih vanjsko-morfoloških osobina ne mogu se postaviti principi-jelne, specifične razlike između različitih tipova crnoga bora. Općenito, vidimo graduelno odstupanje, a samo je habitus uistinu konstantan, ali taj nije dovoljan za odvajanje vrsta, ne samo zato, što iz konvencionalnih razloga habituelnim osobinama ne pridajemo specifično značenje i što se te osobine dadu teško formulirati za praktične svrhe, nego i iz tog razloga, što uvijek ima i takvih individuuma, koji pružaju manje

izrazitu sliku, bilo zbog svog prostornog smještaja ili iz kojeg drugog razloga». Na str. 236 isti autor veli, da su osim širine iglica upotrebljive i oznake: boja jednogodišnjih izbojaka, duljina iglica i njihovih tokova, duljina palistića, veličina češera, a i habitus, ali sve samo kao prosječne vrijednosti. Na str. 232 i 233 Schwarz iznosi, da su jedino širina iglica i debljina membrana, kao i širina lumena hipodermalnih stanica konstantne. Za ostale elemente građe iglice veli, da ne postoji nikakva korelacija. Nadalje navodi, da malom broju smolenica odgovara mali kao i veliki broj hipodermalnih slojeva sa širokim ili sa uskim lumenom tih stanica, s jačom ili slabijom zaobljenošću hipoderme i t. d.

O korelaciji tih kao i drugih elemenata građe iglice može se govoriti samo onda, ako se uspoređuju elementi od jednog te istog oblika, na pr. kod *ssp. Pallasiana* širina iglica od 1600—1900 μ odgovara uvijek velikom broju hipodermalnih slojeva, a stanice hipoderme su veoma debele do debele, dok su im lumeni uski, a hipoderma je veoma zaobljena, broj smolenica je malen i t. d. Kod *ssp. gočensis* malom broju slojeva transfuzijskog parenhima odgovara malen broj slojeva hipodermalnih stanica; te stanice su širokih lumena, a prilično debelih membrana, a visina je epidermalnih stanica manja od 30 μ .

Za broj smolenica ne možemo reći, da nije konstantan, t. j. da je stalno promjenljiv, već on ima širu amplitudu nego drugi elementi građe iglica. Sigurno je, da je broj smolenica u priličnoj ovisnosti o klimatskim faktorima, ali i pored toga kod naših autohtonih svojta crnog bora broj smolenica je najčešće signifikantno obilježje. *Mahlert, Zang, Huet* daju sklerenhimskim stanicama (oblik i debljina membrana) oko smolenica veće značenje nego samom broju smolenica. Možemo reći, da su sve te karakteristike smolenica zajedno jedno značajno obilježje za sistematiku crnog bora.

Zato po mom mišljenju možemo iznijeti korelaciju pojedinih elemenata građe iglice za svaki oblik crnog bora posebno, dok za razne oblike crnog bora ne možemo iznijeti korelaciju, koja bi bila uvijek konstantna. Na pr. *ssp. gočensis* ima uske iglice, a epidermalne stanice su mu visoke do 30 μ , a *ssp. Pallasiana* ima široke iglice, a epidermalne stanice su mu također ispod 30 μ kao i kod *ssp. gočensis*. Dakle, mi možemo govoriti o konstantnosti pojedinih elemenata, ali uvijek unutar jedne svojte, a u takvom slučaju postoji i stalna korelacija. O konstantnosti ne možemo govoriti, kada uspoređujemo iste elemente kod dviju ili više svojta. Iz toga možemo zaključiti, da korelacija postoji i da ona nije odraz-klimatskih faktora nego

odraz konstantnosti građe iglica unutar svake pojedine svojte crnog bora.

Prema mojim istraživanjima anatomska građa iglica kod ispravno odabranih primjeraka nije tako nestalna, kao što se to prije držalo. Istraživana je anatomska građa iglica s fertilnih grana kod više stabala, i to s donjeg, srednjeg i gornjeg dijela krošnje. Razliku u anatomiji iglica nisam našao, ili je to bila vrlo mala razlika, ali nijedan primjerak nije toliko odstupao od prosječnog, da ga ne bismo mogli uvrstiti u odgovarajući oblik. Tako je moguće lako odrediti pomoću anatomije iglica oblik, kojemu taj primjerak pripada. Kod toga je važno to, da se uzmu odgovarajuće iglice za istraživanje. U poglavlju »metoda rada« obrazlažem to detaljno.

Veliko je pitanje, da li su vanjske morfološke osobine konstantnije od anatomskih. Sam Schwarz ne pridaje apsolutnu vrijednost morfološkim osobinama, nego uzima, da one vrijede prosječno. Znamo, da su i kod prosječne vrijednosti, na pr. boja, zakrivljenost i tvrdoća iglica, boja jednogodišnjih izbojaka, palistića, sjemenki, kore kao i boja i oblik češera veoma relativni pojmovi, i teško ih je opisati. A također je veoma relativan pojam i opis samog habitusa. Isto tako je i s duljinom igličnog toka, koji po Schwarzu za *ssp. nigra* iznosi 10—16 mm, za *ssp. dalmatica* 15—20 mm, a za *ssp. Laricio* 12—17 mm, dok je duljina palistića za *ssp. nigra* i *ssp. Laricio* kraća od igličnog toka, a za *ssp. dalmatica* iznosi 7,5—10 mm. Po duljini igličnog toka teško je razlikovati *ssp. nigra* od *ssp. Laricio*, dok je po duljini palistića sva tri subspeciesa teško međusobno razlikovati. Kada Schwarz u svojoj radnji govori o duljini igličnog toka, kod svakog subspeciesa napominje, da je iglični tok ispočetka te i te duljine, ali ne navodi konkretno, da li su to tokovi jednogodišnji, dvogodišnji ili sasvim mladi, što je također veoma važno, jer što su iglice mlade, tokovi su im dulji. Duljina iglica ne kazuje nam mnogo, jer po Schwarzu se duljina iglica kreće kod *ssp. nigra* od 8—14 cm, kod *ssp. Laricio* od 8—12 cm, a kod *ssp. Salzmanni* od 6—12 cm. Prema ovom autoru naš dalmatinski crni bor ima iglice 4—7 cm duge, a prema mojim istraživanjima ima iglica dugih i 11 cm. Istina, one su prosječno kraće nego kod austrijskog crnog bora. Iz svega možemo zaključiti, da je baš na osnovu vanjske morfologije veoma teško, a u mnogim slučajevima i nemoguće razlikovati pojedine oblike crnog bora. I baš iz tog su se razloga Schwarz i Delevoy pored morfologije oslonili i na anatomiju iglica.

Schwarz je, kao što je već rečeno, uzeo pored morfologije i anatomiju iglica u obzir. Ali, budući da je on veću vrijednost

pridavao vanjskoj morfologiji, nije ni istražio čitavu anatomsku građu iglica kod svojih subspeciesa. To je jedan od osnovnih razloga, što je on, možemo reći, stao na pola puta. Naime, on je istražio već mnogo detaljnije anatomsku građu iglica od *Ronnigera*, ali nije išao u tome istraživanju do kraja te tako nije ni mogao dobiti punovrijedne rezultate, na koje bi se mogao osloniti bez obzira na vanjsku morfologiju. Za oblike crnog bora, koji kod nas dolaze, mogu reći, da se moja istraživanja samo donekle slažu sa *Schwarzovim*, i to u broju slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, u debljini membrana i širini lumena tih stanica, kao i u zaobljenosti hipoderme između puči prema unutrašnjosti, ali se ne slažu u broju smolenica i u broju sklerenhimskih slojeva iznad floemskih dijelova žila. Tako *ssp. dalmatica* ima po *Schwarzu* 4—9 smolenica, a slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila ima 2—3; dok prema mojim istraživanjima ovaj bor ima [6] 9—13 [15] smolenica i 1 sloj, a veoma rijetko još i drugi sloj sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila. Isto je tako i sa širinom iglica kod ovog bora. Prema ovom autoru dalmatinski bor ima iglice 1500—1800 μ širine, dok se prema mojim istraživanjima širina kreće od 1583 do 1934 μ , a veoma rijetko 1426, odnosno 2170 μ . Za austrijski i krimski crni bor dopuštam, da postoji u navedenim elementima razlika, i to iz tog razloga, što je *Schwarz* imao materijal vjerojatno iz Austrije i iz Krima, a tamo su te svoje vjerojatno u svom optimumu razvitka.

Ako uzmemo *Schwarzova* vanjsko-morfološka istraživanja posebno i pokušamo na osnovu njih sistematizirati crni bor, vidjet ćemo, da je to veoma teško, a isto tako ako uzmemo posebno samo anatomske kvalitete i pokušamo na osnovu njih napraviti jednu klasifikaciju. I u tom ćemo slučaju nailaziti na teškoće, koje nisu ništa manje od prvih.

Prema rezultatima ovog autora razlike u anatomskoj građi iglica između *ssp. Pallasiana* i *ssp. dalmatica* gotovo i ne postoje. *Ssp. Pallasiana* ima 2—5 slojeva hipodermalnih stanica, a te stanice su debelih membrana, uskih lumena, a hipoderma je između puči zaobljena, dok *ssp. dalmatica* ima 3—5 slojeva tih stanica, membrane su im debele, lumeni uski, a hipoderma je veoma zaobljena. Kako vidimo, po građi hipoderme ne možemo ova dva bora razlikovati. *Ssp. Pallasiana* ima 3—6 smolenica, 2 sloja sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, a širina se iglica kreće od 1600—2100 μ . *Ssp. dalmatica* ima 4—9 smolenica, 2—3 sloja sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, a širina iglica se kreće od 1500—1800 μ . Iz tih elemenata ne možemo jasno razlikovati

ova dva bora, pogotovo zato, što se pojedini elementi građe iglice kod jednog subspeciesa uklapaju u te iste elemente kod drugog subspeciesa.

Isto je tako veoma teško, ili nemoguće, razlikovati na osnovu anatomske građe iglica prema *Schwarzovim* rezultatima *ssp. Laricio* od *ssp. Salzmannii*. *Ssp. Laricio* ima 1—2, rijetko 3 sloja hipodermalnih stanica. Membrane tih stanica prilično su debele, dok su lumeni nešto širi, a hipoderma je između puči prema unutrašnjosti ravna ili slabo zaobljena. *Ssp. Salzmannii* ima 1—2, rijetko 3 sloja tih stanica. Membrane su im tanke, a lumeni široki, dok je hipoderma između puči prema unutrašnjosti ravna. *Ssp. Laricio* ima 7—12, rijetko 3 smolenice, a *ssp. Salzmannii* 8—14, rijetko 4 smolenice. Iglice su kod *ssp. Laricio* 1200—1600 μ široke, a kod *ssp. Salzmannii* 1000—1500 μ . Kao što vidimo, prema ovom autoru ova se dva bora u anatomske građe iglica ne mogu jasno razlikovati. *Ssp. nigra* je prema *Schwarzu* po svojoj anatomske građe iglica na sredini između *ssp. Pallasiana* i *ssp. dalmatica* s jedne strane i *ssp. Laricio* i *ssp. Salzmannii* s druge strane.

Zbog toga nije čudo, da je *Schwarz* izabrao kompromis, koji mu je ustvari mnogo pomogao, ali koji je po mom mišljenju suvišan, jer se oblici crnog bora mogu razraditi samo s pomoću anatomije iglica. Pored toga on je imao premalo materijala, a što se tiče naše države, imao je veoma malen broj primjeraka na raspolaganju, da bi mogao dati točnu sliku o crnom boru kod nas.

Ipak se mora reći, da je *Schwarz* svojim radom, koji je osnova za dalja istraživanja sistematike crnog bora na osnovu anatomije iglica, veoma mnogo pridonio sistematici crnog bora.

Dorđević (8, 9) je u svom radu opisao vanjsku morfoloiju, anatomiju drveta i iglica gočkog crnog bora. Stabla tog bora, po ovom autoru, imaju koru poprečno ispucalu, a poprečne su brazde markantnije od uzdužnih. Tako je kora ispucala na četvorouglaste ljuske, a kod nekih stabala je kora i uzdužno ispucala, te imamo petorokute i šestorokute. Kora gočkog bora je tanja i glađa od kore *P. nigra*, a boja kore joj je žućkasta do otvoreno siva. Habitus gočkog bora je sličan habitusu *P. nigra*. Kao najuočljiviju morfološku oznaku gočkog bora navodi on brazdanje kore, a zatim boju kore. Donosim također fotografije o brazdanju kore gočkog bora, koje se malo razlikuju od fotografija za isti bor u *Dorđevićevu* radu. Slažem se s ovim autorom, da brazdanje i boja kore kod gočkog bora nisu uvijek konstantni, nego da variraju. Baš to variranje u vanjskim morfološkim oznakama navelo me je, da pokušam izraditi ključ za sistematiku crnog bora u Jugoslaviji, koji bi

bazirao na oznakama, koje su više konstantne nego morfološke, i koji bi sistematski položaj gočkog crnog bora točnije odredio.

Za sam habitus gočkog bora ne bih mogao reći, da baš u potpunosti odgovara habitusu *Pinus nigra*, iako nisam to detaljno istražio, jer mi nije bio to zadatak, ali sam opazio, da su stabla kod gočkog bora možda viša od *P. nigra*, da su ravnija i bez grana, a krošnja im je smještena na vrhu stabla i piramidalnog je oblika. Grane su više horizontalno smještene.

U anatomskoj građi iglica moja istraživanja se ne slažu s *Dorđevićima*. U opisu anatomske građe iglica gočkog bora navodim točno područja, s kojih sam uzimao materijal, a i po fotografijama i opisu boje kore i primjeraka može se vidjeti, da nisam pogriješio i da sam u istraživanjima upotrebio baš primjerke *Pinus nigra var. gočensis* Đorđ. za ispitivanje. Po mojim istraživanjima visina epidermalnih stanica na konveksnoj strani iglice kod poprečnog prijesjeka iznosi 25 μ , rijetko 22, a veoma rijetko 32 μ , dok se širina kreće od 14—18 μ . Po *Dorđevićim* istraživanjima visina iznosi 40, a širina 20 μ . Iz navedenog rada ne može se točno vidjeti, da li je visina od 40 μ prosječna visina tih stanica, ili su to najviše stanice u poprečnom prijesjeku iglica. Autor ne navodi, gdje je točno mjerio visinu epidermalnih stanica, jer znamo, da su one epidermalne stanice, koje su bliže pučima, više i šire od onih, koje se nalaze u sredini između susjednih puči. Za iglice od *Pinus nigra* veli, da su im epidermalne stanice visoke 28 μ , a široke 14—20 μ . I za taj podatak ne znamo, kako je do njega došao, a ni otkuda je imao materijal za istraživanja. Sigurno je, da je visina tih stanica kod tog bora uvijek veća od 30 μ , dok bi širina donekle odgovarala. Prema tome rezultati mojih istraživanja su upravo suprotni od *Dorđevićih* rezultata. Prema ovom autoru gočki bor ima 2 sloja hipodermalnih stanica (vjerovatno na konveksnoj strani iglice), a u uglovima poprečnog prijesjeka 3—4 sloja. Hipoderma nije između puči zaobljena. Moja istraživanja pokazuju slične rezultate, a jedino u uglovima poprečnog prijesjeka našao sam 3, rijetko 2 sloja hipodermalnih stanica. Broj smolenica, prema ovom autoru, kreće se od 11—13. Taj broj nije potpun, jer je relacija od do kod svake varijacije mnogo veća, nego što to on iznosi, a to su uočili gotovo svi autori, koji su se ovim pitanjem bavili. Vjerovatno, da je on istražio malen broj primjeraka i da je zbog toga dobio tako nepotpun broj. U broju slojeva transfuzijskog parenhima moja se istraživanja slažu s *Dorđevićim*.

Prema tome se ova istraživanja anatomske građe iglica gočkog bora ne slažu s *Dorđevićim* u visini i širini epidermalnih stanica u broju smolenica, a slažu se u broju slojeva

transfuzijskog parenhima i donekle u broju slojeva i zaobljenosti hipoderme. Dorđević nije istražio širinu iglica, visinu poprečnog prijesjeka iglica, broj slojeva hipodermalnih stanica na ravnoj strani iglice, debljinu membrana i širinu lumena hipodermalnih stanica, kao ni broj puči. Svi ti elementi građe iglice veoma su važni, i bez njih se ne može donijeti pravovaljan zaključak. Isto tako iz te radnje ne vidimo, kolikim se materijalom raspolagalo, na kojem dijelu iglice su prijesjeci pravljeni, s kolikim komparativnim materijalom se raspolagalo i odakle je on uzet. Baš zbog toga, što nisu istraženi svi elementi građe iglice, i Dorđević pridaje tako veliku vrijednost vanjskoj morfologiji (ispucalosti i boji kore), ma da i sam navodi, da to često varira.

Georgescu i Ionescu (14) su u trećem dijelu svog rada obradili sistematiku crnoga bora iz doline Cerna kod Baile Herculane (Banat). Taj crni bor odredili su kao *Pinus nigra* var. *banatica*, a koji oni dijele u 7 forma i 12 lususa, i to samo na osnovu vanjske morfologije. Vidaković je u radu (41) opisao dvije forme (*f. dispersa* i *f. foliosa*) toga bora prema Georgescu, da bi prikazao teškoće kod određivanja tih forma samo na osnovu vanjske morfologije. U navedenom radu on kaže: »Ovakva razrada jedne vrste na svoje niže sistematske jedinice je za praksu jedva upotrebljiva, a za sistematske svrhe veoma nepouzdana«. Između ostalih morfoloških oznaka ovi su autori opisali i boju, kao i ispucalost kore. Primjećujem, da je kora kod *Pinus nigra* var. *banatica* *f. foliosa* i kod *Pinus nigra* var. *banatica* *f. argentea* slična boji kore našeg gočkog crnog bora. I ispucalost kore kod *f. foliosa* je slična ispucalosti kore našeg gočkog bora. Slika 24. u tom radu prikazuje ispucalost kore forme *foliosa lusua trapezoidea*, gdje se vidi, da je kora bora ispucala u obliku romba ili romboida, a naročito se jasno vide poprečne pukotine u toj kori, kao i kod našeg gočkog crnog bora.

Schwarz veli, da je crni bor iz Kalabrije i Dorđevićev var. *gočensis* križanac između *Pinus Heldreichii* i *Pinus maritima* ssp. *Laricio*. On je vjerojatno donio taj zaključak — barem što se tiče var. *gočensis* — na prvom mjestu na osnovu velike sličnosti u kori između gočkog bora i *P. Heldreichii* var. *leucodermis*, a koju sličnost je Dorđević veoma naglasio i nju uzeo kao jednu od glavnih oznaka za sistematiku tog bora. Po Schwarzovim izlaganjima trebalo bi da je i var. *banatica* *f. foliosa* križanac između crnog bora i munike, a to je, držim, gotovo isključeno.

Huet (19) je, kako sam u prijašnjem poglavlju iznio, opisao austrijski i korzički crni bor. On pridaje veliku vrijednost

građi epiderme i hipoderme. Ovaj autor je opisao epidermalne stanice po njihovu izgledu na poprečnom prijesjeku iglice, ali ne navodi veličinu tih stanica. Pomoću izražene veličine bilo bi mnogo lakše odrediti taj oblik, nego li se služiti opisom. *Huet* tvrdi, da su stanice epiderme kod austrijskog crnog bora pravokutnog oblika, ali da su one u 25% slučajeva na konveksnoj strani iglice kvadratičnog oblika. Prema mojim istraživanjima austrijski crni bor ima uvijek stanice epiderme na konveksnoj strani iglice pravokutnog oblika. Epidermalne stanice, gotovo kvadratičnog oblika, odgovaraju korzičkom, kalabrijskom, gočkom, ilirskom i krimskom (strumičkom) crnom boru. Budući da se ilirski bor nije dosad lučio od austrijskog, t. j. smatrao se kao austrijski, moguće je da i austrijski crni bor, koji ima po *Huetu* epidermalne stanice kvadratičnog oblika, odgovara ilirskom crnom boru. Ta je pretpostavka opravdana već i zbog toga, jer je *Huet* imao samo kultivirani materijal. Isti je slučaj i s građom hipoderme, za koju on veli, da ona u 15% slučajeva nije kod austrijskog crnog bora prema unutrašnjosti zaobljena. Manje zaobljenu hipodermu od austrijskog crnog bora ima između ostalih i ilirski crni bor. Za broj smolenica on veli, da se kod austrijskog crnog bora kreće od 3—12. Po mojim istraživanjima austrijski crni bor ima uvijek više od 3 smolenice. Broj puči prema istom autoru iznosi na čitavom poprečnom prijesjeku iglice 19. Prema mojim istraživanjima austrijski bor ima prosječno manji broj puči, ali ovi se podaci ne mogu uspoređivati, jer sam ja uzeo u obzir samo poprečno prerezane puči, dok *Huet* ne kaže, da li je samo te brojje ili i one, koje nisu prerezane, t. j. koje se samo naziru.

Osim toga ovaj autor nije istražio veličinu hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, broj slojeva hipodermalnih stanica na ravnoj strani i u uglovima iglice, broj slojeva transfuzijskog parenhima na floemskoj i ksilemskoj strani žila, širinu iglica i visinu poprečnog prijesjeka iglica.

Huet je opisao i korzički i kalabrijski crni bor, ali i u ovom slučaju nije donio dimenzije za epidermalne i hipodermalne stanice. Ne kaže osim toga, ni koliki je broj slojeva transfuzijskog parenhima na floemskoj i ksilemskoj strani žila, kao ni dimenzije širine i visine poprečnog prijesjeka iglice. U detaljnu analizu prikaza anatomske građe iglica korzičkog i kalabrijskog crnog bora prema ovom autoru ne mogu ulaziti, jer nemam dovoljno materijala s tih područja. Istražio sam korzički crni bor, koji kod nas dolazi u kulturama. Rezultati, koje sam dobio za taj kultivirani korzički bor, slažu se s rezultatima *Hueta* za korzički bor, koji je on istraživao. Prema mojim rezultatima korzički bor često ima samo nepotpun

sloj sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, a inače te sklerenhimske stanice imaju tanje membrane nego one kod austrijskog crnog bora. *Huet* dalje donosi, kako sam već prije iznio, da se kalabrijski bor razlikuje od korzičkog u tome, što prvi ima sloj sklerenhimskih stanica iznad floema, a drugi ih nema. Ako postoji razlika u tome, onda sigurno postoje kod ta dva crna bora još i druge veće ili manje razlike u građi iglica. Prema mojim istraživanjima, koja su nepotpuna, jer nisam raspolagao dovoljnim materijalom, ta se dva crna bora naročito razlikuju u građi hipoderme i širini i visini poprečnog prijesjeka iglica.

Za *Pinus Laricio var. Pallasiana Huet* ne donosi detaljan opis, nego jedino veli, da se razlikuje od austrijskog crnog bora u građi epiderme. *Delevoy* (7) je također opisao krimski crni bor, i po njemu je austrijski bor dosta sličan krimskom. Po mojim istraživanjima postoji između austrijskog i krimskog crnog bora velika razlika gotovo u svim elementima anatomske građe iglica.

Na kraju moram napomenuti, da je *Huet* imao kultiviran materijal za istraživanje, pa je to jedan od najvećih razloga, zašto se moji rezultati za austrijski i krimski crni bor ne slažu u potpunosti s njegovim.

Delevoy (7) je u svom radu obradio sistematiku crnog bora. Crni bor je podijelio u dva velika subspeciesa, i to: *ssp. Orientalis* i *ssp. Occidentalis*. Ovu razdiobu na istočnu i zapadnu grupu možemo naći i u *Poskinovu* udžbeniku (30). Napominjem, da je *Schwarz* u svom radu (34) podijelio crni bor u 6 subspeciesa, ali na pojedinim mjestima u svojoj radnji govori o istočnom tipu, iako nije točno definirao, što pod njim razumijeva.

U sistematiku *ssp. Occidentalis* detaljno ne mogu ulaziti, jer sam potanko obradio samo naše svojte, a na neke vanjske sam se saino osvrnuo. *Delevoy* je *ssp. Occidentalis* mnogo bolje obradio nego *ssp. Orientalis*, što je i razumljivo, jer je za taj subspecies imao na raspolaganju više materijala. On je, kao i drugi autori prije njega, za sistematiku crnog bora uzeo u obzir, pored anatomije iglica, i vanjsku morfologiju. Ti su vanjski morfološki elementi ovi: oblik stabla, duljina, zakrivljenost, boja i tvrdoća iglica, duljina češera, boja izbojaka i duljina igličnog toka.

I s anatomske je strane *ssp. Occidentalis* detaljnije obrađen nego *ssp. Orientalis*. Od anatomskih oznaka *Delevoy* je uzeo u razmatranje broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice kao i u uglovima iglice, veličinu tih sta-

nica i debljinu membrana tih stanica, kao i zaobljenost hipoderme, visinu epidermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, oblik epidermalnih stanica, kao i debljinu membrana tih stanica, broj i veličinu smolenica, veličinu sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice, debljinu membrana i oblik lumena tih stanica, veličinu i uronjenost puči, broj slojeva sklerenhimskih stanica kod žila i širinu iglica. Nije istražio broj slojeva hipodermalnih stanica na ravnoj strani iglice i veličinu lumena na konveksnoj strani iglice, a taj element građi iglice veoma je važan kod sistematike crnog bora na osnovu anatomske građi iglica. *Delevoy* pored toga nije istražio visinu epidermalnih stanica na ravnoj strani iglice, broj slojeva transfuzijskog parenhima, broj puči i visinu poprečnog prijesjeka iglica. Ovaj zadnji element sa širinom iglice daje jasnu predodžbu o debljini iglica, a ta dva elementa imaju veliko značenje za sistematiku crnog bora. Istina, ni *Schwarz* nije uzeo u razmatranje visinu poprečnog prijesjeka iglica, ali on naglašava, da je širina iglica zajedno s debljinom membrana i širinom lumena hipodermalnih stanica uvijek konstantna, te on tim elementima pridaje veliku vrijednost kod razrade svojih subspeciesa. Širina iglice ima još veću vrijednost, ako se ujedno mjeri i visina poprečnog prijesjeka iglice, te se tako dobije, kako sam malo prije naglasio, jasna slika o debljini iglica. Broj slojeva transfuzijskog parenhima je isto toliko važan element građi iglice kao i širina iglice i visina poprečnog prijesjeka iglice te on s ostalim elementima daje jednu zaokruženu cjelinu.

Kod *ssp. Orientalis Delevoy* je uzeo u razmatranje naprijed opisane morfološke oznake, a od anatomskih oznaka je u cjelini uzeo sve one kao i kod *ssp. Occidentalis*, samo što kod pojedinih svojta crnog bora mnoge od tih oznaka nedostaju. Tako je širina iglica naznačena samo kod austrijskog, francuskog i kalabrijskog crnog bora. Isto je tako oblik lumena sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice, donesen kod kalabrijskog, austrijskog i francuskog crnog bora.

Var. bosniaca se razlikuje prema *Delevoy* od *var. austriaca* po boji jednogodišnjih izbojaka. *Var. austriaca* ima smeđe do sivo zelene, a *var. bosniaca* smeđe do narandžaste jednogodišnje izbojke.

Za gočki crni bor i dalmatinski crni bor ne donosi nikakve bliže podatke, jedino što ih uvrštava u *ssp. Orientalis* kao varijacije. Za *var. gočensis* veli, da dolazi u Zapadnoj Srbiji i da bi se možda pod njim razumio kalabrijski i francuski crni bor. Za *var. dalmatica* i *var. bosniaca* veli da dolaze u Dalmaciji odnosno Bosni.

Kod nas prema mojim istraživanjima austrijski crni bor nema nikad 5 slojeva hipodermalnih stanica kao što to donosi *Delevoy*. Za hipodermu između puči ovaj autor veli, da je zaobljena, ali je ona u većini slučajeva slabo zaobljena. Isto je tako i s brojem slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, koji je u većini slučajeva prema mojim istraživanjima samo jedan, a veoma rijetko se nađe još jedan nepotpuni sloj, dok *Delevoy* donosi, da postoji 1—2 sloja tih stanica. Prosječno se broj smolenica kreće prema mojim istraživanjima od 7—12, najmanji broj smolenica je 4, a najveći 15, a prema *Delevoyu* broj smolenica iznosi 2—12. Oblik sklerenhimskih stanica oko smolenica je po *Delevoyu* ovalan, dok su membrane tih stanica veoma debele do debele. Prema istraživanjima, koja sam vršio, te stanice imaju okrugao do eliptičan oblik, a membrane su im debele, rijetko prilično debele. Visina epidermalnih stanica prema *Delevoyu* (vjerojatno na konveksnoj strani iglice) iznosi 30—40 μ , a prema mojim rezultatima visina tih stanica iznosi na konveksnoj strani 30—36, rjeđe 40 μ . Širina iglica prema ovom autoru iznosi 2 mm, odnosno 2000 μ , dok se prema mojim istraživanjima širina iglica kreće od 1450—1717 μ , a veoma rijetko se nađe iglica sa širinom od 1240 odnosno 1960 μ .

Delevoy nije uzeo u razmatranje broj slojeva hipodermalnih stanica na ravnoj strani iglice i u uglovima iglice kao ni debljinu membrana tih stanica. Isto tako nije istražio ni broj puči, visinu epidermalnih stanica na ravnoj strani iglice, širinu hipodermalnih stanica, broj slojeva transfuzijskog parenhima i visinu poprečnog prijesjeka iglica. A debljina membrana hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, broj slojeva hipodermalnih stanica u uglovima iglice, broj slojeva transfuzijskog parenhima, visina epidermalnih stanica na ravnoj strani iglice i visina poprečnog prijesjeka iglice važni su elementi za sistematiku crnoga bora.

Na osnovu rezultata, koje donosi *Delevoy*, ne možemo vidjeti nikakve razlike u anatomske građi iglica između austrijskog i dalmatinskog crnog bora, a ta razlika je zapravo veoma uočljiva. On razlikuje austrijski bor od dalmatinskog jedino po boji jednogodišnjih izbojaka, a austrijski, francuski i kalabrijski bor razlikuje međusobno samo po duljini iglica. Ne mogu pretpostaviti, da se ova tri crna bora, kojih su areali tako udaljeni jedan od drugog ni po čemu drugom ne razlikuju osim po duljini iglica.

Vidna je razlika između mojih rezultata, što se tiče broja slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, kod krimskog crnog bora i istraživanja, koja je vršio *Delevoy*.

Tako velika razlika, pa makar samo i u jednom elementu građe iglice, ne bi smjela biti i ne može se tumačiti ekološkim faktorima. Po *Schwarzu ssp. Pallasiana* ima broj slojeva hipodermalnih stanica 3—5. *Schwarz* je također naznačio, da *ssp. Pallasiana* dolazi u istočnom dijelu Balkanskog poluotoka i u svojoj karti o rasprostranjenju crnog bora naznačio je, da *ssp. Pallasiana* dolazi još i u Makedoniji, gdje mu je i granično područje prema Zapadu. Dobio sam primjeraka crnog bora iz istočne Makedonije, (područje Strumice i planine Pljačkovice), koji imaju građu iglica, kako sam iznio, što znači, da se moja istraživanja, kako u pogledu anatomske građe iglica, tako i u pogledu rasprostranjenosti, više poklapaju s rezultatima *Schwarza* nego *Delevoya*, iako i jedan i drugi nisu dali jasnu sliku o anatomske građi iglica tog bora.

Još na kraju moram napomenuti, da je *Delevoy* imao dosta primjeraka iz kultura, a iz naše države nije imao materijala, te zbog toga nije ni mogao donijeti potpunije rezultate. Baš zbog toga, što je on imao premalo materijala iz autohtonih sastojina, a to se odnosi naročito na *ssp. Orientalis*, dobivamo često nejasnu sliku o pojedinim svojstava.

SABRANI MATERIJAL — EXPERIMENTAL MATERIJAL

Bivše Savezno ministarstvo šumarstva uputilo je svoje niže organe, da priberu materijal za istraživanje crnog bora. To je bio prvi materijal, koji sam dobio za ova istraživanja. Dobio sam primjeraka crnog bora gotovo iz čitave države. Najviše sam materijala dobio iz NR Hrvatske. Savezno ministarstvo je u svoje vrijeme pored uputstva za sakupljanje i odašiljanje materijala uputilo svim nižim organima formular, koji je trebalo ispuniti i poslati zajedno sa sakupljenim materijalom. Formular se sastojao od ovih pitanja: datum sabiranja, vrsta drveta, nalazište, starost stabla, visina i prsni promjer stabla, ekspozicija, geološka podloga tla, nadmorska visina, da li je samonikao ili je donesen i odakle, da li je uzgojen sjemenom ili sadnjom? Na ova sam pitanja dobio od pojedinih šumarskih ustanova potpun odgovor, a od nekih samo nepotpun. Taj materijal, koji sam dobio preko bivšeg Saveznog ministarstva šumarstva, služio mi je u prvom redu za orijentaciju.

Kao apsolutno šumarstva bio sam god. 1949. na apsolutnoj ekskurziji. Između ostalog posjetili smo i Šumsko gazdinstvo u Han Pijesku. Na moju molbu i prema mojim uputama dobio sam od tog gazdinstva materijal crnog bora. Kasnije sam išao sam na teren i skupljao materijal, kao i potrebne podatke

za ovaj rad. Tako sam u septembru god. 1950. pregledao ova nalazišta crnog bora u NR Hrvatskoj: otoke Cres i Lošinj, Senjsku dragu, otok Brač, otok Hvar, poluotok Pelješac i Biokovo. U augustu god. 1951. obišao sam ova nalazišta crnog bora u NR Srbiji i NR Bosni i Hercegovini: planina Goč i Zlatibor i područje Višegrada. U augustu god. 1952. pregledao sam sastojine crnog bora na području Male Kapele i Plješivice, a u septembru iste godine bio sam u NR Sloveniji i pregledao nalazište crnog bora na području Save Bohinjke i Mangarta.

Imam 250 primjeraka (grančica) crnog bora, od kojih su oko dvije trećine iz autohtonih sastojina. Od sveukupnog broja primjeraka 159 otpada na NR Hrvatsku, 41 na NR Srbiju, 25 na NR Bosnu i Hercegovinu, 16 na NR Sloveniju, 6 na NR Makedoniju i 3 na NR Crnu Goru. Sa pojedinih lokaliteta imam većinom po više primjeraka.

METODA RADA — WORKING METHOD

Za određivanje nižih sistematskih jedinica *Pinus nigra* pomoću anatomske građe iglica sabran je materijal na ovaj način: Uzimao sam grančice, oko 35 cm duge, po mogućnosti sa češerima, i to sa stabala, koja nisu zakržljala i koja nisu oštećena. Većinom sam tražio primjerke s onih stabala, koja imaju otprilike prosječnu visinu, prosječan prsni promjer, a i po vanjskom izgledu najviše odgovaraju prosječnom stablu sastojine. Kada sam uzimao više primjeraka od iste sastojine, tada sam odabirao individuu različite ili po veličini, ili po prsnom promjeru, ili po kojem drugom vanjskom morfološkom obilježju. Vodio sam računa i o tome, da li je stablo u gustom sklopu ili na osami, na kakvom je tlu, kakva je geološka podloga tla, kolika je nadmorska visina i koja je ekspozicija, da li je sastojina autohtona ili je umjetno podignuta, i to sjemenom ili sadnjom. Uzimajući u obzir sve te faktore, ukoliko je to bilo moguće, nastojao sam odabrati onaj primjerak, koji odgovara većini individuu u sastojini ili sam uzeo više primjeraka, koji zajedno daju jasnu sliku o toj sastojini. Grančice su većinom uzete s donje trećine stabala, i to s onih grana, koje nisu zakržljale i nisu previše zasjenjene.

Istraživao sam anatomiju lista kratkih izbojaka na po-prječnom prijesjeku.

Pošto sam dobio dovoljan broj primjeraka za istraživanje, istražio sam u prvom redu, da li položaj grana na stablu utječe na anatomsku građu iglica. Uzeo sam s jednog stabla crnog bora dvije grane, jednu koja je u sjeni, a drugu koja dobiva mnogo svjetla. Grančica sa svjetla ima prosječno dulje iglice

od grančice, koja je u zasjeni, ali u građi iglica gotovo nema nikakvih razlika između ovih primjeraka sa svijetla i iz sjene. Jedina je razlika u broju smolenica. Grane izložene svijetlu imaju iglice s većim brojem smolenica, a grane iz sjene imaju iglice s manjim brojem smolenica. Obično je ta razlika u broju smolenica malena i neznatna. Tako na pr. iznosi broj smolenica u više slučajeva u iglicama grana izloženih svijetlu 8—11, a u iglicama grana u sjeni 6—10. Nalazio sam i mnogo takvih primjeraka, kod kojih je broj smolenica bio isti.

Pošto sam uporedio grane sa svijetla s onima iz sjene, zanimalo me je, da li postoji kakva razlika u anatomskoj građi iglica kod grana sa raznog položaja na stablu, ali koje otprilike dobijaju jednaku količinu svijetla. Uzeo sam iglice za istraživanje s grana iz donjeg, srednjeg dijela i s vrha krošnje. Utvrdio sam, da u anatomskoj građi tih iglica nema nikakvih razlika. Jednaku anatomsku građu na poprečnom prijesjeku iglica imaju grančice s donjeg, srednjeg kao i s gornjeg dijela krošnje. Sve te grančice bile su s češerima.

Poslije toga sam uzeo sterilne grančice, i to s istog stabla, s kojeg su uzete i fertile grančice. Sterilne grančice su uzete s donjeg i s gornjeg dijela krošnje. Razlika u anatomskoj građi iglica između samih sterilnih grančica nema. A kod usporedbe anatomske građe iglica sterilnih grana i onih fertile pokazale su se male razlike, koje bismo mogli ovako definirati: fertile grančice, t. j. iglice na njima, čine nam se kao da su starije, t. j. kao da su dostigle svoj gornji stadij razvitka, dok iglice na sterilnim grančicama ne pokazuju tako izrazitu anatomsku građu, ali one svejedno svojom građom pripadaju u istu onu grupu, u koju i iglice s fertile grančica.

Dakle, položaj grane na stablu ne utječe na anatomsku građu iglica, ali iglice moraju biti stare najmanje jednu godinu, a poželjno je da su i starije. Najpovoljnija grančica za istraživanje je ona, koja nosi na sebi jednogodišnje, dvogodišnje i trogodišnje iglice i koja je fertile.

Istražio sam također i to, da li starost iglice utječe na njenu anatomsku građu. Uzeo sam sasvim mlade iglice, zatim jednogodišnje, dvogodišnje i trogodišnje iglice i usporedio njihovu anatomsku građu. Mlada iglica odstupa u svojoj anatomskoj građi od ostalih jednogodišnjih ili višegodišnjih iglica, te tako možemo zaključiti, da se mlade iglice, koje još nisu ni godinu dana stare, ne mogu uzeti za istraživanje, a mogu se istraživati samo one iglice, koje su stare preko godinu dana ili više.

Poprečni prijesjek iglica uzeo sam između donje trećine i polovine iglice. Svježe iglice sam rezao odmah u tom stanju,

t. j. pravio sam poprečne prijesjeke, dok sam suhe iglice najprije kuhao u običnoj vodi jedno 10—20 minuta, da omekšaju, i nakon toga ih rezao.

S jedne grančice, t. j. jednog individuuma uzeo sam prosječno 10 iglica za istraživanje. Manji broj iglica je istražen kod primjeraka, koji su veoma karakteristični, a kojih imam malo, kao na pr. kod strumičkog (krimskog) crnog bora. Kasnije sam došao do uvjerenja, da je moguće uzimati i manji broj dobro odabranih iglica s dobro uzbranog primjerka. Na poprečnom prijesjeku iglica istražio sam ove elemente:

1. Visinu epidermalnih stanica u mikronima na konveksnoj i ravnoj strani iglice, koja je mjerena na više mjesta, i to u sredini između dvije susjedne puči. Pod visinom epidermalnih stanica razumijevam okomicu na vanjsku tangentnu membranu tih stanica.

2. Širinu epidermalnih stanica s obje strane iglice u mikronima. Širina je mjerena na više mjesta također u sredini između dvije susjedne puči. Pod širinom epidermalnih stanica razumijevam okomicu na visinu tih stanica.

3. Broj točno poprečno prerezanih puči.

4. Broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice.

5. Broj slojeva hipodermalnih stanica na ravnoj strani iglice.

6. Broj slojeva hipodermalnih stanica u uglovima poprečnog prijesjeka iglice.

7. Veličinu hipodermalnih stanica u mikronima u najudaljenijim slojevima od epiderme na konveksnoj strani iglice.

8. Debljinu membrana hipodermalnih stanica u najudaljenijim slojevima od epiderme na konveksnoj strani iglice. Debljina membrana je klasificirana ovako:

veoma debela membrana	1/2,5 —1/3,5
debela membrana	1/2 —1/1
prilično debela membrana	1/1,25—1/0,75
srednje debela membrana	1/0,75—1/0,25
tanka membrana	1/0,25—1/ < 0,25

Odnos brojeva 1/2,5, 1/3,5, 1/2... i t. d. znače širinu lumena stanice prema debljini membrane te stanice, na pr. stanica ima veoma debelu membranu, ako je ta membrana 2,5—3,5 puta deblja od dijametra lumena.

9. Širinu lumena hipodermalnih stanica, i to u najudaljenijim slojevima od epiderme na konveksnoj strani iglice. Lumeni tih stanica klasificirani su ovako:

veoma uski lumen	1/2,5 — 1/3,5
uski lumen	1/2 — 1/1
prilično uski lumen	1/1,25 — 1/0,75
srednje uski lumen	1/1 — 1/0,50
široki lumen	1/0,50 — 1/ < 0,50

I u ovom slučaju ovi brojevi označuju odnos dijametra lumena prema debljini membrane.

10. Zaobljenost hipoderme prema unutrašnjosti da konveksnoj strani iglice između dviju susjednih puči. Ta zaobljenost je klasificirana ovako:

veoma zaobljena hipoderma
 zaobljena hipoderma
 slabo zaobljena hipoderma
 gotovo ravna hipoderma
 ravna hipoderma

11. Broj smolenica.

12. Oblik sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice i debljina membrana tih stanica.

13. Broj slojeva transfuzijskog parenhima na floemskoj i na ksilemskoj strani žila.

14. Broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, kao i ispod ksilemskih dijelova i između žila.

15. Širinu iglica u mikronima. Ova je dimenzija uzeta od jednog do drugog ugla poprečnog prijesjeka iglice, a paralelna je s ravnom stranom iglice.

16. Visinu, t. j. okomicu na širinu iglica u mikronima.

Širina i visina poprečnog prijesjeka iglica, broj smolenica i puči izračunati su za pojedine svojte varijaciono-statistički.

Aritmetska sredina je izračunata prema formuli:

$$\bar{X} = \frac{\sum fx}{\sum f} \quad f = \text{broj podataka u razredu}$$

$x = \text{veličina, koja odgovara sredini razreda}$

a standardna devijacija:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (fx^2) - X \sum fx}{N - 1}}, \text{ gdje je } N = \text{ukupan broj podataka}$$

Da li su razlike u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica, kao i u broju smolenica i puči kod pojedinih svojta signifikantne ili ne, istraženo je pomoću *t* — testa uz pretpostavku, da je razlika nula (t. zv. nul-hipoteza). Uz pomoć formule na str. 122 Fisher R. A. Statistical Methods for Research:

Workers 1948. (10. izdanje), izračunati su t -iznosi i njihova veličina uspoređena sa t -iznosima iz tablice na str. 65. *Snedecor G. W. Statistical Methods* 1946. (4. izdanje), uz pretpostavku, da je n (= broj stupnjeva slobode) jednako $(N_1 + N_2) - 2$, gdje su N_1 i N_2 brojevi proba u pojedinim varijacijama. Nul-hipoteza se može održati, ako je izračunati t -iznos manji od t -iznosa iz naprijed spomenute tabele za $P = 0,05$. Ako je t -iznos veći od odgovarajućeg iznosa za $P = 0,05$, a manji od iznosa za $P = 0,01$, onda je nul-hipoteza sumnjiva. A ako je t -iznos veći i od odgovarajućeg iznosa za $P = 0,01$, onda se *nul-hipoteza* ne može održati ili drugim riječima razlika između obiju svojta je signifikantna.

Poprečne prijesjeke sam pravio rukom, a ulagao sam ih u glicerin. Takvi su mi preparati služili za prvotna istraživanja. Kasnije sam načinio trajne preparate, koji su mi bili potrebni kod komparacije pojedinih oblika, a ujedno služe i kao dokazni materijal.

ANATOMSKE KVALITETE POJEDINIH STANIČJA
 IGLICE CRNOG BORA S TERITORIJA FNRJ
 ANATOMICAL FEATURES OF THE INDIVIDUAL
 TISSUES OF THE NEEDLE OF PINUS NIGRA OF
 THE TERRITORY OF YUGOSLAVIA

U ovom poglavlju je prikazana vrijednost svakog staničja ili elementa građe iglice u sistematici svojta crnog bora iz naše države. Donesene su razlike unutar pojedinih staničja ili elementa građe iglice, koje su poslužile za određivanje pojedinih svojta.

1. *Epiderma*. Ako mjerimo visinu epiderme na poprečnom prijesjeku iglica, i to na konveksnoj strani iglice između puči, kod crnog bora s teritorija Jugoslavije, vidjet ćemo, da su kod pojedinih primjeraka epidermalne stanice veće, t. j. dulje, a kod drugih manje, t. j. kraće. Na osnovu duljine (visine) epidermalnih stanica na konveksnoj strani iglice možemo razlikovati dvije grupe crnog bora:

I. Visina epidermalnih stanica na konveksnoj strani iglice ispod 30μ

(*Pallasiana, gočensis, illyrica*)

II. Visina epidermalnih stanica na konveksnoj strani iglice 30—40 μ

(*austriaca, dalmatica*).

Ako usporedimo širinu epidermalnih stanica kod ove dvije grupe, vidjet ćemo, da je razlika manja. Kod prve grupe, kod koje su epidermalne stanice na konveksnoj strani iglice manje od 30 μ , širina tih stanica se kreće od 14—18 μ , a kod druge grupe širina iznosi 18—22, rijetko 14 μ .

Rekli smo, da možemo na osnovu duljine i širine epidermalnih stanica podijeliti naš crni bor u dvije grupe. Može se opravdano postaviti pitanje (kada znamo, da austrijski i dalmatinski bor dolaze na vapnencu, a gočki bor na silikatu, dok strumički i ilirski crni bor dolaze i na vapnencu i na silikatu), nije li to jedan te isti crni bor, koji zbog različite geološke podloge tla ima različitu visinu i širinu epidermalnih stanica. Protiv te pretpostavke govori činjenica, da strumički i ilirski crni bor dolaze i na vapnencu i na silikatu, a po građi epidermalnih stanica pripadaju uvijek u istu grupu. Ali ako uzmemo u obzir još i druga staničja iglice, vidjet ćemo, da se i svojte, koje dolaze na silikatu, među sobom jasno razlikuju. Usporedimo li samo građu iglica gočkog crnog bora sa strumičkim, vidjet ćemo, da je u njihovoj anatomskoj građi jedino zajedničko: visina i širina epidermalnih stanica, a u svemu drugome se oni veoma razlikuju. Ako geološka podloga kao vanjski faktor u tolikoj mjeri utječe na anatomsku građu iglica, da bismo mogli crni bor podijeliti u dvije grupe na osnovu visine epidermalnih stanica, nije razumljivo, kako to da i u grupi, koja ima epidermalne stanice manje od 30 μ visine, imamo tako vidnih promjena u anatomiji iglica.

2. *Puči*. Mnogo su manje karakteristični broj, veličina kao i uronjenost puči. Za sve svojte, koje kod nas dolaze, izračunato je, da li su razlike u broju puči signifikantne ili nisu. Prema tim rezultatima jedino se dalmatinski bor signifikantno razlikuje od austrijskog, gočkog i ilirskog bora, a kod krimskog (strumičkog) je ta signifikantna razlika nesigurna. Znači, da za broj puči ne možemo reći da nema vrijednosti kod sistematike crnog bora pomoću anatomije iglica, nego je ta vrijednost mala. Veličina, kao i uronjenost puči imaju još manju vrijednost nego broj puči, te ih zato nisam uzeo u obzir. Ti bi elementi vjerojatno imali veću vrijednost, kada bi se određivale svojte iz čitavog areala crnog bora.

3. *Hipoderma*. Već je prije rečeno, da je kod hipoderme važan za sistematiku crnog bora broj slojeva tih stanica na konveksnoj strani iglice. Druge karakteristike su: veličina hipodermalnih stanica, debljina membrana i širina lumena tih stanica, kao i zaobljenost hipoderme između puči prema unutrašnjosti.

Na osnovu broja slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, debljine membrana i širine lumena tih stanica i zaobljenosti hipoderme može se crni bor podijeliti ovako:

1. Broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice 2—5, hipoderma je veoma zaobljena do zaobljena. Membrane tih stanica veoma su debele do prilično debele, a lumeni su im veoma uski do prilično uski.

(*Pallasiana, dalmatica*).

Razlika u hipodermi između dalmatinskog bora i strumičkog bora (*Pallasiana*) je u veličini poprečnog prijesjeka hipodermalnih stanica. Kod dalmatinskog bora promjer tih stanica kreće se od 18—34 μ , a kod strumičkog od 22—36 μ .

2. Broj slojeva hipodermalnih stanica je na konveksnoj strani iglice 2—4. Hipoderma je zaobljena do gotovo ravna. Membrane tih stanica veoma su debele do srednje debele, a lumeni su im uski do srednje uski.

(*austriaca*).

3. Broj slojeva hipodermalnih stanica iznosi na konveksnoj strani iglice 1—3 sloja. Hipoderma je između puči zaobljena do ravna. Membrane tih stanica su debele do srednje debele, a lumeni su im uski do široki.

(*gočensis, illyrica*).

Na osnovu veličine hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglica može se crni bor podijeliti u tri skupine:

I. (14) 18—32 [34] μ

(*dalmatica, austriaca*)

II. 22—36 μ

(*Pallasiana*)

III. 14—25 μ

(*gočensis, illyrica*)

4. *Smolenice*. Broj smolenica kod crnog bora u Jugoslaviji, može se reći, da uglavnom raste idući od istoka naše države prema zapadu (tab. 1).

Prema obliku i debljini membrana sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice, možemo razlikovati tri grupe:

I. Stanice su okrugle, rijetko eliptične

(*dalmatica, Pallasiana*)

II. Stanice su okrugle do eliptične

(*austriaca, illyrica*)

III. Stanice su eliptične, rijetko okrugle

(*gočensis*)

Na osnovu debljine membrana sklerenhimskih stanica oko smolenica imamo ove grupe:

- I. Membrane su veoma debele do debele, rijetko prilično debele
(*dalmatica, Pallasiana, austriaca*)
- II. Membrane su debele do prilično debele
(*illyrica*)
- III. Membrane su prilično debele
(*gočensis*)

Tab. 1

Broj smolenica* Number of resin canals	Nalazište — Habitat	Svojta — Race
6 — 9	Istočna Makedonija	<i>Pallasiana</i>
5 — 10	Od istočne Makedonije do Gorskog Kotara	<i>illyrica</i>
6 — 11	Goč	<i>gočensis</i>
9 — 13	Btač, Hvar	<i>dalmatica</i>
7 — 12	Od Male Kapele do Trente	<i>austriaca</i>

5. *Borani parenhim* nisam uzeo u razmatranje, jer je kod svih oblika građen jednolično.

6. *Tok*, koji obavlja transfuzijski parenhim, također nisam uzeo u razmatranje, jer je i on jednolično građen.

7. *Transfuzijski parenhim*. Ovdje možemo razlikovati dvije grupe:

- I. Broj slojeva transfuzijskog parenhima
 - a) na floemskoj strani 3 veoma rijetko 2 sloja,
 - b) na ksilemskoj strani 5—6 slojeva.
(*dalmatica, Pallasiana, austriaca*)

- II. Broj slojeva transfuzijskog parenhima
 - a) na floemskoj strani 2—3 sloja,
 - b) na ksilemskoj strani 4—5 slojeva.
(*gočensis, illyrica*)

Prema tome broj smolenica, oblik i debljina membrana sklerenhimskih stanica oko smolenica i broj slojeva transfuzijskog parenhima imaju sistematsku vrijednost za određivanje nižih sistematskih jedinica *Pinus nigra* u Jugoslaviji.

* Broj smolenica je određen varijaciono-statistički.
The number of resin canals was determined statistically.

8. Broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila. Na osnovu broja slojeva sklerenhimskih stanica teže je podijeliti crni bor u dvije grupe, kako sam to učinio na temelju transfuzijskog parenhima, iako su donekle te dvije grupe uočljive. Broj tih slojeva je kod pojedinih svojta ovaj:

<i>Pallasiana</i>	1—2
<i>dalmatica</i>	1—[2]
<i>austriaca</i>	1
<i>illyrica</i>	1
<i>gočensis</i>	1 često nepotpun

9. Širina i visina poprečnog prijesjeka iglica veoma su važni elementi za razlikovanje pojedinih svojta kod nas. Donesim tabelu (br. 2) širine i visine poprečnog prijesjeka iglica i histograme za pojedine svjte, iz kojih se vidi, da se te svojte među sobom razlikuju. Podaci u tabeli su dobiveni na osnovu varijaciono-statističkih istraživanja.

Tab. 2

Svojta Race	Poprečni presjek iglice — Cross-section of the needle	
	Visina u — Height in μ	Širina u — Breadth in μ
<i>dalmatica</i>	984 — 1178	1583 — 1984
<i>Pallasiana</i>	914 — 1056	1556 — 1794
<i>austriaca</i>	880 — 1050	1450 — 1717
<i>illyrica</i>	819 — 990	1345 — 1658
<i>gočensis</i>	770 — 933	1274 — 1601

Ako podijelimo te svojte u dvije grupe, onda je razlikovanje tih dviju grupa prilično lako na osnovu tih elemenata građe iglica. U prvu grupu bi došli: *dalmatica*, *Pallasiana* i *austriaca*, a u drugu *gočensis* i *illyrica*.

Kada je govoreno o građi epiderme, obrazloženo je na str. 139, da se duljina epidermalnih stanica ne mijenja vidno zbog geološke promjene podloge, na kojoj stablo, t. j. sastojina dolazi. Kao produžetak tog izlaganja iznosim jedan primjer o konstantnosti anatomske građe iglica bez obzira na promjene geološke podloge tla.

Nedaleko od Višegrada nalaze se dva područja crnog bora, jedno je na vapnencu, a drugo na serpentinu. Sastojina na serpentinu je iz predjela Banja, a sastojina s vapnenca je iz predjela Gornja Lijeska. Stabla crnog bora iz sastojine sa ser-

pentina imaju koru uzdužno izbrazdanu, crnosive boje, koja vuče na crveno (sl. 24), a stabla iz sastojine s vapnenca imaju koru manje izbrazdanu, boje svijetlosive (sl. 25). U sastojini, gdje je geološka podloga vapnenac, primijećena su i stabla, koja imaju boju kore sličnu onoj sa serpentina, ali su to većinom mlada stabla, a samo pokoje starije stablo (prsnoga promjera preko 30 cm) ima sličnu boju kore kao stablo sa serpentina. Za iglice bismo mogli reći da su kod stabala s vapnenca tamnije zelene od onih sa serpentina. Iz prednjeg bismo mogli zaključiti, da se crni bor sa serpentina vidno razlikuje od crnog bora s vapnenca po boji kore i nešto malo po boji iglica, kad ne bismo znali, da i na serpentinu dolazi crni bor sa svijetlosivom bojom kore (planina Goč), a isto tako, da i na vapnencu dolazi crni bor sa crnosivom korom (austrijski crni bor iz Slovenije). Može se postaviti pitanje: nije li crni bor sa serpentina u Banji tipičan *ssp. austriaca*, a crni bor s vapnenca iz Gornje Lijeske tipičan *ssp. gočensis*, pa se zato ta dva bora tako jasno razlikuju u boji kore. Ako bi odgovor na to pitanje bio pozitivan, onda bi i anatomska građa iglica kod ova dva crna bora bila različita. Crnom boru sa serpentina odgovarala bi anatomska građa iglica *ssp. austriaca*, a crnom boru s vapnenca odgovarala bi anatomska građa iglica *ssp. gočensis*. Istraživanjem anatomske građe njihovih iglica zaključilo se, da ta dva bora ne pripadaju *ssp. gočensis*, a pogotovu ne pripadaju *ssp. austriaca*, nego imaju istu anatomsku građu iglica, i da ih prema tome ubrajamo u istu grupu, t. j. u ilirski crni bor.

Iz gornjeg izlaganja se vidi, da se anatomska građa iglica nije promijenila zbog geološke promjene podloge, dok su se boja kore i boja iglica promijenile.

ANATOMSKI PRIKAZ POJEDINIH SVOJTA CRNOG BORA U JUGOSLAVIJI — ANATOMICAL DESCRIPTION OF THE INDIVIDUAL RACES OF PINUS NIGRA IN YUGOSLAVIA

a) *Pinus nigra* Arn. *ssp. austriaca* (Höss) n. comb.

(*P. austriaca* Höss, 1825; *P. nigricans* Host, 1826; *P. nigra* var. *austriaca* Asch. et Graeb., 1897; *P. maritima* *ssp. nigra* Schwz., 1938; *P. nigra* *ssp. Orientalis* var. *austriaca* Delevoy, 1949).

Materijal crnog bora iz NR Slovenije dobio sam, kako sam već prije spomenuo, preko Gozdarskog instituta iz Ljubljane, a pored toga sam i osobno obišao lokalitete kod Nomenja i Mangarta. Posjedujem primjerke crnog bora iz gotovo svih autohtonih nalazišta iz te republike.

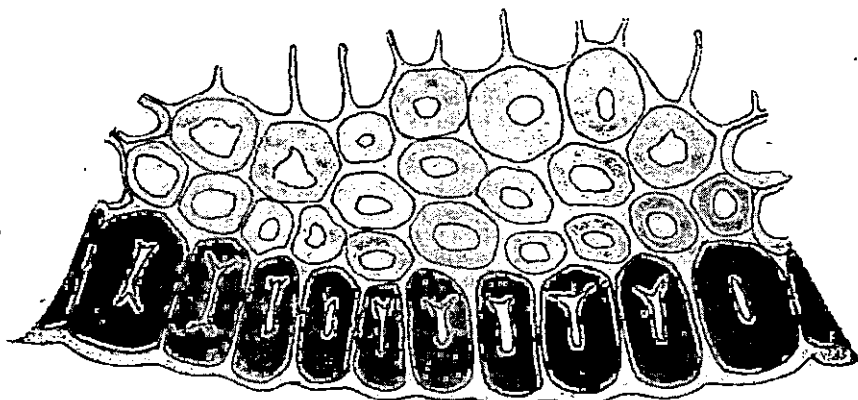
Podaci o tim primjercima su ovi:

Dva primjerka s lokaliteta Dobovec pod Kumom (Gozdna uprava Litija). Primjerci su sa 600 m nad. vis. i sa južne ekspozicije. Geološka podloga tla je vapnenac.

S područja Nomenja (Gozdno gospodarstvo Bled) imam dva primjerka crnog bora. Ti su primjerci s 550 m nad. vis. i s južne ekspozicije. Geološka podloga tla je vapnenac.

S područja Trente posjedujem jedan primjerak. Nalazište je Kukla. Primjerak je uzet s 88 m nad. vis. Geološka podloga tla je vapnenac.

S područja Radovljice posjedujem jedan primjerak, nalazište Begunjani (Begunjsčica-Karavanke). Primjerak je uzet sa 600 m nad. vis. s južne ekspozicije. Geološka podloga tla je vapnenac. Gozdarski institut Slovenije javio mi je, da je autohtonost crnog bora s ovoga područja sumnjiva. Po anatomiji iglica ovaj primjerak odgovara onima iz Dobovca, Nomenja i Trente.



Sl. — Fig. 1. Detalj poprečnog prijesjeka iglice austrijskog crnog bora; epiderma sa zaobljenom hipodermom (pov. 530 X) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *austriaca*; epidermis with rounded hypodermis (enlarg. 530 X)

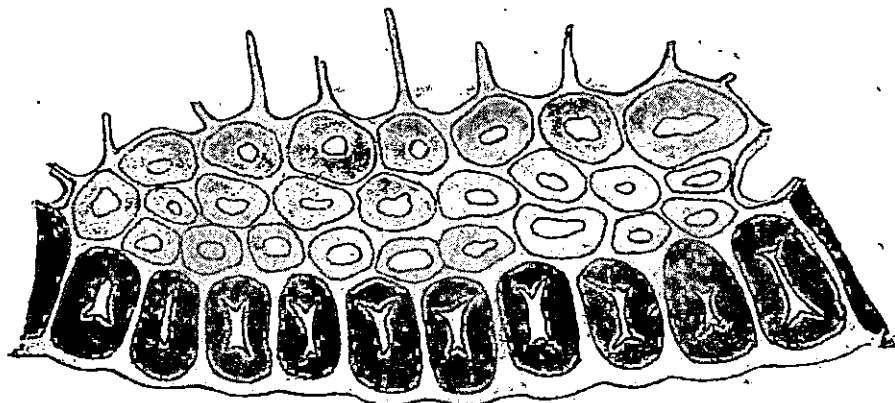
S područja Bovca imam tri primjerka crnog bora. Primjerak iz predjela t. zv. Strmec (Log pod Mangartom) uzet je s 900 m nad. vis., a geološka podloga tla je vapnenac. Drugi primjerak uzet je nedaleko stare austro-ugarske tvrđave na putu od Bovca za Log. Nadmorska visina je oko 530 m. Ekspozicija je jugozapadna, geološka podloga je vapnenac.

Treći primjerak uzet je s područja Bovca, iz predjela t. zv. Meli pod Jerebicom, sa 700 m nad. vis. i sa sjeveroistočne ekspozicije. Geološka podloga tla je vapnenac.

S područja Kočevske Reke imam jedan primjerak; nalazište Borovec nad Kolpo. Primjerak je sa 720—730 m nad. vis. i s južne ekspozicije. Tlo je plitko pješčano.

Na 20 km južno od Ljubljane s nalazišta Iški Vintgar posjedujem jedan primjerak, koji je uzet sa 600 m nad. vis., a ekspozicija mu je zapadna. Geološka podloga tla je vapnenac.

Crni bor iz Slovenije nije jednak po građi svojih iglica. Postoje dvije grupe crnog bora u Sloveniji na osnovu anatomske građi iglica. Crni bor s Jerebice, iz Trente, Nomenja, Radovljice i Dobovca pripada u prvu grupu i ima ovu građu iglica: Visina epidermalnih stanica iznosi na konveksnoj strani iglice 32—36 μ , rijetko 29—40 μ , a na ravnoj strani 25—29, rijetko 32 μ . Širina epidermalnih stanica iznosi na obje strane iglice 18, rijetko 14, a veoma rijetko 22 μ . Broj puči kreće se većinom od 9—17, rijetko se nađe 6, a veoma rijetko 21 puč. Broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice kreće se od 2—3, veoma rijetko 4 sloja, dok na ravnoj strani imamo 2, rijetko 3, a veoma rijetko 1 sloj tih stanica. U uglo-

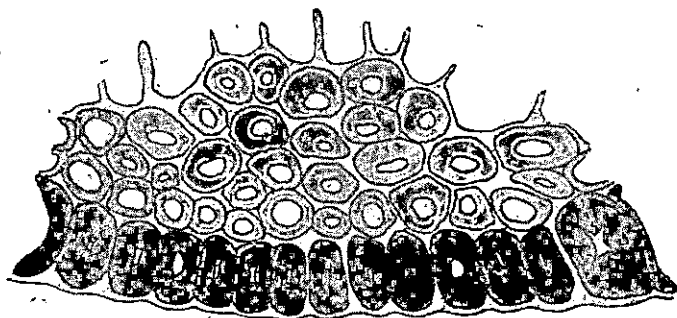


Sl. — Fig. 2. Detalj poprečnog prijesjeka iglice austrijskog crnog bora: epiderma sa slabo zaobljenom hipodermom (pov. 555 \times) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *austriaca*: epidermis with slightly rounded hypodermis (enlarg. 555 \times)

vima iglice imamo 3—4, rijetko 2 sloja tih stanica. Hipodermalne stanice su na konveksnoj strani iglice veličine 18—25 μ , a veoma rijetko 14 μ . Membrane tih stanica su debele do prilično debele, veoma rijetko debele, odnosno srednje debele. Lumeni tih stanica su uski do prilično uski, rijetko srednje uski. Hipoderma je između puči prema unutrašnjosti većinom slabo zaobljena, rjeđe zaobljena, odnosno gotovo ravna. Broj smolenica kreće se od 4—13. Oblik je sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice, okrugao do eliptičan, dok su membrane tih stanica debele, rijetko prilično debele. Na floemskoj su strani 3, rjeđe 2 sloja trasfuzijskog parenhima, a na ksilemskoj strani 5, veoma rijetko 6 slojeva. Iznad floema nalazi se 1 sloj sklerenhimskih stanica, a ispod ksilema može se naći nekoliko takvih stanica. Širina poprečnog prijesjeka iglica

iznosi 1400—1782 μ , veoma rijetko 1240 μ , a visina 821—1131 μ , a veoma rijetko 744 μ .

Crni bor s Mangarta, Iškog Vintgara i Kočevske Reke spada u drugu grupu i ima ovu anatomsku građu iglica: Visina epidermalnih stanica iznosi na konveksnoj strani iglice 25—32, veoma rijetko 22 μ , a na ravnoj strani 18—29 μ . Širina tih stanica iznosi na obje strane iglice 14—18 μ . Broj puči kreće se od 7—15. Na konveksnoj strani iglice nalaze se 2—3, veoma rijetko 4 sloja hipodermalnih stanica, a na ravnoj strani 2—3



Sl. — Fig. 3. Detalj poprečnog prijesjeka iglice austrijskog crnog bora: epiderma s 4 sloja hipoderme (pov. 370 X) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *austriaca*: epidermis with 4 layers of hypodermis (enlarg. 370 X)

sloja. U uglovima iglice imamo 3—4 sloja tih stanica. Veličina hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice iznosi 18—25, a veoma rijetko 16, odnosno 29 μ . Membrane tih stanica su debele do prilično debele, rijetko srednje debele, dok su lumeni tih stanica prilično uski do srednje uski. Hipoderma je između puči prema unutrašnjosti slabo zaobljena do gotovo ravna, rijetko zaobljena. Smolenica ima 5—13, rijetko 3. Oblik sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice, okrugao je do eliptičan, dok su membrane tih stanica debele do prilično debele. Iznad floemskih dijelova žila imamo jedan, a veoma rijetko još jedan nepotpuni sloj sklerenhimskih stanica. Na floemskoj strani su 3, rijetko 2, a na ksilemskoj 5, veoma rijetko 4, odnosno 6 slojeva transfuzijskog parenhima. Širina iglica se kreće od 1302—1860 μ . Visina poprečnog prijesjeka iglica iznosi 976—1109 μ , rijetko 883 μ .

Iz NR Hrvatske s područja Male Kapele i Plješivice imam veći broj primjeraka za istraživanje. Primjerci s tih lokaliteta nisu jednaki u građi iglica. Oni se mogu podijeliti u dvije grupe kao i primjerci iz NR Slovenije. Prvo ću protumačiti

grupu, koja ima epidermalne stanice na konveksnoj strani iglice visine 29—36 μ . Drugu grupu, koja ima epidermalne stanice na konveksnoj strani iglice visine 25—29 μ , rastumačit ću kasnije, jer je potrebno da najprije iznesem građu iglica drugih oblika, kako bi bilo razumljivije tumačenje tog oblika crnog bora.

S područja Male Kapele imam 16 primjeraka crnog bora. Primjerci su uzeti iz autohtonih sastojina.

Iz šume Samar, odjel Voznik, imam 2 primjerka. Oba su primjerka uzeta sa 800 m nad. vis., s južne ekspozicije, a geološka podloga tla je vapnenac.

Iz iste šume, odjel Tavan, posjedujem 2 primjerka, koji su uzeti sa 700 m nad. vis., jugozapadne su, odnosno zapadne ekspozicije i s vapnenaste podloge.

Iz Samara, odjel Manastir, okružje A 29, posjedujem 2 primjerka. Ti su primjerci uzeti s 800 m nad. vis., ekspozicija im je jugozapadna odnosno južna, a geološka podloga vapnenac.

Iz šumskog predjela Komarnica, nalazište Kipinska draga, posjedujem 4 primjerka, koji su uzeti sa 700, 750 i 900 m nad. vis., a ekspozicije su im razne. Tlo je karbonatno.

Iz šumskog predjela Komarnica, nalazište Crni vrh, posjedujem 6 primjeraka crnog bora, koji su uzeti s 800—900 m nad. vis., sjeverne, južne, jugoistočne i jugozapadne ekspozicije. Tlo je pjeskovito.

Prema boji i izbrazdanosti kore mogle bi se lučiti dvije grupe crnog bora na čitavom području Male Kapele. Pojedini primjerci imaju sivu do tamno sivu koru, uzdužno izbrazdanu (sl. 7 i 8), a pojedini svijetlosivu do sasvim svijetlu koru uzdužno i poprečno izbrazdanu u obliku romboida i deltoida (sl. 4, 5 i 6). Našao sam primjeraka s izbrazdanom korom, kao što to opisuje Đorđević za gočki crni bor (sl. 5). U radnji Ugrenović-Šolaja (40) donesene su fotografije crnog i običnog bora s Male Kapele. Crni bor na tim fotografijama ima koru svijetlosivu, što se dosta podudara s mojim opisom i slikama 4, 5 i 6.

Anatomska građa iglica ovih primjeraka nije jednaka. Na temelju toga mogle bi se razlikovati dvije grupe crnog bora, ali između njih, ima i prelaznih oblika. Anatomija iglica prve grupe, koja ima epidermalne stanice na konveksnoj strani iglice 29—36 μ , jest ova:

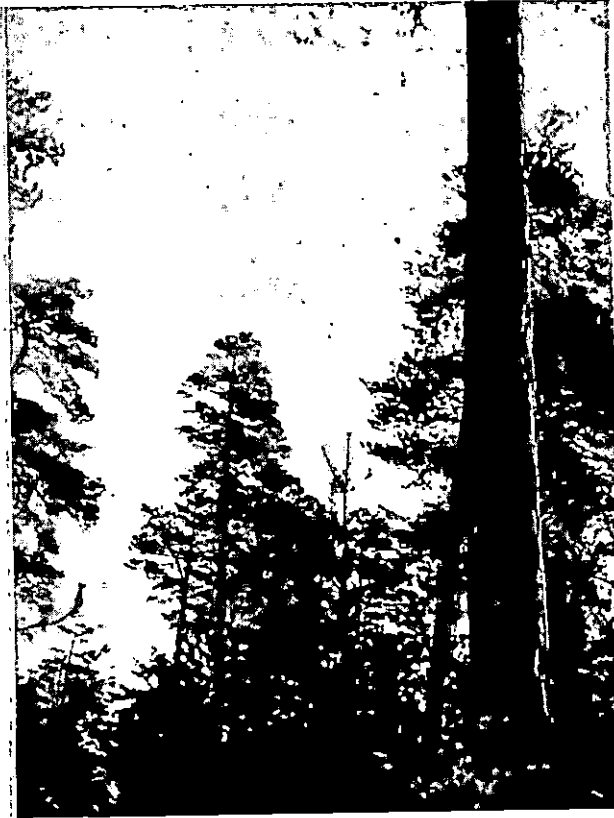
Visina epidermalnih stanica iznosi na konveksnoj strani iglice 29—36 μ , rijetko 40 μ , a na ravnoj strani 25—29, veoma rijetko 22, odnosno 32 μ . Širina tih stanica iznosi na obje strane iglice 18 μ , rijetko 14 μ . Broj puči kreće se od 10—17, rijetko se nađe 6, a veoma rijetko 20 puči. Na konveksnoj su strani iglice 2—3 sloja hipodermalnih stanica, veoma rijetko 4, a na ravnoj strani 2, rijetko 3, veoma rijetko 1. U uglovima iglice imamo 3—4, veoma rijetko 2 sloja tih stanica. Hipodermalne su stanice na konveksnoj strani iglice veličine 18—25 μ , a

veoma rijetko 14, odnosno 29 μ . Membrane su tih stanica debele do prilično debele, dok su im lumeni uski do srednje uski. Hipoderma je između puči prema unutrašnjosti zaobljena do slabo zaobljena, veoma rijetko gotovo ravna. Broj smolenica iznosi 5—12, rijetko 15. Oblik je sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice, okrugao do eliptičan, dok su membrane tih stanica većinom debele, rjeđe prilično debele. Iznad floemskih dijelova žila imamo 1 sloj sklerenhimskih stanica, a ispod ksilemskih dijelova nađe se po nekoliko takvih stanica. Na floemskoj su strani 3 sloja transfuzijskog parenhima, a na ksilemskoj 5, veoma rijetko 4 sloja. Širina iglica se kreće od 1420—1813 μ , a veoma rijetko 1960 μ . Visina poprečnog prijesjeka iglica iznosi 900—1085 μ , a veoma rijetko 852, odnosno 1333 μ .

Karakteristično je, da primjerci, koji pripadaju u prvu grupu, imaju koru većinom veoma svijetlu i ispucalu uzdužno i poprečno. Ovakvu građu iglica imaju primjerci iz predjela Samar, odjel Voznik i Manastir i područje starog rasadnika, a u odjelu Tavan primjerak br. 2 je prelazan. U predjelu Komarnica ima manje takvih primjeraka, koji po građi iglica odgovaraju ovoj grupi.

Anatomija iglica druge grupe je ova: Visina epidermalnih stanica iznosi na konveksnoj strani iglica 25—32 μ , rijetko 22 μ , a na ravnoj strani 22—25 μ , rijetko 29 μ . Širina epidermalnih stanica kreće se od 14—18 μ . Broj puči se kreće od 10—17. Na konveksnoj strani iglice nalaze se 2—3 sloja hipodermalnih stanica, na ravnoj strani 2, veoma rijetko 1, odnosno 3 sloja tih stanica, dok u uglovima iglica imamo 2—3, veoma rijetko 4 sloja. Hipodermalne su stanice na konveksnoj strani iglice veličine 18—25 μ , a veoma rijetko 29 μ . Membrane tih stanica su debele do prilično debele, veoma rijetko srednje debele, dok su im lumeni prilično uski do srednje uski, rijetko uski. Hipoderma je između puči prema unutrašnjosti zaobljena do gotovo ravna. Iznad floema imamo jedan sloj sklerenhimskih stanica, a ispod ksilema se nađe nekoliko takvih stanica. Smolenica ima 6—14, rijetko se nađu 4 smolenice. Oblik je sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice, okrugao do eliptičan, dok su im membrane debele do srednje debele. Na floemskoj su strani 3 sloja transfuzijskog parenhima, a na ksilemskoj 5, rjeđe 4 sloja. Širina iglica iznosi 1488—1658 μ , a rijetko 1395, odnosno 1767 μ . Visina poprečnog prijesjeka iglica iznosi 930—1007 μ , rijetko 852, a veoma rijetko 1054 μ .

Primjerci iz druge grupe imaju koru većinom sivu do sivocrnu i samo uzdužno izbraždanu. Ovakvi su primjerci većinom iz predjela Komarnica, nalazište Kipinska Draga i Crni



Sl. — Fig. 4. Kora stabla crnog bora ispucala u romboide
(Foto: M. Vidaković) — Bark of *Pinus nigra* with rhomboidal splits



Sl. — Fig. 5. Kora crnog bora kao kod ssp. gočensis (Foto M. Vidaković) — Bark of *Pinus nigra* as in ssp. gočensis



Sl. — Fig. 6. Dva stabla crnoga bora sa svijetlo-sivom korom (Foto: M. Vidaković). — Two trees of *Pinus nigra* with light grey bark



Sl. — Fig. 7. Kora stabla crnog bora više uzdužno ispucala i tamnije boje (Foto: M. Vidaković) — Bark of *Pinus nigra* split more longitudinally and of a darker hue



Sl. — Fig. 8. Kora stabla crnog bora (desno) karakteristično uzdužno ispucala, boje tamno-sive (Foto: M. Vidaković) — Bark of *Pinus nigra* tree (right) split characteristically in longitudinal direction, dark grey

Vrh. Iz predjela Samar, nalazište Tavan, primjerak br. 1 odgovara ovoj grupi, dok je primjerak br. 2, kao što je rečeno, prelazan oblik. Što se tiče ekspozicije i nadmorske visine, i jedna i druga anatomska grupa imaju primjerke sa raznih ekspozicija i razne nadmorske visine.

S Plješivice posjedujem 5 primjeraka crnog bora. Dva primjerka sam dobio bez točno naznačenog lokaliteta, a tri sam sabrao sam. Obišao sam nalazište Šeganovac, gdje se nalazi jedna stara autohtona sastojina crnog bora, pa Mihaljevac, gdje ima mladih crnih borova, najviše do 20 god. starosti. Iz sastojina na Mihaljevcu nisam uzeo primjerke za istraživanje. Prema podacima, koje sam dobio na terenu, na Plješivici nema drugih lokaliteta crnog bora, pa je vjerojatno, da su i ova dva primjerka, za koje ne znam točan lokalitet, iz Šeganovca, jer im je naznačen prsni promjer (70 cm), a u Šeganovcu ima takvih starih stabala.

Primjerci iz Šeganovca uzeti su s nadmorske visine od oko 750 m. Ekspozicija im je zapadna, geološka podloga je vapnenac, tlo je plitko i kamenito. Kora stabala je sivocrna uzdužno izbrazdana. Krošnja im je prilično kišobranasta. Primjerak br. 3 ima građu iglica kao i primjerci iz druge grupe s Male Kapele. Primjerci br. 1, 2, 4 i 5 uzeti s Plješivice po građi iglica slični su drugoj grupi s Male Kapele, a slažu se s drugom grupom iz Slovenije. Za njih bi se moglo reći, da su na prijelazu između prve i druge grupe uzete s Male Kapele.

Prof. *Pevalek* donio mi je primjerak crnog bora iz mješovite sastojine običnog i crnog bora, koja se nalazi između Male Kapele i Plješivice kod sela Vrelo. Nad. vis. je oko 750 m. Ekspozicija je razna, a geološka podloga je bazična. Taj primjerak ima građu iglica kao primjerci iz druge grupe s Male Kapele, i zbog toga ga uvrštavam u tu grupu.

Iz izloženog se vidi, da imamo dva crna bora u Lici, koji se jasno razlikuju u građi iglica. Prof. *Šolaja* (39) bavio se istraživanjem fizičke i kemijske osobine terpentinskog ulja *Pinus nigra* s ličkog krša (Mala Kapela). Ta istraživanja ukazuju nam na to, da na ličkom kršu rastu crni borovi, koji proizvode terpentinsko ulje raznog obrtanja i vjerojatno da nisu rasno potpuno identični. Prof. *Šolaja* veli na str. 10: »Pošto smo metodom navrtavanja dobili balzam i iz njega terpentinsko ulje raznog obrtanja, specifične težine i indeksa prelamanja, što vredi za obe vrste bora, moramo pretpostaviti, da šumske sastojine crnog i belog bora u šumi »Samar« gdje su vršena terenska istraživanja smolarenja, po svoj prilici nisu strogi specijesi već mešavina subspeciesa ili barem razne rase jednog te istog speciesa svaki sa strogo određenim fizičkim

svojstvima svojih proizvoda«. Na str. 12 kaže: »Sve ove činjenice i nepravilnosti govore u prilog pretpostavci, da ovde ne može biti govora (pogotovo kod belog bora) o rasno sasvim identičnom specijesu *Pinus silvestris* L. pa ni *Pinus nigra* Arn.« Na strani 13 veli: »O tome nema sumnje, da naš crni bor (*Pinus nigra*) a pogotovo naš beli bor (*Pinus silvestris*) sa ličkog krša nisu rasno potpuno identični. Unutar svakog specijesa postoje rase, koje se moguće po svom spoljašnjem habitusu i ne razlikuju ali koji proizvode terpentinsko ulje raznog obrtanja a svakako ni potpuno istog hemiskog sastava pojedinih njegovih sastojaka ni njihovog kvantitativnog međusobnog odnosa«. Na str. 16: »Ipak smo došli do saznanja da se sastojine crnog bora (*Pinus nigra*) iz našeg ličkog krša sastoje iz vrlo bliskih rasa toga specijesa Pinace-a«.

Prema mojim rezultatima na planini Mala Kapela postoje, što se tiče građe iglica, dva potpuno različita crna bora. Imam primjeraka crnog bora iz šume Samar, odakle je i prof. Šolaja uzimao materijal za svoja istraživanja. Na osnovu mojih istraživanja, u toj šumi Samar postoje dva crna bora, koji su svrstani u one dvije grupe i koji se međusobno razlikuju u anatomiji iglica. Prema tome tvrdnja prof. Šolaje, da na ličkom kršu dolaze različiti oblici crnog bora potpuno je ispravna.

Crni bor s Male Kapele, koji ima između ostalog epidermalne stanice na konveksnoj strani iglice 29—36 μ i koji sam naznačio kao prvu grupu, nazvat ću zasad lički crni bor. Po građi iglica ovaj lički crni bor odgovara crnom boru u Sloveniji (Jerebica, Trenta, Nomenj, Begunjščica i Litija) iz I. grupe, koji ima također visinu epidermalnih stanica na konveksnoj strani iglice 29—36 μ . Taj crni bor iz Slovenije zvat ću u svom daljem tumačenju slovenski crni bor. Na crni bor iz druge grupe s Male Kapele i crni bor s Plješevice osvrnut ću se kasnije.

Mala razlika, koja postoji u pojedinim elementima građe iglica između slovenskog i ličkog crnog bora tako je neznatna, da na osnovu nje ne možemo razlikovati ta dva crna bora. Ako promatramo posebno slovenski crni bor i odredimo veličinu elemenata građe iglice za taj bor, moći ćemo također i lički crni bor uvrstiti u tu grupu, jer im se veličine za pojedine elemente građe iglica poklapaju. Isto bismo dobili, kada bismo odredili veličinu pojedinih elemenata građe iglice za lički crni bor. U tom bi se slučaju slovenski crni bor s veličinom svojih elemenata također mogao uvrstiti u lički crni bor. Baš zbog toga, što se ta dva crna bora ne mogu po anatomskoj građi iglica razlikovati, smatram, da je to jedan te isti crni bor, koji dolazi u Sloveniji na području Bovca (Jere-

bica), Trente, Nomenja, na Begunjščici i kod Litije, a u Hrvatskoj na Maloj Kapeli, gdje je pomiješan s drugim crnim borom.

Budući da su lički i slovenski crni bor jedan te isti crni bor, donosim tabelarni i tekstovni prikaz anatomske građe iglica tog našeg crnog bora, koji dolazi na području NR Slovenije i na Maloj Kapeli u NR Hrvatskoj. Širina i visina poprečnog prijesjeka iglica, kao i broj puči i smolenica, prikazani su histogramima i izračunati varijaciono-statistički. Rezultati o tome su ovi:

širina poprečnog prijesjeka iglica:

$$\bar{X} = \frac{\sum fx}{\sum x} = \frac{163075}{103} = 1583,2524 \mu$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{|\sum fx^2| - \bar{X}\sum fx}{N-1}} = \frac{1825486}{103-1} = 134$$

visina poprečnog prijesjeka iglica:

$$\bar{X} = 965,2912 \mu \quad \sigma_x = 83,4454$$

broj smolenica:

$$\bar{X} = 9,5 \quad \sigma_x = 2,8015$$

broj puči:

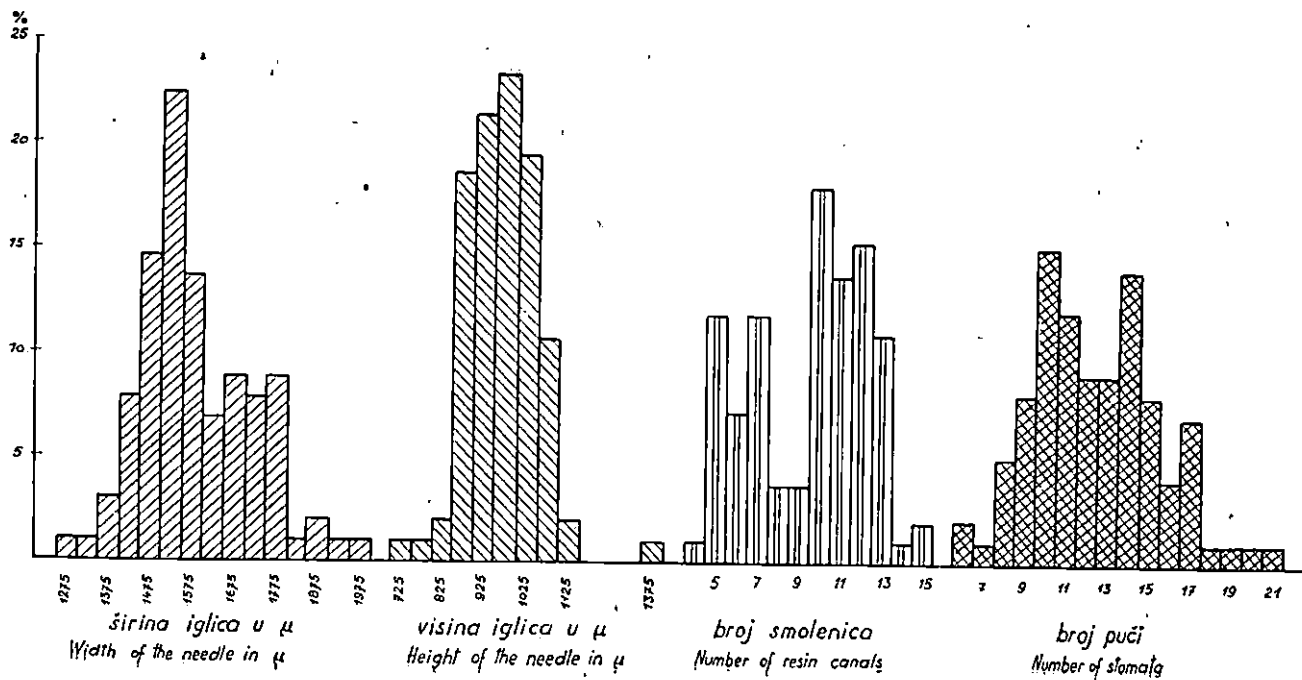
$$\bar{X} = 12,3737 \quad \sigma_x = 3,0592$$

\bar{X} = aritmetaska sredina f = broj podataka
 σ_x = standardna devijacija u razredu
 (a ne srednja griješka x = veličina, koja odgo-
 aritmetiske sredine) vara sredini razreda

N = ukupan broj podataka

Anatomska građa iglica tog bora je prikazana na str. 232 u tab. 8. i sl. 11.

Ako usporedimo moja istraživanja o slovenskom i ličkom crnom boru sa *Schwarzovim*, koja se odnose na njegov *ssp. nigra*, vidjet ćemo, da se ona ne slažu u više elemenata građe iglice. Razlika je u ovom: Broj slojeva hipodermalnih stanica iznosi na konveksnoj strani iglice po *Schwarzu* 1—3, a po mojim istraživanjima nikad ne postoji jedan sloj, nego se broj tih slojeva kreće od 2—3, a veoma rijetko se nađu i 4 sloja tih stanica. Debljina membrana i širina lumena donekle odgovara mojim istraživanjima, iako je teško njegove rezultate komparirati s mojima, jer nema točno određene granice za

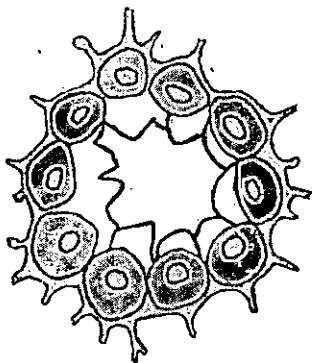
P. n. ssp. austriaca

pojedine debljine membrana i širine lumena. Hipoderma je između puči po *Schwarzu* zaobljena, katkad ravna, dok je po mojim istraživanjima zaobljena do slabo zaobljena, rijetko gotovo ravna, te se prema tome poklapa sa opažanjima navedenog autora. Broj smolenica prema *Schwarzu* kreće se od 5—10, a po mojim istraživanjima od 7—12, a veoma rijetko se nađu i 4, odnosno 15 smolenica. Širina iglica po ovom autoru iznosi 1600—1800 μ , a po mojim istraživanjima širina se kreće od 1450—1717 μ , a veoma rijetko se nađe primjeraka sa širinom od 1240, odnosno 1960 μ .

Prema tome razlika u anatomske građi iglica između slovenskog i ličkog crnog bora s jedne i *Schwarzova ssp. nigra* s druge strane leži u: broju slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglica, broju smolenica i širini iglica, dok se u debljini membrana, širini lumena hipodermalnih stanica, kao i u zaobljenosti hipoderme ovi borovi međusobno slažu.

Schwarz nije istražio broj slojeva hipodermalnih stanica na ravnoj strani iglice i u uglovima iglice, broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, broj puči, oblik sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice i debljinu membrana tih stanica, broj slojeva transfuzijskog parenhima, visinu epidermalnih stanica na konveksnoj i ravnoj strani iglice, kao ni širinu epidermalnih stanica i visinu poprečnog prijesjeka iglice.

Isto tako, ako usporedimo građu iglica našeg slovenskog i ličkog crnog bora s crnim borom iz Austrije, nalazište Mödling, koji je *Schwarz* istraživao i koji je po njemu tipičan austrijski crni bor, t. j. odgovara njegovu *ssp. nigra*, vidjet ćemo, da se ta dva bora međusobno razlikuju. Slovenski i lički crni bor imaju 2—3, a veoma rijetko 4 sloja hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, a 2, rijetko 3, veoma rijetko 1-sloj tih stanica na ravnoj strani iglice. Membrane su tih stanica na konveksnoj strani iglice debele do prilično debele, veoma rijetko srednje debele, odnosno veoma debele, dok su



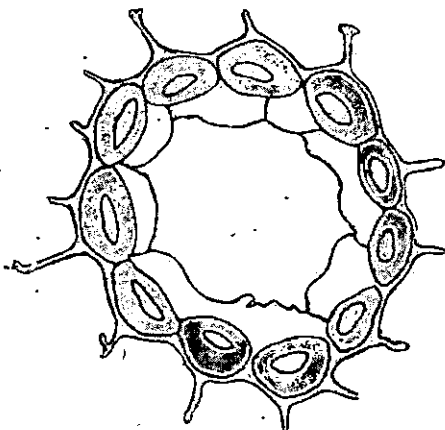
Sl. — Fig. 9. Detalj poprečnog prijesjeka iglice austrijskog crnog bora; sklerenhimske stanice okruglastog oblika oko smolenice (pov. 350 \times) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra ssp. austriaca*; sclerenchymatous cells of rounded shape lining resin canal (enlarg. 350 \times).

im lumeni uski do srednje uski. Hipoderma je između puči zaobljena do slabo zaobljena, rijetko gotovo ravna. Crni bor iz Mödlinga ima 1—3 sloja hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, a na ravnoj 1—2 sloja tih stanica. Membrane tih stanica su prilično debele, dok su im lumeni srednje široki. Hipoderma je između puči prilično mnogo zaobljena. Naš crni bor ima 1 sloj sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, a crni bor iz Mödlinga ima 2 sloja tih stanica. Broj smolenica se kreće kod našeg crnog bora od 7—12, a veoma rijetko

se nađu 4 odnosno 15 smolenica, dok se kod mödlinškog crnog bora broj smolenica kreće od 6—10.

Širina iglica iznosi kod slovenskog i ličkog crnog bora [1240] 1450—1717 [1960] μ , kod mödlinškog crnog bora 1600 μ . Komparaciju ostalih elemenata građe iglice ne mogu donijeti, jer *Schwarz* nije istražio ostale elemente.

Kao što vidimo, naš slovenski i lički crni bor razlikuje se od crnog bora iz Mödlinga (Austrija) u broju slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj i ravnoj strani iglice, broju slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila i broju smolenica.



SI. — Fig. 10. Detalj poprečnog prijesjeka iglice austrijskog crnog bora; sklerenhimske stanice eliptičnog oblika oko smolenice (pov. 530 \times) — Detail of transverse section of *Pinus nigra* ssp. austriaca; sclerenchymatous cells of elliptical shape lining resin canal (enlarg. 530 \times)

Prema tome, naš slovenski i lički crni bor slaže se sa austrijskim crnim borom, koji je *Schwarz* opisao kao *ssp. nigra*, samo u nekim elementima građe iglice, dok od mödlinškog crnog bora, koji *Schwarz* u svojoj tabeli donosi kao primjer *ssp. nigra*, također malo odstupa.

Delevoy (7) je, kao što je prije rečeno, donio također prikaz anatomske građe iglica austrijskog crnog bora. On je u austrijski crni bor ubrojio i naš dalmatinski crni bor. U širini iglica, broju slojeva hipodermalnih stanica i broju smolenica rezultati mojih istraživanja ne slažu se s rezultatima *Delevoya*. Što se tiče veličine epidermalnih stanica, broja slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila i oblika skle-

renhimskih stanica, koje obavijaju smolenice, kao i što se tiče debljine membrana tih stanica, moja istraživanja za slovenski i lički crni bor slažu se s istraživanjima *Delevoya* za austrijski crni bor.

Huet (19) također donosi prikaz anatomske građe iglica austrijskog crnog bora. On je obratio veliku pažnju epidermalnim stanicama, hipodermi i obliku sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice. Za epidermu veli, da joj je dužina stanica 1,5—2 puta veća od širine i da su stanice pravokutnog oblika. Prema rezultatima *Delevoya* te su stanice 30—40 μ duge, a po mojim istraživanjima te stanice su kod slovenskog i ličkog crnog bora 29—36 (40) μ duge, a oko 18 μ široke. Teškoća je u tome, što *Huet* nije donio dimenzije za visinu i širinu tih stanica, nego ih je samo opisao, a *Delevoy* je donio dimenzije za visinu tih stanica, ali dimenzije širine nije donio, nego veli, da su te stanice pravokutnog oblika. Ako usporedimo rezultate *Delevoya* i *Hueta* vidimo, da se oni slažu, iako nisu donijeli sve dimenzije za te stanice. Ja sam donio dimenzije za visinu i širinu, i po mojim rezultatima dužina je tih stanica 1—1,5 puta veća od širine, a razumljivo je, da su onda one i pravokutnog oblika. Znači, da se rezultati mojih istraživanja o slovenskom i ličkom crnom boru, što se tiče epidermalnih stanica, slažu s rezultatima *Delevoya* i *Hueta* za austrijski crni bor.

Broj puči kod poprečnog prijesjeka iglice je donio samo *Huet*, i po njemu austrijski crni bor ima na ravnoj strani iglice prosječno 7, a na konveksnoj 12 puči. Po mojim istraživanjima ukupan broj puči s obje strane iglice kreće se kod slovenskog i ličkog crnog bora od 9—15, a veoma rijetko se nađe 6, odnosno 21 puč.

Hipoderma se sastoji prema *Huetu* od jednog sloja stanica, debelih membrana, a koje se nalaze ispod epiderme, pa od 1—2 sloja stanica, koje se na prvi sloj naslanjaju i imaju membrane veoma debele. Hipoderma je između puči zaobljena. Po mojim istraživanjima hipoderma se sastoji od 2—3, a veoma rijetko još i od 4-tog sloja stanica. Prvi sloj stanica ispod epiderme je tanjih membrana od drugih slojeva. Membrane tih stanica debele su do prilično debele. Debljinu membrana tih stanica teško je usporediti, jer *Huet* ne donosi dimenzije za pojedine debljine. On tvrdi, da je hipoderma kod austrijskog crnog bora zaobljena, dok naš slovenski i lički crni bor imaju zaobljenu do slabo zaobljenu, rijetko gotovo ravnu hipodermu. Prema tome se rezultati, do kojih sam došao slažu s rezultatima *Hueta* u broju slojeva hipodermalnih stanica i u obliku hipodermalnih slojeva, a ne slažu se u debljini membrana hipodermalnih stanica i u zaobljenosti hipoderme. Ovo neslaganje u debljini mem-

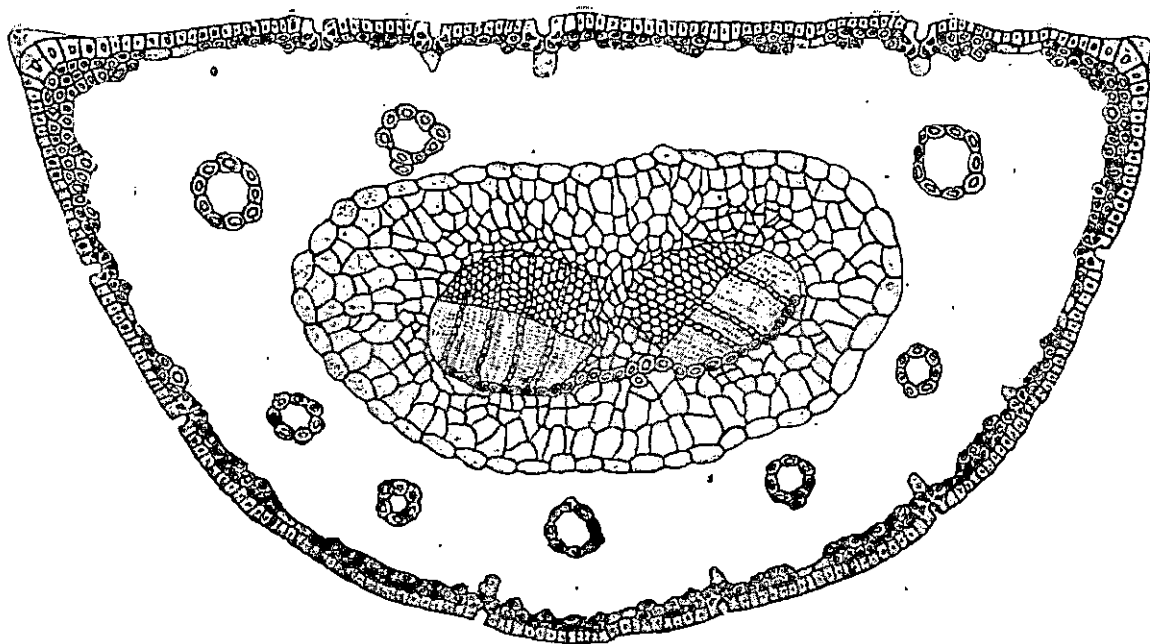
brana tih stanica, kao i u zaobljenosti same hipoderme, nije toliko vrijedno, jer kod komparacije nemamo apsolutno mjerilo za te elemente. Smolenica ima prema *Huetu* 3—12, a prema mojim istraživanjima 4—15, ali najčešće 7—12. Sklerenhimske stanice, koje obavijaju smolenice prema *Huetu* veoma su debele. Teško je uspoređivati debljine membrana tih stanica kao i debljine membrana hipodermalnih stanica, budući da ovaj autor nije donio dimenzije za pojedine debljine. *Huet* iznosi, da austrijski crni bor ima 1 sloj sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, a katkada se mogu naći te stanice i ispod ksilemskih dijelova žila. To odgovara i rezultatima mojih istraživanja za slovenski i lički crni bor.

Po *Harlowu* (15) austrijski crni bor ima 2—3 sloja hipodermalnih stanica, koji su jednog te istog oblika ili su raznog oblika, a katkada je hipoderma sastavljena i od dva oblika tih stanica. Broj slojeva hipodermalnih stanica odgovara broju slojeva tih stanica kod slovenskog i ličkog crnog bora, a što se tiče samih hipodermalnih slojeva ne bih mogao reći, da su jednog te istog oblika. Austrijski crni bor ima po *Harlowu* 2—10 smolenica. Najmanji broj smolenica, koji sam ja našao kod slovenskog i ličkog crnog bora je 4, a taj se broj većinom kreće od 7—12. *Harlow* također kaže, da postoji 1 sloj sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila kod austrijskog crnog bora. Slovenski i lički crni bor imaju također 1 sloj tih stanica iznad floemskih dijelova žila.

Kao što vidimo, rezultati mojih istraživanja anatomske građe iglica slovenskog i ličkog crnog bora samo se donekle slažu s rezultatima *Schwarza*, *Delevoya*, *Hueta* i *Harlowa*, što su ih dobili istražujući anatomsku građu iglica austrijskog crnog bora.

Pored toga što se moja istraživanja o slovenskom i ličkom crnom boru samo donekle slažu s istraživanjima drugih autora o austrijskom crnom boru, smatram, da je naš slovenski i lički crni bor tipičan austrijski crni bor. Razlozi za to su ovi:

1. *Schwarz* je istraživao sve svojte crnog bora, i to od Male Azije pa do Pirineja, i zbog toga on nije ni ulazio u detaljnu analizu svakog svog subspeciesa. On je obradio samo neke od anatomskih oznaka iglice, a pored toga je uzeo u obzir i morfologiju. Materijala za istraživanje imao je premalo. Tako donosi podatke samo s dva nalazišta crnog bora u našoj državi, iz Sarajeva i Nevesi u Istri (?). Osim toga ima jedan primjerak crnog bora iz Austrije (Mödling), kojega je građu iglica tabelarno prikazao. Crni bor iz mjesta Nevesi u Istri je dalmatinski crni bor, koji *Schwarz* donosi kao primjer za dalmatinski crni bor. Znači, da nam ostaju u svemu dva primjerka, i to onaj



Sl. — Fig. 11. Poprečni prijesjek iglice austrijskog crnog bora (pov. 88 X) — Transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *austriaca* (enlarg. 88 X)

iz Sarajeva i Mödlinga, za koje ovaj autor donosi anatomsku građu iglica i koje on smatra tipičnim austrijskim crnim borom. Crni bor iz Sarajeva, koji po *Schwarzu* ima na konyek-snoj strani iglice 2, a na ravnoj strani iglice 1—2 sloja hipodermalnih stanica, ne odgovara našem slovenskom i ličkom crnom boru. Taj je bor po građi iglica bliži gočkom crnom boru, a gočki crni bor nije uopće *P. n. austrica*, a o tome ću kasnije detaljno govoriti.

Schwarz donosi i prikaz anatomske građe iglica crnog bora iz Abruzza. On taj crni bor također ubraja u austrijski crni bor, t. j. njegov *ssp. nigra*, ma da taj bor po građi iglica (prema tabelarnom prikazu u *Schwarzovu* radu) ne odgovara tipičnom austrijskom crnom boru. To detaljno obrazlažem u poglavlju 8b.

Kao što vidimo, *Schwarz* je na prvom mjestu raspolagao s premalo materijala, a drugo, on je ubrojio u austrijski crni bor, t. j. u njegov *ssp. nigra*, i crni bor iz Abruzza, koji *Delevoij* ubraja pod znakom pitanja u *var. Calabrica* i koji po anatomske građi iglica, koju donosi *Schwarz*, ne odgovara tipičnom austrijskom crnom boru, nego je vjerojatno prelazan oblik između austrijskog i kalabrijskog crnog bora. Isto tako je i crni bor iz Sarajeva ubrojio u tipičan austrijski crni bor, za koji sam rekao, da se približava po građi iglica gočkom crnom boru. Kako je on te primjerke ubrojio u tipičan austrijski crni bor, nije ni mogao dobiti potpuno točne rezultate, i zbog toga se rezultati mojih istraživanja anatomske građe iglica kod slovenskog i ličkog crnog bora ne slažu potpuno sa *Schwarzovim* rezultatima za njegov *ssp. nigra*. Ako tome dodamo, da je *Zederbauer* (45) konstatirao, da postoje dvije rase austrijskog crnog bora, jedna sa širokom krošnjom i s malo grana, koje su debele, a druga s uskom gustom krošnjom i sa slabim granama, možemo vidjeti, da su *Schwarzovi* rezultati nepotpuni. Sve su to razlozi, zašto se moji rezultati s obzirom na slovenski i lički crni bor ne slažu s rezultatima, što ih je dobio *Schwarz* istražujući svoj *ssp. nigra*. Ujedno je to jedan od razloga, što naš slovenski i lički crni bor smatram tipičnim austrijskim crnim borom.

2. *Delevoij* je također opisao anatomsku građu iglica austrijskog crnog bora, ali on je ovamo ubrojio i naš dalmatinski crni bor, koji ima građu hipoderme mnogo jaču nego austrijski bor, pa je razumljivo, da nije mogao dobiti točne rezultate. Pored toga, on nije imao iz naše države materijala za istraživanje te se najviše koristio kultiviranim materijalom.

3. *Huet* je također donio anatomsku građu iglica austrijskog crnog bora, ali on nije uzeo u obzir sve elemente građe

iglice, a za pojedine elemente, kao što su veličina i širina epidermalnih stanica, debljina membrana i širina lumena hipodermalnih stanica, nije donio dimenzije. Stoga je teško moje rezultate uspoređivati s njegovim. I on je za svoja istraživanja imao kao i *Delevoy* većinom kultivirani materijal na raspolaganju.

4. *Harlow* donosi sistematiku vrsta roda *Pinus* na osnovu anatomije iglica i tu donosi između ostalog i prikaz anatomske građe iglica austrijskog crnog bora. Taj prikaz je, kako sam prije rekao, veoma nepotpun, te se zbog toga ne mogu na njega osloniti.

5. Po *Ascherson* i *Graebneru*, *Rubneru*, *Schmiedu*, *Schwarzu*, *Hempel* i *Wilhelmu*, *Seckendorffu*, *Dallimore* i *Jacksonu* kao i drugim autorima, austrijski crni bor dolazi u našoj državi.

6. Naš austrijski bor signifikantno se razlikuje u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica od gočkog, ilirskog, dalmatinskog i krimskog crnog bora, a u broju puči samo od dalmatinskog crnog bora. Širina i visina poprečnog prijesjeka iglica važni su elementi građe iglice kod određivanja pojedinih svojta na osnovu anatomije iglica, pa je zbog toga veoma značajno, što je naš slovenski i lički crni bor signifikantno različit u tim elementima od dalmatinskog, a naročito od ilirskog i gočkog crnog bora.

7. Ako se promatra anatomska građa iglica kao jedna cjelina, onda se naš austrijski crni bor po građi iglica vidno razlikuje od svih svojta, koje u našoj državi od prirode dolaze.

U točkama 1—7 iznio sam svoje razloge, zbog kojih smatram, da naš slovenski i lički crni bor imaju tipičnu građu iglica austrijskog crnog bora i da je on jedna od svojta, koje u našoj državi dolaze. Prema tome, crni bor iz Slovenije u području Jerebice, Trente, Nomenja, Begunjščice i Litije, kao i lički bor s područja Male Kapele, odredio sam kao *Pinus nigra* Arn. ssp. *austriaca* (Höss) nov. comb. ili austrijski crni bor.

Pitanje, da li je crni bor u Austriji jedinstven, ostaje još otvoreno, i dok se to pitanje ne raščisti, dajem našem slovenskom crnom boru vrijednost subspeciesa.

b. *Pinus nigra* Arn. ssp. *gočensis* (Đorđ.) n. comb.
(*Pinus nigra* Arn. var. *gočensis* Đorđ. 1931.)

S planine Goča imam 15 primjeraka crnog bora, i to iz autohtonih sastojina. Podaci o tim primjercima su ovi:

S područja Brezanskog rajona iz odjela 26 imam 3 primjerka. Stabla su s nadmorske visine od 950—1050 m. Geološka podloga je serpentin. Primjerak br. 1 uzet je s nad. vis. od 950 m, a ekspozicija mu je jugozapadna. Kora stabla je bijelosiva, uzdužno i poprečno izbrazdana u dugačke romboide ili deltoide. Krošnja je sasvim pri vrhu stabla, a grane su horizontalno smještene. Deblo je pravo bez grana. Primjerak br. 2 je uzet s nad. vis. od 960 m, s jugozapadne ekspozicije. Kora stabla je bijelosiva, uzdužno i poprečno izbrazdana u dugačke romboide ili deltoide. Krošnja je sasvim pri vrhu stabla, a grane su horizontalno smještene. Deblo je ravno i čisto je od grana. Primjerak br. 3 je s nad. vis. 1050 m, i s južne ekspozicije. Kora stabla je više crnosiva, samo uzdužno izbrazdana. Stablo je granato gotovo do zemlje, grane su horizontalno smještene, a krošnja je piramidalna.

S područja Krčanika, odjel 25, imam 2 primjerka. Nadmorska visina je oko 1100 m, ekspozicija je jugozapadna, a geološka podloga je serpentin. Krošnja je piramidalna, grane su horizontalno smještene i malo vise prema dolje. Kora stabala je svijetlosiva, karakteristično uzdužno i poprečno ispucala u obliku romboida (sl. 14).

Iz predjela Velike Kobasice, odjel 23, imam 1 primjerak. Nadmorska visina je oko 1000 m, a geološka podloga je serpentin. Stablo je granato do zemlje, a grane su mu smještene horizontalno. Krošnja stabla je piramidalna, a kora mu je crnosiva, uzdužno i poprečno izbrazdana.

Iz predjela Osoj, odjel 38, imam 6 primjeraka, od kojih 3 primjerka pripadaju po građi iglica u drugu grupu (ilirski crni bor). Primjerak br. 1 ima koru stabla crnosivu, koja nije karakteristično ispucala i deblja je nego kod ostalih primjeraka. Krošnja je piramidalna, a grane su na stablu horizontalno smještene.

Pored tih primjeraka dobio sam još 3 primjerka iz predjela Rokovac, odjel 28, ali budući da o njima nemam detaljnih podataka, to ih samo spominjem.

Anatomija iglica svakog pojedinog primjerka, veoma se razlikuje od austrijskog crnog bora i ti su primjerci po građi iglica slični drugoj grupi crnog bora iz Slovenije i Male Kaple-Plješivice. Može se reći, da su ti primjerci slični, ali nikako isti, jer naznačeni primjerci iz Slovenije i Hrvatske imaju jače razvijenu epidermu i hipodermu, širina i visina poprečnog prijesjeka iglica su im veće, a i broj slojeva transfuzijskog parenhima im je često veći. S austrijskim se crnim borom ne slažu ni u jednom elementu građe iglice, te ih zasad neću ni uspoređivati. Prema tome je ova grupa crnog bora s Goča vjerojatno svojta, koju Đorđević naziva gočki crni bor. Da bi dobio što točnije podatke o tom »gočkom« boru, izračunao sam varijaciono-statistički dimenzije za širinu iglica, visinu poprečnog prijesjeka iglica, broj smolenica i puči. Rezultati o tome su ovi:



Sl. — Fig. 14. Kora stabla gočkog crnog bora, Krčanić
(Foto: M. Vidaković) — Bark of *Pinus nigra* ssp. *gočensis*,
district of Krčanić

Širina iglica:

$$\bar{X} = 1437,5 \mu \quad \sigma_x = 163,2251$$

Visina poprečnog prijesjeka iglica:

$$\bar{X} = 851,1364 \mu \quad \sigma_x = 81,7601$$

Broj smolenica:

$$\bar{X} = 8,3181 \quad \sigma_x = 2,5949$$

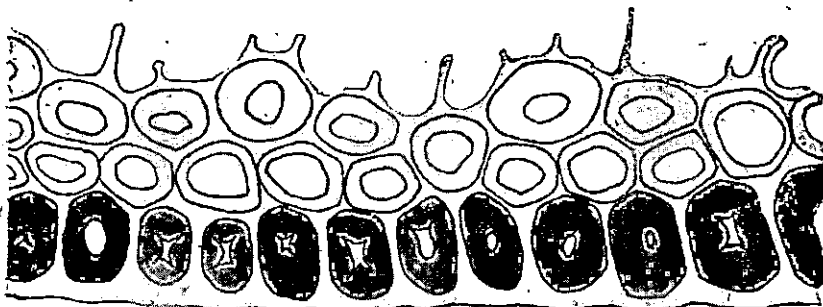
Broj puči:

$$\bar{X} = 11,750 \quad \sigma_x = 2,8499$$

Elementi, koji su izračunati varijaciono-statistički, prikazani su i histogramima.

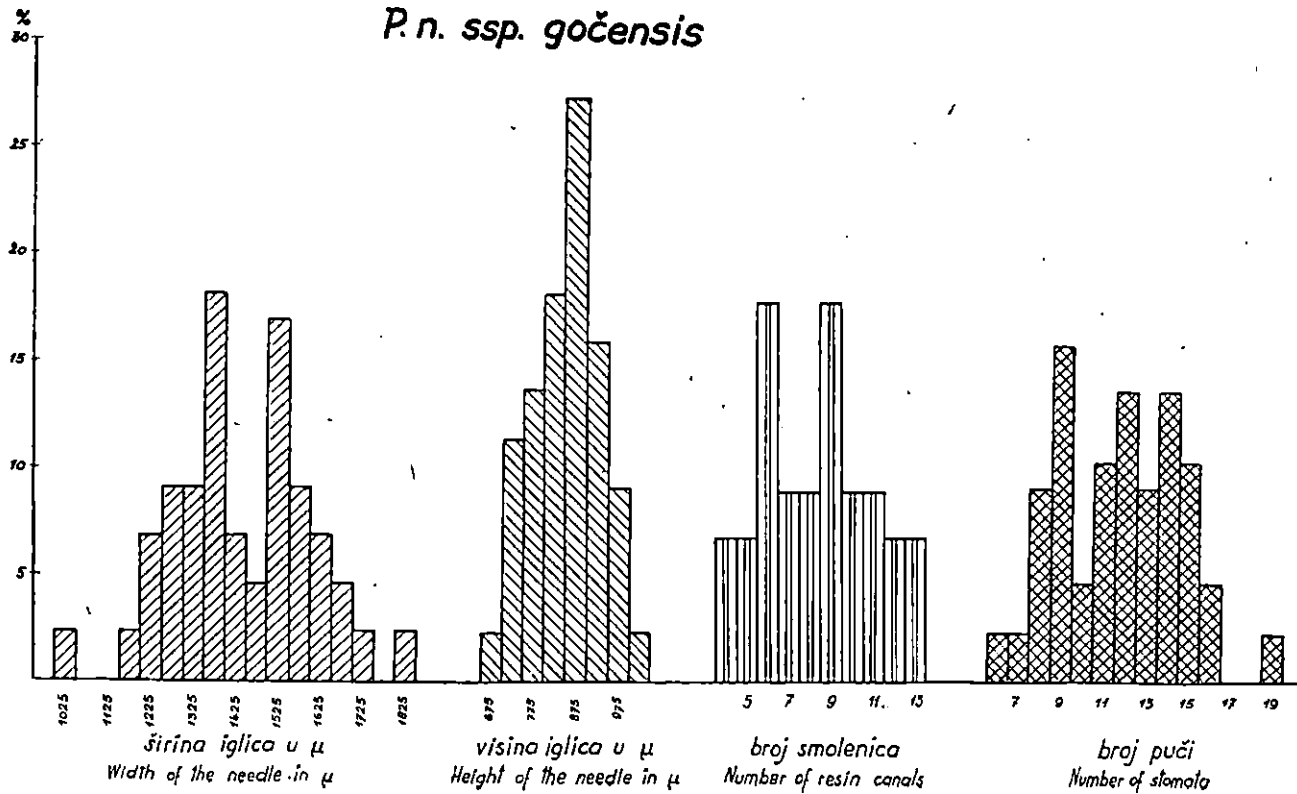
Na osnovu tih istraživanja anatomija iglica tog gočkog bora prikazana je na str. 233, tab. 8 i sl. 19.

Budući da se u građi iglica ova grupa ne slaže s prijašnjom svojtom, istražio sam, da li se ovaj crni bor signifikantno razlikuje od drugih svojta, koje dolaze u našoj državi. U poglavlju 10 iznio sam rezultate tih istraživanja, i prema

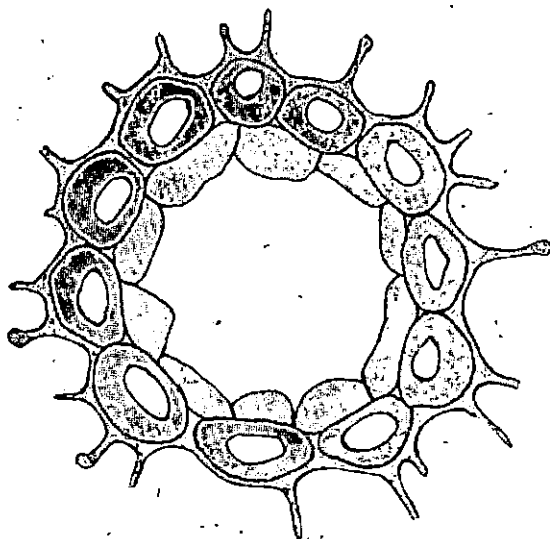


Sl. — Fig. 15. Detalj poprečnog prijesjeka iglice gočkog crnog bora: epiderma i hipoderma (pov. 550 X) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *gočensis*: epidermis and hypodermis (enlarg. 550 X)

njima gočki crni bor se signifikantno razlikuje i u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica od svih svojta crnog bora, koje kod nas dolaze. U broju smolenica gočki se bor signifikantno razlikuje od dalmatinskog crnog bora, a s austrijskim ta signifikantna razlika dolazi u pitanje. Od ilirskog i strumičkog (krimskog) crnog bora ovaj se bor s obzirom na broj smolenica ne razlikuje signifikantno. Što se tiče broja puči, gočki se bor signifikantno razlikuje jedino od dalmatinskog crnog

P. n. ssp. gočensis

bora. Budući da se ovaj bor značajno razlikuje u širini iglica i visini poprečnog prijesjeka iglica od tih svojta kod nas, a ti su elementi građe iglica veoma važni za određivanje svojta na osnovu anatomije iglica, smatram, da je taj bor sigurno jedna svojta crnog bora kod nas, koju je *Dorđević* odredio kao *Pinus nigra* Arn. var. *gočensis*, t. j. gočki crni bor. Pored značajnih razlika ovog bora od ostalih svojta u onim elementima, koje sam iznio, ovaj se crni bor razlikuje i u ostalim



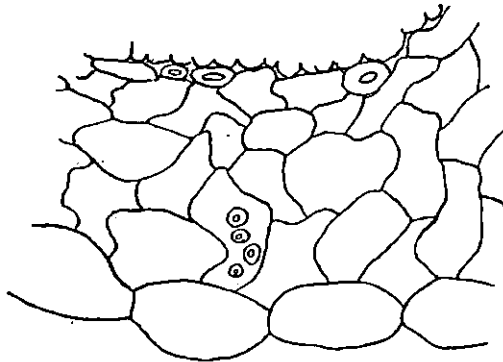
Sl. — Fig. 16. Detalj poprečnog prijesjeka iglice gočkog crnog bora: smolenica (pov. 550 X) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *gočensis*: resin canal (enlarg. 550 X)

elementima građe iglica od ostalih svojta, koje kod nas dolaze. Zbog toga dajem ovoj svojti vrijednost subspeciesa. Razlozi i detaljno obrazloženje toga su ovi:

1. Gočki crni bor se značajno razlikuje u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica od ostalih svojta, koje u Jugoslaviji dolaze od prirode. U broju smolenica on se značajno razlikuje od dalmatinskog i donekle austrijskog crnog bora, a u broju puči od dalmatinskog crnog bora.

2. Ako kompariramo anatomsku građu iglica slovenskog i ličkog crnog bora, koji sam odredio kao ssp. *austriaca*, s gočkim crnim borom, vidjet ćemo, da se ova dva bora veoma mnogo razlikuju u svim elementima građe iglica. Tako je na pr. velika razlika u građi hipoderme između ova dva bora.

Subspecies austriaca ima 2—3, veoma rijetko 4 sloja hipodermalnih stanica na konveksnoj i većinom 2, rjeđe 3, a veoma rijetko 1 sloj tih stanica na ravnoj strani iglice, dok se u uglovima iglice nalaze 3—4, rjeđe 2 sloja tih stanica. Hipodermalne stanice su na konveksnoj strani iglice veličine (14) 18—25 [29] μ . Membrane tih stanica su debele do prilično debele, odnosno veoma debele, a lumeni su im uski do srednje uski. Hipoderma je između puči prema unutrašnjosti zaobljena do slabo zaobljena, rijetko gotovo ravna. Gočki crni bor ima 2, rijetko 3, a veoma rijetko 1 sloj hipodermalnih stanica na kon-



Sl. — Fig. 17. Detalj poprečnog prijesjeka iglice gočkog crnog bora: slojevi transfuzijskog parenhima i nepotpuni sloj sklerenhimskih stanica iznad floema (pov. 358 X) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *gočensis*: layers of transfusion parenchyma and incomplete layer of sclerenchymatous cells over the phloem (enlarg. 358 X)

veksnoj strani i 2, rjeđe 1 sloj na ravnoj stranici iglice. U uglovima iglice nalaze se 3, rijetko 2 sloja tih stanica. Hipodermalne stanice su na konveksnoj strani iglice veličine 14—25 μ . Membrane tih stanica su prilično debele, veoma rijetko debele, odnosno srednje debele, dok su im lumeni srednje uski do široki, rjeđe prilično uski. Hipoderma je između puči prema unutrašnjosti gotovo ravna do ravna, rijetko slabo zaobljena.

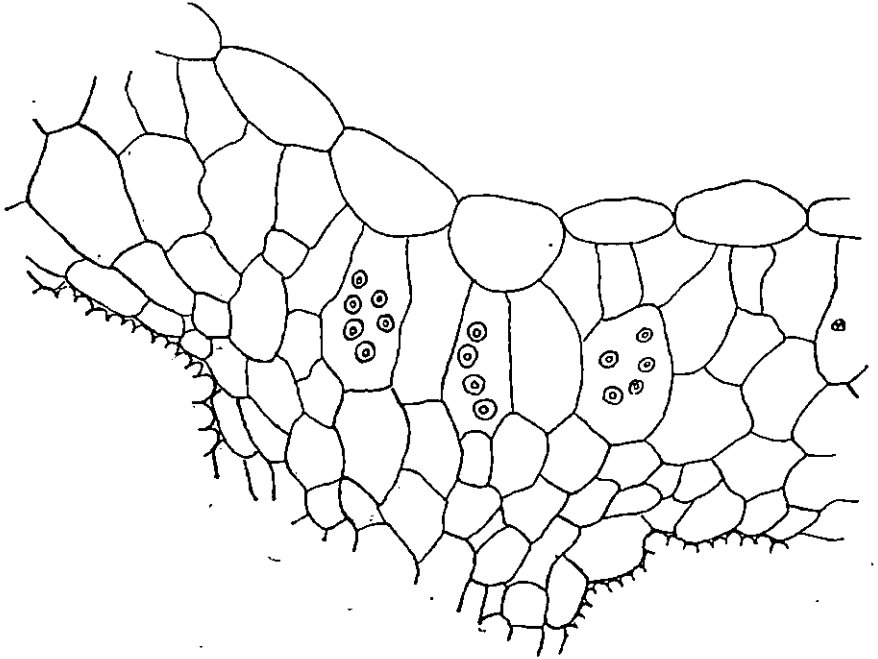
Iznad floemskih dijelova žila kod ssp. *austriaca* nalazi se 1 sloj sklerenhimskih stanica, a kojiput se nađe takvih stanica i ispod ksilemskih dijelova žila. Gočki crni bor ima 1 sloj tih stanica, koji je katkada i nepotpun. *Subspecies austriaca* ima 9—15 puči, veoma rijetko 6, odnosno 21, a broj smolenica 7—12, veoma rijetko 4, odnosno 15 smolenica. Oblik sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice, jest okrugao do eliptičan, dok su membrane tih stanica debele, rjeđe samo prilično debele. Gočki crni bor ima 9—15 puči, veoma rijetko 6, odnosno 19, a smolenica 6—11, rijetko 4, odnosno 13. Oblik sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice je eliptičan, rijetko okrugao, dok su membrane tih stanica prilično debele. Kao što vidimo, postoji razlika u broju slojeva sklerenhimskih stanica

iznad floemskih dijelova žila, broju smolenica, u obliku sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice, kao i u debljini membrana tih stanica, a donekle i u broju puči. Austrijski crni bor ima na floemskoj strani 3 veoma rijetko 2, a na ksilemskoj 5, veoma rijetko 4, odnosno 6 slojeva transfuzijskog parenhima, a gočki bor ima na floemskoj strani 2—3, a na ksilemskoj 4, veoma rijetko 5 slojeva tih stanica. Visina epidermalnih stanica na konveksnoj strani iglica kreće se kod austrijskog bora od 29—36 (40) μ , a na ravnoj strani iglica od 25—29 μ , a veoma rijetko 22, odnos 32 μ , dok je kod gočkog bora visina tih stanica na konveksnoj strani 25, rjeđe 22, a veoma rijetko 32 μ , a na ravnoj strani 18—25 μ . U širini tih stanica postoji također razlika. Kod austrijskog bora širina tih stanica iznosi 18, rjeđe 14, a veoma rijetko 22 μ , dok se kod gočkog bora širina kreće od 14—18 μ . Širina iglica iznosi kod *ssp. austriaca* 1450—1717 μ , a veoma rijetko 1240, odnosno 1960 μ , a visina poprečnog prijesjeka iglica 880—1050 μ , veoma rijetko 744, odnosno 1333 μ . Gočki crni bor ima širinu iglica 1274—1601 μ , rijetko 1642, a veoma rijetko 1038 μ , a visinu poprečnog prijesjeka iglica 770—933 μ , a veoma rijetko 713, odnosno 960 μ .

Iz gornjeg izlaganja vidimo, da se ova dva bora veoma mnogo razlikuju u broju slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj, ravnoj strani i u uglovima iglica, u debljini membrana, kao i u širini lumena tih stanica, zaobljenosti hipoderme, broju slojeva transfuzijskog parenhima, širini epidermalnih stanica, širini i visini poprečnog prijesjeka iglica, a najveća razlika je u visini epidermalnih stanica. Manje razlike su u broju slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, broju puči i broju smolenica, kao i u obliku sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice.

3. *Schwarz* je u svom radu (34) u tabeli I. donio prikaz anatomske građe iglica talijanskog crnog bora, i to iz Abruzzza, Kalabrije i Sicilije. Crni bor iz Abruzzza *Schwarz* je ubrojio u svoj *ssp. nigra*, a crni bor iz Kalabrije i Sicilije odredio je kao *ssp. Laricio*. Ako usporedimo *Schwarzove* rezultate za kalabrijski crni bor i onaj iz Abruzzza, vidjet ćemo, da se ta dva bora gotovo potpuno slažu u anatomske građi iglica. Crni bor iz Abruzzza ima po ovom autoru 1—3 sloja hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, a 1—2 sloja tih stanica na ravnoj strani iglice, dok kalabrijski crni bor ima 2—3 sloja stanica na konveksnoj strani i 2 sloja na ravnoj strani iglice. Debljina je membrana i širina lumena hipodermalnih stanica kod tih borova jednaka. Membrane su srednje debele, a lumeni su prilično široki. Hipoderma je slabo zaobljena kod oba primjerka. Broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih

dijelova žila je također jednak, t. j. iznosi 1 sloj. Broj smolenica iznosi kod crnog bora iz Abruzza 7—10, a širina iglica 1700 μ , dok kod kalabrijskog crnog bora broj smolenica iznosi 7—9, a širina iglica 1400 μ . Kao što vidimo, sasvim je mala razlika u broju slojeva hipodermalnih stanica i u broju smolenica, a veća razlika je u širini iglica. Iz tih rezultata anatomске građe iglica, koje Schwarz donosi za crni bor iz Kalabrije i Abruzza, ne može se zaključiti, da ova dva crna bora pripa-



Sl. — Fig. 18. Detalj poprečnog prijesjeka iglice gočkog crnog bora: slojevi transfuzijskog parenhima ispod ksilema (pov. 373 \times) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *gočensis*: layers of transfusion parenchyma below the xylems (enlarg. 373 \times)

daju različitim subspeciesima. Prema ovom autoru *ssp. Laricio* ima manji broj slojeva hipodermalnih stanica od *ssp. nigra*. U ovom slučaju crni bor iz Kalabrije, koji po Schwarzu odgovara *ssp. Laricio*, nema manji broj slojeva tih stanica od crnog bora iz Abruzza, koji on ubraja u *ssp. nigra*. Šta više, moglo bi se reći, da crni bor iz Abruzza ima manji broj slojeva tih stanica.

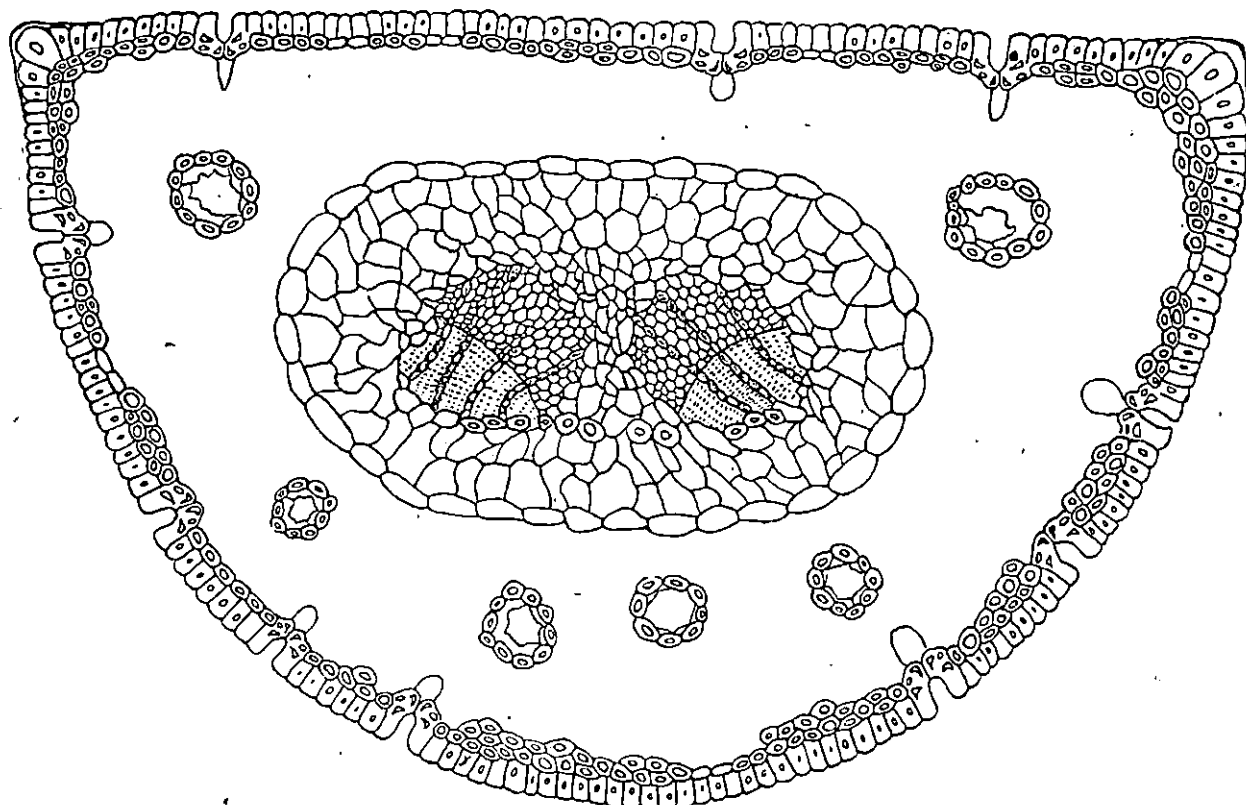
Kao što vidimo, po rezultatima Schwarz ne mogu se jasno razlikovati crni bor iz Kalabrije i crni bor iz Abruzza. I po tim

rezultatima ne možemo odijeliti ta dva crna bora jedan od drugog i odrediti ih kao dva subspeciesa. Možda su to dvije forme ili varijacije od ssp. *Laricio Delevoy* je pod var. *Calabrica* ubrojio i crni bor iz Abruzza, istina s upitnikom, ali kako on nije imao materijala iz Abruzza, nije ni mogao to kategorički tvrditi.

Ako usporedimo anatomsku građu iglica našeg gočkog crnog bora i crnog bora iz Kalabrije, koji je opisao *Schwarz*, vidjet ćemo, da nema razlike u građi iglica između ta dva bora. Gočki crni bor ima 2, rijetko 3, a veoma rijetko 1 sloj hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice. Na ravnoj strani ima 2, rjeđe 1 sloj tih stanica, dok u uglovima iglice ima 3, rjeđe 2 sloja tih stanica. Crni bor iz Kalabrije ima 2—3 sloja tih stanica na konveksnoj, 2 sloja na ravnoj strani iglice. Membrane hipodermalnih stanica su kod gočkog bora prilično debele, veoma rijetko debele, odnosno srednje debele, dok su lumeni srednje uski do široki, rjeđe prilično uski. Hipoderma je između puči gotovo ravna do ravna, rijetko slabo zaobljena. Crni bor iz Kalabrije ima membrane hipodermalnih stanica srednje debele, dok su lumeni tih stanica prilično široki. Hipoderma je između puči slabo zaobljena. Broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila je kod gočkog bora 1, koji sloj je katkada nepotpun. Broj smolenica iznosi 6—11, rijetko 4, odnosno 13, a širina iglica 1274—1601 μ , rijetko 1642, a veoma rijetko 1038 μ . Crni bor iz Kalabrije ima 1 sloj sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila. Broj smolenica se kreće od 7—9, a širina iglica iznosi 1400 μ . Kao što vidimo, nema neke osjetne razlike u građi iglica između crnog bora iz Kalabrije, koji je opisao *Schwarz*, i našeg gočkog crnog bora.

Delevoy donosi također prikaz anatomske građe iglica kalabrijskog crnog bora. Po njegovim rezultatima kalabrijski crni bor ima epidermalne stanice visoke 20 μ , i te stanice su zaobljene ili okrugle. Po mojim istraživanjima gočki crni bor ima epidermalne stanice visoke oko 25 μ , a široke 14—18 μ , i one su zaobljene.

Prema gornjim izlaganjima, nema razlike u anatomske građi iglica između našeg gočkog crnog bora i crnog bora iz Kalabrije, koji je opisao *Schwarz*, a po nepotpunim podacima i crni bor iz Abruzza ne odstupa mnogo u građi iglica od našeg gočkog bora. Baš zbog te jednake građe iglica kod gočkog i kalabrijskog crnog bora i zbog sličnosti u građi epiderme za kalabrijski crni bor (prema *Delvoyu*) i za naš gočki bor smatram, da su ta dva crna bora međusobno srodna. Ovu moju tvrdnju potpkrepljuje i to; što više autora donose, da kalabrijski bor



Sl. — Fig. 19. Poprečni prijesjek iglice gočkog crnog bora (pov. 130 X) — Transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *gočensis* (enlarg. 130 X)

dolazi i u Grčkoj. Prema *Rubneru* (33) crni bor se dijeli u 4 subspeciesa, i to *ssp. Pallasiana*, *ssp. austriaca*, *ssp. Corsicana* (= *Calabrica*) i *ssp. Cebennensis* (= *P. Salzmannii*). *Ssp. Corsicana* (*Calabrica*) dolazi prema njemu u Španiji, Korzici, Južnoj Italiji i Grčkoj. *Hempel-Wilhelm*, *Silva Tarouca*, *Beissner-Fitschen*, *Podhorsky* kao i *Dallimore-Jackson* donose također, da kalabrijski bor dolazi između ostalog i u Grčkoj. Ako kalabrijski bor prema navedenim autorima dolazi u Grčkoj, onda isto tako postoji vjerojatnost, da bismo ga našli i u Jugoslaviji.

*Delevo*y je u svom radu na str. 29. iznio, da je grčki crni bor možda kalabrijski ili francuski crni bor.

Schwarz je u svom radu iznio, da je međuforna iz Kalabrije, kako sam već prije rekao, križanac između *Pinus Heldreichii* i *ssp. Laricio*. Isto tako tvrdi on i za gočki crni bor da je križanac između *ssp. nigra* i *Pinus Heldreichii*. Prema tome su po ovom autoru gočki crni bor i jedna forma s Kalabrije u tome jednaki, t. j. oni su križanci. Da gočki crni bor nije križanac, o tome sam već govorio, a ovdje je važno naglasiti to, da *Schwarz* ipak nalazi nešto zajedničkog kod ta dva crna bora.

Svi ti nalazi drugih autora govore u prilog mojoj tvrdnji, da je gočki crni bor veoma srodan s kalabrijskim crnim borom, a kao najvažniji dokaz za to donosim prikaz anatomske građe iglica kalabrijskog crnog bora s planine Sila iz Kalabrije, odakle posjedujem jedan primjerak.

Ako sad usporedimo građu iglica gočkog bora i tog primjerka s planine Sila, vidjet ćemo, da se oni gotovo potpuno slažu. Gočki bor ima na konveksnoj strani iglice visinu epidermalnih stanica 25 μ , rjeđe 22, a veoma rijetko 32 μ . Na ravnoj strani visina tih stanica iznosi 18—25 μ . Širina tih stanica iznosi na obje strane iglice 14—18 μ . Kalabrijski bor ima visinu epidermalnih stanica na konveksnoj strani iglice 25, rjeđe 22, a veoma rijetko 29 μ , a na ravnoj strani 22—25 μ . Širina tih stanica iznosi kao i kod gočkog bora 14—18 μ . Broj puči je kod gočkog bora 9—15, veoma rijetko 6, odnosno 19, a kod kalabrijskog 11—17. Broj slojeva hipodermalnih stanica iznosi kod gočkog bora na konveksnoj strani 2, rjeđe 3, a veoma rijetko 1 sloj. Na ravnoj strani ima 2, rjeđe 1 sloj, a u uglovima iglice 3, rjeđe 2, sloja tih stanica. Stanice hipoderme su na konveksnoj strani iglice veličine 14—25 μ . Membrane tih stanica su prilično debele, veoma rijetko srednje debele, odnosno debele, dok su im lumeni srednje uski do široki, rjeđe prilično uski. Hipoderma je između puči prema unutrašnjosti gotovo ravna do ravna, rijetko slabo zaobljena. Kalabrijski bor ima 2, veoma rijetko 1 sloj hipodermalnih stanica na konveksnoj strani, na ravnoj strani 2, rjeđe 1 sloj, a u uglovima iglice 2, rijetko 3

sloja tih stanica. Hipodermalne stanice su na konveksnoj strani iglice veličine 14—25 μ . Membrane tih stanica su prilično debele, a lumeni su im prilično uski do srednje uski. Hipoderma je između puči prema unutrašnjosti slabo zaobljena do gotovo ravna. Kao što vidimo, u ovim elementima građe iglice nema razlike između ova dva bora. Broj smolenica kod gočkog bora iznosi 6—11, rijetko 4, odnosno 13 smolenica. Oblik sklerenhimskih stanica oko smolenice je eliptičan, rjeđe okrugao, dok su membrane tih stanica prilično debele. Kalabrijski bor ima 6—8 smolenica, a oblik sklerenhimskih stanica oko smolenica je eliptičan, rijetko okrugao, dok su membrane tih stanica srednje debele. Iznad floemskih dijelova žila nalazi se kod gočkog bora 1 sloj sklerenhimskih stanica, koji je katkada nepotpun, a kod kalabrijskog bora prema mojim istraživanjima taj sloj stanica uvijek postoji. Na floemskoj su strani kod gočkog bora 2—3 sloja transfuzijskog parenhima, a na ksilemskoj 4, veoma rijetko 5 slojeva. Kalabrijski bor ima na floemskoj strani 3, a na ksilemskoj 5 slojeva tih stanica. Širina iglica iznosi kod gočkog bora 1274—1601, rijetko 1642, veoma rijetko 1038 μ , a visina poprečnog prijesjeka iglica 770—933, a veoma rijetko 713 odnosno 960 μ . Kalabrijski bor ima širinu iglica 1550—1612, a visinu poprečnog prijesjeka iglica 930—1023 μ .

Prema tome gočki se crni bor sasvim neznatno razlikuje u građi hipoderme od tog primjerka s planine Sila iz Kalabrije, a jedino je veća razlika u broju slojeva transfuzijskog parenhima. Na osnovu tih rezultata može se ustvrditi, da su crni bor s područja Sila iz Kalabrije i naš gočki crni bor veoma bliske, ako ne i potpuno iste svojte. Točno odrediti srodnost na osnovu jednog primjerka (što se tiče kalabrijskog bora) nemoguće je, ali je jedno sigurno, da su ta dva bora među sobom mnogo srodnija nego gočki i austrijski crni bor, ili kalabrijski i austrijski crni bor. Zbog toga gočki crni bor ne možemo ubrojiti u austrijski, niti ga odrediti kao varijaciju austrijskog crnog bora.

4. Budući da se gočki bor vidno razlikuje u građi iglica od *ssp. austriaca* i po anatomskoj građi iglica odgovara kalabrijskom crnom boru, koji opisuje *Schwarz*, a s rezultatima *Delevoya* za kalabrijski crni bor se slaže u građi epiderme, ne možemo ubrojiti gočki crni bor u *subspecies austriaca*.

5. Još jedan razlog, što sam gočkom crnom boru dao vriednost *subspecies*, a nisam ga uvrstio u grupu kalabrijskog bora, jest taj, što ne posjedujem dovoljno materijala crnog bora iz Kalabrije, a anatomski prikaz građe iglica kalabrijskog crnog bora prema drugim autorima je prilično nepotpun, te se ne mogu potpuno na njega osloniti. Pitanje svojta kala-

brijskog bora u Južnoj Italiji nije riješeno, a isto tako nije raščišćeno ni pitanje svojta crnog bora u Albaniji i Grčkoj.

Pod točkama 1—5 navodim razloge, zašto sam crni bor s planine Goča odredio kao *Pinus nigra* Arn. ssp. *gočensis* (Dord.) n. comb. ili gočki crni bor.

Vrijednost subspeciesa za naš gočki crni bor je privremeno rješenje, dok se pitanje svojta crnog bora u Italiji i Grčkoj ne riješi u potpunosti.

c. *Pinus nigra* Arn. ssp. *gočensis*

(Dord.) var. *illyrica* n. var.

Pored austrijskog, dalmatinskog, gočkog i strumičkog (krimskog) crnog bora u Jugoslaviji dolazi još jedan crni bor, kojega ću građu iglica kao i obrazloženje svojte detaljno iznijeti u ovom poglavlju. Materijal je sakupljen iz autohtonih nalazišta. Podaci o tim primjerima su ovi:

Prof. Urban mi je sabrao jedan primjerak crnog bora s Ravne planine, nalazište Hodža. Geološka podloga je vapnenac. Nadmorska visina je oko 1300 m. Ekspozicija je sjeverozapadna.

S područja Han Pijeska imam 2 primjerka. Primjerak br. 1 je iz područja Donja Krivaja — Kruškovica odjel 145, s nad. vis. 960 m. Ekspozicija je jugozapadna, a geološka podloga je serpentin. Primjerak br. 2 je iz područja Brezova Ravan-Ratak-Devećak, odjel 70. Nadmorska visina je oko 1100 m, a ekspozicija je istočna. Geološka podloga je vapnenac.

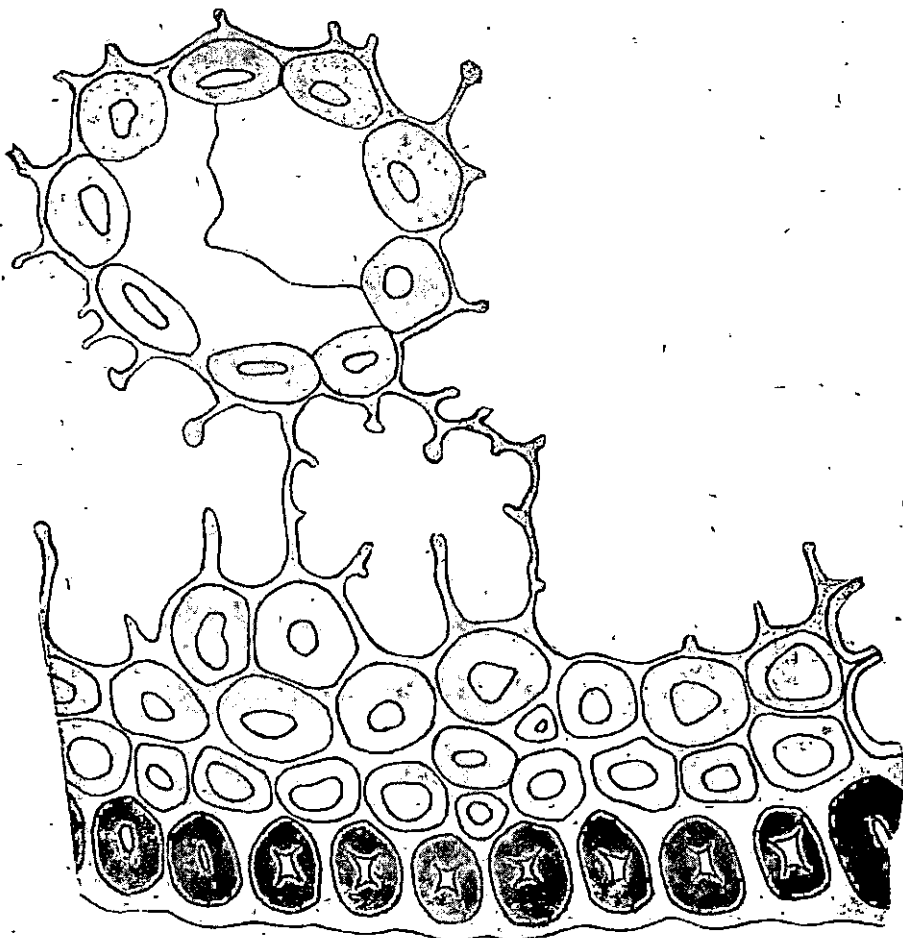
S područja Višegrada imam 6 primjeraka. Iz nalazišta Ruški Omot posjedujem 1 primjerak s nad. vis. od oko 930 m. Ekspozicija je jugozapadna, a geološka podloga je vapnenac.

Iz predjela Banje nedaleko od Višegrada imam 3 primjerka s nad. vis. 400—450 m. Geološka podloga je serpentin. Kora stabala je crnosiva (sl. 24). Primjerak broj 1 je sa sjeverozapadne ekspozicije. Kora debela je uzdužno izbrazdana, boje crnosive, koja vuče malo na crveno. Grane su na stablu horizontalno smještene, a vrhovi su im zavinuti prema gore. Stablo je granato gotovo do zemlje. Primjerak br. 2 je sa sjeverozapadne ekspozicije. Kora debela je uzdužno izbrazdana, boje crnosive, koja vuče na crveno. Stablo nije granato. Krošnja je piramidalna. Primjerak br. 3 je uzet s jugoistočne ekspozicije. Ostali podaci su kao kod primjerka br. 2. -

Iz predjela Gornja Lijeska (Višegrad) imam 2 primjerka. To je čista crna borova sastojina. Nadmor. vis. je oko 950 m, ekspozicija je istočna, a geološka podloga je vapnenac. U ovoj sastojini ima starih sjemenjaka prsnog promjera i do 1 m, a visina im iznosi 30—35 m. Sjemenjaci su punodrvni, grane su smještene pri vrhu debela kao kod gočkog bora, i boja kore im je slična, možda je nešto manje bijela i manje izbrazdana (sl. 25). Krošnje stabala nisu kišobranaste, već su više piramidalne. Primjerak br. 1 uzet je s istočne ekspozicije. Primjerak br. 2 je uzet sa sjeverozapadne ekspozicije.

S područja Plevlje imam 3 primjerka. Primjerak br. 1: nalazište Presjeka-Korijen, nad. vis 1045 m, ekspozicija je jugozapadna, a geo-

loška podloga je vapnenac. Primjerak br. 2: nalazište Crni vrh-Kosanića, nad. vis. je 1455 m, ekspozicija je južna, a geološka podloga je vapnenac. Primjerak br. 3: nalazište Leverski Omar-Levertara, nad. vis. je 1246 m, ekspozicija je južna, a geološka podloga je vapnenac.



Sl. — Fig. 22. Detalj poprečnog prijesjeka iglice ilirskog crnog bora: epiderma, hipodermis i smolenica (pov. 625 X) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *gočensis* var. *illyrica*: epidermis, hypodermis and resin canal (enlarg. 625 X)

S planine Zlatara iz predjela Borje imam 2 primjerka crnog bora. Nadmorska visina je oko 1000—1200 m. Ekspozicija je sjeverozapadna, a geološka podloga je vapnenac.

S područja Priboja posjedujem 1 primjerak. Predjel je Crni vrh, nalazište Mala Lokva (Sandžak). Nadmorska visina je 1200 m, ekspozicija je jugoistočna, a geološka podloga je serpentin.



Sl. — Fig. 20. Sastojina ilirskog crnog bora, Zlatibor — Gornji Čavlovac (Foto: M. Vidaković) — A stand of *Pinus nigra* ssp. *gočensis* var. *illyrica* at Zlatibor — Gornji Čavlovac



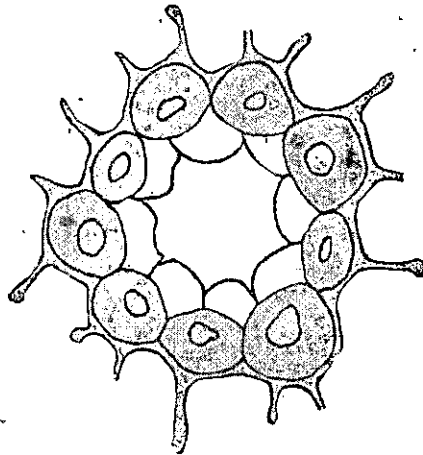
Sl. — Fig. 21. Krošnje stabala ilirskog crnog bora sa Zlatibora — Gornji Čavlovac (Foto: M. Vidaković) — Tree crowns of *Pinus nigra* ssp. *gočensis* var. *illyrica* at Zlatibor — Gornji Čavlovac

S područja Kremne imam 1 primjerak. Nalazište je Tara-Kaluderske Bare, nad. vis. je 900 m, ekspozicija je istočna, a geološka podloga serpentin.

S područja Bajine Bašte posjedujem 1 primjerak. Nalazište je Crni vrh-Okuke. Nadmorska visina je 1140 m, a ekspozicija je jugoistočna. Geološka podloga je vapnenac.

S planine Zlatibor imam 6 primjeraka. Iz šumskog predjela Mišćema imam 2 primjerka. To je autohtona mješovita sastojina običnog i crnog bora. Geološka podloga je serpentin. Primjerak br. 1 je sa 1400 m nad. vis., a primjerak br. 2 sa 920 m nad. vis. Kora debla je sivocrna, uzdužno izbrazdana. Stablo je prilično granato. Grane su pri vrhu stabla i horizontalno su otklonjene od debla, a vrhovi su im prema gore savinuti. Krošnja je piramidalna.

Iz šumskog predjela Gornji Čavlovac (Zlatibor) imam 4 primjerka. U tom je predjelu crni bor većinom pomiješan s običnim borom. Geološka podloga je serpentin. Stabla su uspravna i visoka i do 30 m, a prsni promjer im se kreće od oko 35—50 cm. U toj se sastojini vrši smolarenje. Primjerak br. 1 uzet je s 1200 m nad vis. Primjerak br. 2 sam uzeo iz naznačenog predjela, ali iz čiste sastojine crnog bora. Nadmorska visina je oko 1000 m, ekspozicija je sjeverozapadna. Grane su na stablu smještene horizontalno, a vrhovi su im prema gore savinuti. Krošnja je piramidalna. Kora debla je sivocrna. Primjerak br. 3 je iz mješovite sastojine crnog i običnog bora. Nadmorska visina je oko 1000 m, ekspozicija je istočna. Ostale oznake su kao kod prijašnjih primjeraka. Primjerak br. 4 je iz iste mješovite sastojine crnog i običnog bora. Nadmorska visina je oko 100 m. Ekspozicija je istočna. Smještaj i oblik grana, boja kore i oblik krošnje je isti kao kod primjeraka br. 2 i 3.

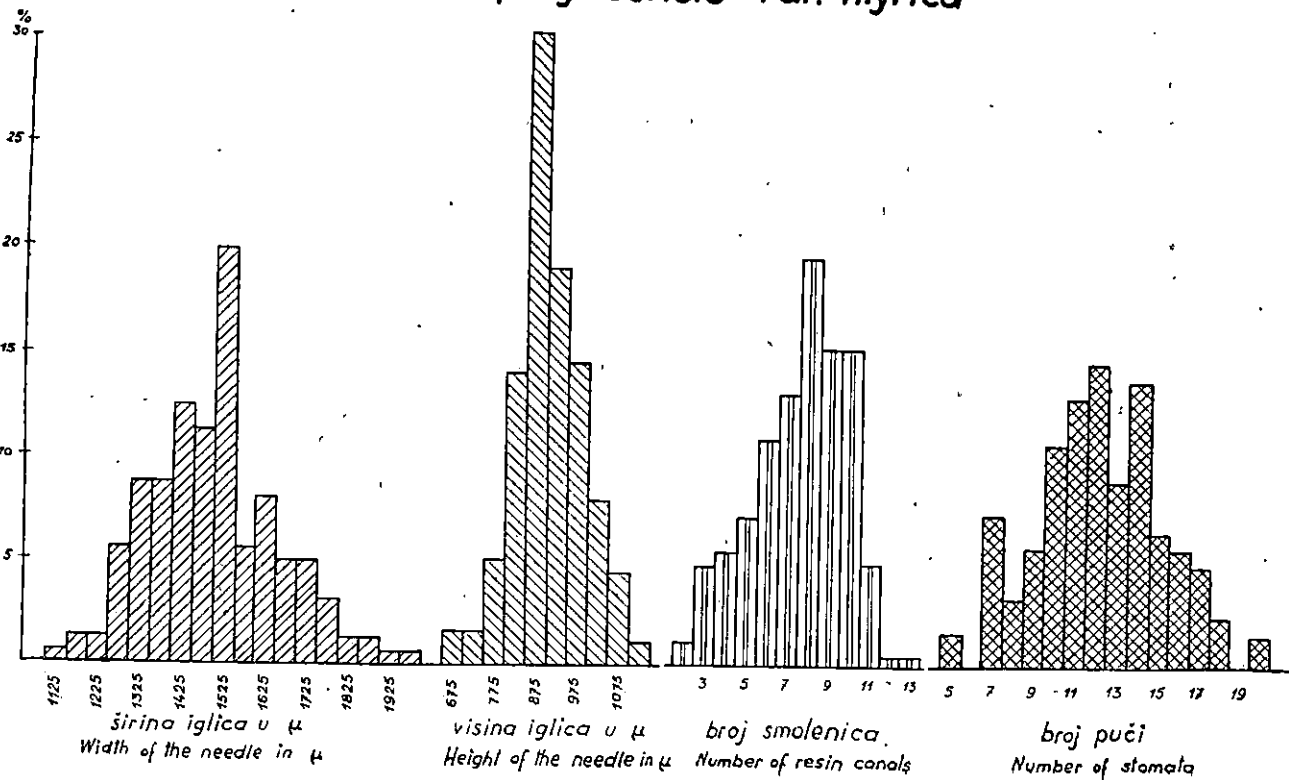


Sl. — Fig. 23. Detalj poprečnog prijesjeka iglice ilirskog crnog bora: sklerenhimske stanice okruglastog oblika oko smolnice (pov. 540 X) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *gočensis* var. *illyrica*: sclerenchymatous cells of rounded shape lining resin canal (enlarg. 540 X)

S područja Đakovičkih planina imam 1 primjerak, koji je uzet iz državne šume. Nadmorska visina je oko 1150 m. Ekspozicija je jugoistočna, a geološka podloga serpentin.

S planine Goča imam 3 primjerka, koji prema građi iglica dolaze u ovu skupinu. Sva 3 primjerka su iz 38. odjela, s nad. vis. 800—1000 m, a geološka podloga je serpentin.

Iz Makedonije imam 1 primjerak, koji po građi iglica pripada u ovu grupu. Primjerak je s područja Maleških planina, nalazište Gradšte. Geološka podloga su škriljci, a ekspozicija je sjeverna.

P.n. ssp. gočensis var. illyrica



Sl. — Fig. 24. Kora stabla crnog bora sa serpentina, Banja kod Višegrada (Foto: M. Vidaković) — Bark of *Pinus nigra* tree grown on serpentine soil at Banja near Višegrad



Sl. — Fig. 25. Kora stabla crnog bora sa vapnenca, Gornja Lijeska — Višegrad (Foto: M. Vidaković) — Bark of *Pinus nigra* tree grown on calcareous soil at Gornja Lijeska — Višegrad

Detaljnih istraživanja o svojstava crnoga bora u Bosni i Crnoj Gori može se reći, da nije bilo. Većina autora ubraja bosanski crni bor u austrijski. Drugi autori kao *Hickel* (16a), *Delevoy* (7), *Pardé* (26) smatraju bosanski bor jednom posebnom svojtom crnog bora. *Piškorić* (28) navodi mišljenje prof. *H. Barbeya*, prema kojemu se bosanski crni bor ne može smatrati jednostavno crnim borom nego jednim oblikom te vrste. *Fröhlich* (12) smatra, da crni bor u Bosni na serpentinu tvori jednu stanišnu rasu. Prof. *Horvat* (18) veli u vezi s tim problemom, da bi to trebalo istražiti botanički i fitocenološki. Crni bor iz Zapadne Srbije s planine Goča *Đorđević* je odredio kao *Pinus nigra var. gočensis*. Prof. *Novak* je na Zlatiboru našao jedan primjerak crnog bora, koji je prema boji iglica odredio kao *Pinus Laricio zlatiborica*. Prema *Omamoviću* (24) ovaj je crni bor žutih iglica posječen. *Omamović* (25) donosi kratak opis nekih svojta crnog bora i onda dalje veli: »Sve ove neznatne morfološke i anatomske osobine svih pobrojanih vrsta trebalo bi uzeti u obzir, da se mogne uzeti sud o tipičnoj formi *Pinus nigra* na Zlatiboru«.

Kao što vidimo, pitanje svojta crnoga bora u istočnoj Bosni, zapadnoj Srbiji i Crnoj Gori zasad je još slabo razjašnjeno. Posjedujem 38 primjeraka (s lokaliteta koje sam veći iznio) iz toga basena te se nadam, da će i ova istraživanja pridonijeti rješenu tog problema.

Anatomija iglica kod ovih primjeraka slična je ili jednaka građi iglica crnog bora s Plješivice, crnom boru II. grupe s Male Kapele i iz Slovenije, za koje primjerke sam iznio, da po građi iglica ne odgovaraju austrijskom crnom boru. Druga grupa s Male Kapele i primjerak br. 3 s Plješivice imaju istu građu iglica kao i ovi primjerci, dok druga grupa iz Slovenije i ostali primjerci s Plješivice malo odstupaju u građi hipoderme, broju slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, visini epidermalnih stanica, a donekle i u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica. Budući da se primjerci II. grupe iz Slovenije kao i navedeni primjerci s Plješivice ne slažu u potpunosti s ovim primjercima, ne mogu ih ni uvrstiti u ovu grupu, dok ću crni bor iz II. grupe s Male Kapele i jedan primjerak s Plješivice ubrojiti u ovu grupu, jer on po građi iglica potpuno odgovara ovim primjercima. Znači, da je crni bor iz zapadne Srbije (osim gočkog crnog bora), istočne Bosne, Crne Gore, Maleških planina u Makedoniji i jedne grupe crnog bora s Male Kapele i Plješivice jedan određeni oblik crnog bora. Širina iglica, visina poprečnog prijesjeka iglica, broj puči i smolenica za taj oblik prikazani su histogramima i izračunati varijaciono-statistički. Rezultati su ovi:

Širina iglica:

$$\bar{X} = 1501,3975 \mu \quad \sigma_x = 156,7304$$

Visina poprečnog prijesjeka iglica:

$$\bar{X} = 904,7752 \mu \quad \sigma_x = 85,2775$$

Broj smolenica:

$$\bar{X} = 7,5580 \quad \sigma_x = 2,2418$$

Broj puči:

$$\bar{X} = 12,1869 \quad \sigma_x = 3,0871$$

Na osnovu tih rezultata anatomija iglica tog oblika prikazana je na str. 234, tab. 23 i sl. 26.

Taj oblik crnog bora, kojega sam građu iglica upravo iznio, ne slaže se u građi iglica ni s jednom svojtom, koja dolazi u našoj državi, te ću zbog toga taj bor odrediti kao *Pinus nigra* Arn. ssp. *göčensis* (Dorč.) var. *illyrica* n. var. ili ilirski crni bor. Razlozi, što sam crni bor s naznačenih lokaliteta odredio kao jednu novu svojtu crnog bora kod nas, jesu ovi:

1. Ako kompariramo ilirski crni bor sa *Schwarzovim* ssp. *nigra*, t. j. austrijskim crnim borom, koji po ovom autoru dolazi i u zapadnom dijelu naše države sve do Srbije, vidjet ćemo, da *Schwarzovi* rezultati ne odgovaraju našem ličkom crnom boru, koji dolazi u tom području, gdje prema ovom autoru dolazi austrijski crni bor. Anatomska građa iglica tih dvaju borova je ova: *Subspecies nigra* ima na konveksnoj strani iglice 1—3 sloja hipodermalnih stanica. Membrane tih stanica su debele, a lumeni široki. Hipoderma je između puči zaobljena, katkad ravna. Ilirski crni bor ima na konveksnoj strani iglice 2—3 sloja hipodermalnih stanica, membrane tih stanica su debele do prilično debele, rijetko srednje debele, dok su im lumeni uski do srednje uski, veoma rijetko široki. Hipoderma je između puči slabo zaobljena, rijetko zaobljena, odnosno gotovo ravna. Kao što vidimo, u građi hipoderme ta se dva bora ne slažu. Isto tako se ne slažu u broju smolenica. *Subspecies nigra* ima 5—10, a ilirski crni bor [2] 5—10 [13] smolenica. U širini iglica je naročito velika razlika. Ssp. *nigra* ima iglice široke 1600—1800 μ , a kod ilirskog crnog bora širina se iglica kreće od [1116] 1345—1658 [1767] μ .

Za ostale elemente građe iglice *Schwarz* nije donio podatke. Prema tome, *Schwarzov* ssp. *nigra*, koji dolazi u zapad-

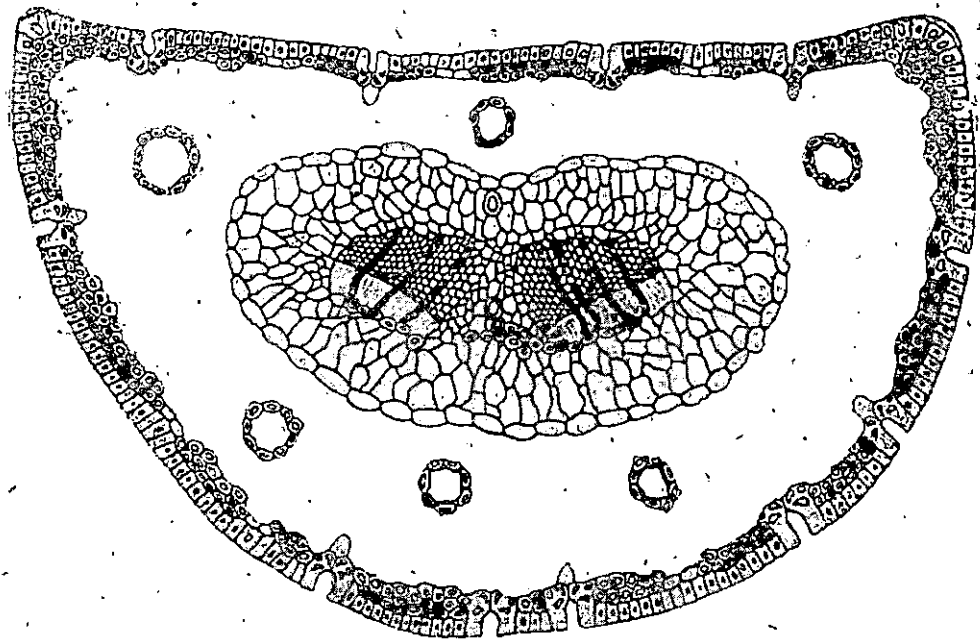
nom dijelu naše države, razlikuje se u anatomskeoj građi iglica od našeg ilirskog crnog bora, koji obuhvata i onaj dio naše države, gdje prema ovom autoru treba da dolazi *ssp. nigra*.

Schwarzov primjer za *ssp. nigra* iz Abruzza (Italija) više se slaže u anatomskeoj građi iglica s našim ilirskim crnim borom nego sa *ssp. nigra*. Crni bor iz Abruzza ima 1—3 sloja hipodermalnih stanica na konveksnoj, a 1—2 sloja tih stanica na ravnoj strani iglice. Membrane hipodermalnih stanica su srednje debele, dok su im lumeni prilično široki. Hipoderma je između puči slabo zaobljena. Ilirski crni bor ima 2—3 sloja tih stanica na konveksnoj strani i 2, veoma rijetko 1, odnosno 3 sloja tih stanica na ravnoj strani iglice. Membrane hipodermalnih stanica su debele do prilično debele, rijetko srednje debele, dok su im lumeni uski do srednje uski, veoma rijetko široki. Hipoderma je između puči slabo zaobljena, rijetko zaobljena, odnosno gotovo ravna. Kao što vidimo, u debljini membrana i širini lumena, kao i u zaobljenosti hipoderme, crni bor iz Abruzza više se slaže s ilirskim crnim borom nego sa *ssp. nigra*. Crni bor iz Abruzza ima jedan sloj sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, a broj smolenica se kreće od 7—10, dok mu širina iglica iznosi 1700 μ . Ilirski crni bor ima također jedan sloj sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, a broj smolenica se kreće od [2] 5—10 [13]. Širina iglica mu iznosi [1116] 1345—1658 [1767] μ . Ni u tim elementima građe iglica nije tako velika razlika, jer crni bor iz Abruzza možemo prema tim podacima uklopiti u ilirski crni bor. Ostale elemente ne mogu komparirati, jer *Schwarz* nije donio podatke o njima.

Crni bor iz Abruzza je veoma sličan po građi iglica kalabrijskom crnom boru, koji je opisao *Schwarz*, jedina veća razlika je u širini iglica. A i prema mojim istraživanjima nema velike razlike između crnog bora iz Abruzza, koji je opisao navedeni autor, i mojih rezultata za kalabrijski crni bor. Slično se ponaša i naš ilirski crni bor prema gočkom crnom boru, t. j. u građi iglica ta su dva bora dosta slična.

Zbog toga, što se crni bor iz Abruzza dosta slaže u građi iglica s našim ilirskim crnim borom, i zbog toga, što je on sličan kalabrijskom boru, kao što je i naš ilirski bor blizak gočkom boru, pretpostavljam, da je crni bor iz Abruzza identičan s našim ilirskim crnim borom. To ne mogu kategorički tvrditi, jer primjeraka crnog bora iz Abruzza nemam, a prikaz anatomske građe iglica tog bora je nepotpun.

Anatomska građa iglica austrijskog crnog bora prema *Delvoyu* nikako se ne slaže s ilirskim crnim borom, pa zbog toga ne ću ni donijeti komparaciju građe iglica tih dvaju borova,



Sl. — Fig. 26. Poprečni prijesjek iglice ilirskog crnog bora (pov. 88 X) — Transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *gočensis* var. *illyrica* (enlarg. 88 X)

nego donosim tabele, iz kojih se to lako može očitati. Dovoljno je da istaknem, da *var. austriaca* po *Delevoyu* ima 3—5 slojeva hipodermalnih stanica i da su joj epidermalne stanice 30—40 μ visoke, a iglice su široke 2000 μ .

Iz toga možemo zaključiti, da se *Schwarzov ssp. nigra* ne slaže u građi iglica s našim ilirskim crnim borom i da je građa iglica crnog bora iz Abruzzi slična građi iglica kod našeg ilirskog crnog bora, te prema tome pretpostavljam, da je crni bor iz Abruzzi identičan s ilirskim crnim borom. Isto tako se ni austrijski crni bor, koji je opisao *Delevoy*, ne slaže s ilirskim crnim borom.

2. Ilirski crni bor se signifikantno razlikuje u širini iglica i visini poprečnog prijesjeka iglica od svih svojta, koje u Jugoslaviji dolaze. U broju smolenica se signifikantno razlikuje od austrijskog i dalmatinskog crnog bora, a u broju puči od dalmatinskog crnog bora.

3. Ako kompariramo anatomsku građu iglica ilirskog crnog bora s mojim *ssp. austriaca*, vidjet ćemo, da ilirski crni bor odstupa u anatomske građi iglica od *ssp. austriaca*. Razlike su između *ssp. austriaca* i ilirskog crnog bora ove: Broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice kreće se kod austrijskog crnog bora od 2—3, a veoma rijetko imamo i četvrti sloj tih stanica, a na ravnoj strani iglice broj slojeva iznosi 2, rijetko 3, a veoma rijetko 1 sloj. U uglovima poprečnog prijesjeka iglica imamo 3—4, rjeđe 2 sloja hipodermalnih stanica. Ilirski crni bor ima 2—3 sloja hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, ali većinom prevladavaju 2 sloja tih stanica. Na ravnoj strani iglice ima 2, veoma rijetko 1, odnosno 3 sloja tih stanica. U uglovima poprečnog prijesjeka iglice nalazi se 3, rijetko 2, odnosno 4 sloja hipodermalnih stanica. U veličini hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice nema razlike između ta dva bora, dok u debljini membrane i širini lumena tih stanica postoji mala razlika. *Ssp. austriaca* ima membrane tih stanica debele do prilično debele, veoma rijetko srednje debele, odnosno veoma debele, a lumen uske do srednje uske. Ilirski crni bor ima membrane tih stanica debele do prilično debele rijetko srednje debele, a lumen uske do srednje uske, veoma rijetko široke. U zaobljenosti hipoderme je isto tako samo neznatna razlika. Kod austrijskog bora hipoderma je zaobljena do slabo zaobljena, rijetko gotovo ravna, dok je kod ilirskog bora slabo zaobljena, rijetko zaobljena odnosno gotovo ravna. *Ssp. austriaca* ima 1 sloj sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, a rjeđe se nađe 1 nepotpuni sloj tih stanica i ispod ksilemskih dijelova žila. Ilirski bor ima također iznad floemskih dijelova

žila 1 sloj sklerenhimskih stanica, ali nema ispod ksilemskih dijelova toga sloja. Broj puči kod *ssp. austriaca* iznosi 9—15, veoma rijetko 6, odnosno 21, a broj smolenica 7—12, veoma rijetko 4, odnosno 15. Ilirski bor ima 9—15 puči, veoma rijetko 5, odnosno 20, a broj smolenica 5—10, veoma rijetko 2, odnosno 13. Oblik sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice je kod *ssp. austriaca* okrugao do eliptičan, dok su membrane tih stanica debele, rjeđe prilično debele, a kod ilirskog bora oblik tih stanica je također okrugao do eliptičan, ali su im membrane debele do prilično debele. *Subspecies austriaca* ima na floemskoj strani žila 3, veoma rijetko 2 sloja transfuzijskog parenhima, a na ksilemskoj strani 5, veoma rijetko 4, odnosno 6 slojeva tih stanica. Ilirski bor ima na floemskoj strani 2—3, a na ksilemskoj 4—5 slojeva tih stanica. Visina epidermalnih stanica na konveksnoj strani iglice kreće se kod austrijskog bora od 29—36, rjeđe 40 μ , a na ravnoj strani od 25—29, veoma rijetko 22, odnosno 32 μ , dok kod ilirskog bora visina tih stanica iznosi na konveksnoj strani 25—29, rjeđe 22, odnosno 32 μ , a na ravnoj strani 22—25, rjeđe 18, odnosno 29 μ . Širina epidermalnih stanica iznosi na obje strane iglice kod austrijskog bora 18, rjeđe 14, a veoma rijetko 22 μ , dok je kod ilirskog bora širina tih stanica 14—18 μ . Širina iglica iznosi kod austrijskog bora 1450—1717 μ , a veoma rijetko 1240, odnosno 1960 μ , a visina poprečnog prijesjeka iglica 880—1050 μ , a veoma rijetko 744, odnosno 1333 μ . Ilirski bor ima širinu iglica 1345 do 1658 μ , rijetko 1767, a veoma rijetko 1116 μ , a visina poprečnog prijesjeka iglica kod ovog bora iznosi 819—990 μ , a veoma rijetko 713, odnosno 1100 μ .

Kao što vidimo, ilirski crni bor se razlikuje u anatomskoj građi iglica od austrijskog crnog bora u svim elementima anatomske građe iglica osim u veličini hipodermalnih stanica. Naravno je velika razlika u visini i širini epidermalnih stanica, kao i u visini i širini poprečnog prijesjeka iglica.

4. Gočki crni bor se također razlikuje od ilirskog crnog bora, ali su te razlike u građi iglica nešto manje nego između austrijskog i ilirskog crnog bora. Ako kompariramo anatomiju iglica gočkog i ilirskog crnog bora, vidjet ćemo u kojim se elementima građe iglica ta dva bora ne slažu. Gočki crni bor ima na konveksnoj strani iglice 2, rijetko 3 sloja hipodermalnih stanica, a veoma rijetko 1 sloj, dok je na ravnoj strani 2, rijetko 1 sloj tih stanica. U uglovima poprečnog prijesjeka iglice nalaze se 3, rijetko 2 sloja hipodermalnih stanica. Ilirski bor ima 2—3 sloja, ali većinom prevladavaju 2 sloja hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, a na ravnoj strani ima 2, veoma rijetko 1, odnosno 3 sloja tih stanica. U uglovima iglice

nalazi se 3, rjeđe 2, odnosno 4 sloja tih stanica. Hipodermalne stanice na konveksnoj strani iglice kod gočkog bora veličine 14—25 μ . Membrane tih stanica su prilično debele, veoma rijetko debele, odnosno srednje debele, dok su im lumeni srednje uski do široki, rijetko prilično uski. Ilirski bor ima stanice hipoderme 18—25, rijetko 14, a veoma rijetko 29 μ velike. Membrane tih stanica su debele do prilično debele, rjeđe srednje debele, dok su im lumeni uski do srednje uski, veoma rijetko široki. Hipoderma je kod gočkog bora gotovo ravna do ravna, rijetko slabo zaobljena, a kod ilirskog bora slabo zaobljena, rjeđe zaobljena, odnosno gotovo ravna. Iznad floemskih dijelova žila nalazi se kod gočkog bora 1 sloj sklerenhimskih stanica, ali je taj sloj često nepotpun. Kod ilirskog bora nalazi se 1 puni sloj tih stanica. Broj puči kod gočkog bora kreće se od 9—15, a veoma rijetko se nađe 6, odnosno 19 puči, a kod ilirskog bora 9—15, veoma rijetko 5, odnosno 20 puči. Broj smolenica iznosi kod gočkog bora 6—11, rijetko 4, odnosno 13, a kod ilirskog bora 5—10, veoma rijetko 2, odnosno 13 smolenica. U obliku kao i u debljini membrana sklerenhimskih stanica oko smolenica nema većih razlika između ova dva bora. Kod gočkog bora oblik tih stanica je eliptičan, rjeđe okrugao, a membrane su im prilično debele, dok su kod ilirskog bora te stanice okruglog do eliptičkog oblika, a membrane su im debele do prilično debele. Broj slojeva transfuzijskog parenhima kod gočkog bora iznosi na floemskoj strani 2—3, a na ksilemskoj 4, veoma rijetko 5 slojeva, a kod ilirskog bora imamo 2—3 sloja tih stanica na floemskoj strani i 4—5 slojeva na ksilemskoj strani. U visini i širini epidermalnih stanica također nema većih razlika između ova dva bora. Gočki bor ima stanice epiderme na konveksnoj strani iglice 25, rjeđe 22, a veoma rijetko 32 μ , a na ravnoj strani 18—25 μ . Ilirski bor ima epidermalne stanice na konveksnoj strani iglice 25—29, rjeđe 22, odnosno 32 μ , a na ravnoj strani 22—25 μ , rjeđe 18, odnosno 29 μ . Širina tih stanica je kod jednog i kod drugog bora s obje strane iglice 14—18 μ . U širini i visini poprečnog prijesjeka iglica postoje također razlike. Gočki bor ima širinu iglica 1274—1601, rijetko 1642, veoma rijetko 1038 μ , a visina poprečnog prijesjeka iglica je 770—933 μ , a veoma rijetko 713, odnosno 960 μ . Ilirski bor ima širinu iglica 1345—1658 μ , rijetko 1767, a veoma rijetko 1116 μ . Visina poprečnog prijesjeka iglica je kod ovog bora 819—990 μ , a veoma rijetko 713, odnosno 1100 μ .

Kao što vidimo, ilirski crni bor odstupa od gočkog crnog bora u broju slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj, ravnoj strani iglice, kao i u uglovima poprečnog prijesjeka

iglice, debljini membrana i širini lumena hipodermalnih stanica, zaobljenosti hipoderme, broju slojeva sklerenhimskih stanica iznad-floemskih dijelova žila, a nešto malo odstupa u veličini hipodermalnih stanica, broju puči, broju smolenica, obliku sklerenhimskih stanica oko smolenica, kao i u debljini membrana tih stanica, broju slojeva transfuzijskog parenhima, širini i visini poprečnog prijesjeka iglica. U širini i visini epidermalnih stanica ilirski i gočki crni bor se gotovo potpuno slažu.

5. Pod točkom 3. i 4. iznio sam, u kojim se elementima građe iglice austrijski crni bor, odnosno gočki crni bor, ne slaže s ilirskim crnim borom. Ako sad usporedimo sva tri bora među sobom, vidjet ćemo, da je ilirski crni bor, što se tiče nekih elemenata građe iglice, nekako na prijelazu između austrijskog i gočkog crnog bora, a stojeći svakako bliže gočkom crnom boru. Tako na pr. austrijski crni bor ima najjače razvijenu hipodermu, a gočki bor najslabije, dok ilirski bor stoji na sredini između ova dva. Isto tako je i s brojem slojeva transfuzijskog parenhima, kao i s oblikom i debljinom membrana sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice. Ti elementi kod ilirskog bora ne slažu se sa istim elementima kod gočkog i austrijskog crnog bora, nego su također na prijelazu između njih. Razlog, zašto sam ipak veću vrijednost dao nazivu *ssp. gočensis var. illyrica*, leži u tome, što se austrijski crni bor veoma razlikuje od ilirskog u građi epidermalnih stanica, kao i u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica, a baš u tim se elementima i gočki crni bor najjače razlikuje od austrijskog crnog bora, a slaže se s ilirskim crnim borom, ili samo nešto malo odstupa od njega. Zbog toga smatram, da je ilirski crni bor ipak nešto bliži gočkom crnom boru, te sam ga zato i odredio kao varijaciju *subspecies* *gočensis*.

6. Komparaciju ilirskog crnog bora s dalmatinskim i strumičkim crnim borom ne donosim, jer se on od tih borova toliko razlikuje, da pitanje identičnosti ilirskog crnog bora s jednim od ovih ne dolazi uopće u obzir.

Pod točkama 1.—6. navodim razloge, zašto sam taj crni bor odredio kao posebnu svojtu, i to kao *Pinus nigra* Arn. *ssp. gočensis* (Dord.) *var. illyrica* n. *var.* ili ilirski crni bor:

d. *Pinus nigra* Arn. ssp. *dalmatica*
(Vis.) Schwz. n. comb.

(*Pinus dalmatica* Vis., 1842.; *P. nigra* f. *dalmatica* Ronn., 1924.;
P. maritima ssp. *dalmatica* Schwz., 1938.; *P. nigra* ssp. *Orientalis*
var. *dalmatica* (Vis.) Delevoy, 1949.)

Da bih odredio svojtu dalmatinskog crnog bora, sakupio sam materijal iz autohtonih sastojina s otoka Brača i Hvara, s poluotoka Pelješca, kao i iz crnoborovih kultura s otoka Cresa, Lošinja i Suska. Djelomice sam i dobio materijala s tih lokaliteta preko bivšeg Saveznog ministarstva šumarstva. Budući da crni bor s poluotoka Pelješca ne odgovara tipičnom dalmatinskom crnom boru, to ću njegov opis donijeti u poglavlju: Prelazni oblici.

S otoka Brača imam 11 primjeraka crnog bora. Podaci o tim primjercima su ovi:

Iz predjela Pliš posjedujem 1 primjerak. Predjel Pliš nalazi se na jugoistočnom dijelu otoka, nedaleko Smrčevika. Primjerak se nalazi na nad. vis od oko 325 m, a geološka mu je podloga vapnenac. Tlo je krševito i srednje duboko.

Iz predjela Motrinje Ograde posjedujem 1 primjerak. Ovaj primjerak nalazi se na nad. vis. od oko 500 m, geološka mu je podloga vapnenac, tlo je krševito i srednje duboko.

Iz predjela Fantovi Dolci imam 1 primjerak. To je čista i autohtona sastojina crnog bora. Nadmorska visina je oko 500 m, geološka podloga je vapnenac, a tlo je osrednje duboko. Stabla su visoka oko 15 m, dosta su uspravna i misu kišobranaste krošnje. Krošnje propuštaju dosta svijetla. Kora stabala je manje izbrazdana, sivocrna do crvenkasta.

Iz predjela Mala Visoka posjedujem 2 primjerka. Primjerci su uzeti s nad. vis. od 600 i 620 m, a geološka im je podloga bila vapnenac.

Iz predjela Korita posjedujem 4 primjerka. Primjerci su uzeti s nad. vis. od 580—600 m i s jugoistočne ekspozicije. Geološka podloga tla je vapnenac. To je čista i autohtona sastojina crnog bora. Na jednom dijelu predjela Korita vrši se smolarenje na crnom boru. Primjerci su uzeti iz onog dijela, gdje se ne vrši smolarenje. Većina stabala je kišobranaste krošnje.

Iz predjela Knežeravan posjedujem 2 primjerka. To je autohtona sastojina crnog bora, u kojoj se sad vrši smolarenje. Nadmorska je visina 400—525 m, a geološka podloga vapnenac. Tlo je dosta duboko. Ekspozicija je razna.

S otoka Hvara sakupljeno je 6 primjeraka crnog bora. Podaci o tim primjercima su ovi:

Iz predjela Sv. Nikola posjedujem 1 primjerak, koji je samonikao u autohtonoj sastojini. Ekspozicija je sjeverozapadna, geološka podloga je vapnenac, a nad. vis. 600 m.

Iz predjela Gvozd imam 1 primjerak s nad. vis. od oko 500 m. Ekspozicija je sjeverozapadna, a geološka podloga tla je vapnenac.

Iz predjela Oštra Glava posjedujem također 1 primjerak, koji je uzet iz autohtone sastojine s nad. vis. od oko 300 m. Ekspozicija je sjeverna, a geološka podloga vapnenac.

Iz predjela Borovik imam 2 primjerka. Sastojina u Boroviku je autohtona na nad. vis. od oko 335 m do otprilike 450 m. Ta se sastojina nalazi jugozapadno od mjesta Dol i južno od mjesta Stari Grad. Nagib je osrednji, geološka podloga je vapnenac; samoga tla ima malo, i što se više penjemo, tlo je sve glicije. Stabla su često kišobranaste krošnje, prilično granata i slabo se čiste od grana. Deblo im je često puta veoma krivo. Kora debla je sivocrna, uzdužno izbrzdana.

Iz predjela Carton-Dolac imam 1 primjerak. Nad. vis. je oko 460 m, a ekspozicija je jugozapadna. Geološka podloga tla je vapnenac. Tu su stabla manje kišobranasta nego u Boroviku, grane su horizontalno smještene, a gornje su malo prema gore zavinate. Kora debla je sivocrvenkasta.

S otoka Lošinja sakupio sam 4 primjerka crnog bora, i to iz predjela Osoršćica. Ta je sastojina podignuta na umjetni način. Na otoku Lošinju nisam našao autohtonog crnog bora. Tla se kultura crnog bora nalazi na nad. vis. od 200—300 m, ekspozicija je sjeverna. Geološka podloga je vapnenac, a tlo je dosta duboko. Prva 3 primjerka imaju kraće iglice od četvrtoga. Individuumima s dugim iglicama ima u toj sastojini malo; oni su samo ovdje ondje uprskani između onih, koji imaju kraće iglice. Primjerci, koje posjedujem, nemaju jednaku anatomiju iglica. Dva primjerka se slažu među sobom, a treći se donekle slaže s njima; dok četvrti primjerak veoma odstupa u građi iglica od ostalih. Prva tri primjerka odgovaraju većini primjeraka s otoka Braća i Hvara.

Ni na otoku Cresu nema autohtonog crnog bora. Iz crnoborovih kultura s Cresu imam više primjeraka od kojih dva odgovaraju primjercima br. 1 i 2 s Osoršćice (Lošinj). Ti su primjerci iz predjela Vrana s nad. vis. od oko 300 m i jugozapadne ekspozicije. Geološka podloga je vapnenac. U toj kulturi pored ovakvih primjeraka, koji se slažu s dalmatinskim crnim borom, ima i korzičkog crnog bora.

S otoka Susak posjedujem 1 primjerak. Ubrao mi ga je prof. dr. I. Pevalek. To je također sadeni crni bor s pjeskovita tla, par metara iznad mora. Taj primjerak po građi iglica također odgovara dalmatinskom crnom boru.

Ako promatramo sve primjerke s otoka Braća, Hvara i poluotoka Pelješca, vidjet ćemo, da oni nemaju svi jednaku građu iglica. Najznačajnija je razlika u građi hipoderme i donekle epiderme. Jedni primjerci imaju 2—5 slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, a visina im je epidermalnih stanica na istoj strani 30—40 μ , dok drugi primjerci imaju 2—3, veoma rijetko 4 sloja hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, a visina je epidermalnih stanica kod nekih primjeraka veća od 30 μ , a od drugih manja od 32 μ . Razlika je i u ostalim elementima građe iglice, ali ove su najviše uočljive. Dosada nismo kod razrade pojedinih svojta imali primjeraka, koji bi imali 2—5 slojeva hipodermalnih stanica. Ako te primjerke s tih lokaliteta, koji imaju 2—5 slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani poprečnog prijesjeka iglica svrstamo u jednu grupu, vidjet ćemo, da se elementi građe iglice tih primjeraka među sobom slažu, t. j. da je građa iglica tih primjeraka jednaka i da ona odstupa od građe iglica austrijskog i ilirskog crnog bora. Ti primjerci odstupaju go-



Sl. — Fig. 27. Dalmatinski crn. bor, Brač — Knežeravan (Foto: M. Vidaković) — *Pinus nigra* ssp. *dalmatica* on the isle of Brač, district Knežeravan.

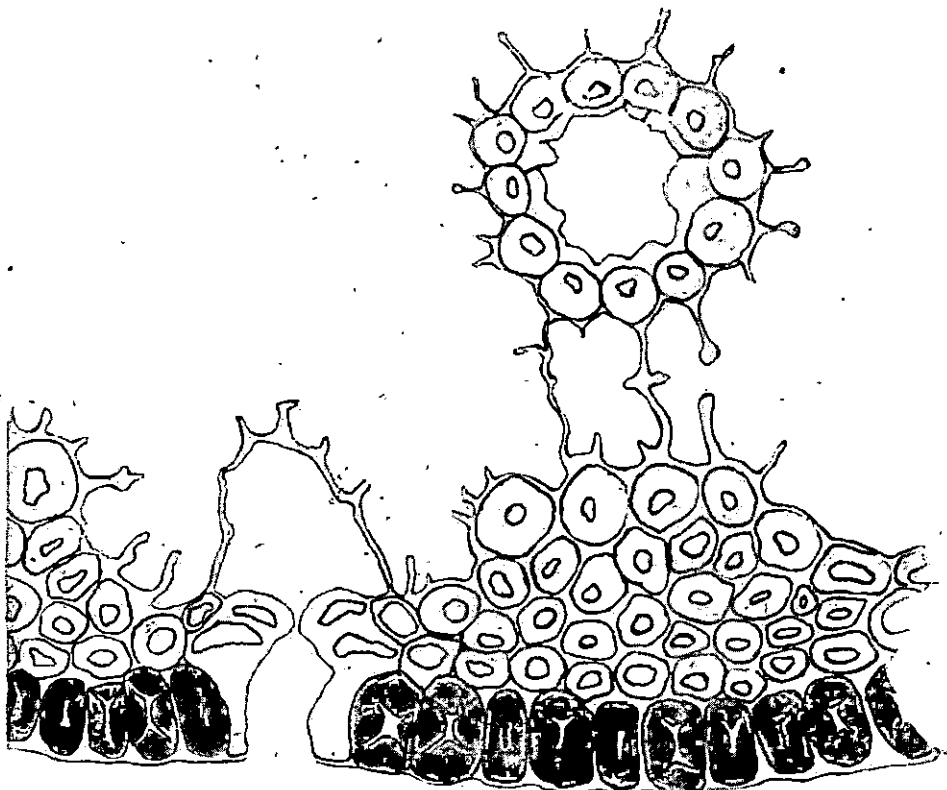


Sl. — Fig. 29. Dalmatinski crni bor, Hvar — Borovo (Foto: M. Vidaković) — *Pinus nigra* ssp. *dalmatica* on the isle of Hvar, district Borovo



Sl. — Fig. 28. Grupa dalmatinskog crnog bora, Brač — Knežeravan (Foto: M. Vidaković)
— Tree groups of *Pinus nigra* ssp. *dalmatica* on Brač — Knežeravan

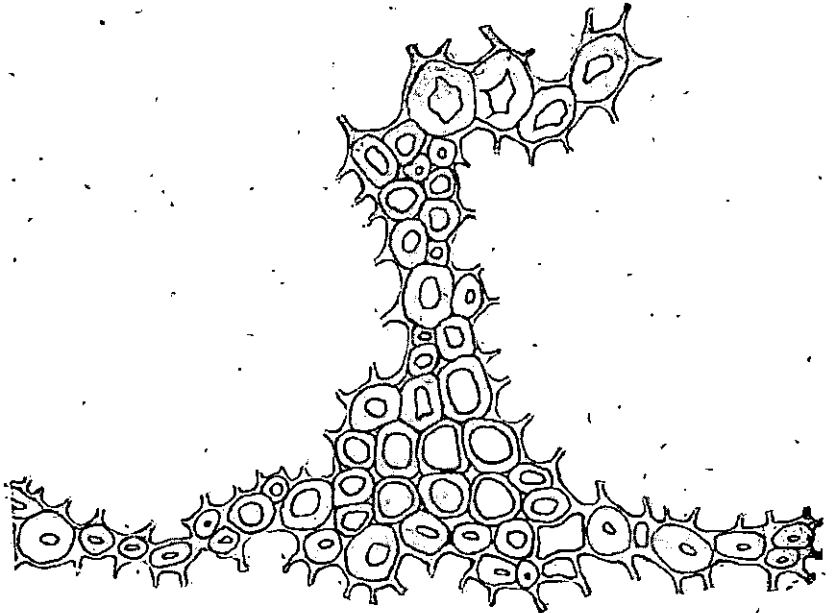
tovo u svim elementima građe iglice od austrijskog i ilirskog crnog bora. Komparaciju s gočkim crnim borom ne ću ni donijeti, jer je između njih veoma velika razlika i jer se već ilirski crni bor, koji je varijacija gočkog crnog bora te stoji po građi iglica između austrijskog i gočkog crnog bora, ne slaže ni u jednom elementu građe iglice s tim primjercima.



Sl. — Fig. 30. Detalj poprečnog prijesjeka iglice dalmatinskog crnog bora: epiderma, hipoderma, puč i smolenica: (pov. 388 X) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *dalmatica*: epidermis, hypodermis, stoma and resin canal (enlarg. 388 X)

Prikaz anatomije iglica dalmatinskog crnog bora je donio jedino *Schwarz*, dok su *Delevoij* i *Ronninger* dalmatinski crni bor uvrstili prema građi iglica u austrijski crni bor. Prema *Schwarzu* naš dalmatinski bor ima 3—5 slojeva hipodermalnih stanica, koje su debelih membrana i uskih lumena. Ovi primjerci imaju 2—5 slojeva hipodermalnih stanica, a membrane su im veoma debele do prilično debele, dok su im lumeni

veoma uski do prilično uski. Hipoderma je između puči, prema *Schwarzu*, veoma zaobljena, a isto tako i ovi primjerci imaju veoma zaobljenu do zaobljenu hipodermu između puči. Kod *Schwarza ssp. dalmatica* ima 4—9 smolenica, a 2—3 sloja sklerenhimskih stanica iznad floema. Ovi primjerci imaju 6—15 smolenica, a 1 sloj sklerenhimskih stanica iznad floema, veoma rijetko još 1 sloj. Ti se slojevi provlače i između žila. Prema



Sl. — Fig. 31. Detalj poprečnog prijesjeka iglice dalmatinskoga crnog bora: sklerenhimski slojevi iznad floema i između žila (pov. 240 X) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra ssp. dalmatica*: scherenchymatous layers over the phloem and between the vascular bundles (enlarg 240X)

tome, u tim elementima postoje manje razlike. Širina iglica iznosi po *Schwarzu* za dalmatinski bor 1500—1800 μ , dok ovi primjerci imaju širinu iglica od [1395] 1426—2170 μ . Kao što se iz komparacije vidi, nema velikih razlika između dalmatinskog bora, koji je opisao *Schwarz*, i ovih primjeraka. Rezultati *Ronnigera* i *Delevoya* ne mogu se komparirati s ovim primjercima, jer oni u anatomiji iglica ne razlikuju dalmatinski crni bor od austrijskog crnog bora.

Iz svega izloženog može se zaključiti:

1. da ti primjerci veoma odstupaju u građi iglica od *ssp. austriaca*, *ssp. gočensis var. illyrica*, a pogotovu od samog *ssp. gočensis*.

2. *Schwarzov ssp. dalmatica* gotovo se poklapa u građi s ovim primjercima.

3. Što se tiče građe hipoderme, može se tvrditi sa sigurnošću, da ovi primjerci nikako ne pripadaju ni u austrijski ni u ilirski crni bor.

Da bismo dobili pregledniju sliku o tom crnom boru, prikazao sam histogramima i izračunao varijaciono-statistički širinu i visinu poprečnog prijesjeka iglica, broj smolenica i broj puči. Rezultati o tome su ovi:

Širina poprečnog prijesjeka iglica

$$\bar{X} = 1758,6842 \mu \quad \sigma_x = 175,8629$$

Visina poprečnog prijesjeka iglica

$$\bar{X} = 1081,3158 \mu \quad \sigma_x = 97,0967$$

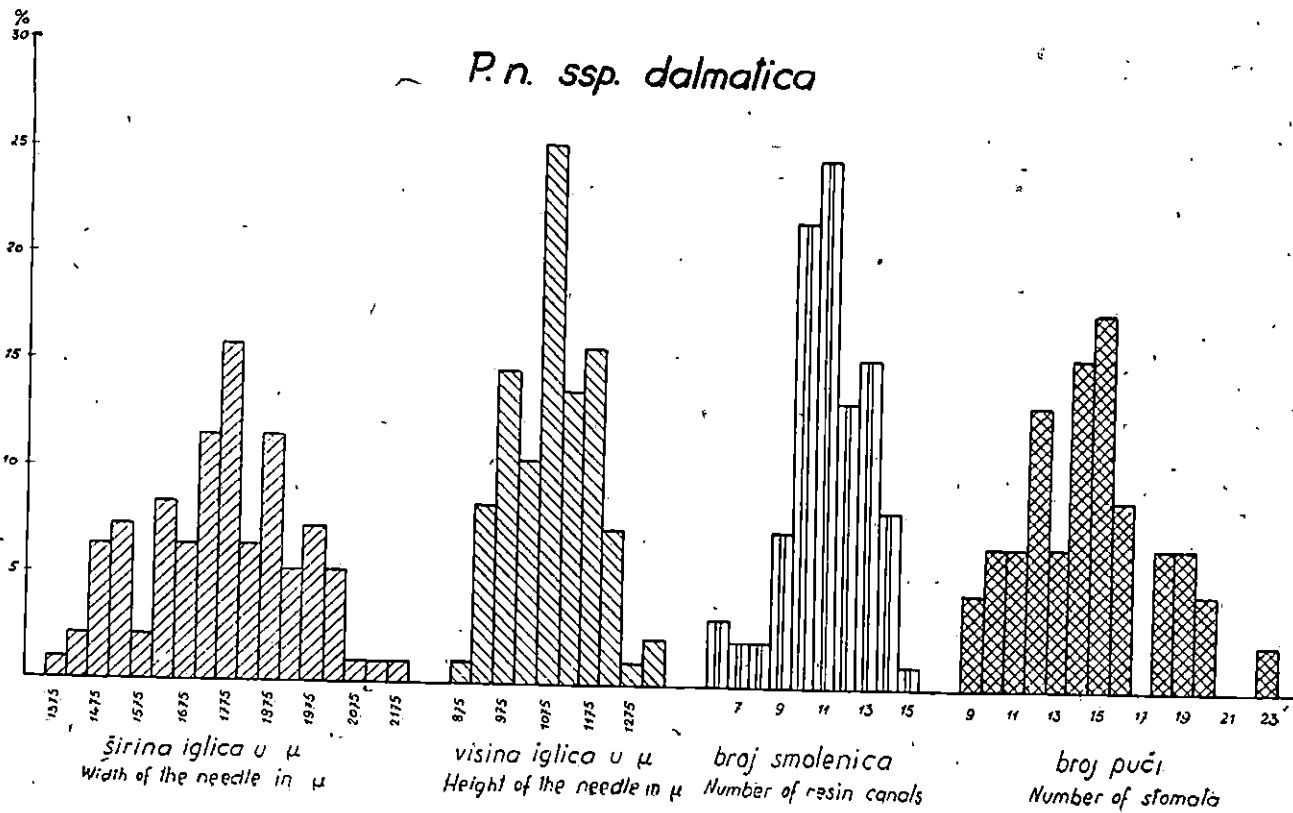
Broj smolenica

$$\bar{X} = 11,0729 \quad \sigma_x = 1,8764$$

Broj puči

$$\bar{X} = 14,4 \quad \sigma_x = 3,1794$$

Ako usporedimo te rezultate za širinu iglica, visinu poprečnog prijesjeka iglica, broj puči i smolenica s rezultatima za austrijski ili ilirski crni bor, vidjet ćemo, da se oni ne slažu. Ovi primjerci imaju širinu iglica 1583—1934 μ , a prosječna im je širina 1759 μ . Visina poprečnog prijesjeka iglica iznosi 984—1178 μ , a prosječna visina je 1081 μ . Broj njihovih smolenica kreće se od 9—13, a prosječno ih ima 11. Broj puči kreće im se od 11—17, a prosječno ih ima 14. Austrijski bor ima širinu iglica 1450—1717 μ , a prosječna širina iznosi 1583 μ . Visina poprečnog prijesjeka iglica toga bora kreće se od 880 do 1050 μ , prosječno 965 μ . Broj smolenica iznosi 7—12, prosječno 9,5, a broj puči 9—15, prosječno 12. Ilirski bor ima visinu iglica 1345—1658 μ , prosječno 1501 μ . Visina poprečnog prijesjeka iglica kreće se od 819—990 μ , prosječno 905 μ . Smolenica ima 5—10, prosječno 7,5, a broj puči iznosi 9—15, prosječno 12. Ovi, dakle, primjerci sigurno odstupaju i u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica, kao i u broju smolenica i puči od austrijskog i ilirskog crnog bora. Da bismo točno utvrdili, barem što se tiče nekih elemenata građe iglice, da li se tu radi o nekoj drugoj svojti ili ne, istražio sam, postoji li signifikantna razlika između tih primjeraka i austrijskog i ilirskog crnog bora na prvom mjestu, pa drugih svojta, koje dolaze u Jugoslaviji. Rezultate o tome donosim u poglavlju br. 10. Ti



rezultati pokazuju, da se ovi primjerci signifikantno razlikuju od austrijskog i ilirskog crnog bora u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica, broju smolenica i puči. A građa hipoderme kod tih primjeraka tako jako odstupa od građe hipoderme kod austrijskog i ilirskog crnog bora, te su već i tih pet elemenata dovoljni, da se donese zaključak, da su ti primjerci jedna druga svojta crnog bora kod nas.

Tu svojtu, koje građu iglice donosim, nazvat ću *Pinus nigra* Arn., ssp. *dalmatica* (Vis.) Schwz. ili dalmatinski crni bor. Anatomija iglica tog dalmatinskog bora je prikazana na str. 234, tab. 8 i sl. 32.

Taj sam crni bor odredio kao ssp. *dalmatica* iz ovih razloga:

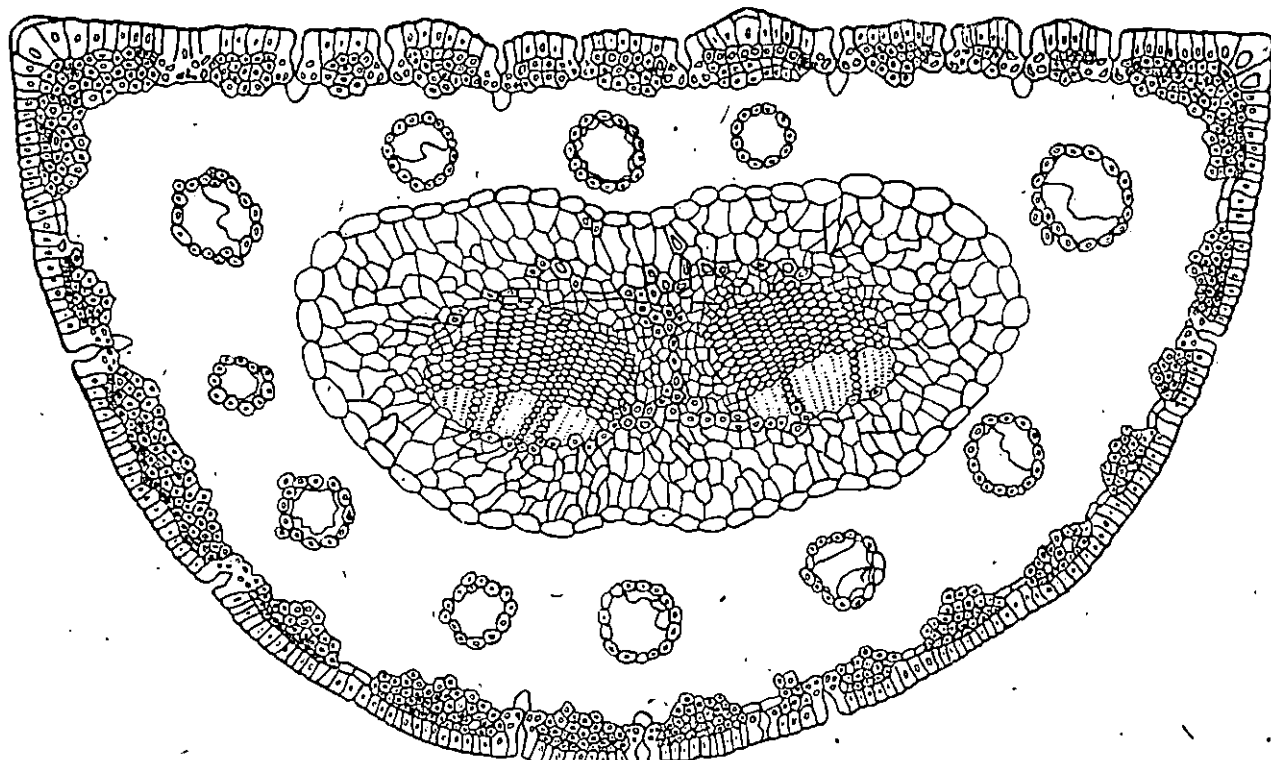
1. Ova se svojta što se tiče građe iglica ne slaže ni s jednom svojtom crnog bora, koja u Jugoslaviji dolazi, a isto tako prema literaturi i, donekle, mojim istraživanjima ni sa svojta, koje dolaze izvan granica naše države.

2. *Schwarzov* ssp. *dalmatica* ima gotovo istu građu iglica kao i ovi primjerci, koje sam istraživao. Postojeće razlike vjerojatno proizlaze iz toga, što je ovaj autor imao premalo materijala za istraživanje. On donosi tabelaran prikaz anatomije iglica dalmatinskog crnog bora samo s jednog lokaliteta (Nevesi). Jasno je, da se na osnovu toga ne mogu dobiti tako točni i punovrijedni rezultati za jednu svojtu. Pored toga, *Schwarz* nije istražio sve elemente građe iglica, te su s te strane njegovi rezultati nepotpuni. Ali, i pored toga anatomija iglica dalmatinskog crnog bora, koji sam odredio, slaže se toliko sa *Schwarzovim* rezultatima, da se iz toga može izvući zaključak, da se tu radi o jednoj istoj svojti.

3. I drugi autori kao *Vistić*, *Ronniger*, *Delevoy* donose, da u Dalmaciji dolazi jedna posebna svojta crnog bora.

4. Taj se crni bor, što se tiče građe iglica, ne slaže ni s austrijskim ni s ilirskim crnim borom. Odstupanje u građi iglica kod tih borova je veoma veliko. Ako sad pogledamo, kakve su razlike između austrijskog i dalmatinskog crnog bora, vidjet ćemo, da one nisu ništa manje od onih između korzičkog i austrijskog crnog bora. Budući da korzički bor strogo lučimo od austrijskog i kako ta dva bora smatramo kao dva subspecies, onda isto tako treba da strogo lučimo dalmatinski crni bor od austrijskog i ilirskog crnog bora.

5. Razlika između dalmatinskog, ilirskog i austrijskog crnog bora u građi hipoderme, kao i onih elemenata, koji su varijaciono-statistički izračunati i koji se signifikantno razlikuju, potvrđuje moju tvrdnju, da je dalmatinski crni bor jedan subspecies od *Pinus nigra* Arn.



Sl. — Fig. 32. Poprečni prijesjek iglice dalmatinskog crnog bora (pov. 85 \times) — Transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *dalmatica* (enlarg. 85 \times)

S otoka Brača imam primjeraka crnog bora, koji po građi iglica ne odgovaraju potpuno dalmatinskom crnom boru. Primjerak iz predjela Fantovi Dolci najbliži je po građi iglica austrijskom crnom boru, ali se s njim donekle ne slaže u debljini membrana i širini lumena hipodermalnih stanica. Debljina membrana je kod ovog primjerka debela do prilično debela, rijetko veoma debela, a lumeni tih stanica su uski do prilično uski, rijetko srednje uski. Austrijski bor ima membrane tih stanica debele do prilično debele, veoma rijetko srednje debele, odnosno veoma debele, a lumene uske do srednje uske, pa prema tome ovaj primjerak nešto malo odstupa, t. j. ima nešto malo deblje membrane i uže lumene tih stanica. Veoma debele membrane i uske lumene hipodermalnih stanica ima dalmatinski crni bor, te se ovaj primjerak s debljinom membrana i širinom lumena tih stanica približava dalmatinskom crnom boru. Iz gornjeg se vidi, da je ovaj primjerak po građi iglica najbliži austrijskom crnom boru, ali da ima zajedničkog i s dalmatinskim crnim borom (debljina membrana i širina lumena hipodermalnih stanica). Moram još napomenuti, da se sastojina crnog bora iz predjela Fantovi Dolci razlikuje i po vanjskom izgledu svojih stabala od ostalih sastojina crnog bora na otoku Braču, gdje dolazi dalmatinski crni bor. Stabla u ovoj sastojini dosta su visoka (do 15 m), uspravna su i nisu kišobranasta, a kora stabala je manje izbrazdana.

Iz prednjega se može izvući zaključak, da na otoku Braču, pored tipičnog dalmatinskog crnog bora, ima još i prelaznih oblika. Tako je crni bor u predjelu Fantovi Dolci prelazan oblik između dalmatinskog i austrijskog ili ilirskog crnog bora. Teško je u ovom slučaju točno odrediti prelazni oblik. Ovi primjerci po građi iglica najviše odgovaraju, kako sam prije rekao, austrijskom crnom boru, ali imaju nešto zajedničkog i s dalmatinskim crnim borom. Može se pretpostaviti, da je to prelazan oblik između austrijskog i dalmatinskog crnog bora, gdje prevladava građa elemenata kao kod austrijskog bora, ali isto tako možemo pretpostaviti, da je to prelazan oblik između dalmatinskog i ilirskog crnog bora, gdje prevladava građa iglica tipična za dalmatinski crni bor. Zbog toga, što se ne može na osnovu anatomije iglica točno odrediti taj prelazni oblik i zbog toga, što taj crni bor ima zajedničkog sa sve tri navedene svojte, može se reći, da je crni bor u Fantovim Dolcima prelazan oblik između dalmatinskog, austrijskog i ilirskog crnog bora.

Primjerci br. 1, 3 i 4 iz predjela Korita, primjerak br. 2 iz predjela Knežeravan kao i primjerak br. 1 iz predjela Mala Visoka najviše odgovaraju po građi iglica dalmatinskom crnom

boru. Naročito je karakteristično, da svi primjerci osim broja 3 iz predjela Korita imaju između žila sloj sklerenhimskih stanica, karakterističan za dalmatinski crni bor. Najveće odstupanje je u broju slojeva hipodermalnih stanica i u zaobljenosti hipoderme. Po tim se elementima ovi primjerci približavaju austrijskom, odnosno ilirskom crnom boru. Ako promatramo građu iglica tih primjeraka kao jednu cjelinu, vidjet ćemo, da su oni najbliži dalmatinskom crnom boru. Ako uzmemo u obzir još i to, da su iz tih predjela nađeni primjerci, koji po građi iglica odgovaraju tipičnom dalmatinskom crnom boru, onda možemo reći za ove primjerke, da i oni odgovaraju dalmatinskom crnom boru, ali da pokazuju neka odstupanja, koja sam naprijed naveo.

S otoka Hvara imam također primjeraka crnog bora, koji po građi iglica ne odgovaraju u potpunosti dalmatinskom crnom boru. Iz predjela Borovik imam 2 primjerka, kod kojih se većina elemenata građe iglica više ili manje slaže s dalmatinskim borom. Najveće odstupanje je u broju slojeva hipodermalnih stanica i u zaobljenosti hipoderme. Po tim se elementima ovi primjerci približavaju austrijskom, odnosno ilirskom crnom boru. Ali, ako promatramo sva staničja anatomije iglica kod tih primjeraka kao jednu cjelinu, možemo reći, da su ti primjerci, pored velikog odstupanja u navedenim elementima, najbliži dalmatinskom crnom boru.

Primjerak iz predjela Čarton-Dolac slaže se s dalmatinskim crnim borom u građi epiderme, visini i širini poprečnog prijesjeka iglica, a u građi hipoderme i transfuzijskog parenhima sličan je ilirskom crnom boru. U ostalim elementima građe iglica ovaj je primjerak na prijelazu između ova dva bora. Zbog takve građe iglica odredio sam ovaj primjerak na prvom mjestu kao prelazni oblik između *ssp. dalmatica* i *ssp. gočensis var. illyrica*, ali budući da taj crni bor u pojedinim elementima građe iglica pokazuje i prijelaze između dalmatinskog i ilirskog crnog bora, t. j. u tim elementima približava se austrijskom crnom boru, uzeo sam i ovu treću svojtu u obzir kod tumačenja crnog bora s tog područja. Sastojina crnog bora u Čarton Dolcu isto se tako razlikuje, već po vanjskom izgledu svojih stabala, od drugih sastojina crnog bora, gdje dolazi dalmatinski crni bor, kao što se crni bor u predjelu Fantovi Dolci na otoku Braču razlikuje po vanjskom izgledu svojih stabala od dalmatinskog crnog bora na tom otoku.

Prema tome, na otoku Hvaru imamo sastojina tipičnog dalmatinskog crnog bora, i to u predjelu Sv. Nikola, Gvozd i Oštra Glava, a u predjelu Borovik dalmatinski crni bor po građi iglica već nije tako tipičan, no svejedno sam ga ubrojio u *ssp.*

dalmatica. U predjelu Čarton-Dolac crni bor sam odredio kao prelazan oblik između dalmatinskog, austrijskog i ilirskog crnog bora.

Prva dva primjerka iz predjela Osorščica s Lošinja, odgovaraju dalmatinskom crnom boru. Primjerak br. 2 odgovara u potpunosti dalmatinskom boru dok kod prvog primjerka broj slojeva transfuzijskog parenhima i broj smolenica ne odgovara u potpunosti dalmatinskom boru. Primjerak br. 3 ne slaže se s dalmatinskim borom u građi epiderme, širini iglica i donekle u broju smolenica. Pored ovih primjeraka ima i takvih, kao što sam prije spomenuo, koji imaju sasvim drugačiju građu iglica od ovih: Ti bi individuumi mogli pripadati kalabrijskom crnom boru ili možda crnom boru iz Abruzza ili našem ilirskom crnom boru. Znači, za ovu sastojinu možemo reći, da su u njoj dvije svojte crnog bora, kao i prelazni oblici. Jedna svojta je dalmatinski crni bor, a drugu ne mogu točno odrediti, jer nemam dovoljno materijala iz te sastojine, a isto tako ni komparativnog materijala sa Zapada.

Primjerci s otoka Cresa, nalazište Vrana, odgovaraju dalmatinskom crnom boru, ali, kako sam prije spomenuo, u toj sastojini ima i korzičkog crnog bora, a prema primjercima, koje posjedujem, dolazi tu još jedan oblik, koji je po građi iglica jednak s onim primjerkom iz Osorščice, koji nisam mogao točno odrediti.

Crni bor s otoka Suska odgovara po građi iglica potpuno dalmatinskom crnom boru. Kasnije sam utvrdio, da na Pelješcu u Vlačici dolazi i dalmatinski crni bor.

e. *Pinus nigra* Arn. ssp. *Pallasiana*

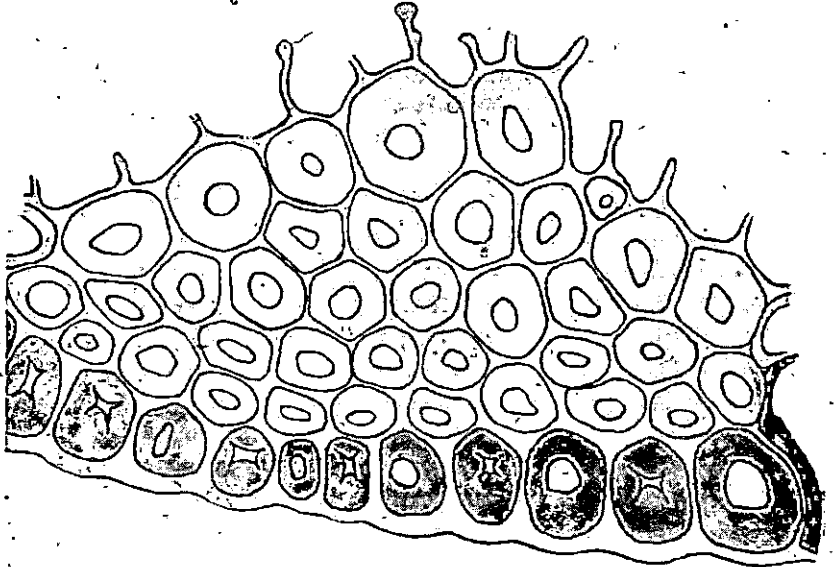
(Lamb.) Holmboe

(*Pinus Pallasiana* Lamb., 1832.; *P. Laricio* var. *caramanica* Loud., 1838.; *P. Laricio* var. *Pallasiana* Ant., 1840.; *P. nigra* var. *Pallasiana* Asch. et Graeb., 1897.; *P. maritima* ssp. *Pallasiana* Schwz. 1938.; *P. nigra* ssp. *Orientalis* var. *Pallasiana* Delevoy, 1949.)

Crni bor iz Makedonije s područja Strumice i planine Pljačkovice zove narod strumičkim crnim borom. Taj naziv ću privremeno u svom radu i ja zadržati, dok ne objašnjim anatomsku građu iglica tog bora. Strumičkog bora imam s dva nalazišta iz Makedonije. Jedno je s područja Strumice, nalazište Kukla, nad. vis. je oko 250 m, ekspozicija je južna, odnosno istočna, a geološka podloga je vapnenac. S ovog lokaliteta imam 2 primjerka.

S planine Pljačkovice imam 1 primjerak. Nalazište je Strniški Rid, nad. vis. je 1000—1200 m, ekspozicija je sjeveroistočna, a geološka podloga je silikat.

Kako nemam više primjeraka s ovog područja, moram odrediti građu iglica ovog bora na osnovu 3 primjerka. Pitanje, da li je strumički bor kod nas jedna svojta ili nije, također moram zaključiti na osnovu ovih primjeraka. Uvjeren sam, da je to premalo materijala za donošenje posve sigurnih za-



Sl. — Fig. 33. Detalj poprečnog prijesjeka iglice krimskog crnog bora: epiderma i hipoderma (pov. 535 X) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *Pallasiana*: epidermis, and hypodermis (enlarg. 535 X)

ključaka, ali kako nisam bio u mogućnosti, da saberem više primjeraka iz Makedonije, primoran sam i na osnovu takomalog broja individuuma donositi zaključke. Nadam se, da će ova istraživanja svojta crnog bora u Makedoniji kasnije moći nastaviti, ili će me netko u tome nadopuniti.

Da bih dobio što točnije rezultate, izračunao, sam i koef ovog bora širinu i visinu poprečnog prijesjeka iglica, kao i broj smolenica i puči varijaćijsko-statistički. Rezultati su ovi:

Širina iglica

$$X = 1675 \mu$$

$$\sigma_x = 118,7051$$

Visina poprečnog prijesjeka iglica

$$X = 985 \mu \quad \sigma_x = 71,2139$$

Broj smolenica

$$X = 7,4 \quad \sigma_x = 1,3522$$

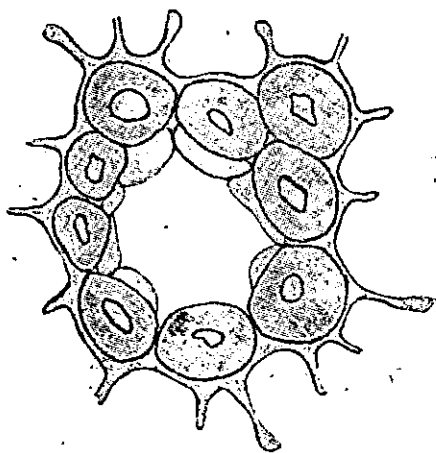
Broj puči

$$X = 12 \quad \sigma_x = 2$$

Širina i visina poprečnog prijesjeka iglica, broj smolenica, i puči prikazani su histogramima.

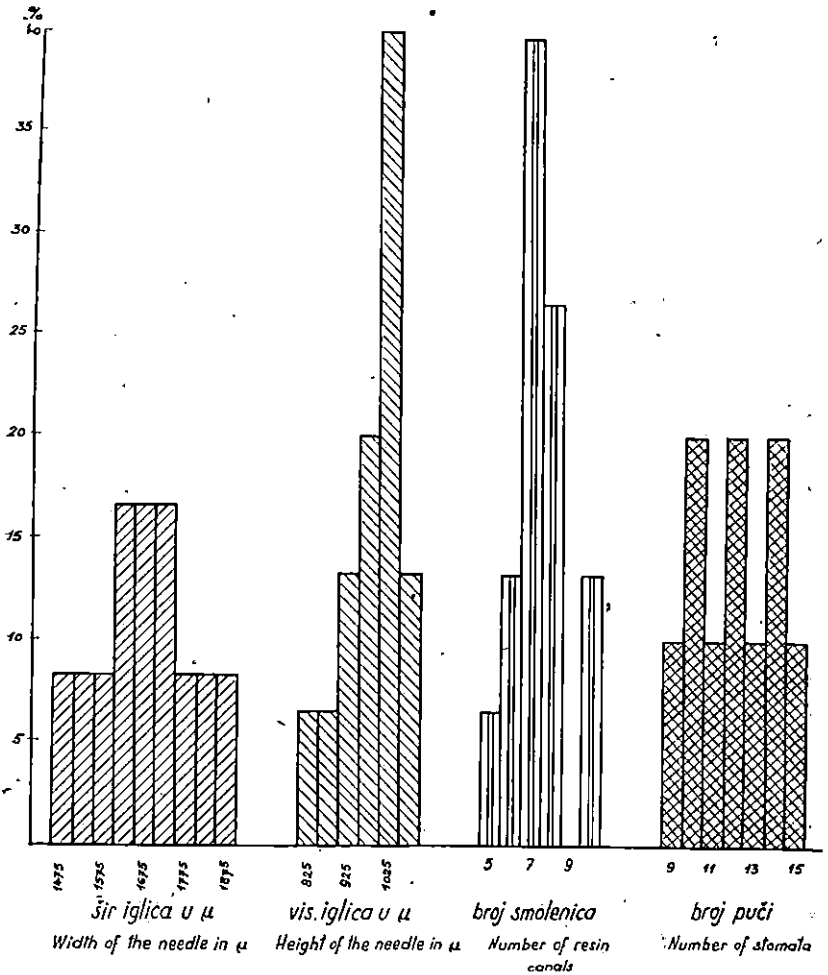
Strumički crni bor ima na osnovu tih istraživanja ovu građu iglica: str. 235, tab. 8 i sl. 36.

Ovaj je crni bor po građi iglica najsljedniji dalmatinskom crnom boru, dok se s ostalim svojstama, koje u našoj državi dolaze, uopće ne slaže, što se vidi kod komparacije poprečnog prijesjeka iglica, a da i ne mjerimo niti brojimo učestalost pojedinih elemenata. Znači, da je razlika između ovog bora i ostalih svojta, izuzevši dalmatinski crni bor, veoma velika. Kako sam i kod ostalih svojta izračunao signifikantnost za širinu i visinu poprečnog prijesjeka iglica, broj puči i smolenica, izračunao sam to i u ovom slučaju (tab. 4—7). Strumički se bor signifikantno razlikuje u širini iglica od gočkog i ilirskog crnog bora, a što se austrijskog crnog bora tiče, ta je signifikantna razlika nesigurna, dok se on od dalmatinskog bora ne razlikuje signifikantno. U visini poprečnog prijesjeka iglica ovaj se bor signifikantno razlikuje od svih svojta kod nas, izuzevši austrijski crni bor. U broju smolenica strumički se bor signifikantno razlikuje od austrijskog i dalmatinskog crnog bora, a ne razlikuje se signifikantno od gočkog i ilirskog bora. U broju puči ovaj se bor ne razlikuje signifikantno od austrijskog, gočkog i ilirskog bora, a što se dalmatinskog crnog bora tiče, ova je signifikantna razlika nesigurna.



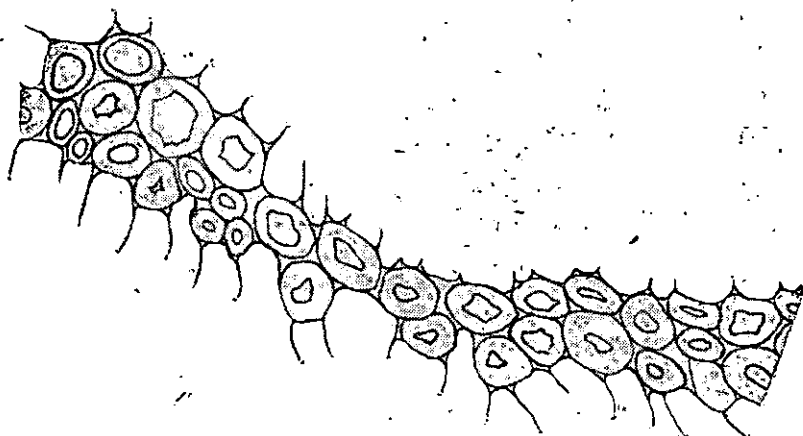
Sl. — Fig. 34. Detalj poprečnog prijesjeka iglice kršinskog crnog bora: smolenica (pov. 540 X) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *Pallasiana*: resin canal (enlarg. 540 X)

P.n. ssp. Pallasiana



Budući da sam za ovaj bor izračunao varijaciono-statistički nabrojene elemente građe iglica i odredio, da li se ovaj bor u tim elementima signifikantno razlikuje od drugih svojta ili ne, postavlja se pitanje, da li je strumički crni bor jedna određena svojta crnog bora ili nije. Na to ćemo pitanje dobiti odgovor, ako ovaj crni bor usporedimo s ostalim svojta, koje dolaze kod nas, jer ćemo onda vidjeti, kolike su te razlike i da li se na osnovu tih razlika ovaj crni bor može smatrati drugom svojtom.

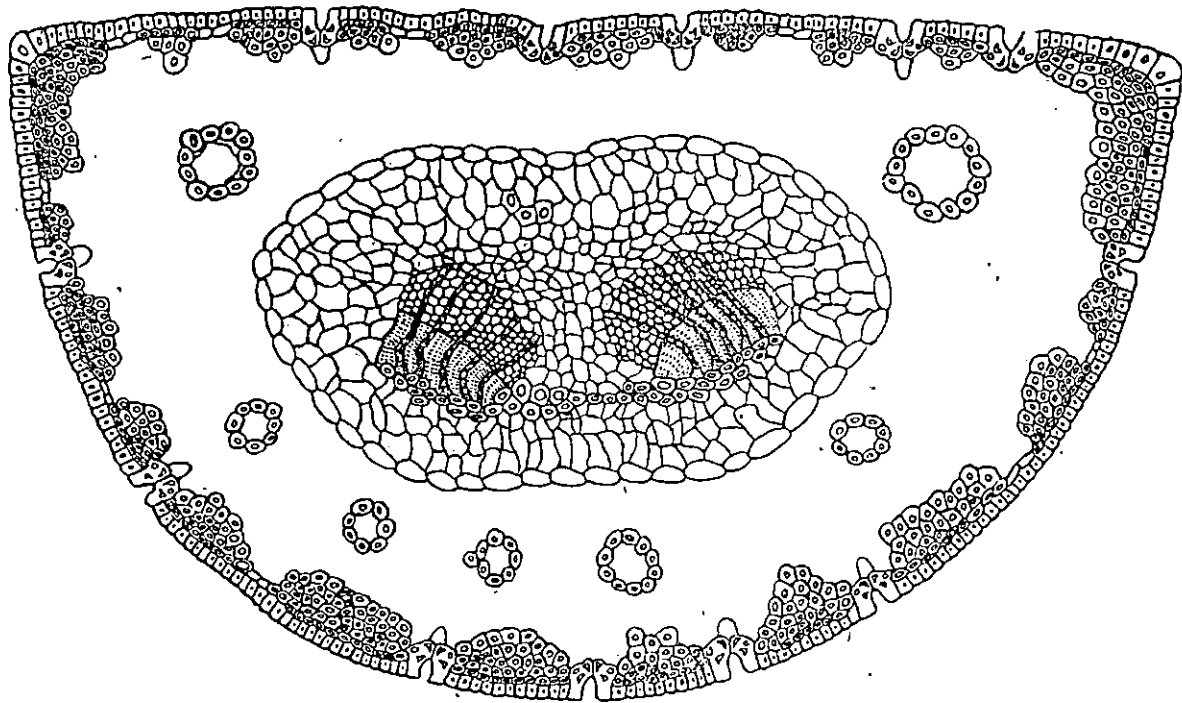
Razlika između austrijskog i strumičkog crnog bora je velika. Ponajprije upada u oči velika razlika u građi epiderme. Kod austrijskog je bora veličina epidermalnih stanica na konveksnoj strani iglice 30—40 μ , a kod strumičkog bora 18—32 μ . Isto tako i na ravnoj strani iglice postoji razlika u dimenziji tih stanica. U širini tih stanica možemo reći, da nema razlike između ova dva bora. U građi hipoderme postoji također veoma velika razlika između ova dva bora. Austrijski bor ima 2—3, veoma rijetko 4 sloja hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, a veličina tih stanica je (14) 18—25 [29] μ .



Sl. — Fig. 35. Detalj poprečnog prijesjeka iglice krimskog crnog bora: 2 sloja sklerenhimskih stanica iznad floema (pov. 320 \times) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *Pallasiana*: 2 layers of sclerenchymatous cells the phloems (enlarg. 320 \times)

Strumički bor ima 3—5 slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani, a veličina tih stanica je 22—36 μ . Isto tako je velika razlika i u debljini membrana, širini lumena hipodermalnih stanica, kao i u zaobljenosti hipoderme. Znatna razlika je i u broju smolenica i broju sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila. Što se ostalih elemenata tiče, razlika je mala lii je nema. Ali, budući da je razlika u nabrojanim elementima tako velika, ne možemo ovaj crni bor nikako ubrojiti u austrijski crni bor. Napominjem, da nije postojala veća razlika ni između austrijskog i dalmatinskog crnog bora, a te sam svoje odredio kao dva posebna subspeciesa.

Razlika između gočkog i ilirskog bora s jedne strane i strumičkog s druge također je velika. Strumički bor se manje



Sl. — Fig. 36. Poprečni prijesjek iglice krimskog crnog bora (pov. 90 X) — Transverse section of the needle of *Pinus nigra* ssp. *Pallasiana* (enlarg. 90 X)

razlikuje od ove dvije svojte u građi epiderme, ali je zato još mnogo veća razlika u građi hipoderme, broju slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, broju slojeva transfuzijskog parenhima, širini i visini poprečnog prijesjeka iglica, a donekle i u obliku sklerenhimskih stanica oko smolenica. Strumički se bor jedino slaže s ove dvije svojte u broju smolenica i puči, a na osnovu toga ne možemo taj bor uvrstiti ni u gočki ni u ilirski crni bor.

Ako usporedimo strumički crni bor s dalmatinskim, doći ćemo opet do konačnog zaključka, da su to dva sasvim različita crna bora. Za ta dva bora možemo reći, da su jednaki u građi hipoderme, broju slojeva transfuzijskog parenhima, širini iglica i obliku sklerenhimskih stanica oko smolenica, kao i u debljini membrana tih stanica. Manje razlike postoje u broju puči, u broju slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, dok je veoma velika razlika u visini epidermalnih stanica, broju smolenica i visini poprečnog prijesjeka iglica. Kod dalmatinskog crnog bora visina je epidermalnih stanica na konveksnoj strani iglice 30—36 [40] μ , a na ravnoj strani 25—29 [36] μ , dok je kod strumičkog bora visina tih stanica na konveksnoj strani 18—25 [32] μ , a na ravnoj strani 18—25 [29] μ . U visini poprečnog prijesjeka iglica i broju puči izračunato je, da se ta dva bora međusobno signifikantno razlikuju. Znači, ako bismo htjeli ovaj bor uklopiti u *subspecies dalmatica*, ne bismo to mogli baš zbog tih elemenata građe iglice.

Iz svega proizlazi, da se strumički bor ne slaže u građi iglica ni s jednim crnim borom, koji kod nas dolazi, te se može smatrati jednom posebnom svojtom. I na osnovu toga sam taj strumički crni bor odredio kao *Pinus nigra* Arn. ssp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe, ili krimski crni bor.

Tom sam boru dao vrijednost *subspeciesa* iz ovih razloga:

1. Strumički se crni bor ne slaže u građi iglica ni s jednom svojtom crnog bora, koja kod nas dolazi od prirode.

2. U anatomiji iglica postoji isto takva razlika između njega i ostalih svojta, kao što postoji razlika i između drugih svojta, koje sam također odredio kao *subspeciese*.

3. Kako je ovaj crni bor po građi iglica najsličniji dalmatinskom crnom boru, moglo bi se postaviti pitanje, nije li to jedan *subspecies*. Dalmatinski i strumički bor već su po svom prostornom položaju tako udaljeni jedan od drugog, a između njih se nalazi gočki i ilirski crni bor, da već iz toga izlazi vjerojatnost, da su to dvije posebne svojte. Ako uzmemo u obzir još i građu iglica, onda se može reći sa sigurnošću, da su to dva *subspeciesa*.

4. *Schwarz* je opisao anatomiju iglica krimskog bora i njegovi se rezultati u odnosu na strumički bor poklapaju s mojima. Ovaj autor tvrdi, da krimski bor ima 2—5 slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice. Membrane tih stanica su debele, a lumeni uski. Hipoderma je zaobljena. Po mojim istraživanjima strumički bor ima na konveksnoj strani iglice 3—5 slojeva tih stanica. Membrane tih stanica veoma su debele do debele, dok su im lumeni uski, rijetko veoma uski, odnosno prilično uski. Hipoderma je između puči veoma zaobljena. *Subspecies Pallasiana* ima po *Schwarzu* često 2 sloja sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, a broj se smolenica kreće od 3—6. Širina iglica iznosi 1600—2100 μ . Strumički bor ima 1—2 sloja sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, broj smolenica se kreće od (5) 6—9 (10), a širina iglica iznosi 1556—1794 (1860) μ . Ostale elemente građe iglica *Schwarz* nije istražio, pa stoga ne mogu usporediti moje rezultate s njegovima, ali se i iz ovih elemenata vidi, da se moja istraživanja s obzirom na strumički bor potpuno slažu sa *Schwarzovim* za njegov *ssp. Pallasiana*. Pored toga ovaj autor kaže, da krimski bor dolazi u istočnom dijelu Balkanskog poluotoka, a na karti je naznačio, da mu je granično područje Makedonija. Strumički bor, čije rezultate istraživanja sam donio, također je s tog dijela Balkanskog poluotoka.

Delevoy je donio prikaz anatomske građe iglica od tri krimska crna bora, od kojih su dva kultivirana, a u treći ubraja i jedan sevenski i jedan rumunjski crni bor. Na temelju takvog materijala, kojim je raspolagao *Delevoy*, smatram, da su *Schwarzovi* rezultati potpuniji i da daju jasniju sliku o toj svojti.

f. Prelazni oblici — *Transitional forms*

Pored svojta crnog bora, koje sam opisao, ima i takvih primjeraka, koji po građi iglica ne odgovaraju ni jednoj od tih svojta. Anatomija njihovih iglica je takva, da pojedina staničja odgovaraju jednoj, a druga drugoj svojti, a ima mnogo i takvih individuuma, kod kojih anatomija iglica ima ponešto zajedničkoga s tri svojte crnog bora. Na takvom jednom lokalitetu nije ni kod svih primjeraka anatomija iglica jednaka te tako imamo razne prijelaze između dvije ili tri svojte crnog bora. Ti su primjerci križanci ili prelazni oblici između pojedinih svojta. Na osnovu anatomije iglica ne može se utvrditi, da li je pojedini individuum križanac ili prelazan oblik, te ću zbog toga takve primjerke tumačiti, kao da su svi prelazni oblici, iako sam uvjeren, da postoji među njima i križanaca.

Na Plješivici, predjel Šeganovac, jedan primjerak odgovara po građi iglica ilirskom crnom boru, dok su svi ostali prelazni oblici. Kod tumačenja austrijskog crnog bora donio sam prikaz građe iglica primjeraka s Plješivice. Primjerci iz Šeganovca, koje nisam mogao ubrojiti u ilirski bor, bezuvjetno su prelazni oblici između ilirskog i austrijskog crnog bora. Oni su prelazni oblik zato, jer im je hipoderma jače razvijena od hipoderme kod ilirskog bora, t. j. ona odgovara hipodermi kod austrijskog bora. Po građi epiderme ovi su primjerci na prijelazu između ta dva bora. Visina tih stanica iznosi na konveksnoj strani iglice (25) 29—32 (36) μ , a znamo, da su te stanice kod ilirskog bora (22) 25—29 (32) μ , a kod austrijskog 29—36 (40) μ . Što se tiče broja slojeva transfuzijskog parenhima ovi su primjerci bliži ilirskom boru, dok su u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica bliži austrijskom boru. Prema tome, na Plješivici postoji ne samo tipičan ilirski crni bor, nego i prelazni oblik između austrijskog i ilirskog crnog bora.

Ovakav prelazni oblik između austrijskog i ilirskog bora postoji i u Sloveniji na području Kočevske Reke i Iškog Vintgara. Anatomska građa iglica tih primjeraka je također prikazana kod tumačenja austrijskog bora. Ti su primjerci svrstani zajedno s primjerkom s Mangarta u drugu grupu primjeraka iz Slovenije, koji su imali između ostalog epidermalne stanice na konveksnoj strani iglice ispod 32 μ . Crni bor iz Kočevske Reke i Iškog Vintgara odredit ću isto tako kao prelazni oblik između austrijskog i ilirskog crnog bora. Razlog je tome isti kao i kod primjeraka s Plješivice. U nekim elementima ovi primjerci odgovaraju austrijskom, a u drugim ilirskom crnom boru. Naročito je za to karakteristična građa hipoderme i epiderme. Prema građi hipoderme ovi primjerci odgovaraju austrijskom, a prema građi epiderme ilirskom boru.

Crni bor s Mangarta (Strmec) gotovo u svim elementima građe iglica odgovara ilirskom boru, jedino malo odstupa u broju slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila. Da bih točno utvrdio svojtu, koja dolazi na Mangartu, obišao sam taj lokalitet. Starih stabala na Mangartu nisam našao, a podmlatka crnog bora je malo. Prema tim primjercima crni bor na Mangartu najviše odgovara ilirskom crnom boru, te ga zato ne ću ubrojiti u prelazan oblik. Svojtju crnog bora s Mangarta trebalo bi detaljno istražiti.

Prema tome u Sloveniji na području Iškog Vintgara i Kočevske Reke dolazi prelazni oblik između austrijskog i ilirskog crnog bora.

S područja Senja imam više primjeraka crnog bora s raznih lokaliteta, a podaci o njima su ovi:

Nalazište Karamarkovac-Borovi Vrh. Crni bor u Borovom Vrh u smatraju autohtonim ali, kako narod priča, te su sastojine crnog bora podigli Francuzi za vrijeme Napoleona. Košović (22) donosi i prikaz najvažnijih vrsta drveća na području Senja. On navodi, da u Borovu, Borovom Vrh u i Borovoj Dragi dolaze borovi, koji su na nekim mjestima kao Borovi Vrh dosta debela i velika stabla (str. 180). Znači, da su to već tada bila stara stabla, t. j. sastojine, za koje je prema tome malo vjerovatno, da su ih Francuzi podigli. Primjerci s tog područja su s nad. vis. 400—500 m. Geološka podloga je vapnenac.

S područja Borova imam 4 primjerka crnog bora. Nadmorska visina je od 240—350 m. Geološka podloga je dolomit. Prema narodnom kazivanju ova su sastojina; kao i Borovi Vrh, podigli Francuzi, ali se drži, da je ona autohtona. Primjerak br. 1 i 2 uzeti su s nad. vis. 240 m, primjerak br. 3 s 260 m, a primjerak br. 4 s 350 m. Kora tih stabala je karakteristično uzdužno izbrazdana i crnkastosive boje, koja vuče malo na crveno. Krošnje su im većinom kišobranaste.

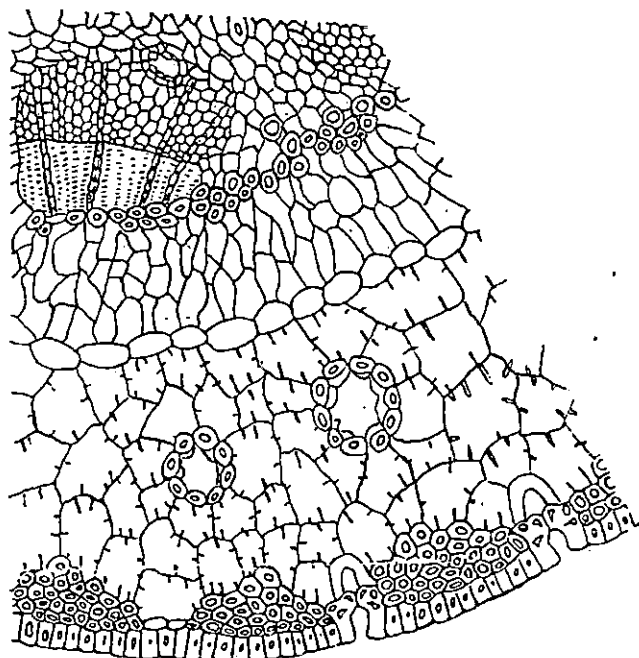
Iz predjela Paškvanovac imam 3 primjerka crnog bora. To je sastojina podignuta umjetnim putem. Primjerak br. 1 i 2: s nad. vis. oko 70 m, geološka podloga vapnenac, a ekspozicija je sjeverozapadna. Primjerak br. 3: s nad. vis. 250—300 m, geološka podloga vapnenac.

Iz Sv. Mihovila (Senjska draga) imam 2 primjerka. Sastojine u Sv. Mihovilu također su podignute na umjetni način. Nadmorska visina je 624 m, geološka podloga je vapnenac, a ekspozicija je zapadna. Iz Senjske drage imam još 3 primjerka crnog bora, koji su uzeti također iz umjetno podignutih kultura. Primjerak br. 1 uzet je s nad. vis. 500 m, a primjerak br. 2 s nad. vis. od 400 m, dok je primjerak br. 3 s 200 m nad. vis.; geološka im je podloga vapnenac.

Budući da se smatra, da su sastojine crnog bora u Borovom Vrh u i Borovu autohtone, osvrnut ću se najprije na njih, a potom ću iznijeti rezultate mojih istraživanja i o ostalim umjetno podignutim sastojinama u Senjskoj dragi.

Crni bor iz Karamarkovca (Borovi Vrh) nema jednaku građu iglica. Primjerak br. 1 po građi iglica (sl. 37) najviše odgovara austrijskom crnom boru. Jedino je odstupanje u broju slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice. Ovaj primjerak ima na konveksnoj strani iglice 2—4 sloja hipodermalnih stanica, dok *ssp. austriaca* ima 2—3, a veoma rijetko 4 sloja tih stanica. S dalmatinskim se crnim borom taj primjerak također ne slaže potpuno. Naš dalmatinski bor ima veći broj slojeva hipodermalnih stanica, a zaobljenost hipoderme mu je jača. Primjerak br. 2 odstupa još mnogo više u građi iglica od austrijskog bora. Ovaj se primjerak najviše slaže s ilirskim borom. Od njega odstupa u debljini membrane i širini lumena hipodermalnih stanica, jer ima veoma debele membrane i veoma uske lumene tih stanica, a takve membrane i lumene ima dalmatinski crni bor.

Primjerci crnog bora iz Borova također nemaju jednaku građu iglica. Primjerci br. 1 i 3 po anatomskoj građi iglica odgovaraju ilirskom crnom boru, a primjerci br. 2 i 4 na prelazu su između austrijskog, dalmatinskog i ilirskog crnog bora. Broj slojeva hipodermalnih stanica kod primjeraka 2 i 4 nešto je manji nego kod dalmatinskog bora, dok bi im debljina



Sl. — Fig. 37. Dio poprečnog prijesjeka iglice crnog bora s Velebita — Borovi Vrh (pov. 128 X) — Part of transverse section of the needle of *Pinus nigra* from Mountain Velebit — Borovi Vrh (enlarg. 128 X)

membrana i širina lumena gotovo potpuno odgovarala. Po zaobljenosti hipoderme, broju puči i smolenica, kao i u visini epidermalnih stanica, ovi su primjerci slični austrijskom boru. U širini i visini poprečnog prijesjeka iglica ovi se primjerci slažu s ilirskim crnim borom.

Naprijed sam iznio, da se crni bor u Borovom Vrh u nekim elementima građe iglice poklapa sa *ssp. austriaca*, a u nekim sa *ssp. dalmatica* ili sa ilirskim borom. Baš zbog toga, što se ti primjerci u nekim elementima građe iglice slažu ili s austrijskim, ili sa dalmatinskim, ili pak s ilirskim crnim borom, i što imamo niz prelaza od jednog oblika do drugog,

odnosno trećeg, odredio sam crni bor u Borovom Vrh u kao prelazni oblik između *ssp. austriaca*, *ssp. dalmatica* i *ssp. gočensis var. illyrica*.

Što se tiče crnog bora u Borovu iznio sam, da ima primjeraka, koji po građi iglica odgovaraju ilirskom crnom boru, a ima i takvih primjeraka, kod kojih pojedini elementi građe iglice odgovaraju austrijskom, a drugi dalmatinskom i ilirskom crnom boru. Kako ni crni bor u Borovu nema konstantnu građu iglica te se pojavljuju svi prijelazi u građi iglica između ova tri bora, odredio sam crni bor u Borovu kao prelazni oblik između *ssp. austriaca*, *ssp. dalmatica* i *ssp. gočensis var. illyrica*.

Prema tome, stare sastojine crnog bora s područja Senja prelazni su oblici između austrijskog, dalmatinskog i ilirskog crnog bora. Prelaznih oblika između ta tri crna bora ima i na Biokovu, a za te se sastojine ne drži, da su ih Francuzi podigli. Zbog toga je veoma mala vjerojatnost, da su Francuzi te sastojine u Borovu i Borovom Vrh u podigli iz sjemena donesenog izvana.

Crni bor iz Senjske drage (Sv. Mihovil, Paškvanovac) podignut je na umjetni način. Karakteristično je za crni bor u Senjskoj dragi, koji je na umjetni način podignut, da po građi iglica pripada većinom dalmatinskom crnom boru, a neki primjerci odgovaraju ilirskom, odnosno austrijskom crnom boru.

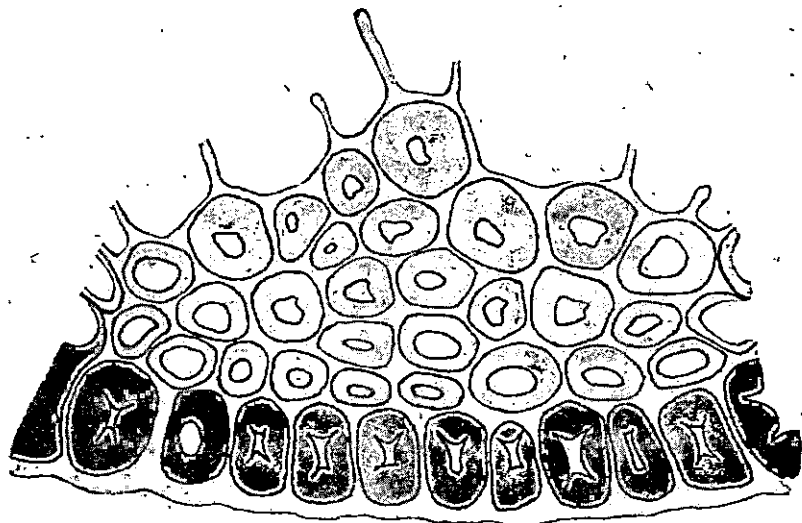
Crni bor iz Paškvanovca i iz Sv. Mihovila ima građu iglica kod većine primjeraka kao tipični dalmatinski crni bor. Neki primjerci odstupaju u građi iglica od tipičnog dalmatinskog crnog bora. To odstupanje je najuočljivije u visini epidermalnih stanica, koje u ovom slučaju iznose 25—32 μ na konveksnoj strani iglice i 25 μ na ravnoj strani iglice. U širini iglica i visini poprečnog prijesjeka iglica, kao i u zaobljenosti hipoderme odstupanje je samo neznatno.

Prema tome, crni bor u Senjskoj dragi, koji je podignut na umjetni način, odgovara većinom *ssp. dalmatica*, ali ima primjeraka, koji odgovaraju *ssp. gočensis var. illyrica* ili *ssp. austriaca*. Vjerojatno, da je za vrijeme Austro-Ugarske i bivše Jugoslavije sjeme za pošumljavanje toga područja dolazilo s naših dalmatinskih otoka i iz unutrašnjosti naše države.

Jedna oveća sastojina crnog bora nalazi se u Borovoj dragi iznad Jelenja kod Grobničkog polja. S tog lokaliteta dobio sam dva primjerka crnog bora sabrane od prof. dr. I. Horvata. Naknadno sam i sam bio u toj sastojini, gdje sam sabrao nekoliko primjeraka. Stabla su stara oko 80 godina a visoka su 14—18 m. Ovaj lokalitet je na nad. vis. od oko 460 m, ekspozicija je istočna (uvala). Geološka podloga je dolomit. U

vezi s tom sastojinom prof. Horvat mi je saopćio, »da se stanište ovog bora bitno razlikuje od kultiviranih sastojina i da se približava samoniklim borovim šumama kontinentalnih dijelova.« Da su ova stara stabla na tom području autohtona vidi se i iz *Hircova* izlaganja, gdje od govori o rasprostranjenosti crnog bora u Hrvatskoj i veli: ... »Nekoji su borici prekrasni, kao na pr. onaj u Borovu na Grobničkom polju« (17).

Anatomska građa iglica ovih primjeraka je na prijelazu između dalmatinskog crnog bora s jedne strane i kontinentalnih svojta — austrijskog i ilirskog bora s druge strane. Zbog



Sl. — Fig. 38. Detalj poprečnog prijesjeka iglice crnog bora iz Paklenice: epiderma i hipoderma (pov. 573 X) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra* from Paklenica: epidermis and hypodermis' (enlarg. 573 X)

takve građe iglica crni bor s toga područja odredio sam također kao prelazni oblik između *ssp. austriaca*, *ssp. gočensis var. illyrica* i *ssp. dalmatica*.

Iz Paklenice imam 4 primjerka crnog bora, koji su uzeti iz autohtonih sastojina. Prva dva primjerka uzeta su s nad. vis. od oko 1000 m. Geološka podloga je vapnenac. Primjerak br. 3: nalazište za Golicom sa oko 680 m nad. vis. i jugoistočne ekspozicije. Tlo je srednje duboko, kamenito. Primjerak br. 4 uzet je s nalazišta t. zv. Široka Plena. Nadmorska visina je 550 m, ekspozicija zapadna. Tlo je dosta humozno.

Crni borovi u Paklenici nemaju jedinstvenu građu iglica. Promjenljiva je građa epiderme, a i dimenzije za širinu i visinu poprečnog prijesjeka iglica prilično variraju. Za ostale ele-

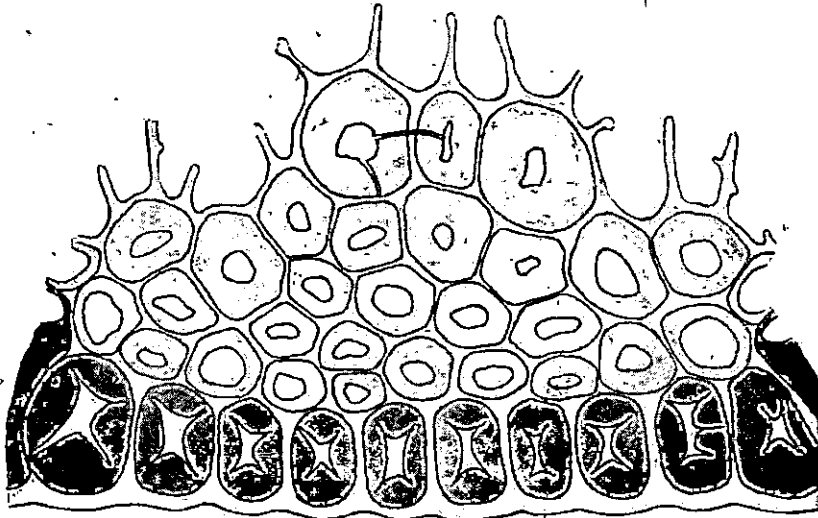
mente može se reći, da su konstantniji. Ako pogledamo građu hipoderme, vidjet ćemo, da je ona kod prva dva primjerka ista kao kod dalmatinskog bora, dok ona kod druga dva primjerka već odstupa, ali je još najbližnja hipodermi kod te svojte (sl. 38). Epidermalne stanice u većini slučajeva odgovaraju epidermi ilirskog bora, a kod jednog su primjerka te stanice iznad $30\ \mu$ visine na konveksnoj strani, t. j. one su kao kod austrijskog ili dalmatinskog bora. Širina i visina poprečnog prijesjeka iglica su promjenljive. Kod jednih primjeraka odgovaraju dalmatinskom, a kod drugih ilirskom boru. Za sklerenhimske slojeve iznad floema može se reći, da odgovaraju onima kod dalmatinskog bora. Ostali su elementi građe iglice na prijelazu između dalmatinskog i ilirskog crnog bora i oni u tom slučaju pokazuju sličnosti s istim elementima kod austrijskog crnog bora.

Kako crni bor iz Paklenice u nekim elementima građe iglica odgovara dalmatinskom ili austrijskom crnom boru, a u drugima ilirskom, i kako dimenzije za pojedine elemente (epiderma, širina i visina poprečnog prijesjeka iglica, broj slojeva transfuzijskog parenhima) dosta variraju unutar tih svojta, odredio sam ovaj crni bor kao prelazni oblik između *ssp. dalmatica*, *ssp. austriaca* i *ssp. gočensis var. illyrica*.

S planine Biokova imam 10 primjeraka crnog bora, a svi su uzeti iz autohtonih sastojina. Podaci o njima su ovi: Primjerak br. 1 i 2, nalazište Šibenik (M. N. O. Bast) nad. vis. 1200 m, odnosno 1300 m, a geološka podloga vapnenac. Primjerak br. 3 i 4 uzeti iz predjela Borovik (M. N. O. Bast), nad. vis. 800, odnosno 1000 m, a geološka podloga vapnenac. Primjerak br. 5 i 6 uzeti iz predjela Pakline (M. N. O. Brela), nad. vis. je 500, odnosno 400 m, geološka podloga vapnenac. Iz predjela Zasedrica kod Mača Kuka iznad sela Krvavice nalazi se jedna sastojina crnog bora, iz koje sam uzeo dva primjerka (br. 7 i 8) s nad. vis. 355 m i jugozapadne ekspozicije. Geološka podloga je vapnenac. Kora je kod ovih stabala sivocrvena, uzdužno izbrazdana, a krošnja im nije kišobranasta. Iz nalazišta na Jablanu imam dva primjerka. Nadmorska visina je oko 530 m, ekspozicija je južna, a geološka podloga je vapnenac. Krošnja stabala nije uvijek kišobranasta. Kora stabla je sivocrvenkasta uzdužno izbrazdana. Kora stabla je bjelkastosiva, koja nešto malo vuče na crvenkasto. Kora je uzdužno manje izbrazdana. Ovi se primjerci sa Biokova u građi iglica gotovo svi međusobno razlikuju i pokazuju sve prelaze između austrijskog, ilirskog i dalmatinskog crnog bora.

Crni bor na Biokovu pokazuje sličnu anatomsku građu iglica kao i crni bor s područja Senja i Paklenice. Primjerci

br. 1, 3 i 9 najviše odgovaraju po građi iglica austrijskom boru, jedino odstupaju u broju slojeva transfuzijskog parenhima. Primjerci br. 2 i 8 najviše odgovaraju po građi iglica ilirskom crnom boru, ali ima i takvih primjeraka, kod kojih jedni elementi građe iglice odgovaraju austrijskom, drugi ilirskom, a treći dalmatinskom boru. Takav primjerak je br. 7, kod kojeg visina epidermalnih stanica odgovara ilirskom, broj slojeva hipodermalnih stanica austrijskom, a broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad i između žila dalmatinskom crnom boru.



Sl. — Fig. 39. Detalj poprečnog prijesjeka iglice crnog bora sa Biokova: epiderma i hipoderma (pov. 577 X) — Detail of transverse section of the needle of *Pinus nigra* from Mountain Biokovo: epidermis and hypodermis: (enlarg. 577 X)

Primjerci br. 4 i 5 približavaju se u svojoj građi iglica najviše dalmatinskom crnom boru. Ako uspoređujemo ove primjerke s dalmatinskim crnim borom, vidjet ćemo, da su oni dosta slični tom boru; ali da u pojedinim elementima nemaju onu punu vrijednost, nego stoje između austrijskog i dalmatinskog crnog bora. Ta staničja, koja nisu tako izrazita u ovom slučaju, a koja bi kod tipičnog dalmatinskog crnog bora na prvi pogled bila tako jasna i uočljiva, jesu broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj i ravnoj strani iglice, debljina membrana i širina lumena tih stanica, kao i zaobljenost hipoderme. Ovi primjerci imaju na konveksnoj strani iglice 2—4 sloja hipodermalnih stanica, a na ravnoj strani 2—3 sloja. Membrane tih stanica su na konveksnoj strani debele do ve-

ma debele, rijetko prilično debele, a lumeni su im uski do prilično uski. Hipoderma je prema unutrašnjosti zaobljena do slabo zaobljena, rijetko gotovo ravna. Znamo, da dalmatinski bor ima 2—5 slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, a na ravnoj 2—3 [4] sloja tih stanica. Membrane hipodermalnih stanica su većinom veoma debele do prilično debele, a lumeni su im veoma uski do prilično uski. Hipoderma je prema unutrašnjosti veoma zaobljena do zaobljena. *Subspecies austriaca* ima 2—3 [4] sloja hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, a na ravnoj strani [1] 2 [3]. Membrane su tih stanica debele do prilično debele, veoma rijetko srednje debele, odnosno veoma debele, dok su im lumeni uski do srednje uski. Hipoderma je između puči zaobljena do slabo zaobljena, rijetko gotovo ravna.

Iz toga se vidi, da su ovi primjerci u građi hipoderme bliži dalmatinskom nego austrijskom crnom boru, ali nisu baš najkarakterističniji. Prema broju slojeva sklerenhimskih stanica kod žila ovi primjerci odgovaraju *ssp. dalmatica*, a ti elementi su veoma važni za određivanje dalmatinskog crnog bora. Veće odstupanje od dalmatinskog crnog bora leži u broju slojeva transfuzijskog parenhima. Prema tim elementima ovi bi primjerci mogli biti i ilirski crni bor. Baš zbog toga se ne može sa sigurnošću tvrditi, da su to tipični primjerci dalmatinskog crnog bora. Može se reći za te primjerke da najviše odgovaraju dalmatinskom boru, ali da imaju nešto zajedničkog i s austrijskim i s ilirskim crnim borom.

Primjerci br. 6 i 10 prelazni su oblici između dalmatinskog i ilirskog crnog bora. I ova dva primjerka dosta su slična u građi iglica s dalmatinskim crnim borom, ali se s njim ne slažu u potpunosti. Najviše odstupaju u visini i širini epidermalnih stanica. Visina epidermalnih stanica na konveksnoj strani iglice ovih primjeraka je 25—32 [36] μ (sl. 39), a na ravnoj strani iglice 22—29 μ . Širina se tih stanica kreće od 14—18 μ . Kao što vidimo, u ovim elementima građe iglice ovi se primjerci približavaju ilirskom crnom boru. Znači, te primjerke ne možemo odrediti ni kao dalmatinski ni kao ilirski crni bor, nego su oni na prijelazu između njih.

Prema tome, na Biokovu imamo primjeraka crnog bora, koji se po građi iglica dosta približavaju austrijskom ili ilirskom ili pak dalmatinskom crnom boru, a imamo i takvih primjeraka, koji djelomično odgovaraju austrijskom, a djelomično ilirskom crnom boru. Pored toga ima primjeraka, koji po građi iglica djelomično, odgovaraju dalmatinskom, djelomično austrijskom ili ilirskom crnom boru. Kao što vidimo, ovdje isto tako postoje takvi prelazni oblici kao u Borovu i

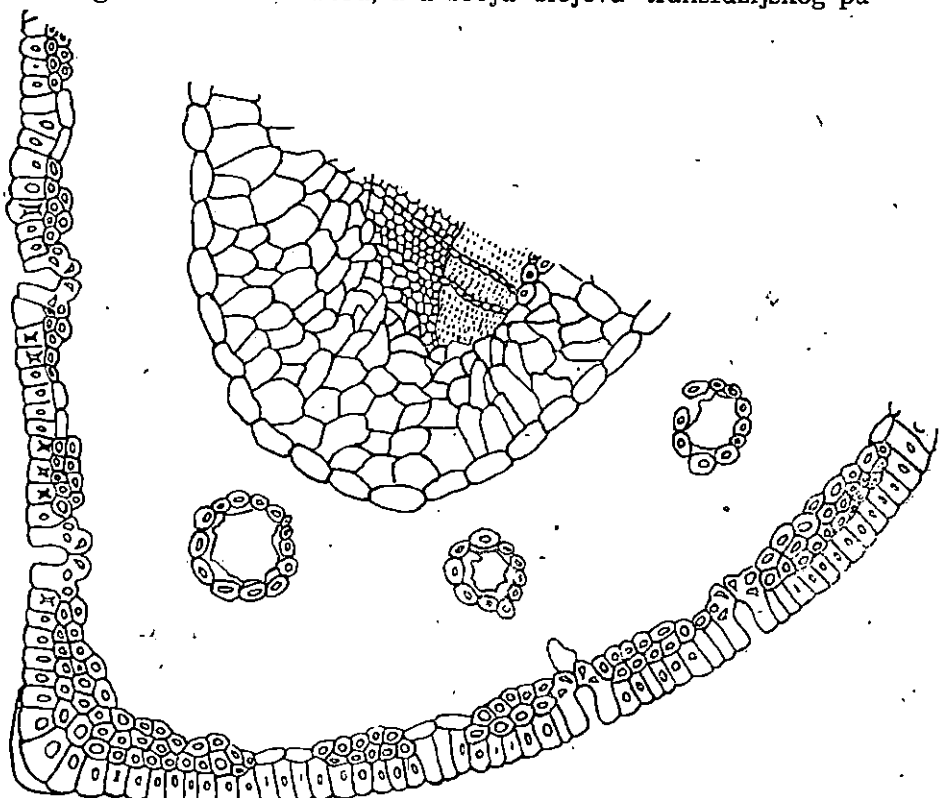
Borovom Vrhju na području Senja, a ne postoji mišljenje, da su te sastojine Francuzi podigli.

Iz razloga, što kod crnog bora na Biokovu jedni primjerci imaju jedna, a drugi druga obilježja građe iglica, i što kod većine primjeraka pojedini elementi odgovaraju ilirskom, a drugi austrijskom ili dalmatinskom crnom boru, ili je pak obrnuto, odredio sam ovo područje crnog bora kao prelazno, a crni bor na Biokovu kao prelazni oblik između *ssp. dalmatica*, *ssp. austriaca* i *ssp. gočensis var. illyrica*.

S poluotoka Pelješca imam 10 grančica crnog bora. Primjerci su uzeti iz autohtonih sastojina. Podaci o tim primjercima su ovi: Iz predjela Vručica imam 1 primjerak s nad. vis. od oko 350 m i sjeverne ekspozicije. Geološka podloga je vapnenac. Iz predjela Vlastice imam 3 primjerka s nad. vis. od oko 280—300 m i južne ekspozicije. Geološka podloga je vapnenac. Na putu iz Orebića za Trpanj, kada se prijeđe bilo, nalazi se jedna autohtona sastojina crnog bora. Geološka podloga je vapnenac. Iz te sastojine uzeo sam 4 primjerka sa sjeveroistočne-ekspozicije i nad. visina: 245, 255, 265 i 280 m.

Crni bor s poluotoka Pelješca pokazuje sličnu anatomsku građu iglica kao i crni bor s Biokova i s područja Senja. Građa iglica ni kod ovog crnog bora nije konstatna, t. j. pojedini primjerci odgovaraju jednom, a drugi drugom obliku, a većina primjeraka je takva, da se ne može uvrstiti ni u jedan oblik crnog bora, koji kod nas dolazi, nego čini prijelaze iz jednog oblika u drugi. Ali, ako i pored tih razlika promatramo te primjerke kao jednu cjelinu, možemo sigurno odmah reći, da to nije nikako *ssp. dalmatica*, jer građa hipoderme kod tih primjeraka uopće ne odgovara dalmatinskom crnom boru, a i drugi elementi građe iglica više ili manje odstupaju. Iznad Orebića na putu prema Trpanju dva primjerka br. 2 i 4 odgovaraju po građi iglica ilirskom crnom boru, a kod druga dva primjerka br. 1 i 3 pojedini elementi odgovaraju austrijskom, a pojedini ilirskom crnom boru. Tako u građi hipoderme, broju slojeva transfuzijskog parenhima i širini iglica ovi primjerci više odgovaraju ilirskom boru, dok u visini i širini epidermalnih stanica, kao i u obliku sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolence, i u debljini membrana tih stanica ovi primjerci više odgovaraju austrijskom crnom boru. Primjerci s područja Vlastice i Vručice pokazuju sve prijelaze između *ssp. dalmatica* i *ssp. gočensis var. illyrica*. Tako primjerak br. 3 iz Vlastice odgovara najviše austrijskom crnom boru, jedino odstupa u širini iglica. Ovaj primjerak ima iglice široke (1472) 1612—1921 μ , a kod austrijskog bora širina se iglica kreće od [1240] 1450—1717 [1960] μ . Po širini iglica ovaj bi primjerak

više odgovarao dalmatinskom crnom boru. Primjerak iz Vručice (sl. 40), koji po građi hipoderme, broju slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila i debljini membrana sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice odgovara ilirskom boru, a u broju slojeva transfuzijskog pa-



Sl. — Fig. 40. Dio poprečnog prijesjeka iglice crnog bora sa Pelješa (pov. 133 ×) — Part of transverse section of the needle of *Pinus nigra* from the peninsula of Pelješac (enlarg. 133 ×)

renhima, u visini i širini epidermalnih stanica, kao i u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica, ovaj primjerak odgovara dalmatinskom boru. Primjerak br. 1 iz Vlačice po građi iglica najviše odgovara austrijskom boru, ali u visini epidermalnih stanica odstupa, jer su te stanice visoke na konveksnoj strani iglica 28—32 μ , a na ravnoj strani 22—25 μ . Primjerak br. 2 iz Vlačice najviše odgovara po građi iglica austrijskom crnom boru. Primjerci sa Sv. Ilije po građi hipoderme, broju slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih dijelova žila, obliku

sklerenhimskiĳ stanica, koje obavijaju smolenice, kao i u debljini membrana tih stanica; najviše odgovaraju dalmatinskom crnom boru, iako u broju slojeva hipodermalnih stanica ovi primjerci nisu tako karakteristiĳni kao dalmatinski crni bor. U ostalim elementima graĳe iglice (broju slojeva transfuzijskog parenhima, visini epidermalnih stanica, širini i visini popreĳnog prijesjeka iglica) ovi primjerci odgovaraju ilirskom crnom boru. Prema tome, moųemo zakljuĳiti, da crni bor na poluotoku Pelješcu nije jedan odreĳeni oblik crnog bora, nego je to prelazan oblik između *ssp. dalmatica*, *ssp. austriaca* i *ssp. goĳensis var. illyrica*. Naknadno sam ustanovio, da ovdje prido-lazi i tipiĳni *ssp. dalmatica*.

S podruĳja Juųne Bosne i Hercegovine imam više primje-raka crnog bora, koji prema graĳi iglica ĳine jednu posebnu skupinu. Podaci o tim primjercima su ovi:

S podruĳja Bugojno imam 5 primjeraka. Prvi primjerak je iz pre-djela Škrta-Nišan, lokalni naziv je Garaĳki Podovi. Nadmorska visina je oko 900 m. Ekspozicija je jugozapadna, a geološka podloga vapnenac. Primjerak br. 2 uzet je s nalazišta Prusaĳka Rijeka, nad. vis. je oko 1000 m, ekspozicija sjeveroistoĳna, a geološka podloga vapnenac. Tri primjerka sam dobio iz Vakufskog basena, ali o njima nemam detalj-nih podataka.

S podruĳja Konjica imam 4 primjerka. Prva su tri primjerka uzeta s planine Prskavice. Primjerak br. 1 uzet je s nalazišta Glavati-ĳevo, nad. vis. je 700 m, ekspozicija juųna, a geološka podloga dolomit. Primjerak br. 2 uzet je s nalazišta Rašica-Glavatiĳevo. Nadmorska vi-sina 500 m, ekspozicija juųna, a geološka podloga dolomit. Primjerak br. 3: nalazište Glavatiĳevo, nad. vis. 400 m, ekspozicija sjeverozapadna, a geološka podloga dolomit. Primjerak br. 4: nalazište Petrinja-Borci, nad. vis. 700 m, ekspozicija juųna, a geološka podloga dolomit.

S podruĳja Mostara imam 2 primjerka crnog bora. Primjerak br. 1 uzet je s planine Prenja, nalazište Gola Glava, nad. vis. je 1200 m, ekspozicija juųna, a geološka podloga vapnenac. Primjerak br. 2 uzet je s planine ĳvrsnice, nalazište Šĳit-Diva Grabovica, nad. vis. 1300 m, ekspozicija sjeverna, a geološka podloga vapnenac.

Ako promatramo anatomsku graĳu iglica primjeraka s tog podruĳja, vidjet ĳemo, da su oni u graĳi hipoderme, a donekle i epiderme, meĳu sobom sliĳni, te ih moųemo smatrati jednom posebnom grupom. Zbog toga, ųto većinu tih primjeraka ne moųemo uvrstiti u jednu od odreĳenih svojta, odreĳio sam crni bor s toga podruĳja kao prelazan oblik.

Od elemenata graĳe iglice naroĳito je karakteristiĳna graĳa hipoderme i epiderme. Ako pogledamo graĳu hipoderme ovih primjeraka, vidjet ĳemo, da je ona jaĳe razvijena od hi-poderme koĳ ilirskog, pa i austrijskog crnog bora. Ona se po svojoj graĳi pribliųava dalmatinskom crnom boru. Ovi pri-mjerci imaju na konveksnoj strani iglice 2—3, a ĳesto i 4 sloja hipodermalnih stanica, dok austrijski bor ima mnogo rjeĳe 4

sloja tih stanica, a ilirski bor nema nikada 4 sloja tih stanica. Isto je tako i s debljinom membrana i širinom lumena kod tih stanica. Ovi primjerci imaju deblje membrane i uže lumene hipodermalnih stanica nego austrijski i ilirski crni bor. Hipoderma je također više zaobljena od one kod ilirskog i austrijskog bora. Veličina je hipodermalnih stanica ovih primjeraka 18—29 μ , a veličina tih stanica kod austrijskog i ilirskog bora iznosi [14] 18—25 [29] μ , te se u tome ovi primjerci ne slažu s austrijskim i ilirskim crnim borom. Po građi hipoderme ovi se primjerci, kako je rečeno, približavaju dalmatinskom crnom boru. S epidermom je baš obrnuto. Epiderma je kod većine primjeraka na konveksnoj strani iglica manja od 30 μ , i ona po svojoj građi u većini slučajeva najviše odgovara epidermi kod ilirskog crnog bora. Svi ostali elementi nisu tako izraziti te pokazuju razne prijelaze između ilirskog, austrijskog i dalmatinskog crnog bora.

Budući da se crni bor s toga područja približava po građi hipoderme dalmatinskom, a po građi epiderme ilirskom crnom boru, može se taj crni bor odrediti kao prelazni oblik između dalmatinskog i ilirskog crnog bora. Ali, kako građa hipoderme nije tipična kao kod dalmatinskog crnog bora, t. j. nju bismo mogli isto tako odrediti kao prelaznu između dalmatinskog i austrijskog bora, i budući da u drugim elementima građe iglice postoje razni prelazi između dalmatinskog, austrijskog i ilirskog crnog bora, može se uzeti u obzir i austrijski crni bor.

Pomoću anatomije iglica ne može se točno odrediti za crni bor s ovog područja, a ni za ostale prelazne oblike između dalmatinskog, austrijskog i ilirskog bora, da su to baš prelazni oblici te tri svojte ili da su to možda prelazni oblici samo između dalmatinskog i ilirskog bora. Ti se prelazni oblici ne mogu točno odrediti zbog toga, jer dalmatinski bor, koji nije sasvim tipičan po građi iglica, ili koji je već na prijelazu prema ilirskom boru ima građu iglica sličnu austrijskom boru. Takav slučaj je i ovdje. Svi ovi primjerci imaju hipodermu, moglo bi se reći, na prijelazu između dalmatinskog i austrijskog bora, ali se isto tako može reći, da je građa hipoderme kod ovih primjeraka na prijelazu između dalmatinskog i ilirskog bora. Zbog toga, što se pokazuju svi ti prijelazi, ne samo u hipodermi nego i u ostalim elementima, odredio sam crni bor s ovog područja kao prelazni oblik između dalmatinskog, austrijskog i ilirskog bora.

Crni bor s područja Jelenja, Senja, Paklenice, Biokova, Pelješca i Južne Bosne i Hercegovine kao i po jednu sastojinu crnog bora s Brača i Hvara odredio sam kao prelazni oblik između tri svojte, i to dalmatinskog, austrijskog i ilirskog

crnog bora. Kod tumačenja crnog bora s navedenih područja iznio sam, zašto sam morao uzeti u obzir sve tri svojte.

Ako pogledamo na karti područje, gdje dolazi taj prelazni oblik, vidjet ćemo, da on čini u pogledu rasprostranjenja jednu zaokruženu cjelinu, a u građi iglica pokazuje jednu pravilnost. Ta pravilnost u građi iglica sastoji se u tome, što taj prelazni oblik ima uvijek zajedničkog s građom iglica dalmatinskog crnog bora s jedne strane i kontinentalnih oblika s druge strane. Zbog toga, što crni bor s navedenih područja ima jedan određeni areal i što u građi iglica pokazuje izvjesnu pravilnost, pretpostavljam, da bi to mogao biti jedan poseban oblik crnoga bora. Za detaljno rješenje ovog delikatnog pitanja, trebalo bi uzeti više primjeraka za istraživanje, jer se tu radi o crnom boru, koji je po svom rasprostranjenju i po građi iglica na sredini između navedene tri svojte crnoga bora.

ANATOMIJA IGLICA NEKIH STRANIH SVOJTA CRNOG BORA — ANATOMY OF THE NEEDLES OF SEVERAL FOREIGN RACES OF PINUS NIGRA

Kako je građa iglica autohtonih oblika crnog bora kod nas usko povezana s građom iglica drugih oblika, koji ne dolaze od prirode u našoj državi, prikazat ću u tab. 3' građu iglica još nekih svojta crnog bora, od kojih imam nekoliko primjeraka, kako bih dao što jasniju sliku o povezanosti naših oblika sa stranim svojta, koje se rasprostiru izvan naše države.

Na otoku Cresu u predjelu Vrana i kod sela Vodice nalaze se kulture crnog bora. Kada se približavamo tim kulturama, može se iz daljine vidjeti, da postoje (na osnovu habitusa i boje iglica) dva oblika crnog bora. Pored stabala, koja imaju tamnozelenu boju iglica, manje ili više kišobranastu krošnju, ima stabala sa svijetlozelenim iglicama, koje su tanje i mekanije od prvih, a krošnje su im više piramidalne. Stabla su u većini slučajeva ravnija i viša od onih prvih. Kora debela tog bora je svjetlije siva i manje je uzdužno izbrazdana. Grane su vodoravne, a gornje su malo prema gore savinute. Taj bor narod zove korzički bor. S područja Pazina u Istri imam jedan primjerak crnog bora, koji narod zove »brsac«. Piškorić (29) je iznio neke podatke o tom boru. Budući da taj crni bor po građi iglica potpuno odgovara onome na otoku Cresu, t. j. korzičkom boru, ubrojio sam i ovaj crni bor u tu grupu. Podaci o tim primjercima su ovi:

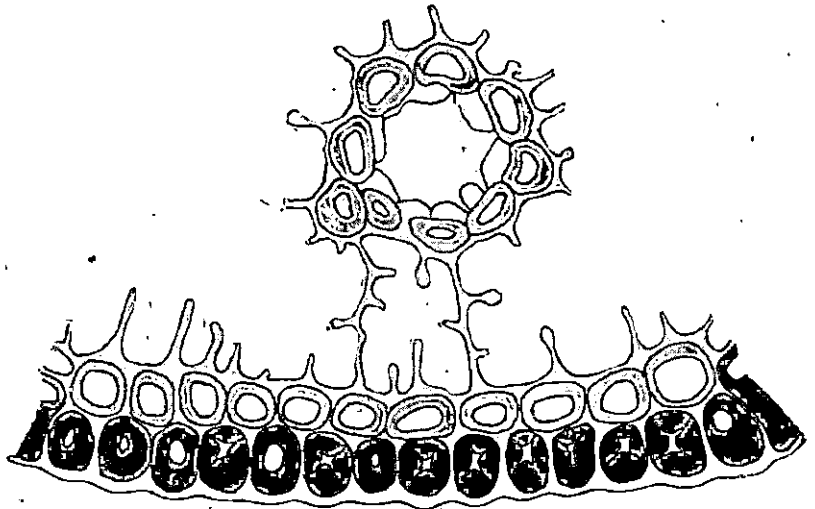
Nalazište: Vodice (otok Cres), nad. vis. je oko 280 m, ekspozicija je istočna, a geološka podloga vapnenac.

Nalazište: Vrana (otok Cres), nad. vis. je oko 300 m, ekspozicija je jugozapadna, a geološka podloga vapnenac.

Nedaleko od Pazina iz nalazišta Guštinova Jama kod sela Trošći nalazi se crni bor, koji narod zove »brsac«. Iz te šume posjedujem također 1 primjerak. Anatomija iglica primjeraka s tih lokaliteta prikazana je u tab. 3.

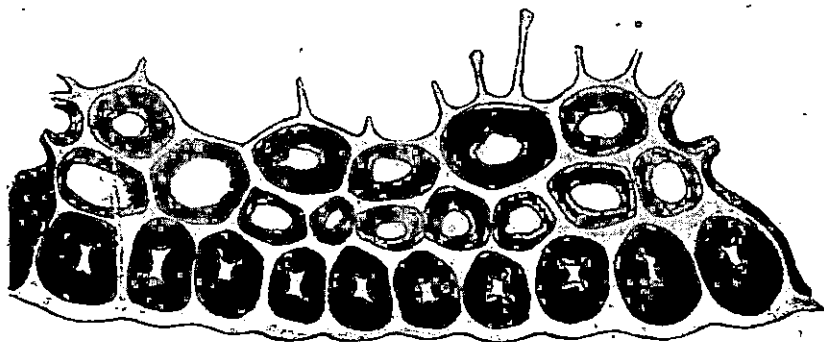
Pored korzičkog bora posjedujem jedan primjerak crnog bora iz Kalabrije, planina Sila. Igljice tog primjerka građene su kao što pokazuje sl. 44 i tab. 3.

Ako usporedimo anatomsku građu iglica kalabrijskog bora i korzičkog, koji dolazi kod nas u kulturama, vidjet ćemo, da se ova dva bora razlikuju. U građi epiderme postoji manja



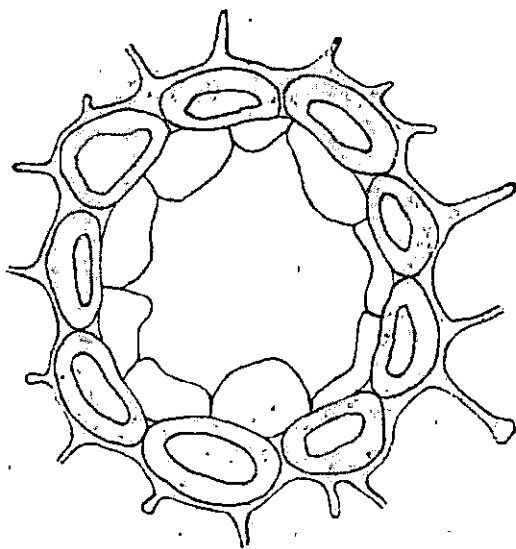
Sl. — Fig. 41. Detalj poprečnog prijesjeka iglice korzičkog crnog bora: epiderma, hipoderma i smolenica (pov. 390 X) — Detail of transverse section of the needle of Corsican pine: epidermis, hypodermis and resin canal (enlarg. 390 X)

razlika između ova dva bora. Kalabrijski bor ima visinu epidermalnih stanica $25\ \mu$, rijetko 22 , a veoma rijetko $29\ \mu$ na konveksnoj strani iglice, a na ravnoj 22 — $25\ \mu$. Širina tih stanica iznosi 14 — $18\ \mu$. Visina je tih stanica na konveksnoj strani iglice kod korzičkog bora 22 — $25\ \mu$, na ravnoj strani 18 — $25\ \mu$, a širina im se kreće od 18 — $22\ \mu$, a rijetko se nađe stanica širokih $14\ \mu$. U građi hipoderme postoji također razlika. Hipoderma je kod kalabrijskog bora nešto jače izražena nego kod korzičkog. Kalabrijski bor ima na konveksnoj strani 2, veoma rijetko 1 sloj, na ravnoj strani 2, rijetko 1 sloj, a u uglovima iglice 2, rjeđe 3 sloja hipodermalnih stanica, dok korzički bor

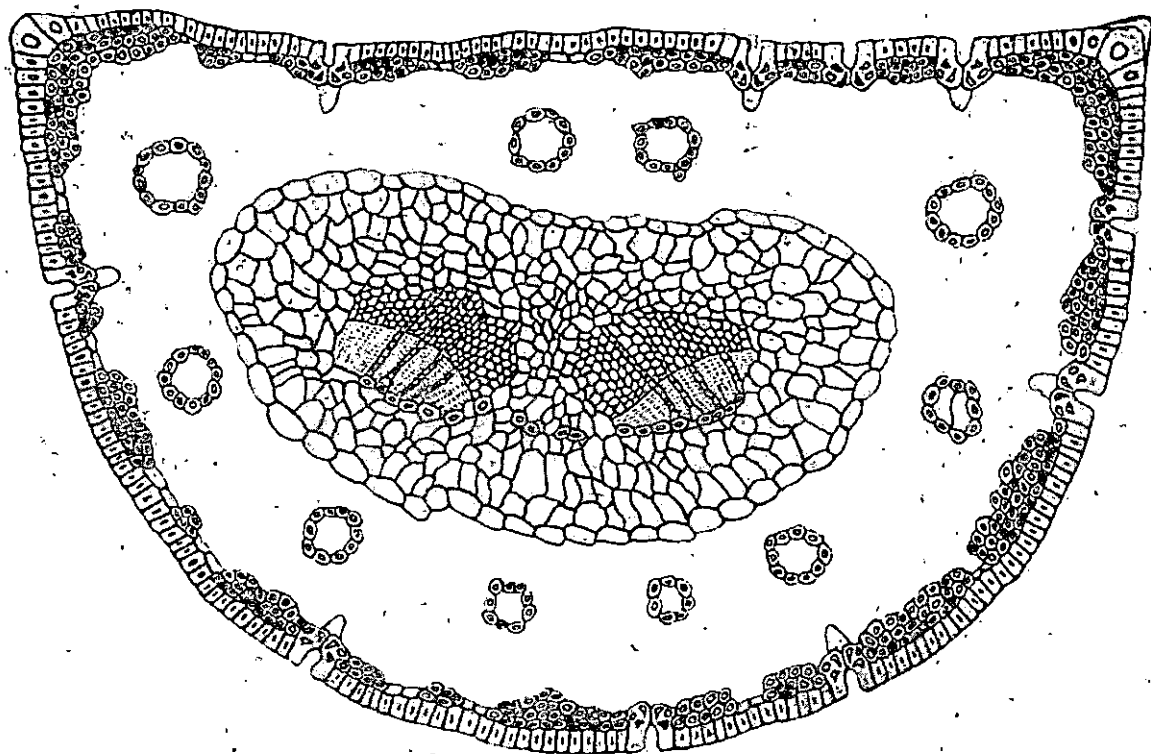


Sl. — Fig. 42. Detalj poprečnog prijesjeka iglice kalabrijskog crnog bora: epiderma i hipoderma (pov. 547 X) — Detail of transverse section of the needle of Calabrian pine: epidermis and hypodermis (enlarg. 547 X)

ima 1—2 sloja na konveksnoj strani, 1 veoma rijetko 2 sloja na ravnoj strani i 2 sloja tih stanica u uglovima iglice. Razlika postoji i u veličini hipodermalnih stanica. Kod kalabrijskog bora su te stanice 14—25 μ velike, a kod korzičkog 14—22 μ . Debljina membrana tih stanica je kod kalabrijskog bora prilično debela, dok su im lumeni prilično uski do srednje uski, a kod korzičkog bora membrane su srednje debele do tanke, a lumeni su široki. Hipoderma je prema unutrašnjosti između puči kod kalabrijskog bora slabo zaobljena do gotovo ravna, a kod korzičkog gotovo ravna do ravna. U broju smolenica i puči postoji također razlika između ova dva bora. Kalabrijski bor ima 11 do 17 puči i 6 do 8 smolenica, a korzički 6 do 13, rijetko 4, odnosno 17 puči i 7 do 15, rijetko 5 smolenica. U debljini membrana sklerenhimskih stanica oko smolenica postoji ma-



Sl. — Fig. 43. Detalj poprečnog prijesjeka iglice kalabrijskog crnog bora: smolenica (pov. 530 X) — Detail of transverse section of the needle of Calabrian pine: resin canal (enlarg. 530 X)



51 — Fig. 44, Poprečni prijesjek iglice kalabrijskog crnog bora (pov. 93 × — Transverse section of the needle of Calabrian pine (enlarg, 93 ×)

la razlika između ova dva bora: Kalabrijski bor ima naime srednje debele membrane, a korzički srednje debele do gotovo tanke membrane tih stanica. U broju slojeva sklerenhimskih stanica iznad floema nema razlike. Jedina je možda razlika u tome, što su kod korzičkog bora te stanice gotovo tankih membrana, te već i ne odgovaraju tipičnim sklerenhimskim stanicama. U broju slojeva transfuzijskog parenhima može se reći, da nema većih razlika između njih. Velika razlika je u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica. Kalabrijski bor ima širinu iglica 1550—1612 μ , a visinu poprečnog prijesjeka iglica 930 do 1023 μ , dok korzički bor ima širinu iglica 1178—1570 μ , a visinu poprečnog prijesjeka 712—900 μ , a veoma rijetko 944 μ .

Kao što vidimo, kalabrijski bor naročito odstupa od korzičkog u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica i u građi hipoderme. Karakteristične su i ostale razlike u broju smolenica, obliku i debljini membrana sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice. S obzirom na te razlike može se izvući zaključak, da kalabrijski bor s planine Sila u Italiji i korzički bor, koji kod nas dolazi u kulturama, nisu jedna te ista svojta crnog bora. Kalabrijski bor prema građi iglica pripada u grupu, gdje dolazi gočki i ilirski crni bor, a korzički bor pripada u grupu *P. Salzmannii* — *Laricio*.

Točno sistematski odrediti ovaj naš kultivirani korzički crni bor može se sve dotle, dok se ne raščisti pitanje ssp. *Laricio*. Pojedini autori kao *Hempel-Wilhelm*, *Beissner-Fitschen*, *Rubner*, *Schwarz*, *Dallimore-Jackson* ne prave razliku između korzičkog i kalabrijskog crnog bora. *Huet* tvrdi, da se ova dva bora veoma malo razlikuju što se tiče anatomske građe iglica. *Delevoy*, *Ronniger* i *Pardé* luče korzički od kalabrijskog crnog bora. Jedno je sigurno, da u Kalabriji postoji jedna svojta, koja se razlikuje od korzičkog crnog bora, a koja je bliska gočkom crnom boru. Pitanje, da li postoje još i druge svojte crnog bora u Kalabriji, treba detaljno istražiti.

Iz Francuske sam od g. prof. dr. *J. Braun-Blanqueta*, dobio jedan primjerak crnog bora (ssp. *Salzmannii*), koji je tamo autohton. Iglica istog bora dobio sam i od dr. *P. Fukareka*. Primjerak, koji mi je poslao prof. *Braun-Blanquet*, potječe iz Grablesa sa 80 m nad. vis., a iglice, koje mi je iz Francuske poslao dr. *Fukarek*, ubrane su s borova iz Carlencas i St. Guihlem.

Opisujući anatomsku građu iglica tih primjeraka svijestan sam, da se na osnovu tako malog broja uzoraka ne mogu donijeti konačni zaključci. Kako je svrha ove radnje, da pomoću anatomije iglica odredi svojte crnog bora u našoj državi, to ću iznijeti samo svoje mišljenje u vezi s pitanjem svojta crnog bora u Francuskoj. Iz materijala, koji posjedujem, vidi se, da

crni bor (*ssp. Salzmannii*) u Francuskoj nije svuda jednak, te vjerojatno postoje razne svojte tog bora. U anatomiji iglica postoje velike razlike između pojedinih primjeraka. Prema rezultatima, do kojih sam ja došao, postoje dvije grupe tog bora što se tiče anatomije iglica.

Prva grupa, u koju pripadaju primjerci iz Grablesa, St. Guihlema i pojedini iz Carlencasa, imaju iglice duge 7-12,5 cm. Njihova anatomska građa iglica prikazana je u tab. 3.

U drugu se grupu ubrajaju pojedini primjerci iz Carlencasa, koji se već po duljini iglica razlikuju od onih iz prve grupe. Ovi primjerci imaju iglice duge 15,4—16,9 cm, a anatomska građa im je prikazana također u tab. 3.

Iz izlaganja se vidi, da se ove dvije grupe razlikuju ne samo u dužini iglica nego i u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica. Isto tako je velika razlika u broju smolenica i broju puči. U građi hipoderme i broju slojeva transfuzijskog parenhima postoje manje razlike, dok u veličini epidermalnih stanica nema razlika. Na osnovu tako velikih razlika u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica, kao i u broju smolenica, može se bez daljega pretpostaviti, da *ssp. Salzmannii* u Francuskoj ima barem dvije svojte.

ZNAČENJE POJEDINIH ELEMENATA GRAĐE
IGLICE U SISTEMATICI VRSTE PINUS NIGRA
— IMPORTANCE OF INDIVIDUAL STRUCTURAL
ELEMENTS OF THE NEEDLE FOR THE SYSTEM-
ATICS OF THE PINUS NIGRA SPECIES

Stariji autori prikazali su pojedine svojte crnog bora na osnovu vanjske morfologije, a noviji na osnovu vanjske morfologije i anatomije iglica. U ovom radu prikazane su pojedine svojte kod nas na osnovu anatomije iglica. Kako dosad nismo imali rješenja svojta crnog bora iz čitava areala te vrste na osnovu same anatomije iglica, prikazati ću u ovom poglavlju značenje pojedinih elemenata građe iglice za sistematiku *Pinus nigra*. Razumljivo je, da se ovdje ne može točno odrediti važnost pojedinog elementa za jedno takvo rješenje, jer zapadne svojte, a i neke istočne, nisu detaljno anatomske istražene. Ovdje su prikazane najmarkantnije razlike unutar pojedinih elemenata za neke zapadne i istočne svojte, koje sam u ovom radu obradio detaljno ili djelomično.

1. *Epiderma* je veoma karakteristična i značajna za sistematiku crnog bora. Razlike u visini epidermalnih stanica, kako na konveksnoj tako i na ravnoj strani iglice, kod pojedinih su grupa crnog bora tako velike i jasne, da se već na osnovu toga



Sl. — Fig. 18. Kora stabla gočkog crnog bora, Brezanski rajon (Foto: M. Vidaković) — Bark of *Pinus nigra* ssp. *gočensis*, district of Brezna



Sl. — Fig. 12. Stabla gočkog crnog bora; brezanski rajon (Foto: M. Vidaković) — Trees of *Pinus nigra* ssp. *gočensis*, district of Brezna

može crni bor podijeliti u dvije velike grupe. Prva je grupa ona, u kojoj visina tih stanica iznosi 30—40 μ , a druga je ona, gdje je visina tih stanica ispod 30 μ na konveksnoj strani iglice. Oblik epidermalnih stanica je također karakterističan. Kod prve su grupe te stanice u poprečnom prijesjeku pravokutnog oblika, dok su kod druge grupe više kvadratičnog oblika. I širina je epidermalnih stanica karakteristična za te dvije grupe. Prva grupa ima šire, a druga nešto uže epidermalne stanice. Znači, već na osnovu duljine i širine epidermalnih stanica mogu se razlikovati dvije grupe crnog bora:

I. visina epidermalnih stanica 30—40 μ
 širina epidermalnih stanica 14—22 μ
 (*dalmatica, austriaca*)

II. visina epidermalnih stanica 18—30 μ
 širina epidermalnih stanica 11—18 μ
 (*Pallasiana, gočensis, illyrica, Laricio, Calabrica i Salzmannii*)

Razlika u visini i širini epidermalnih stanica kod ovih dviju grupa toliko je velika, da se mogu među sobom razlikovati ne samo prednje dvije grupe, nego se i unutar tih dviju grupa mogu uočiti razlike.

2. Puči. Broj puči je dosad uzimao u obzir kod sistematike crnog bora na osnovu anatomije iglica *Huet*. Prema mojim istraživanjima taj broj se malo razlikuje za različite svojte

Tab. 4*

Svojta — Race	<i>gočensis</i>	<i>illyrica</i>	<i>dalmatica</i>	<i>Pallasiana</i>
<i>austriaca</i>	1,1418	0,4336	3,6458	0,3737
<i>gočensis</i>	—	—	4,1373	0,2622
<i>illyrica</i>	—	—	4,0763	0,1910
<i>dalmatica</i>	—	—	—	2,2793

* Brojevi u pojedinim rubrikama označuju izračunati t-iznos za pojedine svojte. Brojevi pisani *kurzivom* znače, da između tih svojta nema signifikantne razlike, a brojevi pisani uspravno znače, da je signifikantnost sumnjiva, dok brojevi s polucrnim brojkama označuju svojte, koje su međusobom signifikantno različite.

Numbers in the individual columns represent the computed t-amount for the respective races. Numbers in *Italic* type mean that among these races there exist no significant differences; numbers in Roman type indicate that the significance is doubtful; while numbers in medium-faced type indicate races differing significantly from one another.

crnog bora u Jugoslaviji. Donosim tabelu (br. 4), u kojoj je prikazana razlika signifikantnosti, nesignifikantnosti ili pak pitanje signifikantnosti svojta crnog bora kod nas na osnovu broja puči.

Iz tabele se vidi, da se jedino dalmatinski bor signifikantno razlikuje u broju puči od austrijskog, gočkog i ilirskog bora, a što se tiče krimskog (strumičkog) bora, ta je signifikantna razlika nesigurna. Ostale svojte nisu međusobno signifikantno različite po broju puči. Znači, da broj puči ipak ima vrijednosti kod sistematike crnog bora, samo je ta vrijednost manja od vrijednosti drugih elemenata.

Veličina i uronjenost puči imale bi po mom mišljenju vrijednosti kod određivanja pojedinih viših grupa crnog bora. Vjerojatno postoji razlika u veličini, kao i u uronjenosti puči onih svojta, koje dolaze na zapadu (Italija, Sjeverna Afrika, Francuska) i onih, koje dolaze na istoku (Jugoslavija, Grčka, Mala Azija, Krim). Prema *Delevoyu* svojte *ssp. Occidentalis* imaju male puči, koje su malo uronjene, a svojte *ssp. Orientalis* imaju srednje do velike puči, koje su malo uronjene do uronjene.

3. *Hipoderma* je također veoma značajna i karakteristična za sistematiku crnog bora. Ako crni bor podijelimo prema *Delevoyu* u ona dva subspeciesa *Orientalis* i *Occidentalis*, svojte prvog subspeciesa imaju 2—5 slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, a drugog 1—3. Isto je takó velika razlika u debljini membrana i širini lumena tih stanica, kao i u zaobljenosti same hipoderme između puči na konveksnoj strani iglice. Svojte *ssp. Orientalis* imaju membrane hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice većinom veoma debele do prlično debele, dok su lumeni tih stanica veoma uski do srednje uski. Hipoderma je prema unutrašnjosti između puči veoma zaobljena do slabo zaobljena. Subspecies *Occidentalis* ima membrane tih stanica mnogo tanje, a lumene mnogo šire, dok je hipoderma prema unutrašnjosti između puči slabo zaobljena do ravna.

Pored toga postoji razlika i u veličini hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice. Na osnovu veličine tih stanica crni se bor može podijeliti u tri grupe:

I. veličina hipodermalnih stanica (18) 22—36 μ
(*dalmatica*, *Pallasiana*)

II. veličina hipodermalnih stanica (14) 18—25 μ
(*austriaca*, *gočensis*, *illyrica*, *Calabrica* i jedan oblik *Salzmanii* sa širim iglicama)

III. veličina hipodermalnih stanica 14—22 μ

(*Laricio* i jedan oblik *Salzmanii* sa užim iglicama)

Hipoderma je toliko karakteristična, da se i unutar svakog pojedinog subspeciesa mogu uočiti vidne razlike u građi hipoderme, štaviše, mogu se vidjeti jasne razlike i unutar jednog subspeciesa, koje nam onda i pomažu kod sistematike crnog bora, na pr. *ssp. gočensis* i *var. illyrica*.

4. *Borani parenhim*. Kod njega nema nekih vidnih razlika unutar tih dviju grupa crnog bora, štaviše, unutar vrste crnog bora ne možemo vidjeti nikakvih razlika, i zbog toga ga nisam ni uzeo u razmatranje.

5. *Smolenice*. Već *Mayer* u svom radu o smolenicama veli, da debljina membrana sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice, nije kod svih vrsta ista. *Möbius* je, kako sam na str. 114 iznio, razlikovao pojedine tipove smolenica po obliku sklerenhimskih stanica kod *Pinus-vrsta*. Ta su izučavanja išla tako daleko, da su sada smolenice važne ne samo za pojedine vrste roda *Pinus*, nego i za sistematiku jedne vrste toga roda. Kod sistematike crnog bora smolenice su značajne po obliku i debljini membrana sklerenhimskih stanica, kojima su obavijene, a važan je i broj samih smolenica. Ako crni bor opet podijelimo u ona dva subspeciesa: *Orientalis* i *Occidentalis*, moći ćemo uočiti, da su sklerenhimske stanice, koje obavijaju smolenice okruglog do eliptičnog oblika, a membrane tih stanica veoma su debele do prilično debele kod istočnog oblika, dok su kod zapadnog oblika te stanice više eliptičnog oblika, a membrane su im tanje nego one kod zapadnog oblika.

I unutar tih dviju grupa ti elementi imaju vrijednost kod sistematike crnog bora, istina manju, ali s ostalim elementima građe iglice pridonose rješenu problema svojta crnog bora.

Broj smolenica je karakterističan ne samo za te dvije velike grupe, nego on ima vrijednost i unutar tih grupa. Iz prijašnjih se izlaganja vidi, da je broj smolenica za svojte crnog bora, koje kod nas dolaze, karakterističan. Broj smolenica nije jednak kod svih svojta. Najčešće je razlika između broja smolenica signifikantna, kao što se to vidi iz tabele (br. 5). Objašnjenje ove tabele je isto kao i kod prijašnje.

6. *Tok*, koji obavlja transfuzijski parenhim, dosta je jednoličan. Teško bi bilo na osnovu eventualnih razlika u toku unutar vrste *Pinus nigra* donijeti neke sigurne zaključke za sistematiku crnog bora.

7. *Transfuzijski parenhim*: Unutar roda *Pinus* transfuzijski parenhim ima značenje u sistematske svrhe, a unutar vrste *Pinus nigra* transfuzijski parenhim je također karakterističan.

Tab 5

Svojta — Race	<i>gočensis</i>	<i>illyrica</i>	<i>dalmatica</i>	<i>Pallasiana</i>
<i>austriaca</i>	2,4102	6,5023	4,6542	2,8506
<i>gočensis</i>	—	1,9539	7,1034	1,3086
<i>illyrica</i>	—	—	13,0965	0,2719
<i>dalmatica</i>	—	—	—	7,2726

8. Broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad floemskih i eventualno ispod ksilemskih dijelova žila. Konstatiram, da je taj sloj stanica prema mojim istraživanjima također karakterističan i važan za sistematiku crnog bora. Karakteristično je, da neke svojte, koje dolaze na Zapadu (prema Delevoyu) imaju taj sloj sklerenhimskih stanica, a neke ga svojte nemaju. Kod svojta s Istoka nalazimo uvijek te sklerenhimske stanice, samo je kod nekih svojta (*gočensis*, *illyrica*) taj sloj katkad nepotpun. Već po tome se te dvije grupe mogu razlikovati. Ako promatramo svojte crnog bora, koje kod nas dolaze, vidjet ćemo, da broj tih slojeva nije ni kod svih njih uvijek isti. K tome moramo pridodati i to, da se te sklerenhimske stanice kod pojedinih svojta provlače i između samih žila, te tako imamo oblik slova T. Sve je to toliko karakteristično, da se po tome mogu dosta jasno razlikovati među sobom pojedini oblici te istočne grupe.

9. Međusobni položaj žila je mnogo manje karakterističan, ali bi se možda i po položaju žila mogle razlikovati te dvije velike grupe crnog bora, koje je Delevoy odredio kao *ssp. Occidentalis* i *ssp. Orientalis*.

10. Širina i visina poprečnog prijesjeka iglica veoma su važni elementi kod sistematike crnog bora. Razlike tih elemenata gotovo su uvijek kod naših svojta signifikantne. Donosim prikaz signifikantnosti razlika u širini iglica (tab. 6) i visini poprečnog prijesjeka iglica (tab. 7) kod naših svojta.

Tab. 6

Svojta — Race	<i>gočensis</i>	<i>illyrica</i>	<i>dalmatica</i>	<i>Pallasiana</i>
<i>austriaca</i>	5,6555	4,3794	7,9351	2,2708
<i>gočensis</i>	—	13,9642	10,2409	4,6990
<i>illyrica</i>	—	—	12,1217	3,7582
<i>dalmatica</i>	—	—	—	1,5998

Objašnjenje ove tabele je isto kao i kod prijašnje dvije.

Kao što je širina i visina poprečnog prijesjeka iglica vrijedno obilježje kod naših svojta, sigurno je isto tako i kod svojta crnog bora, koje dolaze izvan naše države. To se već vidi i iz mojih nepotpunih rezultata za neke strane svojte,

Tab. 7

Svojta — Race	<i>gočensis</i>	<i>illyrica</i>	<i>dalmatica</i>	<i>Pallasiana</i>
<i>austriaca</i>	7,6444	5,7756	9,0356	0,8686
<i>gočensis</i>	—	3,7701	13,6388	5,6472
<i>illyrica</i>	—	—	15,5114	3,5374
<i>dalmatica</i>	—	—	—	3,6816

koje sam u ovom radu prikazao. Širinu iglica uzimali su u obzir i drugi autori, ali visinu poprečnog prijesjeka iglica nisu, iako je taj element isto tako važan kao širina iglica, pa možda i važniji za sistematiku crnog bora na osnovu anatomije iglica. Visina poprečnog prijesjeka iglica za pojedine svojte kod nas ima učestalost pojedinih debljinskih razreda normalnije raspoređenu, nego što je to kod širine iglica, što se vidi iz histograma za pojedine svojte, a na osnovu čega se može zaključiti, da je taj element građe iglice jedno sigurno i važno obilježje kod sistematike crnog bora na osnovu anatomije iglica.

KLJUČ

ZA ODREĐIVANJE SVOJTA CRNOG BORA U JUGOSLAVIJI — KEY FOR THE DETERMINATION OF THE RACES OF PINUS NIGRA IN YUGOSLAVIA

Budući da su Schwarz, Đorđević i Delevoy uzimali za sistematiku crnog bora pored anatomskih oznaka iglica još i druge morfološke oznake, razumljivo je, da nisu pojedinim staničjima iglice pridavali onoliku važnost, koliko ta staničja imaju, kada se određuje sistematika crnog bora na osnovu anatomije iglica. Svaki od tih autora uzeo je samo pojedina staničja iglice u razmatranje, dok druga nije, i zbog toga bi teško bilo na osnovu tih istraživanja, a pogotovu bi teško bilo, ili gotovo nemoguće, samo na rezultatima jednoga razraditi ključ na osnovu anatomije iglica za crni bor u Jugoslaviji.

Ključ, koji sam donio, bazira samo na anatomskoj građi iglica. Pojedina staničja iglice imaju prema tom ključu veću

vrijednost za sistematiku od drugih. Tako na prvo mjesto dolazi visina epidermalnih stanica na konveksnoj i ravnoj strani iglice. Iza toga dolazi broj slojeva hipoderme na konveksnoj, ravnoj strani i u uglovima iglice, zaobljenost hipoderme prema unutrašnjosti, širina epidermalnih stanica, debljina membrana i širina lumena hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice, sama veličina tih stanica, širina i visina poprečnog prijesjeka iglica, broj smolenica s oblikom sklerenhimskih stanica oko smolenica i debljinom membrana tih stanica, broj slojeva transfuzijskog parenhima, broj sklerenhimskih slojeva iznad žila i broj puči.

A. visina epidermalnih stanica: na konveksnoj strani iglice 29—36 [40] μ , na ravnoj strani [22] 25—29 [36] μ .

I. Broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani 2—3 [4], na ravnoj strani [1] 2 (3), u uglovima (2) 3—4; hipoderma na konveksnoj strani zaobljena do slabo zaobljena, rijetko gotovo ravna; širina epidermalnih stanica (14) 18 [22] μ ; membrane hipodermalnih stanica na konveksnoj strani debele do prilično debele, veoma rijetko veoma debele, odnosno srednje debele; lumeni tih stanica uski do srednje uski.

1. Veličina hipodermalnih stanica na konveksnoj strani (14) 18—25 [29] μ ; širina iglica [1240] 1450—1717 [1960] μ , visina poprečnog prijesjeka iglica [744] 880—1050 [1333] μ ; broj smolenica [4] 7—12 [15], oblik sklerenhimskih stanica oko smolenica okrugao do eliptičan, membrane tih stanica debele, rijetko prilično debele; broj slojeva transfuzijskog parenhima na floemskoj strani [2] 3, na ksilemskoj [4] 5 [6]; broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad žila 1, a ispod ksilema nekoliko stanica; broj puči [6] 9—15 [21]

ssp. austriaca

II. Broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani 2—5, na ravnoj strani 2—3 [4], u uglovima 3—4 (5); hipoderma na konveksnoj strani veoma zaobljena do zaobljena; širina epidermalnih stanica [14] 18—22 μ ; membrane hipodermalnih stanica na konveksnoj strani veoma debele do prilično debele, lumeni tih stanica veoma uski do prilično uski.

1. Veličina hipodermalnih stanica na konveksnoj strani (18) 22—32 [34] μ ; širina iglica [1426] 1583—1934 [2170] μ ; broj smolenica [6] 9—13 [15], oblik sklerenhimskih stanica oko smolenica okrugao, rjeđe eliptičan, membrane tih stanica veoma debele do debele, rijetko prilično debele; broj slojeva transfuzijskog parenhima na floemskoj strani 3, na ksilemskoj 5—6; broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad žila 1 [2], ti slojevi se provlače i između žila; broj puči (9) 11—17 [23]

ssp. dalmatica

B. Visina epidermalnih stanica na konveksnoj strani 18 do 29 [32] μ , na ravnoj strani 18—25 [32] μ .

I. Broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani 3—5, na ravnoj strani 2—3, u uglovima 3—4 (5); hipoderma na konveksnoj strani veoma zaobljena do zaobljena; širina epidermalnih stanica (14) 18 (22) μ ; membrane hipodermalnih stanica na konveksnoj strani veoma debele do debele, lumeni tih stanica uski, rijetko veoma uski, odnosno prilično uski.

1. Veličina hipodermalnih stanica na konveksnoj strani 22—36 μ ; širina iglica 1556—1794 (1860) μ , visina poprečnog prijesjeka iglica 914—1056 μ ; broj smolenica (5) 6—9 (10), oblik sklerenhimskih stanica oko smolenica okrugao, rjeđe eliptičan, membrane tih stanica debele, rijetko prilično debele; broj slojeva transfuzijskog parenhima na floemskoj strani 3, na ksilemskoj 6; broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad žila 1—2, ti slojevi se često provlače i između žila; broj puči (9) 10—14 (15)

spp. Pallasiana

II. Broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani [1] 2—3, na ravnoj strani (1) 2 [3], u uglovima (2) 3 [4]; hipoderma na konveksnoj strani slabo zaobljena do ravna, veoma rijetko zaobljena; širina epidermalnih stanica 14—18 μ ; membrane hipodermalnih stanica na konveksnoj strani debele do prilično debele, rijetko srednje debele, lumeni tih stanica uski do široki.

1. Broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani [1] 2 (3), na ravnoj strani 2 (1), u uglovima [2] 3; hipoderma na konveksnoj strani gotovo ravna do ravna, rijetko slabo zaobljena; membrane hipodermalnih stanica na konveksnoj strani prilično debele, veoma rijetko debele, odnosno srednje debele, lumeni tih stanica srednje uski do široki, rijetko prilično uski; veličina hipodermalnih stanica na konveksnoj strani 14—25 μ ; širina iglica [1038] 1274—1601 (1642) μ , visina poprečnog prijesjeka iglica [713] 770—933 [960] μ ; broj smolenica (4) 6—11 (13), oblik sklerenhimskih stanica oko smolenica eliptičan, rijetko okrugao, membrane tih stanica prilično debele; broj slojeva transfuzijskog parenhima na floemskoj strani 2—3, na ksilemskoj 4 [5]; broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad žila 1, katkada nepotpun; broj puči [6] 9—15 [19]

spp. gočensis

a) Broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj strani 2—3, na ravnoj strani [1] 2 [3], u uglovima (2) 3 (4), hipoderma na konveksnoj strani slabo zaobljena, rijetko zaobljena, odnosno gotovo ravna; membrane hipodermalnih sta-

nica na konveksnoj strani debele do prilično debele, rijetko srednje debele, lumeni tih stanica uski do srednje uski, veoma rijetko široki; veličina hipodermalnih stanica na konveksnoj strani (14) 18—25 [29] μ ; širina iglica [1116] 1345—1658 (1767) μ ; visina poprečnog prijesjeka iglica [713] 819—990 [1100] μ ; broj smolenica [2] 5—10 [13], oblik sklerenhimskih stanica oko smolenica okrugao do eliptičan, membrane tih stanica debele do prilično debele; broj slojeva transfuzijskog parenhima na floemskoj strani 2—3, na ksilemskoj strani 4—5; broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad žila 1; broj puči [5] 9—15 [20]

ssp. gočensis var. illyrica

NALAZIŠTA POJEDINIH SVOJTA CRNOG BORA
U JUGOSLAVIJI ISTRAŽENIH NA TEMELJU ANA-
TOMIJE IGLICA — HABITATS OF INDIVIDUAL
RACES OF PINUS NIGRA IN YUGOSLAVIA IN-
VESTIGATED ON THE BASIS OF ANATOMICAL
STRUCTURE OF THE NEEDLES

a. *Pinus nigra* Arn. *ssp. austriaca* (Höss) n. comb.

Austrijski crni bor, koji sam odredio kao *ssp. austriaca*, našao sam u NR Sloveniji na području Bovca na Jerebici, nalazište Meli i u Trenti, nalazište Kukla, u dolini Save Bohinjke iznad Nomenja, u Karavankama na Begunjščici kod Radovljice i na području Litije Dobovec pod Kumom.

Tipičan austrijski crni bor našao sam u NR Hrvatskoj na Maloj Kapeli, gdje dolazi još i ilirski crni bor. Na Plješivici nisam našao tipičnog austrijskog crnog bora, nego prelaznih oblika između austrijskog i ilirskog crnog bora, kao i tipičnog ilirskog crnog bora. *Subspecies austriaca* dolazi na Maloj Kapeli u predjelu Samar, nalazište Voznik, Manastir i Stari rasadnik. U istom predjelu, nalazište Tavan, dolazi ilirski crni bor. U predjelu Komarnica, pomiješan je ilirski i austrijski crni bor. Iz predjela Komarnica, nalazište Crni Vrh i Kipinska Draga, pojedini primjerci odgovaraju austrijskom, a ostali ilirskom crnom boru. Pored karakterističnih primjeraka za austrijski i ilirski crni bor ima i takvih, koji su prelazni oblici između ilirskog i austrijskog crnog bora.

Iz drugih lokaliteta u našoj državi crni bor ne odgovara *ssp. austriaca*.

b. *Pinus nigra* Arn. ssp. *gočensis* (Dord.) n. comb.

Gočki crni bor dolazi na planini Goču u Srbiji, i to u predjelu Brezanskom, odjel 26, Krčanik, odjel 25, Velike Kobasice i Osoj. Iz odjela 23, predjel Velike Kobasice, i odjela 38, predjel Osoj pojedini primjerci crnog bora ne odgovaraju po građi iglica gočkom nego ilirskom crnom boru. Isto tako primjerci crnog bora iz odjela 28 (Rokovac) ne odgovaraju po građi iglica gočkom nego ilirskom crnom boru.

Znači, da gočki crni bor dolazi u odjelu 26 i 25, dok je u odjelu 23 i 38 gočki bor izmiješan s ilirskim, a u odjelu 28 prema materijalu, koji posjedujem, dolazi ilirski crni bor. U odjelu 28 nišam bio, nego sam dobio grančice za istraživanje. Prema tome, na planini Goču dolaze po mojim istraživanjima dva crna bora, i to gočki i ilirski, koji su često i pomiješani.

c. *Pinus nigra* Arn. ssp. *gočensis* (Dord.) var. *illyrica* n. var.

Najveća nalazišta ilirskog crnog bora nalaze se u zapadnoj Srbiji i istočnoj Bosni, ali on dolazi i u Hrvatskoj, kao i u Makedoniji.

Prema primjercima crnog bora, koje sam istraživao, ilirski crni bor dolazi u Srbiji na Đakovičkim planinama, na Zlatiboru, predjel Mišćema i Gornji Čavlovac, Zlataru, predjel Borje, na Tari, predjel Kaluđerske Bare, u području Bajine Bašte, nalazište Okuke — Crni Vrh, i u području Priboja, nalazište Mala Lokva — Crni Vrh. Na Goču je ovaj bor pomiješan s gočkim crnim borom. Ilirski crni bor sam našao na Goču pomiješan s gočkim crnim borom u predjelu Osoj i Velike Kobasice, a u predjelu Rokovac dolazi prema mojim istraživanjima samo ilirski crni bor.

Na Zlataru i na području Bajine Bašte ilirski crni bor dolazi na vapnencu, dok na ostalim lokalitetima, koje sam gore naznačio, ovaj bor dolazi na serpentinu.

U jugoistočnoj Bosni i sjevernoj Crnoj Gori ilirski crni bor dolazi na području Višegrada sjeverozapadno od Višegrada, predjel Gornja Lijeska, i sjeverno od Višegrada na desnoj strani Drine, predjel Banja. U Gornjoj Lijeski je ilirski bor na vapnencu, a u Banji na serpentinu. Na području Han Pijeska ovaj bor dolazi i na vapnencu i na serpentinu. Tako s područja donjeg toka rijeke Krivaje, crni bor odgovara ilirskom crnom boru i dolazi na serpentinu, a na planini Devetak ilirski bor dolazi na vapnencu. S Ravne planine, sjeverno od Jahorine, nalazište Hodža, imam jedan primjerak, koji također odgovara ilirskom crnom boru.

Na području Plevlje u Crnoj Gori ilirski crni bor dolazi na vapnencu. Nalazišta su Levertara u dolini Tare, Crni Vrh — Kosanica i Presjeka Kōrjēn.

U Hrvatskoj dolazi ilirski crni bor na Plješivici i Maloj Kapeli, gdje je pomiješan s austrijskim crnim borom. Tako u predjelu Samar dolazi i jedan i drugi crni bor. U predjelu Samar nalazište Voznik, po materijalu kojim raspolažem, dolazi samo austrijski bor, a ilirski bor dolazi u istom predjelu nalazište Tavan. Pored toga imam jedan primjerak s tog lokaliteta, koji je prelazan oblik između ova dva bora. U predjelu Komarnica, nalazište Kipinska Draga i Crni Vrh, dolazi i ilirski i austrijski crni bor, a ima i prelaznih oblika između njih. Na Plješivici, nalazište Šeganovac, većina su primjeraka prelazni oblici između ilirskog i austrijskog crnog bora, ali sam našao primjeraka, koji po građi iglica potpuno odgovaraju ilirskom boru. Između Male Kapele i Plješivice nalazi se kod sela Vrelo jedna mješovita sastojina crnog i običnog bora. Crni bor u toj sastojini je ilirski crni bor.

S jednog lokaliteta u Makedoniji imam jedan primjerak crnog bora, koji odgovara ilirskom crnom boru. Nalazište je Gradište, sjeverni dio Maleških planina.

Iz Slovenije sam dobio jedan primjerak crnog bora s planine Mangart (Log pod Mangartom), koji po svojoj anatomskoj građi iglica najviše odgovara tipičnom ilirskom crnom boru. Kasnije sam otišao na to područje, kako bih detaljno pregledao te sastojine. Starih stabala crnog bora na Mangartu (područje Strmec) nisam našao. U mješovitim sastojinama običnog i crnog bora izvršena je sječa te su posječena sva stara stabla crnog bora, a podmlatka crnog bora ima veoma malo. Prema građi iglica tih mladih primjeraka taj crni bor odgovara ilirskom crnom boru. Jedno staro stablo crnog bora našao sam na putu od Bovca za Mangart, nedaleko od stare austro-ugarske tvrđave. Taj primjerak odgovara po građi iglica ilirskom crnom boru. Prema tome velika je vjerojatnost, da je autohtoni crni bor s Mangarta tipičan ilirski crni bor.

d. *Pinus nigra* Arn. ssp. *dalmatica* (Vis.) Schw.
n. comb.

Dalmatinski crni bor, koji sam odredio kao ssp. *dalmatica* dolazi na otoku Braču, Hvaru i Pelješcu u Dalmaciji. U Primorju sam našao primjeraka tog bora na otoku Cresu i Lošinju, ali oni tu nisu od prirode, nego su sađeni. Prof. *Pevalik* je sabrao kultivirani dalmatinski crni bor na otoku Susku.

Na otoku Braču dolazi dalmatinski crni bor na jugoistočnom dijelu otoka, predjel Pliš, jugozapadno od Nerezišća, predjel Motrinje Ograde, jugoistočno od Nerezišća predjel Knežeravan i Korita i južno od Nerezišća predjel Mala Visoka. U predjelu Fantovi Dolci crni bor je prelazan oblik između dalmatinskog, austrijskog i ilirskog crnog bora.

Na otoku Hvaru dolazi dalmatinski crni bor na vrhu Sv. Nikola, na Gvozdu istočno od Sv. Nikole i u predjelu Oštra Glava, sjeveroistočno od mjesta Hvar i u predjelu Borovik sjeverozapadno od Sv. Nikole. U predjelu Čarton Dolac južno od Borovika, crni bor je prelazan oblik između ilirskog, austrijskog i dalmatinskog crnog bora.

Prema tome na otoku Hvaru dolazi dalmatinski crni bor na Gvozdu, Sv. Nikoli, Oštroj Glavi i Boroviku, dok je crni bor u Čarton Dolcu prelazan oblik između dalmatinskog, austrijskog i ilirskog crnog bora.

Pored autohtonih nalazišta dalmatinski bor dolazi i u kulturama. Tako sam našao tipičnih primjeraka dalmatinskog bora na otoku Lošinju na Osorščici. To je sjeverni dio otoka kod prijelaza s Lošinja na Cres. Ovdje je dalmatinski bor pomiješan s korzičkim borom. Mjesto Nerezine leži na podnožju Osorščice. *Schwarzov* podatak za dalmatinski crni bor iz mjesta Nevesi odgovara možda Nerezinama na Lošinju.

Na otoku Cresu, predjel Vrana kod Vranskog jezera, dolazi u crnoj borovoj kulturi pored drugih svojta crnog bora uprskan i dalmatinski crni bor.

Na otoku Susku imade više stabala dalmatinskog crnog bora.

e. *Pinus nigra* Arn. ssp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe

U Makedoniji nisam bio u vezi s tim istraživanjima, a materijala za istraživanje svojta crnog bora imam iz te republike malo. Prema materijalu, kojim raspolazem, *Pinus nigra* ssp. *Pallasiana* dolazi na području Strumice, nalazište Kukla, i na planini Pljačkovici, nalazište Strniški Rid.

f. *Pinus nigra* Arn. ssp. *Laricio* (Poir.) Schwz.

Ovaj bor dolazi kod nas samo u kulturama. Na otoku Cresu korzički bor dolazi u predjelu Vodice i Vrana, a na području Pazina u Istri nedaleko sela Trošti, nalazište Guština Jama.

Pored korzičkog crnog bora u predjelu Vrana na Cresu i dalmatinskog crnog bora na Osorščici na Lošinju tamo dolazi

još jedan oblik, koji nisam mogao točno odrediti. Taj bi oblik mogao biti kalabrijski crni bor, ili crni bor iz Abruzza ili naš ilirski crni bor.

g. *Prelazni oblici — Transitional forms*

Pored određenih svojta u našoj državi dolaze na mnogo mjesta i prelazni oblici crnog bora. Nalazišta su tih prelaznih oblika ova:

U Sloveniji dolazi prelazni oblik između austrijskog i ilirskog crnog bora na području Kočevske Reke, nalazište Borovec — nad Kolpo, i na području Ljubljane, nalazište Iški Vintgar.

Na Maloj Kapeli dolazi u predjelu Komarnica, nalazište Crni Vrh i Kipinska Draga, kao i u predjelu Samar, nalazište Tavan, pored austrijskog i ilirskog bora još i prelazan oblik između ta dva crna bora.

Na Plješivici dolazi u predjelu Šeganovac, pored tipičnog ilirskog bora i prelazni oblik između austrijskog i ilirskog bora.

Iznad Jelenja na Grobničkom polju u Borovoj dragi crni bor je određen kao prelazni oblik između austrijskog, ilirskog i dalmatinskog crnog bora.

Na području Senja u Borovu i Borovom Vrh, gdje je crni bor autohton, određen je kao prelazni oblik između austrijskog, dalmatinskog i ilirskog crnog bora.

Crni bor iz Paklenice, nalazište za Golicom i Široka Plena, prelazan je oblik između dalmatinskog, austrijskog i ilirskog crnog bora.

Crni bor s Biokova određen je kao prelazni oblik između dalmatinskog, austrijskog i ilirskog crnog bora. Nalazišta, iz kojih su uzimani primjerci za istraživanje jesu ova: Šibenik i Borovik (M. N. O. Bast), Pakline (M. N. O. Brela), Zasedrica kod sela Krvavica i na Jablanu.

Na poluotoku Pelješcu je crni bor određen isto kao i na Biokovu, t. j. on je prelazni oblik između dalmatinskog, austrijskog i ilirskog bora. Nalazišta su ova: Vručica, Vlačice, Sv. Ilija i na putu od Orebića za Trpanj, gdje crni bor dolazi pojedinačno ili u manjim grupama.

Prelazni oblik između dalmatinskog, austrijskog i ilirskog crnog bora dolazi na planini Čvrsnici, nalazište Ščit — Diva Grabovica, Prenju, nalazište Gola Glava, Prskavici, nalazišta Glavatičevo, Rašica-Glavatičevo. S područja Konjica imamo još jedan takav prelazni oblik iz predjela Petrinje-Borci.

Na području Bugojno dolazi također prelazni oblik između dalmatinskog, austrijskog i ilirskog crnog bora, i to u predjelu Škrta Nišan (lokalni naziv Garački Podovi) i kod nalazišta Prusačka Rijeka. Iz Vakufskog basena imam tri primjerka, koji po svojoj građi iglica odgovaraju tom prelaznom obliku, ali nemam detaljnih podataka o tim primjercima.

Nalazišta pojedinih oblika crnog bora prikazana su i na priloženoj karti Jugoslavije.

Zaključak

Prije su se svojte crnog bora određivale samo na osnovu vanjske morfologije ili na osnovu vanjske morfologije i anatomije iglica. U ovom radu prikazane su svojte crnog bora u Jugoslaviji samo na osnovu anatomije iglica. Osim prikaza anatomske građe iglica naših svojta prikazana je anatomija iglica i nekih stranih svojta, koliko mi je to dopuštao oskudni strani materijal.

Materijal, t. j. grančice su uzete iz većine autohtonih sastojina iz naše države. Sa svake grančice uzeto je za istraživanje oko 10 iglica starih najmanje 1 godinu. Istraživanja su se vršila na listovima kratkih izbojaka, i to na poprečnom prijesjeku. Istraženi su ovi elementi građe iglice: visina i širina epidermalnih stanica s obje strane iglice, broj puči, broj slojeva hipodermalnih stanica na konveksnoj, ravnoj strani i u uglovima iglice, veličina hipodermalnih stanica na konveksnoj strani, debljina membrana i širina lumena hipodermalnih stanica na konveksnoj strani, zaobljenost hipoderme prema unutrašnjosti na konveksnoj strani, broj smolenica, oblik sklerenhimskih stanica oko smolenica i debljina membrana tih stanica, broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad floema, ispod ksilema, kao i između žila, broj slojeva transfuzijskog parenhima na floemskoj i na ksilemskoj strani žila, pa širina i visina poprečnog prijesjeka iglica.

Broj puči i smolenica, kao i širina i visina poprečnog prijesjeka iglica, izračunati su za pojedine svojte varijacijsko-statistički. Za te elemente kod pojedinih svojta istraženo je osim toga, da li se oni signifikantno razlikuju ili ne.

Ova istraživanja pokazala su, da je anatomska građa iglica veoma karakteristična za pojedine svojte. Neki elementi građe iglice imaju veće značenje za sistematiku crnog bora na osnovu anatomije iglica od drugih. Tako je građa epiderme i hipoderme veoma važna kod sistematike, a isto su tako važni još i ovi elementi: širina i visina poprečnog prijesjeka iglica, broj slojeva transfuzijskog parenhima, broj sklerenhimskih slojeva

kod žila. I ostali elementi osim boranog parenhima, pericikla (endoderme) i žila imaju vrijednost kod određivanja svojta crnog bora.

Iglice grana sjene i iglice grana svijetla kao i iglice fertilnih i sterilnih grana imaju jednaku ili gotovo jednaku građu, ali nikad toliko diferentnu, da bi se u te rezultate moglo posumnjati.

Na osnovu istraživanja anatomije iglica crnog bora iz Jugoslavije odredio sam ove svojte crnog bora:

1. *Pinus nigra* Arn. ssp. *austriaca* (Höss) n. comb.
ili austrijski crni bor

Anatomija iglica tog bora je ova (tab. 8): Visina epidermalnih stanica iznosi na konveksnoj strani 29—36 μ , rijetko 40 μ , a na ravnoj strani 25—29 μ , veoma rijetko 22, odnosno 32 μ . Širina tih stanica iznosi s obje strane iglice 18, rijetko 14, a veoma rijetko 22 μ . Broj puči kreće se od 9—15; a veoma rijetko se nađe 6, odnosno 21 puč. Prosječan broj puči iznosi 12,4. Na konveksnoj su strani 2—3 sloja hipodermalnih stanica, veoma rijetko 4 sloja, a na ravnoj strani 2, rijetko 3, veoma rijetko 1 sloj tih stanica. U uglovima iglice imamo 3—4, rijetko 2 sloja hipodermalnih stanica. Veličina je hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice 18—25 μ , rijetko 14 μ , a veoma rijetko 29 μ . Membrane tih stanica su debele do prilično debele, veoma rijetko veoma debele, odnosno srednje debele, dok su im lumeni uski do srednje uski. Hipoderma je između puči prema unutrašnjosti na konveksnoj strani iglice zaobljena do slabo zaobljena, rijetko gotovo ravna. Broj smolenica kreće se od 7—12, a veoma rijetko 4, odnosno 15. Prosječan broj smolenica je 9,5. Oblik je sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice, okrugao do eliptičan, dok su membrane tih stanica debele, rjeđe prilično debele. Iznad floemskih dijelova žila nalazi se 1 sloj sklerenhimskih stanica, a ispod ksilemskih dijelova nađe se samo nekoliko takvih stanica. Broj slojeva transfuzijskog parenhima iznosi na floemskoj strani 3, veoma rijetko 2 sloja, a na ksilemskoj 5, veoma rijetko 4, odnosno 6 slojeva. Širina iglica iznosi 1450—1717 μ , a veoma rijetko 1240, odnosno 1960 μ . Prosječna širina iglica je 1583 μ . Visina poprečnog prijesjeka iglica iznosi 880—1050 μ , a veoma rijetko 744, odnosno 1333 μ . Prosječna visina iglica je 965 μ .

Austrijski se bor značajno razlikuje u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica od gočkog, ilirskog i dalmatinskog

Strane svojte crnog bora	Epidermalne stanice Epidermal cells			Broj puči Number of stomata	H i p o d e r m a H y p o d e r m i s							S m o l e n i c e R e s i n c a n a l s		Broj skler. slojeva iznad floema Number of sclerenchyma layers over the phloem	Broj slojeva transfuzijskog parenhima Number of transfusion parenchyma layers		I g l i c e N e e d l e		
	Visina Height		Sirina Breadth		Broj slojeva Number of layers			S t a n i c e C e l l			Zaobljenost Roundness	Broj Number	Sklerenhimske stanice Sclerenchymatous cells		Na floem. str. On the phloem side	Na ksilem. str. On the xylem side	Sirina Breadth	Visina Height	
	Konveks. str. Convex side	Ravna str. Flat side			Konveks. str. Convex side	Ravna str. Flat side	U uglovima In the corners	Veličina Size	Debljina membrana Thickness of the membranes	Širina lumena Breadth of the lumina			Oblik Shape						Debljina membrana Thickness of the membranes
Korzički crni bor Vodiće (Cres)	(18) 25	18—25	[14] 18—22	6—8	1—2	1	2	14—22	srednje debele do tanke medium thick to thin	široki wide	ravna [gotovo ravna] flat [almost flat]	9—15	eliptičan (okrugao) elliptic (round)	srednje debele medium thick	1 nepotpun incomplete	2—3	5	1240—1503	712—821
Korzički crni bor Vrana (Cres)	22—25	18—25	14—18	10—13 (17)	1—2	1 (2)	2	14 (22)	srednje debele do gotovo tanke medium thick to almost thin	široki wide	ravna do gotovo ravna flat to almost flat	7—11	eliptičan (pravokutan) elliptic (rectangular)	srednje debele do gotovo tanke medium thick to almost thin	1	3	5	1364—1570	806—900 (944)
Korzički crni bor Goštinova Jama (Pazin)	22—25	[22] 25	18 (22)	4—8	1—2	1 [2]	2	18—22	srednje debele medium thick	široki wide	gotovo ravna almost flat	5—6	okrugao round	srednje debele do gotovo tanke medium thick to almost thin	1 nepotpun incomplete	2	5	1178—1255	744—790
Kalabrijski crni bor Sila (Kalabrija)	(22) 25 [29]	22—25	14—18	11—17	2 [1]	2 (1)	2 (3)	14—25	prilično debele do srednje uski fairly thick	prilično uski do srednje uski fairly narrow to medium narrow	slabo zaobljena do gotovo ravna slightly rounded to almost flat	6—8	eliptičan (okrugao) elliptic (round)	srednje debele medium thick	1	3	5	1550—1612	930—1023
Francuski crni bor I. oblik	18—22	18—22	14—18	8—14	2—1	1 (2)	2 [3]	14—18 (22)	prilično debele do srednje debele fairly thick to medium thick	srednje uski do široki medium narrow to wide	ravna do gotovo ravna flat to almost flat	(3) 5—9	eliptičan (okrugao) elliptic (round)	debele do prilično debele thick to fairly thick	1	2—3	(4) 5	1130—1270	744—868
Francuski crni bor II. oblik	18—22	18—22	14—18	19—21	2	2	2	18—22 (25)	srednje debele medium thick	široki wide	ravna do gotovo ravna flat to almost flat	16	eliptičan elliptic	prilično debele fairly thick	1	3	5—6	1830—1850	1050—1120

Autohtone svoje crnog bora u Jugoslaviji Autochthonous races of Pinus nigra in Yugoslavia	Epidermalne stanice Epidermal cells		Puči Stomata		H i p o d e r m a H y p o d e r m i s								Smolenice Resin canals		Broj slojeva transfuzijskog parenhima Number of transfusion layers parenchyma			I g l i c e N e e d l e					
	Visina Height		Širina Breadth	Broj Number	Pro- sječno Mean	Broj slojeva Number of layers			Stanice Cell			Zaobljenost Roundness	Broj Number	Pro- sječno Mean	Sklerenhimske stanice Sclerenchymatous cells		Broj skler. slojeva iznad floema Number of sclerenchyma layers over the phloem	Na floem. str. On the phloem side	Na ksilemu. str. On the xylem side	Širina Breadth		Visina Height	
	Konveks. str. u Convex side	Ravna str. u Flat side				Konveks. str. Convex side	Ravna str. Flat side	U uglovima In the corners	Veličina Size	Debljina membrana Thickness of the membranes	Širina lumena Breadth of lumina				Oblik Shape	Debljina membrana Thickness of the membranes				μ	Prosjечно μ Mean	μ	Prosjечно μ Mean
ssp. austriaca	29-36 (40)	[22] 25-29 [36]	(14) 18 [22]	[6] 9-15 [21]	12,4	2-3 [4]	[1] 2 (3)	(2) 3-4	(14) 18-25 [29]	[veoma debele] debele do prilično debele [srednje debele] [very thick] thick to fairly thick [medium thick]	uski do srednje uski narrow to medium narrow	zaobljena do slabo zaobljena (gotovo ravna) rounded to slightly rounded (almost flat)	[4] 7-12 [15]	9,5	okrugao do eliptičan round to elliptic	debele (prilično debele) thick (fairly thick)	1 [2] 3	[4] 5 [6]	[1240] 1450-1717 [1960]	1583	[744] 880-1050 [1333]	965	
ssp. goëensis	(22) 25 [32]	18-25	14-18	[6] 9-15 [19]	11,7	[1] 2 (3)	2 (1)	(2) 3	14-25	[debele] prilično debele [srednje debele] [thick] fairly thick [medium thick]	(prilično uski) srednje uski do široki (fairly narrow) medium narrow to wide	(slabo zaobljena) gotovo ravna do ravna (slightly rounded) almost flat to flat	(4) 6-11 (13)	8,3	eliptičan (okrugao) elliptic (round)	prilično debele fairly thick	1 katkada nepotpun sometimes incomplete	2-3	4 [5]	[1038] 1274-1601 (1642)	1437	[713] 770-933 [960]	851
var. illyrica	(22) 25-29 (32)	(18) 22-25 (29)	14-18	[5] 9-15 [20]	12,2	2-3	[1] 2 [3]	(2) 3 (4)	(14) 18-25 [29]	debele do prilično debele (srednje debele) thick to fairly thick (medium thick)	uski do srednje uski [široki] narrow to medium narrow [wide]	(zaobljena) slabo zaobljena (gotovo ravna) (rounded) slightly rounded (almost flat)	[2] 5-10 [13]	7,6	okrugao do eliptičan round to elliptic	debele do prilično debele thick to fairly thick	1	2-3	4-5	[1116] 1345-1658 (1767)	1501	[713] 819-990 [1100]	905
ssp. dalmatica	30-36 [40]	25-29 (36)	[14] 18-25	(9) 11-17 [23]	14,4	2-5	2-3 [4]	3-4 (5)	(18) 22-32 [34]	veoma debele do debele very thick to thick	veoma uski do prilično uski very narrow to fairly narrow	veoma zaobljena do zaobljena very rounded to rounded	[6] 9-13 [15]	11,1	okrugao (eliptičan) round (elliptic)	veoma debele do debele (prilično debele) very thick to thick (fairly thick)	1 [2] T	3	5-6	[1426] 1583-1934 [2170]	1759	(930) 984-1178 [1317]	1081
ssp. Pallasiana	18-25 (32)	18-25 (29)	(14) 18 (22)	(9) 10-14 (15)	12	3-5	2-3	3-4 (5)	22-36	veoma debele do debele very thick to thick	(veoma uski) uski (prilično uski) (very narrow) narrow (fairly narrow)	veoma zaobljena do zaobljena very rounded to rounded	(5) 6-9 (10)	7,4	okrugao (eliptičan) round (elliptic)	debele (prilično debele) thick (fairly thick)	1-2 (T)	3	6	1556-1794 (1860)	1675	914-1056	985

[] = veoma rijetko - very rarely

() = rijetko - rarely

crnog bora, u broju smolenica od ilirskog, dalmatinskog i krimskog bora, a u broju puči samo od dalmatinskog crnog bora.

Taj crni bor dolazi kod nas u Sloveniji (Jerebica, Trènta, Nomenj, Begunjščica i Litija) i u Hrvatskoj (Mala Kapela).

2. *Pinus nigra* Arn. ssp. *gočensis* (Dord.) n. comb.
ili gočki crni bor

Anatomija iglica tog bora je ova (tab. 8): Visina epidermalnih stanica iznosi na konveksnoj strani iglice 25 μ , rijetko 22, a veoma rijetko 32 μ , a na ravnoj strani 18—25 μ . Širina tih stanica iznosi na obje strane iglice 14—18 μ . Broj puči se kreće od 9—15, a veoma se rijetko nađe 6, odnosno 19 puči. Prosječan broj puči iznosi 11,7. Na konveksnoj su strani 2, rijetko 3 sloja hipodermalnih stanica, a veoma rijetko 1 sloj, dok na ravnoj strani imamo 2, rijetko 1 sloj. U uglovima iglice imamo 3, rijetko 2 sloja tih stanica. Veličina je hipodermalnih stanica na konveksnoj strani 14—25 μ . Membrane tih stanica su prilično debele, veoma rijetko debele, odnosno srednje debele, dok su im lumeni srednje uski do široki, rijetko prilično uski. Hipoderma je između puči prema unutrašnjosti na konveksnoj strani gotovo ravna do ravna, rijetko slabo zaobljena. Broj smolenica kreće se od 6—11, a rijetko imamo 4, odnosno 13 smolenica. Prosječan broj smolenica je 8,3. Oblik sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice, jest eliptičan, rijetko okrugao, dok su membrane tih stanica prilično debele. Iznad floemskih dijelova žila nalazi se 1 sloj sklerenhimskih stanica, koji je katkada nepotpun. Na floemskoj strani žila imamo 2—3 sloja transfuzijskog parenhima, a na ksilemskoj 4, veoma rijetko 5 slojeva tih stanica. Širina iglica iznosi 1274—1601 μ , rijetko 1642, a veoma rijetko 1038 μ . Prosječna širina iglica je 1437 μ . Visina poprečnog prijesjeka iglica iznosi 770—933 μ , a veoma rijetko 713, odnosno 960 μ . Prosječna visina iglica je 851 μ .

Ovaj se bor signifikantno razlikuje u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica od svih ostalih svojta, koje kod nas dolaze. U broju smolenica se signifikantno razlikuje od dalmatinskog bora i donekle austrijskog crnog bora, a u broju puči od dalmatinskog bora.

Gočki crni bor dolazi u Jugoslaviji samo u Srbiji (Goč).

3. *Pinus nigra* Arn. ssp. *gočensis* (Dorđ.) var. *illyrica* n. var.
ili ilirski crni bor

Anatomija iglica tog bora je ova (tab. 8): Visina epidermalnih stanica iznosi na konveksnoj strani iglice 25—29 μ , rijetko 22 odnosno 32 μ , a na ravnoj strani 22—25 μ , rijetko 18, odnosno 29 μ . Širina tih stanica iznosi s obje strane iglice 14—18 μ . Broj puči kreće se od 9—15, veoma rijetko imamo 5, odnosno 20 puči. Prosječan broj puči je 12,2. Na konveksnoj su strani 2—3 sloja hipodermalnih stanica, a na ravnoj strani 2, veoma rijetko 1, odnosno 3 sloja. U uglovima iglice imamo 3, rijetko 2, odnosno 4 sloja hipodermalnih stanica. Veličina je hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice 18—25 μ , rijetko 14, a veoma rijetko 29 μ . Membrane tih stanica su debele do prilično debele, rijetko srednje debele, dok su im lumeni uski do srednje uski, veoma rijetko široki. Hipoderma je između puči, prema unutrašnjosti slabo zaobljena, rijetko zaobljena, odnosno gotovo ravna. Broj smolenica iznosi 5—10, veoma rijetko 2, odnosno 13. Prosječan je broj smolenica 7,6. Oblik sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolence, okrugao je do eliptičan, dok su membrane tih stanica debele do prilično debele. Iznad floemskih dijelova žila nalazi se 1 sloj sklerenhimskih stanica. Na floemskoj su strani 2—3 sloja transfuzijskog parenhima, a na ksilemskoj 4—5 slojeva. Širina iglica iznosi 1345—1658 μ , rijetko 1767, a veoma rijetko 1116 μ . Prosječna širina iglica je 1501 μ . Visina poprečnog prijesjeka iglica iznosi 819—990 μ , a veoma rijetko 1100, odnosno 713 μ . Prosječna je visina iglica 905 μ .

Ovaj se bor signifikantno razlikuje u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica od svih svojta, koje dolaze u Jugoslaviji. U broju smolenica se signifikantno razlikuje od dalmatinskog i austrijskog bora, a u broju puči od dalmatinskog bora.

Ilirski bor dolazi: u Makedoniji (Maleške planine), Srbiji (Đakovičke planine, Goč, Zlatibor, Zlatar, Tara, Bajina Bašta i Priboj), nadalje dolazi ovaj bor u Istočnoj Bosni (Višegrad, Han Pijesak, Ravna Planina) i Sjevernoj Crnoj Gori (Plevlja). Taj bor dolazi u Hrvatskoj (Plješivica i Mala Kapela). U Sloveniji vjerojatno dolazi ovaj bor na Mangartu.

4. *Pinus nigra* Arn. ssp. *dalmatica* (Vis.) Schwz. n. comb.
ili dalmatinski crni bor

Anatomija iglica tog bora je ova (tab. 8): Visina epidermalnih stanica iznosi na konveksnoj strani iglice 30—36 μ , veoma rijetko 40 μ , a na ravnoj strani 25—29 μ , a kada je epi-

derma naborana i 36 μ . Širina tih stanica iznosi s obje strane iglice 18—22 μ , veoma rijetko 14 μ . Broj puči se kreće od 11—17, rijetko imamo 9, a veoma rijetko 23 puči. Prosječan je broj puči 14,4. Na konveksnoj su strani 2—5 slojeva hipodermalnih stanica, na ravnoj strani 2—3, veoma rijetko 4 sloja. U uglovima iglice imamo 3—4, rjeđe 5 slojeva tih stanica. Veličina je hipodermalnih stanica na konveksnoj strani 22—32 μ , rijetko 18, a veoma rijetko 34 μ . Membrane su tih stanica veoma debele do prilično debele, dok su im lumeni veoma uski do prilično uski. Hipoderma je između puči prema unutrašnjosti na konveksnoj strani veoma zaobljena. Broj smolenica kreće se od 9—13, veoma rijetko 6, odnosno 15 smolenica. Prosječan broj smolenica je 11,1. Oblik sklerenhimskih stanica oko smolenica je okrugao, rijetko eliptičan, dok su membrane tih stanica veoma debele do debele, rijetko prilično debele. Iznad floemskih dijelova žila nalazi se 1 sloj, a veoma rijetko još 1 sloj sklerenhimskih stanica. Ti slojevi sklerenhimskih stanica provlače se između žila, te tako imamo oblik slova T. Na floemskoj su strani 3 sloja transfuzijskog parenhima, a na ksilemskoj 5—6 slojeva. Širina iglica iznosi 1583—1934 μ , veoma rijetko 1426, odnosno 2170 μ . Prosječna je širina iglica 1759 μ . Visina poprečnog prijesjeka iglica iznosi 984—1178 μ , rijetko 930, a veoma rijetko 1317 μ . Prosječna je visina iglica 1081 μ .

Ovaj se bor signifikantno razlikuje u širini iglica od austrijskog, gočkog i ilirskog bora, a u visini poprečnog prijesjeka iglica i u broju smolenica od svih svojta, koje kod nas dolaze od prirode. U broju puči dalmatinski je bor signifikantno različit od svih svojta osim krimskog bora, kod kojeg je ta signifikatna razlika sumnjiva.

Dalmatinski crni bor dolazi u Dalmaciji (Brač, Hvar i Pelejšac) i u Kvarneru, gdje je sađen (Cres, Lošinj i Susak).

5. *Pinus nigra* Arn. ssp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe ili krimski crni bor

Anatomija iglica tog bora je ova (tab. 8): Visina epidermalnih stanica iznosi na konveksnoj strani iglice 18—25 μ , a rijetko kada je epiderma naborana, i 32 μ . Na ravnoj strani iglice visina tih stanica iznosi 18—25 μ , a rjeđe, i to kada je epiderma naborana, 29 μ . Širina tih stanica iznosi s obje strane iglica 18 μ , rjeđe 14, odnosno 22 μ . Broj puči kreće se od 10—14, rijetko 9, odnosno 15 puči. Prosječan je broj puči 12. Na konveksnoj su strani iglice 3—5 slojeva hipodermalnih stanica, a na ravnoj strani 2—3. U uglovima iglice imamo 3—4, rjeđe 5

slojeva tih stanica. Veličina je hipodermalnih stanica na konveksnoj strani iglice 22—36 μ . Membrane su tih stanica veoma debele do debele, dok su im lumeni uski, rijetko veoma uski, odnosno prilično uski. Hipoderma je između puči prema unutrašnjosti na konveksnoj strani iglice veoma zaobljena do zaobljena. Broj smolenica se kreće od 6—9, rijetko imamo 5, odnosno 10 smolenica. Prosječan broj smolenica je 7,4. Oblik sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice je okrugao, rjeđe eliptičan, dok su membrane tih stanica debele, rjeđe prilično debele. Iznad floemskih dijelova žila nalazi se 1—2 sloja sklerenhimskih stanica, a rjeđe se ti slojevi provlače i između žila kao i ispod ksilemskih dijelova žila. Na floemskoj su strani 3 sloja transfuzijskog parenhima, a na ksilemskoj 6 slojeva. Širina iglica iznosi 1556—1794 μ , a rjeđe 1860 μ . Prosječna širina iglica iznosi 1675 μ . Visina poprečnog prijesjeka iglica kreće se od 914—1056 μ . Prosječna visina iglica iznosi 985 μ .

Taj se crni bor značajno razlikuje u širini iglica od gočkog i ilirskog bora, a što se austrijskog bora tiče, ta je značajna razlika nesigurna. U visini poprečnog prijesjeka iglica taj bor se značajno razlikuje od gočkog, ilirskog i dalmatinskog bora. U broju smolenica se značajno razlikuje od austrijskog i dalmatinskog crnog bora. U broju puči nije značajno različit ni od jedne svojte, jedino je u odnosu na dalmatinski bor ta značajna razlika nesigurna.

Krimski crni bor dolazi u Makedoniji (Strumica i planina Pljačkovica).

Pored prikazanih svojta postoje u Jugoslaviji i prelazni oblici, određeni na temelju anatomije iglica. Anatomija iglica tih primjeraka je takva, da pojedina staničja ili elementi grade iglice odgovaraju jednoj svojti, a druga staničja ili elementi drugoj svojti. Takvi primjerci imaju najčešće u anatomskoj građi iglica nešto zajedničkog s tri svojte crnog bora. Primjerci s jednog takvog lokaliteta veoma često nemaju svi jednaku građu iglica, te zbog toga imamo razne prijelaze između dvije ili tri svojte, kako se to iz izlaganja o prelaznim oblicima vidi.

Prelazni oblik između *ssp. austriaca*, *ssp. gočensis var. illyrica* dolazi u Sloveniji (Iški Vintgar i Kočevska Reka) i u Hrvatskoj (Mala Kapela i Plješivica).

Prelazni oblik između *ssp. dalmatica*, *ssp. austriaca* i *ssp. gočensis var. illyrica* dolazi u Hrvatskoj (Jelenje, Senj, Paklenica, Biokovo, Brač — Fantovi dolci, Hvar — Čarton Dolac i Pelješac), u Južnoj Bosni i Hercegovini (Bugojno, Konjic, Čvrstica i Prenj).

Za prelazni oblik između dalmatinskog, austrijskog i ilirskog crnog bora pretpostavljam, da je jedna posebna svojta crnog bora zbog toga, što ima određeno područje rasprostranjenja i što mu je struktura iglica uvijek jednako karakteristično građena.

Materijala za istraživanje stranih svojta nisam imao dovoljno, ali na osnovu materijala, koji sam dobio, prikazao sam (tab. 3) anatomsku građu iglica korzičkog crnog bora, crnog bora iz Kalabrije (planina Sila) i crnog bora iz Francuske (*ssp. Salzmannii*).

Korzički bor, koji u Jugoslaviji dolazi u kulturama (Cres, Pazin), odstupa u anatomskoj građi iglica od kalabrijskog bora s planine Sila iz Italije. Naročito velika razlika u anatomiji iglica između ova dva bora postoji u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica i u građi hipoderme. Karakteristične su razlike i ubroju smolenica, obliku i debljini membrana sklerenhimskih stanica, koje obavijaju smolenice. Prema tim istraživanjima kalabrijski i korzički bor nisu jedna te ista svojta crnog bora.

Kalabrijski bor ima građu iglica veoma sličnu građi iglica gočkog crnog bora. Postoje sasvim neznatne razlike u građi hipoderme, dok je između ova dva bora veća razlika u broju slojeva transfuzijskog parenhima. Budući da se u svim ostalim elementima građe iglice ova dva bora slažu, smatram, da su to veoma bliske, ako ne i potpuno istovjetne svojte. I drugi autori, kao *Delevoy*, *Schwarz*, *Rubner*, *Hempel-Wilhelm* i *Podhorsky*, govore u prilog ovoj tvrdnji, što je u poglavlju o gočkom boru detaljno izneseno.

Anatomska građa iglica crnog bora (*ssp. Salzmannii*) iz Francuske (Grables, Carlenca i St. Guihlem) različita je. Prema mojim istraživanjima postoje dvije grupe tog bora, koje se veoma razlikuju u širini i visini poprečnog prijesjeka iglica, broju smolenica i puči. Manje razlike postoje u građi hipoderme i broju slojeva transfuzijskog parenhima. Ove dvije grupe razlikuju se još i u duljini iglica. Na osnovu tih razlika može se pretpostaviti, da postoje kod *ssp. Salzmannii* u Francuskoj barem dvije svojte.

Schwarz je donio djelomičan prikaz anatomske građe iglica crnog bora iz Abruzza i crnog bora iz Kalabrije. Prema njegovim rezultatima ta su dva bora u anatomskoj građi iglica veoma slična. Crni bor s planine Sila (Kalabrija), prema mojim istraživanjima, ima također građu iglica sličnu crnom boru iz Abruzza. Takvu sličnost u anatomskoj građi iglica imamo i kod našeg gočkog i ilirskog crnog bora. U anatomskoj građi iglica crnog bora iz Abruzza (koji je *Schwarz* opisao) i

našeg ilirskog crnog bora nema velikih razlika. Budući da postoji sličnost u građi iglica kalabrijskog crnog bora i crnog bora iz Abruzza, kao i kod gočkog i ilirskog crnog bora, i što se crni bor iz Abruzza dosta slaže u građi iglica s našim ilirskim crnim borom, prepostavljam, da je crni bor iz Abruzza identičan s našim ilirskim crnim borom.

Na osnovu anatomije iglica sastavljen je dihotomski ključ, koji omogućuje lagano determiniranje svojta crnog bora u Jugoslaviji.

Ovo je prvi pokušaj kod nas, da se svojte crnog bora istraže na osnovu anatomije iglica.

LITERATURA — LITERATURE

1. Anić M.: Dendrologija, Šumarski priručnik I. dio, str. 475—582, Zagreb 1946.
2. Anić M.: Dendroflora otoka Brača, Glasnik za šumske pokuse, knj. 8, str. 239—290, Zagreb 1942.
3. Ascherson-Graebner: Synopsis der mitteleuropäischen Flora, I. Bd., Leipzig 1896—98.
4. Bailey L. H.: The Standard Cyclopaedia of Horticulture, Vol. III. pp. 2632—2646, New York 1947.
5. Beissner-Fitschen: Handbuch der Nadelholzkunde, Berlin 1930.
6. Dallimore-Jackson: A Handbook of Coniferae, London 1948.
7. Delevoy G.: A propos de la Systématique de Pinus Nigra Arnold, Ministère de l'Agriculture, Administration des Eaux et Forêts, Stat. Rech. Groenendael 1949.
8. Đorđević P.: Pinus nigra Arn. var. gočensis, n. var., Izdanje Min. šuma i rudnika, Beograd 1931.
9. Đorđević P.: Pinus nigra Arn. var. gočensis n. var., Öst. bot. Z. LXXX. S. 328—336, Wien 1931.
10. Engler-Prantl: Die natürlichen Pflanzenfamilien, 13. Bd., Leipzig 1926.
11. Fisher R. A.: Statistical Methods for Research Workers, 10th edit. London 1948.
12. Fröhlich J.: Die Borja-Planina, Cbl. ges. Fortsw. S. 65—72, 1934.
13. G. B-v.: Prilozi za systematiku Conifera na temelju anatomske strukture listova, Šum. list, str. 4—17, Zagreb 1893.
14. Georgescu C. C.: Studii phyto-geografice in basinul inferior al Vaiei Cernei (Baile Herculane), An. Inst. Cercet. Exper. For., p. 71—133, Bucuresti 1934.
15. Harlow W. M.: The identification of the pines of the United States, notice and introduced, by needle structure, Bull. New-York State Coll. For. Syracuse Univ. 1931.
16. Hempel-Wilhelm: Die Bäume und Sträucher des Waldes, I. Abt., 1889.
- 16a. Hickel R.: Dendrologie forestière, Paris 1932.
17. Hirc D.: Iglasto drveće i grmlje hrvatske flore, Šum. list, str. 332 do 341, Zagreb 1898.
18. Horvat I.: Istraživanja tehničkih svojstava crne borovine, Glasnik za šumske pokuse knj. 9, str. 173—229, Zagreb 1948.

19. Huet M.: Détermination de différentes espèces de Pins par l'étude anatomique de l'aiguille, Bull. Soc. Centr. Forest. Belgique, No. 2, 3—4, Bruxelles 1933.
20. Kirchner-Loew-Schröter: Lebensgesch. Blütenpfl. Mitteleuropa, Bd. I., Abt. 1. — Die Coniferen und Gnetaceen Mitteleuropas, Stuttgart 1906.
21. Klíka J.: Dendrologie jehličnaté, Praha 1931.
22. Kosović B.: Prvi šumarski stručni opis i nacrt šuma na Velebitu i Velikoj Kapeli od dalmatinske međe do Mrkoplja i Ogulina, Šum. list str. 170—186, Zagreb 1914.
23. Mahlert A.: Beiträge zur Kenntniss der Anatomie der Laubblätter der Coniferen mit besonderer Berücksichtigung des Spaltöffnungs-Apparates, Bot. Cbl. XXIV. Bd. S. 54—59, 85—88, 118—122, 149—153, 180—185, 214—218, 243—249, 278—282, 310—312; 1885.
24. Omamović S.: Zlatni bor (*Pinus silvestris variegata* »zlatiborica«), Šum. list, str. 17—22, Zagreb 1937.
25. Omamović S.: Tipične vrsti konifera u krajevima zapadne Srbije, Šum. list, str. 11—14, Zagreb 1938.
26. Pardé L.: Les Conifères, Paris 1937.
27. Petračić A.: Šumski i dendrogeografski odnosi na otoku Braču, Glasnik za šumske pokuse knj. 8, str. 179—237, Zagreb 1942.
28. Piškorić O.: Bilješke o bosanskom crnom boru, Hrv. šum. list, str. 293—307, Zagreb 1941.
29. Piškorić O.: Bilješke o crnom boru — brscu u Istri, Šum. list, str. 107, Zagreb 1946.
30. Poskin A.: Traité de Sylviculture, p. 48—52, Paris 1949.
31. Podhorsky I.: Die korsische Kiefer *Pinus laricio*, var. *Poiretiana*, Schweiz. Z. Forstw., S. 232—238; 1921.
32. Ronniger K.: Über den Formenkreis von *Pinus nigra* Arnold. Verh. Zool.-bot. Ges. LXXIII, p. 127—130; (1923), Wien 1924.
33. Rubner K.: Die pflanzengeographisch-ökologischen Grundlagen des Waldbaus, Neudamm 1934.
34. Schwarz O.: Über die Systematik und Nomenklatur der europäischen Schwarzkiefern, Notizblatt des Bot. Gartens zu Berlin-Dahlem XIII, No. 117, S. 226—243; 1938.
35. Schmied H.: Über die österreichische Schwarzkiefer, Cbl. ges. Forstw. S. 189—199; 1929.
36. Silva Tarouca: Unsere Freiland-Nadelhölzer, Wien-Leipzig 1913.
37. Seckendorff A.: Beiträge zur Kenntnis der Schwarzföhre (*Pinus austriaca* Höss), Mitt. forstl. Versuchsw. Österreichs, 1881.
38. Snedecor G. W.: Statistical Methods, 4th edit. Ames 1946.
39. Šolaja B.: Fizičke i hemiske osobine terpentinskog ulja borova *Pinus nigra* Arn. i *Pinus silvestris* L. sa ličkog krša, Glas. šum. fakulteta br. 2, str. 1—43, Beograd 1961.
40. Ugrenović-Šolaja: Istraživanja o tehnici smolarenja i o kemizmu smole vrsti *Pinus nigra* Arn. i *Pinus silvestris* L., Glasnik za šumske pokuse knj. 5, str. 1—218, Zagreb 1937.
41. Vidaković M.: Prilog poznavanju anatomije iglica kod nekih srodnih borova, Glasnik za šumske pokuse knj. 11, Zagreb 1954.
42. Vidaković M.: Prilog poznavanju oblika vrste *Pinus halepensis* Mill., Šum. list, str. 11—18, Zagreb 1953.
43. Visiani R.: Flora Dalmatica sive enumeratio stirpium vascularium quas hactenus in Dalmatia lectas et sibi observatas descripsit digessit rariorumque iconibus illustravit, I. vol., Lipsiae 1842.
44. Zang W.: Die Anatomie der Kiefernadel und ihre Verwendung zur systematischen Gliederung der Gattung *Pinus*, Dissert., Giessen 1904.
45. Zederbauer E.: Versuche über individuelle Auslese bei Waldbäumen, Cbl. ges. Forstw. S. 197—204; 1913.

CONCLUSION

Formerly the races of *Pinus nigra* species were determined only the basis of outer morphology, or both outer morphology and anatomy of the needles. In this paper, the races of *Pinus nigra* in Yugoslavia are presented only on the basis of anatomical structure of the needles. Besides a survey of the anatomical structure of the needles of our native races, there is also presented the anatomy of the needles of several foreign races within the possibilities imposed by the scantiness of the foreign material at our disposal.

The experimental material — small twigs — was taken from the major part of the autochthonous stands in our country. For the purpose of investigation from each small twig ca. 10 needles at least 1 year old were taken. The investigations were carried out on short-shoot leaves, on the transverse section thereof. The following anatomical elements of the needles were examined: height and breadth of the epidermal cells of both sides of the needles; number of stomata; number of layers of the hypodermal cells on the convex and flat sides as well as in the corners of the needle; size of the hypodermal cells on the convex side; thickness of the cell-walls and breadth of lumina of the hypodermal cells on the convex side, roundness of the hypodermis inwards on the convex side; number of resin canals, shape of the sclerenchyma around the resin canals as well as the wall thickness of these cells; number of layers of sclerenchymatous cells over the phloëm, below the xylem as well as between the vascular bundles; number of layers of the transfusion parenchyma on the phloëm and xylem sides of the bundles as well as the breadth and height of the transverse section of the needles.

The number of stomata and resin canals as well as the breadth and height of the transverse section of the needles were computed for the individual races by means of statistical methods. Besides that, the elements of individual races are examined as to whether they differ significantly between themselves or not.

These investigations have shown, that the anatomical structure of the needles is very characteristic of the individual races. Some structural elements of the needles have a greater importance for the systematics of *Pinus nigra* species based on the anatomy of the needles than have others. Thus the structure of its epidermis and hypodermis is very important in systematics, and the same may be said of the following elements: breadth and height of the transverse section of the needles, number of layers of the transfusion parenchyma, as

well as number of sclerenchyma layers in vascular bundles. But also other elements besides the folded parenchyma, pericycle (endodermis) and bundles play a rôle in the determination of the races of *Pinus nigra*.

The needles of shade branches; those of sun branches, as well as the needles of fertile and sterile branches are either of the same or almost the same structure, but in the latter instance they are never so different as to give rise to any doubts in respect of the results obtained.

On the basis of investigations into the anatomy of *Pinus nigra* needles from Yugoslavia, we determined the following races of this-tree species:

1. *Pinus nigra* Arn. ssp. *austriaca* Höss. n. comb.
or Austrian pine

The anatomical structure of the needles of this pine species is the following (Tab. 8): Height of the epidermal cells on the convex side of the needles amounts to 29—36 μ , rarely 40 μ , and on the flat side it amounts to 25—29 μ , very rarely 22 or 32 μ . Breadth of these cells on both sides of the needles is 18, rarely 14 and very rarely 22 μ . The number of stomata ranges from 9—15, while very rarely 6 and 21 stomata are found. The average number of stomata amounts to 12.4. On the convex side occur 2—3 layers of hypodermal cells, very rarely 4, and on the flat side 2 rarely 3, and very rarely 1 layer of these cells. In the corners of the needle there occur 3—4 and rarely 2 layers of hypodermal cells. The size of the hypodermal cells on the convex side of the needle amounts to 18—25 μ , rarely 14, and very rarely 29 μ . The membranes of these cells are from thick to fairly thick, but very rarely from very thick to medium thick, while their lumina are from narrow to medium narrow. The hypodermis lying between the stomata on the convex side of the needle inwards is from rounded to fairly rounded in shape, rarely almost flat. The number of resin canals ranges from 7—12, and is very rarely 4 or 15. The average number of resin canals is 9.5. The sclerenchymatous cells enveloping the resin canals possess a shape ranging from a round to an elliptic form, while the cell-walls are thick, and only rarely fairly thick. Overlaying the phloem parts of the vascular bundles there is one layer of sclerenchymatous cells while underlying the xylem parts only a few sclerenchymatous cells can be found. The number of layers of the transfusion parenchyma on the phloem part is 3, very rarely 2, while on the xylem part 5, and very rarely

2 or 6. The breadth of the needle is from 1450—1717 μ , and very rarely 1240 or 1960 μ . The average breadth of the needles is 1583 μ . The height of the transverse section amounts to 880—1050 μ , and very rarely it is 744, or 1333 μ high. The average height of the needles is 965 μ .

Pinus nigra ssp. *austriaca* differs significantly in breadth and height of the transverse section of the needle from *Pinus nigra* ssp. *gočensis*, *Pinus nigra* ssp. *gočensis* var. *illyrica* and *Pinus nigra* ssp. *gočensis* var. *illyrica*, *Pinus nigra* ssp. *dalmatica* and *Pinus nigra* ssp. *Pallasiana*, and in the number of stomata only from *Pinus nigra* ssp. *dalmatica*.

In our country *Pinus nigra* ssp. *austriaca* occurs in Slovenia (*Jerebica*, *Trenta*, *Nomenj*, *Begunjščica* and *Litija*), and in Croatia (*Mala Kapela*).

2. *Pinus nigra* Arn. ssp. *gočensis* (Dord.) n. comb.

The anatomical structure of the needles of this pine subspecies is the following (Tab. 8): Height of the epidermal cells on the convex side of the needle amounts to 25 μ , rarely 22 and very rarely 32 μ , and on the flat side it amounts to 18—25 μ . Breadth of these cells is on both sides of the needle 14—18 μ . The number of stomata ranges from 9—15, and very rarely can 6 or 19 stomata be found. The average number of stomata totals 11.7. On the convex side there occur most frequently 2 layers rarely 3 layers of hypodermal cells and very rarely one, while on the flat side there are 2, and rarely 1 layer. In the corners of the needle occur 3 and rarely 2 layers of these cells. The size of the hypodermal cells on the convex side is 14—25 μ . The membranes of these cells are fairly thick, very rarely thick or medium thick, while their lumina are medium narrow to wide, rarely fairly narrow. The hypodermis between the stomata on the convex side inwards is from almost flat to flat, and rarely slightly rounded. The number of resin canals ranges from 6—11, and there rarely occur 4 or 13 resin canals. The average number of resin canals is 8.3. The sclerenchymatous cells enveloping the resin canals are elliptical and rarely round in shape, while the membranes are fairly thick-walled. Above the phloem parts of the vascular bundles there is one layer of sclerenchymatous cells which sometimes is incomplete. On the phloem part of the bundles occur 2—3 layers of transfusion parenchyma, and on the xylem part 4, and very rarely 5 layers of these cells. The breadth of the needles has 1274—1601 μ , rarely 1642, and very

rarely 1038 μ . The average breadth of the needles is 1437 μ . The average breadth of the needles is 1437 μ . The height of the transverse section of the needle amounts to 770—933 μ , and very rarely 713 or 960 μ . The average height of the needles is 851 μ .

This subspecies of pine differs significantly in breadth and height of the transverse section of the needles from all the other races occurring in our country. In the number of resin canals it differs significantly from *Pinus nigra* ssp. *dalmatica* and, to a certain extent, from *Pinus nigra* ssp. *austriaca*, and in the number of stomata from *Pinus nigra* ssp. *dalmatica*. *Pinus nigra* ssp. *gočensis* occurs in Yugoslavia only in Serbia (Goč.).

3. *Pinus nigra* Arn. ssp. *gočensis* (Dord.) var. *illyrica* n. var.

The anatomical structure of the needles of this pine subspecies is the following (Tab. 8): Height of the epidermal cells on the convex side of the needle amounts to 25—29 μ , rarely 22 or 32 μ , and on the flat side 22—25 μ , rarely 18 or 29 μ . Breadth of these cells on both sides of the needle is 14—18 μ . The number of stomata ranges from 9—15, and rarely there are 5 or 20 stomata. The average number of stomata totals 12.2. On the convex side occur 2—3 layers of hypodermal cells, and on the flat side 2, very rarely 1 or 3 layers. In the corners of the needle there occur 3, rarely 2 or 4 layers of hypodermal cells. The size of hypodermal cells on the convex side of the needle amounts to 18—25 μ , rarely 14, and very rarely 29 μ . The membranes of these cells are from thick to fairly thick, rarely medium thick, while their lumina are from narrow to medium narrow, very rarely wide. The hypodermis, between the stomata inwards is slightly rounded, rarely rounded, or almost flat. The number of resin canals ranges from 5—10, it being very rarely 2 or 13. The average number of resin canals is 7.6. The sclerenchymatous cells enveloping the resin canals have a shape ranging from round to elliptic while the cell-walls are from thick to fairly thick. Above the ploëm parts of the vascular bundles there occurs one layer of sclerenchymatous cells. On the ploëm side are 2—3 layers of transfusion parenchyma, and on the xylem part 4—5 layers. The breadth of the needles amounts to 1345—1658 μ , rarely 1767, and very rarely 1116 μ . The average breadth of the needles is 1501 μ . The height of the transverse section of the needles amounts from 819—990 μ , and very rarely 1100 or 713 μ . The average height of the needles is 905 μ .

This pine species differs significantly in breadth and height of the transverse section of the needles from all the races occurring in Yugoslavia. In the number of resin canals it differs significantly from *Pinus nigra* ssp. *dalmatica* and ssp. *austriaca*, and in the number of stomata from *Pinus nigra* ssp. *dalmatica*.

Pinus nigra ssp. *gočensis* var. *illyrica* occurs: in Macedonia (*Maleške planine*), Serbia (*Đakovičke planine*, *Goč*, *Zlatibor*, *Zlatar*, *Tara*, *Bajina Bašta* i *Prüboj*), furthermore in eastern Bosnia (*Višegrad*, *Han Pijesak*, *Ravna Planina*) and in northern Crna Gora (*Plevlja*). This pine species occurs in Croatia (*Plješivica* and *Mala Kapela*). In Slovenia it probably grows on Mount Mangart.

4. *Pinus nigra* Arn. ssp. *dalmatica* (Vis.) Schwz.

The anatomical structure of the needles of this pine species is the following (Tab. 8): Height of the epidermal cells on the convex side of the needle amounts to 30—36 μ , very rarely 40 μ , and on the flat side 25—29 μ , and when the epidermis is folded, even 36 μ . Breadth of these cells on both sides of the needle is 18—22 μ , very rarely 14 μ . The number of stomata ranges from 11—17, it is rarely 9, and very rarely 23. The average number of stomata totals 14.4. On the convex side there occur 2—5 layers of hypodermal cells, and on the flat side 2—3, very rarely 4 layers. In the corners of the needle there occur 3—4, rarely 5 layers of these cells. The size of the hypodermal cells on the convex side amounts to 22—32 μ , rarely 18 and very rarely 34 μ . The membranes of these are from thick to fairly thick, while the lumina are from very narrow to fairly narrow. The hypodermis between the stomata inwards on the convex side is from very rounded to rounded. The number of resin canals ranges from 9—13, very rarely are 6 or 15 resin canals. The average number of resin canals is 11.1. The sclerenchyma enveloping the resin canals has a round and rarely an elliptic shape, while the membranes of these cells are from very thick to thick, rarely fairly thick. Over the phloem parts of the vascular bundles occurs 1 layer, and very rarely 1 more layer of sclerenchymatous cells. These layers of sclerenchyma pass between the bundles assuming a T — form. On the phloem side there occur 3 layers of transfusion parenchyma, while on the xylem side 5—6 layers. Breadth of needles is from 1583—1934 μ , very rarely 1426 or 2170 μ . The average breadth of the needles is 984—1178 μ .

rarely 930, and very rarely 1317 μ . The average height of the needles is 1081 μ .

This pine subspecies differs significantly in the breadth of the needles from *Pinus nigra* ssp. *austriaca*, *Pinus nigra* ssp. *gočensis* and *Pinus nigra* ssp. *gočensis* var. *illyrica*, and in the height of the transverse section of the needles as in the number of resin canals from all the races occurring spontaneously in this country. As to the number of stomata *Pinus nigra* ssp. *dalmatica* differs significantly from all our races except from *Pinus nigra* ssp. *Pallasiana*, in which latter this significant difference is dubious.

Pinus nigra ssp. *dalmatica* occurs in Dalmatia (*Brač*, *Hvar* and *Pelješac*) and in Kvarner, where it is cultivated (*Cres*, *Lošinj* and *Susak*).

5. *Pinus nigra* Arn. ssp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe

The anatomical structure of the needles of this pine subspecies is the following (Tab. 8): Height of the epidermal cells on the convex side of the needle amounts to 18—25 μ , and rarely only when the epidermis is folded 32 μ . On the flat side of the needles the height of these cells amounts to 18—25 μ , and rarely — as when the epidermis is folded — 29 μ . The breadth of these cells is on both sides of the needle 18 μ , more rarely 14 or 22 μ . The number of stomata ranges from 10—14, and rarely there are 9 or 15 stomata. The average number of stomata totals 12. On the convex side of the needle there are 3—5 layers of hypodermal cells, and on the flat side 2—3 layers. In the corners of the needle there are 3—4, rarely 5 layers. In the corners of the needle there are 3—4, rarely 5 layers of these cells. The size of the hypodermal cells on the convex side of the needle is 22—36 μ . The membranes of these cells are from very thick to thick, while the lumina are narrow, rarely very narrow or fairly narrow. The hypodermis between the stomata on the convex side inwards is from very rounded to rounded. The number of resin canals ranges from 6—9, rarely are there 5 or 10 resin canals. The average number of resin canals totals 7.4. The sclerenchymatous cells enveloping the resin canals are round, more rarely elliptic, while the membranes of these cells are thick, more rarely fairly thick. Over the phloem parts of the vascular bundles occur 1—2 layers of sclerenchymatous cells, and only less frequently do these layers pass also between the bundles as well as below the xylem parts of the bundles. On the phloem side of the vascular bundles occur 3 layers of transfusion parenchyma and on the

xylem part 6 layers. Breadth of the needles is 1556—1794 μ , and more rarely 1860 μ . The average breadth of the needles is 1675 μ . Height of the transverse section of the needles ranges from 914—1056 μ . The average height of the needles is 985 μ .

This subspecies of *Pinus nigra* differs significantly in the breadth of the needles from *Pinus nigra* ssp. *gočensis* and *Pinus nigra* ssp. *gočensis* var. *illyrica*, while in *Pinus nigra* ssp. *austriaca* this significant difference is doubtful. In the height of the transverse section of the needles this pine subspecies differs significantly from *Pinus nigra* ssp. *gočensis*, *Pinus nigra* ssp. *gočensis* var. *illyrica*, and *Pinus nigra* ssp. *dalmatica*. In the number of resin canals it differs significantly from *Pinus nigra* ssp. *austriaca* and *Pinus nigra* ssp. *dalmatica*. In the number of stomata it does not differ significantly from any race, and only in relation to *Pinus nigra* ssp. *dalmatica* the significant difference is doubtful.

Pinus nigra ssp. *Pallasiana* occurs in Macedonia (*Strumica* and *Mountain-Pljačkovica*).

Besides the races presented, there are also transitional forms in Yugoslavia, determined on the basis of anatomical structure of the needles. The anatomical structure of the needle of these specimens shows tissues and structural elements belonging to different races. Concerning the anatomical structure of the needle, such specimens have most frequently something in common with the mentioned three races of *Pinus nigra*. The specimens from such a locality very often are not of the same structure of needles, and thus we have different transitional forms between two or three races, as is visible from what has been stated about the transitional forms.

The transitional form between ssp. *austriaca*, and ssp. *gočensis* var. *illyrica*, occurs in Slovenia (*Iški Vintgar* and *Kočevska Reka*), and in Croatia (*Mala Kapela* and *Plješivica*).

The transitional form between ssp. *dalmatica*, ssp. *austriaca* and ssp. *gočensis* var. *illyrica* occurs in Croatia (*Jelenje*, *Senj*, *Paklenica*, *Biokovo*, *Brač* — *Fantovi Dolci*, *Hvar* — *Čarton Dolac* and *Pelješac*), and in southern Bosnia and Herzegovina (*Bugojno*, *Konjic*, *Čvrstica* and *Prenj*).

For the transitional form between the ssp. *dalmatica*, ssp. *austriaca* and ssp. *gočensis* var. *illyrica*, we suppose that this is a special race of *Pinus nigra* for the reason that it has a definite area of distribution and that the structure of its needles is always built up in typically the same manner.

We had not sufficient material for the investigation of foreign races, but on the basis of received experimental ma-

terial we have presented (Tab. 3) the anatomical structure of the needle (of *Pinus nigra corsicana*, *Pinus nigra calabrica* (Mountain Sila), and *Pinus nigra ssp. Salzmannii* from France.

Corsican pine (*Pinus nigra corsicana*) which occurs in Yugoslavia in cultures (Cres, Pazin), differs in the anatomical structure of the needles from Calabrian pine — *Pinus nigra calabrica* (Mountain Sila, Italy). An especially great difference in the anatomy of the needles between these two pines exists in the breadth and height of the transverse section of the needle, as well as in the structure of the hypodermis. Typical are also the differences in the number of resin canals, in the shape and thickness of the membranes of the sclerenchymatous cells enveloping the resin canals. According to these investigations it follows, that Calabrian pine and Corsican pine are not one and the same race of *Pinus nigra*. The anatomical structure of the needles of Calabrian pine is very similar to that of *Pinus nigra ssp. gočensis*. There exist only most insignificant differences in the structure of the hypodermis, while a greater difference between these two pines exists in the number of layers of the transfusion parenchyma.

Because these two pines agree in all other structural elements of the needle, we consider that these two pines are very closely related or even quite identical races. Other authors like Delevoy, Schwarz, Rubner, Hempel-Wilhelm and Podhorsky, speak also in favour of this statement, which was exposed in detail in the chapter on *Pinus nigra ssp. gočensis*.

The anatomical structure of the needles of *Pinus nigra ssp. Salzmannii* of France (Grables, Carlenças and St. Guihlem) is different. According to our investigations, there exist two groups of this pine subspecies which differ greatly in the breadth and height of the transverse section of the needles as well as in the number of resin canals and stomata. Minor differences exist in the structure of the hypodermis and the number of layers of the transfusion parenchyma. These two groups also differ in the length of the needles. On the basis of these differences we can presume that in *ssp. Salzmannii* there are at least two races in France.

Schwarz has presented a partial review of the anatomical structure of the needles of *Pinus nigra* of the Abruzzi and those of *Pinus nigra* of Calabria. According to his results these two pines are very similar in the anatomical structure of their needles. Also according to my own investigations *Pinus nigra* of mountain Sila (Calabria) has the structure of the needles similar to that of *Pinus nigra* of the Abruzzi. Such a similarity in the anatomical structure of needles we found also in our

ssp. gočensis and *ssp. gočensis var. illyrica* of *Pinus nigra*. The similarity between the anatomical structure of the needles of *Pinus nigra* of the Abruzzi (described by Schwarz) and that of our *Pinus nigra ssp. gočensis var. illyrica* is not great. On the basis of existing similarities between the structure of the needles of *Pinus nigra* of Calabria and that of the Abruzzi (which is also the case in *Pinus nigra ssp. gočensis* and *Pinus nigra ssp. gočensis var. illyrica*), and because also of the fact that *Pinus nigra* of the Abruzzi agrees fairly well as regards structure of the needles with our *ssp. gočensis var. illyrica*, we may suppose, that *Pinus nigra* of the Abruzzi is identical with our *ssp. gočensis var. illyrica*.

On the basis of anatomical structure of the needles a dichotomic key has been arranged allowing of an easy determination of the *Pinus nigra* races in Yugoslavia. In our country this is the first attempt at investigating the *Pinus nigra* races on the basis of anatomical structure of the needles.



**NALAZIŠTA POJEDINIH SVOJTA CRNOG BORA
U FNRJ NA TEMELJU ANATOMIJE IGLICA**

HABITATS OF INDIVIDUAL RACES OF PINUS NIGRA IN YUGOSLAVIA
ON THE BASIS OF ANATOMICAL STRUCTURE OF THE NEEDLES

- | | | |
|---|-------------------------------------|--|
| <i>P.n. ssp. austriaca</i> ▽ | <i>P.n. ssp. dalmatica</i> □ | <u>Prelazni oblici između:</u>
Transitional forms between:
<i>ssp. austriaca</i> i
var. <i>illyrica</i> ▽
<i>ssp. dalmatica</i> , var.
<i>illyrica</i> i <i>ssp. austriaca</i> ▽
kultivirani crni bor
Cultivated <i>Pinus nigra</i> ○ |
| <i>P.n. ssp. gočensis</i> □ | <i>P.n. ssp. Pallasiana</i> ○ | |
| <i>P.n. ssp. gočensis</i>
var. <i>illyrica</i> ▽ | <i>P.n. ssp. Laricio</i> ▲ | |
| | Mjerilo - Scale: | |
| | 20 0 50 100 km | |

Dr. ROKO BENIĆ:

ISTRAŽIVANJA O POTROŠKU VREMENA ZA ČIŠĆENJE DEBLA OD GRANA I ZA GULJENJE KORE KOD LJETNE SJEČE JELOVINE U GORSKOM KOTARU

(Prilog proučavanju rada u eksploataciji šuma)

INVESTIGATIONS OF TIME CONSUMPTION IN
THE TRIMMING AND BARKING OF FIR STEMS
DURING SUMMER FELLINGS IN GORSKI KOTAR

(A contribution to the study of work performance in logging)

SADRŽAJ — CONTENTS

Uvod — Introduction

I. Metoda rada — Working method

II. Područje na kojem su vršena istraživanja, sastav radničkih grupa
i opis alata — Area in which the investigations were carried out, for-
mation of teams and description of tools

III. Rezultati istraživanja — Results of investigation

A) Čišćenje debla od grana — Trimming

B) Guljenje kore guljačima — Barking

1. Potrošak vremena za guljenje kore kao funkcija veličine debla
— Time consumption for barking operation as the function of
the stem size

2. Utjecaj vrste guljača na potrošak vremena za guljenje kore —
— Influence of the kind of barker on the time consumption in
operations

IV. Zaključak — Conclusion

Radnja primljena na štampanje 13. X. 1953.

UVOD — INTRODUCTION

Šumarska nauka o radu je razmjerno nova disciplina. Ona se razvija na principima opće nauke o radu sa specijalnim zadatkom, da pridržavajući se zasada i dostignuća moderne nauke o radu, proučava rad u svima granama šumarstva. Cilj ove nauke sastoji se u traženju racionalnih metoda rada, koje osiguravaju manji potrošak radne energije po jedinici učinka, odnosno veći učinak po jedinici potrošene radne energije (princip optimuma).

Proučavanje pojedinih operacija i postupaka nekog radnog procesa ima šire značenje, nego što se to opaža na prvi pogled. Ono u prvom redu ima zadatak, da prouči tehniku izvođenja pojedine radne operacije, odnosno postupka, i tehniku rukovanja oruđem. Na taj se način dolazi do spoznaje o najefikasnijoj tehnici rada i najefikasnijem radnom oruđu, koji osiguravaju najmanji potrošak energije po jedinici proizvoda i najveći ekonomski efekat s jedne strane i pravedne akordne stavke nagrađivanja po učinku s druge strane, a sve to imajući u vidu postojeće radne uvjete. Rezultati ovakvih istraživanja rada imaju značenje, kako za operativno planiranje u poduzeću, koje se bavi izvođenjem radova, tako za planiranje potrebnih obrtnih sredstava i pravedno nagrađivanje u proizvodnji.

Proučavanje rada vodi do planskog dizanja produktivnosti rada, a dizanje produktivnosti rada je glavni cilj nauke o radu. Proučavanje rada snimanjem potroška vremena upotrebljenog za izvođenje pojedinih radnih operacija, odnosno postupaka uveo je u modernu praksu *F. W. Taylor* (22). Na temelju *Taylorovih* pokušaja proučavanja radnih operacija razvila se u industrijski naprednim zemljama svijeta nova nauka t. zv. »nauka o radu«, koja je donijela već dosada bogate plodove.

Proučavanje rada u šumarstvu počelo je razmjerno kasno. Razlozi za to leže u karakteristikama šumskog rada. Šumarska nauka o radu počela se zapravo razvijati tek iza Prvog svjetskog rata. Godine 1929. osnovano je u Njemačkoj na poticaj *Hilfa, Riesa* i *Strehlkea* Društvo za proučavanje šumskog rada (*Geffa — Gesellschaft für forstliche Arbeitswissenschaft*) i neposredno iza njega kao njegov organ Institut za šumarsku nauku o radu (*Iffa — Institut für forstliche Arbeitswissenschaft*), Tri su naime osnovna faktora proizvodnje u šumarstvu: drvna zaliha, zemljište i rad. Tek unošenjem rada diže se proizvodnost šume i intenzivira šumsko gospodarstvo, a šumski proizvodi dobivaju vrijednost.

Proučavanje rada u šumarstvu počelo je prvo u sektoru eksploatacije šuma. Razloge za to treba tražiti u znatnom učešću rada u eksploataciji šuma. Ovaj sektor najviše se, s obzirom na učešće rada u proizvodu, približava industrijskoj proizvodnji drugih grana narodne privrede. Proučavanje rada u eksploataciji šuma svelo se uglavnom na ovo:

1. proučavanje oblika, težine i materijala, iz kojeg je izgrađeno pojedino šumsko oruđe, kao i tehnike rada njime radi pronalazjenja racionalnijeg oruđa i racionalne tehnike rada njime;
2. proučavanje organizacionih formi rada u eksploataciji šuma (veličina pojedinih radnih grupa, redosljed rada unutar grupe i t. d.); i

3. proučavanje prosječnog učinka rada u eksploataciji šuma (utvrđivanje t. zv. radnih normi i akordnih stavaka za pojedine vrste poslova).

Kao osnovno oruđe za sva ova proučavanja služi manje više utvrđivanje potroška vremena za izvođenje određene vrste posla. Do danas se nije bavilo mnogo autora problemima proučavanja rada u eksploataciji šuma.

Prva sistematska istraživanja vrše *Hilf* i *Hampe* (13) godine 1927. Godine 1928. *Strehlke* (17) objavljuje metodu za ispitivanje šumskih pila, a godine 1932. *Gläser* objavljuje svoja istraživanja u obliku i tehnici rada šumskom pilom. Osim ovih autora bave se u Njemačkoj i drugi proučavanjem pojedinih problema rada u eksploataciji šuma. Tako *Barth* i *Kardasch* (2) objavljuju godine 1940. svoja istraživanja efektivnosti raznih vrsta guljača za skidanje smrekove kore za proizvodnju tanina.

Moderne statističke metode ispitivanja efekta rada u eksploataciji šuma uvode *Zehnder*, *Weber* i *Linder* (20) te *Zehnder*, *Auer* i *Soom* (19) u Švajcarskoj.

Proučavanje šumskog oruđa i tehnike rada njime kod nas nalazi se u prvim počecima. Tako je i ovaj prikaz jedan od pokušaja proučavanja šumskog rada u eksploataciji šuma u našim specifičnim uvjetima.

Naime rezultati stranih istraživanja na tome području, ukoliko i postoje, ne vrijede za naše uvjete. Šumski je rad podvrgnut naime znatnim vanjskim utjecajima. Ovi su pak različiti u pojedinim krajevima, te ih uvijek treba imati na umu. Vanjski su utjecaji, o kojima zavisi učinak rada u eksploataciji šuma, raznovrsni. Oni se u prvom redu svode na činioce, koje organizator posla ne može bitno izmijeniti. To su: klimatske prilike, apsolutna i relativna visina radilišta, reljef terena, vrsta tla i podloge, vrsta drvetá, kvalitet sastojine, debljina stabala, način sječe (čista, oplodna, preborna) i vrijeme sječe.

Druga vrsta činilaca o kojima zavisi učinak rada, jesu organizacione prirode i zavise bilo o organizatoru, bilo o izvodiocu posla. Tu idu: organizacija radilišta (radničke nastambe, opskrba radnika hranom i vodom, raspored cesta i putova na radilištu), organizacija radničkih grupa (sastav i veličina grupe radnika), stručna sprema radnika, kakvoća i količina oruđa za rad, način isplate zarade radnicima (isplata po učinku ili po vremenu provedenom na poslu) i vrsta sortimenata, koji se proizvode. Ove činioce organizator posla može mijenjati te prema tome preko njihove izmjene utjecati i na učinak rada.

Kod proučavanja rada u eksploataciji šuma neophodno je potrebno voditi računa o ovim dvjema grupama činilaca.

U prvom redu potrebno je točno uočiti vanjske činioce, koji se ne mogu mijenjati. Rezultati izučavanja učinka vrijede tada samo za one radne uvjete, pod kojima je rad izvršen.

Samu organizaciju posla treba tako izvršiti, da ona osigura rezultat, koji se želi postići. Tako na primjer, ako želimo istražiti djelovanje oruđa na učinak rada, treba proučavati učinak rada grupe radnika (jednake stručne sprema i jednakog broja radnika u grupi) sa svim onim vrstama oruđa, koje želimo istražiti, jer ih samo tako možemo komparirati. Isto to vrijedi i za druge uvjete rada.

Ukoliko želimo, da nam podaci služe kao osnova za sastav akorda tada treba naročitu pažnju obratiti na ove promjenljive činioce. S obzirom na radnike, kojih se rad istražuje, treba odabrati takvu grupu radnika, kojih rad može u danim uvjetima poslužiti kao prosječni učinak.

Operacija čišćenja debla od grana (kresanje grana na oborenom deblu) i operacija guljenja kore (koraanja) odlučne su za ukupni učinak obaranja stabala i izrade deblovine.

Prema *Zehnderu* (19) (str. 85) na čišćenje od grana i na guljenje kore otpada kod sječe i izrade smrekovine u Švajcarskoj prosječno 41% (36 do 63%) vremena potrebnog za obaranje stabala i izradu deblovine. Doduše, njegovi podaci se odnose na zimsku sječū. No ako uzmemo, da njihov otpadajući dio kod sječe i izrade u mezgri (za vrijeme kretanja sokova) iznosi donju granicu (36%), oni su svejedno vrlo odlučni za konačni efekat rada sječe i izrade smrekovih stabala.

Kod *Auerovih* (19) istraživanja (str. 174) na čišćenje od grana i guljenje kore otpalo je ukupno 49,89% vremena potrošenog za sječū i izradu smrekovine. Od ove količine vremena na kresanje i čišćenje od grana otpada 17,43%, na čisto guljenje kore 32,07%, a na kombinaciju čišćenja od grana sa guljenjem kore 0,39%.

Prema *Hilfu* (7) potrošak vremena za guljenje kore kod smreke za vrijeme sječe i izrade u mezgri iznosi oko $\frac{1}{3}$ potroška vremena potrebnog za skidanje kore u zimskoj sječnoj kampanji, t. j. kod sječe i izrade smrekovine izvan mezgri (vidi sl. 28 na str. 3).

Ako uzmemo u obzir ovo smanjenje potroška vremena za guljenje kore kod sječe i izrade za vrijeme mezgri, ipak čišćenje od grana i guljenje kore čine najmanje 25% ukupnog potroška vremena za obaranje stabala i izradu deblovine kod smreke.

S obzirom na to proučavanje radnih operacija čišćenja od grana i guljenja kore ima svoju, kako teoretsku, tako i praktičnu vrijednost.

Uočavajući važnost ovih operacija u eksploataciji šuma, postavili smo sebi zadatak, da pobliže proučimo činioce, koji utječu na potrošak vremena za njihovo izvođenje u uvjetima, koji postoje u jelovim šumama u Gorskom Kotaru.

U prvom redu je cilj naših istraživanja bio, da ustanovimo, kako djeluje debljina debla na učinak rada. Radi toga smo proučavali potrošak vremena za čišćenje od grana i za guljenje kore (koranje) u zavisnosti sa promjerom debla i sa drvnom masom deblovine.

U drugom redu mi smo sebi postavili zadatak, da ispitamo, kako zavisi učinak rada o vrsti oruđa upotrebljenog za izvođenje rada. Radi toga smo proučavali efekat guljenja kore s oborenih debala jele za vrijeme mežgre s drvenim i željeznim guljačem.

Naša istraživanja vršena su i radi toga, da njihovi rezultati budu poticaj za rad na utvrđivanju pravednih normi učinka kod eksploatacije šuma u Gorskom Kotaru. Radi toga smo snimali potrošak vremena profesionalnih šumskih radnika iz Gorskog Kotara. Učinak rada radnika kojih rad smo snimali, predstavlja srednji učinak profesionalnih radnika iz Gorskog Kotara i radi toga smo taj njihov učinak smatrali prosječnim učinkom, koji postižu radnici u Gorskom Kotaru i koji mogu održavati na istom nivou kroz cijelo vrijeme sezone.

Terenska snimanja potroška vremena izvršena su tokom ljetne sječne sezone u godini 1949. Snimanja su vršena uz sudjelovanje autora i ing. F. Ravnika u režiji Instituta za drvoindustrijska istraživanja NR Hrvatske. Institut mi je spremno stavio na raspolaganje sve podatke snimanja, pa mu se i ovom prilikom za to zahvaljujem.

Sređivanje terenskih podataka omogućio je Odbor za šume Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Zagrebu, jer mi je preko Šumskog gospodarstva poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Zagrebu stavio na raspolaganje potrebna novčana sredstva za ovaj rad.

Studenti šumarstva Meštrović Pavle, Kopjar Branko i Ujednica Ivan pomagali su mi kod računskog dijela obrade podataka, te smatram za potrebno, da im se i ovdje zahvalim.

Na koncu smatram za potrebno, da iskažem moju zahvalnost i drugu Franji Filipoviću, laborantu Zavoda za zaštitu šuma, koji mi je spremno izradio sve grafičke prikaze u ovoj raspravi.

I. METODA RADA — WORKING METHOD

Snimanje potroška vremena za izvođenje pojedinih operacija vršili smo pomoću običnog ručnog sata, kao što se to i inače vrši kod normiranja rada u eksploataciji šuma. Snimanje potroška vremena vršili smo s točnošću na pola minute (0,5 minute).

Posebno je vršeno snimanje potroška vremena za čišćenje od grana (kresanje grana) pojedinih oborenih debala a posebno potrošak vremena za guljenje kore pojedinog debla. Kod snimanja smo uzeli u obzir samo vrijeme potrošeno za čisto izvođenje operacije.

Za svako stablo, koje nam je poslužilo kod našeg rada, ustanovili smo prsni promjer debela s korom i visinu, koju smo zaokružili na 0,5 metra. Na temelju prsnog promjera i visine ustanovili smo drvenu masu deblvine do 7 cm promjera na temelju *Šurićevih drvano-gromadnih tablica za jelu*. Visinska krivulja pokazala nam je, da sastojine, u kojima smo vršili rad, pripadaju u III. bonitetni razred po *Šuriću*.

Kako smo osim prsnog promjera i volumena debela kod naših razmatranja uzimali u obzir i srednji promjer debela i površinu plašta kore, to smo ustanovili i ove veličine. Obračun površine plašta kore izvršili smo na temelju promjera u sredini debela i dužine debela. Ovaj obračun izvršili smo uz pretpostavku, da je površina plašta valjka najednaka površini plašta čunja (a deblo je približno slično čunju), koji ima jednak promjer u sredini visine sa promjerom valjka.

Naime površina plašta valjka iznosi $P_v = d \cdot \pi \cdot l$, a površina plašta čunja jednakog promjera u sredini visine sa promjerom valjka $P_c = d \cdot \pi \cdot s$. (d —promjer, l —visina valjka i čunja; s = izvodnica čunja). Kako je razlika u dužini između l i s kod čunja, koji predstavlja deblo, praktički bez značenja, to je površina plašta valjka, kojega promjer iznosi polovinu promjera čunja (u bazi), približno jednaka površini plašta toga čunja.

Sređene podatke snimanja potroška vremena za čišćenje od grana i za guljenje kore razvrstali smo s obzirom na debljinske razrede ispitivanih stabala tako, da jedan debljinski razred obuhvaća po 5 cm. (Na primjer: stabla prsnog promjera od 16 do 20 cm čine jedan debljinski razred, kojega srednji prsni promjer iznosi 18 cm).

Potrošak vremena za čišćenje od grana ustanovili smo na 242 oborena stabla, a potrošak vremena potrebnog za guljenje kore s oborenih i od grana očišćenih debala ustanovili smo na ukupno 452 debela, od čega otpada 333 kom. na guljenje kore drvenim guljačem, a 119 komada debala na guljenje kore željeznim guljačem.

Potrošak vremena na čišćenje od grana i za guljenje kore osim s obzirom na prsni promjer debela i s obzirom na njegovu drvenu masu obračunali smo i s obzirom na 1 m³ deblvine sa korom. Potrošak vremena za guljenje kore stavili smo također u odnos sa površinom plašta kore izraženog u m², te smo na taj način ustanovili potrošak vremena za guljenje kore po 1 m² površine plašta kore.

Odnos između veličine prsnog promjera debla, odnosno promjera u sredini debla i potroška vremena za čišćenje od grana i guljenje kore debla, kao i odnos između volumena debla i potroška vremena za navedene radne operacije obračunali smo uz pretpostavku, da se on može izraziti jednadžbom vršne parabole

$$y = a \cdot x^b \quad (1)$$

Primjenu ove jednadžbe kod ispitivanja potroška vremena za radove u eksploataciji šuma preporučuje Soom (19) (str. 96). U jednadžbi x označava veličinu prsnog odnosno srednjeg promjera u cm ili drvenu masu debla u m^3 , a a i b su odgovarajući parametri. Pretpostavka, da se taj odnos može izraziti navedenim izrazom, jest logična, jer sa veličinom debla izraženom bilo veličinom prsnog promjera ili promjera u sredini dužine debla, bilo volumenom debla raste s jedne strane, kako količina grana, tako i površina plašta debla (površina kore). U vezi sa njima raste i potrošak vremena, bilo za čišćenje od grana, bilo za guljenje kore.

Auer (19) je u svojim razmatranjima korelaciju između navedenih veličina izrazio jednadžbom

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 \quad (2)$$

Ovu njegovu pretpostavku odbacili smo, jer smatramo, da izraz (1) bolje odgovara prirodi odnosa. Naime kod izraza (1) u slučaju, da je $x = 0$ i potrošak vremena $y = 0$. Doduše, u slučaju da je prsni promjer debla jednak 0, deblo ima neku drvenu masu i površinu plašta, pa će teoretski trebati i neko vrijeme za čišćenje od grana i za guljenje kore, no to je za praktične svrhe uopće bez značenja. Uostalom naši izvodi i tako vrijede samo, kada prsni promjer debla prelazi preko 17,5 (16 do 20) cm. S druge strane jednadžba (2) teoretski ne može zadovoljiti i iz razloga, jer kod nje postoji kulminacija kod $x = -\frac{b}{2c}$, što za ovaj odnos nije logično.

Obračun parametra jednadžbe (1) izvršili smo njenim transformiranjem u linearni oblik

$$\log y = \log a + b \cdot \log x \quad (1a)$$

te uz pomoć normalnih jednadžbi

$$n (\log a) + b \sum (\log x) = \sum (\log y) \quad \text{I.}$$

$$(\log a) \sum (\log x) + b \sum (\log x)^2 = \sum [(\log x) \cdot (\log y)] \quad \text{II.}$$

(Izvod normalnih jednadžbi I i II vidi kod Richter-Altshäffera)

Veličinu korelacije izraženu u veličini korelacionog koeficijenta r , kao i srednju griješku korelacionog koeficijenta f_r , obračunali smo na temelju ovih izraza:

$$r = \sqrt{1 - \frac{s_{y f(x)}^2}{\sigma_y^2}} \quad 3)$$

$$f_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}} \quad 3a)$$

Srednju griješku procjene $s_{y f(x)}$ i standardnu devijaciju aritmetičke sredine σ_y obračunali smo po ovim izrazima:

$$s_{y f(x)} = \sqrt{\frac{\sum (y - Y)^2}{n - 1}} \quad 4)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum y^2}{n - 1} - \frac{n}{n - 1} m_y^2} \quad 5)$$

U ovim izrazima znači: y = stvarne vrijednosti potroška vremena dobivene mjerenjem; Y = potrošak vremena očitani iz korelacione jednadžbe; m_y = aritmetička sredina stvarnih utroška vremena; x = prsni, odnosno promjer u sredini debla ili drvena masa deblovine.

Kod obrade podataka ispitivanja i mjerenja potroška vremena za izvođenje istraživanih radnih operacija služili smo se variacionom statistikom i računom korelacije, jer nam statistika pruža mogućnost, da se ustanove zakonitosti, po kojima se odvija neka pojava i otklone varijacije kojih izvor leži u slučaju. Kod ovoga ponovo ističemo, da rezultati vrijede samo za uvjete, pod kojima su ispitivanja vršena te imaju manje više ograničeno značenje.

II. PODRUČJE NA KOJEM SU VRŠENA ISTRAŽIVANJA, SASTAV RADNIČKIH GRUPA I OPIS ALATA — AREA IN WHICH THE INVESTIGATIONS WERE CARRIED OUT, FORMATION OF TEAMS AND DESCRIPTION OF TOOLS

1. Područje. Istraživanja, odnosno snimanja potroška vremena za izvođenje radnih operacija čišćenja stabla od grana i guljenja kore vršena su za vrijeme ljetne sječne kampanje, t. j. za vrijeme mezgre. U tablici 1 donosimo pregled sječina, na kojima su vršena snimanja.

Tab. 1.

Red. br. Ser. no.	Opis radne operacije Description of working operation	Naziv šumskog predjela Name of forest district	Snimanje izvršeno na.....korn. stabala — Sur-vey on .....stems	Datum opažanja — Date of observation	Napomena (snimanje izvršio) Remarks (Surveyed by)
I.	Čišćenje debla od grana (kresanje grana) — Trimming	Tešna IV — 2a	49	VI — 1949	Benić
2.		D. Poklani Vrh — V — la	84	VI — 1949	Ravnik
3.		Vršiče Lug — IV — g	109	VII — 49	„
I.		Ukupno	242		
1.	Guljenje kore drvenim guljačima — Barking with wooden tools	Tešna — IV — 2a	49	VI — 49	Benić
2.		D. Poklani vrh V — la	84	VI — 49	Ravnik
3.		Klanc — IV — 3d	200	VI — 49	Ravnik
II.		Ukupno	333		
III.	Guljenje kore željeznim guljačima — Barking with iron tools	Vršiče — Lug, IV — 9	119	VII — 49	Ravnik

Sastojinske prilike ovdje navedenih sječina bile su najednake. Nadmorska visina iznosi 800—900 m. To su sastojine jele (0,8) i bukve sa pojedinačnim stablima drugih vrsta. Prosječna masa prije sječe iznosila je oko 450 m³/ha od čega na jelu otpada oko 80%. Tlo je kraško, ispresijecano vrtacama i kamenito. Intenzitet sječe bio je vrlo jak, jer se po ha sjeklo 120 do 150 m³. Prosječna debljina stabala iznosila je oko 40 cm, a kretala se između 16 i 80 cm.

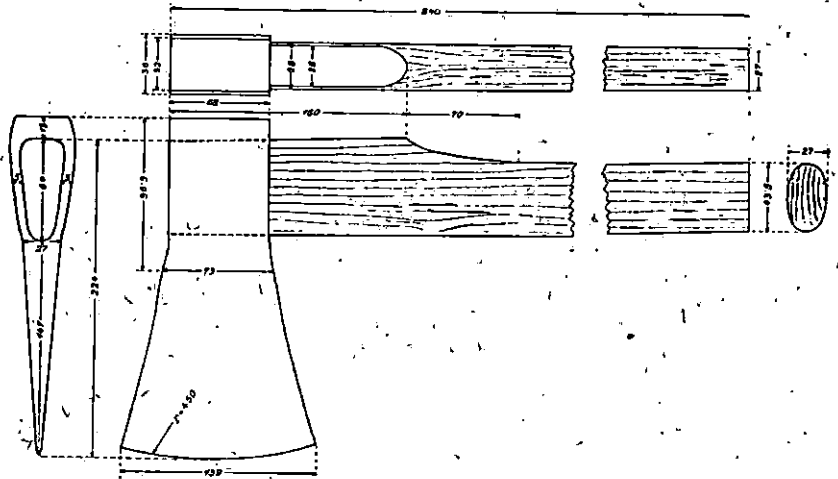
Od oborenih debala izrađivani su trupci za piljenje, rudničko drvo i drvo za celulozu.

Snimanje potroška vremena za guljenje kore vršeno je neposredno iza obaranja u doba mezgre, jer se tada kora stabala lagano skida guljačima.

2: Radnici. Mjerenje potroška vremena vršeno je promatranjem rada grupe od 3 domaća šumska radnika iz Gorskog Kotara. Ovi radnici potpuno vladaju tehnikom rada. Domaći šumski radnici iz Gorskog Kotara smatraju se profesionalnim šumskim radnicima, jer im je glavno zanimanje rad u šumi i kao takvi poznati su diljem Jugoslavije. Učinak grupe radnika, kojih smo rad promatrali, odgovara prosječnom učinku domaćih profesionalnih šumskih radnika. Zarada radnika isplaćivana je na te-

melju učinka po količini proizvoda (akord), pa je i to djelovalo, da njihov učinak odgovara normalnom učinku profesionalnih šumskih radnika u Gorskom Kotaru.

Čišćenje od grana vršili smo ukupno kroz punih 16 radnih dana, a guljenje kore kroz 25 radnih dana. Ovaj broj radnih dana zadovoljava sa gledišta nauke o radu: Kod normiranja rada u šumarstvu smatra se, da je za dobivanje prosječnog učinka dovoljno promatrati rad kroz tri uzastopna dana u sredini tjedna (vidi Benić (4) str. 4). S obzirom na to može se smatrati, da rezultati dobiveni našim mjerenjima predstavljaju vjerodostojne prosjeke.



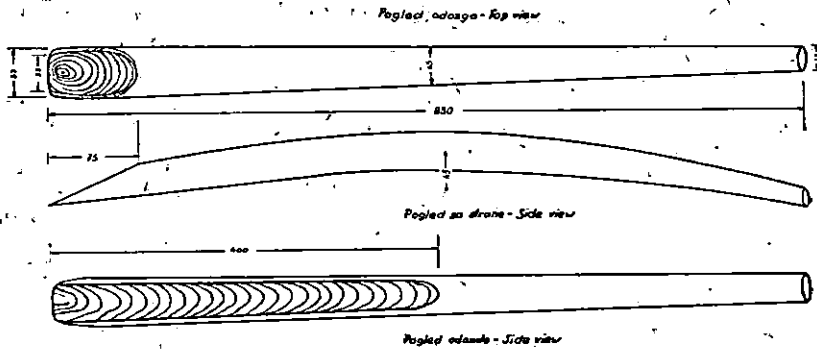
Sl. — Fig. 1. Sjekira iz Gorskog Kotara domaće proizvodnje (Radionica Fr. Urh — Čabar) — Home-made axe from Gorski Kotar (Fr. Urh's workshop — Čabar),

3. *Alat.* Izvođenje radnih operacija čišćenja debla od grana i guljenja kore s oborenih jelovih debala vršeno je ovim oruđem: sjekirama, drvenim guljačima i željeznim guljačima. Poblize su karakteristike upotrebljenog alata ove:

Sjekira: Radnici su kod rada bili snabdjeveni običnim sjekirama domaće proizvodnje (zanatska radionica Urh u Čabru) kojih smo oblik prikazali na sl. 1. Težina sjekire iznosi cca 2 kg. Za vrijeme cijelog rada sjekire su bile dobro nabrušene. Brušenje sjekira vršili su sami radnici, budući da su sjekire njihovo privatno vlasništvo.

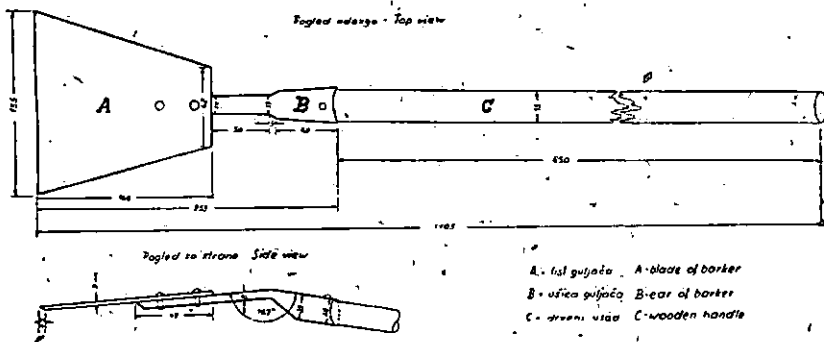
Guljači: Guljači, kojima je vršeno guljenje kore, prikazani su na slikama 2 i 3. Na slikama se vide i dimenzije guljača. Karakteristike pojedinih guljača su ove:

a) *Drveni guljač*: Ovu vrstu guljača izrađuju sami radnici na mjestu rada u šumi od zdrave jelove grane pritesane na način, kako je to prikazano na slici 2. Guljač je pritesan (zašiljen)



Sl. — Fig. 2. Drveni guljač — Wooden barker

na mjestu, gdje grana izlazi iz debla, jer je tu drvo najtvrdije i ovako pritesana oštrica duže traje. Težina drvenog guljača iznosi oko 1 kg.



Sl. — Fig. 3. Željezni guljač — Iron barker.

b) *Željezni guljač*: Ovaj guljač sastoji se iz dva dijela (sl. 3). Ti dijelovi su: mačka (A i B) i usad (C). Mačka se sastoji iz lista guljača (A), koji je načinjen od lista stare pile, te je prema tome od čelika, i ušice guljača (B), načinjene od kovkog željeza. List i ušica su spojeni zakovicama. Težina željeznog guljača iznosi cca 0,900 kg, od čega 0,450 kg otpada na mačku, a ostatak na drveni usad. Dimenzije željeznog guljača prikazali smo na sl. 3.

III. REZULTATI ISTRAŽIVANJA — RESULTS OF INVESTIGATION

Kod razmatranja i diskusije o rezultatima naših istraživanja prikazat ćemo u prvom redu čišćenje debla od grana, a zatim guljenje kore.

A) Čišćenje debla od grana (kresanje grana) — Trimming

U tablici 2 donosimo numerički za debljinske razrede od 5 cm potrošak vremena za izvođenje radne operacije čišćenja debla od grana.

Potrošak vremena za čišćenje oborenog jelova debla od grana kod ljetne sječe jelovina — Time consumption for the trimming of felled fir stem during summer felling

Tab. 2.

Red. broj Ser. no.	Prsni promjer. D. b. h.	Visina stabla Height of stem	Volumen debloviné Volume of stem wood	Broj opažanja (stabala) Number of observations (stems)	Potrošak vremena Time consumption	
					Po stablu Per stem	Po 1 m ² Per cu. m.
	cm	m	m ³	kom.	minuta — minutes	
1.	16 — 20	13.2	0.15	4	4.75	31.66
2.	21 — 25	16.0	0.27	8	8.13	30.11
3.	26 — 30	18.5	0.53	9	10.89	20.55
4.	31 — 35	20.5	0.76	5	14.20	18.66
5.	36 — 40	23.0	1.21	11	13.27	10.92
6.	41 — 45	25.0	1.56	15	19.60	12.56
7.	46 — 50	26.0	2.13	36	15.89	7.46
8.	51 — 55	27.0	2.56	31	20.29	7.94
9.	56 — 60	28.0	3.30	48	26.17	7.93
10.	61 — 65	29.0	3.83	26	29.00	7.57
11.	66 — 70	29.5	4.68	27	33.56	7.17
12.	71 — 75	30.0	5.29	9	36.89	6.97
13.	76 — 80	30.5	6.21	13	44.00	7.22
Svega Total	16 — 80	—	716.76	242	5,714.34	—
Prosjek Average	53	—	2.96	1	23.61	7.97

U tablici smo donijeli samo aritmetičke sredine. Izvorni podaci nalaze se pohranjeni u Zavodu za tehnologiju drveta Poljoprivredno-šumarskog fakulteta.

Kod naših istraživanja nažalost iz tehničkih razloga nismo bili u mogućnosti, da povežemo podatke potroška vremena sa brojem i debljinom grana, na stablu. Radi toga smo naša opažanja ograničili na stabla sa normalno razvijenom krošnjom. Jako granata stabla, kao i stabla sa slabo razvijenim granama nismo kod obračunavanja uzimali u obzir.

Već jednostavan uvid u podatke snimanja pokazuje nam, da potrošak vremena za čišćenje debla od grana raste sa pršnim promjerom debla. Naime kod normalno razvijenih stabala broj i debljina grana povećavaju se sa pršnim promjerom debla. U vezi s tim potrebno je upotrebiti i više radnog vremena za čišćenje debla od grana. S veličinom prsnog promjera debla raste i njegova kubatura. Potrošak vremena po 1 m^3 deblvine to je manji, što je veći prsni promjer, odnosno kubatura debla.

Razlog za to treba tražiti u prirodi odnosa veličine krošnje stabla prema njegovoj kubaturi. Naime veličina krošnje izražena u broju i debljini grana procentualno opada sa kubaturom stabla. Na 1 m^3 deblvine krupnih stabala otpada manje grana nego kod mladih tankih stabala. U vezi s time manji je i potrošak vremena za čišćenje debla od grana po 1 m^3 deblvine kod krupnih nego kod tankih stabala.

Odnos, koji postoji između veličine prsnog promjera debla, odnosno kubature deblvine, i potroška vremena za čišćenje od grana (kresanje grana), i to kako po stablu, tako i po 1 m^3 deblvine, obračunali smo na način, koji smo naprijed opisali (vidi: Metoda rada).

Taj odnos u općem obliku može se prikazati jednadžbom vršne parabole

$$y = a \cdot x^b \quad (1)$$

Na osnovi podataka, koje smo donijeli u tablici 2, obračunali smo tu korelaciju. Parametri korelacione jednadžbe i veličina korelacije izraženi su korelacionim koeficijentom r u tablici 3.

Krivulje korelacije prikazali smo i na slikama 4 i 5.

Iz podataka, koje smo donijeli u tablici 3, vidi se, da je korelacija između veličine prsnog promjera debla, odnosno između kubature debla i potroška vremena za čišćenje debla od grana (kresanje grana) potpuna. Korelacioni koeficijent je veći od 0,9. Ovako veliki korelacioni koeficijent pokazuje, da je odnos prikazan jednadžbom vršne parabole oblika $y = a \cdot x^b$ statistički opravdan i da se iz ovakva odnosa mogu stvarati punovrijedni zaključci.

Parametri korelacionih jednadžbi i veličina korelacije

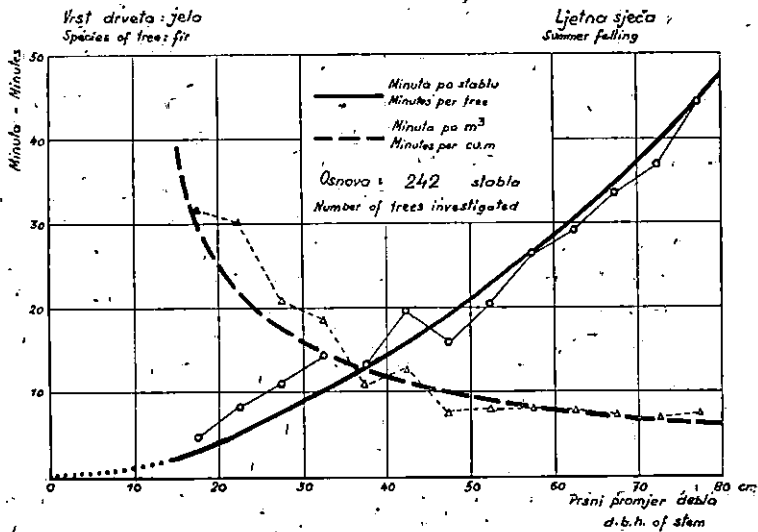
Parameters of the correlation equations and of the values of correlation

Tab. 3.

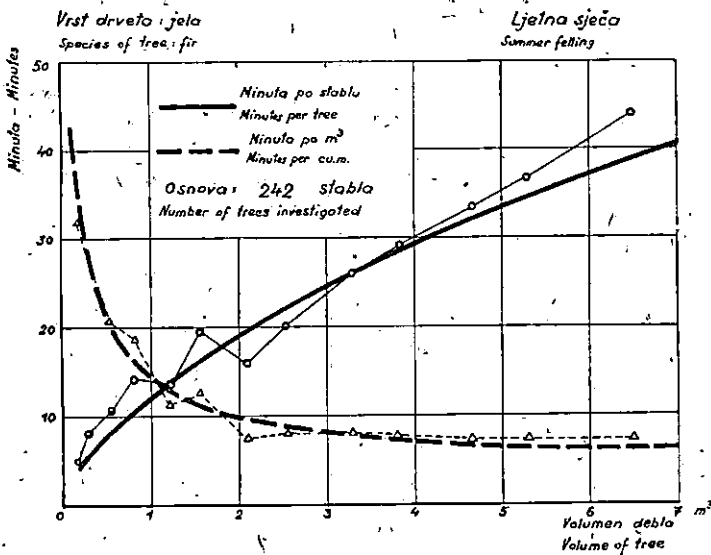
Red. broj Ser. no.	O d n o s R e l a t i o n	Parametri jednadžbe Parameters of the equation		Srednja griješka procjene Mean error of the estimate S_{yfx}	Veličina korelacije Value of the correlation	
		a	b		r	r_r
1.	Potrošak vremena po stablu kao funkcija prsnog promjera debla. Time consumption per stem as the function of d. b. h.	0.0216	1.7561	2.136	0.972	0.0036
2	Potrošak vremena po 1 m ³ debljine kao funkcija prsnog promjera debla. Time consumption per 1 cu. m. of stem wood as the function of d. b. h.	523.06	-1.0339	2.202	0.960	0.050
3.	Potrošak vremena po stablu kao funkcija kubature debljine. Time consumption per stem as the function of stem volume	12.680	0.6073	2.531	0.960	0.0050
4.	Potrošak vremena po 1 m ³ debljine kao funkcija kubature debljine. Time consumption per 1 cu. m. of stem wood as the function of the stem volume	14.126	-0.5114	1.483	0.982	0.0023

Napomena: Opći oblik jednadžbe glasi $y = a \cdot x^b$.

Ovaj zaključak je vrlo važan za praksu normiranja radova kod obaranja i izrade sortimenata u eksploataciji prebornih jelovih šuma u Gorskom Kotaru. U praksi eksploatacije normalni učinci se utvrđuju u m³ izrađene oblovine (trupaca i rudničkog drveta i sl.). Na temelju normalnog potroška vremena za izradu jedinice proizvoda (m³) utvrđuju se i akordne stavke naplate radova po učinku. Kod toga se obično ne vodi računa o debljini, odnosno kubaturi stabala, koja se u dotičnoj sječini izrađuju. Naša istraživanja su već kod razmatranja potroška vremena za



Sl. — Fig. 4. Potrošak vremena za čišćenje oborenog jelova debla od grana kao funkcija prsnog promjera debla — Time consumption for the trimming of felled Fir stem as the function of the stem d. b. h.



Sl. — Fig. 5. Potrošak vremena za čišćenje oborenog jelova debla od grana kao funkcija volumena debla — Time consumption for the trimming of felled Fir stem as the function of the stem volume

čišćenje debla od grana pokazala, da potrošak vremena obračunat po 1 m^3 oblovine jako zavisi o promjeru, odnosno kubaturi

Tako na primjer potrošak vremena za čišćenje od grana stabala, kojih prsni promjer iznosi 16—20 cm (prosjeak 18 cm) iznosi po 1 m^3 oko 30 minuta, a kod stabala prsnog promjera 76—80 cm (prosjeak 78 cm) iznosi samo oko 6 radnih minuta.

On je prema tome u posljednjem slučaju oko 5 puta manji. ako o njima vodimo računa, može se ostvariti socijalističko načelo, da nagrada za izvršeni rad bude ekvivalentna s uloženom. Činjenice o tome treba uvijek imati na umu. Samo u slučaju, ako o njima vodimo računa, može se ostvariti socijalističko načelo, da nagrada za izvršeni rad bude ekvivalentna s količinom radne energije, koju ovdje izražavamo potroškom vremena.

B) Guljenje kore guljačima — *Barking*

Kada smo pristupili istraživanju potroška vremena za guljenje kore s oborenih jelovih stabala, imali smo na umu da ispitamo utjecaj, koji na taj potrošak ima veličina prsnog promjera, odnosno kubatura deblovine. Budući da se u praksi za guljenje kore u mezgri upotrebljavaju dvije vrste guljača: željezni i drveni (ove smo opisali naprijed), postavili smo sebi zadatak da ispitamo efikasnost njihove upotrebe.

Rezultate potroška vremena dobivene mjerenjem donosimo u tablicama 4 i 5.

U našim razmatranjima ćemo se u prvom redu pozabaviti utjecajem veličine stabla (ovu smo izrazili, kako veličinom prsnog promjera, tako i kubaturom deblovine) na potrošak vremena za guljenje kore i odnosom, koji postoji između navedenih veličina. U drugom redu ćemo analizirati i usporediti rad drvenim i željeznim guljačima i na temelju ove usporedbe donijeti odgovarajuće zaključke o prikladnosti ovih dviju vrsta guljača.

1. Potrošak vremena za guljenje kore kao funkcija veličine debla — *Time consumption for barking operation as the function of the stem size*

Već jednostavan pogled na tablice 4 i 5 pokazuje nam, da potrošak vremena za guljenje kore sa cijelog oborenog debla raste sa prsnim promjerom, odnosno kubaturom debla. S druge strane potrošak vremena za guljenje kore po 1 m^3 deblovine, odnosno po 1 m^2 površine kore (plašta debla) pada sa porastom prsnog promjera odnosno kubature debla. Potrošak vremena pokušali smo, u vezi sa prsnim promjerom debla, odnosno sa volumenom debla, izraziti funkcijom $y = a \cdot x^b$.

Potrošak vremena za guljenje kore drvenim guljačima
Time consumption in the trimming with the use of wooden barkers

Tab. 4

Redni Broj Ser. no.	Prsni promjer debla (od—do)		Promjer u sred. debla Mid-stem diameter		Visina stabla Height of stem m	Volumen deblavine of stem wood m ³	Površina plasta (kore) Surface of bark cover m ²	Broj stabala Number of stems kom	Potrošak vremena Time consumption		
	Diameter class		cm						Po stablu Per stem	Po 1 m ³ debla Per 1 cu. m. of stem wood	minuta — minutes
									Po 1 m ³ debla Per 1 cu. m. of bark		
1.	21	—	25	14,0	16,0	0,27	7,50	12	10,12	40,44	1,46
2.	26	—	30	18,0	18,5	0,53	10,49	10	13,00	24,53	1,27
3.	31	—	35	21,0	20,5	0,76	13,70	9	21,44	28,21	1,97
4.	36	—	40	24,0	23,0	1,21	17,30	25	24,88	20,56	1,38
5.	41	—	45	27,0	25,0	1,56	21,00	20	24,55	15,74	1,17
6.	46	—	50	30,0	26,0	2,13	24,50	31	25,97	12,11	1,06
7.	51	—	55	33,5	27,0	2,56	28,40	40	25,35	9,90	0,93
8.	56	—	60	36,0	28,0	3,30	31,75	63	28,59	8,66	0,91
9.	61	—	65	40,0	29,0	3,83	36,20	34	31,79	8,30	0,90
10.	66	—	70	43,0	29,5	4,68	39,40	51	28,59	6,11	0,73
11.	71	—	71	46,0	30,0	5,29	43,00	21	34,67	5,55	0,80
12.	76	—	72	49,5	30,5	6,21	47,00	17	34,53	5,50	0,75
Svega Total	21	—	70	14,0 — 49,5	—	1038,72	10008,75	333	9041,27	—	—
Prosjeak Average	—	—	55	35,0	—	3,12	30,06	1	27,15	8,70	0,90

Potrošak vremena za guljenje kore željeznim guljačem
Time consumption in the trimming with iron barker

Tab. 5

Redni broj Ser. no.	Diameter class		cm		Visina stabla Height of stem m	Volumen deblavine of stem wood m ³	Površina plašta (kore) Surface of bark cover m ²	Broj stabla Number of stems kom.	Potrošak vremena Time consumption		
	Prvi promjer diameter	srednji debla Mid-stem diameter	Promjer u sredini debla	Po stablu Per stem					Po 1 m ³ deblavine Per 1 cu. m. of stem wood	Po 1 m ² kore Per 1 sq. m. of bark	
											21 — 25	30	35
1.	21	25	14.0	16.0	0.27	7.50	2	10.50	38.89	1.40	
2.	26	30	18.0	18.5	0.53	10.49	2	7.50	14.15	0.72	
3.	31	35	21.0	20.5	0.76	13.70	1	13.00	17.11	0.95	
4.	36	40	24.0	23.0	1.21	17.30	9	14.33	11.84	0.83	
5.	41	45	27.0	25.0	1.56	21.00	5	13.20	8.46	0.63	
6.	46	50	30.0	26.0	2.13	24.50	29	14.34	6.73	0.59	
7.	51	55	33.5	27.0	2.56	28.40	22	15.86	6.20	0.56	
8.	56	60	36.0	28.0	3.30	31.75	25	19.08	5.78	0.60	
9.	61	65	40.0	29.0	3.83	36.20	10	20.20	5.27	0.57	
10.	66	70	43.0	29.5	4.68	39.40	14	20.50	4.38	0.52	
Svega Total	21 — 70		14.0 — 43.0	—	325.46	3353.03	119	1974.75	—	—	
Prosjeak Average	33.0		33.0	—	2.73	28.18	1	16.59	6.07	0.59	

Potrošak vremena za guljenje kore kao funkcija prsnog promjera debela
Time consumption for the barking operation as the function of the
stem d.b.h.

Tab. 6.

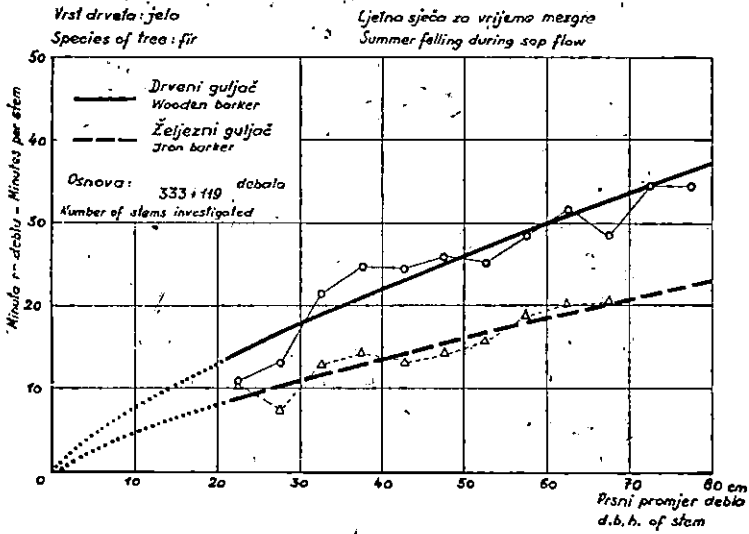
Red. broj Ser. no.	Predmet Subject	Parametri jednadžbe Parameters of the equation		Srednja greška procjene Mean error of the estimate	Veličina korelacije Value of the correlation	
		a	b	Syfx	r	f _r
I. Rad drvenim guljačem Operation with the wooden barker						
1.	Potrošak vremena po deblu Time consumption per stem	1,3227	0,75596	2,35	0,892	0,0111
2.	Potrošak vremena po 1 m ³ deblvine Time consumption per 1 cu. m. of stem wood	8393,89	1,69214	1,81	0,987	0,0014
3.	Potrošak vremena po 1 m ² površine kore Time consumption per 1 sq. m. of surface of bark cover	14,422	0,6838	0,14	0,961	0,0042
II. Rad željeznim guljačem Operation with the iron barker						
1.	Potrošak vremena po deblu Time consumption per stem	0,81076	0,76455	1,41	0,916	0,0148
2.	Potrošak vremena po 1 m ³ deblvine Time consumption per 1 cu. m. of stem wood	4448,60	1,64422	1,81	0,956	0,0078
3.	Potrošak vremena po 1 m ² površine kore Time consumption per 1 sq. m. of surface of bark cover	11,390	0,74269	0,07	0,953	0,0083

Napomena: Jednadžba korelacija glasi $y = a \cdot x^b$
 x = prsni promjer debela mjeren sa korom . . . cm
 y = potrebno vrijeme za guljenje . . . minuta

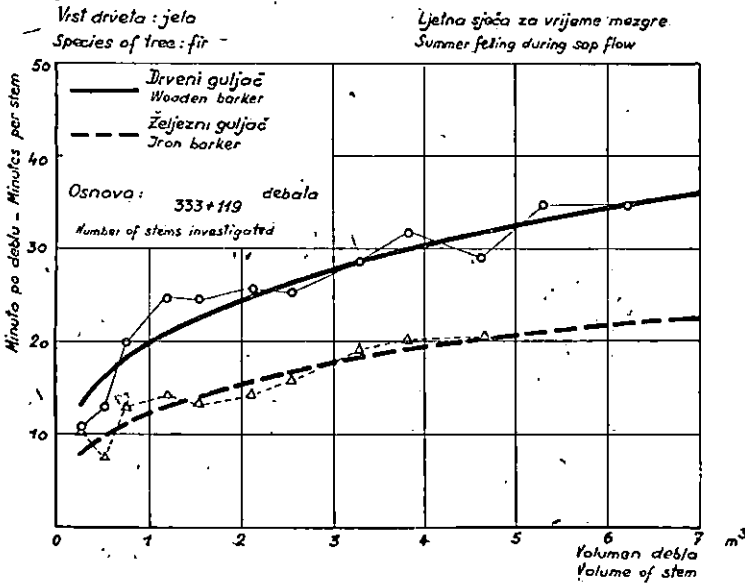
Potrošak vremena za guljenje kore kao funkcija kubature debla.
 Time consumption for the barking operation as the function of the stem volume
 Tab. 7.

Red. broj Ser. no.	Predmet Subject	Parametri jednadžbe Parameters of the equation		Srednja griješka procjene Mean error of the estimate	Veličina korelacije Value of the correlation	
		a	b	Sy/x	r	r_r
I. Rad drvenim guljačem Operation with the wooden barker						
1.	Potrošak vremena po deblu Time consumption per stem	19,680	0,31314	2,14	0,911	0,0093
2.	Potrošak vremena po 1 m ³ deblvine Time consumption per 1 cu. m. of stem wood	19,671	0,68771	2,20	0,981	0,0021
3.	Potrošak vremena po 1 m ² površine kore Time consumption per 1 sq. m. of surface of bark cover	1,2441	0,27484	0,10	0,979	0,0042
II. Rad željeznim guljačem Operation with the iron barker						
1.	Potrošak vremena po deblu Time consumption per stem	12,162	0,32587	1,14	0,946	0,0096
2.	Potrošak vremena po 1 m ³ deblvine Time consumption per 1 cu. m. of stem wood	12,602	0,70532	1,21	0,979	0,0038
3.	Potrošak vremena po 1 m ² površine kore Time consumption per 1 sq. m. of surface of bark cover	0,7961	0,20715	0,06	0,959	0,0074

Napomena: Jednadžba korelacije glasi $y = a \cdot x^b$
 x = kubatura debla m³ (sa korom)
 y = potrošak vremena za guljenje kore (minuta)



Sl. — Fig. 6. Potrošak vremena za guljenje kore kao funkcija prsnog promjera debla — Time consumption for the barking operation as the function of the stem d. b. h.



Sl. — Fig. 7. Potrošak vremena za guljenje kore kao funkcija volumena debla — Time consumption for the barking operation as the function of the stem volume

Obračun funkcije izvršili smo, kako je to navedeno u metodi rada.

Rezultate obračuna i parametre korelacionih jednadžbi odnosa i veličinu korelacije prikazali smo u tablicama 6, 7 i 8 i na slikama 6, 7, 8, 9, 10 i 11.

Podatke o zavisnosti potroška vremena za guljenje kore o promjeru debla smreke nalazimo kod *Hilfa* (7) (sl. 28 na str. 31 njegove rasprave): Njegovi rezultati dati samo grafički gotovo se potpuno poklapaju s našim rezultatima kod jele.

Potrošak vremena za guljenje kore kao funkcija promjera u sredini visine debla

Time consumption for the barking operation as the function of the diameter at mid-stem height

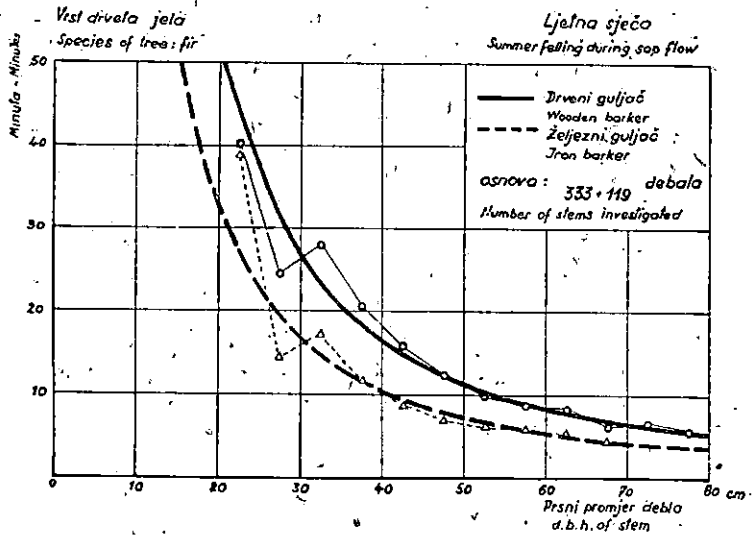
Tab. 8

Red. broj Ser. no.	Predmet Subject	Parametri jednažbe Parameters of the equation		Srednja greška procjene Mean error of the estimate <i>S_{y/x}</i>	Veličina korelacije Value of the correlation	
		a	b		r	f _r
I. Rad drvenim guljačem Operation with the wooden barker						
1.	Potrošak vremena po 1 m ² površine kore Time consumption per 1 sq. m. of surface of bark cover	10,835	0,68424	0,10	0,979	0,0022
II. Rad željeznim guljačem Operation with the iron barker						
1.	Potrošak vremena po 1 m ² površine kore Time consumption per 1 sq. m. of surface of bark cover	8,479	0,75440	0,07	0,956	0,0080

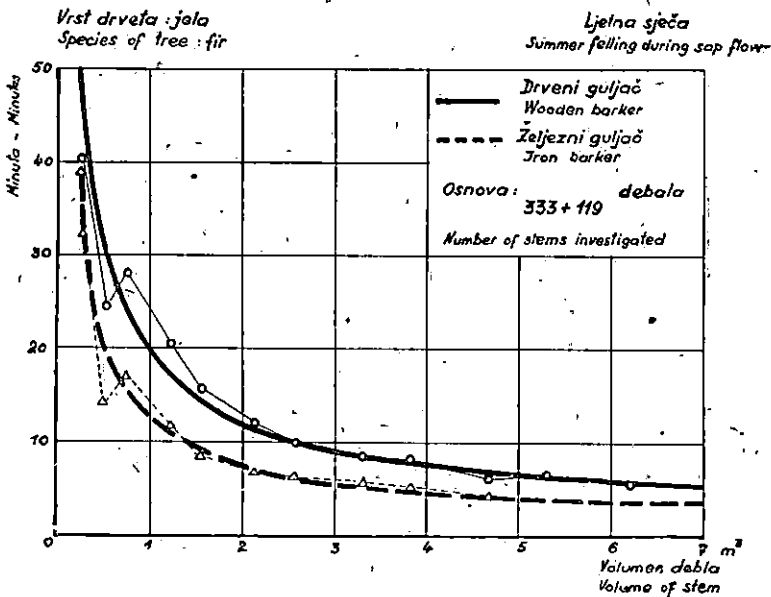
Napomena: Jednažba korelacije glasi: $y = a \cdot x^b$

x = promjer u sredini visine debla . . . cm

y = potrošak vremena za guljenje kore . . . (minuta)

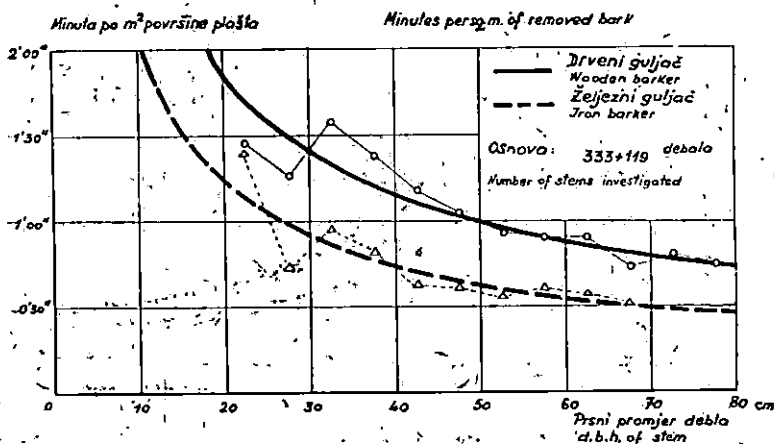


Sl. — Fig. 8. Potrošak vremena za guljenje kore po 1 m³ deblvine kao funkcija prsnog promjera debla — Time consumption for the bark removal per cu. m. of stem volume as the function of the stem d. b. h.



Sl. — Fig. 9. Potrošak vremena za guljenje kore po 1 m³ deblvine kao funkcija volumena debla — Time consumption for the bark removal per cu. m. of stem volume as the function of stem volume

Efektivnost rada kod guljenja smrekove kore u doba mezgre istraživali su u Njemačkoj Barth i Kardasch (2). Na temelju svojih istraživanja oni su stvorili zaključak, da je promjer debla



Sl. — Fig. 10. Potrošak vremena za guljenje kore po 1 m² plašta kao funkcija promjera debla — Time consumption for the barking operation per sq. m. of lateral area of removed bark as the function of the stem d. b. h.

odlučan po efektivnost rada. Naša istraživanja pokazuju također isto. U praksi eksploatacije šuma također je poznata činjenica, da je efekat rada veći kod krupnijih stabala. O toj činjenici treba prema tome voditi brigu kod utvrđivanja normi rada. Norme izrade se prema tome mijenjaju od sječine do sječine, naročito u vezi sa debljinom stabala, koja izrađujemo.

2. Utjecaj vrste guljača na potrošak vremena za guljenje kore (Komparacija rada drvenog i željeznog guljača) — Influence of the kind of barking tool on the time consumption in barking operations

Već smo u uvodu istakli, da nam je jedan od ciljeva istraživanja bio usporedba rada drvenim i željeznim guljačem. Vrste guljača, koje smo komparirali, prikazali smo naprijed na sl. 2 i 3.

Da učinak rada ručnim oruđem uvelike zavisi o vrsti oruđa, odnosno o karakteristikama toga oruđa, poznata je činjenica. Barth i Kardasch (2) su u svojem već citiranom radu ispitali rad na guljenju smrekove kore sa 16 raznih tipova guljača, koji se upotrebljavaju u Njemačkoj, i pokazali, da i među željeznim guljačima mogu biti znatne razlike, koje zavise o karaktéristi-

kama oruda. Razlike u efektu izraženom u potrošku vremena za guljenje, kretale su se među pojedinim vrstama guljača, koje su oni ispitivali i do 30—40%. Kod trupaca promjera iznad 31 cm najniži potrošak vremena za guljenje kore iznosio je 0,76 min. po m² kore, a najviši kod guljača, kojega je efekat najniži 0,96 minuta po m² skinute kore. Kod debala, kojih promjer se u sredini kretao između 20 i 30 cm, efekat rada guljačem najveće efektivnosti iznosio je 0,81 minutu radnog vremena po 1 m² skinute kore, a kod rada najlošijim guljačem 1,20 minuta radnog vremena po 1 m² skinute kore.

S obzirom na to, da su navedena strana istraživanja pokazala, kakve razlike potroška vremena znaju biti rezultat rada oruđem približno slične konstrukcije, jer su svi guljači bili načinjeni od željeza, stavili smo sebi u zadatak, da kompariramo rad sa dvije tako oprečne vrste guljača, kao što su drveni i željezni, koje nalazimo u praksi u Gorskom Kotaru.

Naši rezultati istraživanja pokazali su, da su razlike u efektivnosti rada s ove dvije vrste guljača naročito velike. Da su te razlike naročito znatne, vidimo to već na prvi pogled, ako usporedimo grafičke prikaze potroška vremena za guljenje kore ovim dvjema vrstama guljača. U tablici 9 prikazali smo potroške vremena za guljenje kore guljačima, koje smo komparirali, i razlike, koje daju kako podaci direktnog mjerenja potroška vremena, tako i korelacione jednadžbe odnosa.

Uvid u podatke tablice 9 pokazuje nam, da su razlike potroška vremena za guljenje kore izražene u apsolutnom iznosu, t. j. u minutama između rada drvenim i željeznim guljačem to veće, što je manji prsni promjer debla, koje gulimo.

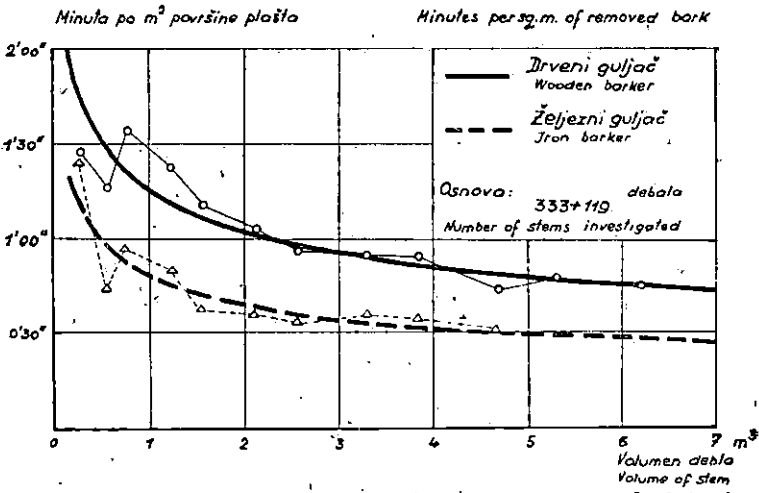
U postotcima izraženo: primjena željeznog guljača mjesto drvenog prosječno znači uštedu na vremenu potrošenom za guljenje kore za oko 36%. Najveća razlika u potrošku vremena za guljenje kore između drvenog i željeznog guljača nalazi se prema podacima mjerenja kod guljenja debela, kojih prsni promjer iznosi oko 40 cm. (Prema podacima, koje daje komparacija korelacionih krivulja, ta je razlika najveća kod debala, kojih promjer u prsnoj visini iznosi oko 30 cm).

Razlika u potrošku vremena za guljenje kore između rada drvenim guljačem i željeznim guljačem nastaje zbog toga, što se drveni guljač razmjerno brzo zatupljuje te što rad njime otežavaju ostaci slabo otesanih grana. Na efektivnost rada željeznim guljačem, naravno, djeluje stanje, u kojem se on nalazi (kakvo je nabrušen), kao i materijal, od kojega je načinjen, no u svakom slučaju on ipak ima prednost pred drvenim guljačem.

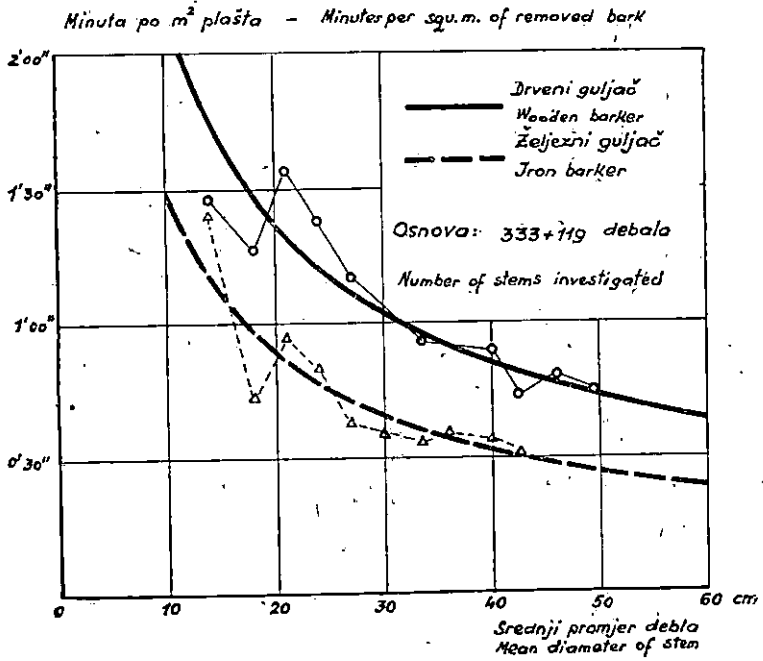
Potrošak vremena za guljenje po 1 m³ oblovine jele za vrijeme mezgare kod rada drvenim i željeznim guljačima
(Time consumption for the bark removal with the use of wooden and iron barkers during sap flow per 1 cu. m.

Tab. 9

Vrsta podatka Kind of data	Vrsta guljača Kind of barker	Prsni promjer debla . . . cm — D. b. h. in cm.												
		23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73	78	
		Minuta po 1 m ³ oblovine — Minutes per 1 cu. m. of stem volume												
Podaci mjerenja Data from measurements	Drveni guljač Wooden barker	40,44	24,53	28,21	20,56	15,74	12,11	9,90	8,66	8,30	6,11	6,55	5,50	
	Željezni guljač Iron barker	38,39	14,15	17,11	11,84	8,46	6,73	6,20	5,78	5,27	4,38	—	—	
	Razlika Difference	Min.	1,55	10,38	11,10	8,72	7,28	5,38	3,70	2,88	3,03	1,73	—	—
		%	3,83	42,3	39,4	42,4	46,3	44,4	37,4	33,3	36,5	28,3	—	—
Podaci iz korel. krivulje Data from the correlation curve	Drveni guljač Wooden barker	43,24	32,01	23,21	18,32	14,74	12,21	10,31	8,84	7,67	6,74	5,97	5,33	
	Željezni guljač Iron barker	26,85	19,13	14,53	11,49	9,35	7,79	6,61	5,69	4,96	4,37	—	—	
	Razlika Difference	Min.	16,39	12,88	8,68	6,73	5,39	4,42	3,70	3,15	2,71	2,37	—	—
		%	37,9	40,2	37,4	36,9	36,6	36,2	35,9	35,6	35,3	35,2	—	—



Sl. — Fig. 11. Potrošak vremena za guljenje kore po 1 m² plašta kao funkcija volumena debla — Time consumption for the barking operation per sq. m. of lateral area of removed bark as the function of the stem volume



Sl. — Fig. 12. Potrošak vremena za guljenje kore po 1 m² kore kao funkcija promjera u sredini debla (trupca) — Time consumption for the barking operation per sq. m. of removed bark as the function of the diameter at mid-stem height

Razlike u potrošku vremena za guljenje između rada drvenim i željeznim guljačem tako su velike i očite, da nije bilo potrebno obračunavati signifikantnost ovih razlika. Zbog toga smo i izostavili matematsko dokazivanje razlika obračunom nivoa signifikantnosti.

IV. ZAKLJUČAK

Istraživanja, koja smo proveli sa ciljem, da proučimo potrošak vremena za čišćenje debla od grana i za guljenje kore drvenim i željeznim guljačima kod ljetne sječe za vrijeme kretanja sokova (za vrijeme mezgare) u jelovim prebornim šumama u Gorskom Kotaru, daju nam ove zaključke.

1. Potrošak vremena za čišćenje oborenog debla jele od grana i za guljenje kore s oborenog i od grana očišćenog debla raste s prsnim promjerom, odnosno volumenom debla. Potrošak vremena obračunat po 1 m³ deblvine (sa korom) obrnuto pada s prsnim promjerom, odnosno kubaturom debla. On je to manji, što je prsni promjer debla odnosno njegov volumen veći.

S obzirom na izloženo kod postavljanja normi učinka za izvođenje radnih operacija sječe i izrade stabala u šumi treba voditi računa o prosječnoj debljini stabala, koja dolaze u obzir za sječu. Najpovoljnije bi bilo, da se učinak u pojedinim radničkim grupama na sječi i izradi jelovine obračunava prema stvarnim debljinama stabala, koja je dotična radnička grupa izradila.

Utjecaj veličine debla na učinak rada čišćenja od grana i guljenja kore prikazan je numerički u tablicama 1, 4, 5 i 9 i na slikama 4—12.

2. Potrošak vremena za čišćenje debla od grana i za guljenje kore s oborenih debala jele općenito se može izraziti krivuljom

$$y = a \cdot x^b$$

U ovoj jednadžbi a i b su parametri, koji se mogu matematski obračunati iz podataka mjerenja potroška vremena, x predstavlja veličinu debla izraženu bilo veličinom promjera (prsnog ili u sredini dužine), bilo volumenom debla, a y je količina vremenat potrebnog za izvođenje operacije.

Parametri a i b u korelacionoj jednadžbi za čišćenje debla od grana i za guljenje kore s oborenih jelovih debala na području, gdje smo vršili istraživanja, doneseni su u tablicama 3, 6, 7 i 8.

3. Naročit utjecaj na potrošak vremena za guljenje kore s oborenih jelovih debala ima vrsta guljača, koji se upotrebljavaju za guljenje kore. Naša istraživanja su pokazala, da upo-

treba željeznog guljača (vidi sl. 3) pokazuje prosječno uštedu vremena za 36% u odnosu na drveni guljač (sl. 2), koji se često upotrebljava u Gorskom Kotaru.

Uštedu vremena za guljenje kore kod upotrebe željeznog guljača s obzirom na razne promjere debala prikazuje tablica 9.

U vezi s izloženim pokazuje se naročita potreba, da poduzeća, koja se bave djelatnošću eksploatacije šuma u prebornim jelovim šumama u Gorskom Kotaru snabdiju svoje radnike prikladnim željeznim guljačima. Dalja istraživanja će pokazati, koji oblik željeznog guljača je prikladniji za upotrebu, a ova istraživanja su dokazala veliku prednost željeznog guljača pred drvenim.

CONCLUSION

The investigations carried out for the purpose of a study of time consumption in the trimming and barking of trees with wooden and iron barkers during the summer felling (sap flow) in the fir selection forests of Gorski Kotar have yielded the following results:

1. The time spent in the trimming of felled fir stems as well as in the barking of felled and trimmed stems increases with the d. b. h. and volume of stem. The time consumption computed per cu. m. (of volume u. b.) decreases inversely with the d. b. h. and the tree volume. The greater the d. b. h. and the tree volume, the smaller the time consumption per cu. m. of bole.

According to the above exposition in the establishment of the performance standards of working operations in the felling and subsequent primary conversion of stems in forest, it is necessary to take into account the average diameter of the stems to be felled: The most convenient procedure would be to calculate the performance of individual working teams in the felling and conversion of fir trees according to the actual stem diameters worked by the respective team.

The influence of stem size on the performance of trimming and barking operations is represented numerically in tables 1, 4, 5, 9, and in figures 4—12.

2. The time consumption for trimming and barking of felled fir stems can generally be expressed by the curve

$$y = a \cdot x^b$$

In this equation a and b stand for the parameters, which can be calculated from the measurement data of the time consumption, x represents the stem size expressed by the size of diameter (in breast or mid-stem length) or by the stem volume, while y indicates the time necessary for the execution of the operation.

The parameters a and b in the correlation equation representing the trimming and barking operations of felled fir stems in the region where investigations were carried out are given in tables 3, 6, 7 and 8.

3. The time spent for the barking of felled fir stems is specifically influenced by the kind of barking tools used. Our investigations indicate that the use of the iron barker (see fig. 3) shows an average time saving of 36% in relation to the wooden barker (fig. 2.), which is often used in Gorski Kotar.

The saving in time at barking operations by the use of the iron barker according to the various stem diameters is shown in table 9.

From the exposed data it follows that the enterprises concerned with the exploitation of fir selection forests in Gorski Kotar should have a special interest for providing their workmen with suitable iron barkers. Further investigations will show what shape of iron barker is more suitable, while the present investigations have shown considerable advantage of the iron barker over the wooden one.

LITERATURA — LITERATURE

1. Barth E.: Die Waldarbeit (u Weber-Orth, Der Forstbetriebdienst), Neudamm-Berlin, 1942.
2. Barth E.-Kardasch G.: Prüfung der Geräte zur Fichtenlohrindengewinnung; Mittlg. d. Ausschusses für Technik in der Fortswirtschaft, Heft VI, Juli 1940, Berlin, str. 23—69.
3. Benić R.: Motorne lančane pile — Prilog poznavanju rada i efekta pila Teles i Mercury, Šum. list, 1949.
4. Benić R.: Zeitstudium als Mittel zur Bestimmung gerechter Löhne im Hauungsbetrieb Jugoslawiens; Forstarbeit Nr. 2, Juni 1952, str. 3—5.
5. Gläser H.: Beiträge zur Form der Waldsäge und zur Technik des Sägen, Eberswalde 1932.
6. Hilf H. H.: Grundzüge der Arbeitslehre (u Wappes, Wald und Holz), 1931.
7. Hilf H. H.: Die Erforschung und Verbesserung der Waldarbeit, Hannover 1941.
8. Hilf H. H.: Die Waldarbeit (u Neudammer Forstl. Lehrbuch), Neudamm 1942.
9. Hilf H. H.: Arbeitsstudien in der Forstwirtschaft, Refa Nachrichten 1949.
10. Hilf H. H.: Grundlagen der forstlichen Arbeitswissenschaft, Forstarbeit Nr. 1, 1949, str. 1—3.

11. *Hilf H. H.*: Arbeitsorganisatorische Grundlagen einer intensiven Holzerzeugung; Allg. Fztschr. Nr. 15/16, 1949, str. 137—138.
12. *Hilf H. H.*: Internationale Probleme der Arbeitsgestaltung in der Forstwirtschaft; Z. Weltforstwirt., 1952, str. 83—92.
13. *Hilf H. H.-Hampe K.*: Leistungsuntersuchungen im Hauungsbetrieb, Dtsch. Forstwirt., Nr. 50; 1927.
14. *Hilf H. H.-Ries L.-Strehlke E. G.*: Forstliche Arbeitswissenschaft, Berlin 1927.
15. *Platzer H. B.*: Arbeitsgestaltung und Arbeitsleistung im Hauungsbetrieb; Allg. Forstzeitschrift 1949, str. 141.
16. *Richter-Altschäffer H.*: Theorie und Technik der Korrelationsanalyse, Berlin 1932.
17. *Strehlke E. G.*: Die Methodik des Sägenversuches, Eberswalde 1929.
18. *Ugrenović A.*: Tehnika trgovine drvetom I, Zagreb 1934.
19. *Zehnder J.-Soom E.-Auer Chr.*: Untersuchungen über Holzhauerei im Gebirge; I. Einführung, von J. Zehnder; II. Leistungsgerechte Entlohnung in der Holzhaurei, von E. Soom; III. Planung, Durchführung und Ergebnisse systematischer Versuche in Holzhaurei, von Chr. Auer; Mitt. schweiz. Anst. forstl. Versuchsw., XXVII Bd., von Chr. Auer; Mitt. schweiz. Anst. forstl. Versuchsw., Zürich 1951, str. 76—246.
21. *Zarković S. S.*: Statističke metode u industrijskim istraživanjima, Beograd 1949.
22. *Taylor F. W.-Wallichs A.*: Die Betriebsleitung, Berlin 1914.



Prof. ing. STANKO FLÖGL:

BRZINA KLIZANJA U ZAVOJICAMA ŠUMSKIH KLIZINA

GLEITGESCHWINDIGKEIT IN KURVEN DER FORSTRIESEN

1. Uvod. — *Einleitung*
2. Gibanje u luku kružne vijčanice — *Bewegung im Bogen einer zylindrischen Schraubenlinie*
3. Sile, koje djeluju na teško tijelo u zavojicama šumskih klizina — *Kräfte die in Kurven der forstlichen Riesen auf einen schweren Körper einwirken*
4. Sile, koje djeluju na teško tijelo u zavojici klizine užlijebljenog profila — *Kräfte die in Kurven der Rinnenprofilriese auf einen schweren Körper einwirken*
5. Mijena brzine klizanja teškog tijela u zavojici klizine užlijebljenog profila — *Gleitgeschwindigkeitsänderung eines schweren Körpers in Kurven der Rinnenprofilriese*
6. Pregled formula za približno izračunavanje brzine klizanja u zavojici klizine užlijebljenog profila — *Formeln-Übersicht für die annähernde Berechnung der Gleitgeschwindigkeit in Kurven der Rinnenprofilriese*
7. Primjena formula iskazanih u prijašnjoj točki — *Anwendung der in vorherigem Punkt angeführten Formeln*
8. Sile, koje djeluju na teško tijelo u zavojici klizine sa pragovima — *Kräfte die in Kurven der Schwellenprofilriese auf einen schweren Körper einwirken*
9. Mijena brzine klizanja teškog tijela u zavojici klizine sa pragovima — *Gleitgeschwindigkeitsänderung eines schweren Körpers in Kurven der Schwellenprofilriesen*
10. Pregled formula za izračunavanje brzine klizanja u zavojici klizine s pragovima — *Formeln-Übersicht für Berechnung der Gleitgeschwindigkeitsänderung in Kurven der Schwellenprofilriese*
11. Primjena formula iskazanih u prijašnjoj točki — *Anwendung der in vorherigem Punkt angeführten Formeln*
12. Stacionarna brzina i konstanta klizine u zavojici — *Stationäre Geschwindigkeit und Konstante der Rieskurve*

Radnja primljena na štampanje 15. X. 1953.

1. UVOD — EINLEITUNG

Računsko procjenjivanje mijene brzine klizanja u zavojicama šumskih klizina — a ima ih raznih konstrukcija. — skopčano je s teškoćama. Zbog toga su se obično osnivale i gradile takve zavojice bez računa na temelju općenitih uputstava i pravila, s iskustvom stečenim i objelodanjenim u raznim stručnim časopisima i knjigama. (Među ovima preglednošću se odlikuje knjiga dr. Josefa Glatza: *Rieswege und Drahtseilriesen*, Wien 1920.). No ovakva empirička pravila, iako dragocjena, obično su preširoka. Samo po njima teško se može dokazati sposobnost rada osnovane zavojice, u konkretnom slučaju klizine, prije njezina izvođenja. Teorijsko izlaganje o klizanju na šumskim klizinama, izneseno u knjizi dr. L. Häuske: *Theorie der Riesen* (Wien 1914.), pa i u drugoj knjizi istog pisca: *Riesanlagen und Seilbahnen* (Wien 1933.), ne rješava to pitanje. Poradi toga sam već i prije nastojao samostalno riješiti to pitanje, t. j. postaviti točnije formule, po kojima će se moći računski ispitati mijena brzine klizanja u zavojicama šumskih klizina, i to u radnji: O putoklizinu u krivulji, odštampanoj u Glasniku za šumske pokuse br. 3, g. 1931. Ta se radnja bavi uostalom i drugim pitanjima u svezi, a označena je u njoj i meni onda poznata literatura. Kod rješavanja postavljene zadaće po mogućnosti sam uvažio sve činioce od utjecaja, strogo se držao zakona mehanike i točno računao po matematskim pravilima u svezi. Specificirao sam račun i prema konstrukciji klizine. No ovako po mogućnosti strogo naučno izvedene formule ispale su prilične komplicirane, za neposrednu praktičnu upotrebu preteške i neprikladne. Prema tome svrha, da se unaprijedi i olakša praktično i stručno osnivanje zavojica, dakle i šumskih klizina uopće, s ovom radnjom još nije bila potpuno postignuta. Dalji rad u tom smjeru odložio sam na kasnija vremena u nadi, da ću moći osnažiti valjanost teorijski izvedenih formula i eksperimentalnim rezultatima. To mi nije bilo suđeno, koje zbog financijskih prilika, koje zbog historijskog zbivanja od tridesetih godina naovamo. Da onaj trud ne bude ipak bez praktične koristi, u ovoj radnji, gdje je bilo potrebno, izvodim i iznosim nove jednostavnije formule, ali i tako, da se po tim formulama lakše izračunati rezultati praktički dovoljno točno pokrivaju s rezultatima onih točnijih i kompliciranijih formula. Kod izvođenja oslonio sam se na mehaniku klizanja, iznesenu i objašnjenu u prvoj radnji. Djelomično ipak, da se ne prekida izlaganje od poznatog do nepoznatog, iznosim tu mehaniku ponovo i ovdje, i to stim opravdanije, što je to u prvoj radnji učinjeno gdjegdje i suviše kratko i sabito. Osim rečenog ova radnja dakle i objašnjava prvu radnju, ona je i popunjuje, jer iznosi i slučajeve klizanja, kojih tamo nema.

Rezultati ove radnje, t. j. formule za račun brzine klizanja u zavojicama, pregledno su poredane u točki 6 za klizine uzlijebljenog profila, a u točki 10 za klizine s pravovima.

U točki 6 iznesene formule redom su nove te imaju zamijeniti točnije formule (86), (89), (90), (93), (96), (98), (100), (101), (103) i (106) prve radnje. U daljoj točki 7 ove radnje pokazano je, kako se računa po novim približnim formulama, i kako se dobiveni rezultati pokrivaju s rezultatima po prijašnjim točnijim, ali i kompliciranijim formulama.

U točki 10 iznesene formule uglavnom se već nalaze odštampane u prvoj radnji. Ovdje su poprimile nešto zgodniji oblik za računanje. Dodane su *nove* točnije formule (68 d), (70), (71), (73), (74), (77) i (78) i približne formule (73 a) i (74 a). Ove točnije prijašnje i nove formule uglavnom su već takva oblika, da se mogu neposredno i praktički upotrebiti. U daljoj točki 11 ove radnje pokazano je na primjerima, kako se računa po ovim formulama.

Podužna os zavojice šumske klizine po pravilu pokazuje luk kružnice u horizontalnoj projekciji. On i jest luk kružnice, ako se zavojica nalazi u horizontalnoj ravnini. Pada li pak podužna os zavojice ili se uspinje u smjeru klizanja, promatrana u prostoru, pokazuje luk kružne vijčanice. Težište teškog tijela, koje klizi zavojicom šumske klizine, u općenitom slučaju dakle opisuje luk prostorne krivulje, kružne vijčanice. Poradi toga u točki, koja slijedi, najprije promatramo gibanje u luku kružne vijčanice te utvrđujemo potrebne i dovoljne sile, koje će djelujući na tvarno tijelo (tvarnu točku) uzrokovati takvo gibanje.

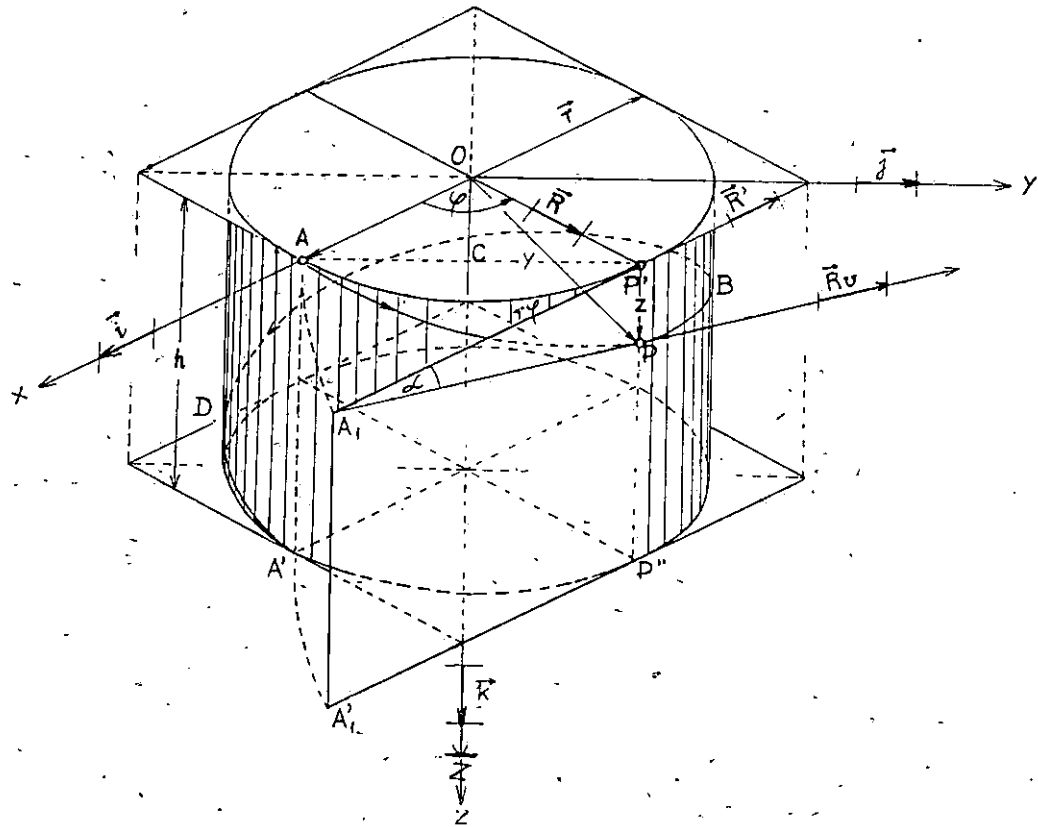
2. GIBANJE U LUKU KRUŽNE VIJČANICE — BEWEGUNG IM BOGEN EINER ZYLINDRISCHEN SCHRAUBENLINIE

Giba li se tvarna točka (P , sl. 1) na plaštu valjka polumjera r pod stalnim nagibom α prema horizontali, ona opisuje prostornu krivulju, t. z. kružnu vijčanicu (A, P, B, C, D, A'). U horizontalnoj ravnini projekcija te stvarne točke (P') istodobno opisuje luk kružnice polumjera r . Puna kružnica nastaje, kad se tvarna točka spusti ili digna na plaštu valjka za t. z. visinu hoda h , t. j. kad se vrati u vertikalnu zraku na plaštu valjka, s koje je pošla ($h = AA'$). Zamislimo li plašt valjka presječen duž te zrake (AA') i razvijen u ravninu (A, A'), dobivamo pravokutnik, kome je dužina podnice jednaka dužini oboda baze valjka ($2r\pi$), a visina visini hoda h . U tom pravokutniku vijčanica poprima oblik diagonale (A, P, A') nagiba α prema horizontali. U pravokutnom prostornom koordinatnom sustavu, s ishodištem u osi valjka, povoljna točka vijčanice P zbog toga ima koordinate (sl. 1):

$$x = r \cos \varphi, \quad y = r \sin \varphi \quad \text{i} \quad z = r \varphi \operatorname{tg} \alpha. \quad (1)$$

Amplituda φ je funkcija vremena:

$$\varphi = f(t). \quad (2)$$



Sl. — Fig. 1.

Koordinatni sustav odabrali smo tako, da os valjka, dakle i os z leži u apsolutnoj vertikali, a osi x i y u horizontalnoj ravnini. Neka jedinični vektori \mathbf{i} , \mathbf{j} i \mathbf{k} ($i = 1, j = 1, k = 1$) orijentiraju te osi. Vektorska jednačba

$$\vec{OP} = ix + jy + kz = ir \cos \varphi + jr \sin \varphi + kr \varphi \operatorname{tg} \alpha \quad (3)$$

određuje onda radijvektor povoljne točke vijčanice P . Projekcija tog radijvektora u horizontalnoj ravnini opet je radijvektor:

$$\vec{OP}' = ix + jy = r(i \cos \varphi + j \sin \varphi) = r \cdot \mathbf{R}, \quad (4)$$

iznosa, koji je jednak polumjeru baze valjka: $OP' = r$. Jedinični vektor

$$\mathbf{R} = i \cos \varphi + j \sin \varphi \quad (5)$$

orijentira radijvektor \vec{OP}' . Poradi toga možemo napisati jednačbu (3) i kraće:

$$\vec{OP} = r \mathbf{R} + r k \varphi \operatorname{tg} \alpha. \quad (3a)$$

Deriviramo li ovu jednačbu po vremenu, dobivamo vektor brzine tvarne točke u točki vijčanice P :

$$\mathbf{v} = \frac{d\vec{OP}}{dt} = r \cdot \frac{d\mathbf{R}}{dt} + r k \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{d\varphi}{dt}. \quad (6)$$

$\frac{d\varphi}{dt} = \omega$ nije nego kutna brzina, kojom projekcija P' opisuje kružnicu, ili kutna brzina, kojom tvarna točka rotira oko osi valjka, kad opisuje vijčanicu.

Kako je:

$$\frac{d\mathbf{R}}{dt} = \frac{d\mathbf{R}}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \frac{d\mathbf{R}}{d\varphi} \cdot \omega, \text{ a}$$

$$\frac{d\mathbf{R}}{d\varphi} = -i \sin \varphi + j \cos \varphi = i \cos \left(\varphi + \frac{\pi}{2} \right) + j \sin \left(\varphi + \frac{\pi}{2} \right) = \mathbf{R}', \quad (7)$$

to (6) prelazi u:

$$\mathbf{v} = \mathbf{R}' r \omega + k \operatorname{tg} \alpha \cdot r \omega. \quad (8)$$

Jedinični vektor \mathbf{R}' (7) razlikuje se od jediničnog vektora \mathbf{R} (5) samo po amplitudi, za 90° . Oba vektora leže u horizontalnoj ravnini, okomito jedan prema drugome. Vektor \mathbf{R} orijentira radijvektor, a vektor \mathbf{R}' tangentu u točki kružnice P' . Kako pak jedinični vektor \mathbf{R}' orijentira i horizontalu, a jedinični vektor \mathbf{k} vertikalu, to prvi član zdesna u (8) predočuje horizontalnu komponentu

$$\mathbf{v}_h = \mathbf{R}' r \omega, \quad v_h = r \omega, \quad (9)$$

* masna slova označuju vektore

a drugi član

$$v_z = k \operatorname{tg} \alpha \cdot r \omega, \quad v_z = r \omega \operatorname{tg} \alpha = v_h \operatorname{tg} \alpha \quad (10)$$

vertikalnu komponentu vektora brzine \mathbf{v} . Iznos tog vektora jest (izlazi iz 8 i 9):

$$v = r \omega \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} = v_h : \cos \alpha.$$

Dakle je

$$v_h = v \cdot \cos \alpha. \quad (11)$$

Jedinični vektor (\mathbf{R}_v) vektora brzine (\mathbf{v})

$$\mathbf{R}_v = \frac{\mathbf{v}}{v} = \mathbf{R}' \cos \alpha + \mathbf{k} \sin \alpha \quad (12)$$

orijentira ujedno tangentu u točki vijčанице P .

Ubrzanje je vremenski derivat brzine. U ovom je dakle slučaju

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = r \frac{d\mathbf{R}'}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} \cdot \omega + r \mathbf{R}' \frac{d\omega}{dt} + r k \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{d\omega}{dt}. \quad (13)$$

Kako je

$$\frac{d\mathbf{R}'}{d\varphi} = -\mathbf{i} \cos \varphi - \mathbf{j} \sin \varphi = -\mathbf{R} \quad (\text{usp. 7})$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega, \quad \text{a} \quad \frac{d\omega}{dt} = \varepsilon \quad \text{kutno ubrzanje,}$$

to (13) prelazi u:

$$\mathbf{a} = -r \mathbf{R} \omega^2 + r (\mathbf{R}' + k \operatorname{tg} \alpha) \varepsilon. \quad (13a)$$

Kako je nadalje (9, 11)

$$r \omega^2 = \frac{v_h^2}{r}, \quad \text{a} \quad r \varepsilon = \frac{d}{dt} (r \omega) = \frac{d}{dt} v_h = \dot{v} \cdot \cos \alpha,$$

to je dalje:

$$\mathbf{a} = -\mathbf{R} \frac{v_h^2}{r} + (\mathbf{R}' + k \operatorname{tg} \alpha) \dot{v} \cos \alpha$$

i konačno:

$$\mathbf{a} = -\mathbf{R} \frac{v_h^2}{r} + (\mathbf{R}' \cos \alpha + \mathbf{k} \sin \alpha) \dot{v}. \quad (14)$$

Ubrzanje ima dakle dvije komponente. Prva komponenta:

$$a_c = -\mathbf{R} \frac{v_h^2}{r}, \quad \text{iznosa} \quad a_c = \frac{v_h^2}{r}, \quad (15)$$

usmjerena je u suprotnom smjeru radijvektora (r), dakle okomito prema osi valjka vijčаницe. Druga komponenta

$$a_t = (R' \cos \alpha + k \sin \alpha) \dot{v}, \text{ iznosa } a_t = \dot{v} \quad (16)$$

ima smjer brzine (v), dakle i smjer tangente u promatranoj točki vijčаницe (P).

Iz ovog se razlaganja vidi: kad se giba tvorna točka mase m , opisat će kružnu vijčаницu stalnog nagiba (α) samo u slučaju, ako sve sile, koje djeluju na nju, u svakom času rezultiraju samo silu:

$$S = ma = -R \frac{mv_n^2}{r} + (R' \cos \alpha + k \sin \alpha) m \dot{v}. \quad (17)$$

Prva komponenta te sile:

$$N = -R \frac{mv_n^2}{r}, \text{ iznoša } N = \frac{mv_n^2}{r} \quad (18)$$

jest t. zv. *centripetalna sila*. To je horizontalna sila, koja sili tvarnu točku da kruži oko osi valjka. Druga komponenta:

$$T = (R' \cos \alpha + k \sin \alpha) m \dot{v}, \text{ iznosa } T = m \dot{v}, \quad (19)$$

je tangencijalna sila, jer djeluje u tangenti vijčаницa, te ubrzava ili usporuje gibanje na plaštu valjka. Ta druga komponenta može biti i jednaka ničtici, ako je tangencijalno ubrzanje jednako ničtici ($a_t = \dot{v} = 0$). U tom slučaju tvorna točka opisuje vijčаницu *jednoličnom brzinom* c , jer iz diferencijalne jednadžbe $dv = 0$ izlazi $v = c$ konstans. (20).

Tangencijalna sila može, a centripetalna sila ne može biti jednaka ničtici, ako se želi, da tvorna točka opisuje kružnu vijčаницu. Ta je naimе sila potrebna, da se svlada tromost, kojom se tvorna točka opire kruženju.

3. O SILAMA, KOJE DJELUJU NA TEŠKO TIJELO U ZAVOJICAMA ŠUMSKIH KLIZINA — KRÄFTE DIE IN KURVENDER FORSTLICHEN RIESEN AUF EINEN SCHWEREN KÖRPER EINWIRKEN

Kod šumskih klizina postizavamo centripetalnu silu ili samo pomoću *poprečnog nagiba* (β), t. j. pomoću nagiba podloge klizanja prema središtu, u radijalnom smjeru zavojice, ili pomoću poprečnog nagiba i vertikalne stijene vodilice, zbite od oblica i postavljene na vanjski rub podloge klizanja. Zbog poprečnog nagiba podloge nastaje komponenta težine tijela, usmjerena prema središtu kruženja, koja vrši funkciju centripetalne sile. U istoj zavojici klize razni dapače i isti sortimenti raznim brzinama pod raznim atmosferskim prilikama. Kako je pak centripetalna sila funkcija brzine (usp. 18), u istom profilu iste zavojice bit će potrebni poprečni nagibi raznih iznosa, da može nastati za centripetalnu silu dovoljno velika komponenta.

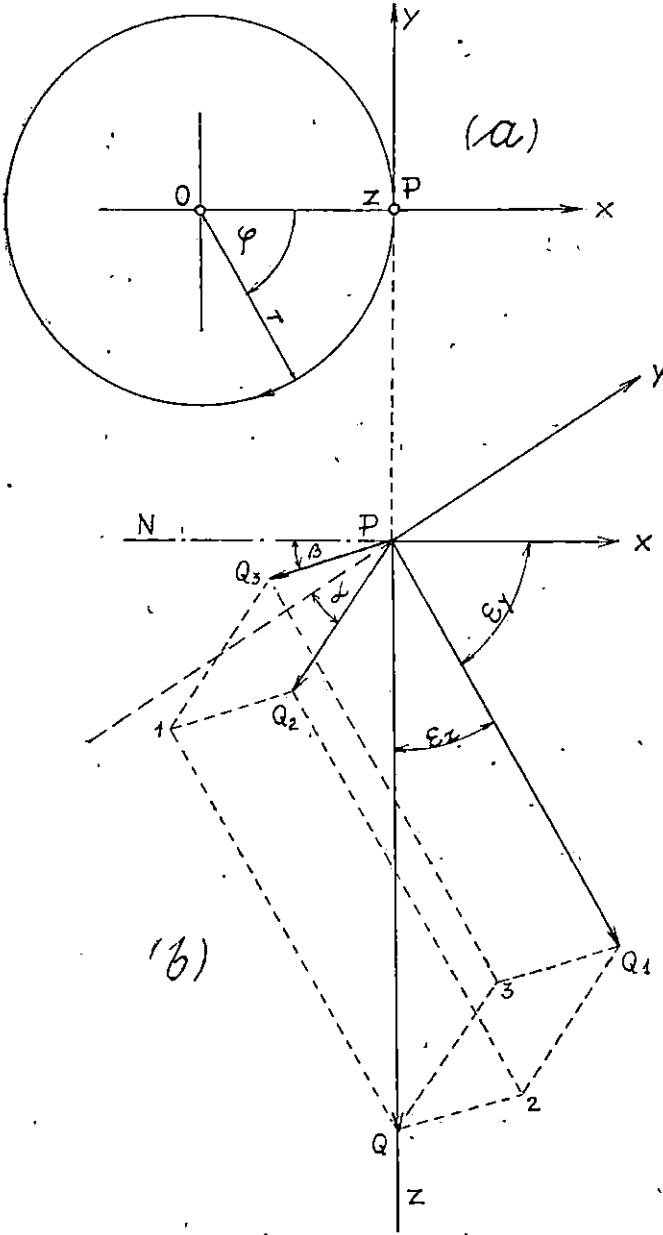
težine tijela. Poradi toga, kad želimo postići centripetalnu silu isključivo poprečnim nagibom, dajemo klizini u zavojici oblik dubokog i prostranog žlijeba (na pr. kod drvenog točila žlijeb polukružnog profila, riža). T. zv. *putoklizina* (to je vještački trasirana i izgrađena šumska klizina u obliku puta) po pravilima ima samo jednostrešno nagnutu podlogu prema središtu zavojice, t. j. poprečan nagib samo jednog i to stalnog iznosa. Takav poprečni nagib prouzročit će centrifugalnu silu potrebnog i dovoljnog iznosa samo možda u jednom jedinom slučaju sortimenta i brzine klizanja. U svim ostalim slučajevima bit će potrebna još spomenuta vertikalna stijena vodilica, da se postigne centripetalna sila potrebnog i dovoljnog iznosa. Na tu stijenu naime prislanja se drvo, kad klizi zavojicom, te izaziva horizontalnu reakciju, centripetalnu silu, koja ga skreće prema središtu kruženja.

Tangencijalnu silu u zavojicama šumskih klizina postizavamo pomoću uzdužnog nagiba (α), udšćenog prema željenom efektu. Zbog tog nagiba nastaje naime komponenta težine tijela, usporedna s podlogom u uzdužnom smjeru, koja vrši funkciju tangencijalne sile. Ta komponenta može biti istog ali i suprotnog smjera od smjera klizanja, različna od ničice, ali i jednaka ničici, već prema uzdužnom nagibu u istom ili suprotnom smjeru klizanja, te prema njegovu iznosu. Uz dovoljno veliki *uzdužni pad* ($+ \alpha$) tangencijalna sila može biti tolika, da ne svladuje samo sve otpore, na koje nailazi, nego još i ubrzava brzinu klizanja. Nije li uzdužni pad u smjeru klizanja dovoljno velik, ili ga nema uopće ($\alpha = 0$), ili se dapače klizina uspinje u zavojici ($\alpha = - \alpha$), tangencijalna sila, ukoliko postoji, ili je preslaba da svladuje otpore, ili djeluje u suprotnom smjeru klizanja, dakle u sva tri slučaja koči brzinu klizanja.

Najprije promatramo i određujemo sile, koje nastaju i djeluju na teško tijelo zbog uzdužnog i poprečnog nagiba podloge šumske klizine u zavojici. Tijelo, koje klizi, smatramo $Q = mg$ kg teškom tvarnom točkom, mase m (sl. 2). Sa tom tvarnom točkom (P), povezali smo i ishodište pravokutnog koordinatnog sustava x, y, z . Taj se dakle koordinatni sustav giba zajedno sa tvarnom točkom. Pritom je os x uvijek radijalno otklonjena od središta zavojice (O), os y uvijek horizontalno tangira valjak vijčanicē, a os z uvijek ima smjer apsolutne vertikale. Prema tome osi x i y uvijek određuju horizontalnu ravninu, a težina tvarne točke Q djeluje u pozitivnom smjeru osi z .

Zbog uzdužnog nagiba (α) i u smjeru tog nagiba nastaje komponenta težine tijela Q_2 , a zbog poprečnog nagiba (β) i u smjeru tog nagiba komponenta Q_3 . U okomici na obje ove komponente djeluje još treća komponenta težine tijela Q_1 , i to tako, da zajedno s prvim dvjema komponentama zadovoljava vektorsku jednadžbu:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q \quad (21)$$



Sl. — Fig. 2.

Komponenta Q_2 leži u ravnini yz te zatvara kut α s'osi y ; komponenta Q_3 leži u ravnini xz te zatvara kut β s'osi x ; komponenta Q_1 djeluje u okomici na podlogu klizanja, t. j. okomito na ravninu Q_2Q_3 te zatvara kutove ε_x , ε_y i ε_z s'osima x , y i z . Prema tome koordinate ili projekcije komponenta Q_1 , Q_2 i Q_3 u osima x , y i z (usp. i sl. 2) jesu:

$$\left. \begin{aligned} Q_{1x} &= Q_1 \cos \varepsilon_x, & Q_{2x} &= 0, & Q_{3x} &= -Q_3 \cos \beta \\ Q_{1y} &= Q_1 \cos \varepsilon_y, & Q_{2y} &= -Q_2 \cos \alpha, & Q_{3y} &= 0 \\ Q_{1z} &= Q_1 \cos \varepsilon_z, & Q_{2z} &= Q_2 \sin \alpha, & Q_{3z} &= Q_3 \sin \beta \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

Koordinate ili projekcije težine tijela Q u osima x , y i z onda jesu:

$$\left. \begin{aligned} Q_x &= Q_{1x} + Q_{2x} + Q_{3x} = Q_1 \cos \varepsilon_x - Q_3 \cos \beta = 0 \\ Q_y &= Q_{1y} + Q_{2y} + Q_{3y} = Q_1 \cos \varepsilon_y - Q_2 \cos \alpha = 0 \\ Q_z &= Q_{1z} + Q_{2z} + Q_{3z} = Q_1 \cos \varepsilon_z + Q_2 \sin \alpha + Q_3 \sin \beta = Q \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Komponente Q_1 , Q_2 i Q_3 čine paralelepiped sa četverokutnom bazom P, Q_2, I, Q_3 i visinom $\overline{PQ_1}$. Diagonala tog paralelepipeda je težina tijela \overline{PQ} . Baza paralelepipeda nije pravokutan četverokut, jer je obično $\sphericalangle Q_2PQ_3$ manji od pravoga. Taj kut može biti i pravi, ali samo u specijalnom slučaju $\alpha = \beta = 0$, a može biti jednak i ništici, ali samo u specijalnom slučaju $\alpha = \beta = \frac{\pi}{2}$.

Kako je $\overline{PQ_1}$ normala ravnine P, Q_2, I, Q_3 te kutovi $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ i ε_z nisu nego kutovi priklona te ravnine prema osima x, y i z .

Jednadžbu ravnine, koja prolazi točkama:

$$\begin{aligned} P: (x_1 = 0, & \quad y_1 = 0, & \quad z_1 = 0) \\ Q_2: (x_2 = 0, & \quad y_2 = -Q \cos \alpha, & \quad z_2 = Q_2 \sin \alpha) \\ Q_3: (x_3 = -Q_3 \cos \beta, & \quad y_3 = 0, & \quad z_3 = Q_3 \sin \beta) \end{aligned}$$

određujemo pomoću determinante:

$$\begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & z_3 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -Q \cos \alpha & Q_2 \sin \alpha & 1 \\ -Q_3 \cos \beta & 0 & Q_3 \sin \beta & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Rješenje ove determinante glasi:

$$x \cos \alpha \sin \beta + y \sin \alpha \cos \beta + z \cos \alpha \cos \beta = 0 \quad (24)$$

te određuje traženu jednadžbu ravnine, u kojoj leže komponente Q_2 i Q_3 . Uz dalje oznake:

$$A = \cos \alpha \sin \beta, \quad B = \sin \alpha \cos \beta \quad \text{i} \quad C = \cos \alpha \cos \beta \quad (24a)$$

kutovi priklona te ravnine, dakle kutovi priklona njezine normale, vektora Q_1 , određeni su snošajima:

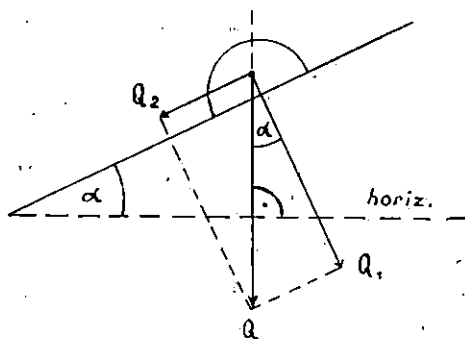
$$\left. \begin{aligned} \cos \varepsilon_x &= \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} = \frac{\cos \alpha \sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \beta}} = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} \\ \cos \varepsilon_y &= \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} = \frac{\sin \alpha \cos \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \beta}} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} \\ \cos \varepsilon_z &= \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} = \frac{\cos \alpha \cos \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \beta}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} \end{aligned} \right\} (25)$$

Uvrstimo li vrijednosti $\cos \varepsilon_x$, $\cos \varepsilon_y$ i $\cos \varepsilon_z$ iz ovih jednadžbi u jednadžbe (23), iz njih možemo izračunati tri nepoznanice, iznose komponenta težina tijela Q s rezultatima:

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= \frac{Q}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}}, \quad Q_2 = \frac{Q \operatorname{tg} \alpha \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}, \\ Q_3 &= \frac{Q \operatorname{tg} \beta \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}. \end{aligned} \right\} (26)$$

Ovdje je mjesto, da napose istaknemo broj, koji se u dinamici šumskih klizina često ponavlja, a to je snošaj među iznosima komponenta Q_2 i Q_1 (usp. 26):

$$v = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\operatorname{tg} \alpha \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \cos^2 \alpha \operatorname{tg}^2 \beta}}. \quad (27)$$



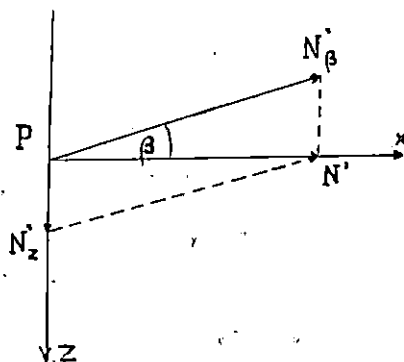
Sl. — Fig. 3.

Jednostranom nazivamo kosinu klizine, koja je nagnuta prema horizontalnoj ravni samu u uzdužnom smjeru pod kutom α ; dvostranom pak nazivamo kosinu, koja je nagnuta prema horizontalnoj ravni u dva međusobno okomita smjera: u uzdužnom smjeru pod kutom α , a u poprečnom smjeru pod kutom β .

Za $\beta = 0$ jednadžba (27) prelazi u

$$v = \operatorname{tg} \alpha. \quad (27a)$$

Iz slike 3 se vidi, da je i to snošaj komponenta Q_2 i Q_1 težine tijela Q , ali na jednostranoj kosini, dakle na klizini trasiranoj u pravcu. I kao što govorimo, da je $v = \operatorname{tg} \alpha$ koeficijent nagiba jednostrane kosine, klizine trasirane u pravcu, tako kažemo, da je v , definiran formulom (27), koeficijent nagiba dvostrano nagnute kosine, klizine trasirane u luku kružnice, u zavojici. Formula (27) je šira, a formula (27a) je uža definicija koeficijenta nagiba kosine podloge klizine.



Sl. — Fig. 4.

Kod promatranja dinamičkih zbivanja u zavojici klizine za *stajalište* odabiremo samu tvarnu točku, koja klizi. Sa tog stajališta na tvarnu točku ne djeluje samo centripetalna sila, koju smo postigli pomoću težine tvarne točke i poprečnog nagiba podloge, nego još i sila tromosti, t. zv. centrifugalna sila N' . Prema centripetalnoj sili N , ta je sila istog iznosa, ali suprotnog smjera: $N' - N = 0$. Centrifugalna sila djeluje dakle također u horizontali, u radijalnoj ravnini valjka vijčanicé (x, z , sl. 4), no kako se razlikuje od centripetalne sile samo po smjeru, iznos jedne i druge sile bilježimo istim slovom $N = |N| = |N'|$. Rastavljamo centrifugalnu silu u dvije komponente (sl. 4):

$$N' = N_{\beta}' + N_z'$$

Prva komponenta iznosa $N_{\beta} = N : \cos \beta = N \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}$, nagnuta je prema osi x pod kutom poprečnog nagiba β (kao i sila Q_2).

Druga komponenta, iznosa $N_z = N \operatorname{tg} \beta$, djeluje u osi z . Možemo je dakle rastaviti još i dalje u tri komponente iznosa (poput sile Q , usp. 26):

$$N_{z1} = \frac{N \operatorname{tg} \beta}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}}, \quad N_{z2} = \frac{N \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}$$

$$N_{z3} = \frac{N \operatorname{tg}^2 \beta \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}$$

Iznosi komponentata centrifugalne sile u pravcima sila Q_1 , Q_2 i Q_3 , onda jesu:

$$\left. \begin{aligned} N_1 = N_{z_1} &= \frac{N \operatorname{tg} \beta}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} \\ N_2 = N_{z_2} &= \frac{N \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta} \\ N_3 = N_\beta - N_{z_3} &= \frac{N(1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta} \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

S odabranog stajališta na tvarnu točku u zavojici djeluju još i ove sile: Reakcija podloge W , s tom reakcijom proporcionalno trenje μW (μ označuje koeficijent trenja) i sila tromosti, tangencijalna sila T .

Reakcija W svagda djeluje u okomici na podlogu, a podrobnije osvrnut ćemo se na tu silu u specijalnim slučajevima konstrukcije klizine zasebno.

Trenje μW djeluje svagda i samo u suprotnom smjeru gibanja, kod klizine u zavojici dakle u tangenti vijčanice, u suprotnom smjeru klizanja. Nesigurnost računanja s tom silom leži u iznosu koeficijeta trenja. Da se ta nesigurnost što bolje eliminira običavamo ispitivati sposobnost rada klizine uz dvije različite vrijednosti koeficijenta trenja μ_{\min} i μ_{\max} , koje odabiramo tako, da se najvjerojatnija vrijednost μ nalazi u tom intervalu: $\mu_{\min} < \mu < \mu_{\max}$. Taj pak interval odabiramo širi ili uži već prema značaju klizine i sortimentima, koji dolaze u obzir. Dokažemo li sposobnost rada klizine uz jednu i drugu graničnu vrijednost koeficijenta trenja, moći ćemo se pouzdati, da će klizina zacijelo raditi u predviđenim prilikama. Kod iste klizine potrebno je poznavati ili napose utvrditi koeficijent trenja za svaki sortiment, koji dolazi u obzir. Praktički pak utvrđujemo taj koeficijent u prisutnosti zraka. Nema dakle razloga, da u ovim našim računima uzimamo otpor zraka još i zasebno u račun, i to s tim manje, što taj otpor zavisi o stanju mirnog, a i jačini i smjeru gibanja uzne-mirenog zraka (vjetra). Sve te raznolike mogućnosti nastojali smo obuhvatiti baš spomenutim računom u određenom intervalu vrijednosti koeficijenta trenja.*

Sila T također djeluje u suprotnom smjeru gibanja, dakle u tangenti vijčanice. Tromost T je sila, kojom se tvarna točka opire protiv promjene stanja mirovanja ili jednoličnog gibanja u istom pravcu, a centrifugalna sila također je tromost ili otpor, kojim se stvarna točka opire promjeni smjera gibanja.

* S. Flögl, O utjecaju zraka na otpor šumskih klizina, Glasnik za šumske pokuse, knj. 4., Zagreb 1935.

4. O SILAMA, KOJE DJELUJU NA TEŠKO TIJELO U ZAVOJICI KLIZINE UŽLIJEBLJENOG PROFILA — KRÄFTEDIE INKURVENDER RINNENPROFILRIESE AUF EINEN SCHWEREN KÖRPER EINWIRKEN

Na našu tvarnu točku djeluju kao aktivne sile komponente njezine vlastite težine Q_1 , Q_2 i Q_3 , zatim reakcije, koje nastaju zbog tih sila i podržavaju ravnotežu s njima: reakcija podloge W , trenje μW , otpor tromosti T i komponente centrifugalne sile: N_1 , N_2 i N_3 . Ravnina Q_2Q_3 predstavlja podlogu klizanja, a reakcija podloge W djeluje u okomici na tu podlogu, u pravcu sile Q_1 . Zbog toga nastaju ove tri jednadžbe ravnoteže sila:

$$\left. \begin{array}{l} \text{u pravcu sile } Q_1: \quad Q_1 - W + N_1 = 0 \\ \text{'' '' '' } Q_2: \quad Q_2 - \mu W - T + N_2 = 0 \\ \text{'' '' '' } Q_3: \quad Q_3 - N_3 = 0 \end{array} \right\} \quad (29)$$

Iz treće jednadžbe ravnoteže s obzirom na (26) i (28) dobivamo

$$N = \frac{Q \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} = Q \cos^2 \alpha \operatorname{tg} \beta. \quad (30)$$

Iz prve jednadžbe ravnoteže s obzirom na (26), (28) i (30) najprije dobivamo:

$$\left. \begin{array}{l} W = Q_1 + N_1 = Q \frac{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}, \\ \text{zatim s obzirom na (27):} \\ W = Q \frac{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}}{\operatorname{tg} \alpha \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = Q \frac{\sin \alpha}{v}. \end{array} \right\} \quad (31)$$

Konačno iz druge jednadžbe ravnoteže $T = Q_2 + N_2 - \mu W$ s obzirom na (26) i (28) najprije dobivamo:

$$T = (Q + N \operatorname{tg} \beta) \frac{\operatorname{tg} \alpha \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta} - \mu W,$$

a zatim s obzirom na (30), (27) i (31):

$$T = vW - \mu W = Q \left(1 - \frac{\mu}{v}\right) \sin \alpha. \quad (32)$$

Formula (30) određuje iznos centrifugalne, odnosno centripetalne sile; form. (31) određuje iznos reakcije podloge, odnosno pritiska na podlogu, a form. (32) određuje iznos tromosti tvarne točke, odnosno iznos jednako velike tangencijalne sile suprotnog smjera, koja djeluje na tvarnu točku, kad ta klizi. Time su određene sve sile, koje djeluju na tvarnu točku u zavojici klizine s užlijebljenim gornjim strojem, i to kao funkcije težine tvarne točke Q , nagiba po-

dloge i koeficijenta trenja. U konkretnom slučaju klizine i sortimena, koji klize, mogu se te sile pomoću tih formula svagda lako izračunati.

Ostale su još značajke žljebovitog gornjeg stroja ove. Iz formule (27), koja definiira koeficijent nagiba, vidi se, da je taj koeficijent pozitivan ili negativan pravi razlomak, jer je nazivnik veći od brojnika za zbiljne vrijednosti uzdužnog nagiba $\alpha - e$.

Poprečni nagib u bilo kojoj točki unutrašnjosti žlijeba može iznositi $0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$, dakle tangens tog kuta $0 \leq \operatorname{tg} \beta \leq \infty$. Nagib žlijeba dakle ne ograničuje iznose centripetalne odnosno centrifugalne sile (usp. 30).

Pomoću formule (18) i (30) također možemo odrediti funkcionalnu zavisnost poprečnog nagiba o brzini klizanja u zavojici polumjera trasiranja r . Iz (18) naime dobivamo

$$\frac{N}{Q} = \frac{mv_h^2}{r} \cdot \frac{1}{mg} = \frac{v_h^2}{rg} = \frac{v^2}{rg} \cos^2 \alpha, \quad (93)$$

a iz (30) imamo:

$$\frac{N}{Q} = \operatorname{tg} \beta \cdot \cos^2 \alpha. \quad (33a)$$

Izjednačimo li obje vrijednosti za $N : Q$, dobivamo poznati odnos (između brzine gibanja i poprečnog nagiba podloge u zavojici), potrebne radi ravnoteže:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v^2}{rg}. \quad (34)$$

Teško tijelo zauzet će na obali žlijeba u zavojici mjesto poprečnog nagiba, koji zadovoljava ovu jednadžbu.

Sa poprečnim nagibom podloge povezana je i t. zv. *konstanta klizine u zavojici*:

$$k = \frac{rg}{\cos \alpha} \quad (\text{m/sec})^2. \quad (35)$$

Slika 5 neka predočuje unutarnji obris žlijeba, koji je presječen okomito na os klizine u zavojici. Ta os u uzdužnom smjeru neka je nagnuta pod kutom α prema horizontalnoj ravnini. Težinu tijela Q zamišljamo rastavljenu u dvije komponente, od kojih $Q \cos \alpha$ leži u nacrtanom prijesjeku, a $Q \sin \alpha$ u tangenti uzdužne osi, kružne vijčаницe (usp. na pr. i sl. 3). Na teško tijelo u nacrtanom prijesjeku djeluju orida ove sile: komponenta vlastite težine $Q \cos \alpha$, centrifugalna sila N' i reakcija podloge W . Ravnoteža je moguća samo, ako su reakcija W i pritisak na podlogu $W' = Q \cos \alpha + N'$ istih iznosa ($W \neq W'$) suprotnih smjerova, a djeluju u istom pravcu. Kako reakcija W djeluje svagda u okomici podloge, teško tijelo, koje klizi, smjestit će se u onu točku (P, sl. 5), u kojoj će tangenta obrisa i

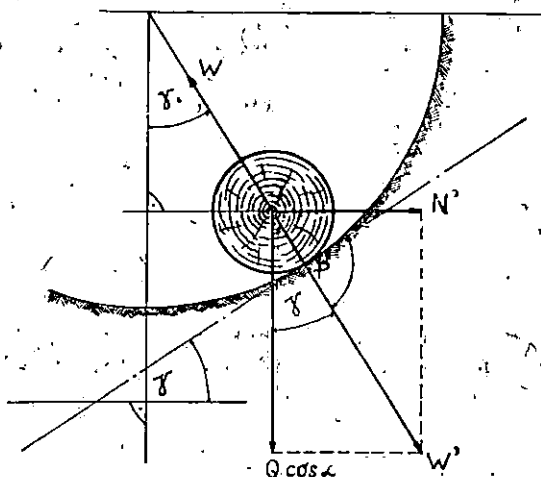
horizontala, zatim okomica na podlogu i vertikala zatvarati jednake kutove. γ . Tangens tog. kuta iznosi (usp. 33—35):

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{N}{Q \cos \alpha} = \operatorname{tg} \beta \cdot \cos \alpha = \frac{v^2}{rg} \cdot \cos \alpha = \frac{v^2}{k} \quad (36)$$

Iz snošaja

$$v^2 = k \cdot \operatorname{tg} \gamma \quad (36a)$$

vidi se, da je konstanta k kvadrat neke brzine (o kojoj će biti još govora), dakle da ima dimenziju $(\text{m/sec})^2$.



Sl. — Fig. 5.

Nadalje se vidi iz (36), da se poprečni nagibi β i γ razlikuju. Tako i mora biti, jer kut γ leži u normalnoj ravni, t. j. u ravni koja prolazi glavnim normalom i binormalom vijčanice, uzdužne osi zavojice, a kut β leži u apsolutno vertikalnoj ravni (N, Q , sl. 2). Kut γ je projekcija kuta β -te u normalnoj ravni vijčanice.

Glavna normala naime u bilo kojoj točki vijčanice (P , sl. 2) okomito siječe os (z) valjka vijčanice (poput centripetalne sile). Tangenta u istoj točki vijčanice okomito siječe glavnu normalu, ali je nagnuta prema horizontali pod kutom α . Oskulatorna ravnina prolazi glavnim normalom i tangentom i poradi toga zatvara s horizontalnom ravninom također kut α . Binormala u istoj točki vijčanice stoji okomito na oskulatornoj ravni; i ona zatvara kut α s vertikalnom radijalnom ravninom valjka vijčanice, u kojoj djeluje i težina tijela. Poradi toga i jest $Q \cos \alpha$ komponenta težine tijela Q u normalnoj ravni vijčanice, t. j. u ravni, u kojoj se nalaze normala i binormala. Druga komponenta $Q \sin \alpha$ ima smjer tangente vijčanice, te utječe na brzinu gibanja tijela.

Prema slici 5 je nadalje $W = Q \sqrt{\cos^2 \alpha + (N/Q)^2}$. Uvrstimo li $\cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta$ namjesto N/Q pod korijen, za reakciju podloge W , nakon sredenja dobivamo isti rezultat sa form. (31). Ta činjenica potvrđuje ispravnost računa tu i tamo.

Tangencijalna sila (32, (31):

$$T = (v - \mu) W, \quad W = Q \frac{\sin \alpha}{v},$$

zavisi o koeficijentu nagiba, o koeficijentu trenja i o reakciji podloge klizine u zavojici. Pritom koeficijent nagiba (27), (36):

$$v = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \cos^2 \alpha \operatorname{tg}^2 \beta}} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma}} = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \gamma \quad (37)$$

zavisi o uzdužnom (α) i poprečnom nagibu (β) podloge klizine, a uvijek je manji od uzdužnog nagiba ($v < \operatorname{tg} \alpha$), ako poprečni nagib podloge klizanja nije jednak ničisti ($\beta \neq 0$). Koeficijent nagiba je pozitivan, ako se zavojica spušta, a negativan je, ako se zavojica diže u smjeru gibanja. No može biti i jednak ničisti, ako uzdužna os zavojice leži u horizontalnoj ravnini.

Ako je $v > 0$, a $\mu < v$, zavojica se spušta u smjeru klizanja, a iznos tangencijalne sile je veći od ničstice ($T > 0$). Znači, da postoji ubrzanje, zbog kojeg teško tijelo klizi sve brže, od početka prema kraju zavojice.

Ako je $v > 0$, a $\mu = v$, zavojica se još doduše spušta, u smjeru klizanja, ali iznos tangencijalne sile jednak je ničisti ($T = 0$). Znači, da ubrzanje ne postoji, nego teško tijelo klizi jednolično od početka do kraja zavojice brzinom, kojom je ušlo u nju.

Ako je $v > 0$, a $\mu > v$, zavojica se još uvijek spušta u smjeru klizanja, ali tangencijalna sila je negativna. Znači, ubrzanje postoji, ali u suprotnom smjeru gibanja. Teško tijelo klizi usporeno od početka prema kraju zavojice.

Ako je $v = 0$, a to može biti jedino, ako je $\alpha = 0$, tangencijalna sila je negativna (usp. 31 i 32):

$$T = -\mu W, \quad W = Q \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}. \quad (38)$$

Ubrzanje djeluje u suprotnom smjeru klizanja. Teško tijelo klizi usporeno od početka do kraja zavojice, ako ga dosegne.

Konačno, ako je $v < 0$, a to može biti samo, ako je kut α negativan. Zavojica se uspinje u smjeru klizanja. Tangencijalna sila je negativna:

$$T = -(v + \mu) W; \quad W = Q \frac{\sin \alpha}{v} \quad (38a)$$

Ubrzanje djeluje u smjeru klizanja. Teško tijelo klizi usporeno, a kraj zavojice svagda i ne dosegne, nego sustane već i prije.

5. MIJENA BRZINE KLIZANJA TEŠKOG TIJELA U ZAVOJICI KLIZINE UŽLIJEBLJENOG PROFILA — GLEITGESCHWINDIGKEITSÄNDERUNG EINES SCHWEREN KÖRPERS IN KURVEN DER RINNENPROFILRIESE

U slučaju $0 < \mu < v$, opisanom u prijašnjoj točki, postoji ubrzanje u smjeru klizanja (usp. 31 i 32):

$$a_t = T : m = g \frac{v - \mu}{v} \sin \alpha. \quad (39)$$

Horizontalna projekcija tog ubrzanja je:

$$a_{th} = a_t \cdot \cos \alpha = g \frac{v - \mu}{v} \sin \alpha \cos \alpha. \quad (39a)$$

Među horizontalnom projekcijom brzine klizanja v_h , ubrzanjem a_{th} i horizontalnom projekcijom prevaljenog puta, luka kružnice $s_h = r\varphi$ (usp. sl. 2a) postoji poznati snošaj

$$v_h dv_h = a_{th} \cdot ds_h. \quad (40)$$

Uvrstimo li vrijednost a_{th} iz gornje jednadžbe u ovu, dobivamo:

$$v_h dv_h = g \left(1 - \frac{\mu}{v}\right) \sin \alpha \cos \alpha ds_h. \quad (41)$$

Točno rješenje ove diferencijalne jednadžbe nalazi se izvedeno i otisnuto u uvodno spomenutoj radnji. No zbog razloga, navedenih u uvodu, ovdje rješavamo posljednju jednadžbu tako, da privremeno stavljamo (usp. 27, 36 i 37):

$$v = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \cos^2 \alpha \operatorname{tg}^2 \beta}} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma}} = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \gamma = \text{konstans}. \quad (42)$$

Kako pretpostavljamo uzdužni nagib klizina u zavojici također stalnim: $\alpha = \text{konstans}$, to uz te pretpostavke općenito rješenje diferencijalne jednadžbe (41) glasi:

$$v_h^2 = 2gs_h \frac{v - \mu}{v} \sin \alpha \cos \alpha + 2C.$$

Na početku zavojice je $s_h = 0$, a brzina na istom mjestu $v_h = v_{ah}$ je poznata. Vrijednost konstante integriranja mora dakle biti $2C = v_{ah}^2$. Kako je još (usp. 11) $v_h = v \cos \alpha$, to posljednja jednadžba konačno sređena dobiva oblik:

$$\frac{v^2}{g} = \frac{v_a^2}{g} + 2s_h \frac{v - \mu}{v} \operatorname{tg} \alpha, \quad s_h = r\varphi. \quad (43)$$

U primjeni prema prilikama možda će bolje odgovarati oblik, koji nastaje, ako ovu jednadžbu pomnožimo sa $\cos \alpha$ i podijelimo sa r (usp. i 35):

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_a^2}{k} + 2 \frac{v - \mu}{v} \varphi \sin \alpha; \quad k = \frac{rg}{\cos \alpha}, \quad (43a)$$

Jedna (43) i druga jednadžba (43a) određuje isto: brzinu klizanja v na kraju $s_n = r\varphi$ duge zavojice, u koju je ušlo teško tijelo sa brzinom v_a .

Između koeficijenta nagiba i brzine klizanja postoji snošaj (usp. 37 i 36):

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{v} = \frac{1}{\cos \gamma} = \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma} = \sqrt{1 + \left(\frac{v_a^2}{k}\right)^2}. \quad (44)$$

Uistinu dakle koeficijent nagiba nije stalan (kako smo pretpostavili pod 42), nego se mijenja, ako se mijenja brzina klizanja. Na početku zavojice koeficijent nagiba iznosi:

$$v_a = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma_a}} = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \gamma_a; \quad \operatorname{tg} \gamma_a = \frac{v_a^2}{k}. \quad (45)$$

Kad bismo još znali, koliko iznosi koeficijent nagiba na kraju zavojice, mogli bismo računati i brzinu na tom mjestu — pomoću aritmetičke sredine obiju vrijednosti koeficijenta nagiba po približnoj form. (43) ili (43a). Bit će dakle u skladu sa postavljenom zadaćom, da približno procijenimo iznos koeficijenta nagiba na kraju zavojice, barem u slučajevima, u kojima se to može učiniti.

Iz formule (44) i (36) općenito izlazi:

$$\frac{v^2}{k} = \sqrt{\left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{v}\right)^2 - 1} = \operatorname{tg} \gamma. \quad (46)$$

Napose je na početku zavojice

$$\frac{v_a^2}{k} = \sqrt{\left(\frac{\operatorname{tg} \alpha_a}{v_a}\right)^2 - 1} = \operatorname{tg} \gamma_a. \quad (46a)$$

U specijalnom pak slučaju $\mu = v$, ubrzanje jednako je ničtici ($a_t = 0$, usp. 39). Nastupa li taj slučaj već na početku zavojice ($\mu = v_a$), teško tijelo klizi jednolično od početka do kraja zavojice brzinom, kojom je ušlo u nju. Ta brzina ($v_a = c$) zadovoljava jednadžbu iz (46):

$$\frac{v_a^2}{k} = \frac{c^2}{k} = \sqrt{\left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu}\right)^2 - 1} = \operatorname{tg} \gamma_c, \quad (47)$$

a zove se *stacionarna* (jednolična, kritična) brzina klizanja u zavojici konstante k . Stacionarna brzina postoji samo u slučajevima $\mu < \operatorname{tg} \alpha$, a ima različite iznose za različite vrijednosti koeficijenta trenja (za različite sortimente drva, koji klize) i u istoj zavojici. Ako je $\mu = \operatorname{tg} \alpha$, stacionarna brzina jednaka je ničtici, a imaginarna je, dakle ne postoji, ako je $\mu > \operatorname{tg} \alpha$.

Jednadžba (46) također nam objašnjava značenje konstante k . Za $\gamma = 45^\circ$ ili $\operatorname{tg} \gamma = 1$, iz te jednadžbe naime izlazi $k = v^2$. Dakle je konstanta $k = rg : \cos \alpha$, zaista kvadrat brzine klizanja teškog tijela na mjestu zavojice, na kojem koeficijent nagiba iznosi:

$$v = \cos \gamma \operatorname{tg} \alpha = \cos 45^\circ \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} \operatorname{tg} \alpha.$$

Ako je $\gamma_e = 45^\circ$, dakle $\operatorname{tg} \gamma_e = 1$, onda je konstanta klizine kvadrat početne ujedno i stacionarne brzine klizanja teškog tijela (sljedeći iz 47):

$$\left. \begin{aligned} k &= rg : \cos \alpha = v_a^2 = c^2 \\ \text{u zavojici nagiba } \alpha \text{ i polumjera } r; \text{ pritom koeficijent} \\ \text{trenja treba da zadovoljava uvjet:} \\ \mu &= v_e = \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0,7071 \operatorname{tg} \alpha. \end{aligned} \right\} (47a)$$

Na pr. horizontalnoj zavojici ($\operatorname{tg} \alpha = 0$), polumjera $r = 200$ m, pripada konstanta $k = 200 \cdot 9,81 = 1962$ (m/sec)². Uz $\gamma = 45^\circ$ to je ujedno kvadrat stacionarne brzine teškog tijela, koje klizi kroz nju bez trenja ($\mu = 0$). Zavojici iste krivosti, ali nagiba u smjeru klizanja $\operatorname{tg} \alpha = 0,3$ ili $\cos \alpha = 0,958$, pripada konstanta

$$k = 200 \cdot 9,81 : 0,958 = 2048, \text{ (m/sec)}^2.$$

Uz $\gamma_e = 45^\circ$ to je ujedno kvadrat stacionarne brzine teškog tijela, koje klizi kroz nju uz koeficijent trenja $\mu = 0,7071 \cdot 0,3 = 0,212$.

Ako je $\mu < v$, onda je $\mu < \operatorname{tg} \alpha$, jer je svagda $v < \operatorname{tg} \alpha$, ako brzina klizanja nije jednaka ničici (usp. 37). Poradi toga, ako je $0 < \mu < v$, postoji stacionarna brzina $c > 0$, definirana jedn. (47).

Iz (46a) i (47) nadalje izlazi, da je na početku zavojice u slučajevima $\mu \leq v_a$

$$\sqrt{\left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{v_a}\right)^2 - 1} \leq \sqrt{\left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu}\right)^2 - 1}, \text{ ili } \frac{v_a^2}{k} \leq \frac{c^2}{k}. \quad (48)$$

Ako je dakle $0 < \mu < v$ brzina klizanja raste od početka prema kraju zavojice, dok ne naraste najviše do iznosa stacionarne brzine. Postigne li stacionarnu brzinu unutar zavojice, do njezina kraja dalje, teško tijelo klizi jednolično. Da bude $c > 0$, najmanji iznos koeficijenta nagiba na kraju zavojice može dakle biti $v_e = \mu$ (usp. 46 i 47). Poradi toga u slučaju $0 < \mu < v_a$ uzimamo u račun koeficijent nagiba sa

$$v = \frac{1}{2} (v_a + v_e) = \frac{1}{2} (v_a + \mu), \quad (49)$$

a brzinu klizanja na kraju zavojice računamo po približnoj formuli (43) ili (43a). Pritom bit će možda potrebno obnoviti račun, ako se tako izračunata brzina na kraju zavojice znatnije razlikuje od stacionarne brzine (usp. primjer 1, u točki 7).

U slučaju $0 < \mu = v_a$ (dakle $\mu < \operatorname{tg} \alpha$) ubrzanje (39) jednako je ničisti, a postoji stacionarna brzina $c > 0$. Teško tijelo klizi *jednolično* od početka do kraja zavojice, a brzina, kojom je teško tijelo ušlo u zavojicu, ujedno je i stacionarna brzina ($v_a = c$, uspor. 47 i primjer 2 u točki 37).

U slučaju $0 < v_a < \mu$ može biti $\mu = \operatorname{tg} \alpha$ ili $\mu > \operatorname{tg} \alpha$. Stacionarna brzina ne postoji, tangencijalno je ubrzanje negativno, t. j. tijelo klizi usporeno. Brzina na kraju zavojice može spasti na ničisticu. Za brzinu pak $v = 0$ je $\operatorname{tg} \gamma_0 = 0$ (usp. 36), a koeficijent nagiba $v_0 = = \operatorname{tg} \alpha$ (usp. 37).

Poradi toga u slučaju $0 < v_a < \mu$ uzimamo u račun koeficijent nagiba sa

$$v = \frac{1}{2} (v_a + v_0) = \frac{1}{2} (v_a + \operatorname{tg} \alpha), \quad (50)$$

a brzinu klizanja na kraju zavojice računamo po formuli:

$$\frac{v^2}{g} = \frac{v_a^2}{g} - 2s_h \frac{\mu - v}{v} \operatorname{tg} \alpha, \quad s_h = r\varphi, \quad (51)$$

ili po formuli:

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_a^2}{k} - 2 \frac{\mu - v}{v} \varphi \cdot \sin \alpha. \quad (51a)$$

Pritom će se možda ponovno obnoviti račun, ako se tako izračunata brzina na kraju znatno razlikuje od ničstice (usporeno točku 7, primjer 3 i 4).

Točnije formule za izračunavanje brzine klizanja na kraju zavojice u slučajevima $v_a > 0$ otisnute su u uvodno navedenoj radnji i to, ako je

$$\begin{aligned} \mu < \operatorname{tg} \alpha & \text{ na str. 46 pod brojem (86)} \\ \mu = \operatorname{tg} \alpha & \text{ „ „ 49 „ „ (93) i (96)} \\ \mu > \operatorname{tg} \alpha & \text{ „ „ 48 „ „ (89).} \end{aligned}$$

Dalji slučaj koeficijenta nagiba $v_a = 0$ može nastupiti samo ako je $\alpha = 0$, t. j. ako se zavojica nalazi u horizontalnoj ravnini. Općenito je (usp. 37):

$$\frac{v - \mu}{v} \operatorname{tg} \alpha = \left(1 - \frac{\mu}{v}\right) \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha - \mu \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma} = \operatorname{tg} \alpha \frac{\mu}{\cos \gamma},$$

a u slučaju $\alpha = 0$:

$$\frac{v - \mu}{v} \operatorname{tg} \alpha = -\mu \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma} = -\frac{\mu}{\cos \gamma}.$$

Poradi toga u slučaju $v_a = 0$ jednadžbe brzine (43) i (43a) prelaze u:

$$\frac{v^2}{g} = \frac{v_a^2}{g} - 2s_h \frac{\mu}{\cos \gamma}, \quad s_h = r\varphi, \quad (52)$$

odnosno u:

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_a^2}{k} - 2\varphi \frac{\mu}{\cos \gamma}, \quad k = rg. \quad (52a)$$

Upozoravamo, da je u slučaju $\alpha = 0$:

$$\frac{v^2}{k} = \operatorname{tg} \gamma = \cos \alpha \operatorname{tg} \beta = \frac{v^2}{rg}. \quad (53)$$

Iz formula (52) ili (52a) vidi se, da brzina klizanja pada od početka prema kraju zavojice, gdje najniže može spasti na ništicu. Kako je na početku zavojice $\cos \gamma = \cos \gamma_a$, a, na kraju najniže $\cos \gamma = \cos \gamma_0 = \cos 0 = 1$, to u račun uzimamo

$$\cos \gamma = \frac{1}{2}(\cos \gamma_a + 1), \quad (54)$$

kad računamo brzinu klizanja na kraju zavojice po form. (52) odnosno (52a). Prema prilikama bit će možda potrebno i u ovom slučaju obnoviti račun, ako se tako izračunata brzina na kraju zavojice znatno razlikuje od ništice (usp. točku 7, primjer 5).

Točnija formula za računanje brzine klizanja na kraju zavojice, koja leži u horizontalnoj ravnini, otisnuta je u uvodno navedenoj radnji na str. 50 pod brojem 98. Ta je formula uostalom već i toliko jednostavna, da račun po približnim formulama može i otpasti.

Konačno, slučajevi $v < 0$ nastupaju, kad je kut α negativan, t. j. kad se zavojica uspinje u smjeru klizanja pod kutom $\varepsilon (= -\alpha)$. Ubrzanje također je negativno (39), a brzina biva sve manja prema kraju zavojice, gdje može — ako ne već i prije — spasti na ništicu. Poradi toga, kad se zavojica uspinje u smjeru klizanja ($v < 0$), koeficijent nagiba uzimamo u račun sa

$$v = \frac{1}{2}(v_a + v_0) = \frac{1}{2}(v_a + \operatorname{tg} \varepsilon), \quad (55)$$

a brzinu klizanja na kraju zavojice po formuli iz (43):

$$\frac{v^2}{g} = \frac{v_a^2}{g} - 2s_h \frac{v + \mu}{v} \operatorname{tg} \varepsilon, \quad s_h = r\varphi, \quad (56)$$

ili po formuli:

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_a^2}{k} - 2 \frac{v + \mu}{v} \varphi \cdot \sin \varepsilon. \quad (56a)$$

(Usp. točku 7, primjer 6).

Točnije formule za računanje brzine na kraju zavojice u slučajevima $\operatorname{tg} \alpha < 0$ otisnute su u uvodno navedenoj radnji na str. 51 pod brojem (100) za $|\operatorname{tg} \alpha| < \mu$, na str. 52 pod brojem 103 za $|\operatorname{tg} \alpha| = \mu$, a pod brojem (106) za $|\operatorname{tg} \alpha| > \mu$.

6. PREGLED FORMULA ZA Približno izračunavanje brzine klizanja u zavojici klizine; UŽLIJEBLJENOG PROFILA - FORMELN-ÜBERSICHT FÜR DIE ANNÄHERNDE BERECHUNG DER GLEITGESCHWINDIGKEIT IN KURVEN DER RINNENPROFILRIESE

Općenite oznake:

$g = 9.81 \text{ m/sec}^2$. Ubrzanje pri slobodnom padu.

r polumjer zavojice u horizontalnoj projekciji (m).

φ središnji kut zavojice u horizontalnoj projekciji.

$s_h = r\varphi$ dužina zavojice u horizontalnoj projekciji.

μ koeficijent trenja.

v_a m/sec brzina na početku, a v m/sec na kraju zavojice.

a) *Zavojica klizine pada u smjeru klizanja pod kutom α prema horizontali.*

$$k = \frac{rg}{\cos \alpha} \text{ konstanta zavojice.} \quad (35)$$

$\text{tg } \beta = \frac{v^2}{rg}$ poprečni nagib žljeba, koji odgovara brzini klizanja v (34).

$$\text{tg } \gamma = \text{tg } \beta \cos \alpha = \frac{v^2}{k} \quad (36)$$

je nagib tangente obrisa žljeba prema horizontali u ravnini normalnoj na glavnu os žljeba (sl. 5). Napose se odnosi $\text{tg } \gamma_a$ na brzinu v_a na početku, a $\text{tg } \gamma_v$ na kraju zavojice.

$$v = \frac{\text{tg } \alpha}{\sqrt{1 + \cos^2 \alpha \text{tg}^2 \beta}} = \frac{\text{tg } \alpha}{\sqrt{1 + \text{tg}^2 \gamma}} = \text{tg } \alpha \cos \gamma \quad (37)$$

koeficijent nagiba

$$\text{tg } \gamma_c = \frac{c^2}{k} = \sqrt{\left(\frac{\text{tg } \alpha}{\mu}\right)^2 - 1} \quad (47)$$

određuje stacionarnu (jednoličnu brzinu) klizanja c u zavojici, konstante k .

Svagda je $c > 0$, ako je $\mu < \text{tg } \alpha$, a postoji $c > 0$ i u svakom slučaju $0 < \mu < v$, jer je svagda $v < \text{tg } \alpha$.

Jednadžba

$$\frac{v^2}{k} = \text{tg } \gamma_v = \frac{v_a^2}{k} + 2 \frac{v - \mu}{v} \varphi \sin \alpha \quad (43a)$$

određuje brzinu klizanja v na kraju $s_h = r\varphi$ duge zavojice, u koju je ušlo teško tijelo sa brzinom v_a .

Kad računamo brzinu v po toj formuli, pod v razumijevamo aritmetičku sredinu:

$$v = \frac{1}{2} (v_a + v_v). \quad (57)$$

Pritom je $v_a = \text{tg } \alpha \cos \gamma_a$ koeficijent nagiba na početku, a $v_v = \text{tg } \alpha \cos \gamma_v$ na kraju zavojice. Napose stavljamo (kod prvog približnog računa):

1. $v_v = \mu$ u slučajevima $0 < \mu < v_a$ (usp. 49).
2. $v_v = v_a = \mu$ u slučajevima $0 < \mu = v_a$, u kojima teško tijelo klizi jednolično od početka do kraja zavojice, brzinom kojom je ušlo u nju ($c = v_a$).
3. $v_v = \text{tg } \alpha$ u slučajevima $0 < v_a < \mu$ (usp. 50).

Pritom formula (43a) prelazi u:

$$\frac{v^2}{k} = \text{tg } \gamma_v = \frac{v_a^2}{k} - 2 \frac{\mu - v}{v} \varphi \sin \alpha \quad (51a)$$

b) *Zavojica klizine nalazi se u horizontalnoj ravnini* ($\alpha = 0$).

$k = \text{rg}$ (m/sec)² konstanta zavojice (35).

$\text{tg } \beta = \frac{v^2}{\text{rg}} = \frac{v^2}{k}$ poprečni nagib žlijeba, koji odgovara brzini klizanja v (34).

$\text{tg } \gamma = \text{tg } \beta = \frac{v^2}{k}$ (36) nagib tangente obrisa žlijeba prema horizontali u normalnoj ravnini na glavnu os žlijeba.

$v = 0$ koeficijent nagiba (37).

Stacionarna brzina ne postoji.

Zavojica klizine koči klizanje.

Jednadžba:
$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_a^2}{k} - 2 \varphi \frac{\mu}{\cos \gamma} \quad (52a)$$

određuje brzinu klizanja na kraju $s = r \varphi$ duge horizontalne zavojice, u koju je tijelo ušlo brzinom v_a . Kod prvog približnog računanja brzine po ovoj formuli uzimamo u račun:

$$\cos \gamma = \frac{1}{2} (\cos \gamma_a + 1) \quad (54)$$

c) *Zavojica klizine se uspinje u smjeru klizanja pod kutom* $\varepsilon (= -\alpha)$ prema horizontali.

$k = \frac{\text{rg}}{\cos \varepsilon}$ (m/sec)² konstanta zavojice (35)

$\text{tg } \beta = \frac{v^2}{\text{rg}}$ poprečni nagib žlijeba, koji odgovara brzini klizanja v (34).

$$\text{tg } \gamma = \text{tg } \beta \cos \varepsilon = \frac{v^2}{\text{rg}} \cos \varepsilon = \frac{v^2}{k} \quad (36)$$

To je nagib tangente obrisa žlijeba prema horizontali u ravnini, koja okomito siječe glavnu os žlijeba (sl. 5).

$$v = \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta \cos^2 \varepsilon}} = \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma}} = \operatorname{tg} \varepsilon \cos \gamma$$

koeficijent nagiba (37).

Jednadžba:

$$\frac{v^2}{k} = \operatorname{tg} \gamma v = \frac{v_a^2}{k} - 2 \frac{v + \mu}{v} \varphi \sin \varepsilon \quad (56a)$$

određuje brzinu klizanja na kraju zavojice, u koju je teško tijelo ušlo brzinom v_a . Kod prvog približnog računanja brzine po ovoj formuli uzimamo u račun

$$v = \frac{1}{2}(v_a + \operatorname{tg} \varepsilon). \quad (55)$$

7. PRIMJENA FORMULA ISKAZANIH U PRIJAŠNJOJ TOČKI — ANWENDUNG DER IN VORHERIGEM PUNKT ANGEFÜHRTEN FORMELN

Točnost rezultata izračunatih po tim formulama utvrđujemo uspoređivanjem s rezultatima u istim konkretnim slučajevima izračunatima po točnijim formulama, otisnutima u uvodno spomenutoj radnji.

Primjer 1. Zadan je središnji kut $\varphi = 90^\circ$, $\operatorname{arc} \varphi = 1,571$ zavojice klizine s uzlijebljenim gornjim strojem, trasirane polumjerom $r = 200$ m, s uzdužnim padom $\alpha = 16^\circ 42'$, $\sin \alpha = 0,287$, $\cos \alpha = 0,958$, $\operatorname{tg} \alpha = 0,30$. Brzina na početku zavojice zadana je sa v_a^2 : $g = 30$ m, ($v_a = 17,2$ m/sec). Ako koeficijent trenja iznosi $\mu = 0,20$, kolika je brzina klizanja na kraju zavojice?

Na početku zavojice poprečni nagib žlijeba iznosi (36, 35):

$$\operatorname{tg} \gamma_a = \frac{v_a^2}{k} = \frac{v_a^2}{g} \cdot \frac{\cos \alpha}{r} = 30 \frac{9,958}{200} \doteq 0,144.$$

$$\gamma_a \doteq 8^\circ 11' \quad \sin \gamma_a \doteq 0,142; \quad \cos \gamma_a = 0,990,$$

a koeficijent nagiba (45) $v_a' = \operatorname{tg} \alpha \cos \gamma_a = 0,3 \cdot 0,99 \doteq 0,297$.

Konstanta zavojice iznosi (35):

$$k = 200 \cdot 98,1 : 0,958 = 2048 \text{ (m/sec)}^2.$$

a) *Približni račun.* Kako je $0 < \mu < v_a$, u obzir dolazi formula (49) i formula (43) ili (43a).

Iz (49) dobivamo:

$$v = \frac{1}{2}(v_a + \mu) = \frac{1}{2}(0,297 + 0,2) = 0,2485.$$

Nadalje je:

$$\frac{v - \mu}{v} = \frac{0,2485 - 0,2}{0,2485} = 0,195,$$

$$2\varphi \sin \alpha = 2 \cdot 1,571 \cdot 0,287 = 0,902,$$

a iz (43a) izlazi:

$$\operatorname{tg} \gamma_v = \frac{v^2}{k} = 0,144 + 0,902 \cdot 0,195 = 0,320.$$

Dakle je:

$$\gamma_v = 17^\circ 45', \quad \sin \gamma_v = 0,305, \quad \cos \gamma_v = 0,952.$$

i koeficijent nagiba (37): $v_v = 0,3 \cdot 0,952 = 0,286$.

Ova se vrijednost znatno razlikuje od pretpostavljene vrijednosti $v_v = \mu = 0,2$. Poradi toga obnavljamo račun, i to pomoću izračunate vrijednosti $v_v = 0,286$, te stavljamo (57):

$$v = \frac{1}{2}(0,297 + 0,286) \doteq 0,292.$$

Onda je

$$\frac{v - \mu}{v} = \frac{0,292 - 0,2}{0,292} = 0,315,$$

a po formuli (43a)

$$\operatorname{tg} \gamma_v = \frac{v^2}{k} = 0,144 + 0,315 \cdot 0,902 = 0,428.$$

Dakle:

$$\gamma_v = 23^\circ 10', \quad \sin \gamma_v = 0,393 \text{ i } \cos \gamma_v = 0,919.$$

Uz te vrijednosti izračunati koeficijent nagiba

$$v_v = 0,3 \cdot 0,919 = 0,276$$

mного se ne razlikuje od pretpostavljene vrijednosti $v_v = 0,292$. Poradi toga približno procjenjujemo brzinu klizanja na kraju zavojice sa (36):

$$v = \sqrt{2048 \cdot 0,428} \doteq 29,6 \text{ m/sec.}$$

Stacionarna brzina ove zavojice uz (47):

$$\operatorname{tg} \gamma_c = \frac{c^2}{k} = \sqrt{(0,3 \cdot 0,2)^2 - 1} = 1,118$$

iznosi (36):

$$c = \sqrt{2048 \cdot 1,118} = 47,9 \text{ m/sec.}$$

b) *Točniji račun.* U obzir dolaze formule (81) i (86) uvodno navedene radnje. Po prvoj formuli (81) općenito je, ako još uzmemo u obzir formulu (36) ove radnje:

$$\tau = \frac{v^2}{k} + \sqrt{1 + \left(\frac{v^2}{k}\right)^2} = \operatorname{tg} \gamma + \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma} = \frac{1 + \sin \gamma}{\cos \gamma} \quad (58)$$

i obrnuto:

$$\frac{v^2}{k} = \operatorname{tg} \gamma = \frac{\tau^2 - 1}{2\tau}. \quad (58a)$$

U ovom primjeru na početku zavojice je dakle iz (58)

$$\tau_a = \frac{1 + 0,142}{0,99} = 1,154,$$

a na kraju, uz približno prije već izračunatu vrijednost $\gamma_v = 23^\circ 10'$:

$$\tau_v = \frac{1 + 0,393}{9,919} = 1,516.$$

Nadalje je: $\operatorname{tg} \alpha : \mu = 0,3 : 0,2 = 1,5$

$$\tau - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu} - \frac{c^2}{k} = \tau - 1,5 - 1,118 = \tau - 2,618$$

$$\tau - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu} + \frac{c^2}{k} = \tau - 1,5 + 1,118 = \tau - 0,382$$

$$\tau_a - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu} - \frac{c^2}{k} = 1,154 - 1,5 - 1,118 = -1,464$$

$$\tau_a - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu} + \frac{c^2}{k} = 1,154 - 1,5 + 1,118 = 0,772$$

$$2\mu \varphi \cos \alpha = 2 \cdot 0,2 \cdot 1,571 \cdot 0,958 = 0,602$$

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu} \cdot \frac{k}{c^2} = \frac{1,5}{1,118} = 1,342.$$

Formula (86) poprima oblik:

$$\tau \left(\frac{\tau - 2,618}{\tau - 0,382} \right)^{1,342} = \tau_a \left(\frac{-1,462}{0,772} \right)^{1,342} \cdot e^{-0,602}$$

$$\left(\frac{\tau_a}{\tau} \right)^{\frac{1}{1,342}} \cdot \frac{\tau - 2,618}{\tau - 0,382} = \frac{1,462}{0,772} \cdot e^{-0,449}$$

$$\frac{2,618 - \tau}{\tau - 0,382} \left(\frac{\tau}{\tau_a} \right)^{\frac{1}{1,342}} = 1,208.*$$

Stavljamo prema prije izračunatim vrijednostima

$$\left(\frac{\tau}{\tau_a}\right)^{1,342} = \left(\frac{1,516}{1,154}\right)^{1,342} = 1,225 \text{ i } \tau = \tau_a + x = 1,154 + x$$

$$\text{Onda je } 2,618 - \tau = 2,618 - 1,154 - x = 1,464 - x$$

$$\tau - 0,382 = 1,154 + x - 0,382 = 0,772 + x$$

Jednadžba* pak prelazi u:

$$\frac{1,464 - x}{0,772 + x} \cdot 1,225 = 1,208.$$

Rješenje je ove jednadžbe $x = 0,354$. Onda je

$$\tau = \tau_a + x = 1,154 + 0,356 = 1,508.$$

Po podacima približnog računa imali smo na kraju zavojice $v = 29,6$ m/sec i $\tau = \tau_v = 1,516$. Uz najzad pa točnije izračunatu vrijednost $\tau = 1,508$ iz (58a) izlazi:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{v^2}{k} = \frac{1,508^2 - 1}{2 \cdot 1,508} = 0,419 \text{ i } v = \sqrt{2048 \cdot 0,419} = 29,3 \text{ m/sec.}$$

Približno izračunati rezultat $v = 29,6$ m/sec praktički je dakle dovoljno točan.

Primjer 2. Zadana je zavojica kao u primjeru 1.

$$\varphi = 90^\circ, \text{ arc } \varphi = 1,571, r = 200 \text{ m};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,3, \alpha = 16^\circ 42', \sin \alpha = 0,287, \cos \alpha = 0,958.$$

Konstanta zavojice iznosi (35):

$$k = 200 \cdot 9,81 : 0,958 = 2048 \text{ (m/sec)}^2.$$

Ako na početku zavojice brzina klizanja iznosi 31,5 m/sec, a teško tijelo klizi uz koeficijent trenja $\mu = 0,27$, koliko iznosi brzina tog tijela na kraju zavojice?

Na početku zavojice je:

$$\operatorname{tg} \gamma_a = \frac{v_a^2}{k} = \frac{31,5^2}{2048} = 0,484; \gamma_a = 25^\circ 50',$$

$$\sin \gamma_a = 0,436, \cos \gamma_a = 0,900.$$

Kako je $v_a = \operatorname{tg} \alpha \cos \gamma_a = 0,3 \cdot 0,9 = 0,27 = \mu$, to teško tijelo klizi od početka do kraja zavojice jednoličnom brzinom $c = v_a = 31,5$ m/sec. Poprečan nagib $\operatorname{tg} \beta_a = v_a^2 : rg = 31,5^2 : 200 \cdot 9,81 = 0,506$ ili $\beta_a = 26^\circ 50'$ poblizje određuje položaj tijela u žlijebu. Kao kontrola može poslužiti jednadžba (36):

$$\operatorname{tg} \gamma_a = \operatorname{tg} \beta_a \cos \alpha = 0,506 \cdot 0,958 = 0,484.$$

Primjer 3. Zadana je zavojica klizine kao u primjeru 1:

$$\varphi = 90^\circ, \text{ arc } \varphi = 1,571; r = 200 \text{ m.}$$

$$\text{tg } \alpha = 0,30, \alpha = 16^\circ 42', \sin \alpha = 0,287, \cos \alpha = 0,958$$

Konstanta zavojice $k = 200 \cdot 9,81 : 0,958 = 2048 \text{ (m/sec)}^2$. Ako na početku zavojice brzina klizanja iznosi 31,5 m/sec, a teško tijelo klizi uz koeficijent trenja $\mu = 0,30 = \text{tg } \alpha$, kolika je brzina tog tijela na kraju zavojice?

Na početku zavojice je:

$$\text{tg } \gamma_a = v_a^2 : k = 31,5^2 : 2048 = 0,484; \gamma_a = 25^\circ 50',$$

$$\sin \gamma_a = 0,436, \cos \gamma_a = 0,900.$$

$$v_a = \text{tg } \alpha \cos \gamma_a = 0,3 \cdot 0,9 = 0,27.$$

a) *Približni račun.* Kako je $0 < v_a < \mu = \text{tg } \alpha$, u obzir dolaze približne formule (50), (51) ili (51a).

Po formuli (50) je

$$v = \frac{1}{2}(v_a + \text{tg } \alpha) = \frac{1}{2}(0,27 + 0,30) = 0,285,$$

dakle

$$\frac{\mu - v}{v} = \frac{0,300 - 0,285}{0,285} = 0,053.$$

Nadalje je:

$$2 \varphi \sin \alpha = 2 \cdot 1,571 \cdot 0,287 = 0,902,$$

a po formuli (51a):

$$\text{tg } \gamma_v = \frac{v^2}{k} = 0,484 - 0,053 \cdot 0,902 = 0,436,$$

dakle:

$$\gamma_v = 23^\circ 33', \sin \gamma_v = 0,400 \text{ i } \cos \gamma_v = 0,917.$$

a iz (37):

$$v_v = 0,3 \cdot 0,917 = 0,275.$$

Ova se vrijednost znatnije razlikuje od pretpostavljene vrijednosti $v_v = \text{tg } \alpha = 0,3$. Poradi toga obnavljamo račun, i to pomoću vrijednosti $v_v = 0,275$. Onda je

$$v = \frac{1}{2}(0,270 + 0,275) = 0,273$$

$$\frac{\mu - v}{v} = \frac{0,3 - 0,273}{0,273} = 0,099.$$

Iz (51a):

$$\operatorname{tg} \gamma_v = \frac{v^2}{k} = 0,484 - 0,099 \cdot 0,902 = 0,395,$$

$$\gamma_v = 21^\circ 33', \sin \gamma_v = 0,367, \cos \gamma_v = 0,930.$$

Uz te vrijednosti koeficijent nagiba $v_v = 0,3 \cdot 0,93 = 0,279$ mnogo se ne razlikuje od pretpostavljene vrijednosti $v_v = 0,275$. Poradi toga približno procjenjujemo brzinu klizanja na kraju zavojice sa (36)

$$v = \sqrt{2048 \cdot 0,395} \doteq 28,4 \text{ m/sec.}$$

b) *Točniji račun.* U obzir dolaze formule (81) i (96) uvodno navedene radnje. Iz formule (58) ove radnje izlazi:

$$\tau_a = \frac{1 + 0,436}{0,9} = 1,595; (\tau_a - 1)^2 = \overline{0,595^2} = 0,354$$

a zatim je

$$\mu \varphi \cos \alpha = 0,3 \cdot 1,571 \cdot 0,958 = 0,452$$

a formula (96) prelazi u:

$$\tau = 1,595 - \frac{0,354 \cdot 0,452}{1 + 0,595 \cdot 0,452} = 1,469.$$

Iz (58a) dobivamo:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{v^2}{k} = \frac{1,469^2 - 1}{2 \cdot 1,469} \doteq 0,394$$

Brzina na kraju zavojice $v = \sqrt{2048 \cdot 0,394} = 28,4 \text{ m/sec}$. Ponovljeni približni i točniji račun dali su dakle isti rezultat. U ovom specijalnom slučaju ($v_a > 0$; $\mu = \operatorname{tg} \alpha < v_a$) kraći točniji račun ima prednost pred približnim i dužim računom.

Primjer 4. Zadana je zavojica klizine kao u primjeru 1.

$$\varphi = 90^\circ, \operatorname{arc} \varphi = 1,571; r = 200 \text{ m.}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,3; \alpha = 16^\circ 42', \sin \alpha = 0,287, \cos \alpha = 0,958.$$

Konstanta zavojice $k = 200 \cdot 9,81 : 0,958 = 2048 \text{ (m/sec)}^2$.

Ako brzina na početku zavojice iznosi 31,5 m/sec, a teško tijelo klizi uz koeficijent trenja $\mu = 0,35$, koliko iznosi brzina tog tijela na kraju zavojice?

Na početku zavojice iznosi (36):

$$\operatorname{tg} \gamma_a = \overline{31,5^2 : 2048} = 0,484, \gamma_a = 25^\circ 50', \sin \gamma_a = 0,436,$$

$$\cos \gamma_a = 0,900; v_a = 0,3 \cdot 0,9 = 0,27.$$

a) *Približni račun.* Kako je $0 < v_a < \operatorname{tg} \alpha < \mu$, u obzir dolazi form. (50) i form. (51) ili (51a). Uz $v_v = \operatorname{tg} \alpha$ na kraju zavojice (prema (50) je:

$$v = \frac{1}{2}(v_a + \operatorname{tg} \alpha) = \frac{1}{2}(0,27 + 0,30) = 0,285$$

$$\frac{\mu - v}{v} = \frac{0,35 - 0,285}{0,285} = 0,228$$

$$2\varphi \sin \alpha = 2 \cdot 1,571 \cdot 0,287 = 0,902.$$

Iz (51a)

$$\operatorname{tg} \gamma_v = \frac{v^2}{k} = 0,484 - 0,228 \cdot 0,902 = 0,278.$$

$$\gamma_v = 15^\circ 32', \sin \gamma_v = 0,268, \cos \gamma_v = 0,963$$

$$v_v = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \gamma_v = 0,3 \cdot 0,963 = 0,289.$$

Pretpostavili smo $v_v = 0,300 > 0,289$

Zbog toga ponavljamo račun sa $v_v = 0,289$.

$$v = \frac{1}{2}(v_a + v_v) = \frac{1}{2}(0,270 + 0,289) = 0,28.$$

Onda je

$$\frac{\mu - v}{v} = \frac{0,35 - 0,28}{0,28} = 0,25$$

ī konačno iz (51a):

$$\operatorname{tg} \gamma_v = \frac{v^2}{k} = 0,484 - 0,25 \cdot 0,902 = 0,258,$$

$$\gamma_v = 14^\circ 30', \sin \gamma_v = 0,250, \cos \gamma_v = 0,968,$$

$$v_v = 0,300 \cdot 0,968 = 0,290.$$

Pretpostavili smo $v_v = 0,289$. Poradi toga nije potrebno ponavljati račun. Brzina na kraju zavojice iznosi (36a)

$$v = \sqrt{2048 \cdot 0,258} = 23 \text{ m/sec.}$$

b) *Točniji račun.* U obzir dolazi formula (89) uvodno navedene radnje. Elementi te formule jesu:

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu} = \frac{0,30}{0,35} = 0,857; \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu}\right)^2 = 0,735$$

$$\sqrt{1 - \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu}\right)^2} = \sqrt{0,265} = 0,515$$

$$2 \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu} : \sqrt{1 - \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu}\right)^2} = 2 \cdot 0,857 : 0,515 = 3,33.$$

Iz (58):

$$\tau_a = \frac{1 + \sin \gamma_a}{\cos \gamma_a} = \frac{1 + 0,436}{0,9} = 1,596$$

$$\left(\tau_a - \frac{\text{tg } \alpha}{\mu}\right) : \sqrt{1 - \left(\frac{\text{tg } \alpha}{\mu}\right)^2} = (1,596 - 0,857) : 0,515 = 1,435.$$

$$\text{arc tg } 1,435 = \text{arc } 55^\circ 8' = 0,962$$

$$2 \mu \varphi \cos \alpha = 2 \cdot 0,35 \cdot 1,571 \cdot 0,958 = 1,054.$$

Formula (89) prelazi u:

$$\tau \left[e^{\text{arc tg } \frac{\tau - 0,857}{0,515}} \right]^{3,33} = \tau_a \left[e^{0,962} \right]^{3,33} \cdot e^{-1,054}$$

$$e^{\text{arc tg } \frac{\tau - 0,857}{0,515}} = \left(\frac{\tau_a}{\tau}\right)^{\frac{1}{3,33}} \cdot e^{0,962} \cdot e^{-0,317} = \left(\frac{\tau_a}{\tau}\right)^{0,3} \cdot e^{0,645*}$$

Iskorišćujući približni račun stavljamo prema (58):

$$\tau = \frac{1 + 0,250}{0,968} = 1,291; \left(\frac{\tau_a}{\tau}\right)^{0,3} = \left(\frac{1,596}{1,291}\right)^{0,3} = 1,065.$$

Onda formula* prelazi u:

$$e^{\text{arc tg } \frac{\tau - 0,857}{0,515}} = 1,066 \cdot e^{0,645} \text{ i dalje u}$$

$$\text{arc tg } \frac{\tau - 0,857}{0,515} = \ln 1,066 + 0,645 = 0,064 + 0,645 = 0,709.$$

$$0,709 = \text{arc } 40^\circ 37'; \frac{\tau - 0,857}{0,515} = \text{tg } 40^\circ 37' = 0,858.$$

$$\tau - 0,857 = 0,858 \cdot 0,515 = 0,442.$$

$$\tau = 1,299.$$

Po približnom računu pretpostavili smo $\tau = 1,292$. Praktički se možemo zadovoljiti ovim rezultatom. Točniju vrijednost brzine na kraju zavojice dobivamo iz (58a):

$$\text{tg } \gamma = \frac{v^2}{k} = \frac{1,299^2 - 1}{2 \cdot 1,299} = 0,265$$

$$v = \sqrt{2048 \cdot 0,265} = 23,3 \text{ m/sec.}$$

Primjer 5. Zadan je središnji kut $\varphi = 60^\circ$, $\text{arc } \varphi = 1,047$ i nagib užlijebljene klizine $\alpha = 0$ u zavojici polumjera $r = 200$ m. Ako je teško tijelo ušlo u zavojicu brzinom $v = 31,5$ m/sec, a klizi uz koeficijent trenja $\mu = 0,20$, kolika mu je brzina na kraju zavojice?

Konstanta zavojice iznosi: $k = rg = 200 \cdot 9,81 = 1962 \text{ (m/sec)}^2$. Na početku zavojice je:

$$\text{tg } \gamma_a = \frac{v_a^2}{k} = \frac{31,5^2}{1962} = 0,506; \gamma_a = 26^\circ 50'; \sin \gamma_a = 0,451,$$

$$\cos \gamma_a = 0,892.$$

a) *Približni račun.* U obzir dolaze formule (54) i (52) ili (52a).

Iz (54):

$$\cos \gamma = \frac{1}{2}(\cos \gamma_a + 1) = \frac{1}{2}(0,892 + 1) = 0,946.$$

Iz (52a):

$$\operatorname{tg} \gamma_v = \frac{v^2}{k} = 0,506 - 2 \cdot 1,047 \frac{0,20}{0,966} = 0,506 - 0,443 = 0,063$$

$$\gamma_v = 3^\circ 36', \quad \sin \gamma_v = 0,063, \quad \cos \gamma_v = 0,998.$$

Kako se $\cos \gamma_v = 0,998$ malo razlikuje od $\cos \gamma_v = 1$, što formula (54) pretpostavlja, to možemo praktički dovoljno točno procijeniti brzinu na kraju zavojice sa

$$v = \sqrt{k \cdot \operatorname{tg} \gamma_v} = \sqrt{1962 \cdot 0,063} \doteq 11,1 \text{ m/sec.}$$

b) *Točniji račun.* U obzir dolazi formula (98) uvodno navedene. Elementi ove formule jesu:

$$(58) \quad \tau_a = \frac{1 + \sin \gamma_a}{\cos \gamma_a} = \frac{1 + 0,451}{0,892} = 1,627$$

$$2 \mu \varphi = 2 \cdot 0,2 \cdot 1,047 = 0,419$$

$$(98) \quad \tau = 1,627 e^{-0,419} = \frac{1,627}{1,520} = 1,070$$

$$(58a) \quad \frac{v^2}{k} = \frac{1,07^2 - 1}{2 \cdot 1,07} = \frac{0,145}{2,140} = 0,068 = \operatorname{tg} \gamma_v.$$

Točnija vrijednost brzine klizanja na kraju zavojice iznosi

$$v = \sqrt{1962 \cdot 0,068} = 11,5 \text{ m/sec.}$$

Primjer 6.* Zadana je zavojica žljebaste klizine sa

$$\varphi = 45^\circ, \quad \operatorname{arc} \varphi = 0,7854 \text{ m/sec}; \quad r = 200 \text{ m.}$$

Zavojica se uspinje u smjeru klizanja pod kutom

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,1, \quad \alpha = 5^\circ 43', \quad \sin \alpha = 0,0996, \quad \cos \alpha = 0,995.$$

Ako je teško tijelo ušlo u zavojicu brzinom $v_a = 30,9 \text{ m/sec}$; a klizilo je uz koeficijent trenja $\mu = 0,20$, kolika mu je brzina na kraju zavojice?

Konstanta zavojice iznosi (35):

$$k = 200 \cdot 9,81 : 0,995 = 1972 \text{ (m/sec)}^2.$$

* Poradi uspoređivanja sa rezultatom točnije formule namjesto s upotrebjavamo α u ovom primjeru.

Na početku zavojice je

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \gamma_a &= v_a^2 : k = (30,9)^2 : 1972 = 0,484, \\ \gamma_a &= 25^\circ 50', \quad \sin \gamma_a = 0,436, \quad \cos \gamma_a = 0,900, \\ v_a &= \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \gamma_a = 0,1 \cdot 0,9 = 0,09. \end{aligned}$$

a) *Približni račun.* U obzir dolazi približna formula (55) i formula (56) ili (56a).

$$\text{Iz (55):} \quad v = \frac{1}{2} (0,09 + 0,10) = 0,095$$

$$\frac{v + \mu}{v} = \frac{0,095 + 0,2}{0,095} = 3,105$$

$$2\varphi \sin \alpha = 2 \cdot 0,7854 \cdot 0,0996 = 0,156.$$

Konačno iz (56a):

$$\operatorname{tg} \gamma_v = \frac{v^2}{k} = 0,484 - 3,105 \cdot 0,156 = 0,484 - 0,484 = 0.$$

Teško tijelo sustat će na kraju zavojice ($v = 0$).

b) *Točniji račun.* U obzir dolazi form. (100) uvodno navedene radnje. Elementi ove formule jesu:

$$(58) \quad \tau_a = \frac{1 + \sin \gamma_a}{\cos \gamma_a} = \frac{1 + 0,436}{0,9} = 1,596$$

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5; \quad 2 \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu} = 1; \quad \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu} \right)^2 = 0,25.$$

$$\sqrt{1 - \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu} \right)^2} = \sqrt{0,75} = 0,866.$$

$$\left(\tau_a + \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu} \right) : \sqrt{1 - \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu} \right)^2} = (1,596 + 0,5) : 0,866 = 2,420$$

$$\operatorname{arc} \operatorname{tg} 2,420 = \operatorname{arc} 67^\circ 33' = 1,179.$$

$$2 \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu} : \sqrt{1 - \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu} \right)^2} = \frac{1}{0,866} = 1,155.$$

$$2\mu\varphi \cos \alpha = 2 \cdot 0,2 \cdot 0,7854 \cdot 0,995 = 0,313.$$

$$(100) \quad \tau \left(e^{1,179} \right)^{1,155} = \tau_a \left[e^{\operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\tau + 0,5}{0,866}} \right]^{1,155} \cdot e^{-0,313}$$

$$e^{1,179} = \left(\frac{\tau_a}{\tau} \right)^{1,155} \cdot e^{\operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\tau + 0,5}{0,866}} \cdot e^{-0,271}$$

$$1,179 = \frac{1}{1,155} \ln \left(\frac{\tau_a}{\tau} \right) + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\tau + 0,5}{0,866} = 0,271.$$

$$\operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\tau + 0,5}{0,866} = 1,45 - \frac{1}{1,155} \ln \left(\frac{\tau_a}{\tau} \right).$$

Prema približnom računu je $v = 0$, a onda $\tau = 1$ (vidi 58). Možemo dakle predhodno staviti:

$$\frac{1}{1,155} \ln \left(\frac{\tau_a}{\tau} \right) = \frac{1}{1,155} \ln 1,596 = \frac{0,4675}{1,155} = 0,405.$$

Onda je

$$\operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\tau + 0,5}{0,866} = 1,45 - 0,405 = 1,045$$

$$1,045 = \operatorname{arc} 59^\circ 52'; \operatorname{tg} 59^\circ 52' = 1,723.$$

Dakle je

$$\frac{\tau + 0,5}{0,866} = 1,723; \tau + 0,5 = 1,723 \cdot 0,866 = 1,492, \tau = 0,992.$$

Po približnom računu pretpostavili smo $\tau = 1$. Praktički se može zadovoljiti tim približnim rezultatom, te procijeniti brzinu klizanja na kraju zavojice sa $v = 0$.

8. SILE, KOJE DJELUJU NA TEŠKO TIJELO U ZAVOJICI KLIZINE S PRAGOVIMA — KRÄFTE DIE IN KURVEN DER SCHWELLENPROFILRIESE AUF EINEN SCHWEREN KÖRPER EINWIRKEN

Takav gornji stroj sastoji se od dobro zbitog ilovastog nastora, u koji su ugrađeni drveni poprečni pragovi u primjerenim razmacima. Pragovi i nastor nagnuti su prema središtu zavojice (poprečan nagib) pod kutom β prema horizontali. Podloga klizanja je dakle jednostrušno nagnuta prema središtu zavojice. Da se pragovi ne izdižu, obloženi su braničima na krajevima. To su pritesane i na pragove poprijeko pribite uzdužne oblice, na nutarnjem rubu u jednom, a na vanjskom rubu zavojice u dva reda, po potrebi i u više redova jedna nad drugom tako, da čine vertikalnu stijenu. Drvo, kad prolazi zavojicom, klizi na pragovima, ali se prednjim krajem prislanja i o tu vertikalnu stijenu braniča na vanjskom rubu zavojice. Ta stijena sprovodi dakle drvo kroz zavojicu. Uzdužna os putoklizine može padati u smjeru klizanja ($\alpha > 0$), ležati u horizontalnoj ravnini ($\alpha = 0$), a i uspinjati se u smjeru klizanja ($\alpha < 0$).

Upravo kao kod žljebaste klizine, tako i kod ove putoklizine u zavojici zbog uzdužnog (α) i poprečnog nagiba (β) koeficijent nagiba iznosi (usp. 27)

$$v = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \cos^2 \alpha \operatorname{tg}^2 \beta}},$$

a tangencijalna sila, koja goni teško tijelo kroz zavojicu putoklazine sa pragovima, iznosi (usp. 32):

$$T_1 = v W_1 - \mu_1 W_1 = Q \left(1 - \frac{\mu_1}{v} \right) \sin \alpha.$$

Za razliku prema žlijebu poprečni nagib ove putoklazine u zavojici nije promjenljiv, nego stalan (konstantan), a određuje se pomoću form. (34):

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v_{\text{am}}^2}{rg}. \quad (59)$$

Pritom v_{am} označuje najmanju brzinu na početku zavojice određenu uz najveću predvidljivu vrijednost koeficijenta trenja $\mu_{1\text{max}}$ u konkretnom slučaju. Između poprečnog nagiba i brzine v_{am} postoji dakle snošaj (usp. i 36):

$$\frac{v_{\text{am}}^2}{k} = \cos \alpha \operatorname{tg} \beta. \quad (59a)$$

Po pravilu je $\operatorname{tg} \beta$ mali pravi slomak. Kako je i $\cos \alpha$ pravi slomak, to je $\cos \alpha \operatorname{tg} \beta$, pogotovo $\cos^2 \alpha \operatorname{tg}^2 \beta$ toliko maleni pravi slomak, da se praktički može zanemariti prema jedinici. U zavojici putoklazine su pragovima zbog toga možemo praktički dovoljno točno staviti:

$$v = \operatorname{tg} \alpha \text{ i } T_1 = (\operatorname{tg} \alpha - \mu_1) Q \cos \alpha, \quad (\operatorname{tg} \beta > 0; W_2 = 0). \quad (60)$$

Pritom μ_1 označuje koeficijent trenja koje nastaje na podlozi klizanja, t. j. na pragovima i na nastoru među njima.

Uz dovoljno veliku brzinu klizanja centrifugalna sila pritiskuje teško tijelo i na obodnu vertikalnu stijenu vodilicu u zavojici. Zbog toga nastaje na toj stijeni trenje

$$T_2 = \mu_2 W_2, \quad (61)$$

koje se opire djelovanju tangencijalne sile T_1 . Pritom μ_2 označuje koeficijent trenja, a W_2 reakciju vertikalne stijene vodilice. Uz dovoljno veliku centrifugalnu silu tangencijalna sila, koja goni teško tijelo niz putoklizinu u zavojici, iznosi dakle:

$$T = T_1 - T_2 = (\operatorname{tg} \alpha - \mu_1) Q \cos \alpha - \mu_2 W_2. \quad (62)$$

Samo zbog *uzdužnog* (α) i *poprečnog nagiba* (β) *podloge* u zavojici putoklazine nastaje centripetalna sila upravo kao u zavojici, žlijeba (usp. 30):

$$N_1 = Q \cos^2 \alpha \operatorname{tg} \beta.$$

Cjelokupna pak centripetalna odnosno centrifugalna sila u zavojici svake klizine (prema form. 18) iznosi (usp. i 11):

$$N = mv_{\text{h}}^2 : r = mv^2 \cdot \cos^2 \alpha : r.$$

Na vertikalnoj stijeni vodilici nastaje reakcija identična sa dijelom ukupne centripetalne sile, koju ta stijena proizvodi:

$$W_2 = N_2 = N - N_1 = \frac{mv^2 \cos^2 \alpha}{r} - Q \cos^2 \alpha \operatorname{tg} \beta.$$

S obzirom na (35) i (59) posljednja jednadžba može se napisati i ovako:

$$W_2 = N_2 = Q \cos \alpha \left(\frac{v^2}{k} - \frac{v_{am}^2}{k} \right). \quad (63)$$

Jednadžba tangencijalne sile (62) prelazi onda u

$$T = \left(\frac{v_{am}^2}{k} + \frac{\operatorname{tg} \alpha - \mu_1}{\mu_2} - \frac{v^2}{k} \right) \mu_2 Q \cos \alpha, \quad (\operatorname{tg} \beta > 0, W_2 > 0), \quad (64)$$

te općenito određuje tangencijalnu silu, zbog koje klizi teško tijelo u zavojici putoklizine sa pragovima. Formula (60) određuje tu silu u specijalnom slučaju, kad teško tijelo klizi kroz zavojicu tako, da se ne prisanja na vertikalnu obodnu stijenu ($W_2 = 0$), a formula

$$T = \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha - \mu_1}{\mu_2} - \frac{v^2}{k} \right) \mu_2 Q \cos \alpha, \quad (\operatorname{tg} \beta = 0, W_2 > 0), \quad (65)$$

u specijalnom slučaju, u kojem podloga klizanja u zavojici nema poprečnog nagiba ($\operatorname{tg} \beta = 0$; $v_{am}^2 = rg \operatorname{tg} \beta = 0$).

Jednolično klizi teško tijelo kroz zavojicu — i to brzinom v_a , kojom je ušlo u nju — ako je u svakoj točki zavojice tangencijalna sila jednaka ničtici. Taj slučaj pak nastupa, kad je u svakoj točki zavojice (iz 64, za $T = 0$):

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_a^2}{k} = \frac{v_{am}^2}{k} + \frac{\operatorname{tg} \alpha - \mu_1}{\mu_2} = \frac{c^2}{k} \quad (66)$$

Ovo je općenita jednadžba *stacionarne brzine* c u zavojici putoklizine s pragovima.

Ako je dakle $\operatorname{tg} \beta > 0$ i $0 < \mu_1 < \operatorname{tg} \alpha$, a brzina na početku zavojice (v_a), zadovoljava jednadžba (66), teško tijelo klizi jednolično kroz tu zavojicu tom brzinom, te se prisanja i na stijenu vodilicu. U tom je naime slučaju: $v = v_a = c > v_{am}$, a $W_2 > 0$ (usp. 63).

Ako je $\operatorname{tg} \beta > 0$, a $0 < \mu_1 = \operatorname{tg} \alpha$, stacionarna brzina iznosi:

$$v = v_a = v_{am} = c,$$

a teško tijelo, koje klizi, ne prisanja se na stijenu vodilicu. Jer je u slučaju $v = v_a = v_{am}$ reakcija te stijene jednaka ničtici ($W_2 = 0$), a teško tijelo opisuje kružnu vijčanicu samo zbog uzdužnog i poprečnog nagiba podloge klizanja.

Nema li podloge poprečnog nagiba ($\operatorname{tg} \beta = 0$, $v_{am} = 0$), stacionarna brzina postoji samo u slučaju $0 < \mu_1 < \operatorname{tg} \alpha$; te iznosi (iz 66):

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_a^2}{k} = \frac{\operatorname{tg} \alpha - \mu_1}{\mu_2} = \frac{c^2}{k}, \quad (\mu_1 < \operatorname{tg} \alpha, \operatorname{tg} \beta = 0), \quad (66a)$$

a teško tijelo opisuje kružnu vijčanicu samo zbog prislanjanja na stijenu vodilicu. Reakcija te stijene iznosi (usp. (63):

$$W_2 = N_2 = \frac{\operatorname{tg} \alpha - \mu_1}{\mu_2} Q \cos \alpha, \quad (\mu_1 < \operatorname{tg} \alpha, \operatorname{tg} \beta = 0). \quad (63a)$$

Stacionarna brzina $c > 0$ postoji i u slučaju $\mu_1 > \operatorname{tg} \alpha > 0$, ako (usp. 59a i 66):

$$\frac{v_{am}^2}{k} = \cos \alpha \operatorname{tg} \beta > \frac{\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha}{\mu_2}.$$

Njezin je iznos iz (66):

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_a^2}{k} = \frac{v_{am}^2}{k} - \frac{\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha}{\mu_2} = \frac{c^2}{k}, \quad (\mu_1 > \operatorname{tg} \alpha). \quad (66b)$$

Stacionarna brzina u slučajevima $0 < \mu_1 < \operatorname{tg} \alpha$ ne može biti jednaka ničtici, a jednaka je ničtici, u slučaju $\mu_1 > \operatorname{tg} \alpha > 0$, ako je

$$\frac{v_{am}^2}{k} = \frac{\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha}{\mu_2}. \quad (66c)$$

Konačno u slučajevima $\mu_1 > \operatorname{tg} \alpha > 0$ stacionarna brzina je imaginarna, t. j. ne postoji, ako je

$$\frac{v_{am}^2}{k} < \frac{\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha}{\mu_2}. \quad (66d)$$

Koeficijent trenja μ_1 putoklazine s pragovima u pravcu i u zavojici je isti, jer se takva podloga klizanja u pravcu i u zavojici bitno ne razlikuje. Taj je dakle koeficijent poznat, ili se može odrediti na poznat način. Koeficijent trenja μ_2 nastaje u vanjskoj vertikalnoj obodnoj stijeni vodilici. Drvo se upušta sa debljim i zarubljenim krajem sprijeda u putoklizinu. S tim se krajem i prislanja drvo o stijenu vodilicu, kad klizi kroz zavojicu. Nasječena vlakanca zaruba koso udaraju o vlakanca drvene stijene vodilice. Kad pak drvo, koje klizi, prelazi preko pragova, svojim vlakancima *ukrštava* vlakanca pragova; pritom prelazi i preko nabitog nastora među pragovima. Općenito će se dakle razlikovati koeficijent trenja μ_1 od od koeficijenta trenja μ_2 . Koliko se razlikuj, o tome nemamo podataka. Vjerojatno je koeficijent μ_2 nešto veći od koeficijenta μ_1 , poradi zaoštrenih vlakanca zaruba i kosog zadiranja u ohodnu stijenu. Eksperimentalno bi se mogao izračunati koeficijent μ_2 iz formula (66) u slučajevima, u kojima je poznata stacionarna brzina. U mnogim praktičnim slučajevima moći će se približno staviti $\mu_1 = \mu_2 = \mu$.

S pomoću stacionarne brzine konačno možemo jednostavnije napisati općenitu formulu (64) tangencijalne sile T , zbog koje teško tijelo klizi u zavojici klizine s pragovima, ovako (usp. (64) i (66):

$$T = \left(\frac{c^2}{k} - \frac{v^2}{k} \right) \mu_2 Q \cos \alpha. \quad (67)$$

9. MIJENA BRZINE KLIZANJA TEŠKOG TIJELA U ZAVOJICI KLIZINE S PRAGOVIMA — GLEITGESCHWINDIGKEITSÄNDERUNG EINES SCHWEREN KÖRPERS IN KURVEN DER SCHWELLEN-PROFILRIESEN

a) *Zavojica putoklazine pada u smjeru klizanja, a koeficijent trenja se nalazi u granicama $0 < \mu_1 < \operatorname{tg} \alpha$.*

Iznos tangencijalne sile, koja goni teško tijelo niz ovakvu zavojicu, određen je form. (67). Ubrzanje zbog te sile iznosi (usp. i 35)

$$a_t = T : m = \left(\frac{c^2}{k} - \frac{v^2}{k} \right) \mu_2 g \cos \alpha = \mu_2 (c^2 - v^2) \frac{\cos^2 \alpha}{r}$$

Horizontalna je projekcija tog ubrzanja

$$a_{th} = a_t \cos \alpha = \mu_2 (c^2 - v^2) \frac{\cos^3 \alpha}{r}$$

Pomoću poznatog snošaja

$$v dv \cos^2 \alpha = v_h dv_h = a_{th} ds_h = a_{th} r d\varphi$$

dobivamo diferencijalnu jednadžbu:

$$v dv = \mu_2 (c^2 - v^2) \cos \alpha d\varphi,$$

ili

$$\frac{dv}{d\varphi} + \mu_2 v \cos \alpha = \mu_2 \frac{c^2 \cos \alpha}{v}$$

Uz supstituciju $v = z e^{-\mu_2 \varphi \cos \alpha}$ dobivamo općenito rješenje:

$$v^2 e^{2\mu_2 \varphi \cos \alpha} = c^2 e^{2\mu_2 \varphi \cos \alpha} + 2C$$

Za $\varphi = 0$ je $v = v_a$; mora dakle biti $2C = v_a^2 - c^2$ i dalje

$$v^2 = c^2 + (v_a^2 - c^2) e^{-2\mu_2 \varphi \cos \alpha} \quad (68)$$

Ova se formula točno podudara sa formulom (65), otisnutoj u' uvodno navedenoj radnji. Određuje pak brzinu klizanja v na kraju zavojice, središnjeg kuta φ , koja pada u smjeru klizanja ($\operatorname{tg} \alpha > 0$), a koeficijent trenja se nalazi u granicama $0 < \mu_1 < \operatorname{tg} \alpha$.

Rečeno je bilo, da u slučajevima $0 < \mu_1 < \operatorname{tg} \alpha$ stacionarna brzina ne može biti jednaka ničiti, nego je uvijek $c > 0$. Ako je putoklazina ima poprečni nagib ($\operatorname{tg} \beta > 0$, $v_{am} > 0$), form. (66b) određuje njezin iznos; nema li pak putoklazina poprečnog nagiba ($\operatorname{tg} \beta = 0$, $v_{am} = 0$), stacionarna brzina se računa po form. (66a).

Brzina na početku zavojice može biti manja ili veća od stacionarne brzine, a i jednaka njoj.

Ako je $v_a < c$, za račun zgodniji oblik formule (68) je

$$\frac{v^2}{k} = \frac{c^2}{k} - \left(\frac{c^2}{k} - \frac{v_a^2}{k} \right) e^{-2\mu_2 \varphi \cos \alpha}, \quad (v_a < c). \quad (68a)$$

Najmanja brzina nalazi se na početku zavojice (za $\varphi = 0$ je $v = v_a < c$), te raste prema kraju zavojice, no uvijek ostaje manja od stacionarne brzine, jer ovu bi dostigla istom u beskonačnosti (za $\varphi \rightarrow \infty$; $v \rightarrow c$).

Ako je $v_a = c$, onda je $v = c$ za svaku vrijednost φ . Znači, teško tijelo klizi stacionarnom brzinom jednolično od početka do kraja zavojice.

Ako je $v_a > c$, za račun zgodniji oblik form. (68) je

$$\frac{v^2}{k} = \frac{c^2}{k} + \left(\frac{v_a^2}{k} - \frac{c^2}{k} \right) e^{-2\mu_s \varphi \cos \alpha}, \quad (v_a > c). \quad (68b)$$

Sad se pak najveća brzina nalazi na početku zavojice (za $\varphi = 0$, je $v = v_a > c$), te pada prema kraju zavojice, ali ostaje uvijek veća od stacionarne brzine, jer na tu bi spala istom u beskonačnosti (za $\varphi \rightarrow \infty$, $v \rightarrow c$).

Uz postavljene pretpostavke ove, mehanički posve točne formule (68a i 68b) već su toliko i matematski jednostavne, da ih lako može upotrebiti svaki onaj, koji je upućen u računanje logaritamskim tablicama. Stoga, ni ne postavljam namjesto ovih približne jednostavnije formule, i to stim manje, što u njima ne bi došla do izražaja za ovaj slučaj klizanja značajna stacionarna brzina.

b) *Zavojica putoklazine pada u smjeru klizanja, a koeficijent trenja jednak je uzdužnom nagibu* ($0 < \mu_1 = \operatorname{tg} \alpha$). Ima li putoklazina poprečan nagib $\operatorname{tg} \beta > 0$, onda je $v_{am} > 0$, a stacionarna brzina $c = v_{am} > 0$ (usp. 66). Brzina na početku zavojice, da tijelo klizi, može biti samo veća od stacionarne brzine ili jednaka njoj ($v_a \geq c = v_{am}$).

Ako je $v_a > c = v_{am}$, za određenje brzine klizanja na kraju zavojice središnjeg kuta φ , vrijedi form. (68 b), koja sad poprma oblik

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_{am}^2}{k} + \left(\frac{v_a^2}{k} - \frac{v_{am}^2}{k} \right) e^{-2\mu_s \varphi \cos \alpha}, \quad (v_a > v_{am} = c). \quad (68 c)$$

Najveća brzina se nalazi na početku zavojice (za $\varphi = 0$ je $v = v_a > v_{am}$) te pada prema kraju zavojice, ali ostaje uvijek veća od brzine v_{am} , jer na tu bi spala istom u beskonačnosti (za $\varphi \rightarrow \infty$, $v \rightarrow v_{am}$).

Ako je pak $v_a = v_{am}$, onda je $v = v_{am}$ za svaku vrijednost φ , t. j. teško tijelo klizi stacionarnom brzinom $c = v_{am}$ od početka do kraja zavojice.

c) *Zavojica putoklazine pada u smjeru klizanja, a koeficijent trenja jednak je uzdužnom nagibu* ($0 < \mu_1 = \operatorname{tg} \alpha$). Ako putoklazina pritom nema poprečnog nagiba ($\operatorname{tg} \beta = 0$), onda je $v_{am} = 0$ i $c = 0$ (usp. 66). U posljednjem slučaju jednadžba brzine (68b) ili (68c) prelazi u:

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_a^2}{k} e^{-2\mu_s \varphi \cos \alpha}, \quad (\operatorname{tg} \alpha = \mu_1, \operatorname{tg} \beta = 0, c = 0). \quad (68d)$$

Brzina na početku zavojice može biti samo $v_a > 0$.

d) *Zavojica putoklazine pada u smjeru klizanja, a koeficijent trenja je veći od uzdužnog nagiba* ($0 < \operatorname{tg} \alpha < \mu_1$). Postoji li poprečan nagib ($\operatorname{tg} \beta > 0$), stacionarna brzina može biti veća od ništice ($c > 0$), i to, ako je (66b):

$$\frac{v_{am}^2}{k} > \frac{\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha}{\mu_2},$$

te iznosi:

$$\frac{c^2}{k} = \frac{v_{am}^2}{k} - \frac{\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha}{\mu_2} > 0.$$

Pritom može biti $v_a > v_{am}$ ili $v_a = v_{am}$.

Ako je $v_a > v_{am}$, onda je $W_2 > 0$ (usp. 63). Za određenje brzine klizanja na kraju zavojice središnjeg kuta φ važi formula (68b), jer je $v_a > v_{am} > c$.

Ako je pak $v_a = v_{am}$, onda je $W_2 = 0$, dakle ne vrijedi form. (68) uopće. Tangencijalna sila, koja djeluje na tijelo, kad klizi, iznosi (usp. 60):

$$T_1 = -(\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha) Q \cos \alpha.$$

Zbog te sile nastaje usporenje $a_t = -(\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha) g \cos \alpha$, a horizontalna projekcija tog usporenja iznosi:

$$a_{th} = a_t \cos \alpha = -(\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha) g \cos^2 \alpha.$$

Iz snošaja: $v_h dv_h = v dv \cos^2 \alpha = a_{th} r d\varphi$ dobivamo:

$$v dv = -(\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha) r g d\varphi = -k(\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha) \cos \alpha d\varphi.$$

Općenito rješenje ove diferencijalne jednadžbe glasi:

$$v^2 = -2k(\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha) \varphi \cos \alpha + 2C.$$

Za $\varphi = 0$ je $v = v_{am}$; mora dakle biti $2C = v_{am}^2$, a onda

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_{am}^2}{k} - 2(\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha) \varphi \cos \alpha. \quad (69)$$

Ova formula određuje dakle brzinu klizanja v na kraju zavojice središnjeg kuta φ , ako je $\operatorname{tg} \beta > 0$, koeficijent trenja $\mu_1 > \operatorname{tg} \alpha > 0$. a brzina na početku zavojice $v_a = v_{am}$.

e) *Zavojica putoklazine pada u smjeru klizanja, a koeficijent trenja je veći od uzdužnog nagiba* ($\mu_1 > \operatorname{tg} \alpha > 0$). Postoji li poprečan nagib ($\operatorname{tg} \beta > 0$), stacionarna brzina jednaka je ništici ($c = 0$), ako je

$$\frac{v_{am}^2}{k} = \frac{\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha}{\mu_2}. \quad (66c)$$

Brzina na početku zavojice može biti $v_a > v_{am}$ ili $v_a = v_{am}$. Ako je $v_a > v_{am}$, onda je i $W_2 > 0$ (usp. 63). Za tangencijalu silu vrijedi dakle form. (67), koja za $c = 0$ prelazi u

$$T = -\mu_2 \frac{v^2}{k} Q \cos \alpha.$$

Pod djelovanjem pak takve sile brzina klizanja, se mijenja po form. (68d):

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_a^2}{k} e^{-2\mu_2\varphi \cos \alpha}, \quad (\mu_1 > \operatorname{tg} \alpha > 0, \operatorname{tg} \beta > 0, c = 0, v_a > v_{am}). \quad (70)$$

Kako je prema pretpostavci $v_a > v_{am}$ (za razliku prema prije), brzina v od svog najvećeg iznosa $v = v_a > v_{am}$ na početku zavojice, sa porastom kutā φ može spasti na iznos $v = v_{am}$. To se događa na n mjestu, na kom je središji kut φ narastao na iznos:

$$\varphi = \frac{1}{\mu_2 \cos \alpha} \cdot \ln \left(\frac{v_a}{v_{am}} \right). \quad (71)$$

Do tog mjesta vrijedi form. (70). Od tog mjestā dalje ne vrijedi form. (70), nego form. (69), jer od tog mjesta dalje je $W_2 = 0$ (usp. 63).

Isto tako, ako je $v_a = v_{am}$, ne vrijedi form. (70), nego form. (69).

f). *Zāvojica putoklizinē uspinje se u smjeru klizanja pod kutom ϵ prema horizontali, ima poprečni nagib ($\operatorname{tg} \beta > 0$), a brzina na njezinu početku je $v_a > v_{am}$.*

Jednadžba tangencijalne sile (64) za $\alpha = -\epsilon$ prelazi u:

$$T = -\left[\operatorname{tg} \epsilon + \mu_1 + \left(\frac{v^2}{k} - \frac{v_{am}^2}{k} \right) \mu_2 \right] Q \cos \epsilon. \quad (72)$$

Zbog te sile nastaje usporenje

$$a_t = -\left(\operatorname{tg} \epsilon + \mu_1 + \mu_2 \frac{v^2}{k} - \mu_2 \frac{v_{am}^2}{k} \right) g \cos \epsilon.$$

s horizontalnom projekcijom: $a_{th} = a_t \cdot \cos \epsilon$.

Iz snošaja $v dv = \frac{1}{\cos^2 \epsilon} a_{th} \cdot r d\varphi = \frac{1}{\cos \epsilon} a_t r d\varphi$ dobivamo:

$$v dv + \mu_2 v^2 \cos \epsilon d\varphi = -(\operatorname{tg} \epsilon + \mu_1) r g d\varphi + \mu_2 v_{am}^2 \cos \epsilon d\varphi \quad \text{ili:}$$

$$\frac{dv}{d\varphi} + \mu_2 v \cos \epsilon = -\frac{(\operatorname{tg} \epsilon + \mu_1) r g - \mu_2 v_{am}^2 \cos \epsilon}{v}.$$

Uz supstituciju: $v = z \cdot e^{-\mu_2 \varphi \cos \epsilon}$ općenito rješenje ove diferencijalne jednadžbe glasi:

$$v^2 e^{2\mu_2 \varphi \cos \epsilon} = -\left[k \frac{\operatorname{tg} \epsilon + \mu_1}{\mu_2} - v_{am}^2 \right] e^{2\mu_2 \varphi \cos \epsilon} + 2C.$$

Za $\varphi = 0$ je $v = v_a$; mora dakle biti

$$2C = v_a^2 + k \frac{\operatorname{tg} \epsilon + \mu_1}{\mu_2} - v_{am}^2.$$

Konačno rješenje onda glasi:

$$\frac{v^2}{k} = \left[\frac{v_a^2}{k} - \left(\frac{\operatorname{tg} \epsilon + \mu_1}{\mu_2} - \frac{v_{am}^2}{k} \right) \left(e^{2\mu_2 \varphi \cos \epsilon} - 1 \right) \right] e^{-2\mu_2 \varphi \cos \epsilon} \quad (73)$$

Ova formula određuje brzinu klizanja v na kraju zavojice pu-
toklazine središnjeg kuta φ , s poprečnim nagibom ($\operatorname{tg} \beta > 0$), koja se
uspinje prema horizontali pod kutom ε , ako je brzina na početku
zavojice $v_a > v_{am} > 0$.

Najveća brzina se nalazi na početku zavojice (za $\varphi = 0$ je $v_a > v_{am}$).
Prema kraju zavojice biva sve manja. Kad spadne na iznos $v = v_{am}$,
središnji kut φ , narastao je na iznos:

$$\varphi = \frac{1}{2 \mu_2 \cos \varepsilon} \ln \left[1 + \left(\frac{v_a^2}{k} - \frac{v_{am}^2}{k} \right) \frac{\mu_2}{\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1} \right]. \quad (74)$$

To je ujedno i granica, do koje vrijedi formula (73). Preko te
granica brzina se mijenja po formuli (75):

Namjesto točnije formule (73) može poslužiti približno formula
(73a), do koje dolazimo ovako:

Prema formuli (59a) je

$$\frac{v_{am}^2}{k} = \frac{v^2}{\operatorname{rg}} \cos \varepsilon = \cos \varepsilon \operatorname{tg} \beta.$$

Analogno stavljeno

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v^2}{\operatorname{rg}} \cos \varepsilon = \cos \varepsilon \operatorname{tg} \beta_1.$$

Onda je

$$\frac{v^2}{k} - \frac{v_{am}^2}{k} = \cos \varepsilon (\operatorname{tg} \beta_1 - \operatorname{tg} \beta) = \cos \varepsilon \cdot \Delta \operatorname{tg} \beta.$$

Jednadžba tangencijalne sile (72) prelazi onda u

$$T = - [\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1 + \mu_2 \cos \varepsilon \cdot \Delta \operatorname{tg} \beta] Q \cos \varepsilon.$$

Član u zagradi $\mu_2 \cos \varepsilon \cdot \Delta \operatorname{tg} \beta$ kao produkt triju pravih slomaka
zanemarujemo prema zbroju preostala dva člana: $\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1$.

Posljednja jednadžba pojednostavljuje se onda u:

$$T = - (\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1) Q \cos \varepsilon.$$

Zbog te sile nastaje usporenje $a_t = - (\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1) g \cos \varepsilon$ s hori-
zontalnom projekcijom $a_{tn} = - (\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1) g \cos^2 \varepsilon$.

Iz snošaja $v dv = \frac{1}{\cos^2 \varepsilon} a_{tn} \cdot r d\varphi$ dobivamo

$$v dv = - (\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1) \operatorname{rg} d\varphi = - k (\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1) \cos \varepsilon d\varphi.$$

Općenito rješenje ove jednadžbe glasi

$$v^2 = - 2k (\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1) \varphi \cos \varepsilon + 2C.$$

Na početku zavojice, za $\varphi = 0$ je $v = v_a$. Onda mora biti $2C = v_a^2$
i dalje:

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_a^2}{k} - 2 (\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1) \varphi \cos \varepsilon. \quad (73a)$$

Ova formula približno određuje brzinu klizanja (v) na kraju zavojice središnjeg kuta φ , s poprečnim nagibom ($\operatorname{tg}\beta > 0$), koja se uspinje prema horizontali pod kutom ε , ako je brzina na početku zavojice $v_a > v_{am} > 0$.

Najveća brzina se nalazi na početku zavojice (za $\varphi = 0$ je $v = v_a > v_{am}$). Prema kraju zavojice brzina biva sve manja. Kad spadne na iznos $v = v_{ma}$, središnji kut φ naraste na iznos:

$$\varphi = \frac{v_a^2 - v_{am}^2}{2k(\operatorname{tg}\varepsilon + \mu_1)\cos\varepsilon} = \frac{v_a^2 - v_{am}^2}{2\operatorname{rg}(\operatorname{tg}\varepsilon + \mu_1)}. \quad (74a)$$

To je ujedno granica, do koje vrijedi formula (73a). Preko te granice brzina se mijenja po formuli (75).

Približna formula (74a) može se dakle poslužiti namjesto točnije formule (74).

g) *Zavojica putoklizine se uspinje u smjeru klizanja pod kutom ε , ima poprečni nagib ($\operatorname{tg}\beta > 0$), a brzina na njezinu početku je $v_a = v_{am}$. Tangencijalna sila u ovom slučaju iznosi (usp. 72):*

$$T = -(\operatorname{tg}\varepsilon + \mu_1)Q\cos\varepsilon.$$

Zbog te sile nastupa usporenje: $a_t = -(\operatorname{tg}\varepsilon + \mu_1)g\cos\varepsilon$ s horizontalnom projekcijom: $a_{th} = a_t\cos\varepsilon$.

Iz snošaja $v dv = \frac{1}{\cos^2\varepsilon} a_{th} \cdot r d\varphi$ dobivamo:

$$v dv = -(\operatorname{tg}\varepsilon + \mu_1) \operatorname{rg} d\varphi = -k(\operatorname{tg}\varepsilon + \mu_1)\cos\varepsilon d\varphi.$$

Općenito rješenje ove diferencijalne jednadžbe glasi:

$$v^2 = -2k(\operatorname{tg}\varepsilon + \mu_1)\varphi\cos\varepsilon + 2C.$$

Za $\varphi = 0$, na početku zavojice, je $v = v_a = v_{am}$; mora dakle biti $2C = v_{am}^2$, a onda:

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_{am}^2}{k} - 2(\operatorname{tg}\varepsilon + \mu_1)\varphi\cos\varepsilon. \quad (75)$$

Ova formula određuje brzinu klizanja v na kraju zavojice putoklizine, središnjeg kuta φ , s poprečnim nagibom ($\operatorname{tg}\beta > 0$), koja se uspinje u smjeru klizanja pod kutom ε , ako brzina na početku iznosi $v = v_{am}$.

h) *Zavojica putoklizine se uspinje u smjeru klizanja pod kutom ε , a nema poprečnog nagiba ($\operatorname{tg}\beta = 0$).*

U tom je slučaju $v_{am} = 0$ i jedino se po tome razlikuje ovaj slučaj klizine i klizanja od slučaja obrađenog pod f).

Formula pak (73) za $v_{am} = 0$ prelazi u:

$$\frac{v^2}{k} = \left[\frac{v_a^2}{k} - \frac{\operatorname{tg}\varepsilon + \mu_1}{\mu_2} \left(e^{2\mu_2\varphi\cos\varepsilon} - 1 \right) \right] e^{-2\mu_2\varphi\cos\varepsilon}. \quad (76)$$

Ova formula određuje brzinu klizanja v na kraju zavojice putoklizinne središnjeg kuta φ , bez poprečnog nagiba ($\operatorname{tg} \beta = 0$), koja se uspinje u smjeru klizanja pot kutom ε . Ova se formula nalazi otisnuta pod br. (73) u uvodno spomenutoj radnji (namjesto znaka ε tamo služi znak α).

i). *Zavojica putoklizinne se nalazi u horizontalnoj ravnini* ($\operatorname{tg} \varepsilon = 0$), *ima poprečni nagib* ($\operatorname{tg} \beta > 0$), a brzina na početku zavojice je $v_a > v_{am}$.

Za $\varepsilon = 0$ iz (73) dobivamo neposredno:

$$\frac{v^2}{k} = \left[\frac{v_a^2}{k} - \left(\frac{\mu_1}{\mu_2} - \frac{v_{am}^2}{k} \right) \left(e^{2\mu_1 \varphi} - 1 \right) \right] e^{-2\mu_2 \varphi} \quad (77)$$

Ova formula određuje brzinu klizanja v na kraju zavojici putoklizinne središnjeg kuta φ , s poprečnim nagibom ($\operatorname{tg} \beta > 0$), koja se nalazi u horizontalnoj ravnini ($\operatorname{tg} \varepsilon = 0$), ako je na početku zavojice brzina klizanja $v_a > v_{am}$.

Na početku zavojice brzina klizanja je najveća (za $\varphi = 0$ je $v = v_a > v_{am}$), te biva sve manja prema kraju zavojice. Kad spadne na iznos $v_a = v_{am}$, središnji kut je narastao na iznos:

$$\varphi = \frac{1}{2\mu_2} \ln \left[1 + \left(\frac{v_a^2}{k} - \frac{v_{am}^2}{k} \right) \frac{\mu_2}{\mu_1} \right] \quad (78)$$

To je ujedno i granica, do koje vrijedi formula (77). Preko te granice brzina klizanja se mijenja po for. (79).

j). *Zavojica putoklizinne se nalazi u horizontalnoj ravnini* ($\operatorname{tg} \varepsilon = 0$), *ima poprečni nagib* ($\operatorname{tg} \beta > 0$), a brzina na početku zavojice je $v_a = v_{am}$.

Za $\varepsilon = 0$ iz (75) neposredno izlazi:

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_{am}^2}{k} - 2\mu_1 \varphi \quad (79)$$

k) *Zavojica putoklizinne se nalazi u horizontalnoj ravnini* ($\operatorname{tg} \varepsilon = 0$), *a nema poprečnog nagiba* ($\operatorname{tg} \beta = 0$).

Za $\varepsilon = 0$ iz (76) neposredno izlazi:

$$\frac{v^2}{k} = \left[\frac{v_a^2}{k} - \frac{\mu_1}{\mu_2} \left(e^{2\mu_2 \varphi} - 1 \right) \right] e^{-2\mu_2 \varphi} \quad (80)$$

10. PREGLED FORMULA ZA IZRACUNAVANJE BRZINE KLIZANJA S PRAGOVIMA — FORMELN-ÜBERSICHT FÜR BERECHNUNG DER GLEITGESCHWINDIGKEITSÄNDERUNG IN KURVEN DER SCHWELLENPROFILRIESE

Općenite oznake:

$g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ ubrzavanje pri slobodnom padu.

$r(m)$ polumjer zavojice u horizontalnoj projekciji.

φ središnji kut zavojice u horiz. projekciji.

- β jednostrešni poprečni nagib u zavojici putoklizine.
 μ_1 koeficijent trenja na podlozi putoklizine.
 μ_2 kveficijent trenja na vertikalnoj stijeni vodilici putoklizine u zavojici.
 v_{am} (m/sec) predvidljiva najmanja brzina klizanja na početku zavojice; određuje se uz predvidljive najveće vrijednosti koeficijenta trenja μ_1 i μ_2 .
 v_a (m/sec) brzina na početku, v (m/sec) na kraju zavojice.

a) Zavojica putoklizine pada u smjeru klizanja pod kutom α prema horizontali.

$$k = \frac{rg}{\cos \alpha} \text{ (m/sec)}^2 \text{ konstanta zavojice (35).}$$

$$\frac{v_{am}^2}{k} = \cos \alpha \operatorname{tg} \beta \quad \text{ili} \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{v_{am}^2}{k} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} = \frac{v_{am}^2}{rg} \quad (59, 59a)$$

$$\frac{c^2}{k} = \frac{v_{am}^2}{k} + \frac{\operatorname{tg} \alpha - \mu_1}{\mu_2} \text{ općenita jednadžba stacionarne brzine u slučaju} \quad \beta > 0 \text{ i } \mu_1 < \operatorname{tg} \alpha. \quad (66)$$

$c = v_{nm}$ stacionarna brzina u slučaju $\beta > 0$ i $\mu_1 = \operatorname{tg} \alpha$.

$$\frac{c^2}{k} = \frac{\operatorname{tg} \alpha - \mu_1}{\mu_2} \text{ stacionarna brzina u slučaju } \beta = 0 \text{ i } \mu_1 < \operatorname{tg} \alpha. \quad (66a)$$

$$\frac{c^2}{k} = \frac{v_{am}^2}{k} - \frac{\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha}{\mu_2} \text{ stacionarna brzina u slučaju}$$

$$\beta > 0, \mu_1 > \operatorname{tg} \alpha, \text{ ako je } \frac{v_{am}^2}{k} > \frac{\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha}{\mu_2}. \quad (66b)$$

Brzina klizanja na kraju zavojice središnjeg kuta φ :

1. U slučaju $0 < \mu_1 < \operatorname{tg} \alpha$:

$$\frac{v^2}{k} = \frac{c^2}{k} - \left(\frac{c^2}{k} - \frac{v_a^2}{k} \right) e^{-2\mu_1 \varphi \cos \alpha}, \text{ ako je } v_a < c. \quad (68a)$$

$$\frac{v^2}{k} = \frac{c^2}{k} + \left(\frac{v_a^2}{k} - \frac{c^2}{k} \right) e^{-2\mu_1 \varphi \cos \alpha}, \text{ ako je } v_a > c. \quad (68b)$$

2. U slučaju $0 < \mu_1 = \operatorname{tg} \alpha$; $\beta > 0$; $c = v_{am}$:

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_{am}^2}{k} + \left(\frac{v_a^2}{k} - \frac{v_{am}^2}{k} \right) e^{-2\mu_2 \varphi \cos \alpha}, \text{ ako je } v_a > v_{am} = c, \quad (68c)$$

$v = v_{am} = c$, ako je $v_a = v_{am} = c$.

3. U slučaju $0 < \mu_1 = \operatorname{tg} \alpha$, $\beta = 0$, $c = 0$:

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_a^2}{k} e^{-2\mu_2 \varphi \cos \alpha} \quad (68d)$$

4. U slučaju $0 < \operatorname{tg} \alpha < \mu_1$, $\beta > 0$, $c > 0$ (prema 66b):

$$\frac{v^2}{k} = \frac{c^2}{k} + \left(\frac{v_a^2}{k} - \frac{c^2}{k} \right) e^{-2\mu_2 \varphi \cos \alpha}, \text{ ako je } v_a > v_{am} \quad (68b)$$

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_{am}^2}{k} - 2(\mu_1 - \operatorname{tg} \alpha) \varphi \cos \alpha, \text{ ako je } v_a = v_{am}. \quad (69)$$

5. U slučaju $0 < \operatorname{tg} \alpha < \mu_1$, $\beta > 0$ i $c = 0$: (66e)

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_a^2}{k} e^{-2\mu_2 \varphi \cos \alpha}, \text{ ako je } v_a > v_{am}, \quad (70)$$

a vrijedi do iznosa središnjeg kuta:

$$\varphi = \frac{-1}{2\mu_2 \cos \alpha} \cdot \ln \left[\frac{v_a^2/k}{v_{am}^2/k} \right] \text{ ekvivalentno sa 71).}$$

Na potezu luka, koji pripada većem iznosu središnjeg kuta od ovog, pa u slučaju $v_a = v_{am}$ vrijedi formula (69), (vidi pod 4).

b) Zavojica putoklizine se nalazi u horizontalno ravnnini ($\alpha = 0$).

$$k = rg \text{ konstanta zavojice. (35)}$$

$$\frac{v_{am}^2}{k} = \frac{v_{am}^2}{rg} = \operatorname{tg} \beta. \quad (34, 59, 59a)$$

Brzina klizanja na kraju zavojice središnjeg kuta φ :

6. U slučaju $\beta > 0$ i $v_a > v_{am}$:

$$\frac{v^2}{k} = \left[\frac{v_a^2}{k} - \left(\frac{\mu_2}{\mu_1} - \frac{v_{am}^2}{k} \right) (e^{2\mu_1 \varphi} - 1) \right] e^{-\mu_1 \varphi}, \quad (77)$$

a vrijedi samo do iznosa središnjeg kuta:

$$\varphi = \frac{1}{2\mu_2} \ln \left[1 + \left(\frac{v_a^2}{k} - \frac{v_{am}^2}{k} \right) \frac{\mu_2}{\mu_1} \right]. \quad (78)$$

Od tog mjesta dalje vrijedi formula (79).

7. U slučaju $\beta > 0$ i $v_a = v_{am}$:

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_{am}^2}{k} - 2\mu_1 \varphi. \quad (79)$$

8. U slučaju $\beta = 0$:

$$\frac{v^2}{k} = \left[\frac{v_a^2}{k} - \frac{\mu_1}{\mu_2} (e^{2\mu_1 \varphi} - 1) \right] e^{-2\mu_1 \varphi \cos \alpha} \quad (80)$$

c) Zavojica putoklizine se uspinje u smjeru klizanja pod kutom ε ($= -\alpha$).

$$k = \frac{rg}{\cos \varepsilon} \text{ konstanta zavojice. (35)}$$

$$\frac{v_{am}^2}{k} = \cos \varepsilon \operatorname{tg} \beta \quad \text{ili} \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{v_{am}^2}{k \cos \varepsilon} = \frac{v_{am}^2}{rg}. \quad (59, 59a)$$

Brzina klizanja na kraju zavojice središnjeg kuta, φ :

9. U slučaju $\beta > 0$ i $v_a > v_{am}$:

$$\frac{v^2}{k} = \left[\frac{v_a^2}{k} - \left(\frac{\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1}{\mu_2} - \frac{v_{am}^2}{k} \right) \left(e^{2\mu_1 \varphi \cos \varepsilon} - 1 \right) \right] e^{-2\mu_2 \varphi \cos \varepsilon}, \quad (73)$$

a vrijedi do iznosa središnjeg kuta:

$$\varphi = \frac{1}{2\mu_2 \cos \varepsilon} \ln \left[1 + \left(\frac{v_a^2}{k} - \frac{v_{am}^2}{k} \right) \frac{\mu_2}{\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1} \right]. \quad (74)$$

Preko te granice vrijedi formula (75).

Namjesto točnijih formula (73) i (74) mogu poslužiti i približne formule:

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_a^2}{k} - 2(\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1) \varphi \cos \varepsilon, \quad (73a)$$

$$\varphi = \frac{v_a^2/k - v_{am}^2/k}{2(\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1) \cos \varepsilon} = \frac{v_a^2 - v_{am}^2}{2rg(\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1)}. \quad (74a)$$

10. U slučaju $\beta > 0$ i $v_a = v_{am}$:

$$\frac{v^2}{k} = \frac{v_{am}^2}{k} - 2(\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1) \varphi \cos \varepsilon, \quad (75)$$

11. U slučaju $\beta = 0$; $v_{am} = 0$:

$$\frac{v^2}{k} = \left[\frac{v_a^2}{k} - \frac{\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1}{\mu_2} \left(e^{2\mu_1 \varphi \cos \varepsilon} - 1 \right) \right] e^{-2\mu_2 \varphi \cos \varepsilon}. \quad (76)$$

11. PRIMJENA FORMULA ISKAZANIH U PRIJAŠNJOJ TOČKI — ANWENDUNG DER IN VORHERIGEM PUNKT ANGEFÜHRTEN FORMELN

Primjer 1: Zadan je središnji kut $\varphi = 90^\circ$, $\operatorname{arc} \varphi = 1,571$, zavojice putoklazine s pragovima, trasirane polumjerym $r = 200$ m, s uzdužnim padom

$$\alpha = 16^\circ 42', \quad \cos \alpha = 0,958, \quad \operatorname{tg} \alpha = 0,30.$$

Brzina na početku zavojice zadana je sa

$$v_a^2 : g = 30 \text{ m}, \quad (v_a = 17,2 \text{ m/sec}).$$

Ako koeficijent trenja iznosi $\mu_1 = 0,20$, $\mu_2 = 0,22$, a poprečni nagib $\operatorname{tg} \beta = 0,10$, koliko iznosi brzina klizanja na kraju zavojice?

Konstanta zavojice (35):

$$k = 200 \cdot 9,81 : 0,958 = 2048 \text{ (m/sec)}^2.$$

Najmanja brzina na početku zavojice određena je sa (59):

$$\frac{v_{am}^2}{k} = 0,958 \cdot 0,1 = 0,096.$$

Stacionarna brzina određena je sa (66):

$$\frac{c^2}{k} = 0,096 + \frac{0,30 - 0,20}{0,22} = 0,096 + 0,454 = 0,550.$$

Nadalje je:

$$\frac{v_a^2}{k} = \frac{v_a^2}{g} \cdot \frac{\cos \alpha}{r} = 30 \cdot \frac{0,958}{200} = 0,144; \quad v_a < c.$$

U obzir dolazi formula (68a).

$$2 \mu_2 \varphi \cos \alpha = 2 \cdot 0,22 \cdot 1,571 \cdot 0,958 = 0,22 \cdot 3,01 = 0,662.$$

$$\log e^{0,662} = 0,662 \cdot 0,434294 = 0,287503, \quad e^{0,662} = 1,939.$$

$$(68a) \quad \frac{v^2}{k} = 0,550 - \frac{0,550 - 0,144}{1,939} = 0,550 - 0,209 = 0,341,$$

$$v = \sqrt{2048 \cdot 0,341} = \sqrt{698,3} = 26,4 \text{ m/sec.}$$

Primjer 2. Zavojica putoklazine s pragovima kao u primjeru 1:

$$r = 200 \text{ m}; \quad \varphi = 90^\circ, \quad \text{arc} \varphi = 1,571,$$

$$\text{tg} \alpha = 0,30, \quad \alpha = 16^\circ 42', \quad \cos \alpha = 0,958.$$

• Konstanta zavojice $k = 2048 \text{ (m/sec)}^2$.

Brzina na početku zavojice: $v_a^2 : k = 0,144$, ($v_a = 17,2 \text{ m/sec}$).

Koeficijenti trenja: $\mu_1 = 0,30$, $\mu_2 = 0,33$.

Poprečni nagib putoklazine $\text{tg} \beta = 0,10$.

Koliko iznosi brzina klizanja na kraju zavojice?

Najmanja brzina na početku zavojice (59):

$v_{am}^2 : k = 0,958 \cdot 0,1 = 0,096$. Kako je $\mu_1 = \text{tg} \alpha$, to stacionarna brzina iznosi: $c^2 : k = v_{am}^2 : k = 0,096$; $v_a > v_{am} = c$. U obzir dolazi form. (68c).

$$2 \mu_2 \varphi \cos \alpha = 2 \cdot 0,33 \cdot 1,571 \cdot 0,958 = 0,33 \cdot 3,01 = 0,993.$$

$$\log e^{0,993} = 0,993 \cdot 0,434294 = 0,431253,$$

$$e^{0,993} = 2,699.$$

$$(68c) \quad \frac{v^2}{k} = 0,096 + \frac{0,144 - 0,096}{2,699} = 0,096 + 0,018 = 0,114,$$

$$v = \sqrt{2048 \cdot 0,114} = \sqrt{233,5} = 15,3 \text{ m/sec.}$$

Primjer 3. Zavojica putoklazine s pragovima, kao u primjeru 1:

$$r = 200 \text{ m}; \quad \varphi = 90^\circ; \quad \text{arc} \varphi = 1,571;$$

$$\text{tg} \alpha = 0,30, \quad \alpha = 16^\circ 42', \quad \cos \alpha = 0,958.$$

Poprečni nagib zavojice $\beta = 0$.

Konstanta zavojice: $k = 2048 \text{ (m/sec)}^2$.

Brzina na početku zavojice: $v_a^2 : k = 0,144$ ($v_a = 17,2 \text{ m/sec}$).

Koeficijenti trenja $\mu_1 = 0,30 = \text{tg } \alpha$, $\mu_2 = 0,33$.

Koliko iznosi brzina klizanja na kraju zavojice?

U obzir dolazi form. (68d):

$$e^{0,993} = 2,699 \text{ (usp. prijašnji primjer).}$$

$$(68d): \quad \frac{v^2}{k} = \frac{0,144}{2,699} = 0,053$$

$$v = \sqrt{2048 \cdot 0,052} = \sqrt{108,5} = 10,4 \text{ m/sec.}$$

Primjer 4. Zavojica putoklazine s pragovima kao u primjeru 1:

$$r = 200 \text{ m}, \quad \varphi = 90^\circ, \quad \text{arc } \varphi = 1,571;$$

$$\text{tg } \alpha = 0,30, \quad \alpha = 16^\circ 42', \quad \cos \alpha = 0,958.$$

Poprečni nagib putoklazine $\text{tg } \beta = 0,10$.

Najmanja brzina na početku (59) $v_{am}^2 : k = 0,958 \cdot 0,1 = 0,096$.

Koeficijent trenja $\mu_1 = 0,33 > \text{tg } \alpha$, $\mu_2 = 0,36$.

Brzina na početku zavojice $v_a^2 : k = 0,144$ ($v_a = 17,2 \text{ m/sec}$).

Konstanta zavojice $k = 2048 \text{ (m/sec)}^2$.

Koliko iznosi brzina na kraju zavojice?

Stacionarna brzina (66b)

$$\frac{c^2}{k} = 0,096 - \frac{0,33 - 0,30}{0,36} = 0,013 > 0.$$

Kako je osim toga $v_a > c$, u obzir dolazi form. (68b).

$$2\mu_2 \varphi \cos \alpha = 2 \cdot 0,36 \cdot 1,571 \cdot 0,958 = 0,36 \cdot 3,01 = 1,084,$$

$$\log e^{1,084} = 1,084 \cdot 0,434294 = 0,470774.$$

$$e^{1,084} = 2,956.$$

$$(68b): \quad \frac{v^2}{k} = 0,013 + \frac{0,144 - 0,013}{2,956} = 0,013 + 0,044 = 0,057.$$

$$v = \sqrt{2048 \cdot 0,057} = \sqrt{116,7} = 10,8 \text{ m/sec.}$$

Primjer 5. Zavojica putoklazine s pragovima, kao u primjeru 1:

$$r = 200 \text{ m}, \quad \varphi = 90^\circ, \quad \text{arc } \varphi = 1,571,$$

$$\text{tg } \alpha = 0,30, \quad \alpha = 36^\circ 42', \quad \cos \alpha = 0,958.$$

Koeficijenti trenja $\mu_1 = 0,33 > \text{tg } \alpha$, $\mu_2 = 0,36$.

Brzina na početku zavojice $v_a^2 : k = 0,144$ ($v_a = 17,2 \text{ m/sec}$).

Najmanja brzina na početku zavojice (66c):

$$\frac{v_{am}^2}{k} = \frac{\mu_1 - \text{tg } \alpha}{\mu_1} = \frac{0,33 - 0,30}{0,36} = 0,083, \quad (v_{am} = 13 \text{ m/sec}); \quad c = 0.$$

Poprečan nagib putoklazine (59) $\text{tg } \beta = 0,083 : 0,958 = 0,087$.

Konstanta zavojice $k = 2048 \text{ (m/sec)}^2$.

Do iznosa kuta (71):

$$\varphi = \frac{1}{2 \cdot 0,36 \cdot 0,958} \ln \left(\frac{0,144}{0,083} \right) = \frac{\ln 1,735}{0,6898} = \frac{0,551}{0,6898} = 0,799$$

vrijedi form. (70):

$$2\mu_2 \varphi \cos \alpha = 2 \cdot 0,36 \cdot 0,799 \cdot 0,958 = 0,6898 \cdot 0,799 = 0,551.$$

$$\log e^{0,551} = 0,551 \cdot 0,434294 = 0,239296; e^{0,551} = 1,735.$$

$$(70) \quad \frac{v^2}{k} = 0,144 : 1,735 = 0,083 = \frac{v_{am}^2}{k}.$$

Na daljem potezu zavojice, sa središnjim kutom

$$\varphi = 1,571 - 0,799 = 0,772 \text{ vrijedi form. (69):}$$

$$\frac{v^2}{k} = 0,083 - 2(0,33 - 0,30) 0,772 \cdot 0,958 = 0,083 - 0,044 = 0,039.$$

$$v = \sqrt{2048 \cdot 0,039} = \sqrt{79,9} = 8,9 \text{ m/sec.}$$

Primjer 6 i 7. Zavojica putoklazine s pragovima kao u primjeru 1. $r = 200 \text{ m}$, $\varphi = 90^\circ$, $\text{arc } \varphi = 1,571$; nalazi se u horizontalnoj ravnini: $\alpha = 0$.

Brzina na početku zavojice zadana je sa $v_a^2 : g = 30 \text{ m}$ ($v_a = 17,2 \text{ m/sec}$). Ako koeficijenti trenja iznosi $\mu_1 = 0,20$, $\mu_2 = 0,22$, a poprečni nagib $\text{tg } \beta = 0,10$, koliko iznosi brzina na kraju zavojice?

Konstanta zavojice (35) $k = rg = 200 \cdot 9,81 = 1962 \text{ (m/sec)}^2$.

Brzina na početku: $v_a^2 : k = 30 : 200 = 0,150$.

Najmanja brzina na početku $v_{am}^2 : k = \text{tg } \beta = 0,100$.

Do iznosa središnjeg kuta (78):

$$\varphi = \frac{1}{2 \cdot 0,22} \cdot \ln \left[1 + (0,15 - 0,10) \frac{0,22}{0,20} \right] = \frac{\ln 1,055}{0,44} = \frac{0,0535}{0,44} = 0,122$$

vrijedi form. (77):

$$2\mu_2 \varphi = 2 \cdot 0,22 \cdot 0,122 = 0,054;$$

$$\log e^{0,054} = 0,054 \cdot 0,434294 = 0,02345; e^{0,054} = 1,055.$$

$$\mu_1 : \mu_2 = 0,20 : 0,22 = 0,909.$$

$$(77): \quad \frac{v^2}{k} = [0,15 - (0,909 - 0,100) \cdot 0,055] : 1,055 = 0,10 = \frac{v_{am}^2}{k}.$$

Na daljem potezu zavojice, sa središnjim kutom

$$\varphi = 1,571 - 0,122 = 1,449, \text{ vrijedi form. (79):}$$

$$\frac{v^2}{k} = 0,100 - 2 \cdot 0,2 \cdot 1,449 = 0,1 - 0,58 = -0,48.$$

Kako je posljednji rezultat negativan, znači, teško tijelo će sustatu u zavojici. Iz (79) za $v = 0$, dobivamo

$$\varphi = \frac{1}{2\mu_1} \cdot \frac{v_{am}^2}{k} = \frac{1}{2 \cdot 0,2} \cdot 0,1 = 0,250.$$

Tijelo, koje klizi, sustat će dakle u zavojici nakon prevaljenog ukupnog središnjeg kuta

$$\varphi = 0,122 + 0,250 = 0,372$$

ili nakon prevaljenog puta od početka zavojice:

$$s_h = r\varphi = 200 \cdot 0,372 = 74,4 \text{ m.}$$

Primjer 8. Zavojica putoklzinine s pragovima kao u primjeru 1: $r = 200 \text{ m}$, $\varphi = 90^\circ$, $\text{arc } \varphi = 1,571$, nalazi se u horizontalnoj ravnini $\alpha = 0$. Poprečni nagib putoklzinine neka je također $\beta = 0$.

Koeficijenti trenja iznose $\mu_1 = 0,20$ i $\mu_2 = 0,22$. Koliko može najviše iznositi brzina na početku zavojice, da teško tijelo, koje klizi, sustane u toj zavojici?

$$\text{Uz } 2\mu_2\varphi = 2 \cdot 0,22 \cdot 1,571 = 0,691,$$

$$\log e^{0,691} = 0,691 \cdot 0,434294 = 0,300097; e^{0,691} = 1,996,$$

iz formule (80) za $v = 0$, dobivamo

$$\frac{v_a^2}{k} = \frac{\mu_1}{\mu_2} (e^{2\mu_2\varphi} - 1) = \frac{0,20}{0,22} \cdot 0,996 = 0,905,$$

$$k = rg = 200 \cdot 9,81 = 1962 \text{ (m/sec)}^2,$$

$$v_a = \sqrt{1962 \cdot 0,905} = \sqrt{1776} = 42,1 \text{ m/sec.}$$

Primjer 9 i 10. Zavojica putoklzinine se uspinje u smjeru klizanja pod kutom $\varepsilon = 5^\circ 43'$, $\text{tg } \varepsilon = 0,100$, $\text{cos } \varepsilon = 0,995$. Poprečni nagib putoklzinine iznosi $\text{tg } \beta = 0,100$.

Najmanja brzina na početku zavojice (59):

$$\frac{v_{am}^2}{k} = 0,995 \cdot 0,1 = 0,100.$$

Konstanta zavojice (35): $k = 200 \cdot 9,81 \cdot 0,995 = 1972 \text{ (m/ssec)}^2$.

Brzina na početku zavojice: $v_a = 40 \text{ m/sec}$ ili

$$\frac{v_a^2}{k} = 40^2 : 1972 = 0,811.$$

Koeficijent trenja: $\mu_1 = 0,20$, $\mu_2 = 0,22$.

Za brzinu na kraju zavojice, vrijedi formula (73), ali samo do iznosa središnjeg kuta (74):

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{1}{2 \cdot 0,22 \cdot 0,995} \ln \left[1 + (0,811 - 0,1) \frac{0,22}{0,1 + 0,2} \right] = \\ &= \frac{\ln 1,521}{0,438} = \frac{0,419}{0,438} = 0,957. \end{aligned}$$

Na kraju zavojice tolikog središnjeg kuta brzina klizanja iznosi (73):

$$2\mu_2 \varphi \cos \varepsilon = 2 \cdot 0,22 \cdot 0,957 \cdot 0,995 = 0,957 \cdot 0,4378 = 0,419$$

$$\log e^{0,419} = 0,419 \cdot 0,434294 = 0,18197; \quad e^{0,419} = 1,520.$$

$$(73) \quad \frac{v^2}{k} = \left[0,811 - \left(\frac{0,1 + 0,2}{0,22} - 0,1 \right) 0,52 \right] : 1,52 = 0,1 = \frac{v_{am}^2}{k}.$$

Nakon dužine luka $s = 200 \cdot 0,957 = 191,4$ m brzina klizanja spala je od $v_a = 40$ m/sec na $v_{am} = \sqrt{0,1 \cdot 1972} = 14$ m/sec. Da brzina klizanja spadne na ništicu, središnji kut zavojice $\varphi = 0,957$ trebalo bi povećati još za iznos (iz 75 za $v = 0$):

$$\varphi = \frac{v_{am}^2}{k} : 2 (\operatorname{tg} \varepsilon + \mu_1) \cos \varepsilon = \frac{0,100}{2(0,1 + 0,2)0,995} = 0,168.$$

Središnji kut zavojice iznosio bi onda $\varphi = 0,957 + 0,168 = 1,125$, a dužina zavojice $s_h = 1,125 \cdot 200 = 225$ m.

Približna formula (73a) vrijedila bi samo do iznosa središnjeg kuta:

$$(74a) \quad \varphi = \frac{0,811 - 0,100}{2(0,1 + 0,2)0,995} = \frac{0,711}{0,597} = 1,191.$$

Brzina na kraju tog središnjeg kuta iznosila bi (73a):

$$\frac{v^2}{k} = 0,811 - 2(0,1 + 0,2) \cdot 1,191 \cdot 0,995 = 0,1 = \frac{v_{am}^2}{k}.$$

Po približnom računu iznosio bi dakle središnji kut zavojice, na kraju koje bi sustalo tijelo, koje klizi

$$\varphi = 1,191 + 0,168 = 1,359.$$

Prema prije točnije izračunatom iznosu ($\varphi = 1,125$) približne formule daju veći iznos središnjeg kuta ($\varphi = 1,359$) za cca 20%.

° Primjer 11. Zavojica putoklizine kao u prijašnjem primjeru $\varepsilon = 5^\circ 43'$, $\operatorname{tg} \varepsilon = 0,1$, $\cos \varepsilon = 0,995$, $r = 200$ m, $\operatorname{arc} \varphi = 1,125$ ($\varphi = 64^\circ 17'$), ali poprečan nagib neka je sad $\beta = 0$. Ako koeficijenti trenja iznose $\mu_1 = 0,2$ i $\mu_2 = 0,22$, a brzina na početku zavojice $v_a = 40$ m/sec, kolika je brzina na kraju zavojice?

Konstanta zavojice: $k = 1972$ (m/sec)².

$$v_a^2 : k = 0,811.$$

U obzir dolazi form. (76):

$$2\mu_2 \varphi \cos \varepsilon = 2 \cdot 0,22 \cdot 1,125 \cdot 0,995 = 1,125 \cdot 0,4378 = 0,493$$

$$\log e^{0,493} = 0,493 \cdot 0,434294 = 0,21411; \quad e^{0,493} = 1,637.$$

$$(76) \quad \frac{v^2}{k} = \left[0,811 - \frac{0,1 + 0,2}{0,22} 0,637 \right] : 1,637 = (0,811 - 0,866) : 1,637.$$

Negativni član u zagradi je veći od pozitivnog člana. Znači, tijelo, koje klizi, sustat će u zavojici prije njezina kraja i to na kraju središnjeg kuta (izlazi iz 76 za $v = 0$):

$$\varphi = \frac{1}{2 \mu_2 \cos \varepsilon} \ln \left[1 + \frac{v_a^2}{k} \cdot \frac{\mu_2}{\mu_1 + \operatorname{tg} \varepsilon} \right] \quad (76b)$$

$$\varphi = \frac{1}{2 \cdot 0,22 \cdot 0,995} \ln \left(1 + \frac{0,811 \cdot 0,22}{0,2 + 0,1} \right) = \frac{\ln 1,595}{0,438} = \frac{0,467}{0,438} = 1,066.$$

Zavojica bez poprečnog nagiba ($\beta = 0$) koči dakle snažnije od zavojice s poprečnim nagibom ($\beta > 0$, uspor. prijašnji primjer).

12. STACIONARNA BRZINA I KONSTANTA KLIZINE U ZAVOJICI — STATIONÄRE GESCHWINDIGKEIT UND KONSTANTE DER RIESKURVE

U zavojici žljebastog profila jedn. (47) definira stacionarnu brzinu.

Stavimo li $k = c^2$, iz te jednadžbe izlazi

$$\operatorname{tg} \alpha = \mu \sqrt{2}. \quad (81)$$

Znači, ako uzdužni nagib klizine žljebastog profila udovoljava jedn. (81), onda je konstanta zavojice takve klizine jednaka kvadratu stacionarne brzine.

U zavojici klizine s pragovima jedn. (66) definira stacionarnu brzinu.

Stavimo li $k = c^2 - v_{am}^2$, ($v_{am}^2 = rg \operatorname{tg} \beta$), iz te jednadžbe izlazi

$$\operatorname{tg} \alpha = \mu_1 + \mu_2. \quad (82)$$

Znači, ako nagib klizine s pragovima udovoljava jedn. (82), onda je konstanta zavojice takve blizine jednaka razlici kvadrata stacionarne i najmanje početne brzine.

LITERATURA

- Dr. ing. I. Glatz: Rieswege und Drathseilriesen. Wien 1920.
 Dr. L. Hanska: Theorie der Riesen. Wien 1914.
 Dr. L. Hauska: Riesenanlagen und Seilbahnen. Wien 1933.
 Flögl S.: O putoklizi u krivulji. Glasnik za šumske pokuse knj. 3. 1931.
 Flögl S.: O utjecaju zraka na otpor šumskih klizina. Glasnik za šumske pokuse knj. 4. 1935.
 Flögl S.: Kočna gradijanta šumskih klizina. Glasnik za šumske pokuse knj. 11. 1953.

ZUSAMMENFASSUNG

1. *Einleitung.* In der Abhandlung »Über den Riesweg in der Krümmung« (Glasnik za šumske pokuse, knj. 3., Zagreb 1931), in welcher auch andere damit zusammenhängende Fragen behandelt sind, habe ich genauere Formeln über Gleitgeschwindigkeitsänderungen in den Kurven der forstlichen Riesen aufgestellt. Bei der Ableitung dieser Formeln habe ich möglichst alle Einflüsse von Bedeutung berücksichtigt, und die Ausarbeitung streng nach den Regeln der Mechanik und Mathematik durchgeführt. Dadurch aber sind diese Formeln grösstenteils kompliziert und schwierig anzuwenden, praktisch also ungeeignet. Damit jedoch jene Arbeit nicht ohne praktische Bedeutung bleibe, habe ich in vorliegender Abhandlung, wo es notwendig schien, neue und einfachere Formeln, die aber mit jenen genaueren genügend genau übereinstimmende Resultate liefern, aufgestellt.

Übersichtlich sind die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit in Punkt 6 u. 10 angeführt.

Alle in Punkt 6 verzeichneten Formeln sind neu, und haben genauere und schwierigere Formeln (86), (90), (93), (96), (98), (100), (103) u. (106) der ersten Arbeit praktisch zu ersetzen. Aus den in Punkt 7 ausgearbeiteten Zahlenbeispielen ist die Anwendung und Übereinstimmung der Resultate der annähernden mit den Resultaten der genaueren Formeln ersichtlich.

Die in Punkt 10 angeführten Formeln sind grösstenteils schon in der ersten Arbeit enthalten. Hinzugefügt sind neue genauere Formeln (68d), (70), (71), (73), (74), (77) u. (78) und annähernde Formeln (73a) u. (74a). Diese genaueren Formeln sind bereits derart, dass man sie wohl auch praktisch anwenden kann. Die Anwendung ist aus den in Punkt 11 ausgearbeiteten Zahlenbeispielen ersichtlich.

2. *Bewegung auf einer zylindrischen Schraubenlinie.* Da die gekrümmte Längsachse der forstlichen Riesen überwiegend die Form einer zylindrischen Schraubenlinie aufweist, so wird in diesem Punkte die Bewegung auf solch einer Raumkurve näher, u. zw. vektoriell betrachtet. Liegt der Koordinatenursprung in der Zylinderachse, so bestimmt Gl. (3), bzw. Gl. (3a) den Radiusvektor, Gl. (4) dessen horizontale Projektion und Gl. (5) den Einheitsvektor dieser Projektion, u. zw. in einem beliebigen Punkte der Schraubenlinie (vergl. auch Fig. 1). Die fettgedruckten, oder mit Pfeilen versehenen Buchstaben in den Formeln bezeichnen die Vektoren. (6) und (8) sind die Gleichungen des Geschwindigkeitsvektors. Der Einheitsvektor R' (Gl. 7) orientiert die horizontale Tangente des Zylinders und steht senkrecht auf dem ebenfalls horizontalen Einheitsvektor R .

(Gl. 5). Der Einheitsvektor k orientiert die absolute Vertikale. Daher stellt das erste Glied rechts der Gl. (8) die horizontale, und das zweite die vertikale Komponente des Geschwindigkeitsvektors dar. Gl. (11) drückt die Beziehung zwischen dem Betrage des Geschwindigkeitsvektors und seiner Projektion aus. Der Geschwindigkeitseinheitsvektor (Gl. 12) orientiert zugleich die Tangente in demselben Punkte der Schraubenlinie. Gl (13) u. (14) bestimmen den Beschleunigungsvektor, dessen zwei wesentliche Komponenten die horizontale Zentripetalbeschleunigung (Gl. 15) und die Tangentialbeschleunigung (Gl. 16) sind. Aus dieser Tatsache folgt, dass sich ein Massenpunkt nur dann in Form einer zylindrischen Schraubenlinie bewegt, wenn alle auf ihn einwirkenden Kräfte die durch Gl. (17) näher bestimmte Kraft S resultieren. Diese Kraft ist wesentlich durch zwei Komponenten gekennzeichnet: die eine ist die horizontale Zentripetalkraft (Gl. 18), die den Massenpunkt um die Zylinderachse sich zu drehen zwingt, und die zweite ist die beschleunigende oder verzögernde Tangentialkraft, die in der Richtung der Schraubenlinientangente wirkt. Die letztere kann auch gleich Null sein, die Zentripetalkraft aber nicht, wenn eine Bewegung in Form einer zylindrischen Schraubenlinie stattfinden soll.

3. *Kräfte, die in Kurven der forstlichen Riesen auf einen schweren Körper einwirken*, entstehen hauptsächlich infolge des Eigengewichtes des gleitenden Körpers und der zweckmässigen Herstellung der Gleitbahn. Durch Neigung der Riese in Gleitrichtung (α) wird die zur Bewältigung der Widerstände notwendige Triebkraft — dagegen durch Steigung ($\varepsilon = -\alpha$) die zur Vergrösserung der Widerstände erforderliche Bremskraft erzeugt. Die Tangentialkraft kann also in Gleitrichtung oder entgegengesetzt wirken, sie kann aber auch gleich Null sein. Die Zentripetalkraft wird bei Rinnenprofilriesen durch Querneigung der Rinnenwände, bei Schwellenprofilriesen durch Querneigung der Gleitsohle, auch durch die am äusseren Sohlenrande befestigten Wehrbäumewand, erzeugt.

Kräfte, die infolge Längs- und Querneigung der Riese auf den gleitenden Körper einwirken, sowie sein Eigengewicht $Q = mg$, betrachten wir in einem rechtwinkligen mit dem Körper selbst verbundenen Koordinatensystem x, y, z (Abbdg. 2). Die horizontale x -Achse ist mit dem Tracierungshalbmesser der Kurve gleichgerichtet. Die gleichfalls horizontale y -Achse liegt in der Zylindertangente und die z -Achse hat die Richtung der Schwere. Das Eigengewicht wird in drei Komponenten zerlegt: Q_1, Q_2 und Q_3 . Die Komponente Q_2 liegt in der yz -Ebene gegen die y -Achse unter dem Winkel α geneigt (Längsneigung); die Komponente Q_3 liegt in der xz -Ebene, gegen die x -Achse unter

dem Winkel β geneigt (Querneigung); die dritte Komponente Q_1 steht auf der $Q_2 Q_3$ -Ebene rechtwinklig und schliesst mit den Koordinatenachsen die Winkel ε_x , ε_y und ε_z ein. Die Koordinaten dieser Komponenten sind durch Gl. (22), die Koordinaten des Eigengewichtes Q durch Gl. (23) näher angegeben. Die Gleichung der Ebene, in der die drei Punkte: P , Q_2 und Q_3 liegen, habe ich mittels Determinanten, bzw. deren Wert Gl. (24) ausgedrückt, sodann die Neigungswinkel dieser Ebene gegen die Koordinatenachsen durch Gl. (25) bestimmt. Setzen wir die Werte dieser Neigungswinkel in Gl. (23) ein, so erhalten wir Gl. (26), die die Komponentenbeträge des Eigengewichtes Q vollständig bestimmen.

Die durch Gl. (27) definierte und für die Berechnung der Gleitgeschwindigkeit wichtige Zahl v wird Neigungszahl genannt. In geraden Riesstrecken, wo Querneigung entbehrlich, ist die Neigungszahl $v = tg \alpha$ (folgt aus Gl. 27, für $\beta = 0$). In Rieskurven, wo Querneigung erforderlich, hängt die Neigungszahl nicht nur von der Längs- (α), sondern auch von der Querneigung (β) der Riessohle ab.

Als Standpunkt unserer *dynamischen* Beobachtungen wählen wir den gleitenden Körper selbst (P) und setzen daselbst den Ursprung des rechtwinkligen Bezugssystems (x, y, z Fig. 2). Auf den gleitenden Körper — von diesem Standpunkte aus — wirkt sodann nicht nur die durch Querneigung der Riese erreichte Zentripetalkraft N , sondern auch die in entgegengesetzter Richtung entstandene Trägheitskraft, die s. g. Fliehkraft N' . Diese wird in zwei Seitenkräfte zerlegt: Die eine N'_x schliesst den Winkel β (Querneigung) mit der x -Achse und die zweite N'_z liegt in der z -Achse. Diese letztere Kraft lässt sich — analog der Kraft Q — in drei weitere Seitenkräfte zerlegen: N_{z1} , N_{z2} und N_{z3} . Die Beträge der Seitenkomponenten der Fliehkraft N_1 , N_2 und N_3 , in den Richtungen Q_1 , Q_2 und Q_3 , sind dann durch Gl. (28) angegeben.

Ausser den erwähnten Kräften (vom erwähnten Standpunkt aus betrachtet) wirken auf den gleitenden Körper noch folgende Kräfte: die Sohlen- oder auch Wehrbäumereaktion, die tangentielle Trieb- oder Bremskraft, die Reibung und die tangentielle Trägheitskraft des gleitenden Körpers. Diese Kräfte — je nach der Konstruktion der Riese — werden in folgenden Punkten näher besprochen.

Die Berechnung der Gleitgeschwindigkeit erfolgt praktisch zweimal: auf Grund zweier verschiedener Beträge der Widerstandszahl μ_{\min} und μ_{\max} , die so zu wählen sind, dass sich der vermutlich tatsächliche Wert μ in dem Intervalle $\mu_{\min} < \mu <$

$< \mu_{\max}$ befindet. Die Breite des Intervalls wird nach der Riesart und den in Betracht kommenden Sortimenten gewählt.

4. *Kräfte, die in Kurven der Rinnenprofilriese auf einen schweren Körper einwirken.* Den aktiven Eigengewichtskomponenten Q_1 , Q_2 und Q_3 des gleitenden Körpers entsprechen folgende Reaktionen: der Sohlenwiderstand W , die Reibung μW , die tangentielle Trägheitskraft T und die Fliehkraft N mit den Seitenkräften N_1 , N_2 und N_3 . Die W -Reaktion wirkt senkrecht auf die $Q_1 Q_2$ — Ebene, also in Richtung der Seitenkraft Q_1 . Alle auf den gleitenden Körper einwirkenden Kräfte ergeben demnach in den Richtungen Q_1 , Q_2 und Q_3 Seitenkräfte, die den Gleichgewichtsbedingungen (29) genügen müssen. Aus der dritten Bedingung folgt der Betrag der Fliehkraft (Gl. 30), aus der ersten (mit Rücksicht auf Gl. 26, 28 und 30) der Betrag der Reaktion W (Gl. 31) und aus der zweiten der Betrag der Tangentialkraft T (Gl. 32).

Gl. (33) und (33a) (die aus Gl. (18) bzw. (30) folgen) ergeben die Gleichung (34), die die der Geschwindigkeit v entsprechende Querneigung der Rinnenwand bestimmt. Gl. (35) definiert die Konstante der Rieskurve k . Auf diese Weise sind alle auf den gleitenden Körper einwirkenden Kräfte als Funktionen des Körpereingewichtes, der Längs- und der Querneigung der Riese und der Widerstandszahl μ ausgedrückt.

Abbdg. 5 stellt das Rinnenprofil in der Normalebene der krummen Rieslängsachse dar. Das Körpereigengewicht denken wir uns in die Seitenkräfte $Q \cos \alpha$ und $Q \sin \alpha$ zerlegt. Die erste Seitenkraft wirkt in der Normalebene und die zweite in der Tangente der Rieslängsachse. Ausser der Seitenkraft $Q \cos \alpha$ im skizzierten Profile auf den Körper wirken noch die Fliehkraft und die Reaktion der Riessohle. Das Gleichgewicht ist möglich, wenn sich der Sohlenwiderstand W und der Sohlendruck W' nur durch die entgegengesetzten Vorzeichen voneinander unterscheiden. Der gleitende Körper nimmt daher die Stellung in der Rinne, bei der die Tangente des Rinnenprofils mit der Horizontale den durch Gl. (36) definierten Winkel γ einschliesst (Fig. 5). Aus dieser Gleichung ist auch ersichtlich, dass der Winkel γ gleich der Projektion des Winkels β in der Normalebene ist, und aus Gl. (36a), dass die Konstante der gekrümmten Riese k die Dimensionen des Geschwindigkeitsquadrates aufweist.

In Gl. (37) kommt die Abhängigkeit der Neigungszahl v vom Winkel γ zum Ausdruck und die Tatsache, dass diese Zahl stets kleiner als $\operatorname{tg} \alpha$ ist, falls $\beta \neq 0$. Im allgemeinen kann die Neigungszahl positiv (falls α positiv), negativ (falls α negativ) und gleich Null sein (wenn $\alpha = 0$).

Im Falle $0 < \mu < \nu$ liegt die Rieskurve im Gefälle, die Tangentialkraft ist positiv, und der schwere Körper gleitet mit Beschleunigung gegen das Kurvenende.

Im Falle $0 < \mu = \nu$ liegt zwar die Rieskurve im Gefälle, aber die Tangentialkraft ist gleich Null und der schwere Körper gleitet gleichförmig bis zum Kurvenende.

Im Falle $0 < \nu < \mu$ liegt die Rieskurve noch im Gefälle, die Tangentialkraft ist aber negativ und der schwere Körper gleitet mit Verzögerung gegen das Kurvenende.

Im Falle $\nu = 0$, u. zw. nur, wenn $a = 0$, ist die Tangentialkraft negativ (Gl. 38). Der schwere Körper gleitet mit Verzögerung.

Endlich falls $a < 0$, ist auch $\nu < 0$. Die Rieskurve liegt im Gegenfalle, die Tangentialkraft ist negativ, ihre Gleichung nimmt die Form der Gl. (38a) an. Der schwere Körper, wenn überhaupt, gleitet mit Verzögerung.

5. *Gleitgeschwindigkeitsänderung eines schweren Körpers in Kurven der Rinnenprofilriese.* Im Falle $0 < \mu < \nu$ entsteht in Gleitrichtung die durch Gl. (39) näher bestimmte Beschleunigung a . Gl. (39a) gibt ihre horizontale Projektion an. Weitere Gleichungen (40), bzw. (41) drücken die Beziehung zwischen dieser Projektion, der Geschwindigkeit und dem zurückgelegten Wege in horizontaler Projektion aus. Die genaue Auflösung der Differentialgleichung (41) enthält die einleitend angeführte Arbeit des Verfassers. Hier wird diese Differentialgleichung, unter Voraussetzung (42) nur annähernd in Form der Gl. (43) oder (43a) aufgelöst. Die beiden Gleichungen ergeben nämlich dasselbe: die Gleitgeschwindigkeit am Ende des $s_n = r\varphi$ langen Bogens (in horizontaler Projektion) eines schweren Körpers, der am Bogenanfang die Geschwindigkeit v_a hatte. Die unbekannte Neigungszahl ν in diesen Gleichungen wird auf Grund folgender Erwägung schätzungsweise annähernd bestimmt.

Dass sich die Neigungszahl mit der Geschwindigkeit ändert, ist aus Gl. (44) ersichtlich. Ihr Betrag am Bogenanfang ist zwar durch Gl. (45) bestimmt (wenn die Anfangsgeschwindigkeit v_a bekannt ist), am Bogenende ist aber die Neigungszahl unbekannt. Wäre sie auch am Bogenende bekannt, so könnte man ν als arithmetisches Mittel beider Zahlen (am Bogenanfang und Bogenende) in Gl. (43) oder (43a) einsetzen und die Endgeschwindigkeit aus einer der beiden Gleichungen berechnen.

Aus den Formeln (44) u. (36) folgen Gl. (46) und (46a). Die erste drückt die Beziehung zwischen der Gleitgeschwindigkeit und dem Winkel γ im allgemeinen, die zweite am Bogenanfang speziell aus.

Die Beschleunigung a_t ist gleich Null, wenn $\mu = v$ ist (vergl. Gl. 39). Tritt dieser Fall schon am Bogenanfang ein, so gleitet der schwere Körper gleichmässig den Bogen entlang mit der Geschwindigkeit, die er am Bogenanfang hatte. Im diesen Falle geht Gl. (46) in Gl. (47) über. Die letztere Gleichung bestimmt die s. g. *stationäre Gleitgeschwindigkeit*. Diese Geschwindigkeit besteht nur im Falle $\mu < tg \alpha$, und hat verschiedene Beträge für verschiedene Sortimente in derselben Rieskurve. Sie besteht also in allen Fällen $0 < \mu < v$, weil stets $\mu < tg \alpha$, wenn $\mu < v$.

Aus Gl. (46a) und (47) folgen weiter die Beziehungen (48), aus denen ersichtlich, dass die Gleitgeschwindigkeit in allen Fällen $0 < \mu < v$ gegen das Bogenende wächst, u. zw. höchstens bis zum Betrage der stationären Geschwindigkeit c . Damit $c > 0$ bleibe den Bogen entlang, kann also die Neigungszahl am Bogenende mindestens $v = \mu$ sein. Deshalb schätzen wir im Falle $0 < \mu < v_a$ die Neigungszahl nach Form. (49) und berechnen die Gleitgeschwindigkeit am Bogenende nach der annähernden Formel (43) oder (43a).

Im Falle $0 < \mu = v_a$ (also $\mu < tg \alpha$) ist die Beschleunigung gleich Null (vergl. Gl. 39), die stationäre Geschwindigkeit aber grösser als Null. Der schwere Körper gleitet gleichmässig den Bogen entlang mit der Anfangsgeschwindigkeit ($c = v_a$).

Im Falle $0 < v_a < \mu$ kann $\mu = tg \alpha$, oder $\mu > tg \alpha$ sein. Die Tangentialbeschleunigung ist negativ, d. h. der Körper gleitet mit Verzögerung und die Geschwindigkeit kann bis zur Null herabsinken. Ist aber $v = 0$, so ist $tg \gamma_0 = 0$, und die Neigungszahl $v_0 = tg \alpha$ (vergl. Gl. 36 u. 37). Im Falle $0 < v_a < \mu$, rechnen wir also mit dem Betrage der Neigungszahl der Form. (50) gemäss, und die Gleitgeschwindigkeit am Bogenende berechnen wir aus Gl. (51) oder (51a). Weicht die so berechnete Endgeschwindigkeit von Null stark ab, so muss die Rechnung wiederholt werden. (Vgl. Punkt 7, Beisp. 3 u. 4).

Genauere Formeln für die Berechnung der Endgeschwindigkeit im Falle $v_a > 0$ enthält die einleitend angeführte Abhandlung des Verfassers:

wenn $\mu < tg \alpha$, Seite 46, Nummer (86)

wenn $\mu = tg \alpha$, Seite 49, Nummer (93) u. (96)

wenn $\mu > tg \alpha$, Seite 48, Nummer (89).

Ein weiterer Fall der Neigungszahl ist $v_a = 0$ (d. h. $\alpha = 0$). Die Gleitbahn liegt in der Horizontalebene. Da im diesem Falle $(v - \mu)tg \alpha : v = -\mu : \cos \gamma$ ist, so gehen die Geschwindigkeitsgleichungen (43) u. (43a) in Gl. (52), bzw. (52a) über. In diesem

Fälle gelten auch die in Gl. (53) zum Ausdruck gebrachten Beziehungen. Aus Gl. (52) oder (52a) ist ferner ersichtlich, dass die Gleitgeschwindigkeit gegen das Bogenende bis auf Null herabsinken kann. Ist sie aber gleich Null, so wird $\cos \gamma = \cos 0 = 1$. Bei Berechnung der Endgeschwindigkeit im Falle $v_a = 0$ setzen wir daher $\cos \gamma$ mit dem Werte der Gl. (54) in die Gl. (52) oder (52a) ein. Eine nochmalige Berechnung wird nur im Falle einer grösseren Abweichung der Endgeschwindigkeit von Null erforderlich sein (Vergl. Punkt 7, Beisp. 5).

Die genauere Formel für die Berechnung der Endgeschwindigkeit im Falle $\alpha = 0$, siehe in der einleitend angeführten Arbeit des Verfassers (Seite 50, Nummer 98). Übrigens, kann die schon einfachere Form dieser genaueren Formel die annähernden Formeln (52) u. (52a) entbehrlich machen.

Schliesslich im Falle $v < 0$ steigt die Bahn in Gleitrichtung unter dem Winkel $\varepsilon (= -\alpha)$. Der schwere Körper gleitet mit Verzögerung, kann auch schon vor dem Bogenende zur Ruhe gelangen. Deshalb wird in diesem Falle die Neigungszahl mit dem Werte der Gl. (55) in die Gl. (56) oder (56a) eingesetzt und die Endgeschwindigkeit aus einer von diesen Gleichungen berechnet (vergl. Punkt 7, Beispiel 6).

Genauere Formeln zur Berechnung der Endgeschwindigkeit im Falle $\operatorname{tg} \alpha < 0$ enthält die schon mehrmals angeführte Arbeit u. zw.

- im Falle $[\operatorname{tg} \alpha] < \mu$, auf Seite 51 Nummer (100)
- im Falle $[\operatorname{tg} \alpha] = \mu$, auf Seite 52 Nummer (103)
- im Falle $[\operatorname{tg} \alpha] > \mu$, auf Seite 52 Nummer (106).

6. Formelnübersicht für die annähernde Berechnung der Gleitgeschwindigkeit in Kurven der Rinnenprofilriese.

Allgemeine Bezeichnungen:

- $g = 9,81$ m/sec Fallbeschleunigung;
- r = Kreishalbmesser (Tracierungshalbmesser, d. h. horizontale Projektion des Radiusvektors der Rieskurve);
- φ = Zentriwinkel des Kreisbogens (d. h. Zentriwinkel der horizontalen Projektion der Rieskurve);
- $r\varphi$ = Kreisbogenlänge (d. h. Bogenlänge der horizontalen Projektion der Rieskurve);
- μ = Widerstandskoeffizient (Reibungskoeffizient);
- v_a = Gleitgeschwindigkeit am Bogenanfang und
- v = am Bogenende.

Bezeichnungen und Formeln in speziellen Fällen.

a) Rieskurve mit Neigung ($tg \alpha$) in Gleitrichtung.

k = Konstante der Rieskurve (Gl. 35);

$tg \beta$ = die der Geschwindigkeit v entsprechende Neigung der Rinnenwand im vertikalen Riesquerschnitt (Gl. 34);

$tg \gamma$ = Neigung der Rinnenprofilltangente in der Normalebene der Rieskurve (Gl. 36). Namentlich bezieht sich $tg \gamma_a$ auf den Bogenanfang und $tg \gamma_v$ auf das Bogenende;

$tg \gamma$ = ist auch die Projektion von $tg \beta$ in der Normalebene der Rieskurve (Gl. 36), schliesslich ist auch die Verhältniszahl zwischen dem Quadrate der Geschwindigkeit und der Konstante der Rieskurve (Gl. 36, 46, 47);

$tg \gamma_c$ = bestimmt die stationäre Gleitgeschwindigkeit c in der Rieskurve (Gl. 47);

v = die Neigungszahl der Riese (Gl. 27, 37). Speziell ist

v_a = die Neigungszahl am Bogenanfang, und v_v diejenige am Bogenende;

Gl. (43a) bestimmt die Gleitgeschwindigkeit am Ende des dem Zentriwinkel φ entsprechenden Bogens, falls der Widerstandskoeffizient μ und die Gleitgeschwindigkeit am Bogenanfang v_a bekannt ist.

Die Neigungszahl v in dieser Gleichung wird nach Gl. (57) schätzungsweise bestimmt, und bei der ersten annähernden Berechnung mit

$$v_v = \mu, \text{ falls } 0 < \mu < v_a \text{ (vergl. auch Gl. 49)}$$

$$v_v = v_a = \mu, \text{ falls } 0 < \mu = v_a$$

$$v_v = tg \alpha, \text{ falls } 0 < v_a < \mu \text{ (vergl. auch Gl. 50)}$$

angenommen. Im letzteren Falle geht Gl. (43a) in Gl. (51a) über.

b) Die Rieskurve liegt in der Horizontalebene $a = 0$.

$k = rg$ (m/sec)² Konstante der Rieskurve;

$tg \beta = v^2 : rg = v^2 : k$ die der Geschwindigkeit v entsprechende Neigung der Rinnenwand im vertikalen Riesquerschnitte (Gl. 34);

$tg \gamma = tg \beta$ Neigung der Rinnenprofilltangente in der Normalebene der Rieskurve (Gl. 36). Der vertikale Riesquerschnitt ist in diesem Falle identisch mit dem Riesprofile in der Normalebene der Rieskurve;

$v = 0$ Neigungszahl der Riese;

Die Gleitgeschwindigkeit wird gebremst den Bogen entlang.

Gl. (52a) bestimmt die Gleitgeschwindigkeit am Ende des dem Zentriwinkel φ entsprechenden Bogens, falls Widerstands-

koeffizient μ und Gleitgeschwindigkeit am Bogenanfang v_0 bekannt sind. Bei erster Berechnung wird $\cos \gamma$ dem Werte der Gl. (54) gleichgesetzt.

c) Rieskurve mit Steigung ($\varepsilon = -a$) in Gleitrichtung.

$$k = \frac{rg}{\cos \varepsilon} \text{ Konstante der Rieskurve (Gl. 35);}$$

$\text{tg } \beta =$ die der Geschwindigkeit v entsprechende Neigung der Rinnenwand im vertikalen Riesquerschnitt (Gl. 34);

$\text{tg } \gamma = \text{tg } \beta \cos \varepsilon = \frac{v^2}{k}$ Neigung der Rinnenprofiltangente in der Normalebene der Rieskurve (Gl. 36).

$$v = \text{tg } \varepsilon \cos \gamma \text{ Neigungszahl der Riese (Gl. 37).}$$

Gl. (56a) bestimmt die Gleitgeschwindigkeit am Ende des dem Zentriwinkel φ entsprechenden Bogens, falls Widerstandskoeffizient μ und Gleitgeschwindigkeit am Bogenanfang (v_0) bekannt sind. Bei ersterer Berechnung wird γ nach Gl. (55) geschätzt.

7. Anwendung der im vorigen Punkte aufgestellten Formeln. Die Genauigkeit der nach diesen annähernden Formeln erhaltenen Resultate wird durch Vergleichung mit den nach genaueren Formeln berechneten Resultaten überprüft. (Genauere Formeln enthält die einleitend angeführte Arbeit).

Beispiel 1. Auf Grund folgender Angaben: $\varphi = 90^\circ$, $\text{arc } \gamma = 1,571$, $r = 200 \text{ m}$, $a = 16^{\circ}42'$, $v_0 = 17,2 \text{ m/sec}$ und $\mu = 0,20$ wurde vorerst $\gamma_a = 8^{\circ}11'$, $v_a = 0,297$, u. $k = 2048 \text{ (m/sec)}^2$ aus den Gleichungen 35, 36 u. 45 berechnet, sodann — da $0 < \mu < v_0$ ist — die Neigungszahl $v = 0,2485$ nach Gl. (49) geschätzt. Mit diesem Werte wurde sodann $\gamma_v = 17^{\circ}45'$ aus Gl. (43a), und $v_v = 0,286$ aus Gl. (37) berechnet. Da sich die letztere Zahl von der vorausgesetzten Zahl $v_v = \mu = 0,2$ relativ bedeutend unterscheidet, so wurde die Rechnung mit dem eben erhaltenen Werte $v_v = 0,286$ wiederholt. Zum zweitenmal wurde $v = 1/2 (0,297 + 0,286) = 0,292$ geschätzt, dann $\gamma_v = 23^{\circ}10'$ aus Gl. (43a) und $v_v = 0,276$ aus Gl. (37) berechnet. Da sich nun die geschätzte (0,286) und nochmals berechnete Neigungszahl (0,292) wenig voneinander unterscheiden, so wurde schliesslich die Endgeschwindigkeit mit $v = 29,6 \text{ m/sec}$ aus Gl. (36) bestimmt. Die stationäre Gleitgeschwindigkeit dieser Rieskurve (mit $\mu = 0,2$) beträgt $c = 47,9 \text{ m/sec}$ (aus Gl. 47 u. 36).

Nach Form. (81) der einleitend angeführten Arbeit und nach Gl. (36) bestehen zwischen τ und γ die Beziehungen (58) und (58a). Mittels dieser Beziehungen wurden die oben erhaltenen Ergebnisse der annähernden Formeln nach genaueren For-

meln (81) und (86) überprüft. Der genauere Wert der Endgeschwindigkeit ist $v = 29,3$ m/sec, der sich vom annähernden Werte $v = 29,6$ m/sec praktisch kaum unterscheidet. Die darauf folgenden Beispiele bestätigen praktisch die genügend genaue Übereinstimmung der annähernden mit den genauer berechneten Ergebnissen auch in den übrigen behandelten Fällen.

8. *Kräfte, die in Kurven der Schwellenprofilriese auf einen schweren Körper einwirken.* Wie bei Rinnenprofil so auch bei Schwellenprofil ist die Neigungszahl v durch Gl. 27 angegeben, falls Längsneigung (α) und Querneigung der Sohle ($\beta > 0$) vorhanden sind. Die Querneigung hängt von der voraussichtlich kleinsten Anfangsgeschwindigkeit (Gl. 59) und diese vom vermutlichen Kleinstwerte der Reibungszahl μ_1 ab. Zwischen der Querneigung der Riessohle und der kleinsten Anfangsgeschwindigkeit besteht also die durch Gl. 59a festgestellte Beziehung.

In der Regel ist $tg \beta$ ein kleiner, und $(\cos \alpha \, tg \beta)^2$ ein noch kleinerer echter Bruch, den man ausser acht lassen kann. Infolgedessen nehmen die Formeln der Neigungszahl und der Tangentialkraft in Kurven der Schwellenriese die Form der Gl. (60) an, in welcher μ_1 die Widerstandszahl an der Riessohle bedeutet.

Wird die Geschwindigkeit v_{am} überschritten, so streift das gleitende Holz infolge vergrößerter Fliehkraft auch die äusseren Riessohlenrande befestigte Wehrbäumewand u. zw. mit dem vorderen zu diesem Zwecke mit Spranz versehenen Ende. Dadurch entsteht noch ein zuzüglicher durch Gl. 61 angegebener Bewegungswiderstand. In letzterer Formel bedeutet W_2 die Reaktion und μ_2 die Widerstandszahl an der Wehrbäumewand. Durch diesen Widerstand verkleinert sich die Tangentialkraft zu dem durch Gl. (62), bzw. (64) angegebenen Betrage. Die Formel (60) bestimmt die Tangentialkraft im Falle $W_2 = 0$, d. h. wenn das Riesholz ohne an die Wehrbäumewand zu streifen, in der Rieskurve gleitet. Dagegen gibt Gl. (65) die Tangentialkraft an, falls $\beta = 0$, d. h. falls die Riessohle keine Querneigung hat. Gleichmässig gleitet das Riesholz, wenn die Tangentialkraft in jedem Kurvenpunkte gleich Null ist. In solchen Fällen ist die Anfangsgeschwindigkeit (v_a) zugleich die stationäre Gleitgeschwindigkeit (Gl. 66). Ist die Bedingung $tg \beta > 0$ und $0 < \mu_1 = tg \alpha$ erfüllt, so ist v_{am} die stationäre Gleitgeschwindigkeit, und das Riesholz streift nicht die Wehrbäumewand, denn es ist $W_2 = 0$. Hat die Riessohle keine Querneigung, so besteht stationäre Geschwindigkeit nur im Falle $0 < \mu_1 \leq tg \alpha$, und ihr Betrag ist dann durch Gl. (66a) bestimmt. Stationäre Geschwindigkeit besteht auch in den Fällen $\mu_1 > tg \alpha > 0$, wenn auch die Bedingung $v_{am}^2 : k > (\mu_1 - tg \alpha) : \mu_2$ erfüllt ist; ihr Betrag ist durch Gl. (66b) angegeben. Die stationäre Geschwindigkeit in

Fällen $0 < \mu_1 < tg \alpha$ kann nicht gleich Null sein; dagegen ist sie gleich Null in Fällen $\mu_1 > tg \alpha > 0$, wenn auch die Bedingung (66c) erfüllt ist. In Fällen, in welchen $\mu_1 > tg \alpha > 0$ ist, wenn auch die Bedingung (66d) erfüllt ist, besteht keine stationäre Geschwindigkeit, denn nach Gl. (66) ist c in diesen Fällen imaginär.

Die Widerstandszahl μ_1 an der Riessohle ist bekannt, da sie in geraden und krummen Strecken derselben Riese für dasselbe Riesholz dieselbe ist. Von dieser Zahl unterscheidet sich die Widerstandszahl μ_2 an den Wehrbäumewänden, denn die gegenseitige Lage der Fasern des Riesholzes und der Schwellen, ferner die Lage der angeschnittenen Spranzfasern und Fasern der Wehrbäume ist unterschiedlich. Zuverlässige Angaben über die Zahlen μ_2 können nicht gemacht werden. Wahrscheinlich in derselben Riese und für dasselbe Riesholz ist μ_2 etwas grösser als μ_1 . Oft wird man sie gleichsetzen können.

Schliesslich, nach Aufstellung der Gleichung und Erklärung der stationären Geschwindigkeit, kann die Tangentialkraft in Kurven der Schwellenprofilriese durch Gl. (67) — u. zw. kürzer und übersichtlicher als durch Gl. (64) — angegeben werden.

9. Geschwindigkeitsänderung eines schweren Körpers in Kurven der Schwellenprofilriese.

a) Rieskurve mit Neigung ($tg \alpha$) in Gleitrichtung; die Widerstandszahl μ_1 ist kleiner als die Neigung ($0 < \mu_1 < tg \alpha$).

Aus der Gleichung (67) folgt die Gleichung der Beschleunigung (a_t) und ihrer horizontalen Projektion (a_{tm}). Aus der bekannten Beziehung zwischen Geschwindigkeit und Beschleunigung erhalten wir sodann eine Differentialgleichung, deren Auflösung Gl. (68) enthält. Diese Gleichung gibt die Gleitgeschwindigkeit am Ende des dem Zentriwinkel φ zugehörigen Kreisbogens an. Im allgemeinen kann die Anfangsgeschwindigkeit v_a kleiner, grösser oder auch gleich der stationären Geschwindigkeit c sein.

Ist $v_a < c$, so dient zur Berechnung der Endgeschwindigkeit besser als Gl. (68), die Gl. (68a). Die kleinste Geschwindigkeit befindet sich am Bogenanfang; sie nimmt den Bogen entlang zu, bleibt aber stets kleiner als die stationäre Geschwindigkeit, denn bis zum Betrage der stationären Geschwindigkeit könnte sie nur in einem unendlich langen Bogen anwachsen.

Ist $v_a = c$, so durchgleitet der schwere Körper die Rieskurve gleichmässig.

Ist $v_a > c$, so ist zur Anwendung geeigneter Gl. (68b) als Gl. (68). Die grösste Geschwindigkeit befindet sich am Bogenanfang; sie nimmt den Bogen entlang ab, bleibt aber stets

grösser als die stationäre Geschwindigkeit; denn auf den Betrag der letzteren könnte sie nur in einem unendlich langen Bogen herabsinken.

Gl. (68) stellt die genaue Auflösung der vorausgeschickten Differentialgleichung dar (s. die einleitend angeführte Abhandlung). Da diese und weitere Gleichungen (68a) u. (68b) bereits einfachere Berechnungen erfordern, so unterliess ich die Aufstellung einfacherer annähernder Formeln.

b) Rieskurve mit Neigung ($tg\ \alpha$) in Gleitrichtung; die Widerstandszahl μ_1 ist gleich dem Gefälle ($0 < \mu_1 = tg\ \alpha$). Ist die Riessohle mit einer Querneigung versehen, so ist $v_{am} > 0$. Nach Gl. (66) ist die stationäre Geschwindigkeit $c = v_{am} > 0$ und der schwere Körper gleitet in der Kurve im Falle $v_a > c = v_{am}$ oder $v_a = c = v_{am}$.

Ist $v_a > c = v_{am}$ so dient zur Berechnung der Endgeschwindigkeit die aus Gl. (68b) abgeleitete Gl. (68c). Die Gleitgeschwindigkeit nimmt vom Grösstwert am Bogenfang, gegen das Bogenende ab, bleibt aber stets grösser als die stationäre Geschwindigkeit.

Ist $v_a = v_{am}$, so gleitet der schwere Körper mit dieser Geschwindigkeit gleichmässig den Bogen entlang.

c) Rieskurve mit Neigung ($tg\ \alpha$) in Gleitrichtung. Die Widerstandszahl μ_1 ist gleich der Neigung ($0 < \mu_1 = tg\ \alpha$), die Riessohle hat aber keine Querneigung ($\beta = 0$). In diesem Falle ist $v_{am} = 0$ und $c = 0$. Man berechnet die Endgeschwindigkeit nach Gl. (68d), die aus Gl. (68b) oder (68c) hervorgeht.

d) Rieskurve mit Neigung ($tg\ \alpha$) in Gleitrichtung; die Widerstandszahl μ_1 ist grösser als die Neigung ($\mu_1 > tg\ \alpha > 0$) und die Riessohle ist mit Querneigung versehen. Die stationäre Geschwindigkeit (vergl. Gl. 66) kann grösser als Null sein, wenn die Bedingung (66b) erfüllt ist. Dabei sind die Fälle $v_a > v_{am}$ und $v_a = v_{am}$ zu unterscheiden.

Ist $v_a > v_{am}$, so ist $W_2 > 0$ (vergl. Gl. 63) und für die Berechnung der Endgeschwindigkeit kommt Gl. (68b) in Betracht (denn es ist $v_a > v_{am} > c$).

Ist $v_a = v_{am}$, so ist $W_2 = 0$ und Gl. (68) kommt überhaupt nicht in Betracht. In diesem Falle ist die Tangentialkraft (T_1) negativ, also gleitet der schwere Körper mit Verzögerung (a_t). Aus der Beziehung zwischen Geschwindigkeit und Verzögerung folgt dann die Differentialgleichung, deren Auflösung die Gl. (69) ist. Nach dieser Gleichung wird die Endgeschwindigkeit berechnet.

e) Rieskurve mit Neigung ($tg\ \alpha$) in Gleitrichtung; die Widerstandszahl μ_1 ist grösser als das Gefälle ($\mu_1 > tg\ \alpha > 0$) und die Riessohle ist mit Querneigung versehen. Die stationäre Geschwindigkeit kann gleich Null sein, falls die Bedingung (66c)

erfüllt ist. Dabei kann die Anfangsgeschwindigkeit $v_a > v_{am}$, oder $v_a = v_{am}$ sein.

Im Falle $v_a > v_{am}$ ist auch $W_2 > 0$ (vergl. Gl. 63), und die Tangentialkraft hat den aufgeschriebenen negativen Wert. Unter Einwirkung solch einer Kraft ändert sich die Gleitgeschwindigkeit nach Gl. (70). Sie nimmt gegen das Bogenende ab. Da aber die Geschwindigkeit am Bogenfang $v = v_a > v_{am}$ war, so kann sie mit zunehmenden Zentriwinkel φ auch auf $v = v_{am}$ herabsinken. Das geschieht im Kurvenpunkte, in welchem der Zentriwinkel φ auf den Betrag der Gl. (71) angewachsen ist. Nur bis zu diesem Kurvenpunkte behält Gl. (70) ihre Geltung; bei weiterem Gleiten ändert sich die Geschwindigkeit nach Gl. (69).

Im Falle $v_a = v_{am}$ ändert sich ebenso die Gleitgeschwindigkeit aus denselben Gründen nach Gl. (69).

f) Rieskurve mit Steigung ($\varepsilon = -\alpha$) in Gleitrichtung; die Riessohle ist mit Querneigung versehen und es ist $v_a > v_{am}$. Gl. (64) der Tangentialkraft geht in Gl. (72) über. Diese Kraft bewirkt die Verzögerung α_r . Mittels der bekannten Beziehung zwischen Verzögerung und Geschwindigkeit gelangen wir zur Gleichung der Endgeschwindigkeit (73). Der Grösstwert der Geschwindigkeit befindet sich am Bogenanfange; sie nimmt gegen das Bogenende ab. Bei dem Werte $v = v_{am}$ ist der Zentriwinkel φ auf den Betrag der Gl. (74) angewachsen; darum stellt Gl. (74) auch die Geltungsgrenze der Gl. (73) dar. Über diese Grenze hinaus ändert sich die Geschwindigkeit nach Gl. (75). Die anschließenden Gl. (73a) und (74a) können bisweilen die genaueren Gl. (73) bzw. (74) ersetzen.

g) Rieskurve mit Steigung ($\varepsilon = -\alpha$) in Gleitrichtung; die Riessohle ist mit Querneigung versehen, und es ist $v_a = v_{am}$. Die Tangentialkraft ist durch Gl. T und die Verzögerung durch Gl. α_r , bzw. α_{th} bestimmt. Aus der Beziehung zwischen Geschwindigkeit und Verzögerung folgt die Differentialgleichung $v dv$, deren Auflösung Gl. (75) enthält. Diese Gleichung bestimmt die Endgeschwindigkeit unter den vorausgesetzten Bedingungen.

h) Rieskurve mit Steigung ($\varepsilon = -\alpha$) in Gleitrichtung; die Riessohle ist aber mit keiner Querneigung versehen. Es ist also $v_{am} = 0$, und nur dadurch unterscheidet sich dieser Fall von dem unter (f) behandeltem Falle. Aus Gl. (73), für $v_{am} = 0$, folgt Gl. (76), die die gesuchte Endgeschwindigkeit bestimmt.

i) Die Rieskurve liegt in der Horizontalebene ($\varepsilon = -\alpha = 0$), die Riessohle ist mit Querneigung versehen und es ist $v_a > v_{am}$. Mit $\varepsilon = 0$ aus der Gl. (73) folgt unmittelbar die Gl. (77), welche die Endgeschwindigkeit bestimmt. Grösswert der Geschwindigkeit tritt am Bogenanfang ein; die Geschwindigkeit nimmt gegen das Bogenende ab, und im Kurvenpunkte, in welchem sie

auf den Betrag $v = v_{am}$ herabgesunken ist, ist der Zentriwinkel φ auf den Betrag der Gl. (78) angestiegen. Die letztere Gleichung bestimmt also auch die Gültigkeitsgrenze der Gl. (77). Über diese Grenze hinaus ändert sich die Geschwindigkeit nach Gl. (79).

j) Die Rieskurve liegt in der Horizontalebene, die Riessohle ist mit Querneigung versehen, und es ist $v_a = v_{am}$. Für die Berechnung der Endgeschwindigkeit massgebend ist die aus Gl. (75) für $\varepsilon = 0$ unmittelbar folgende Gl. (79).

k) Die Rieskurve liegt in der Horizontalebene, die Riessohle hat aber keine Querneigung. Aus der Gl. (76), für $\varepsilon = 0$, folgt unmittelbar die Gl. (80), welche die Endgeschwindigkeit bestimmt.

10. Formelnübersicht zur Berechnung der Gleitgeschwindigkeit in Kurven der Schwellenprofilriese.

Allgemeine Bezeichnungen

g (m/sec²) = Fallbeschleunigung.

r (m) = Kreishalbmesser (Tracierungshalbmesser).

φ = Zentriwinkel des Kreisbogens (d. h. Zentriwinkel der horizontalen Projektion der Rieskurve).

β = Querneigung der Riesbahnsohle.

μ_1 = Reibungszahl an der Riessohle.

μ_2 = Reibungszahl an der Wehrbäumewand.

v_{am} (m/sec) = voraussichtlicher Kleinstwert der Gleitgeschwindigkeit am Bogenanfang; wird mittels Grösstwert der Reibungszahl bestimmt.

v_a (m/sec) = Gleitgeschwindigkeit am Bogenanfang (Anfangsgeschwindigkeit) und

v (m/sec) = am Bogenende (Endgeschwindigkeit).

a) Rieskurve mit Neigung ($tg\ a$) in Gleitrichtung, die Widerstandszahl μ_1 ist kleiner als die Neigung ($tg\ a > \mu_1 > 0$).

Gl. (35) bestimmt die Konstante der Rieskurve (k).

Gl. (59) und (59a) bestimmen die Beziehung zwischen Querneigung und Kleinstwert der Anfangsgeschwindigkeit.

Gl. (66) bestimmt die stationäre Geschwindigkeit in der Rieskurve allgemein.

$c = v_{am}$ die stationäre Geschwindigkeit im Falle $\beta > 0, \mu_1 = tg\ a$.

Gl. (66a) bestimmt die stationäre Geschwindigkeit im Falle $\beta = 0, \mu_1 < tg\ a$.

Gl. (66b) mit Nebenbedingung bestimmt die stationäre Geschwindigkeit im Falle $\beta > 0, \mu_1 > tg\ a$.

Die Geschwindigkeit am Ende des dem Zentriwinkel φ zukommenden Bogens wird berechnet nach:

1. Gl. (68a) wenn $0 < \mu_1 < \operatorname{tg} \alpha$, $v_a < c$
Gl. (68b) wenn $0 < \mu_1 < \operatorname{tg} \alpha$, $v_a > c$
2. Gl. (68c) wenn $0 < \mu_1 = \operatorname{tg} \alpha$, $\beta > 0$, $v_a > v_{am} = c$;
ist aber $v_a = v_{am} = c$, so ist auch $v = v_{am} = c$.
3. Gl. (68d) wenn $0 < \mu_1 = \operatorname{tg} \alpha$, $\beta = 0$, $c = 0$.
4. Gl. (68b) wenn $0 < \operatorname{tg} \alpha < \mu_1$, $\beta > 0$, $c > 0$, $v_a > v_{am}$.
Gl. (69) wenn $0 < \operatorname{tg} \alpha < \mu_1$, $\beta > 0$, $c > 0$, $v_a = v_{am}$.
5. Gl. (70) wenn $0 < \operatorname{tg} \alpha < \mu_1$, $\beta > 0$, $c = 0$, $v_a > v_{am}$.

Die Gültigkeit der Gl. (70) reicht aber nur bis zum durch Gl. (71) angegebenen Werte des Zentriwinkels φ ; über diese Grenze hinaus, und im Falle $v_a = v_{am}$ wird die Endgeschwindigkeit nach Gl. (69) berechnet.

b) Die Rieskurve liegt in der Horizontalebene ($\alpha = \varepsilon = 0$).

$k = rg$ Konstante der Rieskurve (Gl. 35).

$$\frac{v_{am}^2}{k} = \frac{v_{am}^2}{rg} = \operatorname{tg} \beta \text{ Querneigung der Riesbahnsohle (34, 59, 59a).}$$

Die Geschwindigkeit am Ende des dem Zentriwinkel φ zukommenden Bogens wird berechnet nach:

6. Gl. (77), falls $\beta > 0$ und $v_a > v_{am}$, aber nur bis zum durch Gl. (78) angegebenen Werte des Zentriwinkels φ .
Über diese Grenze hinaus nach Gl. (79).
7. Gl. (79) falls $\beta > 0$ und $v_a = v_{am}$.
8. Gl. (80) falls $\beta = 0$.

c) Rieskurve mit Steigung ($\varepsilon = -\alpha$) in Gleitrichtung.

$$k = \frac{rg}{\cos \varepsilon} \text{ Konstante der Rieskurve (Gl. 35)}$$

$$\frac{v_{am}^2}{rg} = \operatorname{tg} \beta \text{ Querneigung der Riesbahnsohle (34, 59, 59a).}$$

Die Geschwindigkeit am Ende des dem Zentriwinkel φ zukommenden Bogens wird berechnet nach:

9. Gl. (73) wenn $\beta > 0$ und $v_a > v_{am}$, aber nur bis zum durch Gl. (74) angegebenen Werte des Zentriwinkels φ .
Über diese Grenze hinaus nach Gl. (75).

Die genaueren Gl. (73) und (74) können bisweilen durch die annähernden Gl. (73a) und (74a) ersetzt werden.

10. Gl. (75) wenn $\beta > 0$ und $v_a = v_{am}$.
11. Gl. (76) wenn $\beta = 0$ und $v_{am} = 0$.

11. *Anwendung der im vorigen Punkte angeführten Formeln.*
In den Beispielen 1 bis 8 u. 11 wurden genauere, und in den Beispielen 9 u. 10 genauere und annähernde Formeln angewendet.

12. *Stationäre Geschwindigkeit und Konstante der Rieskurve.*

In Kurven der Rinnenprofilriese ist die stationäre Gleitgeschwindigkeit durch Gl. (47) definiert. Setzen wir $k = c^2$, so folgt aus dieser Gleichung die Gl. (81), welche besagt, dass die Konstante der Rieskurve dem Quadrate der stationären Geschwindigkeit gleich ist, falls die Längsneigung der Riese der Gl. (81) genügt.

In Kurven der Schwellenprofilriese ist die stationäre Geschwindigkeit durch Gl. (66) definiert. Setzen wir $k = c^2 - v_{am}^2$ ($v_{am}^2 = rg \operatorname{tg} \beta$), so folgt aus dieser Gleichung die Gl. (82), welche besagt, dass die Konstante der Rieskurve der Quadratendifferenz der stationären und der kleinsten Anfangsgeschwindigkeit gleich ist, falls die Längsneigung der Riese der Gl. (82) genügt.

Dr. MILAN ANDROIĆ:

BOROV ČETNJAK GNJEZDAR

(*Cnethocampa pityocampa Schiff.*)

Biološko-ekološka studija

LA PROCESSIONNAIRE DU PIN

(*Cnethocampa pityocampa Schiff.*)

Étude biologique et écologique

SADRŽAJ — SOMMAIRE

Uvod — Introduction

Kratak osvrt na gospodarsko značenje borovih sastojina — *Bref aperçu sur l'importance économique des peuplements du Pin.*

Historijski dio — Historique

Sistematske i morfološko-anatomske studije — *Études systématiques et morphologiques-anatomiques*

1. Mjesto u sistematici i morfologija — *Place dans la systématique et morphologie*
2. Genitalni organi — *Organs génitaux*
3. Varijeteti — *Variétés*
4. Jaja — *Oeufs*
5. Gusjenice — *Chenilles*
6. Kukuljice — *Chrysalides*

Biologija — Biologie

1. Općenito — *En général*
2. Vrste drveća koje napada borov četnjak — *Espèces attaquées par la Processionnaire du Pin*

Rasprostranjenje — Répartition

1. Općenito — *En général*
2. U Jugoslaviji — *En Yougoslavie*

Ekološka istraživanja — Recherches écologiques

1. Svrha istraživanja — *But des recherches*
2. Metode istraživanja. — *Méthodes des recherches*
 - a) Laboratorijska istraživanja — *Essais effectués en laboratoire*
 - b) Terenska istraživanja — *Essais dans la nature*
 - c) Kratak opis kultura — *Description brève des cultures*
3. Laboratorijska istraživanja — *Essais effectués en laboratoire*
 - a) Utjecaj konstantnih temperatura na razvoj gusjenica — *Influence des températures constantes sur le développement des chenilles*
 - b) Utjecaj sunčanog svjetla na razvoj gusjenica — *Influence de la lumière solaire sur le développement des chenilles*

- c) Utjecaj grupe na razvoj gusjenica — *Effet de groupe sur le développement des chenilles*
- d) Gladovanje gusjenica — *Inanition des chenilles*
- e) Utjecaj konstantnih temperatura na trajanje života leptira — *Influence des températures constantes sur la durée de la vie des papillons*
- f) Protandrija ili protoginija? — *Protandrie ou protogynie?*
- g) O sposobnosti leta leptira — *Capacité du vol des papillons*
- h) Utjecaj konstantnih temperatura na jaja — *Influence des températures constantes sur les oeufs*
- i) O razvoju kukuljica — *Sur le développement des chrysalides*
- 4. Terenska istraživanja — *Essais dans la nature*
 - a) Odrđivanje gradološke krivulje — *Construction de la courbe gradologique*
 - b) Koïncidencija u pojavi leptira muškog i ženskog spola — *Coïncidence dans l'apparition des papillons mâles et femelles*
 - c) Uloga klime u postanku ekoloških rasa — *Rôle du climat dans la g n se des races écologiques*
 - d) Klima i gradacije — *Climat et gradations*
 - e) Utjecaj klime na razvoj gusjenica — *Influence du climat sur le développement des chenilles*
 - f) Patogeni mikroorganizmi — *Microorganismes pathogènes*
 - g) Paraziti i njihova uloga u masovnoj pojavi  etnjaka — *Parasites et leur rôle dans l'apparition en masse*
 - h) Sterilitet jaja — *Stérilité des oeufs*
 - i) Masovna pojava i tlo — *Apparition en masse et le sol*
 - j) Biotiċki potencijal — *Potentiel biotique*

*Zakljuċci — *Conclusions*

*Literatura — *Litt rature* — *R sum *

Radnja primljena na štampanje 21. VI. 1954.

UVOD — INTRODUCTION

Kada je 1950. godine pokušano prvi puta suzbijanje borova četnjaka gnjezdara zamagljivanjem iz aviona u Hrvatskom Primorju na otoku Cresu, vršio sam entomološka opažanja i kontrolu uspjeha u borovim kulturama *Vrana* i *Niska*. Tom prilikom primijećeno je, da se i pored toga, što je borov četnjak veoma raširen na jadranskom području, veoma malo zna o njegovim biološkim karakteristikama i ekološkim faktorima, koji utjeċu na njegov razvoj i masovnu pojavu.

Podaci strane literature, iako ne malobrojni, odnose se uglavnom na njegovu morfologiju i donekle biologiju, a podaci o njegovoj ekološkoj valencijsi veoma su oskudni. Pa i u tim radovima bilo je mnogo podataka nejasnih i kontradiktornih, a u svakom sluċaju malo primjenljivih za naše područje. Zato sam prihvatio savjet prof. dra. Kovaċeviċa, koji je pratio moj rad na Cresu, da riješim pitanje biologije ovoga štetnika kod nas, a naroċito da obradim najvaŹnije ekološke faktore, koji odreċuju njegovu ekološku valenciju. Pritome smo imali u vidu, da bi rješenje ovoga problema pomoglo pronalaženju praktiċnijih

mjera za suzbijanje ovoga štetnika od onih, koje su se do toga vremena upotrebljavale. Rad na ovome problemu donio mi je niz teškoća. Život ovoga insekta odvija se skriveno u svim fazama njegova razvoja. Léptiri leté noću, gusjenice žive u zajedničkim zaprecima, gdje borave danju, a izlaze na hranjenje samo noću. Zakukuljuju se u zemlji. Sa pravom je istaknuti francuski entomolog i istraživač Fabre rekao o ovome štetniku: »*Tout n'est pas rose dans la recherche de la vérité sur le dos de la Processionnaire*«. Mislio je pritome na neugodnosti pri radu, koje prouzrokuju »otrovne dlačice«, koje su vjerojatno odvratile mnoge naučne radnike, da se dublje pozabave proučavanjem toga štetnika.

Laboratorijske radove i užgoj štetnika vršio sam u Zavodu za entomologiju Polj. šumarskog fakulteta u Zagrebu. Terenska istraživanja vršio sam 1950.—1954. god. na otoku Cresu. Nekoje pokuse o uticaju konstantnih temperatura na razvoj gusjenica izvršio sam u Zavodu za primijenjenu entomologiju prof. P. Vayssièrea u Parizu za vrijeme moje jednogodišnje specijalizacije u Francuskoj.

Za cijelo vrijeme moga rada prof. dr. Kovačević živo se interesirao za sve probleme i davao mi pritome dragocjene savjete.

Prof. Vajda učinio je isto, naročito u obradi klimatskih utjecaja na pojavu ovoga štetnika.

Prof. Vayssièrea mi je veoma susretljivo stavio na raspolaganje uređaj i biblioteku svoga laboratorija i time omogućio izvršenje nekih laboratorijskih pokusa. Korisne savjete za prepiranje spolnih organa dao mi je P. Viette, asistent u Zavodu za entomologiju u Parizu. Determinaciju tahine *Sarcophaga haemorrhoidalis* Faller izvršio je prof. Seguy u Parizu. Parazita *Conomorium eremite* Forster, koji parazitira kukuljice odredio je M. Stefan asistent u Zavodu za entomologiju u Parizu (Entomologie agricole coloniale, Paris).

Na terenu mi je mnogo pomogao vrijedni suradnik Ivan Plišić, nadlugar na otoku Cresu, koji mi je pomogao kod fenoloških opažanja i pribiranja materijala.

Šumarski odjel Polj. šumarskog fakulteta u Zagrebu pokazao je veliko razumijevanje za moj rad i financijski omogućio izvođenje nekih pokusa. Materijalno su me pomogli u radu i bivša Glavna uprava za šumarstvo u Zagrebu, kao i bivše Šumsko gospodarstvo »Viševica« u Rijeci.

Kod izrade slika i grafikona pomogao mi je crtač Zavoda za entomologiju Budaj Vlado.

Svima onima, koji su me u radu pomogli, izričem ovdje duboku zahvalnost.

KRATAK OSVRT NA GOSPODARSKO ZNAČENJE
BOROVIH SASTOJINA — BREF APERÇU SUR L'IM-
PORTANCE ÉCONOMIQUE DES PEUPLEMENTS
DU PIN

Uz sve novije pokušaje i metode ozelenjavanja golih kraških površina, pošumljavanje raznim vrstama borova, a naročito crnim i alepskim borom, daje još uvijek vrlo dobre rezultate.

Donosimo ovdje nekoliko podataka* o borovim sastojinama u Jugoslaviji i NR Hrvatskoj, iz kojih se može vidjeti značenje ovih vrsta drveća, koje pored prednosti za pošumljavanje našega Krša zbog svojih šumsko-uzgojnih svojstava imaju i ekonomsko značenje.

Tabela br. 1 pokazuje nam površine, koje zapremaju razne vrste borova u pojedinim republikama.

Površine, koje zapremaju razne vrste borova u pojedinim republikama

*Superficies occupées par différentes espèces du Pin noir dans les
Républiques yougoslaves*

Tab. 1

Républika République	Površina u ha — Superficie en ha			Ukupno Total ha
	Crni bor Pin noir	Bijeli bor Pin sylvestre	Alepski bor Pin d' Alep	
Srbija				20.000
Hrvatska	8.216	1.757	12.809	22.782
Slovenija	10.000	30.000		40.000
Bosna i Herc.				182.807
Crna Gora				17.020
Makedonija				14.665
	Sveukupno — Total			297.274

Prema podacima iz 1951. god., u NR Hrvatskoj uključivši i teritorij Istre, iznosi broj borovih stabala iznad 30 cm pp:

Crni bor 525.640 stab.

Bijeli bor 94.807 „

Alepski bor 332.800 „

Ukupno 953.247 stab.

na površini od 11.581 ha.

* Podaci dobiveni od biv. Min. šum. NRH 1952. g.

Tabela br. 2 daje nam pregled borovih stabala iznad 30 cm pp u NR Hrvatskoj, po šumskim gospodarstvima.

Nombre de tiges > 30 cm de diamètre à hauteur d'homme par entreprise forestière

Tab. 2

Šum. gospodarstvo Entreprise forestière	Broj stabala iznad 30 cm pp. Nombre de tiges > 30 cm de diamètre à hauteur d' homme			Svega Total	Površina Superficie ha
	Crni bor Pin noir	Bijeli bor Pin sylvestre	Alepsi bor Pin d' Alep		
Š. G. Dalmacija	323.251		332.500	655.751	4.357
Š. G. Viševica	51.459	403	300	52.162	3.252
Š. G. Šamarica	58.640			58.640	690
K. N. O. Drniš	14.000			14.000	143
K. N. O. Rijeka	44.813			44.813	812
K. N. O. Delnice	190			190	21
Š. G. Kapela	30.666	70.985		101.651	1.922
Š. G. Garjevica	2.622	23.419		26.041	384
Svega - Total	525.641	94.807	332.800	953.248	11.581

Iz te tabele vidljivo je, da od ukupnog broja borovih stabala oko 80% otpada na područje Hrv. Primorja i Dalmacije.

Najveći dio iskazanih borovih šuma, dakle, nalazi se na krševitom i plitkom tlu, na strmim i često buri izloženim položajima. One tu služe kao zaštita tlu od stvaranja goleti, kao burobrani pojasevi ili za uljepšavanje mjesta i okolice. No u nekim slučajevima ne smijemo zanemariti i njihovo ekonomsko značenje. Znatni prihod iz borovih šuma daje smola. Samo u jednom periodu od 4 godine dobilo se u Hrvatskoj 24.808 kg smole, a odavle 2.893 kg terpentina i 19.168 kg kolofonija. No to je još daleko od toga, da podmiri potrebe, koje su prije rata iznosile za Jugoslaviju: 2 milijuna kg kolofonija i 400.000 kg terpentinskog ulja. Ovome treba još dodati nekoliko hiljada kila borova sjemena i milijunske brojeve borovih biljaka potrebnih za pošumljavanje:

Za pošumljavanje krša kod nas dolaze u obzir uglavnom crni i alepski bor.

CRNI BOR (*Pinus nigra* Arn. var. *austriaca* Hoess) od svih borova najbolje podnosi nepovoljne prilike, koje na kraškim terenima vladaju u pogledu klime i tla. Pošumljavanjem tih terena ovom vrsti postiže se relativno brzo obogaćivanje tla organskim supstancama i kompletna zaštita tla. Ipak, zbog relativno slabe kvalitete drva, zbog opasnosti od požara, kojoj su izvrgnute, kao i zbog opasnosti, koja im prijete od gljiva i štetnika, predstavljaju borove kulture tek prelazni oblik, pa se već prije 30. godine starosti (to vrijeme zavisi o prilikama) mora misliti na konverziju i, gdje je god to moguće, unositi na popravljeno tlo pogodne listače.

ALEPSKI BOR (*Pinus halepensis* Mill.) dolazi kod nas u mediteranskoj zoni prirodno (srednja Dalmacija), a u Hrv. Primorju je umjetno unesen (Petračić, 1925), U pogledu tla ima iste zahtjeve kao i crni bor. Slabije podnosi vjetar i posolicu. Bogatiji je smolom od crnoga bora. Kora mu se upotrebljava za bojenje ribarskih mreža.

Najrašireniji i najznačajniji štetnik svih vrsta borova jest borov četnjak gnjezdar, pa njegovo proučavanje s obzirom na prije navedene činjenice, ima za naše jadransko područje naročito značenje.

HISTORIJSKI DIO — HISTORIQUE

Borov. četnjak gnjezdar (*Cnethocampa pityocampa* Schiff.) spominje se već u najstarija vremena, istina, ne kao šumski štetnik, već zbog svojih »otrovnih dlačica«, koje su zbog toga što izazivaju upalu sluznica i urtikariju na koži, predstavljale veliku neugodnost za ljude i stoku, koja bi u napadnutim šumama boravila. Tako 200 godina prije naše ere (Lapie, 1923) *Dioskorid*, a zatim 20 godina p. n. e. *Plinije* navode, da je taj štetnik raširen u borovim šumama mediteranskih krajeva.

Biologiju četnjaka gnjezdara proučavali su *Francuzi*: Réaumur i poslije *Fabre* (1922), koji je dao dosada najpotpuniji prikaz u tome pogledu. *Dufrenoy* (1921) je opisao bolesti, koje na gusjenicama ovoga leptira uzrokuju bakterije.

U Njemačkoj su ga opisali šumarski entomolozi: *Altum* (1851), *Ratzeburg* (1840), *Müller* (1887) i *Judeich-Nitsche* (1895). Opis i biologiju ovoga štetnika nalazimo također u udžbenicima šumarske entomologije od *Barbeya* (1925), *Cecconija* (1924), *Della Beffe* (1922) i dr. O otrovnosti dlačica četnjaka postoje značajni medicinski radovi *Weidnera* (1937) i *Lapiea* (1923). O broju jaja, o otrovnim dlakama i unutrašnjim spolnim organima ženki pisao je *Scheidter* (1934).

U novije vrijeme bave se u Francuskoj proučavanjem ekoloških faktora, koji djeluju na borova četnjaka gnjezdara *Grison* i *Biliotti* (posljednji proučava parazite). Virusnu bolest gusjenica opisao je u najnovije vrijeme *Vago* (1953).

Mnogo više od bioloških, odnosno ekoloških problema obrađeni su u literaturi problemi njegova suzbijanja. Na tome polju

istakli su se naročito Talijani: *Binaghi* (1947), *Antonigiovanni* (1947), *Furlani* (1946), *Tirelli* (1951), *Pepe* (1951) *Pavan* (1951) i *Tiraboschi* (1952), a od Francuza *Grisson* i *Biliotti* (1952—1954).

Naša literatura o borovu četnjaku gnjezdaru naročito je oskudna. U Šumarskom listu objavljen je jedan članak *Radčenk*a (1927), u kome je autor donio opis ovoga štetnika i neka opažanja o biologiji i utjecaju klime na njegovu masovnu pojavu. Nešto više podataka o njegovoj pojavi u primorskim krajevima objavio je *Langhoffer* (1927). *Beltram* (1947) je pisao o posljedicama, koje svojim brštenjem prouzrokuju gusjenice na borovim stablima. *Kovačević* (1947) i (1949) je objavio u Šumarskom listu dva članka o značenju jajnih parazita za masovnu pojavu štetnika, i tom prilikom spominje neke jajne parazite i hiperparazite kod borova četnjaka gnjezdara. *Vajda* (1946) je u istom časopisu donio pregled borovih sastojina napadnutih te godine u NR Hrvatskoj od toga štetnika. U Sloveniji su pored Beltrama o njemu pisali *Barić* (1951) i *Kafol* (1951), a u Srbiji *Žvojinović* (1948).

SISTEMATSKE I MORFOLOŠKO-ANATOMSKE STUDIJE — ÉTUDES SYSTEMATIQUES ET MORPHOLOGIQUES-ANATOMIQUES

1. Mjesto u sistematici i morfologija — Place dans la systématique et morphologie

Dugo vremena nije bilo jasno određeno mjesto leptira borova četnjaka gnjezdara u sistematici. *Ratzeburg* (1840) je uvrstio *Cnethocampa ptyocampa* zajedno sa leptirima *C. processionea* i *C. pinivora* među noćne leptire roda *Phalaena* Linn., podrod *Bombyx* Linn. Klasifikacija unutar toga roda temeljila se više ili manje na nekim biološkim svjostvima. Tako je na pr. isti autor spomenuta tri leptira i *Gastropacha lanestris* i *neustria* uvrstio među leptire, kojih gusjenice imaju ove karakteristike: a) žive na lišću ili iglicama; b) imaju 14—16 nogu bez bradavica i zakukuljuju se u čvrstom kokonu; c) gusjenice žive u nepotpunim ili potpunim zajednicama.

Kasniji autori: *Altum*, *Judeich-Nitsche*, *Wolf-Krausse* i dr. svrstali su četnjake u familiju *Bombycidae*. Još prije toga vremena, sve vrste, koje danas ubrajamo u familiju *Thaumetopoeidae*, svrstao je *Hübner* (1822) u rod *Thaumetopoea*. *Stephens* (1828) — cit. *Agenjoa*, je te vrste ujedinio u rod *Cnethocampa* familije *Notodontidae*. Tek 1900. god. izdvojena je posebna familija *Thaumetopoeidae*: U tu familiju uvrstili su borova četnjaka gnjezdara *Strand* (1913), *Della Beffa* (1931) i dr., a ovu klasifikaciju prihvatili su i neki noviji autori (*Agenjo*, 1941). No

još uvijek toj familiji palearktičkih leptira, srodnih s jedne strane Lymantridama, a s druge strane Lasiocampidama, čini se, i danas nije nadeno sigurno mjesto u sistematici. Tako *Herbulot* (1948) izričito kaže, da nema karakteristika, koje bi dopuštale, da se odijeli familija *Thaumetopoeidae* od familije *Ceruridae*. On dijeli *Ceruridae* (= *Notodontidea*) u 18 rodova, od kojih je jedan *Thaumetopoea* Hb. (= *Cnethocampa* Steph.).

Bourgogne (1952) je postavio ovu klasifikaciju:

Red: *Lepidoptera*

Podred: *Heteroneura*

Odio: *Dytrisia*

Nadporodica: *Noctuoidea* Mosher

Porodica: *Notodontidae* Stephens, (*Ceruridae* Hamps)

Grupa: *Thaumetopoeinae* Aurivillius

Rod: *Thaumetopoea*

Agenjo (1941), autor odlične monografije o *Thaumetopoeidama* izdvojio je pod tim imenom posebnu porodicu, koju ćemo prema istome autoru ukratko opisati.

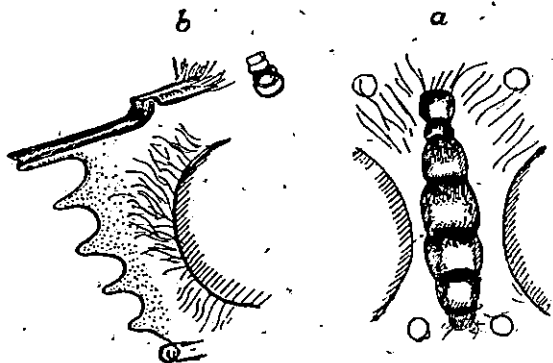
Ticala kratka, jedva dostižu polovinu ruba prednjih krila. Dvostruko su češljasta i kod ženke mnogo šira. Čelo snabdjeveno hitinskom krijestom, koja može biti nazubljena ili glatka (*cantus*). Oči bez ocela. Rilo atrofirano. Palpe karakteriziraju 2 članka, od kojih je prvi veći. Toraks je obrastao dlakama. Prednje noge imaju dobro razvijenu epifizu, koja je kod ženki jača nego kod mužjaka. Neke vrste imaju na unutrašnjoj prednjoj strani tibije zub, a neke su bez toga zuba (vidi sl. 3). Srednje noge sa 2, a stražnje samo sa 1 parom mamuza. Abdomen je kod mužjaka koničan i obrastao žutim dlačicama. Kod ženke je snabdjeven ljuskama, kojima oblaže jaja. Forma tih ljusaka je karakteristična za pojedine vrste.

Sistem žila sličan je onome kod *Notodontida*. Subkostalna žila prednjih krila izdvaja se iznad ostalih nešto iza baze i završava na kostalnom rubu u 2/3 njegove dužine. Radius se grana na ovaj način: R_1 se odvaja nešto prije vrha medijalnog polja. R_5 na jednakoj udaljenosti eksternog ruba i vrha medijalnog polja. R_2 je bliži bazi R_3 nego onoj od R_3 i R_4 . Ove posljednje završavaju na jednakoj udaljenosti iznad apeksa odnosno ispod njega. M_1 nastaje na samom radijusu. M_2 je jednako udaljena od M_1 i M_3 . Cu_1 je bliža M_3 , a više udaljena od Cu_2 . Posteriorni cubitus se slabo opaža. Analne žile su blizu jedna drugoj i spajaju se na 1/3 dužine počevši od baze.

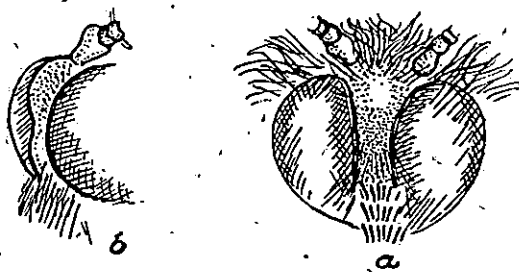
Kod stražnjih krila Sc se u prvoj trećini dužine približava medijalnom polju. R i M_1 se odvajaju u 2/3 dužine računajući od svršetka medijalnog polja. M_2 slabo markantna jednako je udaljena od M_1 i M_3 . Cu_1 je također spojena sa granom dviju prednjih počevši od celule, no ipak više prema bazi. Analne žile su u polju slobodne.

Kao obično mužjaci su manji od ženki. Prednja krila mužjaka su sive boje ukrašena sa 3 poprečne linije i diskoidalnom mrljom. Boja krila kod ženke je nešto svjetlija, a poprečne linije i mrlja manje markantne. Stražnja krila su bijela i imaju analnu mrlju crne boje. Donja strana prednjih krila kod oba spola je jednoliko siva, kod stražnjih bijela.

Vanjski spolni organi mužjaka iz ove familije su veoma karakteristični. *Uncus* sa *subuncusima* nalazi se okomito na *tegmentu* ili formirajući sa njime oštri kut. *Tegment* je dobro razvijen a *saccus* bez nekih naročitih karakteristika. *Paramere* su bez *harpa* osim kod dviju vrsta, gdje su one rudimentarne. *Aedeagus* je tipičan za familiju, ali ne i za pojedine vrste. *Fultura* je različitog oblika i karakteristična za svaku vrstu, pa je uz *paramere* veoma važna za klasifikaciju.



Sl. — Fig. 2. Cantus hrastova četnjaka: a) izgled jeda, b) izgled sa strane (poveć. 20×) — Cantus de la Processionnaire du Pin: a) vue d'avant, b) vue latérale (aggrand. 20×)



Sl. — Fig. 2. Cantus hrastova četnjaka: a) izgled s prijedra, b) izgled sa strane (poveć. 20×) — Cantus de la Processionnaire du Chêne: a) vue d'avant, b) vue latérale (aggrand. 20×)

Vanjski spolni organi ženki su bez naročitih karakteristika. Gledani izvana imaju oblik heksagona, koji formira IX tergite i sternite, koji variraju kod pojedinih vrsta, pa su uz analne ljuske veoma važni za determinaciju vrsta.

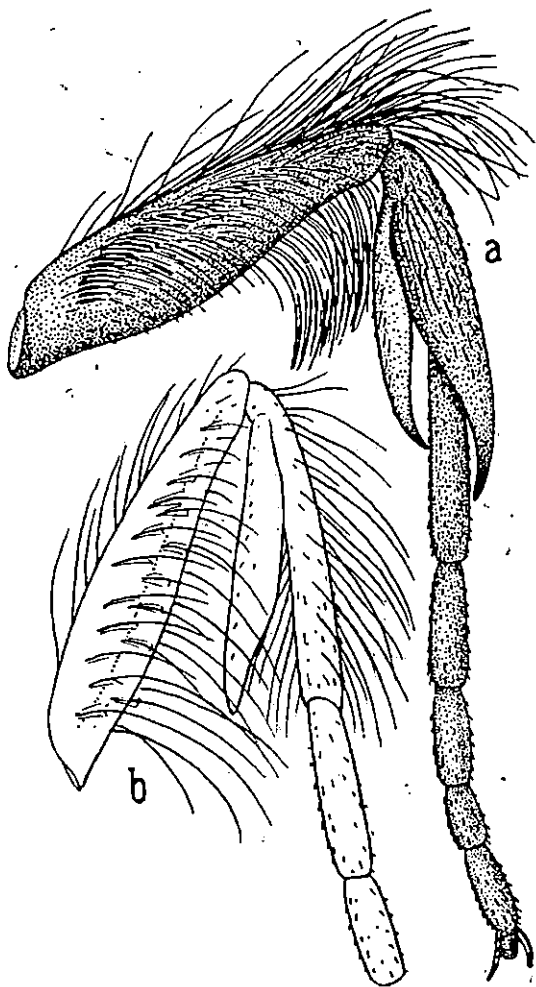
Agenjo je u familiju *Thaumetopoeidae* uključio samo jedan rod *Thaumetopoea* sa dva podroda: *Thaumetopoea* (tip *processionaria* L.) i *Traumatocampa* Wallengren (tip *pinivora* Tr.).

Podjela na podrodove izvršena je na temelju ovih karakteristika:

Traumatocampa: cantus nazubljen; prvi članak pipala mnogo širi i veći od idućega; prednja tibia sa jakim šiljkom.

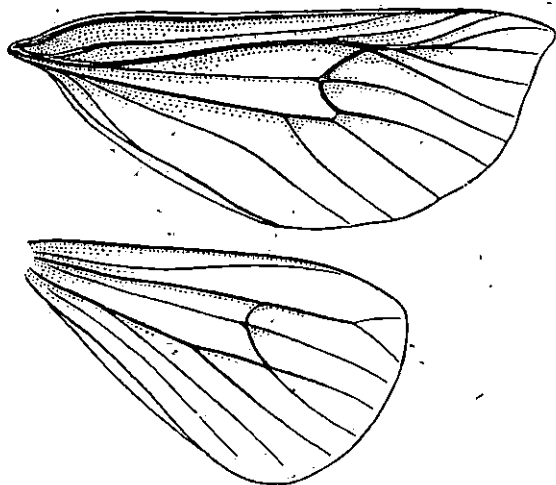
Thaumetopoea: cantus konveksan i gladak; prvi član pipala kraći od idućega; tibia prednje noge bez zupca.

Prema tome *Cnethocampa pityocampa* Schiff. išla bi u podrod *Traumatocampa*. Ona je prvi put opisana od *Schiffermüllera*



Sl. — Fig. 3. Prednja noga leptira mužjaka: a) borov četnjak gnezdar, b) hrastov četnjak (poveć. 20×) — Patte antérieure du papillon mâle: a) Processionnaire du Pin, b) Processionnaire du Chêne (aggrand. 20×)

1876. god., koji je gornji tok rijeke Adidže u Italiji označio kao lokalitet za tipičnu formu te vrste. Najznačajnije karakteristike tipične forme jesu: tamnosiva boja prednjih krila, na kojima su vanjska i medijalna linija gotovo paralelne, t. j. jednako udaljene na gornjem i donjem rubu. Kod ženki su krila svjetlija.



Sl. — Fig. 4. Žilni sistem krila borova četnjaka. —
Nervature des ailes de la Processionnaire du Pin

nego u mužjaka, a poprečne linije na prednjim krilima slabije izražene. Potpuni opis leptira dali su već prije mnogi autori, a naročito je iscrpan onaj, koji je donio Agenjo (1941) u spomenutoj monografiji, pa ovdje samo potpunosti radi donosimo neke najznačajnije karakteristike, komparirajući ih s onima hrastova četnjaka, jedinom vrstom iz familije *Thaumetopoeidae*, koja, koliko je nama poznato, pored borova četnjaka gnjezdara dolazi u Jugoslaviji.* To je u prvome redu cantus, koji je za borova četnjaka gnjezdara naročito karakterističan, jer se iznad prvog i najduljeg zuba cantusa nalazi još jedna stepenica (sl. 1). Sam cantus je prema gornjem i donjem rubu uži nego u sredini. Kod hrastova četnjaka cantus je gladak, bez zubaca. Za razliku od *C. solitaria* Fr., koja u profilu ima jednostavnu konkavnu liniju, hrastov četnjak ima u sredini nešto ugnutu te podsjeća na brojku 3 (sl. 2). Sl. 3 prikazuje prve noge leptira mužjaka borova četnjaka i hrastova četnjaka, sa karakterističnim zubom kod četnjaka.

* God. 1954 nađena je u Makedoniji *T. solitaria* v. *iranica* Rang-Haas.

Sistem krilnih žila borova četnjaka gnjezdara prikazan na sl. 4 ne razlikuje se mnogo od onoga hrastova četnjaka, osim što je kod ovoga posljednjega početak ramifikacije R_3 i R_4 mnogo bliži eksternom rubu.

2. Genitalni organi — Organs génitaux

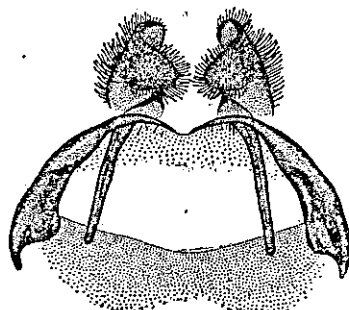
Vanjske genitalne organe muških i ženskih leptira preparirali smo na način, koji je opisao *Viette* (1952). Ona potpuno odgovara opisu, koji je dao *Agenjo* (1941). Ovdje ćemo samo izni-



Sl. — Fig. 5. Vanjski spolni organi mužjaka: lijevo borov četnjak, desno hrastov četnjak (poveć. 10×) — Organs génitaux extérieurs du mâle: à gauche Processionnaire du Pin, à droite Processionnaire du Chêne (aggrand. 10×)



Sl. — Fig. 6. Vanjski spolni organi mužjaka »in situ« postrance: lijevo borov četnjak, desno hrastov četnjak (poveć. 10×) — Organs génitaux extérieurs du mâle »in situ« (vue latérale): à gauche Processionnaire du Pin, à droite Processionnaire du Chêne (aggrand. 10×)



Sl. — Fig. 7. Vanjski spolni organ ženke borova četnjaka (poveć. 10×) — Organ génital extérieur de la femelle de la Processionnaire du Pin (aggrand. 10×)

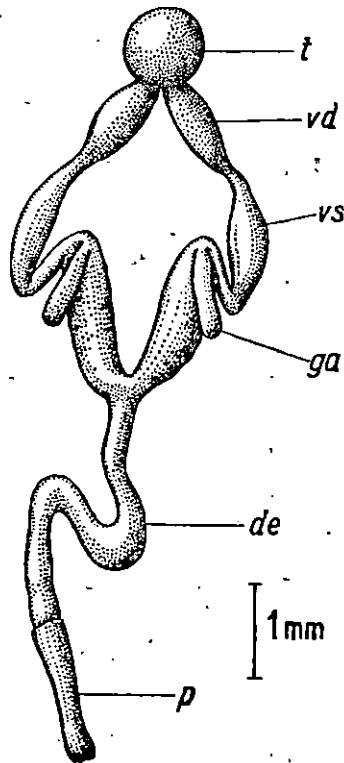
jeti neke razlike, koje postoje u građi tih organa između borova četnjaka i hrastova četnjaka. Svi hitinizirani dijelovi vanjskih genitalnih organa mnogo su veći kod borova četnjaka gnjezdara nego kod hrastova četnjaka. Naročito to vrijedi za *uncus*. Lateralni apendiksi *gnathosi* pokazuju jače diferencijacije. Kod hra-

stova četnjaka ovi su mnogo manji pored toga, što postoje male razlike i u formi (sl. 5). U *tegumentu* nema nekih znatnijih razlika osim u veličini. On se kod obje vrste znatno sužuje na dorzalnoj strani a manje u području *valvi*, kako je tó vidljivo iz slike 6, koja prikazuje izgled vanjskih spolnih organa sa strane i *in situ*. Valve su kod četnjaka konkavne sa donje i konveksne sa gornje strane. Kod hrastova četnjaka su konkavne s obje strane. Osim toga u bazalnom polju valvi hrastova četnjaka razabira se glatko polje u obliku romboida. *Fultura* borova četnjaka gnjezdara je ovalnih rubova, a ona hrastova četnjaka na lateralnim rubovima konveksno je udubljena. Kod obje vrste završava se sa dva divergentna šiljka; *Aedeagus*, osim veličine, bez značajnih razlika.

Genitalna armatura ženskih spolnih organa pokazuje još manje razlike od muških. Kako smo već prije spomenuli, postoje razlike u formi IX tergita i sternita. Sl. 7 prikazuje vanjski spolni organ ženke borova četnjaka gnjezdara.

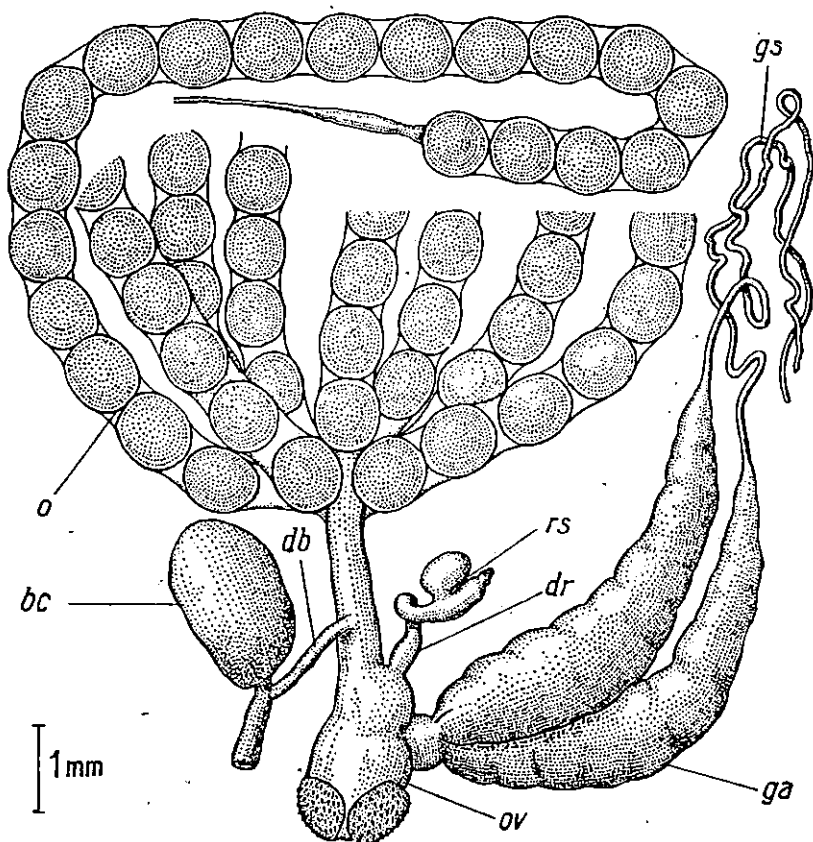
Unutarnji spolni organi mužjaka (sl. 8), koji dosada nisu bili opisani, karakterizira *testes* intenzivno žute boje, kuglastog oblika. Iz njega izlaze parni sjemenovodi — *vasa deferentia*, koje od sjemenih mjehura — *vesicula semini* dijeli kratki uski kanal. Na sjemenim mjehurima nalaze se prilično male dodatne žlijezde — *glandulae accessoriae*. Relativno veliki sjemeni mjehuri prelaze u sjemeni kanal — *ductus ejaculatorius*, koji je dug 3—4 mm.

Anatomska istraživanja ženskih spolnih organa proveo je Scheidter (1934). Prema tome autoru ovariji se sastoje od dva puta po četiri ovariole, koje sadržavaju samo zrela jaja. Broj ovih u ovariolama je jednak i rijetko varira za 1—2 komada. Zrela jaja slijede *corpora lutea*, koja su žute boje. Kod eklozije



Sl. — Fig. 8. Unutrašnji muški spolni organ borova četnjaka (poveć. 12×) — Organ génital intérieur du mâle de la *Processionnaire du Pin* (aggrand. 12×)

leptira iz kukuljice nije još nijedno jaje prodrlo u *oviductus communis*. Ovaj je kao i *o. duplex* kratak i ima dužinu najviše za tri jajeta. Bursa je mala i bez *lamina dentata*. *Ductus seminalis* je kratak, a *receptaculum seminis* je mali sa kratkom viljuška-

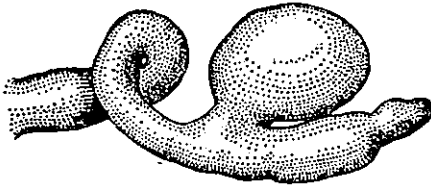


o - ovariola, ov - oviductus communis, bc - bursa copulatrix, db - ductus bursae, rs - receptaculum seminis, dr - ductus receptaculi, ga - glandulae accessoriae, gs - glandulae sebaceae

Sl. — Fig. 9. Unutrašnji spolni organ ženke borova četnjaka (poveć. 12X)
— Organ génital intérieur de la femelle de la Processionnaire du Pin (aggrand. 12X)

stom dodatnom žlijezdom (*glandula receptaculi*). Veoma velike dodatne žlijezde završavaju tankim nitima (*glandulae sebaceae*). Nijedna vrsta četnjaka, koje je istraživao *Scheidter*, nije u imagima imala masna tjelešca, jer su ona već prije bila upotrebljena za izgradnju jaja.

Naša istraživanja unutrašnjih genitalnih organa pokazala su ovo: veoma duge *ovariole* ispunjavaju gotovo cijelu abdominalnu šupljinu. Svaka ovariola sadržava prosječno 20—35 zrelih jaja. Sva su jaja u ovariolama kod adultnih oblika zrela. U stadiju leptira, dakle, ne možemo odrediti, kojemu tipu ovariole pripadaju (panoistička, meroistička). Zanimljivo je, dakle, i karakteristično za četnjaka gnjezdara, da se svi procesi oogeneze zbivaju još u stadiju kukuljice. Stoga su ovariole kod imaga duge i do 5 cm. Parni *oviductusi* (*Oviductus lateralis*), veoma su kratki, a *oviductus communis* je proširen u svom bazalnom dijelu od genitalnog otvora do *vestibula*. *Corpus bursae* spojen je s oviductusom 1 mm dugom i tankom cijevi (*ductus bursae*). Za četnjaka gnjezdara naročito je karakterističan oblik *receptaculuma*



Sl. — Fig. 10. Receptaculum seminis borova četnjaka (pov. 50 X) — Receptaculum seminis de la Processionnaire du Pin (aggrand. 50 X)

seminis, koji ima na vrhu malu dodatnu žlijezdu (*glandula receptaculi*) prikazana na sl. 10. Dodatne žlijezde — *glandulae appendiculares* ističu se svojom veličinom, a završne niti (*glandulae sebaceae*) veoma su tanke i duge, gotovo dva puta dulje od dodatnih žlijezda (vidi sliku 9).

3. Varijeteti — Variétés

Već davno je bilo zapaženo, da borov četnjak gnjezdar ima više formi. To je čak neko vrijeme bio uzrok zabuni nekih entomologa, koji su smatrali *C. pityocampa* i *C. pinivora* za dva varijeteta jedne te iste vrste. *Altum* (1881) je opovrgao ovu tvrdnju. I *Ratzeburg* (1840) je, osvrćući se na navode *Kluga* i *Ochsenheimera*, da se *C. pityocampa* pojavila u sjevernoj Evropi, tvrdio, da se radi o očitijoj zabuni. Uistinu, do toga vremena samo su *Hübner* i *Réaumur* dali opis ovoga štetnika, no ovaj nije bio potpun. *Ratzeburg* je s pravom tvrdio, da *C. pityocampa* ne dolazi u Njemačkoj. Morfološke razlike između *C. pityocampa* i *C. pinivora*, koje je opisao *Treitschke* (cit. *Ratzeburg*) nisu bile sigurne. One su se bazirale na veličini leptira i boji ticala. Prema

Ratzeburgu te su karakteristike još manje sigurne nego udaljenost poprečnih linija na prednjim krilima mužjaka. Te su linije, kako smo već rekli, kod *C. pityocampa* paralelne, a kod *C. pini-vora* se na donjem rubu gotovo sastaju. No već tada je *Ratzeburg* (1840) opazio, da ima primjeraka četnjaka gnjezdara, kod kojih se ove linije također približavaju na donjem rubu prednjih krila. On je također uočio i razlike u formi tamnih pjega, koje se nalaze u gornjoj desnoj polovini prednjih krila. One nisu uvijek polumjesečastog oblika, već katkada imaju i oblik trokuta. To je uočio i *Müller* (1887). Ipak većina autora tvrdi, da su spomenute poprečne linije paralelne.

I *Strand* (1913) spominje, da je u Tessinu pored tipične forme našao tamniju formu, koju je nazvao *obscura* Vorbradt (= var. nigra Bang-Haas). U južnom Tirolu je leptir veoma varijabilan, kako u formi, tako i u građi linija na prednjim krilima mužjaka. Tako se kod forme, koju je opisao *Dannehl* (1925) — cit. Agenjoa, obje linije sastaju na donjem rubu prednjih krila formirajući na tome mjestu tamnu mrlju. To je var. *convergens* Dhl. Između ovoga varijeteta i tipične forme ima prelaznih oblika. U ove ide i prije spomenuti primjerak opisan od *Ratzeburga*. Većina varijeteta određena je prema mužjacima. Kod ženki su ove linije manje izražene. Forme, kod kojih nepotpuno izostaju, nazvana je var. *renegata* *Dannehl* (= illineata Schewarda).

Var. *insignipennis* opisao je Francuz *Millière* (1866), a kasnije *Strand* (1911). Dvije vanjske poprečne linije kod mužjaka mnogo su tamnije i šire no inače, a medialno polje je tamnije od obaju susjednih. Zadnja krila su potpuno bijela bez analne mrlje. Dolazi u Francuskoj.

Var. *nigrofasciatus* je opisao *Nitsche* (1933) prema holotipu iz Orebića na Pelješcu. Kao jedinu karakteristiku navodi autor, da je medialno polje prednjih krila obojeno nešto više crnkasto.

Var. *bicolor* opisao je *Reisser* (1928). Prednja krila su crna poput čađe, a na njima se opažaju linije ipak nešto tamnije boje. Zadnja krila su bijela, i po tome se ovaj varijetet jasno razlikuje od var. *nigra*. Nalazište u Španiji.

Staudinger (cit. *Strand*, 1911) je opisao var. *orana*, koja dolazi u Alžiru. Prednja krila su blijedosive boje.

U svojoj monografiji *Agenjo* (1941) je opisao ove varijetete:

Var. *pujoli*. Karakteristike: ticala žućkasta, toraks bjelkast. Gornja strana prednjih krila bijela sa 3 poprečne linije, vanjski rub i vene obojene crno. Rese i donja strana krila također bijeli. Gornja strana zadnjih krila obojena je na vanjskom rubu slabocrnom bojom. Rese bijele. Analna mrlja slabo markantna. Dolazi u Španjolskoj.

Var. *cancioi* predstavlja prijelaz između var. *pujoli* i *convergens*. Prednja krila svijetlosive boje, no manje svijetla nego kod prijašnje forme. Srednja i vanjska poprečna linija sastaju se na donjem rubu prednjih krila. Zadnja krila potpuno bijela osim slabo markantne analne mrlje. Dolazi u Španjolskoj.

Var. *clara*. Raspon krila oscilira između 28—34 mm kod ♂♂ i 38—42 mm kod ♀♀. Gornja strana prednjih krila u mužjaka sivobjelkasta. Poprečne linije i vene crne. Donja strana svjetlija nego kod tipične forme. Gornja i donja strana zadnjih krila bijela. Vanjski rub i analna mrlja slabo izraženi.

Ženka mjeri 38—42 mm. Antene više crvenkaste nego kod mužjaka. Prednja krila vrlo svijetla, bjelkastosiva, sa poprečnim linijama sive boje. Linije slabo markantne. Donja strana krila jednoliko siva. Obje strane zadnjih krila i rese bijele. Analna mrlja slabo vidljiva. Dolazi u Španjolskoj.

Var. vareii. Mužjak 27—31 mm. Toraks sivkast sa dosta bijelih dlaka. Gornja strana prednjih krila i rese upadljivo svijetlosive boje sa crnkastim poprečnim linijama manje udaljenim međusobno nego u tipične forme. Diskoidalna točka dobro uočljiva. Donja strana prednjih krila sivkasta sa dobro izraženim graničnim rubom i prvom poprečnom linijom. Segmenti između žila također crnkasti. Stražnja krila s jedne i druge strane bijela, nešto malo naprašena sivo, a vanjski rub tek malo obojen istom bojom. Analna mrlja slabo izražena s jedne i druge strane krila. Nalazište: Španjolska.

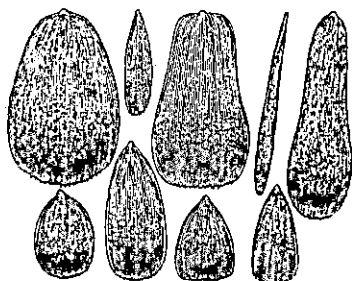
Var. ceballosi. Širina krila u mužjaka 32—33 mm. Prednja krila podsjećaju na *var. orana*, no svjetlija su i imaju kestenasti ton. Odlikuje se blazinom poprečnih linija. Donja je strana prednjih krila sivkasta. Zadnja su krila s obje strane bijela, vanjski rub siv, a analna mrlja slabo markantna.

Ovako veliki broj varijeteta nije sigurno još definitivno, ukoliko se u tome pravcu nastave daljna istraživanja. U pariškom muzeju imali smo prilike vidjeti jedan primjerak iz Gironde, koji je na stražnjim krilima bijele boje pored analne mrlje imao još jednu mrlju tamne boje u sredini krilnoga polja, što ni u jednom slučaju dosada nije bilo spomenuto. U našim istraživanjima vanjskih genitalnih organa nismo našli nikakvih odstupanja koja bi bilo vrijedno spomenuti. Uzev u obzir morfološke osobine najčešće smo našli primjerke, koji čine prijelaz između tipične forme i *var. convergens*. Broj leptira tipične forme bio je mnogo manji. U jednom jedinom slučaju iz kukuljica dobivenih iz Slovenije dobili smo jedan primjerak *var. convergens*. *Var. nigrofasciatus*, koji je opisao *Nietsche* po holotipu iz *Orebića* na *Pelješcu*, nismo imali prilike vidjeti niti smo mogli doći do kotipova toga varijeteta. Dalja istraživanja trebala bi pokazati, da li postoje morfološke razlike leptira iz obalnih i kontinentalnih predjela, za koje smo utvrdili razlike u biološkim datumima (eklozija leptira i t. d.), o čemu ćemo poslije opširnije govoriti. Veličini leptira, t. j. rasponu raširenih krila ne dajemo neko veće značenje, jer ovaj veoma varira za leptire istoga varijeteta zavisno o uvjetima, pod kojima su živjele gusjenice. Uzgred spominjemo, da su i u tome pogledu podaci iz literature veoma različiti. Tako na pr. prema *Nietscheu* iznosi širina krila mužjaka 32 mm, a ženke 36 mm; prema *Mülleru* 30 i 49 mm. *Radženko* je na 125 primjeraka ustanovio, da je širina krila mužjaka 30—35 mm, a našao je primjerke i sa 40 mm. Ženke su bile veće za 2—5 mm. Mjerenja, koja smo mi izvršili, dala su ove rezultate: mužjaci 32—37 mm, ženke 38—51 mm. Ne raspolazemo još sa dovoljno podataka, ali nam se čini, da ipak postoje

morfološke razlike između primjeraka iz nekih krajeva Slovenije i Hrvatske, što bi za sistematičare mogao predstavljati zanimljiv predmet istraživanja.

4. Jaja — Oeufs

Već su mnogi autori (Fabre, Müller i dr.) dali opis i morfologiju jaja borova četnjaka gnjezdara, pa ga stoga ovdje izostavljamo. Leptirica odlaže jaja na iglicama, rjeđe na tankim grančicama. Jajna legla su pokrivena sivocrvenkastim ljuskama, koje ženka nosi na abdominalnoj pločici. Ljuske su karakteristične za determinaciju pojedinih vrsta iz familije *Thaumetopoeidae*, kako



Sl. — Fig. 11. Oblik ljusaka sa abdomena ženki borova četnjaka gnjezdara. Ljuska u sredini gornjeg reda predstavlja tipičnu formu (poveć. 25×) — Forme des écailles d'abdomen de la femelle de la Processionnaire du Pin. Forme typique au milieu en haut (aggrand. 25×)

je to utvrdio Agenjo (1914). Kod četnjaka gnjezdara te ljuske imaju tipični oblik kao na sl. 11 gore u sredini. Ipak, mi smo našli, da oblik ljusaka kod jedne te iste ženke znatno varira (sl. 11), pa stoga kod determinacije po ljuskama treba paziti na tipičnu formu najvećeg dijela ljusaka.

Jajno leglo naliči na neotvorenu resu lijeske i obvija jedan par iglica. Prema Grisonu (1951) leglo je dugačko do 5 cm. Prema našim podacima, koje smo dobili na 615 primjeraka, legla su duga najviše do 4 cm. Prosječna duljina iznosi 2,5—3 cm. Broj jaja također varira prema pojedinim biotopima i u raznim godinama. Della Beffa (1931) tvrdi, da broj jaja

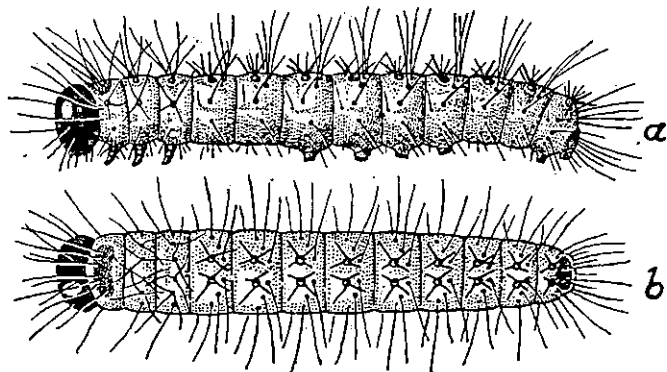
u leglu iznosi 100 do 150. Grison (1951), a još prije Müller (1887) daju realnije podatke: 150—300 u jednom leglu. Najveći broj jaja, koja smo na prednjem broju primjeraka našli, iznosi 304. Donju granicu teško je odrediti, jer ženke odlažu često i dva legla, od kojih je jedno dulje, a drugo kraće. Opazili smo to u laboratorijskom uzgoju, ali vrlo često našli smo takva legla na borovima jedno pokraj drugoga u neposrednoj blizini. Prosječni broj jaja, koji smo dobili za vrijeme naših trogodišnjih opažanja, iznosio je 217. Resekcijom abdomena ženki dobili smo približno isti broj. Scheidter (1933) je utvrdio, da je broj jaja u jednom leglu 95—251, ali on je za to uzeo veoma mali broj primjeraka (oko 17 ženki). Brojenjem jaja u ovarijima ustanovio je, da taj broj varira između 72 i 247. Prema istome autoru, neoplođene ženke, iako rijetko, odlažu jaja, no bez reda. Ljuske strše u vis, pa se po tome lako prepoznaju od normalnih legala.

Prema našim opažanjima neoplođene ženke ne odlažu jaja. Ipak moramo primijetiti, da smo u jednom slučaju našli na drvenom okviru insektarija jaja, koja su se razlikovala od normalnih po boji i sjaju, pa bismo mogli pretpostaviti, da potječu od neoplođene ženke.

Jaja su u leglu čvrsto slijepljena jedno uz drugo, tako da se čitavo leglo može s iglice skinuti, ali pojedino jaje nije moguće odvojiti. Jaja su oko iglice porađana u longitudinalnim ili nešto spiralno zavijenim redovima. Tih je redova 8—10, a najčešće 9.

5. Gusjenice — Chenilles

Gusjenice borova četnjaka gnjezdara bile su predmet istraživanja mnogih autora, naročito zbog njihovih otrovnih dlaka. Stoga su one u literaturi dovoljno opisane, a naročito sistem otrovnih dlačica, njihova toksičnost, mehanizam izbacivanja itd. (Scheidter, Weidner, Lapie, Fabre).



Sl. — Fig. 12. Gusjenica borova četnjaka prvoga stadija: a) izgled sa strane, b) izgled sa gornje strane (poveć. 25×) — Chenille de la Processionnaire du Pin au premier stade: a) vue latérale, b) vue d'en haut (aggrand. 25×)

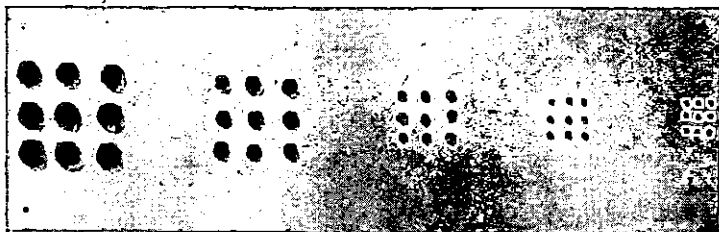
Nadopunjujemo dosada nepotpuni opis gusjenica 1. i 2. stadija.

1. stadij. Dužina 2,5—4 mm. Boja žuta do blijedozelena. Na 2—11 segmenta nalaze se sametastocrne bradavice. Na 2., 3. i posljednjem segmentu ove bradavice su dvostruko manje. Na prvom je segmentu iza glave veća hitinska pločica, koja je prvih dana iza eklozije svjetlije boje nego poslije (sl. 12). Mlade gusjenice imaju na dorzalnoj strani svakoga segmenta po jednu pigmentiranu mrlju, koje zajedno daju izgled tamnije ledne pruge. Slične, no nešto uže pruge nalaze se i postrance. Pored već spomenutih bradavica na svakome segmentu sa svake strane nalazi se još po 6 manjih bradavica. Bradavice na 2. i 3. segmentu nose duge bijele dlake, a počevši od 4. segmenta po 4 kraće poput trna čvrste dlake crne

boje. Na zadnjem segmentu nalazi se veća hitinska pločica, slična onoj na prvom segmentu. Velika crna glava obrasla je rijetkim dugim dlačicama žute boje.

2. stadij. Gusjenice duge do 6 mm. Boje blijedo zelene. Pigmentirane dorzalne i lateralne pruge jače su izražene nego kod prethodnog stadija. Počevši od 4. segmenta sametastocrne bradavice 1. stadija vidimo sada kao crvenkastožute mesnate jastučiće obrasle crvenkastoridim dlačicama, koje gusjenici daju izgled crvenkastoride boje. Torakalne noge su crvenkastosmeđe boje i mnogo svjetlije nego kod 1. stadija.

U 3. stadiju gusjenice već imaju toksičke dlačice. One se pojavljuju najprije na 4. i 11. segmentu, a zatim na ostalima. Na 1., 2., 3., 12. i 13. segmentu tih dlačica nema. U 4. i 5. stadiju bradavice sa dlačicama su velike, a same dlačice obilno guste. Postrane bradavice ne nose otrovne dlačice, što može biti slučaj kod hrastova četnjaka (Scheidter 1913). Prema Lapieu (1923) na mjestu jedinom izbačenih dlačica javljaju se nove.



Sl. — Fig. 13. Veličina čahure glave gusjenice borova četnjaka u pojedinim stadijima — Dimensions de capsule de la tête d'une chenille de la Processionnaire du Pin aux différents stades

Dugo je vladalo mišljenje, da se gusjenice presvlače samo 3 puta. Scheidter (1927) je u svojoj radnji o otrovnim dlakama u pojedinim stadijima, koliko je nama poznato, bio prvi, koji je utvrdio, da četnjak ima 5 stadija, odnosno 4 presvlačenja, ne računajući posljednji svlak u kokonu.

Razlikovanje pojedinih stadija moguće je prema veličini craniuma (sl. 13), kao uostalom i kod drugih vrsta gusjenica. Gusjenice, iz kojih kasnije nastaju mužjaci, imaju čahure glave manje od onih, iz kojih nastaju ženke.

Na koncu smatramo za potrebno kazati nekoliko riječi o mišljenju Fabrea (1898), da gusjenice četnjaka posjeduju neki »meteorološki« uređaj za predviđanje nepovoljnog vremena, a zatim o virusnom porijeklu otrovnih dlačica. Spominjemo to s razloga, što se još uvijek u nekim novijim entomološkim djelima uzimaju ove pretpostavke ozbiljno u razmatranje (Portier, 1949. str. 110 i 242). Pripisivanje sposobnosti predviđanja nepovoljnog vremena gusjenicama četnjaka temelji se na opažanjima Fabrea i činjenici, da ima dana, kada gusjenice ne napuštaju gnijezda i ne hrane se kroz 1 ili više dana. On je to doveo u vezu sa hladnim danima, koji su neposredno poslije njegova opažanja nastupili.

Mi smo ustanovili, da gusjenice za vrijeme presvlačenja ne izlaze iz zapredaka i ne hrane se. Dalje smo utvrdili, da one bez obzira na vanjsko vrijeme kod povoljne temperature u laboratoriju izlaze na hranjenje. Prema tome nastup hladnih dana poslije pojave, koju je opazio Fabre, bio je slučajan. Izlazak gusjenica iz zapredaka radi hranjenja zavisao je o stvarnoj temperaturi, kako ćemo vidjeti poslije, ali ne i o meteorološkim prilikama, koje će tek nastupiti.

Također nije prihvatljivo mišljenje Fabrea, da su virusi uzrok djelovanja otrovnih dlaka. Poslije radova Weidnera, Lappiea i Scheidtera utvrđeno je, da uzrok toga djelovanja treba tražiti u kombiniranom djelovanju mravlje kiseline i mehaničkog podražaja, izazvanog prilikom zabađanja dlačica u kožu. Tako otpada i mišljenje, da ekskrementi imaju isto otrovno djelovanje kao i dlačice. Fabre je, naime, pravio pokuse s ekskrementima iz zapredaka, koji su bili pomiješani s toksičnim dlačicama.

6. Kukuljice — *Chrysalides*

Kao kod većine leptira, tako i kod četnjaka postoji mogućnost, da se već u stadiju kukuljice odredi spol. Općenito uzev, kukuljice mužjaka su manje od kukuljica ženki. Ipak, sigurna determinacija moguća je prema broju glatkih segmenata. Od 10 segmenata, koji se na kukuljici mogu izbrojiti, kod mužjaka je prvih osam glatkih, a oznaka spola nalazi se na 9. segmentu. Kod ženki se na 8. segmentu vidi longitudinalna brazda, koja prelazi i na 9. segment.

Što se tiče morfologije, kukuljice ne pokazuju neke naročite karakteristike. Boje su smeđe. Kokoni su nešto svjetlije boje.

BIOLOGIJA — BIOLOGIE

1. Općenito — *En général*

Poslije Réaumira i Müllera, Fabre je dao najpotpuniji opis biologije ovoga leptira. Iz onoga, što nam je dosada poznato iz područja njegove biologije, možemo zaključiti, da postoji velika varijabilnost u biološkim datumima njegova razvoja, koja zavisi o klimatskim prilikama i biotopu. Ti datumi variraju u širokim granicama, pa je veoma teško dati vremenski točne podatke o trajanju pojedinih stadija njegova razvoja. Iznosimo, dakle, ovdje tok njegova razvoja prema onome, što smo zapazili kroz nekoliko godina na području NR Hrvatske i donekle Slovenije.

Leptiri. Kod nas se leptir pojavljuje u prvoj polovini srpnja do prve polovine kolovoza zavisno o biotopu i klimatskim uvjetima. *Langhoffer* (1927) navodi kao vrijeme leta leptira prvu polovinu mjeseca srpnja. Poznato nam je, da je taj autor dobio ove podatke sa područja Hrv. Primorja. *Grison* (1951) je dobio leptire u insektarijima i zaklonu 1. lipnja, a vani koncem lipnja. I ovaj autor pripisuje varijabilnost bioloških datuma klimatskim prilikama u raznim biotopima. *Müller* (1887) je opazio, a *Grison* potvrdio, da iz kukuljica, koje preleže jednu godinu dana u zemlji, izlaze leptiri već u mjesecu svibnju. Mi smo dobili leptire iz takvih kukuljica u prvoj polovini srpnja, tek nešto prije izlaska ostalih leptira.

Leptiri lete noću. Nakon kopulacije ženke odmah odlažu jaja, a zatim ugibaju. U insektarijima smo opazili, da ženke ostaju obično na mjestu eklozije, a mužjaci su veoma mobilni, i u insektarijima rijetko kopuliraju. Obično slabo pokretne ženke odlažu na iglicama bora 150—300 jaja, koja oblože ljuskama, kojih vrh je okrenut prema bazi iglice (kod *pinivore* obrnuto!). Najčešće odlažu jaja na nižim granama borovih stabala.

Gusjenice. Eklozija gusjenica događa se obično mjesec dana nakon odlaganja jaja. Nepovoljne vremenske prilike mogu odložiti datum piljenja. Gusjenice se obično ispile sve u jedan dan, no nije rijedak slučaj, da se piljenje protegne kroz 2—3 dana. Tek ispiljene gusjenice hrane se u blizini legla mladim ovogodišnjim iglicama. Centralnu žilu ostavljaju netaknutu. Kratko vrijeme poslije toga izbojak se osuši i vidljiv je na zelenim borovima već izdaleka. Obično na tome mjestu nađemo i jajno leglo, koje je prije toga prilično teško zamijetiti. U to vrijeme mlade gusjenice već se nalaze na drugome mjestu. One promijene mjesto nekoliko puta brsteći uvijek najmlađe izbojke. Kod toga seljenja imaju uvijek tendenciju da se postepeno približe gornjim višim dijelovima krošnje, a često se smjeste ispod samoga vrha. 8—10 dana nakon piljenja zbiva se prvo presvlačenje. Drugo presvlačenje zbiva se nakon 15—20 dana, što zavisi o vremenskim prilikama. Nakon drugog presvlačenja, kada se gusjenice nalaze već u 3. stadiju, sa nastupom hladnijeg vremena, gusjenice izaberu, kako smo rekli, na višim i suncu izloženim dijelovima stabla mjesto, gdje ispredu stalni zimski zapredak, u kome i prezime. Prije prezimljavanja presvuku se treći, a katkada i četvrti put, što zavisi o godišnjim klimatskim prilikama biotopa. U našim krajevima Hrv. Primorja i Dalmacije prezime one uglavnom u 4. ili 5., t. j. posljednjem stadiju. Ako u toku zime ne nastupe niske temperature, pa gusjenice imaju mogućnost kontinuirane ishrane, ne prelaze one uopće u stanje zimskog mirovanja ili anabioze.

Gusjenice iz više jajnih legala fuzioniraju se često u jednu koloniju i formiraju veliki zapredak. Događa se tako, da u jednom zapretku boravi i do 800 gusjenica. Rjeđe se događa, da se jedna grupa gusjenica izdvoji i formira koloniju, koja izgradi manji zapredak.

Počevši od 4. stadija gusjenice žderu cijele iglice do rukavca. Gusjenice 1. i 2. stadija brste katkada i po danu, naročito nakon nepovoljnog vremena u toku noći, pa to možemo smatrati redovnom pojavom. To nije slučaj sa gusjenicama 3.—5. stadija, koje se hrane isključivo noću. Ipak smo često imali priliku vidjeti i gusjenice ovih stadija danju u procesijama po deblu i granama bora. Ova pojava za gusjenice, koje su inače lucifugne, nije dosada protumačena.

Za lijepih sunčanih dana sakupljaju se gusjenice ispod tanke mreže gornjeg dijela zapretka i sunčaju se. Ova činjenica ima posebno značenje za razvoj gusjenica, o čemu ćemo poslije govoriti.

Posljednje presvlačenje gusjenica u hladnijim krajevima događa se u kasno proljeće.

Kukuljice. Gusjenice se zakukuljuju u zemlji u dubini od 10—20 cm. One biraju mjesto, gdje će se zakukuljiti. Obično to biva na mjestima bez travnoga pokrova ili mjestima izloženim suncu. Uglavnom su to mjesta na rubovima sastojina gušćega sklopa ili pod krošnjama borova u sastojini rijetkoga sklopa. Obično na mjestu, gdje su gusjenice ušle u zemlju, i koje se dugo vremena nakon ulaska gusjenica poznaje, nađemo veći broj kukuljica zajedno. Veoma je rijedak slučaj, da se nekoje gusjenice zakukulje u zaprecima. U tome su slučaju kokoni satkani od niti žlijezda predivica i bijele su boje.

Interesantno je spomenuti, da se kod ove vrste leptira događa često, da pojedine kukuljice ne daju leptire iste, već iduće godine, pa štoviše i nakon 2 godine, kako to navodi *Sorauer* (1939).

Stadij kukuljice je po vremenskom trajanju veoma varijabilan. Karakteristično je, da to vrijeme nije zavisno o ulasku gusjenica u zemlju. Tako se na primjer događa, da u nekim biotopima gusjenice odu ranije u zemlju nego u drugima, pa ipak leptiri izađu kasnije. Na tu činjenicu posebno ćemo se poslije osvrnuti.

2. Vrste drveća koje napada borov četnjak — *Espèces attaquées par la Processionnaire du Pin*

Do sada je bilo mišljenje, da je četnjak monofagan, jer napada u prvom redu četinjače roda *Pinus*. U pogledu glavne vrste borova, kojima se on hrani, nisu svi autori jedinstvenog mišlje-

nja. To dokazuje i činjenica, da ga Nüsslin (1905), Judeich-Nietsche (1921) i Eckstein (1897) naziva *Pinienuprocessionsspinner*; Müller (1887) *Kiefernprocessionsspinner*; Strand (1913) i Lampert (1907) *Fichtenprocessionsspinner*. Većina autora slaže se, da mu je glavna biljka hraniteljica crni bor (*Pinus nigra* Arn). Prema Nitscheu napada ove vrste borova: crni bor (*Pinus laricio* Poir var. *austriaca* Loud), primorski bor (*Pinus maritima* Poir), alepski bor (*P. halepensis* Mill.) i bijeli bor (*P. silvestris* L.). Radčenko (1937) kaže, da kod nas napada u prvom redu crni i bijeli bor, a manje primorski i alepski. Grison (1953) je, istražujući razlike u stadijima gusjenica, koje se hrane različitom hranom, naveo, da napada *P. maritima*, *P. insignis* i *P. caribaea*. Napad na ovu posljednju vrstu imali smo priliku vidjeti južno od Bordoia, gdje je ova vrsta bora prenesena iz Amerike radi pokušaja aklimatizacije. Barbey (1913) tvrdi, da sve vrste borova osim moguće vajmutovca mogu biti napadnuti. Sve do novijega datuma bila je veoma čudna tvrdnja Lamperta, da četnjak napada smreku i jelu. I zaista 1952. objavljen je članak Talijana Tiraboschija, o jakom napadu četnjaka na jelovu sastojinu (*Abies pectinata* L.). Agenjo (1941) navodi kao biljke hraniteljice osim dosada nabrojanih vrsta borova još i cedar (*Cedrus atlantica* Mar., i druge vrste cedrova), *P. uncinata* Ramd. i *P. pinea* L. Isti autor iznosi još jedan veoma zanimljiv podatak. Pozivajući se na Leonardija, on navodi još kao biljke hraniteljke: jelu, ariš, kesten, jabuku i hrast (*Quercus robur*).

Mi smo skloni vjerovati, da se u slučaju listača i ariša kao biljki hraniteljki četnjaka, radi o očitoj zabuni. Gusjenice borova četnjaka gnjezdara žive od rujna pa najdulje do svibnja, dakle u vrijeme, kada su listače bez lista. To isto vrijedi i za ariš. Osim toga ariš ne dolazi u arealu četnjaka.

U našem Zavodu pokušali smo uzgoj gusjenica na vajmutovcu (*Pinus strobus* L.), jeli (*Abies pectinata* L.), smreci (*Picea excelsa* Link) i duglaziji (*Pseudotsuga Douglasii* Carr.). Za kontrolu smo hranili gusjenice iglicama crnoga bora. Razvoj gusjenica na smreci bio je gotovo jednak onome na crnome boru, na duglaziji nešto, a na vajmutovcu više usporen. Gusjenice su se razvijale do 4. stadija, a onda uginule od poliedrije. Jednako su uginule i one hranjene crnim borom, pa stoga uzrok ovoj pojavi ne možemo tražiti u hrani, već u uzrocima, koji dovode do poliedrije. Možemo dakle tvrditi, da: jela, smreka, vajmutovac i duglazija idu u listu onih vrsta, koje četnjak može napasti i na kojima može uspijevati.

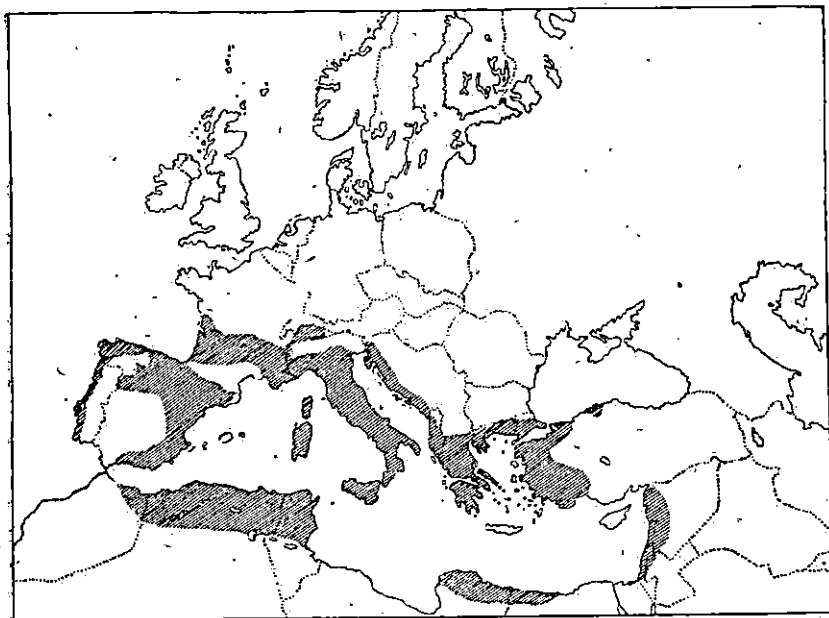
Na otoku Cresu izvršili smo pokus s namjerom, da ispitamo utjecaj hrane na razvoj četnjaka. Za hranu smo uzeli: *P. halepensis*, *P. brutia*, *P. maritima*, a od *P. nigra* ove varijetete: *P. nigra* Arn. var. *corsicana* Loud. i var. *calabrica* Loud. Na svim

tim vrstama gusjenice su se dobro razvijale. One su se dobro razvijale i na korzičkom boru, iako smo primijetili, da je u prirodi ovaj bor manje napadnut nego ostale vrste. Pokusi ipak nisu izvršeni do kraja, jer su sve gusjenice uginule od poliedrije, pa nismo mogli učiniti konačne zaključke o utjecaju hrane raznih vrsta borova na razvoj i brzinu razvoja gusjenica.

RASPROSTRANJENJE.— REPARTITION

1. Općenito — *En général*

Prema *Judeich-Nitscheu* domovina četnjaka je Francuska južno od linije Bordeaux-Lyon, kao i cijelo područje Mediterana. Na Korzici dolazi i do 1300 m visine. Ostala nalazišta: Italija, Dalmacija, Mala Azija i Alžir. Slijedeći doline rijeka, penje se od mora prilično visoko. Na južnim padinama Alpa, dolazi u dolini Rone do iznad Lyona. Kod Ženevskog jezera, u okolini Briga, ima ga na 1045 m nadmorske visine. Raširen je u Tessinu do sredine doline Leventina, u području rijeke Adde do Brusija, u Tirolu u dolini Adidže, u općini Klausen kod Briksena do 800 m visine.



Sl. — Fig. 14. Rasprostranjenje borova četnjaka u svijetu — Carte mondiale de répartition de la Processionnaire du Pin

Prema *Altumu* (1881) i *Henschlu* (1895) sjeverna mu je granica na zapadu Evrope između 46° i 47° sjev. širine (Auvergne-Bern-Merano),

Veoma su zanimljivi podaci *Müllera* (1887), koji kaže, da se područje rasprostranjenja u Tirolu upadljivo podudara s arealom pitomoga kestena.

Prema *Strandu* ima ga u Južnoj Evropi (izuzev južnu Rusiju, mjestimice u Badenu, južnoj Švicarskoj, b. Austro-Ugarskoj, Maloj Aziji i Siriji).

Agenjo (1941) navodi ova nalazišta: Južna Evropa (izuzev Rusiju), južna Švicarska, Austrija, Mađarska(!), Italija, Bugarska, Grčka, Turska, Španija, Portugal, Sicilija, Korzika, Maroko, Alžir, Sirija i Mala Azija. Prema novijim podacima u Francuskoj dolazi na jugu od linije Brest-Tours-Chambéry (*Hubault*, 1948), a u Turskoj mu je поближе odredio areal *Schimtschek* (1941).

Opisujući rasprostranjenje četnjaka u Švicarskoj *Keller* (1903) tumači način njegovog širenja u toj zemlji. On je mišljenja, da je leptir iz Sredozemlja, gdje mu je glavni areal, došao u Wallis dolinom Rhône. U Tessinu i Walisu penje se do 1.100 m. Podatke o arealu, koje je dao *Keller*, smatra *Hosli* (1937) nepotpunim. On kaže, da raspolaže podacima, prema kojima se četnjak penje kod Briga i do 1500 m. Još na 1340 m u šumama Vispertsminena čini on znatne štete.

Na temelju podataka, koji su nam bili dostupni, izradili smo kartu s arealom, na kome redovno dolazi borov četnjak gnjezdar, iz koje se vidi, da ova palearktička vrsta leptira dolazi na tri kontinenta uglavnom oko Sredozemnog mora.

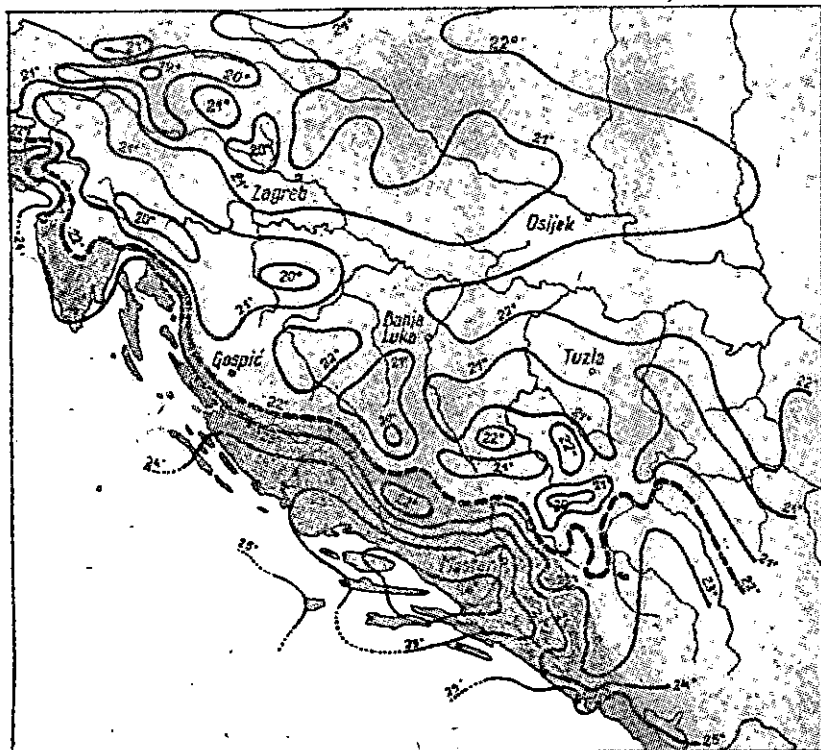
2. Rasprostranjenje u Jugoslaviji — Répartition en Yougoslavie

Langhoffer (1927) je prvi donio podatke o šumama u kojima se pojavljuje četnjak, kao i o intenzitetu pojave u pojedinim godinama. Razumljivo je, da su ti podaci zbog slabe evidencije samo orijentacionog karaktera. No već iz takvih podataka vidi se, da četnjak dolazi kod nas u mediteranskoj i submediteranskoj zoni. Sjeverna mu je granica određena udaljenošću od morske obale ili nadmorskom visinom. Postoje mjesta, u kojima se pojavljuje stalno, zatim takva, gdje dolazi od vremena na vrijeme, i konačno mjesta, gdje samo katkada dođe do napadaja.

Već 1889. godine spominje se jaki napadaj četnjaka na otoku Mljetu. Podaci bivšeg Inspektorata za pošumljavanje krša u Senju govore o navalama četnjaka na borove šume i kulture Hrv. Primorja od 1902.—1926. godine, sad slabijim, sad jačim intenzitetom. Ti podaci odnose uglavnom na kotareve: Sušak, Crikvenica, Novi i Senj. Pojava je zabilježena i na području Makarske, Novigrada, Zadra i Šibenika. Najudaljenije mjesto na

kontinentu kod nas, koje je *Langhoffer* spominje kao nalazište četnjaka, jest *Knin*. Prema podacima Langhoffera ne bi se moglo sa sigurnošću ustvrditi u kojim je godinama bio najintenzivniji napad.

Mi smo prikupili podatke o borovim šumama i kulturama, u kojima se javlja četnjak. Budući da je ta lista veoma velika,



Sl. — Fig. 15. Areal borova četnjaka u Jugoslaviji — Répartition de la ProceSSIONNAIRE du Pin en Yougoslavie

ograničujemo se na to, da iznesemo uglavnom granice njegova areala. Tu granicu na jugu čini obala i otoci Jadranskog mora. U Sloveniji dolazi u primorskoj zoni od Gorice crtom, koja se u blagom luku spušta do Trsta, zahvaća Istru, izuzev hrbat Učke. Od Rijeke prodire dublje u kopno duž željezničke pruge do Plasa. Od Rijeke prema jugu zahvaća ta zona primorsku obalu ispod Velebita u veoma uskom pojasu, koji se proširuje kod Novigrada. Rijekom Zrmanjom ide ta crta do Knina, a odatle se ispod Dinare spušta rijekom Cetinom do iznad Sinja. Od Sinja preko Imotskog izbija na Neretvu kod Mostara. Dolinom Neretve za-

dire duboko u kopno sve do Konjica i Prozora. Odavle se spušta nevesinjskim poljem do ispod Bjelašnice, zahvaća područje oko Trebinja te ispod Orjena ide uskim obalnim pojasom crnogorskog primorja.

Iz NR Makedonije, gdje ga također ima, nemamo točnih podataka. No tu se na planinama (Jakupica) penje i do iznad 1000 m visine.

Izvan ove zone njegove redovne pojave dolazi još kod Srba u kotaru Gračac (NR Hrvatska) i kod Drvara u NR Bosni i Hercegovini. To su zasada ujedno najudaljenije točke od mora, gdje ta vrsta dolazi u našoj zemlji.

Vidimo, dakle, da se areal borova četnjaka ne podudara s arealom bora u Jugoslaviji, što dokazuje, da postoji neki drugi faktor, koji ograničuje njegov areal na užu obalni pojas. Leptiri lete u julu, kada je temperatura i u ostalim krajevima naše zemlje iznad biološke granice, koju smo ustanovili za ovaj stadij. Gusjenice starijih stadija veoma su otporne prema niskim temperaturama. Primjer iz Slovenije pokazuje, da temperatura od -29°C ne može da ih u zaprecima uništi (Kafol, 1951.) Koji su dakle faktori odlučni za njegovo rasprostranjenje?

Dovoljno je, da pogledamo kartu izoterma, pa će nam odmah pasti u oči, da se areal četnjaka gotovo idealno poklapa sa 22 izotermom ili točnije između 22° i 23°C u mjesecu *srpnju*. Ta linija odgovara godišnjoj izotermi između 13° i 14°C (vidi sl. 15). Ali postoji još jedna zanimljiva činjenica. *Zona rasprostranjenja borova četnjaka gnjezdara kod nas poklapa se sa sjevernom granicom optimalne zone hrasta medunca. Ta crta predstavlja ujedno i južnu granicu areala bukve odnosno jele.* Nalazište oko Drvara i Srba nalazi se ipak unutar areala hrasta kitnjaka. No ta područja idu među ona, u kojima se četnjak javlja sporadično i ne čini veće štete.

Za njegovo rasprostranjenje igraju, dakle, klimatske prilike neobično važnu ulogu. *Pritome su temperaturni minimumi u onim mjesecima, kada se četnjak nalazi u stadiju jaja ili gusjenice 1. stadija, onaj redukcionni faktor, koji onemogućava njegovo dublje nadiranje u kopno.*

Iz prednje tabele vidimo, da samo ona mjesta, koja imaju temper. minimume u VIII. mjesecu iznad 13°C , a u IX. iznad 9°C , idu u areal borova četnjaka gnjezdara. Kako ćemo poslije vidjeti, laboratorijski pokusi pokazali su, da embrionalni razvoj izostaje na temperaturi ispod 12°C , a da se nultočka razvitka gusjenica 1. stadija nalazi kod 11°C . Tu, dakle, treba da tražimo uzroke njegova rasprostranjenja u užem obalnom pojasu, a u planinama samo do određene visinske granice. Njegovo mjestimično prodiranje dublje u kopneno područje u vezi je s reljefom terena; svagdje tamo, gdje je reljef terena omogućio prodiranje

Temperaturni minimumi nekih mjesta za VII—X mjesec (koso štampana mjesta su ona u kojima dolazi četnjak) — Températures minima de quelques localités en mois VII—X. (Les endroits où apparait la Processionnaire du Pin sont en italiques).

Tab. 3.

Mjesto Localité	Mjesec — Mois			
	VII	VIII	IX	X
<i>Crikvenica</i>	13,2	13,0	9,4	4,6
<i>Hvar</i>	17,3	17,1	14,0	9,6
Ravna Gora	4,0	3,4	—0,5	—5,3
Zagreb-Grič	12,5	11,2	7,0	1,6
Sljeme	7,8	7,7	4,0	—1,6
Čakovec	12,5	11,7	5,5	—0,2
Požega	13,5	11,8	6,2	—0,1
Sarajevo	8,4	7,1	3,9	—0,1
Mostar	14,3	13,3	9,7	5,8

toplih zračnih struja, dajući klimi karakter mediterana ili submediterana, nalazimo i borova četnjaka gnjezdara. Ovaj primjer potvrđuje fitozoosociološku zakonitost, koja postoji između biljnog i životinjskog svijeta. Ali njegov areal proširit će se i tamo, gdje postoje uvjeti, da preživi kritični stadij, a ta je za četnjaka gnjezdara jaje i 1. stadij gusjenice. Time tumačimo njegovu pojavu u jelovim sastojinama u Italiji (Pepe, 1952), kao i kod nas u Bosni (Drvar) i Lici (područje hrasta kitnjaka).

Prema *Eidmannovoj* (1949) shemi, pripadao bi četnjak tipu, koji je on prikazao za *Epiblemu tedellu*, gdje masovna pojava unutar klimatskog optimuma pada unutar podudarne zone, koju čini areal biljke hraniteljice i zona mogućeg potencijalnog razmnožavanja štetnika. U toj shemi bi zona indiference bila veoma ograničena.

EKOLOŠKA ISTRAŽIVANJA — RECHERCHES ÉCOLOGIQUES

1. Svrha istraživanja — But des recherches

Proučavanje štetnih insekata sa gledišta Zaštite šuma ima za cilj:

1. upoznati biologiju odnosno ekologiju štetnika, da bi u njegovu životnom ciklusu pronašli najslabiju točku s obzirom na mogućnost pronalazjenja najprikladnije metode za suzbijanje;

2. utvrditi uzroke masovne i periodičke pojave štetnika, otkriti eventualnu zakonitost tih pojava, što bi moglo omogućiti postavljanje prognoze i pravovremenu pripremu mehaničke, kemijske ili biološke metode suzbijanja.

Kod proučavanja masovne pojave štetnih insekata služe se u novije vrijeme autori komparativnom metodom (Vajda 1948, 1953), koja se bazira na historijsko-statističkim podacima. Razmatraju se klimatski faktori u onim godišnjim periodima, koji odgovaraju pojedinim fazama biološkog ciklusa štetnika: za vrijeme latence, progradacije, kulminacije i retrogradacije. Ovakva proučavanja temelje se na podacima meteoroloških stanica u području masovne pojave kroz dulji niz godina. Na taj način ustanovljuje se zavisnost razvoja i masovne pojave o klimatskim prilikama, procjenjuje se uloga abiotskih i biotskih faktora i postavlja mogućnost prognoze masovne pojave.

Kod tih proučavanja klimatologija kao nauka igra veoma važnu ulogu, jer klima kao promjenljivi i nezavisni faktor regulira razvoj, kako biljaka, tako i životinja u svakom kraju zemlje. Zato je (citiramo Silvestrija, 1952) polazna točka kod svih istraživanja u borbi protiv štetnih insekata, konstrukcija klimograma. Ovom metodom obilno su se služili mnogi primijenjeni entomolozi kao *Schwerdtfeger*, *Zwölfer*, *Bodenheimer*, *Schimitschek* i dr., koji su na taj način postigli vrlo dobre rezultate u otkrivanju uzroka masovne pojave štetnih insekata i mogućnosti njihova rasprostranjenja.

U nedostatku podataka prostornog i vremenskog rasprostranjenja i intenziteta napadaja štetnih insekata kroz dulji niz godina historijsko statistička metoda nadopunjuje se kauzalno-analičkom metodom (*Zwölfer*, 1931), koja čak i sama za sebe daje vrlo dobre rezultate. Nema sumnje, da se obje spomenute metode odlično nadopunjuju.

U posljednje vrijeme u istraživanjima masovnih i periodičkih pojava insekata pošlo se još i dalje. Tako je *Franz* (1952) pokušao da nađe rješenje ovih pojava na temelju genetskih zakonitosti, a naročito na temelju genetske konstitucije cijelih populacija. Proučavanju endogenih faktora daje se sve veće značenje. Kod nas je *Kovačević* pokušao da dovede u vezu neka unutrašnja genetski određena svojstva s načinom ishrane. *Schmidtova* (1954) je dokazala, da samo one gusjenice gubara (*Lymantria dispar*), koje se hrane lišćem hrasta lužnjaka, daju potomstvo s takvim biotičkim potencijalom, koji dovodi do masovne pojave. Te gusjenice održavaju kontinuitet vrste, a sve druge ugibaju.

Mi ćemo se u toku ove rasprave još osvrnuti na ove činjenice, no već sada možemo reći, da bi pogrešno bilo postaviti problem na način, da se utvrdi prioritet egzogenih pred endogenim

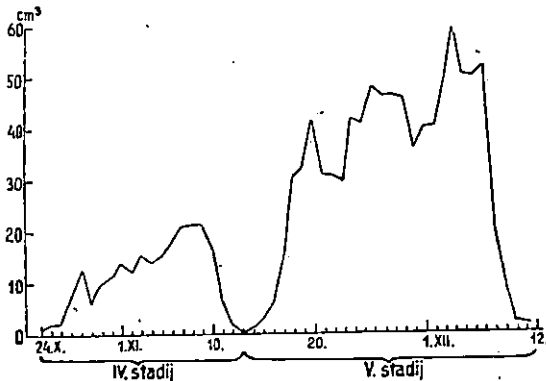
faktorima ili obrnuto. Egzogeni faktori selekcijom izdvajaju individuume takve genetske konstitucije, koji će biti najrezistentniji i koji će nadvladati faktore otpora okoline. Ti faktori su dakle u direktnoj zavisnosti, pa se često problem svodi slično jednadžbi sa dvije nepoznanice. Odredimo li jednu nepoznanicu, izračunavanje druge postaje jednostavna stvar.

U našim istraživanjima postavili smo sebi zadatak, da proučimo najvažnije vanjske, t. j. biotske i abiotske faktore, koji su djelovali posljednjih godina na pojavu borova četnjaka gnjezdara. Poznavanje tih faktora kod nekih dobro proučenih insekata (gubar, nona) omogućilo je, da se započne proučavanjem endogenih faktora, koje je često vezano s kompliciranom tehnikom naučno-istraživačkog rada. Proučavanje vanjskih faktora dakle mora biti prva stepenica za dalji rad. Bez rezultata tih istraživanja ne može se imati jasna i kompletna slika uvjeta, pod kojima živi i razvija se pojedina vrsta insekata. A upravo ti faktori za borova četnjaka gnjezdara nisu bili proučeni. Generalne konstatacije Müllera i Radčenka, da suhe i tople godine pogoduju njegovu razvoju, trebalo je dokazati, a upravo je to i bio zadatak, koji smo sebi postavili.

2. Metoda istraživanja — Méthodes des recherches

a) Laboratorijska istraživanja — Essais effectués en laboratoire

Kroz tri godine naših istraživanja donosili smo svake godine jajna legla četnjaka iz borovih kultura s otoka Cresa, gdje smo vršili istodobno i terenska fenološka opažanja. Utjecaj



Sl. — Fig. 16. Određivanje datuma presvlačenja iz grafikona količine dnevnih ekskremenata — Détermination de la date de la mue au moyen de graphique montrant la quantité d'excréments journaliers

konstantnih temperatura na ekloziju gusjenica, na brzinu njihova razvoja i na dužinu života leptira vršili smo u serijskom termostatu Zavoda za zaštitu bilja u Zagrebu. Gusjenice 1. i 2. stadija hranili smo borovim iglicama (*Pinus nigra* Arn.), nastojeći, da imaju uvijek na raspolaganju svježije ovogodišnje izbojke onako, kako to same biraju u prirodi. Jedan dio pokusa, koji se



Sl. — Fig. 17. Borova stabalca u sanducima za uzgoj gusjenica — Plants du Pin en caisse pour l'élevage des chenilles de la Processionnaire du Pin

odnosi na utjecaj konstantnih temperatura na gusjenice starijih stadija, izveden je u Zavodu za primijenjenu entomologiju prof. Vayssièrea i u klimakomorama P. C. B.-a u Parizu.* Temperaturna kolebanja serijskog termostata Zavoda za zaštitu bilja zabilježili smo kroz nekoliko dana. U periodu uzgoja gusjenica 1. stadija, kada su se ta kolebanja najviše mogla odraziti na rezultate, nisu iznosila više od $\pm 1^{\circ}$ C. Ona su bila nešto veća za vrijeme pokusa, koje smo vršili s najnim leglima, ali samo u prvom odjeljku, gdje je zbog kvara varirala kraće vrijeme između 8 i 12^o C. Temperatura i vlaga u klimakomorama u Parizu

* Physiologie, Chimie, Biologie

bila je uvijek konstantna. Vlaga je bila kroz cijelo vrijeme pokusa u Parizu 80%, a u serijskom termostatu u Zagrebu varirala je između 60 i 80%.

Istraživanja s konstantnim temperaturama imala su cilj, da na temelju dobivenih rezultata možemo ocijeniti, kako ona utječe na brzinu i razvoj borova četnjaka u pojedinim fazama, zatim da u vremenu toga razvoja otkrijemo kritični period.

Četnjak živi u kolonijama i u zajedničkim zaprecima. Zbog toga nismo mogli pratiti neke pojave kao pojavu presvlačenja pojedinih individuuma, već cijele kolonije. Dovoljnom točnošću odredili smo datume presvlačenja gusjenica iz grafikona količine dnevnih ekskremenata, koji za vrijeme presvlačenja potpuno izostaju (sl. 16).

Za ostale biološke pokuse i radi praćenja razvitka četnjaka, uzgajali smo u laboratoriju gusjenice od prvih stadija do kukuljenja. Uzgoj smo vršili na borovim grančicama, koje smo dnevno mijenjali, ali i na borovim stabalcima visokim do 2 m, koje smo s busenom presadili u dovoljno velike drvene sanduke (sl. 17). Tu su se gusjenice slobodno kretale, mijenjale mjesto privremenih zapredaka u toku 1. i 2., a katkada i 3. stadija, dok konačno ne bi izgradile stalni zimski zapredak upravo onako, kako to čine u prirodi.

Jedan do dva dana, prije nego će se gusjenice zakukuljiti, prestaju one da se hrane. Tada smo ih stavljali na zemlju u gline posude, gdje su se i zakukuljile. Na taj način smo u laboratoriju pratili izlazak leptira. Kratko vrijeme prije eklozije donosili smo s terena iz raznih krajeva kukuljice iskopane i pomiješane sa zemljom radi praćenja eklozije, parazita i bolesti.

b) Terenska istraživanja — *Essais dans la nature*

Za terenska istraživanja izabrali smo objekte na otoku Cresu. Nedaleko istoimenoga mjesta na tome otoku nalaze se dvije borove kulture: Sv. Bartolomej i Sv. Uršula. Nešto dalje uz cestu Cres-Lošinj odabrali smo za opažanja dvije borove kulture: Vrana i Batajna (sl. 18). U samom mjestu Cresu osnovali smo privremeno entomološku stanicu.

Stanica je smještena kraj maloga borika u šumskom rasadniku u Cresu, gdje smo imali u jednoj obližnjoj zgradi i poljski laboratorij. Insektarije veličine $80 \times 40 \times 40$ smjestili smo na otvorenom prostoru u šumskom rasadniku (sl. 19). U sredini rasadnika postavili smo meteorološke kućice s instrumentima za mjerenje minimalne i maksimalne temperature, suhi i vlažni termometar, ombrometar i vjetrokaz. Meteorološka opažanja vršena su po uputama i pod nadzorom Hidrometeorološke stanice u Zagrebu.



Sl. — Fig. 18. Pregled borovih kultura na kojima su vršena fenološka opažanja — Carte des cultures du Pin où l'on a fait des observations phénologiques

Sve navedene borove kulture, kao i mali borik u Cresu stalno je napadao borov četnjak gnjezdar za vrijeme naših istraživanja s većim ili manjim intenzitetom. Taj intenzitet odgovarao je uglavnom intenzitetu zaraze na svim borovim kulturama sjevernog Primorja pa i čitavog jadranskog područja. Komparativna opažanja provodili smo u šumskim kulturama Voljak kraj Crikvenice, jer smo za to mjesto imali dugogodišnje i kompletne meteorološke podatke, a zatim djelomice i na borovim kulturama Učke. Redovno smo dobivali podatke o napadnutim kulturama i o intenzitetu zaraze od Šumskog gospodarstva »Viševica« Rijeka i »Dalmacija« Split. Materijal (kukuljice) radi ustanovljenja datuma eklozije leptira dobivali smo redovno s otoka Brača, a za kontinentalno područje iz okolice Sinja, iz Labina i NR Slovenije (Komen). Podatke za NR Bosnu i Hercegovinu dostavio nam je ing. Fice, entomolog iz Sarajeva, a za područje Dalmacije ing. Piškorić, nastavnik Srednje šum. škole u Splitu.

Meteorološke podatke za Crikvenicu dobili smo od Zavoda za hidrometeorološku službu u Zagrebu, koji je također vršio obradu podataka za meteorološku stanicu u Cresu.

c) Kratak opis kultura — Description brève des cultures

Suma Sv. Bartolomej i Sv. Uršula nalaze se na prijelazu iz sjevernoga na centralni dio otoka Cresa. Po svojim biljno-sociološkim karakteristikama nalaze se one na prijelazu submediteranskog u mediteransko područje. Na zapadnoj strani toga dijela otoka nestale su šume i tlo je izvrgnuto već decenijama postepenoj degradaciji, a naročito u višim re-

gijama. U donjim regijama nalaze se lijepi maslinovi nasadi. Umjetno podignute kulture crnoga bora stare su oko 55 godina. Nešto sjevernije od ovih objekata nalazimo područje hrasta medunca (*Quercus pubescens* Wild) i crnoga jasea (*Fraxinus ornus* L.), koje južnije prema Vranskom jezeru prelazi u područje zimzelenih listača: hrasta crnike ili česmine (*Quercetum ilicis* Br. Bl.).

Borova kultura Sv. Bartolomej ima površinu od 24 ha, a nadmorsku visinu 213—234 m. Na svojem donjem rubu izmiješana je s alepskim borom. Kod prvotnog pošumljavanja unesene su u kulturu i biljke kalabrijskog bora (*Pinus nigra*, Arn. ssp. *calabrica*). Na svojoj jugozapadnoj



Sl. — Fig. 19. Insektariji u kojima su uzgajane gusjenice na otoku Cresu. — Cages installées sur l'île de Crès. pour l'élevage des chenilles

strani teren je strmiji i kamenitiji od nešto viših južnih ekspozicija. Za to su ovdje borova stabla mnogo niža i sklop rjeđi. Vapnenac svagdje izbija na površinu u većim ili manjim gromadama, između kojih se nalazi zemlja crljenica. Na ovoj strani uz sami rub kulture nalazi se mlada borova kultura, koja je vjerojatno nastala prirodnim putem, no nije isključeno popunjavanje sadnjom borovih biljaka. Sklop je mjestimice prekinut zbog sječe posušenih stabala. Na tlu se može naći elementa mediteranske i submediteranske zone: *Quercus pubescens*, *Q. ilex*, *Fraxinus ornus*, *Prunus mahaleb*, *Rosa canina*, *Phillyrea latifolia*, *Pistacea terebinthus*, *Juniperus oxycedrus*, *Lonicera implexa*. Od nižeg bilja: *Salvia officinalis*, *Helichrysum italicum*, *Clematis flammula*, *Rubus fruticosus*, *Rubia peregrina*, *Asparagus acutifolius*, *Smilax aspera*, *Ruscus aculeatus*.

Na nešto višem položaju, koji je ujedno i položitiji, nalaze se stabla gušćeg sklopa, ljepša i ravnija.

Sv. Uršula (25 ha) nalazi se tek nekoliko stotina metara dalje prema jugu i po stanišnim prilikama ne razlikuje se mnogo od onih u Sv. Bartolomeju, osim što je sklop gušći i tlo donekle bolje popravljeno. Nešto deblji sloj humusa pokriva tlo. Ekspozicija južna. Nadmorska visina 334 m.

Obje borove kulture konstatno su napadane od 1945. god. pa dalje. U njima nije vršeno nikakvo suzbijanje četnjaka. Akcija veoma malog opsega izvršena je tek na jednoj maloj površini kulture Sv. Bartolomej, no ova akcija nije mogla nikako utjecati na prirodni tok gradacione krivulje.

Šuma Batajna, površine 392 ha nalazi se na jednom zaravanku s lijeve strane ceste Lošinj-Cres. To je mlada crnoborova kultura stara 15 godina. Nadmorska visina 240 m. Tlo potpuno degradirano bez ikakva znatnijeg biljnog pokrova. Ovu smo sastojinu izabrali kao pokusni objekt u prvom redu radi opažanja o štetnom utjecaju četnjakova bršćenja na mlađe borove sastojine, a zatim za gradološka opažanja. Zbog manjih visina, na kojima je bilo lako izbrojiti zapretke, bio je to naročito pogodan objekt za određivanje intenziteta napadaja u pojedinim godinama. U toj šumi izlučili smo površinu 100×50 (0,5 ha), na kojoj smo za vrijeme od 3 godine brojili zapretke na svim borovima. Na taj način dobili smo podatke za konstrukciju gradološke krivulje. Iz te smo kulture uzimali jajna legla za laboratorijske pokuse.

Šuma Vrana, koja se nalazi na visoravni centralnog dijela otoka Cresa pokraj Vranskoga jezera ima površinu 150 ha. Nadmorska vis. 270 m. Sastojina je stara oko 50 godina. Tlo veoma mršavo, mjestimice pod sklopom nešto popravljeno. Sastojina rijetkoga sklopa veoma slabog kvaliteta. Mnoga stabla, dostignuvši fizičku zrelost, koja rano nastupa na kraškom siromašnom tlu, suše se. Stalno izvrgnuta napadima četnjaka, stabla su sukcesivno kljaštrena. Mnoga su zbog toga ostala bez vrhova i cijela sastojina ima veoma loš izgled. Tomu je mnogo pridonio i napadaj borova savijača (*Evetria buoliana* Schiff.); godine 1949. i 1950. primijećen je u ovoj šumi jaki napadaj potkornjaka (*Pityogenes trepanatus* Noerdl.).

Sjeverni dio šume Vrana je mlađa kultura. Na njoj smo izabrali pokusnu površinu, sa koje smo svake godine uzimali kuljice radi kontrole njihova zdravstvenog stanja i radi konstrukcije gradološke krivulje.

Šuma Voljak nalazi se iznad mjesta Crikvenice. Nadmorska visina 180 m. Tlo pripada zoni vapnenca gornje krede sa mnogo škrapa i nešto malo zemlje crnice. Na mjestima ima potpuno ispranih i sterilnih površina. Pripada zadruzi *Carpinetum orientalis croaticum* H-ić. U ovoj smo šumi vršili opažanja naročito u pogledu intenziteta zaraze i fertiliteta ženki u pojedinim godinama.

3. Laboratorijska istraživanja — *Essais effectués en laboratoire*

a) Utjecaj konstantnih temperatura na razvoj gusjenica — *influence des températures constantes sur le développement des chenilles*

Poznavanje djelovanja temperature i vlage na razvoj insekata od velike je praktične vrijednosti. U vezi sa klimagramima pojedinih krajeva, ono nam u mnogo slučajeva pomaže kod postavljanja prognoze za masovnu pojavu i širenje insekata. Najbolji primjer za to dao je *Bodenheimer* (1930) iznoseći slučaj *Xenopsylla cheopis*, prenosioca jedne opasne bolesti (plućne kuge). *Buxton* je na temelju poznavanja klimatskih datuma i vitaliteta ovoga insekta lako utvrdio, u kojim krajevima Afrike može doći do epidemije, a u kojima ne može.

Krivulja brzine razvoja insekata u zavisnosti o temperaturi, za koju su teoretske postavke dali *Van t'Hoff* i *Krogh* (1914), usavršena je daljom razradom *Sandersona* (1913), *Pearsa* (1927), *Bodenheimera* (1927), *Bluncka* (1923), *Janischa* (1925) itd. Mnogi primijenjeni entomolozi konstruirali su za važnije vrste štetnika Blunckovu hiperbolu, koja predstavlja zavisnost brzine razvoja nekog insekta o temperaturi, dajući joj prednost ispred *Janischeve* teoretski ispravnije, ali za praksu manje primjenljive eksponencijalne krivulje.

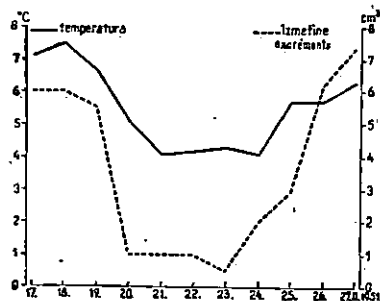
Za četnjaka je ustanovljenje ove krivulje od naročite važnosti i zato, što on u našoj zemlji dolazi na golemoj površini i u krajevima sa naročitim klimatskim uvjetima. Razumije se, da njegov razvoj u zavisnosti od klime dotičnoga kraja mnogo varira. Poznavanje bioloških datuma u pojedinim godinama od praktične je važnosti za šumarstvo. Naročito je za suzbijanje važno pratiti razvoj gusjenica, odrediti stadije i približno predvidjeti vrijeme, kada će gusjenice ići u zemlju, da se zakukulje. U posljednjim stadijima svoga razvoja gusjenice su veoma otporne, pa se suzbijanje mora provoditi, dok su one u mlađim stadijima. No kako klimatske prilike variraju često za jedan te isti kraj u pojedinim godinama, to biološki datumi za četnjaka nisu ni približno konstantni. Razlike u vremenu odlaska gusjenica u zemlju iznose u pojedinim godinama 2—3 mjeseca.

Poznavanje zavisnosti razvoja četnjakovih gusjenica o temperaturi, tom najvažnijem ekološkom faktoru, pomoći će nam kod postavljanja prognoze, u kojem stadiju će gusjenice prezimiti i kada će odlaziti u zemlju, da se zakukulje. S druge strane ono nam daje mogućnost, da ocijenimo, u kojim krajevima može da živi četnjak i gdje treba očekivati njegovu masovnu pojavu.

Pri izradi Blunckove krivulje služili smo se eksperimentalnim i računskim putem. U više su navrata eksperimenti pokazali njenu ispravnost. Razvoj gusjenica 5. stadija na temperaturi 18° C (t_1) trajao je 30 dana (T_1). Kod temperature od 24° C (t_2) razvoj gusjenica istoga stadija trajao je 20 dana (T_2). Ove podatke dobili smo uzgajajući gusjenice na tim temperaturama za vrijeme od 3 godine. Na temelju ovih dviju točaka, temperature i odgovarajuće duljine razvoja izračuna se termalna konstanta (*thermal constant*) iz formule: $T(t - c) = k$. Uvrštavajući u tu jednadžbu vrijednosti za t i T , dobili smo:

$$\begin{aligned} 20 (24^\circ - c) &= k \\ 30 (18^\circ - c) &= k \\ \hline k &= 360 \end{aligned}$$

Daljim uvrštavanjem veličine k u jednu od prednjih jednadžbi izračunali smo *nultu točku razvoja* (*Developmental zero* ili prema Schelfordu (1927), — cit. Chapman *temperature thre-*



Sl. — Fig. 20. Odnos dnevnih temperatura i količine ekskremenata — Rapport entre les températures journalières et les quantités d'excréments

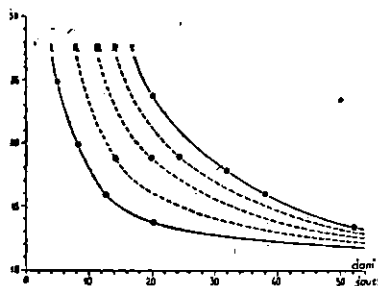
shold) $c = 6^\circ$ C. To bi značilo, da se ispod ove točke gusjenice ne hrane i da se ne mogu razvijati. To su potvrdili i neki autori (Müller, Grison), iako je puno i intenzivno žderanje tek nešto iznad 10° C. Događa se, da gusjenice izlaze noću i hrane se i kod nižih temperatura, ako su ove kratkotrajne i ako je pad temperature nastupio postepeno (sl. 20), no u ovom slučaju, kako se vidi iz grafikona, biološki procesi svedeni su na minimum. Uporedo s padom temperatura vidljivo je opala i količina ekskremenata u tim danima.

Pokus sa gusjenicama 1. stadija pokazao je, da je na temperaturi od 24° C razvoj trajao prosječno 5 dana; na 20° C pro-

sječno 8 dana, a na $7,5^{\circ}\text{C}$ u pogledu hranjenja one nisu bile aktivne. Kod ove posljednje temperature pokazivale su one znakove života još nakon 20 dana, a kod 11°C nisu uspjele da se presvuku u drugi stadij usprkos slabom pokušaju uzimanja hrane. Iz ovako dobivenih podataka prema prednjoj jednadžbi izračunali smo termalnu konstantu. Ona je iznosila 53, a nultočka razvoja (c) 11°C , što je, kako smo naprijed vidjeli, uzgojem u termostatu i potvrđeno.

Na temelju prednjih podataka i točaka, koje smo dobili interpolacijom, konstruirali smo *Blunckovu hiperbolu* (sl. 21).

Napominjemo, da nam je konstrukcija *Blunckove krivulje* bila samo kao radna hipoteza za lakše tumačenje nekih klimatskih faktora. No u tome smislu potrebna su još dalja istraživanja. Bilo bi od velikog značenja odrediti interval između vitalnog optimuma i brzine razvoja pojedinih stadija. *Kozhantschikow* (1936) je mišljenja, da u problemu masovne pojave štetnika, kao i njegove periodičke pojave, termofilnost vrste, odnosno navedeni interval igra veliku ulogu. Mi nismo odredili vitalni optimum borova četnjaka. Ipak primjećujemo, da kod temperature od 24°C gusjenice 5. stadija prenesene iz zapretka na novu grančicu nisu pokušale praviti novi zapredak, pa zbog toga pretpostavljamo, da je to točka, koja se nalazi blizu gornje granice njegove vitalne zone t. j. zone, za koju još uvijek vrijedi *Blunckova krivulja*. Mortalitet gusjenica kod ove temperature bio je tek neznan.



Sl. — Fig. 21. Razvoj četnjakovih gusjenica 1.—5. stadija na raznim konstantnim temperaturama — Évolution des chenilles de la Processionnaire du Pin à des températures constantes

Uzmemo li kao teoretsku nultočku razvoja za gusjenice 1. stadija 11°C , a za one 5. stadija 6°C , vidimo, da razlika za ostale stadije nije znatna. Ipak bi bilo krivo pomisliti, da je ekološka valencija u stadiju gusjenica mala. Gusjenica 5. stadija preživjele su u prirodi temperaturu od -29°C . U zaprecima izdržale su i 2 mjeseca bez hrane. Postavljene na -12°C za vrijeme od 24 sata, a zatim donesene na temperaturu od 20°C postaju za nekoliko časaka veoma aktivne. Da su gusjenice veoma otporne, pokazuje ovaj pokus. 20. decembra 1953. donijeli smo iz Hrv. Primorja 10 zapredaka sa gusjenicama četnjaka i stavili ih na vanjsku temperaturu. Zbog niskih temperatura, koje su tih dana nastupile u Zagrebu, gusjenice su ostale u zaprecima i nisu

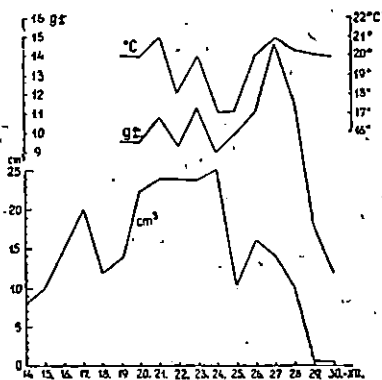
uzimale hranu sve do konca veljače 1954., t. j. više od 2 mjeseca. Nakon toga prenijeli smo ih na sobnu temperaturu (18—20° C), i one su odmah isti dan započele hranjenjem. Godine 1950. postavili smo ovaj pokus: Gusjenice 4. stadija postepeno smo privikivali na gladovanje, hraneći ih neredovito i s malom količinom hrane u vremenu od 24.—30. XI. Zatim smo ih prestali hraniti. 4. XII. presvukle su se u 5. stadij. Po veličini znatno su zaostale za onima, koje smo normalno hranili. 13. XII., t. j. nakon 18 dana, što djelomičnog, što potpunog gladovanja stavljene su ponovo na hranu kod sobne temperature (18—20° C). 31. XII. gusjenice su se zakukuljile. Gusjenice, koje su služile kao kontrola, t. j. koje smo redovito hranili, pošle su u zemlju 12. XII. t. j. 18 dana prije.

Još jedan primjer svjedoči o velikoj vitalnosti gusjenica četnjaka starijih stadija. Radilo se o gusjenicama, koje smo 2. III. 1953. primili iz Alësa u laboratorij za entomologiju u Parizu. Na temperaturi od 9—14° C gusjenice nisu uzimale hranu. To je bio period presvlačenja, koji je bio produžen zbog niskih temperatura. 10. III. otvorili smo zapretke i našli gusjenice 4. stadija *pred presvlačenjem*. Nekoliko blijedih gusjenica 5. stadija dokazuje, da su se gusjenice upravo presvukle. Neznatne količine ekskremenata, koje smo nalazili do 18. III., pokazivale se, da su gusjenice pokušavale uzimati hranu, no noćne temperature kretale su se upravo oko točke, kod koje je žderanje tek neznatno. 18. III. prenijeli smo gusjenice u komoru s konstantnom temperaturom od 25° C. Gusjenice su počele da uzimaju hranu u većim količinama, a i količina ekstremenata naglo je porasla. 26. III. ostavljen je jedan dio gusjenica u klima-komori s konstantnom temperaturom, a druga polovina prenesena je na konstantnu temperaturu od 6,5° C. Tu su ostale 25 dana, t. j. do 20. aprila, kada su ponovo prenesene u klima-komoru na 25° C. 11. V. zabilježili smo prve kukuljice, a gusjenice, koje su ostavljene u klima-komori za kontrolu, zakukuljile su se između 3 i 8. aprila. Normalno je dakle razvoj gusjenica 5. stadija na temperaturi od 25° C trajao 18—23 dana. Gusjenice, koje su 25 dana bile bez hrane na temperaturi od 6,5° C, trebale su za razvoj, ne računajući vrijeme anabioze na temperaturi ispod nul-točke razvoja, 28 dana, t. j. 8 dana više nego u prvom slučaju. Mortalitet leptira, koji su izašli iz kukuljice, bio je neznatan (10%) i nije se razlikovao u jednom i drugom slučaju. Iz rezultata ovog pokusa možemo zaključiti još i to, da je temperaturu potrebna za presvlačenje uvijek veća od temperature nul-točke razvitka, i da gusjenice, koje se pred presvlačenje ili za vrijeme presvlačenja nađu na toj temperaturi, zaostaju u razvoju, no bez nekih većih štetnih posljedica. Nagli prijelaz iz nižih temperatura na

više ne aktivira gusjenice odmah, već je potrebno, da prođe neko vrijeme. Naprotiv prenesene, na niske temperature odmah prestaju da budu aktivne. Iako je ovakav nagli prijelaz u prirodi obično povezan sa štetnim posljedicama za zdravstveno stanje gusjenica, u laboratoriju to nismo primijetili.

Kolika je zavisnost svih fizioloških procesa unutar točaka biološke krivulje, pokazuje nam grafikon iskorišćenja hrane konstruiran nekoliko dana prije zakukuljenja za jednu grupu gusjenica 5. stadija. Iako je to iskorišćenje upravo proporcionalno sa starošću gusjenica, jasno se vide fluktuacije izazvane alternirajućom temperaturom (sl. 22).

Na koncu treba napomenuti, da se komplicirani biološki i fiziološki procesi ne dadu jednostavno svesti na matematske formule i prikazati grafikonima. Ipak vrijedno je spomenuti primjer *Bodenheimera* (1927), koji je za *Ceratis capitata* L. dao svjetsku kartu sa hipotetskim fenološkim datumima za razne krajeve. Te krivulje predstavljaju dragocjenu pomoć entomolozima i gruba odstupanja imaju uvijek svoj uzrok u nekim faktorima, koji su bili u mogućnosti da isključe zavisnosti o temperaturi (Friedriks 1930). Za matematska apliciranja u biologiji vrijedi konstatacija *Zwölfera*, koji kaže da su ona put, kojim idemo u našim istraživanjima, a nikako i njihov cilj.



Sl. — Fig. 22. Iskorišćenje hrane gusjenica 5. stadija na alternirajućim temperaturama; gr=iskorišćena hrana u gramima; cm³=ekskrementi u cm³ — Utilisation de nourriture par des chenilles du 5ème stade à des températures variables; gr=nourriture en grammes; cm³=excréments en cm³

b) Utjecaj sunčanog svijetla na razvoj gusjenica — Influence de la lumière solaire sur le développement des chenilles

Kod mnogih insekata svijetlo igra važnu ulogu kao ekološki faktor. Malo je živih bića uopće, kojih se život ne bi odvijao bar u jednoj njegovoj fazi uz prisustvo svijetla (Chapman, 1931). Svijetlo igra ulogu, koja se ne smije zanemariti, kada se govori o razvoju insekata ili njihovoj aktivnosti (Vayssière, 1940). Efekt sunčanog svijetla na biološke procese, ekološke odnose, morfološke karakteristike, pa čak na mehanizam nasljeđivanja, bili su predmet proučavanja mnogih autora. Dobro je poznato,

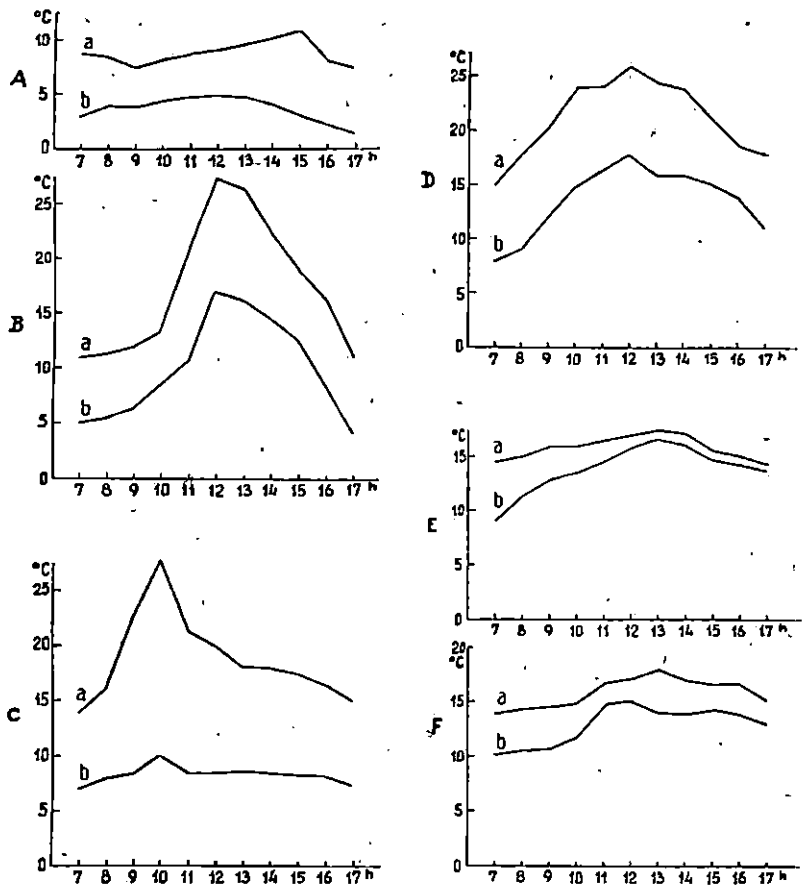
da insolacija skopčana sa povišenom temperaturom povećava aktivitet insekata i djeluje pozitivno na fiziološke procese, pa neki insekti nastoje iskoristiti sunčanu energiju. *Bodenheimer* je to utvrdio za skakavce.

Četnjak je lucifugan. Gusjenice, koje brste, osvijetljene naglo električnom svjetlošću vraćaju se hitro u zapredak. Ipak poslije noćnih kiša izgladnjele gusjenice 1. i 2. stadija možemo naći često i po danu na iglicama borà. To se događa naročito, kada traže mjesto za formiranje novog zapretka. Pa i odrasle gusjenice, iako je to rijetko, možemo naći u procesiji za lijepih sunčanih dana. *Fabre* je to smatrao higijenskom šetnjom ili ispitivanjem terena u potrazi za mjestom, gdje će se poslije zakućuljiti. No usprkos tim činjenicama gusjenice četnjaka ostaju tipično lucifugne životinje. One ipak iskorišćuju sunčano svijetlo na originalan način. *Grison* (1951) je izvršio neka ispitivanja s osvijetljavanjem gusjenica. On je utvrdio, da je samo hranjenje uglavnom noćno, no da to ne vrijedi i za drugi aktivitet. Primijetio je, da se gusjenice kreću u kolonijama naročito za vedrih zimskih dana, kada je temperatura iznad 9°C. Ispod te temperature (do + 3°C) primijećeno je tek slabo kretanje pojedinih individuuma, a kretanje iznad 17°C veoma je intenzivno. Ako su gusjenice stalno osvijetljene na optimalnoj temperaturi od 18—20°C, ishrana im je reducirana na minimum. Ako ih stavimo 8 dana u tamu, modificira se nyctemeralni ritam u velikoj mjeri.

Naši pokusi, koje smo u laboratoriju izvršili u ovom pravcu, nisu nam dali rezultate, iz kojih bismo mogli povući sasvim određene zaključke. Gusjenice, koje smo postavili u totalni i kontinuirani mrak, razvijale su se jednako kao i one na svijetlu. Konstruirale su zapredak (zimski) u 3. stadiju, doživjele i treće presvlačenje (4. stadij), a onda su uginule od poliedrije upravo kao i one, koje su bile na svijetlu, nakon mjesec dana života.

Nas je zainteresirala jedna druga pojava, koju smo primijetili u šumi. Često smo imali priliku vidjeti na stablima ili veći broj zapredaka ili poneki golemi zapredak, a tragovi žderanja bili su jedva zamjetljivi. Drugih pak godina štete su unatoč manjem broju zapredaka bile znatnije. Koji je dakle uzrok toj činjenici? Budući da su uz povišenu temperaturu do određene granice pojačani svi parcijalni fiziološki procesi, došli smo na pomisao, da bi se i u tome slučaju mogao tražiti uzrok pojačanom aktivitetu i ubrzanom razvoju u povišenoj temperaturi, kako je to za *Schistocerca gregaria* dokazao *Bodenheimer*. Za vedrih zimskih dana iskorišćuju gusjenice sunčanu energiju na veoma zanimljiv način. Poznato je, da gusjenice borave danju u zaprecima, koje su satkale od niti pomoću žlijezda predivica. Mi

smo mjerili temperaturu unutar zapredaka i uspoređivali je s vanjskom temperaturom na istom mjestu i u isto vrijeme. Koristili smo se pritom sa 4 termometra, mjereći temperaturu na



Sl. — Fig. 23. Razlika između vanjske temperature i one u zapretku; a) temperatura u zapretku, b) vanjska temperatura; A) sjev. ekspoz., B) i D) juž. ekspoz., C) jugozap. ekspoz.; E) i F) oblačno vrijeme — Différence entre la température extérieure et intérieure de la bourse: a) température intérieure, b) température extérieure. A) exposition du nord, B) et D) exposition du sud, C) exposition sud-ouest; E) et F) ciel nuageux

dvjema raznim ekspozicijama (sjeverna i južna). Temperature smo mjerili od 7 sati ujutro do 17 sati svakog punog sata. Mjerenja su ponavljana kroz više dana, među kojima je bilo vedrih i oblačnih. Rezultati, koje smo dobili, prikazani su u tab. 4. Ne-koje od njih prikazali smo i grafički (sl. 23). Iz tabele i grafikona

se vidi, da ta razlika za vedrih sunčanih dana može dostići i 18°C. Amplituda između vanjske temperature i one u zaprecima varira prema visini zapretka na stablu, dobi dana, intenzitetu insolacije, veličini zapretka i ekspoziciji. Za vrijeme oblačnih dana, ujutru i predvečer za vrijeme vedrih dana, kao i na sjevernim ekspozicijama te su razlike manje. Za vrijeme oblačnih dana one su gotovo neznatne (sl. 23, e, f). Lako je razumljivo, da je zbog danjih povišenja temperatura proces probave intenzivniji, a razvoj gusjenica ubrzan.

Iskorišćivanje sunčane energije preko zapredaka dobija još više na važnosti, što se ono zbiva zimi, kada su dani najkraći, a dnevne i noćne temperature najniže.

c) *Utjecaj grupe na razvoj gusjenica — Effet de groupe sur le développement des chenilles*

Gusjenice četnjaka žive socijalnim životom. Ta socijalnost ne očituje se u podjeli rada, kao što je to slučaj kod termita, mrava ili pčela. Njihova socijalnost u stadiju gusjenica nije djelomična, kao što je slučaj kod zlatokraja. *Eidmann* (1941) misli, da je ta socijalnost instinktivno udruživanje radi izgradnje zapredaka, koji ih štite od nepovoljnih vremenskih prilika.

Mi smo već spomenuli kakvu ulogu u iskorišćivanju sunčane energije imaju zajednički zapreci. Prema tome permanentne homotipske asocijacije imaju u slučaju četnjaka svrhu, da putem izgradnje zajedničkih zapredaka onemoguće iskorišćivanje te energije. No ove asocijacije imaju još jednu, za razvitak važnu konsekvencu. Već je *Grison* (1951) upozorio na »efekat grupe«. On je eksperimentalno ustanovio, da 20 izoliranih gusjenica pretposljednega stadija nakon 48-satnog gladovanja na +18°C konsumiraju količinu hrane, koja iznosi 70—103% njihove vlastite težine. Kod 20 drugih gusjenica, koje je hranio u grupi, količina konsumirane hrane iznosila je 126—165% njihove težine.

Izražavajući efekt grupe koeficijentom, koji se dobije dijeljenjem težine istoga broja gusjenica hranjenih u grupi i individualno, navedeni autor je ustanovio, da je porast težine oko 3 puta veći kod grupnog nego kod individualnog uzgoja.

Mi smo u više mahova pokušali hraniti individualno gusjenice 1. stadija, ali svi ti pokušaji ostali su bez uspjeha, jer su gusjenice u svim slučajevima ugibale. Postoji minimalni broj i za gusjenice 2. stadija. Taj broj se umanjuje za gusjenice starijih stadija. Već gusjenice 5. stadija mogu se individualno uzgojiti.

TEMPERATURE U ZAPRETKU I IZVAN NJEGA
Températures intérieures et extérieures de la bourse

Tab. 4

Ekspozicija Exposition		N			S			SW						S																					
Zapredak br. Bourse No.		1			2			3			4			5			6		7			8		9		10			11			12			
Sati Heures	Vanjska Extérieure	U zapretku Intérieure	Razlika Différence	Vanjska Extérieure	U zapretku Intérieure	Razlika Différence	Vanjska Extérieure	U zapretku Intérieure	Razlika Différence	Vanjska Extérieure	U zapretku Intérieure	Razlika Différence	Vanjska Extérieure	U zapretku Intérieure	Razlika Différence	U zapretku Intérieure	Razlika Différence	Vanjska Extérieure	U zapretku Intérieure	Razlika Différence	U zapretku Intérieure	Razlika Différence	Vanjska Extérieure	U zapretku Intérieure	Razlika Différence	Vanjska Extérieure	U zapretku Intérieure	Razlika Différence	Vanjska Extérieure	U zapretku Intérieure	Razlika Différence				
7	3.0	8.5	+ 5.5	5.0	11.2	+ 6.2	7.1	14.0	+ 6.9	7.1	13.6	+ 6.5	8.0	15.0	+ 7.0	15.1	+ 7.1	9	14.6	+ 5.6	13.5	+ 4.5	12.5	+ 3.5	10.0	14.0	+ 4.0	10.0	14.0	+ 4.0	13.5	+ 3.5			
8	4.0	8.3	+ 4.3	5.5	11.4	+ 5.9	8.0	16.0	+ 8.0	8.0	15.5	+ 7.5	9.1	18.0	+ 8.9	17.5	+ 6.4	11.5	15.0	+ 3.5	14.5	+ 3.0	14.0	+ 3.5	10.5	14.5	+ 4.0	10.5	14.0	+ 3.5	13.5	+ 3.0			
9	4.0	7.5	+ 3.5	6.2	12.0	+ 5.8	8.5	22.5	+ 14.0	8.5	21.0	+ 12.5	12.5	20.5	+ 8.0	19.6	+ 7.1	11.0	16.0	+ 5.0	17.0	+ 6.0	13.0	+ 2.0	11.0	14.8	+ 3.8	11.0	15.0	+ 4.0	14.8	+ 3.8			
10	4.5	8.0	+ 3.5	8.5	13.5	+ 5.0	10.0	28	+ 18.0	10.0	28.2	+ 18.2	15.0	24.0	+ 9.0	22.5	+ 7.5	12.3	13.8	+ 1.5	16.5	+ 4.2	13.5	+ 1.2	12.0	15.0	+ 3.0	12.0	16.0	+ 4.0	15.5	+ 3.5			
11	4.7	8.7	+ 4.0	10.8	20.7	+ 9.9	9.1	21.3	+ 12.2	9.1	21.0	+ 11.9	16.5	23.5	+ 7.0	24.0	+ 7.5	13.5	14.5	+ 1.0	16.0	+ 2.5	14.5	+ 1.0	15.0	17.0	+ 2.0	15.0	15.0	+ 0.0	17.0	+ 2.0			
12	5.0	9.1	+ 4.1	17.1	27.5	+ 10.4	9.0	20.0	+ 11.0	9.0	19.5	+ 10.5	18.0	26.0	+ 8.0	27.5	+ 9.5	14.0	16.0	+ 2.0	17.0	+ 3.0	16.0	+ 2.0	15.1	17.5	+ 2.4	15.1	15.0	+ 0.1	18.0	+ 2.9			
13	4.9	9.8	+ 4.9	16.3	26.5	+ 10.2	9.2	18.0	+ 8.8	9.2	19.0	+ 9.8	16.0	24.5	+ 8.5	19.0	+ 3.0	14.6	14.5	- 0.1	17.5	+ 2.9	16.5	+ 1.9	14.0	18.0	+ 4.0	14.0	16.0	+ 2.0	17.0	+ 3.0			
14	4.1	10.2	+ 6.1	14.8	22.4	+ 7.6	9.0	18.0	+ 9.0	9.0	18.0	+ 9.0	16.0	19.0	+ 3.0	28.0	+ 12.0	15.0	17.0	+ 2.0	18.0	+ 3.0	16.0	+ 1.0	14.3	17.0	+ 2.7	14.3	15.0	+ 0.7	16.6	+ 2.3			
15	3.0	11.0	+ 8.0	12.5	19.0	+ 6.5	8.9	17.5	+ 8.6	8.9	16.5	+ 7.6	15.1	16.0	+ 0.9	26.5	+ 11.4	14.5	15.5	+ 1.0	18.0	+ 3.5	15.5	+ 1.0	14.5	16.8	+ 2.3	14.5	16.0	+ 1.5	16.0	+ 1.5			
16	2.5	8.3	+ 5.8	8.3	16.5	+ 8.2	8.7	16.5	+ 7.8	8.7	13.5	+ 4.8	14.0	13.5	- 0.5	25.0	+ 11.0	14.1	15.0	+ 0.9	18.2	+ 4.1	15.0	+ 0.9	14.0	17.0	+ 3.0	14.0	16.0	+ 2.0	16.2	+ 2.2			
17	1.6	8.1	+ 6.5	4.0	11.0	+ 7.0	7.5	15.0	+ 7.5	7.5	13.4	+ 5.9	11.0	13.0	+ 2.0	22.5	+ 11.5	13.5	14.0	+ 0.5	14.1	+ 0.6	14.0	+ 0.5	13.2	15.0	+ 1.8	13.2	15.0	+ 1.8	14.8	+ 1.6			
Temperature mjerene na 1,5 m iznad zemlje za vedrog vremena. Températures mesurées à 1,5 m au-dessus du sol et à ciel sans nuages.																		Temperature mjerene na 1,5 m iznad zemlje, za vrijeme pune naoblake. Températures mesurées à 1,5 m au-dessus du sol et à ciel nuageux.																	

Odnos broja i težine gusjenica (efekt grupe) — Rapport entre le nombre des chenilles et leur poids (effet de groupe)

Tab. 5

Br. gusjen. Nombre de chenilles	I. pokus — I ^{er} essai							II. pokus — II ^{ème} essai						
	5	10	15	20	30	50	100	5	10	15	20	30	50	100
1. vaganje 1 ^a pesage	—	2.5	2.9	4.3	6.3	10.9	16.9	—	2.9	3.6	5.3	8.5	12.2	19.7
2. vaganje 2 ^e pesage	—	5.8	6.1	14.3	19.7	28.5	53.5	—	7.5	9.4	14.7	21.2	33.4	67.4
Kvocijent quotient	—	2.3	2.4	3.3	3.1	2.6	3.2	—	2.6	2.6	2.8	2.5	2.7	3.4

U tabeli 5 prikazani su rezultati vlastitih pokusa, u kojima smo hranili pod istim uvjetima razni broj gusjenica i mjerili njihovu težinu nakon 20 dana. U oba provedena pokusa grupa od 5 gusjenica nije se razvijala i gusjenice su uginule. U oba pokusa kvocijent između prvog i drugog vaganja pokazuje tendenciju porasta za grupe s većim brojem gusjenica. Tako je u prvom pokusu težina grupe od 10 gusjenica porasla za 20 dana 2,3 puta, a grupe od 100 gusjenica 3,2 puta ili za 30% više od prve grupe. Slični rezultat dobiven je i kod drugoga pokusa. Uzev u obzir podatke *Grisona*, možemo zaključiti, da broj gusjenica u zapretku također ima neko značenje za brzinu razvoja. Uistinu mi smo našli u borovim kulturama uz iste životne uvjete (ekspozicija, visina itd.), da gusjenice u manjim zaprecima, s manjim brojem gusjenica, odlaze kasnije u zemlju.

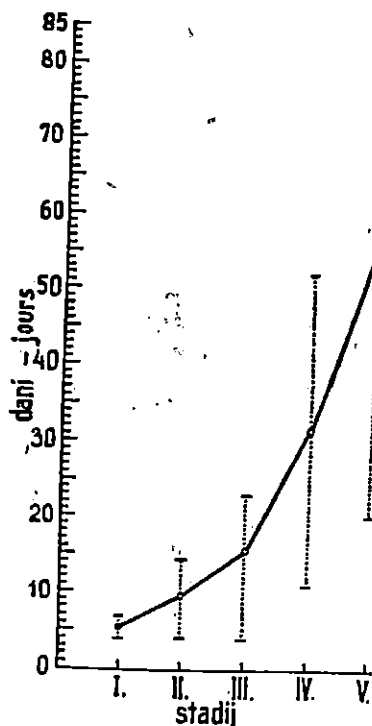
Udruživanje četnjakovih gusjenica nema dakle ekonomsko značenje (osiguranje hrane), sociološko (podjela rada), ni geneo-nomično (razmnožavanje), već, upravo esencijelno udruživanje, t. j. biološko udruživanje, gdje svi homotipski individuumi imaju korist od zajednice, a ta je iskorišćivanje sunčane energije prav-ljenjem zajedničkih zapredaka (koji im ujedno služe kao zaštita od nepovoljnih prilika i neprijatelja) i bolje iskorišćivanje hrane u većoj grupi.

U prirodi se gusjenice istoga legla rijetko podijele u dvije zasebne grupe, ali često dođe do udruživanja gusjenica iz više jajnih legala. Tako smo na jednom mladom boru našli 6 jajnih legala, a samo 1 zimski zapredak. U jednom slučaju našli smo u jednom zapretku 625 gusjenica 5. stadija. Uzmemo li u obzir parazitiranost i prirodni mortalitet, možemo pretpostaviti, da se radi o gusjenicama iz najmanje 4 jajna legla. Ovdje moramo

uzeti u obzir i okolnost, da parazit i ostali redukcionni faktori umanjujući broj gusjenica ujedno usporavaju razvitak preostalih gusjenica.

d) Gladovanje gusjenica — Inanition des chenilles

Pokuse s gladovanjem gusjenica proveli smo stoga, što u tome stadiju četnjak u većini slučajeva prezimi. Čak i u primorskim krajevima u pojedinim godinama prisiljene su one



Sl. — Fig. 24. Gladovanje četnjakovih gusjenica I.—5. stadija — Durée d'inanition des chenilles de la Processionnaire du Pin du 1er au 5ème stade

zbog niskih temperatura, vjetra i kiša da ostanu kraće ili dulje vrijeme u zaprecima bez hrane. U tim krajevima za vrijeme zimskog perioda padne najveći dio oborina. Dugotrajne oborine prisiljavaju gusjenice na gladovanje. Iako je općenito uzevši, važnije ispitati gladovanje gusjenica 4. i 5. stadija, jer se to u tim stadijima najčešće i događa, ipak to nije bez važnosti i za gusjenice 1. i 2. stadija, koje su na nestašicu hrane mnogo osjetljivije od starijih gusjenica. Unatoč tome, što smo za pokuse uzimali gusjenice iz istoga legla i što su sve bile pod istim uvjetima, pokazale su se prilično velike individualne razlike. Pritome je varijaciona širina mnogo veća za gusjenice starijih stadija. Za svaki stadij pokuse smo ponovili, odnosno postavljali smo nekoliko pokusa paralelno. Gusjenice prvoga stadija nismo hranili počevši od prvoga dana eklozije.

Kao što je bilo i očekivati, sa starošću gusjenica raste i njihova otpornost u tome pogledu. Nekoje gusjenice V. stadija izdržale su čak više od 80 dana. Moramo primijetiti, da je pokus gladovanja izvršen u zatvorenoj prostoriji na terenu na varijabilnim temperaturama i s gusjenicama izvan zapredaka, pa su

Sl. 24 prikazuje, kako srednji, tako minimalni i maksimalni broj dana, u kojima ugibaju gusjenice pojedinih stadija zbog

ovi rezultati samo orijentacionog karaktera. Oni nam ipak pokazuju, da će rijetko kada u prirodi nepovoljne prilike, koje dovode gusjenice do gladovanja; biti tako dugotrajne, da bi bile uzrok prestanku zaraze. To bi jedino donekle moglo doći u obzir za gusjenice 1. stadija, koje, kako vidimo, ne mogu izdržati gladovanje dulje od 6 dana, na prosječnoj dnevnoj temperaturi od 24° C. Kratkotrajno i često gladovanej na povišenim temperaturama, što se događa ljeti, može biti nepovoljnije za gusjenice od dužega gladovanja na nižim zimskim temperaturama. U tome pogledu su česte kiše u vrijeme blagih zima štetnije od suhих zima sa niskim temperaturama. Ipak kišna zima 1952. g. nije mogla utjecati na intenzivniji napad 1953. g., kako ćemo vidjeti kasnije, što znači, da negdje drugdje moramo tražiti uzrok intenzitetu napada.

e) *Utjecaj konstantnih temperatura na trajanje života leptira*
— *Influence des températures constantes sur la durée de la vie des papillons*

Trajanje života imaga ispitivali smo za ♀♀ i ♂♂, koji nisu kopulirali. Rezultati ovih pokusa prikazani su na sl. 25. Iz grafikona se može zaključiti ovo:

Razlike su u dužini života ♀♀ i ♂♂ na temperaturi između 22 i 28° C neznatne. Neoplođene ženke pokazuju ipak tendenciju dužeg života od mužjaka. Najdulje su živjeli ♂♂ i ♀♀ kod 22° C (4 dana), a najmanje kod 28° C (1 dan). Na temperaturi između 10 i 22° C ženke žive kraće od mužjaka. Ta razlika je to veća, što su temperature niže. Također su i individualne razlike kod nižih temperatura veće nego kod viših. Tako je kod 10° C srednja vrijednost trajanja života mužjaka iznosila 7 dana, a individualne varijacije kretale su se između 3—17 dana. Za ženke je kod iste temperature srednja vrijednost iznosila 3 dana, a individualne varijacije 2—9 dana.

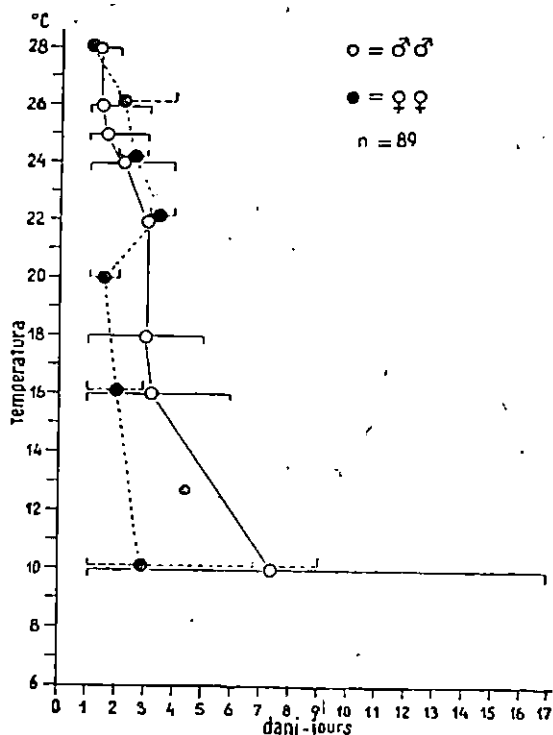
Bilo je zanimljivo komparirati rezultate, koje je dobio Zwölfer (1935) za *Lymantria monacha* sa rezultatima, koje smo dobili mi za četnjaka. Prema Zwölferu na temperaturi od 20° C ženke žive duže od mužjaka; iznad te točke je slučaj obrnut. Slično je Zwölfer pokazao i za *Panolis flammea* Schiff., no ovdje je prijelomna točka kod 18° C.

Ne upuštajući se u pitanje, zašto kod borova četnjaka gnjezdara ženke kod nižih temperatura imaju kraći život od mužjaka, karakteristično je u sva tri slučaja odnosno za sve tri vrste:

1. Temperatura ne djeluje kod oba spola u istome smislu; kod sve tri vrste leptira postoji prijelomna točka, ispod koje

mužjaci i ženke reagiraju u obrnutom smislu nego iznad te točke.

2. Razlike u trajanju života jače se ističu na temperaturama ispod te prijelomne točke nego iznad nje.



Sl. — Fig. 25. Utjecaj konstantnih temperatura na leptire — Effet des températures constantes sur les papillons

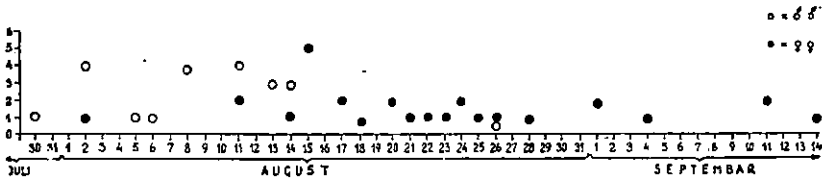
Po našem mišljenju, to bi moglo biti u vezi sa biološkim optimumom vrste, te može imati praktično značenje u epidemiološkom smislu, naročito u godinama jače izražene protandrije, jer bi tada život mužjaka bio na nižim temperaturama produžen, a mogućnost kopulacije povećana.

Na temelju podataka, koje smo dobili pokusima u serijskom termostatu, mogli bismo trajanje života mužjaka izraziti formulom $T(t - 10) = 18$, a ženki $T(t - 4) = 24$, što s obzirom na ono, što smo prije rekli, ima više teoretsko značenje.

f) Protandrija ili protoginija? — Protandrie ou protogynie?

Da bismo ustanovili, kojemu od ova dva tipa pripada borov četnjak gnjezdar, odabrali smo gusjenice iz istoga legla, hranjene i uzgajane pod istim uvjetima. Odabiranje gusjenica istoga legla u ovome su slučaju od velike važnosti, jer smo na taj način približno odabrali individuume jednake ekološke valencije i bar donekle izbjegli genetsku nejednoličnost pokusnog materijala. U protivnom slučaju mogli bismo dobiti veoma nepouzdana podataka.

Za naše pokuse odabrali smo 100 gusjenica 5. stadija. U ovome stadiju jasno su diferencirane gusjenice, koje će dati mužjake od onih, koje će dati ženke prema veličini čahura glave. Izdvojili smo one manjih dimenzija od onih većih dimenzija i



Sl. — Fig. 26. Izlazak leptira, koji pokazuje protandriju borova četnjaka — Éclosion des papillons qui met en évidence la protandrie de la Processionnaire du Pin

zasebno ih stavili u lonce napunjene zemljom. To smo učinili u vrijeme, kada su gusjenice prestale da uzimaju hranu i kada su pošle u zemlju. Jedan od rezultata ovih pokusa prikazan je na sl. 26. Od gusjenica s manjom čahurom glave dobili smo same mužjake, a od onih s većom čahurom ženke. Pokus je pokazao, da je kod četnjaka jasno izražena *protandrija*, kad se radi o gusjenicama iz istoga legla, koje su uzgojene uz iste uvjete hrane i klime. No iz sl. 26 vidi se još, da unatoč činjenici, da su kukuljice, nastale od gusjenica iz istoga legla, koje su odgajane pod istim uvjetima, dale leptire, kojih datumi eklozije padaju u jedan relativno dugi vremenski interval. Za ♂♂ taj interval u našem slučaju iznosi 21 dan, a za ♀♀ čak i 33 dana. Ukupni vremenski interval izlaska leptira oba spola iznosi 44 dana. Pritome je vremenski interval, u kome se može konstatirati koincidencija (vrijeme u kome je zabilježen izlazak mužjaka i ženki) bio veoma mali, svega 4 dana. Uzmemo li u obzir rezultate dobivene pokusima o trajanju života imaga, koji nisu kopulirali, možemo pretpostaviti, da je mogućnost incesta veoma mala, to više, što živahni mužjaci odleću s mjesta eklozije i kopuliraju sa ženka-
ma iz *drugog* legla. To se u prirodi zbiva ipak na drugi način,

jer imamo primjera, da protandrija u prirodi uopće nije izražena, kako ćemo poslije vidjeti. Ove pojave nisu dovoljno proučene, a one su od velikoga značenja za genetsku konstituciju, pa prema tome i za epidemiologiju štetnika.

g) O sposobnosti leta leptira — *Capacité du vol des papillons*

Fabre je u vezi zaštite borovih kultura od četnjaka preporučivao rezanje donjih nižih grana. On je to tumačio činjenicom, da su ženke četnjaka tromе, da ne mogu letjeti te da odlažu jaja uglavnom na niže grane borova. Mi smo uistinu našli, da se 25% legala nalazi na granama visine do 2 m, 60% između 2—4 m, a ostalo na višim granama.

Poznato je, da ženke nekih prelaca kao na pr. gubara ne lete, pa štoviše ima i takvih, kod kojih su krila zakržljala (*Orgia antiqua*). Zanimalo nas je, kako to pitanje stoji kod četnjaka.

Mognan i *Planio* (1933) — cit. *Portier* — proučavali su moć leta kod insekata. Naročito je jasno diferenciran let kod raznih vrsta leptira. Ne ćemo se ovdje upuštati u teoriju leta leptira, kojom se bavio *Portier* i dr. Dovoljno je samo reći, da neki predmet, koji se kreće u zraku, nailazi na veći zračni otpor, ako se brzina povećava. Otpor je zavisan o površini, brzini u m/sek i kutu ($i = \sin$ toga kuta), koji čini ta površina s horizontalom i o koeficijentu, koji zavisi o sredini kretanja, a koji za zrak iznosi 0,08. Izostavljajući komplicirani izvod, konačna formula za minimalnu brzinu potrebnu da se leptir može održati u zraku (vol plané) glasi:

$$v = 100 \times \frac{P}{S} \dots \dots \dots (1)$$

gdje P znači zračni pritisak na površinu, a S površinu krila u m². Zračna presija na površinu izračuna se prema formuli

$$P = 0,08 \times S \times v^2 \times i \dots \dots \dots (2)$$

Portier je dao vrijednosti veličine $\frac{P}{S}$ za veliki broj leptira.

Da bi leptir mogao lebdjeti u zraku, brzina izračunata prema formuli (1) mora biti veličina između 5,5 i 14,7, t. j. između 3 i 4 m na sekundu.

Donosimo ovdje podatke za borova četnjaka gnjezdara.

Srednja težina 60 ženki, koje smo točno izvagali na torzionoj vagi iznosila je 0,21 g. Ženke su vagane dulje vrijeme poslije prepariranja, pa je sigurno njihova težina nešto manja, nego što

je stvarno težina poslije eklozije. No u našem primjeru to može samo ići u prilog dokaza o negativnoj sposobnosti ženki za let (vol plané). Za površinu krila uzeli smo onu od najveće ženke iz naše zbirke (raspon krila 51 mm) pa smo i time postavili najpovoljnije uvjete za njen let. No i pored tih povoljnih uvjeta (manja težina, veća površina krila), dobiveni rezultati pokazali su, da se ženke ne mogu bez zračnog strujanja održati u zraku.

Površina krila određena je planimetrom. Iznosila je 5,74 cm². Težina po jedinici površine (u kg na m²) iznosi 362 g. Iz tabele, koju je dao *Portier*, izlazi, da je kod *Rhopalocera* težina po jedinici površine između 55—147 g/m². *Cnethocampa pityocampa* bi dakle išla u grupu *Bombyces* (težina po jedinici površine 150 do 1089 g/m²) u kojoj ženke nemaju sposobnost lebdenja u letu.

Naša opažanja pokazala su, da veoma mobilni mužjaci imaju dobru sposobnost za let, a ženke su veoma trome, no ipak sposobne za efektivni pokret i bez zračnih strujanja. Ta sposobnost uvjetovana je muskulaturom krila, koja ipak nije ni izdaleka onako razvijena kao kod *Sphingida*, koji su unatoč velikoj težini i relativno maloj površini krila veoma dobri letači. Za četnjaka to može biti od praktične vrijednosti u gradološkom pogledu. Ženke uglavnom ostaju na mjestu eklozije ili na ograničenom prostoru i čekaju mužjake za kopulaciju. Protandrični mužjaci odlijeću s mjesta eklozije, pa je mogućnost incesta svedena na minimum. Ipak jače zračno strujanje i vjetrovi mogu da ponesu ženke i na veće udaljenosti, što prirodno izlazi iz rasprostranjenja i pojave četnjaka na novonastalim borovim kulturama unutar njegova areala. Podaci iz Slovenije (*Kafol*, 1951), koji nažalost nisu potpuni, govore o tome, da su zapadni vjetrovi bili odlučni za pravac sukcesivnog širenja štetnika u Sloveniji.

h) Utjecaj konstantnih temperatura na jaja — Influence des températures constantes sur les œufs

Velika teškoća kod svih proučavanja četnjaka u stadiju jaja predstavlja činjenica, da leptiri u zarobljeništvu nikako ili veoma rijetko kopuliraju. Mi nismo uspjeli ni umjetnom kopulacijom po metodi *Lorkovića* (1953). Zbog toga nismo nikada mogli imati pri ruci jajna legla, za koja bismo znali točno datume odlaganja u onolikom broju, koliko bi bilo potrebno za naše proučavanje. Pa i pronalazjenje jajnih legala u prirodi nije jednostavno. Svatko, tko je sakupljao takva legla, znade, koliko je teško pronaći ih na borovim granama, pogotovo ako su stabla viša. Najlakše se legla nalaze poslije eklozije gusjenica, koje se hrane u blizini legla, pa osušene iglice otkrivaju mjesto, gdje

se one nalaze. No tada su gusjenice već izašle, pa iz takvih legala možemo dobiti podatke o broju jaja, parazitiranosti i sterilitetu.

Za naša proučavanja odabrali smo legla, koja smo našli na borovima prije eklozije, a kojih datumi odlaganja nisu bili poznati. Prema podacima iz literature i prema našim opažanjima, koja smo izvršili u laboratoriju s jajnim leglima, za koje smo znali datume odlaganja, izlazi, da embrionalni razvoj kod prosječne ljetne temperature od 22° C u mjesecu kolovozu iznosi 30 dana. Za naše pokuse odabrali smo 34 potpuno zdrava legla prije izlaska gusjenica. Legla smo sabrali na pokusnim objektima otoka Cresā. Svako leglo raspolovili smo na dva dijela i dali im odgovarajuće oznake. Prvu seriju raspolovljenih legala stavili smo 11. VIII. u serijski termostat na razne temperature, a drugu seriju ostavili smo u laboratoriju na sobnoj temperaturi. Raspored legala u serijskom termostatu i dobiveni rezultati prikazani su u tabeli br. 6. Ti rezultati pokazuju nam ovo:

1. *Embrionalni razvoj* potpuno je izostao u onom odjeljku termostata, gdje su temperature bile između 8—12° C. Pokus je pokazao, da je taj izostanak definitivni, ako su jaja bila izvrgnuta toj temperaturi 20 dana i ako su na tu temperaturu stavljena 10 dana prije eklozije gusjenica (toliki je naime bio interval od stavljanja jaja prve serije do prve eklozije gusjenica odgovarajućih dijelova legala na sobnoj temperaturi). Nakon 32 dana, t. j. 13. IX. stavili smo jajna legla, iz kojih nisu izašle gusjenice, na temperaturu od 32° C i ostavili ih na toj temperaturi daljnjih 20 dana. Na leglu označenom brojem 5, iz čijeg su odgovarajućeg dijela na sobnoj temperaturi izašle gusjenice 21. VIII. (i koje je stavljeno 10 dana prije eklozije u termostat), pojavile su se odmah prvoga dana po stavljanju na temperaturu od 32° C, t. j. 13. IX., 4 gusjenice, koje su odmah uginule nakon eklozije. Iz legla br. 2, koje je stavljeno u termostat 11 dana prije eklozije, izašle su 29. IX. 2 gusjenice, koje su također uginule. Iz ostalih legala gusjenice nisu izašle. Iz svih legala primijetili smo izlazak parazita *Ooencyrtus pityocampae*, što dokazuje, da su paraziti otporniji na niže temperature od gusjenica. Napominjemo, da je u prvom odjeljku termostata neko kraće vrijeme varirala temperatura od 8—12° C, pa uzrok pojavi izostanka embrionalnog razvoja moramo tražiti u najnižim temperaturama:

• 2. *Jajna legla* na temperaturi od 14, 18 i 22° C pokazuju u embrionalnom razvoju neku retardaciju, koja produžuje datum eklozije. Retardacija je, što je i prirodno, relativno najduža kod 14° C, a najkraća kod 22° C. Unutar ovih temperatura ona je manja kod onih legala, koja su stavljena u termostat kraće vrijeme prije eklozije. Tako jajna legla stavljena na temperaturu

od 14° C 13 dana prije eklozije pokazuju retardaciju od 5 dana, a ona, koja su stavljena 18 dana prije eklozije, 7—10 dana. Na temperaturi od 18° C retardacije su još kraće: one iznose za legla stavljena u termostat 9—12 dana prije eklozije, 1 dan, a za ona legla, koja su stavljena u termostat 14 dana prije eklozije, 2 dana. Legla stavljena na istu temperaturu 18 dana prije eklozije imala su retardaciju od 6—10 dana. Kod 22° C retardacija je minimalna, ona iznosi 1—2 dana čak za ona jaja, koja su stavljena u termostat 23 dana prije eklozije. Kod temperature od 25—28° C nema retardacije. Iz svih jajnih legala (izuzev jedno) gusjenice su izašle isti dan u termostatu i u laboratoriju.

Kod viših temperatura sigurno bi nastupilo ubrzanje embrionalnog razvoja, kako je to dokazano u mnogim slučajevima (Zwölfer za smrekovog prelca, 1935). Ali to ubrzanje ide do određenih temperatura, a onda na još višim temperaturama nastaje ponovo retardacija, pa i mortalitet jaja.

Naše pokuse vršili smo kod vlage, koja se kretala od 60 do 80° C. Nažalost nismo imali uvjete, da ispitamo i zavisnost embrionalnog razvitka o stupnju vlage, odnosno o vlazi i temperaturi zajedno. Na tome području značajna su istraživanja Zwölfera za nonu i borovu sovicu. On je utvrdio, za nonu da je uz istu temperaturu brzina razvoja jaja kraća, ako je vlaga veća. Za četnjaka bi moguće bilo od većeg značenja ispitati, da li sterilitet jaja zavisi o stupnju temperature i vlage, i kakva je ta zavisnost.

Kratkotrajne niske temperature mogu povoljno djelovati na embrionalni razvoj gusjenica (Portier 1948). Niske temperature u kombinaciji s visokim postotkom zračne vlage izazivaju retardaciju eklozije. To spominjemo s razloga, što parcijalni sterilitet jaja u četnjakovim leglima nije rijedak slučaj, a uzroci tog pojavi još nisu poznati, pa bi trebalo istražiti, da li je to, moguće u vezi s temperaturom i vlagom, kako je to Zwölfer utvrdio za borovu sovicu.

i) O razvoju kukuljica — *Le développement des chrysalides*

Sanderson i Peairs (cit. Bodenheimer, 1931) istraživali su utjecaj konstantnih temperatura na razvoj jaja i kukuljica bez obzira na vlagu. Dobiveni rezultati su i u ovom slučaju pokazali, da je brzina njihova razvoja uz iste ostale prilike funkcija vanjske temperature. Povišene temperature djeluju pozitivno, t. j. skraćuju trajanje razvitka do određene granice. Unutar bioloških temperaturnih granica dađe se i ovaj razvitak prikazati hiperbolom.

Nama nedostaju detaljni podaci o utjecaju konstantnih temperatura na kukuljice borova četnjaka. Na sobnoj temperaturi (cca 20° C) gusjenice naprave kokon prosječno za 8 dana, a u daljih 10 dana metamorfoziraju se u kukuljicu odbacivši posljednji svlak. Poslije toga nastaje *diapauza*, u kojoj su svi ži-

*Gubitak težine kukuljica borova četnjaka u toku razvoja —
Perte de poids des cocons de la Processionnaire du Pin au cours
de développement*

Tab. 7.

Težina gusjenice na dan nimfoze Poids des chenilles au jour de nymphose.	Težina kukuljice, svlaka i kokona dana Poids des chrysalides y compris le cocon au jour de		
	30. IV.	15. VI.	30. VII.
0,65	0,36	0,29	0,28
0,77	0,48	0,48	0,40
0,54	0,50	0,36	0,34
0,50	0,45	0,35	0,28
0,98	0,80	0,52	0,45
0,50	0,45	0,45	0,22
0,72	0,60	0,58	0,55
0,65	0,60	0,56	0,54
0,72	0,67	0,60	0,60
0,76	0,70	0,67	0,45
0,71	0,67	0,65	0,64
0,65	0,56	0,47	0,34
0,57	0,49	0,47	0,39
0,45	0,39	0,37	0,35
0,72	0,71	0,67	0,60
0,67	0,65	0,62	0,60
0,72	0,66	0,62	0,44
0,60	0,51	0,42	0,30

votni procesi svedeni na minimum, bez obzira na vanjsku temperaturu. Tek nakon nekog duljeg ili kraćeg perioda mirovanja nastupa buđenje, formiranje leptira i eklozija. U našim pokušajima mjerili smo gubitak težine kukuljica od prvoga dana ulaska u zemlju te nakon 30, 45 i 50 dana. Iako je ovaj postupak bio vezan sa teškoćama, iako je on dovodio kukuljice u neprirodno stanje (višekratna manipulacija s kukuljicama, koje smo držali u bočicama napunjenim zemljom, nije na njih povoljno djelovala), ipak nam dobiveni podaci, vidljivi iz tabele br. 7, daju

moгуćnost da zaključimo: gubitak težine relativno je najveći neposredno nakon zakukuljenja, a onda neko vrijeme postaje gotovo neznatan, da se neposredno pred ekloziju ponovo pojača. Treba uzeti u obzir, da je u veličinama pod datumom 30. IV. na dalje sadržana težina kukuljice, svlaka i kokona. Neosporno je, da je gubitak težine u vezi sa disanjem, procesom potrošnje kisika i oslobađanjem ugljičnog dioksida putem stigmi.

Poslužiti ćemo se ovdje preciznim rezultatima, koje je dobio Heller (cit. Portier 1949) sa *Deilephila euphorbiae*, kojih kukuljica prezimljuju. On je dao formule za potrošnju kisika kukuljica kod raznih temperatura a kojih vrijednost je eksperimentalno dokazana. On zaključuje, da na temperaturi između 7 i 9°C kukuljica sačuva neku vrstu minimuma života uz svako odsustvo razvojnog procesa. Iznad + 9°C počinju da se razvijaju organi leptira, a tek iznad + 20°C (optimum od 31—33°C) nastaje brzi razvoj bez prekida. Iz grafikona, koji je Heller dao za potrošnju kisika kukuljice *Deilephila euphorbiae*, vidljivo je, da je taj potrošak za prvih 600 sati intenzivan, poslije pada i ostaje konstantan 6.000 sati do 600 sati prije eklozije, kada ponovo naglo raste. U razvoju kukuljice jasno se dakle vide 3 faze.

Prema našim rezultatima, koji imaju samo orijentacioni karakter, u ovaj tip kukuljica mogli bismo ubrojiti i one borova četnjaka. Ukupni gubitak na težini iznosi za borova četnjaka 20—30% od težine gusjenica prije zakukuljenja.

Zanimljiva je činjenica, da kukuljice sa latentnom drugom fazom stavljene na višu temperaturu, pojačavaju životne procese, gube na težini, ali konačno ugibaju i leptiri se ne razvijaju, što dokazuje da je za potpuni razvoj potrebno da one provedu neko vrijeme pod niskom temperaturom. Prema Süffertu (cit. Portier) postoje vrste leptira sa 2 različita tipa gusjenica; jedne daju kukuljice sa brzim, a druge s usporenim razvojem. Kod kukuljica prvoga tipa brzina razvoja zavisi o temperaturi (unutar bioloških granica), a kod drugoga je tipa razvoj zaustavljen u jednom dužem ili kraćem periodu, životni procesi svedeni su na minimum, a utjecaj vanjske temperature u tome stadiju veoma neznatan. Williams (1942) je dokazao, da je samo kod onih kukuljica, koje su bile izvrnute nižim temperaturama, mozak sposoban da djeluje na protorakalne žlijezde, koje izlučuju hormone sposobne da izazovu prekid diapauze.

Vrijedno bi bilo u slučaju borova četnjaka ispitati, da li kukuljice, koje ostaju u zemlji preko godinu dana, t. j. ne daju leptire iste godine, potječu od gusjenica, koje su kasnije završile svoj razvoj, ili je to uvjetovano genetskom konstitucijom.

Nije još razjašnjeno, da li kod toga igra ulogu datum ulaženja gusjenica u zemlju ili temperatura za vrijeme i poslije kukuljenja. Ovaj problem je za borova četnjaka od naročite važnosti. Bez obzira na uzroke ove činjenice, to može biti uzrok modifikacijama gradološke krivulje kod četnjaka. *Biliotti* (1953) je mišljenja, da kod hrastova četnjaka odavle rezultiraju dva maksimuma gradacije, što je s tim neugodnije, jer je za vrijeme latence spriječeno razmnožavanje parazita. Mi dodajemo k tomu

Vrijeme trajanja stadija kukuljice
Durée du stade de chrysalide

Tab. 8

Red. br. No. ord.	Gusjenice ušle u zemlju Enfoncement des chenilles dans le sol	Izašli leptiri Sortie des papillons	Broj kukuljica Nombre de chrysalides	Broj leptira Nombre de papillons		Provenijencija kukuljica Provenance des chrysalides	Trajanje stadija Durée de stade
				♂	♀		
1	15. I. 1951.	17. VII — 23. VIII — 51	23	6	5	Cres	6 mj. 2 d.
2	12. XII. 1951.	3. VIII. — 6. VIII.	32	5	4	„	7 „ 15 „
3	9. IV. 1951.	20. VII — 7. VIII.	41	20	15	Cres (Vrana)	3 „ 11 „
4		7. VII — 21. VII.	35	—	4	Cres	—
5	8. XII. 1951.	7. VII — 19. VII.	10	1	5	„	7 mj. 1 d.
6	2. I. 1951.	31. VII — 2. VIII.	30	12	13	Cres	6 mj.

još i to, da ta činjenica može igrati važnu ulogu utječući na genetska svojstva populacije u smislu popravljivanja tih svojstava, isključujući mogućnost incesta. Istina je, da su kukuljice u zemlji izvrgnute opasnosti od napadaja gljiva, mikroorganizama ili drugih za njih nepovoljnih faktora kroz jedan dulji vremenski period, no s druge strane preživjeli individuumi održavaju vrstu u godinama, koje su za njih bile nepovoljne. U gradološkom pogledu ovi leptiri povećavaju početni broj individuuma i pozitivno utječu na stupanj gustoće populacije. Kod ispitivanja gradoloških faktora ispuštanje iz vida ove činjenice ili njeno

nepoznavanje može svakoga entomologa dovesti do pogrešnih zaključaka o eventualnoj prognozi pojave štetnika, naročito u slučajevima, ako iz bilo kakva razloga ne raspoložemo s podacima o kukuljicama koje preleže. *Eliseu* (cit. *Göswald*, 1936) dovodi ovu pojavu u vezu sa suhoćom zraka u slučaju *Diprion pini*. Relativna vlaga u ovom slučaju nije imala nikakvo značenje. *Göswald* (1936) je mišljenja, da je to neka vrsta obrane vrste od izumiranja zbog vremenskih katastrofa, no dodaje, da nisu isključeni pored vanjskih i unutarnji faktori, u kojima treba tražiti uzroke ovoj činjenici.

Mi smo jednako kao i *Grison* (1953) kontsatirali, da je stadij kukuljice onaj, čiju dužinu trajanja možemo označiti obrnutom funkcijom od dužine trajanja štadija gusjenice.

Na kraju donosimo nekoliko podataka o odlasku gusjenica u zemlju i izlasku leptira, odnosno o vremenskom trajanju štadija kukuljice borova četnjaka gnjezdara, koje smo dobili u laboratorijskom uzgoju 1951. god. Iz tabele 8 je vidljivo, da datum izlaska leptira ne zavise uvijek o datumu odlaska gusjenica u zemlju, kao i to, da stadij kukuljice može trajati od 3 do 7 mjeseci.

4. Terenska istraživanja — *Essais dans la nature*

a) Određivanje gradološke krivulje — *Construction de la courbe gradologique*

Za naša istraživanja bilo je od neobične važnosti ustanoviti gradacionu krivulju. S obzirom na sigurne podatke, kojima smo raspolagali, mi smo to učinili za posljednjih 5 godina. Za određivanje intenziteta gustoće populacije u pojedinim godinama poslužili smo se metodom primjernih ploha, koja se u šumarskim taksacionim istraživanjima često upotrebljava. Ne tvrdimo, da primjerne pruge ne bi također dale zadovoljavajuće rezultate, no u našem slučaju smatrali smo, da primjerna ploha ima prednosti ispred primjernih pruga, jer je rad i obilježavanje na jednoj plohi lakše provesti nego na više pruga. No ima jedan važniji razlog, zašto smo mi insistirali na tome, da svake godine vršimo mjerenje upravo na istoj plohi. To izlazi iz bioloških, odnosno ekoloških karakteristika borova četnjaka. Opaženo je naime, da se on konstantno pojavljuje na određenim predjelima šume ili kulture intenzivnije nego na drugim. Ta specifičnost dovodi se u vezu sa povoljnijim ekološkim ili točnije mikroklimatskim uvjetima (svijetlo, sklop u vezi sa tlom, tlo i t. d.). Upravo smo s toga i odabrali takvu površinu, na kojoj smo ustanovili, da postoje povoljni uvjeti za razvoj borova

četnjaka, te na kojoj možemo vršiti naša mjerenja bez većih teškoća (pristupačnost, visina stabla i t. d.). Takve smo uvjete našli u sastojini crnoga bora u kulturi Batajna. Ta površina obrasla je stablima crnoga bora. Sastojina je veoma rijetkog sklopa. Tlo pokriveno mršavim pokrivačem zemlje bez ikakva biljnog pokrova veoma je povoljno za razvoj kukuljica. Izbranjavanje zapredaka nije bilo teško zbog relativno male visine stabala (do 8 met.). Ploha, koju smo izabrali, velika je 0,5 ha i obrasla sa 369 stabala.

Gustoća populacije može se odrediti na temelju broja leptira, jajnih legala, gusjenica i kukuljica, koje dolaze na određenoj površini ili na određenom broju stabala (*Schwerdtfeger, Wellenstein*). Izabira se onaj način, koji je najprikladniji za pojednog štetnika. Kulminacija štetnika u entomološkom smislu ne podudara se u svim slučajevima sa gradološkom kulminacijom, t. j. sa stvarnim maksimalnim intenzitetom gustoće populacije. Također gradološka i epidemiološka krivulja ne koincidiraju uvijek. Kulminacija u entomološkom smislu ne znači najveći broj individuuma, već najmanji ukupni otpor svih redukcionih faktora. Najveći broj individuuma dolazi često onda, kada su redukциони faktori postali već toliko znatni, da idućih godina sigurno možemo očekivati smanjenje intenziteta epidemije.* Kulminacija epidemije dakle nastupa obično godinu ili dvije nakon entomološke kulminacije. Takav slučaj imamo kod gubara. Određivanje redukcionih faktora mora se izvršiti za sve razvojne faze štetnika i taj veoma složeni posao predstavlja prilične teškoće. Ovo je to teži problem, što faktori, koji uvjetuju gradaciju neke vrste, t. j. faktori, koji karakterišu gradocen, uključuju pored poznavanja egzogenih i endogene faktore (genetska konstitucija, fiziološka degradacija nekih organa i t. d.) o kojima zavisi biotički potencijal, a čije rješavanje zahtijeva strpljivi rad kroz dugi niz godina primjenjujući sve više komplicirane eksperimentalne i naučne metode rada (*Escherich*).

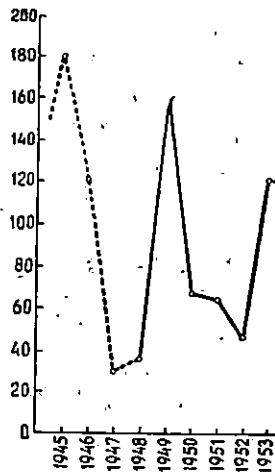
Polazeći od definicije, koju je dao *Zwölfer* (ZAE XVII), da je gustoća populacije rezultat dvaju faktora: biotičkog potencijala s jedne i otpora okoline s druge strane, mi smo ovu veličinu određivali na temelju broja zapredaka na primjernoj plohi, jer je taj broj rezultat djelovanja obaju navedenih faktora. Da je rješenje toga pitanja veoma složeno, dokazuje činjenica, da početni broj leptira i odloženi broj jaja može biti znatan (entomološka kulminacija), a pritome ne mora doći do intenzivne pojave, ako je broj gusjenica u velikom postotku reduciran u 1. stadiju, koji možemo smatrati kritičnim stadijem. Kalamitet

* Epidemijom sa stanovišta zaštite šuma smatramo takvu masovnu pojavu insekata, koja je vezana sa kalamitetom u šumi.

u borovim kulturama zavisi u prvome redu o broju gusjenica 4 i 5. stadija. Šteta, koju naprave gusjenice do 4. stadija, u većini slučajeva nisu znatne. U vremenu razvitka četnjaka u 4. i 5. stadiju došli su do izražaja svi redukcionni faktori, koji su djelovali na prethodne stadije, uključivši stadij leptira, jaja i kukuljice. Prema tome broj zapredaka, u kojima se nalaze gusjenice 4. i 5. stadija, jeste izraz biotičkog potencijala s jedne i otpora okoline s druge strane. Određivanje gustoće populacije prema broju zapredaka na ovaj je način veoma lako i jednostavno, a u svakom slučaju lakše je i jednostavnije nego prema broju kukuljica. Mi smo ipak paralelno sa pokusnom plohom za izbrajanje zapredaka izabrali i pokusnu plohu, na kojoj smo izbjajali sve u zemlji nađene kukuljice. Broj i zdravstveno stanje kukuljica bili su u pojedinim godinama veoma varijabilni. Tako smo 1952. god. našli u šumi Vrana veoma veliki broj kukuljica, od kojih je tek jedan mali postotak (1—2%) bio dobrog zdravstvenog stanja. Broj zdravih kukuljica uglavnom je odgovarao intenzitetu zaraze u toj godini određenom prema broju zapredaka.

Izbrajanje zapredaka vršili smo obično u veljači, ožujku, a nekada i kasnije. Tada nije bilo više sumnje, da bi se mogli formirati novi zapreci. Na temelju tako dobivenih podataka konstruirali smo gradacionu krivulju (sl. 27). Provjeravanje i kontrolu vršili smo okularno na kulturama Sv. Bartolomej, Sv. Uršula, Vrana, Niska i Vodice na otoku Cresu i na kulturama Voljak kraj Crikvenice, Sisol i Kremenjak na Učki. O ostalim sastojinama dobivali smo izvještaje od šumskih gospodarstava Rijeke i Split. Prema tim izvještajima uzeti su i podaci za 1945. god. Iz svih izvještaja šumarija sa područja navedenih gospodarstava, koji su nam stavljeni na uvid, vidljivo je, da je pojava borova četnjaka u god. 1945. bila veoma intenzivna. Ona je dostigla i prešla inače jaki intenzitet u god. 1949.

Razvoj jedne generacije četnjaka proteže se kroz dvije uzastopne godine, jer gusjenice prezimljuju, pa stadij kukuljice, leptira, jaja i djelomično gusjenice padaju u jednoj od dviju godina. Stoga se podaci, koje mi upotrebljavamo, na pr. za 1949. godinu odnose zapravo na 1948/49 g.



Sl. — Fig. 27. Gradaciona krivulja borova četnjaka od 1945—1953 g. — Courbe gradologique de la ProceSSIONNAIRE du Pin de 1945—1953

Iz grafikona gradacione krivulje vidi se, da četnjak pripada tipu, koji se znatno razlikuje od onoga za gubara. Krivulja ne pokazuje karakteristične stadije latence, progradacije i retrogradacije kao što je to slučaj kod gubara, što nam daje naslutiti, da se presudni faktori (endogeni i egzogeni), koji uzrokuju nastajanje i prestanak masovne pojave, u ovome slučaju bitno razlikuju od istih faktora za gubara.

Gradaciona krivulja, koju donosimo, prikazuje stanje zaraze u pojedinim godinama na kulturama otoka Cresa. Okularna procjena, kao i podaci dobiveni od šumskih gospodarstava, potpuno i sigurno dokazuju, da općenito uzev ova gradaciona krivulja vrijedi za cijelo područje masovne pojave četnjaka u Hrv. Primorju i Dalmaciji, štoviše podaci prikupljeni iz Slovenije i Bosne i Hercegovine govore, da je takav tok intenziteta napadaja bio i u tim republikama, pa *gradaciona krivulja vrijedi uglavnom za cijeli areal pojave borova četnjaka.*

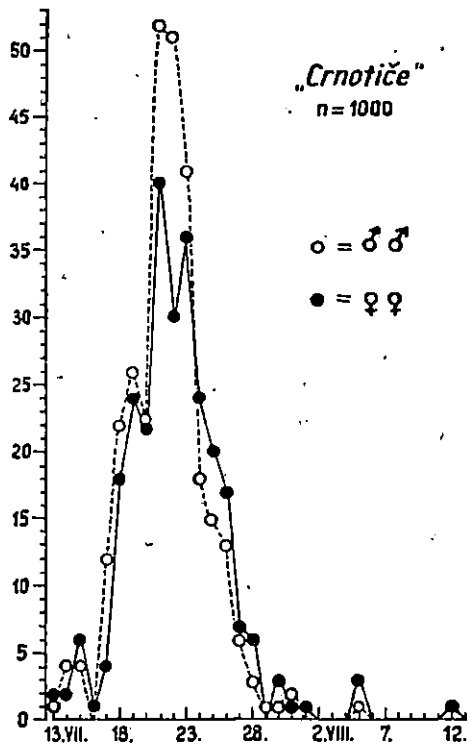
b) *Koincidencija u pojavi leptira muškog i ženskog spola — Coïncidence dans l'apparition des papillons mâles et femelles*

Razmotrit ćemo sada neke ekološke faktore, koji kod pojave četnjaka mogu biti značajni kao gradološki faktori. Poslužit ćemo se ovdje terminom »*koincidencija*«, koju je *Thalenhcrst* (1950) upotrebio u istom smislu kao gradološki faktor za odnos između parazita i njegova domaćina, koji dolaze na određenom mjestu i pojavljuju se u određenom vremenskom periodu. Pod tim izrazom dakle razumijevat ćemo odnos u pojavi mužjaka i ženki borova četnjaka u prostoru i vremenu.

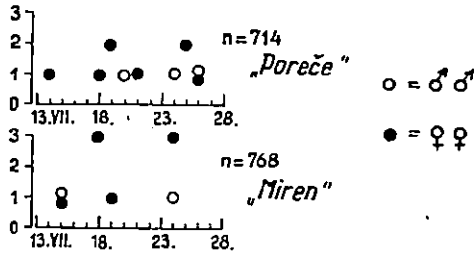
Nema sumnje, da koincidencija igra naročito važnu ulogu, kako za vrijeme latence, tako i za vrijeme kulminacije nekoga štetnika. O kvantitativnoj vrijednosti ovoga faktora za vrijeme latence zavisit će početni broj individuuma (*Solomon the initial numbrc of abundance*), a o tome dalje gustoća populacije u budućem vremenskom periodu: Lako je shvatljivo, da za vrijeme kulminacije možemo govoriti gotovo o totalnoj koincidenciji za razliku od parcijalne koincidencije za vrijeme latence, odnosno progradacije. Koincidencija također igra važnu ulogu ne samo zbog masovnog broja individuuma, koji o njoj zavisi, već i u genetskom smislu, zbog veće mogućnosti incesta zbog totalne koincidencije, slabljenja genetske konstitucije populacije sa svim negativnim svojstvima, koja nastaju zbog incesta, a koja mogu dovesti do bržeg ili sporijeg opadanja masovne pojave.

Rekli smo, da koincidenciju karakteriziraju dva faktora, prostor i vrijeme, pa ćemo svaki od ovih faktora razmotriti posebno.

Protsorna disperzija. Za četnjaka kao i za mnoge druge šumske štetnike (gubar, zlatokraj) karakteristično je, da se u jednoj istoj šumi ne pojavljuje svagdje jednolično. Rubni dijelovi šume uvijek su više napadnuti od unutrašnjosti. Pa i na rubovima njegova pojava stalno je vezana na pojedina mjesta. Razumljivo je, da je to evidentnije u godinama, kada je zaraza manjeg intenziteta. Možemo dakle kazati, da je njegova pojava u jednoj šumi *diskontinuirana* i da postoje pojedini »otoci«, gdje se on konstantno pojavljuje. Disperzija se u pojedinim fazama gradacije mijenja. Tako za vrijeme kulminacije prodire dublje u sastojine, »otoci« postaju sve veći slijevajući se u veće ili manje površine, pa možemo reći, da je u toj fazi disperzija *semikontinuirana*. No disperzija se mijenja ne samo u jednoj kulturi ili šumi, već i na širokim prostranstvima: od morske obale prema unutrašnjosti i od mjesta nižih nadmorskih visina k višim nadmorskim visinama. Gusjenice četnjaka u toku svoga razvoja mijenjaju nekoliko puta mjesto na stablu i stoga je on tipično »*allaxoroph*«. Legla odlaže na najdonje grane, pa gusjenice uglavnom imaju tendenciju migracije s ovih grana prema višim ili prema vrhu krošnje. One se smještaju većinom na perifernim dijelovima stabla, radi što boljeg iskorišćenja sunčane energije za vrijeme zime. Kukuljice četnjaka su također diskontinuirano razmještene. Njihov razvoj odvija se u zemlji, pa je četnjak stoga »*pleroroph*«, t. j. njegov razvoj u raznim stadijima odvija se na raznim mjestima (gusjenice na stablu, kukuljice u zemlji).



Sl. — Fig. 28. Izlazak leptira u šumi Crnotiče 1950 godine — Éclosion des papillons dans la forêt de Crnotiče en 1950

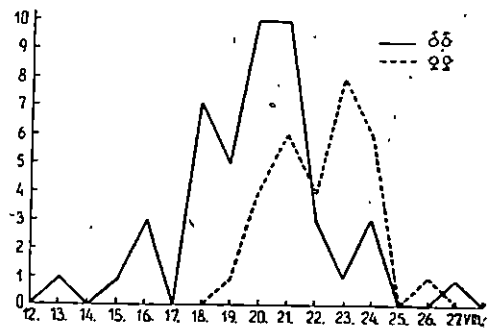


Sl. — Fig. 29. — Izlazak leptira u šumama Poreče i Miren 1950 g. — Éclosion des papillons dans les forêts de Poreče et de Miren en 1950

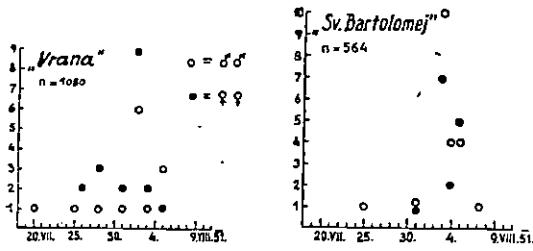
Konačno ekspozicija i reljef terena igraju veoma važnu ulogu kod pojave četnjaka. Čak i u predjelima svog vitalnog optimuma, najviše ga nalazimo na južnim ekspozicijama izloženim suncu, a preferira mjesto zaštićeno od vjetrova. Podaci, koje smo dobili opažanjima na Marijanu kod Splita na nadm. visini 170 met. i

na Mosoru na nadm. visini 840—880 metara, pokazuju, da i broj gusjenica varira prema nadmorskoj visini. Tako je prosječni broj gusjenica po zapretku u predjelu Marjana iznosio u 1. stadiju 151, u 2. stadiju 127, a u 3. stadiju 153, dok je na Mosoru taj prosjek iznosio za 2. stadij 60, a za 3. stadij 100 gusjenica. Bršćenje gusjenica na Marjanu bilo je intenzivnije nego na Mosoru.

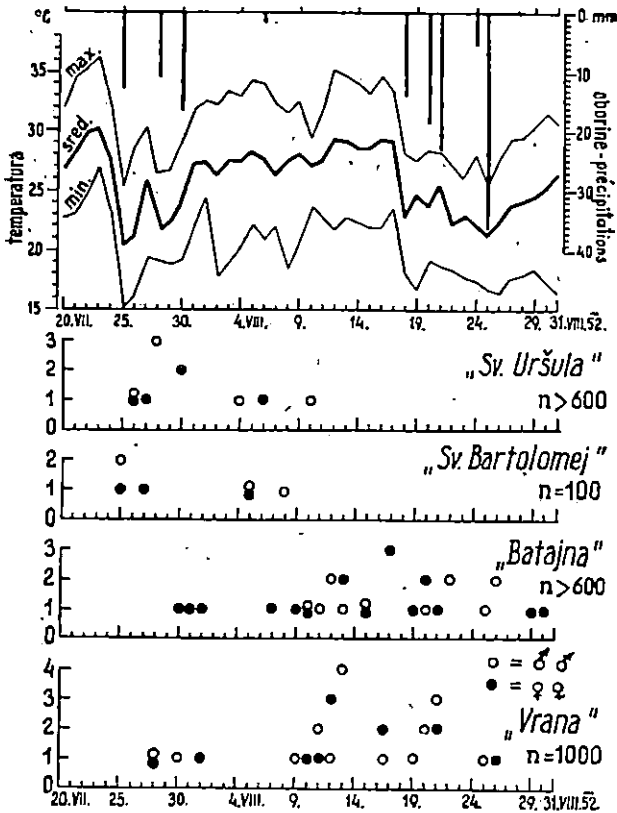
Vremenska koincidencija. Naša opažanja dala su nam neke zanimljive podatke o vremenskoj koincidenciji u pojavi mužjaka i ženki. Već u laboratoriju ustanovili smo protandriju i velike razlike u trajanju stadija kukuljica, koje potječu od gusjenica iste kolonije. Iako su se te gusjenice zakukuljile isti dan, vremenska razlika u pojavi prvog i posljednjeg leptira iznosila je 44 dana. U prirodi vremenski period izlaska leptira varira u pojedinim godinama. On varira čak i u istoj godini za pojedini lokalitet. To isto vrijedi ne samo za duljinu vremenskog perioda izlaska leptira, već su i krivulje, koje prikazuju tok toga izlaska za mužjake i ženke veoma različite, što pokazuje, da koincidencija u pojavi raznih spolova leptira varira u vremenu i prostoru. To se najbolje vidi iz priloženih grafikonu. Tako je na pr. u Sloveniji u šumi Crnotiče 1950. god. izašlo 53% leptira, a krivulje izlaska mužjaka i ženki



Sl. — Fig. 30. Izlazak leptira iz jedne kulture na otoku Braču 1952. g. — Éclosion des papillons dans un peuplement du Pin sur l'île de Brač en 1952



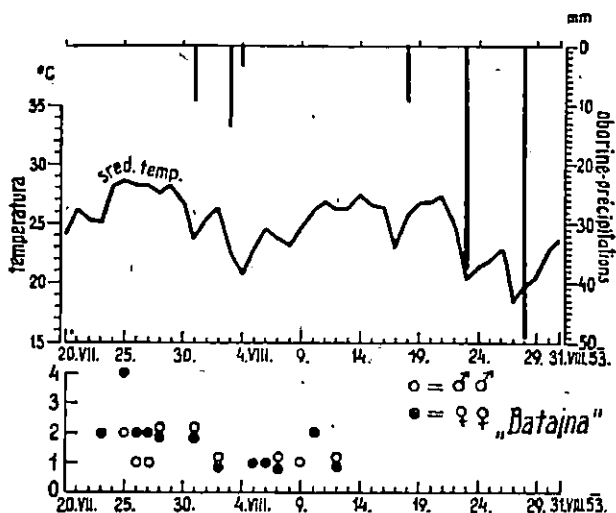
Sl. — Fig. 31. Izlazak leptira iz šume sv. Bartolomej i Crès 1951 g. — Éclosion des papillons dans la forêt de St. Bartholomé et de Crès en 1951



Sl. — Fig. 32. Izlazak leptira u šumama otoka Crès 1952. godine — Éclosion des papillons dans les forêts sur l'île de Crès en 1952

gotovo potpuno koincidiraju (slika 28). Iste godine u šumi Miren i Poreče bio je postotak izašlih leptira veoma malen, svega 3%, a krivulja izlaska mužjaka i ženki pokazuje protandriju (sl. 29).

Velike razlike u tome pogledu pokazuju se u raznim lokalitetima. Godine 1952. dobili smo kukuljice s otoka Brača, a tok izlaska leptira pokazuje također protandriju (sl. 30) dok iste godine u svim šumama otoka Cresa izlazak leptira mužjaka i



Sl. — Fig. 33. Izlazak leptira iz šume Batajna 1953 god.
— Éclosion des papillons dans la forêt de Batajna en 1953

ženki pokazuje veliku nepravilnost (sl. 32). Ne opaža se izrazita kulminacija ni koincidencija. Za sve šume otoka Cresa, u kojima smo vršili istraživanja, karakteristično je, da je postotak izašlih leptira veoma malen. Ne može se dakle u ovom slučaju govoriti o mogućnostima statističke obrade. *Schwerdtfeger* (1935) je također mišljenja, da za vrijeme latence nije moguće aplicirati ovakve metode. Ipak se može kazati, da je u god. 1951. prema slici br. 30, koja prikazuje izlazak mužjaka i ženki u šumi Sv. Bartolomej i Vrana vidljiva kulminacija, koja je u prvoj šumi nastupila 3. i 4. IX., a u drugoj 3. IX. jednako za mužjake kao i za ženke. Od 6 dana, u kojima je zabilježen izlazak leptira u šumi Sv. Bartolomej, 5 dana je sa koincidencijom mužjaka i ženki.

Godine 1952. u kulturama Sv. Uršula i Sv. Bartolomej izlazak leptira počinje nešto ranije nego u kulturama Batajna i Vrana (sl. 32). Iako je ta razlika tek 3—7 dana, ipak je karak-

teristično, da se prve dvije kulture nalaze nešto sjevernije i na položajima s nešto višom nadm. visinom. U šumi Batajna iste godine u 19 dana, u kojima je zabilježen izlazak leptira, samo u 3 dana postoji koincidencija, a u kulturi Vrana gotovo u istom intervalu 5 dana. U ostalim šumama rezultati su još nepovoljniji (sl. 32). U 1953. god. u šumi Batajna u mnogo kraćem intervalu od 13 dana, u kojima smo zabilježili izlazak (sl. 33) leptira, bio je 8 dana t. j. više od 50% s koincidencijom. Ovi primjeri pokazuju, da je koincidencija u godini 1952., kada je zaraza bila minimalna na cijelom jadranskom području, bila mnogo manja od koincidencije u 1953. god., kada je zaraza na tome području bila veoma intenzivna.

Koliko faktor koincidencije igra ulogu prema ostalim gradološkim faktorima kod masovne pojave štetnika, a naročito kod borova četnjaka, te zašto u pojedinim godinama koincidencija dolazi do slabijeg ili jačeg izražaja, nije još dovoljno proučeno. Pretpostavljamo ipak, da pored nejednakog reagiranja raznih spolova na klimatske faktore igra neku ulogu i genetska konstitucija biološkog materijala. Usvojimo li mišljenje *Franza* (1951) o ulozi genetske konstitucije populacije kod masovne pojave štetnika, možemo pretpostaviti, da koincidencija kao gradološki faktor igra važnu ulogu za vrijeme latence za popravljanje genetskih svojstava populacije, a za vrijeme kulminacije djeluje u obrnutom smislu.

c) Uloga klime u postanku ekoloških rasa — *Rôle du climat dans la gènèse des races écologiques*

Već godine 1950. primijetili smo veoma zanimljivu pojavu, da se eklozija leptira u sjevernim predjelima i dublje u kontinentu zbiva ranije nego u užem primorskom pojasu i južnijim predjelima sa toplijom klimom. *Grison* i *Biliotti* (1954) su također uočili tu pojavu u Francuskoj. Oni su mišljenja, da se to događa zbog toga, što se ekološke rase razlikuju prema duljini nimalne diapauze. Prema istim autorima variraju datumi eklozije gusjenica prema pojedinim krajevima: za Atlantsku obalu (*Land, Morbihan*) početkom kolovoza, a za mediteransko primorje (*Montpellier, Toulon*) polovinom ili koncem rujna. Pokusi, koje smo vršili u laboratoriju, ispitujući utjecaj temperature na razvoj gusjenica raznih stadija, omogućili su nam, da ovu prilično neobičnu pojavu rastumačimo. Rekli smo već, da eklozija leptira ne zavisi o tome, kada su gusjenice otišle u zemlju. Što je dakle razlog, da se eklozija leptira događa u krajevima s oporijom klimom ranije nego inače? Mi smatramo, da je 1. stadij gusjenica četnjaka *kritični stadij*. Razumije se, da je

vrijeme razvoja ovoga stadija zavisno o vremenu, kada leptiri odlažu jaja, kao i o trajanju stadija jaja. Gusjenice 1. stadija osjetljive su na niske temperature. Već temperature ispod 12° C sprečavaju njihov razvoj. Laboratorijski pokusi su pokazali, da je 11° C nultočka njihova razvitka. Lako je shvatiti, da vrijeme sa kritičnim temperaturama nastupa u sjevernijim krajevima i dublje u kontinentu ranije nego u južnim i toplijim krajevima. I razvoj jaja retardira kod temperatura ispod 22° C, što bi također moglo da ima za posljedicu, da u slučaju kasnije eklozije gusjenice 1. stadija uđu u vremensko razdoblje, koje je nepovoljno za njihov razvoj. Selekcijom je dakle ovdje nastala ekološka rasa čija je odlika *ranija eklozija leptira i brži razvoj gusjenica prvih stadija*, što omogućuje, da one u starijim stadijima već prilično otporne izbjegnu za njih nepovoljne klimatske uvjete, a naročito niske temperature.

Razlike u vremenu eklozije za primorske i kopnene krajeve veoma su znatne, kako se to vidi iz tabele br. 9. Krož 3 godine naših opažanja te razlike su se stalno pokazivale. Tako je 1951. zabilježen izlazak leptira iz predjela Sinja, koji se nalazi oko 30 km udaljen od mora, 12. srpnja, iz Labina na moru 19. srpnja, a na otoku Cresu 25. srpnja. Razlike su još evidentnije u 1952. god. Leptiri iz okolice Sinja izlazili su ponovo oko 12. srpnja, a oni s otoka Raba 18. kolovoza, a iz okolice Zadra 15. kolovoza. U 1953. god. imamo slične rezultate. Izlazak leptira bio je: u Komenu (Slovenija) 12. srpnja, u Sinju 13. srpnja, Rijeci 8. kolovoza i Supetru na otoku Braču 17. kolovoza. U 1954.

Datumi izlaska leptira u primorskim i kopnenim krajevima
Dates d'éclosion des papillons dans les régions littorales et continentales

Tab. 9

Šuma Forêt	Godina — Année					Mediterranski krajevi Régions méditerrané- ennes
	1949	1950	1951	1952	1953	
Labin			19. VIII			
Brač				13. VIII	17. VIII	
Zadar			18. VIII	15. VIII	8. VIII	
Rab					18. VIII	
Cres			3. VIII	25. VII	24. VII	
Sinj			12. VII	24. VII	13. VII	Kontinentalni krajevi Régions continentales
Komen	24. VII	7. VII			12. VII	

godini izlazak leptira zbog niskih temperatura bio je u svim krajevima odgođen. Tako su leptiri iz kukuljića doneseni s otoka Braća izlazili još 20 rujna.

d) *Klima i gradacije — Climat et gradations*

Kod istraživanja uloge klimatskih faktora na masovnu pojavu borova četnjaka poslužili smo se metodom, koju je upotrebio *Vajda* (1952) istražujući uzroke ugibanja brijestova zbog napadaja brijestova potkornjaka, prenosioca parazitarnih gljiva vrste *Ophiostoma*. Langov kišni faktor $\frac{O}{T}$ (kvocijent, koji se do-

bije diobom prosječne količine oborina sa prosječnom temperaturom), objektivno je mjerilo suhoće odnosno vlažnosti tla, što je u našem slučaju od važnosti za razvoj kukuljića, ali taj faktor nam ujedno karakterizira prosječni klimatski karakter za određeni teritorij i određeno vremensko razdoblje. Odstupanje od temperaturnog srednjaka i postotna odstupanja Langova kišnog faktora od srednjaka, koja se računaju uvijek za jedan vremenski period nekoga kraja, daju nam mogućnost, da ocijenimo, da li su ta razdoblja bila topla ili hladna, te vlažna ili suha. I u našem slučaju mogli smo se poslužiti tabelom, koju je dao *Vajda* u prije spomenutom radu, a koju u cijelosti donosimo.

Odstupanje temperature od srednjaka — Déviation de température de la moyenne	Karakterizira razdoblje kao: Période caractérisée comme:	Odstupanje L. k. f. od srednjaka Déviation du facteur pluv. de Lang de la moyenne	Karakterizira razdoblje kao — Période caractérisée comme:
+ 0,3°C do - 0,3°C	umjereno modérée	+ 5 do - 5%	umjereno vlažno — humide modérée
+ 0,4°C do + 1,3°	toplo chaude	+ 6 do + 24%	vlažno humide
> + 1,4°C	vruće très chaude	> + 25%	jako vlažno très humide
- 0,4°C do 1,3°C	hladno froide	- 6 do - 24%	suho sèche
> - 1,4°C	studeno très froide	> - 24%	jako suho très sèche

U našim istraživanjima mi smo vremenska razdoblja, za koja smo računali odstupanja temperature i L. k. f.-a razdijelili prema razvojnim stadijima borova četnjaka. No u tome smo pošli još dalje. Stadij gusjenica je najdulji stadij u razvoju čet-

nijaka i zahvata gotovo sva četiri godišnja doba. Mi smo ga razdijelili u razdoblje, u kome gusjenice još nisu izgradile zimski zapredek, i razdoblje, u kome je zapredek formiran. To smo učinili iz razloga, što su gusjenice do formiranja zimskih zapredaka jače izvrgnute klimatskim kolebanjima i osjetljivije na sve nepovoljne klimatske uvjete. To razdoblje pada u dvije kalendarske godine: rujan i listopad je obično vrijeme, kada su gusjenice bez zimskih zapredaka; listopad-prosinac prve godine i siječanj-travanj iduće godine je vrijeme, kada se gusjenice nalaze u zimskim zaprecima. Za ostala razdoblja uzeli smo: srpanj za izlazak leptira, kolovoz za jaja, te svibanj i lipanj za kukuljice.

Za ova razdoblja izračunali smo srednje temperature i srednje L. k. f., kao i njihova odstupanja od srednjaka po navedenim periodama za vrijeme od 1925—1953. god. Godišnja odstupanja L. k. f.-a i temperature uzeli smo od srednjaka, koji smo izračunali za vrijeme od 1892—1953. godine.

Prema gradacionoj krivulji utvrdili smo, da su godine zaraze bile 1945-46, 1949-50 i 1953-54. Komparacija temperaturnih odstupanja, kao i odstupanja L. k. f.-a u godinama intenzivne zaraze s odstupanjima u godinama, kada gradaciona krivulja nije pokazivala zarazu, pokazala je ovo:

1. U godinama utvrđene zaraze klima je prema odstupanjima temperature i kišnog faktora periode od srednjaka, karakterizirana kao vruća i jako suha gotovo u svim razvojnim stadijima četnjaka (tab. 10 i 11). Tako na pr. odstupanja L. k. f.-a od srednjaka u godini 1945. za period gusjenica van zapretka (IX—X) iznosi —41%, za gusjenice u zapretku (XI—XII i I—III) —51%, za stadij kukuljice (IV—VI) —71%, leptira (VII) —67%, a jaja (VIII) —25%. U toj godini zabilježena je jaka pojava borova četnjaka u svim krajevima Hrv. Primorja i Dalmacije. Slične rezultate dobijemo i za 1949. i 1953. god., t. j. upravo u godinama intenzivne pojave četnjaka. Vidimo dalje iz grafikona (sl. 34a-c), da se najveće odstupanje od L. k. f.-a za razdoblje gusjenica u zapretku (XI—XII i I—III), t. j. za razdoblje, u kome su one donekle zaštićene od nepovoljnih prilika, pokazuje u 1945., 1949. i 1953. godini (godine najveće zaraze). Iz toga možemo zaključiti, da za razvoj gusjenica ima faktor vlažnosti ili suhoće klime veliko značenje, iako su one u tom periodu zaštićene u zaprecima od niskih temperatura i oborina.

U svim godinama jake zaraze odstupanja temperature od srednjaka pozitivna su u svim periodima. Ona iznose za period gusjenice, kukuljice i leptira iznad 1,4, što znači, da su ta razdoblja bila veoma vruća. Odstupanja su za stadij gusjenica van zapretka i jaja također pozitivna, ali veličina odstupanja kreće se blizu srednjaka.

Godina — Année	I.—III. i XI.—XII.				IV.—VI				VII.				VIII.				IX.—X.			
	Oborine Précipitations	Temp. sred. Tempér. moyenne	Langov kiš. fak. Facteur pluvial de Lang		Oborine Précipitations	Temp. sred. Tempér. moyenne	Langov kiš. fak. Facteur pluvial de Lang		Oborine Précipitations	Temp. sred. Tempér. moyenne	Langov kiš. fak. Facteur pluvial de Lang		Oborine Précipitations	Temp. sred. Tempér. moyenne	Langov kiš. fak. Facteur pluvial de Lang		Oborine Précipitations	Temp. sred. Tempér. moyenne	Langov kiš. fak. Facteur pluvial de Lang	
	mm	°C	$\frac{O}{T}$	Odstupanje od sred. (78) u % Déviation de la moyenne (78) an %	mm	°C	$\frac{O}{T}$	Odstupanje od sred. (17) u % Déviation de la moyenne (78) an %	mm	°C	$\frac{O}{T}$	Odstupanje od sred. (3) u % Déviation de la moyenne (3) en %	mm	°C	$\frac{O}{T}$	Odstupanje od sred. (4) u % Déviation de la moyenne (4) en %	mm	°C	$\frac{O}{T}$	Odstupanje od sred. (17) u % Déviation de la moyenne (17) en %
1925	767	7,9	97	+ 27	433	17,4	25	+ 47	37	2,8	2	— 33	83	22,7	4	0	291	16,5	2	— 88
1926	497	8,9	56	— 28	493	16,4	30	+ 76	130	21,7	6	+ 100	225	21,4	10	+ 150	344	12,3	28	+ 65
1927	726	8	91	+ 17	208	17,5	12	— 29	28	24,9	1	— 67	52	23,9	2	— 50	216	17,4	12	— 29
1928	604	7,6	79	+ 1	208	16,1	13	— 24	9	26,9	0,3	— 10	57	24,7	2	— 50	557	17,2	32	+ 88
1929	475	* 5,6	85	+ 9	265	17,3	15	— 12	37	23,5	1	— 67	45	24,4	18	+ 350	179	17,9	10	— 41
1930	626	8,4	74	— 5	413	17,4	24	+ 41	79	23,1	3	0	149	22,2	7	+ 75	501	17,3	3	— 82
1931	801	7,3	110	+ 41	231	17,8	13	— 24	69	24,4	3	0	66	24,0	3	— 25	257	15,0	17	0
1932	389	6,4	61	— 22	433	16,0	27	+ 59	192	22,8	8	+ 17	10	24,6	0,4	— 10	305	19,1	16	— 6
1933	645	6,9	93	+ 19	472	15,3	31	+ 82	30	23,4	1	— 67	41	23,5	2	— 50	473	16,9	28	+ 65
1934	624	8,6	73	— 6	473	18,2	26	+ 53	70	23,7	3	0	267	22,3	12	+ 200	240	17,2	14	— 18
1935	527	7,6	69	— 12	147	17,3	8	— 53	55	24,1	2	— 33	110	22,8	5	+ 25	293	18,1	16	— 6
1936	560	9,4	60	— 23	359	17,9	20	+ 18	43	25,0	2	— 33	16	23,4	0,7	— 18	352	15,2	23	+ 47
1937	1.136	8,5	134	+ 72	289	18,8	15	— 12	81	24,3	3	0	160	22,6	7	+ 75	365	17,1	21	+ 24
1938	329	7,6	43	— 45	276	15,7	18	+ 6	28	25,0	1	— 67	143	22,5	6	+ 50	377	17,5	22	+ 29
1939	359	7,8	46	— 41	367	16,6	22	+ 29	58	24,1	2	— 33	25	24,3	1	— 75	510	16,9	30	+ 76
1940	529	5,6	94	+ 21	216	16,4	13	— 24	126	22,1	6	+ 100	176	21,4	8	+ 100	408	16,8	24	+ 41
1941	727	6,9	105	+ 35	355	16,1	22	+ 29	116	23,1	5	+ 67	88	23,1	4	0	212	15,3	14	— 18
1942	461	4,8	96	+ 23	330	17,2	19	+ 12	60	23,6	3	0	18	24,3	0,7	— 18	333	20,5	16	— 6
1943	620	8,6	72	— 7	191	17,6	11	— 47	55	23,8	2	— 33	5	26,1	0,2	— 5	206	20,7	10	— 41
1944	552	6,8	81	+ 4	167	17,1	10	— 41	31	23,4	1	— 67	9	25,3	0,3	— 7	280	17,0	16	— 6
1945	323	8,5	38	— 51	112	20,0	5	— 71	31	26,8	1	— 67	78	24,0	3	— 25	183	17,5	10	— 41
1946	521	7,6	68	— 13	207	19,1	11	— 47	29	25,6	1	— 67	17	25,3	0,7	— 18	185	18,1	10	— 41
1947	799	7,8	102	+ 31	130	20,9	6	— 65	123	25,8	5	+ 67	15	25,4	0,6	— 15	47	18,9	2	— 88
1948	690	10,1	68	— 13	313	18,5	17	0	162	21,9	7	+ 13	115	23,7	5	+ 25	380	18,3	21	+ 24
1949	467	9,1	51	— 35	167	18,0	9	— 47	18	24,6	0,7	— 23	15	23,5	0,6	— 15	37	20,0	2	— 88
1950	660	8,9	74	— 5	155	19,4	8	— 53	23	27,4	0,8	— 27	107	25,5	4	0	302	17,9	1	0
1951	743	10,2	73	— 6	351	18,3	19	+ 12	130	24,5	5	+ 67	43	25,0	2	— 50	329	18,2	18	+ 6
1952	800	7,5	107	+ 37	135	18,6	7	— 59	63	27,0	2	— 33	95	25,3	4	0	440	17,1	26	+ 53
1953	262	7,4	35	— 56	153	17,6	9	— 47	49	24,4	2	— 33	118	23,5	5	+ 25	205	18,6	11	— 47

* Temp. za II- mj. 1929 g. = — 0,9°C, a uzeto za izračunavanje srednjaka + 0.

ODSTUPANJA TEMPERATURA OD SREDNJAKA PERIODA
Déviations des températures de la moyenne dans les périodes

Tab. 11

Godina—Année	I, II, III, XI, XII Srednja temper. Tempér. moyenne	Odstupanja od sred. 7, 1 Déviation de la moyenne 7, 1	IV—VI Srednja temperatura Tempér. moyenne	Odstupanje od srednja- ka 17, 6 Déviation de la moyenne 17, 6	VII Srednja temper. Tempér. moyenne	Odstupanje od srednjaka 24, 2 Déviation de la moyenne 24, 2	VIII Srednja temper. Tempér. moyenne	Odstupanje od srednjaka 23, 8 Déviation de la moyenne 23, 8	IX—X Srednja temperatura Tempér. moyenne	Odstupanje od srednjaka 17, 4 Déviation de la moyenne 17, 4
1925	7.9	+ 0.8	17.4	- 0.2	22.8	- 1.4	22.7	- 1.1	16.5	- 0.9
1926	8.9	+ 1.8	16.4	- 1.2	21.7	- 2.5	21.4	- 2.4	12.3	- 5.1
1927	8.0	+ 0.9	17.5	- 0.1	24.9	+ 0.7	23.9	+ 0.1	17.4	- 0.0
1928	7.6	+ 0.5	16.1	- 1.5	26.9	+ 2.7	24.7	+ 0.9	17.2	- 0.2
1929	5.6	- 1.5	17.3	- 0.3	23.5	- 0.7	24.4	+ 0.6	17.9	+ 0.5
1930	8.4	+ 1.3	17.4	- 0.2	23.1	- 1.1	22.2	- 1.6	17.3	- 0.1
1931	7.3	+ 0.2	17.8	+ 0.2	24.4	+ 0.2	24.0	+ 0.2	15.0	- 2.4
1932	6.4	- 1.3	16.0	- 1.6	22.8	- 1.4	24.6	+ 0.8	19.1	+ 1.7
1933	6.9	- 0.2	15.3	- 2.3	23.4	- 0.8	23.5	- 0.3	16.9	- 0.5
1934	8.6	+ 1.5	18.2	+ 0.6	23.7	- 0.5	22.3	- 0.5	17.2	- 0.2
1935	7.6	+ 0.5	17.3	- 0.3	24.1	- 0.1	22.8	- 1.0	18.1	+ 0.7
1936	9.4	+ 2.3	17.9	+ 0.3	25.0	+ 0.8	23.4	- 0.4	15.2	- 2.2
1937	8.5	+ 1.4	18.8	+ 1.2	24.3	+ 0.1	22.6	- 1.2	17.1	- 0.3
1938	7.6	+ 0.5	15.7	- 1.9	25.0	+ 0.8	22.5	- 1.3	17.5	+ 0.1
1939	7.8	+ 0.7	16.6	- 1.0	24.1	- 0.1	24.3	+ 0.5	16.9	- 0.5
1940	5.6	- 1.5	16.4	- 1.2	22.1	- 2.1	21.4	- 2.4	16.8	- 0.6
1941	6.9	- 0.2	16.1	- 0.5	23.1	- 1.1	23.1	- 0.7	15.3	- 2.1
1942	4.8	- 2.3	17.2	- 0.4	23.6	- 0.6	24.3	+ 0.5	20.5	+ 3.1
1943	8.6	+ 1.5	17.6	- 0.0	23.8	- 0.4	26.1	+ 2.3	20.7	+ 2.3
1944	6.8	- 0.3	17.1	- 0.5	23.4	- 0.8	25.3	+ 1.5	17.0	- 0.4
1945	8.5	+ 1.4	20.0	+ 2.4	26.8	+ 2.6	24.0	+ 0.2	17.5	+ 0.1
1946	7.6	+ 0.5	19.1	+ 1.5	25.6	+ 1.4	25.3	+ 1.5	18.1	+ 0.7
1947	7.8	+ 0.7	20.0	+ 3.3	25.8	+ 1.6	25.4	+ 1.6	18.9	+ 1.5
1948	10.1	+ 3.0	18.5	+ 0.9	21.9	- 2.3	23.7	- 0.1	18.3	+ 0.9
1949	9.1	+ 2.0	18.0	+ 0.4	24.6	+ 0.4	23.5	- 0.3	20.0	+ 2.6
1950	8.9	+ 1.8	19.4	+ 1.8	27.4	+ 3.2	25.5	+ 1.7	17.9	+ 0.5
1951	10.2	+ 3.1	18.3	+ 0.7	24.5	+ 0.3	25.0	+ 1.2	18.2	+ 0.8
1952	7.5	+ 0.4	18.6	+ 1.0	27.0	+ 2.8	25.3	+ 1.5	17.1	- 0.3
1953	7.4	+ 0.3	17.6	- 0.	24.4	+ 0.2	23.5	- 0.3	18.6	+ 1.2

Tabelica godišnjih oborina za vrijeme 1925.—1953. g.

Crikvenica

Tab. 12

Godina Année	Oborine Précipitations	Sred. temp. Température moyenne	O/T Facteur pluvial de Lang	Odstupanje od srednjaka (92) u % Déviation de la moyenne (92) en %
	mm	C°		
1925	1.611	14.1	114	+ 24
1926	1.684	14.5	116	+ 26
1927	1.230	14.7	84	— 9
1928	1.535	14.4	107	+ 16
1929	1.001	13.5	74	— 20
1930	1.778	14.5	123	+ 34
1931	1.424	14.0	102	+ 11
1932	1.329	13.8	96	+ 4
1933	1.661	13.4	124	+ 36
1934	1.674	14.8	113	+ 23
1935	1.132	14.4	79	— 14
1936	1.330	15.0	89	— 3
1937	2.031	14.8	137	+ 49
1938	1.153	14.0	82	— 11
1939	1.319	14.4	92	0
1940	1.555	12.9	121	+ 32
1941	1.496	13.3	112	+ 22
1942	1.203	14.6	68	— 26
1943	1.077	15.6	70	— 24
1944	1.037	14.0	66	— 28
1945	726	15.0	48	— 48
1946	960	15.2	42	— 54
1947	1.015	15.5	65	— 29
1948	1.661	15.2	109	+ 18
1949	704	15.6	45	— 51
1950	1.256	16.0	79	— 14
1951	1.594	15.8	101	+ 10
1952	1.531	15.1	102	+ 11
1953	805	13.8	42	— 54

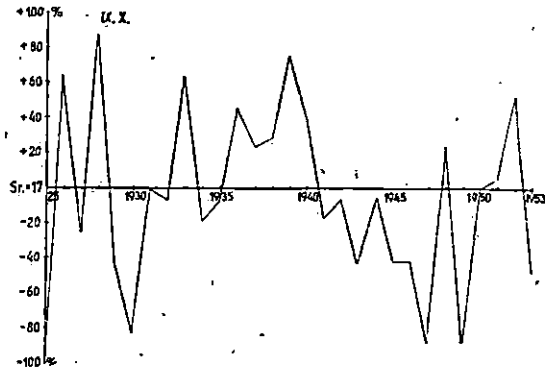
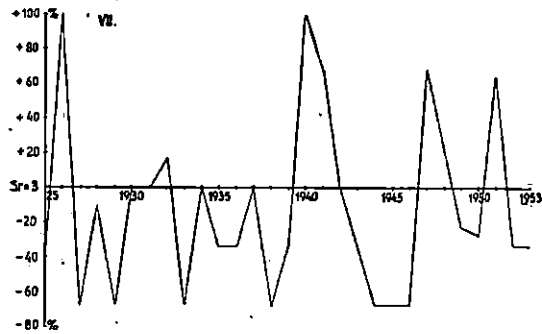
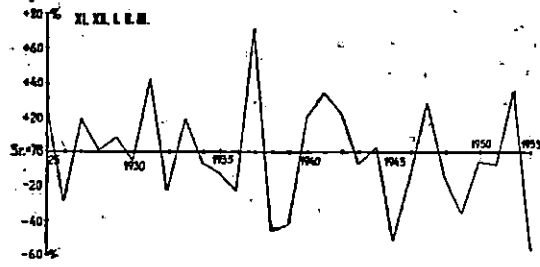
Godine, koje su prethodile 1945. g., imaju znatna pozitivna temperaturna odstupanja od srednjaka za razdoblje leptira i

jaja. Isti je slučaj za 1946. i 1947. god., koje prethode 1949. god. i za 1951-1952, koje prethode 1953. god. Budući da su godine 1945., 1949. i 1953. godine jake zaraze, pretpostavljamo, da je temperatura u razdoblju leptira i jaja od velike važnosti za masovnu pojavu.

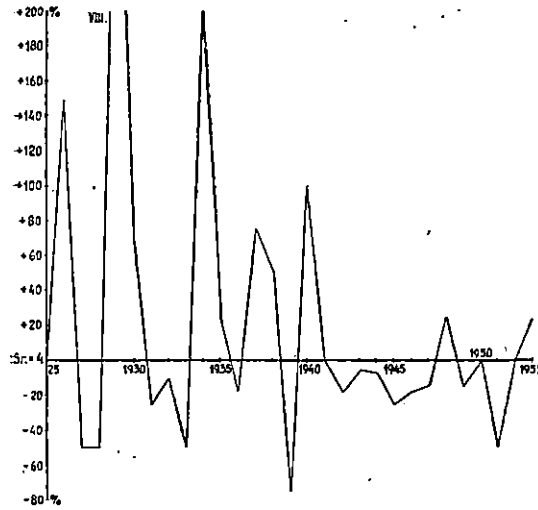
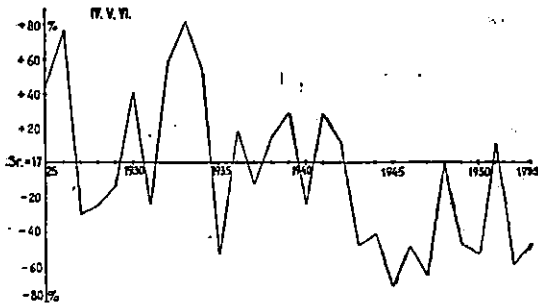
Za 1945. god. karakteristično je također i to, da su prethodne godine imale negativna odstupanja od L. k. f.-a u razdobljima kukuljice, leptira, jaja i gusjenica van zapretka. Pozitivno odstupanje toga faktora pokazuje se samo za vrijeme razvoja gusjenica u zapretku 1944. god., ali je ono veoma neznatno (+4%). Mišljenja smo, da je jako suha i vruća klima u razdoblju kukuljice i leptira, a suha i topla u razdoblju gusjenica u zapretku i jaja omogućila neobično jaku masovnu pojavu u 1945. godini.

1946. god. zaraza nije prestala, no ona je bila mnogo slabija. A ipak, sudeći po Langovim kišnim faktorima, i u toj godini su klimatske prilike bile povoljne za razvoj četnjaka. To dokazuje da nisu samo klimatske prilike jedini faktor, koji regulira broj individua u populaciji. Upravo ta činjenica ne opovrgava značaj klime za masovnu pojavu insekata, već dokazuje, da *svaka masovna pojava sadržava u sebi uzroke njena opadanja*. U godinama povoljnim za razvoj borova četnjaka gnjezdara, t. j. od 1943. do 1947. god., povećavao se sukcesivno broj parazita (kako jajnih tako i parazita gusjenica i kukuljica) i predatora. S druge strane unutrašnji faktori, koji još nisu dovoljno istraženi, a naročito oni, koji karakteriziraju genetsku konstituciju jedinki, odnosno cijelih populacija, smanjili su gustoću populacije.

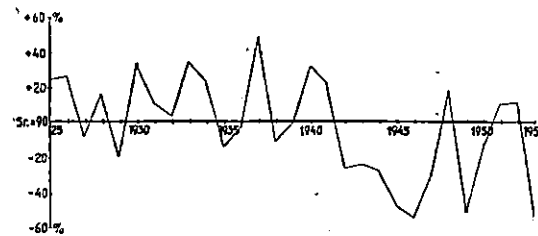
Slične odnose između intenziteta masovne pojave četnjaka i klimatskih prilika vidimo iz klimagrama konstruiranih za godine 1945. do 1953., prema podacima meteorološke stanice u Crikvenici (sl. 34 d, e, f). Odmah se vidi sličnost klimagrama u godinama masovne pojave četnjaka (1945., 1949. i 1953.). U god. 1945. klimagram pokazuje u svim mjesecima velika odstupanja od srednjeg klimagrama (koji je konstruiran na temelju podataka od 1892—1953. god.) u smjeru vertikalne osi. To znači, da su oborine u svim godinama masovne pojave i u svim mjesecima bile ispod prosjeka. U ljetnim mjesecima pored toga sve točke na klimagramu u godinama masovne pojave leže više od prosjeka, što znači, da su u tim mjesecima temperature bile iznad prosjeka. Jedini izuzetak čini 1949. god. u XI. mjesecu, u kome su oborine bile iznad prosjeka, ali su zato sva ostala odstupanja analogna predašnjim (sl. 34e), a zatim 1953. god., u kojoj je odstupanje L. k. f.-a u VIII. mjesecu pozitivno (+25%). U ovome posljednjem slučaju u cijelom mjesecu bila su samo 3



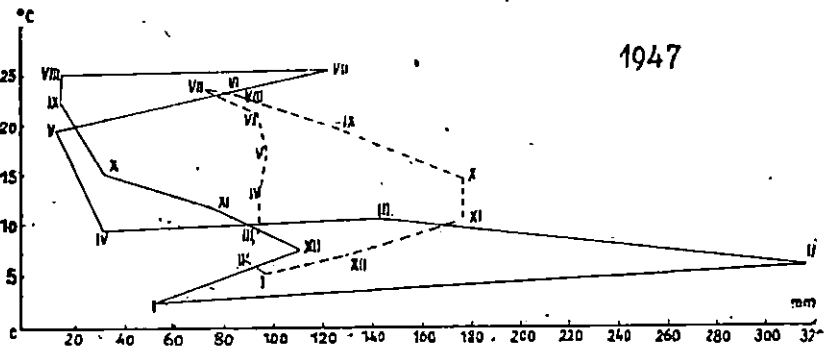
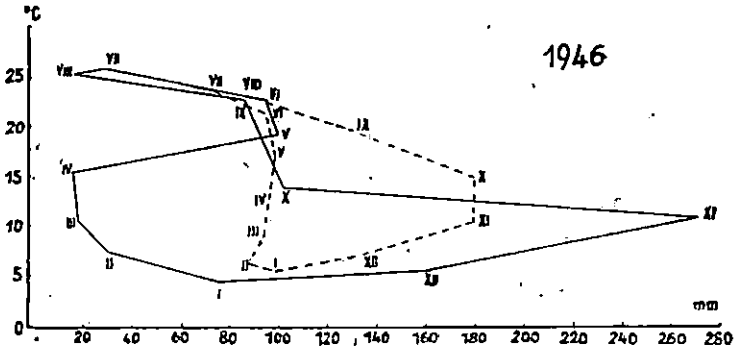
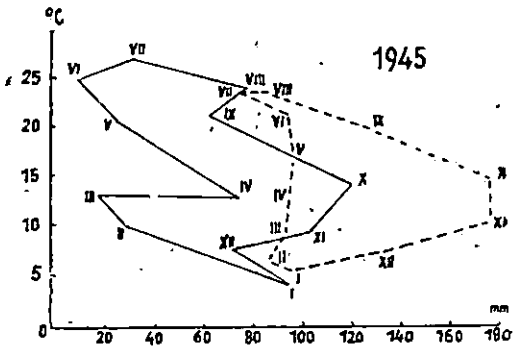
Sl. — Fig. 34a. Odstupanja Langova kišnog faktora od srednjaka (1925—1953) za razdoblja (meteorol. stanica Crikvenica): studeni—ožujak, sranj, rujan—listopad = Déviations du facteur pluvial de Lang de la moyenne (1925—1953) pour les périodes (station météorologique de Crikvenica): novembre-mars, juillet, septembre-octobre



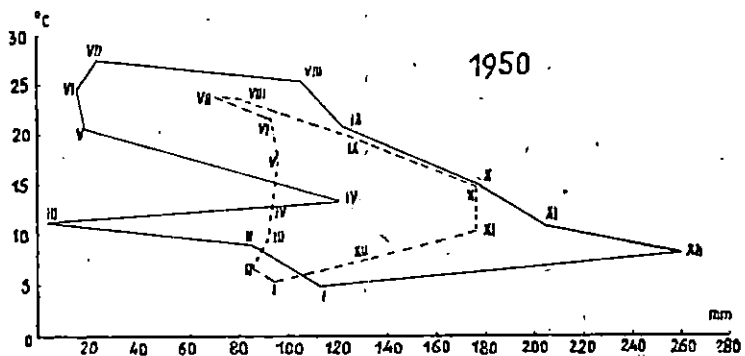
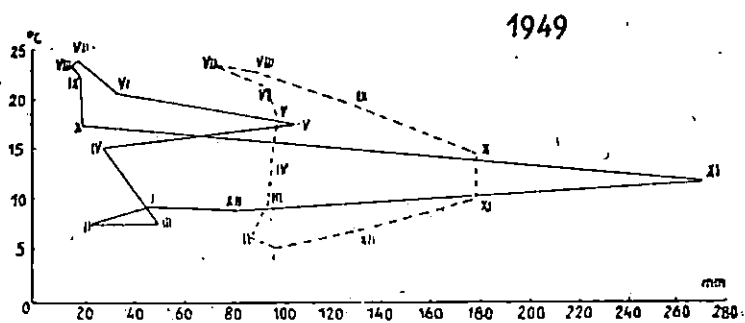
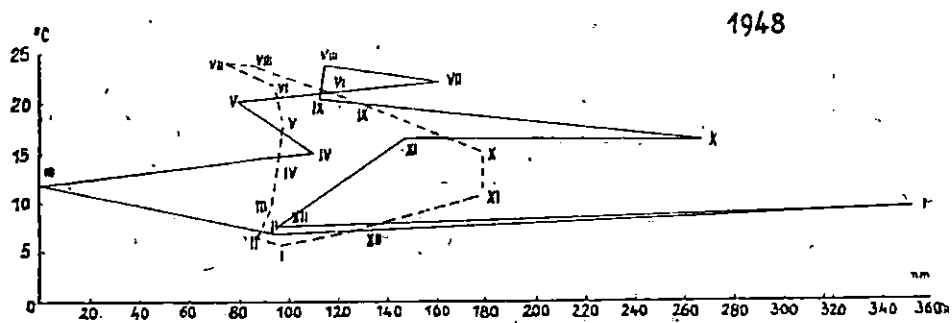
Sl. — Fig. 34b. Odstupanja Langova kišnog faktora od srednjaka (1925—1953) za razdoblja (meteorol. stanica Crikvenica): travanj-lipanj, kolovoz — Déviations du facteur pluvial de Lang de la moyenne (1925—1953) pour les périodes (station météorologique de Crikvenica): avril-juin, août



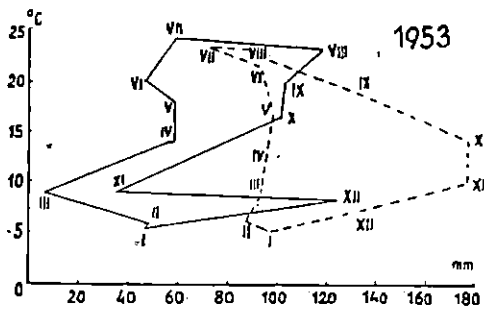
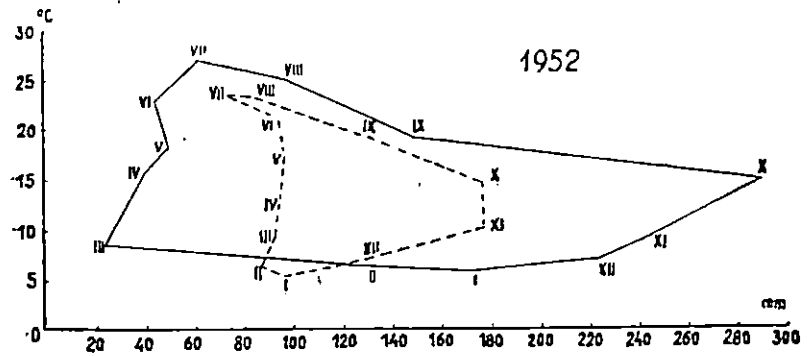
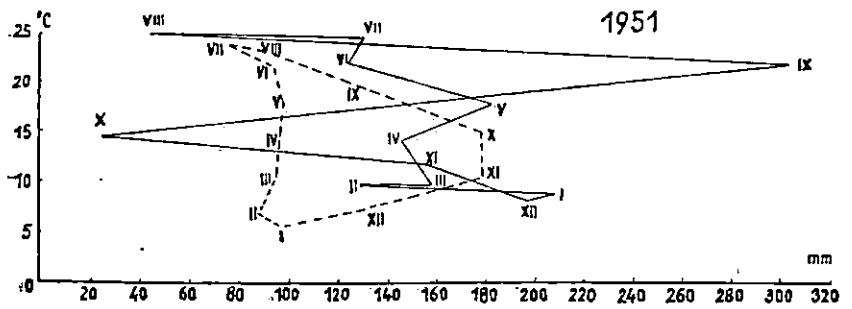
Sl. — Fig. 34c: Godišnja odstupanja Langova kišnog faktora od srednjaka (1892—1953) (meteorol. stanica Crikvenica) — Déviations annuelles du facteur pluvial de Lang de la moyenne pour la période de 1892—1953 (station météorologique de Crikvenica)



Sl. — Fig. 34d. Odstupanja godišnjih klimograma od srednjaka (1945—1947) (meteorol. stanica Crikvenica) — Déviations des climogrammes annuels de la moyenne (1945—1947) (station météorologique de Crikvenica)



Sl. — Fig. 34e. Odstupanja godišnjih klimagrama od srednjaka (1948—1950)
 (meteorol. stanica Crikvenica) — Déviations des climagrammes annuels de
 la moyenne (1948—1950) (station météorologique de Crikvenica)



SI. — Fig. 34f. Odstupanja godišnjih klimagrama od srednjaka (1951—1953) (meteorol. stanica Crikvenica) — Déviations des climagrammes annuels de la moyenne (1951—1953) (station météorologique de Crikvenica)

kišna dana; a poznato je da (sl. 34b) su samo dugotrajne oborine od većeg značenja kao redukcionni faktor.

Iz svega onoga, što smo prije rekli, možemo zaključiti:

1. da postoji korelacija između odstupanja *L. k. f.-a* od svoga srednjaka i intenziteta masovne pojave četnjaka u dotičnoj godini. U sve tri godine intenzivne pojave četnjaka, koju smo zabilježili za vrijeme naših istraživanja (1945., 1949. i 1953.), ova su odstupanja u svim razdobljima razvoja četnjaka negativna, t. j. karakteriziraju klimu kao toplu i suhu do vruću i jako suhu.

2. Od svih stadija smatramo, da je stadij jaja i mladih gusjenica najosjetljiviji, pa su klimatski faktori u tim razdobljima od velike važnosti za masovnu pojavu četnjaka.

3. Amplituda ekstremnih temperatura u stadiju mladih gusjenica glavni je faktor, koji uvjetuje rasprostranjenje četnjaka i o kome uz oborine zavisi mortalitet gusjenica toga stadija.

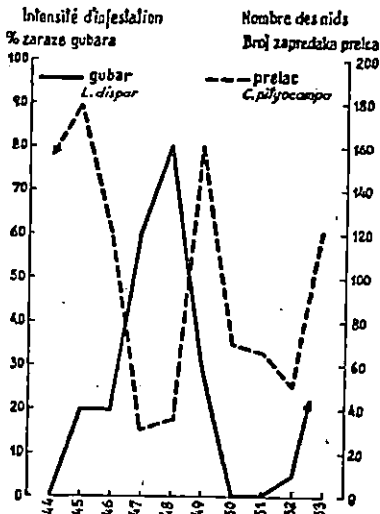
4. U zoni stalne pojave četnjaka dugotrajne oborine su veoma važni reduktivni faktor. U toj zoni su naročito važne oborine ljeti i u ranu jesen.

Iako smo neosporno utvrdili, da intenzitet masovne pojave četnjaka zavisi o klimi, koja je nezavisno promjenljivi faktor na širokom prostoru, ipak smo primijetili, da u tome ima odstupanja, te da je u nekim kulturama intenzitet jači u godini, u kojoj opća gradaciona krivulja pokazuje slabiju masovnu pojavu. To je primijetila također *Roegner-Aust* (1950) za nonu. Vrijedno bi bilo istražiti, koliko su u gradocenu za ovu pojavu odlučni unutrašnji faktori, kojima treba posvetiti punu pažnju. To više je ova pojava zanimljiva, jer se radi o susjednim šumama, u kojima opće klimatske prilike ne variraju mnogo.

Zanimljiva je pojava, koju su primijetili *Grison* i *Biliotti* (1954), da gradacije četnjaka u regijama Landa traju kraće nego one u *Cevennu*, gdje se on gotovo permanentno javlja, iako su ovdje klimatske prilike nepovoljnije nego u primorju Landa. Ta pojava potvrdila bi *Franzove* koncepcije o ulozi genetskih faktora kod masovne pojave štetnih insekata. U Landu su zbog povoljnijih klimatskih prilika redukcionni faktori slabiji, pa i eliminiranje jedinki, koje su nosioci za vrstu nepovoljnih svojstava, također slabije. To dovodi do bržeg pogoršavanja genetskih svojstava populacije i njena propadanja. Slučaj u *Cevennu* bio bi obratan. Rezistentniji tipovi nalazit će se svakako tamo, gdje su za vrstu nepovoljniji uvjeti za opstanak. Stoga bi, protivno dosadašnjem mišljenju o prijenosu gubarevih gusjenica vjetrom u brdske krajeve, trebalo tu tražiti uzroke zakašnjenju kulminacije gubara u brdskim krajevima, pa moguće i uzroke nastajanja nove masovne pojave. Teško je inače rastumačiti

različito duge intervale latencije između nastupa dviju masovnih pojava u klimatskom optimumu gubara.

Nema nikakve sumnje, da genetski faktori igraju ulogu kod masovne pojave insekata uopće. U neobično povoljnim klimatskim uvjetima djelovanje faktora otpora naročito abiotskih, nezavisno promjenljivih, svedeno je na minimum. Kao posljedica pogoršane genetske konstitucije dolaze do izražaja recesivna svojstva, koja se manifestiraju kod velikog broja jedinki u sklo-



Sl. — Fig. 35. Gradacione krivulje gubara i četnjaka od 1944—1953 g. — Courbe gradologique de Dispar et de Processionnaire du Pin de 1944—1953

nostima prema bolestima (viroze), u sterilitetu jaja, opadanju fertiliteta ženki i drugim svojstvima, zbog kojih se njihov broj decimira. Kod nepovoljnih klimatskih uvjeta, kada su faktori otpora naročito jaki, ostaju na životu najjači i genetski najpozitivniji individuumi. Utoliko je klima kao nezavisno promjenljivi abiotski faktor važna kao *selekcioni faktor*, a biotski se faktori, kamo uglavnom ubrajamo parazite, mogu smatrati *regulacionim*, ali ne i selektivnim faktorom. *Bez povoljnih dakle klimatskih uvjeta uz obilje hrane, koja štetnicima stoji na raspolaganju, nema masovne pojave štetnika.*

Razumije se da je jedan od uvjeta, koji zavisi o vrsti, a koji je svojstven naročito velikom broju štetnih insekata, ve-

liki biotički potencijal, o kome zavisi, da li će do erupcije doći nakon kraćeg ili duljega vremena. Oba dakle faktora, klimatski uvjeti i za vrstu povoljna genetska konstitucija populacije, stoje u uzajamnoj zavisnosti. No krivo bi bilo misliti, da svaki od ovih faktora sam za sebe može uvijek dovesti do masovne pojave štetnika. Povoljne klimatske prilike samo u jednoj godini uz mali početni broj individuuma neće dovesti do masovne pojave. Nepovoljni klimatski uvjeti za vrijeme kritičnog stadija mogu pak decimirati broj jedinki sa najboljom genetskom konstitucijom: Prema tome za početak masovne pojave važno je da bude dovoljan potrebni broj genetski jakih jedinki, te jedna ili više uzastopnih godina s povoljnim klimatskim prilikama za dotičnog insekta. Ova koincidencija uz ostale faktore kao biotički

potencijal, seksualni indeks, obilje hrane i t.d. dovode do masovne pojave štetnika, a o stepenu ove koincidencije zavisi jači ili slabiji intenzitet te pojave.

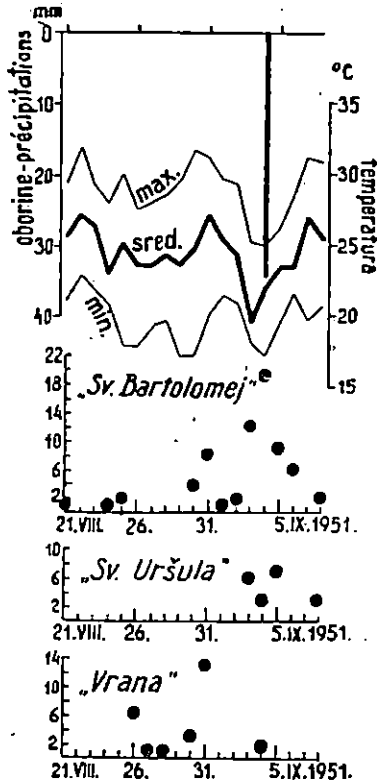
Razumije se, da masovna pojava štetnika predstavlja veoma složen problem, koji u mnogo slučajeva nije jednostavno riješiti. To je dinamični proces, koji se mijenja u prostoru i vremenu za svaku vrstu na drugi način. Za primjer uzimamo gubara i četnjaka. Prema istraživanjima *Vajde* (1952) u oba područja (područje gubara i četnjaka), s obzirom na klimatske prilike, t. j. s obzirom na pojavu sušnih godišnjih doba, nastaju u istom razdoblju gotovo redovno istosmjerne klimatske pojave. Prema tome mogli bismo očekivati neko podudaranje u intenzitetu masovne pojave jednog i drugog štetnika, koje bi bilo uvjetovano klimom kao nezavisno promjenljivim faktorom, koji djeluje na velikim površinama. Uporedimo li i gradacione krivulje gubara i četnjaka (sl. 35), vidimo, da je 1945. god. u doba kulminacije četnjaka gubar bio u progradaciji. Njegova kulminacija u 1948. god. nastupa jednu godinu prije kulminacije četnjaka. Godine 1953. obje krivulje pokazuju tendenciju porasta, t. j. oba štetnika nalaze se u progradaciji. Da kulminacije obaju štetnika ne koincidiraju u istoj godini, potpuno je shvatljivo, ako uzmemo u obzir biološki razvoj jednog i drugog štetnika, njihovu različnu ekološku valenciju, kao i konstelaciju gradocena.

e) *Utjecaj klime na razvoj gusjenica — Influence du climat sur le développement des chenilles*

1951. god. za vrijeme eklozije gusjenica bio je samo jedan kišoviti dan (sl. 36). Kulminacija izlaska gusjenica, koja je te godine vidljiva, odgovara kulminaciji na krivulji eklozija leptira iste godine (sl. 33). Vremenski period izlaska gusjenica u šumi Sv. Bartolomej iznosio je 18 dana i približno odgovara vremenu eklozije leptira te godine (14 dana).

U godini 1952. slika je sasvim drugačija (sl. 37). Za vrijeme izlaska gusjenica imali smo 11 kišovitih dana. Na sl. 37: a, b i c odnose se na legla, koja su bila pod prirodnim uvjetima na Cresu, a »d« na legla iste provenijencije, koja smo prenijeli u laboratorij. Upoređenjem slika vidimo, da je u prirodi zbog kiše i nastalih niskih temperatura došlo do retardacije izlaska gusjenica u odnosu na ona legla, koja smo držali u laboratoriju pod približno konstantnom temperaturom od 21—23° C. Period piljenja u prirodi protegao se do 30 dana. Onaj u laboratoriju iznosio je 21 dan, ali ako izostavimo prvo i najranije piljenje (samo jedno leglo) taj period iznosio je svega 14 dana. Pored toga u

prirodnim uvjetima od 44 jajna legla iz šume Batajna iz 10 legala ili 22,5% nisu gusjenice uopće izašle, što dovodimo u vezu s naglim padom temperatura za vrijeme njihove eklozije. Sterilitet legala za šumu Sv. Uršula iznosio je 30%, a Sv. Bartolomej 25%. U laboratoriju nisu izašle gusjenice samo iz jednoga



Sl. — Fig. 36. Izlazak gusjenica u šumi sv. Bartolomej 1951 g. — Éclosion des chenilles dans la forêt de St. Bartholomé en 1951

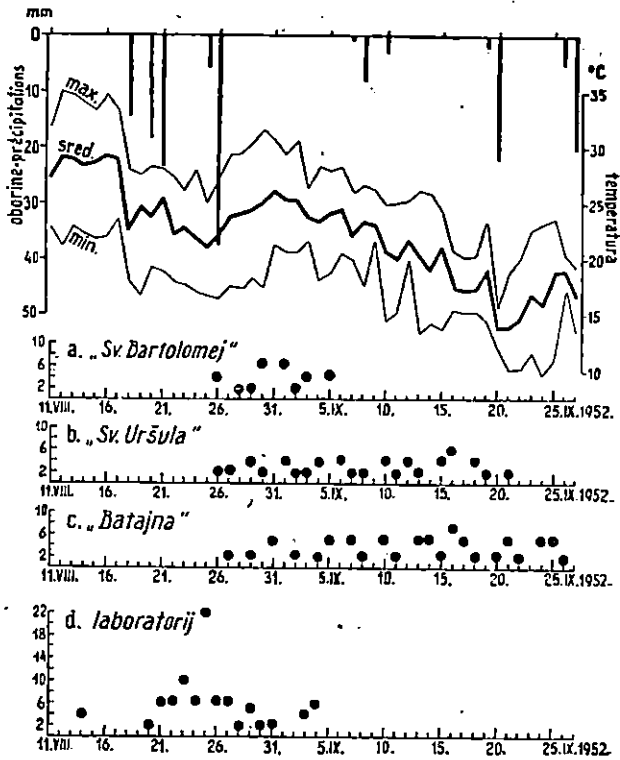
masovne pojave redovno iznad srednjaka (od 1892—1953). To isto vrijedi i za oborine izuzev XI. mjesec 1949. god., koji slučaj smo već prije objasnili. Zanimljivo je, da iz grafikona oborina izlazi, da su 1952. god. počevši od VIII. mjeseca oborine daleko iznad srednjaka, što je potpuno u skladu s našim mišljenjem o važnosti oborina za masovnu pojavu u ovom godišnjem periodu.

Postotak izašlih gusjenica također varira u pojedinim godinama i u pojedinim šumama (tab. 10). Taj postotak kretao se između 57,3% (Sv. Bartolomej 1951) do 93,2% (Cres 1952. god.)

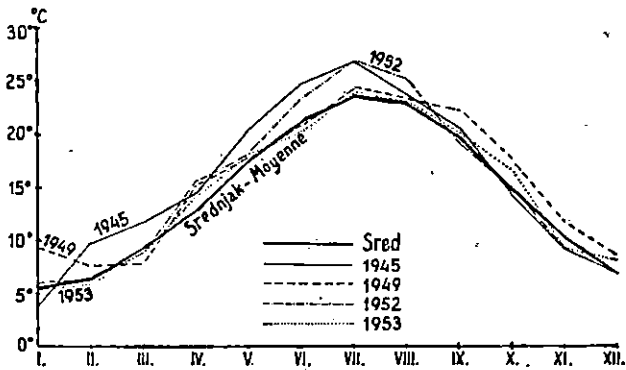
legla (2%). Minimalne temperature nastupile su 21. IX. 1952. i pale su ispod 12°C, a prema našim laboratorijskim istraživanjima kod tih temperatura zaustavlja se embrionalni razvoj u jajima četnjaka.

U 1953. god. sve su gusjenice izašle u vremenu od 24. VII. do 1. VIII. Iz svih su legala izašle gusjenice i nije bilo sterilnih legala. Za vrijeme eklozije nije bilo kišnih dana. Prema ovim opažanjima izlazilo bi, da je 1952. god. bila nepovoljna za razvitak četnjakovih gusjenica. Kako je te godine doista zaraza na cijelom jadranskom području bila veoma slaba, dolazimo do zaključka, da su temperature i oborine za vrijeme stadija jaja i mladih gusjenica odlučne za masovnu pojavu četnjaka u toj godini.

Iz grafikona srednjih mjesečnih temperatura i oborina (sl. 38 i 39) koji smo konstruirali za godine 1945., 1949. i 1953. kao godine masovne pojave četnjaka i 1952. god., u kojoj te pojave nije bilo, vidimo, da su temperature u godinama

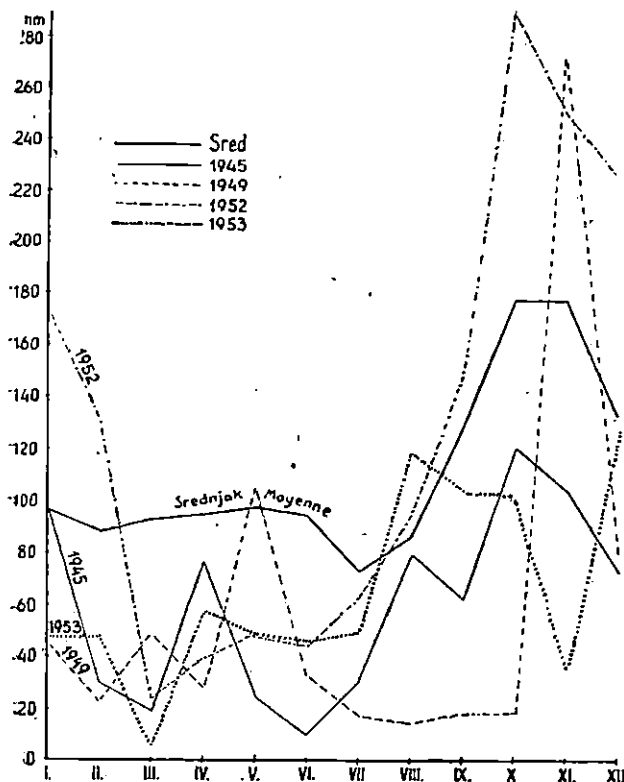


Sl. — Fig. 37. Izlazak gusjenica na otoku Cresu 1952. g.
— Éclosion des chenilles sur l'île de Crès en 1952



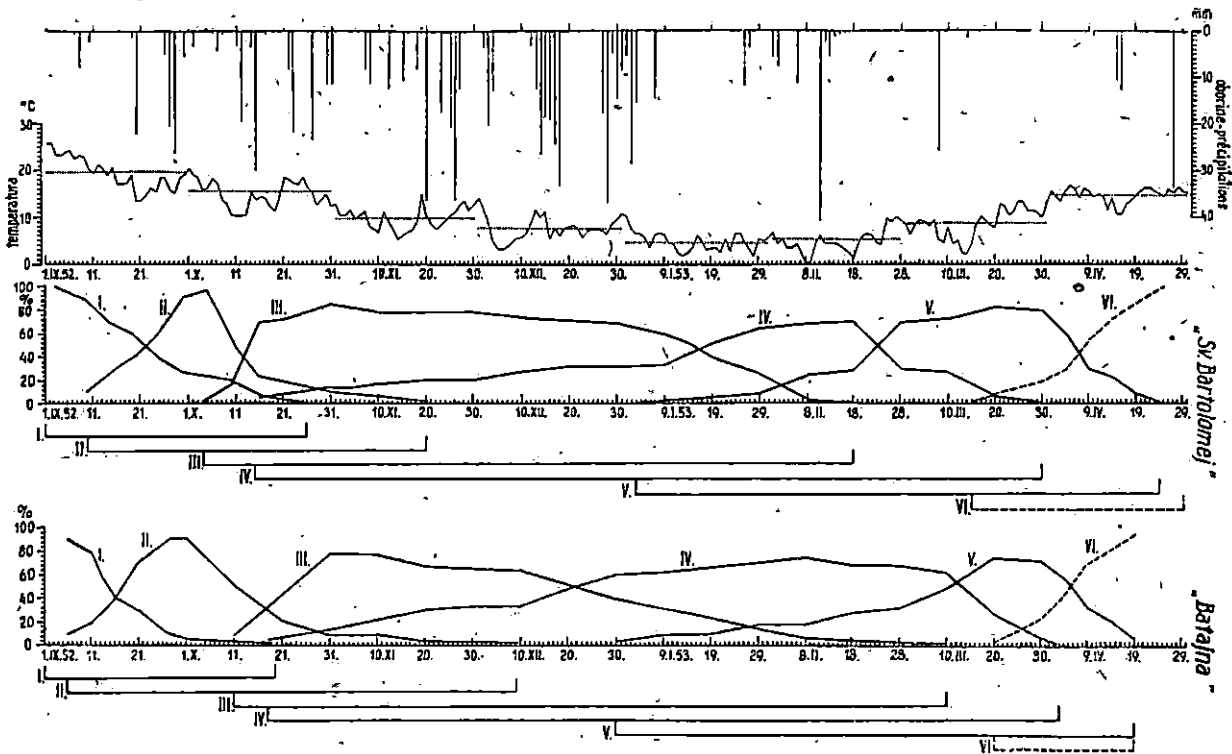
Sl. — Fig. 38. Odstupanja srednjih mjesečnih temperatura u godinama: 1945, 1949, 1952 i 1953 od srednjaka (1892—1953) za meteorološku stanicu Crikvenica: — Déviations des températures mensuelles moyennes en années 1945, 1949, 1952 et en 1953 de la moyenne (1892—1953) pour la station météorologique de Crikvenica

od ukupnoga broja odloženih jaja. God. 1953. primijetili smo, da je veći broj gusjenica uginuo u jajima prilikom eklozije. Gusjenice, koje su probile korion, nisu izašle iz jajeta. Postotak



Sl. — Fig. 39. Odstupanja mjesečnih srednjih oborina u godinama 1945, 1949, 1952 i 1953 od srednjaka (1892—1953) za meteorološku stanicu Crikvenica — Déviations des précipitations mensuelles moyennes en années 1945, 1949, 1952 et en 1953 de la moyenne (1892—1953) pour la station météorologique de Crikvenica

ovih gusjenica iznosio je 0,8—3,4%. Budući da ovu pojavu nismo primijetili prethodnih godina, smatramo, da je to u vezi s temperaturom i vlagom za vrijeme eklozije. *Thalenhorst* (1953) je za borovu pilatku ustanovio također mortalitet gusjenica kod eklozije i dovodi to u vezu s odnosom između vlage u iglicama i razvoja jaja. Vлага u iglicama zavisna je opet o vlazi, temperaturi i oborinama za vrijeme vegetacijske periode.

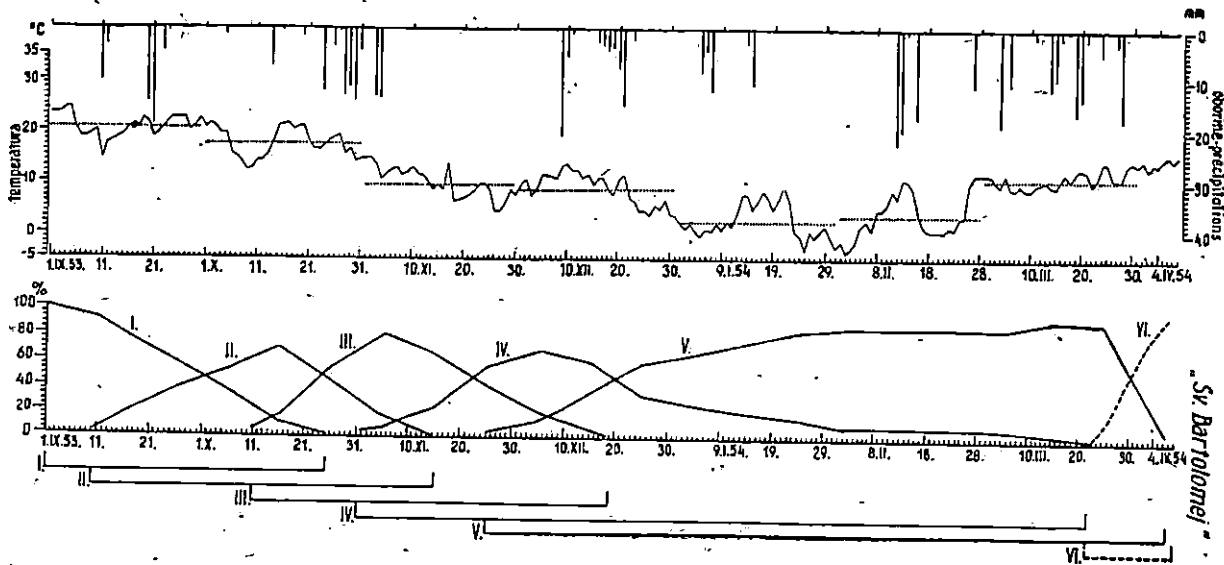


Sl. — Fig. 40. Razvoj gusjenica od eklozije do kukuljenja 1952 g. u šumama sv. Bartolomej i Batajna — Développement des chenilles à partir d'éclosion jusqu'à la nymphose en 1952 dans les forêts de St. Bartholomé et de Batajna

Kako je tekao razvoj gusjenica od eklozije do kukuljenja, prikazali smo slikom 40 za 1952. god. i slikom 41 za 1953. god. Za konstrukciju ovih grafikona otvarali smo počevši od eklozije gusjenica pa dalje svakih 10 dana po 60 zapredaka i utvrđivali stadije. Razdoblje, u kome su se razvijale gusjenice 1952./1953. godine, bilo je veoma bogato oborinama, i pojedini stadiji gusjenica mnogo su dulje trajali u odnosu na 1953./1954., kada je u istom razdoblju bilo mnogo manje oborina. Razvoj gusjenica 1. stadija u obje godine bio je gotovo identičan. 2. stadij u godini 1952. protegnuo se zbog obilnijih oborina do 20. XI., odnosno do 10. XII. (za šumu Batajna). Jače razlike pokazuju se u 3. stadiju. Najniže temperature u siječnju usporuju razvoj 4. stadija. Niske temperature imaju utjecaj i na razvoj gusjenica 5. stadija. No, još više usporile su razvoj gusjenica oborine, pa njih smatramo, veoma važnim faktorom za taj razvoj. 1952. god. gusjenice su prezimile u 3., 4. i 5. stadiju, a 1953. u 4. i 5. stadiju. Odlazak gusjenica u zemlju 1952. god. protegnuo se u šumi Sv. Bartolomej od 15. ožujka do 25. travnja. Odlazak gusjenica u zemlju 1953./1954. zbivao se u mnogo kraćem intervalu od 23. ožujka do 6. travnja.

Iz fenoloških podataka vidimo još jednu važnu činjenicu. Unatoč niskim temperaturama i obilnim oborinama u toku razvoja četnjaka 1952. god. masovna pojava postaje intenzivnija u 1953./1954. To znači, da nepovoljne vremenske prilike u jednoj godini ne mogu spriječiti, da zaraza bude još jača u idućoj godini, ako su uvjeti za razvoj borova četnjaka povoljni u toj godini. To nam dokazuje, da su presudni faktori za masovnu pojavu u godini te pojave. Stoga možemo tvrditi, da između svih stadija borova četnjaka razdoblje druge polovine stadija-jaja i 1. stadij gusjenica možemo smatrati kritičnim stadijem. Ako su prilike za vrijeme ovih stadija povoljne, bit će to uzrok, da se njegova pojava u toj godini pojača, što svakako znači da će više uzastopnih godina sa povoljnim prilikama u spomenutom razdoblju potencirati taj intenzitet, kao što je bio slučaj u periodu između 1942. i 1946. godine.

Pritome je od velike važnosti ne samo količina, već i raspored oborina. Oborine, koje traju veći broj dana uzastopce, veoma nepovoljno djeluju na leptire i gusjenice 1. stadija, a naročito one, koje još nisu počele da se hrane. Portier je utvrdio, da je najveća konstruktivna aktivnost tkiva kod gusjenica 1. stadija. Prema tome poremetnja optimalnih uvjeta u ovome stadiju dovodi do poremetnje fizioloških procesa i do mortaliteta velikog postotka gusjenica. Time se i tumači visoki procent mortaliteta kod gotovo svih vrsta gusjenica 1. stadija. Taj stadij je vremenski najkraći, a postotak apsorbirane hrane i povećanje



Šl. — Fig. 41. Razvoj gusjenica od eklozije do kukuljenja 1953 g. u šumi Sv. Bartolomej — Développement des chenilles à partir d'éclosion jusqu'à la nymphose en 1953 dans la forêt de St. Bartholomé

težine relativno najveći. Potreba na vitaminima u ovom stadiju je također najveća. Izašle gusjenice mnogo slabije podnose gladovanje od onih, koje su stare nekoliko dana. Nije isključeno, da poremetnja fizioloških procesa u ovome stadiju može uzrokovati bolesti, koje se manifestiraju u starijim stadijima gusjenica.

f) *Patogeni mikroorganizmi* — *Microorganismes (pathogènes)*

Važan redukциони faktor kod svih štetnika, koji se masovno pojavljuju, jesu patogeni mikroorganizmi i virusi. U slučaju gubara taj faktor dovodi do opadanja zaraze (Kovačević 1949). Patogeni mikroorganizmi i virusi reduciraju tako broj gusjenica gubara, da poslije toga gotovo nije moguće u šumama naći jajna legla po nekoliko godina. A ipak ostaju pojedini leptiri, koji ne podliježu virozama i koji održavaju vrstu do nove masovne pojave. I pored toga, što u hrastovim šumama, gdje gubaru stoji na raspolaganje obilje hrane, koja mu konvenira, ipak hara poliedrija (Schmidt, 1954). Mi smatramo, da postoje leptiri, koji su nasljedni nosioci poliedrije, i leptiri, koji to nisu. Potpuno je vjerojatno, da se poliedrija, kao recesivno svojstvo manifestira kod jedinki, kojih su oba roditelja nosioci toga svojstva. Kod ovih leptira poliedrija može da ostane kraće ili dulje vrijeme u latentnom stanju (Vago 1952), i da se manifestira samo pod nekim uvjetima, koji su u literaturi za neke leptire već dovoljno opisani (Vago, Aqua, Paillot).

Bilo bi van okvira ovoga rada, da raspravljamo o genezi viroza i o tome, da li se tu radi o predispoziciji prema oboljenju kao recesivnom svojstvu ili hereditarnoj transmisiji provirusa kao sastavnog elementa kromosoma. Mi ćemo ovdje samo iznijeti neka opažanja o virusnoj bolesti kod četnjaka.

Već 1950. god. primijetili smo u borovim šumama Slovenije i Hrv. Primorja zapretke, u kojima su se nalazile mrtve gusjenice. Laboratorijska pretraga na bakterije ostala je bez rezultata. U šumi Vrana na otoku Cresu od pregledanoga broja zapredaka bilo je 8%, a u šumi Niska 18% s mrtvim gusjenicama od poliedrije. 1951. god. u borovim kulturama Učke bilo je 10% zapredaka s virotičnim gusjenicama. Vago (1953) je opisao eksterne patološke manifestacije, kao i histološke i citološke alteracije oboljelih gusjenica. Poliedri su tipa poliedara gubara, pa je taj autor predložio, da se klasificiraju kao *Borrelina pityocampe* n. sp. Poliedri se razlikuju prema pojedinim žarištima zaraze po veličini inkluzivnih tijela. Ona mogu biti *mikro-tipa* i *makro-tipa*, no ima ih i prelaznih oblika. Oboljele gusjenice,

koje smo mi pregledali 24 sata nakon uginuća i bojadisali karbol-fuksinom, metilenskim zelenilom i giemsom, dale su preparate s poliedrijom mikro-tipa, no na istom preparatu našli smo, iako rijetko, poliedre makro-tipa, pa pretpostavljamo, da bi se tu moglo raditi o razvojnim fazama virusa.

Vago je također doveo u vezu ovu epizootiju s nekim klimatskim faktorima, koji mogu da izazovu prijelaz latentne u akutnu virozu. Viroza borova četnjaka je specifična, a infekcija inokulacijom i per os, koju je izvršio *Vago*, potpuno je uspjela. Međutim, on ne govori o hereditarnoj predispoziciji, već samo o vanjskim faktorima, koji utječu i izazivaju poliedriju.

Godine 1951. donijeli smo s otoka Cresa jajna legla i uzgoj gusjenica vršili u Zavodu. One su se nalazile na borovu stablu, koje je bilo smješteno u hodniku. Na vrhu stabla isplele su zapredak. Redovno su se hranile, dok ih nismo jednoga jutro, kad su već bile u 4. stadiju, našli potpuno nepomične ispod samog zapretka. Te se noći nisu vratile u zapredak. Na dodir su još dugo davale znakove života, no položaj nisu mijenjale. Nakon 6—7 dana sve su uginule. Nekoje od njih visjele su na iglicama poput poliedričnih gubarevih gusjenica. Godine 1952. donijeli smo nova legla s otoka Cresa, ali i ovaj put pored najbržišnjeg postupka prilikom uzgoja nismo uspjeli uzgojiti gusjenice dulje od 4. stadija. No to smo uspjeli godine 1953. s gusjenicama iz najnih legala iste provenijencije. One su se sve zakukuljile bez spomena vrijednog postotka mortaliteta, iako im nekakva naročita pažnja nije bila posvećena. Borove grančice nisu bile uvijek svježje, a više puta izostalo je i hranjenje. Uvjeti u laboratoriju bili su u sve tri godine gotovo uvijek isti, pa ipak je veoma zanimljivo, da je u godinama 1951. i 1952., kada u laboratoriju nismo mogli uzgojiti gusjenice, zaraza i u prirodi u borovim kulturama bila u opadanju. Naprotiv 1953. godine, kad nam je uspio uzgoj u laboratoriju, masovna pojava u prirodi bila je jaka. 1952. god. ni u prirodi nismo uspjeli uzgojiti gusjenice u insektarijima. Ovi su bili smješteni ispod borovih stabala, na kojima je bilo zapredaka borova četnjaka. Gusjenice na ovim borovima razvijale su se normalno, a one u svih 20 postavljenih insektarija uginule su u 4. stadiju zbog poliedrije. Vjerojatno će se i ovdje raditi o nekim klimatskim faktorima, kao što je opazio i *Vago* (insolacija, slaba aeracija, temperatura i t. d.), koji mogu aktivirati virus. Ipak nema sumnje, da su gusjenice četnjaka, i one u Zavodu, i one u insektarijima u prirodi imale predispoziciju za bolest ili virus u latentnom stanju. Može se pretpostaviti i to, da je poremetnja u metabolizmu bila jedan od faktora, koji je aktivirao virus (*Paillot*). To se moglo dogoditi zbog nepovoljnih vanjskih faktora. U svakom slu-

čaju, kako je utvrdio *Vago* (1952), ravnoteža, koja može dugo vladati između mikroorganizma i makroorganizma, može biti poremećena ekološkim faktorima, naročito onima, koji dovode do poremetnje procesa metabolizma, respiracije i transpiracije. No i neke kemijske supstance, koje se akumuliraju preko hrane u organizmu, kojoj inače *Kovačević* i *Schmidt* (1954) daju veliko značenje za pojavu patogenih mikroorganizama, mogu da prouzrokuju poliedriju.

O značenju epizootije, koju kod borova četnjaka izaziva poliedrija, u toku su radovi *Grisona*. Dosada su opažanja u tom pogledu nepotpuna. Uloga, koju igraju patogeni mikroorganizmi, u prvome redu virusi, od velikog je praktičnog značenja za primijenjenu entomologiju. Do danas je zabilježeno nekoliko pokušaja, da se spriječe masovne pojave štetnika, izazivajući epizootije. Tako je Amerikanac *Bird* (cit. *Grison*, 1954) na taj način pokušao suzbiti borovu pilatku *Neodiprion sertifer*. 1953. izvršen je kod Bordeauxa u Francuskoj pokušaj suzbijanja četnjaka introdukcijom patogenih bakterija (*Cereus alesti* T. i V.) i virusa borova četnjaka.

Ipak ovi pokušaji zahtijevaju da se prije toga riješi pitanje geneze i eventualnog biološkog ciklusa virusa. Ukoliko se potvrdi endogeno porijeklo virusa (*Wollmann*, cit. *Gastriel-Fasquelle*, 1946), onda je iskorišćivanje virusa u borbi protiv štetnika u pitanju. Ali ako usvojimo i drugo mišljenje, da virus dolazi iz vanjske sredine, gdje je sačuvao svoj vitalitet, još uvijek je borba s virusima problematična u zonama njegova prirodnog dolazanja, jer će se on raširiti i bez ikakve intervencije, ako su prilike za njegov razvoj povoljne.

Prema našim opažanjima sigurno je jedno, da poliedrija kod borova četnjaka ne igra u prestanku zaraze onakvu ulogu, kakvu ona ima kod gubara. To dokazuju i gradacione krivulje gubara i četnjaka, iz kojih se vidi, da je period latence kod gubara karakteriziran svođenjem individuuma na veoma ograničen broj za vrijeme nekoliko godina. Kod borova četnjaka gradaciona krivulja pokazuje jači ili slabiji intenzitet, ali zaraza sasvim ne prestaje. Poliedrija dakle ovdje ne prouzrokuje nagli prestanak zaraze, kao što je to slučaj kod gubara. Razlog je tome vjerojatno u osobinama same vrste. Unutar svoga areala borov četnjak, čini se, predstavlja vrstu s relativno jačom ekološkom valencijom. Kao jednu od bioloških karakteristika četnjaka ubrajamo između ostaloga i veoma dugi period izlaska leptira i pilenja gusjenica, što ima vjerojatno za posljedicu manju mogućnost incesta. Sigurno nije bez značenja ni osobina četnjaka, da mu kukuljice jednog dijela populacije preleže jednu do dvije godine, što ima za posljedice održavanje većeg broja individu-

ma za vrijeme nepovoljnih prilika. Zanimljivo bi bilo ispitati genetska svojstva takvih leptira i sklonost njihovih potomaka na viroze.

g) Paraziti i njihova uloga u masovnoj pojavi četnjaka — *Parasites et leur rôle dans l'apparition en masse*

Jaja, gusjenice i kukuljice borova četnjaka napada prilično znatan broj parazita, od kojih je malo njih proučeno s obzirom na važnost, koju imaju kao redukcionni faktor u masovnoj pojavi četnjaka, a i njihova biologija nije nam potpuno poznata. Bear (1921) spominje ove parazite kukuljica: Tahine: *Phryxe vulgaris* Fall., *Ph. secunda* B. B., *Compsilura concinnata* Mg., *Tricholyga sorbiflans* Wied., *Bucentes cristata* F., *Pelatachina tibialis* Fall. Cecconi (1924) spominje ove parazite: *Tricholyga grandis* Zett. *Lydella lepida* Maj.

Grison i Biliotti (1954) ističu veliku važnost, koju igraju paraziti kod borova, četnjaka u većini lokaliteta južne Francuske. Oni stavljaju na prvo mjesto *Ooencyrtus pityocampae* Mercet, a zatim *Tetrastichus tibialis* Kardj i *Anastatus bifasciatus* Fomsc. kao najne parazite.

Od gusjeničnih parazita spominju dvije vrste tahina, koje dolaze u svim krajevima: *Compsilura concinnata* Meig., a zatim *Phryxe secunda* B. B., koje je uloga najvažnija. Od predatora oni spominju iz porodice Syrphida: *Xanthandus comtus* Harr., koji napada larve u zaprecima.

Kao hiperparazit poznat je *Dibrachys cavus* Walk., koji parazitira kukuljice *Ph. secunda* u zaprecima.

U našoj literaturi Kovačević (1947 i 1949) spominje, da je 14% jaja borova četnjaka bilo napadnuto od *Ooencyrtus pityocampae*. Parazite spominje i Barić (1951), ali ne kaže, o kojima se parazitima radi. On donosi ove podatke: Od 1000 kukuljica u bor. kulturi Crnotiče napadnuto je parazitima 43,7%. Od toga otpada 22% na parazite, 18,6% na poliedriju i 3,1% na gljivice. Ukupni postotak parazitarnih kukuljica bio je još veći za šume Poreče (98,45%) i Miren (98,82%). Isti autor kaže, da sjenice odnose gusjenice iz zapredaka i misli, da u njima traže parazite, kao što su to Grison i Biliotti utvrdili za *Th. processionea*, gdje sjenice u zaprecima traže larve muhe gusjeničarke (*Carcelia processionae* Ratz.). Kao predatora jaja spominje Barić kobilicu (*Decticus* sp.). Najzad Tominić (1952) također spominje najnog parazita *Ooencyrtus pityocampae*.

Prema *Wilkinsonu* (cit. *Weidnera*) gusjenice četnjaka ždere *Corvus pyrrhocorax* L., a prema *Kafolu* sjenice i žune uništavaju gusjenice u zaprecima. Kozjak (*Caprimulgus europeus*) uništava leptire.

Pavan je izvršio pokuse s mravima *Formica rufa*, koji su inače poznati kao neprijatelji štetnika u šumama, naročito crnogoričnim. On je postigao vrlo dobre uspjehe u borovim kulturama na Monte Penice (Italija).

Deegener (1925) je našao na zaprecima *Dermestes aurichalceus* Küst. i misli, da se on hrani uginulim gusjenicama i odbačenim svlakovima.

Agenjo navodi slijedeće jajne parazite: *Ooencyrtus pityocampae* Mercet, *Tetrastichus vinulae* Thoms i *Trichogramma semblidis* Aur; na gusjenicama: *Anomala latro* Schr., *Tricholyga grandis* Zett., *Lydella lepida* Mg. i *Ceratochaeta secunda* B. B.

U našim istraživanjima mogli smo također utvrditi veliku ulogu parazita kao regulatornog faktora. No mi smo ujedno došli do već utvrđenih konstatacija, da sami paraziti ne mogu dokrajčiti zarazu.

Mi smo ustanovili ove jajne parazite: *Ooencyrtus pityocampae* Mercet., koji je ujedno u svim slučajevima bio najbrojniji od svih jajnih parazita. *Tetrastichus tibialis* Kardj. bio je poslije *Ooencyrtusa* najviše zastupan, a zatim *Charitolophus* sp. Forst(?) potporodica *Eupelminae* i *Trihogramma* sp.

Od tahina, koje parazitiraju kukuljice, dobili smo u priličnom broju tahinu *Compsilura concinnata*. 1950. god. dobili smo jednu vrstu, koja se dosada nije spominjala kao parazit četnjaka: *Sarcophaga haemorrhoidalis* Faller, ali budući da se radilo o malom broju, smatramo, da njeno značenje u masovnoj pojavi četnjaka nije od velikog značenja.

Također dvije vrste *Ichneumonida*, koje smo dobili iz kukuljica četnjaka, čini se, ne igraju veću ulogu. Brojčano su bile veoma malo zastupljene.

Po našem mišljenju najvažniju ulogu (biotsko-regulatornu) imaju ovi Dipteri, koje smo u svim godinama nalazili u golemom broju kukuljica: *Anthrax hottentottus* L. i *Thyridanthrax velutinus*, Meig. iz porodice *Bombylidae*, a zatim jedna vrsta iz porodice *Pteromalidae*: *Conomorium eremite* Forster.

Biologija većine od ovih parazita nije poznata, osim što je *Seguy* (1946) opisao općenito biološke značajke *Bombylida*, a *Fabrè* (1892) život i razvoj *Anthraxa*. *Biliotti* (1952) je pisao o biologiji tahine *Ph. secunda* i teškoćama kemijske borbe protiv četnjaka zbog istovremenog uništavanja i korisnih entomofaga.

U našoj literaturi Tominić (1952) je pisao o *Ooencyrtusu pityocampae* navodeći, da ovaj Chalcidid u jednom dijelu populacije prezimljuje u jajetu.

Mi smo ustanovili, da *Ooencyrtus* izlazi nešto prije eklozije gusjenica. Godine 1952. izašli su paraziti onog dijela populacije, koji je prezimio u vremenu između 16. IV. i 16. V. Iz 27 jajnih legala iz šume Batajna izašlo je u proljeće 450 jajnih parazita. Uzmemo li u obzir, da je srednji broj jaja te godine iznosio 220, izlazi, da je 7,5% jaja bilo parazitirano od *Ooencyrtusa*, koji je prezimio u jajetu. Iz tabele 13 vidi se, da je u 1952. god. u toj šumi napadnuto parazitima 10,6% jaja, pa je ukupni postotak napadnutih jaja iznosio 18,1%. Prema tome ovaj faktor igra važnu ulogu kao regulatorni faktor u masovnoj pojavi četnjaka.

Conomorium, eremite Forster pojavljuje se, iz kukuljica krtko vrijeme poslije izlaska leptira u golemom broju, te odmah poslije izlaska kopulira. Nije nam poznata njegova biologija ni drugi domaćini osim borova četnjaka, na kojima parazitira.

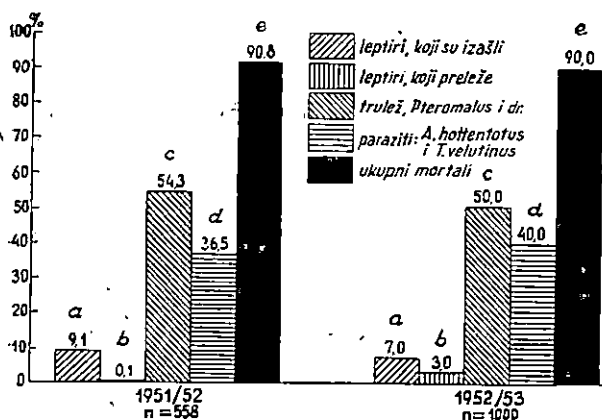
Prve antrakse primijetili smo u borovim kulturama u isto vrijeme, kada i leptire. Lete do u kasnu jesen.

Kao što se i moglo očekivati, parazitiranost jaja varira prema biotopima i prema pojedinim godinama. Tako je za šumu Vrana postotak parazitiranih jaja u 1950. god. iznosio 9,4%, u 1951 — 5,1%, u 1952 — 2,1% i u 1953 — 2,8%. Smatramo li godinu 1950. godinom, koja neposredno slijedi iza kulminacije, vidimo, da općenito uzev postotak parazitarnosti u ovom slučaju pada. No iz slučaja, koji imamo kod šume Sv. Bartolomej, Batajna i Voljak kod Crikvenice jasno se vidi, da je postotak parazitarnosti bio najjači u 1952. god. t. j. u godini, u kojoj je zabilježena najslabija pojava četnjaka. Kod četnjaka je dakle sličan slučaj kao i kod gubara, gdje redovno susrećemo najjači napad parazita u kulminaciji i degradaciji.

Najveći postotak parazitiranih jaja, koji smo mi utvrdili, bio je u šumi Sv. Bartolomej 1950. god. i iznosio je 13,3% od srednjeg ukupnog broja jaja te godine, a najmanji u šumi Vodice, gdje je taj postotak iznosio u 1951. god. 1,2%. Varijabilnost je za šumu Voljak bila veća od one za šumu Sv. Bartolomej. Sudeći prema varijacionim koeficijentima (tab. 13), ta je varijabilnost za pojedine šume i u pojedinim godinama neobično velika.

Paraziti kukuljica, čini se, igraju još važniju ulogu kao regulatorni faktor u masovnoj pojavi četnjaka nego jajni paraziti. Iz slike 42 vidimo, da je u 1951. god. bilo 90,8%, a u 1952. god. 90% parazitiranih kukuljica. Od toga je u 1951. god. na *Bombylidae* otpalo 36,5%, a u 1952. 40% od ukupnog broja kukuljica. Veoma je teško bilo razlikovati kukuljice, koje su bile parazitirane od

Pteromalida, od onih, koje su se osušile i istrunule zbog drugih uzroka. Zato smo postotke na ovaj način uginulih kukuljica, izrazili zajedno. Taj je postotak u 1951. god. iznosio 54,3%, a u 1952. god. 50,5% od ukupnog broja kukuljica.



Sl. — Fig. 42. Mortalitet kukuljica u šumi Sv. Bartolomej 1951. i 1952. g. — Mortalité des chrysalides dans la forêt de St. Bartholomé en 1951 et en 1952 a) kukuljice iz kojih su izašli leptiri — chrysalide donnant les papillons, b) kukuljice u kojima leptiri preleže — chrysalides donnant les papillons l'année suivante, c) kukuljice parazitirane osicama iz porodice *Pteromalidae* — chrysalides parasitées par *Pteromalidae*, d) kukuljice napadnute Dipterima: *Anthrax hottentottus* i *Tyridanthrax velutinus* — chrysalides parasitées par les parasites de Diptères: *Anthrax hottentottus* et *Thyridanthrax velutinus*, e) ukupni mortalitet — mortalité totale

Kao rezultat imamo u 1951. god. 9,1% izašlih leptira, a u 1952. god. 7%. No zato je postotak kukuljica, koje preleže u 1951. god., iznosio 0,1%, u 1952. god. 3%. 1952. god. možemo smatrati vrlo nepovoljnom za borova četnjaka u svim stadijima njegova razvoja. Stoga je karakteristično, da je u toj godini relativno velik postotak kukuljica, koje preleže do iduće godine. To može biti značajno za intenzitet pojave borova četnjaka u idućoj godini, ako su i ostali uvjeti za njegov razvoj povoljni.

h), Sterilitet jaja — Stérilité des oeufs

Za cijelo vrijeme naših istraživanja primijetili smo, da iz velikog postotka jaja borova četnjaka ne izlaze ni gusjenice ni paraziti. Takva jaja nazvali smo sterilnim, iako taj izraz nije sasvim

ŠUMA Forêt	Godina Année	Broj legala Nombre des pontes	Ukupni broj jaja Nombre total des oeufs	M ± m	v	Izšlo gusjenica Chenilles sorties			Sterilnih jaja Oeufs stériles			Parazitirana jaja Oeufs parasités			Gusjenice uginule u jajima Chenilles mortes dans les pontes		
						M ± m	v	‰	M ± m	v	‰	M ± m	v	‰	M ± m	v	‰
Vrana	1950	19	4.245	223,4 ± 6,7	13,0				202,1 ± 6,3	13,6	90,6	21,3 ± 3,3	68,0	9,4			
	1951	18	4.370	242,8 ± 5,9	10,3	199,4 ± 12,5	27,0	82,0	30,9 ± 11,5	158,0	12,9	12,5 ± 3,4	115,2	5,1			
	1952	32	6.695	210,4 ± 6,9	18,7	180,9 ± 8,4	26,4	85,9	25,1 ± 5,5	123,4	12,0	4,4 ± 1,7	215,6	2,1			
	1953	18	3.884	215,7 ± 10,2	20,2	178,8 ± 10,8	25,6	82,6	24,3 ± 7,8	135,4	11,6	6,0 ± 3,1	212,4	2,8	6,6 ± 2	128,04	3,0
Sv. Bartolomej	1950	11	2.479	225,9 ± 8,8	13,0	161,3 ± 12,2	25,0	71,4	34,5 ± 7,1	68,0	15,3	30,1 ± 5,4	84,4	13,3			
	1951	26	5.081	195,4 ± 8,6	22,3	111,9 ± 10,8	52,9	57,3	64,7 ± 9,7	76,3	33,1	18,8 ± 4,2	112,5	9,6			
	1952	27	5.058	187,3 ± 8,9	24,8	137,8 ± 12,5	47,2	73,5	28,1 ± 5,4	99,7	15,1	21,4 ± 5,6	137,3	11,4			
	1953	21	4.439	211,4 ± 5,5	11,9	181,5 ± 6,7	16,9	85,9	18,6 ± 4,0	97,5	8,7	4,1 ± 1,4	151,6	2,0	7,14 ± 2,4	154,8	3,4
Sv. Uršula	1951	13	2.995	230,7 ± 7,6	12,0	135,8 ± 17,0	49,0	59,0	73,4 ± 12,7	67,8	31,9	21,5 ± 6,3	105,9	9,1			
	1952	41	7.984	194,9 ± 8,4	27,7	145,2 ± 10,1	44,4	74,5	36,12 ± 5,3	93,2	18,5	13,6 ± 2,5	118,2	7,0			
	1953	32	7.231	226 ± 6,9	17,3	190,3 ± 9,3	27,7	84,2	23,0 ± 4,2	104,3	10,2	10,8 ± 2,0	105,1	4,8	1,84 ± 0,59	181,24	0,8
Batajna	1951	74	18.687	252,5 ± 3,8	12,9	182,7 ± 8,6	42,4	72,5	53,7 ± 5,3	88,3	21,3	15,7 ± 2,1	121,6	6,2			
	1952	61	14.472	237,2 ± 4,9	16,2	149,9 ± 7,7	40,1	63,3	62,0 ± 5,2	66,2	26,2 (-7,5)	25,0 ± 3,5	107,9	10,5 (+7,5)			
Cres	1953	55	12.748	231,8 ± 4,4	14,0	145,4 ± 7,1	36,2	84,2	55,6 ± 4,7	62,1	10,2	22,6 ± 2,9	96,3	10,8	8,36 ± 1,29	114,79	0,8
	1951	24	5.280	220 ± 4,6	10,32	162,8 ± 8,7	26,2	74,0	44,4 ± 7,2	80,2	20,2	12,8 ± 3,3	125,4	5,8			
	1952	16	2.896	180,5 ± 9,6	21,3	168,1 ± 12,5	29,9	93,2	9,8 ± 4,5	184,2	5,4	2,6 ± 1,5	228,9	1,4			
Voljak Crikvenica	1951	17	3.416	200 ± 11,3	23,27	144,9 ± 14,4	40,9	72,3	50,9 ± 9,3	75,4	25,2	5,1 ± 1,9	155,7	2,5			
	1952	25	5.301	212 ± 5,4	12,85	142,2 ± 11,4	40,0	67,0	47,3 ± 7,1	74,7	22,4	22,5 ± 5,0	109,5	10,6			
	1953	34	6.834	203,9 ± 6,9	19,9	152,6 ± 9,0	32,2	74,9	43,7 ± 7,1	95,3	21,4	7,6 ± 2,3	175,4	3,7			
Vodice	1951	18	4.290	238,3 ± 4,9	8,8	203,4 ± 10,6	22,2	85,3	32,1 ± 9,2	120,9	13,5	2,8 ± 1,3	203,5	1,2			

Raspored nekih fizičkih svojstava u longitudinalnom smjeru debela

Tablica broj 2.

Svojstvo Property	I bonitet - I site index class		II bonitet - II site index class		Stablo sa ozomice		III bonitet - III site index class		Sljeme		Rišnjak																	
	Poljski jasen - Fr. angustifolia Vahl		Poljski jasen - Fr. angustifolia Vahl		Lipovljani		Lipovljani		Poljski jasen - Fr. excelsior		Rišnjak																	
	Visina prezjeka iznad tla Height above the ground	Jedinica mjere Unit	Broj stabala No. of trees	Broj proba No. of specimens	Arithmetička sredina Mean	Srednja grješka arit. sredine Error of mean	Standardna devijacija Stand. deviation	Srednja grješka stand. devij. Error of stand. dev.	Broj stabala No. of trees	Broj proba No. of specimens	Arithmetička sredina Mean	Srednja grješka arit. sredine Error of mean	Standardna devijacija Stand. deviation	Srednja grješka arit. sredine Error of mean	Standardna devijacija Stand. deviation	Srednja grješka arit. sredine Error of mean	Standardna devijacija Stand. deviation											
0,20	nom. volum. težina	g/cm ³	4 77	0 564	0 0078	0 0682	0 0654	2 12	0 656	0 0157	0 0545	0 0412	4 19	0 675	0 0414	0 0684	0 07	4 20	0 713	0 0138	0 0745	0 00979	5 34	0 732	0 0701	0 0590	0 00716	
	vol. utražuje	%	4 74	12 56	0 303	2 592	0 2145	2 12	12 03	0 768	0 0066	0 0227	0 00464	4 19	0 586	0 0094	0 0412	0 00668	4 20	0 579	0 0153	0 0821	0 01078	2 10	0 615	0 0101	0 0918	0 00712
2,40	nom. volum. težina	g/cm ³	4 66	0 555	0 0081	0 0416	0 00362	2 12	0 595	0 0101	0 0351	0 00717	4 17	0 658	0 0089	0 0368	0 00659	4 26	0 547	0 0065	0 0525	0 00728	5 27	0 640	0 0089	0 0128	0 0590	
	vol. utražuje	%	4 66	12 47	0 283	2 900	0 2002	2 12	12 16	0 598	0 0095	0 0351	4 17	11 40	0 384	1 583	0 2714	4 26	14 27	0 416	0 0337	0 00459	1 3	0 630	0 0337	0 00459	1 2	0 625
4,60	nom. volum. težina	g/cm ³	4 62	0 650	0 0071	0 0603	0 00503	2 12	0 678	0 0113	0 0392	0 00800	4 17	0 714	0 0109	0 0448	0 00769	4 26	0 637	0 0103	0 0525	0 00728	5 27	0 640	0 0089	0 0128	0 0590	
	vol. utražuje	%	4 62	12 36	0 205	2 900	0 2002	2 12	12 16	0 598	0 0095	0 0351	4 17	11 40	0 384	1 583	0 2714	4 26	14 27	0 416	0 0337	0 00459	1 3	0 630	0 0337	0 00459	1 2	0 625
6,80	nom. volum. težina	g/cm ³	4 61	0 560	0 0064	0 0503	0 00455	2 12	0 602	0 0144	0 0433	0 00904	4 12	0 648	0 0106	0 0307	0 00752	4 24	0 559	0 0062	0 0503	0 00438	1 2	0 590	0 0303	0 00438	1 2	0 590
	vol. utražuje	%	4 61	12 41	0 338	2 620	0 2392	2 12	12 16	0 598	0 0095	0 0351	4 12	10 28	0 347	1 053	0 2149	4 26	13 64	0 390	0 0390	0 00438	1 2	0 590	0 0303	0 00438	1 2	0 590
9,00	nom. volum. težina	g/cm ³	4 61	0 560	0 0064	0 0503	0 00455	2 12	0 602	0 0144	0 0433	0 00904	4 12	0 648	0 0106	0 0307	0 00752	4 24	0 559	0 0062	0 0503	0 00438	1 2	0 590	0 0303	0 00438	1 2	0 590
	vol. utražuje	%	4 61	12 41	0 338	2 620	0 2392	2 12	12 16	0 598	0 0095	0 0351	4 12	10 28	0 347	1 053	0 2149	4 26	13 64	0 390	0 0390	0 00438	1 2	0 590	0 0303	0 00438	1 2	0 590
11,20	nom. volum. težina	g/cm ³	4 50	0 567	0 0065	0 0461	0 00457	2 12	0 608	0 0085	0 0209	0 00604	4 18	0 681	0 0106	0 0307	0 00752	4 24	0 559	0 0062	0 0503	0 00438	1 2	0 590	0 0303	0 00438	1 2	0 590
	vol. utražuje	%	4 50	12 26	0 206	4 458	0 1458	2 12	12 16	0 598	0 0095	0 0351	4 12	10 28	0 347	1 053	0 2149	4 26	13 64	0 390	0 0390	0 00438	1 2	0 590	0 0303	0 00438	1 2	0 590
13,40	nom. volum. težina	g/cm ³	4 51	0 561	0 0058	0 0411	0 00407	2 12	0 617	0 0085	0 0209	0 00604	4 18	0 681	0 0106	0 0307	0 00752	4 24	0 559	0 0062	0 0503	0 00438	1 2	0 590	0 0303	0 00438	1 2	0 590
	vol. utražuje	%	4 51	11 27	0 203	2 993	0 0073	2 12	12 16	0 598	0 0095	0 0351	4 12	10 28	0 347	1 053	0 2149	4 26	13 64	0 390	0 0390	0 00438	1 2	0 590	0 0303	0 00438	1 2	0 590
15,60	nom. volum. težina	g/cm ³	4 45	0 665	0 0092	0 0618	0 00651	2 12	0 677	0 0113	0 0392	0 00800	4 17	0 714	0 0109	0 0448	0 00769	4 26	0 637	0 0103	0 0525	0 00728	5 27	0 640	0 0089	0 0128	0 0590	
	vol. utražuje	%	4 44	11 90	0 360	2 389	0 2547	2 12	12 16	0 598	0 0095	0 0351	4 12	10 28	0 347	1 053	0 2149	4 26	13 64	0 390	0 0390	0 00438	1 2	0 590	0 0303	0 00438	1 2	0 590
17,80	nom. volum. težina	g/cm ³	4 41	0 655	0 0114	0 0731	0 00807	1 1	0 703	0 0113	0 0403	0 00904	4 17	0 714	0 0109	0 0448	0 00769	4 26	0 637	0 0103	0 0525	0 00728	5 27	0 640	0 0089	0 0128	0 0590	
	vol. utražuje	%	4 40	11 59	0 300	4 996	0 2120	1 1	11 01	0 768	0 0066	0 0227	0 00464	4 19	0 586	0 0094	0 0412	0 00668	4 20	0 579	0 0153	0 0821	0 01078	2 10	0 615	0 0101	0 0918	0 00712
20,00	nom. volum. težina	g/cm ³	4 27	0 589	0 0127	0 0660	0 00898	1 1	0 625	0 0113	0 0403	0 00904	4 17	0 714	0 0109	0 0448	0 00769	4 26	0 637	0 0103	0 0525	0 00728	5 27	0 640	0 0089	0 0128	0 0590	
	vol. utražuje	%	4 27	11 34	0 313	4 624	0 2210	1 1	11 01	0 768	0 0066	0 0227	0 00464	4 19	0 586	0 0094	0 0412	0 00668	4 20	0 579	0 0153	0 0821	0 01078	2 10	0 615	0 0101	0 0918	0 00712
22,20	nom. volum. težina	g/cm ³	4 18	0 711	0 0124	0 0534	0 00874	1 1	0 703	0 0113	0 0403	0 00904	4 17	0 714	0 0109	0 0448	0 00769	4 26	0 637	0 0103	0 0525	0 00728	5 27	0 640	0 0089	0 0128	0 0590	
	vol. utražuje	%	4 14	11 62	0 335	4 255	0 2371	1 1	11 01	0 768	0 0066	0 0227	0 00464	4 19	0 586	0 0094	0 0412	0 00668	4 20	0 579	0 0153	0 0821	0 01078	2 10	0 615	0 0101	0 0918	0 00712
24,40	nom. volum. težina	g/cm ³	4 12	0 742	0 0158	0 0549	0 01120	1 1	0 703	0 0113	0 0403	0 00904	4 17	0 714	0 0109	0 0448	0 00769	4 26	0 637	0 0103	0 0525	0 00728	5 27	0 640	0 0089	0 0128	0 0590	
	vol. utražuje	%	4 10	17 53	0 376	4 188	0 2656	1 1	11 01	0 768	0 0066	0 0227	0 00464	4 19	0 586	0 0094	0 0412	0 00668	4 20	0 579	0 0153	0 0821	0 01078	2 10	0 615	0 0101	0 0918	0 00712
26,60	nom. volum. težina	g/cm ³	4 10	0 654	0 0150	0 0477	0 01059	1 1	0 703	0 0113	0 0403	0 00904	4 17	0 714	0 0109	0 0448	0 00769	4 26	0 637	0 0103	0 0525	0 00728	5 27	0 640	0 0089	0 0128	0 0590	
	vol. utražuje	%	4 10	17 53	0 376	4 188	0 2656	1 1	11 01	0 768	0 0066	0 0227	0 00464	4 19	0 586	0 0094	0 0412	0 00668	4 20	0 579	0 0153	0 0821	0 01078	2 10	0 615	0 0101	0 0918	0 00712

Rekapitulacija:

Redni broj No	Vrsta jasena Species of ash	Provenijencija Locality	Bonitet klasišta Site index class	Srednja starost Mean age of stand	Vrsta Species	Fizička svojstva - Physical property																								
						Jed. mjere Unit	N. stabala No. of trees	Broj proba No. of specimens	Arithmetička sredina Mean	Srednja grješka arit. sredine Error of mean	Standardna devijacija Stand. deviation	Srednja grješka stand. devij. Error of stand. dev.	Broj stabala No. of trees	Broj proba No. of specimens	Arithmetička sredina Mean	Srednja grješka arit. sredine Error of mean	Standardna devijacija Stand. deviation	Srednja grješka arit. sredine Error of mean	Standardna devijacija Stand. deviation	Srednja grješka arit. sredine Error of mean	Standardna devijacija Stand. deviation									
1	Poljski jasen - Fr. angustifolia Vahl	Lipovljani	I	109	Poljski jasen - Fr. angustifolia Vahl	g/cm ³	4 109	609	0 658	0 0015	0 0310	0 0609	4 109	609	0 658	0 0015	0 0310	0 0609	4 109	609	0 658	0 0015	0 0310	0 0609	4 109	609	0 658	0 0015	0 0310	0 0609
2	Lipovljani	II	74	74	Lipovljani	g/cm ³	4 74	60	0 650	0 0024	0 0324	0 0624	4 74	60	0 650	0 0024	0 0324	0 0624	4 74	60	0 650	0 0024	0 0324	0 0624	4 74	60	0 650	0 0024	0 0324	0 0624
3	Lipovljani	III	30	30	Lipovljani	g/cm ³	4 30	60	0 630	0 0034	0 0334	0 0634	4 30	60	0 630	0 0034	0 0334	0 0634	4 30	60	0 630	0 0034	0 0334	0 0634	4 30	60	0 630	0 0034	0 0334	0 0634
4	obični jasen - Fr. excelsior	Sljeme	80	80	obični jasen - Fr. excelsior	g/cm ³	4 80	157	0 683	0 0047	0 0347	0 0647	4 80	157	0 683	0 0047	0 0347	0 0647	4 80	157	0 683	0 0047	0 0347	0 0647	4 80	157	0 683	0 0047	0 0347	0 0647
5	obični jasen - Fr. excelsior	Rišnjak	76	76	obični jasen - Fr. excelsior	g/cm ³	4 76	157	0 683	0 0047	0 0347	0 0647	4 76	157	0 683	0 0047	0 0347	0 0647	4 76	157	0 683	0 0047	0 0347	0 0647	4 76	157	0 683	0 0047	0 0347	0 0647

t₀ = own dry specific gravity; t_n = oven dry gravity in green volume; d_v = volumetric shrinkage; f = fibre saturation point

pogodan za sva takva jaja, jer jedan dio, istina manji, sadržava i uginule parazite. Takva jaja razlikuju se od »gluhih« svojom prljavožutom bojom, a sterilna su jaja plavkastobijela. Uzrok gluhoći jaja nije dovoljno proučen. Govoreći o toj pojavi kod none Bodenheimer (1930) zastupa mišljenje, da su tome uzrok klimatske prilike, a to mišljenje zastupa i Kroche (cit. Escherich). Thomson (cit. Bodenheimer) naslućuje, da je uzrok gluhoće u unutarnjoj konstitucionalnoj slabosti leptira. Radi daljih istraživanja u ovom smislu i važnosti, koju ima sterilitet u prirodnoj redukciji populacija, potrebno je spomenuti istraživanja Ghelelovitcha (1952), koja je izvršio sa *Culex autogenicus* Roubaud. On je ustanovao, da pojava steriliteta jaja ima dvije karakteristike: 1. sterilitet se manifestira kod križanja samo u jednom smislu (na pr. ženke jedne provenijencije i mužjaci druge), a u obrnutom ne; 2. sterilnost zahvaća samo jedan dio jaja, kojih broj je veoma varijabilan. U ovom slučaju sterilitet se kao rezultat križanja mužjaka i ženki raznih provenijencija ne može rastumačiti jednostavnim mehanizmom kromosoma, te spomenuti autor pretpostavlja, da uzrok sterilitetu leži negdje drugdje, a ne u kromosomima.

Prilično veliki postotak sterilnih jaja, koji smo konstatirali u svim godinama naših istraživanja, dopušta nam da zaključimo, da se tu ne radi o jajima, koja su slučajno izbjegla oplodnji pri prolazu kraj receptaculum seminis ne primivši spermatozoide. Mi razlikujemo totalni sterilitet, komu su uzrok nepovoljne klimatske prilike (niske temperature) i gdje su sva jaja sterilna od parcijalnog steriliteta, t. j. onoga, koji se pokazuje tek kod jednog dijela jaja na istome leglu. Tako smo godine 1952. imali u šumi Bačajna slučaj, da je od 44 legla 10 bilo 100% sterilnih. Kako smo prije pokazali, 1952. godina bila je veoma nepovoljna što se tiče klimatskih uvjeta za stadij jaja. Sva jaja, koja su te godine kasnije odložena i koja su zatekle oborine i niske temperature u drugoj polovini embrionalnog razvoja, ostala su sterilna. Godine 1952. i 1953. nismo utvrdili totalni sterilitet jaja, ali u tim godinama i klimatske prilike nisu bile nepovoljne kao u 1952. god.

Uzrok sterilitetu jaja kod onih legala, gdje tu pojavu pokazuje tek jedan dio jaja jednoga legla, trebalo bi u našim idućim istraživanjima proučiti. Iz tabele 13 ipak se vidi, da je postotak parcijalne sterilnosti jaja najmanji u 1953. god. Iz tabele 14 moglo bi se zaključiti, da je, kako parazitarnost tako i parcijalna sterilnost relativno najmanja kod prvih i najkasnije odloženih jaja, (1,7—9,3%) dok su legla iz razdoblja najintenzivnijeg odlaganja s najvećim postotkom takvih jaja (15,3—27,9%).

Osvrnuli smo se na ovu pojavu steriliteta jaja upravo zbog toga, što je njegov postotak toliko velik, da predstavlja veoma

Šuma Forêt	Datum eklozije gusjenica Date d' éclosion des chenilles	Broj legala Nombre de pontes	Ukupni broj jaja Nombre total des oeufs	M ± m	V	Gusjenice Chenilles			Sterilna jaja Oeufs stériles			Parazitirana jaja Oeufs parasités		
						M ± m	V	%	M ± m	V	%	M ± m	V	%
Batajna	21. VIII.	1	204			101		49.4	19		9.3	84		41.3
	25. VIII.	1	253			225		89.0	13		5.1	15		5.9
	30. VIII.	2	564	282	4.5	267 ± 14	7.4	94.6	11.5 ± 1.5	18.4	4.2	3.5		1.2
	31. VIII.	1	235			189		80.5	21		8.9	25		10.6
	2. IX	2	499	249.5 ± 8.5	4.8	145.5 ± 33	32	58.3	69.5 ± 43.5	88	27.9	34.5 ± 1	4.1	13.8
	3. IX	12	2986	248.8 ± 7.3	10.2	177.2 ± 21.1	41	71.3	47.6 ± 12.8	93.3	19.1	24 ± 6.1	87.8	9.6
	4. IX	13	3430	263.8 ± 8.2	11.2	209.5 ± 22.5	42	79.4	40.2 ± 12.4	111.5	15.3	14.1 ± 5.2	13.4	5.3
	5. IX	9	2242	249.1 ± 11.4	13.7	171.4 ± 29.3	75	69.9	63.7 ± 23.3	109.8	25.6	11.3 ± 3.3	87	4.5
	8. IX	3	743	247.7 ± 22.5	15.7	241.7 ± 19.2	13.8	97.6	4.3 ± 3.8	153	1.7	1.7	—	0.7

važan gradološki faktor, usprkos veoma velikom varijabilitetu, koji se u tome pokazuje svake godine.

i) *Masovna pojava i tlo — Apparition en masse et le sol*

Moglo bi se pretpostaviti, da je za borova četnjaka, kao i za ostale štetnike, koji se hrane lišćem, irelevantno, da li je sastojina boljeg ili lošijeg kvaliteta. Slika, koju nam u tom pogledu pružaju borove sastojine na kršu, na raznom terenu, pokazuje, da tu činjenicu ne smijemo zanemariti pri ocjeni štetnosti četnjakove djelatnosti. Mi uzimljemo za primjer dvije kulture na otoku Cresu: Vranu i Vodice. Iako nema veće razlike u starosti sastojina, u nadmorskoj visini, unutar koje one leže, da bismo time mogli tumačiti ono, što smo opažali u tim sastojinama već nekoliko godina: pojava četnjaka u obje kulture, bez obzira na to, da li je progradacija ili kulminacija, potpuno je različita u obje sastojine. Šuma Vrana trpi velike štete zbog napada četnjaka, a ona u šumi Vodice je neznatna. Zaključujemo: borove sastojine na boljim terenima gušćega sklopa, bolje razvijenih krošanja nisu pogodna sredina za razvoj borova četnjaka. Naprotiv, u borovim sastojinama na mrvavim terenima, gdje je obrast slab, gdje ima mnogo svijetla, pojava borova četnjaka je intenzivnija i sušenje najjače. Prema tome je kvalitet sastojine, koji je u prvom redu vezan na dobrotu tla, jedan od faktora, o kome zavisi intenzitet masovne pojave četnjaka.

j) *Biotički potencijal — Potentiel biotique*

Iz određivanja biotičkog potencijala bilo je potrebno odrediti dvije veličine: srednji broj jaja, koji odlaže jedna ženka, i odnos spolova (seksualni indeks). Seksualni indeks odredili smo,

prema Zwölferovoj formuli $i = \frac{f}{m + f}$, gdje f znači broj ženki,

a m broj mužjaka. Biotički potencijal izračuna se iz formule

$P = n \cdot \frac{f}{f + m}$ gdje n znači srednji broj jaja, koji smo uzeli iz

tabele 13. Taj broj je varijabilan za pojedine šume i godine. Karakteristično je ipak, da je izuzev šumu Batajna, svagdje srednji broj jaja bio najmanji u 1952. god., koju smatramo nepovoljnom za borova četnjaka. To je naročito evidentno za kulture Sv. Bartolomej i Sv. Uršula. Ova pojava može naći svoje tumačenje u nepovoljnim vremenskim prilikama za vrijeme razvoja gusjenica u dotičnoj godini. Iz tabele 15 vidimo, da je seksualni indeks gotovo za sve godine bio u korist mužjaka, što je dakako moglo ne-

Šuma Forêt	1951			1952			1953		
	Mužjaci Mâles	Ženke Femelles	Seks. indeks Index sexuel	Mužjaci Mâles	Ženke Femelles	Seks. indeks Index sexuel	Mužjaci Mâles	Ženke Femelles	Seks. indeks Index sexuel
Čres	21	13	0,4						
Sv. Barat.	20	16	0,4	4	3	0,4	2	1	0,3
Sv. Uršula				6	5	0,5	5	2	0,3
Vrana				18	12	0,4			
Batajna				12	15	0,6	21	13	0,5
U stanici				10	5	0,3			
Brač				48	41	0,5			
Sinj	9	16		8	14	0,6	11	19	0,6
Komen							12	5	0,4

povoljno utjecati na biotički potencijal. To se prikazalo čak i za godinu 1953., u kojoj je pojava četnjaka intenzivnija od ostalih godina. Općenito se seksualni indeks kreće između 0,3—0,6.

Biotički potencijal prikazan je u tabeli 16. On je bio povoljniji u god. 1952. nego u 1953., kada je zaraza dostigla jači stepen

Biotički potencijal — Potentiel biotique

Tab. 16

Šuma — Forêt	Biotički potencijal — Potentiel biotique		
	1951	1952	1953
Cres	88	—	—
Sv. bartolomej	78	75	63
Sv. Uršula	—	97	67
Batajna	—	142	116

intenziteta, što pokazuje, da je točna naša tvrdnja, da su u prvo me redu klimatski faktori oni, o kojima zavisi masovna pojava. Ako su pritome i genetski faktori za vrstu povoljni, pojačat će se intenzitet i do erupcije će vrlo brzo doći.

Iz svih naših izlaganja možemo stvoriti zaključak, da je u 1953. god. pored toga, što su i klimatske prilike bile veoma povoljne, vrijednost redukcionih faktora bila svedena na minimum u odnosu na prethodne godine, kada je zaraza na gradacionoj krijućki pokazala manji intenzitet.

ZAKLJUČCI

Na osnovu laboratorijskih istraživanja i trogodišnjih fenoloških opažanja, koja smo iznijeli u ovoj radnji, možemo donijeti ove zaključke o rasprostranjenju borova četnjaka i o najvažnijim biotskim i abiotskim faktorima, koji uvjetuju njegov razvoj i masovnu pojavu:

1. U NR Hrvatskoj rasprostranjen je borov četnjak (*Cnethocampa pityocampa* Schiff.) tipične forme. Najčešće ipak nalazimo prelazni oblik između tipične forme i forme *convergens* Dhl. Samo u jednom slučaju našli smo u NR Sloveniji formu *convergens*. Formu *nigrofasciatus*, koju je opisao Nitsche prema holotipu iz Orebića na otoku Pelješcu, nismo dosada imali prilike naći u Hrv. Primorju.

2. U genitalnoj armaturi borova četnjaka sa područja NR Hrvatske nismo našli nikakve bitne razlike od one, koju je opisao Agenjo (1941) u svojoj monografiji porodice Thaumetopoeidae.

3. Areal četnjaka u NR Hrvatskoj gotovo se potpuno podudara sa 22. izotermom u mjesecu srpnju. To je ujedno granica između toplije mediteranske i hladnije kontinentalne klime u našoj zemlji.

4. Sjeverna granica areala borova četnjaka istovjetna je sa južnom granicom areala bukve, odnosno jele u našoj zemlji, ili sa sjevernom granicom optimalne zone hrasta medunca, što dokazuje, da je njegov opstanak vezan na određene klimatske uvjete.

5. Teoretski postoji mogućnost pojave četnjaka i dublje u kopnenim predjelima s izotermom 22° C u mjesecu srpnju, ali gdje temperaturni minimumi u vrijeme kritičnog stadija (stadij jaja i 1. stadij gusjenica) ne padnu ispod 12° C, kroz više uzastopnih dana. Za naše primorske krajeve to se vrijeme kreće od početka kolovoza do polovine rujna. Širenje četnjaka više na sjever otežano je još u našoj zemlji diskontinuitetom biljke hraniteljice (bor) i planinskim mašivima, koji su smješteni paralelno s obalom Jadranskog mora, t. j. okomito na pravac njegova eventualnog širenja.

6. Bez jačih zračnih strujanja ženke četnjaka ne mogu se održati u zraku. Budući da im težina na jedinicu površine iznosi 0,362 gr/m², išao bi četnjak u grupu *Bombyces* (150—1089 gr/m²), u kojoj ženke nemaju sposobnost za klizni let (vol plané). Sposobnost aktivnog leta je mala, pa su vjetrovi onaj faktor, koji pomaže širenje.

7. Pored dosada u literaturi navedenih vrsta drveća, kojima se hrane gusjenice četnjaka, možemo smatrati duglaziju (*Pseudotsuga Douglasii* Carr.) i vajmutovac (*Pinus strobus* L.) vrstama, na kojima gusjenice mogu uspijevati.

8. Za 1. stadij gusjenica izračunata termalna konstanta (Development zero) iznosi 53, a nultočka razvoja $c = + 11^{\circ} \text{C}$. Za 5. stadij termalna konstanta iznosi 360, a nultočka razvoja $c = + 6^{\circ} \text{C}$.

9. Za razvoj gusjenica u zimskom periodu od velike je važnosti sunčana energija, kojom se gusjenice koriste preko satkanih zapredaka. Razlika između vanjske temperature i one u zaprecima za vedrih sunčanih dana i na južnim ekspozicijama može iznositi i do 18°C .

10. Broj gusjenica u zapretku također ima značenje za brzinu njihova razvoja. Manji broj gusjenica sporije se razvija od onih, koje žive u većem broju u zapretku.

11. S obzirom na gladovanje starije su gusjenice veoma rezistentne. Gusjenice 1. stadija izdrže bez hrane 6, a one 5. stadija do 80 dana.

12. Kod borova četnjaka jasno je izražena protandrija leptira, koji potječu od gusjenica iz istoga jajnog legla. U prirodi ovaj slučaj ne dolazi uvijek do izražaja zbog diferencijacije ekološke valence obaju spolova.

13. Embrionalni razvoj izostaje, ako su jajna legla izložena temperaturi između $8-12^{\circ} \text{C}$. Do 22°C embrionalni razvoj je retardiran, a iznad te točke nema retardacije u razvoju u odnosu na one temperature, pod kojima se one razvijaju u prirodi.

14. Smatramo, da su niske temperature u prvome redu uzrok totalnom sterilitetu jaja, koji je zapažen u prirodi u nekim godinama.

15. Gradaciona krivulja četnjaka razlikuje se od one za gubara. Njegova pojava u području vitalnog optimuma više ili manje je permanentna s jačim ili slabijim intenzitetom.

16. Postoji korelacija između L. k. f-a i intenziteta pojave borova četnjaka. Ta je razlika vidljiva, kako za godišnje L. k. f-e, tako i za pojedina vremenska razdoblja, koja odgovaraju pojedinim stadijima njegova razvoja (jaja, gusjenice, kukuljice i leptiri).

17. Zavisnost masovne pojave o klimatskim prilikama evidentna je također iz konstruiranih godišnjih klimagrama, koji su slični u godinama jače masovne pojave.

18. Virusne bolesti za vrijeme naših istraživanja nisu ni u jednom slučaju dostigle stupanj, da bi mogle likvidirati zarazu, kao što je to slučaj kod gubara. One, čini se, kod četnjaka ne igraju tako odlučnu ulogu kod prestanka zaraze kao u slučaju gubara.

19. Jajni paraziti su veoma važan regulatorni faktor. Od svih jajnih parazita *Ooencyrtus pityocampae* Mercet je najrašireniji u svim lokalitetima NR Hrvatske, gdje se pojavljuje četnjak.

Pored dosad poznatih parazita ustanovili smo još parazita: *Trichogramma* sp.

Intenzitet parazitiranosti varira u pojedinim godinama i u pojedinim biotopima. Općenito bi se moglo kazati, da je parazitiranost najveća u degradaciji, t. j. poslije kulminacije.

20. primarnim parazitima kukuljice možemo smatrati osice roda *Conomorium eremite* Forst. iz porodice *Pteromalidae* i Diptera: *Anthrax hottentottus* L. i *Thyridanthrax velutinus* Meig. iz familije *Bombylidae*. Postotak parazitarnih kukuljica bio je u god. 1951. — 36,5%, a u god. 1952. — 40%. Ukupan postotak parazitiranih kukuljica bio je 90,8% u 1951. i 90% u 1952. godini.

Od Ichneumonida našli smo 2 vrste parazita kukuljica. Njihova je uloga u masovnoj pojavi četnjaka s obzirom na mali broj parazitiranih kukuljica neznatna.

21. Postotak kukuljica, koje preleže, varira prema godinama. U 1951. iznosio je 0,1%, a u 1952. — 3%. On je dakle bio veći u godini, koju smatramo nepovoljnom za razvoj četnjaka.

22. Kukuljice četnjaka pokazuju 3 faze u svome razvoju, sudeći po gubitku težine, koji je neposredno poslije zakukuljenja najjači, a zatim se poslije jednog perioda mirovanja ponovo povećava neposredno pred ekloziju leptira.

23. Kod nižih temperatura ženke žive dulje od mužjaka. Iznad 18° C temperatura djeluje u istom smislu na oba spola. Ispod te točke djeluje u obrnutom smislu, a razlike u trajanju života ističu se jače nego iznad te točke.

24. Stupanj koincidencije u pojavi mužjaka i ženki borova četnjaka varira u prostoru i vremenu i igra značajnu ulogu kao gradološki faktor, no uzroci ovoj pojavi nisu još dovoljno proučeni.

25. Prateći datume u razvoju četnjaka kroz 4 godine, utvrdili smo, da u kopnenom dijelu njegova areala u Sloveniji i Hrvatskoj dolazi ekološka rasa, koji se odlikuje ranijim izlaskom leptira. Ovaj tip nastao je selekcijom vanjskih faktora, a naročito klime, kako bi mlade gusjenice izbjegle temperaturne minimume, koji u tim krajevima nastupaju ranije, a koji bi ugrozili njegovu egzistenciju.

26. Dokazalo se i za borova četnjaka ono, što je već utvrđeno za mnoge štetnike, koji se masovno i periodički pojavljuju: masovna pojava dolazi kao rezultanta dvaju faktora: biotičkog potencijala i otpora okoline. Reduktivni faktori su najslabiji u doba progradacije, a najjači u doba kulminacije i retrogradacije.

RÉSUMÉ

Parmi 13 variétés de *Cnethocampa pityocampa* décrites par Agenjo, le plus souvent rencontrées en Yougoslavie sont les exemplaires intermédiaires entre la forme typique et la forme convergente (Dhl).

On a examiné les organes génitaux des papillons. L'organe mâle est caractérisé par un testicule en forme de globe sphérique de couleur jaune; le canal déférent est séparé de la vésicule séminale par un tube très court et très mince. Les glandes annexes sont cylindriques et très petites.

L'organe femelle occupe la plus grande partie de la cavité abdominale. Les ovarioles sont très longs, atteignant quelquefois 5 cm; dans chacun se trouvent 20 à 35 oeufs. Les oviductes, en nombre pair, sont fort courts; l'oviducte commun est dilaté à partir du vestibule. Le corps de la bourse (*corpus bursae*) est relié à l'oviducte par un canal étroit. Le réceptacle séminal, de forme caractéristique, a une petite glande annexe (*glandula receptaculi*). Les glandes annexes proprement dites (*glandulae sebaceae*), très développées, se terminent par de longs filaments.

L'aire de répartition de *C. pityocampa* s'étend sur toute la région méditerranéenne; elle a été observée au Portugal, en Espagne en France, en Italie, en Suisse, en Yougoslavie, en Grèce; on l'a trouvée en Afrique du Nord, en Turquie et en Perse.

En Yougoslavie son aire de répartition vers le nord, coïncide presque exactement avec la limite méridionale du Hêtre et du Sapin. C'est la ligne de l'isotherme 22° C au mois de juillet ce qui représente dans nos régions la limite septentrionale de la zone à climat chaud. Les oeufs de *C. pityocampa* ne se développent plus au-dessous de 8—12° C et cette particularité détermine son aire de répartition.

Nous avons effectué des essais d'élevage des chenilles à différentes températures constantes. La construction de la courbe de vitesse du développement de Blunck a mis en évidence que le seuil de développement pour les chenilles du premier stade se trouve à 11° C et pour celles du cinquième stade à 6° C. Ce fait fut confirmé par des observations dans la nature.

Bien que les chenilles de *C. pityocampa* soient lucifuges, nous avons observé chez elles une utilisation très intéressante de la lumière solaire: la température intérieure de la bourse diffère sensiblement de la température extérieure.

Il existe un certain nombre minimum d'individus au-dessous duquel l'élevage ne réussit pas; nous n'avons jamais pu parvenir à l'élevage individuel. Nous avons des preuves montrant que la nourriture consommée était d'autant mieux utilisée que le groupe comportait un plus grand nombre d'individus.

Dans l'élevage des chenilles d'une même ponte, les mâles sortaient les premiers. L'éclosion des papillons était très échelonnée, montrant une protandrie très marquée. Mais dans les conditions de la nature, il n'est pas toujours ainsi.

Nous avons constaté que *C. pityocampa* appartient à ce type de papillons qui manifestent trois phases pendant la durée d'évolution de la chrysalide. La première phase est caractérisée par une perte de poids relativement très grande, à laquelle succèdent d'abord la phase de repos et puis, dans très peu de temps avant l'éclosion, une nouvelle phase de perte de poids. Par suite d'un phénomène que nous ne pouvons encore expliquer certaines chrysalides restent sous terre prolongeant leur développement pendant une année. On ne sait pas s'il s'agit d'une propriété génétique ou d'une influence des facteurs écologiques.

La courbe gradologique a été construite d'après le nombre de nids comptés chaque année dans une même forêt, sur une même surface, ce qui eut lieu au mois de mars ou d'avril. Les énumérations des nids ont été effectuées régulièrement depuis 1949. Ce type de courbe diffère de celui de *Lymantria dispar*, caractérisé par les périodes de latence avec la disparition presque totale de l'insecte. *C. pityocampa*, au contraire, est plus ou moins permanente dans les forêts de Pins.

Nos observations phénologiques mettent en évidence les facteurs écologiques responsables des gradations de *C. pityocampa*. La coïncidence de l'apparition des papillons mâles et femelles joue un grand rôle comme facteur gradologique dans toutes les phases d'une gradation. De la valeur quantitative de ce facteur dépend le nombre initial des adultes et, par conséquent, la densité de population à l'avenir. Pendant la culmination on pourrait parler de coïncidence presque totale, par rapport à une coïncidence partielle au cours de la progradation ou pendant la latence. Ayant son importance pour le nombre initial, la coïncidence totale contient, en raison des incestes, une possibilité de faiblesse dans la constitution génétique de la population, ce qui peut avoir une influence sur l'intensité de l'infestation.

La coïncidence est très variable selon le biotope, la même année et dans la même forêt pendant plusieurs années.

Bien qu'ayant constaté la protandrie ainsi qu'une grande différence dans le temps de nymphose des chenilles d'une même ponte, la protandrie, dans la nature, n'est pas toujours évidente en raison de l'hétérogénéité des éléments biologiques et de la valeur écologique, différente pour les deux sexes. Le pourcentage de papillons éclos est très variable dans une même année: ainsi en 1951, dans une forêt ce pourcentage était de 53% avec

une coïncidence presque totale, tandis qu'en d'autres forêts il n'était que 3% avec une protandrie évidente. Dans un autre cas, en 1951, on a observé pendant 6 jours la sortie des adultes, et il y en eut 5 avec la coïncidence. Dans la forêt de Batajna, en 1952, au cours des 19 jours où les éclosions étaient observées, il n'y en eut que 3 avec la coïncidence et en 1953, pendant 13 jours, il y en eut 8 avec la coïncidence. D'après la courbe gradologique, on peut voir qu'en 1952 l'infestation fut moins intense qu'en 1953.

Tenant compte de la théorie sur la constitution génétique des populations comme facteur gradologique très important, nous supposons que c'est la coïncidence qui est responsable de l'amélioration des propriétés génétiques pendant la latence et de leur aggravation pendant le maximum et la rétrogradation.

Enfin, il faut mentionner un phénomène observé dans nos régions dès 1950 et constaté en France: l'éclosion des papillons dans les régions littorales a lieu plus tard que dans les régions continentales. Les auteurs français expliquent ce fait par la différence de la durée de la diapause nymphale selon l'écotype. Nos recherches en laboratoire nous permettent de dire que la date de l'éclosion des papillons est indépendante de l'enfoncement des chenilles dans la terre. Nous avons montré que, dans le premier stade, les chenilles sont très sensibles aux basses températures: au-dessous de 12° C il n'y a pas de développement embryonnaire. Le zéro de développement se situe à 11° C. Dans les régions continentales plus éloignées de la mer, ces températures défavorables commencent plus tôt. La sélection naturelle évite ces températures critiques en produisant la race écologique caractérisée par l'éclosion précoce des papillons et des chenilles. De cette façon, ses dernières échappent aux températures basses et, quand celles-ci commencent à se faire sentir, les chenilles sont plus âgées donc plus résistantes. La persistance de l'espèce devient alors possible.

On a pris pour critère les déviations du facteur pluvial de Lang:

$\frac{T}{O} = \frac{\text{Température}}{\text{Précipitation}}$ de la moyenne calculées en %, ainsi que les déviations des températures de la moyenne, pour un même période. De cette façon, il était possible d'établir des indications sur l'humidité et la sécheresse dans certains périodes. Nous l'avons fait séparément pour les mois de novembre, décembre, janvier, mars (chenilles dans les nids d'hiver), avril-juin (période de nymphose), juillet (stade de papillon), juillet (stade d'oeufs), septembre et octobre (chenilles qui n'ont pas encore bâti le nid hivernal).

Pour le calcul de la moyenne du facteur pluvial de Lang et de la température, on a utilisé les renseignements de la Station météorologique de Crikvenica (région littorale avec apparition permanente de la Processionnaire du Pin) de 1925 à 1953. En comparant le caractère particulier de certaines années avec l'intensité d'infestation dans ces mêmes années d'après la courbe gradologique, nous avons pu constater qu'il y a une corrélation entre le climat et l'apparition en masse de *C. pityocampa*. Chaque fois qu'il y eut pullulation, le climat, par déviation du facteur pluvial de Lang et de la moyenne de la température, fut caractérisé comme sec et chaud pendant toute la période du cycle biologique de l'insecte. Ce fut le cas pour 1945, 1949, 1953, excepté la déviation positive du facteur pluvial de Lang pour le mois d'août en 1953, ce qui ne peut avoir une grande influence sur les oeufs si les précipitations ne sont pas de longue durée et si les températures ne sont pas trop basses. Pourtant, en 1946, les facteurs climatiques étaient, selon le facteur pluvial de Lang, favorables à la Processionnaire, mais l'infestation fut moins intense qu'en 1945. C'est là une preuve supplémentaire que les conditions climatiques ne sont pas seules responsables des pullulations de *C. pityocampa*. Chaque apparition en masse contient en elle-même la cause de sa régression. Au cours des années 1943-1947, le nombre des parasites et prédateurs est devenu considérable et les facteurs endogènes encore insuffisamment étudiés, particulièrement ceux concernant la constitution génétique, sont responsables de la diminution de l'infestation.

Les facteurs climatiques ont une grande influence sur l'éclosion des chenilles et sur leur développement. En 1951, où il n'y eut qu'un jour de pluie pendant la période d'éclosion, la courbe d'éclosion atteignit son point culminant en concordance avec celui de l'éclosion des papillons. Plus intéressantes sont les observations faites en 1952 où, pendant la période d'éclosion des chenilles, il y eut 11 jours de pluie. Dans la nature l'éclosion se fit avec retard à cause des températures plus basses et la durée en fut plus échelonnée (30 jours); le nombre des pontes stériles fut augmenté.

En 1952-1953 en raison des précipitations et des basses températures l'évolution s'était prolongée, par rapport à 1953-54 où, en décembre, les chenilles en étaient déjà au cinquième stade. Pourtant, malgré les conditions défavorables de 1952, la progradation se produisait dès 1953. Cela signifie qu'il faut rechercher les raisons d'une pullulation, lorsqu'elle apparaît, dans les conditions climatiques d'une même année. Si les conditions restent favorables pendant plusieurs années, la pullulation peut

alors prendre des proportions considérables, comme ce fut le cas en 1945.

Bien que les facteurs abiotiques soient capitaux pour la pullulation de *C. pityocampa*, il faut admettre que les facteurs génétiques jouent également un grand rôle. Lorsque l'insecte se trouve dans des conditions favorables, les facteurs réductifs sont réduits au minimum et, dans ce cas, les individus moins résistants qui, en conditions moins bonnes, seraient éliminés restent en vie et il s'ensuit que la constitution génétique de la population ira en dégénéralant; un grand nombre d'individus seront alors décimés par les maladies, les viroses, la stérilité, etc. Un nombre initial suffisant de bonne constitution génétique et des conditions climatiques favorables auront donc, presque toujours, pour conséquence l'apparition en masse des insectes nuisibles. De cette coïncidence et du degré de cette coïncidence dépend l'intensité de l'infestation.

Dès 1950, nous avons trouvé des nids contenant des chenilles mortes mais la recherche des bactéries en laboratoire n'a pas donné de résultat: 8% des nids de la forêt de Niska contenaient des chenilles ayant les caractères décrits par Vago. L'année suivante (1951) 10% des chenilles étaient atteintes de polyédrie. En même année, des pontes furent prises dans l'île de Crès et les chenilles élevées en laboratoire; les chenilles, atteintes de polyédrie, moururent au quatrième stade. En 1952, malgré toutes les précautions prises, l'élevage des chenilles de même provenance eut le même sort. En 1953, l'élevage réussit mieux et l'on a pu obtenir des chrysalides. Dans la nature, cette même année, on ne constata pas de polyédrie.

En 1952, des essais furent tentés pour nourrir les chenilles avec différentes espèces de Pins, au bord d'une forêt attaquée: tandis que les chenilles sur les arbres se développaient normalement, celles dans les cages ou sous les arbres périrent toutes au quatrième stade.

A notre avis, les facteurs abiotiques, les parasites animaux et la stérilité des oeufs en ont davantage pour la régression de l'infestation.

Au cours de nos recherches personnelles, nous avons observé:

a) Parasites des oeufs: *Ooencyrtus pityocampae* Mercet, toujours un des plus nombreux; *Tetrastichus tibialis* Kardj., *Charitolophus* sp. Forst. (?) (sub-fam. Eupelminae) et *Trichogramma* sp.

b) Parasites de chrysalides: Parmi les Tachinaires, le plus souvent *Compsilura concinnata* Meig. et plus rarement *Sarco-*

phaga haemorrhoidalis Faller; Les espèces appartenant à la famille Ichneumonidae étaient en nombre négligeable et sans importance comme éléments réductifs. Selon nous, ce sont deux espèces de Diptères non mentionnées jusqu'à ce jour qui jouent un rôle considérable, tout au moins dans nos régions. Ce sont Anthrax hottentottus L. et Thyridanthrax velutinus Mg. de la famille des Bombyliidae. Nombreux également étaient Conomorium eremite Forster, de la famille des Pteromalidae.

LITERATURA — LITTÉRATURE

1. Anić M.: Crni bor u Sjevernom Velebitu, Glasnik za šumskè pokuse, knj. XIII, Zagreb 1957.
2. Agenjo B.: Monografia dela famiglia »Thaumetopoeidae«, E O S, Tomo XVII, 1941.
3. Altum B.: Forstzoologie — III — Insekten, Berlin 1881.
4. Antonigiovanni: La lotta con mezzi chimici contro la Processionaria del Pino, Estratto dalla rivista »L'Echo della Montagna«, No. 12, 1947, Firenze.
5. Armin H.: Zur Kenntnis der Temperaturabhängigkeit der Nonne (*Lymantria monacha* L.), Z. angew. Ent., Bd. XXII, 1930.
6. Aqua C.: Les maladies de Ver à soie (Grasserie et dysenterie) par A. Paillot et nos études sur le même sujet, Ascoli Piceno, 1929.
7. Balachowsky A.: Contribution à l'étude des insectes nuisibles du Midi de la France, Extrait de la Revue de Path. vég., Fasc. 3—4, 1931.
8. Barić J.: O razvoju in zatiranju pinijevega sprevodnega prelca na Krasu, Gozd. Vestnik, 5—7, 1951.
9. Barbey A.: Traité d'Entomologie forestière; 2^e éd., Paris 1925.
10. Bear W.: Die Tachinen als Schmarotzer der schädlichen Insekten, Berlin 1921.
11. Beille M. L.: Etude de l'appareil urticant chez Processionnaire du Pin maritime *Cnethoc. pityoc.*, C. R. Soc. biol., 48, 1890.
12. Beltram V.: Borov prelac, Sum. list, 4—5, 1947.
13. Bergold G.: Fortschritte und Probleme auf dem Gebiete der Insektenviren, Z. angew. Ent., Bd. 33, Heft 1—2, 1950.
14. Berlese A.: Gli insetti, Vol. 1, Milano, 1909.
15. Biliotti E.: Difficultés rencontrées dans la détermination des périodes d'intervention contre les processionnaires du Chêne et du Pin. Rev. de Path. végét. Tome XXXI, Fasc. 2, 1952.
16. Biliotti E., Grison P., Silvestre de Sacy: Observations sur le cycle évolutif de la Processionnaire du Pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) (Lep. Notodontidae). Soc. Ent. Fr., Février 1953.
17. Binaghi G.: Nuovi mezzi di lotta contro la Processionaria dei Pini (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.), Mem. Soc. Ent. It., fasc. 26., 1947.
18. Bodenheimer F. S.: Über die Voraussage der Generationenzahl von Insekten, Z. angew. Ent., Bd. XII, 1927.
19. Bodenheimer F. S.: Über die für Verbreitungsgebiet einer Art bestimmenden Faktoren, Biol. Zbl., Bd. 47, 1927.
20. Bodenheimer F. S.: Welche Faktoren regulieren die Individuenzahl einen Insektenart in der Natur, Biol. Zbl., Bd. 48, 1928.
21. Bodenheimer F. S.: Über die Grundlage einer allgemeinen Epidemiologie der Insektenkalamitäten, Z. angew. Ent., Bd. 16, 1930.
22. Bourgogne J.: Notion élémentaire de génétique, Rev. franc., Lépidoptérol., Tome X, 1945.

23. *Bourgogne J.*: Lépidoptères Traité de Zoologie, Tome X, 1951, par Grassé P.
24. *Bremer H.*: Grundsätzliches über den Massenwechsel von Insekten, Z. angew. Ent., Bd. XIV, 1928.
25. *Chapman T. A.*: Animal Ecology, New York i London, 1931.
26. *Chauvin R., d'Aguilar J.*: Les données récentes de la microclimatologie et leur importance en écologie entomologique, L'année biologique, juillet-septembre 1946.
27. *Chauvin R.*: Physiologie de l'insecte, Paris 1948.
28. *Bourgogne J.*: Lépidoptères (Traité de Zoologie), Tome X, 1951,
29. *Deegener P.*: Lebensgewohnheiten der Insekten, Leipzig 1925.
30. *Della Beffa G.*: Parassiti animali delle piante coltivate ed utili, Vol. I, Milano 1931.
31. *Dufrenoy J.*: Réflexes et tropismes des chenilles processionnaires saines et parasitées, Extrait de la Rev. Zool. agric., Bordeaux, Tome XX. No. 7, 1921.
32. *Dufrenoy J.*: Sur les maladies parasitaires des chenilles processionnaires des Pins d'Arcachon, C. R. des Sé. de l'Acad. des Sciences, 1345, 1919.
33. *Eckstein K.*: Forstliche Zoologie, Berlin 1897.
34. *Eckstein K.*: Die Schmetterlinge Deutschlands, Stuttgart 1915.
35. *Eidmann H.*: Zur Kenntnis der Periodizität der Insektenepidemie, Z. angew. Ent., Bd. XVIII, 1933.
36. *Eidmann H.*: Morphologische und physiologische Untersuchungen am weiblichen Genitalapparat der Lepidopteren, Z. angew. Ent., Bd. XV, 1929, Bd. XVIII, 1931.
37. *Eidmann H.*: Das Problem der Indifferenz, Naturwiss., Bd. 36, Heft 9, 1949.
38. *Eidmann H.*: Lehrbuch der Entomologie, Berlin 1941.
39. *Emili N.*: Iz života borovog proštenjara, Priroda, br. 8, 1937.
40. *Escherich K.*: Die Forstinsekten Mitteleuropas, Bd. III, Berlin 1931.
41. *Fabre J. H.*: Souvenirs entomologiques, III i VI, Paris 1932.
42. *Franz J.*: Über genetische Grundlagen des Zusammenbruchs einer Massenvermehrung aus inneren Ursachen, Z. angew. Ent., Bd. 31, Heft 2, 1950.
43. *Frideriks K.*: Die Grundfragen und Gesetzmässigkeiten der Länd- und forstwirtschaftlichen Zoologie, insbesondere der Entomologie, Bd. I-II, Berlin 1930.
44. *Gaede M.*: Familie Thaumetopoeidae (iz Seitz: Die Grossschmetterlinge der Erde, Supplement zu Bd. 2, Stuttgart 1933).
45. *Ghelélovitch M. S.*: Sur le déterminisme génétique de la stérilité dans les croisements entre différentes souches de *Culex autogenicus* Rou-boud, Extrait des C. R. des Sé. de l'Acad. des Sci., 9 juin 1952.
46. *Gösswald K.*: Physiologische Untersuchungen über die Einwirkung ökolog. Faktoren, besonders Temperatur und Luftfeuchtigkeit, auf die Entwicklung von *Diprion (Lophyrus) pini* L. zur Feststellung der Ursachen des Massenwechsels, Z. angew. Ent., Bd. XXII, Heft 3, 1936.
47. *Grison P., Silvestre de Sacy R., Galichet P. F.*: La processionnaire du Pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) Moeurs-dégâts-moyens de lutte, Extrait de la Rev. Zool. agric. et appl., No. 1-3, i 4-6, 1951.
48. *Grison P., Billotti E.*: Conservation et prolifération des insectes auxiliaires dans certains peuplements forestiers, C. R. Acad. agric. franç., 39, 1953.
49. *Grison P., Vago C.*: La régulation des infestations de chenilles processionnaires du Pin par les maladies à virus, C. R. Acad. agric. franç., 39, 1953.

50. *Grisson P., Billotti E.*: Gusjenice četnjaka i uslovi kemijske borbe protiv njih, Šum. list, 5—6, 1954.
51. *Henschel G.*: Die schädlichen Forst- und Obstbaum-Insekten, Bd. I, Berlin 1895.
52. *Herbulot C.*: Lépidoptères de France, II, Hétérocères, Paris 1948.
53. *Hosli H.*: La processionnaire du Pin dans les forêts du Tessin, J. for. suisse, sept.-oct., 1937.
54. *Hubault E.*: La processionnaire du Pin, (Edit. Ec. Eaux For. Nancy).
55. *Janisch E.*: Der Massenwechsel der Insekten als biologisches Problem, Anz. Schädlingk., 18, 1942.
56. *Joly R.*: Processionnaires, Rev. For. franç., No. 2, 1953.
57. *Judeich J. F., Nitsche H.*: Lehrbuch der mitteleuropäischen Forstinsektenkunde, Berlin 1895.
58. *Keller C.*: Untersuchung über Höhenverbreitung forstschädlichen Tiere in der Schweiz, Mitt. Schw. Cbl. forstl. Vers., Bd. 8, 1903.
59. *Kafol A.*: Iz zgodovine pinijevega sprevednega prelca pri nas, Gozd. Vestnik, 10, 1951.
60. *Kovačević Z.*: Važnost jajnih parazita za uništavanje štetnika, Šum. list, 1—2, 1947.
61. *Kovačević Z.*: Značaj jajnog parazita *Anastatus disparis* Ruschka za prirodno suzbijanje gubara, Šum. list, 8—9, 1949.
62. *Kovačević Z.*: Osvrt na masovnu pojavu gubara (*Lymantria dispar* L.), Inst. za šum. istraživanja, sv. 3, Zagreb 1949.
63. *Kovačević Z.*: Značaj poliedrije za masovnu pojavu nekih insekata, Zaštita bilja, 23, 1954.
64. *Kozhantschikow I.*: Zur Frage nach dem Temperaturoptimum des Lebens, Z. angew. Ent., Bd. XX, 1936.
65. *Langhoffer A.*: Prilog poznavanju kukaca štetočinja Hrv. Primorja, Glasnik za šumske pokuse, knj. 2, 1927.
66. *Langeron M.*: Précis de Microscopie, Paris 1948.
67. *Lampert K.*: Die Grossschmetterlinge und Raupen Mitteleuropas, München 1907.
68. *Lapie G.*: Les chenilles venimeuses et les accidents éruciques, Nancy 1923.
69. *Loritz*: Sur des femelles microptères de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera) obtenues en élevage, Trans. of IXth International Congress of Entomology, Amsterdam, Aug. 1951, Vol. I.
70. *Lorković Z.*: L'accouplement artificiel chez les Lépidoptères et son application dans les recherches sur la fonction de l'appareil génitale des insectes, Physiologia comparata et oecologia, Vol. III, No. 2—3, Den Haag 1953.
71. *Lorković Z.*: Razlike između homodinamskog i heterodinamskog razvitka insekata, God. sveuč., 1929, str. 283—297.
72. *Martini E.*: Zur Gradationslehre, Z. angew. Ent., Bd. XVIII, 1931.
73. *Mayet V.*: Le bombyx processionnaire du Pin, (Aux Bureaux du Progrès agricole et viticole, Montpellier 1895).
74. *Müller Th.*: Der Kiefern-Processionsspinner, sein Vorkommen und seine forstliche Bedeutung in Südtirol, Zbl. ges. Forstw., Bd. XIII, 1887.
75. *Nüsslin-Rhumbler*: Forstinsektenkunde, Berlin 1927.
76. *Nitsche J.*: Über eine Lepidopterenausbeute von *Orebić* auf *Sabio-cello*, Verh. Zool.-Bot. Gesell. Wien, Vers.-Sec. Lep., Vol. LXXXIII, 1933.
77. *Olombel M.*: Le déterminisme de la procession des chenilles Processionnaires du Pin, Extrait de C. R. des Sé. de la Soc. de Biol., (Séance du 27 mai 1922, Tome LXXXVI).
78. *Paramonov S. J.*: Zur Kenntniss der Gattung *Hemipenthes*, Encyc. ent. Serie B II, Diptera, Tome I, 1924.

79. Paillet A.: Contribution à l'étude des maladies à virus des insectes, Extrait des Ann. épiph. et phytogénét., Paris 1936.
80. Pavan M.: Primi risultati di un esperimento pratico di lotta biologica con *Formica rufa* L. contro *Processionaria del Pino* (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.), Atti della Soc. Ital. di Sc. nat., Vol. XC, 1951.
81. Pepe: La processionaria del Pino, Monti e Boschi, No. 2, 1951.
82. Portier P.: La biologie des Lépidoptères, Paris 1949.
83. Ratzeburg J. Th. C.: Die Forstinsekten, II i III, Berlin 1840 i 1844.
84. Rabaud E.: L'orientation des nids de la *Processionnaire du Pin* (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) conditions éthologiques (Feuilles des jeunes naturalistes, 1911, Paris).
85. Rabaud E.: Nouvelles observations sur le comportement des *Thaumetopoea pityocampa* Schiff., Bull. Soc. ent., 1915.
86. Rögner-Aust.: Populationsanalytische Untersuchung über die Sterblichkeit von Nonnenraupen, Z. angew. Ent., Bd. 31, Heft 2, 1950.
87. Strand E., iz Seitza: Familie Thaumetopoeidae, Processionsspinner, Stuttgart 1913.
88. Ségué E.: Faune de France, Diptères (Brachycères), Paris 1926.
89. Sorauer-Appel.: Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Bd. VI, Berlin 1939.
90. Solomon M. E.: The population dynamics of storage pests IXth Int. Congress of entomology, Amsterdam 1951, Vol. II.
91. Schaeffer: La Méthode statistique et la foresterie, Rev. for. franç., août 1953.
92. Scheidter F.: Forstentomologische Beiträge, 14. Auftreten der »Gifthaare« bei *Processionsspinnerraupen* in den einzelnen Stadien, Z. Pflanzensch., Bd. 44, Heft 5 i 7, 1934.
93. Scheidter F.: Wie viele Eier legen die Weibchen von *Thaumetopoea pityocampa* und *pini* ab? Ibid., Bd. 44, Heft 7, 1934.
94. Schimitschek E.: Die forstentomologischen Zonen der Türkei., Z. angew. Ent., 1941.
95. Schmidt L.: Utjecaj hrane na razvoj gubara, Glasnik za šumske pokuse, knj. XII. 1956.
96. Schwerdtfeger F.: Studien über den Massenwechsel einiger Forstschädlinge, Z. Forst- u. Jagdw., 1935.
97. Schwerdtfeger F.: Über die Ursachen des Massenwechsels der Insekten, Z. angew. Ent., Bd. 28, 1941.
98. Schwerdtfeger F.: Prognose und Bekämpfung forstlicher Grossschädlinge, Berlin 1941.
99. Škreb i suradnici.: Klima, Zemljopis Hrvatske I, Zagreb 1942.
100. Tavčar A.: Biometrika u poljoprivredi, Zagreb 1946.
101. Tirelli M.: Nuovo metodo di lotta contro la *Processionaria del pino* (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.), Rivista fitosanitaria, No. 5, nov. 1951.
102. Tiraboschi: *Processionaria del pino* (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff., Ital. for. e mont., No. 4, 1952.
103. Thalenhorst W.: Die Koinzidenz als gradologisches Problem, Eine synökologische Studie, Z. angew. Ent., Bd. 32, 1950.
104. Thalenhorst W.: Vergleichende Betrachtungen über den Massenwechsel der Kiefernbuschhornblattwespen, Z. für angew. Ent., Bd. 35, Heft 2, 1953.
105. Tominić: Izvještaj o radu Inst. za jadranske kulture Split, Zaštita bilja, 13—14, 1952.
106. Uvarov B. P.: Weather and climate in their relation to insects, London 1929.
107. Uvarov B. P.: Bioclimatograph, an Improved Method for Analysing Bioclimatic Relations of Insects, Ecology, Vol. XIII, No. 3.

108. Vago C.: Maladies latentes et tolérance symbiotique chez les invertébrés, VI Congreso internacional de patologia comparada, Madrid, 4—11 Mayo 1952.
109. Vago C.: La polyédrie de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff., Annales des Epiphytes, No. 3, juillet-août-septembre 1953.
110. Vajda Z.: Pojava štetnih insekata u šumama NR Hrvatske, Šum. list, 7—9, 1946.
111. Vajda Z.: Utjecaj klimatskih kolebanja na sušenje hrastovih donjoposavskih i posavskih nizinskih šuma, Inst. za šum. istraživanja, sv. 1, Zagreb 1948.
112. Vajda Z.: Uzroci epidemijskog ugibanja brijestova, Glasnik za šumske pokuse, knj. X. 1952.
113. Varley G.: Ecological Aspects of Populations Regulation, Trans. of IXth International Congress of Entomology Amsterdam, Vol. II, 1951.
114. Vayssière P.: Principes de Zoologie agricole, Paris 1940.
115. Vayssière P.: La chenille processionnaire du Pin, Vie agric. rur, novembre 1912.
116. Viette P.: Morphologie des génitalia mâles des Lépidoptères, Rev. franç. Ent., Tome XV, Fasc. 3.
117. Viette P.: Une technique de préparation des armures génitales, Rev. franç. Lépidoptéorol., Tome XIII, No. 15—16 i 17, 1952.
118. Wolf E.: Observation sur les chenilles Processionnaires du Pin, Réflexion sur l'instinct, Rev. franç. Lépidoptéorol, Tome XI, No. 7—8, 1947.
119. Weidner H.: Beiträge zu einer Monographie der Raupen mit Gifthaaren, Z. angew. Ent., Bd. 23, 1937.
120. Wellenstein G.: Die Nonne in Ostpreussen, Monogr. angew. Ent., Nr. 15, 1942.
121. Wolff M., Krausse A.: Die forstliche Lepidopteren, Jena 1922.
122. Zwölfer W.: Studien zur Ökologie und Epidemiologie der Insekten., Z. angew. Ent., Bd. XVII, 1931.
123. Zwölfer W.: Die Temperaturabhängigkeit der Entwicklung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) und ihre bewölkerungswissenschaftliche Auswertung, Z. angew. Ent., Bd. XXI, Heft 3, 1934.
124. Živojinović S.: Šumarska entomologija, Beograd 1948.

Prof. dr. MILAN ANIĆ

CRNI BOR U SJEVERNOM VELEBITU

AUSTRIAN PINE (*PINUS NIGRA* ARN.) ON THE
NORTHERN PART OF VELEBIT (CROATIA)

SADRŽAJ — CONTENTS

Uvod — <i>Introduction</i>
Nalazišta — <i>Habitats</i>
Podaci iz literature — <i>Data from the literature</i>
Opći pogledi na proučavano područje — <i>General survey of the area investigated</i>
Vlastita opažanja — <i>Own observations</i>
Osvrt na nalazišta — <i>Survey of the habitats</i>
Ekološki odnosi — <i>Ecological conditions</i>
Klimatski odnosi — <i>Climatic conditions</i>
Petrografsko-geološki supstrat — <i>Petrographical-geological substratum</i>
Pedološki odnosi — <i>Pedological conditions</i>
Geomorfološki odnosi — <i>Geomorphological features</i>
Biotski utjecaji — <i>Biotic influences</i>
Osvrt na ekološke odnose — <i>Survey of the ecological conditions</i>
Biološke osobine — <i>Biological characters</i>
Fitocenološki odnosi — <i>Phytocoenological relationships</i>
Šumsko-uzgojna važnost — <i>Silvicultural importance</i>
Zaključne napomene — <i>Conclusive comments</i>
Literatura — <i>Literature</i>

Radnja primljena na štampanje 3. VII. 1954.

UVOD — INTRODUCTION

Crni bor ima kod nas velik broj autohtonih nalazišta, ali je njihova ukupna površina razmjerno malena. To važi i inače za veliki dio Južne i Srednje Evrope, gdje od prirode raste crni bor. Za to drvo postoji u šumarskoj i botaničkoj literaturi prilično živ interes preko posljednjih stotinu godina. Höss (Wien) pisao je o crnom boru s botaničkog i šumarskog gledišta već 1817. g., a 1831. g. napisao je monografiju o tom drvetu. Wessely (Wien) pisao je dosta o šumama crnog bora 1853. g. U šumarskoj literaturi, a napose u stručnim časopisima, postoji obilje studija, članaka, bilježaka i inače podataka o tome drvetu. Unatoč tome ne može se reći, da su njegovi botaničko-sistematski, ekološki,

fitocenološki i šumsko-uzgojni odnosi posve razjašnjeni. Teškoće su razumljive, ako se ima na umu, da to drvo ima vrlo velik areal, da živi pod dosta različitim životnim uvjetima i da ima velik broj svojta. Osim toga kulturom je toliko prošireno, da je za mnoga nalazišta postalo nesigurno njihovo porijeklo.

Kod nas postoji nekoliko svojta crnog bora, koje su od velikog praktičnog značenja. Ovamo pripadaju i borove šume na primorskim padinama Velebita. Postoji mnogo razloga, s kojih treba nalazištima crnog bora u Velebitu pokloniti više pažnje. Svrha je ovog rada, da posluži kao prilog poznavanju crnog bora u Sjevernom Velebitu.

Podaci, koji su ovdje obuhvaćeni, potječu iz 1950., 1951. i 1952. g., a prikupljeni su uz novčanu potporu Poljoprivredno-šumarskog fakulteta i Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti u Zagrebu, za što objema ustanovama i ovdje izražavamo zahvalu. Dugujemo hvalu i šum. tehničarima P. Šegoti, I. Rogiću i dr., koji su nam bili od pomoći pri terenskom radu, a sveuč. tehničarima V. Budayu i P. Prebježiću za izradu crteža.

NALAZIŠTA — HABITATS

Na Velebitu postoji više autohtonih nalazišta crnog bora. U Sjevernom Velebitu, i to na području između Senjske drage i Rožanskog vrha postoji više njegovih danas posve zasebnih areala. U Južnom Velebitu čine oveći areal borici u području Paklenice i Višerujna. U ovom radu osvrnut ćemo se samo na nalazišta u Sjevernom Velebitu (sl. 1. i 2.).

Podaci iz literature — Data from the literature

Autohtoni velebitski crni bor spominje se češće u starijoj stručnoj literaturi. Podaci se često ne podudaraju s današnjim stanjem, što je u vezi s većim ili manjim promjenama u nalazištima toga drveta. Neki su od njih vrlo karakteristični i poučni, a neki su ili nepotpuni ili odviše općeniti, a često i nepouzdana, Donosimo nekoliko važnijih izvadaka.

Prema *Wesselyu* oko 1876. g. bilo je crnog bora kod Sv. Jurja na velikom prostoru. Nalazio se po strmim kamenitim južnim i zapadnim padinama bilo pojedince ili u grupama. Ti su borici bili autohtoni. Oni su ostaci nekadašnjih puno gušćih i prostраниjih šuma. Stabla su im bila — unatoč brzom prirastu u ranoj mladosti — kržljava uzrasta. Na boljim tlima na melafiru rastao je s crnim borom i javor gluhać. Ovaj navod odnosi se na Senjsku dragu. Odatle zaključujemo, da je *Wessely* ovdje imao u vidu i nalazišta u Senjskoj drazi.

Seckendorff 1881. g. spominje više nalazišta crnog bora u našem Primorju (šuma Panovec i Trnovska šuma kod Gorice; Bast i Brela kod Makarske; Knin; šuma Paklenica sa 1221 ha borovih, i to 325 ha čistih i 896 ha mješovitih sastojina). Koristeći se *Wesselyjev*im podacima ističe, da na Vratniku iznad Senja u visini od 158—632 m tvori crni bor na podlozi melafira dobro razvite ne samo grupe nego i sastojine. Taj se navod očito odnosi na Senjsku dragu.

Beck je 1894. g. lučio kod nas dva areala crnog bora; areal u Jadranskom primorju i areal u unutrašnjosti. U litoralnoj zoni postojala su (pored nalazišta na Pelješcu, Biokovu; Bast i Brela, kod Knina) nalazišta u šumi Paklenici (600—700 m), kao i nalazišta kod Sv. Jurja i Senja.

Prema *Beckovim* podacima iz 1901. g. crni bor bio je kod Senja po svojoj prilici najdalje prema sjeveru potisnut. Iznad Senja na lijevoj padini Senjske drage nalazili su se pojedini borovi ispod pojasa lisnatog drveća, t. j. drveća krške šume. Ti su borovi — kako se čini — bili prirodnog porijekla i upućivali su na negdašnje prostiranje crnog bora sve do blizine grada. Padine Senjske drage, uglavnom na podlozi melafira, bile su između 250—600 m visine pokrite sastojinama crnog bora. Zajedno s bukvom nalazio se bor već iznad Križa (250 m). Za borove kod Sv. Jurja koristi se *Beck Wesselyjev*im podacima.

Prema podacima, koje je 1914. g. prikupio *Kosović*, bilo je u Sjevernom Velebitu 1764. g., dakle prije 190. g., crnih borova:

a) U predjelu Velike Brisnice pod bregovima: Budim, Visibaba i Borovo bilo je na 307 k. j. (60 po k. j.) stabala	18.420
b) U predjelu pod brdom Budimom, Visibabom i Borovim vrhom bilo je dosta debelih i velikih stabala, ali ih je većina bila »navrtana«. Bilo je na 338 k. j. (100 po k. j.) stabala i stabilaca	33.800
c) U predjelu nad Sv. Jurjem, i to kod Bilopolja, Rače, Bobovišta, Rakite, Tuževca, Ljeskovca, Lubenovca, Velikog i Malog Stoca, u Vlačkoj dragi, Grabovi i Borovoj dragi na 730 k. j. (100 po k. j.) bilo je stabala i stabilaca	73.000
d) U Senjskoj dragi bilo je na 1088 k. j. (10 po k. j.) borova	10.880
U svemu bilo je na 2.463 k. j. borovih stabala i stabilaca	136.100
Stabala prikladnih za gradnju brodova i sl. bilo je	67.630

Fekete i Blattny 1914. g. navode nalazišta kod Sv. Jurja, Starigrada i Klade. U predjelu Borovo (424 m) bilo je primjeraka, koji su — prema autorima — bili preko 1 m debeli. U šumi Panos bilo je pojedinih stabala na točilima, a u Borovom vrhu tvorio je crni bor sastojine sve do 1096 m. U Velebitu doseže crni bor maksimum vertikalnog raširenja. Na Zavižanu pojavljuje se bilo pojedince ili u grupicama (u vrtačama i klancima) sve do 1348 m. Zakržljala, u klekovu uzrastu na glavicama Višerujna ima ga (cit. prema *Degenu*) i u visini od 1623 m. Ispod prosječne visine do 350 m rijetko se nalazi, ali ga kod Sv. Jurja ima i uz obalu. U Senjskoj drazi spušta se do 256 m na jugozapadnoj padini, na melafiru.

Prema *Balenu* 1928. i 1931. g. crni je bor tvorio na Kršu spontano više ili manje raširene sastojine, često s podstožnom etažom vrsta, koje pripadaju među elemente makije. Njegovih lijepih sastojina ima u blizini Senja i Sv. Jurja (Borovo, Borova draga, Budim).

Rossijevi podaci iz 1930. g., iako su noviji, vrlo su oskudni. On se oslanja na *Borbasa*, *Becka* i *Puscharskog* te prema njima navodi, da ga ima na Vratniku.

Prema *Kaudersovim* podacima iz 1933. g. u Senjskoj drazi, u predjelu Borovo, susreće se osebujna asocijacija (*Pinetum fra-xinetosum*), koju čine crni bor i crni jasen. Vjerojatno je ondje u svoje doba crni bor činio čiste sastojine, što svjedoče borova stabla znatnih dimenzija i starosti. I inače na mnogim mjestima našeg Primorskog krša nailazimo — prema *Kaudersu* — na reliktno šume crnog bora. Skoro suvisli lanac proteže se od Markovca preko Borovog vrha, Budima, pa sve do Lisca, i to u dužini od preko 20 km, a u nadmorskoj visini od eca 1000 m.

Prema podacima *Degena* (iz 1894.—1913. g.) objavljenim 1936. g. crni se bor nalazi na kamenitim sunčanim padinama zapadnog dijela Velebita, uglavnom na jugozapadnim i južnim položajima, između 346 i 1400 (do 1623) m. U Senjskoj drazi raste na eruptivnoj podlozi. Ima ga iznad Sv. Jurja (u Borovoj drazi); Lukova Otočkog, Donjeg Starigrada, Klade, između Bralića i Borovišta, u Borovom vrhu, na Visibabi, na Zavižanu, Budim-vrhu, i to u visini od 600—1348 m, pojedince ili grupimice. U dolini torenta kod Sv. Jurja padine su tim drvetom pošumljene. U Borovom vrhu, iznad Lukova Otočkog, ima ga do 1096 m (cit. prema *Feketeu i Blattnyju*), zatim u Palež-vrhu (Opaljenik, 1386 m) i iznad Klade (cit. prema *Kümmerleu*). Budim-vrh (1208 m) obrašao je dobrim borovima, a samo na vrhu nalaze se kržljavi primjerci (cit. prema *Kümmerleu*). U Gornjem Zavižanu ima bora do 1348 m (cit. prema *Feketeu i Blattnyju*), a ima ga i na padinama Opaljenika iznad Budima (iznad Bralića i Borovišta). Kod

izvora Borovih Vodica ima nekoliko, krupnijih, borova. Odatle tvori crni bor više ili manje suvisle sastojine prema sjeveru do Borovog vrha, a prema jugu do Lisca, i to do visine od 1000 do 1200 m. Ima ga na vrhu Pećine (1127 m), iznad Velikih Brisnica, kao i po zapadnim padinama Lisca (cit. prema *Kümmerleu*). *Degen* ga je zabilježio i na Kozjim Vratima iznad Jablanca, t. j. južno od Štirovačke ceste.

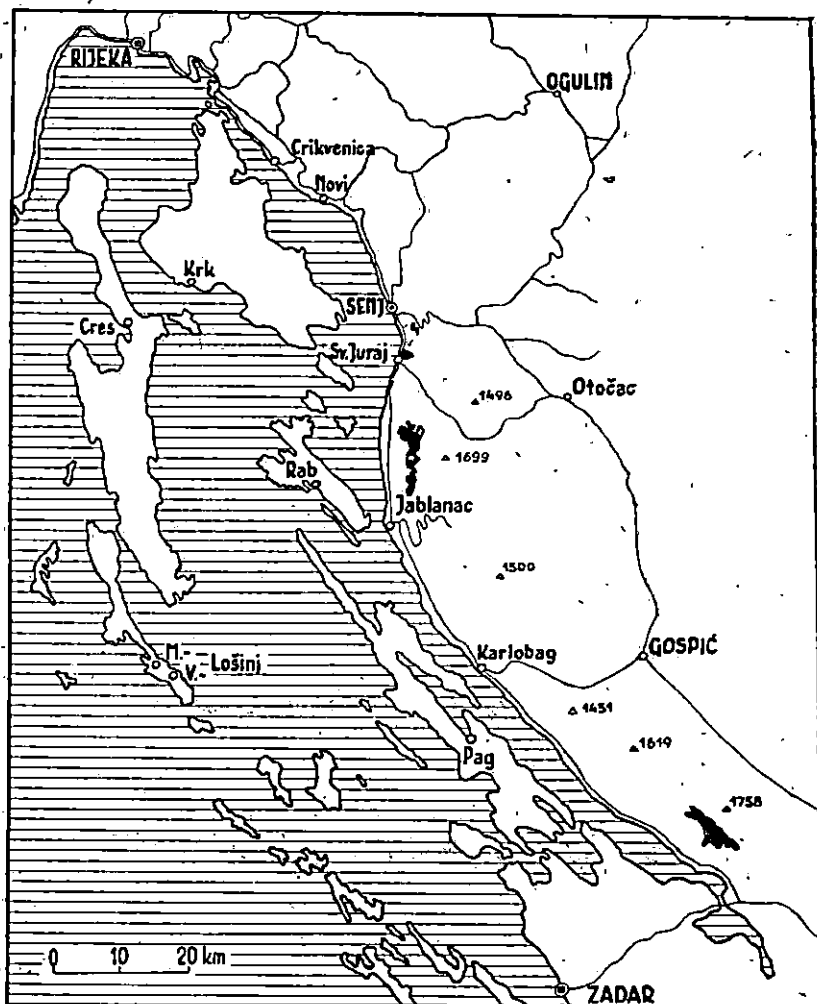
Prema *Degenu*, u Velikoj Paklenici crni bor tvori velike sastojine. Ondje sastojine crnog bora zapremaju površinu od 2.500 ha. Ima ga iznad 300 m, a nalazi se na zapadnim padinama Vaganjskog masiva i do 1400 m, gdje je grmast i raste s *Juniperus nana* i *J. oxycedrus*. U Velikoj i Maloj Paklenici tvori prostrane sastojine u visinama od 650—800 m. Prije je tu crni bor bio više i obilnije rasprostranjen.

Opći pogledi na proučavano područje — General survey of the area investigated

Za nas su ovdje od interesa zapadne padine Sjevernog Velebita (sl. 1. i 2.). Na području između ceste Senj—Vratnik (698 m) i ceste Sv. Juraj—Siča kod Oltara (1027 m) interesiraju nas padine Senjske drage u području Rončević-doca, kao i padine zapadno od Hrmotina. To je primorsko podnožje Senjskog bila, koje u tom dijelu postiže najveći vis na Jadičevoj Plani (1417 m). Primorske padine Senjskog bila ruše se postepeno brojnim dužim i kraćim grebenima i uvalama. Ondje je razmjerno manje vrtača i škrapovita terena. U obalnom dijelu postoji više uvala i bujica, kao što su Senjska draga, Spasovac, Ujča draga, Vlaška draga i Borova draga. Čitav primorski kraj pretežnim je dijelom razgoljen sve do kojih 1000—1100 m. Najšumovitija je Senjska draga, gdje šuma čini cjelovitu vezu sa zaleđem u Senjskom bilu. Dobro je šumovit i predjel od Borove drage preko Crnog vrha do Matešić-Poda. U čitavom tom kraju postoji mnogo prirodnih i umjetnih branjevina. Stalnih naselja ima do velike visine. Ona su povezana strmim i primitivnim putovima. Najviše je naselje zaselak Jakovljevići (1100 m).

U području između ceste Sv. Juraj—Oltari (Siča, 1027 m) i ceste Stinica—Alan (1412 m) za nas je od osobitog interesa kompleks između Markovca i Trnovca s jedne i Marina briška na padinama Rožanskog vrha s druge strane. Područje Sv. Juraj—Oltari—Markovac—Trnovac slična je reljefa, kao što su padine Senjskog bila, ali je teren mnogo vrletniji i škrapovitiji. Obiluje mnoštvom vrhova i provalija. Ruši se od Plišivice (1653 m) i Snižnjaka (1610 m). Rastrgan je s više dubokih bujica, kao Rača, Duboka i Selinska draga. I ondje su stalna naselja dosta visoko.

Južno od Markovca i Trnovca prilike su nešto drugačije. Teren je načičkan bezbrojnim vrhovima, škrapovitim kukovima i klisurama, a između njih su duboke provalije, točita i vrtače. Obalni dio rastrgan je dubokim dragama i bujičnim koritima, kao što su: Lukovačka draga, Biluća draga, Kladska draga, Starigradska draga, Velika Ivanča draga, Mala Ivanča draga, Vlaka draga, Šuplja draga i Stinička draga. U čitavom kraju teren je izlomljen sve do najvećih visova: do Zavižana i Hajdučkih kukova.

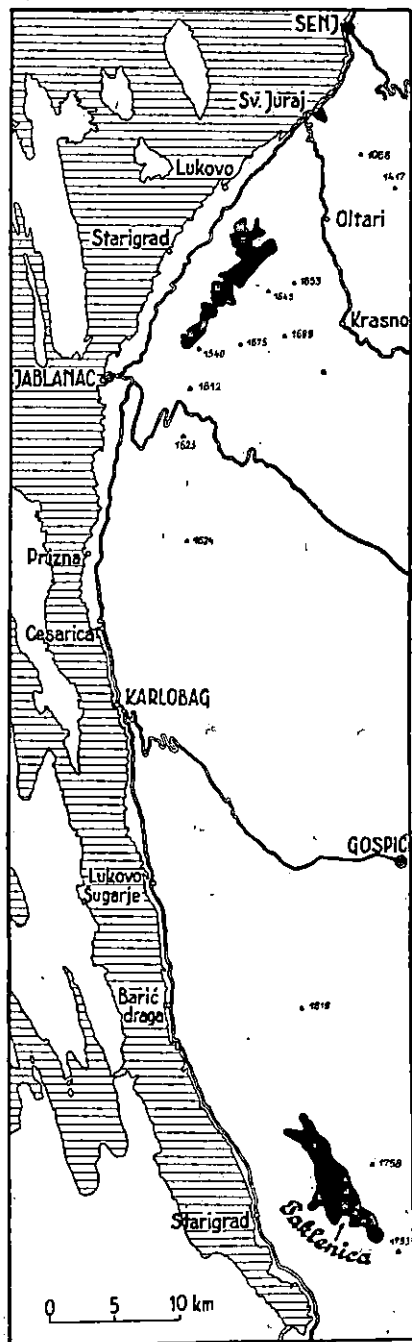


Sl. — Fig. 1. Hrvatsko Primorje s oznakom areala crnog bora (tamne mrlje)
— Croatian Coast; the black spots show the area of Austrian pine

Skupina *Zavižan* čini centralni dio Sjevernog Velebita. Čini je niz vrhova iznad 1600 m. Prema zapadu dominiraju Vučjak (1645 m) i Gornji Zavižan (1677 m). Skupina *Rožanski kukovi* pripada među najzanimljivije predjele Velebita. To su visoki, goli, vapnenački vrhunci najrazličitijeg oblika, kojih se stijene ruše vrlo strmo, često kao odsječeno, prema podnožju. Rastavljaju ih duboke i raskidane provalije i ponikve strmih i neprohodnih padina. Prema zapadu zatvaraju tu skupinu *Gromovača* (1675 m), *Lisac* (1540 m) i *Rožanski vrh* (1638 m).

U pojasu, koji se stere otprilike drugom trećinom primorskih padina, postoji gotovo suvisli niz većih i manjih vrhova. Visoki su oko 1000—1200 m. Počinju s Borovim vrhom (1080 m) i nižu se iznad Pogledala i Babrovače, zatim kao Budim-vrh (1206 m), Borovački vrh, Opaljeni vrh, pa vrhovi zapadno od stanova Plančice, Miškulinska duliba, Lisac, Ripište i Vujinac. U uvalicama, docima i dočićima, koje zatvara taj lanac, smjestio se velik broj ljetnih stanova žitelja nastanjenih uz more ili cestu, koja vodi od Sv. Jurja prema jugu (uzdižući se postepeno do Kladskog mosta, gdje postiže najveću visinu od 358 m). Tu su stanovi žitelja iz Lukova, Lokve, Trnovca, Biluće, Klade, Legaca, Modrića, Starigrada, Bralića, Devčića, Ivanče, Jurkuše i dr.

Sl. — Fig. 2. Areal crnog bora na Velebitu (crne mrlje) — Area of Austrian pine (black spots) on the Velebit



Primorski pojas je i u ovom dijelu Velebita većinom razgoljen i pust. Šuma se očuvala u branjevinama i na teško pristupačnim položajima. Inače su visovi i padine lokalno i do 1400 m razgoljeni. Najviše su glavice obično gole. Ostaci šumske vegetacije svjedoče, da je te razgoljene terene razmjerno dnevna pokrivala šuma. Područje Borovog vrha, Budim-vrha, Plančica i Vujinca pokrito je većim dijelom borovom šumom. Vrtače i zaklonjena mjesta obrasli su bukvom i smrčom. Na rastrganim stijenama raste u visini oko 1300 m, i više, smrča. Padine najviših vrhova i glavica pokrite su klekovinom bora krivulja.

Vlastita opažanja — Own observations

Nalazišta autohtonog crnog bora u Sjevernom Velebitu opisat ćemo prema stanju u g. 1950., 1951. i 1952. Opisat ćemo ih redom počevši od najsjevernijih, t. j. od Senjske drage pa prema jugu. Prije toga moramo napomenuti, da je u tom području vršena kroz nizove stoljeća devastacija šume, pri čemu su dakako reducirana i prirodna nalazišta crnog bora. Već smo spomenuli, da ondje postoji i više starijih kultura crnog bora, što često otežava snalaženje s obzirom na iskonska nalazišta.

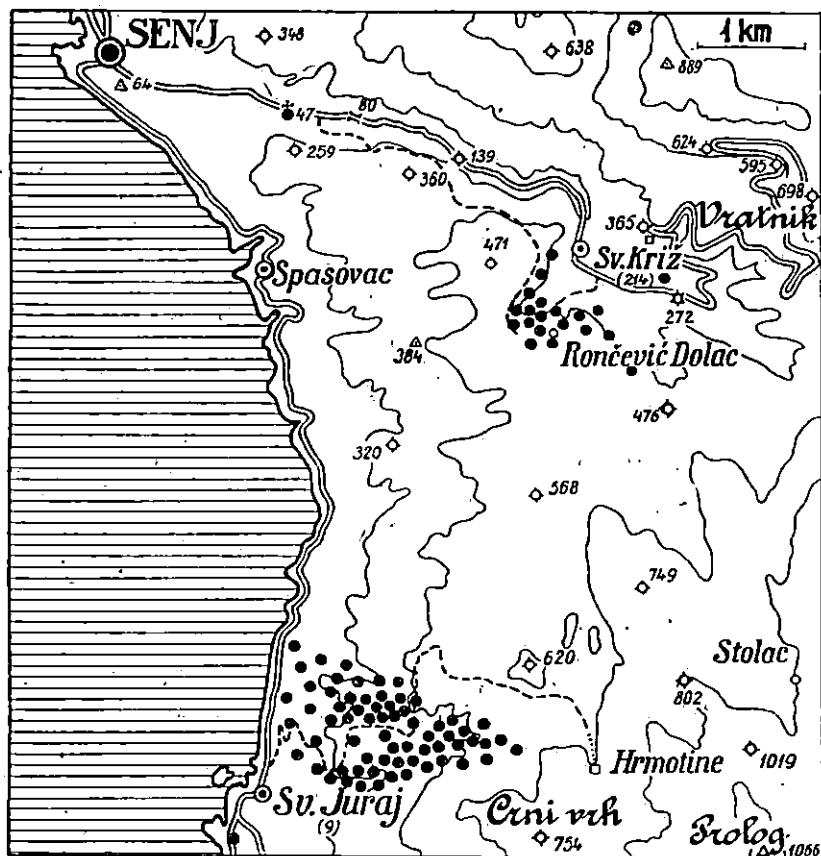
I. Senjska draga

U Senjskoj drazi održao se autohtoni crni bor dosada samo u predjelu *Borovo s okolišem*. Borovo se nalazi u gornjem dijelu uvale, koja se jugozapadno od Križa (214 m) izdiže do Rončević-doca (470 m).

U uvali iznad Križa ima crnog bora u visini od kojih 350 do 460 m. U gornjem dijelu uvale nalaze se stari do 60 cm debeli i do 10 m visoki borovi. Pod njima je tlo obilnije pokrito crnjušom (*Erica carnea*), glavuljom (*Globularia bellidifolia*) i planinskom ružom (*Rosa gentilis*). Ima ih u grupama, skupovima, a i pojedince. Primiješani su im elementi iz medunčeve šume.

Glavni dio *Borova* jesu borici kod *Rončević-doca* (sl. 8-10). Tvore ih velikim dijelom krupna borova stabla. Debla su im ravna i bez grana, a krošnje više manje tanjuraste. To su najdeblji i najstariji borovi onog kraja. Pod njima je tlo gotovo sasvim pokrito prizemnim rašćem (tab. 2, snimka 1). Postoje i grupe odraslijeg prirodnog pomlatka razne dobi. Najljepši borik onog kraja nalazi se u blizini kuće Rončević Pave (sl. 9). Nalazi se na terenu, koji je blaže nagnut prema sjeveru. Prirodnih borova ima ondje sve do 460 m. Odanle se borovi šire niz sjeverne padine Senjske drage bilo u grupama, skupovima ili pojedinačno. Oko Rončević-doca ima posvuda oko njiva i izvan branjevina prirodnih borovih grupa i skupova.

Sjeverno od Rončević-doca nadovezuju se borovi po istočnoj padini brijega *Paškvanovca*. Nalaze se na strmom i vrlo kamenitom terenu. Tvore grupe i skupove ili su pojedinačno u međun-
čevoj šumi gornjeg dijela uvale.



Sl. - Fig. 3. Nalazišta crnog bora kod Senja i Sv. Jurja (Sjeverni Velebit)
— Habitats of Austrian pine at Senj and Sv. Juraj

Istočno-i jugoistočno od Rončević-doca ima (u udaljenosti do 1,5 km) nešto bora po najvišim položajima unutar branjevine zvane »*Senjska draga*«. Pokoje stablo nalazi se ondje po gornjim sjevernim i sjeveroistočnim padinama sve do šume *Sijaset*. Stabla su do 40 cm debela, prilično krzljava, tanjuraste krošnje. Okružena su autohtonom lisnatom submediteranskom šumom, koja dominira i ugrožava im opstanak.

U području *Borova* i po susjednim padinama pokriva bor površinu od kojih 20 ha (sl. 3). Od *Rončević-doca* širi se on od prirode dosta dobro i u jugozapadnom smjeru, kamo mu bura raznosi sjeme. U gornjem dijelu *Ujča-drage* ima dosta raznodobnog mlađeg prirodno razmnoženog bora u grupama i pojedince. Teren je i ondje vrlo kamenit i razgoljen.

II. Borici kod Sv. Jurja

Nalazišta crnog bora kod Sv. Jurja zaslužuju posebnu pažnju i s obzirom na kompleks, koji pokrivaju, i s obzirom na ekološke odnose. Osim *Borove drage*, koja je gotovo sasvim obrasla borom, pokriva bor uvalu *Otinju*, okoliš *Borove glavice* i lijeve padine *Male Grabove*. Ima ga gušće ili rjeđe na površini, koju zadržava trokut *Sv. Juraj* — gornji dio *Borove drage* — podnožje uvale *Mala Grabova*, t. j. na kojih 175 ha (sl. 3). Zanimljivo je, da se ondje crni bor od prirode proširio — bilo pojedince ili u skupovima — sve do mora. Posljednji borovi uz more udaljeni su sjeverno od Sv. Jurja oko 1,5 km. U cijelom području bor se od prirode dobro širi. Najviše ga ima unutar branjevine *Borova draga*, koja je ograđena zidom 1868. g. i pripada među najstarije branjevine Hrvatskog Primorja.

1. Borova draga

Borova draga počinje na padinama ispod seoca *Hrnotina* i obara se u zapadnom smjeru prema Sv. Jurju, odnosno moru. Nastala je prolomom terena, kako se to vidi po ostacima rubnog vijenca. Padine su joj prilično strme. Napose to vrijedi za centralni i donji dio. U donjem dijelu postoji i više manjih točila. To je posve smirena bujica. Bujični radovi izvršeni su 1883. g. Bujica je smirena nizom vrlo jakih i posve ispunjenih pregrada. Razgoljeni tereni bili su pošumljeni ili su od prirode obrasli crnim borom.

U *Borovoj drazi* ima od prirode bora pojedinačno već odmah iznad Sv. Jurja. Kod 100 m visine pa na više tvori on veće i manje grupe, a nešto više i sastojine. Nekoliko donjih točila dobro je povezano borom i autohtonim listačama. U visini od kojih 250 m nalaze se raznodobne borove sastojine (stabla do 30 cm debljine) s dosta podstojnog crnog graba, crnog jasena, mukinje i dr. (tab. 2, snimka 3).

U centralnom su dijelu lijeve i desne padine glavne uvale pokrite borom. On dobro povezuje tamošnje osipine, a osim toga vrlo dobro pokriva i stabilne skeletne terene. Ima ga na padinama raznog nagiba i ekspozicije. Gusto pokriva donje padine

Crnog vrha. Čini raznodobne sastojine i grupe, u kojima je u blizini bujičnog korita dobro razvita etaža listača. Listače lokalno preotimlju maha i potisle su bor. Na bujičnim naplavinama, a također i po susjednim padinama ima grupa krupnijeg ili sitnijeg borova pomlatka. Borova stabla većinom su 20—40 cm debela (tab. 2, snimka 4).

U predjelu *Meltada* na visini od cca 500—550 m supstrat čini lako trošivi vapnenac, koji se mjestimice pretvorio u debele naslage krupno pjeskovitog tla. Sastojine čini samo crni bor. Naročito to vrijedi za više položaje. U nižim položajima primjesa je listača i šmrike prilično velika. Na otvorenijim mjestima ondje se bor od prirode vrlo dobro pomlađuje.

U prirodnoj šumi na sjevernim padinama *Crnog vrha* u višim položajima Borove drage stari su borovi izrazito tanjurastih krošanja te predstavljaju vanrednu prirodnu vrednotu. Ondje ima borova razne debljine. Često su stabla do 60 cm debela i do 12 m visoka. Pod njima ima dosta prirodnog pomlatka (sl. 11).

U *Borovoj drazi* ima od prirode bora sve do kojih 560, a lokalno i do 580 m (sl. 12). Pred kojih 40 g. bilo je pojedinačnih borova sve do ispod Hrnotina. Izvan starih borika postoji prema sjeveru dosta širok pojas prirodno pomlađenog bora u privatnim posjedima. Nastao je naletom sjemena iz susjedne borove šume.

Borici na desnoj strani *Borove drage* proširili su se prema *hrmotinskom putu*. Uz taj put ima bora gotovo od mora pa do kojih 360 m visine. U blizini mora učešće mu je malo, ali već iznad 100 m ima ga sve više. To je područje pokrito gušće ili rjeđe borovima. Iz borova zelenila strše razgoljene glavice i hridine. Kamenitiji tereni narjeđe su obrasli borom. U okolišu puta svi su borici prirodnog porijekla. Čine ih krupnije ili sitnije grupe, često s podstojnim zakržljanim pojedinačnim stabalcima ili grupicama. Na 350 m zabilježili smo više vrlo krošnjatih borova debelih do 60 cm i visokih do 8 cm.

2. Drąga Otinja

Drąga *Otinja* nalazi se nešto sjevernije od *Borove drage*. Zatvorena je s lijeve strane grebenom, kojim prolazi hrmotinski put, a s desne strane grebenom, koji se pruža preko *Borove glavice* (208 m) prema moru. Ona je oko 1 km dugačka, a spušta se prema moru u zapadnom smjeru.

U *Otinji* tvori bor vrlo lijepe i guste sastojine i veće grupe (tab. 2, snimka 2). Često su ondje stabla debela i do 50 cm i preko 15 m visoka (u visini od 180 m). Nalaze se na nešto dubljem tlu. Povezuju se s boricima u *Borovoj drazi* i na padinama *Male Grabove*. Niz *Otinju* ima bora u suvislim sastojinama do cca 100 m,

a naniže pojedince ili u skupovima. I po susjednim padinama i grebenima ima bora u skupovima ili pojedinačno sve do mora, ma da je teren vrlo kamenit i strm. Stabla uz cestu su vrlo krošnjata i deformirana. *Borova glavica* (208 m) i hrbat, koji odanle zatvara na sjevernoj strani *Otinju*, pokriti su narjeđe borom. I ondje je teren vrlo kamenit. Između borova svuda su krupni vapnenački blokovi. Struktura tamošnjih borika upućuje na njihovo prirodno porijeklo.

3. Mala Grabova

Uvala *Mala Grabova* nalazi se sjevernije od *Otinje*. Na njevoj lijevoj padini ima bora počevši od mora pa gotovo do hrmostinskog puta. I ondje tvori bor mjestimice dosta lijepe manje sastojine i grupe. U donjim predjelima, u blizini mora, stabla su mu pojedinačna, narijetka, obično krošnjata i neravna. Nešto po više tvore grupe. Uz uvalu ima bora u grupama i pojedinačno do 360 m. Nastao je prirodnim pomlađenjem. Posvuda se vide grupe, gdje su izmiješani sitniji ili krupniji borovi. Pri uvali i na boljim tlima dolazi jače do izražaja primjesa autohtonih listača. Ondje ima stabala i stabalaca razne debljine i dobi. Struktura im je nejednaka, često nalik na prebornu. Na boljim tlima ima stabala do 40 cm debelih i do 10 m visokih, a na skeletnim glavicama isto toliko debela stabla uzrasla su tek do 4 m visoko.

III. Kita — Marin brižak (ispod Rožanskog vrha)

U sjevernom Velebitu crni je bor najviše rasprostranjen na području između cesta Sv. Juraj—Oltari i Stinica—Alan ili točnije između vrhova na padinama Rožanskog vrha iznad Stinice. Ta nalazišta čine više ili manje kontinuirani niz (sl. 4). Opisat ćemo ih prema važnijim centrima.

1. Borovi vrh (1080 m) s okolišem.

Kompleks crnog bora u okolišu *Borova vrha* bio je nekad mnogo veći. Dokaz za to su ostaci bora po razgoljenim vrhovima i padinama sjeverozapadno, sjeverno, sjeveroistočno i istočno od *Borova vrha*.

Na *Trnovačkom vrhu* (670 m) i njegovim padinama nalazi se pokoji zakržljali samotni bor. To vrijedi i za pašnjačke padine sjeverno od *trnovačkog* puta, gdje ima ponešto i sitnih grmolikih borića (sl. 28). Na *Kiti* (888 m) ima također ponešto osamljenih borova. Na toj razgoljenoj glavici ima pokoji crni bor na istočnim padinama sve do iznad *Rogić-doline*. S južne strane

Rogić-doline nalazi se oveća borova šumica. Ona je pojedinim stablima i grupama više ili manje povezana s boricima u *Borovu vrhu*. Ponešto stabala ima i na zapadnim i sjevernim padinama *Kite*, gdje su ujedno najsjevernija nalazišta bora ovog kompleksa.

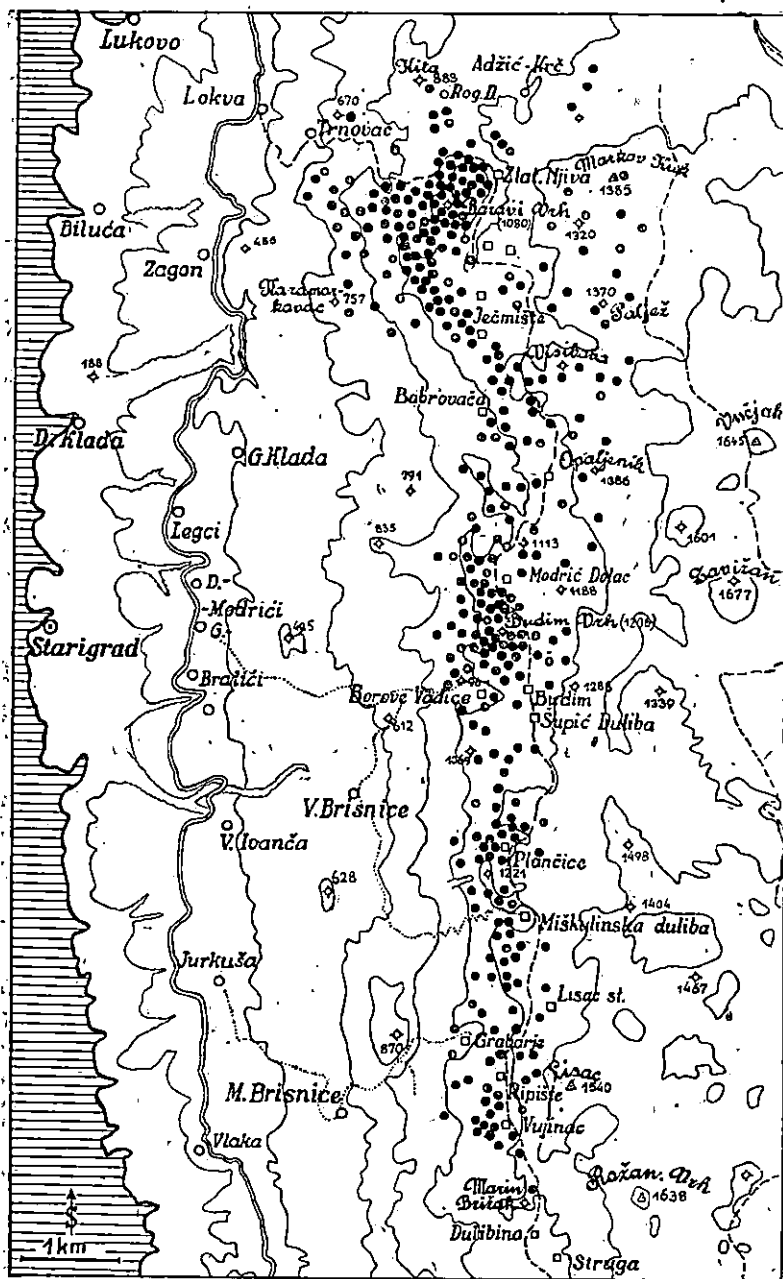
Zlatkina njiva (970 m) — duboka uska udolice sa stanovima žitelja iz *Zagona* i *Klače* — okružena je sa zapadne strane boricom, koji pokriva sjeveroistočne padine *Borova vrha*. Istočna padina udolice gusto je obrasla bukvom. Na padinama sjeverozapadno od stanova ima bora u manjim sastojinama ili grupama. Ima ga ponešto i sjevernije odatle u vrlo skeletnom predjelu zvanom »*Tropale*«.

Bora ima ponešto i na *Lugarskom vrhu* (1212 m), kao i po ostalim glavicama, koje se nalaze između *Markova kuka* i naselja *Markovca*. Gornji dio *Lugarskog vrha* pokrit je djelomično borom, a donje i zaštićene padine bukvom. I tamošnji borovi pripadaju među najsjevernija nalazišta tog kompleksa.

Istočno od *Zlatkine njive* i *Ječmišta* po razgoljenim i škrapovitim gotovo neprohodnim klisurama, glavicama i hridinama češće se pojavljuje bor bilo pojedince ili u manjim skupinama. Ondje ima i ponešto smrče. Donje padine pokriva bukva. Na tamošnjim vrletnim i razgoljenim glavicama raspoznaje se bor iz daljine svojom tamnom bojom i izrazito tanjurastom krošnjom. Ima ga na *Markovu kuku* (1385 m), *Icinu vrhu* (1320 m), *Palježu* (1370 m) i dr.

Na *Markovu kuku* ima ponešto bora na samom vrhu i po gornjim padinama. Ponešto ga ima iznad *Adžić-Krča* i na padinama iznad *Negnjila*. Mnogo više bora ima pri vrhu i po gornjim padinama *Icina vrha*. Na vrhu *Palježa* nalaze se također pojedina stabla i skupovi borova. I ondje ima ponešto smrče, a u vrtčama i gudurama nalazi se bukva. Najviši tereni s crnim borom u sjevernom *Velebitu* nalaze se između *Markova kuka* (1385 m) i *Palježa* (1370 m), dakle zapadno od puta *Oltari—Zavižan*, uz koji dominira bukva. Najviše ga ima na *Icinu vrhu*.

Borovi vrh (1080 m) i njegov neposredni okoliš zaslužuje naročitu pažnju. To je najprostraniji suvisli kompleks borika u Sjevernom *Velebitu*. Stere se prema jugu preko *Pogledala do Visibače*, a prema zapadu pokriva padine počevši od *Zlatkine njive* i *Ječmišta* i proširuje niz primorske strane sve do *Trnovca* i *Karamarkova vrha* (sl. 13). *Borovi vrh* nalazi se u branjevini istog imena. Ona obuhvata kompleks: *Zlatkina njiva—Trnovac—Karamarkov vrh—Babrovača—Pogledala—Ječmište—Zlatkina njiva*. U toj branjevini ima bora — uz manje ili veće prekide — gotovo svuda, izuzevši pojedine oveće predjele na zapadnoj strani. Pokriva površinu od kojih 150 ha.



Sl. - Fig. 4. Nalazišta crnog bora između Kite i Marina briška (Sjeverni Velebit) — Habitats of Austrian pine between Mounts Kita and Marin Brižak in Velebit

Na glavici *Borovi vrh*, kao i na drugim tamošnjim visovima i grebenima stabla su niska i tanjurastih krošnji. Ima ih često do 60 cm promjera i tek do 4 m visokih. U uvalama i zaklonjenijim mjestima stabla su posve normalnog uzrasta. Vrlo krupnih i do 25 m visokih stabala ima napose u predjelu *Splovine*, u uvali između glavnog visa i košanice Božinac. Borici u *Splovinama* pripadaju po obrastu, uzrastu i kvaliteti stabala među najljepše autohtone borike našeg Primorja (sl. 14).

Na sjeverozapadnoj padini *Borova vrha* nalazi se vrlo lijepa sastojina (stabla do 50 cm debela i preko 20 m visoka), koja je 1948. g. jače oštećena požarom. U sloju drveća dominira bor (tab. 2, snimka 5). Prizemno rašće oštećeno je pašom. Na primorsku stranu, a naročito na mjestima zaklonjenijim od bure, primjesa primorskih listača postaje sve veća. Ima predjela, gdje je smjesa bora i listača vrlo povoljna. Sam bor održao se na buri izloženim i najvišim položajima.

Borovi vrh pokrit je sastojinama crnog bora sve do puta: Ječmište-Trnovac. Lokalno ga ima i na pašnjacima sjeverno od puta. Na zapadnim padinama *Borova vrha*, kao i uz put prema Trnovcu supstrat tvori velikim dijelom lako trošivi vapnenac. On je vrlo povoljan za uspjevanje i širenje bora. Na zapad ima crnoga bora do blizine mjesta *Trnovca*, t. j. sve do neko 600 m visine (unutar branjevine). Odanle se stere bor prema *Karamarkovu vrhu*, a zatim na padinama prema *Babrovači* (900 m), gdje pokriva izložene glavice, raskidane hrptove, škrapovite i inače najlošije terene.

Padine brda *Svetinja*, između Babić-dulibe i Adžić-dulibe (stanovi žitelja iz Trnovca) s jedne i Ječmišta s druge strane, obrasle su većim dijelom borom. Kotlinu *Ječmište* (stanovi žitelja iz Lukova) zatvara prema zapadu greben, koji brazdi od *Borova vrha* (1080 m) preko *Pogledala* (1096 m) i *Visibabe* (1341 m). Ta je kotlina u donjem dijelu pokriva bukvom, a u gornjem čistim borovima.

2. *Visibaba (1341 m) s okolišem*

Oko *Pogledala* (stanovi žitelja iz Lukova) u uvalama, docima, vrtačama i inače zaklonjenijim položajima dominira bukva, a više predjele pokriva bor. Bukva pokriva dosta gusto i uvalu *Dulibinu* (njive žitelja iz Lukova i Biluće), uz put prema *Zavižanu*. Na susjednim visovima i padinama *Visibabe* i *Smrčevca* pojavljuje se obilnije smrča. Padine *Visibabe* (1341 m) obrasle su u nižim položajima bukvom, a po kosama i glavicama pojedinih stablima i grupama bora. Teren je veoma skeletan, klisurast i škrapovit. Već iznad 1150 m pojavljuje se u sve većoj mjeri smrča.

Viši predjeli iznad stanova *Babrovača* (907 m) pokriti su većim dijelom borom. Lokalno ga ima ponešto sve do *Babrovače*, ali je znatno oštećen sječom i pašom. U području između *Babrovače* i zapadnih padina *Opaljenika* (1386 m) češće se nalaze borove grupe i grupice. Teren je izlomljen, škrapovit, s dosta vrtača i pretežno razgoljen.

Oko košarice *Šarinac* (1200 m) ima obilno bora. Između košarice i doča *Šarinac* (1100 m) nalazi se rjeđa borova šumica, gdje ima stabala debelih i do 60 cm (tab. 2, snimka 6). Oko doča *Šarinac* (stanovi *Dragičevića* iz Klade) ima obilno bora. Sa sjeverne i istočne strane okružen je taj dolac čistim boricima, a s južne strane bukovom šumicom. I na jugozapadnoj strani ima oko tamošnjih dočiča borovih grupica i pojedinačnih stabala. Po razgoljenim višim padinama i glavicama ima ponešto borova sve do kojih 1300 m. Iznad 1200 m pojavljuje se sve više smrča. U docu *Šarinac* nalazi se vrlo krošnjato stablo običnog jasena. Ono je 120 cm debelo i 25 m visoko, rijedak primjerak jasena uopće, a za tamošnje prilike naročito.

I na kuku iznad *Begovanova stana* ima pojedinačnih borova. Uz puteljak na visini od 1050 m zabilježili smo ondje nekoliko vrlo rodnihi grmova šmrike (*Juniperus exycedrus*). Istočno odatle kao i istočno od *Jasinja* (stanovi *Dragičevića* iz Klade) ima po kukovima i glavicama pojedince ili u grupicama borova sve do kojih 1350 m.

3. *Budim-vrh* (1206 m) s okolišem

U kompleks *Budim-vrha* ubrajamo suvisli niz borovih sastojina i grupa, koje se steru od *kote* 1034 južno od *Babrovače* i *Kuka* (1113 m) kod *Modrić-doca* preko *Matijevičke-glavice*, *Budim-vrha* i *Borovačkog vrha* sve do *Borovih Vodica* i *Šupić-dulibe*. Po grebenu, koji se uzdiže od *kote* 1034 prema *Kuku* kod *Modrić-doca* i prema *Matijevičkoj glavici* ima borovih većih i manjih grupa i grupica. Po istočnim padinama *Kuka* u blizini stana *Martina Đevčića* nalazi se oveća grupa i više osamljenih borova. Kod tog stana postoji suhovrha 1,20 m debela bukva. Tu se češće susreće i obični jasen, a ponešto i trepetljika. Oko *Modrić-doca* ima svuda bora (tab. 2, snimka 7). Istočno ga ima tek tu i tamo po skeletnim terenima sve do kojih 1300 m. S južne strane okružen je *Modrić-dolac* gustom borovom šumom, koja se onamo spušta niz padine *Budim-vrha*. Donje zaštićenije i zasjenjenije padine gusto su obrasle bukvom. Zapadno odatle ima svuda na vjetru izloženim terenima obilno bora.

Bor pokriva greben, koji se preko *Matijevičke glavice* povezuje s *Budim-vrhom*. Ima ga ponešto i niz padine prema *Fran-*

čici (835 m) i *Raskršinama*, gdje raste u mješavini sa submediteranskim listačama.

Budim-vrh (1206 m) pokrit je gustom borovom šumom, izuzevši manji dio na sjevernoj strani, kao i pojedine krupnije vapnenačke blokove (sl. 15 i 16).

Na istočnim padinama *Budim-vrha* iznad dočića *Balinovac* (stan M. Bralić) ima borova debelih do 70 cm, kao i više grupa gustog mladika razne visine. Ondje se nalazi i *najljepša* borova sastojina čitavog područja. Predstavlja rijetku prirodnu tvorbu. Nalazi se u visini od 1130 m (tab. 2, snimka 8). To je čista, dobro sklopljena, sastojina crnog bora. Zaprema površinu od cca 3 ha. Stabla su do 50 cm debela i do 20 m visoka. Krošnje su im male, a debela jedra, ravna i bez grana. Skelet je pretežno pokrit humoznim tlom i slojem mrtvog pokrova (iglice). Okoliš dočića *Balinovac* okružen je sa zapadne strane gustom borovom sastojinom. Bor se naseljuje i po okrajcima tamošnjih njiva. Ima ga svuda zapadno, a ponešto i istočno od puteljka. Češće ga ima po susjednim kamenitim terenima i do kojih 1300 m.

Jugoistočne padine *Budim-vrha* pokrivaju raznodobne sastojine. Ondje je vrlo lijepa sastojina odraslih borova (do 50 cm, do 20 m). Uzrasla je na vrlo kamenitom terenu. Međutim, između kamenih blokova razvilo se prilično tla. Sjeverno od *Budim-stanova* (Rogići, 1100 m) nalazi se oveća borova sastojina (stabla debela do 30 cm i visoka do 10 m). I zapadno od *Budim-stanova* nalazi se oveća gusta borova šuma (tab. 2., snimka 9; sl. 17). Istočno i južno od stanova dominira u njihovu okolišu bukva, a kod stanova ima i običnog jasena. Na glavicama i hridinama *Opaljenika* (1399 m), istočno od stanova, ima tu i tamo pokoji kržljavi bor. U višim predjelima sve se više pojavljuje smrča. Po uvalama i zaštićenijim položajima dominira bukva. *Borovački vrh* pokrit je pretežnim dijelom sa svih strana borom.

Oko *Borovih Vodica* (950 m), gdje se nalazi nekoliko stanova Modrića iz Velikih Brisnica, ima obilnije crnog bora. *Borove Vodice* okružene su većinom mlađim borovim sastojinama i grupama. Ondje ima ponešto bora i na padinama ispod 900 m. Bor se stere od *Borovih Vodica* posvuda po zapadnim padinama *Borovačkog vrha*. Uvala neposredno iznad *Borovih Vodica* u većem je dijelu obrasla borom. Ondje ima i bukve. U blizini raskršća putova istočno od *Borovih Vodica* nalazi se oveća bukova panjača.

Sedlo kod *Šupić-dulibe* (1100 m), na podnožju *Borovačkog vrha*, obraslo je borovom šumicom. Tu ima stabala debelih i do 60 cm i visokih do 20 m. Obično su vrlo krošnjata. Šumicu čine grupe i skupine rijetka obrasta. Ima ondje i krupnijih soliter-nih stabala, kao i grupa prirodnog pomlatka. U sloju drveća ima ponešto i bukve.

3. Plančice s okolišem

Ovdje imamo u vidu terene između *Šupić-dulibe* i *Stanova Lisac*. Nešto južnije od *Šupić-dulibe* tamošnji brežuljci i glavice zapadno od puteljka pokriti su borom. Po uvalama i zaklonjenim padinama dominira bukva. Južno od Borovih Vodica ima bora na *Opaljenom vrhu* (1069 m) i njegovim zapadnim padinama (prema Velikim Brisnicama). Isto to vrijedi i za druge tamošnje glavice i grebene. Inače na području između *Šupić-dulibe* i *Plančica* ima bora tek ponešto po razgoljenim padinama do kojih 1250 m. Ondje dominira bukva. Nalazi se na vrlo kamenitim i škrapovitim vapnenačkim terenima.

U *Plančicama* (1120 m), gdje su stanovi Modrića iz Velikih Brisnica, ima obilnije bora. Ima ga po susjednim glavicama, kukovima i njihovim padinama (sl. 18 i 19). Po ravnijim terenima s nešto debljom zemljanom naslagom dominiraju gušće i oveće borove grupe (tab. 2, snimka 10). Bora ima i po kukovima kao i višim padinama između *Plančica* i *Velikih Brisnica*. Na terenima istočno od *Plančica* dominira bukva, a ima ponešto i bora. Po visu *Škver* ima grupa i pojedinih stabala smrče. Južno od *Plančica* nalazi se bukova sastojina s tek nešto smrče. Na padinama *Pećine* (1227 m) ima obilno bora.

Neposredno uz stanove *Miškulinska duliba* (1200 m) nalazi se bukova šuma, a po kukovima istočno odatle ima dosta smrče. Po kukovima, grebenima i glavicama, kao i njihovim padinama zapadno, jugozapadno i sjeverozapadno od tih stanova ima obilno bora (sl. 20).

Po hrptovima i glavicama između *Miškulinske dulibe* i *Stanova Lisac* bor je dosta čest. Po najvećim visovima pridružuje mu se i smrča. U uvalama i zaštićenijim mjestima dominira bukva. Ona se lokalno razvila u odrasle sastojine (s obiljem borovnice). I na najvećem tamošnjem vrhu (*kota 1314*) ima bora i smrče.

Na pašnjacima kod *Stanova Lisac* (1250 m) nalazi se veći broj izrazito planinskih elemenata. *Stanovi Lisac* (žitelji iz Jurkuše) okruženi su s istočne i južne strane gustom bukovom šumom, a po glavicama i grebenima učestvuje sve više smrča. Ona se pojavljuje ponešto već odmah iznad stanova. Bora ima obilno zapadno od stanova. Tvori veće ili manje grupe (tab. 2, snimka 11). Ima ga na izloženim glavicama ponešto i do kojih 1350 m (sl. 21). Na primorsku stranu ima bora po tamošnjim kukovima i po višim padinama oko *Plana* (1150 m), kao i iznad *Grabarja* (830 m).

4. Padine Lisca i Rožanskog vrha

Na zapadnim padinama Lisca ima bora u okolišu stanova: Ripišta i Vujinac. On dominira na grebenima i glavicama. Na zaklonjenijim mjestima dominira bukva. Razvila se lokalno i u krupne stare sastojine. Napose to vrijedi za predjel između Stanova Lisac i Ripišta. U višim predjelima pa prema vrhu Lisac dominira sve više smrča.

Kod Ripišta (1150 m) ima grupa mlađeg i starijeg bora, kao i borovih grupa nejednake strukture. Naročito obiluju borom kukovi i glavice zapadno od Ripišta (sl. 22 i 23), kao i njihove padine prema Grabarju i Malim Brisnicama do kojih 900 m. Bor je ondje dobrog vitaliteta. Pojedina stabla su do 60 cm debela i do 15 m visoka. Tlo pokriva pretežnim dijelom planinsko bilje (tab. 2, snimka 12). Ono je vrlo kamenito. Istočno od Ripišta učešće je bora manje, ali ga ima sve do kojih 1300 m.

Poljce Vujinac (1150 m), gdje se nalaze stanovi žitelja iz Ivanče i Malih Brisnica, zatvoreno je sa zapadne i južne strane grebenom obraslim većim ili manjim borovim grupama i grupicama (sl. 24). Na padinama iznad Malih Brisnica ima bora obilnije iznad 900 m. Neposredno oko poljca i po poljcu Vujincu: ima nekoliko stotina borovih stabala. Istočno od poljca naglo se uzdiže Lisac (1545 m). U nižim položajima ima ponešto bora do kojih 1300 m, a u višim dominira smrča.

Kod Ripišta i Vujinca formirane su lokalno, na prisojnim padinama šumice međunca s crnim grabom, gorskim javorom, javorom gluhačem, rašeljkom i mukinjom. Uz njivice u Ripištu i po poljcu Vujincu zabilježili smo: obični jasen, javor gluhač, ogrozđ, planinsku ribizlu, klečicu i planinsku sominu, medvjede grožđe, trniku (*Rhamnus intermedia*), krušvicu, planinske ruže, pasje grožđe i dr.

Padina od Vujinca do Marina briška (1268 m), gdje se nalaze posljednji crni borovi, obrasle su bukovom sastojinom, u kojoj ima primiješanog običnog jasena, javora gluhača i mukinje.

Marin brižak nalazi se zapadno od Rožanskog vrha (1638 m), između Vujinca i Stanova Struge. Na Marinu brišku ima među tamošnjom dominantnom bukvom nekoliko smrčovih, kao i nekoliko borovih stabala. Smrče su krzljave i napadnute ušenjem (*Chermes viridis*). I crni bor je lošeg uzrasta. Na otvorenijim mjestima zabilježili smo i nekoliko primjeraka bora krivulja. Po tamošnjim udolicama prevladava bukva, a na prisojnim padinama dominira crni grab i mukinja s mnogo visokoplaninskih elemenata. Odatle pa naviše svuda po tamošnjim visovima ima sve više smrče. Na Rožanskom vrhu obilno ima bora krivulja. U nižim položajima kao i u čitavom okolišu do Alana dominira bukva.

Nalazišta crnog bora u Sjevernom Velebitu prikazana su na sl. 1—4. Odatle vidimo, da je bor raširen na prilično *prostranom* kompleksu, iako mu je ukupno *učestće razmjerno maleno*. S obzirom na biološka svojstva bora i njegove ekološke odnose ovdje se svakako radi u autohtonim nalazištima. Usku iskonsku povezanost bora s dotičnim krajem dokazuju nam i brojni nazivi, koji su postali prema tome drvetu. To su: Borovo, Borova glavica, Borova draga, Borovi vrh, Borovački vrh, Borove Vodice, Borovište, Borovčevo brdo, Borovača glava, Borovača glavica, Borovački Pod, Borovci, Borovnik i t. d.

Iz opisa nalazišta i crteža na sl. 1—4 vidimo, da se crni bor u Velebitu nalazi u *nekoliko* posve *odijeljenih* areala. Na području između Senjske drage i Lisca, a po svoj prilici i južnije odatle bilo je nekad daleko *većih* i *suvislijih* kompleksa prirodnih šuma crnoga bora. Zanimljivo je, da mu sada na području od Marina briška s jedne i Višerujna i Paklenice s druge strane, dakle na dužini od kojih 60 km, nema ni traga. Već je spomenuto, da je *Degen* zabilježio crni bor u području Kozjih vrata, t. j. oko 4,5 km južno od Alana, u predjelu, koji pripada u Srednji Velebit. On izričito navodi, da tog bora nema između Kozjih vrata do Višerujna, na dužini od 50 km. Odatle vidimo, da ga je za *Degenovo* vrijeme bilo ponešto u okolišu južno od Alana. Da ga je moglo biti i južnije od Marina briška, upućuju nas nazivi, kao Borovčevo brdo (1579 m), Borovača glava (1554 m), Borovača glavica (1283 m), zatim Borovci ili Borovački Pod, koji se nalaze do 10 km južnije od zadnjih borova na Marinu brišku, na padinama Rožanskog vrha.

Od posebnog su interesa podaci o nalazištima crnog bora u *Senjskoj drazi*. Prije 190 godina bilo je — prema podacima, koje je prikupio *Kosović* — u *Senjskoj drazi* crnog bora na 1.088 k. j., ali tek po 10 stabala na k. j. *Seckendorff* se 1881. g. poslužio *Wesselyjevim* podacima, po kojima je na Vratniku iznad Senja crni bor tvorilo u visini od 158 do 632 m na podlozi melafira dobro razvite grupe i šume. I prema *Becku* bile su 1901. g. padine *Senjske drage* u visini od 250—600 m pokrite sastojinama crnoga bora. Prirodne sastojine crnog bora u *Senjskoj drazi* spominju *Degen*, *Fekete* i *Blattny*, *Borbas*, *Puscharsky*, *Rossi* i dr.

Kako vidimo iz starije literature, u *Senjskoj drazi* nalazili su se prije prostrani kompleksi pokriveni crnim borom. Oni su ondje postojali još u vrijeme, kad se u Primorju nisu vršila umjetna, pošumljivanja. Prema tome već su onda u *Senjskoj drazi* postojale autohtone borove šume.

U *Senjskoj drazi* postojali su donedavno ostaci autohtonih crnih borova. Bivši čuvari tamošnjih šuma sjećaju se, da je pred 25 godina autohtonih borovih krupnih stabala bilo u predjelu između *Križa* (250 m) i *Lopaca* (400 m). Nalazili su se po tamošnjim pašnjačkim površinama, uglavnom na škrljjevcima. I između *Lopaca* i *Sv. Mihovila* (600 m) nalazio se pokoji krupniji bor. To su posljednji ostaci autohtonih crnih borova u *Senjskoj drazi*. Sad su ondje uglavnom jednakodobne sastojine i grupe crnog bora, koje su nastale umjetnim putem. U *Senjskoj drazi* započelo je pošumljivanje crnim borom prije nego igdje drugdje u Hrv. Primorju (oko 1878. g.). Razgoljena mjesta po tamošnjim branjevinama, a vjerojatno i po ostalim terenima, gdje su se narijetko nalazili stari i oštećeni borovi, pošumljena su sadnjom biljaka. Starih borova, koji su i onako bili oštećeni istesivanjem trešćica za luči, nestalo je. Uklonjeni su, da ne smetaju mladim nasadima.

Autohtoni crni bor održao se u *Senjskoj drazi* samo u području *Bórova*. Međutim i u okolišu *Bórova*, napose *Rončević-dcca*, bilo je prije 20—30 godina po gornjoj padini prema koti 468 u šumi *Sijaset* mnogo više starih borova nego danas. Danas ondje postoje tek ostaci nekadanjih borovih skupina i grupa, koji su i dalje znatno potiskivani od autohtonih listača. Očito je, da će u skoroj budućnosti nestati odanle i tragova crnom boru, jer se u gustoj autohtonoj lisnatoj šumi ondje ne će moći održati njegov pomladak.

I borove šume u području *Sv. Jurja* zapremale su nekad, bar u višim predjelima, veći kompleks. Stariji ljudi pamte, da se bor ondje sterao sve do *Hrmotina*. Prije kojih 40 godina bilo je starih autohtonih do 50 cm debelih crnih borova i uz njive tik sela *Hrmotina* (cca 600 m). Iz bližeg okoliša tog sela bor je posve nestao i nema mu ni traga sve do početka uvale, koju čini *Borova draga*.

Prema *Degenu* padine bujice *Borova draga* bile su pošumljene crnim borom. Iz toga, međutim, ne slijedi, da su svi borici ondje nastali umjetno. Ondje je bor autohton na velikoj površini, a pri uređenju bujice oko 1883. g. razgoljeni tereni bili su pošumljeni borom.

I inače bilo je prirodnog bora više u tamošnjem okolišu. Prema podacima, koje je prikupio *Kosović*, bilo ga je oko 1764. g. kod *Bilopolja*, *Rače*, *Bobovišta*, *Rakite*, *Malog Stoca*, u *Vlaškoj drazi*, *Grabovi* i *Borovoj drazi* na 730 jutara. Kod *Rače*, *Bobovišta*, *Rakite*, *Malog Stoca* i u *Vlaškoj drazi* nema autohtonom boru ni traga, a ni sjećanja na njega. Od posebnog su interesa borici u *Velikom* i *Malom Rastovčiću*, južno od *Bilopolja*, u gornjem dijelu branjevine *Piškulje*. Oni se nalaze na južnoj padini

Čardak-glave (793 m) i zapadnoj padini Lipova vrha (963 m), jugozapadno od sela Orije (kod Volarica), u visini od cca 750 m. Tu ima borova debelih preko 50 cm (sl. 25). Nalaze se na boljem tlu. U Malom Rastovčiću nalazi se gusta cca 1,5 ha velika borova sastojina, gdje su stabla 20—40 cm debela i do 15 m visoka. U Velikom Rastovčiću postoji isto takva oko 3 ha velika sastojina. Najkrupniji bor debeo je 55 cm i visok oko 16 m. U tom području raste isto grmlje i prizemno rašće kao u gornjem predjelu Borove drage (češće ima i *Daphne alpina*). Smatra se, da su ti borici umjetnog porijekla, a nastali su pošumljivanjem prije 65 godina. Međutim, to ne isključuje mogućnost, da su i ondje postojali narijetko i autohtoni stari borovi, o čemu svjedoče sjećanja starih ljudi.

U području borova areala između Kite i Lisca odn. Marina briška stere se crni bor u dužini od kojih 12 km. Širina tog areala znatno varira. Najveća je u području između Markova kuka i Trnovca, gdje iznosi oko 3,5 km. Uzmemo li, da prosječna širina iznosi 1,2 km, to taj areal zaprema površinu od cca 1500 ha. Unutar njega ima velikih kompleksa, gdje se nalaze tek pojedina krupnija ili sitnija stabla i stabilca, koja svjedoče o nekadašnjem daleko većem rasprostranjenju bora nego što je to danas. Tako se održalo njegovih pojedinačnih stabala i skupova na Trnovačkom vrhu, Kiti, Lugarskom vrhu, Markovu kuku, Icinu vrhu, Palježu, Opaljeniku, iznad Modrić-doca, Budimstanova, Šupić-dulibe, Plančić (Škver), Miškulinke dulibe, Lisacstanova i po padinama Lisca. I niz primorsku stranu zadržao se tu i tamo pokoji bor ili skupina borova. I oni svjedoče o nekadašnjem mnogo većem i potpunijem rasprostranjenju te vrste u onome kraju.

U pogledu areala crnoga bora na Velebitu bio je od presudnog značenja u nizu stoljeća požar. O čestim i opsežnim požarima na području tog areala i njegovu okolišu svjedoči nam više naziva kao što su: Palež, Paljež, Opaljeni vrh, Opaljenik, Opaljene strane i dr. Požarom su uništavane borove šume u čitavom kompleksu vjerojatno i po više puta. Kobno je bilo za tu vrstu, ako se požar pojavio u doba kada nije bilo razvitog sjemena. U tom slučaju požar je uništavao do temelja borove sastojine. Na njegovu mjestu ostali su ili posve goli tereni ili su se ondje, ako se radilo o povoljnim ekološkim uvjetima, razvijale autohtone lističe. Ako je požar harao s jeseni ili ranije u proljeće, dok je bilo na stablu češera i u njima zrela sjemena, on je dođuše uništio djelomično ili sasvim stare borike, ali su se paljevine pošumile sjemenom. Zbog toga imademo u tome području ovčih površina pokrivenih često boricima *regularnog* oblika. Isto tako prirodnom obnovom na lošijim terenima, gdje su se održala na-

rjeđe starija stabla, nastale su borove grupe gotovo *prebornog* oblika, jer se pomladak pojavio između stabala, koja su preostala nakon požara.

Crni se bor održao na Velebitu pod teškim životnim prilikama. Da se on ondje i pored nepovoljnih uslova dobro obnavlja, vidimo to i danas na kompleksima, gdje se od prirode širi (sl. 26 i 27). Tako se kod Rončević-doca bor sam od sebe proširuje u smjeru bure, niz Ujča-dragu. Njegov prirodni pomladak zapaža se u daljini od preko 1 km podalje od autohtonih borova. I u području Borove drage vidimo u gornjem predjelu da se bor od prirode dobro širi. On se ponešto proširio sam od sebe i s desne strane Grabove. Prirodno se proširio ponešto i na pašnjačkim površinama između Trnovca i Zlatkine-njive, kod Ječmišta, Babrovače, u području Balinovca, kod Budim-stanova, Šupić-dulibe, kod stanova Lisac, Ripište i Vujinac. I inače nestankom autohtonih lisnatih šuma nastale su u Primorju skeletne i skeletoidne površine, kamenjare, gdje se od prirode najlakše naseljavao bor. Na tim terenima može se bor razviti u čiste sastojine ili grupe, ali u daljoj budućnosti tu se autohtone listače ponovo naseljuju i postepeno istiskuju i istisnu bor.

Kako vidimo, današnji lokaliteti crnog bora u Velebitu čine očito preostatak nekad daleko *suvislijeg* areala i veće međusobne *povezanosti* njegovih iskonskih nalazišta.

EKOLOŠKI ODNOSI — ECOLOGICAL CONDITIONS

Ekološki odnosi crnog bora u Sjevernom Velebitu napose su od interesa u pogledu klimatskih i pedoloških prilika, geomorfoloških odnosa, kao i raznih biotskih utjecaja.

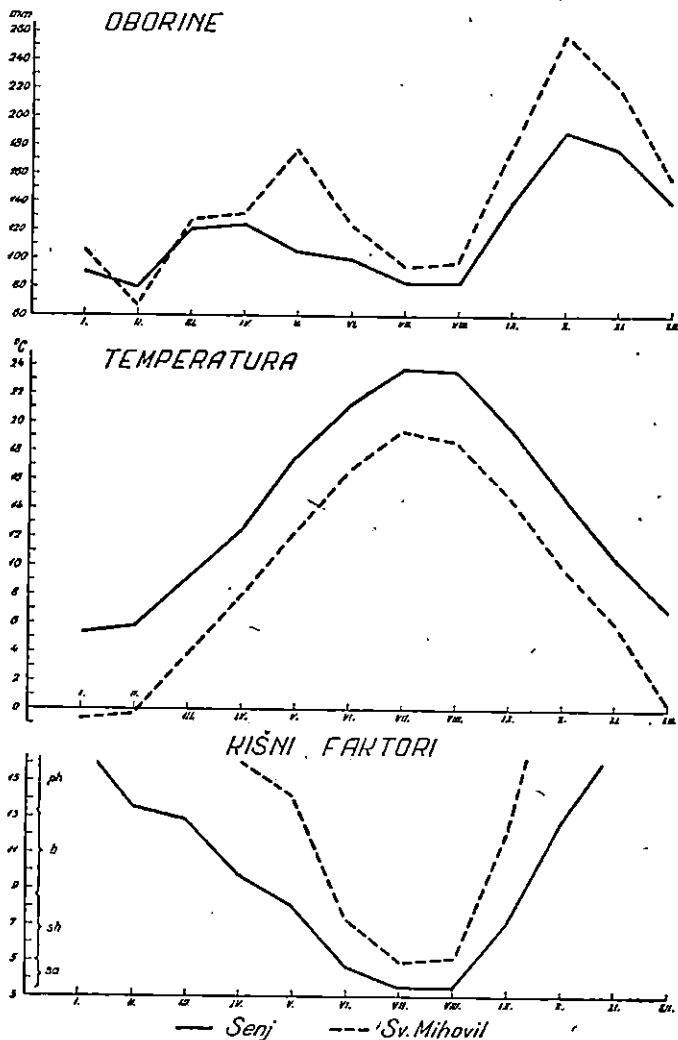
Klimatski odnosi — Climatic conditions

U području areala crnog bora u Sjevernom Velebitu postoje velike razlike s obzirom na klimatske prilike. One znatno diferiraju napose s obzirom na temperaturu i vlagu. Šume crnog bora žive pod vrlo ekstremnim klimatskim odnosima.

Temperatura. Unutar područja, gdje raste crni bor, kreće se godišnja izoterma, prema *Kovačeviću*, između 12 i 14^o C, siječanjska između 2 i 4^o C, a srpanjska između 22 i 23^o C.

Temperaturne odnose za pojedine mjesece moguće nam je dati samo za *Senj* (7 m) i *Sv. Mihovil* (595 m), za koje postoje meteorološki podaci. Oni su prikazani na tabeli 1 i sl. 5. Dakako, da su temperature za viša nalazišta daleko niže. Međutim, temperaturni odnosi na nalazištima bora i inače su u stvari mnogo *nepovoljniji* nego što nam mogu pokazati meteorološki podaci, jer se većinom radi o vrlo izloženim, suhim i kamenitim tereni-

ma, gdje su razlike u ekstremnim temperaturama velike, t. j. zagrijavanje i ohlađivanje naglo i intenzivno. Napose su u višim



Sl. - Fig. 5. Mjesečne oborine, temperature i kišni (pluviotermički) faktori za Senj i Sv. Mihovil — Monthly data for precipitation, temperature and pluviothermal factors for Senj and Sv. Mihovil near Senj

položajima razlike u dnevnim temperaturama prilično velike. Ondje su u ljetnim mjesecima dani žarki, a noći hladne. S obzirom na nalazišta ubrajamo crni bor među termofilno drveće, ali s prilično širokom temperaturnom amplitudom.

Meteorološki podaci — Meteorological data

Tab. 1

Naziv stanice Station	Nadm. vis. m Altitude m.	Period	Klimatski faktori Climatic data	Mjesec — Average monthly data												God. sred. Yearly mean
				I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
Senj	7	1906 — 1940	Oborine mm Precipit. in mm	91	80	119	121	105	100	83	83	140	190	177	140	1429
			Temperatura °C Temperature °C	5.3	5.9	9.2	12.5	17.6	21.2	23.8	23.6	19.7	15.0	10.5	6.9	14.3
			Kišni faktori Pluviothermal factors	17.21	13.6	12.9	9.7	6.0	4.7	3.5	3.5	7.1	12.7	16.9	20.3	—
		1873 — 1937	Naoblaka Cloudiness	5.4	5.3	5.2	5.2	4.7	4.0	2.9	2.7	3.9	5.0	5.4	5.9	4.6
		1933 — 1939	Insolacija sati Insolation	83.7	121.0	151.9	189.0	207.7	267.0	334.8	270.0	213.9	132.0	105.4	66.0	2147
Sv. Mihovil	620	1927 — 1940	Oborine mm Precipitation in mm	107	67	125	129	176	122	95	97	179	259	222	156	1734
			Temperatura °C Temperature °C	-0.7	-0.3	3.9	8.0	12.4	16.7	19.3	18.6	14.9	10.0	6.0	0.3	9.1
			Kišni faktori Pluviothermal factors	..	..	32.1	16.1	14.2	7.3	4.9	5.2	12.0	25.9	37.0	520.0	—
Biljevine	991	1923 — 1932	Oborine mm Precipitation in mm	115	111	170	171	222	186	131	125	231	283	307	173	2225

Vlaga. I oborine su u području areala crnog bora prilično raznolične, kako možemo zaključiti iz podataka iz najbližih oborinskih stanica. Godišnje izohijete iznose, prema *Margetiću*, između 1400 i 2500 mm. Najviše oborina pada u jesen (X i XI), a najmanje u ljetnim mjesecima. Ljetne suše redovna su pojava. Razlika u oborinama između pojedinih godina dosta je velika. Dakako da su oborine mnogo povoljnije u području viših nalazišta, jer su i općenito i za vrijeme ljetnih mjeseci obilnije.

U nižim položajima snijega ima razmjerno malo i kratko se zadržava. U višim položajima snijeg traje duže i padne u nešto većim količinama.

Zračna vlaga u nižim je nalazištima relativno malena do osrednja, a u višim visoka i prema tome za bor povoljnija. Prema *Juričiću* godišnje izohigre za relativnu zračnu vlagu iznose ondje oko 70—80%. Najnepovoljnije je stanje u tom pogledu za ljetnih mjeseci, a napose u srpnju. Obilje zračne vlage u borovim grupama viših položaja (cca 1200 m) vidi se po velikom učešću lišajeva (*Usnea barbata* i dr.).

S obzirom na vlagu možemo općenito reći, da u području borova areala vlada prilična oskudica vode. To je vezano i sa geološkom građom i geomorfološkim karakteristikama njegovih terena. Izvorne vode ima samo kod Križa u Senjskoj drazi, u Sv. Jurju, između Ječmišta i Pogledala (Žive Vodice), kod Opaljnika (Živa Vodica) i u Borovim Vodicama.

Svijetlo. Borova nalazišta Sjevernog Velebita pripadaju u primorsko vedro područje, gdje godišnja izonefa iznosi, prema *Letniku*, oko 5. Najmanja je *naoblaka* u VII—VIII mjesecu. Za Senj ona tad iznosi 2,9 i 2,7. Trajanje *insolacije* vrlo je veliko. Za Senj ono iznosi oko 2150 sati godišnje, prosječno dnevno u toku godine 5,9 sati, a najduže traje u julu (10,8 sati dnevno). Podaci o insolaciji sadržani su u tab. 1. Bor većinom raste na dobro osvijetljenim mjestima, tako da u nižim položajima prima velike količine svijetla. Međutim, ima ga i na lokalitetima, gdje je direktno svijetlo umanjeno (sjeverne blaže padine). U višim položajima ukupni stepen osvijetljenja nešto je manji zbog veće naoblake.

Vjetar. U području borovih nalazišta vjetar je vrlo važan faktor. Napose to vrijedi za *buru*, koja je u hladnijem dijelu godine vrlo česta i duva vrlo velikom snagom i jakim udarcima. To je hladni sjeveroistočnjak, koji u zimskim mjesecima može da traje i po nekoliko tjedana. Na burovitim mjestima može on da u mahovima dosegne brzinu i od 50 m/sek. U razdoblju od 1905. do 1915. g. u Senju je otpalo na buru 61%, a u Sv. Mihovilu 63% od svih vjetrova (2). I *jugo* može da ima u Sjevernom Primorju vrlo veliku snagu. To je jak, topao i vlažan vjetar. Prilično je

snažan i sjeverozapadni vjetar zvan »maistral«, koji je najjači u zimskim mjesecima.

Crni bor postoji i na mjestima izloženim vrlo jakim vjetrovima, gdje nijedno drugo drvo ne može izdržati. Takva su mu nalazišta kod Borova, na Borovoj glavici i susjednim grebenima, u gornjoj česti Borove drage, na Kiti, Lugaarskom vrhu, Markovu kuku, Icinu vrhu, Palježu, Visibabi, Borovu vrhu, Opaljeniku i mnogo drugih glavica, grebena i klisurastih terena. Svi su oni izloženi vrlo jakim udarcima vjetrova.

Rasporedaj drveća na terenu jasno nam pokazuje, kako se ono odnosi prema vjetru. Bukva se nalazi na posve zaklonjenim, zasjenjenim i svježijim mjestima. Primorske listače održale su se također na zaklonjenijim, ali toplijim položajima. Najizloženije terene zauzeo je bor. U višim položajima na vjetrovitim položajima sve se više pojavljuje smrča.

Petrografska-geološki supstrat — Petrographical-geological substratum

Iz geoloških karata Senj—Otočac i Karlobag—Jablanac vidimo, da nalazišta crnog bora u Sjevernom Velébitu postoje na više geoloških supstrata. U *Senjskoj drazi*, i to u okolišu Križa i donjeg dijela Borova pa do Lopaca podlogu čine *norički dolomiti* i *crveni lapori*. Od Lopaca (400 m) pa do Sv. Mihovila (600 m) nalazi se oveće područje *dijabaznog porfirita*. Tu su se prije nalazile prirodne, a danas su umjetne sastojine crnog bora. Samo u *Borovu*, na istočnim padinama *Paškvanovca* (471 m) i po gornjem vijencu Senjske drage sjeveroistočno od *Rončević-doca* održao se dosada autohtono bor. Tu čine podlogu *jurski tamni vapnenci* i *dolomiti* srednjeg i gornjeg lijasa.

Nalazišta kod *Sv. Jurja* leže na crnim i sivim *vapnencima* i *dolomitu gornje jure*. Isto to vrijedi i za nalazišta, koja se steru od *Kite* pa sve do *Marina briška* (ispod Rožanskog vrha). Pojas glavnog geološkog supstrata sjeverno-velebitskih crnih borova, t. j. pojas *gornje jure* (s crnim i sivim vapnencima i dolomitima) stere se od donjeg dijela Senjske drage pa prema jugu u pojasu širokom nekoliko km. Od Senja do *Sv. Jurja* stere se on do mora.

Donji rub tog pojasa uzdiže se od *Sv. Jurja* do blizine *Volarica*, zatim iznad *Čardak-glave* (793 m) i preko *Kite* (888 m), prolazi padinama između *Borova vrha* i *Trnovca*, zatim padinama zapadno od *Babrovače* i *Budim-vrha*, *Borovih Vodica* i *Plančica* i zapadno od *Marina briška*, *Struga* i t. d. *Gornji rub* tog pojasa uspinje se od *Paškvanovca* (471 m) preko *Hrnotina* (600 m), *Oltara* (900 m) i nešto zapadnije od *Božina plāna* (1162 m), istočno od *Markova kuka* (1384 m), *Palježa* (1373 m) i *Visibabe* (1341 m) prolazi zapadnim padinama *Zavižana* (preko kote 1403 i 1466),

te ide preko Golog vrha (1670 m), gdje postiže najveću visinu, a zatim se pruža preko Konačišta (1283 m) i dalje prema jugu. Ispod tog pojasa stere se pojas *donje krede*, a iznad njega pojas *jure*, i to srednjeg i gornjeg lijasa.

U pojas *donje krede* (sa sivim i masivnim brečama) pripadaju nalazišta crnog bora u području *Trnovačkog vrha*, zapadnih padina *Kite*, oko kote 872 zapadno od Borova vrha, iznad *Karamarkova vrha* (757 m), *Raskršina*, *Borovišta*, *Grabarja*, te u području *Ripišta* i *Vujinca*. Međutim, učešće je crnog bora u tom pojasu veoma maleno. Ovamo pripadaju i borovi u području *Malog* i *Velikog Rastovčića*.

U području *jure*, i to srednjeg i gornjeg lijasa, pripadaju borova nalazišta gornjeg dijela *Borova*, u Senjskoj drazi, te ponešto borovi iznad *Visibabe* i po susjednim padinama.

Pedološki odnosi — Pedological conditions

Crni se bor nalazi pretežno na skeletnim i skeletoidnim smeđim primorskim karbonatnim tlima. Supstrat čine vapnenci i dolomiti. Većinom se tu radi o smeđem tlu kamenjara različitog reljefa i strukture, gdje postoji čitav niz prijelaza između ljutih do blagih kamenjara. Na razgoljenim klisurastim, grebenastim ili glavičastim terenima skelet je gotovo apsolutan; on je krupno gromadast i pokriva pretežni dio površine, a u njegovim pukotinama nalazi se ponešto kamene rastrošine sa zemljom. Na blažim padinama skelet je sitnije gromadast i izbija više ili manje na površinu, a između kamenja razvilo se tlo s vapnenačkom ili dolomitnom rastrošinom. Postoje i tla s debljim stratima vapnenačke trošine, kao što je to u predjelu Meltada u Borovoj drazi i uz put Trnovac—Ječmište. I na najbolje razvitim tlima često izbija na površinu živac kamen.

Degradacija je na tamošnjim tlima u velikoj mjeri napredovala, tako da se vrlo često u okolišu borova vidi samo golo kamenje. Tek pomnijim pregledom može se ustanoviti, da u dubljim stratima između kamenih blokova i unutar kamenih pukotina ima prilično zemlje izmiješane sitnim kršjem, kamo prodire borovo korijenje.

Na zaštićenijim položajima i u sklopljenim sastojinama tlo se dosta brzo razvija. Pridonosi tome obilje iglica, koje bor odbacuje, a koje se ondje brzo rastvaraju. U dobro sklopljenim sastojinama humusni površinski sloj može biti prilično debeo. Takvih sastojina ima *lokalno* u Borovu, gornjem dijelu Borove drage, u Otinji, Grabovoj, Borovu vrhu (napose Splovine), u području Budim-vrha (Balinovac), Borovih Vodica, Šupić-dulibe, Plančica, Ripišta i Vujinca. Ako je površinski sloj deblji,

u višim položajima lako u njem dolazi do ispiranja i zakiseljivanja. U uvalama i uvalicama između grebena Borovi vrh—Vujinac i susjednih istočnih padina, a i drugdje, održao se mjestimice bor i na dubljem tlu (okrajci obradivog zemljišta i pašnjaka).

Površinski sloj tla borovih nalazišta ima alkaličnu do slabije kiselu reakciju. Koncentracija vodikovih iona iznosi:

Lokalitet	pH u H ₂ O	pH u n-KCl
Rončević dolac (450 m)	7,80	7,33
Otinja draga (160 m)	7,88	7,41
Borova draga (480 m)	7,41	7,23
Balinovac (1120 m)	6,39	5,65

Crni bor vrlo dobro raste i od prirode se dobro proširuje na skeletoidnim tlima, u kojima ima dosta sitnog kamenog kršja, odnosno rastrošenog kamenja izmiješanog sa zemljom. Takvu rastrošinu ondje zovu »grušina«. Vrlo mnogo primjera o dobrom uspijevanju i prirodnom širenju bora na takvim terenima nalazi se u čitavom području, gdje raste bor. Takva je velikim dijelom šuma Borovo kod Rončević-doca, veliki dio Borove drage, Otinje i padina Male Grabove, znatan dio Trnovačkog vrha i Kite, Borova vrha, Budim-vrha, okoliša Budim-stanova i Plančica, zatim Ripišta i Vujinca. Na takvim se terenima bor duboko zakorjenjuje. To mu pomaže da lakše izdrži sušu. Pri pošumljivanju u onom kraju, a i drugdje u Hrvatskom Primorju, iskustva su pokazala, da su takvi tereni prikladniji za održanje crnog bora nego dublja ilovasta tla. Čini se, da na takvim tlima bor naglo i duboko razvije svoju korijenovu mrežu. U dubljem ilovastom tlu korijenje se sporije razvija u dubinu pa lakše strada od ljetnih suša.

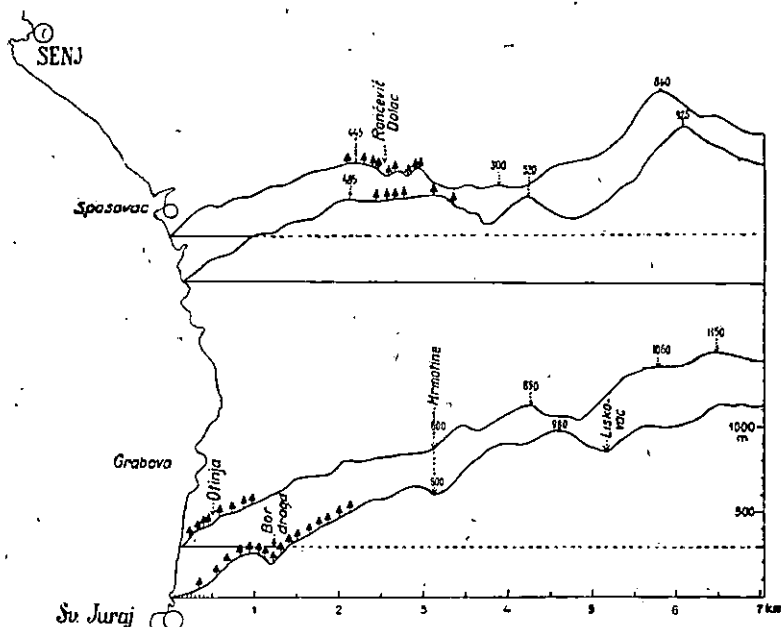
U području Rončević-doca, Male Grabove, Borove drage, uz put Trnovac—Ječmište, na padinama Borova vrha, kod Balinovca, Budim-stanova, Plančica, Vujinca i dr. uvjeti su za razvitak crnog bora s obzirom na pedološke prilike često vrlo povoljni. Na rastrošinama vapnenca bor se dobro prirodno pomlađuje i na taj se način pored raznog oštećivanja dobro održava (slika 28).

Geomorfološki odnosi — Geomorphological features

Geomorfološki odnosi borovih nalazišta zanimljivi su ne samo s obzirom na velike diferencije u *nadmorskim visinama* nego i s obzirom na vrlo raznoličan *oblik terena*. Bor se nalazi na padinama raznih *ekspozicija* i *nagiba*, a obilno ga ima i po glavicama, hridinama i klisurastim terenima.

Kod Sv. Jurja raste crni bor gotovo neposredno uz more, a na padinama ispod Zavižana i Rožanskog vrha ima ga lokalno i do 1400 m. Tvori sastojine i grupe kako u nižim, t. j. toplijim, tako i u hladnijim položajima visokim i preko 1200 m.

U Borovu kod Senja nalazi se bor djelomično po blažoj viscravni, a djelomično po strmijim ili blažim padinama, od kojih su neke sjeveroistočne i sjeverne, a neke istočne. Sve su izlo-

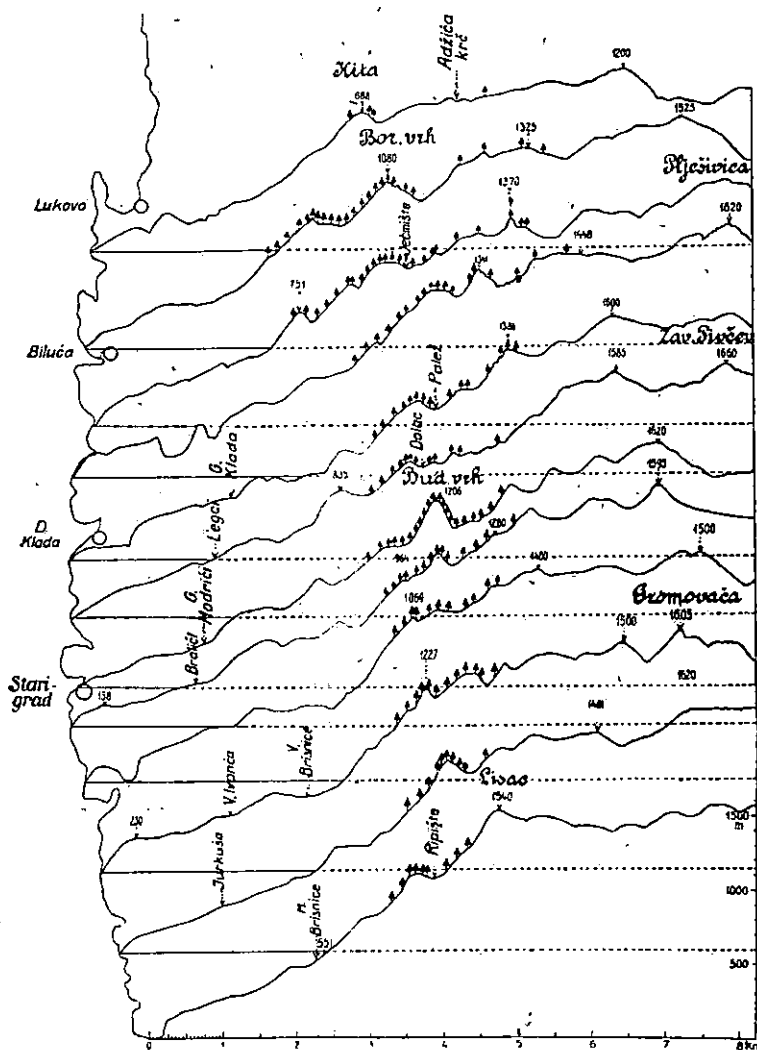


Sl. — Fig. 6. Crni bor na profilima kroz Rončević-dolac, Otinju i Borovu dragu kod Sv. Jurja. Profili u smjeru Z-I — Austrian pine on profiles through Rončević-dolac near Senj and Otinja and Borova Draga near Sv. Juraj. Profiles in the direction W-E

žene buri. Sjeveroistočne su blažeg, a ostale većeg nagiba. Oblik terena borovih nalazišta kod Sv. Jurja pokazuje velike razlike. Ondje ima bora u uvalama, po grebenima, glavicama, kao i po padinama raznih ekspozicija i nagiba (sl. 6).

Na području između Kite i Lisca treba s obzirom na oblik terena lučiti centralne i periferne lokalitete. Glavna nalazišta odnose se pretežno na greben, koji se izdiže na zapadnim padinama zavižanskog i rožanskog skupa, a stere se počevši od Borova vrha (1080 m) uz veće ili manje prekide do Vujinca i Marina briška (1268 m). Greben čine: Borovi vrh (1080 m), visovi između Babrovače i Ječmišta, Kuk iznad Modrić-doca (1113 m), Matijevića glavica, Budim-vrh (1208 m), Borovački vrh, Opaljani vrh

(1069 m), vrhovi oko Plančica, Pečina-vrh (1227 m), vrhovi kod stanova Lisac, Ripište i Vujinac. Taj greben tvore kraći kameni



Sl. — Fig. 7. Crni bor na 12 profila između Kite i Lisca. Profili u smjeru Z-I — Austrian pine on 12 profiles between Mounts Kita and Lisac in Velebit. Profiles in the direction W-E

hrptovi, veći ili manji bregovi, glavice, klisure i hridine. Između njih i susjednih padina, koje se dižu prema velebitskim visovima, nalaze se dulibe i dulibice, doći i doćići s njivama i njivicama, vrtovima i vrtićima, kao i ljetnim stanovima.

Periferna su nalazišta po rastrganim visovima, razgoljenim glavicama, kukovima, klisurastim terenima i njihovim padinama. To su lokaliteti pojedinih stabala, skupova ili grupica. Ima ih na Kiti (888 m), Lugarskom vrhu (1212 m), Markovu kuku (1385 m), Icinu vrhu (1320 m), Palježu (1373 m), Visibabi (1341 m), Opaljeniku (1356 m), padinama zavižanskih vrhova (1402 i 1406 m), padinama Lisca (1545 m) i Rožanskog vrha. Periferna nalazišta postoje tu i tamo i na primorskoj strani spomenutog grebena (sl. 7).

S obzirom na geomorfološke odnose vide se velike razlike kod raznih vrsta drveća u području nalazišta crnoga bora. Na izloženim terenima, gdje stalno duvaju vjetrovi i gdje je vrlo jaka insolacija, održava se jedino bor. I inače on preferira prisojne *ekspozicije*. Zaklonjenije i toplije primorske padine, koje su izvrgnute jakoj insolaciji, pokrivaju primorske listače. Na zaklonjenim padinama s više svježine i vlage u zraku i tlu nalazi se bukva. Ona dolazi do prevlasti samo u višim položajima. Izuzetak čini Senjska draga, gdje bukve ima niz uvalu sve do kojih 250 m. To je ujedno i tipičan primjer šumsko-vegetacijskog obrata, koji je uvjetovan ekološkim faktorima.

Inklinacija nije važan faktor u nalazištima crnoga bora. On raste na padinama raznog nagiba. Održava se na vrlo strmim klisurastim terenima, a ima ga i na blažim padinama. U prvom slučaju raste uglavnom sam, a na blaže nagnutim terenima dolaze lokalno do izražaja i druge vrste drveća.

Biotiski utjecaji — Biotic influences

Biotiski utjecaji na području areala crnog bora u Sjevernom Velebitu vrlo su veliki i traju intenzivno više stoljeća. Već smo spomenuli, da je ondje od odsudne važnosti bio u nizu proteklih vjekova *požar*. I danas su borove sastojine izvrgnute štetama od požara. Požar je vrlo važan faktor s obzirom na opstanak i proširenje crnog bora. U čitavom kraju njegov prirodni areal znatno je poremećen utjecajem požara. U području Borova vrha na ovčim kompleksima i sada su opaljeni pridanci borova i po nekoliko metara visoko. Veće štete prouzročio je ondje požar u veljači g. 1948. I inače se u tamošnjim boricima često vide tragovi prizemnog požara. U Rastovčiću prizemni je požar 1946. g. zahvatio u jačoj mjeri borike. Dakako da je požar u znatnoj mjeri poremetio iskonsko prizemno rašće. I danas je požar stalna opasnost borovih šuma.

Čovjek je i inače dosta utjecao na promjenu borova areala u Velebitu. Na ravnijim terenima čovjek je *iskrčio* bor i ondje

uzgaja poljodjelske kulture (ječam, zob, krumpir, repu, kupus). Na zaravancima, tavancima, docima i dulibama nalaze se njive, njivice i ljetni stanovi. Nema gotovo ni pedlja obradive površine, gdje nije uklonjen bor. Bor se održao samo na terenima, koji ne dolaze u obzir za uzgoj poljodjelskih kultura.

Dakako da se i pašom nanose krupne štete tamošnjim borovima. Iskonska vegetacija u sloju prizemnog rašća i grmlja time je znatno poremećena. Osim toga pomladak bora pritome znatno strada. Stoka ogriza (brsti) borove biljke na pašnjacima (sl. 28) i odraslim borovima.

Čovjek je i sječom stabala kroz decenije mijenjao sliku velebitskih borika. Borovina mu je služila kod podizanja kuća, stanova i gospodarskih zgradica. Ona dobro dolazi u obzir na stalno suhim mjestima. Inače zbog velike bjelike brzo trune.

U čitavom arealu krupne štete čini čovjek na boru istesivanjem *treščica za luči*. Time je oštećeno na čitavom kompleksu mnogo stabala. Mnogo ih je zbog toga uginulo. Česta je ondje pojava, da tako oštećena stabla prelomi vjetar.

U području Borova i Borove drage borovi su često izvrgnuti štetama od *gusjenica* (*Thaumetopoea pityocampa*, *Lophyrus rufus*, *Evetria buoliana* i dr.). Iako se radi na suzbijanju tih šteta, one su prilično velike. Kudikamo su otporniji na štete od *kukaca i bolesti* borovi viših predjela. I u Borovu vrhu se mogu zapaziti zapreci borova četnjaka, ali u kudikamo manjoj mjeri nego u nižim položajima. Borovi u Budim-vrhu i Borovačkom vrhu posve su zdravi i otporni.

Osvrt na ekološke odnose — Survey of the ecological conditions

Već je istaknuto, da crni bor raste pod prilično raznoličnim ekološkim uvjetima. Ima ga od prirode u blizini mora pa dalje sve do visova od 1400 m. Već odatle slijedi, da su nalazišta blizu mora drugačijih ekoloških odnosa nego što je to u većim visinama. Bor se nalazi zapravo na najlošijim terenima. Ima ga tamo, gdje drugo drveće ne bi moglo izdržati zbog nepovoljnih vanjskih utjecaja. Amplituda ekoloških faktora unutar borovih nalazišta prilično je široka. To je i razlog, što se to drvo pored nepovoljnih životnih uvjeta i raznih štetnih biotskih utjecaja ondje održalo.

U nalazištima bora ljeto je veoma dugačko i žarko, a zima vjetrovita i kišovita sa čestim snijegom, koji relativno brzo okopni. Tereni borovih lokaliteta vrlo su kameniti, plitki, s veoma često ekstremno degradiranim tlom, razne ekspozicije i nagiba, s velikom insolacijom i vrlo snažnim i čestim vjetrovima.

U smislu *Pavarijeve* razdiobe (20) lokaliteti crnog bora u Sjevernom Velebitu steru se između Castanetuma toplijeg tipa pa do Faġetuma i Picetuma. Ariditet odnosno humiditet klime ovdje je veoma različit. Kako vidimo iz tab. 1 i sl. 5, semiaridnu vruću klimu imaju u smislu *Gračaninove* razdiobe u Senju (7 m) VI, VII i VIII, a u Sv. Mihovilu (595 m) nema nijedan mjesec. Semiaridnu toplu klimu ima samo VII mjesec u Sv. Mihovilu. Semihumidnu toplu klimu ima u Senju V i u Sv. Mihovilu VIII, a humidnu toplu u Senju IV, IX i X i u Sv. Mihovilu VI i IX mjesec. U višim se položajima stepen humiditeta naglo *povećava*, te se bitno razlikuje prema stepenu humiditeta nižih položaja.

Velebitski crni bor živi pod vrlo nepovoljnim ekološkim uvjetima. Ondje su njegove životne prilike vrlo teške, kao i inače u području nalazišta submediteranskog crnog bora. S obzirom na ekološke odnose još su među cenozama crnog bora *nepovoljnija* jedino nalazišta *dalmatinskog* crnog bora. Međutim, unutar nalazišta submediteranskog crnog bora, kamo ubrajamo velebitska nalazišta, postoje znatne razlike s obzirom na temperaturu, oborine, zračnu vlagu i dr. Unutar šuma submediteranskog crnog bora postoji očito *toplji* i *hladniji* pojas.

BIOLOŠKE OSOBINE — BIOLOGICAL CHARACTERS

Crni bor posjeduje vrlo povoljna biološka svojstva. Može da živi pod nepovoljnijim životnim uvjetima nego ijedno drugo drvo. Održi se i na ekstremno lošim staništima. Tvori sastojine i grupe kako u *nižim* i toplijim predjelima, tako i u položajima *visokim* i preko 1200 m. Lijepe sastojine i grupe tvori već u Otinji i donjoj česti Borove drage, dakle blizu mora. Vrlo lijepe i oveće sastojine tvori u *Borovoj drazi* u visini od kojih 200—500 m. I u *Borovu* tvori bor lijepe grupē. U području između *Borova vrha* i *Vujinca* suvisle sastojine i grupe nalaze se često u visini od 900—1200 m. Takvih sastojina ima u Borovu vrhu (naročito u Splovinama), kod Pogledala, Šarinca, zatim u području Budim-vrha (naročito Balinovac), Borovačkog vrha, kod Budimstanova, na Plančicama i lokalno kod stanova Lisac, Ripište i Vujinac.

Na zaklonjenijim terenima i inače povoljnim staništima bor se razvija kao vrlo *lijepo* i *vrijedno* šumsko drvo. Na izloženim glavicama, grebenima, klisurastim padinama i hridinama borovi su *loša* uzrasta, tanjuraste, zbijene, jednostrane ili inače nepravilne krošnje; deblo im je krivo, kratko i nepravilno. Ondje ima stabala koja su po više stotina godina stara, a tek su nekoliko metara visoka. Prema *Wesselyju* bio je već 1876. g. crni bor kod Sv. Jurja većinom kržljava uzrasta. Sa 40 godina završavao je:

svoj glavni prirast i izrastao tek oko 6,5 m visok i 21—26 cm debeo. I sada jugoistočno od Borova, na južnom vijencu Senjske drage, stara pojedinačna stabla jedva su 4—5 m visoka i izrazito tanjurastih krošanja. Na Borovoj glavici i inače uz put od Sv. Jurja prema Hrmotinama ima stabala, koja su i do 60 cm debela, a tek 4 m visoka. Uz njih ima stabala cca 1—2 m visokih, a starih 20—30 godina. Na glavicama, grebenima i kamenitim padinama u području između Kite i Vujinca lokalno su stabla također preko 60 cm debela i tek 4—5 m visoka. Ona su tanjurastih krošanja i preko 150 godina stara.

Na povoljnijim staništima razvija se bor u stabla *normalnog* debela i krošnje. U Borovu, kod Rončević-doca, tvori stabla vrlo dobrog uzrasta i debljine preko 60 cm. U Borovoj drazi, na padinama Crnog vrha, nalaze se krupna (do 60 cm debela) stabla dugačkih debala, ali tipičnih tanjurastih krošanja. Njihov normalan razvoj u visinu onemogućuju jaki vjetrovi. Najljepše sastojine crnog bora nalaze se na području Borova vrha, Budim-vrha, Borovačkog vrha, Budim-stanova i Plančica. U Splovinama kod Borova vrha tvori bor guste stare sastojine, u kojima ima stabala do 1 m debelih i do 25 m visokih. Najelitniju sastojinu tvori bor u predjelu Balinovac na Budim-vrhu. I ondje ima stabala debelih do 70 cm. Sve su te sastojine uglavnom *regularnog* oblika.

Velebitska crna borovina slabije je kvalitete, jer joj je *bjelika* obično vrlo *velika*. Na 150-godišnjim stablima u Borovom vrhu našli smo, da otpada na bijel 70 godova. Kod Ripišta je jedno 50-godišnje stablo bilo 30 cm debelo, a bjelika mu je zapremala više od polovice promjera.

Na kamenitim i vjetru izloženim terenima tvori bor čiste sastojine, a na boljim staništima često su mu primiješane listače (crni grab, crni jasen, javor gluhač i dr.). Ubrajamo ga među *fotofilno* drveće, ali s *većom tolerancijom* zasjene. Stepen tolerancije *zavisi* o morfološkim osobinama terena i uzrastu, gustoći i sklopu starih stabala. Na grebenima i glavicama obraslim najrjeđe odraslijim borovima grupe prirodnog pomlatka održe se daleko duže ispod starijih stabala nego što je to u sklopljenim i odraslijim sastojinama i grupama. Radi toga se na skeletnim, škrapovitim terenima lokalno formiraju grupe nejednake, više ili manje *preborne strukture*. Takvih slučajeva ima lokalno u Borovu, Grabovi, Otinji, Borovoj dragi, Borovu vrhu, Budim-vrhu, Borovačkom vrhu, kod Ripišta i Vujinca. Inače se na boljim tlima razvijaju grupe *regularnog* oblika.

U čitavom se području crni bor *od prirode* vrlo dobro *razmnožava*. Njegov pomladak pojavljuje se i podalje od matičnih stabala. Naročiti vitalitet pokazuje na blagim kamenjarama s ra-

strošinom vapnenca i dolomita, kao što je to kod Rončević-doca, u gornjem dijelu Male Grabove i Borove drage, između Trnovca i Ječmišta i dr.

Crni bor vrlo je otporan na vanjske utjecaje. Biljke izdrže dugotrajna oštećenja od bršćenja. Starija stabla imaju debelu koru pa manje stradavaju od prizemnog požara. Razvija vrlo veliku korijenovnu mrežu i žilu srčanicu. To mu omogućuje veliku otpornost prema vjetru. Odatle mu i mogućnost održanja na ekstremno lošim, skeletnim terenima.

S obzirom na njegova biološka svojstva ubrajamo crni bor među *najotpornije* primorsko drveće. U vezi s njegovom izdržljivosti od velike je važnosti i činjenica, da on pripada među drveće, koje *najmanje* transpirira. Izdrži visoke ljetne temperature, dugotrajne suše, znatnu insolaciju i vrlo snažne vjetrove.

FITOCENOLOŠKI ODNOSI — PHYTOCOENOLOGICAL RELATIONSHIPS

Današnje stanje vegetacijskih odnosa u šumama crnog bora na Velebitu posljedica je čitavog kompleksa faktora, od kojih jedni djeluju i sada, a drugi su vezani na dalju prošlost. Vegetacijski odnosi tih šuma vrlo su zanimljivi, iako se ne može povući posve jasan sud o njihovim fitocenološkim karakteristikama. To dolazi velikim dijelom odatle, što se borove sastojine i grupe nalaze pod velikim utjecajem paše i požara. Mnoge prizemne biljke, koje su u tom pogledu možda od bitnog značenja, ne mogu se uočiti, jer su uništene pašom i požarom. Prikupljeni materijal *ne daje* nam prema tome *dovoljno sigurnosti* kod raznih zaključaka. U tom pogledu potrebne su detaljnije studije.

Zanimljivo je, da ni Beck nije mogao kod šuma crnog bora utvrditi stabilnije vegetacijske karakteristike, iako su u ono doba te šume bile potpunije i bez manjeg utjecaja antropozoičkih faktora. Prema podacima iz 1894. g. Beck nije imao pravu predodžbu o vegetacijskim odnosima primorskih šuma crnog bora. Držao je, da u litoralnoj zoni crni bor raste s mediteranskim elementima. To isto držao je i za nalazišta bora u Paklenici. U Senjskoj drazi (na *Vratniku!*) Beck je 1901. g. studirao formaciju crnog bora i primijetio u sloju grmlja obilje *Cytisus nigricans*, koji je inače smatrao karakterističnim za bosansku hrastovu šumu. Ondje je u borovoj šumi našao Beck 26 biljaka iz bukove formacije, 12 iz krške, 7 iz bukove i krške i 5 iz drugih formacija. Uspoređivanjem sa šumama crnog bora u Bosni i Srbiji Beck nije našao nigdje karakterističnih pratilaca. Nije našao u šumama crnog bora nijedne biljke, koja ne bi bila u kojoj drugoj šumskoj zajednici.



Sl. — Fig. 8. Crni bor u šumi Borovo u Senjskoj drazi, F.: Kauders 1928. — Austrian pine in the forest Borovo near Senj (1928)



Sl. — Fig. 9. Crni bor u gornjem dijelu šume Borovo u Senjskoj drazi, F.: Anić, 1952. — Austrian pine in the upper part of the forest Borovo near Senj (1952)



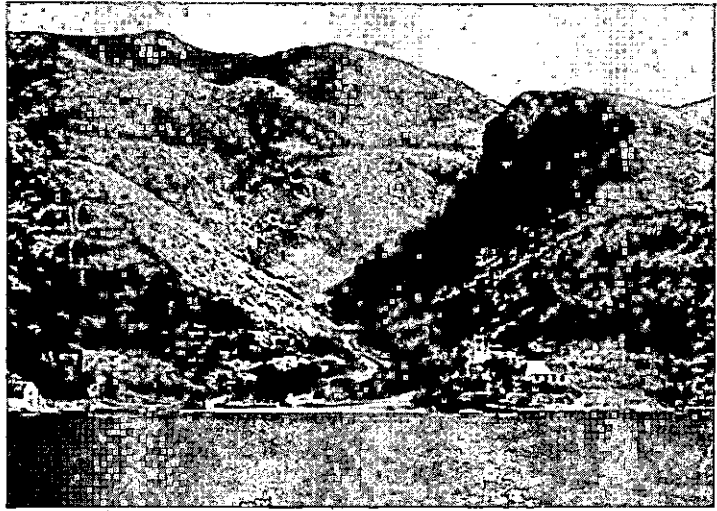
Sl. — Fig. 10. Crni bor kod Rončević-doca. F.: Anić 1952. — Austrian pine in the neighbourhood of Rončević-dolac near Senj (1952)



Sl. — Fig. 11. Stara sastojina crnog bora u Borovoj drazi (500 m) kod Sv. Jurja. F.: Anić 1951. — An old stand of Austrian pine in Borova draga (500 m) near Sv. Juraj (1951)



Sl. — Fig. 12. Crni bor na istočnom rubu Borove drage. F.: Anić 1951. — Austrian pine on the eastern border of Borova draga near Sv. Juraj (1951)



Sl. — Fig. 13. Pogled od Lukova Otočkog na sastojine crnog bora u Borovom vrhu. F.: Anić 1951. — A view from the Lukovo Otočko on the stands of Austrian pine in the Borovi vrh (1951).



Sl. — Fig. 14. Guste sastojine crnog bora u predjelu Splovine u Borovu vrhu. F.: Anić 1950. — Dense stands of Austrian pine in Borovi vrh (1950)



Sl. — Fig. 15. Budim-vrh (1206 m) pokrit sastojinama crnog bora. F.: Anić 1950. — Budim-vrh covered with stands of Austrian pine (1950)



Sl. — Fig. 16. Orijaško stablo crnog bora na jednom obronku Budim-vrha, F.: Anić 1950.
— A giant tree of Austrian pine on the Budim-vrh (1950)



Sl. — Fig. 17. Šuma crnog bora kod Budim-
stanova. F.: Anić 1950. — A forest of
Austrian pine near Budim-stanovi. (1950)



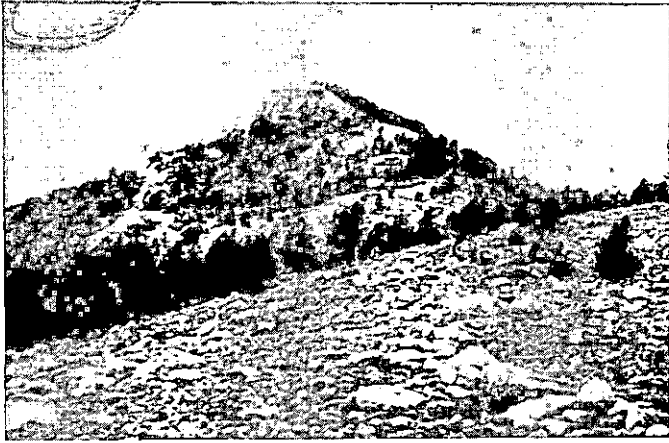
Sl. — Fig. 18. Crni bor na skeletnoj glavici sjeverozapadno od
stanova, Plančice. F.: Anić 1950. — Austrian pine on a skeletal
hill-top near Plančice. (1950)



Sl. — Fig. 19. Crni bor na skeletnom terenu zapadno od stanovna Plančice. F.: Anić 1950. — Austrian pine on a skeletal terrain near Plančice (1950)



Sl. — Fig. 20. Crni bor na kukovima jugozapadno od Miškulinške dulibe. F.: Anić 1950. — Austrian pine on the stony terrains near Miškulinška duliba (1950)



Sl. — Fig. 21. Crni bor i smrča na glavici kod stanova Lisac (1250 m). F.: Anić 1950. — Austrian pine and spruce on a stony hill-top near Lisac-stanovi (1950)



Sl. — Fig. 22. Crni bor na padinama sjeverozapadno od stanova Rapište. F.: Anić 1950. — Austrian pine near Rapište (1950)



Sl. — Fig. 23. Crni bor na padinama jugozapadno od stanova Ripište. F. Anić, 1950. — Austrian pine near Ripište (1950).



Sl. — Fig. 24. Crni bor na padinama zapadno od stanova Vučinac. F. Anić, 1950. — Austrian pine near Vučinac (1952).



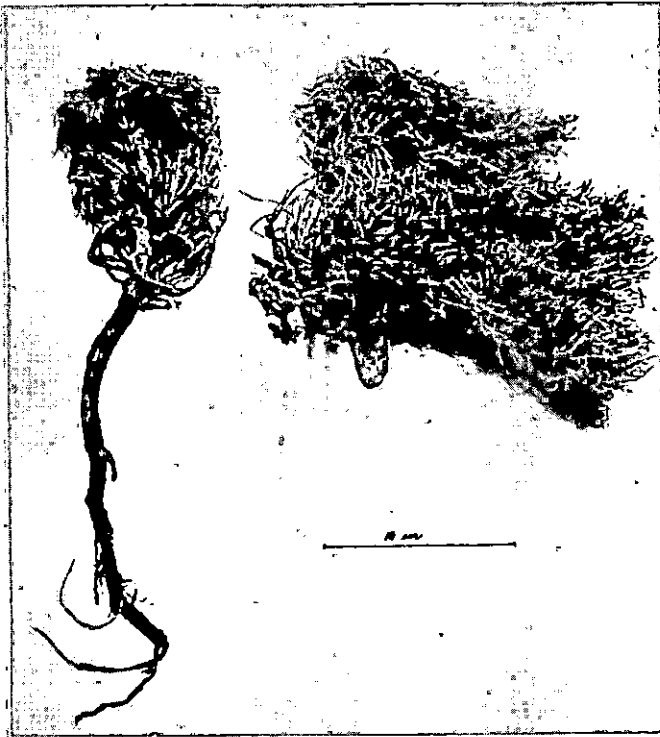
Sl. — Fig. 25. Crni bor u području Rastovčića.
F.: Anić 1952. — Austrian pine in the region
of Rastovčić (1952)



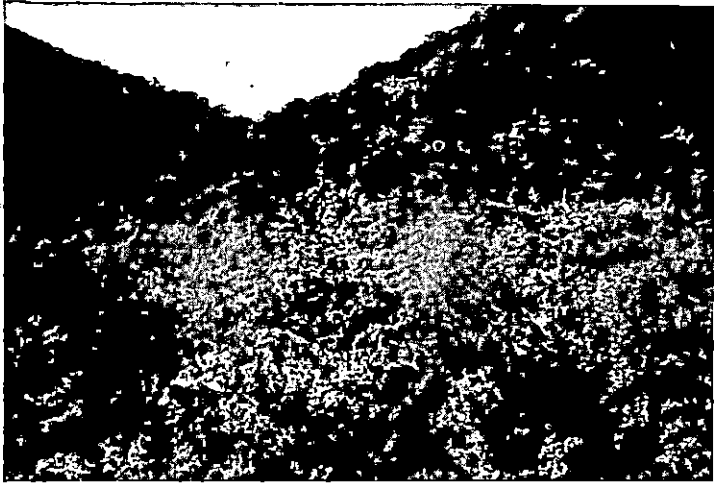
Sl. — Fig. 26. Prirodno proširenje crnog bora u Rastovčiću. F.:
Anić 1952. — Natural spreading of Austrian pine near Rastovčić
(1952)



Sl. — Fig. 27. Prirodno prošireni crni bor na pašnjacima kod Rončević-doca. F.: Anić 1952. — Natural spreading of Austrian pine on the pastures near Rončević-dolac (1952)



Sl. — Fig. 28. Bršćenjem deformirane biljke crnog bora na pašnjaku iznad Trnovca (750 m). Lijevo cca 20 godina stara biljka sa 42 vrha, desno cca 20 godina stara biljka sa cca 120 vrhova. Orig. 1950. — Austrian pine deformed through overgrazing on pasture near Trnovac (750 m). On the left side is a ca. 80-year old tree with 42 tips; on the right side is a ca. 20-year old tree with ca. 120 tips (1950)



Sl. — Fig. 29. Crni bor potisnut autohtonim lisnatim drvećem u Borovu. F.: Anić 1952. — Austrian pine suppressed by autochthonous sub-Mediterranean deciduous trees in Borovo near Senj (1952)



Sl. — Fig. 30. Autohtone submediteranske listače naseljene u borovu rijetku sastojinu u Paškvanovcu u Senjskoj drazi. F.: Anić 1952 — Sub-Mediterranean deciduous trees spread in a rarely stocked stand of Austrian pine in the neighbourhood of Paškanovac near Senj (1952)



Sl. — Fig. 31. Autohtone submediteranske listače proširene na ranijem lokalitetu crnog bora u Borovu vrhu. F.: Anić 1950.
— Sub-Mediterranean deciduous trees spread into the locality of Austrian pine in Borovi vrh (1950)

Balen-1928. g. općenito tvrdi, da u sastojinama crnog bora rastu elementi iz makije, što za velebitske borike ne vrijedi. Šuma crnog bora, koju opisuje Horvatić 1928. g., odnosi se na šumu dalmatinskog crnog bora. Ona se i tretira u oblasti mediteranske vegetacije. Međutim, šume velebitskog crnog bora razlikuju se od spomenute šume crnog bora daleko više nego, što je istaknuto u opisu. U njima ne učestvuju mediteranski vazda zeleni elementi, odnosno elementi makije. One pripadaju u oblast submediteranske vegetacije. Od interesa je Kaudersovo upozorenje iz 1933. g. na osebniju asocijaciju *Pinetum fraxinetosum* u Senjskoj drazi (Borovo), koju čine crni bor i crni jasen.

Prema Horvatu 1949. g. zajednica crnog bora, koja je raširena u Velebitu, Ličkoj Plješivici i Kapeli, nije još dovoljno istražena. Opći pregled o fitocenološkim odnosima borovih šuma kod nas dao je Horvat 1950. g. Odatle se vidi, da to pitanje iziskuje opsežniji studij. Međutim, od interesa je Horvatova konstatacija, da se šume crnog bora na Velebitu i Biokovu razlikuju po florističkom sastavu od borovih šuma kopnenih krajeva. Isto tako od interesa je i opis slovenske šume bora s trobridom žutilovkom (*Pineto-Genistetum januensis* Tom.), jer je po florističkom sastavu i ekološkim odnosima dosta slična velebitskoj šumi crnog bora. U slovenskoj šumi u sloju drveća dominira, doduše, obični bor, koji na drugim mjestima zamjenjuje crni bor. Slovenska cenoza živi također pod najekstremnijim klimatskim prilikama, t. j. na suhim, strmim i kamenitim, dolomitnim i vapnenačkim obroncima. I to je pionirska zajednica, koja u povoljnim uvjetima prelazi u šumu medunca i crnog graba.

U tabeli 2 navedeno je bilje, koje smo zabilježili u boricima počevši od 160—1250 m visine. Odatle vidimo, da unutar areala crnog bora u Sjevernom Velebitu postoje prilično *velike razlike*. Napose to vrijedi za sloj grmlja, a pogotovu za sloj prizemnog rašća. U svim slojevima nalazimo mnogo vrsta, koje susrećemo u susjednim međunčevim šumama ili njihovim degradacijskim oblicima. Izlučenjem vrsta *toplijih* i vrsta *hladnijih* predjela jasno je izraženo, da unutar areala postoje dva pojasa: *topliji* i *hladniji*.

Fitocenološki sastav u šumama crnog bora zavisi u velikoj mjeri o sklopu sastojine i dubljini tla. U dobro sklopljenim sastojinama dolazi razmjerno brzo do tvorbe površinskog humusnog sloja tla, što se dobro odražava u sastavu prizemnog rašća. U sastojinama rjeđeg sklopa prevladaju biljke, koje susrećemo i u degradacijskim oblicima susjedne međunčeve šume.

U sloju prizemnog rašća postoje i unutar sastojina *istih* reljefnih odnosa *velike razlike*. Dok se na jače degradiranim tlima susreće izrazito *kalCIFilno* bilje, u sastojinama sa debljom povr-

Tab. 2

FITOCENOLOŠKI PODACI — PHYTOCOENOLOGICAL DATA

LOKALITET — LOCALITY	Borovo kod Rontević-doca	Otinja	Borova draga	Borova draga	Borovi vrh	Sarlnac	Modrić dolac	Balinovac	Budim-stanovi	Piančice	Stanovi Lisac	Ripište	Stepen učesća Frequency
Broj snimke — No. of sample - plot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Veličina snimke · m ² — Size of plot in sq. m.	1200	1800	1600	2000	1800	1200	120	1800	1500	1600	900	1200	
Elevacija m — Altitude in m.	450	160	300	500	990	1150	1053	1130	1080	1150	1250	1180	
Ekspozicija — Aspect	N	W	N	NW	NW	SW	NO	OSO	SO	SSW	SO	SE	
Inklinacija — Gradient	15	10	15	18	20	15	18	15	10	8	15	15	
I. SLOJ DRVEĆA — TREE STORY													
Pokrovnost — Cover	7	7	6	7	7	6	6	9	8	7	6	6	
<i>Vrste čitavog područja — Species of the whole area</i>													
<i>Pinus nigra</i> Arn.	7.4	7.4	6.4	7.4	7.4	6.4	5.4	9.5	7.4	7.4	6.4	5.4	V.
<i>Acer obtusatum</i> Kit.	+	+	+	.	+	+	1.2	.	.	.	+	(+)	III.
<i>Prunus mahaleb</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	III.
<i>Sorbus aria</i> Cr.	.	.	.	+	.	+	.	.	+	.	.	.	III.
<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	II.
<i>Fraxinus ornus</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	II.
<i>Quercus pubescens</i> Thuill.	.	.	+	.	(+)	.	+	.	.	.	.	.	I.
<i>Acer campestre</i> L.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	I.
<i>Quercus cerris</i> L.	.	.	.	.	.	.	(+)	.	.	+	.	.	I.
<i>Vrste toplijih predjela — Species of the colder regions</i>													
<i>Acer monspessulanum</i> L.	+	.	+	(+)	.	.	.	.	.	.	.	.	II.
<i>Carpinus orientalis</i> Mill.	+	.	(+)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I.
<i>Vrste hladnijih predjela — Species of the colder regions</i>													
<i>Fagus sylvatica</i> L.	.	.	.	.	.	.	+	.	1.2	+	+	+	II.
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	(+)	.	+	.	+	II.
<i>Ulmus montana</i> Mill.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	I.
<i>Picea excelsa</i> Lk.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	I.
<i>Populus tremula</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	(+)	.	.	+	.	I.
II. SLOJ GRMLJA — SHRUBS													
Pokrovnost — Cover	3	3	8	2	2	3	2	2	2.5	2	3	3	
<i>Vrste čitavog područja — Species of the whole area</i>													
<i>Amelanchier ovalis</i> Med.	+	+2	+2	+2	+	+2	+	+2	+	+2	+	+2	V.
<i>Rosa pendulina</i> L.	2.2	.	+2	+2	1.2	2.2	1.2	2.2	2.3	1.2	1.2	2.2	V.
<i>Fraxinus ornus</i> L.	+	+2	1.2	1.2	+2	1.2	1.2	+2	1.2	.	+2	+2	V.
<i>Sorbus aria</i> Cr.	+2	1.2	1.2	.	+2	.	+2	1.2	.	+2	+2	+2	IV.
<i>Cornus mas</i> L.	+	+2	+2	.	.	+2	+2	+2	+2	+2	.	+2	IV.
<i>Acer obtusatum</i> Kit.	+	+2	1.2	.	1.2	+2	+2	.	+2	.	1.2	.	IV.
<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	1.2	+2	3.2	+2	+2	+2	+2	+2	.	.	.	+	IV.
<i>Prunus mahaleb</i> L.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	III.
<i>Cotinus coggygria</i> Scop.	.	+2	.	.	(+)	+2	.	+2	.	+2	+2	.	III.
<i>Pinus nigra</i> Arn.	+	.	1.2	+	.	.	.	.	+2	+2	.	+	III.
<i>Rhamnus interm.</i> St. et H.	.	+	.	+	.	.	+	.	.	.	+	+	III.
<i>Cotoneaster tomentosus</i> Lindl.	.	+	.	.	+	.	+	.	.	.	+	+	III.
<i>Viburnum lantana</i> L.	+	+	.	.	.	.	+	.	.	+	.	+	III.
<i>Quercus pubescens</i> Thuill.	.	+	+2	+	.	.	.	.	.	.	.	+	II.
<i>Daphne mezereum</i> L.	.	.	+	+	.	.	.	.	+	.	.	+	II.
<i>Berberis vulgaris</i> L.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	II.
<i>Prunus spinosa</i> L.	+	+	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	II.
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	II.
<i>Cytisus nigricans</i> L.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I.
<i>Evonymus verrucosa</i> Scop.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I.
<i>Acer campestre</i> L.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	I.
<i>Sorbus torminalis</i> Cr.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	I.

LOKALITET - LOCALITY	Borovo kod Rončević-doca	Otinja	Borova draga	Borova draga	Borovi vrh	Šarlinac	Modrić dolac	Ballinovac	Budin-stanovi	Plančice	Stanovi Lisac	Ripšće Stepen učešća	Frequency
Broj snimke - No. of sample plot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Veličina snimke m ² - Size of plot in sq. m.	1200	1800	1600	2000	1800	1200	1200	1800	1500	1600	900	1200	
Elevacija m - Altitude in m	450	160	300	500	990	1150	1050	1130	1080	1150	1250	1180	
Ekspozicija - Aspect	N	W	N	NW	NW	SW	NO	OSO	SO	SSW	SO	S	
Inklinacija - Gradient	15	10	15	18	20	15	18	15	10	8	15	15	

Vrste toplijih predjela - Species of the warmer regions

Juniperus oxycedrus L.	+	1,2	1,2	(+)		(+)							III.
Acer monspessulanum L.	+	+	+	+									II.
Lonicera etrusca Santi				+	+		(+)						II.
Rhamnus rupestris Scop.		+	+	+									II.
Rubus ulmifolius Schott	+2		+2		+2								II.
Pistacia terebinthus L.		+	+	(+)									II.
Ruta divaricata Ten.		+	+	+									I.
Paliurus aculeatus Lam.	+2		+2										I.
Colutea arborescens L.	+		+										I.
Coronilla emer. B. et Spr.		+	+										I.
Carpinus orientalis Mill.	+2	+2											I.
Clematis flammula L.	+2			+									I.
Sorbus domestica L.		+	+										I.
Osyris alba L.		+											I.

Vrste hladnijih predjela - Species of the colder regions

Rosa spinosissima L.						1,2	1,2	1,2	+3	1,2	+2	2,2	III.
Ribes alpinum L.					+		+		+	+2	+2	+2	III.
Rhamnus fallax Boiss.						+	+		+	+	+	+	III.
Clematis alpina Mill.						+	+		+	+	+	+	II.
Daphne alpina L.						+	+		+	+	+	+	II.
Ribes grossularia L.						+	+		+	+	+	+	II.
Lonicera xylosteum L.						+	+		+	+	+	+	II.
Laburnum alpinum Lang.						+	+						I.
Fagus silvatica L.									+2		+2		I.
Populus tremula L.											+2		I.
Lonicera nigra L.							+					+	I.
Corylus avellana L.										+	+		I.
Lonicera alpigena L.										+	+		I.
Picea excelsa Lk.											1,2	+2	I.
Rosa canina L.						(+)				+			I.
Cotoneaster integerrima Med.													I.
Pinus mughus Scop.											+	+	I.

III. SLOJ PRIZEMNOG RASCA - LOW GROWTH

Pokrovnost - Cover	8	6	9	8	7	4	5	3	6	6	6	6	
<i>Vrste čitavog područja - Species of the whole area</i>													
Globularia bellidifolia Ten.	2,2	2,2	3,3	3,3	2,2	2,2	2,2	1,3	1,2	2,3	1,3	2,2	V.
Teucrium chamaedrys L.	+2	+2	1,2	1,2	1,2	+2	+2	+2	+2	+2		+	V.
Satureia montana L.	1,2	1,2	2,2	2,2	1,2	1,2	1,2		2,2		1,2	+2	V.
Bupththalmum salicifol. L.		+	1,2	1,3		+2		+2	1,2	+2		+2	IV.
Dorycnium german. Rouy	+		+2	+2		+2	+2		+			+	III.
Sesleria autumnalis Scop.		+2	1,2		+2	+2		+2	+2			+2	III.
Inula hirta L.			+2	+2		+2	+2			+2		+	III.
Carex humilis Leyss.	+2	1,2	+2	+2		+2	+2					+2	III.
Sanguisorba officinalis L.	+	+		+		+							III.
Eryngium amethystinum L.	+	+			+								III.
Peucedanum oreoselinum Moench	+2				+2		+2	+2	+2	+2			III.

LOKALITET - LOCALITY	Borovo kod Rondevič-doca		Otinja	Borova draga	Borova draga	Borovi vrh	Sarinac	Modrić dolac	Balinovac	Budin-stanovi	Plandiće	Stanovi Lisac	Ripliste	Stepen učesća Frequency
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Broj snimke - No. of sample plot	1200	1800	1600	2000	1800	1200	1200	1800	1500	1600	900	1200		
Veličina snimke m ² - Size of plot in sq. m.	450	160	300	500	990	1150	1050	1130	1080	1150	1250	1180		
Elevacija m - Altitude in m	N	W	N	NW	NW	SW	NO	OSO	SO	SSW	SO	S		
Ekspozicija - Aspect	15	10	15	18	20	15	18	15	10	8	15	15		
Inklinacija - Gradient														
<i>Inula ensifolia</i> L.	+	+		+		+	+			+		+		III.
<i>Mercurialis ovata</i> St. H.		+	+								+		+	III.
<i>Daucus carota</i> L.						+			+					III.
<i>Galium lucidum</i> All.	+	+2	+2	+2					+2		+2			III.
<i>Salvia officinalis</i> L.	+2	+2		(+)									+	III.
<i>Helleborus viridis</i> L.	+	+		+										III.
<i>Schrophularia canina</i> L.	+2	+2			1.2	+2	+2				+2			III.
<i>Euphorbia cyparissias</i> L.						+2	+2			+2				III.
<i>Origanum vulgare</i> L.														III.
<i>Peucedanum cervaria</i> Lap.	+	+		+										III.
<i>Genista januensis</i> Viv.	+	+		+										III.
<i>Marrubium vulgare</i> L.				(+)										III.
<i>Bromus erectus</i> Huds.			+3	+2		+2	+2							III.
<i>Helleborus multifidus</i> Vis.	+		+						(+)					III.
<i>Geranium sanguineum</i> L.		+		+				(-)						III.
<i>Veronica spicata</i> L.	(+)													III.
<i>Pteridium aquilinum</i> L.	(-)			(+)					(+)	1.2	1.2			III.
<i>Veronica officinalis</i> L.			(+)		(+)				+2	1.2				III.
<i>Aster amellus</i> L.	+			+					+2					III.
<i>Calamintha nepeta</i> Savi		+	+											II.
<i>Meibomia albida</i> Guss.				+										II.
<i>Trifolium rubens</i> L.	+			(+)										II.
<i>Thymus bracteatus</i> Vis.	+			+2										II.
<i>Anemone hepatica</i> L.	+													II.
<i>Solidago virga aurea</i> L.			+											II.
<i>Viola Dehnhardtii</i> Ten.		+												II.
<i>Thymus longicaulis</i> Presl.	+													II.
<i>Laserpitium siler</i> L.	+													II.
<i>Lithospermum purpureo-coeruleum</i> L.			+											II.
<i>Cephalaria leucantha</i> Schr.			+											II.
<i>Scrophularia laciniata</i> W. K.			+											II.
<i>Centaurea spinosociliata</i> Seem				(+)							(+)			II.
<i>Primula acaulis</i> Huds.				+										II.
<i>Veronica spicata</i> L.														II.
<i>Genista sericea</i> Wulf.														II.
<i>Micromeria dalmatica</i> Benth.					(+)									II.
<i>Fumana ericoides</i> Pau														II.
<i>Centaurea rupestris</i> L.	+			+										II.
<i>Ononis spinosa</i> L.		+												II.
<i>Silene vulgaris</i> Garcke	+			+										II.
<i>Cynodon dactylon</i> Pers.		+												II.
<i>Teucrium montanum</i> L.		+												II.
<i>Hypericum perforatum</i> L.		+									+2			II.
<i>Bupleurum aristatum</i> Guss.	+													II.
<i>Chrysanthemum corymb.</i> L.				+										II.
<i>Scabiosa graminifolia</i> L.				+										II.
<i>Vrste topljih predjela - Species of the warmer regions</i>														
<i>Euphorbia fragifera</i> Jan.	+2	+2	+2	+2	+2			+2						III.
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	1.2	1.2	+2	1.2	(+)	(-)								III.
<i>Helichrysum italicum</i> Guss.	+	+2	+2		(+)		(-)							III.
<i>Artemisia arborescens</i> L.	+2	+2			(+)									II.
<i>Dictamnus albus</i> L.	+	+	+2											II.
<i>Onosma stellatum</i> W. K.	+	+2		(+)										II.

LOKALITET - LOCALITY	Borovo kod Rončević-doca	Otinja	Borova draga	Borova draga	Borovi vrh	Sarinac	Modrić dolac	Balnovac	Budin-štanovi	Plančice	Stanovi Lisac	Ripište	Stepen-učesća Frequency
Broj snimke - No. of sample plot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Veličina snimke m ² - Size of plot in sq. m.	1200	1800	1600	2000	1800	1200	1200	1800	1500	1600	900	1200	
Elevacija m - Altitude in. m	450	160	300	500	990	1150	1050	1130	1080	1150	1250	1180	
Ekspozicija - Aspect	N	W	N	NW	NW	SW	NO	OSO	SO	SSW	SO	SO	
Inklinacija - Gradient	15	10	15	18	20	15	18	15	10	8	15	15	
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.		+	+	+	+2								II.
<i>Pallenis spinosa</i> Cass.	+	+	+	+									II.
<i>Cynanchum acutum</i> L.	+	+	+	+									II.
<i>Drypis Jacquiniana</i> M. et W.		+	(+)	(+)									II.
<i>Artemisia Biasoletiana</i> Vis.	+2	+2		(+)									II.
<i>Centaurea solstitialis</i> L.					(+)								II.
<i>Dactylis hispanica</i> Roth.	+	+		+									II.
<i>Rumex tuberosus</i> L.	+	+		+									II.
<i>Teucrium polium</i> L.		+2	+										II.
<i>Polygala nicaeensis</i> Risso.				+									I.
<i>Asparagus acutifolius</i> L.		+2											I.
<i>Ononis antiquorum</i> L.		+											I.
<i>Cyclamen repandum</i> S. S.		+											I.
<i>Vrste hladnijih predjela - Species of colder regions</i>													
<i>Nardus stricta</i> L.					1.2	1.2	1.2	2.2		2.2	2.2		III.
<i>Globularia cordifolia</i> L.						+2	+2		+2		+2	1.2	III.
<i>Geranium robertianum</i> L.					+	+2		+2	+2				III.
<i>Juniperus nana</i> Willd.					+2	+2	1.2			1.2		1.3	III.
<i>Helianthemum obsc.</i> Dun.						+							II.
<i>Cyclamen europaeum</i> L.						+							II.
<i>Veronica chamaedrys</i> L.					+		+		+2				II.
<i>Helleborus niger</i> L.					+								II.
<i>Hieracium vulgatum</i> Fr.								+2	+2	+2			II.
<i>Usnea barbata</i> Fr.													II.
<i>Sesleria tenuifolia</i> Schrad.													II.
<i>Cynanchum vincetox.</i> Pers.						+							II.
<i>Lactuca muralis</i> Fr.													I.
<i>Campanula persicifolia</i> L.													I.
<i>Polygala chamaebuxus</i> L.													I.
<i>Hypericum montanum</i> L.													I.
<i>Convallaria majalis</i> L.													I.
<i>Cephalanthera rubra</i> Rich.													I.
<i>Arctostaphylos uva ursi</i> Spr.												1.2	I.
<i>Drypis Linnaeana</i> Murb.					(+)								I.
<i>Arenaria agrimon.</i> Neck.													I.
<i>Helianthemum alpestre</i> DC.													I.
<i>Juniperus Sabina</i> L.												1.2	I.
<i>Erica carnea</i> L.	3.3												I.
<i>Rubus saxatilis</i> L.													I.

Snimke potječu sa skeletoidnih smeđih karbonatnih tala. - The plots are from skeletoid brown carbonate soils.

Stepen pokrovnosti označen je skalom 1-10 (10-100%). Oznaka + znači posve neznatno učesće. Socijalitet je označen uobičajenom skalom 1-5. Oznaka (+) znači pridolazak biljke u okolišu izvan snimke. - The degree of cover is indicated by a scale from 1 to 10 (10-100%). The mark + indicates slight occurrence of plants. Sociability is marked by the usual scale from 1 to 5. The mark (+) indicates the occurrence of plants in neighbourhood plots.

šinskom naslagom tla nalazimo u višim položajima niz izrazito *acidofilnih* elemenata (u Borovu vrhu, Budim-vrhu, Plančicama i dr.: *Veronica officinalis*, *Pteridium aquilinum*, *Hieracium* sp.). Crni bor odbacuje mnogo iglica i povoljno utječe na tvorbu tla. Povećavanjem površinskih naslaga mijenja se sastav prizemnog rašća. Od izrazito bazofilnog bilja prelazi se postepeno u neutrofilno i dalje u acidofilno bilje. Prema tome u šumama crnog bora *istih* geomorfoloških odnosa naći ćemo *raznolično* prizemno rašće, a baš nam to otešćava da *poblize* utvrdimo fitocenološka obilježja tih šuma. Dakako da je kod toga od važnosti činjenica, što crni bor crpe *hraniva iz dubljih slojeva*, a u površinskom sloju mogu odnosi s obzirom na sadržaj humusnih tvari, aciditet, sadržinu vapna i dr. biti vrlo različiti.

Šuma velebitskog crnog bora nosi obilježje *submediteranske* cenoze. Radi toga je zovemo *submediteranskom šumom crnog bora* ili *Pinetum nigrae submediterraneum*. S obzirom na ekološke prilike i fitocenološki sastav ona se nalazi između šume dalmatinskog crnog bora i šumâ crnog bora unutrašnjih krajeva. Ona čini u neku ruku prelazni oblik. To svojstvo odrazuje se i na njenim biološkim svojstvima, a dolazi do izražaja — prema *Vidakoviću* — i kod anatomske građe iglica.

Submediteranska šuma crnog bora pokazuje veliku *sličnost* s obzirom na rasprostranjenje sa submediteranskim *medunčevim* šumama. To su dodirne, prostorno odijeljene cenoze. Odlikuju se posebnim svojim ekološkim odnosima. Međutim, one mogu da tvore i prostrane *mješovite* formacije s nizom prijelaza s obzirom na dominanciju glavnih vrsta. Kod mješovitih formacija progresivna sukcesija odvija se redovno u smjeru konačne prevlasti jedne od medunčevih šuma (sl. 29, 30 i 31).

Budući da se submediteranska šuma crnog bora odlikuje prilično širokom ekološkom amplitudom, u njoj postoji *topliji* i *hladniji* pojas. Možemo ih lako lučiti i s obzirom na *ekološke* i s obzirom na *fitocenološke* odnošaje. U toplijem pojasu dominiraju mnogi elementi toplijeg submediteranskog područja, koje susrećemo i u šumama medunca. U hladnijem pojasu dominiraju planinski elementi iz cenoza visokog krša. Detaljnija proučavanja dat će, svakako, toj distinkciji potpuniji izražaj.

ŠUMSKO-UZGOJNO ZNAČENJE — SILVICULTURAL IMPORTANCE

I sa šumsko-uzgojnog gledišta crni bor u Velebitu zaslužuje naročitu pažnju. Njegove sastojine i grupe pokrivaju prostrane terene, gdje drugo drveće većinom ne može da raste. Imamo prema tome ondje posla s *autohtonim* šumskim drvetom, koje

živi pod vrlo *teškim* ekološkim uvjetima, a koje je vrlo *povoljnih* bioloških i šumsko-uzgojnih svojstava.

Tereni, gdje se od prirode nalazi crni bor, mogu imati više-struko značenje. Na nekima od njih nalazi se bor u *progressivnom* razvoju. Tu on postepeno *osvaja* razgoljene, skeletne površine. Na nekima bor tvori izvjesni *stabilni* razvojni stadij. Na nešto *boljim* terenima bor se proširio u oveće sastojine i grupe, jer mu ekološke prilike dobro odgovaraju, a za druge su vrste one *neprikladne*. On se proširio u veće ili manje sastojine i grupe često i na degradiranim terenima, s kojih je zbog vanjskih utjecaja nestala autohtona listopadna šuma.

Borove sastojine i grupe, koje su se razvile ili se razvijaju na razgoljenim i raskidanim grebenima, glavicama, hridinama, klisurama i njihovim strmim padinama predstavljaju *stalno zaštitne šumske* objekte. Isto to vrijedi i za borove sastojine i grupe, koje postoje na nešto boljim terenima, ali povoljnim *jedino* za bor. To su ustvari i *prava* iskonska *prirodna* staništa crnog bora. Ondje se bor održao i ostat će i u budućnosti dominantan u čistim sastojinama, grupama ili skupovima, jer se drugo drveće u tim nepovoljnim prilikama *ne može* održati.

Uzgojnim mjerama potrebno je pomoći razvitak borika. Treba *ojačati* proizvodnu snagu tla i dovesti do boljih životnih uvjeta za bor. U takvim boricima nužno bi bilo uzgojnim mjerama forsirati *podstojnu* etažu listopadnog drveća i grmlja. Isto tako potrebno je *proširiti* prizemno rašće, koje dobro povezuje i pokriva tlo, kao što su to glavulja, žalfija, vrijesak, dubačac, sikavac, stričci, majčine dušice, planinske ruže i dr. Na taj način tlo će se zaštititi od ispiranja i omogućiti njegovo popravljanje i stvaranje. To će se povoljno odraziti na proširenju bora i vitalitetu njegovih sastojina i grupa.

U čistim boricima *posve gustog* obrasta, kakvih ima lokalno na padinama Borove drage, Otinje, Borova vrha, Budim-vrha, Borovačkog vrha, oko Budim-stanova, Plančica i dr., neophodno je nužno da se izvrše *prorjede* u korist boljih, vitalnijih primjeraka. Time će se pridonijeti i njihovu boljem zdravstvenom stanju i uopće pravilnijem razvoju. I tu je potrebno pomagati *razvitak podstojne* etaže autohtonih listača, kao i sloja grmlja. Pri obnovi tih sastojina potrebno je forsirati i pomagati autohtono listopadno drveće. Time će se povoljno utjecati na tlo, a osim toga smanjit će se stalna opasnost od požara.

U predjelima *povoljnijih* ekoloških uvjeta, t. j. na debljim tlima i zaštićenijim položajima, *pojavljuje* se samo od sebe u području borovih šuma *autohtono* listopadno drveće i grmlje. Na mnogo mjesta unutar borovih nalazišta listače su ugrozile opstanak bora. Tako u području rubnog vijenca Senjske drage jugoistočno od Rončević-doca bor se održao tek u tragovima u iskon-

skoj listopadnoj šumi. Autohtoni elementi toliko su ondje ojačali da istiskuju bor. U skoroj budućnosti na tom mjestu *dominirat* će šuma medunca, crnoga graba, bijeloga graba, crnog jaseana, maklena, rašeljke i dr. Na velikom dijelu to se već dogodilo. Slična situacija postoji i u srednjem dijelu Borove drage. I na zapadnim padinama Borova vrha preotimlje sve više maha autohtona listopadna šuma. To vrijedi i za područje Karamarkova vrha, a lokalno i za područje Babrovače, jednog dijela Budim-vrha, Borovačkog vrha i dr. Kad bi se omogućio u tim šumama nesmetan razvitak listača, t. j. kad bi se smanjio štetan utjecaj paše, brsti, sječe i požara, one bi se razvile u šume iskonskog oblika.

U području, gdje se bor miješa zajedno s autohtonim listopadnim drvećem, t. j. gdje ekološki uvjeti pogoduju razvoju tog drveća, potrebno je putem prorjeda *regulirati* tu smjesu i podizati *mješovite* sastojine. Na prikladnim lokalitetima postepeno će preuzeti *dominantnu* ulogu autohtone listače.

Nalazišta crnog bora u Sjevernom Velebitu od osobite su važnosti s uzgojnog gledišta i u tome, što njegove sastojine i grupe mogu da posluže kao vrlo vrijedne *sjemenske baze*. U onome području ima i sada sastojina, koje smatramo s obzirom na uzrast upravo elitnima i koje mogu i trebaju da posluže za sjemenske baze. Prema tome više postojećih sastojina i grupa mogu se izlučiti kao objekti, gdje će se sakupljati češeri i iz njih trusiti sjemenje radi pošumljivanja naših submediteranskih terena. Ti borici rađaju potpuno svake 3.—5. godine, a sjeme je vrlo dobre kvalitete i s obzirom na krupnoću i s obzirom na klijavost. Ustanovili smo, da je od uroda iz 1953. g. bilo u 1 kg (1,58 l) oko 50.000 sjemenaka, a 100 sjemenaka da je težilo 1,95 g. Klijavost je iznosila 75%.

Kod očuvanja tamošnjih autohtonih borovih šuma vodimo računa i o zaštiti *rijetke prirodne vrednote*. Crni bor najljepši je ukras rastrganih velebitskih klisura, glavica, razgoljenih i izloženih strmina i padina. Samo crni bor može te raskidane goleti dobro zadržati šumskim zelenilom.

ZA K L J U Č N E N A P O M E N E

Autohtoni crni bor nalazi se u sjevernom dijelu Velebita na nekoliko lokaliteta, koji su prikazani na sl. 1—4. U radnji su поближе opisana nalazišta u *Senjskoj dragi* (Borovo i okoliš), kod *Sv. Jurja* (Borova draga, Otinja draga, Mala Grabova draga), kao i na visovima između *Kite* i *Marina briška*. Temperature, oborine i pluviotermički faktori za Senj i Sv. Mihovil (Senjska draga) prikazani su u tabeli 1 i sl. 5, geomorfološki odnosi na profilima u sl. 6 i 7, a fitocenološki odnosi u tabeli 2.

Iz prikazanih ekoloških odnošaja, bioloških svojstava i fitocenoloških karakteristika vidi se, da je ondje crni bor autohtono drvo. Tvori posebnu submediteransku cenzu, koju nazivljemo *Pinetum nigrae submediterraneum*. Ona stoji na prijelazu između šume dalmatinskog crnog bora i šumâ crnog bora unutrašnjih krajeva. Stere se od mora do 1400 m visine. U njoj lučimo topliji i hladniji pojas. Raste od prirode na raskidanim grebenima, glavicama i klisurastim terenima, kao i po strmim i vjetru izloženim vapnenačkim i dolomitnim kamenjarama. Tvori sastojine i grupe na smêdîm više ili manje skeletnim ili skeletoidnim karbonatnim tlima, gdje ne može uspijevati nijedno drugo šumsko drvo. Na boljim tlima i zaštićenijim položajima tvori mješovitu šumu s elementima iz susjednih submediteranskih šuma hrasta medunca. Iz takve šume progresivnom sukcesijom nastaje postepeno jedna od ekološki najbližih cenoza iz skupina *Querceta pubescentis*.

U radnji su opisani šumsko-uzgojni zahvati, koje je potrebno vršiti u sastojinama i grupama crnog bora raznog sastava. Istaknuta je vrijednost njegovih sastojina i grupa kao sjemenskih baza. Naglašena je i važnost autohtonih nalazišta crnog bora kao rijetke prirodne vrednote.

CONCLUSIVE COMMENTS

Autochthonous Austrian pine occupies a number of localities of the northern sectors of the Velebit Mountain range, as shown in Figs. 1—4. The paper contains a detailed description of the habitats of Senjska draga (Borovo and its environs), Sv. Juraj (Borova draga, Otinja draga, Mala Grabova draga) and the heights lying between Kita and Marin Brižak. Precipitation, temperatures and the pluviothermal factors for Senj and Sv. Mihovil (Senjska draga) are shown in Tab. 1 and Fig. 5, the geomorphological relationships on the profiles in Figs. 6 and 7, and the phytocoenological data in Tab 2.

From the presented ecological conditions, biological characters, and phytocoenological characteristics it is visible that Austrian pine is indigenous to the regions mentioned. It forms a specific sub-Mediterranean community named *Pinetum nigrae submediterraneum*. According to the ecological and phytocoenological conditions it lies between *Pinetum nigrae dalmaticum* and the Austrian pine forests of the inland areas. It extends from the sea to an altitude of 1400 m. Within this area a colder and a warmer belt can be distinguished. *Pinus nigra* grows on dislocated mountain-ridges, on summits and rocky sites, as well as on steep, wind-exposed carbonate and dolomite stone

grounds. It forms stands and groups on brown, more or less skeletal or skeletoid carbonate soil, where no other forest tree can grow. On better soils and more sheltered sites it forms a mixed forest in associations with elements from neighbouring sub-Mediterranean forests of *Quercus pubescens*. By a progressive succession this forest gradually gives origin to one of the ecologically closest communities from the *Querceta pubescentis* group.

The paper deals with the silvicultural treatments to be applied to stands and groups of Austrian pine of different composition. Stress is laid on the value of its stands and groups as seed bases. Emphasis is laid on the significance of the autochthonous habitats of Austrian pine — a valuable natural rarity.

LITERATURA — LITERATURE

1. Balen J.: Les éléments climatiques du Karst et leur relation au repeuplement, Le Karst Yougoslave, Zagreb 1928, str. 40.
2. Balen J.: Naš goli Krš, Zagreb 1931., str. 23. i 48.
3. Beck v. Mannagetta G.: Über die Verbreitung der Schwarzföhre in den nordwistlichen Balkanländern, Verh. Zool.-bot. Ges., Wien, Sitzb. 40, 1894.
4. Beck v. Mannagetta G.: Die Vegetationsverhältnisse der illyrischen Länder, Leipzig 1901, str. 56, 229, 231 i 235.
5. Degen A.: Flora velebitica, I. Bd., 1936., str. 34, 285—287 i 500.
6. Fekete L. u. Blattny T.: Die Verbreitung der forstlich wichtigsten Bäume und Sträucher im Ungarischen Staate, Selmechanya 1914, Bd., I., str. 683.
7. Gračanin M.: Mjesečni kišni faktori i njihovo značenje u pedološkom istraživanju, Polj. znanstvena smotra, Vol. 12., Zagreb 1950.
8. Horvat I.: Nauka o biljnim zajednicama, Zagreb 1949, str. 205.
9. Horvat I.: Šumske zajednice Jugoslavije, Zagreb, 1950, str. 30.
10. Horvatić S.: Karakteristike flore i vegetacija Krša, Šum. list, 1928, str. 412.
11. Juričić H.: Vlaga u zraku, Zemljopis Hrvatske, I, Zagreb 1942, str. 223.
12. Kauders A.: Bilješke iz područja Inspektorata u Senju, Šum. list, 1932, str. 187.
13. Kauders A.: Rasprostranjenje i uzgoj šume u području primorskog krša Savske banovine, Šum. list, 1933, str. 190.
14. Koch F.: Geološka karta Karlobag-Jablanac, Zagreb-Beograd 1929, i Geološka karta Senj-Otočac, Beograd 1932.
15. Kosović B.: Prvi šumarski stručni opis i nacrt šuma na Velebitu i Veleškoj Kapeli od dalmatinske međe do Mrkoplja i Ogulina iz 1764 g., Šum. list 1914, str. 179 i 314.
16. Kovačević M.: Temperatura zraka, Zemljopis Hrvatske, I, Zagreb 1942, str. 198.
17. Izvještaj Ministarstva građevina u Beogradu o vodenim talozima, vodostajima i količinama vode za 1932 g., str. 198.
18. Letnik J.: Naoblaka i sisanje sunca, Zemljopis Hrvatske, I, Zagreb 1942, str. 235.
19. Margetić F.: Oborina, Zemljopis Hrvatske, I, Zagreb 1942, str. 249.
20. Philippi A.: Classificazioni ed indici del clima in rapporto alla vegetazione forestale italiana, Firenze 1937, str. 30.

21. Rossi Lj.: Građa za floru Južne Hrvatske, Zagreb 1924, str. 49.
22. Rossi Lj.: Pregled flore Hrvatskog Primorja, Zagreb 1930, str. 15.
23. Seckendorff A.: Beiträge zur Kenntniss der Schwarzföhre (*Pinus austriaca* Höss), I, Wien 1881, str. 35.
24. Vidaković M.: Oblici crnog bora u Jugoslaviji na temelju anatomije iglica, Zagreb 1953, manuskript, str. 176.
25. Wessely J.: Das Karstgebiet Militär-Kroatiens (Kras Hrvatske Kra-jine), Zagreb 1876, str. 101, 107, 116.

Napomena: Podatke o oborinama i temperaturi za Senj i Sv. Juraj dobili smo od Hidrometeorološke službe NRH u Zagrebu. Podaci o nao-blaci i insolaciji uzeti su iz Zemljopisa Hrvatske (lit. 18), a podaci za obo-rine u Biljevinama iz Izvještaja o vodešim talozima (lit. 17).

Dr. ROKO BENIĆ:

**ISTRAŽIVANJA O RASPOREDU NEKIH
FIZIČKIH SVOJSTAVA DRVETA U DEBLU
POLJSKOG I OBIČNOG JASENA.**

(Fr. angustifolia Vahl i Fr. excelsior L.)

*Investigations on the distribution of some physical properties
of wood in the stem of narrow-leaved and common ash*

(Fr. angustifolia Vahl and Fr. excelsior L.)

SADRŽAJ — CONTENTS

Uvod — Introduction

- I. Problematika i cilj istraživanja — *Problems and aim of the investigation*
 - II. Područje istraživanja — *Area under investigation*
 - III. Metoda rada — *Working method*
 - IV. Rezultati istraživanja — *Results of investigation.*
 1. Volumna težina — *Specific gravity*
 2. Nominalna težina — *Nominal specific gravity*
 3. Volumna utezanje — *Volumetric shrinkage*
 4. Točka zasićenosti žice vlagom — *Fibre-saturation point*
 - V. Zaključak — *Conclusion*
- Literatura — *Literature*

Radnja primljena na štampanje 21. VII. 1954.

UVOD — INTRODUCTION

Istraživanje fizičkih svojstava drveta u deblu ima značenje, kako za nauku, tako i za praksu. Poznata je stvar, da se pojedina, kako fizička, tako i tehnička svojstva drveta mijenjaju unutar debla s obzirom na položaj u deblu, odakle smo odabrali probu za istraživanje.

Prilikom naših prethodnih radova na istraživanju jasenovine palo nam je u oči, da fizička svojstva variraju s obzirom na položaj probe u deblu, te da nije svejedno, odakle se odabiraju probe za istraživanja.

Po instrukciji za istraživanje tehničkih svojstava drveta, koja se primjenjuje u Zavodu za tehnologiju drveta Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Zagrebu, a koja je u skladu s internacionalnom metodom za istraživanje tehničkih svojstava drveta, izrađuju se probe iz trupčica ispiljenog iz sredine čistog debla. Cilj je ovoga propisa, da se eliminiraju varijacije u svojstvima, koje zavise o položaju proba u smjeru protezanja debla. Naša istraživanja imaju za cilj, da pokažu kako se pojedina fizička svojstva jasenovine mijenjaju, kako u longitudinalnom smjeru debla od panja prema vrhu, tako i u transverzalnom smjeru od periferije prema centru debla.

Provedba ovih istraživanja omogućena je financijskom pomoću Odbora za šume Poljoprivredno-šumarskog fakulteta, koji mi je preko Šumskog gospodarstva poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Zagrebu stavio na raspolaganje potrebna novčana sredstva.

Kod laboratorijskih radova pomagali su mi studenti šumarstva *Furlan Nada* i *Meštrović Pavle*, a *Prebježić Petar*, laborant Zavoda za uzgajanje šuma, izradio je crteže za ovaj rad. Za njihov trud iskazujem im ovim svojom zahvalnost.

I. PROBLEMATIKA I CILJ ISTRAŽIVANJA PROBLEMS AND AIM OF THE INVESTIGATION

Ponzata je stvar, da se pojedina fizička svojstva mijenjaju s obzirom na dio debla, odakle probe potječu. U svijetu nisu vršena mnoga istraživanja o promjenama fizičkih svojstava unutar debla, a naročito ne kod jasena.

Istraživanjem rasporeda težine unutar debla kod drugih vrsta bavili su se razni autori.

*Kollmann*⁴ (str. 352) kaže, da u uzdužnom smjeru debla postoje znatne razlike u težini drveta, s obzirom na pojedine vrste drveta. Kod jasena prema njegovim podacima težina raste u uzdužnom smjeru debla.

*Volkert*¹⁰ vršio je svoja istraživanja rasporeda volumne težine kod četinjača.

*Trendelenburg*⁶ se bavio proučavanjem težine drveta, i to, kako njezinim rasporedom u longitudinalnom, tako i u transverzalnom smjeru debla. On kaže (str. 297), da je kod jasena porast

težine drveta-s visinom položaja u deblu naročito izrazit, a samo u vrhu težina češće ponovo opada. (To su rezultati *Schneidera* (1896), koje navodi i *Kollmann*).

Proučavanjem rasporeda težine borovine u transverzalnog i longitudinalnog smjeru debla bavio se kod nas *Ugrenović*.⁸

S obzirom na dosadašnja oskudna istraživanja o rasporedu fizičkih svojstava u deblu jasena, a naročito s obzirom na to, da u tome smislu ne postoje nikakva istraživanja naših domaćih vrsta jasena, naročito poljskog jasena, mi smo sebi u ovom radu postavili zadatak, da pokušamo odgovoriti na ova pitanja:

1. Kakve razlike postoje u rasporedu volumne i nominalne težine unutar debla poljskog i običnog jasena iz naših krajeva, kako u transverzalnog, tako i u longitudinalnog smjeru;

2. Kakve razlike postoje kod volumnog utezanja i točke zasićenosti žice vlagom s obzirom na položaj u deblu;

3. Da li se razlike u fizičkim svojstvima drveta unutar debla mogu dovesti u vezu sa širinom godova; i

4. Postoji li s obzirom na raspored fizičkih svojstava u deblu jasena zakonitost, koja se može izraziti matematski.

Postavljena pitanja su, kako od naučnog, tako i od praktičnog interesa za iskorišćivanje jasenovine.

II. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA — AREA UNDER INVESTIGATION

Materijal za ova istraživanja potječe iz područja posavskih šuma šumarije Lipovljani i sa Sljemena i Risnjaka.

Karakteristike istraženih stabala i sastojina prikazali smo u prethodnim našim radovima.

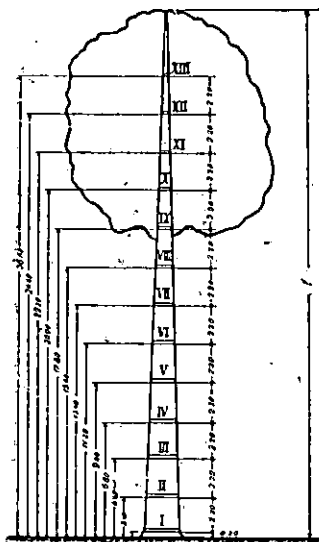
Ovdje donosimo samo tabelarni pregled stabala i sastojina, koje su nam poslužile za ovaj rad.

III. METODA RADA — WORKING METHOD

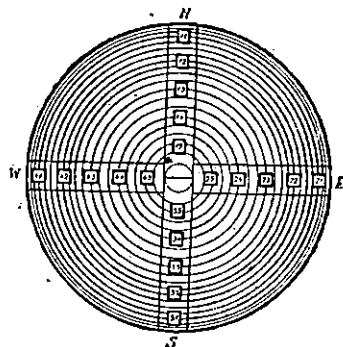
Pošto je probno stablo izabrano u sastojini i oboreno te deblo očišćeno od grana, raspilili smo deblo na sekcije dužine 2.20 m počevši od panja prema vrhu debla. Način raspiljivanja debla prikazan je na slici 1.

S donjeg (debljeg) kraja sekcija otpiljeni su koluti, koji su služili za određivanje sadržaja vlage u dubecem stanju i za određivanje fizičkih svojstava drveta. Budući da smo na drugom mjestu¹ dokazali, da u fizičkim svojstvima drveta nema razlike između bjeljikovine i srčevine, kod određivanja fizičkih svojstava nismo diferencirali srž i bijel.

Fizička svojstva drveta (volumna težina, nominalna volumna težina, utezanje i točka zasićenosti žice vlagom) određivana su na probama izrađenim iz koluta otpiljenih sa donjih krajeva. sekcija tako, da pojedini koluti potječu s ovih visina: 0,20, 2,40; 4,60; 6,80, 9,00, 11,20, 13,40, 15,60, 17,80, 20,00, 22,20, 24,60 m iznad tla. Kod izrade proba za ova istraživanja (veličina proba $3 \times 3 \times 2$ cm) imalo se u vidu, da po jedna proba bude izrađena iz svake skupine od po 20 godina (vidi sliku 2).



Sl. — Fig. 1. Raspored probnih koluta u deblu — Distribution of the test discs in the stem

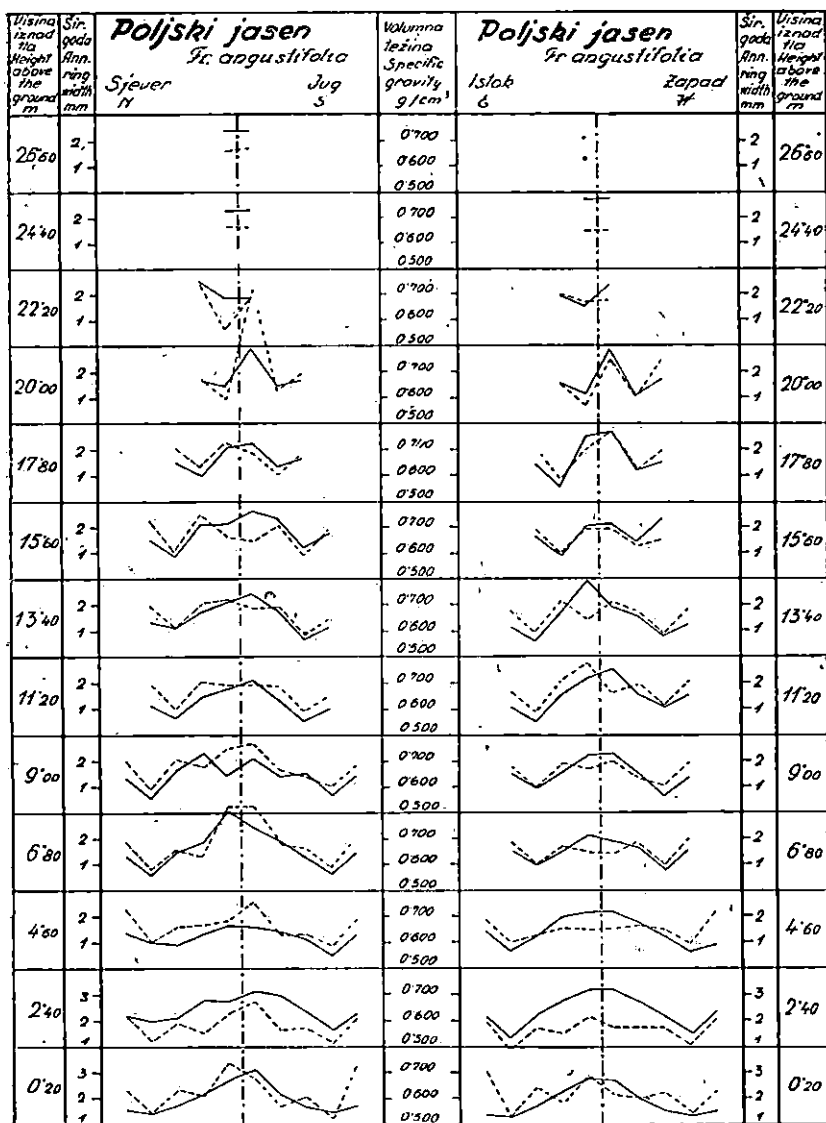


Sl. — Fig. 2. Raspored proba u kolutu — Distribution of the specimens in the disc

Metodu određivanja pojedinih fizičkih svojstava već smo opisali u jednoj prethodnoj raspravi,¹ pa je ovdje ne donosimo. To je uobičajena metoda za istraživanje fizičkih svojstava u skladu s internacionalnom metodom, koja se primjenjuje u Zavodu za tehnologiju drveta Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Zagrebu (Ugrenović⁷).

Kod uopćavanja rezultata istraživanja i kod njihove diskusije poslužili smo se variacionom statistikom i računom korelacije. Način toga obračunavanja prikazan je u udžbenicima i raspravama, koji se bave statistikom, pa ih ovdje ne donosimo, nego upućujemo na citiranu literaturu.

Red. broj - Ser. no.	Vrsta jaseina Ash species	Nalazište — Locality					Istražena stabla — Investigated trees					Napomena Remarks	
		Šumarija Forest service unit	Gosp. jedinica Forest manage- ment unit	Šum. prediel Forest district	Odjel i odjelak Compartment and sub-compartment	Nadm. visina m. Altitude m.	Red. broj Ser. no.	Položaj u sastojini Height class	Starost Age	Prsni promjer D. b. h.	Visina Height		Volumen debla Stem volume
								god.	cm	m	m ³		
1.	Poljski jasen — <i>Fr. angustifolia</i> Vahl.	Lipovljani	Posavske šume	Opeke	107 c	96	81	Domin. stabala Domin. trees	112	39.20	31.90	1.892	Mješ. sasto- jina I. bon. Mixed stand
							82		105	44.50	30.90	1.956	
							Prosjeak — Average		109	41.25	31.05	1.812	
2.	Poljski jasen — <i>Fr. angustifolia</i> Vahl.	Lipovljani	Posavske šume	Veliki Dol	79 f 80 c	93	119	Domin. stabla Domin. trees	75	24.70	22.40	0.467	Čista jas. sastojina II. bon. Pure stand
							127		74	16.30	17.30	0.185	
							Prosjeak — Average		74	20.50	19.85	0.326	
3.	Poljski jasen — <i>Fr. angustifolia</i> Vahl.	Lipovljani	Posavske šume	Plavnik	79 b	93	110	Pojedina stabla Single trees	31	22.10	13.10	0.180	Stabla na osami III. bon. Isolated trees
							111		32	20.40	11.00	0.189	
							Prosjeak — Average		30	20.10	12.25	0.160	
4.	Obični jasen — <i>Fr. excelsior</i> L.	Sljeme Zagreb	Jasenova sastojina kod piramida			1020	65	Domin. stabla Domin. trees	80	21.70	18.50	0.273	
							66		79	19.30	15.00	0.264	
							Prosjeak — Average		80	22.05	18.25	0.302	
5.	Obični jasen — <i>Fr. excelsior</i> L.	Crni Lug	Risnjak	Risnjak	II-2 d, 1	890 — 900	135	Domin. stabla Domin. trees	63	16.50	15.00	0.163	Preborna šuma Selection forest
							136		64	16.30	18.50	0.186	
							Prosjeak — Average		75	17.20	17.75	0.188	



Tumač: — Vol. težina - Spec. gravity - - - Šir. goda - Ann. ring width

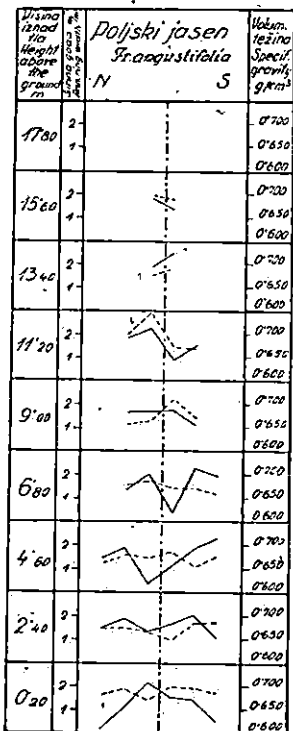
Sl. — Fig. 3. Raspodjela volumne težine i širine godova u transverzalnomo smjeru debla (Lipovljani — I. bonitet) — Distribution of the specific gravity and the annual ring width in transversal direction of the stem (Lipovljani — Site class I)

IV. REZULTATI ISTRAŽIVANJA — RESULTS OF INVESTIGATION

Naučno je vrlo interesantno pitanje, kako se pojedina fizička svojstva jasenovine (volumna težina, nominalna volumna težina, utezanje i točka zasićenosti žice vlagom) mijenjaju s obzirom na položaj proba u deblu.

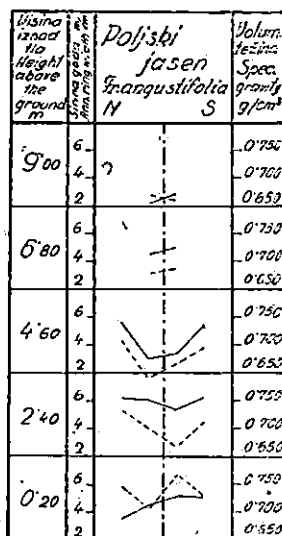
Provedena istraživanja pokazala su ove rezultate:

1. Volumna težina u stanju apsolutne suhoće (0% vlage) — Specific gravity in the state of absolute dryness (moisture content 0%).



Tumač: — Vol. težina - Spec. gravity
 --- Šir. goda - Ann. ring width

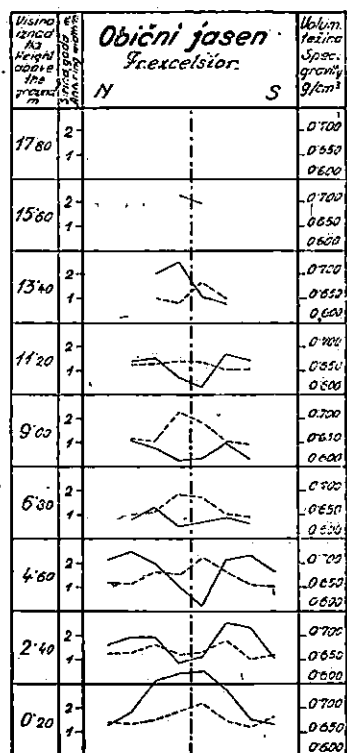
Sl. — Fig. 4. Raspodjela volumne težine i širine godova u transverzalnom smjeru debla (Lipovljani — II. bonitet) — Distribution of the specific gravity and the annual ring width in transversal direction of the stem (Lipovljani — Site class II)



Tumač: — Vol. težina
 --- Šir. goda
 --- Spec. gravity
 --- Ann. ring width

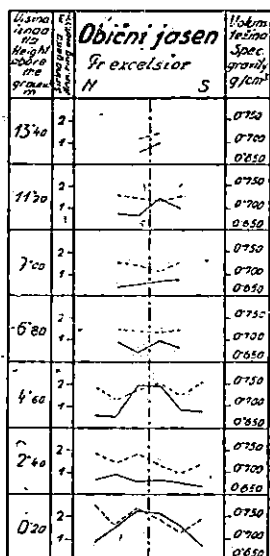
Sl. — Fig. 5. Raspodjela volumne težine i širine godova u transverzalnom smjeru debla (Lipovljani — III. bonitet) — Distribution of the specific gravity and the annual ring width in transversal direction of the stem (Lipovljani — Site class III)

Promjene volumne težine u transverzalnomo smjeru u deblu poljskog i običnog jasena prikazali smo na slikama 3—7, a volumne težine drveta u longitudinalnom smjeru debla u tablici 2



Tumač: — Vol. težina - Spec. gravit.
 ---- Šir. goda - Ann. ring
 width

Sl. — Fig. 6. Raspodjela volumne težine i širine godova u transverzalnomo smjeru debla (Sljeme) — Distribution of the specific gravity and the annual ring width in transversal direction of the stem (Sljeme)

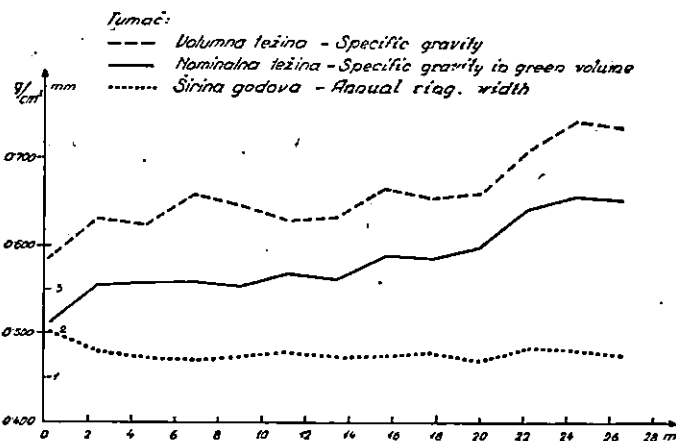


Tumač: — Vol. težina - Spec. gravit.
 ---- Šir. goda - Ann. ring
 width

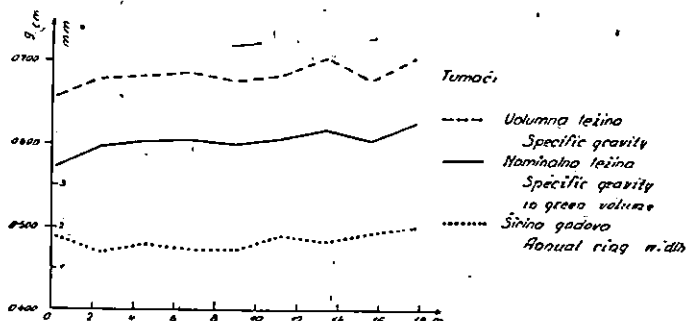
Sl. — Fig. 7. Raspodjela volumne težine i širine godova u transverzalnomo smjeru debla (Gorski Kotar — Risnjak) — Distribution of the specific gravity and the annual ring width in transversal direction of the stem (Gorski Kotar — Risnjak)

i na slikama 8—12. Na prvi pogled se vidi, da volumna težina s jedne strane raste od periferije debla prema njegovu centru, a s druge strane, da ona pokazuje tendenciju porasta u longitudinalnom smjeru od panja prema vrhu debla.

Promjene volumne težine od periferije prema centru debla usko su povezane s promjenama širine godova od periferije prema centru. To se naročito lijepo ističe na sl. 3—7, gdje smo nani-



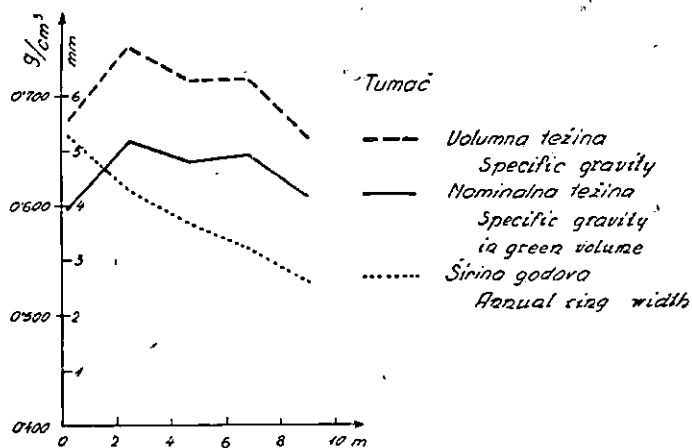
Sl. — Fig. 8. Raspodjela volumne težine, nominalne volumne težine i širine godova u longitudinalnom smjeru debla (Lipovljani — I. bonitet) — Distribution of the specific gravity, of the nominal (rated) specific gravity and of the annual ring width in longitudinal direction of the stem (Lipovljani — Site class I)



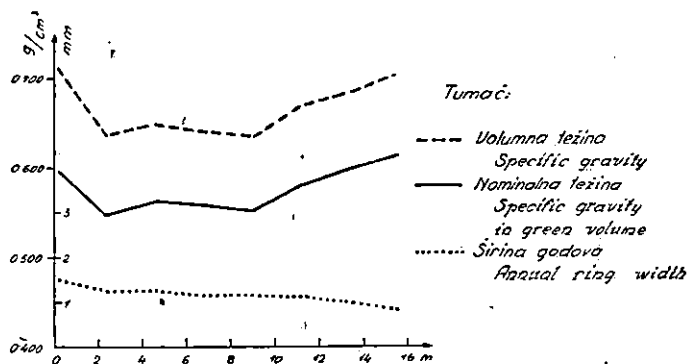
Sl. — Fig. 9. Raspodjela volumne težine, nominalne volumne težine i širine godova u longitudinalnom smjeru debla (Lipovljani — II. bonitet) — Distribution of the specific gravity, of the nominal specific gravity and of the annual ring width in longitudinal direction of the stem (Lipovljani — Site class II)

jeli, kako volumne težine, tako i širine godova. Širi godovi označavaju drvo s većim učešćem kasnog drveta te prema tome i drvo veće težine. Doduše postoje i neki izuzeci (vidi sl. 4, 5, 6) gdje to na prvi pogled ne stoji. Ove iznimke treba dovesti u vezu sa malim brojem proba i razlikama u učešću kasnog drveta u godu kod tih proba.

Vrlo interesantnu sliku pruža nam uvid u mijenjanje volumne težine jasenovine u longitudinalnom smjeru debla. Kod



Sl. — Fig. 10. Raspodjela volumne težine, nominalne volumne težine i širine godova u longitudinalnom smjeru debla (Lipovljani — III. bonitet) — Distribution of the specific gravity, of the nominal gravity and of the annual ring breadth in longitudinal direction of the stem (Lipovljani — Site class III)

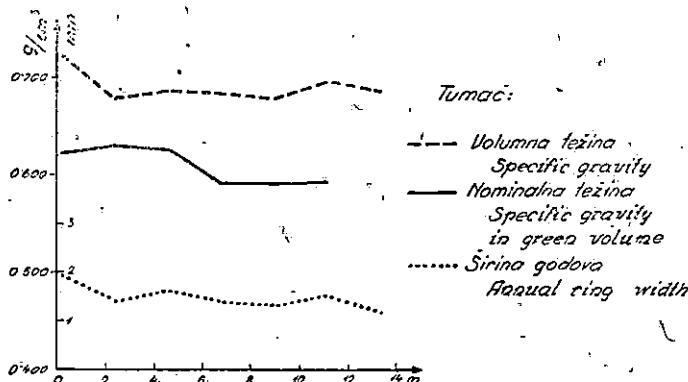


Sl. — Fig. 11. Raspodjela volumne težine, nominalne volumne težine i širine godova u longitudinalnom smjeru debla (Sljeme) — Distribution of the specific gravity, of the nominal specific gravity and of the annual ring width in longitudinal direction of the stem (Sljeme)

istraženih debala poljskog jasena sa I. boniteta (sl. 8) prosječna širina godova u longitudinalnom smjeru debla bila je najednaka, a volumna težina u longitudinalnom smjeru pokazuje tendenciju porasta. Istu tendenciju porasta volumne težine u lon-

gitudinalnom smjeru debla pokazuju i istražena debela poljskog jasena sa II. boniteta, iako ovdje raste i prosječna širina godova od panja prema vrhu debla. Kod debala sa III. boniteta (sl. 10), širina godova linearno opada od panja prema vrhu debla, dok volumna težina najprije raste, a onda vrlo lagano opada.

Kod istraženih debala običnog jasena sa *Sljemena* (sl. 11) i sa *Risnjaka* (sl. 12) ne pokazuju se karakteristične promjene volumne težine u longitudinalnom smjeru debla. Kod jasena sa *Sljemena* volumna težina od panja do visine od 2.40 m iznad tla naglo



Sl. — Fig. 12. Raspodjela volumne težine, nominalne volumne težine i širine godova u longitudinalnom smjeru debla (Gorski Kotar — Risnjak) — Distribution of the specific gravity, of the nominal specific gravity and of the annual ring width in longitudinal direction of the stem (Gorski Kotar — Risnjak)

opada, a zatim postepeno raste, iako širina godova konstantno opada prema vrhu. Obični jasen sa *Risnjaka* pokazuje istu zakonitost kao i obični jasen sa *Sljemena* (sl. 12).

Naročito je karakterističan porast volumne težine sa visinom presjeka debla kod debala poljskog jasena sa I. boniteta u nizinskim posavskim šumama šumarije *Lipovljani*.

S obzirom na to, da nizinske šume na tlu I. boniteta čine glavnu masu sastojina u *Lipovljanima* i daju karakteristiku cijelom objektu, pokušali smo statistički ustanoviti vjerodostojnost promjena volumne težine u longitudinalnom smjeru debla poljskog jasena. Radi toga smo usporedili prosječne volumne težine drveta u apsolutno suhom stanju na presjecima debla u visinama 0,20 m; 4,60 m; 11,20 m; 17,80 m i 24,40 m iznad tla. Širine godova su na ovim presjecima, osim na panju, približno najednake, pa je na težinu manje utjecala širina godova, a više položaj u deblu.

Rezultate ove usporedbe prikazuje tablica 3.

Volumna težina u raznim visinama debla. — Specific gravity of wood in cross-sections taken at different heights above ground

Tab. 3

Položaj uzoraka (visine iznad tla) — Height above ground in m.	Broj stabala — Number of investigated trees	Broj proba — Number of specimens	Prosječna širina goda — Average annual ring width in mm.	Volumna težina u apsolutno suhom stanju (0% vlage) Specific gravity of wood in the state of absolute dryness (moisture content 0%)						Signifikantnost razlika — Significance
				m	f _m	σ	f _σ	v	f _v	
				g/cm ³				%			t
0.20	4	77	2.00	0.584	0.0078	0.0682	0.00549	11.68	0.954	3.79
4.60	4	69	1.45	0.625	0.0052	0.0430	0.00266	6.87	0.588	
11.20	4	59	1.50	0.628	0.0064	0.0494	0.00455	7.86	0.726	3.37
17.80	4	41	1.55	0.655	0.0114	0.0731	0.00807	11.16	1.240	2.21
24.40	4	12	1.60	0.742	0.0234	0.0549	0.01655	7.40	1.515	3.92

Iz tablice vidimo, da su razlike između pojedinih presjeka izuzev presjeka u visini 4,60 i 11,20 statistički opravdane, jer je nivo signifikantnosti veći od nivoa, koji daje *Fischerova t tablica* (Žarković,¹¹ str. 62).

Opravdanost razlika u volumnoj težini u longitudinalnom smjeru debla pokušali smo dokazati i obračunavanjem korelacione jednadžbe.

Obračun korelacije — Calculation of correlation

Tab.

Σx	Σy	n	Σx ²	Σx · y	Σ(y - m _y) ²	Σ(y - Y) ²
5.709.80	388.47	609	81.441.10	3.747,36760	0.583763	0.177280

Napomena — Remark:

x = visina presjeka iznad tla — height of cross-section above ground.

y = volumna težina prema podacima mjerenja — specific gravity after the data of measurement.

Y = volumna težina prema jednadžbi korelacije — specific gravity after the equation of correlation.

n = broj istraženih proba — number of specimens examined.

Naime odnos između visine presjeka debla iznad tla, iz kojeg su izrađene probe, i srednje volumne težine drveta na tome presjeku može se prikazati jednadžbom pravca

$$y = a x + b \quad (1)$$

Aritmetske sredine volumnih težina za pojedine presjeke već smo prikazali u tablici 2.

Na temelju podataka iz navedene tablice i veličina potrebnih za obračun, a koje smo donijeli u tablici 4, obračunali smo parametre korelacione jednadžbe i veličinu korelacije izraženu u veličini korelacionog koeficijenta, koje donosimo u tablici 4a.

Jednadžba korelacije — Equation of correlation

Tabl. 4a

Parametri korelacione jednadžbe Parameters of the correlation equation				Veličina korelacije Value of correlation	
a	σ_a	b	σ_b	r	r_f
0.0038	± 0.0001	0.6025	± 0.0012	0.834	± 0.0123

S obzirom na to, da su veličine parametara korelacione jednadžbe odnosa između položaja u longitudinalnom smjeru debla (visina iznad tla) i volumne težine drveta na tome mjestu signifikantne, t. j. $a > 1.96 \sigma_a$, možemo sa punim pravom zaključiti, da korelaciona jednadžba dobro reprezentira odnos, koji postoji između navedenih veličina te da volumna težina u longitudinalnom smjeru debla nije konstantna, nego je o njemu zavisna.

Drugim riječima, volumna težina raste s visinom presjeka debla iznad tla. Linearna korelacija je vrlo velika, budući da je korelacioni koeficijent veći od 0.75.

Prema tome korelacija između visine presjeka debla iznad tla i volumne težine poljske jasenovine sa I. boniteta iz posavskih šuma šumarije u *Lipovljanima*, može se izraziti jednadžbom

$$y = 0.0038 x + 0.6025 \dots g/cm^3 \dots \quad (2)$$

gdje je:

x = visina presjeka debla iznad tla u m

y = volumna težina u stanju apsolutne suhoće (0% vlage).

2. Nominalna volumna težina — Nominal specific gravity

Sličan odnos, koji postoji između volumne težine drveta u stanju apsolutne suhoće i položaja u longitudinalnom smjeru debla, postoji i između nominalne volumne težine i položaja u longitudinalnom smjeru debla.

To se vidi i na slikama 8—12.

U tablicama 5 i 5a prikazali smo podatke za obračun korelacije između položaja u longitudinalnom smjeru debla i nominalne volumne težine. Isto tako smo donijeli veličine parametara jednadžbe korelacije i veličinu korelacionog koeficijenta.

Obračun korelacije — Calculation of correlation.

Tab. 5.

Σx	Σy	n	Σx^2	$\Sigma x \cdot y$	$\Sigma (y - m_y)^2$	$\Sigma (y - Y)^2$
5.279,20	319.635	568	74.330,80	3.063,6898	0.493669	0.110567

Jednadžba korelacije — Equation of correlation

Tab. 5a.

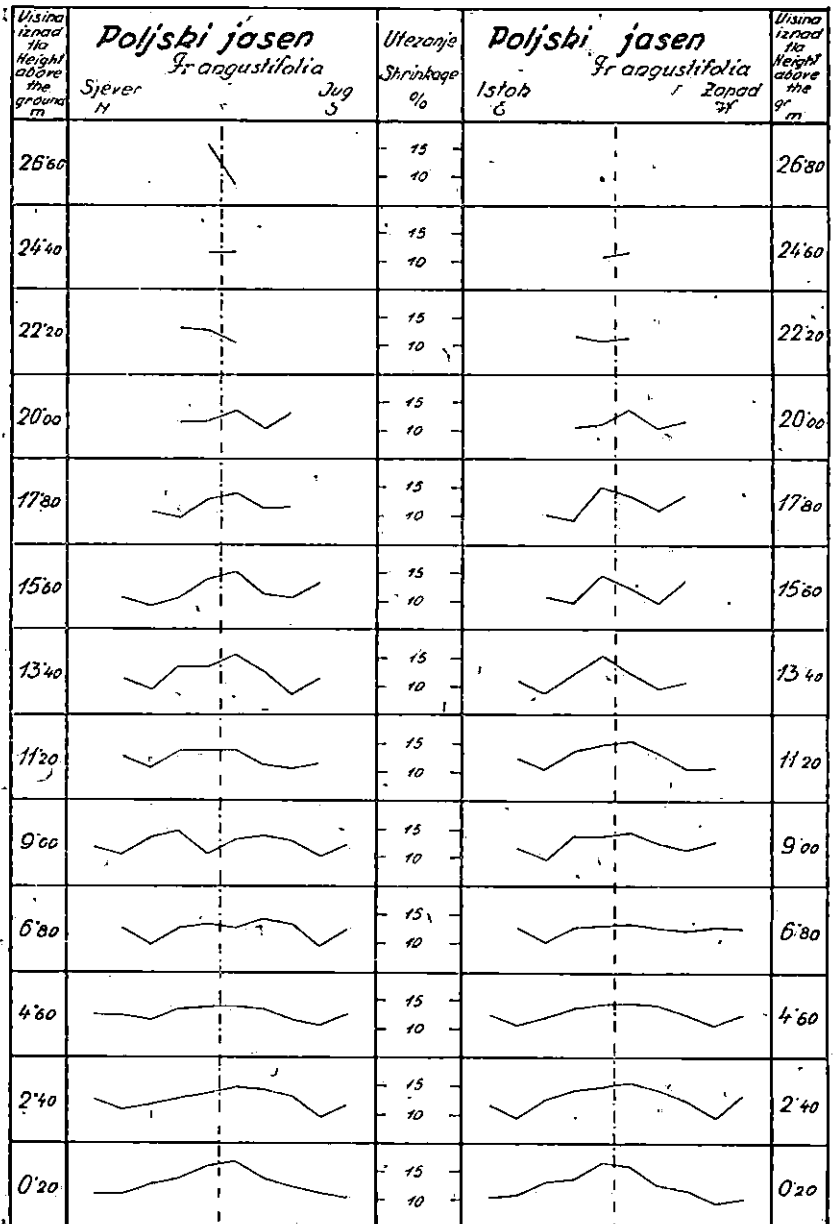
Parametri korelacione jednadžbe Parameters of the correlation equation				Veličina korelacije Value of correlation	
a	σ_a	b	σ_b	r	f_r
0.0037	± 0.0009	0.5286	± 0.0010	0.900	± 0.0079

Prema tome odnos između položaja u longitudinalnom smjeru debla i nominalne volumne težine kod poljskog jasena sa I. boniteta posavskih šuma fakultetske šumarije u *Lipovljanima* može se prikazati jednadžbom

$$y = 0.0037 x + 0.5286 \dots \dots g/cm^3 \dots \dots \quad (3)$$

Nominalna volumna težina poljske jasenovine raste s položajem u longitudinalnom smjeru debla od panja prema vrhu debla. S obzirom na veliki korelacioni koeficijent, korelacija je između položaja probe u deblu i nominalne volumne težine potpuna.

Nominalna volumna težina poljske jasenovine linearno je zavisna o položaju u deblu, sa kojeg uzimamo probe za ispitivanje težine.

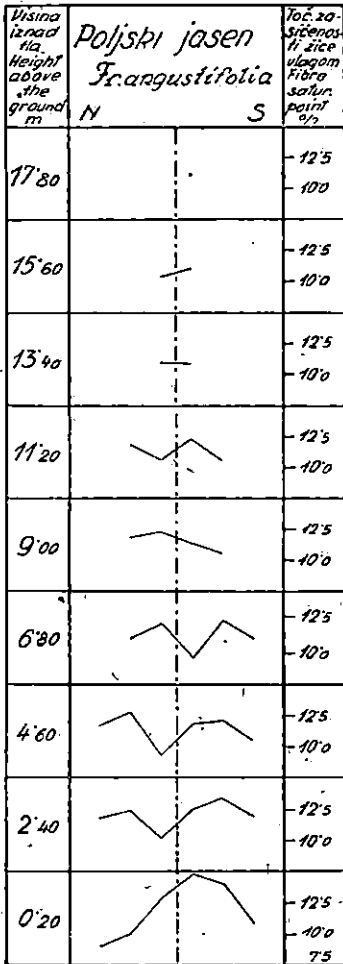


Sl. — Fig. 13. Volumno utezanje u transverzalnemu smjeru debla (Lipovljani — I. bonitet) — Volumetric shrinkage in transversal direction of the stem (Lipovljani — Site class I)

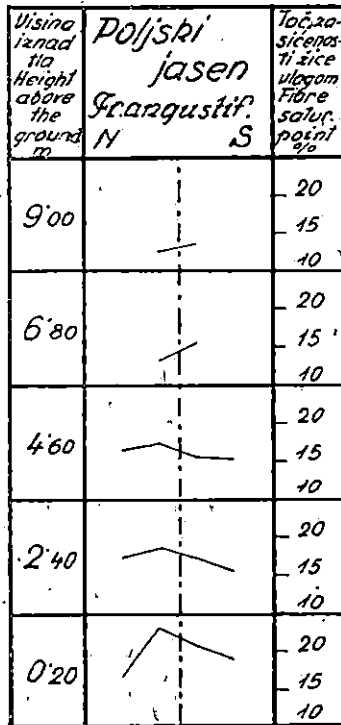
3. Volumno utezanje jasenovine — Volumetric shrinkage of ashwood

Kako se mijenja veličina volumnog utezanja jasenovine u transverzalnom i longitudinalnom smjeru debla, prikazali smo na slikama 13 do 21. Kod volumnog utezanja u transverzalnom smjeru debla opaža se neka podudarnost između njegove veličine i širine godova. Naime širina godova od periferije prema centru debla raste, a isto tako i veličina volumnog utezanja drveta. Najjače utezanje opažamo u centralnom dijelu debla (vidi sl. 13). Ta ista zakonitost postoji kod stabala polj-

čine i širine godova. Naime širina godova od periferije prema centru debla raste, a isto tako i veličina volumnog utezanja drveta. Najjače utezanje opažamo u centralnom dijelu debla (vidi sl. 13). Ta ista zakonitost postoji kod stabala polj-

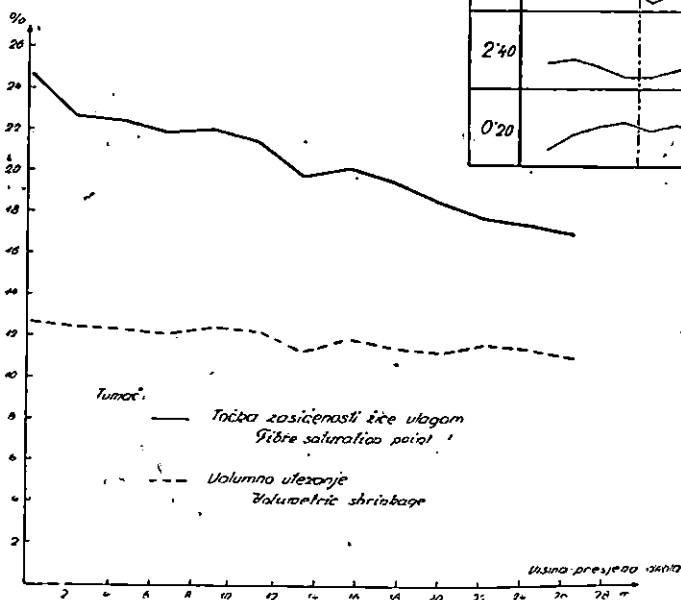


Sl. — Fig. 14. Volumno utezanje u transverzalnom smjeru debla (Lipovljani — II. bonitet) — Volumetric shrinkage in transversal direction of the stem (Lipovljani — Site class II)



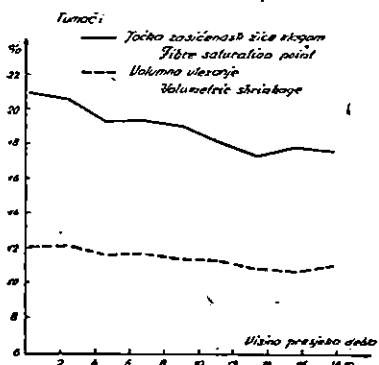
Sl. — Fig. 15. Volumno utezanje u transverzalnom smjeru debla (Lipovljani — III. bonitet) — Volumetric shrinkage in transversal direction of the stem (Lipovljani — Site class III)

Sl. — Fig. 16. Volumno utezanje u transverzalnemu smjeru debla (Sljeme) Volumetric shrinkage in transversal direction of the stem (Sljeme)

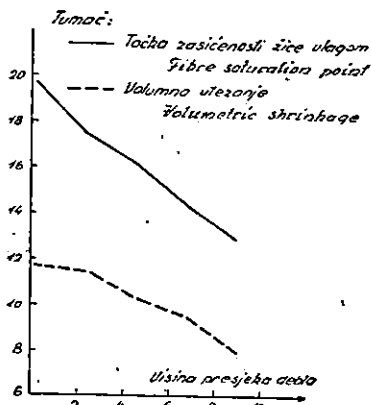


Sl. — Fig. 17. Volumno utezanje i točka zasićenosti žice vlagom u longitudinalnom smjeru debla (Lipovljani — I. bonitet) — Volumetric shrinkage and fibre-saturation point in longitudinal direction of the stem (Lipovljani — Site class I)

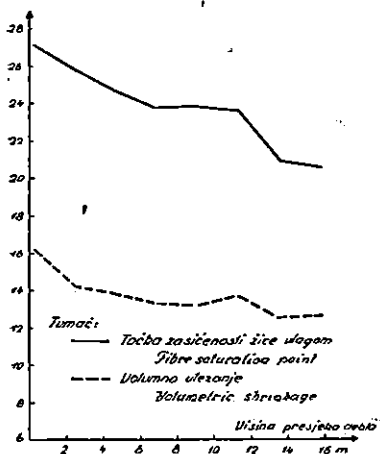
Visina iznad tla Height above the ground m	Obični jasen Fr. excelsior		Visina iznad tla Height above the ground m
	N	S	
17'80			20 15 10
15'80			20 15 10
13'40			20 15 10
11'20			20 15 10
9'00			20 15 10
6'80			20 15 10
4'60			20 15 10
2'40			20 15 10
0'20			20 15 10



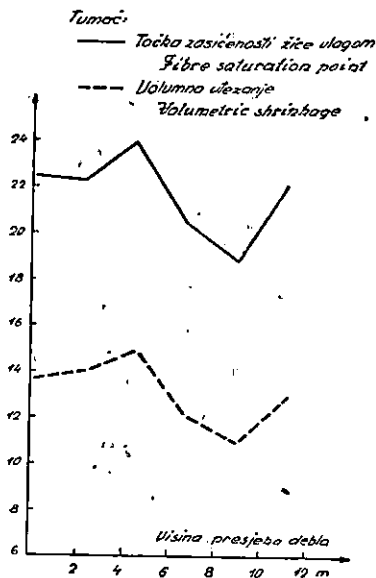
Sl. — Fig. 18. Volumno uzezanje i točka zasićenosti žice vlagom u longitudinalnom smjeru debla (Lipovljani — II. bonitet) — Volumetric shrinkage and fibre-saturation point in longitudinal direction of the stem (Lipovljani — Site class II)



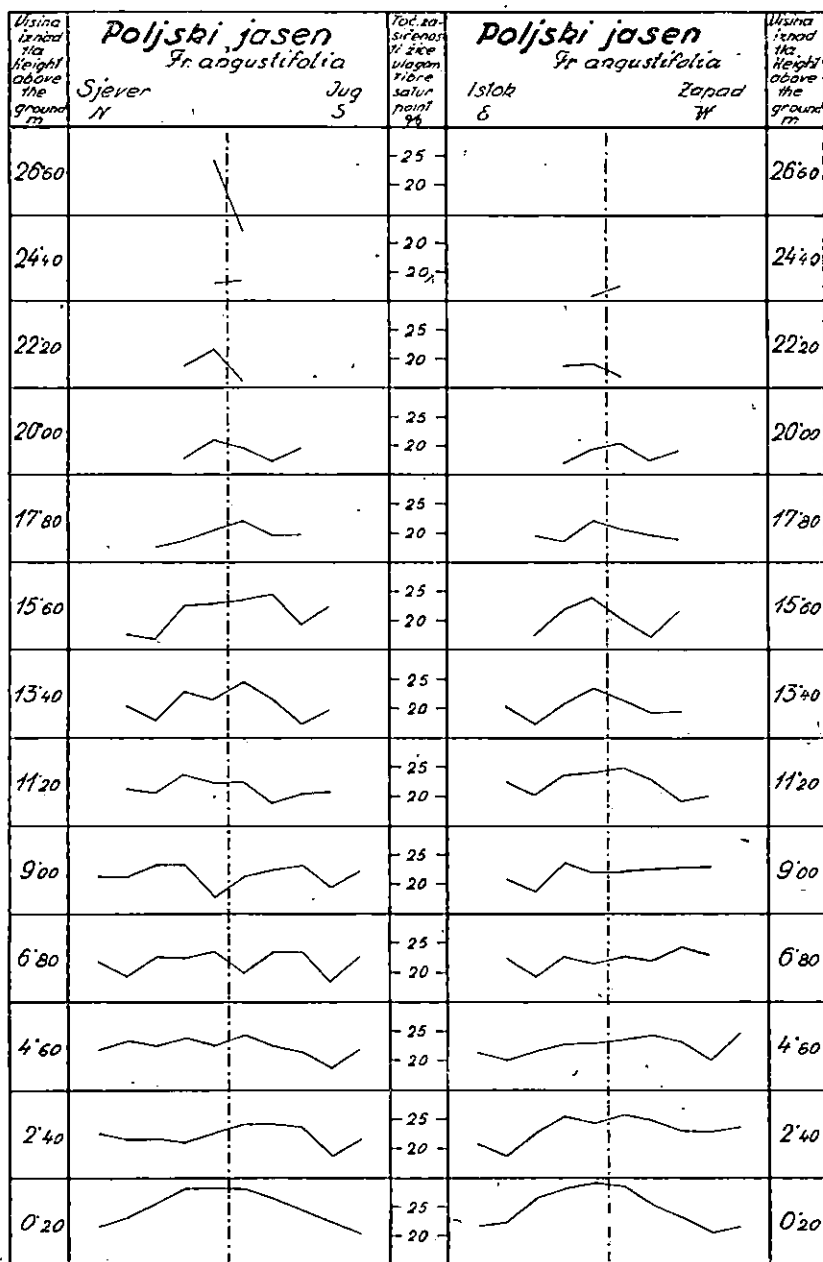
Sl. — Fig. 19. Volumno uzezanje i točka zasićenosti žice u longitudinalnom smjeru debla (Lipovljani — III. bonitet) — Volumetric shrinkage and fibre-saturation point in longitudinal direction of the stem



Sl. — Fig. 20. Volumno uzezanje i točka zasićenosti žice vlagom u longitudinalnom smjeru debla (Sljeme) — Volumetric shrinkage and fibre-saturation point in longitudinal direction of the stem (Sljeme)



Sl. — Fig. 21. Volumno uzezanje i točka zasićenosti žice u longitudinalnom smjeru debla (Gorski Kotar — Risnjak) — Volumetric shrinkage and fibre-saturation point in longitudinal direction of the stem



Sl. — Fig. 22. Točka zasićenosti žice vlagom u transversalnom smjeru debla (Lipovljani — I. bonitet) — Fibre-saturation point in transversal direction of the stem (Lipovljani — Site class I)

skog jasena bez obzira na bonitet staništa, (sl. 14 i 15), a kod običnog jasena iz Zagrebačke gore (sl. 16) manje je izrazita, iako se i ovdje donekle opaža.

Interesantno je promatrati, kako se volumno utezanje mijenja u uzdužnom smjeru debla. Na slikama 17—21 prikazano je volumno utezanje u uzdužnom smjeru debla. Već sam uvid u slike pokazuje nam, da volumno utezanje u longitudinalnom smjeru debla (od panja prema vrhu debla) pokazuje tendenciju opadanja. Naročito se to lijepo ističe kod istraženih stabala poljskog jasena, i to, kako onih sa I. boniteta, tako i kod onih sa II. i III. boniteta (sl. 17, 18 i 19). I kod istraženih stabala običnog jasena pokazuje se ista tendencija, iako ona nije izrazita kao kod poljskog jasena. Tako na primjer kod stabala običnog jasena s *Risnjaka* imamo veća odstupanja, ali treba imati na umu, da se ovi podaci odnose samo na jedno istraženo stablo.

Obračun korelacije — Calculation of correlation

Tab. 6.

Σx	Σy	n	Σx^2	$\Sigma x \cdot y$	$\Sigma (y - m_y)^2$	$\Sigma (y - Y)^2$
-5279.20	6839,43	568	74.330.80	62.281,0720	122.9424	33.8209

Promjena volumnog utezanja u longitudinalnom smjeru debla poljskog jasena iz I. boniteta dade se vrlo dobro predstaviti jednadžbom pravca, koja općenito glasi $y = a \cdot b$. Na temelju podataka iskazanih u tablici 6 obračunali smo parametre jednadžbe i veličinu korelacije, koje smo donijeli u tablici 6a. Jednadžba vrlo dobro reprezentira odnos između položaja u transverzalnom smjeru debla i veličine volumnog utezanja, što se vidi iz signifikantnosti parametra a i veličine korelacionog koeficijenta r . Naime $a > 1.96 \sigma_a$, a $r > 0.75$.

Jednadžba korelacije prema tome glasi

$$y = 12.62 - 0.060 \cdot x \dots \dots \dots \% \dots \dots \dots \quad (4)$$

Jednadžba korelacije — Equation of correlation

Tab. 6a

Parametri korelacione jednadžbe Parameters of the correlation equation				Veličina korelacije Value of correlation	
a	σ_a	b	σ_b	r	f_r
-0.060	± 0.0015	12.62	± 0.017	0.862	± 0.0108

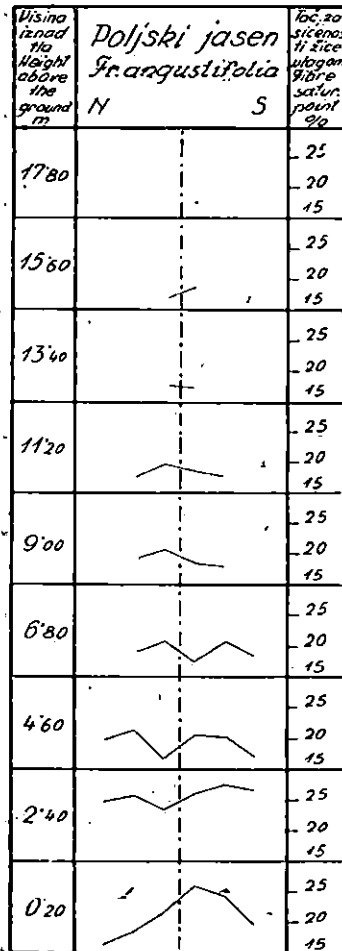
Iz rezultata naših istraživanja možemo prema tome zaključiti, da kod jasena općenito (t. j. kod poljskog i kod običnog jasena) volumno utezanje opada u longitudinalnom smjeru prema vrhu debla.

4. Točka zasićenosti žice vlagom — Fibre-saturation point

Naročito su interesantni podaci o kretanju točke zasićenosti žice vlagom, kako u transverzalnog, tako i u longitudinalnom smjeru debla.

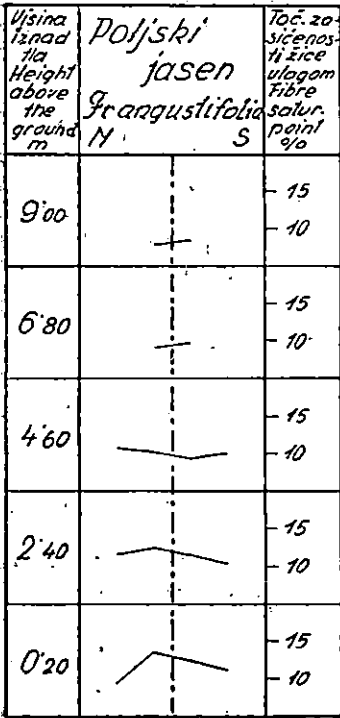
Na slikama 22, 23, 24 i 25 prikazali smo, kako se točka zasićenosti žice vlagom mijenja u transverzalnog smjeru od periferije prema centru debla. Širi godovi prema centru imaju i višu točku zasićenosti žice vlagom. Prema tome postoji zavisnost između širine godova i veličine točke zasićenosti žice vlagom.

Interesantnu sliku pokazuje točka zasićenosti žice u longitudinalnom smjeru debla. Naime točka zasićenosti žice u longitudinalnom smjeru debla od panna prema vrhu debla konstantno opada. Postoji paralelizam između opadanja volumnog utezanja u longitudinalnom smjeru debla i veličine točke zasićenosti žice vlagom. Kako se veličina točke zasićenosti žice smanjuje u longitudinalnom smjeru debla prikazali smo u tablici 2 i na slikama 17—21. Veličina točke zasićenosti žice vlagom gotovo potpuno pravilno opada u longitudinalnom smjeru debla gotovo linearno osim kod stabla običnog jasena sa Risnjaka.

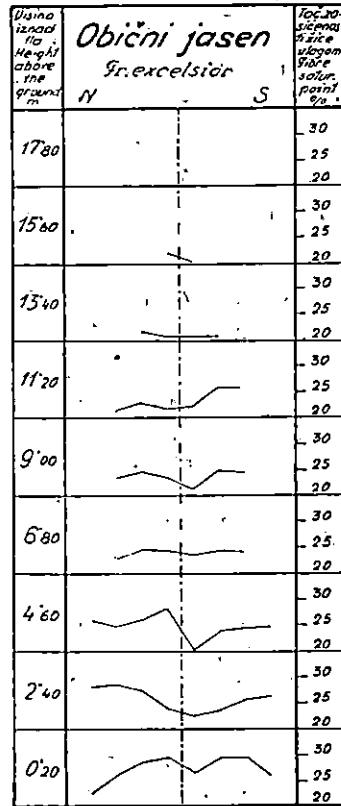


Sl. — Fig. 23. Točka zasićenosti žice vlagom u transverzalnog smjeru debla (Lipovljani — II. bonitet) — Fibre-saturation point in transversal direction of the stem (Lipovljani — Site class II)

I ovdje smo kao kod volumne težine ispitali signifikantnost razlika u veličini točke zasićenosti žice vlagom u longitudinalnom smjeru na presjecima u raznim visinama debla (vidi Tab. 7).



Sl. — Fig. 24. Točka zasićenosti žice vlagom u transversalnom smjeru debla (Lipovljani — III. bonitet) — Fibre-saturation point in transversal direction of the stem (Lipovljani — Site class III)



Sl. — Fig. 25. Točka zasićenosti žice vlagom u transversalnom smjeru debla (Sljeme) — Fibre-saturation point in transversal direction of the stem (Sljeme)

Pokazuje se, da su razlike između aritmetičkih sredina točke zasićenosti žice vlakana vlagom na presjecima debla u raznim visinama tla signifikantne uz izuzetak, da nema znatnih razlika između točke zasićenosti žice vlagom na presjecima debla u visini 4,60 i 11,20 m. S obzirom na razlike među ostalim presjecima ovu pojavu možemo smatrati slučajnom.

Veličinu opadanja točke zasićenosti žice vlagom kod poljskog jasena sa I. boniteta iz područja Lipovljana i običnog jasena sa Sljemena pokušali smo izraziti jednadžbom pravca.

Obračun signifikantnosti razlika veličine točke zasićenosti žice vlagom — Calculation of the significance of values of the fibre-saturation point

Tabl. 7

Visina presjeka debla Height above ground in m.	Broj stabala Number of invest. trees	Broj proba Number of specimens	Pros. šir. goda Average ann. ring width in mm.	Pros. vol. težina Aver. spec. gravity g/cm ³	Točka zasićenosti žice vlagom Fibre-saturation point						Signifikan. razlika Signif- cance t
					m	f _m	σ	f _σ	v	f _v	
					%						
0.20	4	74	2,00	0,584	24,62	0,367	3,155	0,2593	12,81	1,061	4,483
4.60	4	63	1,45	0,652	22,39	0,323	2,564	0,2284	11,45	1,031	2,112
11.20	4	50	1,50	0,628	21,43	0,308	2,181	0,2181	10,18	1,023	4,116
17.80	4	40	1,55	0,655	19,56	0,403	2,550	0,2851	13,04	1,470	2,877
24.40	4	10	1,60	0,742	17,53	0,487	1,539	0,3441	9,91	2,227	

Obračun korelacionog odnosa proveli smo za stabla poljskog jasena sa I. boniteta i za stabla običnog jasena iz Zagrebačke gore (Sljeme), gdje smo raspolagali sa po 4 istražena stabla, i dobiveni podaci već se mogu smatrati prosječnim podacima za dotična staništa i bonitete.

Obračun smo izvršili na temelju podataka iskazanih u tab. 8.

Općenito korelaciona jednadžba odnosa između veličine točke zasićenosti žice vlagom i visine presjeka debla iznad tla, kako za poljski, tako i za obični jasen, glasi

$$y = a x + b \dots \dots \dots (5)$$

Obračun korelacije — Calculation of correlation

Tabl. 8

Vrsta jasena i stanište Ash species and site	Σx	Σy	n	Σx ²	Σx · y	Σ(y - m _y) ²	Σ(y - Y) ²
Polj. jasen Fr. ang. Lipovljani I. bonitet Site class I	5.279,20	12.230,41	568	74.330,80	107.037,4640	2.042,8939	121,9150
Ob. jasen Fr. exg. Sljeme	933,40	3.866,98	157	9.072,12	21.842,5320	476,7186	44,9053

1. The specific gravity of ashwood

The specific gravity of wood of *narrow-leaved* and *common ash* increases from the periphery towards the centre of the stem. This increase in the spec. gravity is the consequence of the increase of annual ring width from the periphery to the centre. The same law rules for both *common* and *narrow-leaved ash* (see Figs. 3—7). The specific gravity increases in longitudinal direction from the stump to the tree top. The increase in spec. gravity from the stump to the tree top is linear in relation to the distance of the stump from the tree top (see Fig. 8). This relation for *narrow-leaved ash* from site-class I can be represented thus:

$$y = 0.0038 x + 0.6025 \dots\dots g/cm^3$$

The correlation is very great, because the value of the correlation coefficient amounts to

$$r = 0.834 \pm 0.0123$$

2. The nominal specific gravity of ashwood

The nominal specific gravity also increases from the periphery towards the tree centre, and so does the specific gravity of wood in the absolute dry state. In longitudinal direction the nominal specific gravity increases from the stump towards the tree top. For *narrow-leaved ash* from the site-class I this relation is represented by the expression

$$y = 0.0037 x + 0.5286 \dots\dots g/cm^3$$

The correlation is complete, because the value of correlation coefficient amounts to

$$r = 0.900 \pm 0.0079$$

3. The volumetric shrinkage of ashwood

The volumetric shrinkage increases from the periphery towards the tree centre. Here, too, there exists conformity with respect to the annual ring width as is the case in the specific gravity and nominal specific gravity (Figs. 13, 14, 15, 16).

The average volumetric shrinkage decreases in longitudinal direction from the stump to the tree top (Figs. 17, 18, 19, 20, 21). The volumetric shrinkage in longitudinal direction in the stem of *narrow-leaved ash* from the site-class I is represented by the equation of the straight line

$$y = 12.62 - 0.060 x \dots\dots \%$$

$$y = 12.62 - 0.060 x \dots \%$$

gdje x predstavlja udaljenost od tla u metrima. Korelacija je vrlo velika, budući da korelacioni koeficijent iznosi

$$r = 0.862 \pm 0.0108$$

4. Točka zasićenosti žice vlagom

U transverzalnom smjeru debla postoji paralelizam između širine godova i točke zasićenosti vlagom, kao što to postoji između širine godova i volumne težine i volumnog utezanja. Naime sve te veličine uglavnom rastu od periferije prema centru debla (sl. 22, 23, 24, 25).

U longitudinalnom smjeru debla točka zasićenosti žice vlagom opada od panja prema vrhu debla (sl. 17—21). Općenito to opadanje predstavlja pravac.

Kod poljskog jasena iz Lipovljana sa I. boniteta taj odnos predstavlja jednadžba

$$y = 23.64 - 0.229 x \dots \%$$

a kod običnog jasena sa Sljemena jednadžba

$$y = 26.89 - 0.380 x \dots \%$$

Korelacija je potpuna. Veličine korelacionih koeficijenata iznose:

za poljski jasen iz Lipovljana

$$r = 0.970 \pm 0.0025,$$

a za obični jasen sa Sljemena

$$r = 0.963 \pm 0.0058.$$

Budući da utezanje prije počinje u točki veće zasićenosti žice vlagom, a ova je viša na debljem kraju debla, to će i utezanje, a u vezi sa time vjerojatno i raspucavanje početi prije kod trupaca sa debljeg kraja debla. Ovaj zaključak potvrđuje i praksa iskorišćivanja šuma, pa o tome treba voditi računa kod organiziranja izvoza jasenovih trupaca iz šume.

CONCLUSION

On the basis of investigations on the distribution of several physical properties of wood in the stem of *narrow-leaved ash* from the forest district *Lipovljani* and *common ash* from the mountains *Sljeme* and *Risnjak* the following conclusions can be drawn:

ZAKLJUČAK

Na temelju provedenih istraživanja rasporeda nekih fizičkih svojstava drveta u deblu poljskog jasena iz *Lipovljana* i običnog jasena sa *Sljemena* i *Risnjaka* mogu se ukratko izvesti ovi zaključci:

1. Volumna težina jasenovine

Volumna težina poljske i obične jasenovine raste od periferije prema centru debla. Taj porast volumne težine posljedica je porasta širine godova od periferije prema centru. Ista zakonitost vrijedi, kako kod poljskog, tako i kod običnog jasena (v. sl. 3-7). Volumna težina raste u longitudinalnom smjeru od panja prema vrhu debla. Porast volumne težine od panja prema vrhu debla je linearan u odnosu na udaljenost panja prema vrhu debla (vidi sl. 8). Taj odnos za poljski jasen sa I. boniteta staništa može se prikazati izrazom

$$y = 0.0038 x + 0.6025 \dots \dots g/cm^3$$

Korelacija je vrlo velika, jer veličina korelacionog koeficijenta iznosi

$$r = 0.834 \pm 0.0123$$

2. Nominalna volumna težina jasenovine

Nominalna volumna težina raste također od periferije prema centru debla kao i volumna težina drveta u apsolutno suhom stanju. U longitudinalnom smjeru nominalna težina raste od panja prema vrhu debla. Za poljski jasen sa I. boniteta ovaj odnos predstavlja izraz

$$y = 0.0037 x + 0.5286 \dots \dots g/cm^3$$

Korelacija je potpuna, jer veličina korelacionog koeficijenta iznosi

$$r = 0.900 \pm 0.0079$$

3. Volumno utezanje jasenovine

Volumno utezanje raste od periferije prema centru debla. I tu postoji paralelizam sa širinom godova kao kod volumne i nominalne volumne težine (sl. 13, 14, 15, 16).

Prosječno volumno utezanje opada u longitudinalnom smjeru od panja prema vrhu debla (sl. 17, 18, 19, 20, 21). Volumno utezanje u longitudinalnom smjeru debla kod poljskog jasena sa I. boniteta predstavlja jednadžbu pravca

U ovoj jednadžbi x predstavlja udaljenost presjeka debla iznad tla, a y točku zasićenosti žice vlagom u %.

U tablici 8a iskazali smo veličine parametara a i b i njihove srednje griješke, kao i veličine korelacionih koeficijenata s njihovim srednjim griješkama za poljski i obični jasen, kojih obračune smo vršili.

Jednadžba korelacije — Equation of correlation

Tabl. 8a

Vrst jasena Ash species	Parametri korelacione jednadžbe Parameters of the correlation equation				Veličina korelacije Value of correlation	
	a	σ_a	b	σ_b	r	f_r
Poljski jasen Fr. angustifolia Lipovljani, I. bon.	-0.299	± 0.0029	23.64	± 0.3313	0.970	± 0.0025
Obični jasen — Fr. excelsior — Sljeme	0.380	± 0.0090	26.89	± 0.0687	0.963	± 0.0058

S obzirom na srednje pogreške parametra a i s obzirom na veličinu korelacije možemo zaključiti, da postoji zakonitost u opadanju veličine točke zasićenosti žice vlagom u longitudinalnom smjeru od panja prema vrhu debla poljskog i običnog jasena.

Zakonitost opadanja veličine točke zasićenosti žice vlagom u longitudinalnom smjeru debla prikazuju prema tome ovi izrazi:

a) Poljski jasen sa staništa I. boniteta posavskih šuma šumarije Lipovljani

$$y = 23.64 - 0.229 x \dots \dots \% \dots \dots \quad (5a)$$

b) Obični jasen sa Sljemena (Zagrebačka gora)

$$y = 26.89 - 0.380 x \dots \dots \% \dots \dots \quad (5b)$$

Ovi obračuni i podaci tabele 2 i sl. 17—25 pokazuju nam osim izloženoga i ovo:

Prosječna točka zasićenosti žice vlagom poljske jasenovine opada s bonitetom staništa. Ona je najviša na staništu I. boniteta, a najniža na staništu III. boniteta.

Točka zasićenosti žice vlagom obične jasenovine viša je nego točka zasićenosti žice vlagom poljske jasenovine. Obična jasenovina sa Sljemena, gdje su uvjeti rasta jasena povoljniji nego na Risnjaku, ima višu točku zasićenosti žice vlagom.

where x represents the distance from the ground in m. The correlation is very great, because the correlation coefficient amounts to

$$r = 0.862 \pm 0.0108$$

4. The fibre-saturation point

In transversal direction of the stem there exists conformity between the annual ring width and the fibre-saturation point as is the case between the annual ring width on the one hand and the specific gravity and volumetric shrinkage on the other. That is to say, all these values increase mainly from the periphery towards the tree centre (Figs. 22, 23, 24, 25).

In the longitudinal direction of the stem the fibre-saturation point decreases from the stump towards the tree top. In the main, this decrease is represented by a straight line.

In *narrow-leaved ash* from *Lipovljani* (site-class I) this relation is represented by the equation

$$y = 23.64 - 0.229 x \dots \dots \%$$

while in *common ash* from *Sljeme* by the equation

$$y = 26.89 - 0.380 x \dots \dots \%$$

The correlation is complete. The values of the correlation coefficients amount:

for *common ash* from *Lipovljani* to

$$r = 0.970 \pm 0.0025,$$

and for *common ash* from *Sljeme* to

$$r = 0.963 \pm 0.0058.$$

Because shrinkage starts at the fibre-saturation point which at the thicker end of the stem is greater, shrinkage, too, and in this connection probably also checking, will start first in logs from the thicker end of the stem. This conclusion is also confirmed by the logging practice, which should be taken into consideration when organizing extraction of ash logs from the forest.

LITERATURA — LITERATURE

1. *Benić R.*: Istraživanja o učešću i nekim fizičkim svojstvima bijeli i srži poljskog jasena (*Fr. angustifolia Vahl*), Glasnik za šumske pokuse, knj. 12, Zagreb 1953.
2. *Brown H. P., Panshin A. J., Forsaith C. C.*: Textbook of Wood Technology, Vol, II, New York 1952.
3. *Kollmann F.*: Die Esche und ihr Holz, Berlin 1941.
4. *Kollmann F.*: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, II. Aufl. I. Bd., Berlin-Göttingen-Heidelberg-München 1951.
5. *Richter, Altschäffer H.*: Theorie und Technik der Korrelations-Analyse, Berlin 1932.
6. *Tredelenburg R.*: Das Holz als Rohstoff, München-Berlin 1939.
7. *Ugrenović A.*: Tehnologija drveta, Zagreb 1950.
8. *Ugrenović A., Šolaja B.*: Istraživanja o specifičnoj težini drveta i količini sirove smole vrsti *Pinus nigra Arn.* i *Pinus silvestris L.*, Glasnik za šumske pokuse, knj. 3 (1931), str. 29—88.
9. *Uspasskij P. P.*: Drevesina i jejo obrabotka, Moskva 1946.
10. *Volkert E.*: Untersuchungen über Grösse und Verteilung des Raumgewichtes in Nadelholzstämmen, Frankfurt a. M., 1941.
11. *Žarković S. S.*: Statističke metode u industrijskim istraživanjima, Beograd 1949.

SADRŽAJ
(SUMMARIUM)

Prof. dr. Andrija Petračić:	
Prilog za poznavanje visinskog prirasta smrekovih (<i>Picea excelsa</i> Link) stabalaca nastalih iz različito razvijenih sadnica iste sjetve	5
Höhenwuchs der aus verschiedenen kräftigen Pflanzen derselben Aussaat stammenden Fichten-Stämmchen (<i>Picea excelsa</i> Link)	16
Dr. Juraj Krpan:	
Istraživanje točke zasićenosti važnijih domaćih vrsta drveta	18
Investigation of the fibre-saturation point of several more important native wood species	100
Dr. Mirko Vidaković:	
Oblici crnog bora u Jugoslaviji na temelju anatomije iglica	111
Forms of <i>Pinus nigra</i> in Yugoslavia on the basis of anatomical structure of the needles	240
Dr. Roko Benić:	
Istraživanja o potrošku vremena za čišćenje debla od grana i za guljenje kore kod ljetne sječe jelovine u Gorskom Kotaru	249
Investigations of time consumption in the trimming and bark-ing of fir stems during summer fellings in Gorski Kotar	277
Prof. ing. Stanko Flögl:	
Brzina klizanja u zavojicama šumskih klizina	281
Gleitgeschwindigkeit in Kurven der Forstriesen	335
Dr. Milan Androić:	
Borov četnjak gnjezdar (<i>Cnethocampa pityocampa</i> Schiff.)	351
La processionnaire du pin (<i>Cnethocampa pityocampa</i> Schiff.)	450
Prof. dr. Milan Anić:	
Crni bor u sjevernom Velebitu	461
Austrian pine (<i>Pinus nigra</i> Arn.) on the northern part of Velebit (Croatia)	505
Dr. Roko Benić:	
Istraživanja o rasporedu nekih fizičkih svojstava drveta u debelu poljskog i običnog jasena (<i>Fr. angustifolia</i> Vahl i <i>Fr. excelsior</i> L.)	509
Investigations on the distribution of some physical properties of wood in the stem of narrow-leaved and common ash (<i>Fr. angustifolia</i> Vahl and <i>Fr. excelsior</i> L.)	533

TISAK GRAFIČKOG ZAVODA HRVATSKE — ZAGREB