

GLASNIK

ZA ŠUMSKE POKUSE

*Annales
pro experimentis foresticis*

29



DIGITALNI REPOZITORIJ ŠUMARSKOG FAKULTETA

OŽUJAK, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
1993

UNIVERSITATIS IN ZAGREB FACULTATIS FORESTALIS
INSTITUTUM PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS

Br. 2511

ŠUMIASKI FAKULTET U ZAGREBU
KATEDRA ZA
DENDROMETRIJU

ANNALES
PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS

Volumen 29

ZAGREB IN CROATIA MCMXCIII
UNIVERSITATIS IN ZAGREB FACULTATIS FORESTALIS
INSTITUTUM PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS

GLASNIK

ZA ŠUMSKE POKUSE

Knjiga 29

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
1993

Glavni urednik
Editor in Chief

Prof. dr. ĐURO RAUŠ
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Tehnički urednik
Technical Editor

graf. inž. BORIS RUKAVINA

Lektor
Language Editor

Dr. BRANKA TAFRA

IZDAVAČ – PUBLISHED BY:

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Faculty of Forestry, University of Zagreb
41 000 Zagreb, Svetošimunska 25, Hrvatska

Časopis je glasilo znanstvenih radnika Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
Tiska se kao godišnjak. Naklada 1000 primjeraka.
Objavljeni članci se referiraju u časopisu »Forestry Abstracts«.

Tiskanje ove publikacije omogućeno je dotacijama Ministarstva znanosti, tehnologije
i informatike Republike Hrvatske, te javnog poduzeća »Hrvatske šume«.

TISAK: Grafički zavod Hrvatske

S A D R Ź A J (SUMMARIUM)

<i>Hrašovec, B.</i>	Izvorni znanstveni članak	
Prilog poznavanju bioekologije insekata iz roda <i>Balaninus</i> Germ., štetnika žira hrasta lužnjaka (<i>Quercus robur</i> L.)		1
Biology of the Insects of the genus <i>Balaninus</i> Germ., an Acorn Pests of Pedunculate Oak (<i>Quercus robur</i> L.)		38
<i>Kajba, D.</i>	Izvorni znanstveni članak	
Mogućnosti kloniranja obične breze (<i>Betula pendula</i> Roth.) i crne johe (<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.)		39
Possibilities of Cloning for the Silver Birch (<i>Betula pendula</i> Roth.) and the Black Alder (<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.)		76
<i>Kovačić, Đ.</i>	Izvorni znanstveni članak	
Zakon rasta i numeričko bonitiranje šuma		77
The Law of Growth and Site Class Determination in Forests		132
<i>Šegulja, N. & Rauš, Đ.</i>	Izvorni znanstveni članak	
Sto trajnih ploha Republike Hrvatske (ekološka istraživanja)		133
One Hundred Permanent Plots in Croatia (Ecological research)		148
<i>Kružić, T.</i>	Izvorni znanstveni članak	
Izbor regresijskog modela za izjednačenje drvnogromadnih tablica		149
Choosing Regression Models for Fitting Volume Tables		198
<i>Benko, M.</i>	Izvorni znanstveni članak	
Procjena taksacijskih elemenata sastojina na infracrvenim kolornim aeronsnimcima		199
Assessment of Stands Elements On Colour Infrared Aerial Photographs		274
<i>Vukelić, J. & Rauš, Đ.</i>	Izvorni znanstveni članak	
Fitocenološki aspekt sušenja šuma u Turopoljskom lugu		275
Phytozoenologischer Aspekt Des Waldsterbens In Waeldern von Turopoljski lug		294
<i>Matić, S. & Skenderović, J.</i>	Izvorni znanstveni članak	
Studija bioekološkog i gospodarskog rješenja šume Turopoljski lug ugrožene propadanjem (uzgojna istraživanja)		295
Research On Biological, Ecological and Economic Treatment of the Endangered Turopoljski lug Forest (Silvicultural research)		334
<i>Rauš, Đ.</i>	Izvorni znanstveni članak	
Fitocenološka osnova i vegetacijska karta nizinskih šuma Srednje Hrvatske		335
Phytocoenology and Vegetation Map of Central Croatia Flatland Forests		364

BORIS HRAŠOVEC

**PRILOG POZNAVANJU BIOEKOLOGIJE
INSEKATA IZ RODA *BALANINUS* Germ.,
ŠTETNIKA ŽIRA HRASTA LUŽNJAKA
(*QUERCUS ROBUR* L.)**

**BIOLOGY OF THE INSECTS OF THE GENUS
BALANINUS Germ., AN ACORN PESTS OF
PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR* L.)**

Prispjelo: 8. 5. 1992.

Prihvaćeno: 1. 10. 1992.

Rod *Balaninus* Germ. (*Curculio* L.) značajan je s gledišta zaštite šuma zbog svoje sposobnosti da napadne i uništi i do dvije trećine godišnjega uroda lužnjakova žira.

Na istraživanom području gornje Posavine u najvećoj brojnosti javila se vrsta *B. glandium* Mrsh. U mnogo manjoj brojnosti utvrđene su još i vrste *B. elephas* Gyll., *B. venosus* Grav. i *B. villosus* Fabr. Na sabranom biološkom materijalu obavljena su mjerenja tjelesnih dimenzija po pojedinim razvojnim stadijima. Detaljnim praćenjem populacije za njezina boravka u tlu utvrđeno je vrijeme i trajanje kukuljenja te eklozija imaga. Nakon kukuljenja, koje je nastupilo u srpnju i kolovozu, kornjaši nisu napuštali svoje komorice u tlu, već su u stanju mirovanja čekali dolazak proljeća. Izlazak imaga iz tla uspješno je praćen u svibnju uz pomoć površinskih klopki s plastičnom mrežom.

Na pokusnim plohama utvrđen je najmanje dvogodišnji ciklus razvoja s mogućnošću trogodišnjega i višegodišnjega razvoja. Na terenu i u laboratoriju nije utvrđen ni jedan slučaj jednogodišnje generacije.

Ključne riječi: *Balaninus* Germ., *Curculio* L., *Quercus robur* L., žir, žirotoč, bioekologija, štete, gornja Posavina, Hrvatska

UVOD - INTRODUCTION

U kompleksnom procesu propadanja hrastovih sastojina sve je izraženiji problem prirodne, ali i umjetne obnove šumskih sastojina na kojima se hrast lužnjak (*Quercus robur* L.), kao najvrednija vrsta, čini se, ubrzano suši. Osnovni preduvjet

uspješnog pomlađivanja svakako je tvorba dovoljne količine zdravoga i kvalitetnoga sjemena. Problem plodonošenja poznat je u šumarstvu već dugi niz godina. Tako dvadesetih godina ovoga stoljeća Petračić (1926) konstatira da se na tržištu teško može doći do lužnjakova žira, koji je uz to i slabe kvalitete. Spaić (1974) uočava stagnaciju uroda žira, koji drži temeljnim preduvjetom obnove sastojina. O problemima prirodne obnove lužnjakovih šuma u uvjetima slabog i neredovitog uroda žira govore Sikora (1984), Maksimović (1983), Prpić (1987) i Starčević (1990). Razmatrajući problem nestašice žira Mikloš (1991) zaključuje da je »sigurno samo to da proizvodnja često nije u stanju zadovoljiti potražnju« te da je »potrebno temeljitije istražiti i po mogućnosti otkloniti uzroke slabog uroda žira i tako povećati proizvodnju«.

O uzrocima neredovitoga, a k tomu i slabog uroda žira postoje različita, često i oprečna mišljenja. Kao opće, biološko svojstvo vrste navodi se da hrast lužnjak obilnije rodi svake treće do pete godine (Jovanović & Vukičević 1983). Negativno djelovanje ekstremna klimatskih elemenata i pojava (suša, mraz, tuča i dr.) često remeti normalnu periodičnost uroda žira. U novije vrijeme slab urod žira povezuje se i s onečišćenjem atmosfere (Prpić 1987). Mikloš (1991) navodi da su »dva osnovna uzroka slabe fruktifikacije hrasta lužnjaka: izostanak cvatnje i prijevremeno otpadanje sjemena«. Masovna i česta pojava nekih šumskih štetnika, posebno mrazovaca (Lep., Geometridae), po mišljenju Spaića (1974), također ima utjecaja na smanjenu produkciju žira. Uz takav posredan način štetnog djelovanja uništenjem lisne mase vrlo je značajan i neposredan utjecaj štetnih insekata i gljiva na urod sjemena, i to u svim etapama njegova razvitka – od cvjetnog pupa do potpuno formiranog žira. Spaić & Glavaš (1988) daju popis različitih biotskih uzročnika, među kojima se nalaze brojni predstavnici skupine tzv. »ranih štetnika«: savijači (Lep., Tortricidae), grbice (Lep., Geometridae), ose listarice (Hym., Tenthredinidae) te ose šiškarice (Hym., Cynipidae). O ranim šumskim štetnicima piše Mikloš (1988) i kaže da »osim lisnih pupova rani štetnici uništavaju i cvjetne, što može veoma nepovoljno djelovati na fruktifikaciju stabala«. Sam žir, od formiranja zámeka do otpadanja sa stabla, neprestano je izložen štetnom djelovanju različitih biogenih čimbenika. Od patogenih gljiva navode se: *Ophiostoma* spp., *Penicillium* spp. te vrsta *Gloeosporium quercinum* West., dok se od štetnih životinja spominju: ptice, šumski glodavci, divljač i insekti (Spaić & Glavaš 1988; Maksimović i dr. 1982; Maksimović 1983; Baganić 1974).

Osobito važnu ulogu među štetnim čimbenicima imaju insekti koji su se specijalizirali za prehranu žirom pa ih stoga i nazivamo razaračima žira ili žirotočima. Pod pojmom razarača žira razumijevamo insekte čiji je životni ciklus vezan za žir te ga, hraneći se, djelomično ili potpuno uništavaju (Mikloš 1991).

Iz porodice osa šiškarica (Hym., Cynipidae) na žiru se često javlja vrsta *Cynips quercus calicis* Burgs., čija ženka polaže jaja u zametak žira. Prehranom ličinke dolazi do bujanja tkiva kupule, odnosno stvaranja šiške. S vremenom gotovo čitav žir može biti obavijen i ugušen šiškom (Cecconi 1924; Kovačević 1956; Živojinović 1970). Prema istraživanjima Maksimovića i dr. (1982) postotak oštećenog žira od te ose kretao se između 1.5% i 13.4% u odnosu na ukupnu količinu dozreloga žira. Navode se i mogućnosti znatnijih oštećenja žira (do 31%) (Nüsslin 1927).

Red leptira zastupljen je s nekoliko vrsta iz porodice savijača (Tortricidae). *Cydia splendana* Hb. i *Cydia amplana* Hb. dva su leptira čije se gusjenice razvijaju

hraneći se endokarpom hrastova žira. Veličina šteta izazvana tim insektima može dosegnuti 25-30%, ponekad čak i do 2/3 ukupnog uroda žira (Sorauer 1953; Maksimović i dr. 1982; Gál & Bürgés 1987a, b).

Posebno mjesto među insektima-razaračima žira pripada kornjašima roda *Balaninus* Germ. (Col., Curculionidae). Tu neveliku skupinu insekata nazivamo, zbog njihova osobita načina života, »žirotoči« ili »plodotoči« (Kovačević 1956). Prvi po važnosti, što se tiče lužnjakova žira, svakako je *Balaninus glandium* Marsh., vrsta na koju se najčešće i odnosi naziv »žirotoč« s. str. Najbrojnija vrsta europskih šuma već je spomenuti *B. glandium* (Mikloš 1991), pa je i razumljiva pozornost koja mu je posvećena u različitim istraživanjima domaćih i stranih autora. U Mađarskoj sudjelovanje te vrste unutar roda *Balaninus* iznosi 66%. Ondje je često oštećeno 70-75% ukupnog uroda, ponekad i 90%. U ostalim zemljama istočne i jugoistočne Europe oštećenja su također znatna, u Slovačkoj 90-100%, u Poljskoj 50-70%, dok se u SSSR-u oštećenja penju do 3/4 uroda žira (Schwenke 1974). Prema istraživanjima Maksimovića i dr. (1982) štete koje je uzrokovao *B. glandium* kretale su se godišnje između 19.7% i 37.3% u odnosu na ukupan urod lužnjakova žira. Uz tu vrstu na različitim hrastovima, pa tako i na žiru hrasta lužnjaka, javljaju se prema raznim izvorima još i ove vrste: *Balaninus elephas* Gyll., *Balaninus nucum* L., *Balaninus pellitus* Boh., *Balaninus propinquus* Desbr., i *Balaninus venosus* Grav. (Novak 1952; Ruperez 1960; Schwenke 1974; Bürgés & Gál 1981, b; Vazquez i dr. 1990).

SISTEMATSKI PRIKAZ I RAŠČLANJENOST RODA *BALANINUS* Germ. TAXONOMY OF THE GENUS *BALANINUS* Germ.

Pripadnici roda *Balaninus* nisu u sistematskom smislu tijekom posljednjega stoljeća bitno mijenjali svoj položaj unutar vrlo opsežne porodice pipa ili rilaša (Curculionidae).

Porodica pipa jedna je od 6 porodica koje tvore natporodicu Rhynchophora (Polyphaga) (Schmidt 1970). U tu porodicu spada oko 35 000 vrsta, a od toga u nas dolazi preko 1000 vrsta (Kovačević 1956).

U taksonomskom smislu rod *Balaninus* nije pretrpio značajnije promjene. Pojedini autori pridjeljuju sistematskim kategorijama višim od roda različite nazive, ali u definiranju samog roda gotovo svi su jedinstveni. Njime obuhvaćaju iste vrste, a i broj im je isti. U novije vrijeme promijenjen je naziv roda pa se ponovno upotrebljava stari izvorni naziv *Curculio* Linné (Freude i dr. 1983). On se dijeli u dva podroda. Prvi, *Curculio* s. str. ustvari je dosadašnji rod *Balaninus* Germ., dok je drugi, bivši samostojni rod *Balanobius* Jekel. Uz to, kao deveta, nova vrsta, spominje se *B. propinquus* Desbr. Osim te promjene naziva, zbog dugogodišnje upotrebe i lakše razumljivosti, primijenjena je starija nomenklatura i klasifikacija prema Kuhn u (1913).

Fam.: Curculionidae

Subfam.: Tychiinae

Tribus: Tychiini

Genus: *Balaninus* Sam.

Species: *B. villosus* F.

B. elephas Gyll.

B. pellitus Boh.

B. pellitus ab. *sericeus* Desbr.

B. venosus Grav.

B. nucum L.

B. glandium Mrsh.

B. rubidus Gyll.

B. rubidus ab. *rubricolis* Westh.

B. cerasorum Hbst.

PREGLED VRSTA – SPECIES REVIEW

Vrste ovog roda, bez obzira na kontinente na kojima ih nalazimo, zahvaljujući svojoj osobitoj građi lako su prepoznatljive. Među kornjašima plodotočcima to su najkрупnije vrste (5–9 mm). Prema prehrani možemo ih svrstati u oligofage s izraženom sklonošću prema plodovima pojedinih vrsta šumskog drveća i grmlja. Areali su im uglavnom povezani s rasprostranjenošću omiljene biljke hraniteljice. Među njima ima nekoliko vrsta koje se rado hrane žirom pa su stoga i najzanimljivije sa stajališta ovog rada.

Balaninus elephas Gyll. (*B. mastodon* Jekel, *B. propinquus* Desbr.) jedna je od najkрупnijih europskih vrsta ovog roda. Nalazimo je u zapadnoj Aziji, sjevernoj Africi te toplijim područjima istočne i južne Europe. Glavna hrana njezinih ličinki plodovi su pitomog kestena ali dolazi i na žiru različitih vrsta hrastova (Schwenke 1974; Bürgés & Gál 1981a, b; Vazquez i dr. 1990), posebno na žiru cera (Sorauer 1954). Kao štetna vrsta poznata je u Francuskoj, Portugalu, Španjolskoj, Italiji, Bugarskoj, Ukrajini, Turskoj (Schwenke 1974) te Mađarskoj (Bürgés & Gál 1981a, b).

Balaninus pellitus Bohem. (*B. sericeus* Desbr.) javlja se također kao štetnik hrastova žira i plodova lijeske u Slovačkoj, Ukrajini, Poljskoj i Siciliji (Sorauer 1954; Schwenke 1974). Postoje podaci da može napadati i bukvu (Ceconi 1924).

Balaninus venosus Grav. spada među manje poznate razarače hrastova žira. Kao značajniji štetnik javlja se na području istočne Europe (Schwenke 1974), male Azije, Kavkaza i sjeverne Afrike (Freude i dr. 1983). Može se hraniti i bukvicom (Reitter 1916).

Balaninus villosus Fabr. (*B. cordifer* Geoffr.) zanimljiva je vrsta ne zbog svoje štetnosti već više zbog svog posebnog načina života. Njezine ličinke razvijaju se u šiškama jedne od hrastovih osa šiškarica (Cynipidae: *Biorhiza terminalis* F.). Rasprostire se čitavom Europom (osim njezina sjevernog dijela) i sjevernom Afrikom (Freude i dr. 1983).

Balaninus nucum Lin. dobro je poznata vrsta, širokog područja rasprostranjenosti. Njezin areal obuhvaća zapadnu Aziju, sjevernu Afriku i čitavu kontinentalnu Europu uključivši i Veliku Britaniju (Sorauer 1954; Schwenke 1974; Freude i dr. 1983). Kako najradije napada lijesku, u narodnom nazivlju imenovan je »ljeskotočem«. To ne znači da ga nećemo pronaći i na drugom bilju. Prema literaturi dolazi na različitim vrstama hrastova, pitomom kestenu, običnom orahu,

na više vrsta jasena, običnoj johi, brezi i nekim vočkama (Schwenke 1974; Dimić & Beš 1977; Vrabli dr. 1979).

Balaninus glandium Mrsh. (*B. turbatus* Gyll., *B. tessellatus* Desbr.) svakako je najinteresantnija vrsta koja se javlja kao štetnik hrastova žira, pa se naziv »žirotoč« najčešće i odnosi na toga kornjaša. U daljem tekstu pojam »žirotoč« označavat će upravo tu vrstu. Žirotoč dolazi na širokom prostoru srednje, zapadne i istočne Europe. Nalazimo ga preko Ukrajine sve do Dalekog istoka. Ima ga na Kavkazu, a obitava na prostorima sjeverne Afrike. (Schwenke 1974; Freude i dr. 1983). Veličina imaga kreće se od 4 do 8 mm. Ticala su rijetko i prilleglo dlakava s uskom kijačicom. Tijelo je prekrivo žutim, žutosmeđim ili smeđim ljušticama u obliku nepravilnih pjega. Rilo i djelomice noge svjetlije su boje. Kod mužjaka rilo jedva dosiže duljinu pokrivanja, dok je kod ženke ono jednako duljini tijela. Uzduž unutarnjeg ruba pokrivanja nema uspravljenih dlaka kao kod ljeskotoča (Henschel 1895; Kuhnt 1913; Reitter 1916; Portevin 1935; Schimitschek 1955a, b; Tanasijević & Ilić 1969; Živojinović 1970). Prva imaga javljaju se u šumi u proljeće na cvatućim hrastovim i drugim biljkama, gdje dolazi do dopunske prehrane (Schwenke 1974). Rojenje se s obzirom na lokalitete zbiva u različito doba godine. Započinje najranije u svibnju i proteže se do srpnja. Ima podataka o ulovljenim kornjašima na kraju rujna (Tadić 1974, 1979). Imaga se koncentriraju na stablima s većom količinom žira i na osunčanim stranama krošnje. Ženka odlaze jaja u mlade do 1 cm velike žireve, progrizajući svojim rilom površinu ploda najčešće kroz kupulu. Jaje smješta između ili u samo tkivo kotiledona. U jedan plod polaže obično dva jajeta. Taj se broj u jeku rojenja penje na 5-6 komada po žiru (u godinama jakog napada čak i do 10 komada). Ipak, svoj razvoj u jednom žiru uglavnom mogu u potpunosti završiti samo dvije ličinke. Razlog tomu je unutarvrсна konkurencija. Unutrašnjost žira može do kraja razvoja ličinaka biti potpuno razorena tako da se pod perikarpom nalazi samo hrpica izmeta. S druge strane napadnuti žir, posebno ako se radi o krupnijem primjerku, može čak zadržati i sposobnost klijanja. Odrasle ličinke izgrizaju u ljusci okrugli otvor i izvlače se van. Dotada napadnuti žir već je pao na tlo i ličinke se odmah počinju ubušivati u zemlju (Moffet 1989). Veći dio ličinaka zaustavlja se na dubini od 5 do 10 cm, a najdublje do 50 cm. Tu prezimljavaju u iznutra izglađenim zemljanim komoricama. Ličinke su osjetljive na niske temperature i kod jakih mrazova plitko ukopani primjerci mogu uginuti. Dio ličinaka može ostati u stanju dijapauze i do 3 godine. Najveći dio populacije kukulji se idućega ljeta, nakon čega odrasli kornjaši izlaze na površinu. Gustoća populacije postiže svoj maksimum u jesen i tada ona može premašiti 40 ličinaka po m² (Schwenke 1974). Razvoj ličinaka u žiru traje 43 do 49 dana, računajući tu i 15 dana embrionalnog razvitka. Zdrav i zreo žir počinje otpadati u prvoj dekadi kolovoza, kada je većina oštećenoga žira već otpala sa stabala (Maksimović i dr. 1982).

Kao reduktivni čimbenici navode se: *Calosoma sycophanta* L., *Carabus granulatus* L., *Staphylinus caesareus* Ced., *Lacon murinus* L., *Pimpla nucum* Ratz., *P. calobata* Grav., *Orthocentrus nigristerus* Rudn., *Ephialtes ventricosus* Tschek. (Schwenke 1974). Ulogu regulatora populacije žirotoča imaju i neke ptice (Ceballos 1969).

O važnosti žirotoča možemo zaključivati iz različitih izvora. Iz pojedinih istraživanja izlazi da je u hrastovim šumama to najčešća vrsta roda *Balaninus*

(Schwenke 1974). U istraživanju koje su proveli Maksimović i dr. (1982), proučavajući štetnu faunu u sjemenskoj sastojini hrasta lužnjaka, doznajemo da je najbrojnija štetna vrsta među insektima bio upravo žirotoč, koji je 1980. godine uzrokovao smanjenje uroda za 37.3%. Tijekom trogodišnjeg istraživanja njegova štetnost, izražena u postotku; nije padala ispod 20%.

Balaninus cerasorum Hrbst. (*B. betulae* Steph., *B. Herbsti* Germ.) vrsta je o kojoj ima vrlo malo podataka. Obitava u srednjoj i djelomice sjevernoj Europi (Freude i dr. 1983). Spada među najmanje predstavnike roda (3-4.3 mm). Prema literaturi oštećuje češeriće joha, cvatove i sjeme breze te plodove trešnje i crnog trna (Sorauer 1954; Schwenke 1974; Freude i dr. 1983).

Balaninus rubidus Gyll. (*B. rubricolis* Westh.) zadnja je vrsta koju spominju srednjoeuropski determinacijski ključevi. Imaga napadaju različite vrste vrba i breza (Schwenke 1974).

Na kraju navodim još neke izvanuropske vrste roda *Balaninus* (odn. *Curculio* s. str.). U Sjevernoj Americi dolaze: *C. auriger* Casey, *C. proboscideus* F i *C. rectus* Say na plodu američkih vrsta pitomog kestena; *C. nasicus* Say i *C. uniformis* J. na žiru američkih vrsta hrastova; *C. obtusus* Harrington na plodu lijeske te *C. caryae* Horn. na plodu američkog hickori drveta. U Kini se kao štetnik raznih vrsta pitomog kestena javlja *C. Haroldi* Faust, dok u Japanu na pitomom kestenu i hrastu dolazi više vrsta tog roda (Sorauer 1954).

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA RESEARCH AREA

Pokusni objekti smješteni su u gornjoj Posavini. U širem smislu to je zapadni rub Panonske zavale. Ta geomorfološka cjelina na sjeverozapadu dolinom rijeke Save prodire u Sloveniju, na jugu dosiže ponegdje rijeku Kupu, na sjeveru prelazi u južni dio Zagorja, a na istoku zahvaća sliv srednjeg toka rijeke Lonje. U cjelini na tom području prevladava dolinski reljef, velikim dijelom brežuljkast (do 200 m n.v.), manjim niskobrdovit (200-600 m n.v.), a najmanjim visokobrdovit (600-1000 m n.v.) (Kovačević i dr. 1972).

PODNEBLJE - CLIMATE

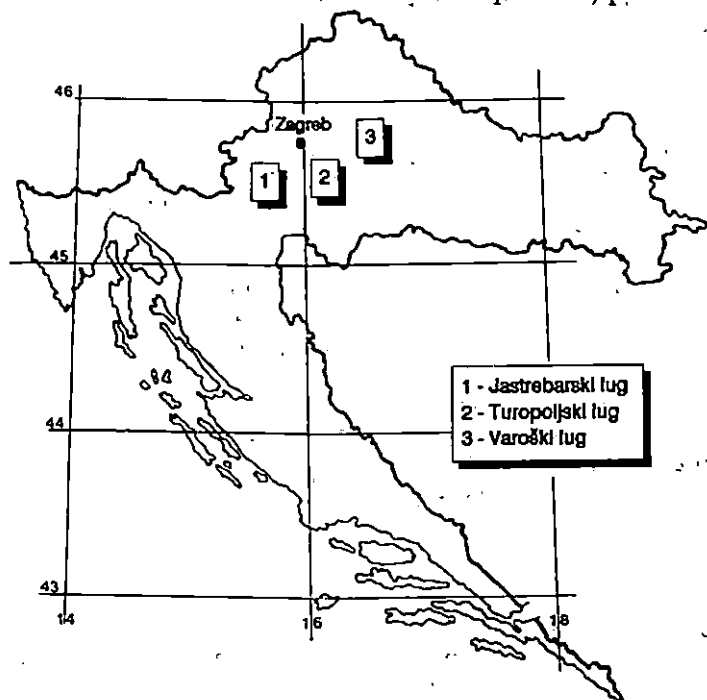
Prema Köppenovoj klasifikaciji sva tri pokusna objekta nalaze se u klimatskoj zoni C-umjereno tople klime. Isti autor podrobnije definira tip klime na tom području izrazom Cfwbx³, čije je značenje sljedeće: temperatura najhladnijeg mjeseca kreće se između -3 i +18 °C; ljeta su svježja s mjesečnom temperaturom najtoplijeg mjeseca ispod 22 °C; padaline su jednoliko razdijeljene na cijelu godinu, ali najsuši dio godine pada u hladno godišnje doba; maksimumu količine padalina koji se pojavljuje početkom toplog dijela godine pridružuje se maksimum u kasnoj jeseni. Prema Thornthwaiteovoj klasifikaciji područje istraživanja prostire se u području vlažne (humidne) klime (Bertović 1975).

POKUSNI OBJEKTI EXPERIMENTAL PLOTS

Pri odabiru pokusnih objekata trebalo je pronaći reprezentativne lužnjakove šume zrele dobi i minimalnog uroda žirom u razdoblju koje je prethodilo istraživanju. U takvim je sastojinama bilo realno očekivati da će gustoća populacije žirotoča biti dostatna za potrebe istraživanja. Odabrana su tri pokusna objekta: Jastrebarski lug, Turopoljski lug i Varoški lug (slika 1).

Jastrebarski lug

Dvadesetak kilometara jugozapadno od Zagreba, između rijeke Kupe na jugu i Žumberka na sjeveru, prostiru se šumske površine Jastrebarskog, Draganičkog, Rečičkog i Pisarovinskog luga. Jastrebarski lug, sa svojih 2685 ha, samo je najsjeverniji dio te prostrane šumovite cjeline. Pokusna ploha postavljena je u 9b odjelu/odsjeku te gospodarske jedinice. Tu se u nizu nalazi nekoliko odjela pojedinačne površine preko 30 ha i starosti 110 godina. Šumska zajednica na tom, kao i na ostalim objektima, opisana je kao šuma hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Ht. 1938). Ta se fitocenoza prostire prostranim ravnicama slivnih područja rijeke Save, Kupe i Drave i njihovih pritoka. Dolazi na terenima nekoliko metara iznad normalnog vodostaja rijeka i periodično je plavljena. Raste na mineralno-močvarnom, slabije ili jače kiselom tlu, na pseudoglejnom, odnosno podzolastom, slabo kiselom do neutralnom tlu. Na pokusnoj površini u 9b odjelu



Sl. - Fig. 1. Položaj pokusnih objekata - Position of experimental plots

razvijena je njezina subasocijacija s drhtavim šašem (*Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum brizoides* Ht. 1938). Ta je subasocijacija česta u pokupskom bazenu i upravo je na tom lokalitetu prvi put opisana (H o r v a t 1938 apud R a u š 1987)..

Pokusna ploha leži na automorfnom tlu tipa podzolastog pseudoglej-glejnog terasnog tla. Prema istraživanju Instituta za pedologiju i tehnologiju tla Poljoprivrednog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (K o v a č e v i ć i dr. 1972) tekstura tog tla pretežno je praškasto-ilovasta u gornjem, a praškasto-glinasto-ilovasta u iluvijalnom horizontu. Oglejavanje je uzrokovano gornjom vodom i umjerenog je stupnja. Humoznost tih tala je znatna, pa je s time u vezi i visok retencijski kapacitet za vodu. Na dubini 10-13 cm humusno-akumulativni (A_1) pothorizont prelazi u svjetliji, eluvijalni pothorizont podzolastih tipova tala (A_{3g}) s karakterističnim žučkastim, rdastim i plavkastim pjegama. To je tipični pothorizont tala koja su pod utjecajem prekomjernog vlaženja stagnirajućom vodom.

Na pokusnoj je plohi bilo dosta štetnih glodavaca. Radilo se o miševima koji su desetkovali zdravi, otpali žir (štete do 30%). Osim žirotoča u proljeće 1991. g. bilježimo i prilično jak napad hrastove ose listarice (*Apethymus abdominalis* Lep.). Na žiru su također utvrđene vrste *Cydia* sp. te osa *C. quercus calicis*. Stanje uroda žira na tom je objektu u tijeku istraživanja kao i prije njega bilo najpovoljnije. Za razvoj žirotoča tu su u trofičkom pogledu vladali najpovoljniji uvjeti.

Turopoljski lug

Južno od Zagreba, u blizini Velike Gorice, na preko 4000 ha površine prostire se uz desnu obalu rijeke Odre Turopoljski lug. Upravo u središnjem dijelu toga šumskog kompleksa, u 63. odjelu postavljena je druga pokusna ploha. U fitocenološkom smislu tu također nalazimo šumu hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom i drhtavim šašem (R a u š & V u k e l i ć man.). Zbog hidrotehničkih i cestovnih zahvata smanjena je učestalost poplava i u sloju drveća češće se javlja obični grab.

Pokusna površina Turopoljskog luga leži na hidromorfnom tlu tipa mineralno-močvarnog glej-pseudoglejnog tla na postdiluvijalnim ilovinama i glinama. Ta tla nalazimo na ravnom reljefu, nešto povišenom od središnjega poplavnog pojasa. Prekomjerno vlaženje i ovdje je uvjetovano gornjom, pretežno vlastitom oborinskom vodom. Teksturna građa gornjih horizonata uglavnom je praškasto-glinasto-ilovasta. Za potrebe istraživanja posebno su bila zanimljiva fizikalna svojstva tla koja su na tom lokalitetu nepovoljna. Ona se očituju velikim vodnim retencijskim kapacitetom, niskim kapacitetom za zrak i malom vodopropusnosti (K o v a č e v i ć i dr. 1972). Profiliranost do dubine od 30 cm slična je kao i u prethodnom tipu tla.

Sastojina je visokoga uzgojnog oblika preko 80 godina stara, stablimične strukture i prekinutog sklopa. Na pokusnoj površini također su zapažene štete od sitnih glodavaca, ali manjega intenziteta. Na žiru su zabilježeni isti štetnici kao i u Jastrebarskom lugu.

Varoški lug

Treći pokusni objekt, Varoški lug, nalazi se 40-ak kilometara istočno od Zagreba (zračne udaljenosti) i pripada sjeveroistočnom rubu gornjoposavske regionalne cjeline. Trudom i nastojanjima, ponajviše vrbovečkih šumara, Varoški lug je upisan u registar zaštićenih objekata prirode u Hrvatskoj. Pokusna ploha postavljena

je u 16. sjemenskom odjelu, starosti preko 140 godina. U vegetacijskom smislu i tu je zastupljena šuma hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom i drhtavim šašem.

Tlo Varoškog luga kartirano je kao automorfno tlo tipa podzolasto-pseudoglej-
glejnoga dolinskog tla. Tekstura je praškastoilovasta u eluvijalnom, a praškasto-gli-
nasto-ilovasta u iluvijalnom horizontu. Retencijski kapacitet za vodu je osrednji, ali
je kapacitet za zrak nizak, a vodopropusnost mala (K o v a č e v i ć i dr. 1972).

Prilikom postavljanja pokusa na površini tla nalazili smo vrlo male količine
žira. Cijeli pokus bio je vezan za manji broj stabala s kojih je palo nešto žira.
Posebno je interesantno pripomenuti da u razdoblju istraživanja također nije bilo
uroda žira. Manje količine pale su 1991, dok je prethodna sezona (1990) ostala
praktično bez uroda. Trofički uvjeti za razvoj žirotoča bili su tako u razdoblju
istraživanja, kao i nekoliko godina prije početka istraživanja, vrlo ograničeni.

Iz opisa pokusnih objekata može se zaključiti da su ovim istraživanjem bile
obuhvaćene zrele hrastove sastojine jednakoga flornog sastava i ekološko-gosudar-
skog tipa. Na svim objektima vladali su podjednaki stajbinski uvjeti. Određeno
odstupanje zapaža se na pokusnoj plohi Turopoljskog luga, gdje je i opće zdrav-
stveno stanje sastojine najslabije. Što se tiče uroda žira, najpovoljnije stanje bilježimo
u Jastrebarskom lugu. Na drugom mjestu je Turopoljski lug, dok su najnepovoljnije
prilike vladale u Varoškom lugu.

METODE RADA MATERIALS AND METHODS

Razdoblje istraživanja trajalo je od listopada 1989. do rujna 1991. g. Na
pokusnim objektima primijenjena je ista metodologija, u kojoj su podjednako bile
zastupljene terenske i laboratorijske metode rada.

Terenske metode – Field methods

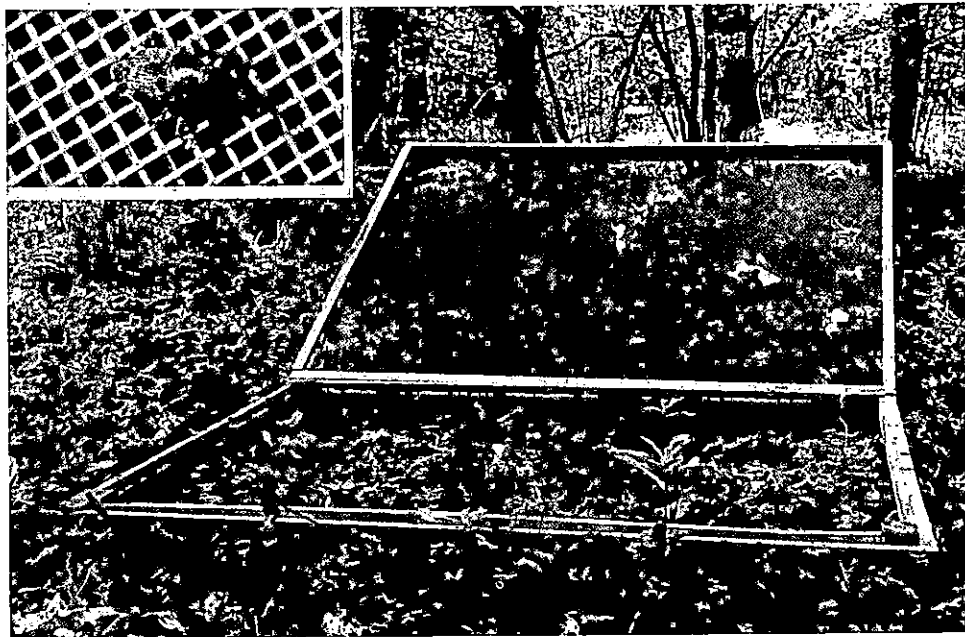
Iskopavanje uzoraka tla – Soil probe analysis

Dio života koji žirotoči provode u tlu praćen je analizom iskopanih uzoraka
tla. Prilikom svakog izlaska na pokusnu površinu iskopavano je 16 zemljanih proba
(pojedinačnih dimenzija $25 \times 25 \times 30$ cm), što u prostornim jedinicama iznosi 0.3 m^3
zemlje. Probe su iskopavane ispod oštećenog žira, što je znatno povećalo uspješnost
nalaza ličinaka, kukuljica ili odraslih kornjaša. Nakon iskopavanja, još na terenu,
svaka je proba detaljno pregledana. Iskopana prizma razrezana je po dubini na tri
dijela. Svaki od slojeva pretražen je zasebno. Pritom je dubina nalaza procjenjivana
prema sljedećoj ljestvici: 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm, 15–20 cm, 20–25 cm i 25–30
cm. Učestalost izlaska na teren i skupljanja uzoraka bila je dva puta mjesečno na
svakom pokusnom objektu.

Lov imaga na drvene okvire – Weevil trapping by wooden frames covered with extra fine mesh net

Radi skupljanja izlazećih imaga načinjene su površinske klopke od drvenih
okvira prekrivenih plastičnom mrežom sitnog oka. Izrađeno je ukupno 8 okvira u
dvije dimenzije. Četiri okvira pokrivala su površinu od po 1 m^2 (100×100 cm), a

četiri površinu od po 1.5 m² (100 × 150 cm). Po dva okvira (jedan veći i jedan manji) postavljena su na pokusnim objektima Turopoljski i Varoški lug, dok su ostala četiri postavljena na pokusnom objektu Jastrebarski lug. Veličina oka plastične mreže (2-4 mm) nije omogućavala prolaz ni najmanjim primjercima *Balaninus* sp. (slika 2)¹. Pregled i skupljanje imaga na mreži okvira obavljani su rano ujutro dok su insekti još bili tromi od hladnoće.



Sl. - Fig. 2. Postavljeni i otvoreni okvir za lov izlazećih imaga (detalj: imago na pokrovnoj mreži) - Wooden frame trap in position for collecting emerged acorn weevils (detail: adult weevil clinging on plastic net cover)

Lov imaga na ljepljive prstenove – Sticky belt traps

Ljepljivi prstenovi trebali su poslužiti u proljeće za lov izlazećih imaga odnosno u jesen za lov kornjaša na silasku sa stabala. Prstenovi su postavljeni 1. 02. 1991. na šest stabala u Jastrebarskom lugu, a pregled je obavljan pri svakom izlasku na teren tijekom 1991. god.

Lov imaga na umjetne niše – Weevil collecting with artificial niches

Ova je metoda služila kao dopuna prethodno opisanoj metodi. Umjetne niše od valovite kartonske ljepenke omotane su u obliku plašta oko debala. Plaštevci su bili široki 20, 25 i 30 cm, a postavljeni su samo u Jastrebarskom lugu početkom rujna 1990. Ukupno je postavljeno 12 umjetnih niša, a njihov se pregled (otvaranjem) protegnuo do lipnja 1991.

¹ Sve je fotografije snimio autor.

Skupljanje imaga u prirodi – Adult collecting in free nature

Kao dopunska kontrolna metoda poslužilo je najjednostavnije skupljanje vrsta roda *Balaninus* u slobodnoj prirodi i na pokusnim objektima i izvan njih, ali na užem području istraživanja.

Skupljanje oštećenoga žira – Collecting of damaged and infected acorn

U razdoblju otpadanja žira sa stabala na pokusnim površinama u više je navrata skupljan otpali žir na pokusnim objektima gdje je bilo uroda. Skupljanje je provedeno na površinama od približno dva hektara.

Laboratorijske metode – Laboratory methods

Pregled i izmjera skupljenih ličinkama, kukuljica i imaga – Analysis of collected larvae, pupae and adult weevils

Ličinke, kukuljice i imaga vrsta roda *Balaninus* pregledavani su i mjereni u živom stanju s obzirom na to da gotovo nikada nije prošlo više od 24 sata od vremena nalaza do vremena laboratorijske obrade. Ličinke su na terenu skupljane metodom kopanja zemljanih uzoraka i u laboratorij su dopremane u posebnim posudama s oznakom dubine na kojoj su nađene. U posude je stavljana i zemlja da bi se donekle sačuvali mikroklimatski uvjeti za vrijeme transporta (ovdje je vjerojatno bila najvažnija zračna vlaga). Svaka ličinka izvagana je na apotekarskoj mehaničkoj vagi uz preciznost izmere od 2 mg. Nakon vaganja ličinkama je pomičnom mjerkom mjerena širina glavine čahure. Taj je posao obavljan pod stereoskopskim povećanjem (16×). Preciznost mjerenja kretala se u granicama od ± 0.05 mm. Tim postupkom ličinke nisu pretrpjele nikakve ozljede. Iskopane kukuljice vagane su na isti način kao i ličinke. Kukuljice tih kornjaša pripadaju tipu »pupa libera« i nemaju jače hitiniziranih dijelova. Pomičnom mjerkom mjerena je duljina tijela te duljina rila (od vrha glave do kraja rila). Imaga koja su skupljana na različite načine (zemljane probe, okviri, ljepljivi prstenovi) prolazila su sličan postupak obrade. U većini se radilo o živim jedinkama pa su mjerenja bila vrlo slična onima na kukuljicama. To znači da su prvo vagane (izuzev uginulih primjeraka), nakon čega je pomičnom mjerkom mjerena duljina tijela bez rila.

Pregled otpalog i oštećenog žira – Analysis of infected acorn

U više navrata s terena je u laboratorij dopreman otpali žir i pregledavan pod stereoskopskim povećalom da bi se mogli utvrditi početni i katkad dobro skriveni znaci napada žirotoča. Na jednom dijelu oštećenoga žira istraživana je embrionalni i postembrionalni razvoj vrsta roda *Balaninus*. Posebno je evidentiran i izdvajan žir oštećen od drugih biotskih čimbenika.

Uzgoj imaga u insektarijima – Rearing adult weevils in entomological cages

Živi i odrasli kornjaši, skupljeni na razne načine, nakon obavljenih mjerenja stavljeni su u insektarije radi daljnje promatranja. Kao insektariji su upotrijebljeni plastični cilindri promjera 21 cm i visine 36 cm, začepljeni s gornje strane metalnom

mrežom vrlo sitnog oka (≤ 0.5 mm). Kornjaši su hranjeni biljnom hranom iz njihova prirodnog okoliša. To znači da su u jesen stavljani hrastovi izbojci s nježnim i mladim lišćem, svježi otpali ili sa stabala skinuti žir. Tijekom proljeća i ljeta u insektarije su stavljani hrastovi, grabovi i lijeskovi izbojci u svim fazama pupanja i listanja. Uz svaki insektarij vođen je zasebni dnevnik u koji su bilježene primjedbe vezane za ponašanje unesenih imaga.

Uzgoj ličinaka u tlu – Rearing larvae in soil containers

Dio ličinaka nakon mjerenja stavljan je u zemlju radi nastavka njihova razvoja s namjerom dobivanja imaga. Upotrijebljena je originalna zemlja s pokusnih objekata. Najbolji uspjeh preživljavanja postignut je u staklenim nepropusnim posudama zatvorenog dna bez naknadnih vlaženja.

Determinacija skupljenoga biološkog materijala – Taxonomical identification of collected fauna

Determinacija je obavljena do razine vrste samo kod odraslih kornjaša, dok su ličinke i kukuljice evidentirane samo kao vrste roda *Balaninus*. U determinaciji su upotrijebljeni različiti determinatori (K u h n t 1913; R e i t t e r 1916; P o r t e v i n 1935; F r e u d e i dr. 1983), dok su kao komparativni materijal korištene entomološke zbirke Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja (posebice zbirke: I. von Igalfy, K. Igalfy, R. Weingärtner, V. Redenšek, A. Korlević i P. Novak).

Preparacija skupljenih insekata – Preserving and mounting of collected weevils

Odrasli kornjaši preparirani su tehnikom suhe preparacije, dok su ličinke i kukuljice preparirane metodom mokre preparacije u ksilolu i terpentinskom ulju (S c h m i d t 1970). Preparirane ličinke i kukuljice lijepljene su na kartončiće i ulagane u entomološke kutije zajedno s prepariranim kornjašima.

REZULTATI RADA – RESULTS

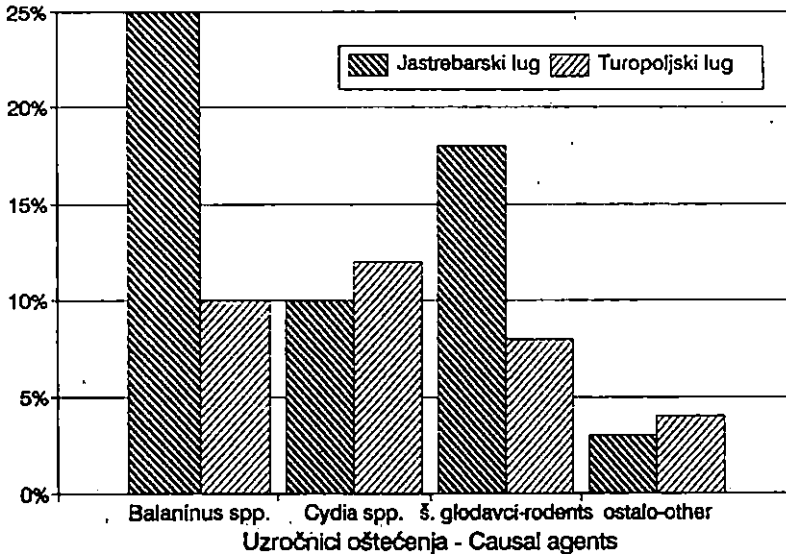
Veličina šteta – Amount of damage

Razmjeri štetnog djelovanja žirotoča utvrđivani su pregledom skupljenoga otpaloga žira u 1990. godini. Oštećeni žir evidentiran je pri pojedinačnom pregledu. Najvećim dijelom žir je pohranjivan u insektarije na dovršenje razvoja ličinaka. Po isteku sezone izlaska ličinaka iz žira prebrojan je žir s izlaznim rupama. Na pojedinim lokalitetima bile su značajne štete od drugih štetnih organizama, pa su i one bilježene. Posebno su izdvojene štete od sitnih glodavaca (u Jastrebarskom lugu od miševa) i savijača, dok su pod kategorijom »ostali« svrstane biljne bolesti i neki endogeni uzročnici propadanja zametka i mladog žira (T u c o v i ć & J o v a n o v i ć 1975). Razdvajanje šteta od žirotoča i savijača obavljano je prilikom otvaranja žira determinacijom ličinaka, a ostatak na temelju morfoloških razlika izlaznih rupa na oštećenom žiru (slika 3). Oštećenja od glodavaca također su bila prepoznatljiva, a sastojala su se u djelomično ili potpuno oglodanim plodovima. Pregledano je ukupno 935 komada žira (620 iz Jastrebarskog luga i 315 iz Turopoljskog luga). U

Varoškom lugu tijekom istraživanja nije bilo uroda žira tako da s tog lokaliteta i nema podataka o veličini šteta. Treba istaknuti da se dobiveni rezultati odnose samo na žir, dok moguće štete na cvjetnim pupovima nisu bile obuhvaćene ovim istraživanjima. Ukupne štete kreću se od 56% u Jastrebarskom lugu do 34% u Turopoljskom lugu, a štete pripisane vrstama roda *Balaninus* kreću se od 10 do 25% (slika 4). Osobito su izražene bile štete od miševa u Jastrebarskom lugu (18%). Štete od viših životinja (ptice i divljač), koje su sasvim sigurno prisutne, također nisu bile obuhvaćene ovim istraživanjem.



Sl. - Fig. 3. Oštećeni žir s izlaznim rupama (okrugle: *Balaninus* spp., ovalne: *Cydia* spp.) - Damaged acorn with exit holes (orbicular: *Balaninus* spp., elliptical: *Cydia* spp.)



Sl. - Fig. 4. Veličina šteta po uzročnicima i pokusnim objektima - Amount of damage related with causal agents and experimental plots

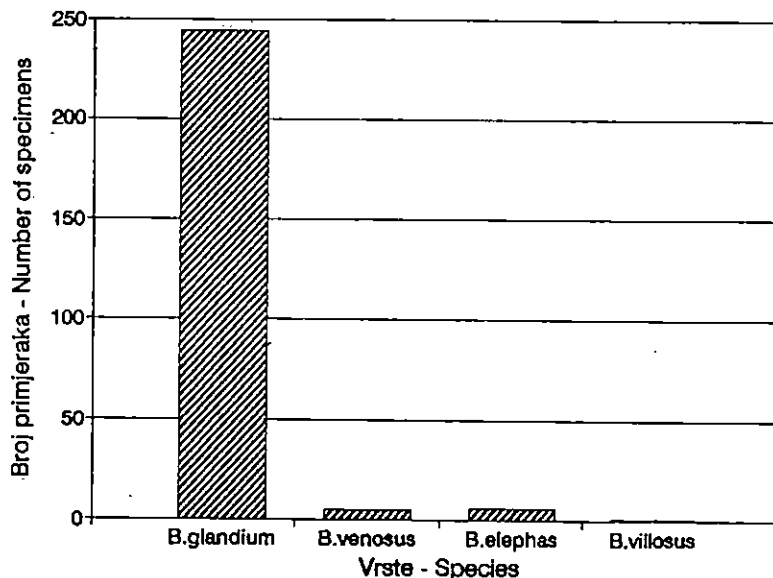
Sudjelovanje vrsta – Species composition

Determinacija je obavljena samo na odraslim kornjašima. Determinirano je ukupno 256 imaga (tablica 1). Determinacijom su utvrđena 244 primjerka *B.*

	<i>B. glandium</i>	<i>B. venosus</i>	<i>B. elephas</i>	<i>B. villosus</i>
Jastrebarski lug	197	2	0	1
Turopoljski lug	44	0	0	0
Varoški lug	3	3	6	0

Tab. 1. Broj determiniranih vrsta po pokusnim objektima – Number of identified species regarding experimental plots

glandium, 5 primjeraka *B. venosus*, 6 primjeraka *B. elephas* i jedan primjerak *B. villosus* (slika 5). Već na prvi pogled vidi se da se u ovom istraživanju s daleko



Sl. - Fig. 5. Broj determiniranih vrsta – Number of identified species

najvećom brojnošću javila vrsta *B. glandium*, dok sporadično dolaze *B. venosus*, *B. elephas* i *B. villosus*. Različitu sliku vidimo u Varoškom lugu, u kojemu je inače skupljeno najmanje kornjaša. U njemu je utvrđena podjednaka gustoća populacija dviju vrsta: *B. elephas* i *B. glandium*. Iako nedeterminiran, ostatak skupljenog materijala (ličinke i kukuljice) s velikom dozom vjerojatnosti prati takav odnos populacija. Svi dobiveni rezultati u ovome radu odnose se prema tomu na vrstu *B. glandium*. Tek u pojedinim slučajevima kada je riječ o nekoj drugoj vrsti, to će biti posebno naglašeno.

Razvojni stadiji – Development stages

Jaje – Egg

Rezultati vezani za stadij jajeta dobiveni su na temelju pregleda skupljenoga otpaloga žira. Otvaranjem zaraženoga žira pod binokularnim povećalom nalažena su jaja vrsta roda *Balaninus*. Jaje je poluprozirno, bijele boje, s jedne strane blago ušiljeno (oblikom podsjeća na limun) (slika 6). Mjerenjem desetak primjeraka utvrđene su ove dimenzije: duljina 0.7 mm, širina 0.5 mm (± 0.05 mm). Jaja su



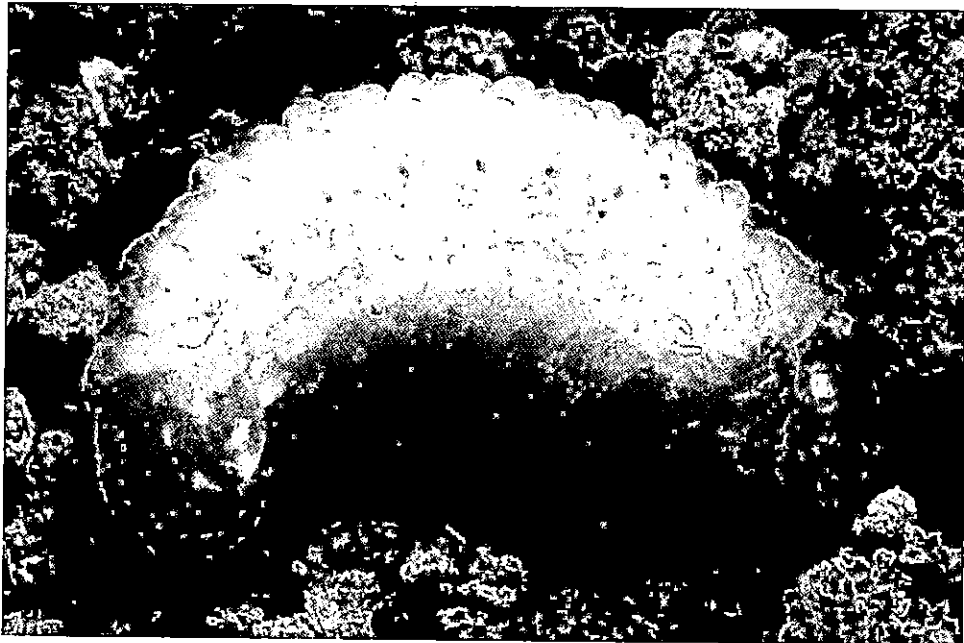
Sl. - Fig. 6. Ženka žirotoča pri izgrizanju endokarpa – (detalj: jaje *B. glandium*) - Weevil female feeding with nutmeat (detail: *B. glandium* egg)

pronalažena u različitim dijelovima žira, od same kupule (s unutrašnje strane) pa do sredine endokarpa. Redovito su bila okružena maceriranim, izgrizanim i oštećenim biljnim tkivom. Oštećeni žir s uložnim jajetom teško se razlikuje od neoštećenoga bez detaljnog pregleda. Gotovo siguran znak napada žirotoča i uložnih jaja jesu tamne točkice vidljive s vanjske strane kupule. To su ustvari mjesta progriža razmjerno tvrde ljuske egzokarpa. U takvu žiru progriženo je često i nekoliko kanalića, da bi se na završetku nekih nalazilo po jedno jaje. Promatrajući imaga u insektarijima, bilo je moguće pratiti ženku kako progriža ljusku i s lakoćom izgriza unutrašnjost žira. Svoje savitljivo rilo sposobna je u potpunosti zarinuti u žir naizmjenično pomičući glavu lijevo-desno (slika 6). Iako je u insektarije u više navrata stavljan žir (u svim veličinama i dobima) polaganje jaja u laboratorijskim uvjetima nije zabilježeno. Nije utvrđen način ulaganja jajeta u unutrašnjost žira. Razdoblje polaganja jaja također nije točno utvrđeno, no može se o njemu zaključivati posredno iz pregleda otpaloga žira. Prva jaja u žiru pronađena su početkom

srpnja 1990. Već koncem istog mjeseca u skupljenom žiru više nisu nalažena jaja. Razdoblje od ulaganja jajeta u žir do eklozije ličinki nije točno utvrđeno, ali vremenska razlika između prvih nalaza jajeta i prvih nalaza ličinki na istom lokalitetu, upućuje na približni razmak od dva tjedna.

Ličinka – Larva

Ličinke su skupljene na dva načina: pretraživanjem zemlje i pregledom otpaloga žira. Prilikom laboratorijske obrade posvećena je pažnja i njihovoj morfologiji. One pripadaju tipu tercijarnih apodnih ličinki. Površina tijela prekrivena je rijetkim dlačicama smeđe boje. Kožni skelet je mekan i elastičan. Izuzetak čini jače hitinizirana glava sjajnosmeđe boje. Na glavi se jasno razaznaju dijelovi usnog ustroja za grizenje i žvakanje, posebno su uočljive snažne mandibule. Tijelo je mliječnožute boje. Na pronotumu postoji smeđe hitinizirano polje. Na pleurama je sa svake strane vidljivo 9 tamnih točaka (stigme). Za ličinke je značajan srpasto zavnut položaj u kojemu ih najčešće nalazimo (slika 7). Iz zemljanih proba ukupno je skupljeno 747

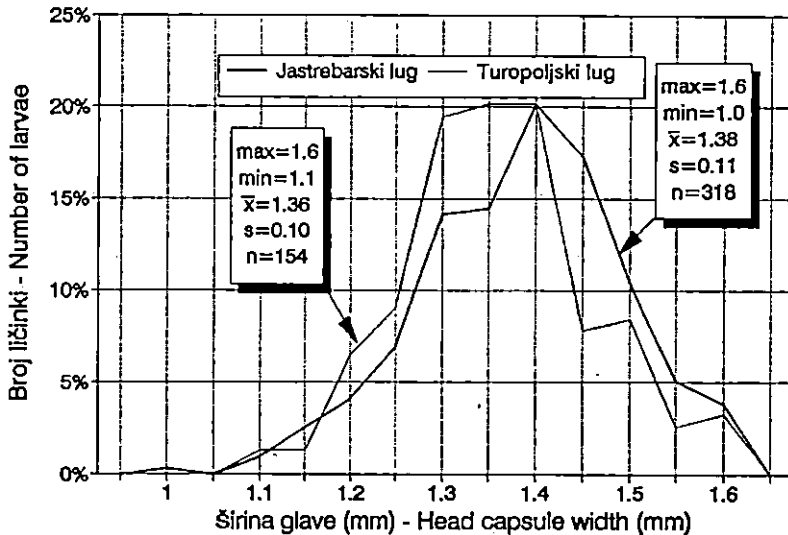


Sl. - Fig. 7. Ličinka *B. glandium* - *B. glandium* larva

ličinki *Balaninus* sp. Najviše (410) potječe iz Jastrebarskog luga. Slijede Turopoljski lug (188) i na kraju Varoški lug (149).

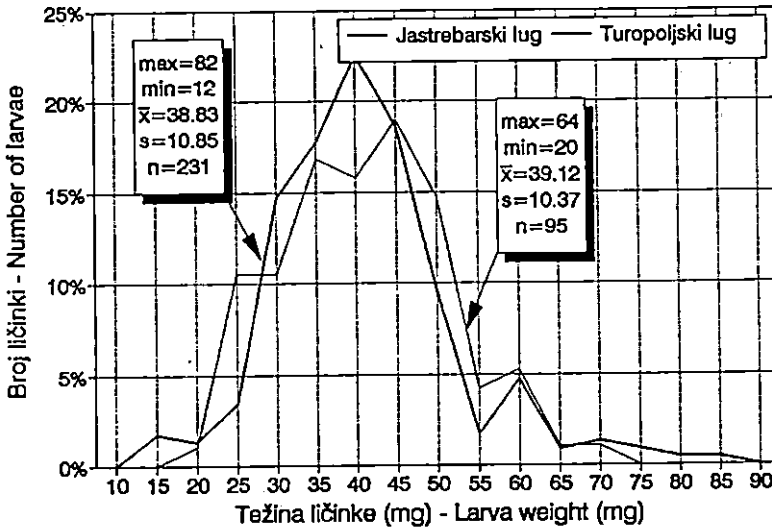
Na 596 ličinki izmjerena je širina glavine čahure i vagnute su 432 ličinke. Širina glavine čahure kreće se u Jastrebarskom lugu 1.0–1.6 mm. U Turopoljskom lugu ona iznosi 1.1–1.6 mm, dok ta veličina u Varoškom lugu varira između 1.1 i 1.85 mm (slika 8). Težina ličinki u Jastrebarskom lugu varira od 12 do 82 mg (\bar{x} = 38.83 mg, s = 10.85 mg). U Turopoljskom lugu te vrijednosti kolebaju od 20 do 69 mg (\bar{x} = 39.12 mg, s = 10.37 mg) (slika 9).

Prema brojnim navodima iz literature vrste *B. glandium* i *B. elephas* razlikuju se po svojim dimenzijama. Uz pretpostavku da velika većina (preko 95%) ličinkama iz Jastrebarskog i Turopoljskog luga pripada vrsti *B. glandium*, onda slijedi da širina glavine čahure kod odraslih ličinkama te vrste ne prelazi širinu od 1.6 mm. Ta dimenzija kod vrste *B. elephas* vrlo vjerojatno može poprimiti manje vrijednosti od postavljene granice (1.6 mm), no sasvim je sigurno da pretežu veće dimenzije. Širina glavnih čahura prelazila je 1.6 mm (do 1.85 mm) jedino u Varoškom lugu, dakle na objektu gdje je bila podjednaka brojnost tih dviju vrsta. Nadalje, usporedbom dobivenih podataka populacija ličinkama iz Jastrebarskog i Turopoljskog luga, a pod razumnom pretpostavkom da je riječ o istoj vrsti (vezano na brojčani odnos determiniranih vrsta po imaginarnom stadiju), uvidamo da se populacije podudaraju u izmjerenim veličinama (slika 8. i slika 9). Različito stanje uroda žirom nije se odrazilo na dimenzije jedinki tih dviju populacija.



Sl. - Fig. 8. Distribucija relativnih frekvencija širine glavine čahure ličinkama *B. glandium* na dva pokusna objekta - Relative frequencies of *B. glandium* larvae head capsules width on two experimental plots

Na pokusnim objektima u više je navrata skupljan otpali žir i analiziran u laboratoriju pod binokularnim povećalom. Pritom su u žiru nalažene ličinke razne dobi i u različitim larvalnim stadijima. Na nekolicini je izmjerena širina glavine čahure, koja je varirala kod vrste *B. glandium* od 0.35 mm (najmanje) do 1.55 mm. Na ličinkama izvađenim iz tla ta vrijednost nikada nije iznosila manje od 1.0 mm, što govori da se širina glavine čahure posljednjega larvalnoga stadija ne spušta ispod te vrijednosti. Navedena vrijednost od 0.35 mm zabilježena je u nekoliko navrata, s time da je u jednom slučaju ličinka još bila napola zarobljena jajnim korionom. Najveća širina glave, a još uvijek ispod dimenzije posljednjega larvalnoga stadija, iznosila je 0.8 mm. Između tih dviju vrijednosti bilježene su različite međuvrijednosti. Broj larvalnih stadija vezan je u velikoj mjeri na stalnost širine glavine čahure pojedinih larvalnih stadija, neovisno o stanišnim uvjetima. Sličnim metodama istraživanja služe se i drugi istraživači (Androić 1957; Spaić 1966). Kako je praćenje



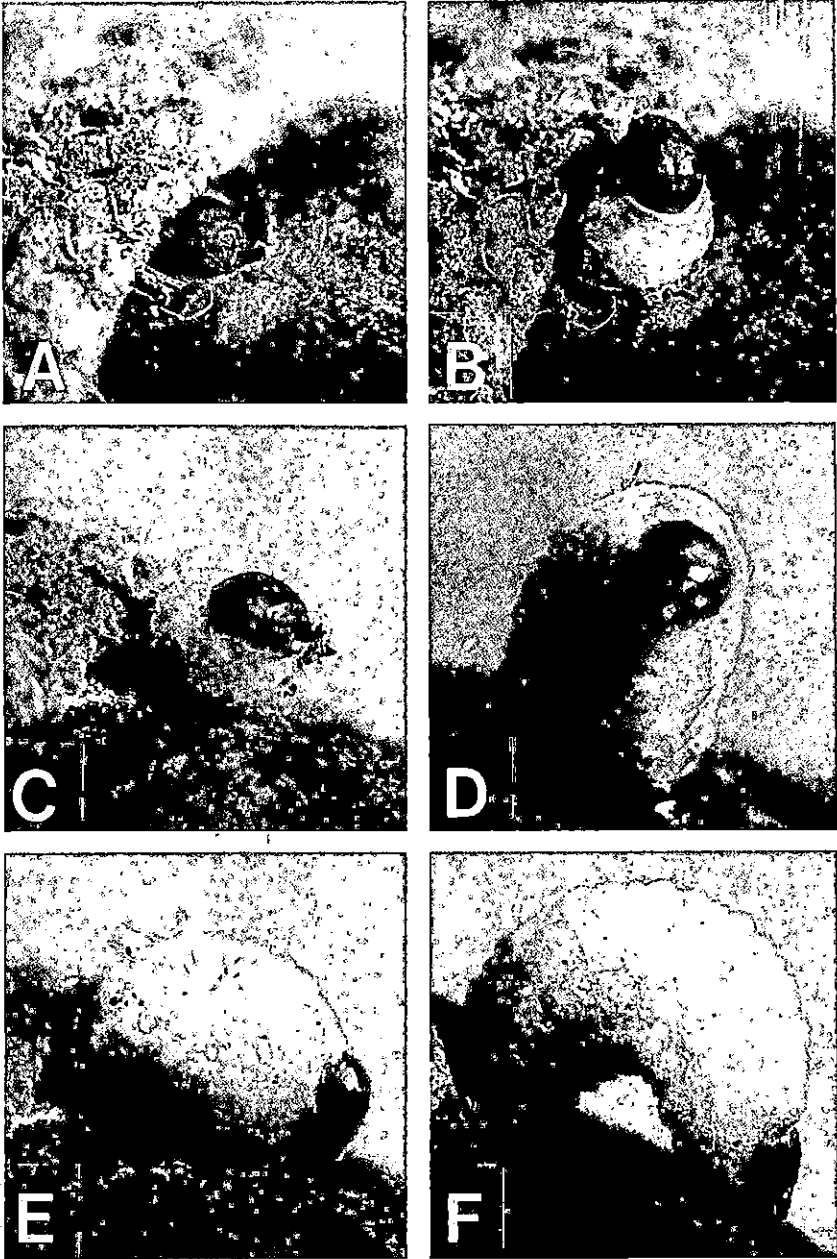
Sl. - Fig. 9. Distribucija relativnih frekvencija težine ličinki *B. glandium* na dva pokusna objekta - Relative frequencies of *B. glandium* larvae weight on two experimental plots

presvlačenja ličinka u žiru otežano zbog osjetljivosti ličinka, a pronalaženje odbačenih larvalnih egzuvija nemoguće s raspoloživom tehnikom, pokušalo se do tih podataka doći mjerenjem pronađenih ličinki. Sa sigurnošću se može ustvrditi da su evidentirani samo prvi i posljednji larvalni stadij. Između ta dva krajnja larvalna stadija postoji vjerojatno još jedan stadij, što bi odgovaralo dosadašnjim navodima literature (Schwenke 1974; Maksimović i dr. 1982). Analiza većeg broja izmjerenih širina glavine čahure pokazala bi kroz koliko točno larvalnih stadija prolaze ličinke žirotoča tijekom svog boravka u žiru.

U jednom žiru utvrđeno je najviše do 4 ličinke. U istom žiru često su opažane gusjenice *Cydia* sp. koje su zajedno s ličinkama žirotoča uništavale endokarp. Ekskrementi savijača zrnatog su izgleda i povezani nitima pređe, dok su ekskrementi žirotoča bez naročitog oblika. Duljina boravka ličinka žirotoča u žiru nije točno utvrđena, ali razdoblje od nalaza prvih položenih jaja (početkom srpnja 1990) do izlaska prvih ličinka iz žira bilo je kraće od mjesec dana. Posebna pozornost posvećena je izlasku odraslih ličinka iz žira. Ličinka započinje izgrizati izlazni otvor s unutrašnje strane žira, najčešće na polovici duljine žira. Snažnim mandibulama postupno stanjuje perikarp da bi konačno probila površinu stijenke. Izlaznu rupu proširuje kružnim izgrizanjem sve dok ne izbuši dovoljan otvor za izvlačenje glave. Trajanje te faze (proširivanja otvora) trajalo je u laboratorijskim uvjetima između 3 i 15 minuta (opažanja na 17 ličinka). Izlazna rupa okruglog je oblika (slika 3) i po tome se razlikuje od ovalne izlazne rupe *Cydia* sp. Čim ličinka izgrize dovoljno prostranu izlaznu rupu, započinje njezino izvlačenje iz unutrašnjosti žira. Ta faza traje vrlo kratko, gotovo »munjevito«. Ni jednoj od ličinki nije trebalo više od 2 minute za potpuno izvlačenje iz žira. Pritom izlazak se doima vrlo »dramatičnim« s obzirom na to da ličinka mišićnim kontrakcijama mora svoje krupno tijelo progurati kroz relativno uski otvor na ljusci žira (slika 10). Tijekom toga kratkotrajnog procesa ni jednom se nije dogodilo da bi ličinka na pola puta prekinula izlazak

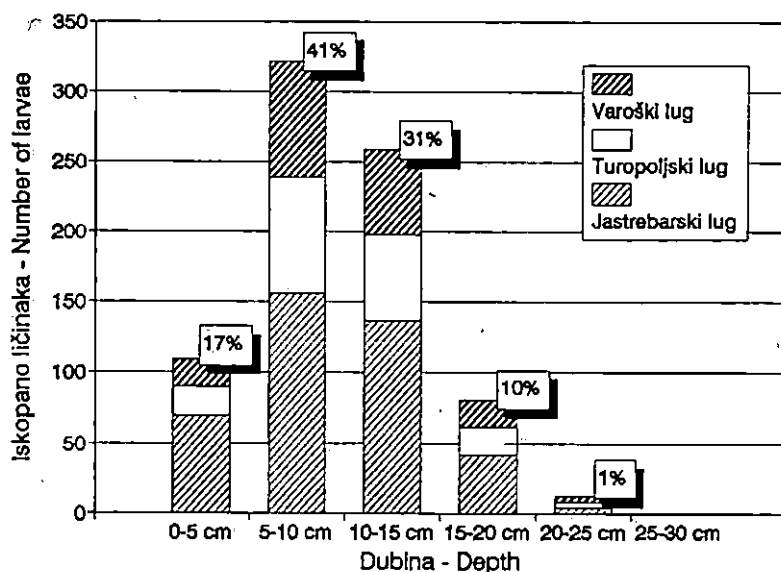
ili se vratila u unutrašnjost žira. Upadljiva je brzina kojom su ličinke obavljale tu promjenu prostorne niše. Objasnjenje toj pojavi nalazim posve prirodnim. Izlaskom iz svoga malenoga, ali sigurnoga skloništa ličinke se izlažu opasnosti od napada predatora i, posebno, parazita. Brzim izlaskom iz žira i spuštanjem u dubinu tla ličinke smanjuju rizik pogibelji kojemu su se morale izložiti.

Najveći broj ličinaka sakupljen je pretraživanjem zemljanih proba. Ličinke su u tlu pronalazene tijekom čitava razdoblja istraživanja. Nije bilo ni jednog izlaska na teren bez nalaza ličinaka. Ličinke se u tlo zavlače odmah po izlasku iz žira. Ta je pojava redovito bilježena prilikom stavljanja ličinaka na površinu tla u posudama za uzgoj ličinaka. U svom silasku u tlo ličinke su se zaustavljale na različitim dubinama. Upadljiva je pravilnost rasporeda ličinaka u dubinskim slojevima tla. Na sva tri lokaliteta najviše ličinaka pronađeno je na dubini 5-10 cm (slika 11). Brojnost se smanjuje prema plićim, ali i prema dubljim slojevima tla. Na dubini od preko 25 cm više nisu nalažene ličinke. Gotovo 3/4 svih ličinaka pronađeno je na dubini 5-15 cm. U tlu ličinka formira komoricu, šupljinu oblika ovalne kapsule. Dimenzije komorice otprilike su za 50-80% veće od dimenzija ličinke. Unutrašnjost komorice je glatka i, osim same ličinke, u njoj nikad nisu nađeni stari larvalni svlakovi. Isto tako nije utvrđena ni prisutnost ekskremenata. Komorice su uglavnom okomitog položaja, a ličinke su u njima položene uspravno glavom prema gore. Sve upućuje na to da ličinke unutar svojih komorica provode pritajeni život. Razdoblje u tlu ličinke, prema tomu, provedu u dijapauzi. To potvrđuje i analiza broja nađenih ličinaka po jednoj probi. Distribucija frekvencija nađenog broja ličinaka po jednoj probi odgovara Poissonovoj distribuciji. Omjer varijance i aritmetičke sredine upućuje na insularni raspored ličinaka (W o o l f 1968; A n d r o i ć 1970). Uzrok tomu jest pojava da jednom ukopane ličinke ne mijenjaju svoj položaj u horizontalnom smislu. Podaci o dubini nalaza ličinaka također govore o bioekologiji tih vrsta. Prvo, zapaža se da nema nalaza ličinaka na dubini većoj od 25 cm. Najveći broj ličinaka nalažen je na dubini 5-15 cm. Može se reći da je najveća vjerojatnost nalaza na dubini 10 cm (slika 11). To je sasvim sigurno u vezi s fizikalnim svojstvima tla. Budući da je na svim lokalitetima zastupljeno isto ili vrlo slično tlo te da se u klimatskom pogledu pokusni objekti ne mogu značajnije razdvojiti, ne čudi isti dubinski raspored ličinaka u Jastrebarskom, Turopoljskom i Varoškom lugu (slika 11). Čak i u Turopoljskom lugu, gdje u tlu vladaju najnepovoljniji uvjeti, ličinke se zaustavljaju jednako duboko kao i na ostalim lokalitetima. Zbijeno tlo pokazuje svoja nepovoljna svojstva na više načina (npr. iznimnom tvrdoćom u ljetnom razdoblju). Može se očekivati da veće razlike u fizikalnim svojstvima tla utječu na ličinke koje izlaze iz žira i probijajući se kroz tlo silaze do određene dubine na dijapauziranje. Tako osobit raspored ličinaka zasigurno ima svoje biološko opravdanje. Radi se o najpovoljnijem smještaju za uspijevanje populacije. Najveći broj ličinaka smješten je ispod razine površinskog humusno-akumulativnog (A_1) pothorizonta. To znači da su time najvećim dijelom pošteđene od djelovanja nepovoljnih utjecaja abiocena i žive prirode (posebno od pojave sriješi ili golomrazice). Aktivnost faune tla (paraziti i predatori) odvija se većinom u površinskom sloju tla. Prema tomu može se reći da ličinke idu toliko duboko koliko je dovoljno da se zaštite od spomenutih štetnih čimbenika. Ista slika dubinskog rasporeda ličinaka u različitim godišnjim razdobljima potvrdila je i njihovu vertikalnu stabilnost. Iz svega slijedi da jednom ukopane ličinke u svojim komoricama miruju očekujući uvjete povoljne za kukuljenje i ekloziju imaga. Pritom se ne hrane (kao što je to slučaj s nekim



Sl. - Fig. 10. Izlazak-ličinke iz žira - Weevil larva emerging from acorn

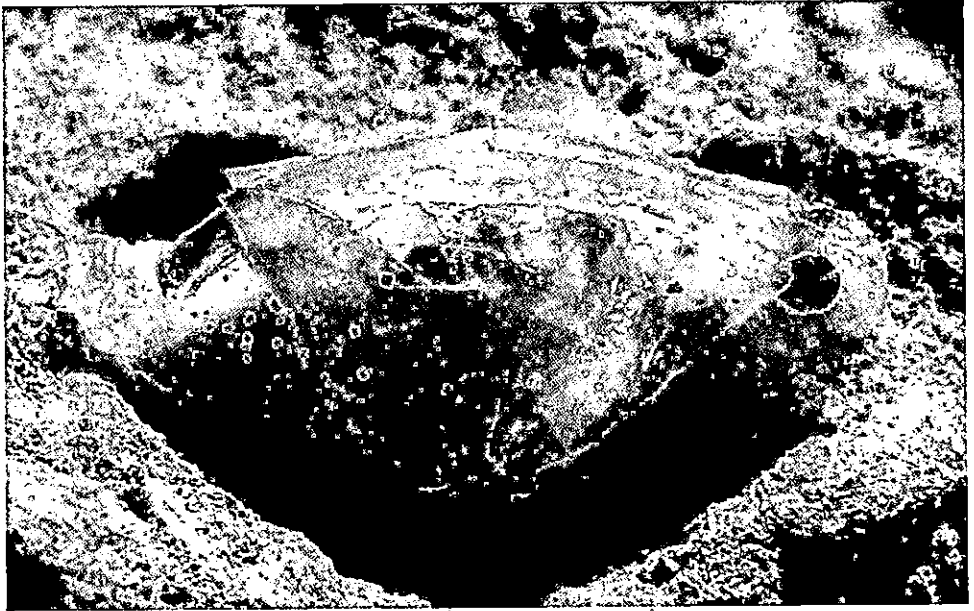
kurkulionidnim ličinkama koje također žive u tlu izgrizajući korjenčiće, npr. *Otiorrhynchus* spp.).



Sl. - Fig. 11. Broj iskopanih ličinkama po dubinskim razredima i pokusnim objektima - Number of dug out larvae in relation to depth classes and experimental plots

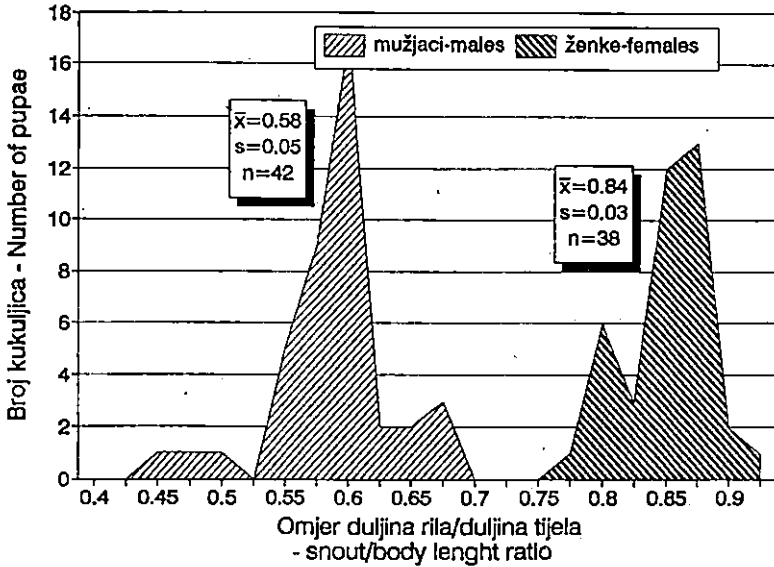
Kukuljica - Pupa

Kukuljica vrsta roda *Balaninus* (slika 12) tip je slobodne kukuljice (*pupa libera*). Kukuljice su skupljane prilikom pretraživanja zemljanih proba. Mjerenjima je obuhvaćeno ukupno 89 kukuljica, od toga najveći dio iz Jastrebarskog luga. Mjerena je težina, duljina kukuljice i duljina rila. Najveći dio kukuljica potjecao je iz Jastrebarskog luga (76%). Kako je na tom objektu daleko najzastupljenija vrsta *B. glandium*, rezultate mjerenja na tim kukuljicama pridružujemo spomenutoj vrsti. Na 42 muške kukuljice (spol je određivan na temelju odnosa duljine rila i duljine tijela) ustanovljena je srednja vrijednost duljine tijela 7.18 mm (max = 7.95 mm, min = 5.9 mm, s = 0.56 mm). Za ženske kukuljice te vrijednosti iznose: \bar{x} = 7.85 mm, max = 9.1 mm, min = 6.5 mm, s = 0.60 mm i n = 38. Vaganjem istih kukuljica utvrđene su vrijednosti: \bar{x} = 31.9 mg, max = 44 mg, min = 17 mg, s = 6.57 mg (mužjak); \bar{x} = 39.95 mg, max = 58 mg, min = 22 mg, s = 8.49 mg (ženka). Ostatak od 9 kukuljica iz Varoškog luga obrađen je kao vrsta *B. elephas*. Srednje vrijednosti duljine kukuljica te vrste iznose: \bar{x} = 8.70 mm, s = 0.63 mm, n = 4 (mužjak); \bar{x} = 10.65 mm, s = 0.36 mm, n = 5 (ženka); \bar{x} = 55.5 mg, s = 4.65 mg (mužjak); \bar{x} = 79.00 mg, s = 14.11 mg (ženka). Položaj koji zauzima kukuljica omogućio je mjerenje duljine rila. Kod živih imaga to nije bilo moguće jer je rilo savitljivo. Na kukuljicama je mjerena pravocrtna udaljenost od tjemena do vrha rila i ta je vrijednost stavljena u omjer s pripadajućom duljinom tijela. Izračunate su vrijednosti posebno za mužjaka i ženku, a dobiveni rezultati jasno pokazuju relativno malu



Sl. - Fig. 12. Kukuljica *B. glandium* - *B. glandium* pupa

varijabilnost oko središnjih vrijednosti koje za mužjaka iznose 0.58 (rilo nešto dulje od polovice dužine tijela), dok za ženku vrijedi omjer 4/5 (slika 13). Prve kukuljice nađene su u tlu Varošskog luga 13. 07. 1990. godine. Već 24. srpnja u Jastrebarskom lugu odnos između pronađenih ličinki i kukuljica iznosi 2:1, da bi 15. kolovoza iste godine u nalazu imali isti broj kukuljica i ličinki. Početkom rujna prestaju nalaziti kukuljice. Tada su u zemljanim probama učestali nalazi gotovih kornjaša. Kukuljenje se zbiva u zemljanoj komorici koju je ličinka načinila još prilikom svog silaska u zemlju. Pri pažljivom otvaranju u komoricama se osim kukuljice može naći larvalni svlak s raspuknutom, ali inače neoštećenom glavinom čahurom prethodnog larvalnog stadija. Prema vlastitim opažanjima ličinke pred presvlačenjem poprimaju osobit izgled. Mandibule postaju nepokretne i postavljene u zatvoreni položaj. Na ventralnoj strani torakalni segmenti toliko se naboraju da se čini kao da dotada apodne ličinke dobivaju noge. Kako histoliza napreduje, u tijelu ličinke, gledajući u protusvjetlu, može se zapaziti nastajanje novog oblika. Na nekoliko takvih ličinki obavljena je disekcija, pri čemu su utvrđeni različiti stupnjevi razvoja novoformiranih kukuljica. Konačni stadij krizalidacije započinje kada već formirana kukuljica povećanjem turgora razara stari kožni skelet. Larvalni egzuvij, u slučaju normalnog presvlačenja, u pravilu započinje pucati na glavi. Glavina čahura puca po epikranijalnoj brazdi, nakon čega se čitav svlak otvori i spusti prema pigidiju. Na pigidiju kukuljica posjeduje dvije snažne dlake, pa larvalni svlak na njima često ostaje slobodno visjeti. Pri pažljivom otvaranju zemljanih komorica kukuljice su redovito nalazene s još pričvršćenim larvalnim egzuvijima. Iskopane kukuljice na terenu su stavljane u entomološke plastične posude podstavljene vatom. To je bilo potrebno zbog njihove izuzetne osjetljivosti na mehanička oštećenja. Usprkos svim mjerama pažnje od 89 sakupljenih kukuljica do razvijenog kornjaša uspjela se na životu

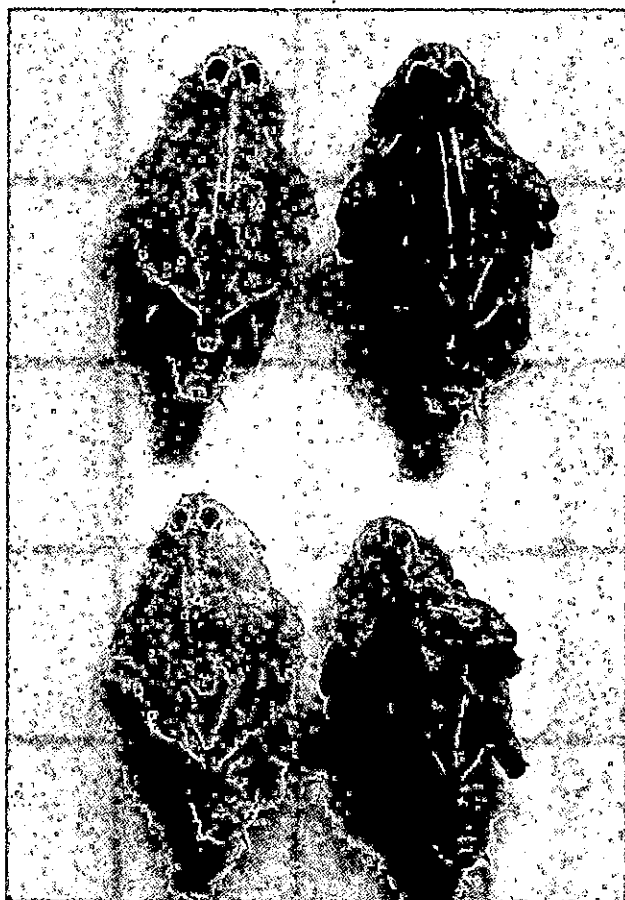


Sl. - Fig. 13. Omjer duljine rila i duljine tijela *B. glandium* - *B. glandium* snout/body length ratio

održati tek polovica. U laboratoriju su kukuljice nakon mjerenja stavljane u plastične kutije. O svakoj pohranjenoj kukuljici vođene su bilješke o svim uočenim promjenama. Za nekoliko kukuljica znao se točan datum kukuljenja jer se dogodilo da su s terena ponesene odvojeno ličinke i kukuljice, da bi do idućeg dana određen broj ličinki krizalidirao. Prema vlastitim zapažanjima od kukuljenja do eklozije imaga u laboratorijskim uvjetima prošla su tri tjedna. Mlada je kukuljica (do dva dana) mliječnožute boje, tijela prekrivenog rijetkim dlakama. S vremenom svjetlosmeđu boju počinju poprimati sastavljene oči; zglobovi nogu i mandibule. Drugoga tjedna od kukuljenja kukuljica ima potpuno crne oči i gornje čeljusti (slika 14). Ta dva detalja siguran su znak da do eklozije nema više od tjedan dana. Pred samu ekloziju (dan ili dva) posmeđe neki dijelovi tijela (posebno noge i ticala) i kroz proziran pupalni egzuvij sve jasnije se pojavljuju obrisi mladog imaga. Sama eklozija znala se u pojedinim slučajevima protegnuti na nekoliko dana, što je pripisano neprirodnim i nepovoljnim uvjetima za odvijanje kukuljenja. Mladi kornjaši (od nekoliko dana) svjetlih su nijansi, a često i poluprozirnih bedara. Do potpuno oblikovanih imaga znalo je proteći i 10-ak dana. Sva živa imaga stavljena su u insektarije radi daljih opažanja. Stadij kukuljice trajao je u pojedinačnim slučajevima tri tjedna. Kukuljenje je obuhvatilo razdoblje od mjesec i pol dana. Izvan navedenog razdoblja nije pronađena ni jedna kukuljica. Razvojni stadiji jajeta i kukuljice pokazali su se najosjetljivijima na mehanička oštećenja.

Imago - Adult

Tijelo *B. glandium* (slika 15) crne je boje i pokriveno smeđim ljušticama. Na elitrama se zapažaju crne pruge bez ljuštica. Boja ljuštica može varirati od otvoreno-smeđe do ciglastosmeđe. Ventralna strana kornjaša pokrivena je svjetlosmeđim do gotovo bijelim gustim ljušticama. Karakteristično je polje bez ljuštica crne boje na



Sl. - Fig. 14. Kukuljice *B. glandium* (gore: ženke, dolje: mužjaci; lijevo: mlade, desno: starije kukuljice) - *B. glandium* pupae (top: females, bottom: males; left: younger, right: older pupae)

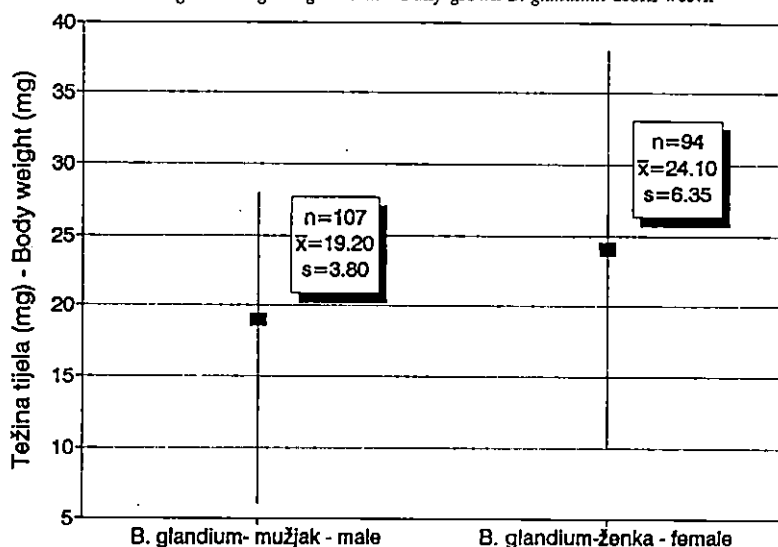
metasternumu, između kukova stražnjih nogu. Spolovi se kod te vrste, zahvaljujući izraženom seksualnom dimorfizmu, jednostavno razlikuju. Najupadljivija razlika između mužjaka i ženke očituje se u duljini rila. Rilo ženke gotovo je jednako duljini tijela. U obliku pigidija također postoje razlike. Mužjak ondje ima kistoliki čuperak žućkastih dlaka, dok su kod ženke ljuštice kaudalnih abdominalnih sternita raščešljane po sredini. Imaga imaju funkcionalan stražnji par krila i mogu se okarakterizirati kao osrednji letači.

U Varoškom lugu nađeno je nešto kornjaša *B. elephas* (tablica 1, slika 5). Morfološka opažanja podudaraju se s onima iz literature. Boja ljuštice kojom su imaga prekrivena varira od zlatnožute do crvenosmeđe. S donje strane ljuštice poprimaju svjetliju boju.

Sva potpuno razvijena i živa imaga izvagana su i izmjerena pomičnom mjerkom. Težina i duljina tijela vrste *B. glandium* iznose: srednja težina = 19.20 mg (♂), 24.10 mg (♀); srednja duljina = 5.85 mm (♂), 6.29 mm (♀) (slika 16; slika 17). Kod obje

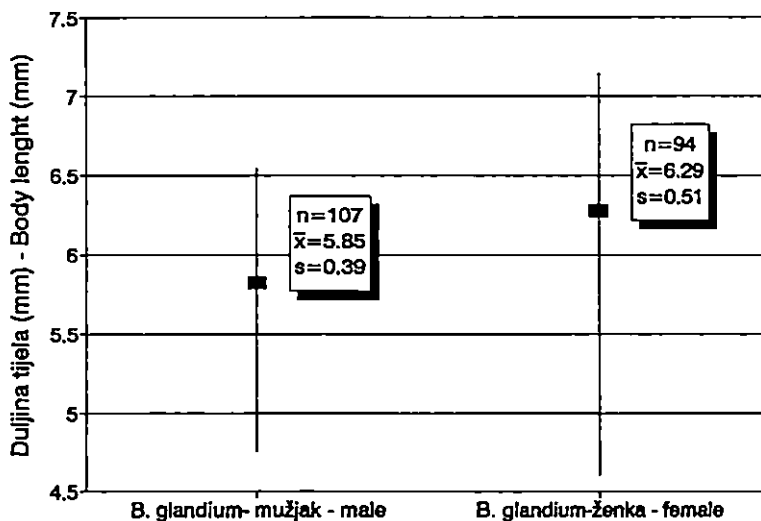


Sl. - Fig. 15. Imago *B. glandium* - Fully grown *B. glandium* acorn weevil



Sl. - Fig. 16. Duljina tijela imaga *B. glandium* - *B. glandium* adult body length

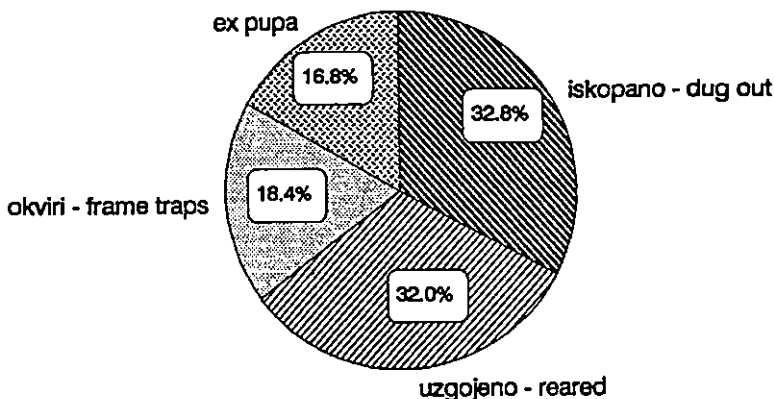
tjelesne veličine vidljiva je razlika između spolova. Iako se u opsegu gotovo podudaraju, srednje vrijednosti težine i duljine tijela ženke veće su od srednjih vrijednosti za mužjake. Tako npr. u ovom istraživanju nije uhvaćen mužjak teži od 28 mg i dulji od 7.3 mm. Ista mjerenja obavljena su i na ulovljenim imaginesima *B. elephas* i *B. venosus*. Za *B. elephas* te vrijednosti iznose: duljina tijela = 8.25 mm



Sl. - Fig. 17. Težina tijela imaga *B. glandium* - *B. glandium* adult body weight

($s = 0.80$); težina = 49.50 mg ($s = 9.90$), dok je na 5 primjeraka *B. venosus* utvrđena duljina tijela od 6.60 mm ($s = 0.20$) i težina od 30.20 mg ($s = 1.80$).

Ukupno je skupljeno 256 imaga, od toga broja dio je iskopan u zemljanim probama, dio je dobiven uzgojem ličinki u laboratoriju (ex larva), dio uzgojem kukuljica u laboratoriju (ex pupa), dio uhvaćen na okvirima pri izlasku iz tla, a samo dva primjerka uhvaćena su u slobodnoj prirodi (slika 18).



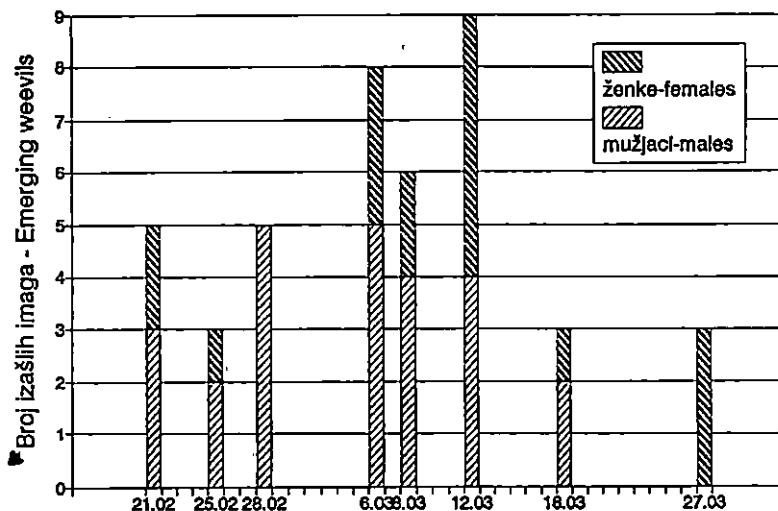
Sl. - Fig. 18. Izvor skupljenih imaga prema primijenjenim metodama - The origin of collected acorn weevils regarding methods

Pretraživanje zemljanih uzoraka započelo je 13. 03. 1990. u Turopoljskom lugu. U Varoškom lugu prvi put je kopano 19. 03. 1990, dok je dan kasnije isti posao obavljen u Jastrebarskom lugu. Švakihi petnaest dana na pokusnim površinama ponavljan je isti postupak. Na samom početku kopanja bilježimo sporadične nalaze imaga *B. glandium*. Prvi je takav nalaz u Jastrebarskom lugu 20. 03. 1990. Pojedinačni nalazi ponavljaju se na istom lokalitetu 3. 04. i 16. 04. 1990. Mjesec dana

poslije, 14. 05, nađena su još dva imaga, od kojih jedan nakon nekoliko dana pokazuje znakove života. Tijekom lipnja, srpnja i kolovoza u tlu ne nalazimo ni jednog imaga. Prvi brojniji nalaz imaga u tlu zabilježen je u Jastrebarskom lugu 12. 09. 1990. Do sljedećeg proljeća u tlu su redovito nalažena imaga (najmanje 10-ak imaga po jednom izlasku na teren). Sporadični nalazi imaga odnosili su se većinom na uginule primjerke. Jedan od njih naknadno je pokazao slabe znakove života da bi ubrzo uginuo. Što se tiče živih iskopanih imaga, sva su vrlo brzo pokazivala znakove života. Brzina reakcije ovisila je samo o temperaturi koja je vladala u sastojini u vrijeme iskapanja. Tako je npr. bilo moguće 1. 02. 1991. toplinom daha probuditi iskopane i ukočene kornjaše. Svi kornjaši pronađeni su tako što bi ispadali na stol pri drobljenju zemlje ili bismo ih spazili pri pažljivom otvaranju zemljanih agregata. Kornjaši su se u tlu nalazili u zemljanim komoricama. Položaj imaga u zemljanoj komorici je stalan. Gotovi kornjaši uvijek su bili okrenuti glavom prema gore, rila ispruženog prema naprijed. Pri pažljivom pretraživanju i lomljenju zemlje u komoricama su nalaženi odbačeni larvalni svlakovi (najuočljivija je bila odbačena i raspucala glavina čahura). Nekolicina kornjaša, pronađenih u razdoblju redovitog nalaza, bila je uginula i obavijena micelijem.

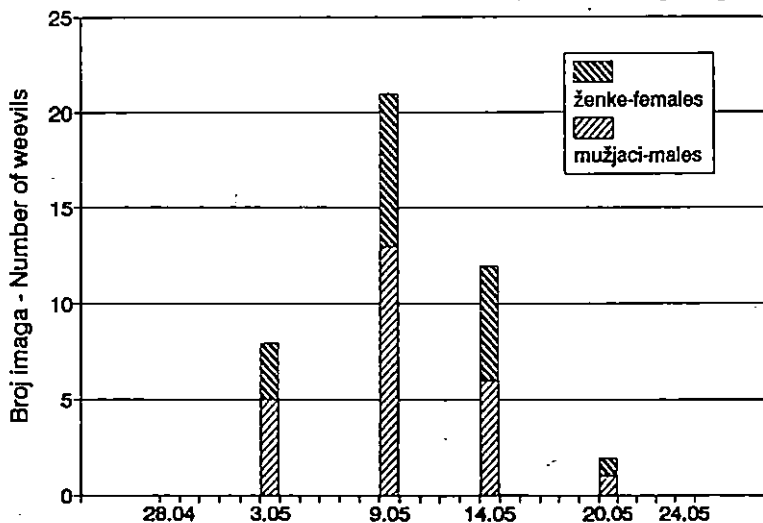
Dio ličinaka nakon obrade na različite načine pokušali smo zadržati na životu. Izvađene iz zemljanih komorica nisu dugo ostajale na životu. Trebalo je na neki način stvoriti mikroklimatske uvjete koji vladaju unutar komorice. Ličinke su stavljane u posude napunjene sabijenom zemljom s terena. Svježe skupljene ličinke bez vidljivih posljedica podnosile su postupak mjerenja, nakon čega su još imale dovoljno snage da u svom promijenjenom životnom okolišu oblikuju nove komorice i nastave razvoj. Najvažnije je bilo da su ličinke imale mogućnost i dovoljno životne snage za izradu komorice. Bez njih, u neposrednom dodiru s tlom, ličinke su sve do jedne ugibale (najčešće obavijene zelenim micelijem). U staklene posude uložene su 153 ličinke iskopane na sva tri lokaliteta tijekom lipnja i srpnja 1990. godine. Opisanom metodom uzgojena su 84 živa imaga, dakle preko 50% od uloženog broja. Svi ostali pokušaji (s podjednakim brojem ličinaka) rezultirali su uginućem ličinaka. Staklene su posude za čitavo vrijeme trajanja pokusa bile smještene u laboratoriju na sobnoj temperaturi. Svakoga tjedna kontrolirano je stanje na površini zemlje u očekivanju izlazećih imaga. Pritom nije bilo obavljano nikakvo dodatno vlaženje. Prva imaga zapažena su 29. 01. 1991, da bi otprilike mjesec dana kasnije počeo više-manje redoviti izlazak odraslih kornjaša (slika 19). Na grafikonu nedostaju datumi prvog i zadnjeg izlaska imaga iz tla. Prvi datum već je naveden, a zadnji se odnosi na dva primjerka *B. elephas* koji su iz posuda izašli 7. i 8. svibnja 1991. to je više od mjesec dana nakon posljednjeg izlaska imaga *B. glandium*. Nakon razdoblja izlaženja imaga zemlja je u potpunosti pretražena, a ostala imaga stavljena su na dalju obradu.

Okviri za lov izlazećih kornjaša postavljeni su u proljeće 1990. godine. Dva okvira postavljena su u Varoškom lugu 5. 03. 1990, 10. 04. 1990, još dva u Turopoljskom lugu, a 4. i 14. svibnja postavljena su još četiri okvira u Jastrebarskom lugu. Kontrola okvira obavljena je pri svakom od redovitih izlazaka na pokusne objekte. Izlazak kornjaša očekivan je početkom ljeta 1990. Prvi dokaz o upotrebljivosti te metode dobiven je vrlo brzo. Dana 29. 05. 1990. u Varoškom lugu bilježimo ulov ženke *B. glandium*. To je međutim bilo sve što je ulovljeno tijekom 1990. godine. Pravi izlazak imaga nastupio je u proljeće 1991. godine. Dotada su ostali sačuvani okviri u Jastrebarskom i Varoškom lugu. Okviri u Turopoljskom lugu



Sl. - Fig. 19. Izlazak imaga iz uzgojnih posuda - Emergence of adults from soil containers

uništeni su u kolovozu 1990. godine. Izlazak imaga u Jastrebarskom lugu prikazan je na slici 20. Posebno su evidentirane ženke i mužjaci radi moguće protandrije ili



Sl. - Fig. 20. Izlazak imaga na lovne okvire - Emergence of adults on wooden frame traps

protoginije. Imaga su skupljana rano ujutro, dok su kornjaši još tromi, tako da nije postojala opasnost gubitka ulova. Najčešće su nalaženi na mreži, a rjeđe su se držali drvenog okvira ili rijetkog bilja poklopljenog okvirom-klopkom.

Iz jednog dijela iskopanih kukuljica uspjeli smo u laboratoriju dobiti odrasle kornjaše. Uzgojem na već opisani način u plastičnim kutijama ukupno su na taj način dobivena 43 imaga. Sva imaga eklođirala su iz neoštećenih i pažljivo čuvanih kukuljica tijekom 1990. godine.

Tek dva imaga ulovljena su pretraživanjem šumske vegetacije (jedan primjerak *B. glandium* i jedini primjerak *B. villosus*). Ljepljivi prstenovi, umjetne niše i lov na svjetlo nisu dali nikakvih rezultata što se tiče ulova vrsta roda *Balaninus*.

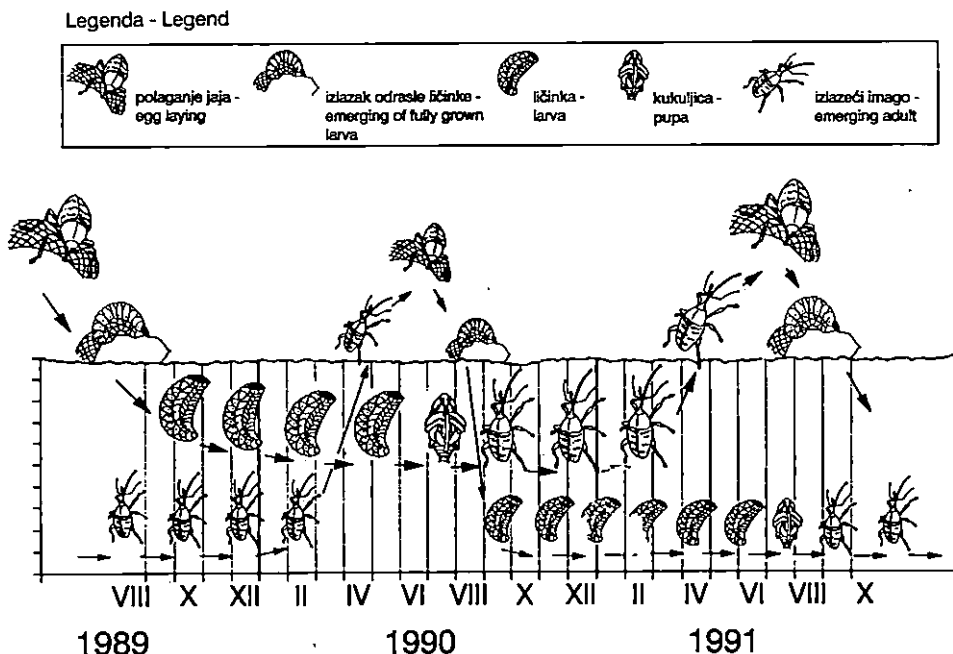
Sva skupljena ili na drugi način dobivena imaga stavljena su u insektarije na dalje promatranje. Između ostaloga, pokušalo se utvrditi čime se hrane kornjaši koji se u sastojini javljaju tijekom proljeća (slika 20). Ustanovljeno je da vrlo rado izgrizaju unutrašnjost nabubrelih hrastovih pupova. U insektarije su stavljani hrastovi izbojci, na kojima su se ubrzo skupljali kornjaši u potrazi za najsočnijim pupovima. Često se moglo vidjeti kako kornjaši »buše« pupove, rila u potpunosti zarivenog u unutrašnjost pupa. Takvi napadnuti pupovi nisu uspijevali prolisati. Kornjaši su se rado hranili i mladim prolisanim hrastovim lišćem koje je nakon toga pocrnilo i s vremenom potpuno osušilo. Izdaleka izbojci su odavali sliku oštećenja od kasnog mraza. Razlika između napadnutih izbojaka u insektarijama i kontrolnih izbojaka izvan njih osobito je dobro bila izražena nakon što su kontrolni izbojci normalno razvili list. Utvrđeno je također da se imaga mogu hraniti i grabovim lišćem, a rado su se skupljala na vlažnoj, zašecerenoj staničevini koja je redovito stavljena u insektarije. Na ponuđenom otpalom zreloom žiru nisu utvrđeni znakovi prehrane odraslih kornjaša, što pokazuje da se oštećenje žira od tih insekata zbiva samo dok je ovaj na stablu i u fazi dozrijevanja. Značajna je i činjenica da se imaga javljaju u sastojini tijekom svibnja (1990), a u to doba hrastovi su u dobi pupanja i razvijanja mladog lista. Stoga se može očekivati da se u dijelu šteta koje pripisujemo ranim štetnicima javljaju i ovi šumski štetnici.

Omjer spolova – Sex ratio

Seksualni indeks izračunat iz broja skupljenih imaga (dakle za reproduktivno sposobne individue) iznosi 0.47, a odnosi se na populaciju Jastrebarskog i Turopoljskog luga zajedno. Omjer spolova igra odlučujuću ulogu za uspijevanje neke vrste i u načelu veći indeks povećava potencijal razmnožavanja. Razumljivo, ovdje se još pojavljuje čitav niz različitih čimbenika, djelovanje kojih nije obuhvaćeno ovim istraživanjem.

Trajanje generacije – Generation duration

Do spoznaje o trajanju i broju generacija dolazi se kada pogledamo istovremeno sve dobivene rezultate o nalazu pojedinih stadija *B. glandium* (slika 21). Prve kukuljice nađene su u tlu tijekom srpnja 1990, prva imaga u tlu u rujnu 1990, a prvi izlazeći kornjaši na okvirima zabilježeni su u svibnju 1991. godine. To znači da nakon kukuljenja 1990. g. imaga nisu izlazila na površinu. Upitamo li se koliko su stare bile ličinke iz kojih su nastale kukuljice u srpnju 1990. g., doći ćemo do dobi od najmanje godinu dana. Te ličinke nisu u tlo mogle ući nakon svršetka opadanja žira prethodne sezone. Od položenih jaja u ljeti 1989. do ponovnog polaganja jaja, koje je nastupilo ljeti 1991. godine, za kukce zarobljene ispod lovnih okvira prošle su dvije godine. Ti podaci vrijede za Jastrebarski lug jer je jedino ondje pokus uspješno priveden do kraja (u Turopoljskom lugu nestali su okviri, a u Varoškom lugu premalena je bila gustoća populacije). Prema tomu, u uvjetima Jastrebarskog luga vrsta *B. glandium* imala je najmanje dvogodišnju generaciju. Dodatnu potvrdu nalazimo u rezultatima uzgojenih imaga iz ličinaka skupljenih ljeti 1990. Ličinke su skupljene ljeti prije izlaska prvih ličinaka iz novootpaloga oštećenoga žira. To znači



Sl. - Fig. 21. Razvoj populacije žirotoča u Jastrebarskom lugu u razdoblju 1989-1991 - Acorn weevil population development in 1989-1991 period

da su i one tada imale najmanje godinu dana. Iako su bile pohranjene u posude sa zemljom u laboratoriju na sobnoj temperaturi, prva imaga javljaju se na površini tek idućeg proljeća (1991. g.). Ranije pojavljivanje od onih u prirodi (otprilike dva mjeseca) može se pripisati višoj temperaturi koja je vladala u laboratoriju, ali to ne mijenja činjenicu da se radilo o dvogodišnjoj generaciji.

Prezimljavanje - Overwintering

Vrste roda *Balaninus* na istraživanom području, a tijekom razdoblja istraživanja, prezimljavale su u dva razvojna stadija istovremeno. Dio insekata prezimljavao je u stadiju ličinke, a drugi dio u stadiju imaga. Nije utvrđen ni jedan slučaj prezimljavanja u stadiju kukuljice ili jajeta.

Gustoća populacije - Population density

Apsolutne vrijednosti gustoće populacija ne mogu se dati na osnovi tako provedenog istraživanja. Uz podatak o broju skupljenih insekata ne može se pridružiti neka prostorna jedinica biotopa (zbog nereprezentativnog uzorkovanja). Mogu se međutim usporediti rezultati dobiveni na sva tri objekta. Iz navedenih rezultata vidljivo je da je najveća gustoća populacije vladala u Jastrebarskom lugu, nešto manja u Turopoljskom lugu i uvjerljivo najmanja u Varoškom lugu. S druge strane daleko najslabiji urod žira (tijekom nekoliko godina) bilježen je na pokusnoj plohi u Varoškom lugu. Trofički faktor javio se ondje kao glavni reduktivni, a u Jastrebarskom lugu kao glavni stimulativni faktor u odnosu na populacije vrsta roda *Balaninus*.

Reduktivni čimbenici – Population control agents

Tijekom istraživanja posebna pozornost posvećena je mogućem nalazu parazit-skih organizama. Unatoč obilnom biološkom materijalu nije uspjela izolacija ni jednoga predatorskog ili parazitskog insekta. Sam način života vrsta roda *Balaninus* svojom skrovitošću pridonosi najvjerojatnije maloj parazitiranosti. Jedini zabilježeni mortalitet na malom broju ličinaka i kukuljica (3%) bio je uzrokovan napadom nedeterminiranih vrsta gljiva. Prema boji spora, koje su u najvećem broju bile zelene, moguće je da se radi o vrsti *Metarhizium anisopliae* Sor. (Grupacija autora 1981; Halperion 1990).

RASPRAVA – DISCUSSION

Veličina šteta koje su na istraživanom području izazvale vrste iz roda *Balaninus* kretala se od 10 do 25%. Slične podatke navode i drugi autori (Schwenke 1974; Maksimović i dr. 1982). Pod štetama se ovdje razumijevaju samo neposredne štete na žiru. Štete od izgrizanja pupova (koje su utvrđene u laboratoriju) nisu uračunate, a mogle bi biti važne za plodonošenje, pa i samo listanje hrastovih stabala.

Sudjelovanje vrste *B. glandium* izrazito je nadmašilo ostale prisutne vrste. Od toga jedino odstupa odnos populacija dviju vrsta u Varoškom lugu. Ondje nalazimo podjednako brojnu populaciju *B. elephas* i *B. glandium*. To upućuje na mogućnost zamjene uloga nekih vrsta. Razlozi koji su uvjetovali takav brojčani odnos dviju vrsta nisu razjašnjeni ovim istraživanjem. Moguće je da se radi o endogenim (fekunditet) ili brojnim egzogenim (razni biotski i abiotski) čimbenicima, a moguća je i njihova kombinacija.

Prema vlastitim mjerenjima jaje vrste *B. glandium* dugačko je 0.7 mm, a široko 0.5 mm. Maksimović i dr. (1982) navode duljinu jajeta od 0.4 mm. Moguće je da su razlike uvjetovane različitim populacijama insekata, no postavlja se pitanje utemeljenosti tvrdnji da se podatak uopće odnosi na jaja te vrste. Dok u vlastitom istraživanju prisutnost vrste *B. glandium* iznosi preko 95% (na temelju determinacije 255 imaga), u spomenutom radu nije determiniran ni jedan jedini primjerak žirotoča.

Rezultati vezani na razvojni stadij ličinke govore o odnosu između ličinaka dviju različitih vrsta te o broju i trajanju stadija. Mjerenjem genetički uvjetovane i o različitim stanišnim uvjetima neovisne dimenzije (širine glavine čahure) došlo se do zaključka da ona kod vrste *B. glandium* ne prelazi 1.6 mm širine. Podatak se odnosi na posljednji larvalni stadij. Ličinke širih glavinih čahura pripadale su vrsti *B. elephas*. To se poklapa s literaturnim podacima. U pogledu trajanja i broja razvojnih stadija nisu dobiveni pouzdani podaci. Što se tiče boravka ličinaka u tlu, sigurno je da se tijekom toga vremena ne hrane. Njihov dubinski raspored odražava prirodnu sklonost k racionalnomu. Zakopane toliko duboko da izbjegnu većini opasnosti, a dovoljno plitko da se bez većih problema kao imaga izvuku na površinu, ostvaruju najpovoljnije preduvjete za propagaciju vrste.

Stadij jajeta i osobito stadij kukuljice očito su najosjetljivije faze u razvoju tih insekata. Stoga ne čudi da razmjerno najkraće traju. Na taj način rizik pogibelji smanjen je na najmanju moguću mjeru jednostavnim skraćanjem razvoja. Podatak

da tijekom istraživanja nije u tlu izvan razdoblja kukuljenja pronađena ni jedna kukuljica potvrđuje tu konstataciju.

Uz razvojni stadij imaga vezano je više zanimljivih spoznaja o biologiji tih vrsta. Postavljenim okvirima s mrežom dokazano je da se na ovaj način dovoljno dobro može pratiti vrijeme i dinamika izlaska imaga iz tla. Točno poznavanje fenologije preduvjet je svake kontrole brojnosti štetnih organizama. Ova metoda, kada bi se primijenila po nekom od načela postavljanja reprezentativnog uzorka, mogla bi poslužiti i kao metoda određivanja gustoće populacije svih vrsta žirotoča. Kako imaga nakon izlaska u sastojinu nisam uspio neposredno pratiti, postavljeni okviri bili su jedino sigurno pomagalo za određivanje bioloških datuma.

Kao poseban problem vezan za populacije tih štetnika izdvaja se pitanje trajanja generacije. Već je spomenuto da je u uvjetima Jastrebarskog luga (pa i Turopoljskog luga) vrsta *B. glandium* razvijala dvogodišnju generaciju. To je nedvojbeno dokazano pedantnim i redovitim praćenjem stanja na drvenim okvirima i pretraživanjem uzoraka tla. Mala sumnja javlja se kada uz tvrdnju da tijekom 1990. godine nije izišao na okvirima ni jedan imago istovremeno utvrdimo da u krošnjama imaga odlažu jaja na dozrijevajući žir. Odakle se javljaju ti kornjaši? Rješenje je zapravo vrlo jednostavno. Radi se o dvije dvogodišnje generacije koje se razlikuju u vremenu nastanka za jednu godinu. Tako su pojedinačni nalazi imaga u tlu i jednog imaga na okviru u proljeće 1990. pripadali ličinkama izašlim iz žira ljeti i u jesen 1988. godine. Pretraživanje zemlje i postavljanje okvira zakasnilo je za glavnim izlaskom gotovih kornjaša koje su te godine izišli preko mjesec dana ranije. Čitava je vegetacija u proljeće 1990. godine ranije krenula. Kornjaši koje sam ulovio na okvirima u svibnju 1991. pripadali su ličinkama nastalim 1989, dakle u godini pred početak istraživanja. Naglašavam da se radi o najmanje dvogodišnjoj generaciji. Moguće je da je dio kornjaša proveo u dijapauzi (bilo u razvojnom stadiju ličinke ili imaga) i više od dvije godine. U svakom slučaju, najtemeljitiye praćena generacija (1990/91), čija su imaga na okvire izišla u svibnju 1991, prezimila je jednu zimu u razvojnom stadiju imaga i najmanje jednu zimu u stadiju ličinke (1989/90, a možda i 1988/89). U literaturi se navodi postojanje jednogodišnje, dvogodišnje i trogodišnje generacije. U već spomenutom radu M a k s i m o v i ć a i dr. (1982) za vrstu *B. glandium* navodi se jednogodišnja generacija. Prema mojem mišljenju tu se može raditi o krivom zaključivanju. Nedovoljno preciznim pretraživanjem tla autori su bez ijednog nalaza imaga ili barem kukuljice zaključke donosili samo na osnovi nalaza ličinaka i otpalog žira s uloženim jajima ili već razvijenim ličinkama. Moje su pretpostavke da su nehotično na taj način pretvorili dvije paralelne generacije u jednu i zatim izveli pogrešan zaključak da se radi o jednogodišnjoj generaciji. Važno je naglasiti da je ovdje riječ o štetnicima čiji je razvoj tijesno povezan sa žirom (njegovom količinom i kakvoćom). U slučaju izostanka uroda populacija žirotoča osuđena je na propast dogodi li se da sva imaga izađu iz tla i krenu u hrastove krošnje na odlaganje jaja. S toga gledišta isključivo jednogodišnja generacija jako je rizična i ne daje vrsti osobite izgleda za preživljavanje. S druge strane dvogodišnja generacija (odnosno dvije dvogodišnje generacije na istom biotopu) omogućuje populaciji u cjelini mnogo sigurniji opstanak. Još je povoljnija za populaciju žirotoča mogućnost cijepanja jedne generacije potomstva (različitim postotkom u trajanju dijapauziranja) u dvo-, tro- i višegodišnje generacije. Time se vrsta osigurava da u godini bogatog uroda žira postoji barem mali broj reproduktivno sposobnih jedinki koji tada može ponovo brojčano osnažiti postojeću populaciju.

ZAKLJUČCI - CONCLUSIONS

Provedeno istraživanje na području Jastrebarskog, Turopoljskog i Varoškog luga pruža mogućnost za donošenje ovih zaključaka:

1. Uzročnici šteta na žiru hrasta lužnjaka na istraživanom području bili su: vrste roda *Balaninus* (10-25%), savijači *Cydia* sp. (10-12%), šumski glodavci (8-18%) i ostali uzročnici (3-4%).

2. Na istraživanom području zabilježene su 4 vrste iz roda *Balaninus*. To su: *B. glandium*, *B. elephas*, *B. venosus* i *B. villosus*.

3. Najveća brojnost pripada vrsti *B. glandium*, koja je činila 96% svih determiniranih imaga.

4. Najveća brojnost populacije *B. glandium* utvrđena je u Jastrebarskom lugu, lokalitetu s najpovoljnijim stanjem uroda žira (u razdoblju samog istraživanja kao i u godinama koje su prethodile).

5. Razvojni stadij jajeta *B. glandium* trajao je otprilike dva tjedna, a dimenzije jajeta iznose 0.7×0.5 mm. Po jednom žiru nalazena su najčešće jedno ili dva jajeta, najviše četiri jaja.

6. Razdoblje koje je ličinka provela u žiru iznosilo je prosječno manje od mjesec dana. U tom vremenu presvukla se najmanje jednom, vjerojatno dva puta. Širina glavine čahure odrasle ličinke kreće se između 1.0 i 1.6 mm. Razdoblje koje su ličinke provele u tlu iznosilo je najmanje godinu dana. Najveća frekvencija ličinaka zabilježena je na dubini 5-15 cm.

7. Razvojni stadij kukuljice *B. glandium* traje tri tjedna. Kukuljenje se odvijalo u zemljanim komoricama u tlu tijekom srpnja i kolovoza. U kukuljice je izražen spolni dimorfizam. Muška kukuljica ima vidljivo kraće rilo od ženske kukuljice. Mjerenjem je utvrđen omjer između duljine rila i duljine tijela. Kod mužjaka on iznosi 0.58, a kod ženke 0.84.

8. Eklozija imaga *B. glandium* zbivala se tijekom kolovoza i rujna u zemljanim komoricama. Do izlaska na površinu tla proteklo je još 9 mjeseci. Trajanje postmetabalnog razvoja nakon izlaska iz tla nije utvrđeno. Opisani spolni dimorfizam omogućuje jednostavno razlikovanje spolova.

9. Izlazak imaga *B. glandium* na površinu tla u 1990. godini zbivao se u Jastrebarskom lugu tijekom svibnja. Prethodne godine izlazak se morao zbiti 15-ak dana ranije. Može se zaključiti da imaga na istraživanom području izlaze iz tla u razdoblju travanj-svibanj, što koincidira s listanjem i cvatnjom hrasta lužnjaka.

10. Kod imaga *B. glandium* u laboratorijskim uvjetima utvrđena je prehrana proljetnim hrastovim pupovima. Vjerojatno je da dio šteta koje nastaju u sastojini u rano proljeće možemo pripisati tim štetnicima.

11. U uvjetima pokusnih objekata utvrđeno je najmanje dvogodišnje trajanje generacije *B. glandium*. Veliko je pitanje je li uopće moguće postojanje jednogodišnje generacije.

12. Dvije dvogodišnje ili višegodišnje generacije preklapale su se u Jastrebarskom lugu s međusobnom razlikom od godine dana. Time je svake godine bilo omogućeno polaganje jaja odraslim kornjašima jedne od generacija, a time i produženje opstanka vrste.

13. Utvrđeni omjer spolova *B. glandium* od 0.47 upućuje na normalni brojčani odnos mužjaka i ženki, dakle na normalnu populaciju.

14. Istraživanjem je utvrđeno da vrsta *B. glandium* prezimljava u dva razvojna stadija. Dok jedna (mlađa) generacija prezimljava u razvojnom stadiju ličinke, druga (starija) prezimljava u razvojnom stadiju imaga.

15. Od redukativnih čimbenika evidentirane su u 3% nađenih ličinaka i kukuljica patogene gljive. Predatori i paraziti nisu utvrđeni.

16. Primijenjena metoda lova izlazećih imaga na okvire s mrežom pokazala se uspješnom. Pravovremenim postavljanjem okvira može se jednostavno i točno pratiti izlazak odraslih kornjaša iz tla.

17. Dalje intenzivno istraživanje i praćenje dinamike populacija tih insekata rasvijetlit će i ostale nejasnoće o njihovoj bioekologiji, a samim time i pokazati moguće putove i metode kontrole brojnosti njihovih populacija, što će se neposredno odraziti na količinu i kakvoću uroda žira hrasta lužnjaka.

LITERATURA - REFERENCES

- Androić, M., 1957: Borov četnjak gnjezdar (*Cnethocampa pityocampa* Schiff. Biološko ekološka studija. Glasnik za šumske pokuse 13: 351-460.
- Androić, M., 1970: Osnovi zoekologije s osobitim osvrtom na entomofaunu. Poslovno udruženje šumskoprivrednih organizacija, Zagreb.
- Baganić, M.I., 1974: Nekotrii rezultati izučenia entomovreditelei plodov duba i pričinjaemogo imi vreda. Lesovodstvo i lesomeliior 37: 84-89, Urožai, Kiev.
- Bertović, S., 1975: Prilog poznavanju odnosa klime i vegetacije u Hrvatskoj. Acta biologica VII/2, Prirodoslovna istraživanja JAZU, 41, Zagreb.
- Bürgés, G., & T. Gál, 1981a: As to the spreading and manner of life of *Curculio elephas* Gyll. (Col.: Curculionidae) in Hungary. Part 1, Zeitschrift für angewandte entomologie, 91(4): 357-382, Hamburg und Berlin.
- Bürgés, G., & T. Gál, 1981b: As to the spreading and manner of life of *Curculio elephas* Gyll. (Col.: Curculionidae) in Hungary. Part 2, ibid. 92(1): 35-41.
- Ceballos, P., 1969: Estudio de alimentación del trepador azul (*Sitta europaea*) en encinares, durante los meses marzo-agosto. Boletín del Servicio de Plagas Forestales 12(24): 89-95, Madrid.
- Cecconi, G., 1924: Manuale di entomologia forestale. Padova.
- Dimić N., & A. Beš, 1977: Utjecaj nekih članova entomofauna lijeske na prinose te kulture u Bosni i Hercegovini. Acta entomologica Jugoslavica 13(1-2): 69-76.
- Freude, H., K. W. Harde & G. A. Lohse, 1983: Die Kafer Mitteleuropas. II, Krefeld.
- Gál, T., & G. Bürgés, 1987a: Distribution and mode of life of *Laspeyresia splendana* Hbn. (Lep., Tortricidae) in Hungary. Part 1. Zeitschrift für angewandte entomologie 103(2): 127-135, Hamburg und Berlin.
- Gál, T., & G. Bürgés, 1987b: Distribution and mode of life of *Laspeyresia splendana* Hbn. (Lep., Tortricidae) in Hungary. Part 2. ibid. 103(4): 363-368.
- Grupa autora, 1981: Priručnik izveštajne i dijagnostičko prognozne službe zaštite šuma. Beograd.
- Halperin, J., 1990: Natural enemies of *Thaumetopoea* spp. (Lep., Thaumetopoeidae) in Israel. Zeitschrift für angewandte entomologie 109(5): 425-435, Hamburg und Berlin.
- Henschel, G.A.O., 1985: Die schädlichen Forst-und Obstbaum-Insekten, ihre Lebensweise und Bekämpfung. Berlin.
- Jovanović, B., & E.I. Vukičević, 1983: Lužnjak, Šumarska enciklopedija, 2. izdanje, II, JLZ, Zagreb, 75.
- Kovačević, P., M. Kalinić, V. Pavlić, & M. Bogunović, 1972: Tla Gornje Posavine. Institut za pedologiju i tehnologiju tla, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Kovačević, Ž., 1956: Primijenjena entomologija. III, Šumski štetnici, Zagreb.
- Kuhnt, P., 1913: Illustrierte Bestimmungs-Tabellen der Käfer Deutschlands. Stuttgart.
- Maksimović, M., 1983: Urod hrastovog žira i njegove štetočinke. Šumarski list, 5-6, Zagreb, 253-258.
- Maksimović, M., B. Milivojević, & R. Pekić, 1982: Štetočine hrastovog žira u semenskoj sastojini Kupinske grede. Zaštita bilja 161: 221-257, Beograd.

- Mikloš, I., 1988: Rani šumski štetnici i njihovo značenje u zaštiti šuma. Šumarski list 9-10: 405-422, Zagreb.
- Mikloš, I., 1991: Onečišćenje zraka i urod žira u našim šumama hrasta lužnjaka. Šumarski list 3-5: 151-162, Zagreb.
- Moffet, M. W., 1989: Life in a Nutshell. National Geographic Magazine, 175(6): 783-796, Washington D.C.
- Novak, P., 1952: Kornjaši jadranskog primorja. JAZU, Zagreb.
- Nüsslin, O., 1927: Forstinsektenkunde. Berlin.
- Petračić, A., 1926: Pomlađivanje naših hrastovih šuma je u opasnosti. Šumarski list 8-9: 467-469, Zagreb.
- Portevin, G., 1935: Histoire naturelle des coléoptères de France. IV, Paris.
- Prpić, B., 1987: Ekološka i šumsko-uzgojna problematika šuma hrasta lužnjaka u Jugoslaviji. Šumarski list 1-2: 41-52, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1987: Šumarska fitocenologija. Zagreb.
- Rauš, Đ., & J. Vukelić: Studija biološkoekološkoga i gospodarskog rješenja šume Turopoljski lug ugrožene propadanjem. Konačan izvještaj za vegetacijska istraživanja g.j. »Turopoljski lug«, manuskript.
- Reitter, E., 1916: Fauna Germanica, Die Käfer des Deutschen Reiches. V, Stuttgart.
- Ruperez, A., 1960: Localización del huevo del *Balaninus elephas* Gyll. con relación al daño denominado »melazo« de la bellota de encina (*Q. ilex* Oerst.). Boletín del Servicio de Plagas Forestales 3(6): 133-145, Madrid.
- Schimitschek, E., 1955a: Schlüssel zur Bestimmung der wichtigsten forstlich schädlichen Käfer. Wien.
- Schimitschek, E., 1955b: Die Bestimmung von Insekten Schäden im Walde nah Schadensbild und Schädling. Hamburg.
- Schmidt, L., 1970: Tablice za determinaciju insekata. Sveučilište u Zagrebu, Poljoprivredni fakultet, Zagreb.
- Schwenke, W., 1974: Die Forstschädlinge Europas, II, Käfer. Hamburg und Berlin.
- Sikora, J., 1984: Dosadašnja dostignuća i mogućnosti unapređenja gospodarenja nizinskim šumama. Diskusija. Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje 1 (separatum): 144-145, Zagreb.
- Sorauer, P., 1953: Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Tierische Schädlinge an Nutzpflanzen. I, 2. Lieferung: Trichoptera und Lepidoptera. Berlin.
- Sorauer, P., 1954: Handbuch der Pflanzenkrankheiten, tierische Schädlinge an Nutzpflanzen. II, 2. Lieferung: Coleoptera. Berlin.
- Spaić, I., 1966: Hrastova osa listarica (*Apethymus abdominalis* Lep.). Biološka studija, Poslovno udruženje šumskoprivrednih organizacija, Zagreb.
- Spaić, I., 1974: Sadašnje zdravstveno stanje šuma na području jugoistočne Slavonije. Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva jugoistočne Slavonije. JAZU, Centar za znanstveni rad, Vinkovi, 239-253.
- Spaić, I., & M. Glavaš, 1988: Uzročnici šteta na hrastu lužnjaku u Jugoslaviji. Glasnik za šumske pokuse 24: 199-224, Zagreb.
- Starčević, T., 1990: Prirodna obnova lužnjakovih sastojina u uvjetima slabog i neredovitog uroda sjemenom. Glasnik za šumske pokuse 26: 351-359, Zagreb.
- Tadić, M., 1974: Atraktivnost ultraljubičaste svjetlosti prema vrstama iz roda *Balaninus* (Coleoptera; Curculionidae). Zaštita bilja 25: 128-129, 205-206.
- Tadić, M., 1979: Spisak insekata ulovljenih ultravioletnim svetlosnim lovnim mamcima u periodu od 1972. do 1974. godine. Zaštita bilja 30(4), 150: 371-382.
- Tanasijević, N., & B. Ilić, 1969: Posebna entomologija. Beograd.
- Tucović, A., & M. Jovanović, 1975: Dostignuća o oplemenjivanju lužnjaka u SR Srbiji. Sto godina znanstvenog i organiziranog pristupa šumarstvu jugoistočne Slavonije. II, JAZU, Centar za znanstveni rad, Vinkovi.
- Vazquez, F. M., F. Esparrago, J. A. Lopez Marquez & F. Jaraquemada, 1990: Los ataques de *Curculio elephas* Gyll. (*Balaninus elephas*) y *Carpocapsa* sp. L. sobre *Quercus rotundifolia* Lam. en Extremadura. Boletín de Sanidad Vegetal Plagas 16(4): 755-759, Centro de Publicaciones Agrarias, pesqueras y alimentarias, Madrid.
- Vrbl, S., K. Beber & G. Matis, 1979: Prilog poznavanju biologije i štetnosti ljeskotoča (*Curculio nucum* L.). Zaštita bilja 30(4), 150: 357-364.
- Živojinović, S., 1970: Šumarska entomologija. Beograd.
- Woolf, C., 1968: Principles of Biometry. Princeton, New Jersey, U.S.A., 279-287.
- *****: Zbirke hrvatskog prirodoslovnog muzeja (entomološke zbirke: I. von Igalfy, K. Igalfy, R. Weingärtner, V. Redensek, A. Korlević i P. Novak).

BIOLOGY OF THE INSECTS OF THE GENUS
BALANINUS Germ., AN ACORN PESTS OF
PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBURL*)

Summary

Irregularity and low quality of acorn production is becoming a major problem in lowland even aged stands of pedunculate oak. Natural reforestation, preceded by fragmentary or clear cuts, is not occurring, and forestry nurseries have notable problems in obtaining sufficient quantities of healthy and viable seed. Various insects play significant role in oak's seed production and acorn weevils are among the most important ones. They are capable of destroying up to two thirds of bumper acorn crops causing serious economic loss and ecological disturbance.

This research was conducted in Upper Sava valley in typical and widespread pedunculate oak's association of *Genisto elatae-Quercetum roboris* Horv. 1938. Experimental plots in Jastrebarski lug and Varoški lug are situated on podzolic pseudogley soils and experimental plot in Turopoljski lug lies on mineral-hydromorphic gley-pseudogley soils. Climate of the region is represented by Köppen's cryptogram Cfbwx". Coldest month temperature varies between -3 and +18°C; summers are fresh with mean monthly temperature of warmest month below 22°C; precipitation is evenly distributed over the whole year with driest part of the year occurring in colder weather; there are two peaks in precipitation, one in the beginning of the warmer part of the year and one in late fall.

Several field collecting methods and additional laboratory investigation revealed some facts on weevil's biology and its relationship with pedunculate oak's acorn production. The most efficacious methods were soil probe analysis and adult trapping technique with wooden frame traps covered by extra fine mesh net (fig. 2). Weevils were collected and examined in all four development stages (egg, larva, pupa and adult). Four *Balaninus* Germ. (*Curculio* L.) species were found in research area in 1989/91 year period: *B. glandium* Mrsh., *B. elephas* Gyll., *B. venosus* Grav. and *B. villosus* Fabr. (Fig. 5). The amount of damage on acorn yield in 1990, due to *B. glandium* impact chiefly, varied between 10% and 25% (Fig. 4). *B. glandium* emerged as most important and numerous species in explored forests. The strongest population was found in Jastrebarski lug where acorn production persisted and was comparably high both before and during research period. The weakest population lingered in Varoški lug where there was almost no seed production in 1990. and preceding years. *B. glandium* egg is ovoid in shape, partly translucent, 0.7 mm in length and 0.5 mm wide (detail, fig. 6). Head capsule width of fully developed weevil's larva varies between 1.0 and 1.6 mm. Relative frequency distributions of this parameter in two experimental plots, with different food supply, confirmed stability of the measured characteristic (Fig. 8). Emergence of larvae from their acorn chambers was carefully observed, and it rarely lasted longer than 3 minutes (Fig. 10). Immediately after emergence, they buried themselves in the vicinity of their former shelter. By doing so, they minimize constantly present danger of being

attacked by their natural enemies. Practically, this is the period when they are most vulnerable and exposed to predators and parasites. During this research not a single parasite was isolated and unique discovered detrimental agent were fungi, causing only 3% mortality. Almost three quarters of 747 collected larvae buried themselves between 5 and 15 cms deep. Pupating started in July and proceeded till August. Individual specimens passed this stage in three weeks time. Length ratio between weevils snout and its body (Fig. 13) enables simple determination of sex in pupal stage. Eclosion of adults followed pupation, but *B. glandium* weevils did not abandon soil chambers at this time (August-September). They waited till next summer when they emerged on plastic net of the wooden frame traps (Fig. 20). Confirmation for this came from laboratory conditioned soil containers when similar phenomenon happened with fully grown collected and nurtured larvae which surfaced approximately two months earlier than those in the field. Emergence of weevils in the field peaked in mid May. These extra fine mesh net traps give us excellent prospect of recording their appearance accurately on the field and possibly to predict the amount of damage which is to happen in the same year. Adults, which were kept in entomological cages, revealed possibility of being harmful to oak buds in all stages of development. Some of the early damage on leafing oaks, which is normally related with well known defoliators, could be caused by this weevils, commonly characterised as seed pests. Sex ratio in strongest population of Jastrebarski lug showed balanced number of males and females (0.47).

In research area, in 1989/91 year period a two year generation of *B. glandium* was found. Its life cycle could be described as follows: after egg laying and larval development inside an acorn (in August-September) larvae bury themselves in the forest soil, most of them 10 cms deep. There, they lie quiescently till next summer when they pupate and in three weeks time become adult weevils. Instead of leaving their relatively safe shelters in September and October, when most of the current acorn is fully developed and not suitable for egg depositing, adults stay underground for eight more months and emerge in April-May when conditions are most advantageous for population prosperity. By doing so they lengthen the span between subsequent generations up to at least two year period. It is quite possible that some of the larvae stay dormant for more than a year, so three- four- and even several year generations are expectable. Anticipating this, it is quite simple to explain the fact that weevils hatch every year despite two- or multiyear life cycle, a situation which was found on experimental plot of Jastrebarski lug (Fig. 21). This feature of leaving certain number of larvae in waiting state for several years enables *B. glandium* population to proliferate in advantageous year of an acorn bumper crop.

Received May 8, 1992.
Accepted October 1, 1992.

Author's address:
Boris Hrašovec
Faculty of Forestry
41001 Zagreb, P.O.Box 178
Croatia

DAVORIN KAJBA

MOGUĆNOSTI KLONIRANJA OBIČNE
BREZE (*Betula pendula* Roth.)
I CRNE JOHE
(*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.)

POSSIBILITIES OF CLONING FOR THE
SILVER BIRCH (*Betula pendula* Roth.)
AND THE BLACK ALDER
(*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.)

Prispjelo: 7. 5. 1992.

Prihvaćeno: 1. 10. 1992.

U radu je istraživana mogućnost makropropagacije obične breze i crne johe autovegetativnim i heterovegetativnim razmnožavanjem. Obična breza može se uspješno heterovegetativno razmnožavati metodom postranoga cijepljenja korištenjem dvogodišnjih plemki. Najbolji rezultati autovegetativnog razmnožavanja obične breze postiglo se pri koncentraciji od 800 ppm (IBA ili IAA) kod juvenilnih orteta do 8 godina starosti. Zakorjenjivanje reznica od stabala konačnog fenotipa može se znatno povećati uporabom sekundarnih reznica. Selekcionirana adulta stabla crne johe uspješno su heterovegetativno razmnožavana metodom postranog cijepljenja jednogodišnjim plemkama, a cijepljenje sekundarnim plemkama značajno je povećalo primitak. Najbolji rezultati razmnožavanja crne johe reznicama dobiveni su upotrebom koncentracije od 4000 ppm IBA i to kod juvenilnih orteta u dobi do 5 godina. Razmnožavanje adultnih stabala crne johe (u dobi od 50 do 90 godina starosti) postignuto je tretmanima prethodnog cijepljenja i serijskim razmnožavanjem reznicama proizvedenih rameta. Također je pasažama kod pojedinih klonova eliminirana pojava negativnog geotropizma (plagiotropnog rasta).

Ključne riječi: heterovegetativno i autovegetativno razmnožavanje, serijsko vegetativno razmnožavanje, obična breza, crna joha

UVOD - INTRODUCTION

Generativno razmnožavanje je tradicionalna metoda u šumarstvu. Međutim, zbog prednosti primjene klonskog materijala prema generativnom vegetativno se

razmnožavanje intenzivno razvijalo u programima oplemenjivanja šumskog drveća.

Genetsku dobit je moguće povećati u svakoj generaciji programom oplemenjivanja pojedine vrste. Pri vegetativnom razmnožavanju mogućnost očuvanja aditivne i neaditivne genetske komponente varijance značajno povećava genetsku dobit i to je osnovna prednost kloniranja. Genetska dobit se može ostvariti u kratkom vremenu selekcijom plus stabala s dobrom općom kombinacijskom sposobnošću, hibridizacijom i selekcijom najboljih individua u najboljim familijama te njihovim klonskim razmnožavanjem. Superiorne genotipove može se selekcionirati na svim razinama oplemenjivanja, a nakon testiranja i koristiti u operativnom šumarstvu. Genetski uniforman klonski materijal najprikladniji je za izučavanje interakcije klon x stanište.

Uspješne metode reprodukcije i masovnoga klonskog razmnožavanja, kod sve većeg broja vrsta šumskog drveća, povećavaju upotrebu klonskog materijala. Tehnike makropropagiranja i mikropropagiranja temelje se na sposobnosti vegetativnih biljnih stanica da sadrže ukupnu genetsku informaciju potrebnu za regeneraciju kompletnog organizma. Suvremenim tehnikama kloniranja nastoji se ovladati masovnom reprodukcijom za komercijalne potrebe.

Fenotipskom selekcijom superiornih stabala kombiniranom s klonskim testiranjem dobivaju se optimalne smjese klonova za različita staništa. Takve smjese divergentnih genotipova osiguravaju stabilnost kultura, približavajući ih time prirodnim ekosustavima (multiklonski nasadi).

U radovima na oplemenjivanju obične breze utvrđuje se, a za crnu johu je već utvrđena njihova međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost u Hrvatskoj. Genetska izdiferenciranost subpopulacija crne joha uvjetovala je osnivanje klonskih sjemenskih plantaža za područje Posavine i Podravine. U svim etapama oplemenjivanja tih dviju vrsta, razmnožavanje je heterovegetativno i autovegetativno.

Obična breza i crna joha, kao brzorastuće, danas su perspektivne vrste zbog svoje kvalitetne drvene mase i sve veće primjene u mehaničkoj i kemijskoj preradi drva. Crna joha se intenzivnije uzgaja i kao meliorativna vrsta u mješovitim kulturama. Te dvije vrste imaju značajno mjesto u programima oplemenjivanja i kao sirovina za našu industriju celuloze i papira.

U budućnosti će klonsko šumarstvo imati svakako još veću ulogu, jer nedostatak drvene mase i intenzivno iskorišćivanje glavnih vrsta drveća sve više zahtijeva uzgoj brzorastućih vrsta u kulturama s kratkim ophodnjama.

GOSPODARSKO ZNAČENJE OBIČNE BREZE I CRNE JOHE - ECONOMIC SIGNIFICANCE OF THE SILVER BIRCH AND THE BLACK ALDER

Prosječni prirast naših šuma je relativno nizak, a struktura drvnog fonda je nepovoljna zbog nedovoljnog udjela mekih listača i četinjača, koje su danas vrlo tražena sirovina na domaćem i stranom tržištu. Meke listače, koje donedavno nisu bile cijenjene, postale su prijeko potrebne za cijeli niz proizvoda, osobito za one za čiju izradu drvna tvar preradom gubi svoja kemijska i fizikalna svojstva. Tako za proizvodnju šperploča, lesonita, iverica, celuloze itd. trebaju goleme količine mekih listača. Zato obična breza i crna joha postaju gospodarski sve vrednije, pogotovo što je i proizvodnja njihovih trupaca vrlo tražena.

Interes za većom proizvodnjom drvene mase obične breze u velikom dijelu

područja njezine rasprostranjenosti, osim u sjevernoj Europi, pojavio se tek s bržim razvojem kemijske prerade drva. Velik areal njezine rasprostranjenosti, upućuje na njezinu široku ekološku amplitudu, pa je u sjevernoj Europi ustanovljena i njezina klinalna varijabilnost (J o h n s s o n 1974). Obična breza dolazi u većem dijelu Europe, od sjeverne Španjolske, Sicilije, Rodopa i Kavkaza do Skandinavije. U Hrvatskoj je najviše ima na Papuku, Psunju, Bilogori, Kalniku, u banijsko-kordunskoj regiji, Lici i Gorskom kotaru. Pretežno je u mješovitim, a rjeđe u čistim sastojinama. Budući da je u nas na južnoj granici svog areala, gdje su topla i suha ljeta, češće dolazi na svježijim podzolastim tlima. Breza nije izbirljiva na tlo, pa raste na siromašnim, opodzoljenim, vlažnim i kiselim, pa i na sušim tlima. Kao pionirska vrsta, zajedno s trepetljikom i ivom, zauzima površine na kojima se prirodno širi šuma, drenira tlo, obogaćuje ga kalcijem i snizuje mu kiselost, aktivirajući ujedno nitrifikatore. U panonskom dijelu Hrvatske naseljava u prvom redu bivše poljoprivredne površine, opožarene terene, šumska staništa na kojima nije uspjela prirodna regeneracija unutar areala hrasta kitnjaka i obične bukve te površine neuspjelog pošumljavanja četinjačama (R a u š & V u k e l i ć 1986). Pretežno čiste brezove sastojine na području panonskih bukovo-jelovih šuma na Papuku, mogu se fitoceno- loški okarakterizirati kao progresivni stadij obične breze u razvoju bukovo-jelovih šuma na sječinama, iskrčenim i opožarenim površinama ili ostalim šumskim čistinama (V u k e l i ć & Š p a n j o l 1990). R a u š , M a t i ć i P r p i ć (1988), istražujući brezove sastojine Papuka, ističu da u prirodnim mješovitim sastojinama ophodnja breze može biti 60-80 godina, bez opasnosti za matičnu autohtonu sastojinu u kojoj je ona primiješana. Visinski prirast obične breze u prvoj i drugoj godini je malen, od 15. do 20. godine velik (do 1 m godišnje), a poslije 50-60. godine minimalan. U toj dobi breza prirašćuje samo u debljinu. Obična breza je na području panonskog gorja Hrvatske vrsta relativno brzog rasta i prirasta, pa proizvodnju brezova drveta treba nastaviti i unapređivati u prirodnim fitocenoza obične breze i u mješovitim sastojinama hrasta kitnjaka i obične bukve, u kojima je primiješana i obična breza (S k e n d e r o v i ć 1990).

Interes za brezovinu porastao je zbog pomanjkanja drva dugih vlakana, koja karakteriziraju brezovo drvo. Tako je interes za običnu brezu započeo s brzim razvojem tehnologije kemijske prerade drva, osobito industrije papira i kartona. Zbog većeg udjela obične breze u šumskim površinama na sjeveru Europe u tim su zemljama intenzivirani radovi na njezinom oplemenjivanju. Poznato je da ima više formi obične breze koje se razlikuju u prirašćivanju, kori i građi drva. Ustanovljeno je također da se pojedine morfološke karakteristike nasljeđuju na principu kvalitativnih svojstava, što je uvjetovano major genima (J o h n s s o n 1974). Breze su izrazito samosterilne, ali se potomstvo može proizvesti samooplodnjom. Triploidne primjerke obične breze karakterizira brzi rast, krupno i debelo lišće s pučima većim nego u diploida. Dosada je u Europi i Americi proizvedeno više međuvrskih hibrida, s otežavajućom proizvodnjom sjemena. J o v a n o v i ć i T u c o v i ć (1969) ustanovili su da hibridi *B. pendula x pubescens* i *B. pendula x papyrifera* rastu sporije od roditeljskih vrsta. I u drugim eksperimentima u zapadnim zemljama izražena superiornost hibrida, koja se pojavila u mladosti, poslije se izgubila. Provedena su ispitivanja potomstava iz slobodnog oprašivanja te iz dialelnih križanja, kao i osnivanje klonskih sjemenskih plantaža od roditelja koji daju najbolje potomstvo u Finskoj, Švedskoj (J o h n s s o n 1974) i Čehoslovačkoj (V a c l a v 1974). Uspješno cijepljenje selekcioniranih plus stabala obične breze dalo je dobre rezultate, intenzi-

viralno se na radovima na pronalaženju mogućnosti razmnožavanja adultnih stabala pomoću reznic za uzgoj te vrste u intenzivnim kulturama. Također su u Finskoj provedena istraživanja potomstava selekcioniranih stabala u njezinom sjevernom i centralnom dijelu (R a u l o & K o s k i 1977). Druge metode oplemenjivanja odnose se na križanje vrsta, križanje provenijencija, poliploidiju i križanja u rodstvu s daljnim križanjima, a dosada su ispitane u ograničenom opsegu. Dosadašnji rezultati istraživanja nisu obuhvatili sve metode ili su obuhvatili samo pojedine, pa se može očekivati uspješna primjena novih metoda.

Crna joha je uzgojno sve interesantnija vrsta zbog svoje mnogostruke namjene i upotrebne vrijednosti drveta. Njezin veliki areal pokriva gotovo cijelu Europu, a ima je i u Aziji i sjevernoj Africi. Zbog tako velikog područja rasprostranjenosti ima i velik stupanj fenotipske i genotipske varijabilnosti. Crna joha u nas od prirode dolazi u našim nizinskim šumama i obično pridolazi u smjesi s drugim vrstama drveća, a rjeđe tvori čiste sastojine kao u Podravini. Istraživanja su pokazala da se zajednice šuma crne johe razvijaju na području hidromorfni tala Posavine, Podravine i Pokuplja, a mjestimično i na područjima mineralno-organogenih močvarnih glejnih tala (R a u š 1975). Crna joha spada u brzorastuće i meliorativne vrste, čije drvo u zadnje vrijeme sve više služi u mehaničkoj i kemijskoj preradi, pa ona dobiva značajno mjesto u programima oplemenjivanja u nas i u svijetu. Atmosferski dušik se veže u nodulima na korijenu crne johe, uz pomoć bakterija iz roda *Frankia*, pa se tako ubrzava status dušika u organizmu i u tlu. Zbog navedenih karakteristika intenzivira se osnivanje kultura crne johe, i to onih za specijalne namjene (proizvodnja biomase, odnosno energije), kao i za proizvodnju krupne oblovine. Kulture se osnivaju kao čiste sastojine ili u smjesi s drugim vrstama. Crna joha se odlikuje bujnim rastom u ranoj mladosti, do 20. godine, a jaka izdanačka snaga omogućuje intenzivno gospodarenje tom vrstom u čistim ili mješovitim kulturama tijekom više ophodnji. Iz sjemena raste polaganije, kada visinski rast kulminira oko 10. godine, a poslije pada, dok iz panja u početku raste brže, kada je kulminacija oko treće i četvrte godine do šeste, a poslije postupno pada (G l a v a č 1962). Kao poluheliofitna vrsta može rasti i u podstojnoj etaži u mješovitim kulturama (G l a v a č 1962). M l i n š e k (1957) i G l a v a č (1960) proučavali su rast i gospodarsku vrijednost crne johe sa šumsko-uzgojnoga, ekološkoga i biološkoga gledišta. Crna joha ima intenzivan prirast do 50. godine, a u dobi od 70 godina, na prvom bonitetu, postiže masu od 580 m³ (masa deblvine i granjevine), s prosječno 430 stabala po hektaru.

Testovima provenijencija treba naći odgovor na pitanje koje su subpopulacije (provenijencije) genetski superiorne. Nakon utvrđene superiornosti određene provenijencije treba utvrditi način kako superiornu provenijenciju upotrijebiti u praktične svrhe. Primjena superiornih populacija u praktične svrhe moguća je standardnim metodama oplemenjivanja, a to su: generativne sjemenske plantaže, klonske sjemenske plantaže, vegetativno razmnožavanje i klonski uzgoj superiornih genotipova. Intenziviranje radova na oplemenjivanju te vrste radi produkcije biomase i melioracije zemljišta u SAD-u, prema mišljenju R o b i n s o n a i H a l l a (1981), u prvoj fazi dalo bi najbrže rezultate putem generativnih sjemenskih plantaža, jer crna joha ima sposobnost rane cvatnje i plodonošenja. Klonska sjemenska plantaža osigurava veću genetsku dobit, ako su prethodno testirana roditeljska stabla iz plantaže, putem selekcije prethodno u populaciji po fenotipu, a testovima potomstava i po genotipu.

Istraživanja genetske varijabilnosti u testovima provenijencija pokazala su da među subpopulacijama crne johe postoji genetska izdiferenciranost s obzirom na

dužinu dana, tolerantnost na »stres« okolice, preživljavanje, veličinu i broj češerića, oblik listova te sposobnost zakorjenjivanja različitih genotipova (klonova). Dva pokusa provenijencija crne johe u Podravini i Posavini, s po 8 istih provenijencija, postavljena su također radi istraživanja njezine genetske varijabilnosti u Hrvatskoj te za izučavanje eventualne interakcije provenijencija x stanište. Ovim eksperimentima trebali bismo utvrditi u kojem je arealu moguće koristiti se reproduksijskim materijalom jedne provenijencije.

U provj. fazi radova na oplemenjivanju te vrste u nas, glavna je pažnja posvećena selekciji i proizvodnji kvalitetnog sjemena u klonskim sjemenskim plantažama. Izučavanjem fenotipske varijabilnosti u prirodnim sastojinama selekcionirana su plus stabla iz populacija Podravine i Posavine te osnovane odvojene klonske sjemenske plantaže crne johe za ta područja (Vidaković & Krstinić 1984). Za osnivanje klonskih sjemenskih plantaža upotrijebljena su fenotipski najbolja stabla, selekcionirana u plus sastojinama (sjemenskim bazama). Selekcionirana stabla su cijepljena, no uspjeh cijepjenja primarnim reznicama bio je relativno malen (do 14%), što se tumači negativnim utjecajem velike količine fenola u tkivu crne johe. Uпотреbom sekundarnih izbojaka (s uzgojenih cijepljenih biljaka) uspjeh cijepjenja se povećao i do 80%. Klonske sjemenske plantaže crne johe osnovane u Hrvatskoj služe za proizvodnju genetski poboljšanog sjemena, da bi se testovima potomstava i reduciranim brojem samo najboljih klonova u plantaži dobila veća genetska dobit u tzv. poboljšanoj klonskoj sjemenskoj plantaži. Mogućnost poboljšanja genetske kvalitete sadnica crne johe selekcijom po fenotipu i genotipu, koja je ostvarena na poboljšanoj klonskoj sjemenskoj plantaži, jest 31,9% u odnosu na prosjek »divlje« populacije, te do 38,8% na biklonskoj sjemenskoj plantaži (Borojević 1989). Kao kontrola u tim je eksperimentima upotrijebljen sadni materijal iste dobi iz komercijalnog uzgoja crne johe iz iste provenijencije (materijal iz prirodnih sastojina crne johe, koji služi za reprodukciju). Veća dobit od poboljšane sjemenske plantaže bila bi ostvarena vegetativnim razmnožavanjem najboljih polusrodnika u najboljim familijama i osnivanjem druge generacije klonske sjemenske plantaže. Prema opažanjima Vidakovića i Krstinića (1984) cijepovi u klonskim plantažama počinju cvasti nakon četvrte vegetacije, a obilan urod sjemena daju u devetoj vegetaciji. Među klonovima su utvrđeni manji pomaci u vremenu cvatnje te razlike s obzirom na učestalost muških i ženskih cvatova po klonu rameti (neki su funkcionalno muški, a neki funkcionalno ženski). Ako se osniva generativna sjemenska plantaža od potomstva superiornih stabala, treba rano započeti proredama kako bi budući nosioci produkcije sjemena mogli pravovremeno formirati široke krošnje te što prije započeti cvatnju. Glavna alternativa za sjemenske plantaže kod te vrste je mogućnost uporabe sadnog materijala iz autovegetativnog razmnožavanja. Ta metoda ima velike prednosti zbog primjene genetski superiornih genotipova (klonova) u praktične svrhe, s tim da se koristi kombinirana tehnika heterovegetativnog i autovegetativnog razmnožavanja. To je osobito važno ako se u oplemenjivanju te vrste hibridizacijom utvrde neadaptivni efekti (neadaptivna genetska varijanca) pa se može očekivati potencijal za varijancu dominancije i varijancu epistaze. Hibridizacijom se oplemenjivanje provodi križanjem odabranih stabala unutar populacije, križanjem individua koje pripadaju različitim populacijama, provenijencijama ili pak vrstama. Neke kombinacije međuvrskih hibrida (*A. incana* x *A. glutinosa*) imaju heterotičan efekt, dok hibridi *A. rubra* x *A. glutinosa*, kao i umjetno proizveden triploid, superiorniji su rastom od diploidne crne johe.

Utjecajem crne johe na rast klonova stablastih vrba u mješovitoj plantaži dobivene su pozitivne modifikacije u produkciji drvene mase samo kod nekih genotipova bijele vrbe. Efekt uzgoja crne johe u mješovitoj kulturi s različitim klonovima bijele vrbe očitovao se u boljem statusu prehrane klonova bijele vrbe, boljem čišćenju od grana, odnosno kvaliteti deblovine, reduciranju korovne vegetacije te povećanju totalnog i hidrolizirajućeg dušika u tlu s povećanom kiselošću tla (Krstinić & Komlenović 1986; Krstinić, Komlenović & Vidaković 1990). Utvrđene su također značajne razlike u proizvodnji biomase i koncentraciji hraniva među različitim polusrodnicima iste provenijencije i između provenijencija, što upućuje na međupopulacijsku i unutarpopulacijsku varijabilnost crne johe (Komlenović & Krstinić 1987). I u svijetu se intenzivno radi na oplemenjivanju ove brzorastuće vrste, koja ima niz pozitivnih svojstava za proizvodnju oblovine u dužim i biomase u kratkim ophodnjama (Robinson & Hall 1981; Saul & Zsuffa 1982). Radi se i na oplemenjivanju crne johe radi unapređivanja proizvodnje drvene tvari, kao i na selekciji radi povećanja efikasnosti njenog simbiotičkog sustava (Hall i dr. 1979).

Može se zaključiti da je cilj oplemenjivanja obične breze i crne johe proizvodnja takvih genotipova ili rasa koje će imati bolja svojstva od postojećih, odnosno koje će svojim prirastom, kvalitetom, otpornošću na biotske i abiotske čimbenike i drugim karakteristikama zadovoljiti postavljene gospodarske zahtjeve. Taj će se zadatak postići metodama oplemenjivanja u kombiniranoj shemi oplemenjivanja obične breze i crne johe, uz poznavanje principa oplemenjivanja te ekologije i biologije pojedine vrste ili rase.

Intenziviranje radova na pronalaženju uspješnih metoda vegetativnog razmnožavanja tih dviju vrsta pogodovalo bi, također, daljim radovima na oplemenjivanju i njihovu uzgoju u intenzivnim kulturama. Osiguravanje sve veće potražnje sirovine omogućilo bi se u takvim kulturama povećanjem prirasta, kontroliranom kompeticijom te upotrebom genetski oplemenjenog materijala u mnogo kraćim ophodnjama od konvencionalnih metoda uzgoja.

KLONSKO ŠUMARSTVO I NJEGOVE PERSPEKTIVE CLONAL FORESTRY AND ITS PROSPECTS

Osim spolnog ili generativnog razmnožavanja pojedine vrste imaju sposobnost i vegetativnog razmnožavanja, odnosno iz njihovih nespornih organa ili dijelova organa mogu se razviti nove jedinke. Intenziviranje radova na vegetativnom razmnožavanju uvjetovano je genetskim prednostima klonskog materijala. Mnoga svojstva kod velikog broja vrsta pokazuju, naime, da je genetska varijabilnost pretežno aditivna, bazirana na općoj kombinacijskoj sposobnosti, pa je tom slučaju moguće sačuvati samo aditivnu komponentu varijance. Ali kod većine vrsta te kod nasljeđivanja pojedinih svojstava utvrđeno je da je znatan dio genetske varijabilnosti neaditivnog karaktera. Samo vegetativnim načinom razmnožavanja mogu se sačuvati aditivna i neaditivna genetska komponenta varijance. Na taj se način može postići natprosječna genetska dobit, u kraćem vremenskom razdoblju, selekcijom plus stabala s općom kombinacijskom sposobnošću i vegetativnim razmnožavanjem plus varijanata u najboljim familijama. Takve superiorne genotipove možemo selekcionirati u bilo kojoj fazi razvoja i izravno koristiti u operativnom uzgoju, pod uvjetom da su testirani klonskim terenskim testovima.

Klonski materijal, kao genetski uniforman, služi i u proučavanju interakcije genotip x okolica, zatim u podizanju klonskih sjemenskih plantaža, za očuvanje genofonda, a i u fiksaciji određenih vrijednih hibrida, mutanata i poliploida primjenjivih u hortikulturi, praktičnom uzgoju i u daljem oplemenjivanju. Zato je velika prednost brzog multipliciranja provjerenoga genetskog materijala.

Metode vegetativne reprodukcije postaju važne za oplemenjivanje sve većeg broja šumskog drveća. Bazirane su na totipotentnosti živuće vegetativne biljne stanice, u smislu posjedovanja svih genetskih informacija potrebnih za regeneriranje kompletnog organizma. Prednost vegetativnog razmnožavanja je u potencijalno većoj genetskoj dobiti i većoj uniformnosti te u udjelu aditivne i neaditivne varijance. Njime je moguće sačuvati i prenijeti u novu jedinku sav genetski potencijal, a proizvodnjom sjemenskog materijala samo dio aditivnog dijela (Zobel 1982). Nadalje, nije potrebno čekati proizvodnju sjemena za operativnu upotrebu, već se kod lako zakorjenjivih vrsta jedinku za koju pretpostavljamo da će biti dobar genotip može izravno upotrijebiti. Upotreba u masovnoj skali moguća je onda kada je aktualna metoda dovoljno razvijena. Od primarne važnosti je biološka opasnost plantažiranja velikih površina s istim ili sličnim genotipovima. Genetska uniformnost je kod poljoprivrednog bilja manje opasna nego kod šumskog drveća, jer je kod poljoprivrednog bilja veća mogućnost kontrole bolesti, hraniva, kompeticije i vlažnosti, a biljke rastu samo tijekom dijela godine, pa se može intervenirati već u početku uočenih promjena. Šumsko drveće pak mora preživjeti, rasti i reproducirati se kroz dugo vremensko razdoblje, u ekološko-klimatskim ekstremima, izloženo štetnicima i bolestima i mora opstati na vrlo različitom staništu.

Vegetativno razmnožavanje u konceptu oplemenjivanja pokazalo je dosada vrlo velike prednosti, ali stručnjaci imaju i cijeli niz dilema o njegovoj daljoj primjeni. Vegetativno razmnožavanje je samo jedan oblik razmnožavanja i nikada ne bi smio biti upotrebljavan isključivo u programima oplemenjivanja, jer bi limitirao napredak u oplemenjivanju (Kleinschmitt 1983). Kang (1982) smatra da za dugogodišnja istraživanja glavna linija programa treba biti generativno, a dopunska linija vegetativno razmnožavanje. Primjena vegetativnog razmnožavanja u praktičnom šumarstvu i oplemenjivanju, kao mogućnost fiksacije superiornih genotipova, intenzivirala je dalja istraživanja. Osobito je važno istraživanje metoda za ranu procjenu klonova, juvenilno-adultnim korelacijama, kada se radi o praktičnoj vegetativnoj primjeni produkata razmnožavanja. Tehnike kulture tkiva također bi omogućile masovno razmnožavanje klonskog materijala u pojedinim stadijima oplemenjivanja.

Mnogi autori navode očigledne prednosti vegetativnog razmnožavanja prema generativnom, koje se ogledaju u nizu odlika kreiranih u mnogim istraživačkim programima. Kleinschmitt (1988) komparira oba načina razmnožavanja i navodi neke prednosti vegetativnog razmnožavanja: genetski oplemenjeni materijal može se reproducirati kao identičan, razmnožavanje ne ovisi o urodu sjemena, pa se razmnožavanje ne mora odgađati, dobivaju se i homogene biljke. Osim udjela negenetskog dijela varijance Libby (1983) navodi i cijeli niz ostalih prednosti: potencijalna mogućnost osiguranja klonova za stres okolice, eliminiranje svih inbrida, uključujući i samooplodnju, masovna proizvodnja, identifikacija adaptiranih klonova, optimalno razvijanje smjese klonova te reduciranje negativne interakcije i kompeticije klonova, kao i to da je kod većine vrsta potrebno puno kraće vrijeme od selekcije i produkcije.

Razvoj uspješnih tehnika u masovnom razmnožavanju selekcioniranih klonova rezultira signifikantnim dobitima u kratkom vremenskom razdoblju. Na taj se način

kloniranjem čuvaju i osiguravaju za praktičnu primjenu rezultati oplemenjivanja. Međutim, klonskim šumarstvom se drastično reducira genetska varijabilnost prirodnih populacija, koja inače povećava stabilnost ekosustava. Nedostaci i rizik klonskog šumarstva mogu se svesti na najmanju mjeru te iskoristiti njegove prednosti jedino u multiklonskim plantažama (Krstinić 1981; Vidaković & Krstinić 1985). Na taj način podignute kulture bit će smjesom divergentnih genotipova najbliže prirodnim ekusustavima, a time će se postići i odgovarajuća fenotipska stabilnost.

Koliko je klonova potrebno za sigurnu i maksimalnu dobit ovisi o ophodnji, intenzitetu uzgojnih radova, genetskoj varijabilnosti vrste i proizvedenim klonovima. Libby (1981) preporučuje 15 klonova (raspon od 7 do 30 klonova) za jednu okolicu, za dovoljno varijabilnu vrstu koja ima široku adaptabilnost za kratke ophodnje. Ako je veći broj okolica, a od toga su dvije potpuno kontrastne, potrebno je uzeti 50 klonova. I od 400 testiranih klonova, ako je evidentno da 15 daje duplu genetsku dobit, ne bi smjela postojati opasnost njihova uzgoja s obzirom na proizvodni potencijal. Za većinu vrsta Zobel (1982) smatra da je korektan broj 20-25 klonova.

Većina istraživanja u dosadašnjem razvoju klonskog šumarstva bila je monoklonska. Koncept i strategija daljeg klonskog uzgoja jest razvijanje multiklonskog pristupa i primjena mozaičnih blokova monoklonskog uzgoja kao sigurnije alternative (Kleinschmit 1983; Libby 1983; Zsuffa 1985). Klonsko testiranje je prijeko potreban dio klonskog šumarstva, za koje Libby (1987) predlaže četverodjelni program: inicijalno odabiranje, kandidatno testiranje, testiranje uspijevanja klonova i kompatibilni pokusi s malim brojem uspješnih genotipova. Predlaže također dvije glavne alternative pristupa klonskom šumarstvu: stabilimična rasprostranjenost mješovitih plantaža (WIMPs) i mozaici monoklonskih nasada (MOMS). Raspored klonova u kulturi treba biti mozaičan (grupimičan), kako bi se izbjegli gubici u proizvodnji, kakvi su kod stabilimične smjese ili sadnje klonova u redove, uslijed kompeticije među klonovima nejednake dinamike rasta i prirasta (Krstinić i dr. 1990). Takav koncept klonskog uzgoja treba primjenjivati i u proizvodnji biomase, u kratkim i dugim ophodnjama.

Vegetativno reproducirani materijal je, općenito, skuplji od konvencionalnoga sjemenskog biljnog materijala, premda je danas relativno skupo i sjeme skupljano iz određenih objekata, kao i uzgoj kvalitetnog materijala. Vegetativni materijal treba upotrebljavati samo ako je genetski superioran, kakav se ne može razmnožiti iz sjemena. Mnoge gospodarski važne vrste razmnožavaju se reznicama, uz ekonomski opravdane i primjenjive metode rada. Glavni je problem, bez obzira na upotrijebljenu metodu, kontrola fiziološkog starenja. Najčešća metoda za održavanje juvenilnosti je »headging« i serijsko razmnožavanje. Ako je klonski materijal s juvenilnih orteta, nema razlike u upotrebi generativnog ili vegetativnog materijala. Što su ortete adultnije, to su poteškoće u razmnožavanju, rastu i razvoju klonskog materijala veće.

Komercijalna primjena svih tehnika vegetativnog razmnožavanja i klonskog materijala ovisit će o daljoj pouzdanosti tehnika reprodukcije i gospodarske opravdanosti upotrebe klonskog materijala. U budućnosti će vegetativno razmnožavanje imati svakako važnu ulogu, jer će civilizacijski napredak rapidno intenzivirati osnivanje plantaža u kraćim ophodnjama prema klasičnom uzgoju. Međutim, da bi genetska dobit bila pravovremeno prenesena i primijenjena u praksi, treba probleme s klonskim materijalnom svesti na najmanje.

DOSTIGNUĆA U VEGETATIVNOM RAZMNOŽAVANJU OBIČNE BREZE ACHIEVEMENTS IN THE VEGETATIVE PROPAGATION OF THE SILVER BIRCH

Breze imaju, u povoljnim okolnostima, sposobnost tjeranja izbojaka iz panja, pa se kod povaljenica zakorjenjuju grane. Tako se i najstarije izvješće o vegetativnom razmnožavanju obične breze, s kraja 18. stoljeća, odnosi na zakorjenjivanje povaljenica. Godine 1767. u centralnoj Švedskoj pronađena je breza s osobito pilasto urezanim lišćem (*Betula pendula* var. *dalecarlia*) i uspješno je zakorijenjena granama s vrha krošnje, prekrivenim zemljom u drvenim sanducima. Nakon šest godina sanduci su skinuti s krošnje, a od zakorijenjenih povaljenica jedna je prenesena u Linné-ov botanički vrt u Uppsali. Modernije metode položnica obične breze opisao je Frölich (1957). Na granama debljine oko jedan centimetar skinuta je kora u dužini oko 2 cm, obložena mahovinom, tretirana s 1% kalijevim-B-indol acetatom i omotana plastičnom folijom (te su metode zakorjenjivanja poznate u cvjećarstvu kao margotiranje). Istim je postupkom postignuto zakorjenjivanje jednogodišnjih izbojaka, koji su prethodno premazani heteroauksinskom pastom (2,5 grama indol-octene kiseline u 100 grama lanolina). Izbojci, prekriveni rahlom zemljom do dubine od 15 cm, već tokom ljeta počinju zakorjenjivanjem (Jensen 1940). Scholz je (1960) također, povaljivanjem na dubinu od 10 cm jednogodišnjih i dvogodišnjih izbojaka, iz panjeva u dobi od 6, 10 i 19 godina, dobivao vrlo uspješne rezultate.

O uspješnom zakorjenjivanju zelenih reznica obične breze tretiranjem heteroauksinima prvi su izvjestili Meurman & Pohjanheimo (1940). Najbolji rezultati dobiveni su koncentracijom od 0,005% B-indol octenom kiselinom, tretiranjem tokom 24 sata. Johnson (1951) preporučuje indolil derivate octene i maslačne kiseline, 10-20 ppm kroz 12-24 sata ili alternativno u otopini s 5-15 mg heteroauksina na cm³. Na taj su način postignuti vrlo dobri rezultati u Institutu za šumarsku genetiku u Göttingenu. Reznice su pikirane na dubinu 2-4 cm, u male plastične kontejnere ispunjene s 1/3 perlita na vrhu, prenesene u staklenik na temperaturu 22-25 °C i orošavane svaki sat nekoliko sekundi. Upotrijebivši dva hormonalna sredstva, Floramon (NAA) i Rhizopon (IBA), Lepistö je (1970) dobio prosječno zakorjenjivanje od 33%, za juvenilne ortete s kojih su reznice skupljane u razdoblju od ožujka do srpnja. Reznice su pikirane u mješavinu treseta i pijeska u omjeru 1:1. Temperatura supstrata bila je 10°C. Vegetativno razmnožavanje provedeno je u Švedskoj na Šumarskom fakultetu u Stockholmu s reznicama od mladih sadnica obične breze uzgajanih u stakleničkim uvjetima. Nije primijećena razlika u zakorjenjivanju reznica s obzirom na njihov položaj kada je rađeno s ortetama u dobi do 5 godina starosti (Alden i dr. 1977). Međutim, utjecaj topofizisa bio je evidentan kod šestogodišnje ramete iz sekundarnog razmnožavanja klona, kod kojega su reznice iz gornjega dijela krošnje bile 17%, a one iz donjeg dijela 58% zakorijenjene.

Istraživanjima u Poljskoj (Janson 1978; Janson & Wcislińska 1982) o utjecaju dobi orteta na zakorjenjivanje, kod obične breze utvrđeno je kod orteta do 5 godina prosječno zakorjenjivanje od 40%, a kod adulta od 17 godina svega 10% primjenom IAA (50 mg/l). S mladim ortetama, uzgajanim u plasteniku i

zakorjenjivanjem njihovih zelenih ljetnih reznica, postignut je 90% uspjeh (N i i r a - n e n 1980). Reznice su pikirane u smjesu šljunka i treseta, tretirane s IBA i održavane u kontroliranim uvjetima. Mlade ortete, upotrebljavane za razmnožavanje reznica u Finskoj, uzgajane su također u kontroliranim uvjetima plastenika na konstantnoj temperaturi od 20-25 °C i vlažnosti od 90%. Veličina reznice nije imala signifikantnog utjecaja na zakorjenjivanje, dok su primjenom različitih hormonalnih sredstava dobivene razlike. Primjenom IAAK (kalijeve soli indol octene kiseline) zakorijenjeno je 89% reznica dok je tretiranjem s NAA (naftil octenom kiselinom) taj uspjeh bio slabiji - 73% (T e r v o n e n 1981). Prosječno zakorjenjivanje reznica s orteta u dobi 2-4 godine upotrebom IBA/Benomyl bilo je 39% (S p e t h m a n n 1982). Najbolji rezultati dobiveni su reznicama uzetim u razdoblju od sredine do kraja lipnja (63%).

Breze mogu biti uspješno cijepljene upotrebom više različitih metoda, bilo na otvorenom ili u plateniku. J o h n s s o n (1974) za uspješno cijepljenje preporučuje dvogodišnje i trogodišnje podloge, a kao metodu postrano cijepljenje, cijepljenje pod koru ili cijepljenje bocom u stakleniku. U eksperimentima kontrolirane hibridizacije vrlo je uspješno primjenjena metoda cijepljenja pomoću boce, gdje je obavezna upotreba posude s vodom u koju je uronjen donji dio plemke. Skupljene cvjetne grane majčinskih stabala bile su dužine 60-70 cm, zarezane na 15-20 cm od baze po dužini 5-8 cm. Na tom su mjestu priljubljene (ablaktacija) na podlogu, 20-30 cm od zemlje. Zatim je to mjesto povezano i premazano cjeparskim voskom. Slobodan kraj plemke uronjen je u posudu s vodom. Tu je metodu uveo J e n s e n (1940), a primjenjivao ju je i W e t t s t e i n - W a s t e r h e i m (1952). Metoda je međutim opisana i ilustrirana još 1592. godine u djelu »Giardino di Agricoltura« autora M a r c a B u r s a t u s a, štampanom u Veneciji.

Uspješno cijepljenje metodom postranog spajanja u stakleniku obavljeno je na Šumarskom institutu u Pragu siječnja 1962. godine (V a c l a v 1963). Cijepljeno je ukupno 28 plus stabala obične breze na dvogodišnje podloge iste vrste, od kojih se uspješno primilo 26 cijepova. Tokom šezdesetih godina nastavljeno je s cijepljenjem plus stabala obične breze pa su uspješno osnovane klonske sjemenske plantaže od 24 klona, s više od pet stotina rameta.

Kod breze je primjenjivano i okuliranje - cijepljenje pupoljkom. Za okuliranje se može uzeti spavajući ili aktivni, prorastajući pupoljak. K a c h e j e (1938) okulirao aktivnim pupom, s T rezom na podlozi, tokom lipnja, pa je pup mogao početi rasti za nekoliko tjedana i uspješno lignificirati do početka zime. Tehnika okuliranja je brza, rana je mala i brzo zarašćuje, a rast cijepa u mladosti je vrlo intenzivan.

Za tehnike kulture biljnog tkiva služe za rast različiti dijelovi biljnog tkiva i stanica u aseptičkim uvjetima, a posljednjih su godina usavršene kao značajne biološke metode. Prva je regeneracija kod obične breze urađena od eksplantata izbojka mlade sadnice (H u h t i n e n & Y a h y a o g l u 1974). Kod nas se također intenzivno radilo na regeneraciji biljaka obične breze, pa je dobivena proliferacija kalusa, a zatim i regeneracija adventivnih izdanaka na segmentima korijena obične breze (B e s e n d o r f e r i dr. 1989), kao i regeneracija biljaka (B e s e n d o r f e r i dr. 1990).

DOSTIGNUĆA U VEGETATIVNOM RAZMNOŽAVANJU CRNE JOHE ACHIEVEMENTS IN THE VEGETATIVE PROPAGATION OF THE BLACK ALDER

Sposobnost tjeranja izbojaka iz panja i spontano zakorjenjivanje izbojaka poznato je kod crne johe kao način vegetativne reprodukcije već dugo godina. Vegetativno razmnožavanje primijenjeno je tek upotrebom autovegetativnog i heterovegetativnog načina makropropagacije crne johe.

Prvo uspješno razmnožavanje reznicama obavio je *Larsen* (1946) sa zelenim (nelignificiranim) reznicama kod više vrsta šumskog drveća. Koristio se mladim ortetama crne johe, koje su tretirane sa 100 ppm IBA (indol maslačne kiseline), a dobiveni su zadovoljavajući rezultati zakorjenjivanja rezničkog materijala. Mlade ortete uzgajane u plasteniku pod kontroliranim uvjetima dale su dobar uspjeh u postotku zakorjenjivanje reznica. Reznički materijal s iste ramete mogao se uzimati putem »headginga« u kontroliranim uvjetima, pa je postotak zakorjenjivanja kod prvog uzimanja reznica bio 58% u dobi od 6 mjeseci. S istih su se rameta reznice zatim uzimale u dobi od 8 mjeseci i zakorjenjivale su se u postotku od 83%, a kod trećeg uzimanja reznica, u dobi od 10 mjeseci, 96% rezničkog materijala se uspješno zakorijenilo. Tako je kod crne johe kontinuirano dobivano od 100 do 200 reznica po rameti tijekom 15 mjeseci ortete (*Alden* i dr. 1977). Pod istim uvjetima radilo se na autovegetativnom razmnožavanju crne johe i u Finskoj, gdje su reznice s juvenilnih orteta uzgajane u plasteniku od nelignificiranih izbojaka i tretirane s IBA. Reznice su pikirane u smjesu šljunka i treseta, u omjeru 1:1, u kontroliranim uvjetima zračne vlage i temperature, a uspjeh njihova zakorjenjivanja bio je do 92%. Upotrebom različitih sredstava za zakorjenjivanje *Tervonen* je (1981) utvrdio značajne razlike u postotku zakorjenjivanja: primjenom IAA – 90%, a primjenom NAA svega 52%. Koncentracije su bile 500 i 800 ppm, a sve mlade ortete uzgajane su u plasteniku pri temperaturi od 20–25 °C i zračnoj vlazi od 90%. *Janson* je (1988) preporučio za uspješno zakorjenjivanje zelenih nelignificiranih reznica crne johe primjenu koncentracije od 0,1–0,2% IBA (indol maslačne kiseline).

Prvo uspješno heterovegetativno razmnožavanje provedeno je cijepljenjem dodirom (ablaktacijom), metodom cijepjenja pomoću boce. Prvo izvještavanje o radu tom metodom, s prosječnim uspjehom primitka do 25%, objavio je *Eklund* (1944). Tijekom 1965. godine metoda priljublivanja primijenjena je u Finskoj, gdje je od 321 cijepa uspješno primljeno 98 (30%).

Intenzivnijim radovima na osnivanju klonskih sjemenskih plantaža u Hrvatskoj utvrđene su optimalne metode cijepjenja kod crne johe.

Za osnivanje klonskih sjemenskih plantaža služe fenotipski najbolja stabla, selekcionirana u plus sastojinama (sjemenskim bazama) i zatim cijepljena. *Vidaković* i *Krstinić* (1984) pri osnivanju klonskih sjemenskih plantaža u Posavini i Podravini, u terensko-operativnim radovima opredijelili su se za metodu postranog cijepjenja. Upotrijebili su dobro razvijene jednogodišnje ili dvogodišnje izbojke iz gornje trećine krošnje, s 1–2 dobro razvijena lisna pupa. Kao podloge za cijepljenje uzeli su dobro razvijene jednogodišnje biljke, koje su cijepili nisko, dok su podloge u dobi 1 + 1 cijepili na sredini visine biljke, jer je stabljika u donjoj polovici mnogo deblja od plemke. Cijepljenje pri samom vrhu podloge pokazalo se manjkavim zbog relativno velike srži u podlozi i mekoće tog dijela biljke. Uspjeh cijepjenja

primarnim izbojcima je relativno malen (do 14%), što se tumači negativnim utjecajem velike količine fenola u tkivu crne joha. Korištenjem sekundarnih izbojaka (s uzgojenih cijepljenih biljaka) uspjeh cijepjenja se može povećati i do 40%. Plus stabla se mogu razmnožavati autovegetativno serijskim razmnožavanjem reznica, uzimanih s cijepova, s povećanjem uspjeha zakorjenjivanja pasažama.

Također su primijenjene najnovije metode u reprodukciji iz jedne stanice ili tkiva preko kulture tkiva u uvjetima »in vitro«, od čega se razmnožavaju i diferenciraju stanice u kulturi. Na hranjivoj podlozi, uz različite tretmane, postiže se razmnožavanje stanica njihovom diferencijacijom u smislu kloniranja danog organizma, odnosno stvaranja genetski istovjetnih kopija u odnosu na selekcioniranje. O prvoj uspješnoj regeneraciji mladih sadnica crne joha izvijestio je Brown (1981). Mikropropagacija i uspješna multiplikacija klonova crne joha, koji su kasnije inokulirani sa selekcioniranim sojevima actinomiceta *Frankia sp.*, provedene su u Petawawa National Forestry Institute u Kanadi (Tremblay & Lalonde 1984; Perinet & Tremblay 1987).

MATERIJAL I METODE RADA MATERIAL AND WORKING METHOD

Sva istraživanja opisana u ovom radu provedena su u plasteniku i rasadniku Katedre za šumarsku genetiku i dendrologiju Šumarskog fakulteta u Zagrebu u razdoblju od 1983. do 1989. godine. Za autovegetativno razmnožavanje obične breze uzete su reznice s mladih orteta sijanaca, u dobi od 3 do 8 godina, zatim s adultnih stabala od 15 do 40 godina te reznice s primarno zakorijenjenih adultnih klonova (iz prve pasaže) serijskim razmnožavanjem. Za razmnožavanje reznicama adultnih stabala obične breze također su upotrijebljene reznice s cijepljenih starih stabala i reznice s izbojaka iz panja kod 30-godišnjih stabala. Crna joha je autovegetativno razmnožena rezničkim materijalom mladih orteta od jedne i dvije godine i s adultnih stabala od 48 do 90 godina serijskim razmnožavanjem (u pasažama) rameta, koje su primarno zakorjenjivane reznicama od cijepljenih adultnih plus stabala.

Za heterovegetativno razmnožavanje obične breze selekcionirana su stabla na području NPŠO Dotrščina, koja su imala od 15 do 35 godina. Stabla su selekcionirana s obzirom na njihov volumni prirast i pravnost debla. Plemke sa selekcioniranih stabala bile su s vrha krošnje zbog utjecaja topofizis efekta, a skupljene su tijekom zime ili ranog proljeća u dormantnom stanju. Zbog rasta stabala u sklopu (krošnja samo pri vrhu), s vrha krošnje je uziman i materijal, koji je upotrijebljen za pokus autovegetativnog razmnožavanja. Crna joha je heterovegetativno razmnožavana plemkama od selekcioniranih plus stabala iz populacija Podravine i Posavine, a cijepjenje je obavljeno u rasadnicima »Batinska« u Đurđevcu i »Gaj« u Kutini. Pri autovegetativnom razmnožavanju reznice su skidane s orteta neposredno prije njihova tretiranja i pikiranja u supstrat. Kod obje vrste radilo se sa zelenim (uzimane tokom lipnja mjeseca) i dormantnim (uzimane za vrijeme mirovanja vegetacije) reznicama. U nekim eksperimentima odvojene su reznice uzete s vrha i donjeg dijela izbojka (vršne i s baze izbojka). Također je posebno naznačeno ako su reznice uzimane s vrha ili donjih dijelova krošnje, i to samo kod većine adultnih orteta, jer je kod juvenilnog materijala teško odvojiti reznice s obzirom na položaj u krošnji. Reznice korištene u pokusima zakorjenjivanja bile su dužine 7-10 cm, obično s po

dva dobro razvijena pupa. Donji dio reznice odrezan je oštrim nožem (skalpelom) pod malim kutom, da bi mjesto prereza bilo duže, a rez oštar, načinjen u jednom potezu. Lisna površina reznice obično je bila prikraćivana radi smanjivanja transpiracije. Reznice su zatim tretirane stimulatorima zakorjenjivanja – IBA (indol maslačnom kiselinom) i IAA (indol octenom kiselinom). Netretirane reznice su bile kontrola. Reznice crne johe tretirane su koncentracijom od 4 000 ppm IBA, koja je u ranijim pokusima davala uspješne rezultate. Pri zakorjenjivanju obične breze upotrijebljena je koncentracija od 4 000 ppm IBA, a 800 ppm primjenom IBA i IAA. Donji dio reznice tretiran je 5 sekundi hormonalnim sredstvom i pikiran izravno na gredicu u plasteniku. Supstrat, u koji su reznice pikirane na dubinu od 1,5 do 2 cm, obično je bio smjesa od pijeska, zemlje, perlita i treseta u omjeru 2:2:1:1.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA RESULTS AND DISCUSSION

Heterovegetativno razmnožavanje obične breze Heterovegetative propagation of the Silver Birch

Za heterovegetativno razmnožavanje selekcionirano je ukupno 11 stabala obične breze. Od 6 orteta, s ukupno 120 postranih cijepova, primljeno je 66, odnosno uspješnost cijepjenja je 55% (tab. 1). Primitak plemki po klonovima bio je između

Red. br.	Dznaka ortete	Dob ortete (god./yrs)	Cijepljenje s jednogodišnjim pleškama Grafted with one years scions			Cijepljenje s dvogodišnjim pleškama Grafted with two years scions			Ukupno Total		
			Cijepljeno plemki Grafted scions (kom/no.)	Priljeno plemki Taken scions (kom/no.)	%	Cijepljeno plemki Grafted scions (kom/no.)	Priljeno plemki Taken scions (kom/no.)	%	Cijepljeno plemki Grafted scions (kom/no.)	Priljeno plemki Taken scions (kom/no.)	%
1.	Dot 1	35	10	4	40	10	2	20	20	6	30
2.	Dot 2	20	10	9	90	10	7	70	20	16	80
3.	Dot 3	20	10	7	70	10	5	50	20	12	60
4.	Dot 4	15	10	8	80	10	4	40	20	12	60
5.	Dot 5	15	10	7	70	10	5	50	20	12	60
6.	Dot 6	15	10	3	30	10	5	50	20	8	40
Ukupno/Total			60	38	63	60	28	47	120	66	55

Tab. 1. Cijepljenje adultnih stabala obične breze jedno- i dvogodišnjim pleškama -
 Grafted adult trees of the Silver Birch with one- and two years old scions

30 i 80%. Cijepljenje je izvršeno jednogodišnjim i dvogodišnjim pleškama. Iako je u prosjeku cijepjenje jednogodišnjim pleškama dalo bolje rezultate (63%) nego s dvogodišnjim (47%), testiranjem u testu razlika proporcija nisu dobivene statistički signifikantne razlike. Za uspješno heterovegetativno razmnožavanje obične breze, metodom postranog cijepjenja, mogu se upotrijebjavati jednogodišnje i dvogodišnje plemke, uzimane s gornje trećine krošnje. Primijenjena metoda postranog cijepjenja dala je također vrlo dobre rezultate i u Vaclavovim (1963) istraživanjima pri osnovanju klonskih sjemenskih plantaža obične breze u Čehoslovačkoj.

Postrano cijepjenje primijenjeno je i pri heterovegetativnom razmnožavanju 11 orteta obične breze, a plemke su sa svake ortete cijepjene visoko i nisko na debalcu podloge (tab. 2). Primitak cijepova bio je od 0% kod ortete Dot 9 do 94% kod

Red. br.	Oznaka orteta	Dob orteta (god./yrs)	Cijepljenje nisko na podlozi Grafted lower on stock			Cijepljenje visoko na podlozi Grafted higher on stock			Ukupno Total		
			Cijepljeno plemki Grafted scions	Primljeno plemki Taken scions	%	Cijepljeno plemki Grafted scions	Primljeno plemki Taken scions	%	Cijepljeno plemki Grafted scions	Primljeno plemki Taken scions	%
No.	sign		(kop./no.)			(kop./no.)			(kop./no.)		
1.	Dot 1	35	16	7	44	16	5	31	32	12	37
2.	Dot 2	20	25	17	68	31	30	97	56	47	84
3.	Dot 3	20	22	9	41	22	17	77	44	26	59
4.	Dot 4	15	23	15	65	23	15	65	46	30	65
5.	Dot 5	15	20	13	65	20	16	80	40	29	72
6.	Dot 6	15	12	3	25	12	6	50	24	9	37
7.	Dot 9	15	6	0	0	6	0	0	12	0	0
8.	Dot 12	20	3	2	67	3	3	100	6	5	83
9.	Dot 13	20	6	5	83	12	12	100	18	17	94
10.	Dot 14	20	6	5	83	12	12	100	18	17	94
11.	Dot 21	20	6	4	67	12	9	75	18	13	72
Ukupno/Total			145	80	55	169	125	74	314	205	65

Tab. 2. Cijepljenje adultnih stabala obične breze -
Grafted adult trees of the Silver Birch

orteta Dot 13 i Dot 14. Takve izrazite razlike u uspjehu cijepljenja upućuju na genotipsku varijabilnost sposobnosti primitka cijepa kod određenih genotipova (orteta) obične breze.

Evidentno je i bolje primanje plemki s orteta u dobi od 20 godina (u prosjeku 81%) od onih od 35 godina (37%). Od četiri ortete, koje su imale 15 godina, prosječno se primilo 58% (od 0 - 72%) cijepova. Budući da nije uspjelo cijepljenje jedne od orteta u dobi od 15 godina, vidi se izraziti genotipski karakter uspješnosti cijepljenja pojedinih klonova u odnosu na negenetski utjecaj dobi orteta.

Eksperimentima je utvrđena razlika u primitku cijepova u cijepljenju visoko na podlozi (74%) i plemki cijepljenih nisko na podlozi (55%). Testom signifikantnosti razlika proporcija dobivene su statistički značajne razlike na razini od 1% u korist cijepljenja visoko na debalcu podloge. Na veću uspješnost primjene postranog cijepljenja visoko na debalcu podloge vjerojatno utječe debljina kore, jer donji dijelovi podloge imaju mnogo deblju koru. Tako je kambijalni sloj u gornjim dijelovima na razmaku koji odgovara jednogodišnjim i dvogodišnjim plemkama u primjeni metode postranog cijepljenja.

Obična breza se može uspješno cijepiti metodom postranog cijepljenja visoko na debalcu podloge primjenom jednogodišnjih i dvogodišnjih plemki.

Heterovegetativno razmnožavanje crne johe Heterovegetative propagation of the Black Alder

Heterovegetativno razmnožavanje selekcioniranih adultnih plus stabala crne johe obavili su prof. dr. M. Vidaković i prof. dr. A. Krstinić pri osnovanju klonskih sjemenskih plantaza u Podravini i Posavini. Podaci o selekcioniranim stablima i uspjeh cijepljenja primarnim i sekundarnim plemkama prikazani su u tablicama 3 i 4.

Kod podravske provencijencije postotak primanja primarnih reznica bio je između 2 i 35%, sekundarnih između 0 i 43%, odnosno u prosjeku 15% i 17%. Na

Tab. 3. Selekcionirana i cijepljena plus stabla crne johe iz Podravine -
 Selected and grafted plus trees of the Black Alder from Podravina

Ornaka ortete Ornates sign	Porijeklo Origin	Dob Age (godâ) (yrs)	Totalna visina Total height		Prsni promjer D.b.h.		Cijepljeno podloga Grafted scions		Primljeno cijep. Taken scions		pr. se.	pr. se.
			(m)	(cm)	(cm)	(cm)	(kom./no.)	(kom./no.)				
1.	Kupinje,16b	60	30	43	60	22	20	4	33	18		
2.	Kupinje,16a	60	29	40	85	52	5	11	6	21		
3.	Kupinje,16b	60	29	37	83	33	7	2	8	6		
4.	Crni jarci,10a	70	31	45	94	-	14	-	15	-		
5.	Prelož.berek,36	90	33	49	60	-	3	-	5	-		
6.	Crni jarci,9b	70	32	45	80	-	10	-	12	-		
7.	Prelož.berek,36	90	31	43	60	-	21	-	35	-		
8.	Kupinje,16b	60	30	47	60	-	2	-	3	-		
9.	Crni jarci,10b	70	30	46	80	43	2	2	2	3		
10.	Prelož.berek,37	60	30	37	60	60	10	8	16	13		
11.	Crni jarci,2a	70	32	45	60	27	6	4	10	15		
12.	Crni jarci,2a	70	31	39	60	-	8	-	13	-		
13.	Prelož.berek,37	60	30	44	60	-	18	-	30	-		
14.	Prelož.berek,41e	48	24	36	60	22	2	2	33	9		
15.	Crni jarci,9b	70	31	49	60	35	7	3	11	9		
16.	Crni jarci,9b	70	31	42	60	65	14	17	23	26		
17.	Crni jarci,2a	70	31	39	60	80	8	13	13	16		
18.	Prelož.berek,40	60	27	35	80	14	8	6	10	43		
19.	Prelož.berek,41e	48	24	34	60	10	2	3	3	33		
20.	Prelož.berek,37	60	32	41	60	16	2	0	3	0		
21.	Prelož.berek,42	48	25	32	60	-	18	-	30	-		
22.	Prelož.berek,40	60	29	37	60	-	4	-	6	-		
23.	Prelož.berek,41e	48	25	31	60	15	5	5	8	33		
24.	Prelož.berek,41e	48	23	32	80	-	15	-	20	-		
25.	Prelož.berek,42	48	24	37	60	40	8	4	13	10		
26.	Crni jarci,8b	70	33	47	60	-	19	-	31	-		
27.	Crni jarci,7b	70	32	47	80	-	10	-	12	-		
28.	Crni jarci,7b	70	32	46	80	38	8	3	10	8		
29.	Crni jarci,5b	70	30	37	80	78	24	18	30	23		
30.	Prelož.berek,37	60	29	39	60	16	1	6	2	37		
31.	Crni jarci,7b	70	32	45	62	14	5	2	8	14		
32.	Prelož.berek,36	60	31	47	60	-	17	-	28	-		

pr. = primarne plemke (sa selekcioniranih stabala/primary scions(from selected trees))
 sa. = sekundarne plemke (od cijepova)/secondary scions (taken from grafts)

uspjeh cijepjenja utjecale su izuzetno loše atmosferske prilike neposredno nakon cijepjenja (niske temperature, mrazovi i snijeg).

Pri cijepjenju selekcioniranih stabala posavske provenijencije primarnim reznicama primljeno je od 0 do 14%, ili u prosjeku 7%. Pri cijepjenju sekundarnim izbojcima, radi povećanja postojeće klonske sjemenske plantaže, primljeno je između 27 i 80%, ili u prosjeku 54%.

Tab. 4. Selektionirana i cijepljena plus stabla crne johe iz Posavine -
Selected and grafted plus trees of the Black Alder from Posavina

Oznaka ortete sign	Porijeklo Origin	Dob Age (god/yr)	Totalna visina Total height		Prsni promjer D.b.h.	Cijepljeno podloga Grafted scions		Prilijeno cijepova Taken scions		%
			(m)	(cm)		pr.	se.	pr.	se.	
1.	Popovata, 41	52	22	32	69	25	8	12	12	48
2.	Popovata, 41	52	21	35	66	25	9	18	14	72
3.	Popovata, 41	52	23	33	61	-	0	-	0	-
4.	Popovata, 41	52	23	37	69	25	8	13	12	52
5.	Popovata, 41	52	23	35	66	25	8	12	12	48
6.	Popovata, 41	52	22	37	60	25	8	12	13	48
7.	Popovata, 41	52	22	34	61	25	2	13	3	52
8.	Popovata, 41	52	21	33	61	25	7	12	11	48
9.	Popovata, 41	52	22	30	61	25	4	12	6	48
10.	Popovata, 41	52	20	32	61	25	1	15	2	60
11.	Popovata, 41	60	24	39	61	25	2	14	3	56
12.	Popovata, 40	60	22	50	65	25	2	10	3	40
13.	Popovata, 40	60	24	37	61	15	7	12	11	80
14.	Popovata, 40	60	23	31	61	15	2	9	3	60
15.	Popovata, 40	60	23	34	66	15	4	6	6	40
16.	Popovata, 40	60	23	36	62	15	4	6	6	40
17.	Popovata, 40	60	25	36	61	15	2	11	3	73
18.	Popovata, 40	60	24	37	63	15	3	7	5	47
19.	Popovata, 40	60	25	33	61	15	5	5	8	33
20.	Popovata, 40	60	26	37	66	15	3	6	4	40
21.	Popovata, 40	60	24	33	68	15	6	7	9	47
22.	Popovata, 40	60	23	34	61	15	2	12	3	80
23.	Popovata, 40	60	24	39	61	15	5	7	8	47
24.	Novoselec, 112	75	26	37	61	15	7	9	12	60
25.	Novoselec, 112	75	25	37	61	-	2	-	3	-
26.	Novoselec, 112	75	26	39	69	15	8	4	12	27
27.	Novoselec, 112	75	26	37	63	15	7	10	11	67
28.	Novoselec, 112	75	25	35	61	15	6	6	10	40
29.	Novoselec, 112	75	28	45	71	15	3	10	4	67
30.	Novoselec, 112	75	26	27	61	25	1	17	2	68
31.	Novoselec, 112	75	25	39	64	35	5	24	8	69

pr. = primarne plemke (sa selektioniranih stabala)/primary scions (from selected trees)
se. = sekundarne plemke (od cijepoval)/secondary scions (taken from grafts)

Uzrok tako malom postotku primanja, smatraju autori (Vidaković & Krstinić 1984), u prvom redu je loša kvaliteta reznica (tanke, sa slabim pupovima) i nepravovremeno čišćenje podloga od živića.

Povremeno obrezivanje podloge (pinciranje) pokazalo se kao važan činilac koji bitno utječe na primitak cijepova. Pinciranje treba obavljati od momenta cijepjenja

pa do konačnog odstranjenja dijela podloge iznad mjesta cijepjenja.

Nije primijećeno da je kod mladih orteta, u dobi od 48 do 60 godina, veći uspjeh cijepjenja od orteta u dobi 60 do 90 godina. Na uspjeh cijepjenja bitno je međutim utjecala izrazita genotipska varijabilnost između klonova. Od ukupnog broja selekcioniranih plus stabala crne johe razmnoženo je, postotno izraženo, 94% plus stabala. To je neobično važno s aspekta udjela klonova i njihova uspješnog razmnožavanja za klonske sjemenske plantaže te očuvanje genofonda, odnosno velikog dijela njezine prirodne varijabilnosti.

Iz tablica 3. i 4. vidi se da je uspjeh cijepjenja istih klonova sekundarnim izbojcima bio značajno veći u usporedbi s primarnim plemkama. Na taj bi se način znatno povećao udio broja rameta kod klonova koji pokazuju mali postotak primanja primarnih plemki pri heterovegetativnom razmnožavanju crne johe. Relativno mali uspjeh cijepjenja tumači se negativnim utjecajem velike količine fenola u tkivu crne johe. Cijepjenja pri samom vrhu podloge također je manjkavo zbog relativno velike srži u podlozi i mekoće tog dijela stabljike. Uspjeh cijepjenja plus stabala kod podravske i posavske provenijencije potvrdio je veliku genetsku varijabilnost između klonova unutar svake populacije.

Autovegetativno razmnožavanje obične breze Autovegetative propagation of the Silver Birch

Klonska varijabilnost i utjecaj dobi orteta na zakornjenjivanje reznica – Clonal variability and the effects of ortet age on the rooting of cuttings

Autovegetativno razmnožavanje juvenilnih dvogodišnjih i trogodišnjih orteta obične breze imalo je prosječni uspjeh zakornjenjivanja zelenim reznicama, tretiranim s 4 000 ppm IBA od 18% (tab. 5). Zakornjenjivanje reznica s 10 dvogodišnjih orteta imalo je prosječan uspjeh od 2-43%, a sa 16 trogodišnjih orteta zakornjenilo se od 0-38% reznica. Varijabilnost u uspjehu zakornjenjivanja između tih 26 klonova upućuje na genotipske razlike na razini klona, gdje je potencijal zakornjenjivanja bio 0-43%.

Kod pet adultnih klonova obične breze, u dobi od 25 godina, iskazale su se izrazitije međuklonske razlike u sposobnosti zakornjenjivanja sekundarnim zelenim reznicama iz druge pasaže, tretiranih također s 4 000 ppm IBA (tab. 6). Dva klona se nisu zakornjenila, dok su ostali imali prosjek od 20 do 60%.

Kod juvenilnih orteta od 26 klonova obične breze samo jedan se nije zakornjenilo, dok se od pet adultnih klonova, razmnoženih sekundarnim reznicama, dva nisu zakornjenila (tab. 5. i 6.).

Klonska varijabilnost zakornjenjivanja obične breze primarnim rezničkim materijalom imala je bitan utjecaj na uspjeh, a utvrđena je i u drugim istraživanjima (Janson & Wcislińska 1982; Spethmann 1982). Utvrđeno je da sa starošću orteta pada sposobnost zakornjenjivanja, a potencijal zakornjenjivanja reznica, kod određenih genotipova, dobiva na većoj važnosti kod adultnih klonova.

Eksperimentom autovegetativnog razmnožavanja obične breze, uz primjenu različitih koncentracija i različitih sredstava za zakornjenjivanje, najveći postotak zakornjenjivanja utvrđen je, također, kod mladih orteta do 8 godina (sijanci i sekundarno razmnoženi klonovi od rameta do 8 godina). Adultni klonovi, razmnožavani primarnim reznicama, reznicama s cijepova adultnih stabala i reznicama

Tab. 5. Autovegetativno razmnozavanje obične breze -
Autovegetative propagation of the Silver Birch

Red. br.	Oznaka kлона Clone sign	Dob ortete Age of ortetes (god./yrs)	Položaj reznice na izbojku Position of cuttings on sprout						Ukupno Total
			vršni / from the top			bazni / from the base			
			Pikiranano Planted	Zakori- jenjeno Rooted	%	Pikiranano Planted	Zakori- jenjeno Rooted	%	
1.	B 3		5	1	20	1	0	0	17
2.	B 4		4	1	25	-	-	-	25
3.	B 11		25	5	20	22	0	0	11
4.	B 12		21	1	5	5	0	0	4
5.	B 14	2	25	2	8	25	1	4	6
6.	B 15		26	1	4	14	0	0	2
7.	B 16		11	2	18	10	1	10	14
8.	B 17		67	25	37	50	9	18	29
9.	B 18		10	5	50	4	1	25	43
10.	B 19		30	5	17	30	7	23	20
Ukupno/Total			224	48	21	161	19	12	17
11.	B 1		12	1	8	3	1	33	13
12.	B 2		14	5	36	11	3	27	32
13.	B 3		15	4	27	8	0	0	17
14.	B 4		11	2	18	2	2	100	31
15.	B 5		7	1	14	6	4	67	38
16.	B 6		6	2	33	5	1	20	27
17.	B 7		10	0	0	3	0	0	0
18.	B 8	3	7	3	43	2	0	0	33
19.	B 9		19	4	21	7	0	0	15
20.	B 10		18	2	11	9	1	11	11
21.	B 11		7	2	28	-	-	-	28
22.	B 12		15	1	7	3	1	33	11
23.	B 13		5	1	20	2	0	0	14
24.	B 14		8	2	25	4	1	25	25
25.	B 15		5	1	20	1	0	0	17
26.	B 16		16	2	12	10	0	0	8
Ukupno/Total			175	33	19	76	14	18	19
Sveukupno/Sum total			399	81	20	237	33	14	18

Red. br.	Oznaka kлона Clone sign	Dob orteta Age of ortetes (god./yrs)	Dob raseta Age of ortetes (god./yrs)	reznice s vrha izbojka cuttings from the top of sprout			reznice s baze izbojka cuttings from the base of sprout			Ukupno Total		
				Pikiranano Planted	Zakori- jenjeno Rooted	%	Pikiranano Planted	Zakori- jenjeno Rooted	%	Pikiranano Planted	Zakori- jenjeno Rooted	%
				(koa/no.)	(koa/no.)		(koa/no.)	(koa/no.)		(koa/no.)	(koa/no.)	
1.	Br 1	25	6	22	8	36	17	0	0	39	8	20
2.	Br 19	25	6	10	6	60	-	-	-	10	6	60
3.	Br 4	25	6	8	0	0	-	-	-	8	0	0
4.	Br 11	25	6	9	0	0	-	-	-	9	0	0
5.	Br 10	25	6	12	5	42	10	2	20	22	7	32
Ukupno/Total				61	19	31	27	2	7	88	21	24

Tab. 6. Autovegetativno razmnozavanje adultnih klonova obične breze -
Autovegetative propagation adult trees of the Silver Birch

uzimanim s izbojaka iz panja, zbog procesa moguće rejuvenilizacije stabala konačnog fenotipa imali su mnogo slabije rezultate zakorjenjivanja. Genotipovi s povoljnim rezultatima zakorjenjivanja reznicama s cijepova adultnih stabala imali su, također, potencijal zakorjenjivanja i primarnim reznicama.

Utjecaj dobi orteta na zakorjenjivanje reznica obične breze utvrđen je i u istraživanjima koje su proveli Janson (1978), Janson & Wcislińska (1982), a najbolji rezultati dobiveni su kod klonova do 5 godina (40%).

Iz rezultata se vidi da sposobnost zakorjenjivanja pada sa starošću orteta, da je klonska varijabilnost velika i sve više ovisi o genetskoj predispoziciji za to svojstvo. Adultni klonovi koji imaju potencijal zakorjenjivanja imaju uspjeha s primarnim reznicama, s reznicama uzimanim od cijepljenih rameta istog klona, a uspješno je i zakorjenjivanje njihove kontrole (netretirane reznice). Kod starih stabala klonski utjecaj za sposobnost zakorjenjivanja ima presudnu ulogu za uspješnost autovegetativnog razmnožavanja.

Utjecaj položaja reznice na izbojku na njezino zakorjenjivanje – Influence on the rooting capacity of the position of a cutting on an offshoot

S obzirom na položaj reznice na izbojku izrazite su razlike u zakorjenjivanju reznica juvenilnih orteta s vršnog (0–50%) i baznog dijela (0–100%). Iz tablice 5. vidi se da su se reznice s vrha izbojka prosječno bolje zakorijenile (20%) od reznica s baze izbojka (prosječno 14%). Evidentna je sposobnost pojedinih klonova da se bolje zakorjenjuju, ali su razlike izražene i kod istog klona, upotrebom reznica s različitim položajima na izbojku.

Kod pet adultnih klonova uspjeh zakorjenjivanja sekundarnih reznica s vrha izbojka bio je 37% prema prosjeku od 7% baznih reznica (tab. 6).

Zakorjenjivanje vršnih reznica je uspješnije zbog veće koncentracije endogenih supstancija zakorjenjivanja u terminalnim pupovima (Hartman & Kester (1983). Na bolji postotak zakorjenjivanja reznica s vršnog izbojka utječe i njihova prednost u odnosu na bazne reznice, što nemaju otvoreni gornji rez, koji omogućuje lakše inficiranje gljivičnim bolestima tijekom procesa zakorjenjivanja.

Utjecaj različitih koncentracija i različitih sredstava na zakorjenjivanje reznica – Effects of various concentration and agents on the rooting of cuttings

Utjecaj različitih koncentracija i različitih sredstava za zakorjenjivanje, kod orteta u dobi od 3 do 8 godina, primijenjenih na zelenim reznicama tijekom 1987. i 1988. godine, prikazan je u tablici 7. Koncentracija 800 ppm IBA (indol maslačne kiseline) bila je uspješnija pri zakorjenjivanju reznica obične breze, prosječno 19%, prema 10% zakorijenjenih reznica pri koncentraciji 4000 ppm istog sredstva. U primjeni IAA (indol octene kiseline) dobiveni su ukupno slabiji rezultati od primjene IBA, ali je tu koncentracija od 800 ppm bila nešto uspješnija (9%) od

Dob orteta Age of ortetes (god/yr)	I B A						I A A						Kontrola Control		
	800 ppm		4000 ppm		800 ppm		4000 ppm		800 ppm		4000 ppm		Planted	Rooted	cuttings (nos/no.)
	Pikirano Planted	Zakori- jenjeno Rooted	Pikirano Planted	Zakori- jenjeno Rooted	Pikirano Planted	Zakori- jenjeno Rooted	Pikirano Planted	Zakori- jenjeno Rooted	Pikirano Planted	Zakori- jenjeno Rooted	Pikirano Planted	Zakori- jenjeno Rooted			
3 - 7	-	-	210	27	13	-	-	-	210	16	8	210	10	8	
4 - 8	160	30	19	100	7	7	95	9	9	-	-	160	0	0	
3 - 8	160	30	19	310	34	10	95	9	9	210	16	8	370	10	2

Tab. 7. Utjecaj različitih koncentracija i sredstava na zakorjenjivanje reznica obične breze – Effects of various concentration and hormones on the rooting of cuttings for the Silver Birch

koncentracije 4 000 ppm (8%). Uspjeh zakorjenjivanja reznica tretiranih stimulatorima zakorjenjivanja bio je također mnogo uspješniji – 11,6% prema netretiranim reznicama (kontrola) – svega 1,3%.

Testom signifikantnosti razlika proporcija dobivena je signifikantna razlika na razini od 1% u korist zakorjenjivanja reznica korištenjem koncentracije od 800 ppm, bilo primjenom IBA ili IAA. Primjena koncentracije od 800 ppm hormonalnog sredstva IBA također je signifikantno različita na razini od 5% prema koncentraciji od 4 000 ppm IBA.

Najbolje rezultate u zakorjenjivanju obične breze Tervonen je (1981) dobio primjenom koncentracije od 500 i 800 ppm IAA, a i drugi autori navode primjenu nižih koncentracija (Janson 1978; Niiranen 1980). Uspjeh zakorjenjivanja reznica tretiranih hormonima (IBA ili IAA) statistički je značajno različit na razini od 1% prema netretiranim reznicama, koje su služile kao kontrola.

Prema dobivenim rezultatima značajno poboljšanje u razmnožavanju reznicama obične breze možemo očekivati pri primjeni indol maslačne kiseline (IBA) u koncentraciji od 800 ppm prema drugim koncentracijama i hormonima zakorjenjivanja.

Utjecaj broja pasaža na zakorjenjivanje rameta adultnih klonova obične breze – Effects of the number of passages on the rooting of adult clone rametes for the Silver Birch

Postotak zakorjenjivanja sekundarnih reznica s rameta adultnih stabala obične breze mnogo je veći od zakorjenjivanja primarnih reznica. Pet adultnih klonova obične breze, u dobi od 25 godina, imalo je prosječan uspjeh od 24% pri zakorjenjivanju sekundarnih reznica s njihovih rameta, koje su imale šest godina (tab. 6). Dva se klona nisu zakorijenila, dok su ostali imali prosjek zakorjenjivanja od 20 do 60%.

Znatno povećanje zakorjenjivanja sekundarnih reznica, kod klonova adultnog stadija obične breze, postignuto je tretmanom serijskog razmnožavanja reznicama u pasažama. Uspješnije razmnožavanje sekundarnim reznicama adultnih stabala obične breze od prosječno 24% dobiveno je u odnosu na rezultate razmnožavanja primarnim reznicama od svega 2% kod pojedinih genotipova.

Sekundarnim reznicama razmnožavani su klonovi obične breze koji su, makar i u malom postotku, uspješno reproducirani iz primarnih reznica. Zbog toga je potrebno uključiti u primarno razmnožavanje adultnih klonova velik broj orteta da bi se genotipovi s potencijalom zakorjenjivanja uspješno dalje reproducirali metodom serijskog razmnožavanja. Da bi se postigla optimalna smjesa divergentnih genotipova, radi osnivanja proizvodnih nasada, nužno je, u selekciji stabala konačnog fenotipa, odabrati genotipove koji imaju dobar potencijal zakorjenjivanja reznica radi daljega uspješnog sukcesivnog razmnožavanja u pasažama.

AUTOVEGETATIVNO RAZMNOŽAVANJE CRNE JOHE AUTOVEGETATIVE PROPAGATION OF THE BLACK ALDER

Klonska varijabilnost i utjecaj dobi orteta na zakorjenjivanje reznica – Clonal variability and the effects of ortet age on the rooting of cuttings

Juvenilne jednogodišnje ortete crne johe, zakorjenjivale su se zelenim reznicama, s uspjehom od 0 do 100% po klonu, ili u prosjeku 39%. Reznice s dvogodišnjih

orteta zakorjenjivale su se, zavisno od klona, od 0 do 57%, prosječno 24%. Sve zakorijenjene reznice tretirane su s 4000 ppm IBA. Dormantne reznice, s jednogodišnjih orteta, imale su također dobar uspjeh, od prosječno 40% (0-100%, zavisno od klona), a s dvogodišnjih prosječno 11% (0-43% po klonu).

Evidentno je da crna joha ima znatan potencijal zakorjenjivanja juvenilnih orteta, iako je vrlo izražena klonska varijabilnost te sposobnosti.

Adultna stabla crne johe podravske i posavske provenijencije sekundarnim autovegetativnim razmnožavanjem postigla su značajno poboljšanje zakorjenjivanja stabala konačnog fenotipa. S jednogodišnjih i dvogodišnjih rameta adultnih stabala klonska je varijabilnost zakorjenjivanja zelenih reznica bila od 0 do 100%, u prosjeku 83% kod podravske i 61% kod posavske populacije (tab. 8. i 9). Dormantne su reznice imale slabiji uspjeh, u prosjeku 24% za obje populacije.

Tab. 8: Autovegetativno razmnožavanje crne johe podravske populacije zelenim reznicama -
 Autovegetative propagation of the Black Alder from Podravina with summer cuttings

Red. br.	Oznaka klona	Dob ortete (god./yrs)	Dob ramete (god./yrs)	Položaj reznice na izbojku Position of cuttings on sprout						Ukupno Total %
				vršni / from the top			bazni / from the base			
No.	Clone sign	Age of ortetes (god./yrs)	Age of rametes (god./yrs)	Pikiranano reznicica Planted cuttings (kon./no.)	Zakorijenjeno Rooted cuttings (kon./no.)	%	Pikiranano reznicica Planted cuttings (kon./no.)	Zakorijenjeno Rooted cuttings (kon./no.)	%	
1.	Đu 7	90		1	0	0	2	2	100	67
2.	Đu 11	70		1	0	0	1	1	100	50
3.	Đu 14	48	1	2	1	50	2	2	100	75
4.	Đu 22	60		5	5	100	7	5	71	83
5.	Đu 25	48		4	2	50	5	0	0	22
6.	Đu 30	60		8	6	75	4	3	75	75
Ukupno/Total				21	14	67	21	13	62	64
7.	Đu 21	48		23	20	87	21	20	95	91
8.	Đu k1	50	2	29	27	93	19	17	89	92
9.	Đu k2	50		23	21	91	25	19	76	83
Ukupno/Total				75	68	91	65	56	86	89
Sveukupno/Sua total				96	82	85	86	69	80	83

Uspješnije zakorjenjivanje juvenilnih prema adultnim ortetama crne johe utvrdili su Saul & Zsuffa (1982). Zakorjenjivanje reznica juvenilnih orteta može iznositi i do 92% (Niiranen 1980).

Sposobnost zakorjenjivanja primarnih reznica znatno opada sa starošću orteta, pa bi se za uspješno razmnožavanje adultnih stabala ramete crne johe trebale prethodno cijepiti, a zatim serijski razmnožiti u pasažama.

Zakorjenjivanje adultnih i juvenilnih klonova crne johe pokazalo je signifikantno značajne razlike na razini od 1% u korist juvenilnih orteta, koje su imale prosječan uspjeh zakorjenjivanja od 45,6%, a sekundarno razmnoženi adulti prosječno 14,2%. Smanjena sposobnost zakorjenjivanja adultnih stabala glavni je problem uspješnog zakorjenjivanja reznicama stabala konačnog fenotipa.

Prema rezultatima istraživanja problem autovegetativnog razmnožavanja adultnih stabala crne johe (konačnog fenotipa) mogao bi se riješiti serijskim razmnožavanjem da se primarne reznice uzmu s njihovih cijepljenih rameta. Takvim sukcesivnim autovegetativnim razmnožavanjem ujedno se značajno povećava postotak zakorjenjivanja porastom broja pasaža. Iako genotipske razlike sposobnosti zakorjenjivanja između klonova reduciraju njihov broj, upotrebom većeg broja klonova s potencijalom zakorjenjivanja mogla bi se postići povoljna klonska smjesa za korištenje kao dopuna generativnom načinu razmnožavanja.

Tab. 9. Autovegetativno razmnožavanje crne joha posavske populacije zelenim reznicama -
 Autovegetative propagation of the Black Alder from Posavina with summer cuttings

Red. br.	Ozniaka klona sign	Dob ortete (god./yrs)	Dob ramete (god./yrs)	Položaj reznice na izbojku Position of cuttings on sprout						Ukupno Total %
				vršni / from the top			bazni / from the base			
				Pikirano reznica Planted (kom./no.)	Zakori- jenjeno Rooted (kom./no.)	%	Pikirano reznica Planted (kom./no.)	Zakori- jenjeno Rooted (kom./no.)	%	
1.	Ku 5	52		1	1	100	1	1	100	100
2.	Ku 7	52		11	5	45	8	5	62	53
3.	Ku 11	60		1	0	0	-	-	-	0
4.	Ku 12	60		1	1	100	-	-	-	100
5.	Ku 17	60	1	1	1	100	1	1	100	100
6.	Ku 18	60		3	1	33	3	2	67	50
7.	Ku 22	60		2	2	100	2	2	100	100
8.	Ku 23	60		1	0	0	1	1	100	0
9.	Ku 30	75		5	4	80	4	4	100	89
10.	Ku 31	75		5	0	0	1	0	0	0
Ukupno/Total				31	15	48	21	16	76	60
11.	Ku 7	52		32	10	31	32	20	62	47
12.	Ku 9	52		17	14	82	15	15	100	91
13.	Ku 23	60	2	22	12	54	21	9	43	49
14.	Ku 24	75		20	19	95	20	18	90	92
15.	Ku 28	75		23	8	35	12	7	58	43
16.	Ku 30	75		15	7	47	18	14	78	64
Ukupno/Total				129	70	54	118	83	70	62
Sveukupno/Sum total				160	85	53	139	99	71	61

Utjecaj različitih fungicida na zakorjenjivanje juvenilnih orteta – Effects of various fungicides on the rooting of cuttings of the Black Alder

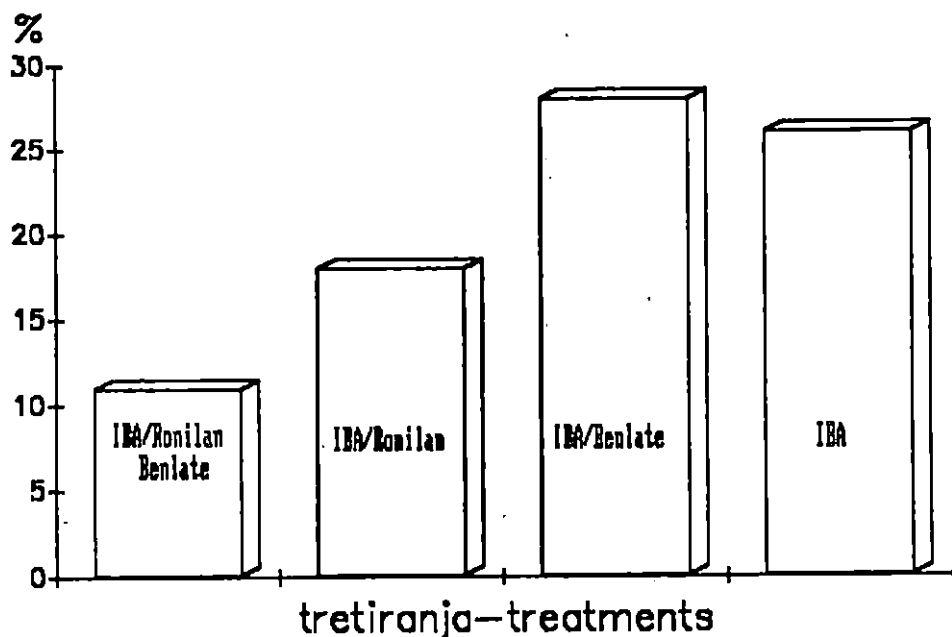
Juvenilne jednogodišnje i dvogodišnje ortete crne johe bile su uspješno zakorjenjene upotrebom zelenih i dormantnih reznica, koje su sve tretirane s 4 000 ppm IBA. Ispitivano je preventivno djelovanje sistemičnih fungicida širokog spektra (Benlate, Ronilan), kao zaštitnih sredstava protiv gljivičnih bolesti radi indirektnog pozitivnog djelovanja na zakorjenjivanje reznica. U pokusu s dormantnim reznicama, uzimanim s jednogodišnjih orteta podravske provenijencije, postotak zakorjenjivanja bio je, zavisno od tretiranja fungicidima, u prosjeku 12; (Ronilan/Benlate) do 65% (Benlate) i sredstvo za zakorjenjivanje. Po klonu i tretiranju pikirano je od 1 do 11 dormantnih reznica od ukupno 30 klonova obiju provenijencija. Klonska varijabilnost zakorjenjivanja bila je 0–73%. Obje provenijencije pokazuju unutarpopulacijsku varijabilnost različitih genotipova u zakorjenjivanju reznica.

Pokus sa zelenim reznicama proveden je, također, s jednogodišnjim ortetama podravske populacije te rezničkim materijalom dvogodišnjih orteta podravske i posavske populacije. Od fungicida kod zelenih reznica je primjenjivan samo Benlate uz kontrolu (reznice tretirane samo s IBA, koncentracije 4 000 ppm). S jednogodišnjih orteta podravske provenijencije pikirano je ukupno 30 klonova s 2–9 reznica po klonu. Uspjeh zakorjenjivanja zelenih reznica s jednogodišnjih orteta, s obzirom na tretiranje fungicidom (40%) i kontrole (38%), nije se bitno razlikovao, iako su razlike između klonova bile od 0 do 100%. Zakorjenjivanje zelenih reznica s dvogodišnjih orteta podravske provenijencije bilo je prosječno s istim uspjehom od 22%, bilo da su tretirane Benlateom ili kod kontrole, tretirane samo s IBA od 22%. Kod posavske provenijencije bilo je minimalno bolje zakorjenjivanje (27%) kod kontrole nego kod tretiranih Benlateom (26%).

Sve reznice tretirane su s 4 000 ppm IBA i različitim fungicidima. U prosjeku je zakorjenjivanje jednogodišnjih i dvogodišnjih orteta bilo od 10,8%, u primjeni oba fungicida – Ronilan/Benlate, 18,8% u primjeni Ronilana i 26,7% kod kontrole koja je tretirana samo hormonom IBA. Najveći postotak zakorjenjivanja dobiven je tretiranjem reznica Benlateom – 28,6% (sl. 1). Testom signifikantnosti razlika proporcija nije dobivena statistički značajna razlika zakorjenjivanja reznica tretiranih samo auksinom (kontrola) i tretiranih i fungicidom. Prosjek zakorjenjivanja reznica tretiranih hormonalnim sredstvom i fungicidom bio je 23,32% dok su se reznice tretirane samo hormonom prosječno zakorjenjivale s 28,57%. U ovom slučaju to pokazuje da nije svrsishodna upotreba fungicida kod juvenilnih orteta crne johe. Nesignifikantne razlike dobivene su također u tretiranju reznica juvenilnih orteta hrasta lužnjaka Benomylom, kao i u zakorjenjivanju reznica između ranog i kasnog hrasta lužnjaka (B o r z a n i dr. 1983).

Uporaba zelenih i dormantnih reznica te njihov utjecaj na zakorjenjivanje – Rooting of summer and winter cuttings as well as their influence on it

Reznički materijal od individua juvenilnog stadija pokazao je, u eksperimentima, potencijal zakorjenjivanja upotrebom i zelenih i dormantnih reznica. Dormantne reznice jednogodišnjih i dvogodišnjih orteta imale su, u prosjeku, slabije zakorjenjivanje (20,35%) od zelenih reznica (30,00%). Uspjeh zakorjenjivanja zelenim reznicama bio je veći, u prosjeku, kod svih juvenilnih klonova podravske i posavske provenijencije prema dormantnim reznicama orteta jednake dobi.



Sl. 1 - Fig. 1 Utjecaj različitih fungicida na zakorjenjivanje reznica crne johe - Effects of various fungicides on the rooting of cuttings for the Black Alder

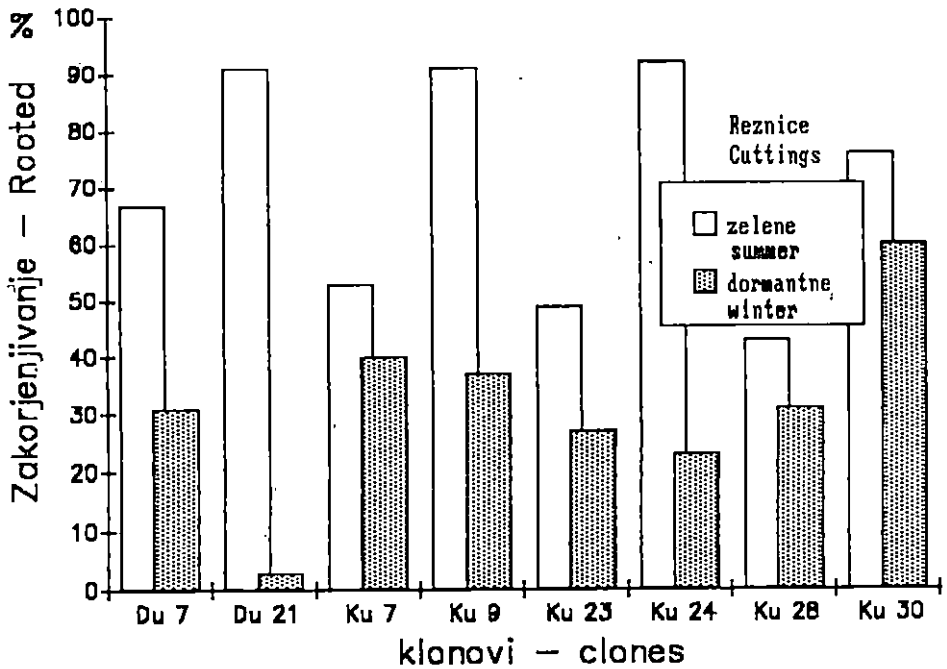
Prosjeck zakorjenjivanja sekundarnih zelenih reznica klonova podravske populacije bio je od 22 do 92% kod jednogodišnjih i dvogodišnjih rameta adultnih stabala crne johe (tab. 8). Klonovi posavske provenijencije zakorjenjivali su se zelenim reznicama s uspjehom od 0 do 100%, zavisno od klona (tab. 9). Uspjeh zakorjenjivanja dormantnih reznica drastično je manji od zakorjenjivanja zelenih reznica, a prosjek je bio od 1 do 60% po klonu (tab. 10). Na slici 2. prikazan je uspjeh zakorjenjivanja zelenih i dormantnih reznica s istih klonova.

Pokus postavljen sa sekundarnim razmnožavanjem rameta adultnih klonova crne johe, upotrebom dormantnih reznica s dvogodišnjih rameta posavske i podravske provenijencije, dao je slabije rezultate od zakorjenjivanja s zelenim reznickim materijalom. Prosječno zakorjenjivanje podravske populacije bilo je 19% (3-31% po klonu), a posavske 40% (klonska varijabilnost 23-60%), što je prikazano u tablici 10. Na temelju uspješnosti zakorjenjivanja zelenih i dormantnih reznica dobivene su i statistički značajne razlike na razini od 1% u korist zakorjenjivanja zelenih reznica. Zelene reznice crne johe bolje su se zakorjenjivale u istraživanjima provedenim s ortetama uzgajanim u plateniku (Niiranen 1980), a takve rezultate sezoneke promjenjivosti u zakorjenjivanju koreliraju s aktivnošću korijenskih promotora u biljnom soku, što su utvrdili Gestoi sur. (1977).

Genotipska uvjetovanost sposobnosti zakorjenjivanja reznicama iskazana je u varijabilnosti uspjeha razmnožavanja različitih klonova, dok je procjena negenetskog utjecaja, kod istih klonova s potencijalom zakorjenjivanja, procijenjena na bazi

Tab. 10. Autovegetativno razmnožavanje adultnih klonova crne joha dormantnim reznicama (Dob rameta:2 godine) - Autovegetative propagation of the adult trees of Black Alder with winter cuttings (Rametes 2 years old)

Red. br. / No.	Populacija / Population	Oznaka klona / Clone sign	Dob orteta / Age of ortetes (god./yrs)	Položaj reznice na izbojku / Position of cuttings on sprout						Ukupno / Total %
				vršni / from the top			bazni / from the base			
				Pikirano reznica / Planted cuttings (kom./no.)	Zakori-jenjeno / Rooted cuttings (kom./no.)	%	Pikirano reznica / Planted cuttings (kom./no.)	Zakori-jenjeno / Rooted cuttings (kom./no.)	%	
1.		Đu 16	70	34	2	6	30	0	0	3
2.		Đu 1	60	32	4	12	32	0	0	6
3.		Đu 29	70	31	6	19	31	5	16	18
4.		Đu 31	70	36	0	0	35	1	3	1
5.		Đu 5	90	34	2	6	35	3	9	7
6.	Podravina	Đu 1	60	16	0	0	16	1	6	3
7.		Đu 7	90	16	5	31	16	5	31	31
8.		Đu 10	60	16	0	0	16	1	6	3
9.		Đu 19	48	16	0	0	16	1	6	3
10.		Đu 21	48	16	1	6	16	0	0	3
11.		Đu 32	60	16	1	6	16	0	0	3
Ukupno/Total				263	21	8	259	77	30	19
12.		Ku 7	52	30	14	47	30	10	33	40
13.		Ku 9	52	4	1	25	4	2	50	37
14.		Ku 21	60	16	8	50	8	6	75	58
15.		Ku 23	60	4	2	50	7	1	14	27
16.	Posavina	Ku 24	75	12	5	42	10	0	0	23
17.		Ku 28	75	5	2	40	8	25	25	31
18.		Ku 30	75	3	2	67	2	50	50	60
19.		Ku 32	75	5	5	100	8	25	25	54
Ukupno/Total				79	39	49	77	24	31	40
Sveukupno/Sum total				342	60	17	336	101	30	24



Sl. 2 - Fig. 2 Zakorjenjivanje zelenih i dormantnih reznica crne joha (2 god orteta 2 god.) - Rooting of summer and winter cuttings for the Black Alder (Ortetes 2 years old)

korelacije. Dobivena vrijednost rang korelacije od $r = 0,05$, pri zakorjenjivanju osam istih klonova upotrebom zelenih i dormantnih reznica, upućuje na izraziti utjecaj fiziološkog stanja reznice na uspješno zakorjenjivanje.

Utjecaj položaja reznice na izbojku na zakorjenjivanje - Influence on the rooting capacity of the position of a cutting on an offshoot

Zakorjenjivanje sekundarnih zelenih reznica adultnih stabala, s obzirom na položaj reznice na izbojku, bilo je, u prosjeku, 85% kod vršnih, a 80% kod reznica s baze izbojka za podravsku populaciju (tab. 8). Kod posavske provenijencije zakorijenilo se 53% vršnih i 71% baznih reznica (tab. 9). Dormantne sekundarne reznice zakorijenile su se s uspjehom od 8% (podravske) i 49% (posavske provenijencije), a one s baze 30 odnosno 31% (tab. 10).

Ukupan uspjeh zakorjenjivanja zelenih i dormantnih reznica s baze izbojka bio je veći (48%) od onoga s vrha (38%), što je rezultiralo i statistički značajnom razlikom na razini od 1% u testu signifikantnosti proporcija.

O uspješnijem zakorjenjivanju terminalnih (vršnih) reznica od onih s baze izbojka izvijestili su Martin & Guillot (1982). To je pripisano većoj koncentraciji endogenih supstancija zakorjenjivanja u terminalnim pupovima (Hartman & Kester 1975). Rezultati boljeg zakorjenjivanja baznih reznica kod adultnih

stabala crne johe (u dobi od 48 do 90 godina starosti) mogu upućivati na postojanje uvrđenih više juvenilnih zona u dijelovima koji su bliže korijenskom sustavu (Passecker 1947).

Utjecaj položaja reznice u krošnji na zakorjenjivanje – Influence on the rooting of the position of a cutting in a crown of tree

Istraživano je autovegetativno razmnožavanje sekundarnim reznicama adultnih i primarnim reznicama juvenilnih klonova crne johe, uzimanim s obzirom na njihov položaj u krošnji. Uspješnost zakorjenjivanja adultnih klonova crne johe bila je od 1,5 do 30,0%, a prosječno, za svih šest klonova, 14,2% (tab. 11). Sekundarne reznice

Oznaka klona Clone sign	Dob orteta Age of ortetes	Dob rameta Age of rametes	Reznice s vrha krošnje Cuttings from the top of crown			Reznice s baze krošnje Cuttings from the top of crown			Ukupno Total		
			Pikirano reznica Planted	Zakori- jenjeno Rooted	%	Pikirano reznica Planted	Zakori- jenjeno Rooted	%	Pikirano reznica Planted	Zakori- jenjeno Rooted	%
	(god./yrs)	(god./yrs)	(kom./no.)	(kom./no.)		(kom./no.)	(kom./no.)		(kom./no.)	(kom./no.)	
Ku 30	75	4	34	6	17.6	36	8	22.5	70	14	20.0
Ku 9	52	4	32	0	0	34	1	2.9	66	1	1.5
Ku 18	60	4	35	14	40.0	35	7	20.0	70	21	30.0
Bu 25	48	4	35	4	11.4	35	0	0	70	4	5.7
Bu 30	60	4	33	2	6.1	36	8	22.2	69	10	14.5
Bu 22	60	4	35	4	11.4	35	5	14.3	70	9	12.9
Ukupno/Total			204	30	14.7	211	29	13.7	415	59	14.2

Tab. 11. Autovegetativno razmnožavanje adultnih klonova crne johe -
Autovegetative propagation of adult trees of the Black Alder

adultnih stabala uzimane su s četverogodišnjih rameta. Varijabilnost u postotku zakorjenjivanja adulta, osim na razini genotipa, pokazala se i u zakorjenjivanju reznica s vrha ili baze krošnje, ali puno manje. Prosječno su se reznice s vrha krošnje neznatno bolje zakorijenile (14,7%) od onih s baze (13,7%), što je uvjetovano upotrebom mladih rameta adultnih klonova. Zakorjenjivanje 6 juvenilnih orteta (trogodišnjih sijanaca) crne johe triju provenijencija (tab. 12) bilo je prosječno po klonu od 25 do 63,6%, a prosječno prema provenijencijama 47% kod podravske, 52% kod posavske i 53% kod francuske provenijencije. I tu su reznice s vrha krošnje, kod trogodišnjih orteta, imale bolji postotak zakorjenjivanja (56,9%) od onih iz baze krošnje (31,1%), a uvjetovano je još juvenilnim stadijem orteta kod kojih fiziološka zrelost još nije izražena.

Oznaka klona Clone sign	Dob orteta Age of ortetes	Dob rameta Age of rametes	Reznice s vrha krošnje Cuttings from the top of crown			Reznice s baze krošnje Cuttings from the top of crown			Ukupno Total		
			Pikirano reznica Planted	Zakori- jenjeno Rooted	%	Pikirano reznica Planted	Zakori- jenjeno Rooted	%	Pikirano reznica Planted	Zakori- jenjeno Rooted	%
	(god./yrs)	(god./yrs)	(kom./no.)	(kom./no.)		(kom./no.)	(kom./no.)		(kom./no.)	(kom./no.)	
Ku 24	3	9	6	66.7	10	3	30.0	19	9	47.4	
Ku 21	3	10	3	30.0	6	1	16.7	16	4	25.0	
Bu 12	3	8	5	62.5	3	2	66.7	11	7	63.6	
Bu 7	3	11	7	63.6	8	0	0.0	19	7	36.8	
F 7	3	10	5	50.0	8	6	75.0	18	11	61.1	
F 8	3	10	7	70.0	10	4	20.0	20	9	45.0	
Ukupno/Total			58	33	56.9	45	14	31.1	103	47	45.6

Tab. 12. Autovegetativno razmnožavanje juvenilnih orteta crne johe -
Autovegetative propagation of juvenile ortetes of the Black Alder

Očuvanje juvenilnih dijelova na starom stablu temelji se na ontogenetskom razvoju od baze prema vrhu adultnog stabla, što ujedno podrazumijeva i progresivno starenje meristema tokom rasta. Donji dijelovi su jevenilniji, što uključuje i veću sposobnost zakorjenjivanja. Rezultati dobiveni razmnožavanjem 6 adultnih klonova rametama druge pasaže, u dobi od 4 godine i juvenilnih orteta od 3 godine, daju minimalne razlike u uspjehu zakorjenjivanja reznica s baze ili vrha krošnje. To je zbog utjecaja još nerazvijenog stadija kod mladih orteta ili rameta serijskog razmnožavanja adulta. Uspješno zakorjenjivanje reznica adultnih stabala crne johe upućuje na mogućnost njihove multiplikacije procesima serijskog razmnožavanja s cijepova adultnih stabala. Čini se da tehnike serijskog razmnožavanja reznicama s cijepljenih adultnih klonova ne povećavaju samo postotak zakorjenjivanja već eliminiraju i efekte starenja, što se ogleda u i uspjehu njihova zakorjenjivanja, bez obzira na položaj u krošnji. Takvi rezultati mogu upućivati na povratak juvenilnog stadija i odgađanja fizioloških procesa starenja. Položaj reznica na krošnji nije imao utjecaj na razmnožavanje crne johe u dobi do 5 godina (Alden i dr. 1977), ali biva sve važniji s razvojem stadija zrelosti donora.

Zakorjenjivanje orteta podravske i posavske provenijencije – Rooting of ortetes from Podravina and Posavina provenances

Zakorjenjivanjem juvenilnih jednogodišnjih i dvogodišnjih orteta crne johe iskazana je značajna klonska varijabilnost za to svojstvo unutar svake provenijencije. Kod podravske populacije uspješno zakorjenjivanje dormantnim reznicama bilo je, zavisno od klona, od 0 do 65%, a kod posavske populacije od 0 do 73%. Razmnožavanjem zelenih reznica juvenilnih orteta dobivene su izrazite genotipske razlike unutar pojedine populacije. Zakorjenjivanjem jednogodišnjih i dvogodišnjih orteta podravske i posavske populacije dobivene su razlike između klonova od 0 do 100%.

Nisu utvrđene signifikantne razlike u sposobnosti zakorjenjivanja raznica između orteta podravske i posavske provenijencije. Reznice juvenilnih orteta crne johe podravske populacije imale su bolji prosjek zakorjenjivanja (28,38%) od reznica posavske provenijencije (20,67%). Razlika nije statistički signifikantna i ne upućuje na razlike sposobnosti zakorjenjivanja juvenilnih orteta crne johe tih dviju provenijencija.

Sekundarnim razmnožavanjem adultnih klonova crne johe dobivene su genotipske razlike sposobnosti zakorjenjivanja unutar svake populacije. Zelene sekundarne reznice podravskih klonova, u dobi od 48 do 90 godina, imale su prosječno zakorjenjivanje 83%, za zavisno od klona od 22 do 92% (tab. 8). Adultni klonovi posavske provenijencije imali su također znatan uspjeh zakorjenjivanja, prosječno 61%, a ovisno o klonu iznosilo je od 0 do 100% (tab. 9).

Razmnožavanjem adultnih klonova sekundarnim dormantnim reznicama dobio je prosječno bolji uspjeh kod posavske populacije od 40% prema podravskoj od 19%. Genetska varijabilnost između klonova bila je od 3 do 60% (tab. 10).

Značajne razlike potencijala zakorjenjivanja uočljive su između različitih genotipova unutar pojedine provenijencije, dok između tih dviju populacije nema značajnih razlika ni kod juvenilnih ni kod sekundarnih reznica adultnih stabala.

Utjecaj broja pasaža na zakorjenjivanje i rast rameta kod adultnih klonova – Effects of the number of passages on the ramet growth for adult clones

Povećanje uspjeha zakorjenjivanja reznica serijskim razmnožavanjem orteta u pasažama znatno utječe na sposobnost kloniranja adultnih stabala. Osim teškoća pri zakorjenjivanju rezničkog materijala s adultnih stabala postoje i problemi daljega rasta i razvoja rameta, koji su uvjetovani procesom starenja orteta. Sa starošću donora, osim brzine zakorjenjivanja i lošije kvalitete korijena, javlja se također i utjecaj topofizis efekta, što sve pogoršava formu i pravnost debla (Hood & Libby 1978). Kod starih orteta utvrđeno je također duže vrijeme potrebno za postizanje ortotropnog rasta, što je izbjegnuto serijskim razmnožavanjem, a mlađe ortete obične smreke bile su uspješno oslobođene topofizis i ciklofizis efekta (Wühlisch 1984). Tek sukcesivnim razmnožavanjem klonova obične smreke progresivno se gubi negativni geotropizam, kako je utvrdio Dietrichson (1981).

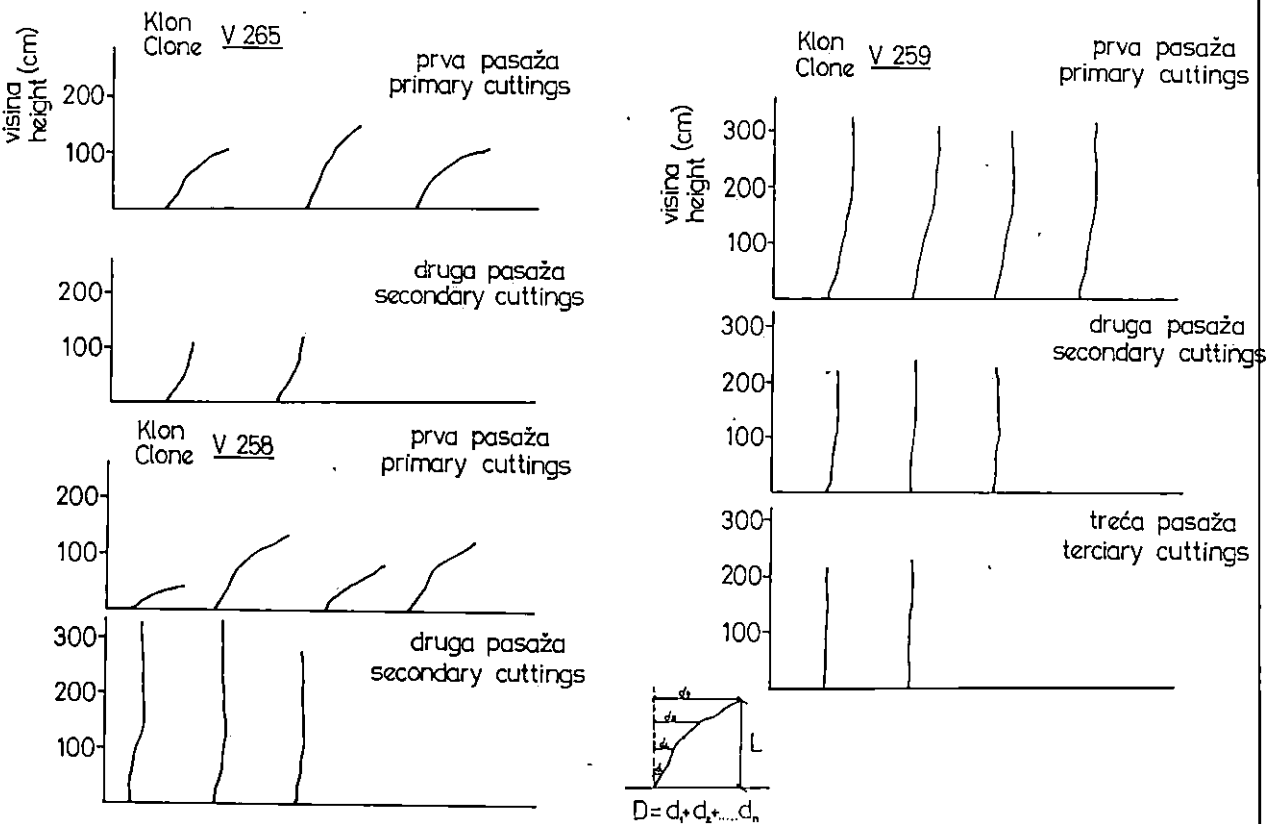
Tehnika uspješnosti povećanja postotka zakorjenjivanja pasažama potvrđuje koncept reverzibilnosti odnosa meristema i razvojnog stanja biljke, koji su prikazali Plantefol (1951) i Buvat (1955) o funkcioniranju apikalnog meristema. Metoda razmnožavanja je ujedno poboljšano fiziološko stanje orteta i onemogućeno smanjenje sposobnosti zakorjenjivanja reznica sa starošću orteta. Kod adultnih klonova crne johe također je utvrđeno poboljšanje ortotropnog rasta povećanjem broja pasaža (sukcesivnim razmnožavanjem) rezničkog materijala, uzetog primarno s cijepova selekcioniranih plus stabala.

Odstupanje od vertikalnog rasta kod klona V 258, u dvije pasaže, smanjilo se s 99 na 10%, dok je klon V 265, u dva sukcesivna razmnožavanja, imao slabiji trend smanjenja plagiotropnosti s 81,7 na 59%. Klon V 259, s najmanjim odstupanjem u prvoj pasaži od samo 19,5%, i u trećoj pasaži je odstupao od vertikalnog rasta minimalno, tj. 0,5% u odnosu na kontrolu, odnosno generativno potomstvo. Bez obzira na smanjenje odstupanja od vertikale kod svih klonova je povećanjem broja pasaža eliminacija plagiotropnog rasta bila pod utjecajem genotipa. Sukcesivnog razmnožavanja rameta, s cijepova adultnih klonova crne johe, poboljšalo je njihov ortotropan rast, iako različiti klonovi reagiraju različito na poboljšanje efekata vertikalnog rasta nizom pasaža (sl. 3). Klon V 265, s izrazitim plagiotropnim rastom u prvoj pasaži, ima i mnogo slabije poboljšanje ortotropnog rasta u drugoj pasaži u odnosu na druga dva klona, što upućuje na izraziti genetski utjecaj. Zbog toga pri autovegetativnom razmnožavanju adultnih klonova crne johe treba voditi računa ne samo o potencijalu zakorjenjivanja određenog genotipa nego i o njegovu reagiranju na ortotropni rast i razvoj serijskim razmnožavanjem.

Komparacija kloniranja obične breze i crne johe – Comparison in cloning between Silver Birch and the Black Alder

Heterovegetativno razmnožavanje tih dviju vrsta, uz primjenu adekvatnih metoda, daje uspješne rezultate, što je prikazano i u radovima s crnom johom (Vidaković & Krstinić 1984) ili običnom brezom (Johnsson 1974; Vaclav 1974).

Autovegetativnim razmnožavanjem obiju vrsta evidentno su utvrđene značajne razlike u primjeni koncentracije sredstava za zakorjenjivanje. Najbolji rezultati kod obične breze postignuti su koncentracijom od 800 ppm, a kod crne johe koncentracijom od 4000 ppm.

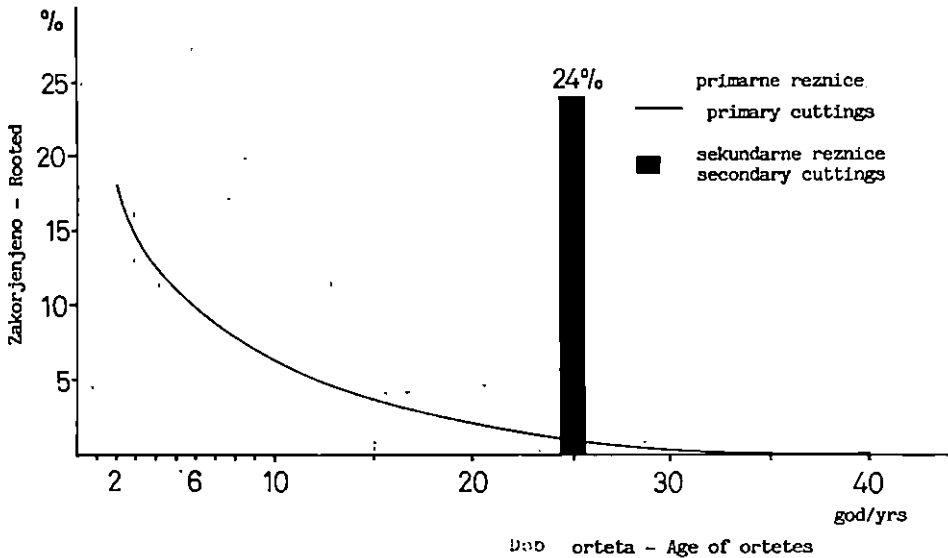


Sl. 3 - Fig. 3 Utjecaj broja pasaža na rast rameta adultnih stabala crne joha - Growth of repropagated cuttings taken from grafted adult trees of the Black Alder

Autovegetativno razmnožavanje tih vrsta, usprkos povećanoj efikasnosti, pokazuje da su to vrste s težim zakorjenjivanjem. Kompleksna fiziološka baza zakorjenjivanja obične breze i crne joha obuhvaća cijeli niz uzajamnih faktora – od dobi orteta, vremena skupljanja reznica, morfoloških faktora i tretiranja koji su u različitoj interakciji kod različitih genotipova. Autovegetativnim razmnožavanjem svakako je

omogućeno da se različitim tretmanom (cijepljenje – serijsko razmnožavanje reznica) postigne multipliciranje adultnih stabala i povećanje uspjeha zakorjenjivanja. Te su tehnike dovele do poboljšanja vodnog statusa reznice, reduciranja količine inhibitornih supstancija i povećanja metaboličnog udjela promotora rasta, što se pokazalo kroz fiziološke procese koji bi ontogenetskim razvojem bili spriječeni. Ti su uspjesi prihvatljivi primjenom u praksi, iako rejuvenilizaciju još nije moguće definirati.

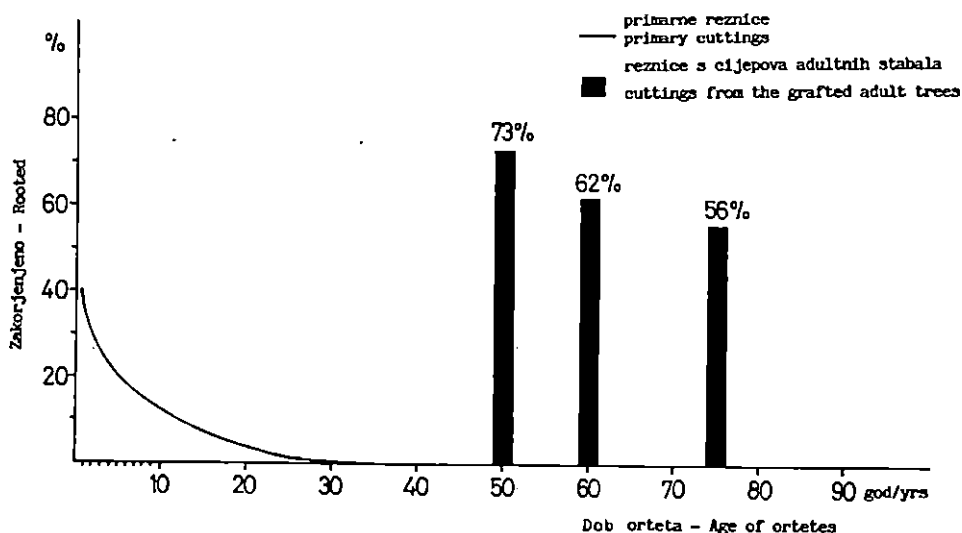
Iz grafičkog prikaza (sl. 4) vidi se utjecaj dobi orteta obične breze na njihov



Sl. 4 - Fig. 4 Utjecaj dobi orteta i broja pasaža na zakorjenjivanje reznica obične breze - Effects of ortet age and number of passages on the rooting of cuttings of the Silver Birch

uspjeh zakorjenjivanja. Tako je srednji postotak uspjeha zakorjenjivanja juvenilnih klonova, koji imaju od dvije do tri godine, bio 19%, da bi s većom dobi rapidno opadao i sve više ovisio o klonskoj varijabilnosti sposobnosti zakorjenjivanja. Adultni klonovi obične breze od 25 godina imali su, u prosjeku, zakorjenjivanje primarnim reznica (prva pasaža) uspjeh svega 3%, što je uglavnom ovisilo o genotipu. Reznice, uzimane s primarno zakorijenjenih rameta adultnih klonova, sekundarnim razmnožavanjem zakorjenjivale su se prosječno s 24%, što je ne samo uspješno povećanje zakorjenjivanja nego i sposobnosti razmnožavanja stabala adultnog stadija.

Autovegetativnim razmnožavanjem klonova crna johe utvrđen je veći potencijal zakorjenjivanja, s obzirom na dob orteta, nego obične breze. Kod juvenilnih genotipova, u dobi od jedne do dvije godine, zakorjenjivanje je bilo prosječno 40%, kod onih od 30 godina smanjilo se na prosječno 4%, da bi se tek metodama procesa rejuvenilizacije, cijepljenjem i serijskim razmnožavanjem reznica postigao veći uspjeh zakorjenjivanja adultnih stabala (sl. 5). Uspjeh zakorjenjivanja primarnih



Sl. 5 - Fig. 5 Utjecaj dobi orteta i broja pasaža na zakorjenjivanje reznica crne joha - Effects of ortet age and number of passages on the rooting of cuttings of the Black Alder

reznica s cijepova adultnih plus stabala bio je kod pojedinih klonova maksimalno do 10% (prva pasaža), a razmnožavanjem sekundarnim reznicama taj se postotak značajno povećao (druga pasaža). Uspjeh zakorjenjivanja sekundarnim reznicama adultnih stabala, i u ovom slučaju, sa starošću dubjećih orteta imao je tendenciju opadanja. Adulti od 50 godina prosječno su se zakorjenjivali sa 73%, od 60 godina sa 62% i od 75 godina s 56%. Povećanje sposobnosti zakorjenjivanja crne joha uvjetovano je i uspješnim otklanjanjem negativnih efekata rasta (plagiotropnosti) povećanjem broja pasaža sukcesivnim razmnožavanjem reznicama.

ZAKLJUČCI - CONCLUSIONS

1. Obična breza i crna joha može se uspješno klonirati makropropagacijom, i to autovegetativnim i heterovegetativnim razmnožavanjem.

2. Obična breza može se uspješno heterovegetativno razmnožavati metodom postranog cijepjenja. Za cijepjenje se mogu upotrijebiti jednogodišnje i dvogodišnje plemke. Bolji rezultati postižu se cijepljenjem plemki visoko na deblcu podloge.

3. Obična breza se najbolje autovegetativno razmnožavala primjenom koncentracije hormona od 800 ppm (IBA ili IAA), a najveći uspjeh zakorjenjivanja reznicama postignut je juvenilnim ortetama do 8 godina.

Autovegetativno razmnožavanje adultnih stabala primarnim reznicama dalo je rezultate samo kod određenih genotipova s dobrim potencijalom zakorjenjivanja. Zakorjenjivanje stabala konačnog fenotipa (adulta) može se znatno povećati upotrebom reznica s cijepjenih adultnih stabala, sukcesivnim razmnožavanjem njihovih rameta u pasažama ili upotrebom reznickog materijala od izbojaka iz panja.

4. Selekcionirani adultni klonovi crne johe uspješno su heterovegetativno razmnožavani metodom postranog cijepjenja jednogodišnjim plemkama. Cijepljenjem sekundarnim plemkama, uzetim s primarnih cijepova, značajno je povećan primitak cijepova prema primarnim plemkama. Bolji su rezultati postignuti cijepljenjem nisko ili pri sredini dvogodišnjih podloga nego visoko na podlozi.

5. Najbolji rezultati razmnožavanja crne johe reznicama dobiveni su upotrebom koncentracije od 4 000 ppm IBA (indol maslačne kiseline). Autovegetativnim razmnožavanjem juvenilnih orteta crne johe, u dobi do dvije godine, dobiveni su uspješni rezultati sa zelenim i dormantnim reznicama.

Razmnožavanje adultnih stabala crne johe (50-90 godina) primarnim reznicama imalo je uspjeha samo kod određenih genotipova, usprkos većem potencijalu zakorjenjivanja te vrste od obične breze. To je postignuto tretmanima prethodnog cijepjenja i sukcesivnim (serijskim) razmnožavanjem reznicama proizvedenih rame-ta. Osim povećanja sposobnosti zakorjenjivanja sukcesivnim razmnožavanjem reznica u više pasaža, kod pojedinih klonova, eliminirana je pojava negativnog geotropizma (plagiotropnog rasta).

6. Tretiranje reznica sistemičnim fungicidima širokog spektra djelovanja nije se pokazalo djelotvornim na zakorjenjivanje reznica juvenilnih orteta crne johe prema netretiranim reznicama. Nisu utvrđene ni razlike u sposobnosti zakorjenjivanja crne johe između orteta podravske i posavske provenijencije.

7. Autovegetativnim razmnožavanjem reznicama obiju istraživanih vrsta utvrđen je izrazito smanjen uspjeh zakorjenjivanja s povećanjem dobi orteta.

8. Izrazite genotipske razlike u sposobnosti zakorjenjivanja reznica između klonova (genotipova) odlučujuće su za uspješno razmnožavanje kod juvenilnih orteta, a još više u adultnom stadiju. Genotipske razlike između klonova odlučujuće su i za uspješno heterovegetativno razmnožavanje obične breze i crne johe.

9. Tretiranjem hormonalnim sredstvima znatno je povećan uspjeh autovegetativnog razmnožavanja, osobito kod klonova koji imaju genetski potencijal zakorjenjivanja.

10. Kod obje istraživane vrste fiziološko stanje reznica bilo je vrlo značajno za sposobnost zakorjenjivanja. Evidentna je prednost upotrebe zelenih (nelignificiranih) prema dormantnim reznicama. Kod obične breze uspješnije su se zakorjenjivale reznice s vrha, a kod crne johe s baze izbojka.

LITERATURA - REFERENCES

- Alden, T., I. Dormling, C. Ehrenberg, H. Kellerstam & S. Persson 1977: Some methods for vegetative propagation. Vegetative propagation of forest trees-physiology and practice. Symp. in Uppsala, Sweden, 43-54.
- Besendorfer, V., B. Kolevska-Pletikapić, D. Papeš & M. Kršnik-Rasol, 1989: Plant regeneration in the root callus culture of *Betula pendula* Roth. Biol. Vestn. 37: 13-22.
- Besendorfer, V., & B. Kolevska-Pletikanić, 1990: In vitro multiple shoot induction and plant regeneration in *Betula pendula*. Acta Bot. Croat. 49: 41-46.
- Blake, T. J., & C. V. Bentley, 1985: Clonal propagation of forest trees by rooting of cuttings. Proc. of the Joint IEA/Forestry energy programme and FAO/Cooperative network on rural energy forest energy Conference and Workshop on: Research in Forestry for Energy, Rungstedgaard, Denmark, October 28-30, 2-41.
- Borojević J., 1989: Mogućnost poboljšanja genetske kvalitete sadnica crne johe (*Alnus glutinosa* L.) putem selekcije po fenotipu i genotipu. Diplomaska radnja, 87 pp.

- Borzan, Ž., A. Krstinić, W. J. Libby & M. Vidaković, 1983: Zakorjenjivanje reznica ranog i kasnog hrasta lužnjaka. Glasnik za šum. pokuse 21:213-222.
- Brown, C. L., 1981: Application of tissue culture technology to production of woody biomass. IEA Report N. E. 1981: 18, National Swedish Board for Energy Source Development, 23 pp.
- Buvat, R., 1955: Le meristeme apical de la tige. L'anne.Biologique, Serie 3, T. 31: 595-656.
- Dietrichson, J., 1981: Ortet selection of Norway spruce at age seven, and ramet performance after six propagation cycles. Symp. on Clonal Forestry, Uppsala, Sweden, April 8-9, 57-64.
- Eklundh, C., 1944: Arsbattertelse over Forenigen for vaxtforadling av skogstrad verksamhet under ar 1943. Sylven, Svensk Papp Tidn. 47: 1-38.
- Frölich, H. J., 1957: Die autovegetative Vermehrung durch Luftblegerverfahren. Silvae Genetica 6.
- Hartmann, H. T., & D. E. Kester, 1975: Plant propagation principles and practices. Prentice-Hall Inc., New Jersey, 662 pp.
- Hood, J. V., & W. J. Libby, 1978: Continuing effecting of maturation state in radiata pine and a general maturation model. Proc. Propagation of Higher Plants through Tissue Culture. Tech. Inf. Gen. U. S. D. Energy, 220-232.
- Huhtinen, O., & Z. Yahyaoglu, 1974: Das feue Blühen von aus Kalluskulturen herangezogenen Pflanzchen bei der Birke (*Betula pendula* Roth.). Silvae Genetica 23: 32-34.
- Gesto, M. D. V., A. Vazquez & E. Vierez, 1977: Rooting substances in water extracts of *Castanea sativa* and *Salix viminalis*. Physiol. Plant. 40: 265-268.
- Glavač, V., 1960: Crna joha u posavskoj i podravskoj Hrvatskoj, s ekološkog, biološkog i šumsko-uzgojnog gledišta. Disertacija, Zagreb.
- Glavač, V., 1962: O visinskom rastu crne joha u dobi do 20 godina. Šumarski list 11/12: 413-421.
- Janson, L., 1988: Wegetarywne rozmazanie drzew i krzewow. Panstwowe Wydawnintwo Rolnicze i Lesne, Waszawa, 160 pp.
- Janson, L., & B. Wcisłinska, 1982: Wplyw wieku, gatunku i klonu drzew matecznych brzozy na ukorzenianie sie zrzewow zielnych. Sylwan Nr 3: 23-28.
- Jensen, H., 1940: Flaskympningsmetoden och dess anvandbarhet inom Skogstradsforadlingen. Ibid. 45.
- Johnsson, H., 1951: Avkommeprovning av bjork-preliminara resultat fran unga forsoksplanteringar. Svensk Papperstidning 54.
- Johnsson, H., 1974: Genetic Characteristics of *Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh. Annales Forestales 6/4, JAZU, Zagreb, 133 pp.
- Jovanović, M., & A. Tucović, 1969: Neke odlike breza nastalih ukrstanjem vrsta breza sa različitim brojem hromozoma. Genetika 1/1.
- Kang, H., 1982: Components of a tree breeding plan. Proc. IUFRO Joint Meeting, Sensenstein, 119-135.
- Kleinschmit, J., 1983: Concepts and experiences in clonal plantations of conifers. Proc. of the 19th Meet. of the Can. Tree Improv. Assoc., Part 2, Toronto, August 22-26, 26-56.
- Kleinschmit, J., 1988: Scientific and practical experience with vegetative propagation of forest tree species. Seminar on reforestation methods after harvesting, in particular artificial regeneration, Eberswalde-Finow (GDR), 9-13 May, 11 pp.
- Komlenović, N., & A. Krstinić, 1987: Među populacijska i unutar populacijska varijabilnost nekih provenijencija crne joha (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.) u produkciji biomase i akumulaciji hraniva. Šum. list 10-12, 577-588.
- Krstinić, A., 1981: Problematika multiklonskih kultura stablastih vrba. Radovi 44, 119-125.
- Krstinić, A., & N. Komlenović, 1986: The Effect of Black Alder (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.) on the Growth of White Willow (*Salix alba* L.) Clones. 18th IUFRO World Congress, Ljubljana, Division 2, Vol. II, 435-445.
- Krstinić, A., N. Komlenović & M. Vidaković, 1990: Selection of White Willow Clones (*Salix alba* L.) suitable for growing in mixed plantations with Black Alder (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.) XIX World IUFRO Congress, Montreal, 20 p.
- Krstinić, A., Ž. Majer & D. Kajba, 1990: Utjecaj staništa i klonu na produkciju drvne mase u kulturama stablastih vrba na dunavskim adama kod Vukovara. Šum. list 1-2, 45-62.
- Larsen, C. M., 1946: Experiments with soft-wood (non-lignified) cuttings of forest trees. Forstl Forsogsv. Danm. 17/2, 289-443.
- Lepistö, M., 1970: Results of propagation tests conducted with cuttings in 1970. Metsa ja Puu 12: 5-7.
- Libby, W. J., 1981: What is a safe number of clones per plantations? Proc. IUFRO Meet. on Genetics of Host-Pest Interaction. Wageningen, 342-360.
- Libby, W. J., 1983: Potential of clonal forestry. Proc. of 19th Meet. of the Can. Tree Improv. Assoc., Part 2, Toronto, August 22-26, 1-11.

- Libby, W. J., 1983: The clonal option. Norsk Institutt For Skogforskning, 1432 As-NLH, Norway, 32 pp.
- Libby, W. J., 1987: Testing for clonal forestry. Ann. Forest. 13(1-2):69-7, Zagreb.
- Martin, B., & J. Guillot, 1982: Quelques essais de bouturage de laulne. Ministere de l'Agriculture, Revue Forestiere Francaise 34, 381-391.
- Meurman, O., & O. Pohjanheimo, 1940: Experiments by Propagation of Birch from cuttings. State Horticult. Inst. Finland.
- Mlinšek, D., 1957: Rast in gospodarska vrednost črne jelše. Tisk Murska Sobota, 32 pp.
- Niiranen, J., 1980: Methods used in cutting propagation of forest trees in Finland. Silva Fennica 14: 59-62.
- Passecker, F., 1947: Entwicklungsphasen und vegetativ vehrmehrung horziger gewaschses. Sentbl. Ger. Forst. u. Holzw. 70, pp 270.
- Perinet, P., & F. M. Tremblay, 1987: Commercial micropropagation of five *Alnus* species. New Forests 3, Martinus Nijhoff Publ., 225-230.
- Plantefol, L., 1951: Phylloxera et point végétatif. Scientia 45e annee, 6e serie, 91-98.
- Raulo, J., & V. Koski, 1977: Growth of *Betula pendula* Roth. progenies in southern and central Finland. Suomenkielinen seloste: Rauduskoivujalkelaistojen kasvu Etela-ja Keski-Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 90, 5, 39 pp.
- Rauš, Đ., 1975: Šuma crne joha (*Frangula - Alnetum glutinosae*, Rauš 1968) u bazenu Spačva. Šumarski list 11/12: 413-420.
- Rauš, Đ., & J. Vukelić, 1986: Vegetacijske i strukturne osobine fitocenoza obične breze (*Betula pendula* Roth.) na Psunju. Šumarski list 5/6: 177-187.
- Rauš, Đ., S. Matic, & B. Prpić, 1988: Istraživanja vegetacijskih i uzgojnih problema obične breze (*Betula pendula* Roth.) na području Slavonske Požege i Podravske Slatine. Stručni izvještaj, ZIS, Šumarski fakultet Zagreb, 16 pp.
- Robinson, T. L., & R. B. Hall, 1981: Approaches to European Alder Improvement. The 2nd North Central Tree Improv. Assoc. Meeting, Lincoln, 65-77.
- Saul, G. H., & L. Zsuffa, 1982: Vegetative Propagation of Alder (*Alnus glutinosa* L.) by Rooted Cuttings. Forest Research Note, No. 33, 3 pp.
- Scholz, E., 1960: Die vegetative Vermehrung der Braunmasebirke. For. -u. Jagd. Sonderheft »Forst. Samenplantagen« II: 52-55.
- Skenderović, J., 1990: Neke šumskouzgojne osobine obične breze (*Betula pendula* Roth) u panonskom gorju Hrvatske. Glas. Šum. pokuse 26: 361-377.
- Spethmann, W., 1982: Stecklingsvermehrung von Laubbaumarten. I. Versuche mit Ahorn, Esche, Eiche, Buche, Kirche, Linde, Birke. Allg. Forst-u. J. - Ztg., 153. Jg., 1/2: 13-24.
- Tervonen, A., 1981: Experiments in vegetative propagation by cuttings of broadleaf trees at Haapastensyrja. Tiedote 3, 8 pp.
- Trembley, F. M. & M. Lalonde, 1984. Requirements for *in vitro* propagation of seven nitrogen-fixing *Alnus* species. Plant Cell Tissue Organ Culture 3, 189-199.
- Vaclav, E., 1963: Svalcovita (korelska) briza. Monograph (typescript), Prague, 172 pp.
- Vaclav, E., 1974: Vegetative propagation of birch. N. Z. J. For. Sci. 4: 235-241.
- Vidaković, M., & A. Krstinić, 1984: Sjemenske plantaže listača u SR Hrvatskoj. Šumarski pregled, Br. 1-2/3-4: 41-63.
- Vidaković, M., & A. Krstinić, 1985: Genetika i oplemenjivanje šumskog drveća. Liber, Zagreb, 505 pp.
- Vukelić, J., & Ž. Španjol, 1990: Fitocenološki karakter čistih sastojina obične breze (*Betula pendula* Roth.) u području panonskih šuma bukve i jele (*Fagetum croaticum boreale abietetosum* Horv.) na Papuku. Šumarski list 9-10: 357-368.
- Wettstein-Wasterheim, W., 1952: Über die vegetative Vermehrung der Birke. Zuchter 23.
- Wühlisch, G. V., 1984: Propagation of Norway Spruce Cuttings Free of Topophys and Cyclophysis Effects. Silvae Genetica 33: 215-219.
- Zobel, B. J., 1982: Vegetative propagation in forest management operations. Proc. 16th Southern Forest Tree Improvement Conf., Blacksburg, VA., 149-159.
- Zsuffa, L., 1985: Concepts and experiences in clonal plantations of hardwoods. Proc. 19th Meeting of the Canadian Tree Impr. Assoc.

DAVORIN KAJBA

POSSIBILITIES OF CLONING FOR THE
SILVER BIRCH (*BETULA PENDULA* Roth.)
AND THE BLACK ALDER
(*ALNUS GLUTINOSA* (L.) Gaertn.)

Summary

The Silver Birch and the Black Alder can be cloned with success by the macropropagation, namely by the autovegetative and the heterovegetative propagations.

The efficient heterovegetative propagation of the Silver Birch is possible by the sidegrafting method. For the grafting purpose, the one- and two-year scions can be used. Better results are obtained with scions grafted high on a rootstock.

The best autovegetative propagation of the Silver Birch was when the concentration of hormones of 800 ppm (IBA or IAA) was used and the most efficient rooting of cuttings was obtained with the juvenile ortetes of age up to 8 years. The autovegetative propagation of adult trees using the primary cuttings gave results only for certain genotypes with good rooting potential. The rooting of trees of final phenotype (adult) can be greatly increased by using the cuttings from the grafted adult trees, by the successive propagation of their rametes in passages or by using the cuttings from stump offshoots.

The efficient heterovegetative propagation of the selected adult clones of Black Alder was made by the sidegrafting method with one-year scions. By the grafting of secondary scions, taken from the primary grafts, the rooting of grafts has been increased considerably with respect to the primary scions. Better results were obtained by grafting in the lower or mid part of the two-year rootstocks than by grafting high on a rootstock.

The best results in the propagation of Black Alder by means of cuttings were obtained when the concentration of 4 000 ppm (indole - butyric acid) was used. The autovegetative propagation of the juvenile ortetes of Black Alder, up to two years old, gave good results with both the winter and the summer cuttings. The propagation of Black Alder adult trees (50 - 90 years) by means of primary cuttings was efficient for some genotypes only, in spite of the higher rooting potential of this species than that of the Silver Birch. It was obtained by the treatments of previous grafting and by the successive (serial) propagation with cuttings from the rametes produced. In addition to the increased rooting capacity, the successive propagation with cuttings through several passages eliminated, in particular clones, the occurrence of the negative geotropism (the plagiotropic growth).

The treatment of cuttings with the systemic wide activity range fungicides did not prove to be efficient for the rooting of cuttings of the Black Alder juvenile ortetes in comparison with the non - treated ones. No differences in the rooting capacity for the Black Alder between the ortetes originating from Podravina and Posavina have been found either.

By the autovegetative propagation of cuttings of both species studied it is found out that there is the significant decrease in the rooting capacity with the increase of the ortete age.

The important genotypic differences in the rooting capacity of cuttings between clones (genotypes) are a determining factor for the efficient propagation of juvenile ortetes and even more in the adult stage. The genotypic differences between clones are important for the efficient heterovegetative propagation of both the Silver Birch and the Black Alder. The treatment by means of hormonal agents considerably increases the effects of the autovegetative propagation, in particular for the clones with the genetic rooting potential.

In both species studied, the physiological state of cuttings was of great importance for the rooting capacity. The advantage of the use of summer (not lignified) cuttings in relation to the winter ones is evident. For the Silver Birch better rooting has been noticed with cuttings coming from the offshoot top and for the Black Alder with those from the offshoot base.

Received May 7, 1992.

Accepted October 1, 1992.

Author's adress:

Davorin Kajba

Faculty of Forestry

41001 Zagreb, P.O. Box 178

Croatia

ĐURO KOVAČIĆ

ZAKON RASTA I NUMERIČKO BONITIRANJE ŠUMA

THE LAW OF GROWTH AND SITE CLASS DETERMINATION IN FORESTS

Prispjelo: 30. 4. 1992.

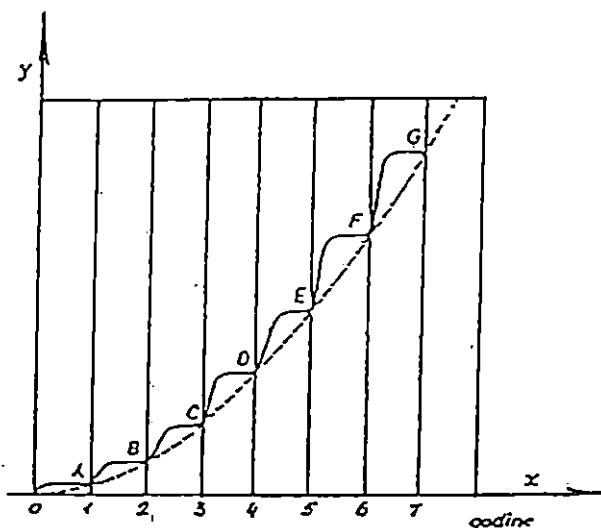
Prihvaćeno: 1. 10. 1992.

Numeričkim vrednovanjem šuma koristimo se u uzgajanju šumskih sastojina pri unapređivanju proizvodnje, prirodnoj obnovi te planiranju i procjeni vrijednosti drvene mase. U gospodarenju šumama pojava boniteta izražava se više u kvantitativnom smislu. Zbog toga se je pokušalo utvrditi koliko nam analitička predodžba zakona rasta može poslužiti kao pokazatelj boniteta. Vremenski tijek rasta prsnog promjera i visine predočen je tzv. »S« krivuljom. Brojni su čimbenici, ekološki, biološki i gospodarski, koji utječu na oblik krivulje rasta, koja je u određenom dužem vremenskom intervalu višestruko stepeničasta, nestabilna i različita. Fenomen rasta kao izuzetno kompleksan i kompliciran analitički je predočen funkcijom rasta s 4 parametra. Za testiranje funkcije upotrijebljeni su podaci prsnih promjera i visine srednjega sastojinskog stabla iz prirasno-prihodnih tablica više autora. Dobiveni rezultati potvrđuju da primijenjena funkcija može poslužiti ne samo za teoretsko izjednačavanje krivulja rasta promatranih obilježja postupkom interpolacije, nego i za računanje prognoze – ekstrapolacijom, pa se čak iz podataka zrelih sastojina dadu izračunati startni iznosi za izučavanje pokazatelje. Opisana metoda računanja poslužit će za istraživanje debljinskog i visinskog rasta i prirasta u modelu referentne sastojine.

Ključne riječi: pokazatelji boniteta, krivulja rasta, referentna sastojina

UVOD - INTRODUCTION

Prirast šumskih vrsta drveća ne odvija se kontinuirano. Posebno se to očituje u umjerenoj zoni gdje se izmjenjuju periodi prirašćivanja i periodi mirovanja. Analiziramo li rast bilo kojeg promatranog obilježja, na primjer visine stabla kao funkciju njezine starosti, prema H ü f f e l u, ta je funkcija diskontinuirana. Predočimo li taj rast u koordinatnom sustavu, pa kao nezavisnu varijablu naneseemo vrijeme (godine), a kao zavisnu odgovarajuću visinu u toj dobi, dobije se stepeničasta krivulja (na sl. 1. označena punom linijom). Ustvari je to niz malih krivulja rasta u vegetacijskim periodama prve, druge itd. godine. Spomenute krivulje međusobno su povezane pravcima koji odgovaraju periodima mirovanja. Inače, stvarna krivulja rasta je dvostruko stepeničasta, jer su zaobljeni dijelovi krivulje rasta, od \emptyset do A, A do B, B do C itd. (sl.1), također stepeničasti zbog dnevnih varijacija rasta. Širina i visina



Sl. - Fig. 1. Stepeničasta i izravnana krivulja rasta jednog stabla u visinu
(Huffel) - Stair-like and straightened height growth curve of one tree

pojedinih dnevnih i godišnjih stepenica, kao i oblici pravaca koji ih međusobno povezuju, uvjetovani su golemim brojem raznih unutarnjih i vanjskih čimbenika.

Rast i prirast visine, debljine i ukupno uzevši volumena drvene zalihe pojedinog stabla, ili cijele sastojine, neposredno ovisi o bonitetu stojbine. Brojne čimbenike koji dominantno karakteriziraju pojedinu stojbinu svrstavamo u nekoliko grupa:

- edafski** – u koje ubrajamo fizikalna i kemijska svojstva tla i njegovu dubinu,
- klimatski** – količina oborina, vjetrovi, svjetlost, toplina zraka i drugi,
- orografski** (reljefni) – geografska širina, nadmorska visina, oblik, ekspozicija i nagib tla i
- biološki** – viši i niži biljni i životinjski organizmi.

Ti čimbenici u pojedinim konkretnim slučajevima stvaraju bezbroj kompliciranih kombinacija koji izravno utječu na bonitet staništa. Prevladavaju li jedni od tih čimbenika, a nedostaju li drugi, jednako tako važni i potrebni, stvaraju se bolji ili lošiji uvjeti za rast i razvoj šumskog drveća i cijelih sastojina. Pri tome je važno uočiti da svaka pojedina kombinacija čimbenika sastojine uvjetuje njen bonitet.

Bonitet stobine je sposobnost da pojedino tlo u normalnim uvjetima i u određenom razdoblju proizvede po jedinici površine određenu količinu drvene zalihe. U gospodarenju šumama pojava boniteta stobine izražava se više u kvantitativnom nego u kvalitativnom smislu. Pri tome je nužno spomenuti da na kvantitativnu proizvodnju ukupne drvene zalihe, osim nabrojanih čimbenika stobine, utječe i međuzavisnost (interakcija) pojedinih stabala asocijacije, na koju se daje utjecati određenim gospodarskim mjerama, kao i unutarnja ekološko-biološka svojstva odabrane šumske vrste za dano stanište (provenijencija).

Svi nabrojani ekološki, biološki, pa i gospodarski čimbenici utječu na širinu i visinu dnevnih i godišnjih stepenica rasta bilo kojeg promatranog obilježja, pa su zbog toga ne samo njihov oblik nego i oblik njihovih međusobno poveznih linija izuzetno nestabilni. Zbog toga L e v a k o v i ć (1935) pronikavši teoretski i praktično u svu kompleksnost ovog problema navodi: »S obzirom na ove okolnosti, kao i neizbježive pogreške mjerenja, kojih je utjecaj skopčan sa sličnim posljedicama, ne može dakako o pravoj jednadžbi – funkciji rasta, da bude ni govora. To međutim još ne znači potpunu našu nemoć obzirom na analitičku definiciju toka rasta.«

S ekonomskoga gledišta nas se ne interesiraju sve naprijed opisane varijacije rasta pojedinog stabla u određenim kratkim razdobljima. Predmet našeg interesa je prosječan rast cijelih sastojina prema godišnjim prosjecima za intervale mnogo duže od jedne godine. Zbog toga za praktične gospodarske potrebe može se stepeničastu krivulju rasta na sl. 1. predočiti crtkanom krivuljom na istoj slici. To smo u mogućnosti učiniti jer obje krivulje daju identične vrijednosti za određeno obilježje rasta koncem svake pojedine godine. Ako sada promatramo razvoj visine, prsnog promjera ili drvene zalihe pojedinog stabla ili cijele sastojine kao funkcije starosti kroz duže razdoblje, krivulja koja predočuje tijek rasta promatranog obilježja ima oblik razvučenog slova »S« (vidi graf 1, krivulja (1)). Kao što je vidljivo u spomenutom grafu, krivulja rasta (1) u početku je konkavna, a nakon infleksije postaje konveksna, da bi potom postala sve položitija. To je poznata takozvana »S« krivulja koja se može primijeniti u šumarstvu, poljoprivredi, medicini i biologiji uopće, odnosno svuda tamo gdje istraživana obilježja, kao funkcije vremena, poprimaju opisani trend. Funkciju za tu krivulju izveo je A. L e v a k o v i ć (1935), pa je na taj način zakon rasta uspio analitički izraziti.

Pri izradi prirasno-prihodnih tablica susrećemo se s počecima bonitiranja šumskih stobina, koje se temelji na kvaliteti tla. Tako W e i s e (1880) pri izradi prirasno-prihodnih tablica za bor stobinske bonitete određuje prema mineralnom sastavu, sadržaju humusa, vlažnosti i ostalim karakteristikama tla. Nedugo zatim B r a z a (1881) dokazuje da ne postoji čvrsta veza između kvalitete tla i boniteta stobine. To je i razlog napuštanju bonitiranja stobine na temelju kvalitete zemljišta. Sve se više kao kriterij za bonitiranje primjenjuju dendrometrijski elementi sastojine kao što su drvena zaliha, srednja visina, dominantna visina, srednji prsni promjer, volumni prirast i drugi. »Tako na primjer, savez njemačkih pokusnih stanica u 1888. godini primijenio je za mjerilo bonitiranja drvenu masu kod 100-godišnje starosti« (M i h a j l o v 1940). Prosječnu visinu sastojine kao kriterij za izdvajanje boniteta

predlagao je B a u r još 1876. godine. Na osnovi tog kriterija obavljeno je bonitiranje u većem broju prirasno-prihodnih tablica unatoč podvojenim mišljenjima o dobrim i lošim stranama takva bonitiranja. S c h u b e r g (1880) ističe da u određenoj dobi srednja visina sastojine nije pouzdan indikator za bonitiranje jer je podložna utjecaju gustoće, pa osim visine predlaže uzimanje broja stabala, ukupne temeljnice i prosječni prsni promjer. Prema P h i l i p p u (1893) unutar istog boniteta i prosječne visine su toliko različite da bi trebalo posebno razdvajati rijetke, normalne i guste sastojine. Tu je tvrdnju osporavao S c h w a p p a c h (1893), navodeći da unutar istog boniteta ne postoji znatnija razlika među srednjim visinama sastojina, ukoliko su istom metodom proređivane.

Da bi se izbjegli ti prigovori C a j a n u s (1914) preporučuje također prosječnu visinu, ali najjačih stabala koja se obično razvijaju bez utjecaja drugih stabala, a na čiju prosječnu visinu znatnije ne utječe metoda proređivanja. Nadalje, poznat je

W e i s e o v indikator za bonitiranje izražen kao kvocijent $\left(\frac{V}{H}\right)$ između drvne zalihe

(V) i visine (H). Međutim, i tu se može prigovoriti da određena promjena drvne zalihe ne utječe proporcionalno na promjenu visine. S c h i f f e l (1904) nastoji

poboljšati prosječnu visinu kao indikator boniteta dodavajući kvocijent $\left(\frac{N}{d}\right)$, broj

stabala sastojine (N) i srednji prsni promjer (d), koji naziva »karakteristika sastojine«.

L e v a k o v i ć (1927) izvodi dvije formule, jednu za smreku, a drugu za bor, radi računanja boniteta stojbine na osnovi prosječnih vrijednosti sastojinske visine, promjera, starosti i broja stabala po jedinici površine. Ni te rezultate autor ne smatra definitivnima, nego je 1935. godine, kao što je već spomenuto, analitički definirao zakon rasta i predložio jednu novu ideju za određivanje indikatora bonitiranja.

U ovom radu pokušat će se predočiti koliko L a v a k o v i ć e v a funkcija krivulje rasta može poslužiti za numeričko bonitiranje šuma. Svi obračuni i crtanje grafikona izvršeni su osobnim elektroničkim računalom i crtačem (ploterom). I ovom prilikom zahvaljujem svojim suradnicima Krunoslavu Kovačiću i Vladimiru Volencu, diplomiranim inženjerima elektrotehnike, koji su pomogli oko automatske obrade podataka.

U točki minimuma dopunjci su jednaki nuli, tj. promjena parametara je nula:

$$\frac{\partial s}{\partial \alpha} = 0, \quad \frac{\partial s}{\partial \beta} = 0, \quad \frac{\partial s}{\partial \gamma} = 0, \quad \frac{\partial s}{\partial \delta} = 0;$$

$$\frac{\partial}{\partial \alpha} \sum_{i=1}^n (A_i \cdot \alpha + B_i \cdot \beta + C_i \cdot \gamma + D_i \cdot \delta - H_i)^2 = 0$$

$$\Rightarrow \sum_{i=1}^n (A_i A_i \alpha + A_i B_i \beta + A_i C_i \gamma + A_i D_i \delta - A_i H_i) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial \beta} \sum_{i=1}^n (A_i \alpha + B_i \beta + C_i \gamma + D_i \delta - H_i)^2 = 0$$

$$\Rightarrow \sum_{i=1}^n (B_i A_i \alpha + B_i B_i \beta + B_i C_i \gamma + B_i D_i \delta - B_i H_i) = 0$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial \gamma} \sum_{i=1}^n (A_i \alpha + B_i \beta + C_i \gamma + D_i \delta - H_i)^2 = 0 \\ \Rightarrow & \sum_{i=1}^n (C_i A_i \alpha + C_i B_i \beta + C_i C_i \gamma + C_i D_i \delta - C_i H_i) = 0 \\ & \frac{\partial}{\partial \delta} \sum_{i=1}^n (A_i \alpha + B_i \beta + C_i \gamma + D_i \delta - H_i)^2 = 0 \\ \Rightarrow & \sum_{i=1}^n (D_i A_i \alpha + D_i B_i \beta + D_i C_i \gamma + D_i D_i \delta - D_i H_i) = 0 \end{aligned}$$

Rješenjem tog sustava jednadžbi dobiju se dopunjci α , β , γ i δ koje treba pridodati odgovarajućim parametrima i postupak ponavljati dok dopunjci ne padnu na 0.

NUMERIČKI PRIKAZ ZAKONA RASTA NUMERICAL PRESENTATION OF GROWTH

Zakovitosti rasta visine, debljine i volumena analitički ćemo predočiti funkcijom rasta A. Levakovića (1935).

$$Y = \frac{A}{\left(1 + \frac{B}{X^D}\right)^C}$$

Dakako, primjena funkcije rasta nije moguća bez poznavanja konkretnih iznosa parametara A, B, C i D. Prije izvoda za izračunavanje navedenih parametara evo objašnjenja za upotrijebljene simbole;

h_i – mjerene vrijednosti ($i = 1 \dots n$, $n =$ broj mjerenja),

Y_i – izračunate vrijednosti = f_i ,

a_0, b_0, c_0, d_0 – početne vrijednosti parametara,

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – dopunjci odgovarajućih parametara,

$$x_i = Y_i - h_i,$$

$$h_i + x_i = Y_i = f_i(a, b, c, d),$$

Za izračunavanje spomenutih parametara potrebno je poznavati iznose a_0, b_0, c_0, d_0 koji moraju biti po iznosu bliski vrijednostima za a, b, c, d . Razlog za tako suženo područje konvergencije je zbog toga što je razvoj funkcije po Taylorovu redu izveden do prve derivacije. Dodavanjem viših derivacija proširilo bi se x područje konvergencije, ali bi se za svaku iteraciju trebao rješavati nelinearni sustav jednadžbi koji se proširuje s kvadratom stupnja uvedene derivacije. Brzina konvergencije bi se također povećala u smislu potrebnog broja iteracija, ali bi se vrijeme računanja parametara bitno povećalo radi rješavanja nelinearnog sustava u svakoj iteraciji.

U nastavku se daje izvod za računanje parametara po metodi najmanjih kvadrata prema *Levakoviću*, proširen za računanje parametra »D«.

$$a = a_0 + \alpha, \quad b = b_0 + \beta, \quad c = c_0 + \gamma, \quad d = d_0 + \delta$$

$$h_i + \varkappa_i = f_i(a_0 + \alpha, b_0 + \beta, c_0 + \gamma, d_0 + \delta)$$

Desnu stranu jednadžbe razvit ćemo po *Taylorovoj* formuli do prvog stupnja za funkcije četiriju varijabli.

$$h_i + \varkappa_i = f_i(a_0, b_0, c_0, d_0) + \frac{\partial f_i}{\partial a_0} \alpha + \frac{\partial f_i}{\partial b_0} \beta + \frac{\partial f_i}{\partial c_0} \gamma + \frac{\partial f_i}{\partial d_0} \delta;$$

$$f_i = \frac{a_0}{\left(1 + \frac{b_0}{X_i^{d_0}}\right)^{c_0}} = a_0 \left(1 + \frac{b_0}{X_i^{d_0}}\right)^{-c_0};$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial a_0} = \left(1 + \frac{b_0}{X_i^{d_0}}\right)^{-c_0} = A_i;$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial b_0} = \frac{-a_0 c_0}{X_i^{d_0}} \left(1 + \frac{b_0}{X_i^{d_0}}\right)^{-c_0-1} = B_i;$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial c_0} = -a_0 \left(1 + \frac{b_0}{X_i^{d_0}}\right)^{-c_0} \cdot \ln \left(1 + \frac{b_0}{X_i^{d_0}}\right) = C_i;$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial d_0} = a_0 c_0 \left(1 + \frac{b_0}{X_i^{d_0}}\right)^{-c_0-1} \cdot b_0 X_i^{-d_0} \cdot \ln X_i = \frac{a_0 b_0 c_0}{X_i^{d_0}} \left(1 + \frac{b_0}{X_i^{d_0}}\right)^{-c_0-1} \cdot \ln X_i = D_i;$$

$$h_i - a_0 \left(1 + \frac{b_0}{X_i^{d_0}}\right)^{-c_0} = H_i$$

$$\varkappa_i = A_i \cdot \alpha + B_i \beta + C_i \gamma + D_i \delta - H_i$$

$$s = \sum_{i=1}^n \varkappa_i^2 = \text{minimum, po metodi najmanjih kvadrata.}$$

Područje konvergencije se može bitno proširiti ako se u svakoj iteraciji iznosi dopunjaka prije zbrajanja podijele s velikim brojem (10^1 do 10^6), čime se osigurava ne samo područje konvergencije nego i sama konvergencija. Dijeljenjem dopunjaka smanjuju se (prigušuju) iterativne oscilacije koje zbog predalekih početnih parametara u nekim slučajevima prolaze kroz imaginarni prostor. Takvo dijeljenje također usporava vrijeme računanja parametara (do 10 minuta na PC AT 12 MHz), ali ne utječe na točnost dobivenih rezultata. Tu smo metodu nazvali metoda najmanjih

kvadrata s razvojem u Taylorov red i proširenim područjem konvergencije. Opisana metoda računanja parametara daje optimalna odstupanja, ili u slučaju divergencije ne daje nikakav rezultat. Problem divergencije može se riješiti povećanjem faktora prigušenja ili točnijim računanjem početnih parametara. Međutim, ako su optimalni parametri takvi da dio funkcije rasta leži u imaginarnom prostoru (uglavnom su to slučajevi kada je parametar $B < 0$), onda se moramo zadovoljiti rješenjem koje daje algoritam za računanje početnih parametara. Istraživanja su također pokazala da postupak za izračunavanje početnih vrijednosti parametara, koje nudi Levaković (1935), nije primjenljiv u većini slučajeva, zbog čega je uvedena posebna metoda za njihovo računanje.

Metoda računanja početnih parametara po Levakoviću (1935), navedena kao »elementarna metoda« sastoji se u tome da se iz skupa mjerenih točaka odaberu tri (u našem slučaju četiri) »karakteristične točke«, koje jednoznačno definiraju Levakovićevu funkciju rasta. Pri tome Levaković ne nudi algoritam za odabir »karakterističnih točaka«. Najčešće su to početni i završni parovi mjerenih vrijednosti te još dvije točke oko područja najvećih zakrivljenosti krivulje. Slijedeći problem je u tome što parametri dobiveni na taj način najčešće ne leže u području konvergencije metode najmanjih kvadrata s Taylorovim razvojem. Zadovoljavajuća poboljšanja u nekim slučajevima ne osigurava ni spomenuta modifikacija dijeljenja izračunatih dopunjaka u svakoj iteraciji.

Radi rješavanja tog problema u nastavku će se prezentirati posebna iterativna metoda za računanje početnih parametara s kojima se ulazi u modificiranu Levakovićevu metodu, čiji su parametri dovoljno precizni da osiguraju konvergenciju, pa čak i da posluže kao konačne vrijednosti parametara u slučaju divergencije.

Definirajmo funkciju $F(A, B, C, D)$ za konkretan skup mjerenih točaka (X_i, Y_i) , $i = 1 \dots n$, za čiju se sumu kvadrata odstupanja traži minimum.

$$F = \sum_{i=1}^n \left[Y_i - \frac{A}{\left(1 + \frac{B}{X_i^D}\right)^C} \right]^2 = \text{minimum}$$

Primjećujemo da su X_i i Y_i konstante za funkciju »F« koja, kako je spomenuto, ima četiri nezavisne varijable te joj je graf peterodimenzionalan, a naš zadatak je pronaći najnižu točku te peterodimenzionalne »planine«.

Kao što se vidi iz definicije funkcije »F«, sve mjerene točke sudjeluju u računanju početnih parametara, a ne samo tri (odnosno četiri) »karakteristične točke«, kako je to u svom radu opisao Levaković (1935). Iako se ovdje radi o iterativnom postupku (a ne rješavanju sustava četiriju linearnih jednadžbi), današnja računarska tehnologija omogućava izvođenje ovog mnogo kompleksnijeg i nesumljivo točnijeg proračuna početnih parametara za kojih desetak minuta.

Zbog iterativne prirode postupka i ovdje su potrebni početni parametri. Međutim, sam postupak je bitno manje osjetljiv na njihov izbor nego metoda najmanjih kvadrata s razvojem po Taylorovu redu, tako da se mogu dati jednostavne jednadžbe za početne parametre ovog postupka:

$$A_0 = 6 \cdot Y \text{ max}, B_0 = 2\bar{x}, C_0 = \bar{x}, D_0 = 1, F(A_0, B_0, C_0, D_0)$$

Time je definirana točka u peterodimenzionalnom prostoru iz koje se iterativnim postupkom spušta k minimumu funkcije »F«. Da bi se izračunao vektor smjera spuštanja u peterodimenzionalnom prostoru, potrebne su parcijalne derivacije funkcije »F« po varijablama A, B, C, D.

$$\frac{\partial F}{\partial A} = 2 \sum_{i=1}^n \left[Y_i - \frac{A}{\left(1 + \frac{B}{X_i^D}\right)^c} \right] \cdot \frac{-1}{\left(1 + \frac{B}{X_i^D}\right)^c},$$

$$\frac{\partial F}{\partial B} = 2 \sum_{i=1}^n \left[Y_i - \frac{A}{\left(1 + \frac{B}{X_i^D}\right)^c} \right] \cdot AC \left(1 + \frac{B}{X_i^D}\right)^{-c-1} \cdot \frac{1}{X_i^D} =$$

$$= 2 \sum_{i=1}^n \left[Y_i - \frac{A}{\left(1 + \frac{B}{X_i^D}\right)^c} \right] \cdot \frac{AC}{\left(1 + \frac{B}{X_i^D}\right)^{c+1}} \cdot \frac{1}{X_i^D}$$

$$\frac{\partial F}{\partial C} = 2 \sum_{i=1}^n \left[Y_i - \frac{A}{\left(1 + \frac{B}{X_i^D}\right)^c} \right] \cdot \frac{-A}{\left(1 + \frac{B}{X_i^D}\right)^c} \ln \left[\frac{1}{1 + \frac{B}{X_i^D}} \right] =$$

$$= 2 \sum_{i=1}^n \left[Y_i - \frac{A}{\left(1 + \frac{B}{X_i^D}\right)^c} \right] \cdot \frac{A}{\left(1 + \frac{B}{X_i^D}\right)^c} \ln \left(1 + \frac{B}{X_i^D}\right),$$

$$\frac{\partial F}{\partial D} = 2 \sum_{i=1}^n \left[Y_i - \frac{A}{\left(1 + \frac{B}{X_i^D}\right)^c} \right] \cdot AC \left(1 + \frac{B}{X_i^D}\right)^{-c-1} \cdot \frac{B}{X_i^D} \cdot \ln \left(\frac{1}{X_i}\right),$$

Nakon izračunavanja vektora smjera (uzima se samo predznak parcijalne derivacije) računaju se korekcije za svaki parametar prema ovim jednažbama.

$$A_1 = A_0 \left(1 - \varepsilon_A \cdot \operatorname{sgn} \frac{\partial F}{\partial A}\right),$$

$$B_1 = B_0 \left(1 - \varepsilon_B \cdot \operatorname{sgn} \frac{\partial F}{\partial B}\right),$$

$$C_1 = C_0 \left(1 - \varepsilon_C \cdot \operatorname{sgn} \frac{\partial F}{\partial C} \right),$$

$$D_1 = D_0 \left(1 - \varepsilon_D \cdot \operatorname{sgn} \frac{\partial F}{\partial D} \right),$$

$$\operatorname{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & ; x > 0 \\ 0 & ; x = 0 \\ -1 & ; x < 0 \end{cases}$$

$\varepsilon_A, \varepsilon_B, \varepsilon_C, \varepsilon_D$ – faktori s kojima se definira korektura odgovarajućeg parametra.

Svaka pojedina iteracija ponavlja se dokle god su moguća poboljšanja sume kvadrata za određene $\varepsilon_A, \varepsilon_B, \varepsilon_C, \varepsilon_D$, a kada se postigne minimum za taj raster, postupak se ponavlja s finijim rasterom, odnosno smajuju se $\varepsilon_A, \varepsilon_B, \varepsilon_C, \varepsilon_D$.

Teoretski, opisana metoda mogla bi dati iste rezultate kao i metoda najmanjih kvadrata s razvojem u Taylorov red (s tim što bi područje konvergencije bilo mnogo veće), ali zbog numeričkih grešaka elektroničkog računala, koje računa s ograničenim brojem decimala, u slučaju vrlo malih $\varepsilon_A, \varepsilon_B, \varepsilon_C, \varepsilon_D$ ne dobivaju se optimalni parametri zbog prirode same metode koja ne računa dopunke parametara nego njihove apsolutne iznose, pa se tijekom iteracije greška kumulira. Obično je dovoljno 100 do 200 iteracija da bi se dobili početni parametri s kojima metoda najmanjih kvadrata s razvojem u Taylorov red konvergira.

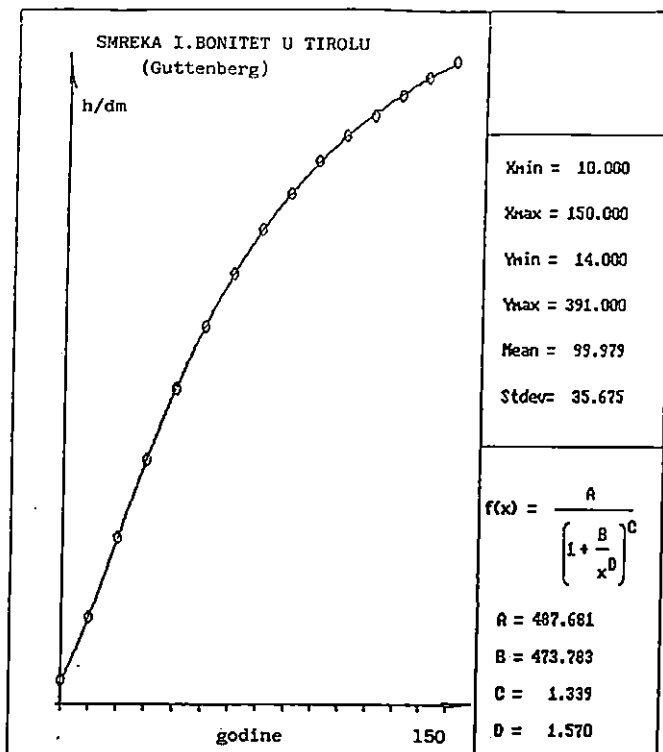
Opisana metoda poslužila je kao algoritam programa za osobno računalu kojim se izračunavaju četiri parametra Levačkovićeve funkcije rasta (1). Isti program računa maksimalni godišnji tekući prirast prema funkcijama pod (2) i (7) te ukupan iznos » Y_i « promatranog obilježja prema funkciji (6), kao i vrijeme (godinu) » X_i « kada se postiže maksimalni godišnji tekući prirast prema funkciji (5). Programom se također računa vrijeme (godina) kulminacije poprečnog prirasta » X_k « prema funkciji (12), kao i ukupan iznos istraživanog obilježja » Y_k « za tu dob prema funkciji (13). Najveći poprečni dobní prirast računa se prema funkcijama (14) i (17). Također na temelju dobivenih parametara programski se računa godina, ukupan iznos i godišnji prirast kada je promatrano obilježje manje za 5%, odnosno 10%, od linearnog trenda rasta.

Spomenute funkcije za izračunavanje pokazatelja boniteta izvedene su u poglavlju 4.0., a rezultati obračuna predočeni u tablicama 1. i 2.

IZRAČUNAVANJE PARAMETRA ZA LEVAKOVIĆEVU FUNKCIJU RASTA CALCULATION OF THE PARAMETERS FOR THE LEVA- KOVIĆ GROWTH FUNCTION

Za praktičnu primjenu računanja parametara opisanim metodama u poglavlju 2.0. poslužili smo se istim podacima kojim se koristio i Levačković (1935), a predstavljaju srednje sastojinske visine u decimetrima što ih je izmjerio Guttenberg za smrekov. I. bonitetni razred u Tirolu. (Vidi LEVTAB 9, DAT, u tablici 9,

LEVAKOVIĆ'S S-CURVE OF HEIGHT GROWTH
LEVAKOVIĆEVA S-KRIVULJA RASTA VISINE



X_{mj}	Y_{mj}	Y_{Lev2}	$Y_{Lev2} - Y_{mj}$	x_i	h_i	$a_{o A_i}$	H_i	Tablica 9.	
10.000	14.000	14.609	0.609	10	14	14.61	-0.61		
20.000	53.000	52.417	-0.583	20	53	52.43	+0.57		
30.000	100.000	99.815	-0.185	30	100	99.84	+0.16		
40.000	147.000	147.316	0.316	40	147	147.34	-0.34		
50.000	190.000	190.494	0.494	50	190	190.52	-0.52		
60.000	228.000	227.985	-0.015	60	228	228.01	-0.01		
70.000	260.000	259.871	-0.129	70	260	259.90	+0.10		
80.000	287.000	286.778	-0.222	80	287	286.80	+0.20		
90.000	310.000	309.462	-0.538	90	310	309.48	+0.52		
100.000	329.000	328.639	-0.361	100	329	328.66	+0.34		
110.000	345.000	344.928	-0.072	110	345	344.95	+0.05		
120.000	358.000	358.842	0.842	120	358	358.86	-0.86		
130.000	370.000	370.799	0.799	130	370	370.82	-0.82		
140.000	381.000	381.136	0.136	140	381	381.15	-0.15		
150.000	391.000	390.128	-0.872	150	391	390.14	+0.86		
$\sum (Y_{Lev2} - Y_{mj})^2 = 3.706\ 231$				$\sum (h_i - a_{o A_i})^2 = 3,7213$					
a = 487,701 0464, b = 473,327 3355, c = 1,338.810 808, d = 1,569 983 831									

godine (x_i) od 10 do 150 godina, i visina (h_i) od 14 do 391 decimetar. Autor navodi da su to već izjednačeni iznosi, no ne po metodi najmanjih kvadrata nego uglavnom grafički i odoka.

Analitičko izjednačenje, treći stupac a_0A_1 , izračunato je na osnovi dobivenih parametara na dnu tablice:

$$a = 487,701\ 0464, \quad b = 473,327\ 3355, \quad c = 1,338\ 810\ 808, \quad d = 1,569\ 983\ 831.$$

Teoretski izjednačeni rezultati svojim iznosima vrlo su bliski mjerenim i, kako kaže autor, prema iznosima četvrtog stupca ne doseže diferencija H_i nigdje ni iznos od 9 cm. U godinama 120, 130, 150. razlika iznosi 8,2 do 8,6 cm. Ukupna suma kvadrata odstupanja između mjerenih (h_i) podataka i izravnatih (a_0A_i) iznosi 3,7213 decimetara.

Primijenivši modificiranu metodu za računanje parametara, dobivene su tako reći identične vrijednosti kao i prema $L e v a k o v i \acute{c} e v u$ proračunu (vidi parametre desno ispisane od grafa krivulje rasta).

$$A = 487,681, \quad B = 473,783 \quad C = 1,339 \quad D = 1,570$$

Suma kvadrata odstupanja između podataka izravnatih tim parametrima ($Y\text{-}Lev2$), i mjerenih (Y_{mj}), neznatno je još manja i iznosi 3,706 231 decimetar (lijevi dio tablice 9). Napomenimo da metoda računanja parametara, koju nudi $L e v a k o v i \acute{c} i m a$ ima dva nedostatka: neadekvatno računanje početnih parametara i vrlo usko područje konvergencije. Tom metodom računanja parametara mogli smo analitički predočiti naprijed opisani primjer i rast visina srednjega sastojinskog stabla za IV. bonitet hrasta iz $W i m m e n a u e r o v i h$ prirasno-prihodnih tablica, a za sva druga analitička izjednačenja zakona rasta, predočena u ovom radu, morali smo modificirati metodu računanja parametra. Originalna $L e v a k o v i \acute{c} e v a$ metoda najmanjih kvadrata s razvojem u $T a y l o r o v$ red poboljšana je tako što su dopunjci podijeljeni. Na taj je način prošireno područje konvergencije, a dobivenim parametrima uspjelo se vrlo precizno aproksimirati visinske krivulje rasta iz $K l e p \acute{c} e v i h$ (1976) prirasno-prihodnih tablica i za $W i m m e n a u e r o v$ III. bonitet. Ostale uzorke uspjelo se analitički predočiti tek kada smo početne parametre računali posebnom iterativnom metodom. Postupak računanja parametara opisan je u poglavlju 2.0. Posebna iterativna metoda služi za što točnije računanje početnih parametara s kojima ulazimo u modificiranu $L e v a k o v i \acute{c} e v u$ metodu, u kojoj smo dijeljenjem dopunjaka proširili područje konvergencije. Takva kombinirana metoda daje optimalno točne rezultate s obzirom na sumu kvadrata odstupanja. Međutim u pojedinim slučajevima može se dogoditi da je takav optimalan rezultat postignut uz negativnu vrijednost jednog od parametara (najčešće »B«), što je za praktičnu primjenu beskorisno, pa se zadovoljavamo početnim parametrima koji su u pravilu dovoljno točni (na primjer izravnavanje promjena za $W i m m e n a u e r o v$ I. bonitet).

Na opisan način analitički su izjednačene sve ostale krivulje rasta srednjeg promjera i visina predočenih u ovom radu. Za promjere i visine srednjeg stabla hrasta iz $W i m m e n a u e r o v i h$ prirasno-prihodnih tablica možemo reći da su najrepre-

zentativniji. To znači da je W i m m e n a u e r svoje tabelirane podatke sasvim precizno izračunao iz jednog vrlo opsežnoga, za ono vrijeme i dovoljno reprezentativnog uzorka. Dakako da se time ne osporava točnost i preciznost u računanju nijednom od spomenutih autora, već se ovdje radi o jednoj vrlo kompleksnoj problematici, pa krajnja upotrebljivost dobivenih rezultata zavisi od reprezentativnosti upotrijebljenog uzorka. Zasad recimo samo to da rezultati ovih istraživanja upućuju na zaključak da današnje naše stručne (praktične i teoretske) spoznaje još nemaju dovoljno elemenata za odabir početnog uzorka istraživanja koji bi bio dovoljno reprezentativan za rasvjetljavanje stručnog problema, kao što je numeričko bonitiranje šuma. Tom problemu naknadno ćemo posvetiti više pažnje nakon razmatranja i ostalih rezultata istraživanja.

Za visinske krivulje rasta I. boniteta hrasta lužnjaka (K l e p a c 1976) i hrasta kitnjaka (P a r d e 1962) kombiniranim metodom dobiveni su pozitivni parametri, a odstupanja između tabličkih i teoretski izravnatih podataka su vrlo mala, svega 0,017 m i 0,189 m (vidi tablicu 3. i tablicu 4). Međutim, oba su autora originalne tablične podatke dali od 30. godine naviše, pa njihove izravnate visinske krivulje rasta (vidi graf 5) nemaju točku infleksije. Zbog toga im podaci godišnjeg tečajnog prirasta visina imaju strogo padajući karakter, (vidi Tablica: 5).

Tablične podatke visinskih krivulja rasta za hrast I. boniteta (J ü t n e r 1955) i za hrast lužnjak I. boniteta (T r i f u n o v i ć 1966) nije bilo moguće analitički predočiti. Pretpostavlja se da je tome uzrok neselektivan uzorak ili neki drugi razlog. Te probleme u svojim radovima L e v a k o v i ć ni ne spominje. To je i razumljivo, jer se je kao teoretičar zadovoljio što mu je pošlo za rukom tako kompliciranu pojavu kao što je zakon rasta vrlo precizno analitički predočiti, bez pomoći računala, doduše, kako i sam kaže, uz dugotrajan i mukotrpan rad prezentirati i praktičnu primjenu. U svom radu ANALITIČKI OBLIK ZAKONA RASTENJA (Glasnik za šumske pokuse, broj 4, Zagreb, 1935. god.) u naslovu sadržanu pojavu L e v a k o v i ć je predočio s nekoliko formula. Na str. 223. spomenutog rada daje formulu (88) s tri parametra,

$$Y = \frac{a}{\left(1 + \frac{b}{x}\right)^c} \quad (88)$$

na str. 248. formula (159) ima četiri parametra. Za njihove karakteristike

$$Y = \frac{a}{\left(1 + \frac{b}{x^d}\right)^c} \quad (159)$$

autor navodi: »Što se tiče izračunavanja parametra za funkciju (159), ono je analogno ovome kod funkcije 88, samo je naravski (obzirom na veći njihov broj) sporije i mučnije nego za spomenutu jednostavniju funkciju. Zato je ali veća (i to mnogo veća) priljubljujivost funkcije 159 uz dadene y-nizove, nego li je to slučaj kod funkcije 88.«

Zbog skraćanja posla u računanju parametara, ali na uštrb točnosti, autor je iz formule (159) izveo još jednu formulu, i to kad je parametar $C = 1$, pa dobivamo novu formulu s tri parametra:

$$Y = \frac{ax^d}{b + x^d} \quad (163)$$

za koju kaže da je nešto praktičnije od formule (88), čak i s teoretskoga gledišta nešto bolja. Iako smo se bavili isključivo s primjenom funkcije (159), naša početna razmatranja potvrđuju taj navod.

U zaključnim napomenama citiranog rada *Levaković* kaže: »Radi potrebe vrlo opsežnog računanja nije dakako upotrebljivost funkcije (159) laka i račun po njoj brz, ali nam je zato data s njome mogućnost bonitiranja sasvim neprijepornog...« Točna je *Levakovićeva* ocjena da je njegova funkcija vrlo upotrebljiva, no, kako i sam kaže, limitirajući faktor njene šire primjene i upotrebljivosti je potreba višekratnih vrlo opsežnih proračuna u postupku računanja parametara, a i nedostatak adekvatnih tehničkih pomagala. Zbog svega toga autor je u nekoliko svojih radova uložio golem trud da bi ovaj vrlo kompleksan i kompliciran prirodni proces analitički izrazio. U koliko se zadovoljimo slabijom kvalitetom aproksimacije, onda je to postignuto formulama (88) i (163). U stručnoj literaturi više stranih, pa i domaćih autora neopravdano se osporava *Levakovićeva* funkcija rasta (159), na što ćemo se osvrnuti nešto poslije.

Danas kada imamo moćne, vrlo brze i točne računске strojeve, nije više problem šira i svestrana primjena vrlo upotrebljive *Levakovićeve* funkcije rasta. Kako je rečeno u poglavlju 2,0, izrađeni su programi pomoću kojih osobna računala obračunavaju parametre funkcije (159) prema svim opisanim modifikacijama, kao i ostale analitički izravnate podatke rasta i prirasta primatranih obilježja.

U višegodišnjim istraživanjima te problematike spomenutom funkcijom provjereni su na velikom broju podataka analitička izravnavanja krivulja rasta srednjega prsnog promjera, visine i volumena drvene zalihe. Zavisno od kvalitete uzorka, *Levakovićeva* funkcija na zadovoljavajući način, dapače vrlo precizno prati trend razvoja za sva tri spomenuta obilježja. Međutim, *Levaković* se za praktičan prikaz analitičkog izjednačenja koristio visinskom krivuljom rasta. Iako se funkcija rasta (159) može koristiti za analitičko izravnavanje srednjeg promjera, visine i drvene zalihe, s najmanje problema susrećemo se kod izravnavanja visina. Visinu stabla tretiramo kao izravno mjerljiv, dostupan i pouzdan pokazatelj boniteta, pa njen razvoj kao funkciju vremena možemo relativno točno utvrđivati i pratiti. Za razliku od visine, drvena zaliha je izveden (izračunat) element, u kojemu se promjer pojavljuje u kvadratnom obliku, visina u linearnom, a u postupku računa koristimo se konstantom (π) i promjenjivom veličinom (oblični broj). Zbog svega toga, u odnosu na visinu, drvena zaliha je mnogo manje točan podatak, a i u teoriji se preporučuje izučavanje trenda razvoja osnovnih elementarnih vrijednosti.

Debljina, odnosno promjer, također je elementaran podatak, u mjerenju čak i dostupniji od visine. Međutim, iz praktičnih razloga debljinu ne mjerimo pri dnu, gdje se izmjereni podatak odnosi na stvarnu starost stabla, nego je mjerimo u prsnoj visini na 1,3 m iznad tla. U istom radu izveo je *Levaković* funkciju rasta debljine u visini prsa (1,3):

$$Y = \frac{a}{\left(1 + \frac{b}{x}\right)^c} - \frac{a}{\left(1 + \frac{b}{t}\right)^c} \quad (136)$$

»Pošto je t kod jednog te istog individua (dotično skupine individua) konstantno, to i cijeli suptrahend jednadžbe (136) za taj isti individuuum izlazi kao konstanta.«

» t « – potreban broj godina da stablo naraste od visine panja do prsne visine 1,3 m iznad tla.

$$Y = \frac{a}{\left(1 + \frac{b}{x}\right)^c} - k \quad (138)$$

analogno za funkciju (159) izlazi

$$Y = \frac{a}{\left(1 + \frac{b}{x^d}\right)^c} - k \quad (160)$$

Budući da nemamo podatak za » t «, koliko je prosječno potrebno godina da srednje stablo naraste od nivoa panja do prsne visine, u našim izravnavanjima nije računata korekcija » k «. Ocjenjujući apsolutan iznos te korekcije, spoznalo se da je s obzirom na sistematsku grešku mjerenja promjera, grupiranja podataka u debljin-ske stupnjeve i ostalo, njeno značenje više teoretske nego praktične prirode, pa je za izravnavanje krivulja rasta promjera upotrijebljena funkcija (159).

ODNOS TEČAJNOGA GODIŠNJEG I PROSJEČNOGA DOBNOG ILI POPREČNOGA PRIRASTA

THE RELATION OF THE CURRENT ANNUAL AND THE AVERAGE AGE OR TRANSVERSAL INCREMENT

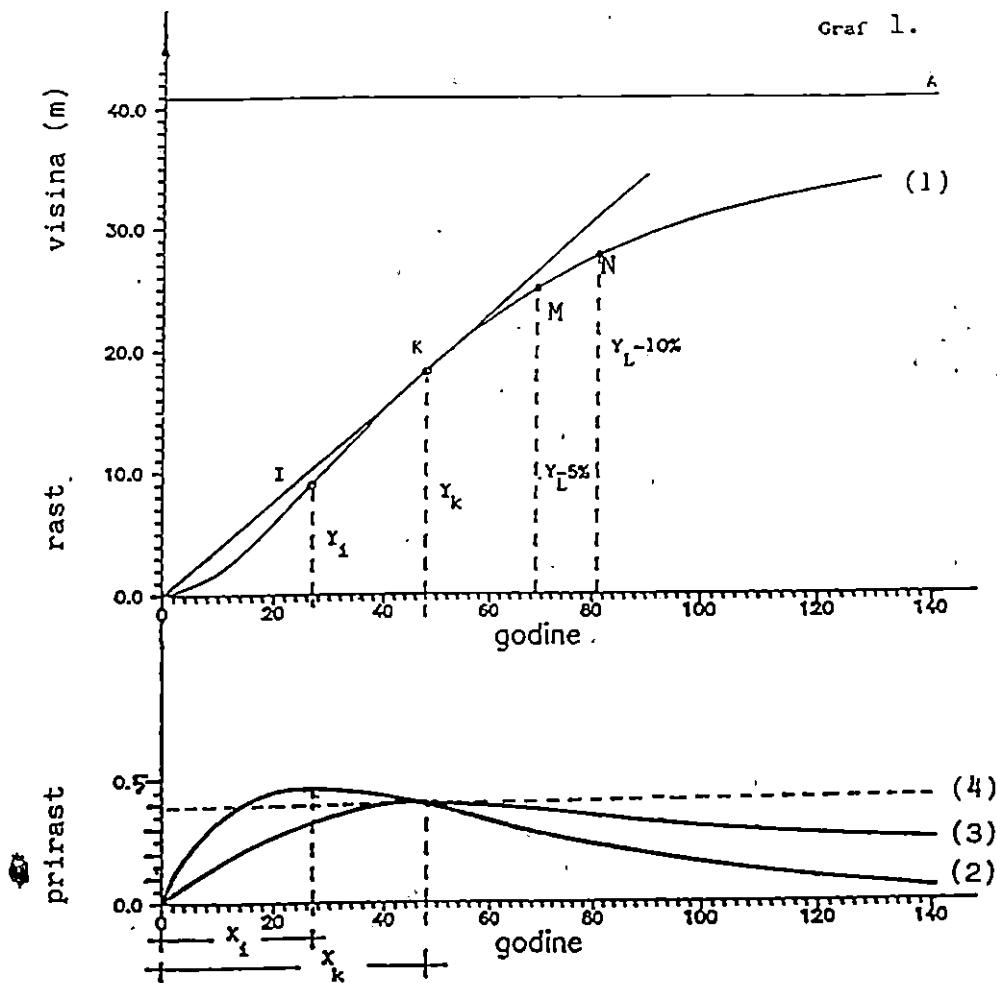
Razvoj visine, prsnog promjera ili drvne mase stabla kao funkcije starosti pokazuje tok rasta koji je sličan tzv. »S« krivulji. U početku je krivulja rasta konkavna, a potom konveksna kako je to predočeno u grafu 1, krivuljom rasta visine (1).

Rast stabla u određenom vremenskom intervalu zovemo prirastom. Prirast određenih dimenzija stabla tijekom jedne godine zovemo tečajnim godišnjim prirastom, a prosječni godišnji iznos tečajnoga dobnog prirasta zovemo poprečni dobnii prirast. U šumarskoj znanosti davno je uočena zakonitost između tečajnoga godišnjeg i prosječnoga dobnog ili poprečnog prirasta. Na praktičnom primjeru, visinskom rastu i prirastu srednjeg stabla iz prirasno-prihodnih tablica za hrast lužnjak (EGT II-G-13) / Cestar et al. 1989/ razmotrit će se veličina i odnos između tečajnoga i poprečnoga visinskog prirasta. Rast visine srednjeg stabla hrasta lužnjaka (graf 1) prethodno je analitički izjednačen L e v a k o v i ć e v o m funkcijom rasta, pri čemu su dobiveni parametri:

$$A = 40,8929, \quad B = 1509,7, \quad C = 0,9799, \quad D = 1,8295 \text{ (tablica 1)}$$

ANALITIČKO IZJEDNAČENJE VISINE SREDNJEG STABLA LEVAKOVIĆEVOM
FUNKCIJOM RASTENJA ZA HRAST LUŽNJAK S BUKVOM (EGT II-G-13)
IZ PRIRASNO PRIHODNIH TABLICA (D. CESTAR ET AL.)

Graf 1.



Krivulja rasta (1) u početku je više-manje položita, zatim postaje sve strmija, nakon toga mijenja smjer te postepeno postaje sve položitija. To se reflektira na krivulju tečajnoga prirasta (2), koja je u stvari prva derivacija krivulje rasta, a krivulja poprečnog prirasta (3) definirana je kvocijentom ordinate i apscise krivulje rasta. Kulminacija tečajnog prirasta odgovara točki (I) infleksije krivulje (1) u grafu 1, a kulminacija poprečnog prirasta nastaje uvijek kasnije i odgovara maksimalnom kutu pravca; koji povučen iz ishodišta koordinatnog sistema dodiruje krivulju (1) u točki (K), graf 1. Tečajni prirast jednak je poprečnom, kad ovaj posljednji kulminira»

(Klepac 1963). Ti će se navodi pokušati i analitički potvrditi Levakoviće-
vom (1935) funkcijom rasta:

$$Y = f(x) = \frac{A}{\left(1 + \frac{B}{X^D}\right)^c} = A \frac{X^{CD}}{(X^D + B)^C} \quad (1)$$

Prema teoriji poznato je da je točka infleksije nulta točka druge derivacije odabrane
funkcije, pa se deriviranjem izraza pod (1) dobiva:

$$Y' = ABCD \frac{X^{CD-1}}{(X^D + B)^{C+1}} \quad (2)$$

To je zvonolika lijevo asimetrična krivulja s maksimumom u x_i , a predstavlja
»trenutni« prirast po kojemu se u praksi također može računati tečajni godišnji
prirast sa zanemarivom greškom, jer jedna godina predstavlja relativno mali interval
 x osi. Tečajni godišnji prirast po definiciji jest razlika rasta promatranog obilježja
između dviju uzastupnih godina.

Naprijed je spomenuto da je točka infleksije (I) Levakovićeve funkcije
nulta točka druge derivacije, pa nakon deriviranja i sređivanja izraza pod (2) slijedi:

$$Y'' = ABCD \frac{X^{CD-2} [BCD - B - (D+1)X^D]}{(X^D + B)^{C+2}} = 0 \quad (3)$$

Primjećujemo da funkcija druge derivacije (3) ima dvije nulte točke, jednu za $x = 0$
i drugu kad se izraz unutar uglate zagrade izjednači s 0, pa imamo:

$$BCD - B - (D+1)x^D = 0 \quad (4)$$

iz čega slijedi:

$$X_i = \sqrt[D]{B \frac{CD-1}{D+1}} \quad (5)$$

s pripadajućim

$$Y_i = f(X_i) = A \left[\frac{CD-1}{(C+1)D} \right]^C \quad (6)$$

X_i - predstavlja godinu (vrijeme) u kojoj se dešava infleksija, odnosno maksimum
tekućega godišnjeg prirasta, a Y_i vrijednost funkcije u toj godini, dok maksimalni
tečajni godišnji prirast (tgp) iznosi:

$$\text{tgp}(X_i) = \frac{Y_{i+1} - Y_i}{X_{i+1} - X_i} \approx Y'(X_i) \quad (7)$$

U nastavku ćemo izvesti koordinate točke »K« funkcije rasta (1) /graf 1/ u kojoj
tangenta na krivulju prolazi kroz ishodište. Jednadžba pravca koji prolazi kroz
ishodište jest:

$$Y_k = a \cdot X_k \quad (8)$$

»a« – je koeficijent smjera pravca koji se može izraziti i kao iznos prve derivacije u točki (X_k)

$$a = Y'(X_k) = ABCD \frac{X_k^{CD-1}}{(X_k^D + B)^{C+1}} \quad (9)$$

što izjednačavanjem s »a« izraženim preko jednadžbe pravca daje:

$$\frac{Y_k}{X_k} = ABCD \frac{X_k^{CD-1}}{(X_k^D + B)^{C+1}}; \quad Y_k = f(X_k) = A \frac{X_k^{CD}}{(X_k^D + B)^C} \quad (10)$$

Nakon uvrštenja i sređivanja izraza pod (10) dobivamo:

$$\frac{BCD}{X_k^D + B} = 1 \quad (11)$$

iz čega slijedi:

$$X_k = \sqrt[D]{B(CD - 1)} \quad (12)$$

a vrijednost funkcije u toj točki iznosi:

$$Y_k = f(X_k) = A \left[\frac{CD - 1}{C \cdot D} \right]^C \quad (13)$$

kvocijent $\frac{Y_k}{X_k}$ predstavlja poprečni prirast u godini »K«.

To je ujedno i maksimalni poprečni prirast, što se može dokazati i izravno preko definicije poprečnog prirasta.

Označimo poprečni prirast – pp

$$pp = \frac{Y(X)}{X} = \frac{A \frac{X^{CD}}{(X^D + B)^C}}{X} = A \frac{X^{CD-1}}{(X^D + B)^C} \quad (14)$$

$pp = A \frac{X^{CD-1}}{(X^D + B)^C}$ predstavlja jednadžbu poprečnog prirasta.

Da bismo izračunali godinu (X) u kojoj poprečni prirast postigne maksimum moramo njegovu prvu derivaciju izjednačiti s nulom.

$$pp' = A \frac{X^{CD-2}(BCD - B - X^D)}{(X^D + B)^{C+1}} = 0 \Rightarrow BCD - B - X^D = 0 \quad (15)$$

iz čega dobivamo:

$$x = \sqrt[D]{B(CD - 1)} = X_k \quad (16)$$

Time smo dokazali tvrdnju vidi izraz pod (12) da poprečni prirast u godini »X_k« poprima maksimalnu vrijednost. Pomoću izračinatih parametara L e v a k o v i ć e v e funkcije rasta i izvedenih formula provjerit ćemo odnos tečajnoga godišnjeg i poprečnoga visinskog prirasta u danom primjeru. U točki infleksije čije su koordinate I (X_i, Y_i), gdje su: X_i – godine, Y_i – ukupna visina stabla, najveći je tečajni godišnji visinski prirast. Za izračunavanje traženih vrijednosti upotrijebit ćemo izraz za godine:

$$(5) \quad X_i = \sqrt[D]{B \frac{CD - 1}{D + 1}} = \sqrt[1,8295]{1509,7 \frac{0,9799 \cdot 1,8295 - 1}{1,8395 + 1}} = 27,26 \text{ god.}$$

ukupna visina (6)

$$Y_i = A \left[\frac{CD - 1}{(C + 1)D} \right]^C = 40,8929 \left[\frac{0,9799 \cdot 1,8295 - 1}{(0,9799 + 1)1,8295} \right]^{0,9799} = 9,22 \text{ m}$$

najveći tečajni godišnji visinski prirast:
prema (2)

$$Y' = ABCD \frac{X^{CD-1}}{(X^D + B)^{C+1}} =$$

$$= 40,8929 \cdot 1509,7 \cdot 0,9799 \cdot 1,8295 \frac{27^{0,9799} \cdot 1,8295 - 1}{(27^{1,8295} + 1509,7)^{0,9799 + 1}} = 0,473973 \text{ m/god.}$$

prema (7)

$$\text{tgP}(X_i) = \frac{Y_{i+1} - Y_i}{X_{i+1} - X_i} \approx Y'(X_i)$$

$$Y_{28} - Y_{27} = 9,577512 - 9,103565 = 0,473947 \text{ m.}$$

Najveći poprečni prirast je u točki »K« s koordinatama K(X_k, Y_k), gdje su X_k – godina, Y_k – visina stabla u godini X_k, prema (12) X_k = $\sqrt[D]{B \frac{CD - 1}{D + 1}} = 48,1321$ godina, za točku »K« vrijedi:

$$\text{pp}(X_k) = Y'(X_k) = \frac{Y_k}{X_k} = A \frac{\left[\frac{CD - 1}{CD} \right]^C}{\sqrt[D]{B(CD - 1)}} \quad (17)$$

$$\text{prema (14) pp}(X_k) = A \frac{X_k^{CD-1}}{(X_k^D + B)^C} = 0,381897 \text{ m/god.}$$

$$\text{prema (2) } Y'(X_k) = ABCD \frac{X_k^{CD-1}}{(X_k^D + B)^{C+1}} = 0,381897 \text{ m/god.}$$

$$\text{prema (17) } \frac{Y_k}{X_k} = A \frac{\left[\frac{CD-1}{CD} \right]^C}{\sqrt[D]{B(CD-1)}} = 0,381897 \text{ m/god.}$$

Pomoću relacije (12) izračunato je da » X_k « iznosi 48,1321 godina, poprečni visinski prirast u toj godini iznosi prema (14) 0,381897 m/godinu. Prema definiciji to je ujedno i najveći poprečni prirast izračunat prema (17), a isto toliko iznosi u toj godini i godišnji tečajni visinski prirast prema (2), čime je i numerički potvrđena tvrdnja da kulminacija poprečnog prirasta nastupa kada je on jednak tečajnom prirastu (vidi tablicu 1, Đ. Cesar II-G-13).

Krivulja rasta (1) u grafu 1. konstruirana je pomoću funkcija pod (1), krivulja (2) godišnjeg tekućeg prirasta pomoću funkcije pod (2) i (7), a krivulja poprečnog prirasta (3) prema funkciji pod (14), pravac pod (4) predstavlja derivaciju tangente na krivulju rasta u točki X_k .

INTERPRETACIJA DOBIVENIH REZULTATA I ZAKLJUČCI INTERPRETATION OF THE OBTAINED RESULTS AND CONCLUSIONS

Krivulja rasta, visina i promjera srednjega sastojinskog stabla iz prirasno-prihodnih tablica *W i m e n a u e r a*, *K l e p c a* i drugih autora analitički smo predočili funkcijom (1). Parametri funkcije računati su originalnom *L e v a k o v i ć e v o m* metodom, ili za većinu uzoraka modificiranom metodom koja je opisana u poglavlju 2.0.

Iz *L e v a k o v i ć e v e* funkcije rasta (1) izvedene su formule za računanje koordinata točke infleksije »I« (vidi graf 1, krivulja (1) kada nastupa kulminacija godišnjega tekućeg prirasta promatranog obilježja. Ukupan iznos promatranog obilježja » Y_i « računamo prema formuli (6), vrijeme kulminacije, godine » X_i « prema (5), a maksimalni godišnji tekući prirast »Pr« prema formulama (2) i (7).

Koordinate točke »K« graf 1, krivulja (1) i to » X_k « – godina kulminacije poprečnog prirasta, računamo prema formuli (12) i ukupan iznos promatranog obilježja » Y_k « dane godine prema formuli (13), kao i maksimalni poprečni prirast promatranog obilježja prema formulama (14) i (17). Također su analitičkim putem – funkcijom (1) računate godine (X_k) kada je ukupna vrijednost promatranog obilježja (Y_k) manja za 5%, odnosno za 10% od linearnog trenda rasta, kao i godišnji prirast (Pr) u danoj godini.

Karakteristične vrijednosti promatranih obilježja (vrijeme kulminacije, godišnji prirast i prirast ukupno) za tečajni prirast u točki »I« i iste vrijednosti za poprečni prirast u točki »K« nazvat ćemo pokazateljima (indikatorima boniteta).

PARAMETRI LEVAKOVIĆEVE FUNKCIJE ZA ANALITIČKI PRIKAZ RASTA I PRIRASTA VISINE SREDNJEG SASTOJINSKOG STABLA HRASTA LUŽNJAKA I KITNJAKA U PRIRASNO-PRIHODNIM TABLICAMA NAVEDENIH AUTORA

PARAMETERS OF THE LEVAKOVIĆ' FUNCTION FOR THE ANALYTICAL PRESENTATION OF THE HEIGHT GROWTH AND INCREMENT OF THE MEAN STAND TREE OF PEDUNCULATE AND SESSILE-FLOWERED OAK IN THE YIELD / INCREMENT TABLES OF THE QUOTED AUTHORS

Tablica 1.

AUTOR	A	B	C	D	$\sum(Y-Yt)^2$	XI		Pr.	Xk	Yk	Pr.	- 5%			- 10%				
						god.	a					god.	a	Kk	Yk	Pr.	Kk	Yk	Pr.
WIMMERAUER	I	44,0411	56,5435	1,5982	1,1785	0,0813	14	5,9	0,567	28	13,3	0,477	43	19,4	0,337	52	22,2	0,277	
	II	46,0993	30,7698	1,9196	0,9899	0,0351	14	4,8	0,449	29	11,1	0,383	46	16,7	0,281	57	19,6	0,233	
	III	41,1100	211,9290	1,1379	1,2485	0,0484	19	5,0	0,315	36	10,2	0,282	61	16,3	0,210	75	19,0	0,176	
	IV	37,4182	1886,0296	0,7767	1,5478	0,0237	25	4,8	0,216	47	9,5	0,201	83	15,9	0,153	104	18,8	0,127	
M. ŠPIRANEC	I	188,2512	4,1374	3,4862	0,4037	0,0091	2	1,3	0,709	4	2,7	0,685	10	6,4	0,554	14	8,6	0,500	
	II	55,1651	53,1461	1,2492	0,9573	0,0102	6	2,9	0,523	12	6,0	0,498	25	11,8	0,397	33	14,8	0,346	
	III	71,8353	16,6371	1,8640	0,6715	0,0073	4	1,7	0,449	8	3,4	0,428	20	8,1	0,347	28	10,7	0,304	
D. ČESTAR ET AL.	II-G-13	40,8929	1509,7000	0,9799	1,8295	0,4604	27	9,1	0,474	48	18,3	0,382	69	25,0	0,254	81	27,7	0,199	
	II-G-21	67,5079	29,8477	1,6829	0,8390	0,303	10	4,0	0,464	20	8,5	0,427	38	15,4	0,332	49	18,8	0,286	

PARAMETRI LEVAKOVIĆEVE FUNKCIJE ZA ANALITIČKI PRIKAZ RASTA I PRIRASTA PROMJERA SREDNJEG SASTOJINSKOG STABLA HRASTA LUŽNJAKA I KITNJAKA U PRIRASNO-PRIHODNIM TABLICAMA NAVEDENIH AUTORA

PARAMETERS OF THE LEVAKOVIĆ FUNCTION FOR AN ANALYTICAL PRESENTATION OF THE GROWTH AND INCREMENT OF THE MEAN STAND TREE OF THE PEDUNCULATE AND SESSILE-FLOWERED OAK IN THE QUOTED AUTHORS' YIELD AND INCREMENT TABLES

Tablica: 2.

A U T O R	A	B	C	D	$\Sigma(Y-yc)^2$	XI	YI	Pr.	Xk	Yk	Pr.	- 5%			- 10%			
						god	cm	god	cm	god	cm	Pr.	Xk	Yk	Pr.	Xk	Yk	Pr.
WIMMENAUER	I	1216,7217	0,1285	92,7694	0,2673	1,346	27	9,9	0,459	66	26,7	0,408	126	48,8	0,327	168	61,7	0,288
	II	1009,5773	0,1342	94,1090	0,2839	0,207	33	10,3	0,402	79	27,9	0,355	148	49,9	0,283	196	62,6	0,248
	III	759,6397	0,1276	111,0218	0,3174	0,164	44	11,5	0,343	104	31,0	0,299	189	53,6	0,235	247	66,3	0,205
	IV	744,4285	0,1895	83,9418	0,3283	0,2897	58	12,4	0,281	137	33,4	0,244	247	57,2	0,192	322	70,6	0,167
D. KLEPAC FARBE	I 1362	76,2070	2,1972·10 ⁻⁶	0,4646	3,0128	0,561	59	25,0	0,537	94	42,6	0,453	131	56,3	0,286	150	61,1	0,214
HRAST KITNJAK		302,8612	4,8770	8,1059	0,5891	2,2491	62	17,6	0,388	140	45,1	0,321	228	69,5	0,241	284	82,0	0,205
JUTNER	I	712,74	35,9867	2,6069	0,6071	3,730	69	22,7	0,381	150	52,6	0,350	293	97,5	0,281	390	123,0	0,244
M. ŠPIRANEC	I	102,4672	215,3605	1,6665	1,2846	0,0132	38	16,4	0,614	73	35,9	0,495	108	50,7	0,344	128	56,9	0,282
	II	98,9246	241,3696	1,7018	1,3071	0,0198	41	16,3	0,579	78	36,0	0,461	114	49,9	0,321	136	56,3	0,258
	III	169,6578	43,6591	2,7010	0,8943	0,0053	49	17,0	0,480	101	40,2	0,398	158	59,7	0,292	193	69,1	0,244
D. CESTAR ET AL.	II-G-13	88,1890	5,0744·10 ⁻⁴	0,6098	2,2013	1,4964	50	21,4	0,517	84	38,2	0,454	127	54,7	0,312	149	60,9	0,248
	II-G-21	244,4015	0,5753	27,5016	0,4630	0,697	27	9,6	0,501	62	25,8	0,417	103	40,8	0,317	130	48,7	0,271
D. TRIFUNOVIĆ	I	8100,0000	6,8545	5,3241	0,3201	0,878	57	29,1	0,567	137	73,4	0,536	328	167,0	0,449	479	231,0	0,400
	II	6664,7945	7,0117	5,2390	0,3244	0,700	57	25,3	0,494	135	62,9	0,466	322	142,6	0,390	468	196,3	0,348
	III	5834,7000	6,9637	5,2481	0,3209	0,410	54	20,5	0,421	130	51,8	0,398	313	118,4	0,334	457	163,7	0,298

Kovačić, D.: Zakon rasta i numeričko bonitiranje šuma. Glas. šum. pokuse 29:27-132, Zagreb, 1993.

IZJEDNAČAVANJE PROMJERA I VISINE LEVAKOVIĆEVOM FUNKCIJOM RASTENJA ZA SREDNJE STABLO HRASTA NA I. BONITETU IZ PRIRASNO-PRIHODNIH TABLICA NAVEDENIH AUTORA

EQUALIZATION OF DIAMETER AND HEIGHT BY THE LEVAKOVIĆ' FUNCTION FOR THE MEAN STAND TREE OF THE OAK ON THE SITE-CLASS I. FROM THE QUOTED AUTHORS' YIELD AND INCREMENT TABLES

Tablica 3.

God.	Wimmenauer I. bonitet						D. Klepac I. bonitet						God.
	dmj	dt cm	dt-dmj	hmj	ht m	ht-hmj	dmj	dt cm	dt-dmj	hmj	ht m	ht-hmj	
20	6,5	6,688	0,188	9,3	9,243	-0,057							20
30	11,0	11,263	0,263	14,1	14,237	0,137	10	10,013	0,013	16,30	16,247	-0,053	30
40	15,5	15,802	0,302	18,3	18,311	0,011	15	14,858	-0,142	19,40	19,457	0,057	40
50	20,5	20,210	-0,290	21,8	21,581	-0,219	20	20,043	0,043	22,30	22,350	0,050	50
60	25,0	24,460	-0,540	24,2	24,219	0,019	25	25,388	0,388	25,00	24,977	-0,023	60
70	29,0	28,548	-0,452	26,3	26,370	0,070	31	30,722	-0,278	27,40	27,352	-0,048	70
80	32,5	32,480	-0,020	28,1	28,147	0,047	36	35,888	-0,112	29,50	29,469	-0,031	80
90	36,0	36,264	0,264	29,6	29,632	0,032	41	40,760	-0,240	31,30	31,315	0,015	90
100	39,5	39,909	0,409	30,9	30,888	-0,012	45	45,246	0,246	32,85	32,883	0,033	100
110	43,0	43,425	0,425	32,0	31,962	-0,038	49	49,291	0,291	34,15	34,178	0,028	110
120	46,5	46,821	0,321	32,9	32,888	-0,012	53	52,878	-0,122	35,22	35,220	0,000	120
130	50,0	50,105	0,105	33,7	33,694	-0,006	56	56,016	0,016	36,06	36,042	-0,018	130
140	53,3	53,284	-0,016	34,4	34,400	0,000	59	58,734	-0,266	36,71	36,680	-0,030	140
150	56,5	56,366	-0,134	35,0	35,024	0,024	61	61,070	0,070	37,19	37,171	-0,019	150
160	59,5	59,357	-0,143	35,6	35,579	-0,021	63	63,070	0,070	37,51	37,547	0,037	160
	$\sum (dt-dmj)^2$		1,347	$\sum (ht-hmj)^2$		0,081	$\sum (dt-dmj)^2$		0,561	$\sum (ht-hmj)^2$		0,017	

dmj – promjer mjeran (iz tablica)
dt – promjer teoretski (izjednačen funkcijom A. Levakovića)

hmj – visina mjerena (iz tablica)
ht – height measured (from tables)

dmj – diameter measured (from tables)
dt – diameter theoretical (equalized by A. Levaković function)

ht – visina teoretska (izjednačena)
ht – height theoretical (equalized)

IZJEDNAČAVANJE PROMJERA I VISINE LEVAKOVIĆEVOM FUNKCIJOM RASTENJA ZA
SREDNJE STABLO HRATA IZ PRIRASNO-PRIHODNIH TABLICA NAVEDENIH AUTORA

EQUALIZATION OF DIAMETER AND HEIGHT BY THE LEVAKOVIĆ' GROWTH FUN-
CTION FOR THE MEAN OAK TREE FROM THE QUOTED AUTHORS' YIELD AND
INCREMENT TABLES

Tablica 4.

God	Pardé /1962/						Jüttner /1955/ I. bonitet				God.
	dmj	dt	dt-dmj	hmj	ht	ht-hmj	dmj	dt	dt-dmj		
	cm	cm		m	m		cm	cm			
30	4,5	5,036	0,536	10,6	10,849	0,249	4,2	4,746	0,546	20	
36	7,0	7,035	0,035	12,4	12,409	0,009	8,9	8,123	-0,777	30	
42	9,2	9,176	-0,024	14,0	13,891	-0,109	12,5	11,729	-0,771	40	
48	11,8	11,408	-0,392	15,5	15,303	-0,197	16,1	15,458	-0,642	50	
54	14,0	13,696	-0,304	16,8	16,651	-0,149	19,5	19,248	-0,252	60	
60	16,2	16,015	-0,185	18,0	17,938	-0,062	23,2	23,061	-0,139	70	
66	18,5	18,343	-0,157	19,1	19,166	0,066	26,8	26,873	0,073	80	
72	20,7	20,668	-0,032	20,3	20,338	0,038	30,5	30,666	0,166	90	
78	22,9	22,978	0,078	21,4	21,454	0,054	34,0	34,428	0,428	100	
84	25,2	25,265	0,065	22,4	22,515	0,115	37,8	38,153	0,353	110	
90	27,4	27,525	0,125	23,5	23,522	0,022	41,4	41,834	0,434	120	
98	30,2	30,487	0,287	24,7	24,781	0,081	45,0	45,468	0,468	130	
106	33,1	33,386	0,286	25,9	25,948	0,048	48,7	49,052	0,352	140	
114	36,0	36,218	0,218	27,0	27,026	0,026	52,3	52,585	0,285	150	
122	38,8	38,980	0,180	28,1	28,017	-0,083	55,9	56,066	0,166	160	
130	41,4	41,673	0,273	29,0	28,929	-0,071	59,5	59,494	-0,006	170	
140	44,9	44,942	0,042	30,0	29,953	-0,047	63,2	62,870	-0,330	180	
150	48,4	48,104	-0,296	30,9	30,869	-0,031	66,8	66,194	-0,606	190	
160	51,6	51,162	-0,438	31,7	31,683	-0,017	70,0	69,467	-0,533	200	
170	54,8	54,121	-0,679	32,4	32,405	0,005	$\sum (dt-dmj)^2$		3,730		
180	57,3	56,983	-0,317	33,0	33,045	0,045					
190	59,5	59,753	0,253	33,6	33,611	0,011					
200	61,8	62,434	0,634	34,1	34,112	0,012					
	$\sum (dt-dmj)^2$		2,249	$\sum (ht-hmj)^2$		0,189					

dmj – promjer mjerena (iz tablica)
dt – promjer teoretski (izjednačen funkcijom A. Levakovića)

hmj – visina mjerena (iz tablica)
hmj – height measured (from tables)

dmj – diameter measured (from tables)
dt – diameter theoretical (equalized by A. Levaković function)

ht – visina teoretska (izjednačena)
ht – height theoretical (equalized)

Parametri Levakovićeve funkcije za analitički prikaz rasta i prirasta visine srednjega sastojinskog stabla hrata u prirasno-prihodnim tablicama za četiri Wimmera uerova boniteta te hrata lužnjaka za tri Špirančeva boniteta (1975) i hrata lužnjaka u dva ekološko-gospodarska tipa iz Cestarovih prirasno-prihodnih tablica (1989) dani su u tablici 1. U Wimmerauerovim prirasno-prihodnim tablicama, a tako i kod drugih autora za viši redni broj boniteta (I, II, III, IV) pada vrijednost promatranog obilježja, u ovom slučaju visine srednjega sastojinskog stabla. U Levakovićevoj funkciji (1) apsolutan iznos parametra »A«

IZJEDNAČAVANJE GODIŠNJEG TEČAJNOG VISINSKOG PRIRASTA I UKUPNE VISINE LEVAKOVIĆEVOM FUNKCIJOM RASTENJA ZA SREDNJE STABLO HRASTA NA I. BONITETU IZ PRIRASNO-PRIHODNIH TABLICA

EQUALIZATION OF CURRENT ANNUAL HEIGHT INCREMENT AND TOTAL HEIGHT BY LEVAKOVIĆ' GROWTH FUNCTION FOR THE MEAN OAK TREE ON SITE-CLASS I. FROM THE YIELD AND INCREMENT TABLES OF THE QUOTED AUTHORS

Tablica 5

God. year	D. KLEPAC		PARDE		WIMMENAUER		M. SPIRANEC		D. CESTAR		God.
	Godišnji tečajni prirast	Visi- na height	Godišnji tečajni prirast	Visi- na	Godišnji tečajni prirast	Visi- na	Godišnji tečajni prirast	Visi- na	Godišnji tečajni prirast	Visi- na	
m e t a r a											
20	0,39	12,59	0,30	8,03	0,54	9,24	0,44	11,41	0,45	5,84	20
30	0,34	16,25	0,27	10,85	0,45	14,24	0,37	15,46	0,47	10,52	30
40	0,30	19,46	0,24	13,40	0,36	18,31	0,32	18,91	0,43	15,07	40
50	0,27	22,35	0,23	15,76	0,29	21,58	0,28	21,93	0,37	19,08	50
60	0,25	24,98	0,21	17,94	0,23	24,22	0,25	24,62	0,31	22,46	60
70	0,22	27,35	0,19	19,95	0,19	26,37	0,23	27,05	0,25	25,25	70
80	0,20	29,47	0,18	21,81	0,16	28,15	0,21	29,28	0,21	27,52	80
90	0,17	31,32	0,16	23,52	0,14	29,63	0,20	31,32	0,17	29,38	90
100	0,14	32,88	0,15	25,08	0,11	30,89	0,18	33,22	0,14	30,90	100
110	0,12	34,18	0,13	26,50	0,10	31,96	0,17	35,00	0,11	32,15	110
120	0,09	35,22	0,12	27,78	0,09	32,89	0,16	36,66	0,10	33,20	120
130	0,07	36,04	0,11	28,93	0,07	33,69	0,15	38,22	0,08	34,07	130
140	0,06	36,68	0,10	29,95	0,07	34,40	0,14	39,70	0,07	34,80	140
150	0,04	37,17	0,09	30,87	0,06	35,02	0,14	41,10	0,06	35,43	150
160	0,03	37,55	0,08	31,68	0,05	35,58	0,13	42,43	0,05	35,96	160
170	0,02	37,84	0,07	32,41	0,05	36,07	0,12	43,70	0,04	36,42	170
180	0,02	38,06	0,06	33,04	0,04	36,52	0,12	44,91	0,04	36,82	180
190	0,01	38,23	0,05	33,61	0,04	36,92	0,11	46,07	0,03	37,17	190
200	0,01	38,36	0,05	34,11	0,03	37,29	0,11	47,18	0,03	37,48	200

Parameters of Levaković' function
Parametri Levakovićeve funkcije

		A	B	C	D	$\sum(ht - hmj)^2$
D. Klepac	I. bonitet	38,9308	$1,2244 \times 10^9$	0,1441	4,3701	0,0175
Pardé	I. bonitet	38,7302	$1,0457 \times 10^6$	0,2748	2,7164	0,1893

označava da će zavisna varijabla, riječ je o visini na I. bonitetu, u beskonačnosti (∞) postići iznos od 44,04 m. Kako se smanjuje bonitet, tako se smanjuje i visina, pa je na III. bonitetu $A = 41,1$ m, a na IV. bonitetu $A = 37,4$ m. Sveukupna visina za II. bonitet s 46,099 m, unekoliko odudara od izračunatih podataka za ostala tri boniteta. Osim opisanog trenda da smanjenje boniteta prati i manja ukupna visina, što izuzev II. bonitet smatramo uglavnom realnim, i apsolutne iznose ukupnih visina na pojedinom bonitetu možemo prihvatiti kao numerički objektivne.

Što se ostalih parametara tiče, smanjenje boniteta prate i manji iznosi parametra »C«, dok vrijednosti parametra »B« i »D« rastu. Kako vidimo, izračunate vrijednosti za sva četiri parametra na II. bonitetu ne uklapaju se u trend rasta ili pada odgovarajućih parametara ostala tri boniteta. Dakako da se ne može reći koji su tome uzroci. Pretpostavljamo da na to pitanje decidirano nije mogao odgovoriti ni sam autor, jer se u to vrijeme nije raspolagalo s odgovarajućom analitikom, a i potrebnim tehničkim pomagalima kojima bi se tako kompleksna problematika detaljnije analizirala. Parametrima iz tablice 1. Levakovićevom funkcijom (1) analitički je izravnata visinska krivulja rasta posebno za svaki Wimmenauerov bonitet. Iz

sume kvadrata odstupanja između tabličnih i analitički izravnatih visina (tablica 1) vidimo da su teoretski izravnati podaci tako reći priljubljeni uz tablične. Ukupno kvadratno odstupanje najmanje je na IV. bonitetu, svega 2,37 cm, a najveće je na I: 8,13 cm. Bez obzira na zamjerke apsolutnim iznosima parametara na II. bonitetu ukupna razlika između izravnatih i tabličnih visina iznosi 3,51 cm. Bila su to ukupna kvadratna odstupanja među tabličnim i izravnatim podacima, a kako je to tijekom godina u visinskoj krivulji rasta na *Wimmenauer* u I. bonitetu, pogledajmo u tablici 3. U stupcu »hmj« dane su srednje visine po godinama iz tablica, stupac »ht« teoretske, pomoću dobivenih parametara *Levakovićevo* m funkcijom (1) izračunate su srednje visine u krivulju rasta. U stupcu (ht-hmj) najveća je razlika između teoretskih i tabličnih visina 21,9 cm u 50. godini, zatim je u 30. godini razlika 13,7 cm, a u ostalim godinama od 0,0 cm u 140. godini, pa samo po nekoliko centimetara (1,1 1,2 2,1 ... 5,7) i najviše 7,0 cm u 70. godini. Istu, odnosno još bolju kvalitetu izjednačenja između tabličnih i teoretskih visina, svega 1,7 cm, srećemo na *Klepčevu* I. bonitetu za hrast lužnjak (tablica 3) i nešto slabiju (tablica 4) za kitnjak u *Pardeovu* I. bonitetu 18,9 cm. To je ta karakteristika *Levakovićeve* funkcije (1) da je u mogućnosti vrlo precizno analitički predočiti zakon rasta promatranih obilježja koja su i te kako potrebna u gospodarenju šumama. To su neosporne činjenice koje su *Levakovićevoj* funkciji rasta pripisivali brojni domaći i inozemni istraživači. Međutim, ima toga što joj i osporavaju, o čemu će još biti riječi.

Uočenu zakonomjernost u apsolutnim iznosima parametara, ovisno o *Wimmenauer* u I. bonitetnim razredima, ne srećemo kod tri *Špirančeva* bonitetna razreda (tablica 1), a postoje i značajne razlike među apsolutnim iznosima parametara za dva *Cestaro*va ekološkogospodarska tipa II-G-13, hrast lužnjak s bukvom i II-G-21 hrast lužnjak sa žestiljem. Bez obzira na to ukupna kvadratna odstupanja između tabličnih i teoretskih visinskih krivulja rasta prihvatljiva su i kod *Cestara*, gdje iznose 30,3 do 46,0 cm, a naročito kod *Špirančeva* 0,7 do 1,0 cm. Nadalje, kod teoretskih visinskih krivulja rasta i krivulja tekućega godišnjeg visinskog prirasta za četiri *Wimmenauer*ova bonitetna razreda u grafu 3. i grafu 11. uočava se određena skladnost, dok u grafu 7. *Špirančeve* visinske krivulje rasta I. i II. boniteta kao da imaju tendenciju razilaženja, a II. i III. bonitet određeno približavanje. To se bez problema može i analitički provjeriti jer im poznajemo parametre, no o tome će još biti riječi. To bi uglavnom bili razlozi za ocjenu da je *Wimmenauer* pri izradi svojih prirasno-prihodnih tablica raspolagao s više-manje reprezentativnim uzorkom.

Parametrima za I. *Wimmenauer*ov bonitet (tablica 1) pomoću odgovarajućih formula, izvedenih iz *Levakovićeve* funkcije (1), izračunate su godine (X_i), ukupna visina (Y_i) i maksimum tekućega godišnjeg prirasta (Pr) zato što se spomenuti pokazatelji boniteta odnose na točku infleksije »I«.

Autor	godina	srednja visina m	srednji prsni promjer cm
<i>Wimmenauer</i> I.	14	5,9	4,04
<i>Pranjić</i> (1975)	14	7,0	5,00

Prema istraživanjima A. Pranjić (1975) kod hrasta lužnjaka kulminacija tečajnoga godišnjeg visinskog prirasta nastupa također u 14. godini, kao i u rezultatima izračunatim iz Wimmenerovih tablica. Međutim, u prosjeku je kod lužnjaka srednja visina za 1 m viša, a prsni promjer za 1 cm deblji. Špomenuta autorica navodi tečajni godišnji visinski prirast od 0,65 m za trinaestogodišnje stablo, dok je u tablici 1, za četrnaestogodišnje izračunat prirast (Pr) u iznosu 0,567 m.

Vratimo se još koordinatama točke »I« i visinskom prirastu u tablici 1. Izračunati podaci u točki infleksije i za ostale bonitetne razrede pokazuju logičan slijed. I kod II. boniteta nastupa kulminacija u 14. godini, ali je srednja visina niža 4,8 m, a maksimalni tečajni godišnji visinski prirast iznosi 0,449 m. Istu ocjenu možemo pridružiti i izračunatim rezultatima za III. i IV. bonitet.

U točki »K« kulminira poprečni visinski prirast. Istim parametrima i odgovarajućim formulama izračunato je vrijeme kulminacije godine (Xk), prosječna ukupna visina (Yk) i maksimalni poprečni visinski prirast (Pr). Evo tih rezultata iz tablice 1. za I. bonitet:

Autor	godina	srednja visina m	srednji prsni promjer cm
Wimmener I.	28	13,3	10,3
Pranjić (1975)	21	12,0	10,0

I ti rezultati potvrđuju da je hrast lužnjak, prema istraživanjima. A. Pranjić (1975) vitalniji u odnosu na izračunate rezultate iz Wimmenerovih tablica. Maksimalni godišnji poprečni visinski prirast u 28. godini iznosi 0,477 m. Podatak je izračunat dobivenim parametrima za I. bonitet pomoću formule (14) iz poglavlja 4.0. »Tečajni prirast jednak je poprečnom kad ovaj posjednji kulminira« (Klepac 1963). To znači da bismo istim parametrima, ali formulom (2) za tečajni godišnji prirast, trebali dobiti isti rezultat.

Provjerimo to:
formula (2)

$$Y = ABCD \frac{X^{CD-1}}{(X^D + B)^{C+1}} =$$

$$= 44,0411 \cdot 56,5435 \cdot 1,5982 \cdot 1,1785 \frac{28^{1,5982} \cdot 1,1785 - 1}{(28^{1,1785} + 56,5435)^{1,5982+1}} = 0,472 \text{ m}$$

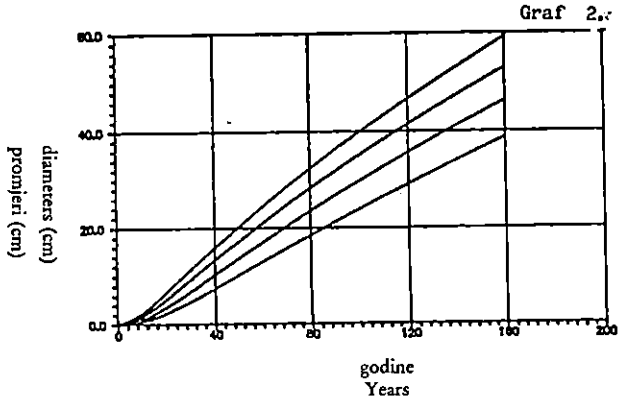
Rezultat je identičan, razlika od 0,5 cm nastala je zbog zaokruživanja. Na II. bonitetu poprečni visinski prirast kulminira godinu dana kasnije u 29. godini. Ukupna visina (Yk) 11,1 m je niža od visine I. boniteta, a također i maksimalni godišnji poprečni prirast (Pr) 0,383 m. Za ostala dva boniteta dobiveni rezultati imaju logičan slijed vrijednosti. U nastavku tablice 1. za sva četiri Wimmenerova boniteta izračunate su godine (Xk) kada je ukupna visina (Yk) manja za 5% odnosno 10% od linearnog trenda rasta, kao i godišnji prirast (Pr) u danim godinama. Interesantan je podatak da je već u 52. godini, na I. bonitetu, visina stabla

22,2 m i da predstavlja samo 90% linearnog rasta, a da je već u toj dobi visinski prirast ispod 30 cm, ili točnije 0,277 m. Apsolutni iznosi i ostalih ovdje izračunatih podataka logički slijede opadanje visine stabla godišnjeg prirasta zavisno od pada boniteta. To se ne bi moglo reći za dobivene rezultate kod Špirančeva tri boniteta, gdje na primjer infleksija na I. bonitetu nastupa već u drugoj godini, na II. bonitetu u šestoj, a na III. bonitetu logično bi bilo zbog slabijeg boniteta kasnije, kad ono u četvrtoj (?) godini. Sličan je slučaj i kod druge karakteristične točke »K«, gdje kulminira poprečni prirast. Dobivene vrijednosti za (Xk) po bonitetima iznose četiri, pa dvanaest i na III. najslabijem bonitetu u osmoj (?) godini. Bilo što sigurnije teško je reći i za izračunate pokazatelje koji se odnose na Cestárove prirasno-prihodne tablice. Pretpostavljamo da su bar dva razloga što je tomu tako. Prvo, struktura naših prirodnih šuma sasvim je neujednačena, pa u tako golemom prostranstvu različitosti nije jednostavno odabrati reprezentativan uzorak za izradu prirasno-prihodnih tablica. Drugi je razlog što ne samo spomenuta dva istraživača nego i svi drugi ne raspolažu s odgovarajućom analitikom, odnosno provjerenom metodom, kojom bi se sa zadovoljavajućom točnošću, a i dovoljno brzo mogle provjeriti sve karakteristične vrijednosti, njihovi međusobni odnosi, apsolutne vrijednosti i trendovi rasta ili pada u uzorcima koji su odabrani za tabeliranje.

Kao uzorci za testiranje analitičkog prikaza zakona rasta odabrane su prirasno-prihodne tablice za hrast lužnjak Klepca (1978), Špiranca (1975) i Cestara (1989). Tablice Wimmena uera odnose se na hrast (kitnjak i lužnjak), a tablice Pardea (1962) na hrast kitnjak. Temeljne podatke Parde je tabelirao za sastojine do 200 godina starosti, Klepaci i Wimmena uer do 160 godina, Špiranec do 150 godina, a Cestar do 140 godina. Rast visina srednjeg stabla po godinama iz prirasno-prihodnih tablica spomenutih pet autora analitički smo predočili Leva-kovičevom funkcijom rasta do 200 godina. To znači da je kod teoretskih visinskih krivulja rasta, osim Pardea, za zadnjih nekoliko desetljeća izvršena ekstrapolacija. Podaci za ukupne visine i godišnji tečajni visinski prirast, od 20. do 200. godine, predočeni su u tablici 5. Bez obzira na to što je na mjestu prigovor da su u usporedbi podaci za hrast kitnjak i hrast lužnjak, svakako je interesantno za tako dugo razdoblje od 190 godina iz tablice 5. usporediti teoretski izravnete podatke ukupnih visina i godišnjega tekućeg visinskog prirasta, koji se temelje na tabeliranim podacima spomenutih pet autora. U dvadesetj godini razlike u visinama su značajne, kod Cestara oko 6 m, a kod Klepca više nego dvostruko: 12,59 m. Točka infleksije, najveći tekući godišnji prirast je kod Wimmena uera u 14. godini, kod Špiranca u drugoj (tablica 1), a kod Cestara u dvadeset sedmoj godini, što se vidi i u tablici 5, u dvadesetj godini visinski prirast 0,45 m, naredne tridesete 0,47 m, a zatim 0,43 m. U visinskim krivuljama Klepca i Pardea nema infleksije, jer su tabelirane podatke dali od 30. godine naviše, a infleksija je bila prije toga. Kulminacija poprečnoga visinskog prirasta kod Cestara nastupa oko pedesete godine. U toj dobi već su tako reći podjednake visine kod Klepca, Wimmena uera i Špiranca okruglo oko 22 cm, kod Cestara 19,08 m, kod Pardea zaostaje, svega 15,76 m. U stotoj godini, izuzev Pardea, visine kod ostala četiri istraživača iznose 30,9 m (Cestar) do 33,22 m (Špiranec). U toj dobi godišnji visinski prirast iznosi u rasponu od 0,11 m (Wimmena uer) do 0,18 m (Špiranec). Od stote godine pa naviše godišnji visinski prirast iznosi svega desetak centimetara, a nedugo zatim i niže. Time je numerički potvrđena

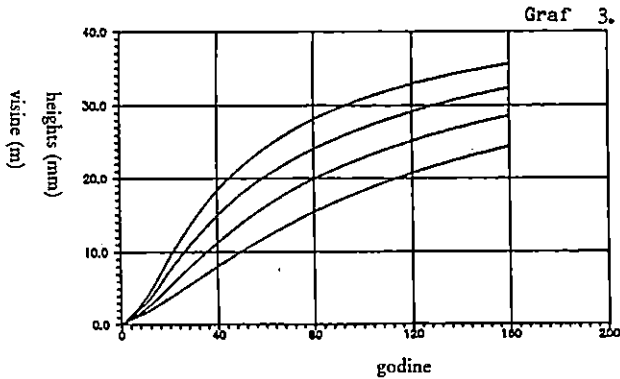
ANALITIČKO IZJEDNAČENJE PROMJERA I VISINA ZA HRAST IZ PRIRASNO-PRIHODNIH TABLICA NAVEDENIH AUTORA
POMOĆU LEVAKOVIĆEVE FUNKCIJE RASTA

Analytical equalization of diameters and heights for the oak from yield /increment tables of the quoted authors by means of the quoted authors

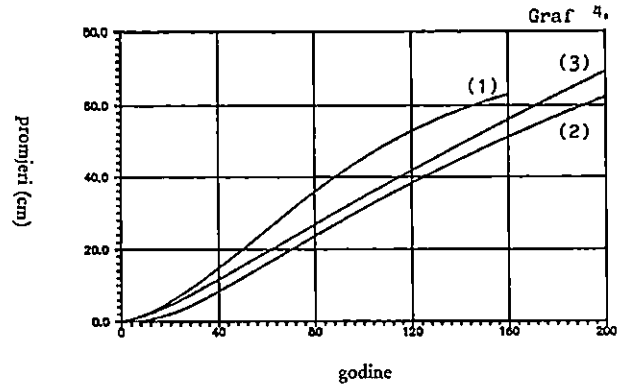


Visina srednjeg stabla, Wimmenauer I, II, III, IV. bonitet

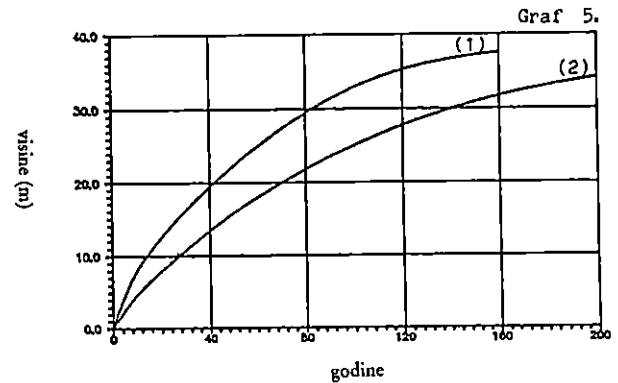
Mean tree height, W. site-class I, II, III, IV



Promjer srednjeg stabla, D. Klepac I, Parde (1962), Jütner I



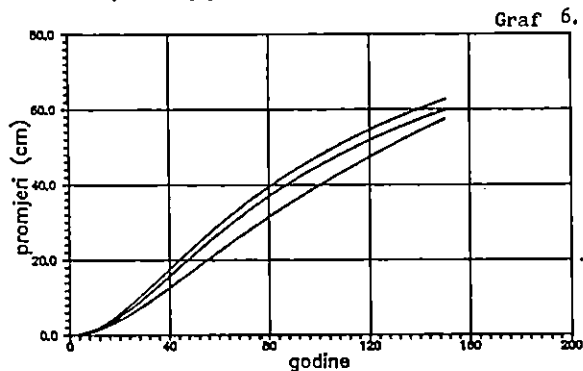
Visina srednjeg stabla D. Klepac I, Parde (1962)



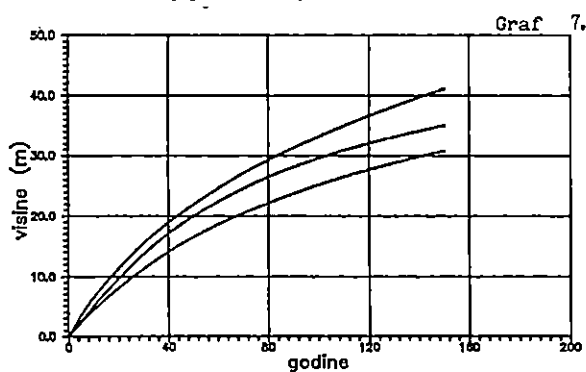
ANALITIČKO IZJEDNAČENJE PROMJERA I VISINA ZA HRAST IZ PRIRASNO-PRIHODNIH TABLICA NAVEDENIH AUTORA
 POMOCU LEVAKOVIĆEVE FUNKCIJE RASTA

Analytical equalization of diameters and heights for the oak from yield /increment tables of the quoted authors by means of the quoted authors

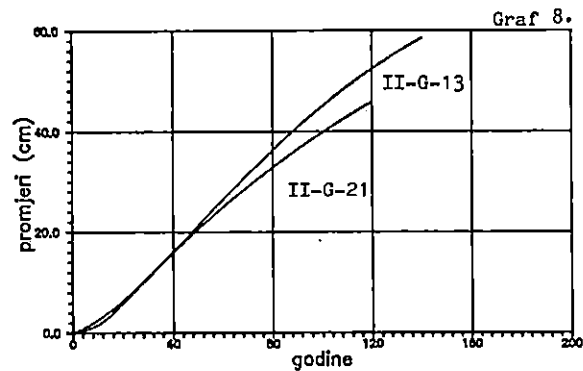
Promjer srednjeg stabla M.Špiranec I, II, I III, bonitet



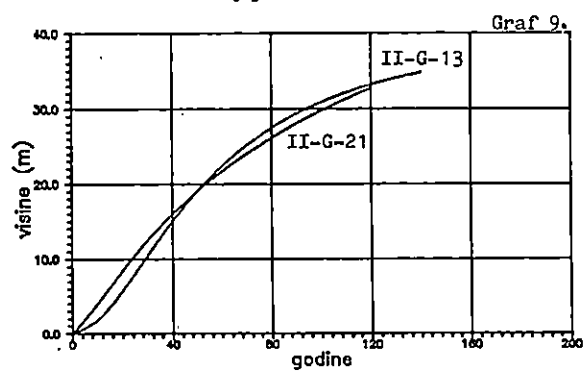
Visina srednjeg stabla M.Špiranec I, II, I III, bonitet



Promjer srednjeg stabla D. Cestar et al.

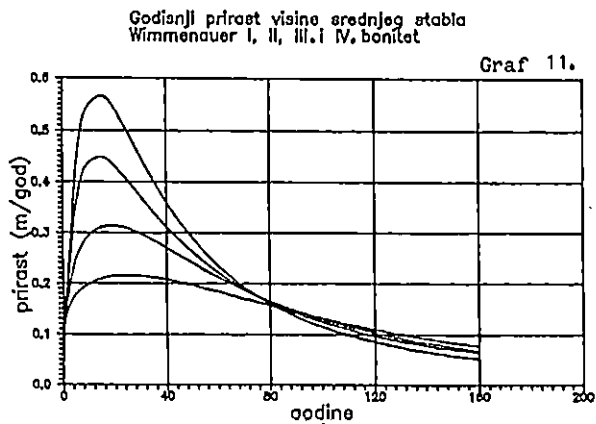
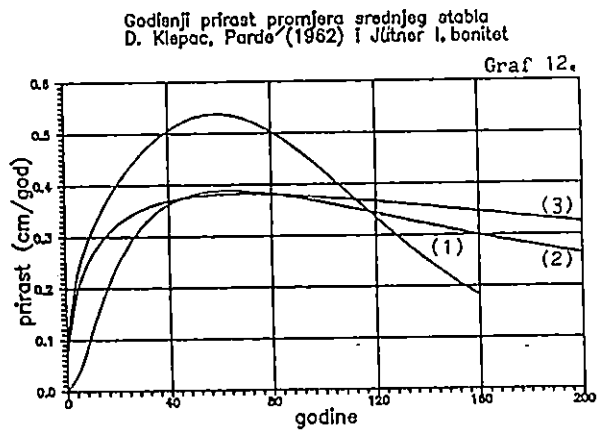
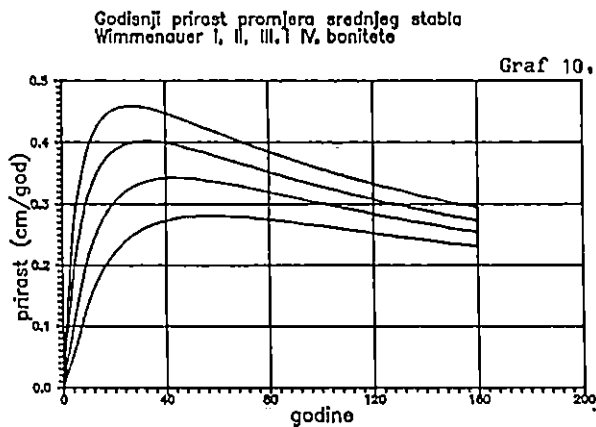


Visina srednjeg stabla D. Cestar et al.



ANALITIČKO IZJEDNAČENJE RASTA I PRIRASTA PROMJERA I VISINE ZA HRAST POMOĆU LEVAKOVIĆEVE FUNKCIJE PREMA PRIRASNO-PRIHODNIM TABLICAMA NAVEDENIH AUTORA

Analytical equalization of growth and diameter/height increment for the oak by means of Levaković' function according to the yield and increment tables of the quoted authors



izjava. D. Klepca da u hrastovini od 100. godine pa nadalje prirašćuje samo kvaliteta. Na kraju, u dvjestotoj godini dobiveni teoretski rezultati za ukupne visine poprimili su realne vrijednosti od 34 m (Parde) do 38 m (Klepca), jedino je diskutabilan podatak 47 m visine kod Špiranca, o čemu je već bilo riječi.

Istom su funkcijom analitički izjednačene i krivulje rasta debljina, odnosno prsnog promjera srednjog stabla iz prirasno-prihodnih tablica. Parametri krivulja rasta debljina, s koordinatama karakterističnih točaka »I« i »K« i ostalim pokazateljima boniteta za bonitetne razrede navedenih autora, predočeni su u tablici 2. Rezultati obračuna upućuju na zaključak da je Levakovićevo m funkcijom rasta moguće analitički vrlo precizno izravnati i krivulje rasta debljina, što je vidljivo iz ukupnih kvadratnih odstupanja između tabeliranih i izravnatih podataka. Najveće je takvo odstupanje (3,73 cm) u tablicama Jütnera I. boniteta, zatim kod Pardea za hrast kitnjak (2,25 cm), u ekološkogospodarskom tipu II-G-13 Cestara (1,50 cm) u tablicama Wimmena uerova I boniteta (1,32 cm), a u svim drugim slučajevima te su razlike manje od 1 cm. Razlike u tijeku empirijskog i teoretskog rasta srednjeg promjera po godinama numerički su predočene u tablici 3. i tablici 4, a grafički – krivuljom rasta u grafovima 2, 4, 6, 8. Smanjenje boniteta za Wimmena uerove bonitetne razrede od I. do IV. svojim trendom pada numerički prati parametar »A« Levakovićeve funkcije. Ti se podaci doduše odnose na beskonačnost, pa je zbog toga teško komentirati realnost srednjeg promjera od 12,16 m ili na IV bonitetu 7,44 m. U Šumarskoj enciklopediji Jovanović i Vukičević navode da je lužnjak »vrlo rašireno evropsko i zapadno azijsko listopadno drvo, koje doseže visinu i do 50 m, s promjerom do 2,5 m (zabilježena su stabla oko 6 m debela) i starošću do 2000 godina«. Za našu najstariju hrastovu šumu PRAŠNIK Matić (1979) navodi: »Danas je to specijalni rezervat šumske vegetacije koji ima 1487 stabala hrasta lužnjaka i 48 stabala običnoga graba i bukve. Starost hrastovih stabala iznosi 150–300 godina, prsni promjer im se kreće od 70 do 200 cm, dok u visinu dosižu i do 40 m, a pojedini primjerci imaju drvenu masu i više od 50 m³.« U svjetlu tih navoda izračunati maksimalni promjeri kod Klepca (76,2 cm), Špiranca II. bonitet (98,9 cm) i Cestara za II-G-13 (88,2 cm) unekoliko su preniski, ostali od promjera 1,02 m do 7,1 m u određenim teoretskim granicama realnosti, dok za podatke Trifunovića (1966) smatramo da nisu numerički objektivni.

I ovdje se kod Wimmena uerovi h bonitetnih razreda može uočiti zakonomjernost u padu kod parametra »C«, izuzev II. i III. bonitet, a porast kod parametra »B« i »D«, izuzevši parametar »B« na III. bonitetu. Takva su zakonomjernost ne uočava kod parametara za krivulje rasta debljina po bonitetnim razredima prirasno-prihodnih tablica Trifunovića (1966), Špiranca (1975) i Cestara (1989).

Dobivenim parametrima uz pomoć odgovarajućih formula izvedenih iz Levakovićeve funkcije rasta (1) izračunate su koordinate (X_i) godine, ukupan prsni promjer (Y_i), i to u vrijeme kada tečajni godišnji debljinski prirast (Pr) kulminira, jer se nalazi u točki »I« infleksije. Na Wimmena uerovu I. bonitetu godišnji tekući debljinski prirast kulminira u 27. godini kod prsnog promjera srednjeg stabla 9,9 cm i iznosi 0,459 cm. Gotovo identični rezultati izračunati su iz Cestarovih (1989) prirasno-prihodnih tablica za hrast lužnjak sa žestiljem (II-G-21) u 27. godini (X_i), kod prsnog promjera 9,6 cm i maksimalni godišnji tekući prirast (Pr) 0,501 cm. Pranjčić (1975) navodi: »Tečajni godišnji debljinski prirast maksimalnu vrijednost postiže u starosti 20 godina, kod prsnog promjera 9 cm i visine 10 m«. U slabijim

Wimmenauerovim bonitetnim razredima kulminacija tečajnoga debljinskog prirasta nastupa sve kasnije. Tako je na II. bonitetu u 33. godini, na III. u 44. godini itd. I ostali izračunati podaci za ukupan promjer (Y_i) i debljinski godišnji tečajni prirast (Pr) svojim vrijednostima odgovarajuće se mogu pridružiti pripadajućim bonitetnom razredu (vidi podatke u tablici 2. i krivulje u grafu 10). Takva zakonitost nije potpuna u Trifunovićevim podacima (1966). Iz Klepčevih prirasno-prihodnih tablica (1976) izračunato je da hrast lužnjak na I. bonitetu u 59. godini kod srednjega prsnog promjera od 25,0 cm ima maksimalni tečajni godišnji debljinski prirast 0,537 cm. Navedeni podaci izračunati su dobivenim parametrima pomoću formula (2), (5) i (6) iz poglavlja 4.0., a svojim apsolutnim iznosima vrlo su bliski izvornim Klepčevim podacima (vidi tablicu 3). U 60. godini (dmj) promjer tablični također iznosi 25,0 cm, a (dt) izravnat 25,388 cm.

Zanimljivo je također napomenuti da je prema krivuljama tečajnoga godišnjeg debljinskog prirasta za Wimmenauerov, Klepčev i Pardeov I. bonitet (graf. 10. i graf. 12) u 120 godini taj prirast podjednak i da iznosi oko 0,33 cm. Računskom provjerom pomoću formule (2) i pripadajućih parametara za pojedinu debljinsku krivulju rasta u 120. godini tečajni godišnji debljinski prirast za Wimmenauerov I. bonitet iznosi 0,3338 cm, Klepčev I. bonitet 0,335 cm i Pardeov I. bonitet 0,343 cm. Kulminacija poprečnoga debljinskog prirasta (Pr) na Wimmenauerovu I. bonitetu 0,408 cm nastupa u 66. godini kod prsnog promjera 26,7 cm. Iz podataka Klepčevih (1976) prirasno-prihodnih tablica izračunali smo da kulminacija poprečnoga debljinskog prirasta iznosi 0,453 cm u 94. godini kod srednjeg promjera 42,6 cm. Na osnovi istih parametara pomoću formule (2) izračunali smo u toj godini tekući godišnji debljinski prirast 0,4529 cm, dakle su identični.

Naglasimo i to da je prema Klepčevim prirasno-prihodnim tablicama u 150. godini debljinski prirast svega 10% manji od linearnog trenda rasta i iznosi 0,214 cm pri srednjem promjeru 61,1 cm. I taj izračunati podatak usporedimo s izvornim tabličnim podatkom (vidi tablicu 2) u 150. godini $dmj = 61$ cm. Vratimo se tablici 2. Gotovo je identičan srednji promjer (61,7 cm) za Wimmenauerov I. bonitet, ali u 168. godini. I drugi u toj tablici izračunati podaci u određenom smislu mogu poslužiti kao pokazatelji boniteta.

Uspoređujući tablične rezultate krivulja rasta visina i krivulja rasta promjera iz prirasno-prihodnih tablica više autora s teoretskim podacima za iste krivulje izravnate Levakovićevom funkcijom (1), zaključili smo da je zakon rasta promatranih obilježja spomenutom funkcijom moguće analitički predočiti vrlo precizno. Takva preciznost također je postignuta kada smo istom funkcijom izravnali veći broj krivulja rasta drvne mase. Unatoč tomu raspravu o izravnavanju volumena ostavimo za koju drugu zgodu.

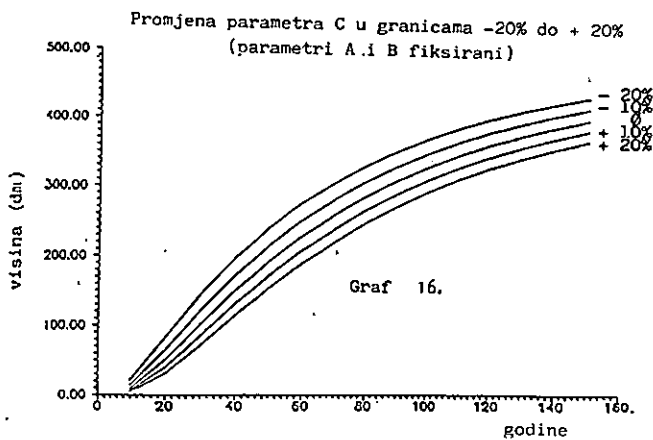
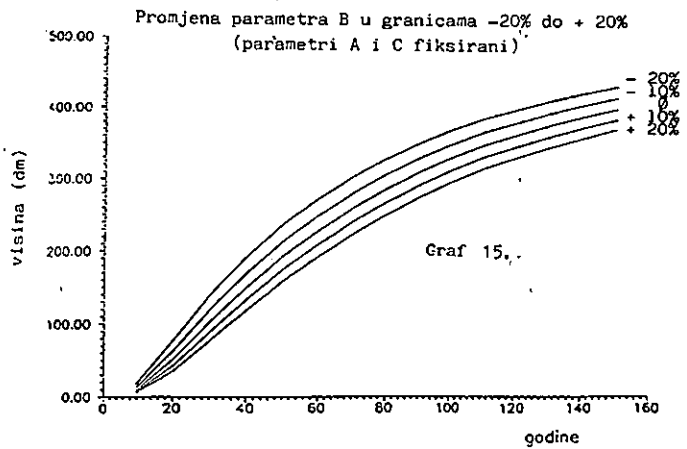
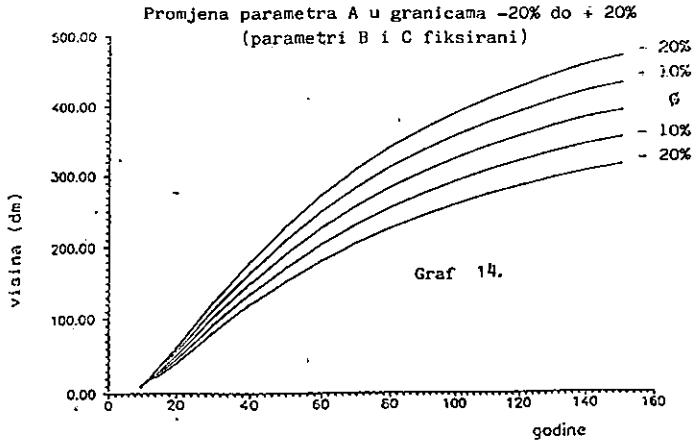
No, prisjetimo se metode računanja parametara koju je nudio Levaković. U pojedinim slučajevima nije bilo moguće teoretsko izravnavanje unatoč tomu što su za testiranje uzeti tabelirani, uglavnom na neki način već izravnati podaci krivulja rasta visina i promjera, pa je računanje parametara bilo nužno modificirati. Tomu je uzrok što je krivulja rasta spomenutih triju obilježja zbog velikog broja unutarnjih i vanjskih čimbenika na priraste i njihove prekide tijekom dana i vegetacijskoga perioda najmanje dvostruko stepeničasta.

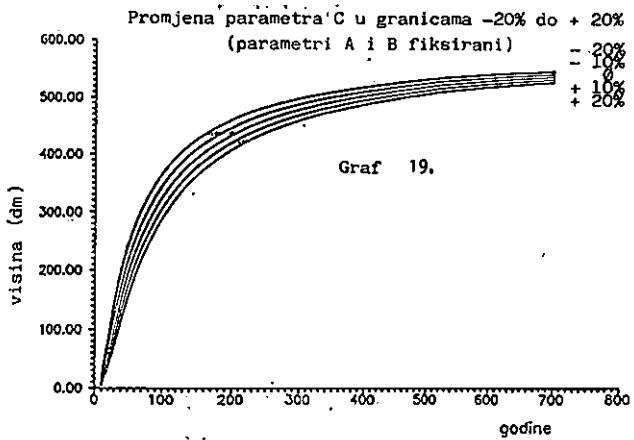
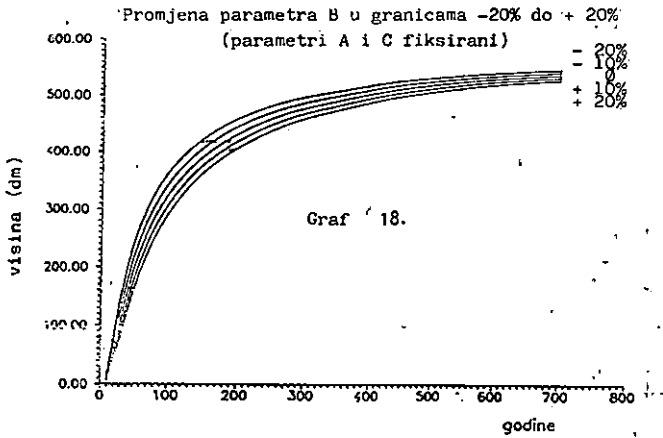
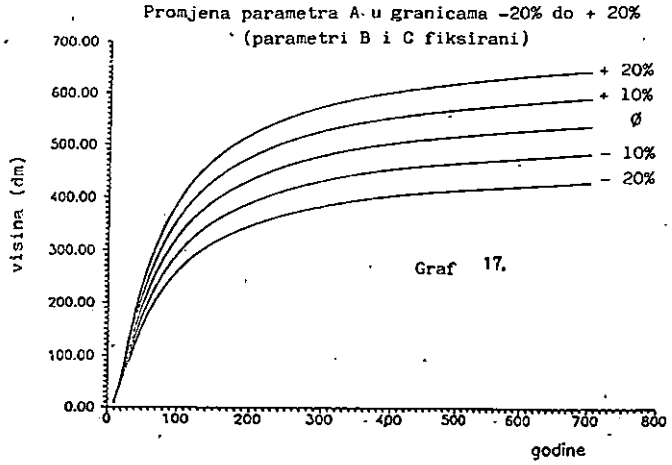
Uvođenjem nove metode u računanju parametara uspelo je Levakovićevom funkcijom analitički izravnati prezentirane krivulje rasta visina i promjera, a

u tom postupku primjena osobnih računala ne samo da je povećala točnost računanja nego je neuporedivo vremenski skratila uvijek potrebne opsežne iterativne proračune koji prethode dobivanju upotrebljivih parametara. Pošto su izračunati parametri, nametnula se sama od sebe ideja kako bi se detaljnije analitički predočio tijek krivulje rasta, koja je u početku konkavna, pa nakon točke infleksije postaje konveksna, da bi u beskonačnosti završila u apsolutnom iznosu parametra »A« paralelno s osi apscise. Da bi se opisani tijek krivulje rasta analitički predočio, naročito karakteristične točke, na primjer infleksiju, točku »I«, u grafu 1, kada kulminira tečajni prirast, zatim točku »K« kada kulminira poprečni prirast i navedene dvije točke »M« i »N« kada su vrijednosti promatranih obilježja manje za 5%, odnosno 10% od linearnog trenda rasta, iz $L e v a k o v i ć e v e$ funkcije rasta (1) izvedene su formule kojima pomoću izračunatih parametara za određeno promatrano obilježje računamo ne samo tijek rasta u danom vremenu nego i tekući i poprečni prirast i unutar njih bilo koju točku, pa i opisane karakteristične točke. Kompletni obračuni krivulja rasta bilo kojega promatranog obilježja kojima je obuhvaćeno računanje parametara radi analitičkog predočavanja rasta i prirasta s opisanim pokazateljima boniteta obrađuju se programima na osobnom računalu.

Zahvaljujući crtaču (ploteru), uređaju priključenom na osobno računalo, sve rezultate analitičkog obračuna u mogućnosti smo odmah i nacrtati. Promjena apsolutnog iznosa pojedinog parametra iz $L e v a k o v i ć e v e$ funkcije (1) utječe na oblik i zakrivljenost krivulje rasta. U grafu 14. je prikazano kako se promjene parametra »A« u intervalu od (-20%) do (+20%), uz nepromijenjene parametre »B« i »C«, utječu na zakrivljenost krivulje rasta visina u razdoblju od 150. godine. Kada se za iste iznose mijenja parametar »B«, a parametri »A« i »C« su nepromijenjeni. Oblik krivulja dan je u grafu 15, a u grafu 16. je prikazan utjecaj parametra »C« uz nepromijenjena ostala dva parametra. Kako se promjene tih parametara odražavaju na oblik visinskih krivulja rasta, ali u vremenu 700 godina, vidimo u grafovima 17-19.

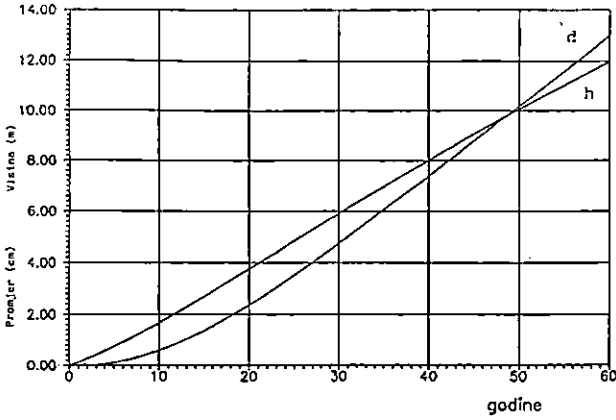
Za računanje početnih parametara teoretskih funkcija rasta $L e v a k o v i ć$ je (1935) uzimao vrijednosti triju odnosno četiriju karakterističnih točaka opažanih mjerenja rasta. Iz definicije funkcije »F« izlazi da je ovdje prezentirana metoda računanja početnih parametara u kojoj sudjeluju vrijednosti svih točaka mjerenja. Pomoću dobivenih parametara u mogućnosti smo izračunati ne samo teoretsku krivulju rasta, kojom smo se približili, odnosno interpolirali među prostore mjerenih točaka promatranog obilježja, nego i vrijednosti trenda rasta i prirasta u vremenu koje slijedi poslije perioda u kojemu je mjerenje obavljano, što bi značilo prognozu, ekstrapolaciju. Rast promjera i visina srednje stabla hrasta za četiri boniteta $W i m m e n a u e r$ je tabelirao do 160. godine. U grafu 20. predočeno je analitičko izjednačenje rasta promjera i visina za hrast na IV. bonitetu do 60. godine. Uočava se da je nešto prije 50 godina iznos promjera u cm (približno 10) jednak iznosu visine u metrima. U grafu 21. prikazana je krivulja rasta promjera (d) i visine (h) do 240. godine, a u grafu 22. iste krivulje rasta, ali do 10 000 godina. Koliko god su krivulje rasta u grafu 22. bez praktične vrijednosti, one nam govore da ni u tako »dubokoj« starosti rezultati izračunani $L e v a k o v i ć e v o m$ funkcijom rasta nisu »podivljali« dapače numerički su objektivni. U tablici 1. parametar »A« krivulje rasta visina na $W i m m e n a u e r o v$ u IV. bonitetu iznosi 37,41 m. U grafu 22. krivulja rasta visina (h) nije postigla taj iznos ni u 10 000. godini, gdje iznosi 37,38 m, a sve vrijeme već iza 1 000 god. čini se da je paralelna s osi apscise i da je dostigla vrijednost parametra »A«.





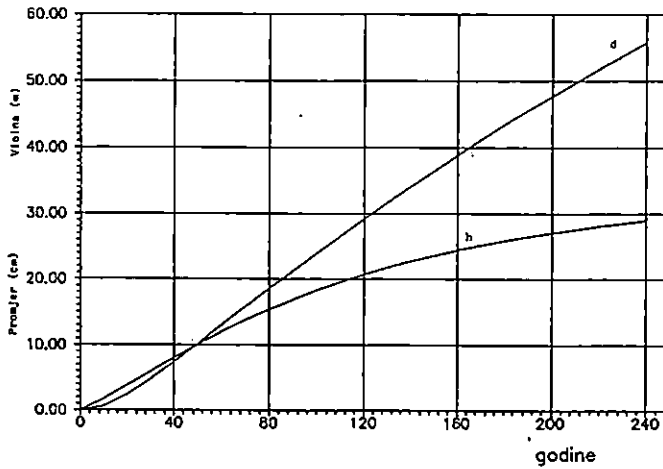
Analičko izjednačenje promjera i visina hrasta po prirasno-prihodnim tablicama Wimmenauera za 4. bonitet prema jednadžbi rasta A. Levakovića

Graf 20.



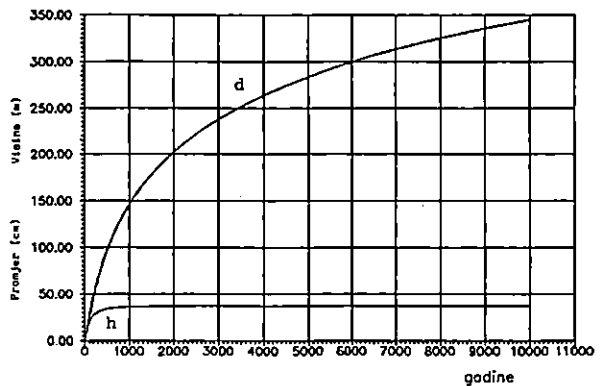
Analičko izjednačenje promjera i visina hrasta po prirasno-prihodnim tablicama Wimmenauera za 4. bonitet prema jednadžbi rasta A. Levakovića

Graf 21.



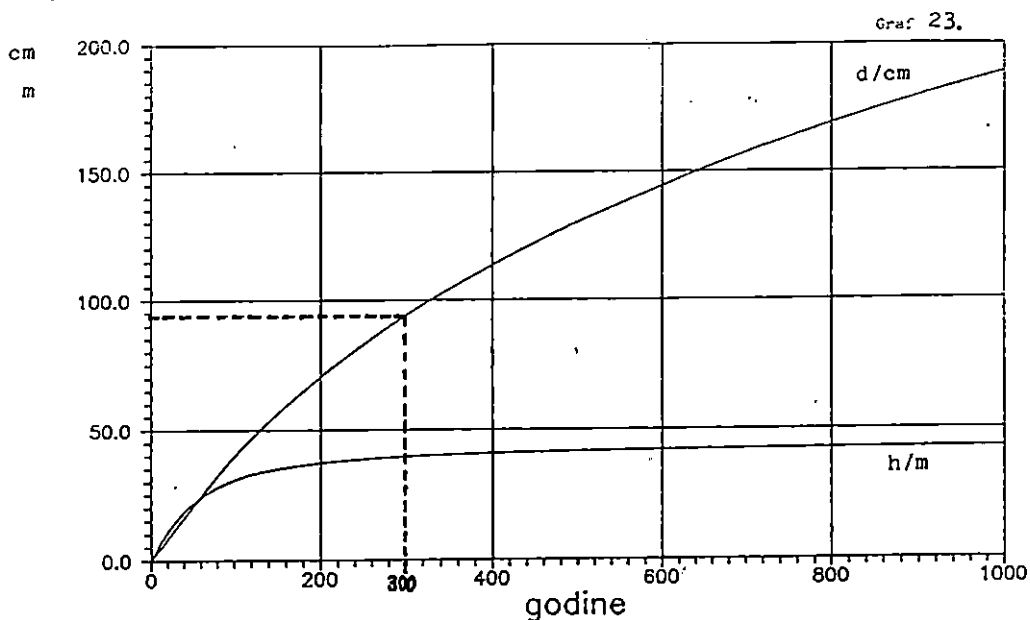
Analičko izjednačenje promjera i visina hrasta po prirasno-prihodnim tablicama Wimmenauera za 4. bonitet prema jednadžbi rasta A. Levakovića

Graf 22.

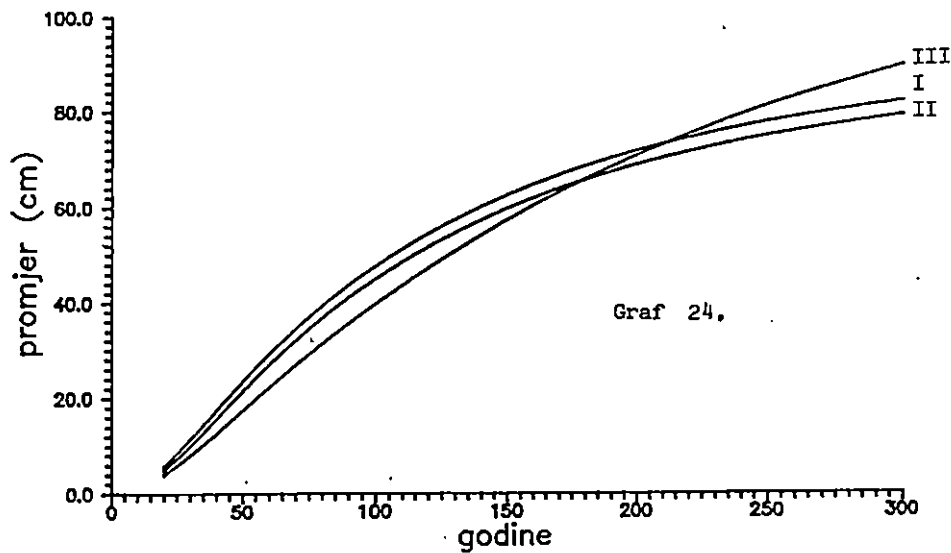


Analiitičko izjednačenje promjera i visina hrasta po prirasno-prihodnim
tablicama Wimmenauera za 1. bonitet prema jednadžbi rasta A. Levakovića

Graf 23.



Promjer srednjeg stabla M- Špiranec (1975) I, II. i III. bonitet



Krivulji rasta promjera (d) trebat će još »dosta« vremena dok ne dostigne 7,44 m, kolika je vrijednost parametra »A« u tablici 2. Analitičko izjednačenje krivulja rasta promjera i visina hrasta za *Wimmena uerov* I.bonitet predočeno je u grafu 23, i to do starosti 1 000 god. I tu uočavamo da se krivulja rasta promjera siječe s krivuljom rasta visina oko 60. godine te da su im u toj dobi iznosi promjera u cm, odnosno visine u metrima, približni iznosu 25 za *Wimmena uerov* I.bonitet u tablici 3. u 60. godini, $dm_j = 25,0$ cm, $hm_j = 24,2$ m. U istoj tablici hrast lužnjak *Klepčeva* I.boniteta u 60. godini ima promjer 25 cm i visinu 25 m. *Wimmena uerova* visinska krivulja rasta prema podacima u tablici 5. postiže u 200. godini 37,29 m, što odgovara prikazu u grafu 23, u 900. godini, 42,75 m, u 1 000 godini 42,90 m, u 2 000 godini 43,5 m, što još uvijek nije parametar »A« koji iznosi 44,04 m. Neosporno je da krivulja rasta visina u grafu 23. djeluje ilustrativno i vrlo brzo predočuje kao da je od 600. do 1 000 godine paralelna s osi x, znači podjednaka, međutim, nije. Samo je analitički obračun precizan i pokazuje da je između 900. i 1 000. godine promatrano obilježje (visina) povećalo svoju vrijednost za (42,90 m – 42,75 m) 15 cm.

Izravnate krivulje rasta srednjeg promjera za *Špirančev* (1975) I. i II.bonitet međusobno su ekvidistantne, čak i u tristotoj godini, međutim, kako se vidi u grafu 24. krivulja III.boniteta nije. Autor je osnovne elemente strukture lužnjakovih sastojina unutar svakoga bonitetnog razreda tabelirao do dobi od 150 godina. U tom periodu rasta slabijem bonitetnom razredu pripadale su odgovarajuće niže vrijednosti srednjeg promjera. No, kako smo izračunali parametre teoretske funkcije rasta, logično je bilo ekstrapolacijom izračunati prognozu, kako bismo vidjeli što se sa srednjim promjerom događa poslije 150. godine. Izravnata krivulja rasta srednjeg promjera (najnižeg) III.bonitetnog razreda, u grafu 24, svojim trendom rasta oko dvjestote godine presijeca i nadvisuje istorodne krivulje kvalitetnijih razreda (I. i II), što pokazuje da odabrani uzorci nisu dovoljno reprezentativni te da je bonitiranje i unutar njega formiranje indikativnih kvalitetnih razreda vrlo kompleksno.

Za analitičko izravnavanje krivulja rasta promatranih obilježja poslužila nam je *Levakovića* funkcija (1), i to ne samo za približavanje u postupku interpolacije, unutar perioda promatranja, nego i za ekstrapolaciju – računanje prognoze preko vremena opažanja. Opisane karakteristike ne samo *Levakovićevo* j nego i drugim funkcijama rasta osporavalo je više autora, navodeći da u tom postupku nije dovoljno samo provjeravati stupanj postignute aproksimacije opažanom stanju. O tome *Levaković* (1938) kaže: »Potaknut nekim primjedbama, što ih je o svim dosadašnjim funkcijama rasteinja, pa i o mojima, nedavno iznio *W. Peschel* (*Thar. forstl. Jahrbuch 1938, str. 169 i dalje*) došao sam u mogućnost, da prosječan hod rasteinja, što ga više ili manje strogo imaju da predstave dobre funkcije rasteinja, dovedem u vezu s dinamičkim zbivanjem, koje se odigrava prigodom rasteinja drveća, pa da na toj bazi glavnu svoju funkciju rasteinja izvedem direktno, tj. bez potrebe prethodnog izvođenja pripadne joj funkcije priraščivanja.«

U spomenutom radu *Levaković* je u izvodu funkcije rasta pošao od pogodnih i nepogodnih sila koje utječu na rast i njihov međusobni odnos, te u konačnom rezultatu opet dobio svoju već izvedenu funkciju s četiri parametra (u ovom radu označena s /1/). Nakon tog izvoda postaje bespredmetan *Wecckov* (1955) prigovor da »ovoj formuli nedostaje energetska osnovanost«. Isti autor navodi također kako je »pomoću jedne formule kojom se postiže dobro prilagođavanje, kao

na primjer s izvanredno plastičnom, zbog četiri konstante, formulom $L e v a k o v i \acute{c} a$, ne može se postići ništa više osim sigurne interpolacije između opaženih vrijednosti, što se može ostvariti ugodnije grafičkim putem. Ekstrapolacija koja je jedina u mogućnosti da daje nove uvide, nije održiva pri primjeni ovih formula. To bi bila računaska vještina bez dokazne snage.»

Što se tiče preporuke funkcionalnosti i praktične primjene grafičke interpolacije, koju preporučuje *W e c k*, nepotreban je bilo kakav komentar. Krivulja rasta bilo kojeg promatranog obilježja je jedan vrlo kompliciran proces, a grafičko predočavanje može se koristiti samo radi ilustracije. Dokazano je, u komentaru grafa 22. i grafa 23., da bez analitičkog proračuna s provjerenim parametrima nema prave informacije o bilo kojem iznosu što se odnosi na trend rasta ili prirasta. Za analitičko izravnavanje krivulja rasta bilo kojeg promatranog obilježja, ali u postupku interpolacije, za približavanje rezultatima mjerenja u vrijeme istraživanja ovdje je dokazano na više primjera da nam je u tom poslu *L e v a k o v i \acute{c} e v a* funkcija (1) vrlo precizan i pouzdan alat, siguran zato što teoretski izravnate rezultate možemo usporediti s rezultatima opažanja. Za postupak prognoze (ekstrapolacije), kada smo u mogućnosti dobivenim parametrima izračunati teoretske vrijednosti promatranih obilježja i vremenski dalje nego što smo opažali, *W e c k* je (1955) djelomično u pravu, ako je mislio da za elemente strukture iznad uobičajenih ophodnji nemamo vjerodostojnije izmjerene podatke s kojima bismo korigirali teoretske podatke dobivene računskim putem.

Nažalost nemamo detaljnije podatke o osnovnim elementima strukture, kao što su broj stabala, srednji prsni promjer, visina, drvena zaliha i prirast za starije sastojine čije su ophodnje duže od dosada uobičajenih, pa će biti nužno u područjima naših najvrednijih šuma (pokupske šume, Česma kod Bjelovara, srednja Posavina i dakako spačvanske šume) odabrati sastojine u kojim će se znanstvenim metodama, do u duboku starost, pratiti rast i prirast navedenih elemenata strukture.

Bez obzira na sve pokušajmo vidjeti da li možemo i koliko pouzdano, *L e v a k o v i \acute{c} e v u* funkciju rasta upotrijebiti kao instrument prognoze i predvidjeti, odnosno izračunati što se od konkretne mlade ili srednjodobne sastojine koja je u danoj godini postigla određeni promjer, visinu, volumen, može u narednim godinama, odnosno do konca ophodnje očekivati, ili u obrnutom pravcu, na kraju ophodnje prije sječe upitati se kakva je ta sastojina bila kao mlada ili srednjodobna. Kao odgovor na ta pitanja poslužit će komentar dobivenih rezultata u tablici 3, tablici 6. i tablici 7.

Tabelirani podaci prsnog promjera srednjeg stabla hrasta za *W i m m e n a u e - r o v* I.bonitet, od 20. do 160. godine, predočeni su u tablici 3, stupac (dmj). Odgovarajućim parametrima iz tablice 2. izjednačena je krivulja rasta promjera, a teoretski rezultati izjednačenja dani su u stupcu (dt). Izjednačeni rezultati tako reći izravno prate tabelirane rezultate, a ukupno kvadratno odstupanje iznosi 1,347 cm².

Za računanje četiriju parametara iz tablice 2. upotrijebili smo sve tabelirane podatke iz stupca (dmj), a po teoriji dovoljna bi bila za četiri parametra četiri podatka. Višekratni pokušaji računanja parametara s četiri, šest, pa i više tabeliranih početnih podataka, od 20. do 50. godine, od 20. do 70. godine i od 20. do 80. godine nisu dali željeni rezultat. Pozitivne parametre i teoretsko izjednačenje uspjelo se izračunati iz pet početnih podataka, od 20. do 60. godine, u drugom stupcu (*Ytab*) tablica 6, lijevo ispisani uz rub, i šestog podatka (proizvoljno odabranog), ali

IZJEDNAČAVANJE INTERPOLACIJOM PROMJERA SREDNJEG SASTOJINSKOG STABLA IZ WIMMENAUEROVIH PRIRASNO-
 -PRIHODNIH TABLICA ZA HRAST NA I. BONITETU LEVAKOVIĆEVOM FUNKCIJOM RASTENJA
 EQUALIZATION BY INTERPOLATION OF THE MEAN STAND TREE FROM WIMMENAUER'S YIELD/INCREMENT TABLES FOR
 OAK ON SITE-CLASS I. BY LEVAKOVIC' GROWTH FUNCTION

Tablica 6.

God	Yt	Ytab	Yt-Ytab	Yt	Ytab	Yt-Ytab	Yt	Ytab	Yt-Ytab	Yt	Ytab	Yt-Ytab	God		
20	6,5026	6,5	0,0026	6,5002	6,5	0,0002	6,4988	6,5	-0,0012	6,4979	6,5	-0,0021	20		
30	10,9474	11,0	-0,0526	10,9534	11,0	-0,0466	10,9612	11,0	-0,0388	10,9690	11,0	-0,0310	30		
40	15,6332	15,5	0,1332	15,6320	15,5	0,1320	15,6341	15,5	0,1341	15,6355	15,5	0,1355	40		
50	20,3736	20,5	-0,1264	20,3645	20,5	-0,1355	20,3615	20,5	-0,1385	20,3584	20,5	-0,1416	50		
60	25,0444	25,0	0,0444	25,0455	25,0	0,0455	25,0544	25,0	0,0544	25,0635	25,0	0,0635	60		
70	29,5633	29,0	0,5633	29,6090	29,0	0,6090	29,6597	29,0	0,6597	29,7087	29,0	0,7087	70		
80	33,8779	32,5	1,3779	34,0144	32,5	1,5144	34,1458	32,5	1,6458	34,2698	32,5	1,7698	80		
90	37,9576	36,0	1,9576	38,2379	36,0	2,2379	38,4942	36,0	2,4942	38,7327	36,0	2,7327	90		
100	41,7876	39,5	2,2876	42,2672	39,5	2,7672	42,6955	39,5	3,1955	43,0899	39,5	3,5899	100		
110	45,3643	43,0	2,3643	46,0982	43,0	3,0982	46,7453	43,0	3,7453	47,3379	43,0	4,3379	110		
120	48,6917	46,5	2,1917	49,7316	46,5	3,2316	50,6434	46,5	4,1434	51,4758	46,5	4,9758	120		
130	51,7787	50,0	1,7787	53,1718	50,0	3,1718	54,3917	50,0	4,3917	55,5042	50,0	5,5042	130		
140	54,6376	53,3	1,3376	56,4257	53,3	3,1257	57,9939	53,3	4,6939	59,4251	53,3	6,1251	140		
150	57,2823	56,5	0,7823	59,5011	56,5	3,0011	61,4546	56,5	4,9546	63,2409	56,5	6,7409	150		
160	59,7273	59,5	0,2273	62,4070	59,5	2,9070	64,7789	59,5	5,2789	66,9546	59,5	7,4546	160		
170	61,9874			65,1526			67,9726			70,5695			170		
180	64,0771			67,7469			71,0411			74,0888			180		
190	66,0099			70,1992			73,9902			77,5159			190		
200	67,7989			72,5180			76,8255			80,8542			200		
210	69,4562			74,7118			79,5524			84,1069			210		
220	70,9928			76,7886			82,1761			87,2774			220		
230	72,4190			78,7358			84,7017			90,3686			230		
240	73,7442			80,6205			87,1339			93,3836			240		
250	74,9769			82,3892			89,4774			96,3253			250		
260	76,1230			84,0682			91,7364			99,1964			260		
270	77,1956			85,6631			93,9151			101,9997			270		
280	78,1949			87,1793			96,0174			104,7375			280		
290	79,1290			88,6217			98,0469			107,4124			290		
300	80,0031	80,0		89,9951	90,0		100,0072	100,0		110,0267	110,0		300		
A = 99,4220		B = 4049,2191		A=135,2080		B= 910,5543		A = 207,8178		B = 211,0722		A =422,7058		B = 42,9091	
C = 0,8120		D = 1,6634		C= 1,0460		D= 1,3249		C = 1,4309		D = 1,0093		C = 2,2588		D = 0,6950	

postavljenog kao cilj »sidro« u tristotoj godini. Pomoću četiriju dobivenih parametara, ispisanih u dnu tablice, izjednačena je krivulja rasta prsnih promjera (W i $m - m e n a u e r o v I. b o n i t e t$), prvi stupac (Y_t), od 20. do 300. godine, gdje je teoretski srednji promjer u 300. godini identičan vrijednosti od 80,0 cm, koliko je dano kao cilj »sidro« na početku računanja. Uvidom u razliku između teoretskih (izračunatih) i tabeliranih prsnih promjera, treći stupac ($Y_t - Y_{tab}$), najveća razlika, više od 2 cm, jest od 100. do 120. godine. To je mnogo veća greška u izravnavanju nego u tablici 3, gdje je najveće odstupanje u 60. godini u apsolutnom iznosu 0,54 cm. Parametri iz tablice 6. izračunati u tom prvom pokušaju nemaju ništa zajedničkoga s parametrima za iste tabelirane podatke (W i $m m e n a u e r o v I. b o n i t e t$) iz tablice 2.

U drugom pokušaju uz istih pet početnih podataka kao »sidro« u 300. godini uzet je prsni promjer 90 cm. Dobiveni su novi parametri, a izjednačeni prsni promjeri, stupac (Y_t), završavaju opet u unaprijed danom cilju 90 cm, s time što su tu razlike između tabeliranih i izjednačenih promjera još veće. Istim postupkom obavljena su još dva pokušaja, sa »sidrom« u 300. godini, najprije 100, a zatim 110 cm, a početni podaci u sva četiri pokušaja su identični od 20. do 60. godine (vidi tablicu 6).

Za treći i četvrti pokušaj dobiveni su različiti parametri, a razlike između tabeliranih i izravnatih promjera su još veće. Što se tiče metode izjednačavanja, i to je interpolacija ili ekstrapolacija s unaprijed postavljenim ciljem, kojemu doduše uvijek točno dođemo, ali rezultat izjednačenja ne zadovoljava.

Prema tim rezultatima kao da je na mjestu *Weckova* (1955) misao da ekstrapolacija, koja je jedina u mogućnosti da daje nove uvide, nije održiva pri primjeni tih formula. Budući da su kompletni analitički obračuni u ovoj radnji prilagođeni automatskoj obradi na osobnom računalu, urađeni su i drugi pokušaji. Istim parametrima iz tablice 2. kojima je izjednačena krivulja rasta promjera (W i $m m e n a u e r o v I. b o n i t e t$) od 20. do 160. godine izvršena je ekstrapolacija od 170. do 300. godine, pa tako u tablici 7, prvi stupac (Y_t), imamo izjednačenu krivulju rasta promjera od 20. do 300. godine. Kako *Levakovićeva* funkcija rasta (1) ima četiri parametra (A, B, C, D), trebale bi nam četiri točke biti dovoljne za izračunavanje novih parametara. Za prvi pokušaj uzeti su izravnati promjeri od 20, 30, 40 i 300. godine. S četiri ulazna podatka u stupcu (Y_t) malo su pomaknuti u lijevo, izračunati su novi parametri, ispisani su u dnu tablice, i pomoću njih ponovo smo izjednačili promjere, stupac (Y_{t1}), a iz trećega stupca ($Y_t - Y_{t1}$) vidimo da su razlike manje od 1 m/m. Ti su parametri vrlo bliski izvornim parametrima (za W i $m m e n a u e r o v I. b o n i t e t$) iz tablice 2. A što se postupka tiče, bila je to interpolacija na unaprijed postavljeno »sidro« u 300. godini.

U drugom pokušaju uzeta su također četiri ulazna podatka iz 40, 70, 160. i 290. godine. Novim izračunatim parametrima u dnu tablice izjednačeni su promjeri od 20. do 300. godine: stupac (Y_{t2}). Tu su razlike još manje ($Y_t - Y_{t2}$), a apsolutni iznosi dobivenih parametara približni su izvornima. I to je interpolacija s kratkom ekstrapolacijom na jednu i drugu stranu. S četiri ulazna podatka za računanje parametara obuhvaćene su karakteristične točke »S« krivulje rasta, konkavni dio rasta, infleksija i konveksno izbočenje, pa su zato razlike tako reći neznatne. Treći pokušaj je mnogo nepovoljniji, jer je s četiri ulazna podatka od 50. do 80. godine obuhvaćeno konveksno izbočenje, točka »K« iz grafa 1, a novi parametri trebali su svinuti »S« krivulju na donju stranu preko infleksije, konkavnog dijela i točno

uhvatiti početak, dok je možda lakše bilo na drugu stranu što točnije aproksimirati izbočenje i na kraju točno završiti u vrijednosti obilježja u 300. godini. Novi parametri približni su izvornima, a razlike između novog izjednačenja i krivulje rasta promjera iz koje su uzeti ulazni podaci su neznatne. Što se postupka tiče, bila je to ekstrapolacija na jednu i na drugu stranu. Četvrti pokušaj, gdje su kao ulazni podaci za računanje novih parametara uzeta četiri promjera od 20. do 50. godine još je nepovoljniji. Doduše, ulaznim podacima obuhvaćen je točan početak konkavnog dijela krivulje rasta i točka infleksije, ali je trebalo točno ekstrapolirati godine (vrijeme) $/X_k/$ i ukupan iznos promjera (Y_k) u točki »K« konveksnog izbočenja, gdje kulminira poprečni prirast, i na kraju točno pogoditi ukupni promjer u 300. godini. Novi parametri su analitičko izjednačenje u stupcu (Y_{t4}) izvršili na zadovoljavajući način. Bila je to u pravom smislu ekstrapolacija – prognoza, gdje je na temelju točno izmjerenih srednjih promjera iz 20, 30, 40. i 50. godine izračunato koje srednje promjere po desetljećima od 60. do 300. godine možemo očekivati. U analitičkom smislu peti pokušaj iz tablice 7. je najnepovoljniji. Kao ulaz za računanje parametara poslužila su četiri prsna promjera iz 110, 120, 130. i 140. godine. U toj dobi krivulja rasta prošla je sva prethodna karakteristična udubljenja i izbočenja, konkavno, pa nakon infleksije prijelaz u konveksno s maksimumom izbočenja, nakon čega se sve više udaljava od linearnog trenda rasta i ide prema beskonačnosti u iznos parametra »A«. To je mnogo kompliciranije od trećeg pokušaja, jer je od 110. natrag prema 20. godini potrebno ne samo točno pogoditi početak nego i sve opisane promjene u smjeru rasta i prirasta. Na drugu stranu od 141. do 300. godine kao da je zadatak manje kompliciran, što se vidi na grafu 23, gdje krivulja rasta promjera u blagom padu u 300. postiže promjer 94,098 cm. I tu su izračunati parametri obavili zadatak na zadovoljavajući način. U trećem stupcu razlika ($Y_t - Y_{t5}$) iznosi od 0,5 do 3,1 mm.

Parametri za računanje krivulja rasta Y_{t1} , Y_{t2} ... Y_{t5} , iz tablice 7, u svim slučajevima računati su na osnovi četiriju točaka uzetih iz različitih dijelova uvijek iste krivulje rasta promjera (W i m m e n a u e r o v I. bonitet). Uspoređujući dobivene rezultate za čitavi tijek rasta u spomenutih pet krivulja za srednji promjer, rezultati su tako reći identični, međutim, neznatno oni se ipak razlikuju, najviše 3,1 mm, u petom pokušaju u 290. i 300. godini. Teoretski, svih pet krivulja trebale su se potpuno poklopiti. To se nije dogodilo zato što su četiri ulazne točke uzete sa samo tri decimalna mjesta i sistematske greške računanja računalom na samo desetak decimala.

Dobiveni rezultati potvrđuju da $L e v a k o v i \acute{c} e v a$ funkcija (1) može poslužiti kao precizan instrument ne samo za analitičko izjednačenje krivulja rasta promatranih obilježja postupkom interpolacije nego i za računanje prognoze (ekstrapolacijom). Čak se i iz podataka zrelih sastojina dadu izračunati startni iznosi promatranih obilježja, ali je važno pritom pomenuti da u obračun računanja parametara ulazimo s vrlo točnim, dapače preciznim podacima koji su izmjereni na dovoljno velikom uzorku. Kao što smo vidjeli u tablici 6, nedovoljno precizni tablični podaci nisu dali zadovoljavajuće rezultate. Fenomen rasta i prirasta je vrlo kompliciran i kompleksan proces, pa će daljnja istraživanja te problematike pokazati kakvim i kolikim mjerenjima treba pripremiti dovoljno točne ulazne podatke za računanje parametara, koji će uvršteni u $L e v a k o v i \acute{c} e v u$ funkciju (1) analitički izjednačena istraživana obilježja približiti stvarnom stanju. Izračunate parametre funkcije rasta (1) $L e v a -$

IZJEDNAČAVANJE INTERPOLACIJOM I EKSTRAPOLACIJOM PROMJERA SREDNJEG SASTOJINSKOG STABLA IZ WIMMENAUE-
ROVIH PRIRASNO-PRIHODNIH TABLICA ZA HRAST NA I. BONITETU LEVAKOVIĆEVOM FUNKCIJOM RASTENJA
EQUALIZATION BY INTERPOLATION AND EXTRAPOLATION OF THE MEAN STAND TREE DIAMETER FROM WIMME-
NAUER'S YIELD/INCREMENT TABLES FOR OAK ON SITE-CLASS I. BY LEVAKOVIĆ GROWTH FUNCTION

Tablica 7.

GD	Yt	Yt1	Yt-Yt1	Yt	Yt2	Yt-Yt2	Yt	Yt3	Yt-Yt3	GD	Yt	Yt4	Yt-Yt4	Yt	Yt5	Yt-Yt5	GD		
20	6.688	6.679	0.0091	6.688	6.682	0.0057	6.688	6.685	0.0027	20	6.688	6.684	0.0035	6.688	6.629	0.0585	20		
30	11.263	11.249	0.0138	11.263	11.255	0.0082	11.263	11.261	0.0022	30	11.263	11.258	0.0053	11.263	11.166	0.0776	30		
40	15.802	15.784	0.0180	15.802	15.791	0.0103	15.802	15.800	0.0017	40	15.802	15.795	0.0069	15.802	15.707	0.0951	40		
50	20.210	20.188	0.0219	20.210	20.196	0.0120	20.210	20.209	0.0011	50	20.210	20.201	0.0082	20.210	20.098	0.1117	50		
60	24.460	24.434	0.0254	24.460	24.446	0.0136	24.460	24.459	0.0005	60	24.460	24.451	0.0092	24.460	24.332	0.1273	60		
70	28.548	28.520	0.0285	28.548	28.533	0.0149	28.548	28.548	-0.0001	70	28.548	28.538	0.0098	28.548	28.406	0.1421	70		
80	32.480	32.449	0.0314	32.480	32.464	0.0160	32.480	32.481	-0.0008	80	32.480	32.470	0.0102	32.480	32.324	0.1560	80		
90	36.264	36.230	0.0341	36.264	36.247	0.0171	36.264	36.265	-0.0015	90	36.264	36.254	0.0103	36.264	36.095	0.1692	90		
100	39.909	39.873	0.0355	39.909	39.891	0.0180	39.909	39.911	-0.0023	100	39.909	39.899	0.0101	39.909	39.728	0.1815	100		
110	43.425	43.386	0.0368	43.425	43.406	0.0188	43.425	43.423	-0.0032	110	43.425	43.416	0.0097	43.425	43.232	0.1932	110		
120	46.821	46.780	0.0409	46.821	46.801	0.0196	46.821	46.825	-0.0041	120	46.821	46.812	0.0091	46.821	46.617	0.2041	120		
130	50.105	50.062	0.0429	50.105	50.085	0.0203	50.105	50.110	-0.0051	130	50.105	50.097	0.0083	50.105	49.891	0.2143	130		
140	53.284	53.239	0.0448	53.284	53.263	0.0209	53.284	53.290	-0.0062	140	53.284	53.277	0.0073	53.284	53.060	0.2239	140		
150	56.366	56.320	0.0465	56.366	56.345	0.0215	56.366	56.373	-0.0073	150	56.366	56.360	0.0062	56.366	56.133	0.2329	150		
160	59.357	59.308	0.0481	59.357	59.335	0.0221	59.357	59.365	-0.0085	160	59.357	59.352	0.0049	59.357	59.115	0.2414	160		
170	62.262	62.212	0.0497	62.262	62.239	0.0228	62.262	62.271	-0.0097	170	62.262	62.258	0.0034	62.262	62.012	0.2493	170		
180	65.066	65.035	0.0511	65.066	65.063	0.0230	65.066	65.097	-0.0110	180	65.066	65.064	0.0019	65.066	64.829	0.2567	180		
190	67.835	67.783	0.0525	67.835	67.812	0.0235	67.835	67.847	-0.0123	190	67.835	67.835	0.0002	67.835	67.571	0.2636	190		
200	70.513	70.469	0.0538	70.513	70.489	0.0239	70.513	70.526	-0.0137	200	70.513	70.514	-0.0018	70.513	70.243	0.2701	200		
210	73.123	73.068	0.0550	73.123	73.099	0.0242	73.123	73.138	-0.0151	210	73.123	73.126	-0.0035	73.123	72.847	0.2762	210		
220	75.669	75.613	0.0561	75.669	75.645	0.0246	75.669	75.686	-0.0165	220	75.669	75.675	-0.0054	75.669	75.388	0.2818	220		
230	78.155	78.098	0.0572	78.155	78.131	0.0249	78.155	78.173	-0.0180	230	78.155	78.163	-0.0075	78.155	77.868	0.2870	230		
240	80.584	80.526	0.0583	80.584	80.559	0.0252	80.584	80.604	-0.0195	240	80.584	80.594	-0.0098	80.584	80.292	0.2919	240		
250	82.959	82.899	0.0593	82.959	82.933	0.0255	82.959	82.980	-0.0211	250	82.959	82.970	-0.0118	82.959	82.662	0.2964	250		
260	85.281	85.221	0.0602	85.281	85.255	0.0258	85.281	85.304	-0.0226	260	85.281	85.295	-0.0140	85.281	84.980	0.3006	260		
270	87.554	87.493	0.0611	87.554	87.528	0.0260	87.554	87.578	-0.0242	270	87.554	87.570	-0.0163	87.554	87.249	0.3045	270		
280	89.780	89.718	0.0620	89.780	89.753	0.0263	89.780	89.806	-0.0258	280	89.780	89.798	-0.0187	89.780	89.472	0.3081	280		
290	91.960	91.898	0.0628	91.960	91.934	0.0265	91.960	91.988	-0.0275	290	91.960	91.982	-0.0211	91.960	91.649	0.3114	290		
300	94.098	94.034	0.0638	94.098	94.071	0.0267	94.098	94.127	-0.0292	300	94.098	94.122	-0.0236	94.098	93.784	0.3144	300		
A = 1218.5091		B = 0.1262		A = 1216.8508		B = 0.1282		A = 1229.4848		B = 0.1107		A = 1232.8186		B = 0.1131		A = 1270.5767		B = 0.0328	
C = 94.4098		D = 0.2671		C = 92.9977		D = 0.2673		C = 107.0693		D = 0.2659		C = 104.8683		D = 0.2658		C = 352.2005		D = 0.2604	

Kovačić, D.: Zakon rasta i numeričko bonitiranje šuma. Glas. šum. pokuse
29:77-132, Zagreb, 1993.

k o v i ć je (1935) predlagao kao polazište numeričkog bonitiranja stojbinskog razreda. Produkt izračunata četiri parametra određenog obilježja u danom primjeru visine $A \times B \times C \times D$ nazvao je »koeficijentom prirašćivanja«. Autor navodi da svojstvo indikatora stojbine pripada tomu produktu bolje nego bilo kojemu od navedena četiri parametra izolirano. Nedugo zatim L e v a k o v i ć (1938) preporučuje kao indikator boniteta samo dva parametra izražena u obliku kvocijenta:

$$K = \frac{A}{B}$$

»Indikator $k = A/B$ ne može se označiti zaista dobrim indikatorom, jer je previše osjetljiv prema nepravilnosti krivulje rastenja« (M i h a j l o v 1940). Analizirajući mogućnost upotrebe parametara L e v a k o v i ć e v e funkcije rasta kao indikatora boniteta, dijagrame kvadrata odstupanja izrazili smo kao funkciju parametara A, B, C i D.

Na slici 2. prikazane su tri trodimenzionalna presjeka i dodatne rotacije tih presjeka za 90° oko osi F, tj. ukupno šest grafova. Peterodimenzionalni graf funkcije F

$$F = \sum_{i=1}^n \left[Y_i - \frac{A}{\left(1 + \frac{B}{X_i^D}\right)^C} \right]^2$$

ne može se izravno grafički prikazati u trodimenzionalnom prostoru. Postavljanjem dviju od četiri nezavisne varijable funkcije F na fiksnu vrijednost dobivamo trodimenzionalnu projekciju peterodimenzionalnoga grafa, koju možemo nacrtati. Tako su na sl. 2. prikazane tri od šest mogućih trodimenzionalnih projekcija, i to: projekcija u A-B-F prostor (s fiksnim C i D varijablama), zatim A-C-F prostor (s fiksnim B i D varijablama) i A-D-F prostor (s fiksnim B i C varijablama).

Izgled grafova sa sl. 2. upućuje na zaključak da apsolutan iznos parametara (A, B, C i D) L e v a k o v i ć e v e funkcije nije uputno primijeniti kao pokazatelj boniteta, jer postoji relativno široki interval u kojemu se mogu kretati vrijednosti parametara, a da se to ne odražava na sumu kvadrata odstupanja, tj. na točnost aproksimacije.

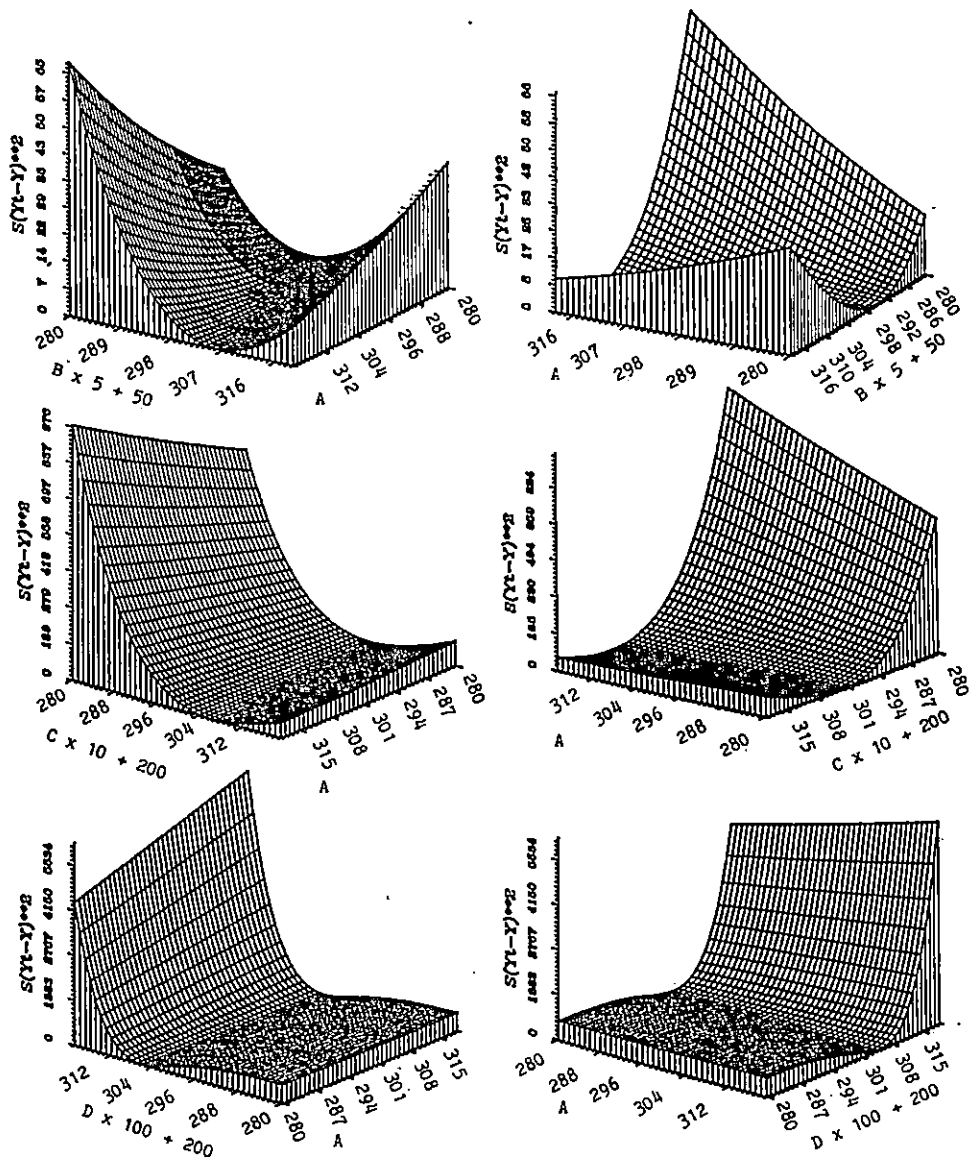
Da bismo riješili problem numeričkog bonitiranja šuma, mora se definirati model (etalon), odnosno referentna sastojina koja je predstavljena optimalnim srednjim promjerom ($d_{s,ref}$), visinom ($h_{s,ref}$), brojem stabala (N_{ref}) i rasipanjem, standardnom devijacijom debljine (σd_{ref}). Za spomenuta četiri parametra s obzirom na vrijeme, godine (t), kao nezavisnu varijablu, analitički oblik može se predstaviti ovim krivuljama:

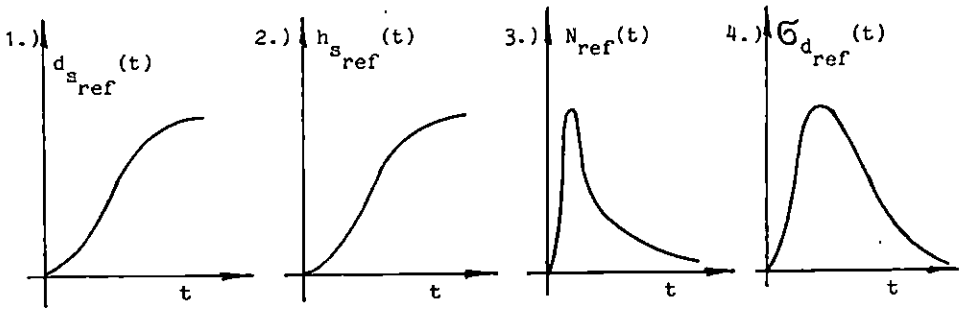
Referentna sastojina postiže koncem ophodnje (t-dovršni sijek ref) ukupnu drvenu zalihu, odnosno volumen (V_{ref}) sa optimalnim vrijednostima za spomenuta četiri parametra.

Jednadžba bilo koje sastojine, određene vrste koja raste na određenom bonitetu tla (dakle i referentne) glasi:

DIJAGRAMI KVADRATA ODPSTUPANJA IZRAŽENI KAO FUNKCIJA PARAMETARA A, B,
C, D
DEVIATION SQUARE DIAGRAMS AS PARAMETER A, B, C, D FUNCTIONS

Sl. 2.





$$F_{\text{sastojine}} = f[D_{s_{\text{sast.}}}(t), h_{s_{\text{sast.}}}(t), N_{s_{\text{sast.}}}(t), \sigma_{d_{s_{\text{sast.}}}}(t)] \quad (18)$$

$$F_{\text{sastojine}} = f[ds_{\text{ref}}(t) \times s_d \text{ corr}(N_{s_{\text{sast.}}}, N_{\text{ref.}}(t), h_{s_{\text{ref}}}(t) \times s_h \text{ corr}(N_{s_{\text{sast.}}}, N_{\text{ref.}}(t), N_{s_{\text{sast.}}}(t), \sigma_{d_{\text{ref.}}}(t) \times \\ \times g \sigma_d \text{ corr}(N_{s_{\text{sast.}}}, N_{\text{ref.}}(t))]$$

Iz jednadžbi (18) i (19) vidljivo je da korekturne funkcije ($g_d \text{ corr}$, $g_h \text{ corr}$, $g \sigma_d \text{ corr}$) nisu ništa drugo nego pokazatelji boniteta debljine, visine i standardne devijacije debljine.

Pretpostavke uzete u obzir u ovom matematičkom modelu su:

– uz idealan način gospodarenja postoji jedan optimum s obzirom na postignuti volumen uz određeni promjer i visinu srednjeg stabla u optimalnom vremenu sjече ($t_{\text{dovrš.sijek.ref}}$) svi ostali slučajevi daju slabije proizvodne rezultate;

– broj stabala po hektaru je jedini faktor koji utječe na promjer (debljinu) i visinu srednjeg stabla i standardnu devijaciju debljine (rasipanje) određene sastojine, tj. određene vrste na određenom bonitetu staništa;

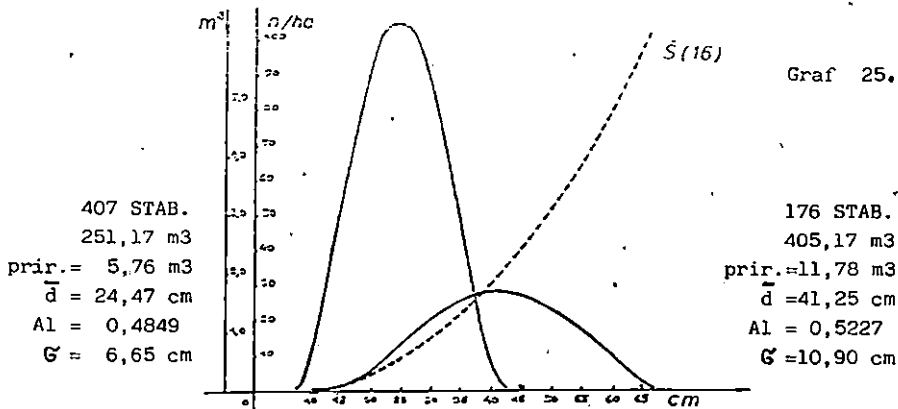
– svaka sastojina davala bi iste (maksimalne, tj. referentne) proizvodne rezultate kada bi se s njom gospodarilo tako da je $N_{s_{\text{sast.}}}(t) = N_{\text{ref.}}(t)$.

Rezultati istraživanja u ovom radu su potvrdili da imamo analitički oblik i metodu računanja debljinskog i visinskog rasta i prirasta srednjeg stabla, što je predstavljeno skicama krivulja pod 1.) i 2.). Za izračunavanje standardne devijacije debljine (rasipanja, strukture), predstavljeno krivuljom pod 4.), poslužit će metoda iz radova: K o v a č i ć (1981) i K o v a č i ć, H r e n (1984). Međutim, nemamo analitički oblik i metodu računanja za broj stabala po hektaru, krivulja označena s 3.), pa onda ni za nalički izražen utjecaj neodgovarajućeg broja stabala na debljinu, visinu i standardnu devijaciju debljine za određenu vrstu i bonitet tla tijekom vremena. Također se dosada nije uspjelo izraziti volumen kao funkciju debljine, visine, broja stabala, obličnog broja i starosti. Nemamo ni model za referentne sastojine određene vrste na određenoj dobroti tla, današnje prirasno-prihodne tablice koje imamo nisu dovoljno indikativne i pouzdane.

Struktura naših prirodnih sastojina vrlo je neujednačena. To potvrđuju i četiri sastojine hrasta lužnjaka, približne starosti 80 godina, što se vidi na grafu 25. i 26. (K o v a č i ć 1981), gdje su kod približno iste starosti uz dvostruko manji broj stabala, srednji prsni promjer i drvena zaliha po hektaru tako reći dvostruko veći. Dakako da ni za desno predočene strukture sastojina s ploha PL 37 i Pl 95 u

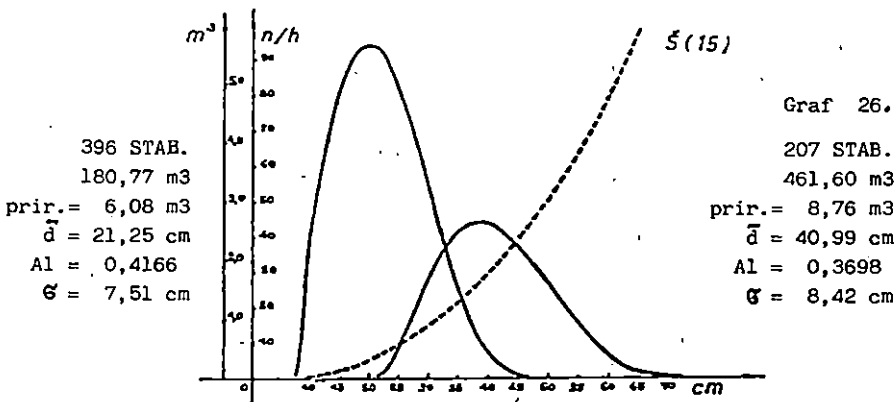
PL 134 81 GOD.

PL 37 80 GOD.



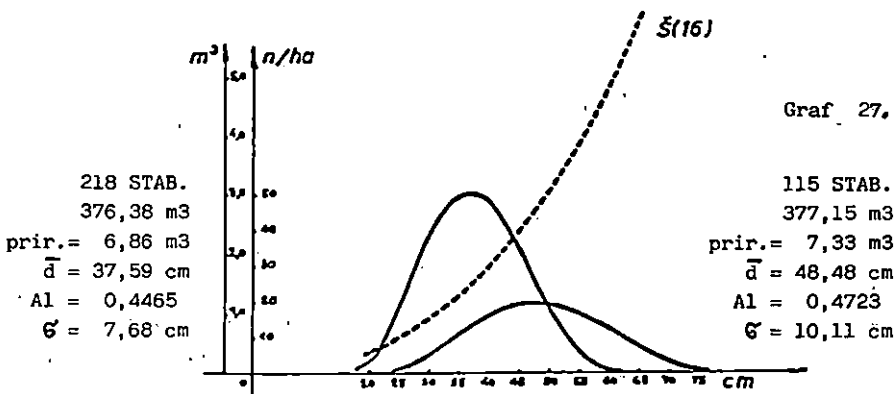
PL 115 81 GOD.

PL 95 81 GOD.



PL 76 105 GOD.

PL 27 106 GOD.



spomenutim grafovima ne možemo reći da su s postignutim srednjim prsnim promjerom, brojem stabala, rasipanjem, drvnom zalihom i prirastom optimalne – referentne.

Kada bismo imali modele referentnih sastojina koji sadrže optimalne podatke broja stabala po hektaru i njihovo rasipanje oko srednjeg promjera, onda numerički pokazatelji boniteta sastojine ne bi bilo ništa drugo nego odnos proizvodnog uspjeha konkretne sastojine prema proizvodnom uspjehu referentne sastojine. Tada bismo imali egzaktnu smjernicu gospodarenja s kojima bismo mlade sastojine vodili postizanju proizvodnih rezultata bliskih referentnima.

ZAKLJUČAK – CONCLUSION

Numeričkim vrednovanjem šuma koristimo se pri obnovi i uzgoju šumskih sastojina, unapređivanju proizvodnje, zatim u planiranju i procjeni vrijednosti drvene mase. U gospodarenju šumama pojam boniteta izražava se više u kvantitativnom nego u kvalitativnom smislu. Zbog toga se je u ovoj radnji pokušalo utvrditi koliko nam analitička predodžba zakona rasta može poslužiti kao numerički pokazatelj dobrote.

Za analitički prikaz rasta i prirasta poslužila je funkcija rasta A. L e v a k o v i - ć a, a za testiranje krivulja rasta podaci prsnih promjera i visina srednjeg stabla sastojine iz prirasno-prihodnih tablica hrasta lužnjaka i hrasta kitnjaka nekoliko autora.

Na osnovi dobivenih rezultata istraživanja i diskusije donosimo ove zaključke:

1. Rast i prirast visine, prsnog promjera (debljine) i ukupno uzevši volumena drvene mase neposredno ovisi o brojnim biološkim i ekološkim, pa i gospodarskim čimbenicima. Predočimo li taj rast u koordinatnom sustavu na taj način da se kao nezavisna varijabla nanese godine (vrijeme), a kao zavisna odgovarajuće promatrano obilježje, tijek rasta je tzv. »S« krivulja.

U početku rasta ta je krivulja konkavna, a poslije točke infleksije postaje konveksna. Prirast šumskih vrsta drveća ne odvija se kontinuirano, naročito u umjerenj zoni gdje se izmjenjuju periodi prirašćivanja i periodi mirovanja. U vegetacijskom periodu prirašćivanja izmjenjuju se dnevni prirasti i noćni prekidi, zbog čega je krivulja rasta promatrana u više godina najmanje dvostruko stepeničasta, pa je zbog toga oblika tih stepenica i njihovih poveznih linija izuzetno nestabilan i različit. S gospodarskoga gledišta nas ne zanimaju opisane varijacije rasta jednog stabla ili sastojine u tako kratkim vremenskim jedinicama, nego godišnji prosjeci rasta u intervalima mnogo dužim od jedne godine. Fenomen rasta kao izuzetno kompleksan i kompliciran analitički smo predočili L e v a k o v i ć e v o m funkcijom rasta:

$$Y = f(x) = \frac{A}{\left(1 + \frac{B}{X^D}\right)^C} \quad (1)$$

Primjena funkcije rasta nije moguća bez poznavanja konkretnih iznosa parametara A, B, C i D. Metodu za računanje parametara koju nudi autor moguće je bilo primijeniti samo kod krivulje rasta visina smreka I. boniteta u Tirolu (tablica 9,

autorov primjer) i kod visinske krivulje rasta za hrast *Wimmana ueroya* IV. boniteta. Za sve ostale krivulje rasta visina (tablica 1) i krivulje rasta promjera (tablica 2) parametri su izračunati iterativnom metodom iz poglavlja 2.0.

2. Iz krivulje rasta (1) izvedena je formula (2):

$$Y' = ABCD \frac{X^{CD-1}}{(X^D + B)^{C+1}} \quad (2)$$

Za računanje tekućeg godišnjeg prirasta i koordinate točke infleksije »I«, graf 1, vrijeme (X_i) u kojemu kulminira tečajni godišnji prirast prema formuli (5):

$$X_i = \sqrt[D]{B \frac{CD-1}{D+1}} \quad (5)$$

i ukupna vrijednost promatranog obilježja u točki infleksije (Y_i) prema formuli (6):

$$Y_i = f(X_i) = A \left[\frac{CD-1}{(C+1)D} \right]^C \quad (6)$$

Naredna karakteristična točka krivulje rasta je vrh konveksnog izbočenja točka »K«, graf 1, gdje kulminira poprečni prirast. Vrijeme (godina) kulminacije poprečnog prirasta (X_k) računamo prema formuli (12):

$$X_k = \sqrt[D]{B(CD-1)} \quad (12)$$

a ukupan poprečni prirast u toj dobi (Y_k) prema formuli (13):

$$Y_k = f(X_k) = A \left[\frac{CD-1}{C \cdot D} \right]^C \quad (13)$$

U točkama »M« i »N«, graf 1, izračunato je vrijeme i ukupan iznos, kada je rast promatranog obilježja za 5% odnosno 10% manji od linearnog trenda rasta. Karakteristične vrijednosti promatranih obilježja – vrijeme kulminacije, godišnji prirast i prirast ukupno, za tečajni prirast u točki »I«, i iste vrijednosti za poprečni prirast u točki »K«, koje su izračunate iz krivulje rasta visina i prsnih promjera iz prirasno-prihodnjih tablice više autora, a predočene u tablici 1. i tablici 2, nazvane su pokazateljima (indikatorima) boniteta. Također je formulama (2), formulom (14) i formulom (17):

$$pp = \frac{Y(X)}{X} = \frac{A \frac{X^{CD}}{(X^D + B)^C}}{X} = A \frac{X^{CD-1}}{(X^D + B)^C} \quad (14)$$

$$pp(x_k = Y'(X_k)) = \frac{Y_k}{X_k} = A \frac{\left[\frac{CD-1}{CD} \right]^C}{\sqrt[D]{B(CD-1)}} \quad (17)$$

izvedenim iz krivulje (1), numerički potvrđena tvrdnja da kulminacija poprečnog prirasta nastupa kada je on jednak tečajnom prirastu.

3. Sume kvadrata odstupanja između tabličnih i krivulja rasta visina izravnatih funkcijom (1), rezultati iz tablice 1, kao i odstupanja kod krivulja rasta prsnog

promjera, rezultati iz tablice 2, gotovo su beznačajni. Kod krivulja visina iznosi od 0,7 do 46 cm, a kod promjera od 0,0005 do 3,7 cm. To su ukupna odstupanja. Međutim, u tablici 3. i 4. vidimo da analitička (izravnata) krivulja rasta, kako visine tako i prsnih promjera, tako reći izravno prati tabličnu krivulju rasta, što znači da primijenjena funkcija (1) može krivulje rasta promatranih obilježja analitički predočiti vrlo precizno. Pokazatelji boniteta numerički su potvrdili da vrijednostima (X_i , Y_i , Pr) i (X_k , Y_k , Pr) u tablici 1. i 2. logički slijede povećanje, odnosno smanjenje tablicama definiranih bonitetnih razreda koliko-toliko kod *Wimmena uera*. Međutim, u pojedinom slučaju ima i znatnih odstupanja, pa i nelogičnosti. To znači da prirasno-prihodne tablice koje su u upotrebi mogu poslužiti samo kao orijentacija, a nikako kao sigurni referentni modeli.

4. Izjednačeni godišnji tečajni visinski prirasti i ukupne visine iz nekoliko prirasno-prihodnih tablica, rezultati predočeni u tablici 5, pokazuju logičan slijed rasta i prirasta visina, dapače vrlo su indikativni.

5. Fenomen rasta i prirasta je vrlo kompleksan i kompliciran, a za njegov analitički prikaz potrebni su precizni (iz većeg uzorka izračunati) ulazni podaci. U tablici 6. izravnavanjem krivulje rasta prsnih promjera nisu postignuti zadovoljavajući rezultati ni sa šest početnih točaka zato što tablični ulazni podaci nisu dovoljno precizni. Kada su ulazni podaci zadovoljavajuće točni, za analitičko izravnavanje krivulje rasta dovoljne su samo četiri točke, i to iz bilo kojeg dijela krivulje, zato što primijenjena funkcija rasta ima četiri parametra. To potvrđuju dobiveni rezultati iz tablice 7, gdje su iz pet različitih dijelova iste krivulje rasta prsnih promjera uzete po četiri točke za računanje parametara, pa su analitički izravnati podaci vrlo bliski izvornoj krivulji rasta. Dobiveni rezultati potvrđuju da primijenjena funkcija (1) može poslužiti kao vrlo precizan instrument ne samo za teoretsko izjednačenje krivulja rasta promatranih obilježja postupkom interpolacije nego i za računanje prognoze (ekstrapolacijom), pa se čak i iz podataka zrelih sastojina dadu izračunati startni iznosi za promatrana obilježja.

6. Preporuku da apsolutni iznosi parametara (A, B, C i D) primijenjene funkcije rasta (1) posluže kao pokazatelji boniteta nije uputno prihvatiti zato što postoji relativno širok interval u kojemu se mogu kretati vrijednosti parametara, a da se to ne odražava na točnost izjednačavanja.

7. Rezultati istraživanja u ovom radu potvrđuju da imamo analitički oblik i metodu računanja za istraživanje debljinskog i visinskog rasta i prirasta srednjeg stabla budućeg modela – referentne sastojine. Također postoji objavljena metoda za izučavanje standardne devijacije (rasipanja, strukture) za određene vrste na određenom bonitetu staništa. Međutim, i dalje ostaje otvoreno pitanje o izučavanju optimalnoga broja stabala po hektaru za modelnu, referentnu sastojinu.

LITERATURA

- Assmann, E., 1959: Höhenbonitæt und wirkliche Ertragsleistung. Fw. Cbl.
Baur Fichte in Bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form.
Bezák, K., 1981: Proučavanje strukture i veličine sastojinskog debljinskog prirasta hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u zajednici hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom (*Genisto elatae* – *Quercetum roboris* Horv. 1938), magistarski rad (rukopis), Zagreb.
Brazá, 1881: Über die Bedeutung der Standortsanalysen zur Feststellung der Standortsbonitæt. Forstwissenschaftliches Centralblatt, Hft 5.

- Cestar, D., et.al., 1989: Uputstva za izradu karte ekološkogospodarskih tipova brdskog i nizinskog područja (II) Hrvatske, Radovi, broj: 79, Zagreb.
- Cajanus, W., 1914: Ueber die Entwicklung gleichaltriger Waldbestaende. Acta forestalia Fennica
- Klepac, D., 1963: Rast i prirast, Zagreb.
- Klepac, D., 1976: Some use of permanent plots in growth and yield research in even-aged pedonculate oak stands in the S.R. Croatia of Yugoslavia, publicirano u: Institutionen foer Skogsproduktion, Department of Forest yield Research, Nr 43-1976, Skogshoeghkolan Royal College of Forestry, S-104 05, Stockholm.
- Kovačić, Đ., 1981: Raspodjele učestalosti broja stabala i drvine mase kao mjere unapređenja šumske proizvodnje u nekim prirodnim sastojinama hrasta lužnjaka u Hrvatskoj, disertacija, Zagreb.
- Kovačić, Đ., Hren, V., 1984: Normalna raspodjela stabala u debljinskim stupnjevima i dobnim razredima u ekološko-gospodarskim tipovima II-G-20 i II-G-21, Radovi, br: 61, Zagreb.
- Levaković, A., 1927: Ein neuer Begriff des Standortswaisers. Glasnik za šumske pokuse, Zagreb.
- Levaković, A., 1935: Analitički oblik zakona rasteanja. Glasnik za šumske pokuse, Zagreb.
- Levaković, A., 1938: Fiziološko-dinamički osnovi funkcija rasteanja. Glasnik za šumske pokuse, Zagreb.
- Levaković, A., 1938: O izgledima i mogućnostima numeričkog bonitiranja stobina. Glasnik za šumske pokuse, Zagreb.
- Levaković, A., 1939: Metode ubrzanog izračunavanja parametara za neke novije funkcije rasta, Šumarski list, broj 6, Zagreb.
- Matić, S., et.al., 1979: Ekološko-uzgojne osobine specijalnih rezervata šumske vegetacije Prašnik i Muški Bunar u Slavoniji, Referat na Drugom kongresu ekologa Jugoslavije, Poseban otisak, Zagreb.
- Mihajlov, I., 1940: Numeričko bonitiranje šumskih stobina, Glasnik za šumske pokuse, Zagreb.
- Parde, I., 1962: prirasno-prihodna tablica za šume hrasta kitnjaka u Francuskoj namijenjene za proizvodnju furnira, peuzeto od: Klepac, D.: O numeričkim proredama (rukopis).
- Philipo, 1983: Ertragstafeln fuer die Forle. Allgemeine Forst und Jagdzeitung.
- Pranjić, A., 1975: Odnos visinskog i debljinskog prirasta u sastojinama hrasta lužnjaka, disertacija, Zagreb.
- Schiffel, A., 1904: Wuchsgesetze normaler Fochtenbestaende Mitteilungen aus dem Forst. Versuchswesen Oestereich.
- Špiranec, M., 1975: Prirasno-prihodne tablice, Radovi, broj: 25, Zagreb.
- Schuberg, 1880: Gesetz der Stammzahl und die Aufstellung von Waldertagstafeln, Fortswissenschaftliches Centralblatt.
- Schwappach, A., 1893: Zur Konstruktion von Ertragstafeln. Allgemeine Forst und Jagdzeitung.
- Trifunović, D., 1966: Metodika izrade tablica prinosa i prirasta za jednodobne sastojine na bazi njihovog stvarnog stanja, Beograd.
- Weck, I., 1955: Fortstliche Zuwachs und Ertragskunder. II Auflage Radebeul und Berlin.
- Weise, I., 1880: Ertragstafeln fuer die Kiefer.
- Weise, I., Muendener Forstliche Hefte X.

ĐURO KOVAČIĆ

THE LAW OF GROWTH AND SITE CLASS DETERMINATION IN FORESTS

Summary

Numerical evaluation of forests is used in regeneration and silviculture of forest stands, improvements of production, planning and evaluating the wood mass. In forest management, the idea of site class determination is expressed in terms of quantity rather than quality. This paper is therefore an attempt to establish to what degree can the analytical presentation of the law of growth serve as a numerical index of the site-class determination.

For an analytical presentation of growth and increment we have used the *Levaković*' growth function; for testing the growth curves, we have used the data on the breast height diameters and the height data of the mean stand tree from the increment/yield tables for the pedunculate oak and sessileflowered oak by several authors.

Based on the results of the research and discussion, the following conclusions may be made:

1. The growth and increment of the height, breast-height diameter and the overall wood mass volume immediately depends on numerous biological and ecological as well as economical factors. If this growth is presented by a coordinate system in the way that years (time) are applied as an independent variable, the dependent variable being a particular observed item, the course of the growth will be the so-called »S« curve.

At the beginning of the growth, this curve is concave, after the inflexion point it becomes convex. The increment of the forest tree species does not develop steadily, especially not in the moderate zone where the periods of increment and those of resting interchange. In the vegetation period of the increment, the daily increment and nightly intervals interchange accounting for the doublestair-formed growth curve when observed during a period of several years; therefore the form of these steps and their interconnecting lines are very unstable and varying. In terms of economy, we are not interested in the described growth variations of one tree or stand in such short time units, but rather in the annual average of the growth in intervals longer than one year. The growth as an outstandingly complex and complicated phenomenon may be presented by the *Levaković*' growth function:

$$Y = f(x) = \frac{A}{\left(1 + \frac{B}{x^D}\right)^C} \quad (1)$$

It is impossible to apply the growth function without knowing the current values of parameters A, B, C and D. The method for parameter calculation offered by the author is possible to apply only to the growth curve of the spruce height I site class in TiroI (Table: 9, author's example) and the height growth curve for the W i m m e n a u e r IV site-class oak. For all other height growth curves (Table: 1) and breast height diameter curves (Table: 2), the parameters have been calculated by the new iterative method from. Chapter 2.0.

2. From the growth curves (1) we made a formula (2):

$$Y' = ABCD \frac{X^{CD-1}}{(X^D + B)^{C+1}} \quad (2)$$

for calculating the current annual increment and the inflexion point coordinates 'I' Graph: 1, (X_i) the time in which the current annual increment according to formula (5):

$$X_i = \sqrt[D]{B \frac{CD - 1}{D + 1}} \quad (5)$$

is culminating, and the total value of the observed item in the inflexion point (Y_i) according to formula (6):

$$Y_i = f(X_i) = A \left[\frac{CD - 1}{(C + 1)D} \right]^C \quad (6)$$

The next characteristic point of the growth curve is the top of the convex projection of point 'K' Graph: 1, where the transversal increment culminates. The time (year) of the transversal increment culmination (X_k) is calculated by the formula (12),

$$X_k = \sqrt[D]{B (CD - 1)} \quad (12)$$

and the total transversal increment for the period (Y_k) by formula (13).

$$Y_k = f(X_k) = A \left[\frac{CD - 1}{C \cdot D} \right]^C \quad (13)$$

In points 'M' and (N) Graph: 1 we have calculated the time and total amount when the growth of the observed item is by 5% and 10% resp. smaller than the linear growth trend. Characteristic values of the observed item (culmination time, annual and total increments) for the current increment in point 'I' and the same values for the transversal increment in point 'K' - which have been calculated from the height and breast height diameter growth curves in the yield/increment tables and presented in Table: 1 and Table: 2 - are called indices of the site-class determination. Likewise, by formulae (2), (14) and (17)

$$pp = \frac{Y(X)}{X} = \frac{A \frac{X^{CD}}{(X^D + B)^C}}{X} = A \frac{X^{CD-1}}{(X^D + B)^C} \quad (14)$$

$$pp(x_k = Y'(X_k)) = \frac{Y_k}{X_k} = A \frac{\left[\frac{CD - 1}{CD} \right]^C}{\sqrt[D]{B(CD - 1)}} \quad (17)$$

derived from curve (1), it has been numerically proved that the transversal increment culmination takes place when this increment is equal to the current increment calculate on page 21.

3. The deviation square sums between the table and height growth curves equalized by function (1), the results from Table: 1, and the deviations in the breast height growth curves, and the Table: 2 results are all so to say negligible. With the height curves they range between 0.7 and 46 cm, while with the diameters between 0.005 and 3.7 cm. These are total deviations. However, in Table: 3 and Table: 4 we can see that the analytical (equalized) growth curve, both of the height and breast height diameter, almost directly follows the table growth curve. This means that the applied function (1) can analytically very precisely present the growth curve of the observed items. The site-class indices have numerically proved that by the values (X_i, Y_i, Pr) and (X_k, Y_k, Pr) in Table: 1 and Table: 2, the increase and decrease resp. of the site-classes defined in the tables will follow logically – to a certain degree at *W i m m e n a u e r*; however, in individual cases there are considerable deviations and even illogicalities. In other words, the yield/increment tables in use may serve only as orientation, by no means as reliable reference models.

4. The equalized annual current height increments and the total heights from several yield/increment tables, the results presented in Table: 5, show the logical sequence of the height growth and increment; even more, they are very indicative.

5. The growth and increment phenomenon is very complex and complicated. For their analytical presentation we would require precise input data (calculated from a larger sample). In Table: 6, no satisfactory results have been obtained by equalizing the growth curve of the breast height diameters, not even with six starting points, the table input data not being precise enough. When the input data are sufficiently precise, for an analytical equalization of the growth curve only four points will suffice – from any part of the curve, the applied growth curve having only four parameters. This is proved by the obtained results from Table: 7, where four points for calculating the parameters have been taken from each of the five different parts of the same growth curve of the breast height diameters. Thus are the analytically equalized data very close to the original growth curve. The obtained results prove that the applied function (1) may serve as a very precise instrument not only for a theoretical equalization of the growth curve of the observed items by the procedure of interpolation, but also for calculation of the prognosis (by extrapolation); even more, the starting amounts for the observed items can be calculated from the data of mature stands.

6. It should not be accepted that the absolute parameter amounts (A, B, C and D) of the applied growth function (1) should be used as class site indices as there is

a relatively wide interval for parameter value movements so that it does not affect the accuracy of the equalization.

7. The results of the research presented in this paper prove that we have an analytical form and calculation method for investigating the diameter and height growth and increment of the mean tree of a future model – a reference stand. There is also a published method for studying standard deviation (dispersion, structure) for particular species on a particular habitat site class. However, there is still an open question of investigating an optimal number of trees per hectare for the model reference stand.

Received April 30, 1992
Accepted October 1, 1992

Author's address:
Dr. Đuro Kovačić
Directorate of Forestry
51440 Poreč
Croatia

NEDELJKA ŠEGULJA & ĐURO RAUŠ

STO TRAJNIH PLOHA
REPUBLIKE HRVATSKE
(Ekološka istraživanja)

ONE HUNDRED PERMANENT PLOTS IN CROATIA
(Ecological research)

Prispjelo: 4. V. 1992.

Prihvaćeno: 1. X. 1992.

Prema obavljenoj analizi dosadašnjih florističkih istraživanja autora, na trajnim plohama diljem Hrvatske u flornom sastavu utvrđeno je 9 zakonom zaštićenih i 15 ugroženih biljnih vrsta (ukupno 24 vrste). Zaštićene i ugrožene vrste zabilježene su u 18 različitih zajednica, odnosno u flornom sastavu na 35 trajnih ploha. Rezultati analize prikazani su ovim redoslijedom:

1. zaštićene i ugrožene vrste (zajednice, plohe, lokalitet),
2. kratki opis zajednice,
3. zajednica, zaštićene i ugrožene vrste u zajednicama, broj plohe i lokalitet

Ključne riječi: trajne plohe, zaštićeni objekti prirode, metoda rada, zaštićene i ugrožene vrste, lokalitet

UVOD - INTRODUCTION

Planska i kontinuirana istraživanja različitih ekosistema na europskom prostoru traju već više od 60 godina (usp. Lüdi 1932, 1936; Du Ritz 1932 i dr.). Pojedinačni radovi i teoretska razmatranja o radu na trajnim plohama u Hrvatskoj datiraju od ranije (Ilijanić, Meštrović 1972, 1975). Razmjestaj trajnih ploha i njihovo plansko i kontinuirano istraživanje započelo je u Hrvatskoj 1976. godine (Rauš et al. 1979, 1980).

Principu za realizaciju mreže trajno zaštićenih površina bili su:

1. Mreža treba obuhvatiti prirodni sistem svih karakterističnih biogeocenoza na horizontalnom i vertikalnom profilu kopna i mora u Hrvatskoj.
2. Pri konkretnom odabiranju trajnih površina dali smo prioritet:
 - a) biogeocenoza koje su specifične za određena biogeografska područja Hrvatske,
 - b) biogeocenoza koje su i do sada u ovom smislu studirane,
 - c) biogeocenoza koje su pod snažnim pritiskom antropogenih faktora (degradirane),
 - d) biogeocenoza u kojima je antropogeni faktor dominantan i sistematski činilac (agrobiocenoze),

d) biogeocenzama čije je trajno proučavanje opravdano sa društveno-ekonomskog stanovišta.

3. Odabiranje trajnih površina u biogeocenzama izvršilo se u skladu s međunarodnim programima: »Čovjek i biosfera (MAB-UNESCO)« i »Program IU-FRO«.

PROGRAM ISTRAŽIVANJA I METODIKA RADA – RESEARCH PROGRAM AND WORK METHOD

Program istraživanja ima tri faze:

Prva faza obuhvaća organizaciju mreže trajno zaštićenih površina u republici, kao i identifikaciju onih objekata na kojima će se ostvariti dogovoreni znanstveni-istraživački program. Prva faza je završena do kraja 1990. godine.

Druga faza započela je 1991. godine a obuhvaća detaljna komparativna istraživanja na multidisciplinarnoj osnovi i trajala bi najmanje 10. godina.

Treća faza jeste sinteza i primjena rezultata dobivenih u drugoj fazi, s tim da se istraživanja nastavljaju jer bi ona praktično, uzimajući u obzir dijalektiku prirode trajala (odatle i naziv TRAJNE PLOHE).

Upotrijebljena metodika rada u skladu je s međunarodnim programom »ČOVJEK I BIOSFERA« (MAB) od UNESCO-a i programa »IUFRO«.

Površine zaštićenih objekata u Republici Hrvatskoj praktički se kreću od 5–20 000 ha. Znači, mi smo našu trajnu plohu postavili tamo gdje ima najmanje 5 ha zaštićene površine, a ploha je veličine $100 \times 100 \text{ m} = 1 \text{ ha}$; ta površina se već prema potrebi dijeli na manje kvadrate, i to 10×10 , 5×5 i $1 \times 1 \text{ m}$.

Budući da će na tim površinama istraživanja obavljati znanstvenici različitih područja, jasno je da će svaki primijeniti svoju metodiku rada, ali takvu koja se uklapa u međunarodne projekte i čiji rezultati moraju biti komparabilni s identičnim istraživanjima u drugim zemljama u Europi (EZ).

Izrađena je karta prostornog rasporeda 100 trajnih ploha u Hrvatskoj.

ZAŠTIĆENE I UGROŽENE BILJNE VRSTE NA TRAJNIM PLOHAMA REPUBLIKE HRVATSKE – PROTECTED AND ENDANGERED PLANT SPECIES ON THE PERMANENT PLOTS OF CROATIA

Zadatak ovog rada bio je pregledati sve rezultate dosadašnjih florističkih i fitocenoloških istraživanja na trajnim plohama diljem Hrvatske i iz biljnoga sastava na plohama izdvojiti zaštićene i ugrožene biljne vrste u Hrvatskoj.

REZULTATI RADA – RESULTS

Prema obavljenoj analizi dosadašnjih florističkih istraživanja autora na trajnim plohama diljem Hrvatske u flornom sastavu utvrđeno je 9 zakonom zaštićenih i 15

ugroženih biljnih vrsta (ukupno 24 vrste). Zaštićene i ugrožene vrste zabilježene su u 18 različitim zajednicama, odnosno u flornom sastavu na 35 trajnih ploha. Rezultati analize prikazani su ovim redoslijedom:

1. zaštićene i ugrožene vrste (zajednice, plohe, lokalitet),
2. kratki opis zajednice,
3. zaštićene i ugrožene vrste u zajednicama, broj plohe i lokalitet.

**ZAŠTIĆENE I UGROŽENE VRSTE (ZAJEDNICA, BROJ
PLOHE, LOKALITET)
- PROTECTED AND ENDANGERED SPECIES
(COMMUNITY, PLOT NUMBER, LOCATION)**

CEPHALANTHERA ALBA (Cr.) Sink. – bijela naglavica

- *Fagetum croaticum montanum quercetosum petraea* Rauš 1978 (10)¹ (Muški bunar – Nova Gradiška)
- *Orno-Quercetum ilicis* H-ić 1958 (36) (Petrovka – Rab)
- *Quercu-Carpinetum croaticum caricetosum pilosae* Ht. 1942 (39) – (Kolačka – Križevci)
- *Helleboro-Pinetum* Ht. 1950 (47) – (Komarnica – Crni vrh, Vrhovine)
- *Helleboro-Pinetum* Ht. 1950 (48) – (Komarnica – Crni vrh, Vrhovine)
- *Seslerio autumnalis-Fagetum illyricum* Ht. 1950 (49) – (Šuha draga – Borovnik, Starigrad-Paklenica)
- *Fagetum croaticum montanum* Ht. 1938 (63) – (Dugačko brdo – Koprivnica)

CEPHALANTHERA RUBRA (L.) Rich. – crvena naglavica

- *Helleboro-Pinetum* Ht. 1938 (53) – (Borje – T. Korenica)
- *Seslerio-Ostryetum carpinifoliae* Ht. 1938 (80) – (Senjska Draga – Senj)

DAPHNE LAUREOLA L. – lovorasti likovac

- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (34) – (Crni vrh – N.P. Plitvička jezera)

DAPHNE MEZEREUM L. – obični likovac

- *Carpino betuli-Quercetum roboris typicum* Rauš 1971 (kasni hrast (25) – (Česma – Vrbovec)
- *Carpino betuli-Quercetum roboris typicum* Rauš 1971 (26) (Česma – Vrbovec)
- *Fagetum croaticum montanum* Ht. 1938 (31) – (Medvedak – N. P. Plitvička jezera)
- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (32) – (Čorkova uvala – N. P. Plitvička jezera)
- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (33) – (Čudinka – N. P. Plitvička jezera)
- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (34) – Crni vrh – N. P. Plitvička jezera)
- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (35) – (Pod kikom – N. P. Plitvička jezera)
- *Helleboro-Pinetum* Ht. 1950 (47) – (Komarnica – Samar, Vrhovine)
- *Helleboro-Pinetum* Ht. 1950 (48) – (Komarnica – Crni vrh, Vrhovine)
- *Piceetum croaticum montanum* Ht. 1938 (60) – (Jasenačka kosa – Ogulin)
- *Piceetum croaticum montanum* Ht. 1938 (62) – (Štirovača – Krasno)

¹ U zagradi uz zajednicu je broj trajne plohe i lokalitet.

ERANTHIS HYEMALIS (L.) Salisb. – ozimica

- *Carpino betuli-Quercetum roboris quercetosum cerris* Rauš 1969 (2) – (Jelaš – Vukovar)

ERYTHRONIUM DENS-CANIS L. – pasji zub

- *Fagetum croaticum montanum quercetosum petraea* Rauš 1978 (10) (Muški bunar – N. Gradiška)
- *Fagetum croaticum* Ht. 1938 (11) – (Muški bunar – N. Gradiška)

GENTIANA ASCLEPIADEA L. – šumska sirištara

- *Quercu-Carpinetum croaticum caricetosum pilosae* Ht. 1942 (27) – (Gojić – Jastrebarsko)
- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (33) – (Čudinka – N. P. Plitvička jezera)
- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (34) – (Crni vrh – N. P. Plitvička jezera)
- *Piceetum croaticum montanum* Ht. 1938 (60) – (Jasenačka kosa – Ogulin)
- *Piceetum croaticum montanum* Ht. 1938 (62) – (Štirovača – Krasno)
- *Fagetum croaticum montanum* Ht. 1938 (63) – (Dugačko brdo – Koprivnica)

HELLEBORUS MULTIFIDUS Vis ssp. LAXUS (Host) Martinis – mnogolisni kukurijek

- *Helleboro-Pinetum* Ht. 1950 (48) – (Komarnica – Crni vrh – Vrhovine)
- *Helleboro-Pinetum* Ht. 1958 (53) – (Borje – T. Korenica)

HELLEBORUS NIGER L. var macractus Freyn. – sprež

- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (32) – (Čorkova uvala – N. P. Plitvička jezera)
- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (33) – (Čudinka – N. P. Plitvička jezera)

ILEX AQUIFOLIUM L. – božikovina

- *Fagetum croaticum montanum quercetosum petraeae* Rauš 1978 (10) – (Muški bunar – N. Gradiška)

IRIS ILLYRICA Tommasini (= I. pallida Lam. ssp. conqialti (Ambrosi) Forster inc. I. illyrica) – ilirska perunika

- *Helleboro-Pinetum* Ht. 1950 (47) – (Komarnica – Samar, Vrhovine)
- *Helleboro-Pinetum* Ht. 1950 (48) – (Komarnica – Crni vrh, Vrhovine)

LILIUM MARTAGON L. – ljiljan zlatan

- *Fagetum croaticum montanum quercetosum petraeae* Rauš 1978 (10) – (Muški bunar – N. Gradiška)
- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (32) – (Čorkova uvala – N. P. Plitvička jezera)
- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (33) – (Čudinka – N. P. Plitvička jezera)
- *Seslerio-Fagetum illyricum* Ht. 1950 (primorska bukova šuma) (88) – (Biokovo – Prihvatilište)

LEUCOJUM VERNUM L. – proljetni drijemovac

- *Fagetum croaticum* Ht. 1938 (11) – (Muški bunar – N. Gradiška)

MARSILEA QUADRIFOLIA L. – raznorotka

- *Galio-Salicetum albae* Rauš 1973 (17) – (Kopačevo – Bilje)
- *Močvarna vegetacija* – (Ljeskovača – Okučani)

RUSCUS HYPOGLOSSUM L. – širokolisna veprina

- *Fagetum croaticum montanum quercetosum petraeae* Rauš 1978 (10) – (Muški bunar – N. Gradiška)
- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (34) – (Crni crh – N. P. Plitvička jezera)
- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (35) – (Pod kikom – N. P. Plitvička jezera)

TROLLIUS EUROPAEUS L. – planinčica

- *Piceetum croaticum montanum* Ht. 1938 (62) – (Štirovača – Krasno)

VERATRUM LOBELIANUM Bernh. (= *V. album* ssp. *lobelianum* (Bernh.) Arc. – bijela čemerika

- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (32) – (Čorkova uvala – N. P. Plitvička jezera)
- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (54) – (Štirovača – Krasno)
- *Piceetum croaticum montanum* Ht. 1938 (60) – (Jasenačka kosa – Ogulin)
- *Piceetum croaticum montanum* Ht. 1938 (62) – (Štirovača – Krasno)
- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (96) – (Nadžak-bilo – Krasno)

VINCA MINOR L. – mali zimzelen, pavenka

- *Carpino betuli-Quercetum roboris typicum* Rauš 1971 (4) – (Lože – Otok)
- *Carpino betuli-Quercetum roboris typicum* Rauš 1971 (6) – (Prašnik – Okučani)
- *Fagetum croaticum montanum* Ht. 1938 (63) – (Dugačko brdo – Koprivnica)
- *Quercus roboris-Carpinetum betuli submediterraneum* Bert. 1938 (95) – (Motovun-ske šume – Buzet)

VIOLA ODORATA L. – mirisava ljubica

- Kultura crnog oraha i bagrema (1) – (Jelaš – Vukovar)
- *Carpino betuli-Quercetum roboris quercetosum cerris* Rauš 1969. (2) – (Jelaš – Vukovar)
- *Carpino betuli-Quercetum roboris fagetosum* Rauš 1971 (19) – (Haljevo – Darda)
- *Seslerio autumnalis-Fagetum illyricum* Ht. 1950 (30) – (Skorupovac – Gospić)
- *Orno-Quercetum ilicus* H-ić 1958 (36) – (Petrovka – Rab)
- *Pinetum nigrae submediterraneum* Anić 1959 (50) – (Buterinuša – Rujno, Stari-grad-Paklenica)

HELLEBORUS MACRANTHUS (Schiffm) Freyn. – velecvjjetni kukurijek

- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (33) – (Čudinka – N. P. Plitvička jezera)
- *Helleboro-Pinetum* Ht. 1950 (47) – (Komarnica – Samar, Vrhovine)
- *Helleboro-Pinetum* Ht. 1950 (48) – (Komarnica – Crni vrh, Vrhovine)

LUNARIA REDIVIVA L. – trajna srebrenka, trajna mjesečnica

- *Fagetum croaticum montanum* Ht. 1938 (31) – (Medvedak – N. P. Plitvička jezera)
- *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (33) – (Čudinka – N. P. Plitvička jezera)

- CYCLAMEN EUROPAEUM L.** (= *C. prupurascens* Mill.) – obična ciklama
– *Fagetum croaticum montanum* Ht. 1938 (31) – (Medvedak – N. P. Plitvička jezera)
– *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (32) – (Čorkova uvala – N. P. Plitvička jezera)
– *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (33) – (Čudinka – N. P. Plitvička jezera)
– *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (34) – (Crni vrh – N. P. Plitvička jezera)
– *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (35) – (Pod kikom – N. P. Plitvička jezera)
– *Orno-Quercetum ilicis* H-ić 1958 (36) – (Petrovka – Rab)
– *Helleboro-Pinetum* Ht. 1950 (47) – (Komarnica – Samar, Vrhovine)
– *Helleboro-Pinetum* Ht. 1950 (48) – (Komarnica – Crni vrh, Vrhovine)
– *Helleboro-Pinetum* Ht. 1958 (53) – (Borje – T. Korenica)
– *Querc-Ostryetum carpinifoliae* Ht. 1938 (80) – (Senjska draga, Senj)

- CYCLAMEN REPANDUM** Sibth. & Sn. – ciklama, klobučac
– *Orno-Quercetum ilicis* H-ić 1958 (36) – (Petrovka – Rab)
– *Orno-Quercetum ilicis* H-ić 1958 (37) – (Velika dolina – Mljet)
– *Orno-Quercetum ilicis* H-ić 1958 (77) – (Lokrum – Dubrovnik)

- PLATANThERA BIFOLIA (L.) Rich.** – bijeli vimenjak
– *Querc-Carpinetum croaticum caricetosum pilosae* Ht. 1942 (27) – (Gojić – Jastrebarsko)
– *Fagetum croaticum montanum* Ht. 1938. (31) – (Medvedak – N.P. Plitvička jezera)
– *Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938 (34) – (Crni vrh – N.P. Plitvička jezera)
– *Querc-Carpinetum croaticum caricetosum pilosae* Ht. 1942 (39) – (Kolačka – Križevci)
– *Querc-roboris-Carpinetosum betuli submediterraneum* Bert. 1968 (95) – Motovunska šuma – Buzet

**KRATKI OPIS BILJNIH ZAJEDNICA U KOJIMA SE
JAVLJAJU ZAŠTIĆENE I UGROŽENE BILJNE VRSTE –
A BRIEF DESCRIPTION OF PLANT COMMUNITIES
WHERE THE PROTECTED AND ENDANGERED PLANT
SPECIES APPEAR**

**ŠUMA HRASTA CRNIKE I CRNOG JASENA
(*Orno-Quercetum ilicis* H-ić 1956, 1958)**

Ta klimatskozonska šumska zajednica eumediteranskog područja Hrvatske najčešće je razvijena u obliku degradiranih šumskih sastojina nazvanih makija. Duž istočnojadranskog područja eumediteranske zone klimatske se prilike (temperatura, padaline) razlikuju. Te razlike imaju vidljiv utjecaj na florni sastav zajednice. Najznačajnije razlike u sastojinama te zajednice duž istočnojadranske obale izražene su u udjelu listopadnih elemenata u sloju drveća i grmlja.

**ŠUMA BUKVE S JESENJOM ŠAŠIKOM
(*Seslerio autumnalis-Fagetum illyricum* Ht. 1950)**

Sastojine primorskih bukovih šuma razvijaju se na granici mediteranske i eurosibirsko-sjevernoameričke regije, odnosno nastavljaju se na submediteranske šume crnoga graba i medunca. Najčešće se razvijaju na južnim padinama dinarskih

planina, ali sežu i u unutrašnjost kopna na područjima koja su izložena toplijim južnim utjecajima. U flornom sastavu zajednice, naročito u sloju niskog rašća, mogu se stoga sresti biljne vrste značajne za mediteransku i eurosibirsku regiju.

ŠUMA HRASTA MEDUNCA I CRNOGA GRABA

(*Quercus-Ostryetum carpinifoliae* Ht. 1938)

Zajednica je najčešće razvijena u kopnenim dijelovima Hrvatske, a vezana je za plitka tla i više-manje strme sunčane obronke. Njezine sastojine razvijaju se kao šume panjače, te su stoga niske i često otvorene. Ta je zajednica u uskoj sindinamskoj vezi sa zajednicom crnoga graba, šašike i hrasta medunca, koja se razvija u najvišem pojasu submediteranske zone.

SUBMEDITERANSKA ŠUMA HRASTA LUŽNJAKA I OBIČNOGA GRABA

(*Quercus roboris-Carpinetum betuli submediterraneum* Bert. 1968)

To je izvanzonska šumska zajednica, razvijena na vlažnim i poplavnim staništima u dolini Mirne u Istri. To područje pripada submediteranskoj zoni mediteranske regije, a lokalni klimatski i edafski činioci u dolini rijeke omogućili su razvoj toga tipa šumske vegetacije, koji je inače značajan za kontinentalno područje Hrvatske, koje pripada eurosibirsko-sjevernoameričkoj regiji. Subasocijacija hrasta lužnjaka i običnoga graba na prostoru Istre odlikuje se nizom osobitosti, među kojima je najizrazitiji udio submediteranskih elemenata u sastavu zajednice.

SUBMEDITERANSKA ŠUMA CRNOG BORA

(*Pinetum nigrae submediterraneum* Anić 1959)

Razvija se na obroncima Velebita u visini od 450 do 1800 m. To je šuma reliktnog značaja i kao takva čini važnu kariku u arealu borovih šuma na području Balkana. U sastavu zajednice značajan udio imaju vrste submediteranskih šuma i kamenjara.

ŠUMA HRASTA KITNJAKA I OBIČNOGA GRABA S TREPAVIČASTIM ŠAŠEM

(*Quercus-Carpinetum croaticum caricetosum pilosae* Ht. 1942)

Subasocijacija se razvija na svim ekspozicijama brežuljkastih područja srednje Hrvatske (Petrova gora, Kalnik, Moslavačka gora i dr.). Njezinu razvoju pogoduju duboka isprana tla, slabije ili jače kisele reakcije.

HRVATSKA BUKOVA ŠUMA

(*Fagetum croaticum montanum* Ht. 1938)

To je široko rasporstranjena šumska zajednica na prostoru montanog (brdovitog) dijela Hrvatske. S obzirom na široku geografsku i ekološku amplitudu raširenosti mogu se unutar zajednice razlikovati brojne varijante, odnosno subasocijacije, a s tim je u vezi i biljno bogatstvo montanih bukovih sastojina u Hrvatskoj. Florna najbogatije sastojine te zajednice razvijene su na prostoru između Snježnika, Žumberka, Ličke Plješivice i sjevernog Velebita.

ŠUMA BUKVE S KITNJAKOM

(*Fagetum croaticum montanum guercetosum petraea* Rauš 1978)

Bukove šume slavonskih gora i gora srednje Hrvatske predstavljaju bukove šume panonske varijante. Razvijaju se na visini 250–750 m/nm. Ekološka amplituda tih šuma dosta je široka, te se razvijaju u nekoliko varijanti. Na Papuku, na južnim i istočnim ekspozicijama razvijena je subasocijacija *Fagetum croaticum montanum guercetosum petraea*. U sastojinama te subasocijacije u sloju drveća značajnu ulogu ima hrast kitnjak.

ŠUMA BUKVE I JELE ILIRSKOG PODRUČJA

(*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938)

Zajednica u horizontalnom i verikalnom pogledu zauzima prostrana područja naših gora i planina. Stere se od 700 do 1300 m/nm. Razvija se na područjima s dosta zračne vlage i s relativno velikim snježnim oborinama, a u vertikalnom pogledu nadovezuje se na sastojine čistih bukovih šuma. Zajednica ima široku ekološku amplitudu s obzirom na stanište pa se razvija na različitim tipovima tala i na različitim supstratima.

GORSKA SMREKOVA ŠUMA

(*Piceetum croaticum montanum* Ht. 1938)

Zajednica se razvija na dubokim profilima povrh vapnene podloge. Razlikuje se od svih šumskih zajednica na prostoru Hrvatske i od svih smrekovih šuma Europe (Horvat 1963). U njezinim sastojinama dominira smreka. Najljepše sastojine te zajednice u Hrvatskoj razvijene su u ponikvama i uvalama, na staništima na kojima se skuplja hladni zrak. Tu predstavlja izvanzonsku, lokalno klimatski uvjetovanu zajednicu. Na tim je lokalitetima smreka visoka i ima velik godišnji prirast.

ŠUMA OBIČNOG I CRNOG BORA S BOŽIĆNJAKOM

(*Helleboro-Pinetum* Ht. 1950)

Najljepše sastojine borovih šuma u Hrvatskoj razvijene su na području Kapele na rendzinama povrh dolomita. Zajednica je razvijena kao trajni stadij, koji u toku sukcesivnog razvoja vegetacije u nižim dijelovima prelazi u zajednicu bukovo-jelovih sastojina. Procesi sukcesije ovise o prilikama na staništu. U sloju drveća dominira obični bor, a na toplijim staništima crni bor. Sloj grmlja i niskog rašća u tim je sastojinama dobro razvijen.

TIPIČNA ŠUMA HRASTA LUŽNJAKA I OBIČNOGA GRABA

(*Carpino betulī-Quercetum roboris typicum* Rauš 1971)

Sastojine te zajednice razvijaju se na području Panonske nizine, a optimalna staništa za razvoj tipične subasocijacije je Posavina i Podravina. Ta se subasocijacija razvija na valovitim terenima tog prostora, na gredama i riječnim terasama. Pojam »grede« ujedno označava i tipične sastojine zajednice običnoga graba i hrasta lužnjaka. Na početku vegetacijskog razdoblja podzemna voda na staništu subasocijacije nalazi se na dubini oko 1,5 m, a prema ljetu i jeseni spušta se do 4 m.

Najznačajnije vrste u sloju drveća su hrast lužnjak (*Quercus robur*) i obični grab (*Carpinus betulus*), te javor klen (*Acer campestre*). Sloj grmlja je u tim sastojinama dosta slabo razvijen, a sloj prizemnog rašća jako varira od sastojine do sastojine.

ŠUMA HRASTA LUŽNJAKA I OBIČNOGA GRABA S CEROM (*Carpino betuli-Quercetum roboris quercetosum cerris* Rauš 1969)

To je najsuša (najksjerofilnija) subasocijacija lužnjakovo-grabovih šuma. Raširena je na relativno velikom zaravnjenom prostoru Slavonije i Srijema.

ŠUMA HRASTA LUŽNJAKA I OBIČNOGA GRABA S BUKVOM (*Carpino betuli-Quercetum roboris fagetosum* Rauš 1971)

Ta se subasocijacija razvija u sklopu tipične subasocijacije zajednice običnoga graba i hrasta lužnjaka u nizinskim predjelima Hrvatske (Baranja i donja Posavina, Pokuplje, dijelovi Podravine). Razvija se na gajnicama i pseudogleju i na aluvijalnim tlima, najčešće na mikrouzvisinama – gredama, gdje se bukva zadržala još iz doba subboreala.

KULTURA CRNOG ORAHA I BAGREMA – The Culture of the Black Walnut (*Juglans nigra*) and Acacia (*Robinia pseudoacacia*)

Ploha (1) je 1977. godine postavljena na površinama mladih nasada crnog oraha i bagrema. Od tog doba prati se rast i razvoj kulture, kao i promjene u flornom sastavu na plohi. Promjene su jasno izražene u sloju grmlja i prizemnog rašća.

ŠUMA BIJELE VRBE S BROČIKOM (*Galio-Salicetum albae* Rauš 1973)

To je zajednica nizinskog dijela Hrvatske, a razvija se kao rubna fitocenoza ritova, bara i dunavskih otoka. Tla na kojima se razvija su aluvijalno-karbonatna, oglejana ili glejna. Površine zajednice pod stalnim su utjecajem poplavnih voda koje su često dugotrajne, a razina vode koleba od 2 do 4 metra. Sušna razdoblja i donošenje mulja na rubna područja omogućuju daljnje širenje zajednice. Ukoliko se smanji razina poplavnih voda na prvobitnim staništima, zajednica u procesu progresivne sukcesije ustupa mjesto drugoj šumskoj zajednici poplavnih staništa.

MOČVARNA VEGETACIJA – Swamp vegetation

U okviru projekta »Sto trajnih ploha Republike Hrvatske« nalazi se i ploha 9, locirana na području Ljeskovača (Šumarija Okučani). Na plohi je (100 × 100 m) mozaično raspoređeno nekoliko zajednica močvarne vegetacije; *Eleocharietum palustris*, *Ludwigietum palustris*, *Sparganio-Glycerietum*, *Scirpo-Phragmitetum*, *Caricetum elatae*, te fragmenti zajednica razreda *Isoeto-Nanojuncetea* (na čijim površinama dominira vrsta *Marsilea quadrifolia*). Nedugo nakon postavljanja plohe (1978, 1979. godine) kartirana je vegetacija na plohi, tj. utvrđene su površine koje pripadaju navedenim zajednicama. U skoroj budućnosti trebat će ponovo kartirati vegetaciju (na plohi) da bi se utvrdile promjene koje su nastale u proteklom razdoblju.

**ZAJEDNICE, ZAŠTIĆENE I UGROŽENE BILJNE VRSTE,
BROJ PLOHE I LOKALITET**
- **COMMUNITY, PROTECTED AND ENDANGERED
PLANT SPECIES, PLOT NUMBER AND LOCATION**

Zaštićene i ugrožene biljne vrste utvrđene su u flornom sastavu na 35 trajnih ploha s različitim područja, odnosno u 18 biljnih zajednica, a to su:

As. CARPINO BETULI-QUERCETUM ROBORIS TYPICUM Rauš 1971

- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| | - ploha 4 (Lože-Otok) |
| | - ploha 6 (Prašnik-Okučani) |
| <i>Vinca minor</i> L. | - ploha 25 (Česma-Vrbovec) |
| <i>Daphne mezereum</i> L. | - ploha 26 (Česma-Vrbovec) |

**As. CARPINI BETULI-QUERCETUM ROBORIS QUERCETOSUM CERRIS
Rauš 1969**

- | | |
|--|---------------------------|
| | - ploha 2 (Jelaš-Vukovar) |
| <i>Eranthis hyemalis</i> (L.)
Salisb. | |
| <i>Viola odorata</i> L. | |

As. CARPINO BETULI-QUERCETUM ROBORIS FAGETOSUM Rauš 1971

- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| <i>Viola odorata</i> L. | - ploha 19 (Haljevo-Darda) |
|-------------------------|----------------------------|

**As. QUERCO-CARPINETUM CROATICUM CARICETOSUM PILOSAE
Ht. 1942**

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| <i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich | - ploha 27 (Gojić-Jastebarsko) |
| <i>Gentiana asclepiadea</i> L. | - ploha 39 (Kolačka-Križevci) |
| <i>Cephalanthera alba</i> (Cr.) Sink. | |

As. FAGETUM CROATICUM MONTANUM Ht. 1958

- | | |
|---------------------------------------|--|
| <i>Daphne mezereum</i> L. | - ploha 31 (Medvedak-N. P. Plitvička jezera) |
| <i>Lunaria rediviva</i> L. | - ploha 63 (Dugačko brdo-Koprivnica) |
| <i>Cyclamen europaeum</i> l. | |
| <i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich | |
| <i>Cephalanthera alba</i> (Cr.) Sink. | |
| <i>Gentiana asclepiadea</i> L. | |
| <i>Vinca minor</i> L. | |

As. FAGETUM SYLVATICUM CROATICUM Ht. 1938

- | | |
|----------------------------------|--|
| <i>Leucojum vernus</i> L. | - ploha 11 (Muški bunar-Nova Gradiška) |
| <i>Erythronium dens-canis</i> L. | |

As. **FAGETUM CROATICUM MONTANUM QUERCETOSUM PETRAEA**
Rauš 1978

- ploha 10 (Muški bunar–Nova Gradiška)
Cephalanthera alba (Cr.) Sink.
Erythronium dens-canis L.
Ilex aquifolium L.
Lilium martagon L.
Ruscus hypoglossum L.

As. **ORNO-QUERCETUM ILICIS** H-ić (1956) 1958

- Cephalanthera alba* (Cr.) Sink – ploha 36 (Petrovka–Rab)
Viola odorata L. – ploha 37 (Velika dolina–Mljet)
Cyclamen europaeum L. – ploha 77 (Lokrum–Dubrovnik)
Cyclamen repandum Sibth. & Sn. – ploha 77 (Lokrum–Dubrovnik)

As. **SESLERIO AUTUMNALIS-FAGETUM ILLYRICUM** Ht. 1950

- Cephalanthera alba* (Cr.) Sink. – ploha ploha 30 (Skorupova–Gospić)
Lilium martagon L. – ploha 49 (Suha draga–Borovnik, Starigrad)
Viola odorata L. – ploha 88 (Biokovo–Prihvatište)

As. **QUERCO-OSTRYETUM CARPINIFOLIAE** Ht. 1938

- Cephalanthera rubra* (L.) Rich – ploha 80 (Senjska draga–Senj)
Cyclamen europaeum L.

As. **QUERCO ROBORIS-CARPINETUM BETULI SUBMEDITERRANEUM**
Bert. 1968

- ploha 95 (Motovunske šume–Buzet)
Vinca minor L.
Platanthera bifolia (L.) Rich

As. **PINETUM NIGRAE SUBMEDITERRANEUM** Anić 1959

- Viola odorata* L. – ploha 50 (Buterinuša–Rujno,
Starigrad–Paklenica)

As. **HELLEBORO-PINETUM** Ht. 1950

- Cephalanthera alba* (Cr.) Sink – ploha 47 (Komarnica–Samar, Vrhovine)
Daphne mezereum L. – ploha 48 (Komarnica–Crni vrh, Vrhovine)
Iris illyrica Tommasini – ploha 53 (Borje–T. Korenica)
Cyclamen europaeum L.
Cephalanthera rubra (L.) Rich
Helleborus macranthus (Schiffm) Freyn

As. ABIETI-FAGETUM ILLYRICUM Ht. 1938

- Daphne mezereum* L. – ploha 32 (Čorkova uvala–N. P. Plitvička jezera)
Helleborus niger L. – ploha 33 (Čudinka–N. P. Plitvička jezera)
Veratrum lobelianum Bernh. – ploha 34 (Crni vrh–N. P. Plitvička jezera)
Cyclamen europaeum L. – ploha 35 (Pod kikom–N.P. Plitvička jezera)
Gentiana asclepiadea L. – ploha 54 (Štirovača–Krasno)
Lunaria rediviva L. – ploha 96 (Nadžak-bilo–Krasno)
Daphne laureola L.
Ruscus hypoglossum L.
Platanthera bifolia (L.) Rich
Helleborus macranthus (Schiffm) Freyn

As. PICEETUM CROATICUM MONTANUM Ht. 1938

- Daphne mezereum* L. – ploha 60 (Jasenačka kosa–Ogulin)
Gentiana asclepiadea L. – ploha 62 (Štirovača–Krasno)
Trollius europaeus L.
Veratrum lobelianum Bernh.

As. GALIO-SALICETUM Rauš 1973

- Marsilea quadrifolia* L. – ploha 17 (Kopačevo–Bilje)

KULTURA CRNOG ORAHA I BAGREMA

- Viola odorata* L. – ploha 1 (Jelaš–Vukovac)

MOČVARNA VEGETACIJA

- Marsilea quadrifolia* – ploha 9 (Ljeskovača–Okučani)

ZAKLJUČAK – CONCLUSION

U flornom sastavu na 100 trajnih ploha diljem Hrvatske utvrđeno je 9 zaštićenih i 15 ugroženih biljnih vrsta flore Hrvatske (ukupno 24 vrste). Zaštićene i ugrožene vrste zasada su utvrđene u 18 različitih biljnih zajednica i u flornom sastavu na 35 trajnih ploha Republike Hrvatske.

LITERATURA – LITERATURE

- Bertović, S., 1975: The Mirna River Valley and Motovun Forest in Istria (Croatia). *Phytocoenologia* 2 (3/4), 329–335, Stuttgart-Lehre.
Domac, R., 1987: Mala flora Hrvatske i susjednih područja. Školska knjiga, Zagreb.
Horvatić, S., 1954: Ilustrirani Bilinar. Grafički zavod Hrvatske, Zagreb.
Ilijanić, Lj., i Meštrov, M., 1972: Trajne plohe za dugoročna prirodnoznanstvena istraživanja. Enciklopedija moderna, 19, 80–83, Zagreb.

- Ilijanić, Lj. i Meštrov, M., 1975: Trajne plohe za dugoročna istraživanja ekosistema. Ekologija, Vol. 10, No 1, 107-113, Beograd.
- Ilijanić, Lj., 1975: Zadaća i značenje trajnih ploha za zaštitu i istraživanje ekosistema naše zemlje. Simpozij za organizaciju mreže trajno zaštićenih površina u Jugoslaviji i njihovo obrazloženje, 1-14, Ohrid.
- Lüdi, W., 1932: Die methoden der Sukzessionsforschung in der Pflanzensoziologie. Handb. biol. Arbeitsmeth. Abt. XI, Teil 5-527.
- Lüdi, W., 1936: Experimentelle Untersuchungen an alpiner Vegetation. Ber. Schweiz. Bot. Ges., 46, 632-681, Zürich.
- Matić, S., Prpić, B., Rauš, Đ., Vranković, A., 1979: Rezervati šumske vegetacije Prašnik i Muški bunar. Šumsko gospodarstvo »Josip Kozarac«, GRO »Mirko Gembarovski«, Nova Gradiška.
- Rauš, Đ., Ilijanić, Lj., Seletković, Z., Šegulja, N., Topić, J., 1979: Komparativna istraživanja ekosistema u Hrvatskoj. Drugi kongres ekologa Jugoslavije, knj. 2, 1115-1118, Zagreb.
- Rauš, Đ., Seletković, Z., Šegulja, N., Topić, J., 1980: Komparativna istraživanja ekosistema u Hrvatskoj. »Šumarski list« br. 5-6, 201-218, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1987: Šumarska fitocenologija. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.
- Šulek, B., 1859: Biljarstvo. Upute za poznavanje bilja, II. dio, Brzotiskom K. Albrechta, Zagreb.

ONE HUNDRED PERMANENT PLOTS IN CROATIA
(Ecological research)

Summary

According to the so far accomplished analysis of the authors' flora research, 9 legally protected and 15 endangered plant species have been established in the flora composition of the permanent plots all over Croatia. The protected and endangered species have been recorded within 18 different associations, i.e. within the flora composition of 35 permanent plots. The results of the analysis have been presented in the following order:

1. protected and endangered species (associations, plots, localities);
2. brief description of the association;
3. association, protected and endangered species in the associations, plot number and locality.

Received May 4, 1992
Accepted October 1,

Author's address:
Nedeljka Šegulja
Department of Botany, Faculty of
Science,
University of Zagreb
Marulićev trg 20/II
41000 Zagreb
Croatia

Đuro Rauš
Faculty of Forestry
41001 Zagreb, P.O.Box 178
Croatia

TONO KRUŽIĆ

IZBOR REGRESIJSKOG MODELA ZA IZJEDNAČENJE DRVNOGROMADNIH TABLICA

CHOOSING REGRESSION MODELS FOR FITTING VOLUME TABLES

Prispjelo: 15. V 1992.

Prihvaćeno: 1. X 1992.

Gotovo sve domaće drvnogromadne dvoulazne tablice novijeg datuma izjednačene na način kako to predlaže Emrović (1960), gdje se računaska metoda kombinira s grafičkim izjednačenjem.

U računalnoj obradi podataka vrlo je važno imati, umjesto same tablice, dobar regresijski model, a idealno bi bilo kad bismo mogli pronaći jedan univerzalan s minimalnim brojem parametara.

Radi pronalazjenja dobrog modela opsežno su ispitivani modeli s 3, 4, 5 i 6 parametara. Istraživanja su provedena na uzorku obične johe (*Alnus glutinosa*), gdje je uzet u obzir volumen krupnog drveta do 7 cm.

Zbog poznate pogreške logaritamskog izjednačenja te zbog nehomogenosti varijabilnost oko plohe izjednačenja volumena primijenjeno je izjednačenje obličnih brojeva metodom najmanjih kvadrata. Za ispitivani uzorak kod izjednačenja obličnih brojeva dodavanjem 4. parametra Schumacher-Hallovu modelu signifikantno se smanjila varijanca oko plohe izjednačenja. Daljim dodavanjem parametara kvaliteta izjednačenja nije se bitno povećala.

Za izjednačenje dvoulaznih drvnogromadnih tablica autor predlaže ovaj model:

$$V = b_0 d^{b_1} h^{b_2} e^{b_3 d^{b_4}}$$

d – prsni promjer

h – visina

b_0, b_1, b_2 i b_3 – parametri dobiveni računanjem iz po istom modelu izjednačenih obličnih brojeva

n – cijeli broj u intervalu od $n = 1$ do $n = 4$

e – baza prirodnog logaritma

Ključne riječi: drvnogromadne tablice, oblični broj, regresijski model, Schumacher-Hallov model, eksponencijalna funkcija

UVOD – INTRODUCTION

U razvoju šumarske struke, već na samom početku, nametnula se potreba za određivanjem volumena stabla u dubjećem stanju. Jedna od opcija bilo je sastavljanje odgovarajućih tablica, obično dvoulaznih.

Princip se bazirao na empiriji: *stabla iste vrste drveta podjednakog prsnog promjera i podjednake visine uzrasla u podjednakim ekološkim prilikama imaju prosječno jednaki volumen.*

Prsni promjer i visina stabla su dvije lako mjerljive dimenzije stabla u dubjećem stanju.

Kad se to uvidjelo, ostalo je jedino da se ta veza između promjera, visine i volumena odredi te prikaže tabelarno poput logaritamskih, trigonometrijskih, balističkih i drugih tablica. Unatoč tomu što je bilo očito da ta veza nije funkcionirala, nego stohastička.

Problem izrade takvih tablica u prvo se vrijeme rješavao isključivo grafičkim metodama. Prve takve tablice izdane su 1846. u Bavarskoj, a bile su upotrebljavanje i u ostaloj Njemačkoj te u susjednim zemljama.

U razdoblju između dvaju svjetskih ratova matematička statistika se i u šumarstvu osjetila kao novo i važno pomagalo. Tome je osobito pridonio i razvoj moćnih računskih strojeva. Pri određivanju volumena stabla, odnosno sastojina istraživani su potreban broj ulaza (jednoulazne tablice-tarife, dvoulazne, troulazne tablice itd.); utjecaj dobi, sklopa, silvikulture; mogućnost primjene tablica na širem području ili pak za više različitih vrsta.

Poslije drugoga svjetskog rata brzo se razvija elektronsko računalo. Prof. E m r v i ć još 1960. u svom radu kaže: »Danas su grafičke metode zastarjele. Ako već postoji opsežan materijal, onda će računске metode uz pomoć računskih strojeva (automata, a danas već šumarski instituti u inozemstvu imaju automate kao na pr. u Švedskoj) biti sigurno ekonomičnije i svakako točnije, t. j. izmjereni materijal bit će bolje iskorišćen« (E m r v i ć 1960., st. 53).

Kod računskih metoda se kao problem pojavio izbor matematičkog modela po kojemu treba izjednačiti tablice (S p u r r 1952, H e n r i k s e n 1953, N ä s l u n g 1941, 1947, E m r o v i ć 1960).

Međutim, da nije pronađen najprikladniji model ni do danas, svjedoče radovi profesora A. C. M a t i s a (M a t i s 1986, 1988, A s t e r i s & M a t i s 1979). On je izjednačio tablice za grčku jelu (*Abies cephalonica*) s različitim modelima te na osnovi multiplog korelacijskog koeficijenta te Furnivalova indeksa (Furnival 1961) odabrao najprikladniji. Osim toga, činjenica je da se danas bitno promijenilo i ono što je prof. E m r o v i ć (E m r o v i ć 1954, 1960) smatrao pod pojmom »najekonomičniji«. Svakako nije teško odgonetnuti razlog tomu. Riječ je o elektronskom računalu, i to za ovu svrhu sasvim dovoljnom jednom PC-u, iako bi potpuno zadovoljilo i najobičnije vrlo jeftino mikroračunalo (Comodore, Apple, Attari, Spectrum i dr.).

Uz to metode izjednačenja, koje će se primijeniti u ovom radu (E m r o v i ć 1953, S n e d e c o r 1967, K r u ž i ć 1990), bazirane su na golemom broju računanja, stoga su u ono vrijeme našle vrlo ograničenu primjenu (E m r o v i ć 1953).

Računalo je odigralo i jednu drugu ulogu. Naime, danas je i u našoj operativi u cijelosti prisutan, manje ili više intenzivno (H i t r e c i dr. 1988, N o v a k 1990). Programeru je mnogo lakše i jednostavnije ugraditi nekakav matematički model s nekoliko parametara u svoj program nego programirati čitanje same tablice koju opet treba prethodno cijelu bez greške upisati u datoteku, što sve zajedno u izvođenju programa traje duže i zauzima mnogo više memorije.

U skladu s tim novonastalim mogućnostima i zahtjevima nameće se potreba pronalaženja i ispitivanja takvih regresijskih modela kojima bi se dobro i na jednostavan način izjednačile drvnogromadne dvoulazne tablice, koje bi se isto tako i jednostavno koristile isključivo uz primjenu elektronskog računala.

To je imalo presudan utjecaj na izbor teme ovoga rada.

Ispitivani modeli i spoznaja o njima izravno će se moći iskoristiti i za izjednačavanje nekih drugih veličina koje su u stohastičkoj vezi s promjerom i/ili visinom, pritom se posebno misli na problem biomase (H u s c h i dr. 1971, C a n a d e l l i dr. 1988).

Kad bi stablo bilo pravilno geometrijsko tijelo, npr. stožac, tada bi njegov volumen bio:

$$V = \frac{\pi}{4} d_0^2 h \frac{1}{3} \quad (1)$$

d_0 – promjer baze stošca (stablo na panju)

h – visina stošca (stabla)

S pretpostavkom da je stablo paraboloid (jednadžba izvodnice $y^2 = p \cdot x^r$, gdje je $r = 1$), volumen stabla bi bio:

$$V = \frac{\pi}{4} d_0^2 h \frac{1}{2} \quad (2)$$

U slučaju neiloida ($r = 3$):

$$V = \frac{\pi}{4} d_0^2 h \frac{1}{4} \quad (3)$$

Odnosno općenito:

$$V = \frac{\pi}{4} d_0^2 h f \quad (4)$$

$$f = \frac{1}{r + 1} \quad (5)$$

» f « je obični broj, tj. broj kojim treba množiti volumen valjka da bi se dobio točan volumen stabla.

Osnivačem teorije obličnog broja smatra se J. C. P a u l s e n, koji 1800. god prvi put spominje »redukcijski broj« kojim treba množiti volumen valjka radi dobivanja volumena stabla (M ü l l e r 1915). U gornjim primjerima riječ je o apsolutnim obličnim brojevima. Inače pod obličnim brojem razumijeva se uvijek, ako nije napomenuto drukčije, u stvari prsnovisinski (nepravi) oblični broj za krupno drvo (D e r b h o l z).

Treba napomenuti da ta definicija obličnoga broja važi u svakom slučaju;

$$V = \frac{\pi}{4} d_{1,30}^2 h f \quad (6)$$

$d_{1,30}$ – prsni promjer stabla

h – visina stabla

f – prsnovisinski oblični broj

Međutim jednadžba izvodnica stabla najčešće nije oblika $y^2 = p \cdot x^r$, već je riječ o složenijoj krivulji koja bi se mogla izjednačiti nekakvom »S« krivuljom (T o d o r o v i ć 1958, T o d o r o v i ć & S t a m e n k o v i ć 1967).

Oblični broj se kreće u rasponu od 0.3 do 0.6. Empirijski se došlo do zaključka da postoji stohastička ovisnost obličnog broja o prsnom promjeru i visini:

$$v = F_1 (d, h) \quad (8)$$

Možda je u redu kad se kaže da je volumen funkcija promjera, visine i obličnog broja, ali oblični broj sigurno nije funkcija promjera i visine, nego su sve tri vrijednosti funkcija života tog stabla u određenoj okolici, dakle, posljedica su djelovanja genotipa stabla u određenoj okolici kroz određeno vrijeme. Tu činjenicu dokazuju radovi gdje se o tome vodilo računa (E m r o v i ć i dr. 1962) te se dokazalo da jasen iz različitih biljnih zajednica (fitocenoza) ima pridružene regresijske modele koji se značajno razlikuju u svojim parametrima.

Načelno, dijelovi debla (a deblo nas kao dio stabla najviše interesira) teže ka obliku valjka (sekcioniranjem stabla odedujemo volumen s pretpostavkom da su male sekcije stabla – valjak), što proizlazi iz činjenice da deblo ima dvije osnovne funkcije: mehaničku i provodnu. Deblo je zaštićeno korom te je na tom dijelu odnos s vanjskim svijetom sveden na minimum. Kako valjak od svih prizmoidnih tijela ima najmanji kvocijent između oplošja i volumena, logična je težnja stabla da formira deblo (i ostale dijelove koji imaju samo provodnu funkciju) kružnog presjeka, tj. valjkastog oblika (list stablu naprimjer, služi za maksimalnu razmjenu tvari s okolnim svijetom te je stoga težnja da se postigne maksimalni kvocijent između oplošja i volumena, plodovi su pak okruglasti itd.). Međutim, da bi se deblo oduprlo svim mehaničkim silama (statička i dinamička naprezanja) kojima je u svom životu izloženo, kao npr. vlastita težina, vjetar, led, životinje i dr., doći će do odstupanja od kružnog presjeka. Na pridanku je stablo izloženo najvećim naprezanjima te će na tom dijelu redovito zadebljati, manje ili više, ovisno o tlu i vrsti, u nekim slučajevima će formirati žljebove, da bi idući prema visini promjer padao. Nagnuto stablo će zbog poremećenoga statičkog naprezanja formirati tenzijsko odnosno kompresijsko drvo (četinjače) te nepravilni (eliptični) presjek.

Iz izraza 7 i 8 slijede dva načina izjednačavanja tablica:

a) posredno; izjednačenjem obličnog broja kao funkcije promjera i visine, a zatim, koristeći se izrazom 6, možemo prikazati i model (tablice) volumena kao funkciju promjera i visine,

$$f = F_0 (d, h) \quad (7)$$

Iz izraza 6 i 7 može se i volumen v smatrati stohastički ovisnim o promjeru i visini:

b) neposredno; izjednačenjem volumena kao funkcije promjera i visine.

U oba slučaja treba postupiti na taj način da se u podatke uklopi ploha na načelima po kojima se to radi pri izjednačavanju podatakaka s jednom nezavisnom varijablom gdje se uklapa krivulja. U slučaju pod b), ako se promatra geometrijski, onda se za tu savinutu plohu može reći da će joj presječna s ravninom, okomitom na ravninu d, h imati ova svojstva:

1) Ako je ta ravnina paralelna s h-osi (d je konstantno), onda će joj spomenute presječnice tvoriti krivulju blage zakrivljenosti, koja je gotovo slična pravcu i koja bi bila pravac da oblični broj nije funkcija i visine (prosječni nagib te blage krivulje to je strmiji što je veći d).

2) Ako je ta ravnina paralelna s osi d (tj. h je konstantno), onda će krivulja biti slična kvadratnoj paraboli s nagibom, ovisno o veličini h.

Metode izjednačavanja dijelimo na grafičke, računsko-grafičke i računске.

Prvi uredski rad kod grafičke metode izjednačenja je sortiranje stabala u visinske klase. Na grafikonu nanosimo volumene u ovisnosti s prsnim promjerom za svaku visinsku klasu te izjednačimo odoka. Pri tome vodimo računa da krivulje budu glatke te međusobno harmonizirane. Podaci očitani s prvog grafikona služe za crtanje drugoga, ali ovaj put nanosimo volumene kao funkciju visine (d je konstantno). Nakon toga se ponovo crta treći grafikon poput prvoga (harmonizirane krivulje za različite konstantne visine), ali s podacima očitanim s drugoga grafikona. Ako se na taj način dobiju harmonizirane, glatke krivulje, posao je završen; slijedi konačni digitalni prikaz u dvoulaznim tablicama.

Prve njemačke tablice izjednačene su tim načinom, poslije je svaki autor pridodao nešto svoje da skрати posao i da postigne veću točnost (Često konturne linije i nisu baš idealno glatke sa slabim stupnjem harmonizacije).

Grafičke metode zahtijevaju izuzetno velik broj modela (da bi imali potrebnu sigurnost kod crtanja konturnih linija). Već najmanje 30 godina smatraju se zastarjelim.

U računsko-grafičke metode mogu se svrstati metode kod kojih se proces izjednačavanja sastoji iz računskih i grafičkih operacija.

Najpoznatija računsko-grafička metoda je nomogramaska metoda Bruce-Reineke a. Metoda zahtijeva relativno malen broj primjernih stabala (100-200), pogodna je za konstrukciju lokalnih tablica. Treba napomenuti da su naše domaće tablice za johanu (*Alnus glutinosa*) izjednačene ovom metodom (Emrović & Pranjčić 1964).

Metoda se bazira na jednadžbi

$$z = k \cdot x^2 \cdot y, \quad (9)$$

odnosno

$$V = \frac{\pi}{40\,000} \quad (10)$$

d – prsni promjer stabla

h – visina stabla

f – prsnovisinski oblični broj

Kako se oblični broj mijenja za različite promjere i visine (a otkrivanje zakonitosti tog mijenjanja i jest zapravo zadatak konstrukcije tablica), to se i k mijenja, ali za početak rada uzima se da je konstantan i jednak jednoj prosječnoj vrijednosti. Ako se jednadžba 10 logaritmiraju (da se postigne linearnost odnosno aditivnost), izlazi jednadžba:

$$\log V - \log k = 2 \log d - \log h \quad (11)$$

koja se daje prikazati u obliku nomograma s 3 paralelne skale. Na taj je način izbjegnuto računanje multiple regresije kao kod Ezekiel. Dalji postupak je jednostavniji te se sastoji iz grafičkog izjednačavanja krivulje i mijenjanja skala na nomogramu.

Najprije se na osnovi visine i promjera, primjernih stabala očita s nomograma odgovarajući volumen (V'), zatim se stvarni volumen primjernih stabala (V) nanosi na grafikon kao funkcija nomogramskog volumena (V'). Grafikon crtamo na logaritamskom papiru, jer su skale nomograma logaritamske. Nanesene podatke izjednačimo pravcem te s grafikona očitavamo koje vrijednosti nomogramskog volumena odgovaraju stvarnom volumenu i na nosiocu skala volumena crtamo novu skalu.

Na isti način ispravljamo skalu h , pa opet skale V , zatim skalu d i opet skalu V . Da smo pošli od nomograma $V = d + h$, onda bi bilo potrebno vrlo mnogo ponavljanja (20 i više) pa da dobijemo dobre dvoulazne tablice.

Ako su početne skale bile logaritamske te ako se koristimo log-log papirom, analizirajmo što se moglo dogoditi glede prve korekcije ($V' - V$): Mogla se pojaviti potreba da se nosilac skala volumena samo podigne odnosno spusti za neku vrijednost x i/ili da joj se kompletno poveća odnosno smanji mjerilo, tj. množi se nekim koeficijentom o manjim ili većim od 1.

$$o \cdot \log V - \log k \pm x = 2 \cdot \log d - \log h, \quad (12)$$

To se događa i s ostale dvije skale (d i h) za nekakve vrijednosti y , p , z i q :

$$o \cdot \log V - \log k + x = 2 \cdot p \cdot \log d + y - q \cdot \log h + z \quad (13)$$

Ako se to sredi dobije se:

$$\log V = \frac{2 \cdot p}{o} \log d + \frac{q}{o} \log h + \frac{\log k - x + y + z}{o}$$

$$B = \frac{2 \cdot p}{o}, \quad C = \frac{q}{o}, \quad A = \frac{\log k - x + y + z}{o}$$

Vidimo da ono što će na kraju takav nomogram antilogaritmirano računati jest:

$$V = 10^A \cdot d^B \cdot h^C. \quad (14)$$

To je poznati Schumacher-Hallov model (Schumacher & Hall 1933).

Pod računskom metodom razumijeva se izjednačenje metodom najmanjih kvadrata. Za upotrebu te metode potrebno je poznavanje funkcija po kojoj će se nešto izjednačiti. Ta je funkcija dana redovito empirijskom jednadžbom, a to znači da je takva funkcija iznađena formalno matematičkim putem prema prosječnoj slici pojave.

Subjektivnost u toj metodi je svedena na minimum. Iako bi sam izbor regresijskog modela mogao biti subjektivan, međutim primjenom elektronskog računala mogli bismo izjednačiti više različitih modela te odabrati onaj koji za konkretne opažane podatke daje najbolje izjednačenje (M a t i s 1986, 1988).

Model koji prikazuje ovisnost volumena o prsnom promjeru uvijek možemo podijeliti s volumenom valjka V_c :

$$V_c = \frac{\pi d^2 h}{4}$$

i dobiti isti model primjenljiv za izjednačenje obličnog broja.

Za izjednačenje volumena S p u r r (1952) predlaže funkcije

$$V = A + B d^2 h \quad (15)$$

i

$$V = A (d^2 h)^B \quad (16)$$

odnosno

$$\log V = \log A + B \log (d^2 h)$$

Novije tablice za indijski kesten (*Aesculus indica*) izjednačene su S p u r r o v i m funkcijama (C h e e m a i dr. 1986, 1987). Također ih upotrebljava i M a t i s u Grčkoj (M a t i s 1986, 1988) zajedno s još dva. Model 15 daje za promjer $d = 0$ i/ili $h = 0$ $V = A$, međutim volumen bi trebao biti također 0.

N ä s l u n g (1941, 1947) upotrebljava modele:

$$f = a_0 + a_1 \frac{1}{h} + a_2 \frac{h}{d} + a_3 \frac{h}{d^2} \quad (17)$$

odnosno

$$V = B_0 d^2 + b_1 d^2 h + b_2 d h^2 + b_3 h^2 \quad (18)$$

Ako je d konstantno, imamo

$$f = a_0 + a_1 \frac{1}{h} + A_2 h \quad (19)$$

$$V = B_0 + B_1 h + B_2 h^2, \quad (20)$$

a ako je h konstantno, imamo

$$f = A_0 + A_1 \frac{1}{d} + A_2 \frac{1}{d^2} \quad (21)$$

$$V = C_0 d^2 + C_1 d + C_2,$$

dakle krivulje, kako to zapravo i mora biti (E m r o v i ć 1954). N ä s l u n d ne navodi razloge za izbor tih funkcija. Po svojoj prilici to je bio rezultat nastojanja da se sa što manje parametara dobije funkcija koja ima konturne linije krivulje (ne pravce) više ili manje sličnih krivuljama dobivenim običnim prostoručnim izjednačavanjem. N ä s l u n d je izjednačavao oblične brojeve, tj. radio je s funkcijom 17, a parametre za funkciju 18 računao je tako da je funkcija 17 množio volumenom valjka.

$$\text{valjak} = \frac{d^2 h \pi}{4} \quad (22)$$

Schumacher i Hall (Schumacher & Hall 1933) publicirali su rad u kojemu upotrebljavaju funkciju:

$$V = A d^B h^C \quad (23)$$

odnosno njezin logaritamski oblik

$$\log V = \log A + B \log d + C \log h \quad (24)$$

Konturne linije te funkcije za $d = \text{konstanta}$ i za $h = \text{konstanta}$ jesu krivulje, čija zakrivljenost i oblik ovise o veličini parametara.

Iz izraza 6 izlazi

$$f = \frac{4}{\pi} V d^{-2} h^{-1}. \quad (25)$$

Ako stavimo u 25 za V izraz 23, slijedi

$$f = \frac{4}{\pi} A d^{B-2} h^{C-1}$$

$$f = a d^b h^c \quad (26)$$

Riječ je, dakle, o istoj funkciji kao i 23. Napišimo model 16 u nešto drukčijem obliku:

$$V = A d^{2B} h^B$$

Taj model lako proširimo s još jednim parametrom (npr. $2B = b$ $B = c$) i dobivamo model 23 odnosno 26.

Ostali poznati regresijski modeli jesu:

- Meyerova funkcija

$$V = A + Bd + Cdh + Dd^2 + Eh + Dd^2h \quad (27)$$

(Konturne linije za različite konstantne vrijednosti d -ova su pravci različitog nagiba i različitog odsječka, a za konstante h -ova su krivulje parabole drugog reda.)

- Meyerova modificirana

$$V = A + Bd + Cdh + Dd^2 + Ed^2h \quad (28)$$

- Spurr (1952) u svojoj knjizi navodi Näslundovu funkciju s 5 parametara:

$$V = A + Bd^2 + Cd^2h + Dh^2 + Edh^2 \quad (29)$$

- Takataova funkcija

$$V = \frac{d^2h}{A + Bd} \quad (31)$$

(oblični broj je funkcija samo promjera)

– M a t i s o v i modeli

M a t i s u svojim radovima (1986, 1988) dolazi do modela izjednačenja tako da se inicijalno koristi modelom koji ima sljedeće nezavisne varijable:

$$d, h, dh, d^2, h^2, d^2h.$$

Dakle, polazi od modela sa 7 parametara (koeficijent ispred svake varijable plus regresijska konstanta), radi regresijsku analizu i ustanovljava da članovi d^2 i h^2 vrlo malo utječu na koeficijent determinacije R^2 , te primjenjuje model:

$$V = b_0 + b_1d + b_2h + b_3dh + b_4d^2h \quad (32)$$

odnosno to isto, ali s težinom $(d^2h)^{-1}$:

$$V/d^2h = a + a_1(1/d) + a_2(1/d^2) + a_3(1/dh) + a_4(1/d^2h). \quad (33)$$

S tom je težinom model 33 ustvari isto što i model 32 primijenjen za izjednačenje obličnog broja:

$$f = A + B/d + C/d^2 + E/(dh) + F/d^2h \quad (34)$$

– Talijanske dvoulazne tablice

Tablice je izradila skupina autora (C a s t e l l a n i i dr. 1984). Bazirane su na polinomima s čak do 13 parametara i to konstanta plus koeficijent ispred raznih kombinacija nezavisnih varijabli npr.

$$d, h, dh, d^2, h^2, d^2h, d^3, d^3h, d^3h^2, d^2h^2, dh^2, h^{-1}, d^4/h \dots$$

Takva je, na primjer, tablica pod kodom 14 (opća za bukvu te još čitav niz drugih vrsta):

$$V = b_0 + b_1d^2h + b^2d + b_3h + b_4dh + b_5d^2 + b_6h^2 + b_6h^2 + b_7dh^2 + b_8d^2h^2 + b_9d^3 + b_{10}d^3h + b_{11}d^3h^2 + b_{12}/h, \quad (35)$$

gdje je $b_0 = .140099$ (ako je $d=0, h=0 \rightarrow V = .14$ što se ne može dogoditi), $b_{10} = .959694 \cdot 10^{-8}$ ili $b_6 = .37864 \cdot 10^{-6}$ (b_6 za npr. stablo od 30 m visine pridonosi volumenu beznačajnih $.0003 \text{ m}^3$). Već iz toga je očito da je besmisleno upotrebljavati toliko veliki broj parametara za dvoulazne tablice.

– Australaska formula

Model je predložio S t o a t e (1945). Ako se pretpostavi da je volumen stabla kao funkcija temeljnice g ($g = d^2 \cdot \pi/4$ d-promjer u metrima) unutar pojedine visinske klase, linearno ovisan

$$V = a + bg, \quad (36)$$

a parametri a i b linearno ovisni o visini

$$a = a_1 + b_1h \quad i \quad (37)$$

$$b = a_2 + b_2h, \quad (38)$$

dobijemo da je

$$V = a_1 + b_1h + a_2g + b_2gh \quad (39)$$

ili

$$V = A + Bh + Cd^2 + Dd^2h \quad (40)$$

Računske metode su moderno sredstvo za izjednačavanje podataka. Podržane elektronskim računalom, te metode imaju potpunu prevlast. Pri tom možemo istaknuti slijedeće prednosti:

– subjektivnost u izjednačavanju je svedena na minimum. Čak ni izbor regresijskog modela ne mora biti subjektivan: može se izjednačiti model s puno parametara pa onda odbaciti sve nesignifikantne (regresijska analiza). Na taj način će svaka ponovna obrada istih opažanih podataka dati isti rezultat.

– Omogućena je primjena teorije vjerojatnosti (greška uzorka te veličina uzorka, signifikantne razlike, točnost tablica itd.)

– Ekonomičnost se postiže manjim brojem potrebnih modelnih stabala i primjena automatske obrade podataka. Planirana veličina uzorka određena je željenom preciznošću.

– Rezultat računskog izjednačenja je regresijski model poznatih parametara koji je danas mnogo jednostavnije primjenjivati nego samu tablicu. Za to je čak dovoljno posjedovati vrlo jeftini džepni znanstveni kalkulator.

– Regresijski model postaje koristan i u primjeni simulacija (Kružić 1991).

Dobar regresijski model po Enriquesu (Peschel 1938, 175) trebao odgovarati ovim uvjetima:

1. da sadržava malen broj proizvoljnih parametara;
2. da prikazuje zakonitost tako uspješno da se upotrebom većeg broja parametara kod funkcije sličnog ili kakva drugog oblika ne mogu postići bolji rezultati (odnosno aproksimacija);

3. da dopušta ekstrapolaciju.

Kad je riječ o dovolaznim tablicama, moglo bi se još dodati:

4. da se model može primijeniti univerzalno za sve vrste drveća i za krupno i za sitno drvo.

Funkcija treba biti plastična, ali ujedno i karakteristična. Prevelika plastičnost ne valja, takvu ima na primjer polinom: $y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots$ koji se može prilagoditi svakakvim podacima te je zbog toga nekarakterističan. Oprezna ekstrapolacija može se tolerirati, osobito kod modela koji su kruto definirani npr. pravac (Garlick & Barnes 1981, 38), ali i kod modela koji se *a priori* mogu linearizirati, npr. log-log papirom (inače, svaki se model ako su mu poznati parametri, može linearizirati).

CILJ ISTRAŽIVANJA – AIM OF INVESTIGATION

Moramo biti svjesni da će se vrlo teško moći pronaći takav regresijski model koji će zadovoljiti sva 4 prethodna navedena uvjeta. Međutim elektronsko računalo otvara nove mogućnosti, ali postavlja i nove zahtjeve.

Prvi zahtjev je da se stavlja težište na točku 4. Naime, ako se programira aplikacija koja zahtijeva primjenu dvoulaznih tablica te ako se udovoljilo uvjetu pod točkom 4, tj. ako se za sve vrste koristimo istim modelom, u program će biti dovoljno ugraditi samo jedan algoritam: parametri će biti složeni u datoteci po istom redoslijedu, gdje će slog datoteke određivati šifru vrste ili će pak u jednom polju iste datoteke biti zapisana šifra vrsta. To sve olakšava proširivanje aplikacije novim vrstama drveća.

Zahtjev pod točkom 3 također je vrlo bitan. U primjeni aplikacije postoji uvijek vjerojatnost pojave podataka i izvan opsega baze podataka na temelju kojih su izjednačene naše tablice. Ako je riječ o regresijskom modelu koji omogućava lošu ekstrapolaciju, mogli bi se dobiti loši rezultati računanja volumena stabla odnosno sastojine.

Cilj ovog rada je da se, u skladu s potrebama i mogućnostima, pronađe i predloži takav model koji će nastojati zadovoljiti svim zahtjevima, a imajući pred očima i situaciju glede već postojećih domaćih tablica. Poznato je da su gotovo sve domaće drvnogromadne dvoulazne tablice novijeg datuma (Špiranec 1975) izjednačene na način kako to predlaže Emrović u svom doktorskom radu (Emrović 1960).

Emrović je dokazao da nije dopustiva linearnost konturnih linija za tanka stabla (do 20 odnosno 25 cm prsnog promjera) u primjeni logaritamski transformiranoga Schumacher-Hallova modela. Stoga regresijski model dijeli u dva dijela, tanka stabla se izjednačuju grafički, a ostali dio – računski. Na taj način dobivene tablice zahtijevaju kod stabala debljih od 20 (25) cm primjenu Meyerove korekture (Meyer 1941), a dobiven Schumacher-Hallov regresijski model nije primjenjiv kod tanjih stabala. U automatskoj obradi podataka primjenom elektronskog računala, što je već naprijed istaknuto, puno je prikladniji regresijski model s poznatim parametrima nego sama tablica nepoznatih parametara.

Zbog toga se nameće potreba pronalazjenja takva modela primjenom kojega bi se otklonio i taj nedostatak, a isti model mora biti izjednačen bez logaritamske transformacije.

METODA RADA – WORKING METHOD

Kako je već u uvodu spomenuto, izjednačenje možemo provesti neposredno (izjednačenje volumena) i posredno (izjednačenje obličnih brojeva).

Kod neposrednog izjednačenja, pojavljuje se poznati biometrijski problem nehomogenost varijabilnosti oko linije odnosno plohe izjednačenja. Varijanca se mijenja proporcionalno nezavisnoj varijabli (varijablama!). Kako to izgleda, možemo vidjeti na slici 1, gdje je prikazan volumen kao funkcija promjera (d). Također, nehomogenost varijabilnosti možemo vidjeti i na slici 2, gdje je prikazan volumen kao funkcija d^2h . Metoda najmanjih kvadrata se u ovom slučaju, ne može primijeniti direktno. Potrebno je obaviti izjednačenje primjenom težina. Na primjer, kako je to radio Matis (1986):

$$V = b_0 + b_1d + b_2h + b_3dh + b_4d^2h \quad (32)$$

i model 33 s težinom $(d^2h)^{-1}$

$$V/d^2h = a_0 + a_1(1/d) + a_2(1/d^2) + a_3(1/dh) + a_4(1/d^2h) \quad (33)$$

Autori tablica za indijski kesten (*Aesculus indica*) (Ch e e m a i dr. 1986, 1987), očit o nisu vodili računa o toj činjenici te su volumene izjednačavali modelima:

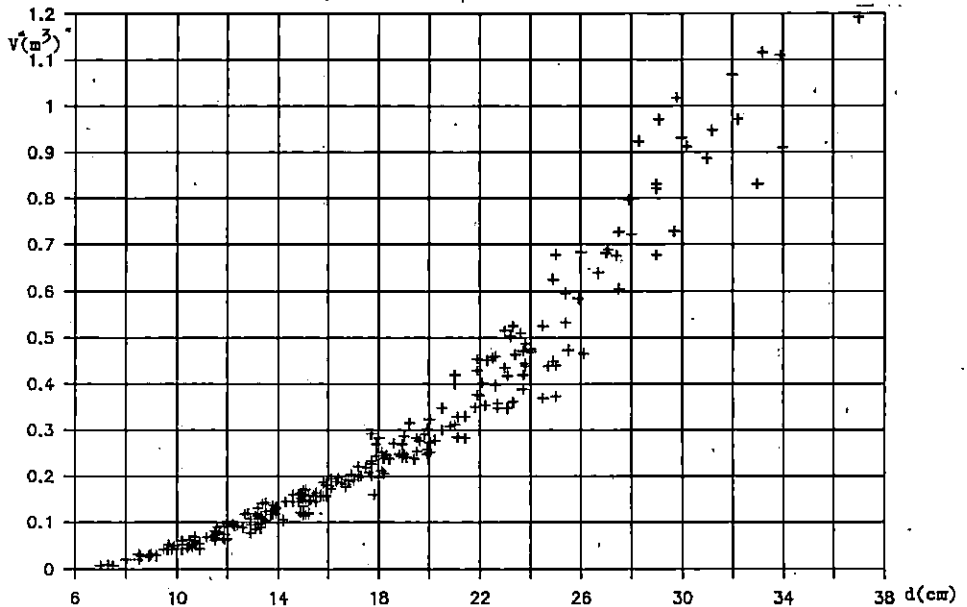
$$v = A + Bd^2h \quad (15)$$

i

$$v = A(d^2h)^B, \quad (16)$$

i naveli da model 15 daje korelacijski koeficijent $R = .9857$, dok model 16 daje $R = .8563$, što im je bilo dovoljno da se odluče jednostavno za model 15 jer je dao veći korelacijski koeficijent.

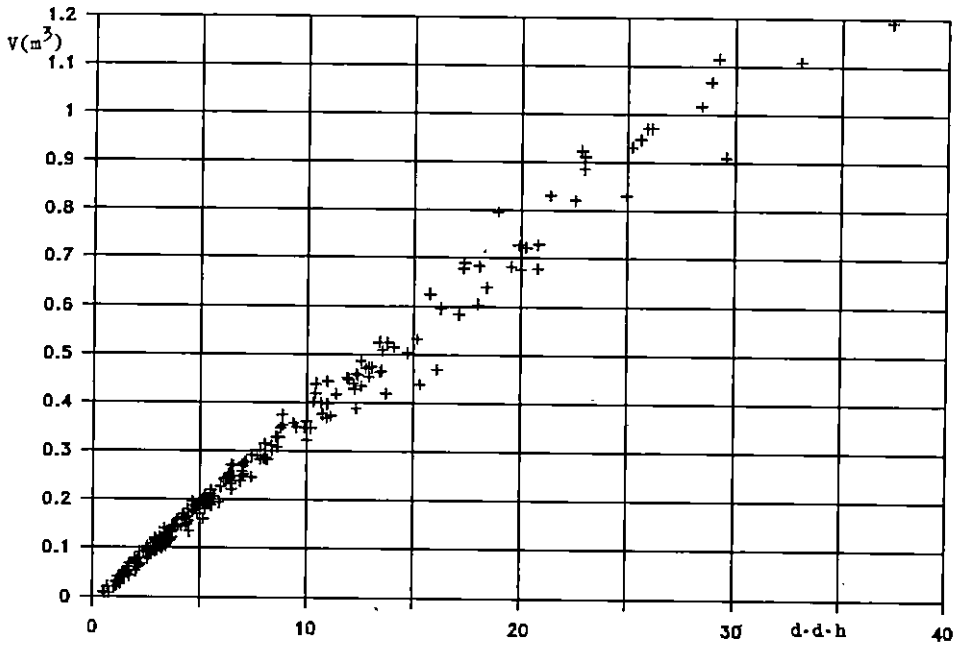
Sl. - Fig. 1. Odnos između volumena stabla i prsnog promjera - Relationship between tree volume and breast height diameter



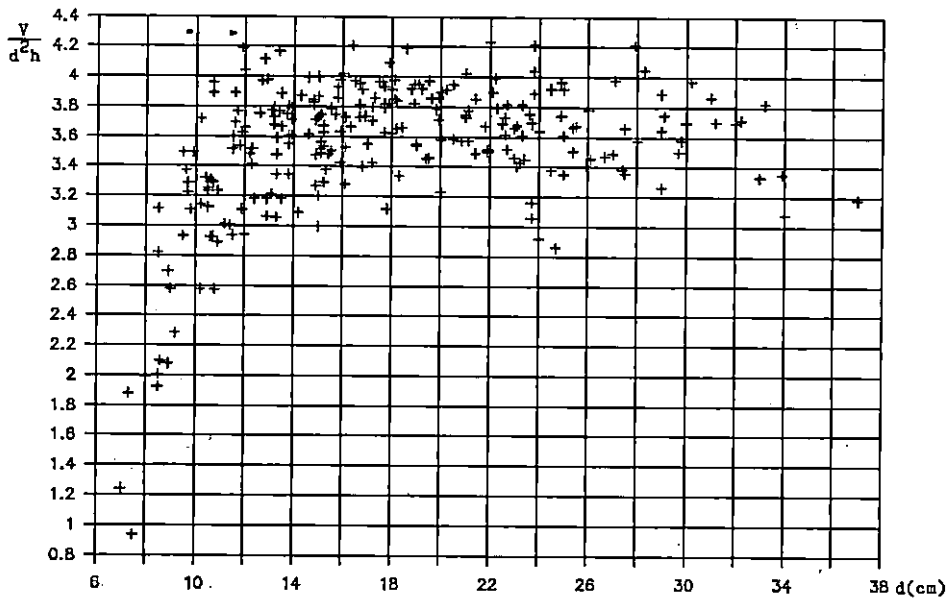
Na slici 4. vidi se prikaz logaritma volumena kao funkcije log d. Vidi se da se logaritamskom transformacijom, postigla homogena varijabilnost.

Isto se vidi iz slike 5, koja je uzeta iz E m r o v i ć e v a doktorskog rada. Na osi y nanese su standardne devijacije oko plohe izjednačenja kao funkcija volumena valjka. Vidimo da se standardna devijacija volumena može izjednačiti pravcem nagiba 45°, a to znači da je ona upravo proporcionalna volumenu valjka, tj.

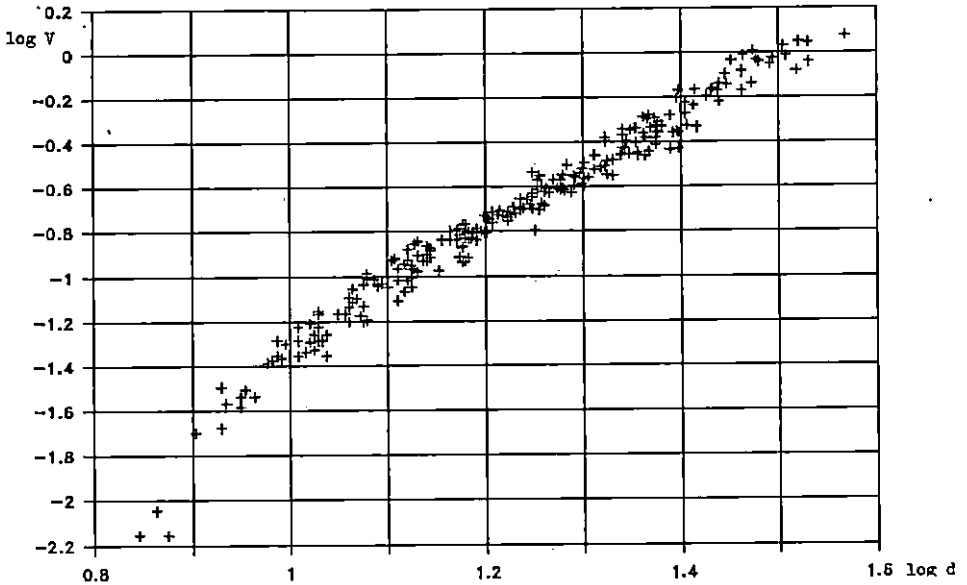
Sl. - Fig. 2. Odnos između volumena stabla i produkta d·d·h u tisućama - Relationship between tree volume and d·d·h product in thousands



Sl. - Fig. 3. Odnos između ponderiranog volumena i prsnog promjera - Relationship between weighted volume and breast height diameter (d.d.h)



Sl. - Fig. 4. Odnos između logaritma volumena i log. prsnog promjera - Relationship between logarithmic volume and logarithmic d.b.h.



vrijednosti d^2h . Vidi se također da je odgovarajuća standardna devijacija logaritama volumena uglavnom konstantna. Nešto je veća samo kod najtanjih stabala, a to znači da tanka stabla dobivaju čak i malo veći ponder nego što trebaju, pogotovo imajući na umu činjenicu da su to manji volumeni.

Iz slike 1. i 4. može se još nešto zaključiti. Naime, iz slike 4. vidi se da je ta veza približno linearna te ako učinimo njeno izjednačenje gdje je:

$$\ln(y) = a + b \ln(x), \quad (41)$$

znači da je antilogaritmirano riječ o modelu:

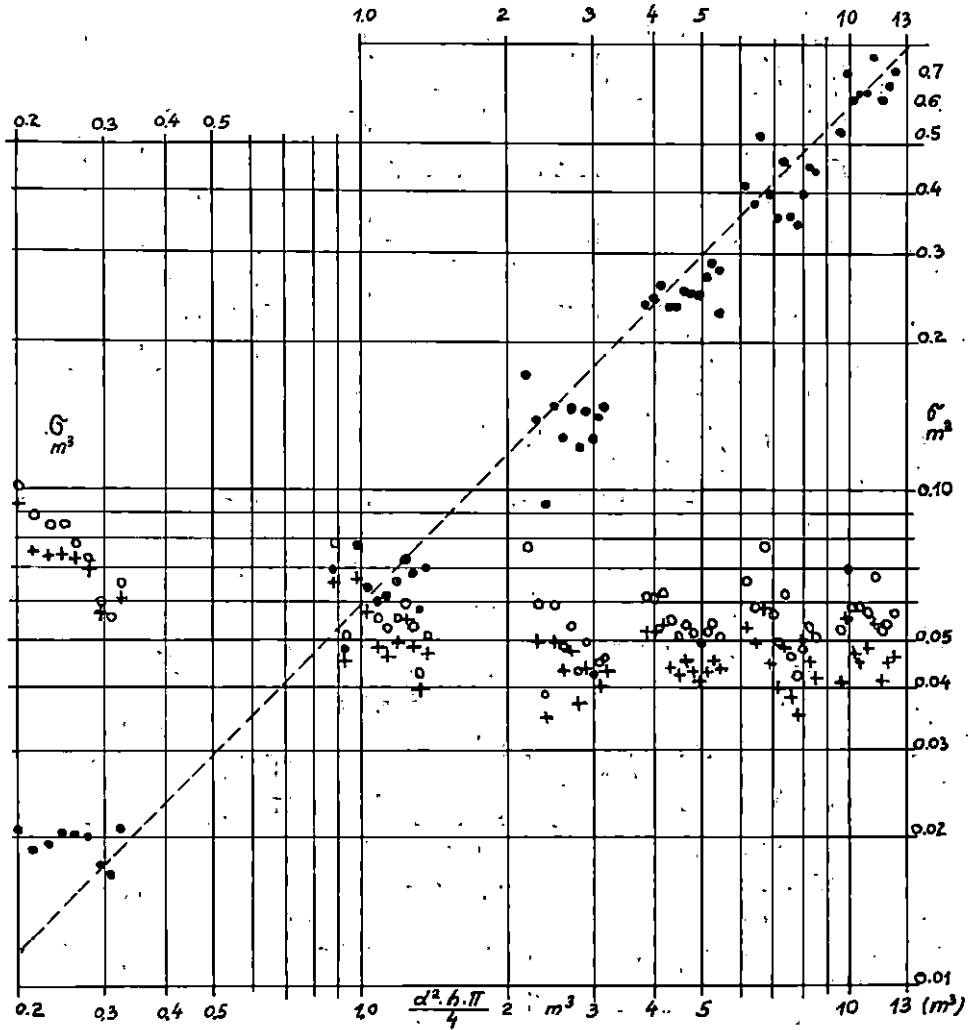
$$y = ax^b \quad (42)$$

odnosno $V = ad^b$. Ako uvedemo još jednu varijablu (visinu h) i još jedan parametar (c), dobit ćemo Schumacher-Hallov model (izraz 23). Dakle, iz toga izlazi da bi taj model prema slici problema trebao biti vrlo dobar.

Pod posrednim izjednačenjem razumijevamo izjednačenje obličnih brojeva kao funkcije promjera.

Oblični broj, kako je opisano u uvodu, jest broj kojim treba množiti volumen valjka promjera d i visine h da bi se dobio volumen stabla promjera d i visine h . Dijelovi debla (a deblo nas kao dio stabla najviše interesira) teže ka obliku valjka. Sekcioniranjem stabla određujemo volumen s pretpostavkom da su male sekcije stabla valjak. Imajući na umu sve činjenice u vezi s volumenom i oblikom debla, teorija obličnog broja se pokazuje kao ispravan pristup problemu. Osim toga same oblične brojeve možemo i moramo izjednačavati neposredno jer je varijabilnost obličnih brojeva prilično homogena (Evert 1969). Vidimo to na slici 5, gdje

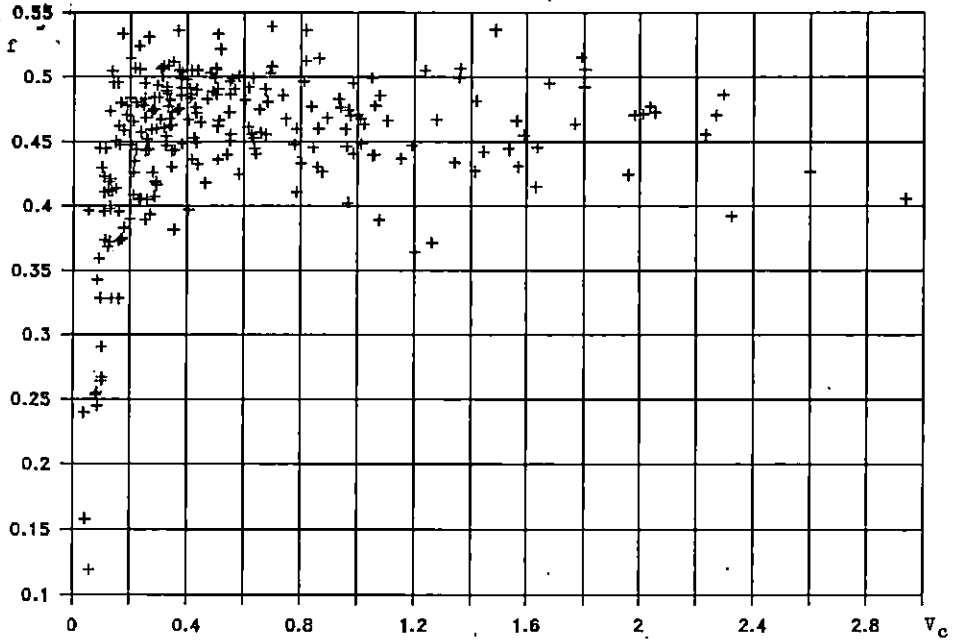
Sl. - Fig. 5. Bukva iz Moslavačke gore. Prikaz odnosa između stand. devijacije obličnog broja (drvne mase) i volumena valjka - Beech from Moslavačka gora. Relationship between standard deviation of the form factor (volume) and volume of cylinder (Emrović 1954)



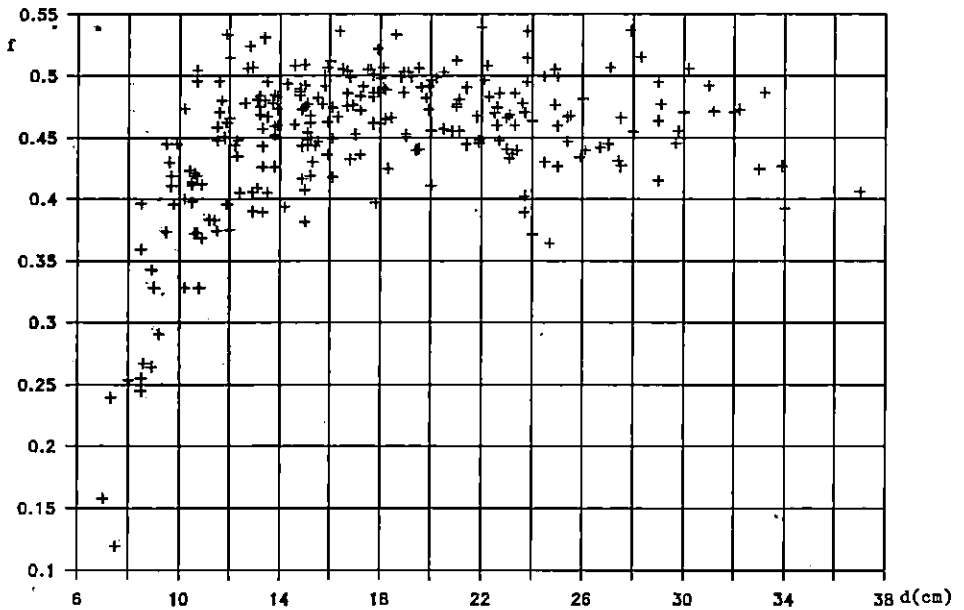
- Stand. devijacija drvne mase (krupno drvo) - Stand. deviaton of volume
- Standardna devijacija obličnog broja - Stand. deviation of form factor
- +++ Stand. dev. logaritma drvne mase - Stand. deviation of volume logarithm

standardna devijacija obličnih brojeva prikazana kao funkcija valjka $d^2 \cdot h \cdot \pi / 4$, ima cak blagi pad. Iz toga proizlazi da ni u kojem slučaju ne bismo smjeli izjednačavati oblične brojeve primjenom logaritamske transformacije (jer taj način izjednačavanja ima pogrešku već i u slučaju kad je varijabilnost homogena. Na slici 6. može se vidjeti kako se oblični broj ponaša kao funkcija valjka, odnosno na slici 7. kao

Sl. - Fig. 6. Odnos između obličnog broja i odgovarajućeg volumena valjka (V_c) - Relationship between form factor and appropriate volume of the cylinder (V_c)



Sl. - Fig. 7. Odnos između obličnog broja i prsnog promjera - Relationship between form factor and breast height diameter (d.b.h)



funkcija promjera.

Svaki model koji se upotrebljava za izjednačavanje volumena može služiti i za izjednačavanje obličnog broja, tako da se podijeli s volumenom valjka. Ako, na primjer, model (izraz 32) kojim se koristio *M a t i s* (1986), podjelim s $d^2h\pi/4$, dobivamo:

$$\frac{V}{d^2h\pi/4} = \frac{b_0}{d^2h\pi/4} + \frac{b_1d}{d^2h\pi/4} + \frac{b_2h}{d^2h\pi/4} + \frac{b_3dh}{d^2h\pi/4} + \frac{b_4d^2h}{d^2h\pi/4}$$

i ako to sredimo, dobivamo:

$$f = a_0 + a_1(1/d) + a_2(1/d^2) + a_3(1/dh) + a_4(1/d^2h) \quad (43)$$

Desna strana jednadžbe 43 jednaka je desnoj strani modela 33, iz čega se vidi da je *M a t i s* ov način izjednačavanja s težinama potpuno jednak izjednačavanju obličnih brojeva.

U ovom će se radu usporediti izjednačavanje različitim modelima. Svi će modeli biti izjednačavani metodom najmanjih kvadrata te metodom nadopunjka (*E m r o - v i ć* 1958, *S n e d e c o r* 1967).

Izjednačavat će se isključivo oblični brojevi. Jedino će modelom 23 i još nekim sličnima (prvi put primijenjenima u ovom radu) biti izjednačeni i volumeni.

Budući da će svi modeli biti upotrijebljeni za izjednačavanje obličnog broja, oni će se transformirati na način opisan u uvodu.

Metoda najmanjih kvadrata je općepoznata metoda opisana u svakoj statistici te je nije potrebno ovdje posebno opisivati.

Metoda nadopunjka je ustvari isto oblik metode najmanjih kvadrata, jer je uvjet izjednačenja također suma kvadratnog odstupanja (SKO) = minimum, ali se do parametara kod kojih je ispunjen taj uvjet dolazi na nešto kompliciraniji način. Metoda se primjenjuje kod onih modela kod kojih je ustvari nemoguće stnadardnom metodom doći do *G a u s s o v i h* normalnih jednadžbi. Osniva se na pretpostavljanju vrijednosti parametara, npr. A_0, B_0, C_0, \dots , i traženju onih nadopunjaka *A, B, C* ... koje treba dodati pretpostavljenim parametrima, kod kojih je zadovoljen uvjet da je suma kvadratnog odstupanja jednaka minimumu. Metodu ćemo objasniti na slijedećim modelima.

$$V = A d^{B_0} h^{C_0} e^{-D_0 d^{-4}} \quad (44)$$

$$\begin{aligned} V &= (A_0 + A) d^{(B_0 + B)} h^{(C_0 + C)} e^{-(D_0 + D)d^{-4}} \\ &= f(A_0 + A, B_0 + B, C_0 + C, D_0 + D) \end{aligned} \quad (45)$$

Primjenom *T a y l o r o v e* formule ovo možemo prikazati kao:

$$V = f(A_0, B_0, C_0, D_0) + \frac{\delta f}{A} A + \frac{\delta f}{B} B + \frac{\delta f}{C} C + \frac{\delta f}{D} D + \dots \quad (46)$$

Ako se zanemare članovi višeg reda, izlazi:

$$\frac{\delta f}{\delta A} = d^{B_0} h^{C_0} e^{-D_0 d^{-4}} = L$$

$$\frac{\delta f}{\delta B} = A_0 h^{C_0} e^{-D_0 d^{-4}} d^{B_0} \ln(d) = M$$

$$\frac{\delta f}{\delta C} = A_0 d^{B_0} e^{-D_0 d^{-4}} h^{C_0} \ln(h) = N$$

$$\frac{\delta f}{\delta C} = A_0 d^{B_0} h^{C_0} e^{-D_0 d^{-4}} (-d^{-4}) = O \quad (47)$$

$$V = A_0 d^{B_0} h^{C_0} e^{-D_0 d^{-4}} + AL + BM + CN + DO. \quad (48)$$

ako se opažani iznos funkcije, koji odgovara argumentima d_i i h_i obilježi s v_i , a pripadna izjednačena vrijednost s V_i koja je računata po desnoj strani gornje jednadžbe, s time da su parametri A_0 , B_0 , C_0 , i D_0 pretpostavljene vrijednosti, a parametri A , B , C , i D odgovarajući nadopunjci kod kojih će biti zadovoljen uvjet suma kvadratnog odstupanja (SKO) = minimum, tj.:

$$\sum (V_i - v_i)^2 = \text{minimum}, \quad (49)$$

dobit će se sljedeći izraz:

$$\sum (A_0 d_i^{B_0} h_i^{C_0} e^{-D_0 d_i^{-4}} + AL_i + BM_i + CN_i + DO_i - v_i)^2 = \text{minimum} \quad (50)$$

Učinimo li još jednu supstituciju poput one pod 47

$$A_0 d_i^{B_0} h_i^{C_0} e^{-D_0 d_i^{-4}} - v_i = K_i, \quad (51)$$

slijedi:

$$\sum (V_i - v_i)^2 = (K_i + AL_i + BM_i + CN_i + DO_i)^2 = \text{min}. \quad (52)$$

Ako izraz 52 promatramo kao funkciju s argumentima A , B , C i D , onda do njezina minimuma dolazimo deriviranjem po svakom argumentu i izjednačenjem dobivenih derivacija s nulom.

Na taj način dobiju 4 jednadžbe s 4 nepoznanice, čijim se rješenjem dobivaju odgovarajući nadopunjci A , B , C i D .

Iz derivacije izraza 52 po A dobije se 1. normalna jednadžba

$$\sum (L_i L_i) A + \sum (L_i M_i) B + \sum (L_i N_i) C + \sum (L_i O_i) D = \sum L_i K_i$$

Iz derivacije po B dobije se 2. normalna jednadžba

$$\sum (M_i L_i) A + \sum (M_i M_i) B + \sum (M_i N_i) C + \sum (M_i O_i) D = \sum M_i K_i$$

Iz derivacije po C dobije se 3. normalna jednadžba

$$\sum (N_i L_i) A + \sum (N_i M_i) B + \sum (N_i N_i) C + \sum (N_i O_i) D = \sum O_i K_i$$

I na kraju, iz derivacije po D dobije se 4. normalna jednadžba

$$\sum (O_i L_i) A + \sum (O_i M_i) B + \sum (O_i N_i) C + \sum (O_i O_i) D = \sum O_i K_i \quad (53)$$

Budući da smo u formuli 46 zanemarili članove višeg reda, nećemo odmah jednim računom dobiti točne nadopunjke. Zbog toga treba nadopunjke dodati prethodnoj pretpostavci te čitav postupak ponoviti, ali prije nego što se postupak

ponovi, treba izračunati sumu kvadrat. odstupanja (SKO).

$$SKO = ((A_0 + A) d^{(B_0+B)} h^{(C_0+C)} e^{-(D_0+D)d\bar{t}^4} - v_i)^2 \quad (54)$$

Nakon ponavljanja postupka dobiju se novi nadopunjci A' , B' , C' i D' te nova SKO' koja je uobičajeno manja od prethodne, tj. SKO. Sve se ponovo ponavlja, sve dotle dok se SKO smanjuje, da bi se na kraju konačno dobili oni parametri kod kojih je zadovoljen željeni uvjet SKO. Pri tome se noaravno ne postiže i uvjet suma odstupanja = 0 (SO = 0), jer je to za dotični model nemoguće (zbog toga što on nema aditivnu konstantu.

Nedostatak te metode je teoretski neriješeno pitnje standardnih devijacija parametara.

U slučaju kad se uspoređuju različiti modeli koji su i izjednačeni različitim metodama (neposredno, težine, transformacije...), onda možemo zaključak o prikladnosti modela donijeti na osnovi izračunatoga Furnivalovâ indeksa T' (Furnival 1961) i multiploga korelacijskog koeficijenta R, pa na temelju toga donosimo odgovarajuću odluku. Spomenuti koeficijent R računamo na ovaj način:

$$R = \sqrt{1 - \frac{s_{v,d,h}^2}{s_v^2}}$$

s_v – standardna devijacija volumena (zavisna varijabla)
 $s_{v,d,h}$ – stand. devijacija oko regresijske ravnine

Tako je na primjer u svom radu postupio Matis (1986). Njemu je model 16 dao i relativno nizak Furnivalov indeks i istovremeno relativno visok multipli korelacijski koeficijent R te se na temelju toga odlučio upravo za taj model.

Naravno da se pri odabiru daje prednost i onom modelu koji ima – uz približno isti R – manje parametara.

U slučaju usporedbe modela izjednačenih primjenom samo jedne metode, kako je učinjeno u ovom radu, nema potrebe računati Furnivalov indeks, nego se sud može donijeti samo na temelju multiplog korelac. koeficijenta R. Odabire se onaj model koji ima veći R, a manji broj parametara.

Postavlja se pitanje kako ćemo ispitati funkcije iste familije.

Funkcije koje pripadaju istoj familiji, mogli bismo zvati npr. polinome

$$y = a_0 + a_1 x \quad (55)$$

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 \quad (56)$$

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 \quad (57)$$

itd. do n

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 \dots a_n x^n \quad (58)$$

Jednoj te istoj familiji pripadaju i ove funkcije:

$$y = a x \quad (59)$$

$$y = a x^b \quad (60)$$

ili

$$y = axe^{bx} \quad (60a)$$

$$y = ax^c e^{bx} \quad (61)$$

$$y = ax^c e^{bx^d} \quad (62)$$

po logici da smo svaki put dodali po jedan parametar (od a do d) i time dobivali sve plastičniji model, ali i kompliciraniji. Iz toga se nameće logično pitanje kada treba stati s dodavanjem novih parametara, jer će sigurno svaki »viši« model u nizu imati veći R . To se rutinski radi regresijskom analizom (koja je oblika analize varijance) te primjenom Fisher-Snedecorova F -testa.

Ako F -test pokaže da postoji signifikantna razlika između varijance unutar grupa i varijance sredine grupa oko linije izjednačenja, onda treba tražiti model za novu liniju izjednačenja, a to je sljedeći viši u nizu. Za taj je test potreban oprez, jer je test vrlo osjetljiv na pojedine ekstremne grupe s malim brojem podataka. U tom se slučaju može dobiti signifikantna razlika, a ako se isključi samo jedna takva grupa s relativno malim brojem podataka, onda se pak može dogoditi da test pokaže nesignifikantnu razliku. Na F -testu također utječe i nehomogenost materijala, ali u ovom slučaju će i iduća funkcija najvjerojatnije pokazati signifikantnu razliku.

Test se ne može primijeniti u slučaju gdje ima malo podataka za pojedine iznose argumenata. Uopće se ne može primijeniti kada za jedan iznos argumenata postoji samo jedno mjerenje. Kod računskog izjednačenje dvoulaznih, a pogotovo višeulaznih tablica uglavnom ćemo imati taj problem.

Osim Fisher-Snedecorova F -testa možemo ispitati i signifikantnost parametra u odnosu na nulu.

To činimo na ovaj način: izjednačimo na primjer modelom 55, zatim modelom 56 pa ako dobijemo da je parametar a_2 veći u svom apsolutnom iznosu od $2.58 \cdot s_{a_2}$ (gdje je s_{a_2} standardna devijacija parametra a_2), znači da je taj parametar signifikantno različit od nule i izjednačenje moramo obaviti modelom 56 (U ovom slučaju kažemo »linearitet nije dopušten«).

Ispitivanje na taj način jednostavno je za slučaj modela 55, 56, 57 i 58, ali što učiniti kod funkcija od 59 do 62? Ako vršimo logaritamsko izjednačenje, odgovor je jednostavan: postupamo na isti način kao i u prethodnom slučaju. Međutim kod metode nadopunjka nije teoretski riješen (barem koliko smo mi danas upoznati s tim u Šumarstvu) problem standardnih devijacija parametara.

Uzimajući u obzir nedostatke prethodnih metoda, imajući na umu takođe i činjenicu da pri donošenju zaključaka o signifikantnosti, odnosno postavljenoj nul-hipotezi, postoji i tzv. pogreška druge vrste, u ovom se radu pokušala iznaći jedna više empirijska metoda. Sjetimo se najpoznatije grafičke metode izjednačenja visinske krivulje. Krivulja se izvlači prostoručno, ali se vodi računa da bude glatka. Zatim se cijeli opseg podataka nezavisne varijable (prsnog promjera) dijeli na 3 dijela. Za svaki dio posebno i ukupno se računa suma odstupanja (SO). Ako je ova suma u svakom dijelu u svom apsolutnom iznosu manja od 2% te ako je ukupna suma odstupanja (SO) manja od 1%, znak je dobrog izjednačenja. Do ove konvencije se došlo čistom empirijom. Isti bi se zahtjev sasvim opravdano mogao i trebao postaviti i računskom izjednačenju, bez obzira na to što je kod računskog izjednačenja vrlo jednostavno postići sumu odstupanja $SO < 1\%$ odnosno sumu kvadratnog odступа-

nja SKO = minimum za konkretno odabran model za cijeli opseg podataka. Sva znanja i testovi će nam slabo koristiti ako nismo stručnjaci za samo područje s kojim se bavimo (u ovom slučaju ako ne znamo *a priori* kako stvarno izgleda jedna visinska krivulja).

Nešto modificiran taj način možemo primijeniti i kod problema dvoulaznih tablica. Prvi korak je da sortiramo naše podatke po veličini prsnog promjera (pri tome ako više stabala ima isti promjer, vršimo sortiranje i po visinama). Dalji postupak te metode sastoji se u promatranju postotnog odstupanja, i to u apsolutnom smislu, konkretnih od izjednačenih podataka idući redom od najvećega do najmanjega promjera. Ako odstupanja imaju sistematski isti predznak, znak je da ispitivani model nije sigurno dobar. Dalje možemo podijeliti cijeli opseg promjera poredanih po veličini u više grupa veličine 20–30 podataka, nakon toga izračunamo intervalnu procjenu volumena populacije za svaku tako formiranu grupu podataka. Ako se nakon toga pokaže da je srednji izjednačeni volumen za ista stabla izvan intervalne procjene, znak je da ispitivani model nije dobar.

Postupak ćemo još pojasniti jednim primjerom. Uzmimo da imamo jedan uzorak gdje su stabla poredana po veličini prsnog promjera. Prvu grupu od 20 stabala čine stabla rednog broja od 1 do 20. Stablo rednog broja 1 ima prsni promjer $d = 7$ cm, a 20. stablo ima $d = 9.9$ cm. Za tih 20 stabala (promjera od 7 cm do 9.9 cm) imamo izračunato:

$$\bar{v} = 0.028 \text{ m}^3, s_v = 0.013 \text{ i } \bar{V} = 0.041$$

\bar{v} – aritmetički srednji volumen za stabla koja imaju prsni promjer veći od 7 cm i manji od 9.9 cm.

s_v – standardna devijacija istih volumena

\bar{V} – aritmetički srednji izjednačeni volumen za stabla istog intervala prsnih promjera

Te su vrijednosti izračunate za $n = 20$ stabala. Zbog toga standardna pogreška aritm. srednjeg volumena $s_{\bar{v}}$ tih stabala iznosi:

$$s_{\bar{v}} = \frac{s_v}{\sqrt{20}} = 0.0029;$$

a 95-postotna intervalna procjena za aritmet. sredinu volumena iznosi:

$$\bar{v} \pm 2.093 s_{\bar{v}} \quad (t_{19,0.05} = 2.93) \text{ odnosno}$$

$$P(0.022 < \bar{v} < 0.034) = 95\%$$

Srednji izjednačeni volumen \bar{V} iznosi 0.041 te se nalazi izvan intervalne procjene. Zbog toga možemo s najmanje 95% sigurnosti tvrditi da se u ovom slučaju za stabla rednog broja od 1 do 20, odnosno prsnog promjera od 7.0 do 9.9 cm, nije postiglo dobro izjednačenje volumena.

Također ćemo za ove grupe izračunati i postotno odstupanje izjednačenoga od opažanoga srednjeg volumena. Npr.:

$$\text{odst.}_{(\%)} = \frac{\bar{V} - \bar{v}}{\bar{v}} \cdot 100$$

Ako su grupe veličine $n = 20$ stabala, taj postotak ne bi smio u apsolutnom iznosu biti veći od 4.5%. Predlažemo sljedeću aproksimativnu formulu za računanje

postotaka:

$$\text{maksimalno dozvoljeno odst.} = \frac{10}{\sqrt{n}} \cdot 2 = 4.5\%$$

n – broj stabala u klasi (frekvencija)

Do te formule dolazimo uz pretpostavke da je prosječna stand. devijacija volumena pojedine klase 10 % te da je intervalnu procjenu dovoljno uzeti 2 stand. pogreške.

Kako je već prije istaknuto, regresijski model mora, omogućiti i dobru ekstrapolaciju.

Kvaliteta ekstrapolacije će u ovom radu biti ispitana jednim naknadnim uzorkom koji će biti izabran izvan opsega prethodno izjednačenog uzorka. Ispitivanje općenito nije sigurno, ali će dati nekakav rezultat. Rezultat će osobito biti koristan za konkretnu vrstu. Ispitivanje provodimo na sljedeći način. Nakon ispitivanja čitavog niza modela (uglavnom jednakog broja parametara) odabrat će se nekoliko najboljih. Po njima će se obračunati izjednačeni volumeni i usporediti s konkretnim volumenom dobivenim sekcioniranjem (po srednjim odstupanjima te sumi kvadratnog odstupanja SKO).

MATERIJAL – MATERIAL

Za ispitivanje u ovom radu bit će korištena sekcionirana stabla crne joha (*Alnus glutinosa*). Ti su podaci spremljeni u Katedri za dendrometriju Šumarskog fakulteta u Zagrebu. Na osnovi njih su izjednačene postojeće domaće tablice za joha u Šumarsko-tehničkom priručniku. Tablice su izjednačene nomogramskom metodom. Isti podaci su sad pohranjeni i na disketi.

Ukupno ima 252 stabla. Treba napomenuti da su pri izjednačavanju postojećih tablica bila upotrijebljena 232 stabla. Odbačeno je bilo prvih 20 najtanjih stabala (to potvrđuje činjenicu da tanka stabla nepovoljno djeluju i na izjednačenje nomogramskom metodom).

Podaci su skupljeni s područja Posavine i Podravine odnosno obuhvaćeni su najveći dijelovi areala ove vrste u Hrvatskoj. Budući da joha spada u vrste drveća s izraženom centralnom osi debla, moglo bi se pretpostaviti da oblični broj nije jako varijabilan (?!).

Najdeblja stabla u uzorku imaju gornju granicu opsega prsnog promjera 38 cm. To će osobito pogodno omogućiti ispitivanje ekstrapolacije, jer će se na terenu lako naći stabla deblja od 38 cm.

U volumen je uključen volumen krupnog drveta (do 7 cm). Volumen panja nije uzet u obzir, a za visinu panja uzeta je 1/3 prsnog promjera.

Tablica 1. prikazuje distribuciju obličnih brojeva ovoga uzorka po visinko-debljinskim klasama.

Za ispitivanje ekstrapolacije sekcionirana su johova stabla u dubjećem stanju primjenom BitterlicHOVA zrcalnog relaskopa (Bitterlich 1984) na sljedeći način:

- Za uzorak su uzeta stabla p. promjera većega od 38 cm, dakle izvan opsega izjednačenog uzorka.
- Milimetarskom promjerkom mjerni su promjeri na visini 0.3, 0.8, 1.3 i 2.3 m od zemlje.
- Sljedeće više sekcije bile su po 2 m, mjerene relaskopom
- Instrument je bio postavljen na štapu zabodenom u zemlju. Pri tom se upotrebljavao dio skinut s prsnog nosača Biterlichova zrcalnog relaskopa.
- Horizontalna udaljenost je bila najčešće 15 m mjerena točno čeličnom vrpcom.

OBRADA PODATAKA - DATA PROCESSING

Vrlo opsežna obrada podataka napravljena je većinom na Mikrohitovu PC AT računalu. Dio podataka obrađen je jednim XT-om također Mikrohitovima. Jedan vrlo mali dio je učinjen i s kućnim računalom APPLE IIc.

Pri tom je korišten vlastiti softwear uglavnom napravljen u programskom jeziku GW-BASIC i standardni softwari za tebelarnu obradu, procesor riječi i grafiku (Lotus 123 i Framework) te Apple-works.

Rezultati izjednačenja Schumacher-Hallovim modelom - Results of fitting by Schumacher-Hall-s function

Izjednačenje tim modelom je obavljeno na tri načina, tj. uz sljedeće uvjete:

- a) $\sum (V_i - v_i)^2 = \text{minimum}$
- b) $\sum (\ln V_i - \ln v_i)^2 = \text{minimum}$
- c) $\sum (F_i - f_i)^2 = \text{minimum}$.

Rezultat izjednačenja prikazan je u tabelama 2, 3, 4. i 5.

Iz rezultata se vidi da je način pod a i b dao jako veliki R, dok je kod obličnih brojeva R izuzetno malen. Nadalje, postoji pravilnost odstupanja izjednačenih od konkretnih podataka. Vidi se da je metoda pod a dala veliko postotno odstupanje za prvih 60 stabala (poredanih po veličini prsnog promjera), dalje je odstupanje manje od 3.5%. Trend odstupanja (vidi se i na slikama 8-16) u prvoj je polovici podataka pozitivan; a u drugoj polovici pretežno negativan. Logaritamsko izjednačenje (metoda pod b) dalo je tek manje odstupanje za prvih 40 pdoataka, ali dalje slijedi veliko negativno odstupanje do polovice te od polovice, veliko pozitivno odstupanje. Metoda pod c se našla negdje između ta dva izjednačenja. Imajući na umu činjenicu da u tom uzorku stablo pod rednim brojem 60 ima prsni promjer 12.9 cm, čiji su volumeni krupnog drva mali u apsolutnom smislu, izjednačenje pod a je najprihvatljivije, jer iako su velika relativna odstupanja kod tih stabala, u apsolutnom pogledu su mala te je model kao takav primjenjiv. To je potpuno u skladu sa zaključcima Emrovićeve disertacije (E m r o v i ć 1960), ali kad je riječ o logaritamskom izjednačenju, gdje se vidi da su ta odstupanja relativno velika za cijeli opseg, a pogotovo štetno velika za najdeblja stabla, koja imaju najveće volumene, očit je

Tab. 2. Izjednačene primjenom Schumacher-Halova modela s tri različite metode izjednačenja - Fitting by Schumacher-Hall's model using three different fitting methods

Metoda - Fitting izjed. method	Parametri - Parameters			R
	A	B	C	
$\sum(V_1 - v_1)^2 = \min.$	.0000427	1.9479	.9989	.9932
$\sum(\ln V_1 - \ln v_1)^2 = \min.$	.0000234	2.2957	.8523	.9818
$\sum(F_1 - f_1)^2 = \min.$	.3530530	.2283	-.1366	.4698

V_1 - Izjednačeni volumen - Fitted volume
 v_1 - Opažani volumen - Measured volume
 F_1 - Izjednačeni oblični broj - Fitted form factor
 f_1 - Opažani oblični broj - Measured form factor
 R - Multipli korelacijski koeficijent - Coefficient of multiple correlation

Tab. 3. Izjednačeno Schumacher-Hallovim modelom uz uvjet - Fitted by Schumacher-Hall's model assuming that $\sum(V_1 - v_1)^2 = \min.$

N_0	n	\bar{v}_1	\bar{V}_1	s_{v_1}	$\frac{t \cdot s_{v_1}}{\sqrt{n}}$	$d = \bar{V}_1 - \bar{v}_1$	$\frac{d \cdot 100}{\bar{V}_1}$
1-20	20	.028	.041	.013	.0074	.013	31.27
21-40	20	.056	.066	.009	.0053	.010	14.72
41-60	20	.087	.090	.016	.0095	.004	4.12
61-80	20	.113	.117	.015	.0089	.004	3.48
81-100	20	.141	.143	.019	.0107	.002	1.67
101-120	20	.161	.163	.017	.0096	.002	1.14
121-140	20	.201	.196	.015	.0088	-.004	-2.04
141-160	20	.248	.240	.035	.0204	-.008	-3.44
161-180	20	.299	.292	.047	.0274	-.007	-2.34
181-200	20	.402	.398	.061	.0351	-.004	-1.09
201-220	20	.467	.469	.079	.0458	.002	.45
221-240	20	.691	.679	.134	.0771	-.012	-1.79
241-252	12	.991	.989	.109	.0812	-.002	-.23

N_0 - Redni broj stabla - Ordinal numeral of tree
 n - Frekvencija - Frequency
 \bar{V}_1 - Aritm. sredina izjednačenih volumena - Arithmetic mean of fitted volume
 \bar{v}_1 - Aritm. sredina opaženih volumena - Arithmetic mean of measured volume
 s_{v_1} - Stand. devijacija opažanog volumena - Stand. deviation of measured volume
 t - Varijabla - Variable (t = 2.58)

zaključak da je logaritamsko izjednačenje loše. S primjenom Meyerove korekture (Meyer 1941), već loše izjednačenje u tom bi slučaju, sigurno učinili još lošijim, jer je vrijednost ove korekture uvijek veća od 1.

Zapravo bismo jednostavno mogli obaviti izjednačavanje po Emrovićevoj metodi (Emrović 1960) odbacivanjem tankih stabala, jer je očito da je ovaj model

Tab. 4. Izjednačeno Schumacher-Hallovim modelom uz uvjet - Fitted by Schumacher-Hall's model assuming that $\sum(\ln V_i - \ln v_i)^2 = \min.$

N_0	n	\bar{v}_1	\bar{V}_1	s_{v_1}	$\frac{t - s_{v_1}}{\sqrt{n}}$	$d = \bar{V}_1 - \bar{v}_1$	$\frac{d - 100}{\bar{V}_1}$
1-20	20	.028	.033	.013	.0074	.004	13.29
21-40	20	.056	.055	.009	.0053	-.001	-1.87
41-60	20	.087	.078	.016	.0095	-.008	-10.71
61-80	20	.113	.104	.015	.0089	-.009	-8.67
81-100	20	.141	.131	.019	.0107	-.010	-7.72
101-120	20	.161	.152	.017	.0096	-.009	-6.15
121-140	20	.201	.188	.015	.0088	-.012	-6.42
141-160	20	.248	.235	.035	.0204	-.013	-5.71
161-180	20	.299	.295	.047	.0274	-.004	-1.31
181-200	20	.402	.409	.061	.0351	.007	1.68
201-220	20	.467	.494	.079	.0458	.027	5.42
221-240	20	.691	.735	.134	.0771	.044	5.98
241-252	12	.991	1.126	.109	.0812	.134	11.93

N_0 - Redni broj stabla - Ordinal numeral of tree
n - Frekvencija - Frequency
 \bar{V}_1 - Aritm. sredina izjednačenih volumena - Arithmetic mean of fitted volume
 \bar{v}_1 - Aritm. sredina opaženih volumena - Arithmetic mean of measured volume
 s_{v_1} - Stand. devijacija opažanog volumena - Stand. deviation of measured volume
t - Varijabla - Variable (t = 2.58)

Tab. 5. Izjednačeno Schumacher-Hallovim modelom uz uvjet - Fitted by Schumacher-Hall's model assuming that $\sum(F_i - f_i)^2 = \min.$

N_0	n	\bar{v}_1	\bar{V}_1	s_{v_1}	$\frac{t - s_{v_1}}{\sqrt{n}}$	$d = \bar{V}_1 - \bar{v}_1$	$\frac{d - 100}{\bar{V}_1}$
1-20	20	.028	.034	.013	.0074	.006	17.51
21-40	20	.056	.058	.009	.0053	.001	1.94
41-60	20	.087	.081	.016	.0095	-.006	-7.40
61-80	20	.113	.106	.015	.0089	-.006	-6.05
81-100	20	.141	.133	.019	.0107	-.008	-5.72
101-120	20	.161	.154	.017	.0096	-.007	-4.61
121-140	20	.201	.190	.015	.0088	-.010	-5.50
141-160	20	.248	.236	.035	.0204	-.012	-5.29
161-180	20	.299	.294	.047	.0274	-.005	-1.55
181-200	20	.402	.406	.061	.0351	.004	.91
201-220	20	.467	.488	.079	.0458	.021	4.21
221-240	20	.691	.721	.134	.0771	.029	4.07
241-252	12	.991	1.091	.109	.0812	.100	9.18

F_i - Izjednačeni oblični broj - Fitted form factor
 f_i - Opažani oblični broj - Measured form factor
 N_0 - Redni broj stabla - Ordinal numeral of tree
n - Frekvencija - Frequency
 \bar{V}_1 - Aritm. sredina izjednačenih volumena - Arithmetic mean of fitted volume
 \bar{v}_1 - Aritm. sredina opaženih volumena - Arithmetic mean of measured volume
 s_{v_1} - Stand. devijacija opažanog volumena - Stand. deviation of measured volume
t - Varijabla - Variable (t = 2.58)

prekrut da bi mogao dobro izjednačiti sva stabla.

Zbog ovog ćemo ispitivati neki drugi model iz iste ili druge familije funkcija i to s pretežno 4 parametra.

Varijabilnost običnih brojeva je homogena te je u tom slučaju multipli korelacijski koeficijent R dobar pokazatelj izjednačenja, a on je kod metode pod c vrlo nizak. Zbog toga će dalje izjednačenje biti provedeno samo s izjednačenjem obličnih brojeva bez logaritamske transformacije (metodom najmanjih kvadrata ili metodom nadopunjka)

Izjednačenje obličnih brojeva raznim modelima s 4, 5 i 6 parametara

– Results of fitting the form factor using functions with 4, 5 i 6 parameters

Rezultat tog izjednačenja s obzirom na parametre, vrijednost multiploga korelacijskog koeficijenta R i standardne devijacije oko plohe izjednačenja prikazan je u tablici 6. i 7.

Modeli rednog broja od 1 do 20 u tablici 6. razni su modeli tipa polinoma s 4 parametra. Njima se koristio E m r o v i ć u svojoj disertaciji (E m r o v i ć 1953, 1960). Model 18 je ustvari poznata australska formula (izraz 39, 40), ali modificirana za oblični broj kao što su i ostali modeli. Tako je model pod rednim brojem 22 N ä s l u n d o v a formula (N ä s l u n d 1941). S obzirom na veličinu koeficijenta R vidi se da je od svih modela familije polinoma, tj. od 1. do 23. na popisu, najbolji rezultat za izjednačenje obličnog broja johe dala australska formula (model 18 iz tab. 6).

Model pod br. 24 je sličan W e i b u l o v o j distribuciji, a uzet je iz rada W. B. S m i t h a (S m i t h & W e i s t 1982). Autor se njime služi za izjednačenje tarifa, te je umjesto SI (site index) ovdje stavljena visina. Modeli od broja 25 do 29 su kombinacija S c h u m a c h e r - H a l l o v a modela i eksponencijalne funkcije. Eksponencijalni faktor ima parametar D i nezavisnu varijablu d potenciranu na eksponent n, gdje je $n = -1, -2, -3 \dots -5$. Budući da je n uvijek negativan, cijeli faktor kao takav ima svojstvo da ako promjer d raste, on asimptotski teži ka 1 te ima sve manje utjecaj na vrijednost S c h u m a c h e r - H a l l o v a dijela. Brzina približavanja asimptoti svakako zavisi od eksponenta 'n' nad promjerom u faktoru e^d , gdje je $t = D \cdot d^n$, a $n = -1, -2, -3 \dots -5$. Za joku iz ovog rada najbolji rezultat je dao model 28 iz tablice 6 gdje je $n = -4$. Modeli 30, 31 i 32 pokazuju da stavljanje druge nezavisne varijable visine h u eksponent pogoršava izjednačenje. Model 33 je izabran kao moguća alternativa prethodnima, njime se također koristi u svom doktorskom radu E m r o v i ć (1960) pri ispitivanju dopustivosti linearnost. Naime, model 33 kad se logaritmiraju daje:

$$\ln f = \ln A + B \cdot \ln d + C \cdot \ln h + D \cdot \ln^2 d \quad (63)$$

Možda je također zanimljiv i model pod red. brojem 34, jer je dao dobro izjednačenje i jer je vrlo jednostavan.

U tablici 7 prikazani su rezultati izjednačenja modelima s više od 4 parametara. Model rednog broja 1 je M e y e r o v a formula izravno primijenjena za izjednačenje obličnih brojeva. Model 2 je isti model transformiran za izjednačenje obličnih brojeva. Model 4, iako je to ustvari 2 bez člana h^{-1} , dao je najbolji rezultat od svih

Tab. 6. Izjednačenje obličnog broja joha (*Alnus glutinosa*) raznim modelima s 4 parametra - Fitting the form factor of black alder (*Alnus glutinosa*) by different models having 4 parameters

No	Model izjednačenja - Regression model	Parametri - Parameters				R	s _{e, f, h}
		A	B	C	D		
1	$f = A+B \cdot d+C \cdot h+D \cdot d \cdot h$	.03591	.02238	.01790	-.00098	.5784	.048753
2	$f = A+B \cdot d+C \cdot h^2+D \cdot d \cdot h^2$	.21730	.01340	.00043	-.00002	.5528	.049802
3	$f = A+B \cdot d+C \cdot h^{-1}+D \cdot d \cdot h^{-1}$	.68366	.01517	-5.92674	.39376	.6098	.047367
4	$f = A+B \cdot d+C \cdot h^{-2}+D \cdot d \cdot h^{-2}$	.49793	.00450	-48.6710	3.75442	.6106	.047331
5	$f = A+B \cdot d+C \cdot h^0 \cdot d+D \cdot d \cdot h^0 \cdot d$	-.31015	.04410	.15758	-.00890	.5893	.048282
6	$f = A+B \cdot d^0 \cdot d+C \cdot h+D \cdot d^0 \cdot d \cdot h$	-.34750	.19745	.03300	-.00798	.6118	.047273
7	$f = A+B \cdot d^0 \cdot d+C \cdot h^2+D \cdot d^0 \cdot d \cdot h^2$	-.01406	.11143	.00080	-.00019	.5910	.048210
8	$f = A+B \cdot d^0 \cdot d+C \cdot h^{-1}+D \cdot d^0 \cdot d \cdot h^{-1}$	.85530	-.11080	-11.1907	3.02928	.6348	.046180
9	$f = A+B \cdot d^0 \cdot d+C \cdot h^{-2}+D \cdot d^0 \cdot d \cdot h^{-2}$	.51704	-.02604	-96.2525	28.08469	.6337	.046231
10	$f = A+B \cdot d^0 \cdot d+C \cdot h^0 \cdot d+D \cdot (d \cdot h)^0 \cdot d$	-.98938	.35942	.29106	-.07193	.6204	.046874
11	$f = A+B \cdot d^{-1}+C \cdot h+D \cdot d^{-1} \cdot h$	.82834	-4.96538	-.01377	.17629	.6918	.043156
12	$f = A+B \cdot d^{-1}+C \cdot h^2+D \cdot d^{-1} \cdot h^2$	.68350	-3.26070	-.00033	.00463	.6837	.043612
13	$f = A+B \cdot d^{-1}+C \cdot h^{-1}+D \cdot (d \cdot h)^{-1}$	.27926	1.16640	5.57786	-55.9611	.6982	.042787
14	$f = A+B \cdot d^{-1}+C \cdot h^{-2}+D \cdot d^{-1} \cdot h^{-2}$	.42578	-.50659	53.82648	-488.732	.6962	.042899
15	$f = A+B \cdot d^{-1}+C \cdot h^0 \cdot d+D \cdot d^{-1} \cdot h^0 \cdot d$	1.11220	-8.21575	-.12486	1.50722	.6946	.042991
16	$f = A+B \cdot d^{-2}+C \cdot h+D \cdot d^{-2} \cdot h$	.03595	.02382	.01790	-.00098	.5784	.048754
17	$f = A+B \cdot d^{-2}+C \cdot h^2+D \cdot d^{-2} \cdot h^2$	.56915	-18.1934	-.00015	.01644	.7204	.041448
18	$f = A+B \cdot d^{-2}+C \cdot h^{-1}+D \cdot d^{-2} \cdot h^{-1}$	.36249	-2.94834	2.89919	-196.890	.7268	.041048
19	$f = A+B \cdot d^{-2}+C \cdot h^{-2}+D \cdot (d \cdot h)^{-2}$	.43597	-8.59580	28.07095	-1766.6	.7255	.041128
20	$f = A+B \cdot d^{-2}+C \cdot h^0 \cdot d+D \cdot d^{-2} \cdot h^0 \cdot d$	.78380	-35.1594	-.06152	5.13464	.7253	.041146
21	$f = A+B \cdot d+C \cdot d^{-1}+D \cdot d^{-1} \cdot h$	.91824	-.01052	-3.68497	-.03943	.7246	.041188
22	$f = A+B \cdot h^{-1}+C \cdot d^{-1}+D \cdot d^{-2} \cdot h$	.17400	2.77372	.30014	-2.79573	.7116	.041989
23	$f = A+B \cdot d^{-2}+C \cdot h^{-1}+D \cdot (d \cdot h)^{-1}$	.40068	-12.8331	2.56305	-8.09016	.6985	.042769
24	$f = A \cdot h^B \cdot (1 - e^{-C \cdot d^D}) \cdot d^{-2} \cdot h^{-1}$	767.4761	.93100	.000173	2.56183	.6431	.045768
25	$f = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot e^{-D \cdot d^{-2}}$	17.03368	-.82244	-.09244	-16.4616	.7239	.041229
26	$f = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot e^{-D \cdot d^{-3}}$	1.95031	-.31257	-.10458	-61.4407	.7389	.040271
27	$f = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot e^{-D \cdot d^{-4}}$	1.05886	-.13374	-.11762	-369.426	.7466	.039758
28	$f = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot e^{-D \cdot d^{-5}}$	.79744	-.03892	-.12980	-2572.33	.7475	.039696
29	$f = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot e^{-D \cdot d^{-2} \cdot h^{-1}}$	.67726	.02107	-.14024	-18846.1	.7428	.040013
30	$f = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot e^{-D \cdot d^{-1} \cdot h^{-1}}$	1.45446	-.08662	-.25999	-606.739	.7171	.041652
31	$f = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot e^{-D \cdot h^{-1}}$	4.22000	-.16840	-.46730	-107.990	.6877	.043385
32	$f = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot e^{-D \ln d}$	129.8500	.22320	-1.62400	-28.1962	.5775	.048788
33	$f = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot d$	.006724	2.99807	-.08340	-.49616	.7025	.042531
34	$f = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot (d-5)^D$	3.72158	-1.79814	-.10796	1.35155	.7413	.040108
35	$f = A \cdot d^B \cdot (h/(h+1))^C \cdot (d-6)^D$	1.64792	-1.20667	-2.49449	.85375	.7459	.039805

N₀ - Redni broj modela - Ordinal numeral of regression model

R - Multipli korelacijski koeficijent - Multiple correlation coefficient

f - Oblični broj - Tree form factor

d - Prsni promjer - Breast height diameter

h - visina stabla - Height of tree

s_{e, f, h} - Standardna devijacija oko plohe izjednačenja - Standanard deviation about the surface of fitting

Tab. 7. Izjednačenje obličnog broja joha (*Alnus glutinosa*) raznim modelima s 5 i 6 parametra - Fitting the form factor of black alder (*Alnus glutinosa*) by different models having 5 i 6 parameters

N ₀	Parametri izjednačenja - Parameters of fitting						R	s _{r,d,h}
	A	B	C	D	E	F		
1.	-.46148	.11216	-.00383	-.00296	.00292	.00010	.7050	.042382
2.	.37047	2.88946	.14796	19.89238	-35.1152	-82.3809	.7461	.039795
3.	.51462	-2.26061	-1.87500	94.54656	-587.398		.7402	.040185
4.	.37696	2.74344	-34.4446	23.27779	-98.9822		.7473	.039715
5.	4.23961	3.21743	-11.3985	64.95325	-216.901	159.7456	.7467	.039750
6.	.34372	-.15973	.18712	-398.755	5.80522		.7473	.039714

N ₀	Model izjednačenja - Regression model	
1.	$f=A+B \cdot d+C \cdot h+D \cdot d \cdot h+E \cdot d^2+F \cdot d^2 \cdot h$	
2.	$f=A+B \cdot d^{-1}+C \cdot h^{-1}+D \cdot (d \cdot h)^{-1}+E \cdot d^{-2}+F \cdot d^{-2} \cdot h^{-1}$	
3.	$f=A+B \cdot d^{-1}+C \cdot h^{-1}+D \cdot (d \cdot h)^{-1}+E \cdot d^{-2} \cdot h^{-1}$	
4.	$f=A+B \cdot d^{-1}+C \cdot d^{-2}+D \cdot (d \cdot h)^{-1}+E \cdot d^{-2} \cdot h^{-1}$	
5.	$f=A \cdot h^{-0.5}+B \cdot d^{-1} \cdot h^{-0.5}+C \cdot h^{-1}+D \cdot (d \cdot h)^{-1}+E \cdot d^{-2} h^{-0.5}+F \cdot d^{-2} \cdot h^{-1}$	
6.	$f=A \cdot d^B \cdot h^C \cdot e$	e

N₀ - Redni broj modela - Ordinal numeral of regression model

R - Multipli korelacijski koeficijent - Multiple correlation coefficient

f - Oblični broj - Tree form factor

d - Prsni promjer - Breast height diameter

h - Visina stabla - Height of tree

s_{r,d,h} - Standardna devijacija oko plohe izjednačenja - Standanard deviation about the surface of fitting

modela iz tabele 7 (R = 0.7473). To je zbog toga što se zbog jednog parametra više gubi i jedan stupanj slobode više (za model 1, 2 i 5 broj stupnjeva slobode k = 252 - 6, a za model 3, 4 i 6 je k = 252 - 5), dok je suma kvadratnog odstupanja (SKO) podjednaka ili tek neznatno manja kod modela sa 6 parametara. Iz tabele 6 vidimo da je model pod rednim brojem 28, iako ima samo 4 parametra, dao najbolji rezultat.

Analiza apsolutnog i relativnog odstupanja stvarnoga od izjednačenoga volumena po debljinskim klasama

- Analyses of the absolute and relative differences between measured and fitted volume through the diameter classes

Ova je analiza učinjena prema prethodno opisanoj metodi za neke odabrane modele. Analiza je prikazana u tabelicama 8-15, iz kojih se vidi da su dobivena odstupanja za stabla od rednog broja 61 do 80 najveća.

U tabeli 10. je rezultat izjednačenja modelom rednog broja 28 iz tablice 6. Vidi se da je i po toj analizi ovaj model dao daleko najbolji rezultat. Najveće odstupanje je bilo za stabla 61-80 (ispod 2.5%), što je vrlo solidno (sjetimo se da je kod jedne metode grafičkog izjednačenja visinske krivulje gdje imamo samo 3 grupe, za pojedinu grupu dozvoljeno je 2%). Dobivene rezultate računskog izjednačenja možemo usporediti i s nomogramskim (tablica 15). Vidi se da su ta odstupanja primjetno veća nego kod računskih metoda s dobro odabranim modelima (tablica 8-14).

Tab. 8. Izjednačeno modelom - Fitted by model: $v = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot e^{D \cdot d^{-1}}$ uz uvjet - assuming that: $\sum(F_i - f_i)^2 = \min$

N_0	n	\bar{v}_i	\bar{V}_i	s_{v_i}	$\frac{t \cdot s_{v_i}}{\sqrt{n}}$	$\frac{d=}{\bar{V}_i - \bar{v}_i}$	$\frac{d-100}{\bar{V}_i}$
1-20	20	.028	.029	.013	.0074	.000	1.62
21-40	20	.056	.056	.009	.0053	-.000	-.39
41-60	20	.087	.083	.016	.0095	-.003	-4.18
61-80	20	.113	.112	.015	.0089	-.000	-.41
81-100	20	.141	.142	.019	.0107	.001	.75
101-120	20	.161	.164	.017	.0096	.003	1.84
121-140	20	.201	.201	.015	.0088	.001	.37
141-160	20	.248	.247	.035	.0204	-.001	-.45
161-180	20	.299	.302	.047	.0274	.004	1.16
181-200	20	.402	.407	.061	.0351	.005	1.30
201-220	20	.467	.479	.079	.0458	.011	2.39
221-240	20	.691	.677	.134	.0771	-.014	-2.05
241-252	12	.991	.962	.109	.0812	-.030	-3.09

F_i - Izjednačeni oblični broj - Fitted form factor
 f_i - Opažani oblični broj - Measured form factor
 N_0 - Redni broj stabla - Ordinal numeral of tree
 n - Frekvencija - Frequency
 \bar{V}_i - Aritm. sredina izjednačenih volumena - Arithmetic mean of fitted volume
 \bar{v}_i - Aritm. sredina opažanih volumena - Arithmetic mean of measured volume
 s_{v_i} - Stand. devijacija opažanog volumena - Stand. deviation of measured volume
 t - Varijabla - Variable ($t = 2.58$)

Tab. 9. Izjednačeno modelom - Fitted by model: $v = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot e^{D \cdot d^{-1}}$ uz uvjet - assuming that: $\sum(F_i - f_i)^2 = \min$

N_0	n	\bar{v}_i	\bar{V}_i	s_{v_i}	$\frac{t \cdot s_{v_i}}{\sqrt{n}}$	$\frac{d=}{\bar{V}_i - \bar{v}_i}$	$\frac{d-100}{\bar{V}_i}$
1-20	20	.028	.029	.013	.0074	.000	.76
21-40	20	.056	.057	.009	.0053	.000	.81
41-60	20	.087	.084	.016	.0095	-.003	-3.21
61-80	20	.113	.113	.015	.0089	.000	.05
81-100	20	.141	.142	.019	.0107	.001	.78
101-120	20	.161	.164	.017	.0096	.003	1.63
121-140	20	.201	.200	.015	.0088	-.000	-.11
141-160	20	.248	.246	.035	.0204	-.003	-1.10
161-180	20	.299	.301	.047	.0274	.002	.54
181-200	20	.402	.405	.061	.0351	.003	.75
201-220	20	.467	.477	.079	.0458	.010	2.11
221-240	20	.691	.680	.134	.0771	-.012	-1.70
241-252	12	.991	.977	.109	.0812	-.014	-1.41

F_i - Izjednačeni oblični broj - Fitted form factor
 f_i - Opažani oblični broj - Measured form factor
 N_0 - Redni broj stabla - Ordinal numeral of tree
 n - Frekvencija - Frequency
 \bar{V}_i - Aritm. sredina izjednačenih volumena - Arithmetic mean of fitted volume
 \bar{v}_i - Aritm. sredina opažanih volumena - Arithmetic mean of measured volume
 s_{v_i} - Stand. devijacija opažanog volumena - Stand. deviation of measured volume
 t - Varijabla - Variable ($t = 2.58$)

Tab. 10. Izjednačeno modelom - Fitted by model: $v = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot e^{D \cdot d^{-1}}$ uz uvjet - assuming that: $\sum(F_i - f_i)^2 = \min$

N_0	n	\bar{v}_1	\bar{V}_1	s_{v_1}	$\frac{t \cdot s_{v_1}}{\sqrt{n}}$	$\frac{d}{\bar{V}_1 - \bar{v}_1}$	$\frac{d \cdot 100}{\bar{V}_1}$
1-20	20	.028	.029	.013	.0074	.000	.64
21-40	20	.056	.058	.009	.0053	.001	2.07
41-60	20	.087	.084	.016	.0095	-.002	-2.49
61-80	20	.113	.113	.015	.0089	.000	.19
81-100	20	.141	.142	.019	.0107	.001	.53
101-120	20	.161	.163	.017	.0096	.002	1.19
121-140	20	.201	.199	.015	.0088	-.001	-.71
141-160	20	.248	.244	.035	.0204	-.004	-1.78
161-180	20	.299	.299	.047	.0274	.000	.01
181-200	20	.402	.404	.061	.0351	.002	.38
201-220	20	.467	.477	.079	.0458	.010	2.03
221-240	20	.691	.683	.134	.0771	-.008	-1.22
241-252	12	.991	.992	.109	.0812	.001	.10

F_i - Izjednačeni oblični broj - Fitted form factor
 f_i - Opažani oblični broj - Measured form factor
 N_0 - Redni broj stabla - Ordinal numeral of tree
 n - Frekvencija - Frequency
 \bar{V}_1 - Aritm. sredina izjednačenih volumena - Arithmetic mean of fitted volume
 \bar{v}_1 - Aritm. sredina opažanih volumena - Arithmetic mean of measured volume
 s_{v_1} - Stand. devijacija opažanog volumena - Stand. deviation of measured volume
 t - Varijabla - Variable ($t = 2.58$)

Tab. 11. Izjednačeno modelom - Fitted by model: $v = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot (d - 5)^D$ uz uvjet - assuming that: $\sum(F_i - f_i)^2 = \min$.

N_0	n	\bar{v}_1	\bar{V}_1	s_{v_1}	$\frac{t \cdot s_{v_1}}{\sqrt{n}}$	$\frac{d}{\bar{V}_1 - \bar{v}_1}$	$\frac{d \cdot 100}{\bar{V}_1}$
1-20	20	.028	.029	.013	.0074	.000	1.72
21-40	20	.056	.056	.009	.0053	.000	.13
41-60	20	.087	.083	.016	.0095	-.003	-3.96
61-80	20	.113	.112	.015	.0089	-.000	-.40
81-100	20	.141	.142	.019	.0107	.001	.67
101-120	20	.161	.164	.017	.0096	.003	1.73
121-140	20	.201	.201	.015	.0088	.001	.26
141-160	20	.248	.247	.035	.0204	-.001	-.53
161-180	20	.299	.302	.047	.0274	.004	1.16
181-200	20	.402	.408	.061	.0351	.006	1.35
201-220	20	.467	.479	.079	.0458	.012	2.50
221-240	20	.691	.678	.134	.0771	-.013	-1.90
241-252	12	.991	.963	.109	.0812	-.029	-2.96

F_i - Izjednačeni oblični broj - Fitted form factor
 f_i - Opažani oblični broj - Measured form factor
 N_0 - Redni broj stabla - Ordinal numeral of tree
 n - Frekvencija - Frequency
 \bar{V}_1 - Aritm. sredina izjednačenih volumena - Arithmetic mean of fitted volume
 \bar{v}_1 - Aritm. sredina opažanih volumena - Arithmetic mean of measured volume
 s_{v_1} - Stand. devijacija opažanog volumena - Stand. deviation of measured volume
 t - Varijabla - Variable ($t = 2.58$)

Tab. 12. Izjednačeno modelom - Fitted by model: $v = A + B \cdot d^{-1} + C \cdot h^{-1} + D \cdot (d \cdot h)^{-1} + E \cdot d^{-2} + F \cdot d^{-2} \cdot h^{-1}$ uz uvjet - assuming that: $\sum(F_i - f_i)^2 = \min$

N_0	n	\bar{v}_1	\bar{V}_1	s_{v_1}	$\frac{t \cdot s_{v_1}}{\sqrt{n}}$	$\frac{d}{\bar{V}_1 - \bar{v}_1}$	$\frac{d-100}{\bar{V}_1}$
1-20	20	.028	.029	.013	.0074	.000	.79
21-40	20	.056	.057	.009	.0053	.001	1.74
41-60	20	.087	.084	.016	.0095	-.002	-2.91
61-80	20	.113	.113	.015	.0089	-.000	-.08
81-100	20	.141	.142	.019	.0107	.001	.47
101-120	20	.161	.163	.017	.0096	.002	1.27
121-140	20	.201	.199	.015	.0088	-.001	-.55
141-160	20	.248	.245	.035	.0204	-.004	-1.52
161-180	20	.299	.299	.047	.0274	.000	.12
181-200	20	.402	.405	.061	.0351	.003	.67
201-220	20	.467	.477	.079	.0458	.010	2.12
221-240	20	.691	.684	.134	.0771	-.007	-1.08
241-252	12	.991	.988	.109	.0812	-.003	-.32

F_i - Izjednačeni oblični broj - Fitted form factor

f_i - Opažani oblični broj - Measured form factor

N_0 - Redni broj stabla - Ordinal numeral of tree

n - Frekvencija - Frequency

\bar{V}_1 - Aritm. sredina izjednačenih volumena - Arithmetic mean of fitted volume

\bar{v}_1 - Aritm. sredina opažanih volumena - Arithmetic mean of measured volume

s_{v_1} - Stand. devijacija opažanog volumena - Stand. deviation of measured volume

t - Varijabla - Variable (t = 2.58)

Tab. 13. Izjednačeno modelom - Fitted by model: $v = A \cdot h^{-0.5} + B \cdot d^{-1} \cdot h^{-0.5} + C \cdot h^{-1} + D \cdot (d \cdot h)^{-1} + E \cdot d^{-2} \cdot h^{-0.5} + F \cdot d^{-2} \cdot h^{-1}$ uz uvjet - assuming that: $\sum(F_i - f_i)^2 = \min$.

N_0	n	\bar{v}_1	\bar{V}_1	s_{v_1}	$\frac{t \cdot s_{v_1}}{\sqrt{n}}$	$\frac{d}{\bar{V}_1 - \bar{v}_1}$	$\frac{d-100}{\bar{V}_1}$
1-20	20	.028	.029	.013	.0074	.000	.78
21-40	20	.056	.057	.009	.0053	.001	1.89
41-60	20	.087	.084	.016	.0095	-.002	-2.84
61-80	20	.113	.113	.015	.0089	-.000	-.04
81-100	20	.141	.142	.019	.0107	.001	.50
101-120	20	.161	.163	.017	.0096	.002	1.26
121-140	20	.201	.199	.015	.0088	-.001	-.58
141-160	20	.248	.244	.035	.0204	-.004	-1.66
161-180	20	.299	.299	.047	.0274	.000	.04
181-200	20	.402	.404	.061	.0351	.002	.53
201-220	20	.467	.477	.079	.0458	.010	2.06
221-240	20	.691	.684	.134	.0771	-.007	-1.03
241-252	12	.991	.991	.109	.0812	-.001	-.06

F_i - Izjednačeni oblični broj - Fitted form factor

f_i - Opažani oblični broj - Measured form factor

N_0 - Redni broj stabla - Ordinal numeral of tree

n - Frekvencija - Frequency

\bar{V}_1 - Aritm. sredina izjednačenih volumena - Arithmetic mean of fitted volume

\bar{v}_1 - Aritm. sredina opažanih volumena - Arithmetic mean of measured volume

s_{v_1} - Stand. devijacija opažanog volumena - Stand. deviation of measured volume

t - Varijabla - Variable (t = 2.58)

Tab. 14. Izjednačeno modelom - Fitted by model: $v = A + B \cdot d^{-2} + C \cdot h^{-1} + D \cdot d^{-2} \cdot h^{-1}$ uz uvjet - assuming that:
 $\sum (F_i - f_i)^2 = \min$

N_0	n	\bar{v}_1	\bar{v}_2	s_{v_1}	$\frac{t \cdot s_{v_1}}{\sqrt{n}}$	$d = \bar{v}_1 - \bar{v}_2$	$\frac{d \cdot 100}{\bar{v}_1}$
1-20	20	.028	.029	.013	.0074	.001	3.75
21-40	20	.056	.057	.009	.0053	.000	.80
41-60	20	.087	.083	.016	.0095	-.004	-4.65
61-80	20	.113	.111	.015	.0089	-.002	-2.04
81-100	20	.141	.139	.019	.0107	-.002	-1.21
101-120	20	.161	.161	.017	.0096	.000	.00
121-140	20	.201	.198	.015	.0088	-.002	-1.08
141-160	20	.248	.244	.035	.0204	-.004	-1.77
161-180	20	.299	.302	.047	.0274	.003	.93
181-200	20	.402	.406	.061	.0351	.004	1.01
201-220	20	.467	.482	.079	.0458	.015	3.15
221-240	20	.691	.690	.134	.0771	-.002	-.26
241-252	12	.991	1.010	.109	.0812	.018	1.81

F_i - Izjednačeni oblični broj - Fitted form factor
 f_i - Opažani oblični broj - Measured form factor
 N_0 - Redni broj stabla - Ordinal numeral of tree
 n - Frekvencija - Frequency
 \bar{v}_1 - Aritm. sredina izjednačenih volumena - Arithmetic mean of fitted volume
 \bar{v}_2 - Aritm. sredina opažanih volumena - Arithmetic mean of measured volume
 s_{v_1} - Stand. devijacija opažanog volumena - Stand. deviation of measured volume
 t - Varijabla - Variable ($t = 2.58$)

Tab. 15. Izjednačeno normogramskom metodom 1963. godine (Šimarsko tehnički priručnik str. 100) - Fitted by
normogram method 1963 year

N_0	n	\bar{v}_1	\bar{v}_2	s_{v_1}	$\frac{t \cdot s_{v_1}}{\sqrt{n}}$	$d = \bar{v}_1 - \bar{v}_2$	$\frac{d \cdot 100}{\bar{v}_1}$
6-20	15	.033	.036	.010	.0066	.003	7.08
21-40	20	.056	.057	.009	.0053	.000	.18
41-60	20	.087	.084	.016	.0095	-.003	-3.41
61-80	20	.113	.113	.015	.0089	.001	.62
81-100	20	.141	.143	.019	.0107	.003	1.78
101-120	20	.161	.166	.017	.0096	.005	3.28
121-140	20	.201	.203	.015	.0088	.002	1.18
141-160	20	.248	.250	.035	.0204	.002	.64
161-180	20	.299	.304	.047	.0274	.005	1.76
181-200	20	.402	.410	.061	.0351	.008	2.02
201-220	20	.467	.482	.079	.0458	.015	3.15
221-240	20	.691	.686	.134	.0771	-.006	-.81
241-252	12	.991	.984	.109	.0812	-.007	-.72

N_0 - Redni broj stabla - Ordinal numeral of tree
 n - Frekvencija - Frequency
 \bar{v}_1 - Aritm. sredina izjednačenih volumena - Arithmetic mean of fitted volume
 \bar{v}_2 - Aritm. sredina opažanih volumena - Arithmetic mean of measured volume
 s_{v_1} - Stand. devijacija opažanog volumena - Stand. deviation of measured volume
 t - Varijabla - Variable ($t = 2.58$)

Prikaz izjednačenja pet karakterističnih modela po visinskim klasama – Review of the fitting five distinctive models through height classes

Radi bolje iskoristivosti podataka i visinske klase su nejednolike veličine. Izabrani su modeli:

1. Schumacher Hallov izjednačen izravno volumenima,
2. Isti model izjednačen logaritamskom metodom,
3. Meyerova formula primjenjena za izjednačenje obličnih brojeva (model 2 iz tablice 7),

4. Model 28 iz tablice 6,

5. $f = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot (d - 5)^D$ (modelom 34 iz tablice 6)

Modeli pod 1 i 2 su ovdje prikazani za oblične brojeve, iako su ustvari izjednačeni volumeni. To je učinjeno na sljedeći način:

Iz tablice 2, logaritamsko izjednačenje je dalo:

$$V = .0000234 \cdot d^{2.2957} \cdot h^{.8523} \quad (64)$$

$$f = \frac{V \cdot 40\,000}{d^2 h \pi} = \frac{0,0000234 \cdot d^{2.2957} \cdot h^{.8523} \cdot 40\,000}{d^2 h \cdot 3.14}$$

$$d = 0.2979 \cdot d^{0.2957} \cdot h^{-0.3523} \quad (65)$$

Analogno je oblični broj za model pod 1

$$f = .54367 \cdot d^{-0.0521} \cdot h^{-.0011} \quad (66)$$

To je prikazano na slikama od 8 do 16. Svaka slika redom pokazuje podatke za visinsku klasu prema tablici 16.

Tab. 16. Visinske klase – Height classes

No	hd	hs	hg	n
1	11.5	13.3	14.5	19
2	14.6	15.2	15.7	21
3	15.7	16.7	17.4	42
4	17.4	17.9	18.4	42
5	18.4	19.0	19.7	42
6	19.8	20.5	21.5	21
7	21.5	22.8	23.9	21
8	23.9	24.8	25.6	21
9	25.8	27.5	28.8	19

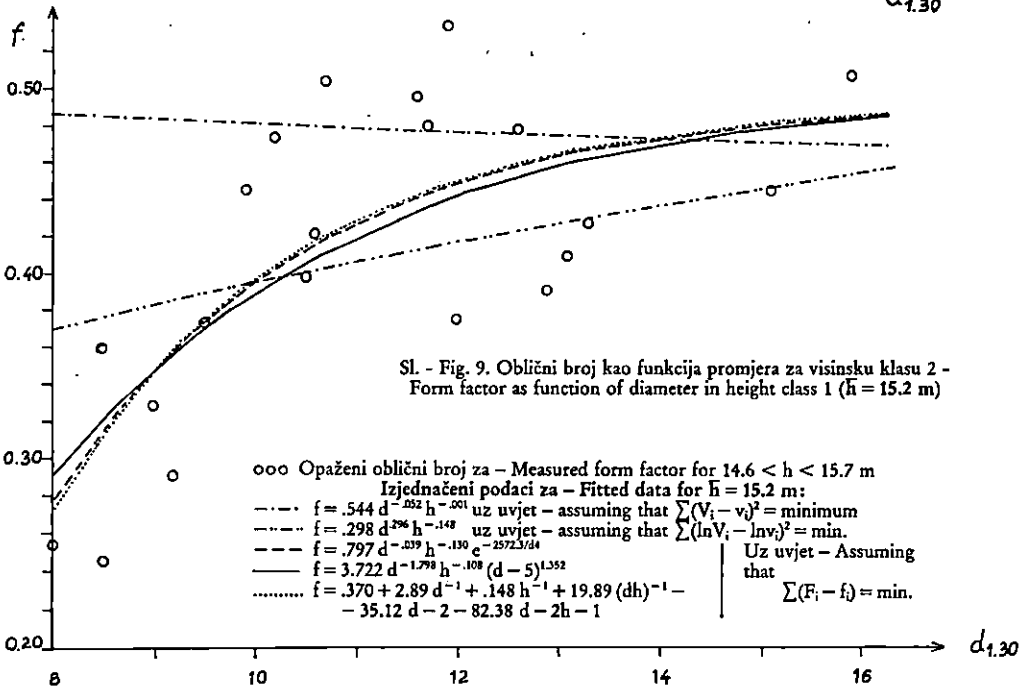
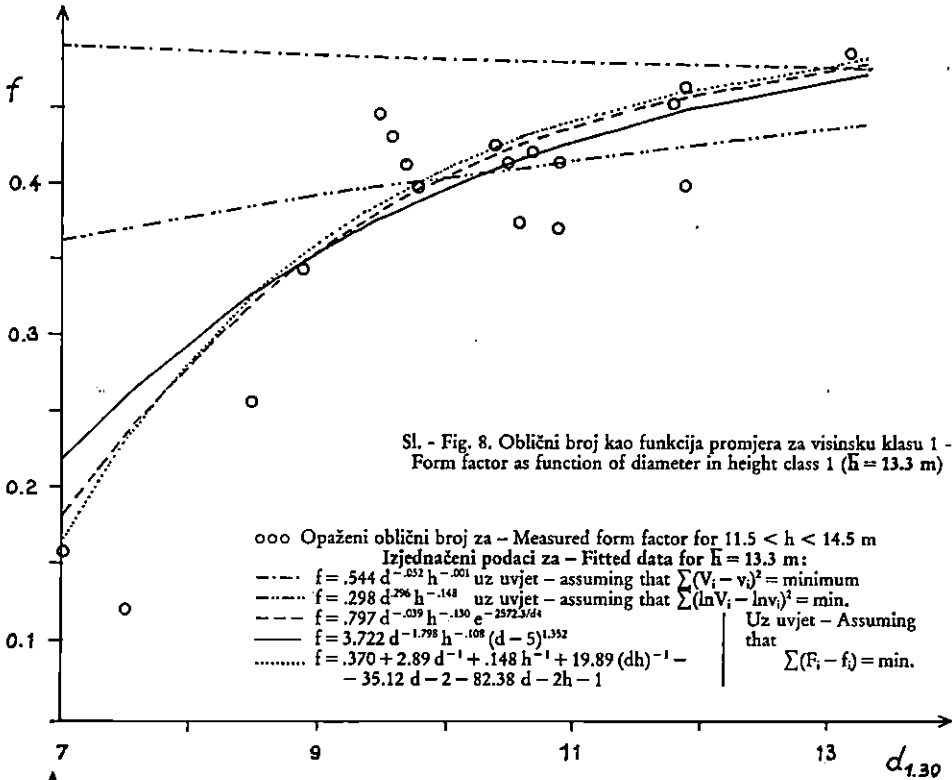
N_0 – Redni broj klase – Ordinal numeral of class

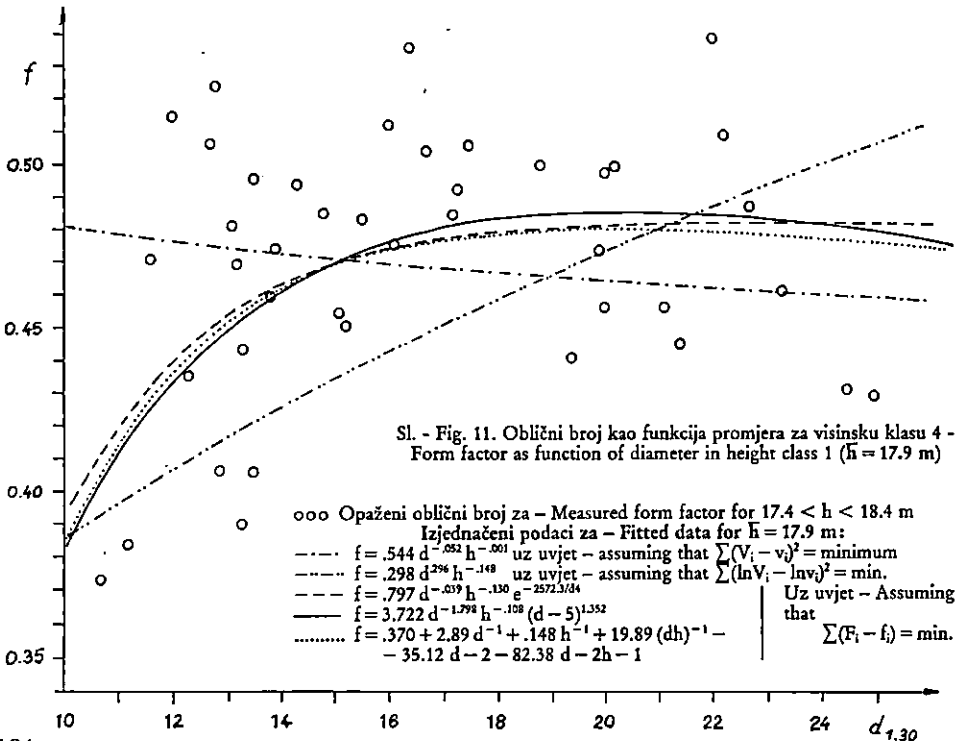
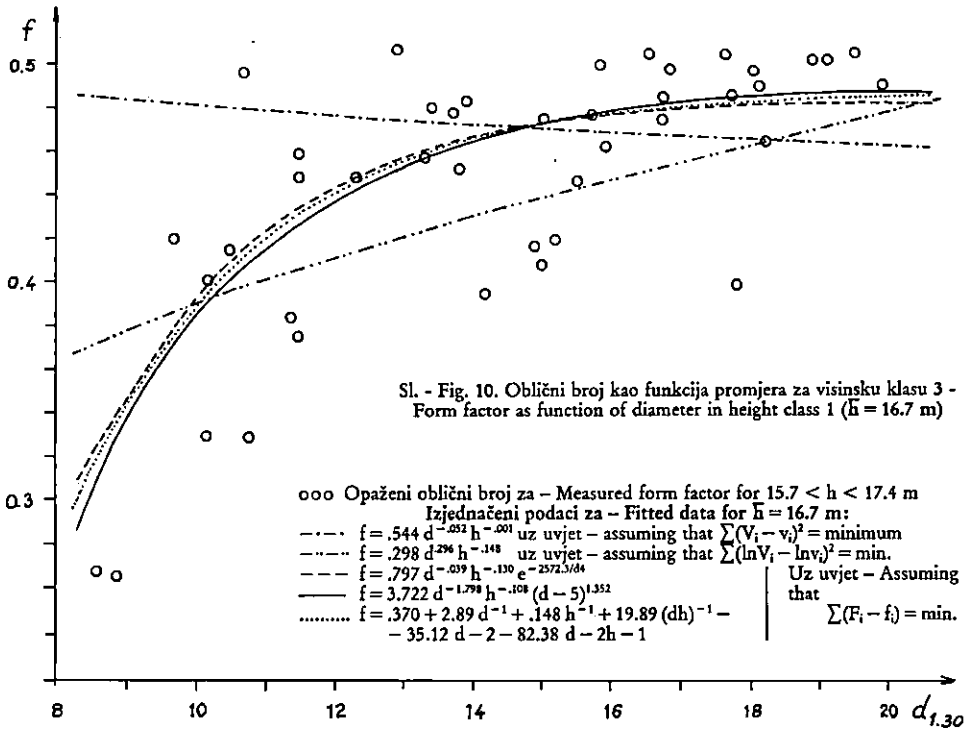
h_d – Donja granica dotične visinske klase – Lower height class limit

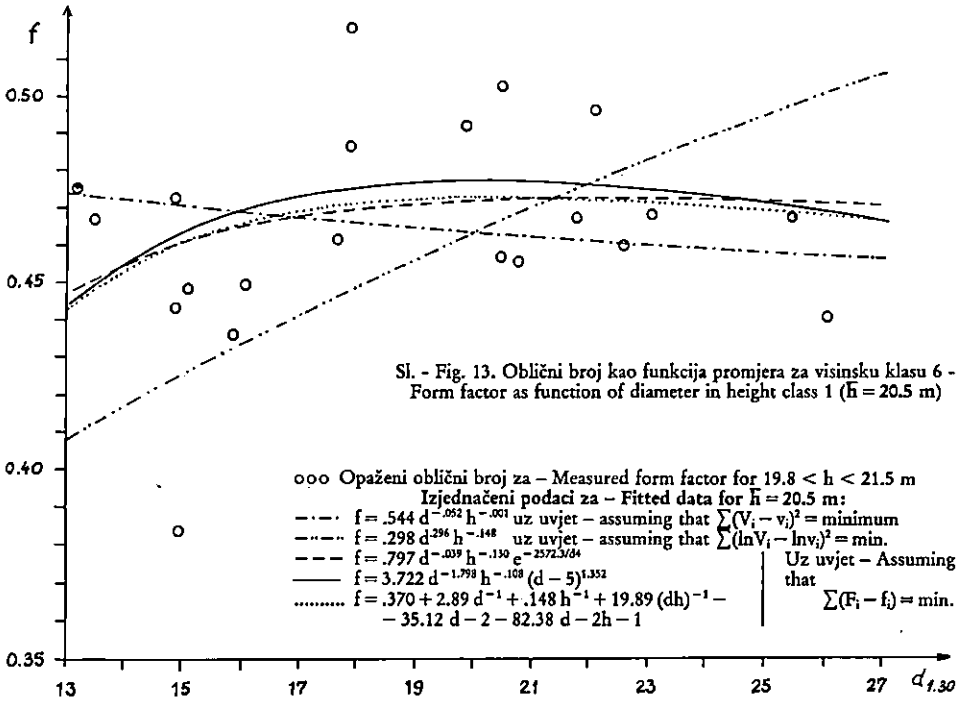
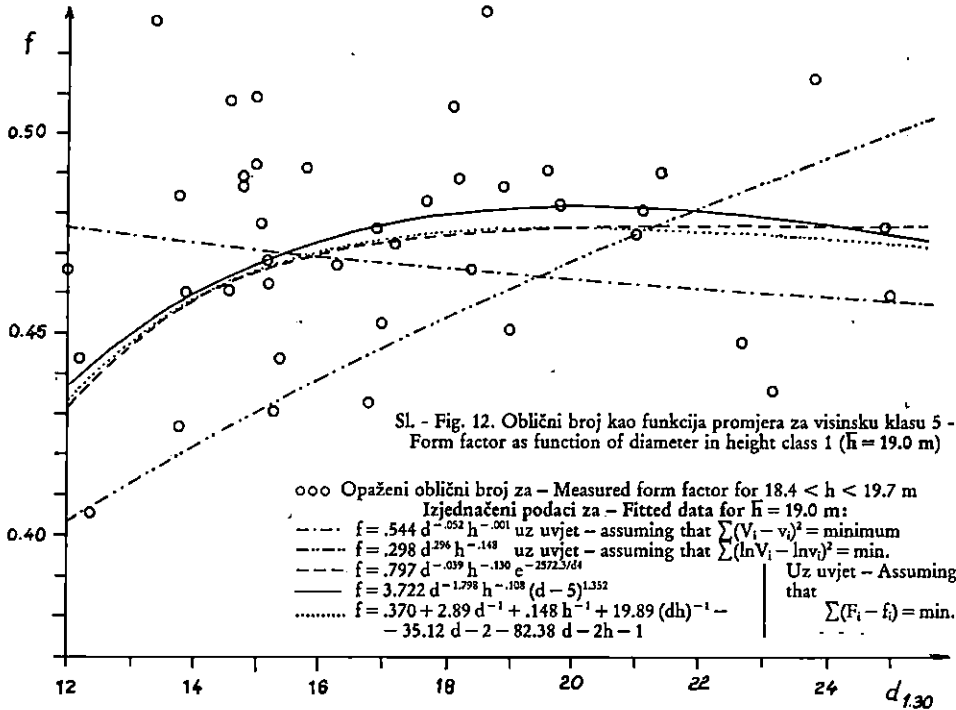
h_0 – Gornja granica visinske klase – Upper height class limit

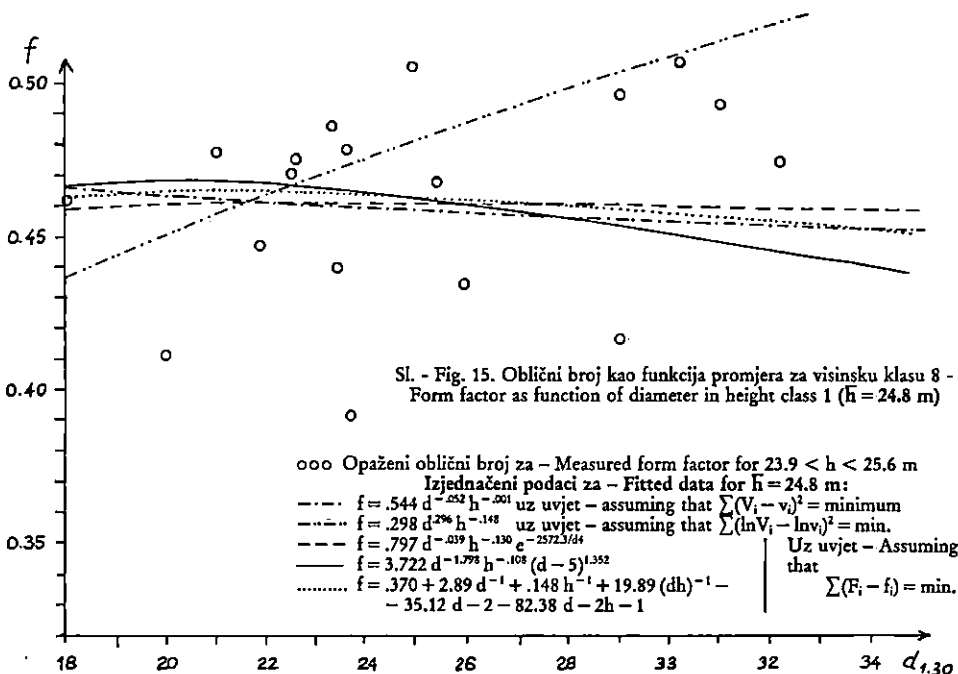
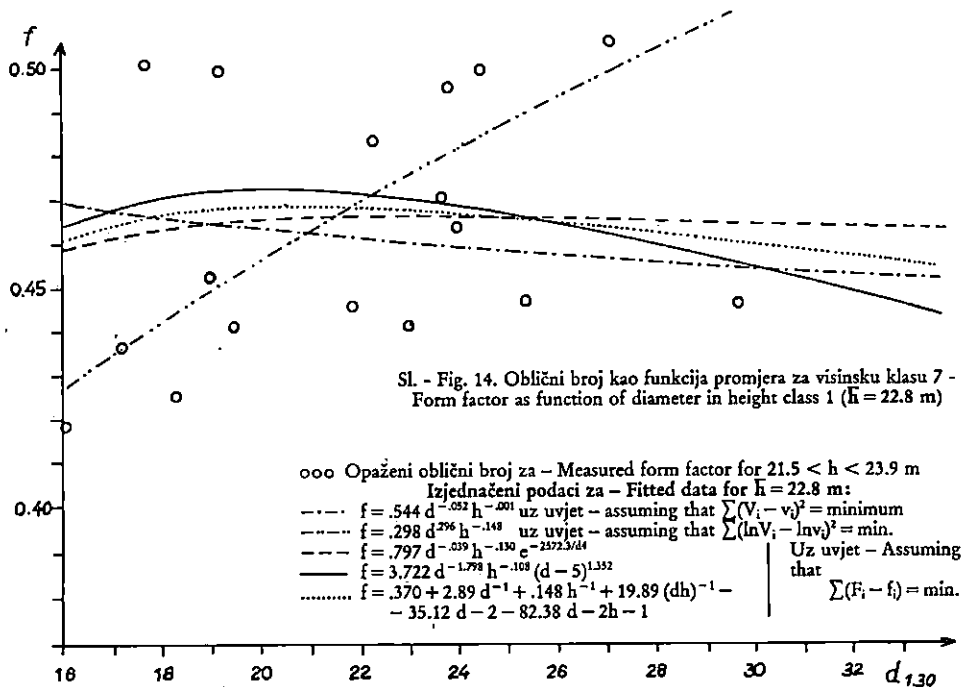
h_s – Aritmeuška sredina visina iste klase – Arithmetic mean of heights of the same class

n – Broj opažanja u klasi – Numer of sample trees in a class

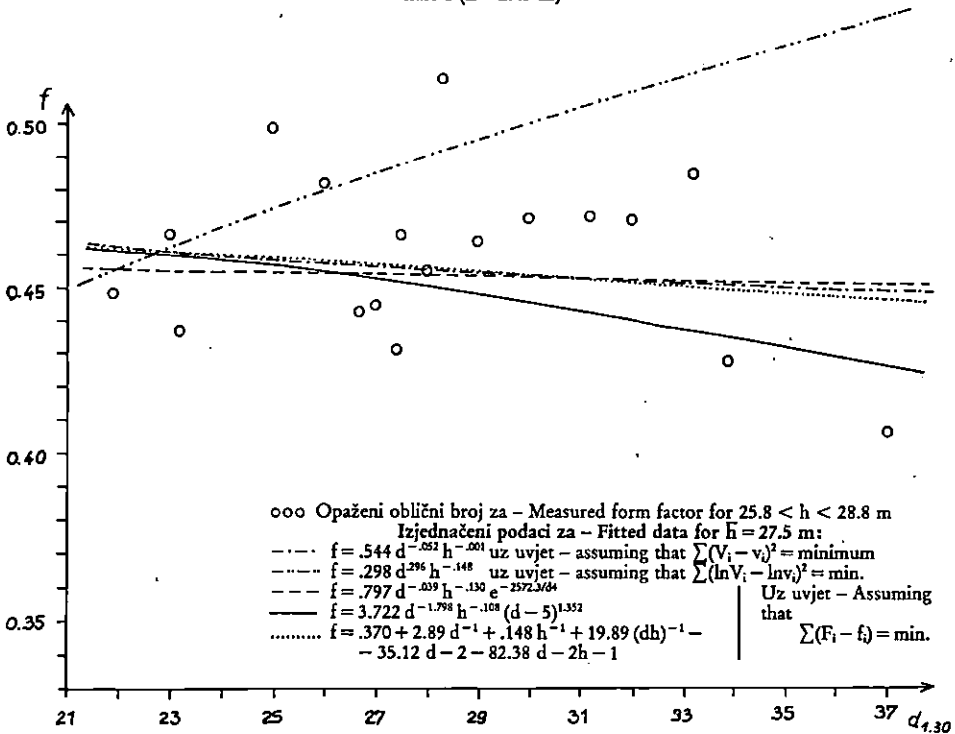








Sl. - Fig. 16. Oblični broj kao funkcija promjera za visinsku klasu 9 - Form factor as function of diameter in height class 1 ($\bar{h} = 27.5$ m)



Rezultat ispitivanja ekstrapolacije - Rusult of testing the extrapolation

Rezultat ispitivanja prikazan je u tablici 17. Ispitivanje je provedeno na uzorku od 31. stabla. Vidimo da je za taj uzorak najbolji rezultat dao model 27 iz tablice 6, jer je ukupni sekcioniranjem procijenjen volumen 60.121 m^3 , dok obračunat po tom modelu iznosi 61.248 , što je svega 1.9% više.

DISKUSIJA - DISCUSSION

Rezultat ovog rada potvrđuje poznatu prednost *Schumacher-Hallova* modela, ali je učinjen korak dalje u otklanjanju njegova nedostatka pri izjednačavanju tankih stabala. Kad je riječ o izjednačenju krupnog drveta (debljeg od 7 cm), što je učinjeno ovdje, taj model nije u stanju dobro izjednačiti volumene, odnosno oblične

Tab. 17. Rezultat ispitivanja ekstrapolacije - Result of testing the extrapolation

d	h	v	f	Izjednačeni volumen - Fitted volume by different models							
				V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈
* * * NPŠO - Forest district: Lipovljani											
44.0	30.2	2.128	.465	2.036	2.529	2.024	1.850	1.999	2.077	1.949	1.857
44.9	33.1	1.812	.346	2.325	2.870	2.284	2.081	2.271	2.333	2.199	2.091
46.2	29.3	2.318	.472	2.177	2.761	2.173	1.961	2.134	2.241	2.084	1.971
46.3	31.1	2.115	.405	2.314	2.913	2.293	2.071	2.263	2.355	2.200	2.082
46.4	35.3	2.486	.418	2.640	3.264	2.573	2.330	2.570	2.623	2.472	2.343
47.1	30.7	2.004	.376	2.364	2.999	2.347	2.110	2.312	2.415	2.248	2.122
47.3	30.6	2.163	.404	2.374	3.017	2.357	2.118	2.321	2.428	2.257	2.130
47.6	29.1	2.193	.424	2.290	2.940	2.289	2.051	2.243	2.368	2.190	2.063
48.3	34.2	2.004	.321	2.766	3.484	2.709	2.426	2.691	2.772	2.592	2.443
48.6	27.6	2.256	.441	2.266	2.952	2.281	2.030	2.222	2.372	2.176	2.043
48.9	33.1	2.408	.388	2.745	3.491	2.700	2.409	2.673	2.771	2.581	2.426
49.3	28.8	2.418	.441	2.426	3.156	2.429	2.157	2.374	2.519	2.316	2.172
49.4	35.3	2.664	.394	2.990	3.780	2.917	2.600	2.904	2.985	2.788	2.620
51.3	30.8	1.973	.311	2.803	3.661	2.785	2.450	2.731	2.879	2.648	2.471
56.3	30.8	3.166	.413	3.366	4.543	3.349	2.873	3.268	3.479	3.158	2.907
* * * šumarija - Forest district: Suhopolje											
39.5	27.8	1.548	.454	1.524	1.845	1.528	1.428	1.508	1.568	1.483	1.430
39.6	26.8	1.344	.407	1.476	1.799	1.487	1.388	1.463	1.532	1.443	1.390
41.0	27.7	1.726	.472	1.633	2.004	1.638	1.519	1.613	1.687	1.586	1.522
46.8	27.3	1.981	.422	2.082	2.682	2.098	1.884	2.047	2.179	2.008	1.894
* * * šumarija - Forest district: Čeralje											
34.1	28.7	1.072	.409	1.181	1.353	1.176	1.133	1.174	1.193	1.156	1.133
38.3	23.4	1.228	.456	1.208	1.484	1.237	1.160	1.208	1.290	1.202	1.160
40.9	22.2	1.313	.450	1.303	1.650	1.345	1.241	1.302	1.418	1.299	1.243
43.2	24.8	1.480	.407	1.619	2.056	1.649	1.507	1.604	1.721	1.587	1.511
44.3	25.6	1.634	.414	1.755	2.238	1.781	1.619	1.734	1.856	1.711	1.625
46.0	23.2	1.921	.498	1.711	2.244	1.760	1.582	1.697	1.859	1.684	1.589
46.4	29.7	2.121	.422	2.227	2.825	2.220	2.002	2.182	2.288	2.128	2.012
48.2	25.3	2.060	.446	2.044	2.689	2.080	1.852	2.013	2.181	1.984	1.863
* * * šumarija - Forest district: Donji Miholjac											
38.6	26.5	1.372	.442	1.389	1.680	1.400	1.314	1.379	1.442	1.361	1.315
40.4	26.1	1.476	.441	1.495	1.842	1.511	1.404	1.482	1.563	1.464	1.406
41.5	25.6	1.759	.508	1.545	1.927	1.567	1.446	1.532	1.626	1.514	1.449
45.5	25.3	1.978	.481	1.827	2.356	1.858	1.678	1.804	1.941	1.781	1.684
Suna- Sumi: 60.121				63.898	81.034	63.845	57.674	62.720	65.960	61.248	57.966
Pogreška - Error (Σ)				6.3	34.8	6.2	-4.1	4.3	9.7	1.9	-3.6
Σ(v ₁ -v ₁) ²				2.741	19.577	2.553	1.819	2.287	3.371	1.892	1.788

d - Prsni promjer stabla - Breast height diameter

h - Visina stabla - Height of a tree

v - Volumen stabla utvrđen sekcioniranjem - Stem volume derived by sectional method

f - oblični broj istog stabla - Form factor of the same tree

V₁ - Izjednačeno Schumach.-Hallowim modelom - Fitted by Schumacher-Hall's model assuming that Σ(F_i - f_i)² = minimum

V₂ - Izjednačeno Schumach.-Hallowim modelom - Fitted by Schumacher-Hall's model assuming that Σ(ln V_i - ln v_i)² = minimum

V₃ - Izjed. modelom - Fitted by model V = A · d^b · h^c · e^{D·d⁻¹} uz uvjet - assuming that Σ(F_i - f_i)² = minimum

V₄ - Izjed. modelom - Fitted by model V = A · d^b · h^c · (d - s)^p uz uvjet - assuming that Σ(F_i - f_i)² = minimum

V₅ - Izjed. Meyerovom formulom uz uvjet - Fitted by Meyer's equation assuming that Σ(F_i - f_i)² = minimum

V₆ - Izjed. australskom formulom uz uvjet - Fitted by Australian equation assuming that Σ(F_i - f_i)² = minimum

V₇ - Izjed. modelom - Fitted by model V = A · d^b · h^c · e^{D·d⁻¹} uz uvjet - assuming that Σ(F_i - f_i)² = minimum

V₈ - Izjed. modelom - Fitted by model V = A · d^b · h^c · e^{D·d⁻¹} uz uvjet - assuming that Σ(F_i - f_i)² = minimum

brojeve. To se dobro vidi iz tablice 2, 3 i 4. gdje se analizom odstupanja po debljinskim stupnjevima pokazalo da su ta odstupanja značajna te da imaju sistematski karakter. Isto potvrđuje i činjenica da je ovaj model pri izjednačenju obličnih brojeva dao vrlo mali R (R = 0.4698).

Iz slika 8-16 vidi se da isti model kruto izjednačava oblične brojeve, bez obzira na to da li je korišteno logaritamsko izjednačenje ili neposredno izjednačenje volumena. To izlazi iz činjenice da je $Schumacher-Hall$ ov model zakrivljena ploha, a ta zakrivljenost ovisi o parametrima B i C. Ako su oni na primjer negativni, ploha će biti zakrivljena s konstantno negativnim nagibom. Te su slike zapravo konturne linije ove plohe za $h = \text{const.}$ ($= h_s$ iz tablice 16):

Parametar B logaritamskog izjednačenja je pozitivan (izraz 65) i iznosi $B = 0.2957$, dok je za izjednačenje nelogaritmiranih volumena negativan (izraz 66). Zbog toga se na svim slikama od 8 do 16 vidi da logaritamsko izjednačenje ima stalno uzlazne krivulje, dok nelogaritmirano izjednačenje, daje krivulje nagnute prema dolje. Na istim su slikama prikazana još tri modela koja imaju dobro izjednačenje. Vidimo da kod niskih stabala krivulje imaju pozitivan nagib. Idući prema višim stablima, nagib se postupno mijenja te je već kod 7. visinske klase (slika 14) postao negativan, što sam $Schumacher-Hall$ ov model zbog svoje krutosti ne može postići. Dobro odabrani modeli s 4 parametra (modeli 27, 28, 34 i dr. iz tablice 6) pri izjednačavanju obličnih brojeva daju signifikantno manju standardnu devijaciju oko plohe izjednačenja obličnih brojeva (za model 28 iz tablice 6 u odnosu na $Schumacher-Hall$ ov je $F_{\text{izr}} = 1.7662 > F_{\text{tab}} = 1.28$ uz razinu signifikantnosti testa od 1%), što također kao i slika potvrđuje opravdanost uvođenja 4. parametra.

Slike 8-16 isto potvrđuju rezultat iz tabela 3. i 4, gdje se vidi da je logaritamsko izjednačenje potpuno neprihvatljivo, jer nelogaritamsko izjednačenje ima maksimalnu postotnu pogrešku odstupanja kod tankih stabala. Kod debelih i visokih stabala izjednačenje je dobro (slike 13, 14, 15. i 16). Logaritamsko izjednačenje ima loše rezultate za upravo debela stabla. Kod debelih stabala velika postotna pogreška znači i veliku apsolutnu pogrešku. Da je to tako, potvrđuje i rezultat tablice 17, gdje se vidi kakva je ekstrapolacija nekih modela. Stabla iz tablice 17. imaju p.p. veći od stabala koja su upotrijebljena za izjednačenje. U predzadnjem redu iste tablice vidi se kolika je sumarna postotna pogreška ekstrapolacije raznih modela. Vidimo da je vrijednost ekstrapolacije logaritamskog izjednačenja vrlo loša. $Schumacher-Hall$ ov model nelogaritamski izjednačen dao je ekstrapolaciju koja je u razumnim granicama, Model 28 iz tab. 6 najplastičnije je izjednačio dotične podatke te je vjerojatno upravo zbog toga dao i nešto lošiju ekstrapolaciju.

S obzirom na prethodno postavljene zahtjeve ovdje se pokazao kao najboljim model 27 i donekle model 34 iz tablice 6.

$$\text{Model 34, } f = A \cdot d^B \cdot h^c \cdot (d - 5)^D \text{ odnosno} \\ V = A \cdot d^B \cdot h^c \cdot (d - 5)^D,$$

krasi i jednostavnost. Vrijednost u zagradi $d - 5$ je stavljena proizvoljno. Moglo bi se staviti općenito $d - k$. 'k' u ovom slučaju ne bi bio parametar, nego vrijednost koja se zadaje unaprijed, ali ne proizvoljno nego teoretski na slijedeći način. Naprimjer kod krupnog drveta ($d > 7\text{cm}$) očito je da će uz neki promjer koji je veći od $d = 0$ i manji od $d = 7\text{cm}$, volumen biti $V = 0$. To vrijedi i za slučaj kad je uključeno i sitno drvo s granicom od 3 cm. zbog toga bi se na uzorku tankih stabala trebao pronaći prosječni prsni promjer kod kojega je odgovarajući volumen jednak nuli, zatim tu vrijednost staviti za 'k' te izjednačiti oblične brojeve.

Prednost $Schumacher-Hall$ ov a modela nikako ne može biti narušena ni u slučaju modela pod br. 26-29, ni u slučaju modela 34 (iz tablice 6) uvođenjem 4. parametra, jer u slučaju da je taj parametar bespotreban biti će jednak nuli ili blizu

nule, što daje vrijednost cijelog dodatka 1, a to ništa ne mijenja sam Schumacher-Hallov model kao takav.

Kod modela 26-29 taj je utjecaj dodatnog člana važan samo kod malih promjera, jer ako promjer d raste, vrijednost eksponenta k ($k = Dd^n$, $n = 1, 2, 3 \dots$) prirodnog broja e približava se nuli pa se cijeli dodatak e^k približava jedinici, odnosno, cijeli model prelazi u Schumacher-Hallov.

Takav model omogućava i univerzalnost, potrebnu programeru u primjeni modela u elektronskoj obradi podataka (EOP). Može se primijeniti jedan algoritam za sve vrste koje su izjednačene i Schumacher-Hallovim modelom i ovim modelom. Za to je potrebno imati datoteku u kojoj je svaki slog namjenjen za jednu vrstu. Kolone datoteke bit će parametri, A, B, C, D i n (u tom slučaju $n = 3$). Za vrste kod kojih je izjednačenje provedeno uspješno samo sa Schumacher-Hallovim modelom za vrijednost parametra D i n se jednostavno stavi $D = 0$ i $n = 0$ te neće biti potrebno unositi različite algoritme u sam program za svaku vrstu posebno. Takav način omogućava i jednostavnije uvođenje novih vrsta u datoteku parametara bez potrebe promjene modula programa gdje se nalaze spomenuti algoritmi. Također se može, na isti način, primijeniti i Spurrova formula (izraz 16), gdje se u polje 'D' spomenute datoteke upiše $D \cdot 2$, a u polje 'C' $D \cdot 1$.

I na kraju, s obzirom na sve iznesene činjenice, modeli 27 i 34 imaju najveće šanse da budu izabrani za izjednačenje dvoulaznih drvnogromadnih tablica johe. Međutim, možda je dobro učiniti još nešto. Prije konačnog izjednačenja, umjesto s mnogo modela s manje parametara, učinimo jedno preliminarno izjednačenje, a za to je najbolje uzeti samo jedan, ali zaista plastičan model, bez obzira na broj parametara, npr. Meyerov model. U nekoliko djelića sekunde uz odgovarajući hardwear i software dobiju se parametri, suma kvadratnih odstupanja (SKO) i R , zatim se automatski nađu ona stabla čiji stvarni oblični broj jače odstupa, npr. više od 30%. Po uobičajenoj statističkoj konvenciji sigurno 1% takovih stabala smijemo izbaciti iz uzorka. U ovom su radu dva takva stabla:

N_0	d	h	f	F	$100 \cdot (f - F)/F$
3.	7.3	13.8	.024	.012	104.44 %
4.	7.5	13.3	.007	.014	48.60 %

d - Prsni promjer stabla - Breast height diameter

h - Visina - Height

F - Izjednačeni oblični broj - Fitted form factor

f - Opažani oblični broj - Measured form factor

N_0 - Redni broj stabla - Ordinal numeral of tree

Ta dva stabla u odnosu na preostalih 250 čine 0.8%, dakle smijemo ih odbaciti. Kod metode najmanjih kvadrata ekstremi koji mogu biti i posljedica grube pogreške, imaju jak utjecaj na regresiju. Njihovim smo odbacivanjem na primjer za model 34, koji u tablici 6 ima $R = 0.74$, dobili $R = 0.78$, što već ukazuje na prilično dobru multiplu korelaciju.

Tu bismo tehniku mogli primijeniti i općenito u regresijskoj analizi, te nam plastični model s puno parametara može poslužiti kao dobra orijentacija za empirijsko otkrivanje karakterističnog modela. Za regresijske analize s jednom nezavisnom

varijablom to i nije važno jer uvijek možemo nacrtati sliku te iz nje zaključiti o karakteru veze. Na primjer za neku visinsku krivulju parabola 2. reda će biti plastičnija, ali parabola nije karakterističan model. Visinska krivulja mora imati asimptotu, infleksiju; za vrijednost $d=0$ visina mora imati vrijednost $h=1.3$ (Levaković 1935). Parabola će dati vrlo lošu ekstrapolaciju (Pranjić 1970, Kozak & Yang 1978), čak i teoretski nemoguću za jednu normalnu šumu (npr. da prosječno deblje stablo ima prosječno manju visinu). Ista parabola može poslužiti za kontrolu izjednačenja nekoga drugog karakterističnog modela, npr. Mihajlove funkcije.

Logaritamsko izjednačenje modela

– Logarithmic fitting by model:

$$v = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot e^{D \cdot d^{-4}}$$

Oblični brojevi imaju homogenu varijabilnost. Zbog toga bi bilo potpuno neprikladno logaritamsko izjednačenje obličnih brojeva. Logaritamsko izjednačenje volumena Schumacher-Hallovim modelom također se pokazalo potpuno neprikladno. Ako se zna da logaritmi volumena imaju jednaku težinu, tj. varijabilnost je homogena (Emrović 1960, Matić 1986), postavlja se logično pitanje, što se događa s logaritamskim izjednačenjem volumena primjenom takva plastičnog modela (model 28 iz tablice 6).

Kad se primijeni za volumene i logaritmiraju, daje ovaj izraz:

$$\ln v = \ln A + B \ln d + C \ln h + D d^{-4} \quad (67)$$

Nakon izjednačenja dao je ove parametre:

$$\begin{array}{ll} A = 0.0000660515 & B = 1.971381 \\ C = .8418455 & D = -2704.179, \end{array}$$

Što je preračunato za oblične brojeve daje:

$$\begin{array}{ll} A = 0.8409873 & B = -0.028619 \\ B = -0.1581545 & D = -2704.179. \end{array}$$

Ti se parametri razlikuju od odgovarajućih iz tablice 5. dobivenih izjednačenjem obličnih brojeva metodom nadopunjka. U tablici 18. je napravljena analiza odstupanja kao i u tablici 10.

Iz tablice 18, vidimo da je odstupanje u granicama normale, ali sistematski niže nego što je bilo u tablici 10. (gdje je prikazan obračun volumena iz izjednačenja obličnih brojeva). Suma postotnog odstupanja (suma 5. kolone tab. 18) iznosi -5.59%, dok suma iste kolone iz tablice 10 iznosi svega 0.93%. To očito potvrđuje poznatu činjenicu da logaritamsko izjednačenje ima negativnu sistematsku pogrešku. Meyerova bi korektura to vjerojatno popravila, ali to bespotrebno komplicira postupak jer se uvodi dodatni pseudoparametar 'k' (koji je funkcija stand. devijacije oko plohe izjednačenja $S_{(\ln v, \ln d, \ln h)}$). Zbog toga metoda nadopunjka i izjednačenje obličnih brojeva ima prednost.

Tab. 18. Izjednačeno modelom - Fitted by model: $v = A \cdot d^B \cdot h^C \cdot e^{D \cdot d^{-t}}$ uz uvjet - assuming that: $\sum (\ln V_i - \ln v_i)^2 = \min$.

N_0	n	\bar{v}_1	\bar{V}_1	s_{v_1}	$\frac{t \cdot s_{v_1}}{\sqrt{n}}$	$d = \bar{V}_1 - \bar{v}_1$	$\frac{d \cdot 100}{\bar{V}_1}$
1-20	20	.028	.028	.013	.0074	-.000	-1.49
21-40	20	.056	.057	.009	.0053	.001	1.10
41-60	20	.087	.084	.016	.0095	-.003	-3.15
61-80	20	.113	.112	.015	.0089	-.000	-.32
81-100	20	.141	.141	.019	.0107	.000	.16
101-120	20	.161	.162	.017	.0096	.002	.93
121-140	20	.201	.199	.015	.0088	-.002	-.86
141-160	20	.248	.244	.035	.0204	-.005	-1.94
161-180	20	.299	.299	.047	.0274	-.000	-.05
181-200	20	.402	.403	.061	.0351	.000	.12
201-220	20	.467	.476	.079	.0458	.009	1.82
221-240	20	.691	.680	.134	.0771	-.011	-1.63
241-252	12	.991	.989	.109	.0812	-.003	-.27

SUMA = SUM: -5.59

N_0 - Redni broj stabla - Ordinal numeral of tree

n - Frekvencija - Frequency

\bar{V}_1 - Aritm. sredina izjednačenih volumena - Arithmetic mean of fitted volume

\bar{v}_1 - Aritm. sredina opaženih volumena - Arithmetic mean of measured volume

s_{v_1} - Stand. devijacija opažanog volumena - Stand. deviation of measured volume

t - Varijabla - Variable (t = 2.58)

ZAKLJUČAK - CONCLUSION

Ovim su radom potvrđene već poznate spoznaje o neprikladnosti Schumacher-Hallova modela za izjednačenje drvnogromadnih dvoulaznih tablica kad je riječ o krupnom drvetu (drvena masa promjera iznad 7 cm). Neprikladnost se odnosi u prvom redu na tanka stabla.

Mayerova formula, usprkos očekivanju, dala je relativno dobru ekstrapolaciju. To dokazuje da je ona bez obzira na 6 parametara krut model.

Multipli korelacijski koeficijent R ispravno karakterizira vezu tek u slučaju izjednačenja obličnih brojeva. Kod izjednačenja volumena čak i u slučaju logaritamskog izjednačenja (varijabilnost je homogena!?) taj je koeficijent nerealno visok te bi se na osnovi njega mogao donijeti krivi zaključak o prikladnosti izjednačenja volumena, poglavito logaritamskoga.

Rezultati ovoga rada su pokazali da je dovoljno dobro izjednačenje obličnih brojeva provedeno modelima s 4 paramera.

Na osnovi svega prethodnog iznesenoga, možemo donijeti ove zaključke:

1. Rezultati ovog rada su pokazali da ako želimo računski izjednačiti dvoulazne drvnogromadne tablice i dobiti regresijski model koji važi za sva stabla, trebali bismo to učiniti s modelom koji ima minimalno 4 parametra.

2. Izjednačenje obličnih brojeva metodom nadopunjka bolje je od logaritamskog izjednačenja volumena (u slučaju kad je to moguće provesti) koje daje sistematsku negativnu pogrešku.

3. Svako izjednačenje treba provesti istovremeno s više modela, što možemo učiniti zahvaljujući elektronskom računalu. Pritom modeli tipa polinoma (do 9 parametara) mogu poslužiti samo kao kontrola te s preliminarnim izjednačenjem za otkrivanje jedinica uzorka s ekstremno visokim odstupanjem (općenito, apsolutno odstupanje veće od tri standardne devijacije oko plohe izjednačenja) 1% takvih podataka smijemo izbaciti iz uzorka.

4. Najjednostavnije ispitivanje prikladnosti modela možemo provesti analizom odstupanja stvarnog volumena od izjednačenoga po debljinskim odnosno visinskim klasama. Pritom umjesto konstantne širene klase koristimo se klasama koje su formirane na temelju konstantnog broja stabala (do $n = 30$, ovisno u veličini uzorka). Izjednačenje smatramo neprikladnim ako postoji signifikantna pravilnost izmjene pozitivnih i negativnih odstupanja. U apsolutnom smislu veličina tih odstupanja ovisi o broju stabala i veličini debljinske klase te o varijabilnosti. U ovom je radu proizvoljno uzeta granaica od 2.5% za $n = 20$. Kod tanjih stabala granica smije biti veća jer se u tom slučaju radi o stablima malog volumena.

5. Za izbor regresijskog modela ovim se radom predlažu 2 tipa.

$$a) f = A d^B H^C (d - k)^D$$

A, B, C i D parametri regresije

f – oblični broj

d – prsni promjer stabla

h – visina stabla

k – vrijednost prsnog promjera kod kojega je u prosjeku volumen = 0 (ovisi o granici krupnog drveta, u ovom radu je $k = 5$)

$$b) f = A d^B h^C e^{Dd^{-n}}$$

A, B, C i D – parametri regresije

f – oblični broj

d – prsni promjer stabla

h – visina stabla

n – 1, 2, 3, ... 5; unaprijed stavljen cijeli broj koji na neki način također ovisi o granici krupnog drveta, ali se uzme onaj koji daje najveći R

Model pod a) je naizgled jednostavniji. Teoretski je ispravniji samo u slučaju izjednačenja volumena krupnog drveta jer vodi računa da je volumen stabla jednak nuli i kod nekoga prsnog promjera koji je veći od 0, a manji od 7 odnosno 3 cm (ovisno o željenoj granici). Model pod b) je plastičniji i univerzalniji te bi vjerojatno našao primjenu i kod drugih sličnih problema (npr. biomase). Taj je model također dobar i za izjednačenje obličnih brojeva totalnog volumena, gdje je nelinearnost izjednačenih obličnih brojeva na logaritamskom papiru posljedica mjerenja promjera na visini $h = 1.3$ m (Prodan 1965, 187; Evert 1969), a u tom će slučaju parametar D biti pozitivan.

Model pod b) je i za izjednačavanje jednostavniji, jer se može računalom brzo izjednačiti za sve vrijednosti n od 1 do 5, te napraviti izbor na temelju najvećeg R-a. Vidimo da je kod oba modela prvi dio (parametri A, B i C) $S c h u m a c h e r - H a l - l o v$ model.

6. Nedostatak metode nadopunjka je u tome što teorija još nije riješila računanje standardnih devijacija parametara. Logaritamsko izjednačenje volumena, dobrog modela s 4 parametara, nije tako loše (tab. 18). Budući da mi znamo izračunati dotične stand. devijacije za logaritamsko izjednačenje, mogli bismo procijeniti stand. devijacije metode nadopunjka, na taj način da napravimo logaritamsko izjednačenje. Ali da li je to zaista moguće, trebalo bi utvrditi daljim istraživanjem.

LITERATURA - REFERENCES

- Asteris, C. J., and K. G. Matis, 1979: Derivation of Three single-entry volume tables from a double entry one for fir of the University Forest at Pertouli, Thessaloniki, Greece. University Forests Administration, 24. pp. (in Greek).
- Bitterlich, W., 1984: The Relascope. Idea; Relative Measurements in Forestry. Commonwealth Agricultural Bureaux, pp 242.
- Canadell, J., M. Riba & P. Andrés, 1988: Biomass Equations for *Quercus ilex* L. in the Montseny Massif, Northeastern Spain. Forestry, 61, 2, 139-147.
- Castellani, C., G. Scrinzi, G. Tabacchi & V. Tosi, 1984: Inventario Forestale Nazionale Italiano, Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Trento, pp 111.
- Cheema, A. M., & R. W. Hussain, 1986: Volume Tables for Horse Chest Nut (*Aesculus indica*) of N. W. F. P. The Pakistan Journal of Forestry, 37 (1):37-58.
- Cheema, A. M., M. A. H. Fatime & R. W. Hussain, 1987: Volume Tables for Horse Chest-Nut (*Aesculus indica*) of Azad Kashmir. The Pakistan Journal of Forestry, 37 (2):63-80.
- Emrović, B., 1953: O izjednačenju pomoću funkcija, koje se logaritmiranjem daju svesti na linearni oblik. S naročitim obzirom na upotrebu kod izrade drvnogromadnih tablica. Annales pro experimentis foresticis XI:73-110.
- Emrović, B., 1954: o najpodesnijem obliku izjednačenja funkcije potrebne za računsko izjednačavanje pri sastavu dvoulaznih drvnogromadnih tablica. Disertacija, Zagreb.
- Emrović, B., 1960: O najpodesnijem obliku izjednačbene funkcije potrebne za računsko izjednačavanje pri sastavu dvoulaznih drvnogromadnih tablica. Annales pro experimentis foresticis XIV: 49-126.
- Emrović, B., V. Glavač & A. Pranić, 1962: Tablice drvnih masa za poljski jasen. Zavod za dendrometriju Šumarskog fakulteta u Zagrebu.
- Emrović, B., & A. Pranić, 1964: Joha, (*Alnus glutinosa*), drvena masa debljine iznad 7 cm, Šumarsko tehnički priručnik. Nakladni zavod znanje, Zagreb.
- Evert, F. 1969: Use of Form Factor in Tree-Volume Estimation. Journal of Forestry II:126-128
- Furnival, G., 1961: An index for Comparing equations used in construction of volume tables. For. Sci. 7:337-341.
- Garlick, F. J. & J. R. M. Barnes, 1981: Technical mathematics: a second level course. McGraw-Hill Book Company (UK) Limit. p. p. 339.
- Henriksen, H. A., 1953: Die Holzmasse der Buche. Det Forstlige Forsöksvaesen in Danmark, XXI, 2.
- Hitrec, V. & S. Tomančić, 1988: Development of the Information System in Forestry: Needs and Practical Issues IUFRO Subject Group S6.03, Information Systems and Terminology, Birmendorf and Zurich, p. 145-152.
- Husch, B., C. I. Miller & T. W. Bears, 1971: Forest Mensuration. New York, p. p. 410.
- Kozak, A. & R. C. Yong, 1978: Height-Diameter Curves, Another Application of the Weibull Function in Forestry. The Fifth meeting of the IUOFRO Subject group S6.02, Freiburg, p. 171-185.
- Kružić, T., 1990: Otklanjanje pogreške logaritamskog izjednačenja Mihajlove funkcije. Šumarski list CXIV (1/2):63-70.
- Kružić, T., 1991: Simuliranje sadašnje i buduće distribucije prsnih promjera, Šumarski list CXV 1/2:55-62.
- Levaković, A., 1935: Analitički izraz za sastojinsku visinsku krivulju. Annales pro experimentis foresticis 4:283-310, Zagreb.
- Matis, K. G., 1986: Volume Tables for *Abies borisii regis* at Pertouli, Aristotelian University of Thessaloniki Scientific Annales of the Department of Forestry and Natural Environment 6:327-363.
- Matis, K. G., 1988: Volume Tables for *Abies borisii regis*. Forest Ecology and Management 25:73-77.
- Meyer, H. A., 1941: A Correction for a Systematic Error Occuring in the Application of the Logarithmic Volume Equation. The Pennsylvania State Forest School, Research Paper 7.

- Müller, M., 1915: Lehrbuch der Holzmesskunde. Berlin 398 pp.
- Näslund, M., 1941: Funktionen und Tabellen zur Kubiernung stehender Bäume, Kiefer, Fichte und Birke in Nordschweden. Medd. Skogsforskn Inst., Stockh., 32.
- Näslund, M., 1947: Functions and tables for computing cubic volume of standing trees, pine, spruce and birch in southern Sweden and in whole of Sweden. Medd. Skogsforskn Inst., Stockh. 36.
- Novak, N., 1989: Informatika u šumarstvu. Osijek, 255 pp.
- Peschel, W., 1938: Die Mathematischen Methoden zur Herleitung der Wachstumsgeetze von Baum und Bestand und die Ergebnisse ihrer Anwendug, Thar. forstl. Jahrb. 89. Berlin.
- Pranjić, A., 1970: Sastojinske visinske krivulje hrasta lužnjaka. Magistarski rad, Zagreb.
- Prodan, M., 1965: Holzmesslehre. Frankfurt am Main, pp. 644.
- Schumacher, F. X. & F. D. S. Hall, 1933: Logarithmic Expression of Timber-tree Volume., Journ. of Agr. Res. 47/9, Washington.
- Smith, W. B., & C. A. Weist, 1982: A Net Volume Equation for Indiana, Notrth Central Forest Experiment Station, Resource Bulletin NC - 63, 8 pp.
- Snedecor, G. W., 1967: Statistical Methods. The Yowa State University Press Ames, Yowa, U. S. A.
- Spurr, S. N., 1952: Forest Inventory. The Ronald Press Company, New York, 467 pp.
- Stoate, T. N. 1945: The use of a volume equation i pine stands. Australian Forestry 9:48-52.
- Špirenec, M., 1975: Drvno gromadne tablice, Poslovno udruženje šumskoprivrednih organizacija, Zagreb, pp 262.
- Todorović, D. — V. Stamenković, 1967: Tablice zapremina i pada prečnika za bukvu sa Karaormana. Šumarstvo 7-8.
- Todorović, D., 1958: Osvrt na definiciju oblika stabla. Šumarstvo 9-12.

TONO KRUŽIĆ

CHOOSING REGRESSION MODELS FOR FITTING VOLUME TABLES

Summary

Almost all new volume tables that have been fitted in Croatia were fitted using the method proposed by Emrović (Emrović 1960), where the mathematical fitting method was combined with the graphical method.

It is very important to have a good regression model instead of the tables alone when the computer is used for data processing. It would be ideal if we would find one universal model with minimal number of parameters to be used for all species.

With the aim to find a good regressin model very extensive research was made by testing models that have 3, 4, 5 or 6 parameters. The research was made on sample of the Black Alder (*Alnus glutinosa*), where the volume of wood above 7 cm was taken into consideration.

Because of known error of logarithmic fitting and known non-homogeneity of variance of volume, fitting the form factor by least squares method was used.

The logarithmic fitting of volume by using the Schumacher-Hall's model appeared to be totally unsutable because the differences through the diameter classes between the measured and fitted volume were significant. It ocured very distinctive within the great diameter classes and that means very bad fitting for the trees with great volume. The same result was confirmed by testing the extrapolation.

A directly fitted volume by using the Schumacher-Hall's model gave an acceptable result because bad fitting happened only within the small diameter classes.

When the form factors were fitted using the same model, the error was somewhat smaller than by the logarithmic fitting though still significant.

By adding 4th parmeter to the Schumacher-Hall's model the reducing of variance about the face of fitting has been significant. Further adding of parameters did not yield significant reducing of variance.

For fitting two-entry tables, author is propsing the following model:

$$V = b_0 d^{b_1} h^{b_2} e^{b_3 d^{-n}}$$

d – breast height diameter

h – height

b_0, b_1, b_2 i b_3 – parameters of regression

n – whole number inside the interval from $n = 1$ to $n = 4$

e – base of natural logarithm

In the author's research, this model gave the best rusult. For example the Meyer's formula, which was transformed for fitting the form factors, that has 6 parameters, gave a corelation coefficient of $R = 0.7461$ (tab. 7). This model is used for fitting the form factors with $n = 4$, gave $R = 0.7475$. The proposed model is really the Schumacher-Hall's model extended with exponential function. The exponential part of this proposed model has the influence only inside the small.

diameter classes that means when the diameter is growing up, the entire exponential part is getting closer and closer to 1.

The fitting volume tables should be conducted by fitting the form factor using least squares method. After that, the regression model for the form factors has to be multiplied by volume of the cylinder $(d^2h)\pi/40\ 000$. This way, the formula to be used for calculating the volume tables is obtained.

Author is assuming that this model should be universal not only for tree volume but in all cases when the breast height diameter and the height of a tree are independent variables. However, this assumption should be still confirmed by more extensive research in future.

Received May 15, 1992
Accepted October 1, 1992

Author's address:
Tono Kružić
Faculty of Forestry
41001 Zagreb, P. O. Box 178
Croatia

MIROSLAV BENKO

PROCJENA TAKSACIJSKIH ELEMENATA SASTOJINA NA INFRACRVENIM KOLORNIM AEROSNIMCIMA

ASSESSMENT OF STANDS ELEMENTS ON COLOUR INFRARED AERIAL PHOTOGRAPHS

Prispjelo: 31. VIII 1992.

Prihvaćeno: 1. X 1992.

U radu je prikazana procjena taksacijskih elemenata sastojina na infracrvenim kolornim aerosnimcima mjerila 1:10 000. Primjenjeni su uređaji i metode koje se dosta rijetko primjenjuju u praksi, a mogu dati jednostavna i praktična rješenja. Svrha istraživanja je da se postignuti rezultati što više približe svakodnevnoj šumarskoj praksi te da se iskoristi njihova ekonomičnost.

Fotointerpretacija i mjerenja na snimcima obavljena su pomoću instrumenata II. i I. reda, i to »B8« i »A7«.

Izlučene su sastojine i očitane koordinate pet (5) točaka na vidljivom dijelu krošnje primjernih stabala crne johe, poljskog jasena i bagrema. Visine terena očitane su s topografske karte mjerila 1:5000. Na temelju toga izračunat je promjer, visina i volumen vidljivog dijela krošnje te visina stabla. Na terenu su mjereni prsni promjeri, promjeri projekcije krošnje, prirast i visina stabla. Istraživana je međusobna ovisnost pojedinih parametara, a posebno korelacijska veza između promjera krošanja i visina stabala mjerenih različitim načinom.

Pomoću kompjutora izvršena je numerička i tekstualna obrada, kao i grafički prikazi grafova istraživanih funkcija, tlocrtni i prostorni prikaz krošanja te digitalna karta.

Ključne riječi: infracrveni kolorni aerosnimci, fotointerpretacija, izlučivanje sastojina, instrumenti višeg reda, vidljivi dio krošnje, korelacija promjera krošanja, korelacija visina stabala, tlocrtni prikaz krošanja, prostorni prikaz krošanja, digitalna karta

UVOD – INTRODUCTION

Šuma je zajednica organizama kojoj drveće daje osnovno obilježje. Ona obuhvaća skup sastojina koje se međusobno razlikuju po dobi, vrsti drveća, načinu postanku, bonitetu i cilju gospodarenja.

Uređivanje šuma ima zadaću da organizira šumsku proizvodnju prema potrebama društva vodeći računa o razvoju drvne industrije, trgovine i potrošnje drva, imajući stalno pred očima posredne koristi od šuma (zaštitnu, rekreativnu, estetsku i ostale funkcije šuma).

U tu svrhu izrađuju se uređajni elaborati, tj. planovi gospodarenja. Uređajni elaborat je kompleksna studija koja sadrži podatke o trenutnom stanju nekoga šumskog područja, osvrće se na povijesni prikaz stanja šuma, gospodarenja i prilika te propisuje način gospodarenja u budućnosti, bližoj i daljoj. Pri tome vodi računa o brojnim faktorima, kao što su biološko-tehnička svojstva različitih vrsta drveća, o zdravstvenom stanju, načinu gospodarenja, potrajnosti gospodarenja i o raznim potrebama društva, odnosno neposrednim i posrednim koristima koje pruža šuma.

Uređivanje šuma je šumarska znanost koja sinetizira ostale šumarske znanosti.

Za utvrđivanje kvantitativnih i kvalitativnih svojstava šume postoje različiti načini. Jedna od najmlađih i najmanje istraženih znanstvenih disciplina je primjena fotogrametrije i fotointerpretacije u šumarske svrhe.

1. Fotogrametrija, kao znanstvena disciplina, bavi se proučavanjem informacija registriranih na snimku i pronalaženja određenih zakonitosti među njima, uz pomoć preciznih mehaničkih i elektroničkih instrumenata.

2. U šumarstvu se fotogrametrija koristi od kraja 19. stoljeća, ali svoj ekspanzivni napredak doživljava nakon 30-ih godina ovog stoljeća osnivanjem institucija diljem svijeta i razvojem precizne mehaničke industrije. Razvojem letjelica različitog tipa i kompjutorske revolucije fotogrametrija dobiva sve veću primjenu i važnost u sve brojnijim djelatnostima i sve raznovrsnijim zahtjevima.

3. Fotointerpretacija je djelatnost kojom se analiziraju fotosnimci ili njihovi dijelovi da bi se identificirali različiti objekti (prirodni ili umjetni), utvrdilo njihovo značenje i međusobne veze.

4. Područja primjene su brojna, tako da se ona koristi u geologiji, pedologiji, poljoprivredi, hidrologiji, meteorologiji, šumarstvu, oceanografiji, prostornom planiranju, u vojne svrhe i u mnogim drugim.

U šumarstvu postoji više područja u kojima se mogu primijeniti metode fotogrametrije i fotointerpretacije. Svakako najznačajnija primjena je u uređivanju šuma radi prikupljanja podataka za izradu uređajnih elaborata na manjim ili većim površinama, odnosno za tzv. aerofototaksaciju. Ona utvrđuje vrste drveća, broj stabala, dimenzije stabala, bonitet sastojine, dob, sklop, drvenu masu, izlučuje tipove sastojina, kartira i određuje površine. Neke utvrđuje neposrednim mjerenjima na aerosnimcima (promjer krošnje, visina stabala), a neke posrednim metodama (prsni promjer, volumen stabla i sastojina).

Točnost utvrđivanja pojedinih elemenata na aerosnimcima je različita. Ona ovisi o prirodi elemenata, mjerilu snimka, tipu primijenjene opreme i materijala za snimanje, sezoni snimanja, tehnici snimanja, primijenjenom instrumentariju za restituciju, iskustvu restitutora i brojnim drugim faktorima.

Što se tiče materijala za snimanje, odnosno tipova filmova, najčešće se primjenjuju ove vrste emulzija: pankromatska, hiperpankromatska, infracrvena, pankromatsko infracrvena, kolorna i infracrvena kolorna.

Isti elementi različito se uočavaju primjenom različitih emulzija, tako da izbor emulzije ovisi o željenom efektu, odnosno traženim rješenjima.

Instrumenti za restituciju dijele se na instrumente:

- a) III. reda – približno rješenje
- b) II. reda – strogo rješenje za određene uvjete snimanja
- c) I. reda – strogo rješenje, univerzalna primjena.

Izbor instrumenata za restituciju ovisi o prirodi, obujmu i važnosti rješavanja problema.

Sva ta oprema, materijal i instrumentarij relativno su skupi, pogotovo za naše današnje prilike u kojima živimo, tim više što su većinom uvoznog porijekla. Primjena je problematična ako ne postoje stručnjaci koji bi te metode racionalno primjenjivali. Međutim, usporede li se metode fotogrametrije i fotointerpretacije s klasičnim načinom prikupljanja podataka u naprijed navedenim područjima primjene, prednost fotogrametrije i fotointerpretacije je upravo u ekonomičnosti, jednostavnosti, brzini i obilju pouzdanih rezultata. V u k e l i ć (1985) navodi: »*Usporedba ekonomičnosti provedenih fotointerpretacijskih istraživanja i ustaljenih terestričkih istraživanja pokazuje da metoda fotointerpretacije ostvaruje približno 60% ušteda u vremenu i novčanim sredstvima.*«

Primjena fotogrametrije i fotointerpretacije ne isključuje terenski rad. Naprotiv, podaci dobiveni primjenom tih metoda nemaju dovoljnu pouzdanost, ako se ne provjeravaju i upotpunjavaju terenskim mjerenjima. Međutim, taj se terenski rad, a posebno brojno stanje radne snage, svodi na minimum.

ZADATAK ISTRAŽIVANJA RESEARCH TASK

Cilj istraživanja – Research intention

Osnovni je cilj procijeniti taksacijske elemente stabala, i to promjera krošnje, visine stabala, visine vidljivog dijela krošnje, volumena vidljivog dijela krošnje te broja stabala na infracrvenim kolornim aerosnimcima.

Međutim, taj se osnovni cilj dijeli na nekoliko užih, konkretnijih ciljeva:

1. primijeniti infracrvene kolorne aerosnimke
2. primijeniti instrumente II. i I. reda pri
 - a) izlučivanju tipova sastojina
 - b) izmjeri taksacijskih elemenata
3. utvrditi međusobnu ovisnost pojedinih taksacijskih parametara mjerenih bilo terestrički bilo fotogrametrijski
4. utvrditi postoji li razlika parametara mjernih terestrički i fotogrametrijski
5. prikazati mogućnost kompjutorske obrade podataka pri
 - a) numeričkoj obradi
 - b) grafičkim prikazima

Tab. 1. Podaci istraživanih sastojina – Research stand of data

OPĆI PODACI	VRSTA DRVEĆA	BROJ	TEMELJ-	PRSNJ	VISINA	DRVNA
		STABALA	NICA	PROMLER		
		N/ha	m ² /ha	cm	m	m ³ /ha
odjel/odsjek: 79/b površina u ha: 6.66 starost u god: 23 ur.razred: bagrcm	LUŽNJAK	105	3.39	20	17	30
	OTL	135	2.85	16	12	17
	C. JOHA	155	3.45	17	14	27
	BACREM	275	11.88	23	19	95
	Σ	670	21.57	20	-	170
odjel/odsjek: 79/c površina u ha: 4.32 starost u god: 33 ur.razred: c. joha	LUŽNJAK	47	1.41	19	21	12
	OTL	197	8.23	23	23	73
	C. JOHA	365	12.20	21	22	105
	D. TOPOLA	57	8.90	44	26	95
	Σ	667	30.73	24	-	284
odjel/odsjek: 79/d površina u ha: 5.24 starost u god: 55 ur.razred: h.lužnjak	LUŽNJAK	333	13.83	23	22	153
	OTL	150	6.34	23	22	56
	C. JOHA	219	6.26	19	19	52
	D. TOPOLA	5	0.29	28	20	2
	Σ	721	27.58	22	-	274
odjel/odsjek: 79/e površina u ha: 1.65 starost u god: 40 ur.razred: p.jasen	OTL	443	25.88	27	24	258
	C. JOHA	107	2.61	18	15	21
	Σ	550	28.49	26	-	279
odjel/odsjek: 80/a površina u ha: 4.71 starost u god: 38 ur.razred: bagrcm	LUŽNJAK	9	0.14	14	14	1
	CRAB	12	0.33	19	10	2
	OTL	160	4.78	19	23	39
	C. JOHA	153	6.10	23	22	54
	Σ	330	16.20	25	20	134
	Σ	665	27.56	23	-	231
odjel/odsjek: 80/c površina u ha: 8.80 starost u god: 41 ur.razred: p.jasen	LUŽNJAK	26	1.44	26	21	16
	OTL	293	9.48	20	22	80
	C. JOHA	218	7.04	20	19	60
	BACREM	107	6.02	27	19	49
	Σ	645	23.98	22	-	206

6. prikazati različita grafička rješenja pri
 - a) crtanju grafova
 - b) tlocrtnom prikazu krošanja
 - c) prostornom prikazu krošanja
 - d) kartiranju
7. prikazati mogućnost kompjutorskoga kartiranja i obračuna površina

Način istraživanja – Research method

Taksacijski elementi mjereni su na temelju infracrvenih kolornih aerosnimaka pomoću instrumenata B8 i A7. U tu svrhu upotrijebljeni su dijapozitivni mjerila 1:10 000. Orijentaciju stereopara izvršio je restitutor uklapanjem u topografsku osnovnu državnu kartu mjerila 1:5000. Na instrumentu B8 izlučeni su različiti tipovi sastojina. Na instrumentu A7 određene su koordinate x, y, z određenih točaka na krošnji u nekom relativnom sustavu, s tim što očitane vrijednosti »z« su konkretne

nadmorske visine. Na temelju tih koordinata izračunate su vrijednosti promjera vidljivog dijela krošnje, visine stabla, visine vidljivog dijela krošnje i volumena vidljivog dijela krošnje.

Volumen vidljivog dijela krošnje izračunat je kao volumen paraboloida.

Za kompjutorsku obradu podataka izrađena je aplikacija, dok su za grafička rješenja primijenjeni već postojeći algoritmi uz djelomičnu dopunu i međusobnu kombinaciju.

Tekstualna obrada obavljena je također na kompjutoru.

Predmet i objekt istraživanja – Research object

Kao predmet istraživanja odabrane su tri vrste drveća: crna joha (*Alnus glutinosa* L.), poljski jasen (*Fraxinus angustifolia*) i bagrem (*Robinia pseudoacacia*). U vrijeme snimanja crna je joha imala 33 god., poljski jasen 40 god., a bagrem 23–38 god.

Ekološko-gospodarski tip nosi oznaku II-G-10. Karakteristična zajednica je šuma lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* / A n i ć 1959/ emend. R a u š 1969).

Istraživanja su obavljena na području Šumarije Čakovec Šumskoga gospodarstva Varaždin, a istraživani objekt nalazi se na istočnoj strani gospodarske jedinice »Donje Međimurje« u katastarskoj općini Kotoriba, neposredno južno od samog mjesta Kotoriba.

Donje Međimurje je nizina s malim visinskim razlikama, ali uz stalan i relativno jak pad od zapada prema istoku s visinskom razlikom kraj rijeke Drave od 44 m, što joj daje veliku brzinu protoka, a time i vrlo jaku bočnu eroziju, zbog čega su njezine obale nestalne. Izgradnjom hidroenergetskih sustava djelomično je ukroćena njezina »čud«.

Istraživanja su obavljena u odjelima 78, 79 i 80. U sva tri odjela sastojine su izlučene instrumentom B8, a plohe za izmjeru nalaze se u odjelu 79, odsjecima b, c, d i e, te u odjelu 80, odsjecima a i c.

U tablici br. 1 nalazi se stanje istraživanih sastojina s prikazanim podacima iz osnove gospodarenja za gospodarsku jedinicu »Donje Međimurje« s važnošću od 1982. do 1991. godine.

Utjecaj čovjeka na stanje tih sastojina je velik. Blizina naselja, otvorenost i potreba za ogrjevom i drvnom građom utjecali su na način gospodarenja. Osnovom su propisane uglavnom prorede slabijeg intenziteta (10–13%), ali je primijećeno i protupravno otuđivanje u znatnijoj mjeri, tako da je struktura sastojine promijenjena (smanjen broj stabala, negativan pomak visinske krivulje, smanjena temeljnica i drvena masa). Zbog toga su plohe postavljene i odabrane na mjestima u sastojini gdje u razdoblju između aviosnimanja i terestričkih radova nije bilo velikih promjena u stanju sastojine.

SREDSTVA I METODE ISTRAŽIVANJA RESEARCH MEANS AND METHODS

Sredstva za rad – Means of work

U ovom radu upotrebljena su različita sredstva za rad (fotomaterijal, instrumenti, pomagala). Neka od njih se rijetko primjenjuju u praksi, a daju vrlo jednostavna

i praktična rješenja koja se mogu višestruko primijeniti. Druga su pak više poznata šumarskoj praksi.

Jedan od ciljeva ovog istraživanja je primjena upravo tih specifičnih sredstava za rad, sa svrhom da se što više približe praksi i šumarskoj svakodnevnici, te prikaže njihova praktičnost, jednostavnost, kvaliteta i kvantiteta rješenja, kao i ekonomičnost. Iz tog razloga prikazat ću njihove osnovne karakteristike.

Fotomaterijal – Photo material

Vrste snimaka – Photographs kinds

Za interpretacijske svrhe služe razne vrste snimaka dobivenih snimanjem na konvencionalni i nekonvencionalni način. Pod konvencionalnim načinom razumijevaju se snimci dobiveni fotografskim putem, dok se pod nekonvencionalnim razumijevaju snimci dobiveni raznim tehnikama nefotografskog snimanja.

Na slici 1.1. shematski su prikazane sve vrste snimaka koje se upotrebljavaju u fotointerpretaciji i daljinskom istraživanju.

Fotografski postupci koriste se vidljivim dijelom spektra i nadovezujućim užim dijelovima nevidljivih zraka (UV i bliže IC zrake), koji imaju dovoljno energije da neposredno eksponiraju fotosloj.

Nefotografski postupci dijele se na pasivne i aktivne. Pasivni postupci (npr. termalni skener – postupak) koriste se termalnom ili radioaktivnom radijacijom. Kako one pri snimanju iz zraka nisu dovoljno snažne za neposredno eksponiranje fotosloja, registriraju se posredno (bilo na fotografske slojeve, bilo na elektronski način). Kod aktivnih postupaka, kakvo je radarsko snimanje, valovi se emitiraju iz aparature i hvataju reflektirani od objekta te registriraju.

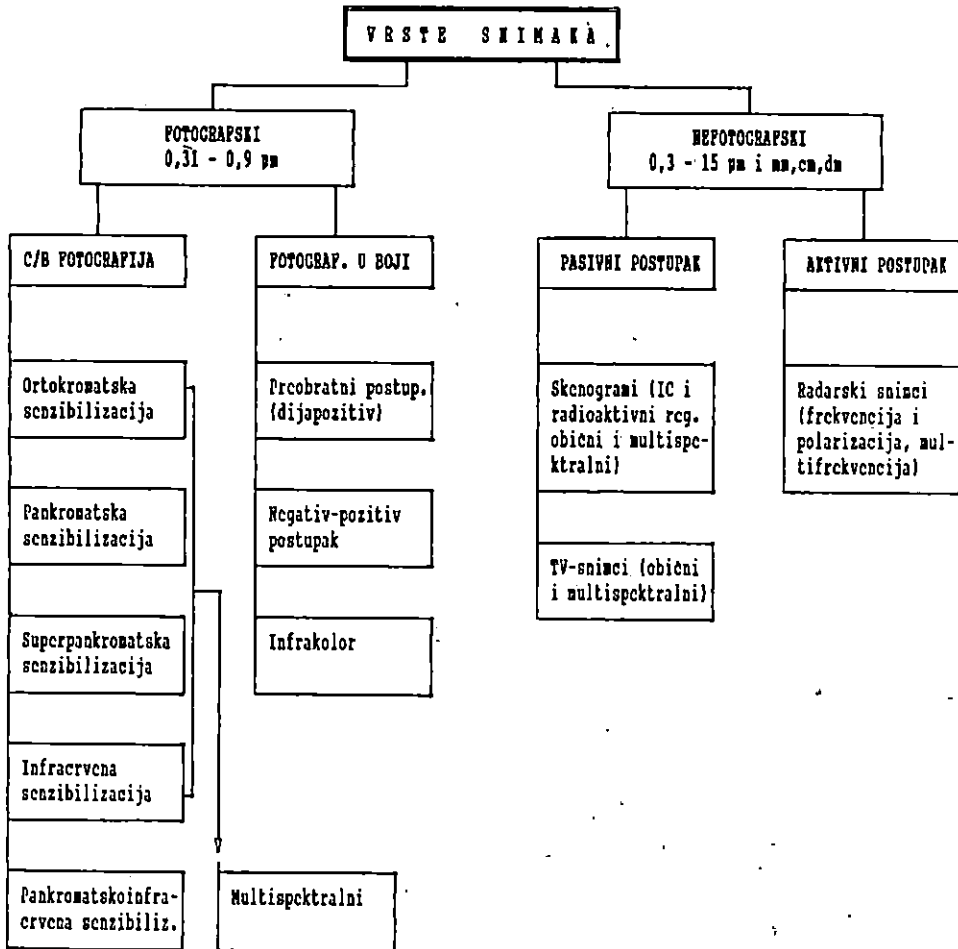
Infracrveni kolorni postupak – Colour Infrared process

Pri snimanju iz zraka na infracrveno senzibilizirane fotoslojeve djeluju nevidljive infracrvene zrake tzv. bliskog područja (700–1100 nm) i dio vidljivog spektra (400–700 nm). Takvim snimanjem dobiju se crnobijeli snimci, ali se oni razlikuju od ostalih po bitno drukčijoj reprodukciji tonova. Kod infracrvene fotografije ton ne ovisi o boji i svjetlini snimljenog objekta, nego o njegovoj remisijijskoj sposobnosti za infracrvene zrake. Zbog tih karakteristika i zbog manje raspršenosti dugih valnih duljina u atmosferi ti su snimci mnogo briljantniji i kontrastniji od pankromatskih, ali imaju manju sposobnost razlučivanja.

Kod fotografije u boji razlikujemo preobratne slojeve, kod kojih se razvijanjem dobiju izravno dijapozitivi u boji i negativ-pozitiv postupak u boji.

Shematski prikaz građe troslojnoga preobratnog filma, koji daje sliku u prirodnim bojama, prikazan je u slici br 1.2.

Prvi sloj osjetljiv je na plavo (nesenzibilizirane emulzije), drugi sloj osjetljiv je na zeleno (orotokromatski senzibilizirane emulzije), a treći je osjetljiv na crveno (pankromatski senzibilizirane emulzije). Kako su druga dva sloja također osjetljiva na plavo, mora se između prvog i drugog sloja nalaziti sloj koji predstavlja žuti filter. U svakom se sloju u procesu razvijanja stvori odgovarajuća boja, a za njezino stvaranje potrebno je da se ispune tri uvjeta: da postoji pigment za određenu boju, da postoje oksidacijski produkti crnobijelog razvijanja i da postoji vezna komponenta.



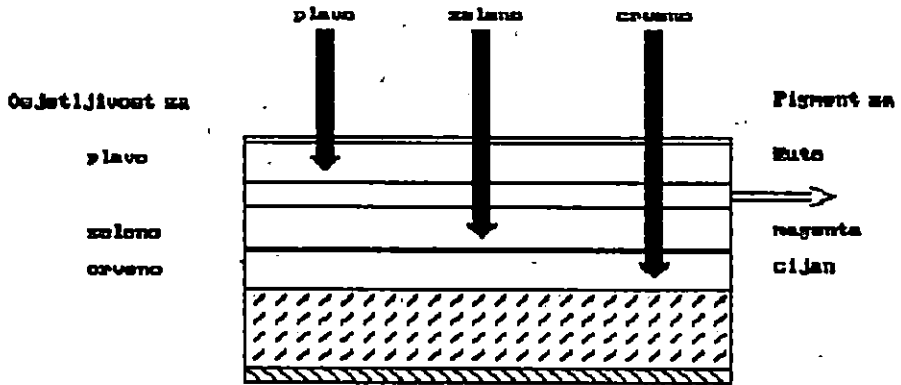
Sl. - Fig. 1.1. Vrste snimaka (Donassy 1983) - Photographs kinds

Infracrveni kolorni film sastoji se od tri fotosloja, i to plavoga (osjetljivoga na zelenu boju), zelenoga (osjetljivoga na crvenu boju) i crvenoga (osjetljivoga na bliže infracrveno zračenje).

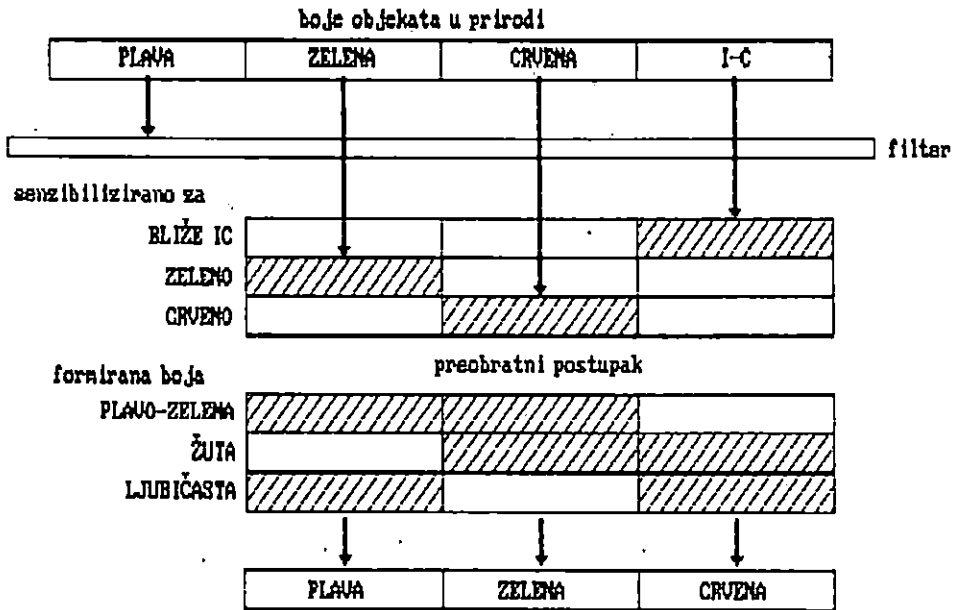
Preobratnim postupkom razvijanja stvaraju se slojevi boja koji su komplementarni osnovnim bojama, u smislu suptraktivnog miješanja boja. Gustoća tih slojeva obrnuto je proporcionalna količini svjetla koja je došla do filma kao posljedica refleksije Sunčeva zračenja od objekata u prirodi.

Objekti u prirodi reflektiraju plavu, zelenu, crvenu i infracrvenu boju. Prije dolaska do filma plava boja se uklanja žutim do narančastim filterom.

Kod preobratnog postupka razvijanja zelena boja objekta ne djeluje na sloj osjetljiv na crveno i na sloj osjetljiv na infracrveno (razvijanjem se formira magentin



Sl. – Fig. 1.2. Građa troslojnog preobratnog filma (Donassy 1983) – Construction reversal film



Sl. – Fig. 1.3. Preobratni postupak za kolorni film Kodak Aerochrome Infrared 2443 – Colour reversal process for Kodak Aerochrome Infrared 2443 (Manual of R.S. 1975.)

i cijanov sloj) te se na sloj osjetljivom na zeleno stvorila čista slika bez boja. Tako stvoreni slojevi djeluju kao filteri, pa cijan zadržava crveno, magenta zeleno, a kroz

prozirni (čisti) sloj prolazi plavo svjetlo. Stoga se zeleni objekti preslikaju plavo.

Crvena boja objekta ne djeluje na sloj osjetljiv na zeleno niti na sloj osjetljiv na infracrveno (razvijanjem se formira žuti i cijanov sloj), te se na sloju osjetljivom na crveno stvorila čista slika bez boje. Tako stvoreni slojevi djeluju kao filteri, pa žuti sloj zadržava plavo, cijan crveno, a kroz prozirni sloj prolazi zeleno te se crveni objekt preslika zeleno.

Infracrvene zrake reflektirane od objekata ne djeluju na sloj osjetljiv na zeleno niti na sloj osjetljiv na crveno (razvijanjem se formira žuti i magentin sloj), te se na sloju osjetljivom na infracrveno stvorila čista slika bez boje. Tako stvoreni slojevi djeluju kao filteri, pa žuti sloj zadržava plavo, magenta zeleno, a kroz prozirni sloj prolazi crveno, te se objekti koji zrače infracrvene zrake preslikaju crveno.

Iz toga izlazi da se boje iz prirode preslikavaju u neprirodnom, lažnim bojama, pa se infracrveni kolorni snimci nazivaju pseudokolorima (Falschkolor, Color Infrared, krivobojni snimci).

Prednost infracrvenih kolornih snimaka je vrlo dobra diferencijacija objekata, mogućnost snimanja iz velikih udaljenosti, velika briljantnost i mnogo nijansi boja.

Takvi su snimci posebno interesantni za poljoprivredu i šumarstvo. Pomoću njih se može razlikovati zdravstveno stanje vegetacije, intenzitet vlažnosti površina i vegetacije na tim površinama, mogu se razlikovati pojedine vrste drveća, uočavati podzemne vode, uočavati zagađenost voda i sl. U vezi s izborom filma za geološka, hidrološka ili vegetacijska kartiranja prednost infracrvenog kolora prema koloru i panmaterijalu odnosi se uglavnom kao 3:2:1.

U ovom su radu upotrijebljeni infracrveni kolorni dijapozitivi veličine 23 × 23 cm.

područje snimanja:	Đurđevac – Barcs
red snimanja:	572/52
snimci broj:	51; 52
datum snimanja:	18. 07. 1981.
vrijeme snimanja:	11:23
visina leta:	5450 ft (1660 m)
mjerilo snimaka:	1:10 000
žarišna duljina:	152,98 mm (širokokutni snimci)
vrsta fotosloja:	Kodak Aerochrome Infrared 2443

Stereoinstrumenti – Stereoinstruments

Općenito – General

Za razliku od fotogrametrije jednog snimka i instrumenata prilagođenih u tu svrhu, stereoinstrumenti se koriste dvama snimcima, čime se postiže trodimenzionalna perspektiva tzv. stereomodela. Da se postigne takva perspektiva, potrebna su dva uzastopna snimka sa stereoskopskim preklapom.

Za tu svrhu služe različite vrste stereoinstrumentata:

- stereoskopi, koji mogu biti s očnom i proširenom bazom, koji služe za sobnu i terensku interpretaciju u topografskoj i vantopografskoj primjeni
- stereoinstrumenti III. reda koji približno rješavaju rekonstrukcije perspektivnih odnosa koji su postojali u trenutku snimanja. Kod tih instrumenata apsolutna, a

- većinom i unutarnja orijentacija, nije ista kao pri snimanju. Nastale pogreške se zanemaruju i otklanjaju različitim korekcijama.
- c) stereoinstrumenti II. reda omogućuju točnu rekonstrukciju perspektivnih odnosa koji su postojali u trenutku snimanja. Njihova primjena je ograničena na određene vrste fotogrametrijskih snimaka. Dijele se na instrumente s optičkim rješenjem, optičko-mehaničkim rješenjem i mehaničkim rješenjem.
- d) stereoinstrumenti I. reda su univerzalni instrumenti koji omogućuju restituciju općeg slučaja stereofotogrametrije i u aerofotogrametriji i u terestričkoj fotogrametriji. u pravilu se s njima može izvršiti i prostorna aerotriangulacija. Zbog dotjeranosti i opremljenosti konstrukcije drugorazrednih instrumenata teško je povući oštru granicu između stereoinstrumenata I. i II. reda.

Dijele se na analitičke i instrumente s projektivnim rješenjima.

U ovom su radu upotrijebljeni instrumenti B8 i A7 te će oni biti detaljnije opisani u idućim poglavljima.

Aviograf Wild B8 – Aerograph Wild B8

To je stereoinstrument II. reda jednostavnije građe, namijenjen kartiranju u sitnijim mjerilima, istraživačko-tehničkim radovima, reambulaciji topografskih karata srednjeg mjerila i sl.

Ima strogo geometrijsko (mehaničko) rješenje, frontalni uvid u stereomodel s dalekozorom $6\times$ povećanja, prilagodljiv za restituciju vertikalnih širokokutnih i ultraširokokutnih aerosnimaka. Štapovi (lenkeri), na čijem se podnožju nalazi olovka za crtanje i visinski razmjernik, vode se rukom. Zbog konstrukcijske sličnosti s autografom A8 prikladan je za nastavne svrhe. Koristi originalne negative ili dijapozitive do formata 23×23 cm, a za uklanjanje preostalih utjecaja distorzije, odnosno zakrivljenosti Zemlje, mogu se uložiti i kompenzacijske ploče.

Mjerilo modela može se učiniti dvostruko većim nego što je mjerilo snimaka, a s priključenim pantografom moguće je daljnje povećanje u tlocrtu za 2,5 puta. Može raditi i s pantografom koji smanjuje.

Modernije verzije podržane elektroničkom opremom mogu automatski kartirati slojnice, a također je moguće da se model tangira po profilima markicom te se kao rezultat dobiva ortofotosnimak.

Autograf Wild A7 – Autograph Wild A7

To je precizni univerzalni stereoinstrument građen na mehaničkom principu rekonstrukcije fotogrametrijskih zraka, za formate negativa i dijapozitiva do 23×23 cm. Kompenzacijske ploče uklanjaju distorziju objektiva.

Stereomodel se u cijelom području promatra frontalno, okularima povećanja 8,5 ili 10 puta. Mjerača markica, promjera 0,04 mm, nalazi se u mikroskopima neposredno ispod nosača snimaka, a iznad završetka lenkera. Pri restituciji parcijalne markice pomiču se u ravnini paralelnoj s ravninom snimaka. U čitavom toku zraka svjetlosti do okulara nisu mogući nikakvi izvori pogrešaka koji bi u geometrijskom pogledu osujetili korektnost mjernog procesa.

Opservacijski sustav ima uređaj (optičko okretanje) za ispravno promatranje snimaka (s obzirom na njegove strane). Moguća je i optička zamjena lijevog i desnog snimka te zakretanje slike pomoću prizama Dove. Koordinate modela (x, y, z) čitaju se do na 0,01 mm. Kutni orijentacijski elementi mogu se čitati do na $0,01^\circ$, a bazične komponente b_x , b_y , b_z do na 0,01 mm.

Brza promjena za sve pokrete vrši se brzim hodom. Za potrebe aerotriangulacije metodom nanizavanja nezavisnih stereoparova nosači snimaka opskrbljeni su unakrsnim libelama.

Visinsko brojilo daje za razna mjerila neposredno očitavanje visina u metrima.

Koordinatograf svojim brojlama omogućuje čitanje položajnih koordinata do na 0,01 mm. Modelne koordinate autografa mogu se prenijeti i na električni uređaj za registriranje koordinata WILD EK5, i EK22, kao i na magnetsku traku ili disketu kompjutera.

Prijenos modelnih koordinata na koordinatografu pomoću mjenjačke kutije moguće je obaviti s 12 različitih odnosa, od smanjenja 3:1 do povećanja 1:8.

Kompjutor – Computer

Uvođenjem kompjutera u šumarstvo učinjen je velik korak. Obilje podataka, brzina i točnost obrade opravdavaju njihovu primjenu. Dobiveni rezultati imaju toliku težinu i moć da je danas u pojedinim segmentima šumarstva nezamisliv drugačiji (ručni) način. Uz početno obilje ulaznih podataka, sada imamo obilje rezultata i različitih rješenja. Primjena kompjutera izaziva njihov razvoj, ali i razvoj struke, primjene, razmišljanja. Sva su takva kretanja pozitivna i u suvremenom svijetu normalna i svakodnevna. Učestala je pojava da je na svakom radnom mjestu (pogotovo inženjera) prisutna upotreba personalnog kompjutera kao osnovnog pomagala u radu. Broj, oblik i brzina informacija toliko su važni u poslovanju, planiranju i donošenju odluka da je isplativost primjene kompjutera iz dana u dan sve veća.

Općenito gledajući, u našoj zemlji, a posebno u šumarstvu, primjena kompjutera još je ipak u povojima. Pojedine djelatnosti su kompjutorski opremljenije i razvijenije, a pojedine još netaknute. Konzervativnost, tradicionalnost i odbojnost prema novome glavne su prepreke njihove šire primjene. Ipak u posljednje vrijeme osjećaju se pozitivnija razmišljanja, što pokazuju neki rezultati. Bitno je što prije shvatiti kakvu moć nudi kompjutor i omogućiti široku primjenu u svim djelatnostima i segmentima struke.

U svom radu koristio sam se s nekoliko različitih tipova kompjutera i pojedinih elemenata i nekoliko različitih načina primjene, ali ne radi međusobnog uspoređivanja, već da bih uspoređivao s uobičajenim načinom obrade podataka. Dobiveno rješenje prikazuje različite mogućnosti njihove primjene, i to ne samo u fotogrametriji i uređivanju šuma nego i u drugim djelatnostima.

Metoda rada – Methods

Organizacija i postupci – Organisation and process

Organizacija istraživanja – Research organisation

S obzirom na kompleksnost zadatka, cijelo istraživanje podijeljeno je na nekoliko segmenata koji su povremeno odvajani, ali se u određenim trenucima međusobno preklapaju. U sljedećem dijelu prikazat ću ukratko samu organizaciju rada.

Uredski rad – Office work

Uredski rad dijeli se na: pripremni, instrumentarijski, kompjutorski i završni.

U pripremni rad spada u prvom redu prikupljanje i proučavanje određene literature, adekvatnog fotomaterijala i ostalog pribora, uspostavljanje kontakata s mogućim suradnicima te dogovori oko istraživanja. Budući da sam istraživao na temelju već postojećega snimljenog materijala, velika pažnja posvećena je odabiru snimaka. Nakon izbora materijala i predmeta istraživanja pristupio sam instrumentarijskom radu. On je izvršen u Zavodu za fotogrametriju Geodetskog fakulteta u Zagrebu, na instrumentima B8 i A7. Na oba instrumenta orijentaciju aerosnimaka obavio je restitutor.

Na stereoparu orijentiranom u instrumentu B8 izlučio sam tipove sastojina, uz automatsko kartiranje na topografskoj podlozi pomoću pantografa instrumenta. Na izlučenim dijelovima postavio sam i kartirao plohe za izmjeru. Daljnja restitucija izvršena je na instrumentu A7 uz automatsko bilježenje koordinata opažanih točaka.

Izradu programa i obradu svih mjerenih podataka (terenskih i fotogrametrijskih) izvršio je programer geodet u Informacijsko-projektantskom centru GK »Međimurje« iz Čakovca. Tekstualnu obradu uradio je programer informatičar.

U završni dio istraživanja spada detaljna analiza svih dobivenih podataka, odabiranje i eliminacija pojedinih elemenata, kako bi se došlo do sintetičkog rezultata, prikazanoga u ovom radu. Cijelo vrijeme obavljane su brojne kontrole uz stalno praćenje literature i konzultacije sa stručnjacima različitih profila.

Terenski rad – Filed work

Nakon izbora fotomaterijala i predmeta istraživanja izvršeno je opće terestričko rekognosciranje. Tom prilikom uočene su nastale promjene i neke specifičnosti, npr.: promjena toka rijeke Drave i njezina vodostaja, mogućnost prilaza, promjena u sastojinama tokom gospodarenja i sl. Za postavljene i kartirane primjerne plohe u mjerilu 1:1250 očitani su magnetski azimuti i dužine potrebne za iskolčenje busolnog vlaka u terenu. Na temelju tih podataka busolnim teodolitom i mjeracom vrpcom postavljen je busolni vlak kojom su prilikom iskolčeni i numerirani centri ploha. Polumjer ploha izmjereno je mjeracom vrpcom, on je bio različit za pojedine plohe, jer je ovisan o broju stabala na plohi. Determinirane su i numerirane vrste drveća. Svakom stablu mjerena su dva unakrsna prsna promjera, s očitavanjem na milimetar mjerene su visine, s očitavanjem na dm, te bušeni izvrci, koji su numerirani i poslije očitavani na 0,5 mm. Na kraju su mjerena dva unakrsna promjera projekcije krošnje.

Postupci istraživanja – Research process

U ovoj točki prikazat ću postupak samo najinteresantnijih dijelova rada, i to instrumentarijskih, terenskih i kompjutorskih.

Instrumentarijski – Instrumental process

Cijelo istraživanje provedeno je na temelju aerosnimaka približnog mjerila 1:10 000, snimljenih 18. 07. 1981. g. Za orijentaciju snimaka u stereoinstrumentu upotrijebljena je topografska karta mjerila 1:5000, izrađena 1972. g. Najprije je izvršeno ulaganje i orijentacija snimaka u aviograf B8. Pritom je došlo do nelogičnih

odstupanja uzrokovanih promjenama na terenu odabranih točaka za orijentaciju, a zbog nepodudarnosti vremena snimanja i izrade karte. Zbog toga je orijentacija snimaka trajala oko 4 sata. Nakon izvršene orijentacije pristupio sam promatranju i interpretaciji trodimenzionalnog modela.

Usprkos povećanju okulara od 6 \times , promatranje je izazivalo određene probleme. Izabrani infracrveni kolorni dijapozitivi su vrlo gusti, vjerojatno nedovoljno eksponirani, tako da je svjetlo teško prolazilo kroz njih, pogotovo što su i sijalice primijenjenog autografa bile slabije snage. Stoga je cijeli model imao jedan tamniji ton. Nadalje, jedan snimak je bio slabije kvalitete pa su na jednom kraju blizu granice stereopolja bili teže uočljivi vrhovi stabala. Ipak, pomnijim promatranjem te su poteškoće djelomično bile otklonjene i prišlo se daljnjoj restituciji.

Najprije sam izlučio i kartirao različite tipove šuma pomoću automatskog pantografa B8 izravno na topografsku kartu. Usprkos navedenim problemima, bila je vrlo dobra uočljivost visine stabala, njihova broja, dimenzije krošanja i oblika te zastrtosti tla.

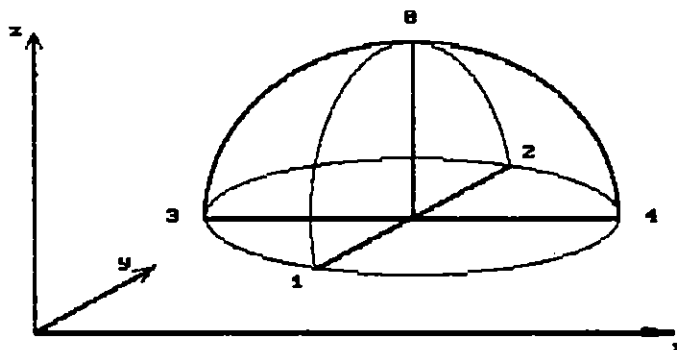
Nakon toga, a imajući na umu rezultat dosadašnje prakse da je na pojedinoj plohi potrebno 20-30 stabala, postavljene su plohe kružnog oblika, polumjera 3 mm, i ucrtane na topografsku kartu, što na terenu iznosi 15 m. Pritom je jedina otežavajuća okolnost bila što za svako promatrano stablo treba provjeravati pomoću olovke kartografa pripadnost plohi.

Imajući na umu mjerilo snimka, djelomično smanjenu transparentnost dijapozitiva i uočljivost pojedinih stabala te dimenzije krošanja, prišao sam odabiranju mjesta ploha. Zbog toga plohe nisu postavljene kao sistematski uzorak gotovo objektivno, nego namjerno suprotno, izvršen je potpuno subjektivno izbor. Izabrane su plohe na kojima su se najbolje mogla izvršiti fotogrametrijska mjerenja. U ovom istraživanju cilj nije utvrđivanje određenih vrijednosti po 1 ha ili ukupno za sastojinu, nego usporedba rezultata mjerenja na terenu s rezultatima na identičnim plohama, dobivenim fotogrametrijski. Na taj su način određene plohe i njihovi su centri kartirani (pikirani) na topografsku kartu. Nul-šestarom ucrtana je kružnica polumjera 3 mm.

Na aviografu B8 mogu se mjeriti visine stabala postavljanjem markice na vrh stabla i podnožje te na pokazivaču očitati apsolutne visine u metrima. Međutim, dužine nije moguće mjeriti neposredno u stereomodelu. Moguće ih je kartirati pa tada takve mjeriti. Budući da su promjeri krošanja u mjerilu promatranja i mogućem mjerilu kartiranja vrlo malih dimenzija, grafičko određivanje promjera bilo bi opterećeno velikim pogreškama. Zato su na B8 samo izlučene sastojine i lociranje ploha, a pojedina su stabla izmjerena na A7.

Stereopar je skinut s B8 i uložen u autograf A7. Orijehtacija snimaka na A7 uklapanjem u istu topografsku kartu tekla je brže (oko 2 sata) jer su već bili poznati neki elementi. U tako orijentiranom stereoparu dobivene vrijednosti visina će biti očitane na ± 1 dm, a dužine na ± 1 cm. Smatram da je to dovoljna točnost s obzirom na točnost podataka koji se dobivaju terestrički.

Autograf A7 radi na principu da postavljanjem markice na neku točku zapisuje njezine koordinate x, y, z na papiru preko numeratora ili na disketi preko kompjutora. Istovremeno tu točku može kartirati u određenom mjerilu. Najveći mogući prijenos (transformacija) kartiranja je 1:8, što znači da će, ako je mjerilo modela 1:10 000, mjerilo kartiranja bit 1:1250 i ovdje ne bi grafičko određivanje krošnje dalo



Sl. – Fig. 2.1. Shematski izgled vidljivog dijela krošnje s položajem očitanih točaka – Schematic view visible crown part with position point

zadovoljavajuće rezultate. Stoga sam odlučio da se promjeri krošnja odrede analitički, tj. iz očitanih koordinata za svaku pojedinu točku. Na slici br. 2.1. detaljno je prikazan shematski izgled vidljivog dijela krošnje s položajem mjerenih točaka.

Za svaku točku (0, 1, 2, 3, 4) određene su koordinate x , y , z . Te su koordinate zabilježene na papirnu traku preko pisačega stroja i numeratora EK22. Da bi se zapisane vrijednosti poslije u obračunu mogle koristiti, potrebno je svaku točku šifrirati. Numerator ima mogućnost numeričkog šifriranja od osam znamenaka, od kojih svaka ima svoje značenje.

Koordinate točaka očitavane su strogo određenim redoslijedom. Najprije vrh stabla (točka 0), zatim jedan promjer (točke 1 i 2) i na kraju drugi promjer (točke 3 i 4).

Nakon, na ovaj način dogovorenog principa rada s restitutorom, prišlo se samoj restituciji. Prvo su s topografske karte očitane koordinate središta ploha. Zatim je promijenjen prijenos kartiranja u mjerilo 1:1250 uz zamjenu topografske karte tvrdim crtačim papirom. Na taj papir kartirana su središta ploha i šestarom ucrtana granica polumjera 15 m. Prije svakog očitavanja krošnja je ucrtana i provjerena da li se nalazi unutar plohe. Tada se pristupilo očitavanju koordinata točaka od dva međusobno okomita promjera, uz prethodno očitavanje vrha stabla.

Brzina očitavanja ovisi o više faktora (broju stabala, kvaliteti stereopara, izražajnosti, sposobnosti restitutora i dr.). U ovom slučaju za očitavanje jedne plohe s 50–80 stabala bilo je potrebno 60–90 minuta.

Na kraju treba napomenuti da je uočljivost, izražajnost i kvaliteta slike trodimenzionalnog modela u instrumentu A7 mnogo bolja nego u B8. Ovdje u potpunosti dolaze do izražaja prednosti koje pruža promatranje aerosnimaka, odnosno stereomodela. Promatrač restitutor ima osjećaj kao da se sam nalazi u trodimenzionalnom modelu, kao da lebdi iznad šume, polja ili rijeke. Na ovom instrumentu vidi se prava ljepota primjene fotogrametrije i fotointerpretacije.

Terenski – Field process

Nakon završenog instrumentarijskog rada prišao sam pripremi za terensku izmjeru.

Sa situacije ucrtanih ploha na tvrdom crtaćem papiru mjerila 1:1250 izmjerene su vrijednosti magnetskog azimuta i dužine. Azimuti su mjereni kutomjerom i procijenjeni na točnost od 10 minuta. Dužine su mjerene šestarom i linealom i obračunate na točnost od 5 cm.

Na terenu je najprije postavljen busolni vlak. Busolnim teodolitom izmjeren je azimut, a zatim je mjeraćom vrpcom izmjerena dužina od početne točke do centra prve plohe. Tu je zabijen kolčić s oznakom plohe koja je identična fotogrametrijskoj oznaci. Postupak je ponovljen na identičan način do završne točke. Ukupno su postavljena tri busolna vlaka s ukupno 30 ploha. Nastala odstupanja f_d bila su u granicama dopuštenih odstupanja f_{dmax} izračunatih po formuli:

$$f_{dmax} = \frac{[d_i]}{300} \quad (1)$$

gdje je:

f_{dmax} – dopušteno odstupanje
[d_i] – ukupna dužina vlaka
300 – faktor za tahimetrijski vlak.

Nakon toga računski je korigiran postavljeni vlak

$$f_{di} = \frac{f_d}{[d_i]} \cdot (d_1 + \dots + d_i) \quad (2)$$

gdje je:

f_{di} – korekcija pojedine točke
 f_d – dobiveno linearno odstupanje
 $d_1 \dots d_i$ – dužina vlaka

Osim toga, a gdje je bilo moguće, izvršene su kontrole s obzirom na neke druge poznate točke (sjecište prosjeka, putova).

Na tako postavljenim plohama obavljena je kratka interpretacija i izmjera. Tom su prilikom uočene na nekim plohama promjene stanja sastojine koje su uvjetovane gospodarenjem nastalim u vremenskoj razlici između aerosnimanja i izmjere, tako da su eliminirane plohe.

Veličina ploha je različita. Ona ovisi o dobi odnosno broju stabala, imajući na umu da je po plohi potrebno 20–30 stabala. Polumjer se kreće od 10 do 14 m. Sva su stabla obrojčana zadiračem ili šumskom kredom s obzirom na to da je mjereno u nekoliko navrata na istim plohama. Već na prije opisani način mjereni su prsni promjeri, visine stabala i bušena su stabla za izvrtke. promjeri projekcije krošanja mjereni su mjeraćom vrpcom na točnost od 5 cm. Visina rubova određena je trasirkom upotrijebljenom kao visak. Mjerena su dva međusobno okomita promjera.

Ovdje moram napomenuti da terestričke oznake stabala nisu identične fotogrametrijskim oznakama.

Kompjutorski – Computer process

Nakon dobivenih terestričkih i fotogrametrijskih podataka analizirao sam ih. Najprije treba napomenuti da je teren na kojemu je postavljen objekt istraživanja snimljen 18. 07. 1981. g, a terestrička izmjera izvršena u prosincu 1988. i veljači i

ožujku 1989. god. To je uzrokovalo nove probleme. Sedam godina vremenske razlike je dovoljno da dođe do promjene stanja sastojina i dimenzija stabala. Iz toga su razloga već prilikom terestričke izmjere eliminirane pojedine plohe. Uz to je izmjeren sedmogodišnji debljinski prirast kako bih odredio prsni promjer stabala 1981. g.

Daljnjom analizom terestričkih podataka uočena je varijabilnost vrsta drveća. S obzirom na najveću zastupljenost odlučio sam se na daljnje istraživanje crne johe, poljskog jasena i bagrema. Također je uočena varijabilnost vrsta i unutar ploha. Tako sam dalje eliminirao plohe i ograničio se na plohe u kojima je osnovna vrsta zastupljena s više od 90% s obzirom na broj stabala.

Konačan broj istraživanih ploha za detaljnu obradu nalazi se u tablici br. 2.

Iz te tablice vidljiv je različit broj ploha i stabala s obzirom na način izmjere. Prilikom postavljanja busolnog vlaka i izmjere na terenu plohe 1, 4 i 8 evidentirane su kao čiste sastojine pripadajućih vrsta, ali zbog intenzivnoga gospodarenja nisu

Tab. 2. Količina izmjerenih stabala – Quantity trees measurement

VRSTA DRVEĆA	OZNAKA PLOHE		BROJ STABALA	
	TERESTR.	FOTOGRAM.	TERESTR.	FOTOGRAM.
CRNA JOHA	-	8	-	24
	19	19	27	65
	20	20	19	53
	21	21	22	78
	23	23	21	85
	24	24	17	46
	UKUPNO	5	6	106	351
POLJSKI JASEN	-	1	-	58
	2	2	12	40
	3	3	14	15
	27	27	25	33
	28	28	18	30
	UKUPNO	4	5	69	176
BAGREM	-	4	-	19
	12	12	17	29
	14	14	14	76
	15	15	14	55
	18	18	9	38
UKUPNO	4	5	54	217
SVEUKUPNO	13	16	229	744

mjerene. Fotointerpretacijom tih ploha nisu uočene nikakve anomalije koje bi na to upućivale (otvorenost sklopa, manji broj stabala, u odnosu na druge plohe i dimenzije), tako da su one fotogrametrijski obrađene.

Manji broj stabala utvrđen terestrički nastao je zbog manje površine postavljenih ploha.

Kompjutorska obrada započela je unosom osnovnih podataka dobivenih mjerenjem. Podaci su uneseni preko terminala. S obzirom na postavljeni cilj istraživanja prišlo se postavljanju konkretnih matematičkih i grafičkih problema. Nakon toga kreirane su izlazne liste i slike. Izlazne liste podijeljene su s obzirom na porijeklo podataka. U prvom krugu obrađeni su svi podaci, a u drugom su selekcionirana stabla s obzirom na njihovu dominantnost uz uvjet

$$h_0 > \bar{h} \quad (3)$$

gdje je:

$$\begin{aligned} h_0 & - \text{visina stabla} \\ \bar{h} & - \text{aritmetička sredina visine stabla} \end{aligned}$$

Posebna pažnja posvećena je kreiranju slika, i to grafova, projekciji krošanja (tlocrtnom i prostornom prikazu) i karti. U crtanju karata najprije su s topografske karte očitane koordinate delineiranih tipova šuma istraživanog i okolnog područja. To je učinjeno digitajzerom. Nakon toga obavljena je obrada i konačno crtanje ploterom.

Po naprijed navedenom i obavljenom poslu analizirani su dobiveni rezultati. Što se tiče grafova, najprije su za svaki postavljeni odnos dviju promatranih veličina iscrtane sve tri varijante izjednačenja (pravci, parabole i hiperbole). Detaljnijom analizom odabrane su najpogodnije krivulje izjednačenja i konačno crtanje. Tako dobiveni terestrički rezultati upotrijebljeni su za daljnju obradu i kreiranje nove izlazne liste. Budući da sam pomoću mjerenja sedmogodišnjega debljinskog prirasta izračunao prsni promjer stabala 1981. g., te sam podatke iskoristio za dobivanje vrijednosti promjera krošnje i visine stabala iste godine. To je učinjeno pomoću izračunatih jednadžbi krivulje izjednačenja.

Svi matematički obrađeni podaci odnosno rezultati ispisani na izlaznim listama preneseni su na personalno računalo, gdje su iskorišteni za daljnju obradu te kompletnu obradu teksta.

Obrada podataka – Process data

Podaci su obrađeni posebno za terestričke, a posebno za aerofotogrametrijske podatke. U oba slučaja najprije je urađen obračun po pojedinoj plohi. U tom dijelu izračunate su vrijednosti za svako pojedino stablo. Nakon toga podaci su statistički obrađeni, pa je dobivena tzv. statistika I. koraka. Kada je završena obrada po plohama jedne vrste drveća, izračunati su statistički podaci za tu vrstu, pa je dobivena tzv. statistika II. koraka. Nakon toga slijedi identičan redoslijed obrade za drugu i treću vrstu drveća.

Detaljnom analizom obrađenih podataka uočene su neke zakonitosti pojedinih veličina te su još jednom obrađeni isti podaci za dominantna stabla, koja su izračunata po formuli broj 4. Izbor dominantnih stabala sličan je švedskoj metodi po kojoj također broj izabranih stabala nije ograničen, nego se kao dominantna

uzimaju sva stabla čiji je promjer određen odnosom

$$d_d > \bar{d} + s_d \quad (4)$$

gdje je:

d_d – promjer dominantnih stabala
 \bar{d} – aritmetička sredina promjera
 s_d – standardna devijacija promjera

Paralelno s tom matematičkom obradom izvršena je grafička obrada, koja je također matematički podržana.

Za neke od parametara i njihove međusobne odnose između terestričke i fotogrametrijske obrade izračunata je tzv. statistika III. koraka. To su različiti testovi pojedinih postavljenih hipoteza.

Numerička obrada – Process numeral

Terestrički podaci – Terrestrial data

Od terestričkih podataka obrađeni su podaci za prsni promjer, promjer projekcije krošnje, visinu i prirast.

Srednji prsni promjer izračunat je po formuli

$$d_s = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (5)$$

Srednji promjer projekcije krošnje izračunat je analogno po formuli

$$D_s = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad (6)$$

Kako je visina stabala mjerena samo jednom, ona je u ovom dijelu samo statistički obrađena.

Pri uzimanju izvrtaka stabla su bušena samo na jednom mjestu. Izmjereni sedmogodišnji prirast upotrijebljen je za izračunavanje prsnog promjera 1981. g. Ovdje je, iako postoji, zanemaren sedmogodišnji prirast kore zbog njezine male vrijednosti. Taj prsni promjer izračunat je po formuli

$$d_{s-17} = d_s - 2 \cdot i_7 \quad (7)$$

gdje je:

d_{s-17} – prsni promjer 1981. g.
 d_s – prsni promjer 1988. g.
 i_7 – sedmogodišnji debljinski prirast

Svaka od tih veličina statistički je obrađena.

Broj stabala na plohi označen je sa n .

Aritmetička sredina obilježja izračunata je po formuli:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (8)$$

gdje se \bar{x} odnosi na aritmetičku sredinu prsnog promjera, promjera krošnje i visinu stabla.

Standardna devijacija izračunata je po formuli:

$$s = ((\sum f_i \cdot (x_i - \bar{x})^2) \cdot (\sum f_i)^{-1})^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Koeficijent varijacije izračunat je po formuli:

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (10)$$

Standardna pogreška izračunata je po formuli:

$$s_{\bar{x}} = s/n^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

Na kraju obrade za svaku plohu izračunata je njezina površina po formuli:

$$p_{PL} = r^2 \cdot \pi \quad (12)$$

gdje je r = polumjer plohe.

Sve navedene formule su općepoznate u praksi tako da ih nisam htio detaljnije objašnjavati.

Ovaj statistički obračun je tzv. statistika I. koraka. Njoj je identična tzv. statistika II. koraka koje je izračunata za cijelu vrstu.

Na kraju je prikazana ukupna površina ploha koja je jednaka sumi pojedinih ploha.

U tablici br. 3 nalazi se primjer izlazne liste terestričkih podataka sa statističkom obradom I. i II. koraka.

Fotogrametrijski podaci – Photogrammetrial data

U prijašnjim poglavljima objašnjen je postupak određivanja koordinata svake pojedine točke. Na temelju tih koordinata (x , y , z) matematičkim obračunom dobivene su vrijednosti za promjer vidljivog dijela krošnje, visinu stabla i visinu vidljivog dijela krošnje, s daljnjim obračunom volumena vidljivog dijela krošnje.

Tražena udaljenost izračunata je pomoću formule:

$$D = (\delta x^2 + \delta y^2)^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

gdje je:

$$\delta x = x_2 - x_1 \quad (14)$$

$$\delta y = y_2 - y_1 \quad (15)$$

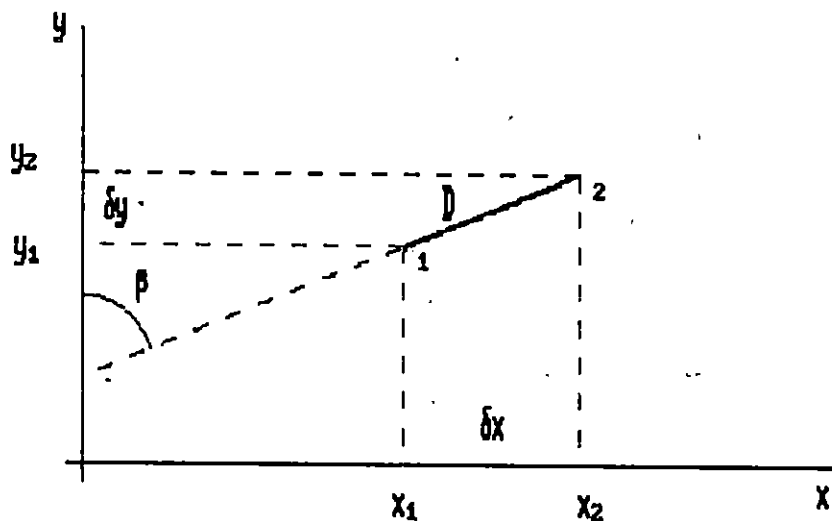
Izračunata vrijednost u konkretnom slučaju odgovara promjeru vidljivog dijela krošnje (D_1 ili D_2). Shematski prikaz nalazi se na slici broj 2.3.

Koordinata z očitana je u apsolutnom iznosu. To znači da je njezina vrijednost jednaka upravo nadmorskoj visini te točke. Kako je stereopar orijentiran na topografsku kartu, nadmorske visine terena (slojnice) očitane su s nje. Razlika

Tab. 3. Primjerna kompjutorska izlazna lista terestričkih podataka – Example of computer terestrial data

CRNA JOHA

PP BR	PRS.PROM.88. (cm)			PROMJER KROSNJE (m)			VISINA (m)	PRIRAST (cm)	PRS.PROM.81 (cm)
	d ₁	d ₂	d _m	D ₁	D ₂	D _a	h	i ₇	d _{m-17}
24 1	17.0	16.9	16.95	4.60	3.75	4.175	18.9	.75	15.45
2	24.2	25.6	24.90	4.20	5.25	4.725	21.6	.50	23.90
3	29.5	27.9	28.70	6.60	4.45	5.525	25.3	.80	27.10
4	28.1	28.0	28.05	3.25	5.85	4.550	25.1	.70	26.65
5	28.5	28.0	28.25	5.35	7.00	6.175	23.2	.50	27.25
6	27.2	28.3	27.75	4.00	2.40	3.200	27.0	.80	26.15
7	24.4	25.1	24.75	3.60	3.45	3.525	26.5	.90	22.95
8	28.4	28.2	28.30	5.40	3.30	4.350	26.8	.90	26.50
9	25.3	23.9	24.60	3.25	4.40	3.825	24.1	.75	23.10
10	25.6	25.5	25.55	3.55	4.40	3.975	25.2	.65	24.25
11	27.1	26.1	26.60	4.75	3.90	4.325	26.3	.80	25.00
12	23.0	23.9	23.45	3.75	4.05	3.900	26.1	.90	21.65
13	27.3	27.4	27.35	4.10	4.10	4.100	25.8	.70	25.95
14	30.2	29.5	29.85	6.70	4.50	5.600	27.7	.85	28.15
15	38.1	33.6	35.85	6.10	5.40	5.750	27.4	1.40	33.05
16	27.0	25.2	26.10	4.40	4.90	4.650	26.9	1.05	24.00
17	32.4	31.7	32.05	4.80	6.20	5.500	26.7	.70	30.65
n	17								
\bar{x}	27.003			4.579			25.33		25.397
s	3.849			.828			2.22		3.707
CV	14.252			18.075			8.76		14.597
$s_{\bar{x}}$	.933			.201			.54		.899
	PP1 = 452 m ²								
UKUPNO ZA VRSTU CRNA JOHA									
n	106								
\bar{x}	24.528			4.441			22.94		22.507
s	5.030			1.144			2.47		4.745
CV	20.506			25.752			10.75		21.085
$s_{\bar{x}}$	.489			.111			.24		.461
	PP1 = 1847 m ²								



Sl. - Fig. 2.3. Shematski prikaz obračuna promjera vidljivog dijela krošnje - Schematic view visible crown diameter account

između očitane vrijednosti i koordinate z su visine pojedinih stabala. Naime, čitavo se istraživano područje nalazi na ravničnom terenu tako da su razlike nadmorskih visina terena vrlo male. Ekvidistancija slojnica na topografskoj karti je 0,5 m, ali se između pojedinih slojnica nalaze brojne točke čije su vrijednosti nadmorskih visina zapisane na točnost od 0,01 m. Nadalje, zbog relativno gustog sklopa bilo je otežano spuštanje markice stereometra na podnožje uz svako stablo ili plohu. Iz navedenih razloga vrijednosti visina terena \bar{z} očitane su s karte (aproximacijom poznatih točaka) za svaku pojedinu plohu, na točnost 0,1 m.

Pomoću formule

$$\delta z = z_0 - \bar{z} \quad (16)$$

dobivene su visine stabala, gdje je:

$\delta z = h_0$ - visina stabla

z_0 - vrijednost koordinate »z« točke 0

\bar{z} - vrijednost točke 0 očitane s topografske karte.

Detaljan položaj i opis pojedinih točaka nalazi se na slici 2.4. gdje je:

0 - vrh stabla

1, 2, 3, 4 - obodne točke krune

0' - podnožje stabla

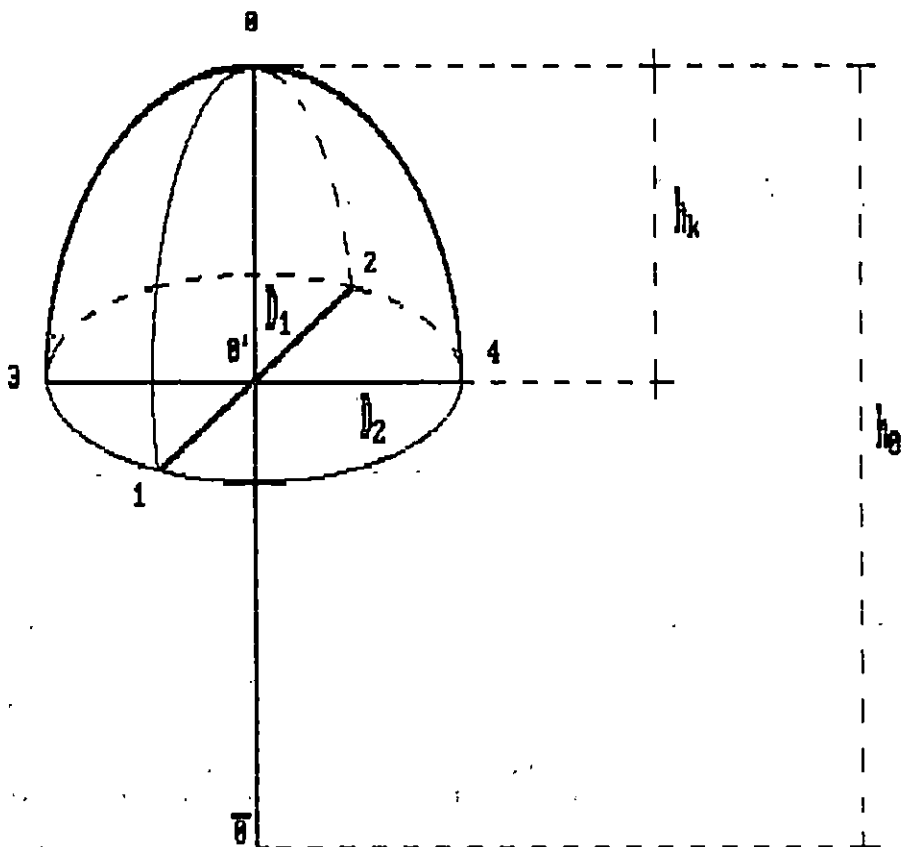
0'' - sjecište promjera D_1 i D_2

D_1 - prvi promjer vidljivog dijela krošnje

D_2 - drugi promjer vidljivog dijela krošnje

h_0 - visina stabla

h_k - visina vidljivog dijela krošnje.



Sl. - Fig. 2.4. Shematski prikaz stabla - Schematic view tree

Pomoću već poznate formule (br. 6) izračunat je srednji promjer vidljivog dijela krošnje (D_s).

Visina vidljivog dijela krošnje izračunata je po formuli

$$h_k = z_0 - z' \quad (17)$$

Za koordinatu z' uzeta je aritmetička sredina visinā obodnih točaka vidljivog dijela krošnje po formuli

$$z' = \frac{z_1 + z_2 + z_3 + z_4}{4} \quad (18)$$

gdje su:

z' – aritmetička sredina visina obodnih točaka vidljivog dijela krošnje
 $z_1 \dots z_4$ – koordinate obodnih točaka vidljivog dijela krošnje.

Volumen vidljivog dijela krošnje izračunat je na nešto složeniji način.

Prema Kušan u (1988) »najpodesniji način mjerenja površine projekcije krošnje kartiranjem bio bi da se na terenu izmjere dva bilo koja međusobno okomita promjera krošnje te da se pomoću njih izračuna površina elipse« po formuli:

$$P = D_1 \cdot D_2 \cdot \frac{\pi}{4} \quad (19)$$

To se može primijeniti i pri fotogrametrijskoj izmjeri.

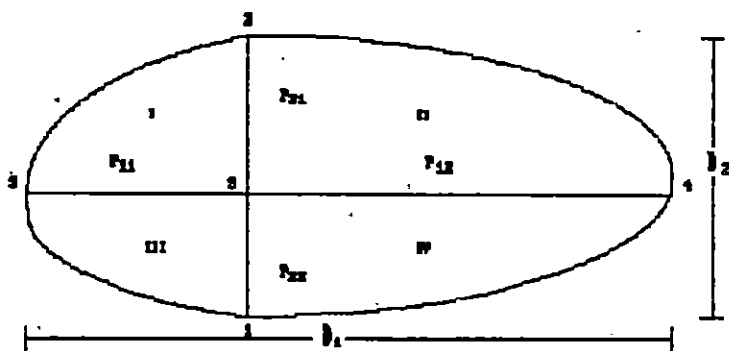
Köndler (1986) također vrši aproksimaciju projekcije površine elipse, ali tu elipsu raščlanjuje na četiri isječka četiri različite elipse. To je shematski prikazano na slici br. 2.5,

gdje su:

- I, II, ... = površine isječka elipse
- D_1, D_2 = promjeri vidljivog dijela krošnje
- r_{11}, r_{12}, \dots = osi elipse
- S = sjecište baze
- 1, 2, 3, 4 = obodne točke vidljivog dijela krošnje.

Zbog preciznijeg obračuna i mogućnosti koje pruža očitavanje koordinata pojedinih točaka odlučio sam se primijeniti Köndlerov način dvodimenzionalnog crtanja krošnje i izračunavanja volumena vidljivog dijela krošnje.

Köndler u svom radu proučava nekoliko različitih oblika vidljivog dijela krošnje. On je promatra kao stožac, normalni paraboloid, apolonski paraboloid, paraboloid I. i II. reda te elipsoid. Iz tog primjera vidljivo je da se najviše osvrće na različite modifikacije paraboloida. U daljnjoj razradi najviše se koristi oblikom normalnog paraboloida. Budući da nisam išao u tako detaljno razmatranje mog postavljenog problema, a i na temelju diskusije i razmišljanja o konkretnim istraživačkim vrstama odlučio sam se za oblik normalnog paraboloida.



Sl. – Fig. 2.5. Shematski prikaz projekcije krošnje (Kaendler 1986) – Schematic view crown projection

Na os baze vidljivog dijela krošnje, odnosno promjer vidljivog dijela krošnje D_2 postavljene su dvije parabole po formuli:

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 \quad (20)$$

Jedna parabola prolazi točkama »2« i »0« (tjeme), a druga točka »1« i »0« (tjeme). Ispod prve polovine parabole izračunata je površina tog lika po ovoj formuli:

$$P = \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} (a \cdot x^2 + b \cdot x + c) \cdot dx \quad (21)$$

$$P = \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} \left(\frac{a \cdot x^3}{3} + \frac{b \cdot x^2}{2} + c \cdot x \right) \cdot dx \quad (22)$$

$$P = \left[\frac{a \cdot x_{\max}^3}{3} + \frac{b \cdot x_{\max}^2}{2} + c \cdot x_{\max} \right] - \left[\frac{a \cdot x_{\min}^3}{3} + \frac{b \cdot x_{\min}^2}{2} + c \cdot x_{\min} \right] \quad (23)$$

Gaussov im algoritmom (tri jednadžbe s tri nepoznanice) izračunati su parametri a , b , c parabole pomoću kojih se iz jednadžbi broj 25, 26 i 27 izračuna površina ispod parabole.

Kako su obodne točke vidljivog dijela krošnje određene koordinatama, a između susjednih točaka povučena krivulja elipse, poznate su koordinate svake točke te krivulje. Polarnom metodom i korakom od 10° određena je koordinata neke točke na elipsi. Iz te točke postavljena je parabola čije je tjeme opet »0«, te je dobiven parabolni isječak čiji je volumen izračunat po ovim formulama:

$$V = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot \frac{t}{2} \quad (24)$$

$$\frac{t}{2} = r \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (25)$$

gdje je:

- p_1, p_2 – površine ispod parabola
- t – tetiva između dviju susjednih točaka elipse
- $r = D$
- $\alpha = 10^\circ$
- V_u – volumen paraboloida

Krećući se tako dalje po elipsi za isti korak, irračunati su ostali isječci. Njihovim zbrajanjem dobiven je konačni volumen paraboloida.

Prikazani način je teoretski postavljen i razrađen. Praktično teško ga je ostvariti i provjeriti.

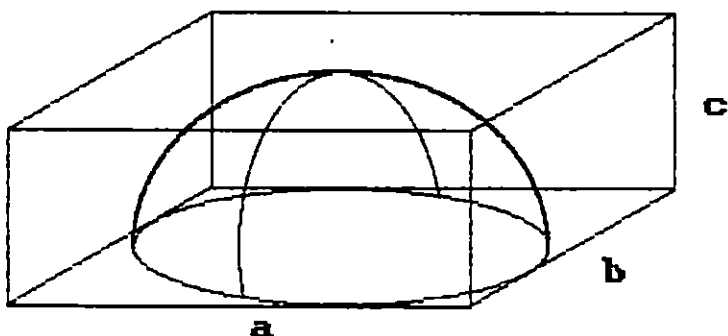
Idealno je kada su obodne točke vidljivog dijela krošnje na istoj nadmorskoj visini, imaju isti »z«, dakle kada se promjeri sijeku. Međutim kada taj uvjet nije zadovoljen, promjeri su mimosmjerni. Sjecište promjera, točka »0«, određeno je tada aproksimacijom po formuli za z' (br. 18).

Suočen sa svim tim problemima, pokušao sam na neki način provjeriti dobivene rezultate.

Postavio sam jedan kvadar kao na slici broj 2.6. sa stranicama a, b i c. Volumen tog kvadra izračunat je po formuli

$$V_{\alpha} = a \cdot b \cdot c \quad (26)$$

Zatim sam u taj kvadar uložio gornji dio kugle (kalotu) kojoj je



Sl. – Fig. 2.6. Shematski prikaz krošnje u odnosu na zamišljeni kvadar – Schematic view crown in relation to the projected quadar

$$r = \frac{a}{2} = \frac{b}{2} = c \quad (27)$$

Tako zadane elemente uvrstio sam u jednadžbu volumena kugle

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \quad (28)$$

i dobio volumen kalote

$$V_{ka} = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \quad (29)$$

Usporedivši volumen idealne kalote s idealnim kvadrom, izračunao sam prema formuli

$$p = \frac{V_{ka}}{V_{\alpha}} \cdot 100 \quad (30)$$

da se taj postotak »p« kreće oko 60%.

Analogno tom postupku za svako promatrano stablo izračunat je volumen zamišljenog kvadra po formuli

$$V_{\beta} = D_s^2 \cdot h_k \quad (31)$$

Već prije izračunat volumen paraboloida stavljen je u odnos i izračunat je koeficijent po formuli

$$k_{vp} = \frac{V_p}{V_\beta} \quad (32)$$

Dobivene vrijednosti daju naslutiti pravilnost naprijed objašnjenog načina izračunavanja paraboloida, odnosno volumena vidljivog dijela krošnje. Primjer se nalazi u tablici 4, a srednje vrijednosti u tablicama br. 8, 9 i 10.

Jedan od ciljeva istraživanja je utvrđivanje funkcionalne ovisnosti volumena vidljivog dijela krošnje od promjera i visine vidljivog dijela krošnje. To je postavljeno jednadžbom

$$V_k = f(D, h_k) \quad (33)$$

Da bih riješio to pitanje, odlučio sam se za primjenu Schumacher-Hallove jednadžbe volumena stabla

$$V = a \cdot d^b \cdot h^c \quad (34)$$

gdje je:

V = volumen stabla
d = prsni promjer
h = visina stabla
a, b, c = parametri

Modificirani je oblik te jednadžbe A. Pranjić (1963) upotrijebila za istraživanje ovisnosti volumena stabla o promjeru krošnje i visini:

$$m = A \cdot D^b \cdot h^c \quad (35)$$

gdje je:

m = volumen stabla
D = promjer krošnje
ostale veličine su identične.

Za istraživanje navedene ovisnosti (jednadžba br. 33) upotrijebio sam jednadžbu

$$V_k = a \cdot D^b \cdot h_k^c \quad (36)$$

gdje je:

V_k = volumen vidljivog dijela krošnje
D = promjer vidljivog dijela krošnje
 h_k = visina vidljivog dijela krošnje
a, b, c = parametri

Za volumen vidljivog dijela krošnje (V_k) upotrijebio sam prije izračunate vrijednosti volumena paraboloida. Ta je jednadžba riješena pomoću logaritama pa u takvu obliku ona glasi:

$$\log V_k = a + b \cdot \log D + c \cdot \log h_k \quad (37)$$

U tu svrhu najprije je nacrtan graf, gdje su na osi x nanesenii podaci za visinu vidljivog dijela krošnje, a na os y za promjer vidljivog dijela krošnje. Vrijednosti su

izjednačene jednadžbom pravca (jednadžba br. 38).

U tablici br. 4 nalazi se primjer izlazne liste fotogrametrijskih podataka.

Tab. 4. Primjerna kompijutorska izlazna lista aerofotogrametrijskih podataka – Example of computer aerophotogrammetrical data

CRNA JOBA

PP BR	PROMJER KRONE (m)			VISINA			VISINA		KROŠNJA	
	D ₁	D ₂	D _n	VRHA ST.	SJEC.PR. (m)	TERENA	STABLA	KROŠNJE (m)	VOLUMEN (m ³)	KOEF.
				0	0'	0	h ₀	h _n	V _p	k _{vp}
8	3.801	3.601	3.701	152.700	151.075	134.500	18.200	1.625	11.871	.533
2	5.404	5.801	5.602	152.400	150.975	134.500	17.900	1.425	23.724	.530
3	4.101	4.540	4.321	151.700	150.350	134.500	17.200	1.350	13.194	.524
4	4.639	4.206	4.422	152.700	151.125	134.500	18.200	1.575	16.316	.530
5	5.000	4.319	4.659	152.700	150.600	134.500	18.200	2.100	23.997	.526
6	4.100	3.901	4.001	155.800	153.625	134.500	21.300	2.175	18.309	.526
7	4.200	3.606	3.903	155.300	153.700	134.500	20.800	1.600	12.810	.526
8	1.628	4.639	3.133	153.100	151.550	134.500	18.600	1.550	8.112	.533
9	3.114	2.508	2.811	156.400	153.325	134.500	21.900	3.075	13.683	.563
10	2.555	5.464	4.010	156.800	154.200	134.500	22.300	2.600	22.468	.537
11	4.071	5.780	4.925	153.600	151.925	134.500	19.100	1.675	21.596	.531
12	4.201	5.501	4.851	154.000	152.025	134.500	19.500	1.975	24.653	.530
13	2.452	3.298	2.875	153.400	151.900	134.500	18.900	1.500	6.521	.526
14	3.701	3.106	3.404	153.800	152.500	134.500	19.300	1.300	7.893	.524
15	5.304	5.608	5.456	154.700	152.625	134.500	20.200	2.075	32.396	.524
16	6.088	7.301	6.694	154.400	152.150	134.500	19.900	2.250	54.966	.545
17	4.472	4.045	4.258	154.500	152.850	134.500	20.000	1.650	15.861	.530
18	2.802	3.956	3.379	152.800	151.725	134.500	18.300	1.075	6.428	.524
19	1.921	3.883	2.902	153.700	152.800	134.500	19.200	.900	3.994	.527
20	4.900	4.245	4.572	154.600	152.800	134.500	20.100	1.800	19.996	.531
21	4.300	3.635	3.967	154.500	152.700	134.500	20.000	1.800	14.860	.525
22	3.606	4.866	4.236	154.300	152.925	134.500	19.800	1.375	13.809	.560
23	3.614	3.423	3.519	156.000	154.450	134.500	21.500	1.550	10.213	.532
24	2.341	4.632	3.487	153.300	151.850	134.500	18.800	1.450	9.609	.545
D		24							24	
\bar{I}		4.129					19.550	1.727	16.970	.533
s		.939					1.325	.479	10.698	.011
CV		22.735					6.778	27.752	63.039	1.996
$s_{\bar{x}}$		.192					.270	.098	2.184	.002
PP1 = 707 m ² ; log a = -.268; b = 1.982; c = 1.054 (V _p = a · D ^b · h _g)										
UKUPNO ZA VRSTU CRNA JOBA										
n		351							347	
\bar{I}		2.491					21.804	1.201	5.786	.533
s		1.029					2.120	.583	7.533	.059
CV		41.301					9.722	48.543	130.197	11.049
$s_{\bar{x}}$		.055					.113	.031	.404	.003
PP1 = 4241 m ² ; log a = -.273; b = 1.990; c = 1.002 (V _p = a · D ^b · h _g)										

Grafički prikaz – Printing view

S obzirom na specifičnost istraživanja, postavljeni cilj, interesantnost rezultata i dostupne mogućnosti neke su zakonitosti i moguća praktična rješenja obrađena grafičkim postupcima. Općenito je poznato da su ljudi pretežno audiovizualni tipovi, s posebnim naglaskom na ovaj drugi dio (vizualni), najlakše i najizražajnije takav vizualni podatak ili rješenje ulazi u svijest i biva najlakše objašnjen i stoga jasan i razumljiv. S druge pak strane grafička rješenja pomažu matematičkim, dopunjuju i oplemenjuju ih. Promatrajući jedne i druge, promatrač istraživač sve detaljnije analizira postavljeni problem. On sve dublje ulazi u tajne prirode i na taj ih način brže i lakše upoznaje i tumači njihovo postojanje i međusobne zakonitosti. Općenito, prirodni zakoni su vrlo jednostavni, logični, ali je ljudskom umu potrebno mnogo truda, znanja, vremena i mukotrpnog rada da bi spoznao tu jednostavnost i logičnost. On otkriva dotad nepoznat svijet, tumači ga, objašnjava sebi i drugima. Nova spoznaja koristi mu za daljnja razmišljanja i tumačenja. Što su spoznaje naprednije i postupci razvijeniji, to je do rješenja lakše, brže i jednostavnije doći, a rezultati su bolji i brojniji.

S tim u vezi ovdje sam prikazao nekoliko načina grafičkog rješavanja triju različitih problema.

Grafovi – Graphs

Ovim načinom promatrano je i prikazano nekoliko međusobnih odnosa taksacijskih elemenata dobivenih terestričkom i fotogrametrijskom izmjerom.

Kompjutorskom obradom poštovana su unaprijed određena pravila, jedinstvena za sva rješenja. Svakom zadanom elementu određen je minimum i maksimum vrijednosti te »korak« ispisivanja vrijednosti po osi. Poštujući taj uvjet, kompjutor sam postavlja tražene elemente u određeni dio koordinatnog sustava.

Iscrtane su konkretne vrijednosti koje su zatim izjednačene pravcem ili krivuljom. U tu svrhu upotrijebljene su ove jednadžbe:

1. za pravac

$$y = a + b \cdot x \quad (38)$$

2. za parabolu

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 \quad (39)$$

3. za hiperbolu

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 \quad (40)$$

Sva tri oblika jednadžbe sastavni su dijelovi primijenjenoga postojećega programskog paketa MATHPACK, tako da za izjednačenje podataka za visinsku krivulju nije bilo moguće upotrijebiti Mihailovu funkciju koja daje najbolje izjednačenje tog odnosa.

Za svaki odnos ispisana je jednadžba s konkretnim vrijednostima parametara a, b, c ili d zaokružena na tri decimale, dok su u obračunu uzete vrijednosti bez zaokruživanja.

Nakon tako dobivenih jednadžbi u njih su uvršteni procijenjeni terestrički

podaci prsnog promjera od prije 7 godina (d_{s-17}) kako bismo izračunali vrijednosti visine stabala i promjera projekcije krošnje 1981. g. Ti su podaci ispisani na poseban listing i oni su upotrebljivi za usporedbu s identičnim fotogrametrijskim podacima.

Za svaki istraživani odnos dviju veličina izračunat je linearni koeficijent korelacije po formuli

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{(\sum (x - \bar{x})^2 \cdot \sum (y - \bar{y})^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (41)$$

Najpogodnija jednadžba izjednačenja odabrana je uspoređivanjem triju oblika krivulje izjednačenja (pravac, parabola, hiperbola) za svaki postavljeni odnos na osnovi podataka crne johe koji su najbrojniji.

Na primjer:

a) kod terestričkih podataka

– Za visinsku krivulju odabrana je jednadžba parabole koja od naprijed navedenih mogućih jednadžbi najbolje izjednačuje podatke s tim što se mora zanemariti gornji krak koji počinje padati.

– Za odnos promjera projekcije krošnje i prsnog promjera odabrana je jednadžba pravca (br. 38) jer je kod parabole lijevi krak počeo najprije padati, a kod hiperbole su lijevi krak i središnji dio nalikovali pravcu (najviše podataka), dok je tek desnim krakom pokazivala oblik hiperbole (malo difuznih podataka).

– Za odnos promjera projekcije krošnje i visine stabla odabrana je jednadžba pravca (br. 38) jer je parabola bila vrlo slična pravcu, a kod hiperbole je središnji dio bio horizontalan.

b) Kod fotogrametrijskih podataka kriterij i način odabiranja je bio identičan. Tako je za odnos promjera vidljivog dijela krošnje i visine stabla odabrana jednadžba parabole (br. 39), za odnos visine i promjera vidljivog dijela krošnje jednadžba pravca (br. 38), za odnos visine vidljivog dijela krošnje i visine stabla jednadžba pravca (br. 38), za odnos volumena i visine vidljivog dijela krošnje jednadžba parabole (br. 39) i za odnos volumena i promjera vidljivog dijela krošnje odabrana je jednadžba parabole (br. 39).

Tlocrtni prikaz krošanja – The ground-plan crowns view

Projekcija krošanja rađena je u dvodimenzionalnom sustavu te stoga nosi naslov »ortogonalna projekcija površina krošanja«. S obzirom na to da su osnovne točke krošanja određene i autografom kao koordinate, nazvana je i »koordinatna«. U stranoj literaturi nosi naziv »karta krošanja«.

U prijašnjim poglavljima opisan je najpogodniji način izmjere krošnje. Na slici br. 2.3. shematski je prikazano rješenje problema površine projekcije krošnje. Po istom principu kompjutor je to riješio i grafički. Poznate su koordinate (x, y) četiriju obodnih točaka na krošnji. Pomoću dviju susjednih točaka i točke »S«, koja predstavlja sjecište ortogonalnih promjera D_1 i D_2 , nacrtana je krivulja po jednadžbi elipse:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (42)$$

Krivulja je skup pojedinih točaka u nizu. Koordinata svake točke te krivulje određena je polarnom metodom pomoću određenog kuta kome se vrh nalazi u točki »S«.

Za svaku projekciju krošnje cijeli se postupak ponavlja četiri puta.
Slika je crtana u mjerilu 1:250.

Prostorni prikaz krošanja – The space crowns view

Ovim načinom prikazan je trodimenzionalni model konfiguracije krošanja, odnosno prostorni prikaz krošanja. Za tu priliku korišten je programski paket GEOTOP – potprogram DISSPLA, koji služi za prikazivanje trodimenzionalnog modela konfiguracije terena (topografske karte).

Svaka od (x, y, z) ovog sustava ima svoje mjerilo kako bi se postigla prostorna predodžba. Na osima su ispisane relativne vrijednosti koordinata modela. U ravnini x-y postavljena je koordinatna mreža. Pet koordinatno određenih točaka svake krošnje iscrtano je i međusobno povezano pravicima tako da krošnje imaju piramidalan oblik. Krošnje su također međusobno spojene pravicima jer je koordinatna mreža ravnina x-y dignuta na njihov nivo.

S osi z mogu se izračunati visine po jednadžbi br. 16.

Kartiranje – Mapping

Postupak kartiranja započet je ulaganjem snimaka u B8, što je objašnjeno u prijašnjim poglavljima. Nakon toga prišao sam interpretaciji stereomodela, detaljnom analizom promatranog područja, uz pomoć okulara povećanja 6×. Prvo se uočavaju razlike između prirodnih i neprirodnih objekata (šume, oranice, putovi, kanali, građevine, naselja). Nakon utvrđivanja granice istraživanog područja uočavaju se šumom obrasle površine i razlike unutar njih. Uočene razlike odnose se kao različiti tonovi boja, heterogenost ili homogenost strukture krošanja, različite visine stabala, obraslost i sklopljenost pojedinih dijelova područja. Na taj način počinju se uočavati granice između pojedinih dijelova te se u mislima počinju formirati granice sastojina. Detaljnom usporedbom i stalnim provjeravanjem uočenog počinju se donositi zaključci. Starije sastojine većih su dimenzija, ponegdje tamnije boje, heterogenije su strukture jer dolazi do većih razlika u dimenzijama unutar jedne sastojine. Mlade sastojine, potpuno sklopljene, homogenije su strukture, svjetlije boje, iako nijansa ovisi i o vrsti drveća. Uočavaju se zatim plješine obrasle travom i grmljem, zamočvareni dijelovi kao livade unutar šume, slabo obrasle površine gdje se primjećuju soliterna stabla, različitih dimenzija, naglim i čestim promjenama tonova.

Po donošenju konačnog zaključka počeo sam izlučivati pojedine dijelove krećući se mjeracom markicom po granicama. U tom instrumentu to je izvedeno pomoću ručke koja se nalazi na središnjem dijelu stola ispred restitatora i pomiče se objema rukama. Pomoću mehaničkog prijenosa svi pomaci rukama, odnosno pomaci mjerace markice prenose se preko olovke pantografa na uloženu topografsku kartu na pomoćnom stolu.

Rezultat toga rada je delineirana topografska karta s ucrtanim izlučenim sastojinama i njezinim dijelovima (plješine i sl.).

Tako iscrtana karta stavlja se na ploču digitajzera. Pomoću nitnog križa i tastature određene su (»skinute«) koordinate svih lomnih točaka linija izlučenja. Svaka točka dobiva oznaku – šifru, zapisanu na topografskoj karti. Točke se određuju tako da zatvore određeni dio područja te se na taj način formiraju tzv. table (zatvoreni poligoni) koje se također obilježavaju oznakama.

Po izvršenoj digitalizaciji pristupa se kompjutorskoj obradi pomoću programskih paketa GEODIG i GEOKOM, koji se koriste prilikom komasacijskih radova. Ti paketi omogućavaju formiranje 12 različitih razreda.

Kartira se na ploteru CALCOMP 1075 u željenom mjerilu.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA – RESULT RESEARCH

Promatrane veličine – Observed dimension

Pod promatranim veličinama razumijevam sve veličine stabla mjerene neposredno ili dobivene posredno. Tu spadaju prsni promjer stabla, visina stabla, promjer krošnje, visina i volumen vidljivog dijela krošnje. Prema načinu izmjere podijeljene su na terestričke i fotogrametrijske.

Terestričke veličine – Terrestrial dimension

U tablicama br. 5, 6 i 7 nalaze se statistički obračunate vrijednosti mjerenih veličina. Budući da postoji već prije spomenuta vremenska razlika, ovdje su prikazane njihove pretpostavljene (izračunate) vrijednosti.

Tab. 5. Terenski mjereni podaci (crna joha) – Field work data (Black alder)

STAT. VEL.	PRSNİ PROMJER (cm)		PROMJER KROŠNJE (m)		VISINA STABLA (m)	
	d_{-}	d_{-17}	D_{-}	D_{-17}	h_{-}	h_{-17}
CRNA JOHA – SVA STABLA						
n	106	106	106	106	106	105
\bar{x}	24.53	22.51	4.44	4.11	22.94	22.16
s	5.03	4.75	1.14	0.79	2.47	1.99
CV	20.51	21.08	25.75	19.15	10.75	9.00
$s_{\bar{x}}$	0.49	0.46	0.11	0.08	0.24	0.19
CRNA JOHA – DOMINANTNA STABLA						
n	60	60	60	60	60	59
\bar{x}	26.55	24.35	4.61	4.41	24.46	23.00
s	4.56	4.14	1.29	0.69	1.46	1.44
CV	17.18	17.00	28.08	15.55	5.97	6.25
$s_{\bar{x}}$	0.59	0.53	0.17	0.09	0.19	0.19

STAT. VEL.	PRSNJI PROMJER (cm)		PROMJER KROŠNJE (m)		VISINA STABLA (m)	
	d_m	d_{m-17}	D_m	D_{m-17}	h_m	h_{m-17}
POLJSKI JASEN - SVA STABLA						
n	69	69	69	69	69	68
\bar{x}	26.23	24.02	5.74	5.19	25.72	23.86
s	7.49	6.87	2.16	1.69	2.85	4.95
CV	28.54	28.60	37.60	32.51	11.10	20.75
$s_{\bar{x}}$	0.90	0.83	0.26	0.20	0.34	0.58
POLJSKI JASEN - DOMINANTNA STABLA						
n	34	34	34	34	34	33
\bar{x}	31.14	28.17	6.97	6.21	27.93	26.43
s	7.61	7.31	2.34	1.80	1.65	2.32
CV	24.43	25.96	33.60	28.93	5.90	8.78
$s_{\bar{x}}$	1.30	1.25	0.40	0.31	0.28	0.40

Tab. 6. Terenski mjereni podaci (poljski jasen) – Field work data (Narrow-leaved ash)

Analiziramo li tablicu br. 5, zaključujemo da su prosječna odstupanja vrijednosti obilježja iz 1981. g. od aritmetičke sredine najmanja kod visina stabala, zatim kod promjera krošnji, a najveća kod prsnih promjera.

Analiziramo li tablicu br. 6, zaključujemo da su prosječna odstupanja vrijednosti obilježja iz 1981. g. od aritmetičke sredine najmanja kod visina stabala, a najveća kod promjera krošanja.

Analiziramo li tablicu br. 7, zaključujemo da je prosječno odstupanje vrijednosti obilježja iz 1981. g. najmanje kod visine stabala, a najveće kod promjera krošanja.

Usporedimo li međusobno sve tri tablice (5, 6 i 7), zaključujemo:

1. Najmanje vrijednosti CV su kod crne johe, odnosno kod najvećeg broja stabala.

2. Razlike vrijednosti CV između dominantnih stabala i svih stabala najmanje su kod bagrema, odnosno najmanjeg uzorka.

Fotogrametrijske veličine – Photogrammetrical dimension

U tablicama br. 8, 9 i 10 nalaze se statistički obračunate vrijednosti veličina vidljivog dijela krošnje i stabla.

Tab. 7. Terenski mjereni podaci (bagrem) – Field work data (False acacia)

STAT. VEL.	PRSNI PROMJER (cm)		PROMJER KROŠNJE (m)		VISINA STABLA (m)	
	d_m	d_{m-17}	D_m	D_{m-17}	h_m	h_{m-17}
BAGREM - SVA STABLA						
n	54	54	54	54	54	54
\bar{x}	26.81	24.25	5.24	4.69	24.31	23.72
s	6.96	6.87	1.75	1.48	2.10	1.41
CV	25.96	28.34	33.46	31.52	8.62	5.93
$s_{\bar{x}}$	0.95	0.94	0.24	0.20	0.29	0.19
BAGREM - DOMINANTNA STABLA						
n	27	27	27	27	27	27
\bar{x}	27.89	25.11	5.41	4.88	25.69	23.90
s	7.14	7.23	1.82	1.56	1.65	1.36
CV	25.61	28.81	33.59	31.92	6.44	5.69
$s_{\bar{x}}$	1.37	1.39	0.35	0.30	0.32	0.26

Analiziramo li tablicu br. 8, zaključujemo da je vrijednost CV najmanja kod visine stabala i koeficijenta volumena vidljivog dijela krošnje, vrlo velika kod promjera vidljivog dijela krošnje i visina vidljivog dijela krošnje, a najveća kod volumena vidljivog dijela krošnje. Tako velika vrijednost CV kod volumena vidljivog dijela krošnje nastaje zbog vrlo velikog raspona vrijednosti te ona gubi svoj smisao.

Analiziramo li tablicu br. 9, zaključujemo da je vrijednost CV najmanja kod koeficijenta volumena vidljivog dijela krošnje i visina stabala, vrlo velika kod promjera vidljivog dijela krošnje, a najveća kod volumena vidljivog dijela krošnje.

Analiziramo li tablicu br. 10, zaključujemo da je vrijednost CV najmanja kod koeficijenta volumena vidljivog dijela krošnje za sva stabla, a kod visina stabala za skupinu dominantnih stabala. Vrlo velike su vrijednosti kod promjera vidljivog dijela krošnje i visine vidljivog dijela krošnje, a najveće kod volumena vidljivog dijela krošnje.

Usporedimo li međusobno sve tri tablice (8, 9 i 10), zaključujemo:

1. Vrijednosti CV ne ovise o veličini uzorka.
2. Razlike vrijednosti CV između skupine dominantnih stabala i svih stabala su minimalne, tek nešto veće kod najvećeg uzorka.

Tab. 8. Fotogrametrijski mjereni podaci (crna joha) – Photogrammetrical data (Black alder)

STAT. VEL.	PROMJER KROŠNJE (m)	VISINA		VOLUMEN	
		STABLA (m)	KROŠNJE (m)	KROŠNJE (m ³)	KOEFIC.
	D _m	h ₀	h _k	V _p	k _{v_p}
CRNA JOHA - SVA STABLA					
n	351	351	351	347	347
\bar{x}	2.49	21.80	1.20	5.79	0.53
s	1.03	2.12	0.58	7.53	0.06
CV	41.30	9.72	48.54	130.20	11.05
s \bar{x}	0.05	0.11	0.03	0.40	0.00
CRNA JOHA - DOMINANTNA STABLA					
n	184	184	184	182	182
\bar{x}	2.76	22.82	1.42	7.33	0.53
s	0.94	1.66	0.56	7.86	0.06
CV	34.22	7.29	39.62	107.22	10.64
s \bar{x}	0.07	0.12	0.04	0.58	0.00

Usporedimo li međusobno terestričke i fotogrametrijske vrijednosti CV za promjer krošnje i visinu stabla, vidimo da su one veće kod fotogrametrijske izmjere promjera vidljivog dijela krošnje, i to za sve tri vrste, a da kod visine stabla nema većih razlika.

Međusobne ovisnosti – Interacting dependence

Odnos veličina je stohastičkog karaktera pa treba utvrditi postoji li čvrsta veza među njima. Ako postoji, jednom utvrđena zakonitost može se primijeniti na drugim, manje-više sličnim primjerima. Nadalje, zavisne varijable mogu se tada procjenjivati na osnovi druge, odnosno mjerenjem jedne veličine procjenjujemo drugu. Te se zakonitosti s velikom pažnjom proučavaju u mjerenoj fotointerpretaciji gdje nije uvijek moguća izmjera klasičnih obilježja. Tako se može procjenjivati prsni promjer stabala na osnovi nekih drugih veličina koje se mogu mjeriti na aerosnimecima.

Tab. 9. Fotogrametrijski mjereni podaci (poljski jasen) – Photogrammetrial data (Narrow-leaved ash)

STAT. VEL.	PROMJER KROŠNJE (m)	VISINA		VOLUMEN	
		STABLA (m)	KROŠNJE (m)	KROŠNJE (m ³)	KOEFIC.
	D _m	h _o	h _k	V _P	k _{VP}
POLJSKI JASEN - SVA STABLA					
n	176	176	176	176	176
\bar{x}	3.44	25.38	2.07	19.28	0.53
s	1.69	2.56	0.76	26.44	0.01
CV	49.11	10.10	36.89	137.14	2.85
$s_{\bar{x}}$	0.13	0.19	0.06	1.99	0.00
POLJSKI JASEN - DOMINANTNA STABLA					
n	91	91	91	91	91
\bar{x}	3.78	26.97	2.26	24.97	0.54
s	1.86	1.76	0.80	31.48	0.02
CV	49.11	6.54	35.51	126.08	3.17
$s_{\bar{x}}$	0.19	0.18	0.08	3.30	0.00

Utvrđivanje potrebnih zakonitosti najčešće se provodi na osnovi terestričkih mjerenja. Međutim i pomoću u ovom radu primijenjenoga fotogrametrijskog načina izmjere moguće je postaviti određene zakone međusobne zavisnosti pojedinih veličina.

Terestričke veličine – Terrestrial dimension

Ovdje su promatrani međusobni odnosi prsnog promjera, promjera krošnje i visine stabla.

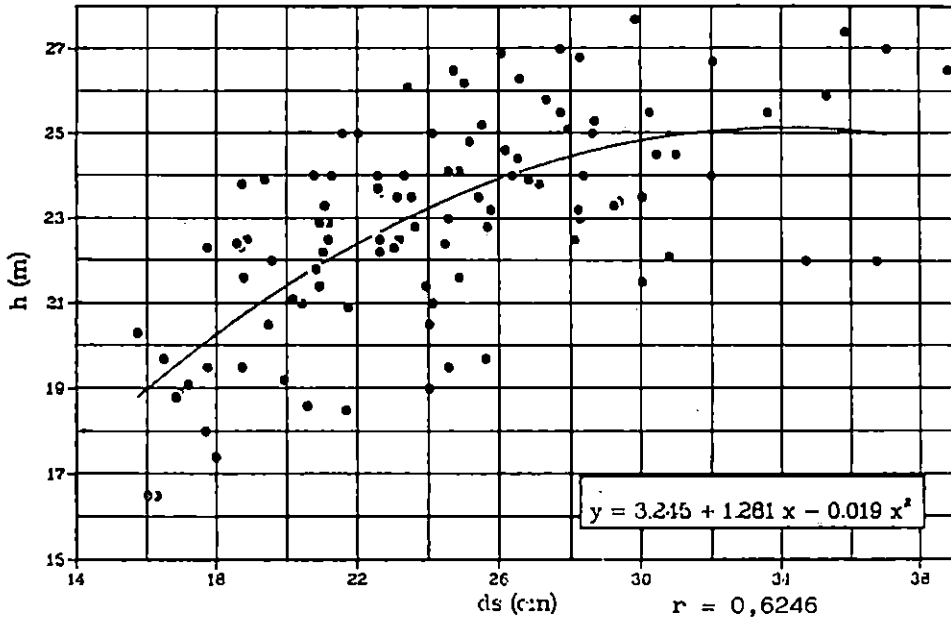
Tab. 10. Fotogrametrijski mjereni podaci (bagrem) – Pftogrammetrial data (False acacia)

STAT. VEL.	PROMJER KROŠNJE (m)	VISINA		VOLUMEN	
		STABLA (m)	KROŠNJE (m)	KROŠNJE (m ³)	KOEFIC.
	D _a	h _o	h _k	V _P	k _{V_P}
BAGREM - SVA STABLA					
n	217	217	217	216	216
\bar{x}	2.93	21.89	2.14	14.35	0.53
s	1.27	2.12	1.08	22.09	0.04
CV	43.31	9.70	50.54	153.95	7.22
s \bar{x}	0.09	0.14	0.07	1.50	0.00
BAGREM - DOMINANTNA STABLA					
n	110	110	110	109	109
\bar{x}	3.21	23.26	2.47	18.67	0.53
s	1.31	1.80	1.13	27.85	0.05
CV	40.70	7.75	45.66	149.14	9.92
s \bar{x}	0.12	0.17	0.11	2.67	0.00

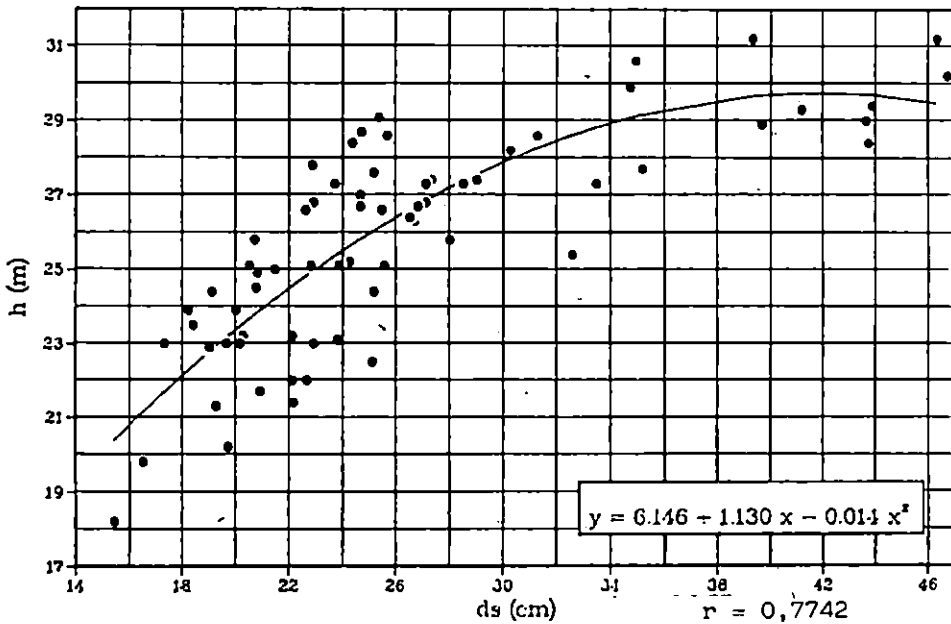
Tab. 11. Parametri – Parameters – do Tab. 18. zaključno!

VRSTA DRVECA	P A R A M E T R I			KOEF. KOR.	BR. SLIKE
	a	b	c	r	
CRNA JOHA	3.245	1.281	-0.019	0.6246	5.1.1.1.
POLJSKI JASEN	6.146	1.130	-0.014	0.7742	5.1.2.1.
BAGREM	16.263	0.387	-0.003	0.6248	5.1.3.1.

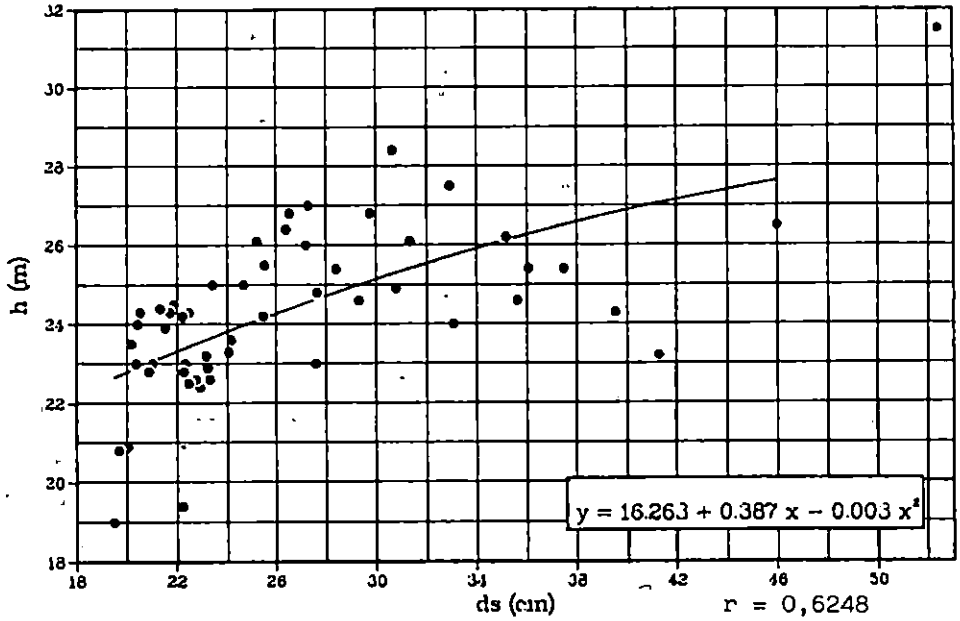
Sl. - Fig. 5.1.1.1. Visinska krivulja (crna joha) - Altitude curve (Black alder)



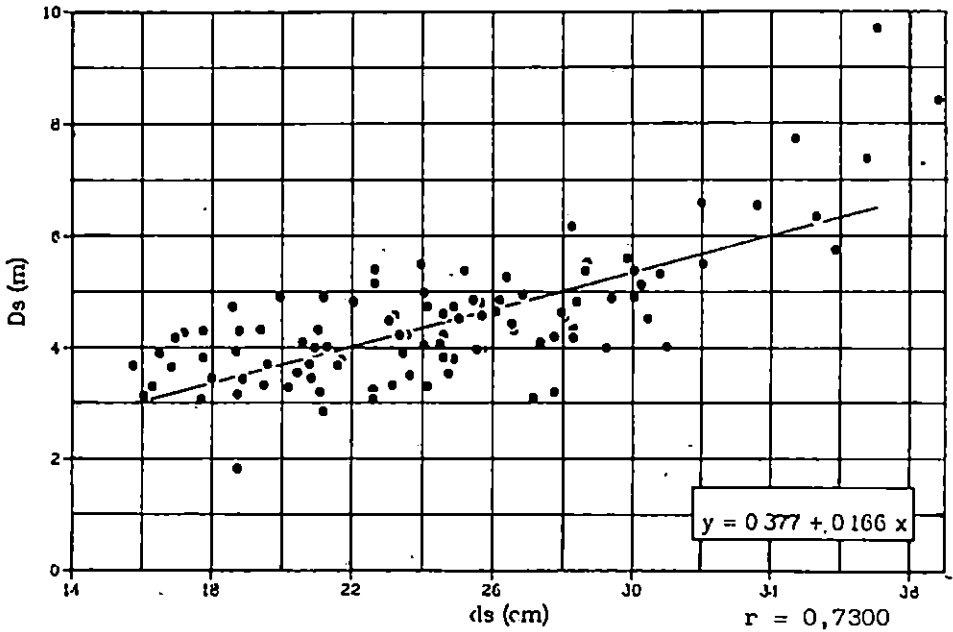
Sl. - Fig. 5.1.2.1. Visinska krivulja (poljski jasen) - Altitude curve (Narrow-leaved ash)



Sl. - Fig. 5.1.3.1. Visinska krivulja (bagrem) - Altitude curve (False acacia)



Sl. - Fig. 5.1.1.2. Odnos promjera projekcije krošnje i prsnog promjera (crna joh) - Projection crown diameter in relation to DBH (Black alder)



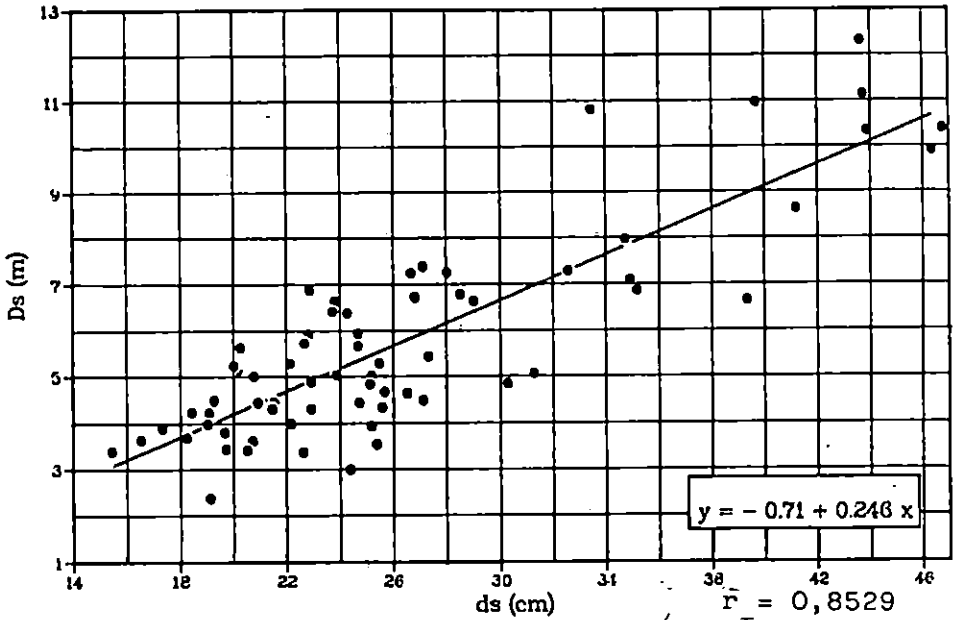
VRSTA DRVEĆA	P A R A M E T R I		KOEF.KOR.	BR.SLIKE
	a	b	r	
CRNA JOHA	0.377	0.166	0.7300	5.1.1.2.
POLJSKI JASEN	-0.710	0.246	0.8529	5.1.2.2.
BAGREM	-0.527	0.215	0.8545	5.1.3.2.

VRSTA DRVEĆA	P A R A M E T R I		KOEF.KOR.	BR.SLIKE
	a	b	r	
CRNA JOHA	0.856	0.156	0.3346	5.1.1.3.
POLJSKI JASEN	-5.100	0.421	0.5572	5.1.2.3.
BAGREM	-4.274	0.392	0.4645	5.1.3.3.

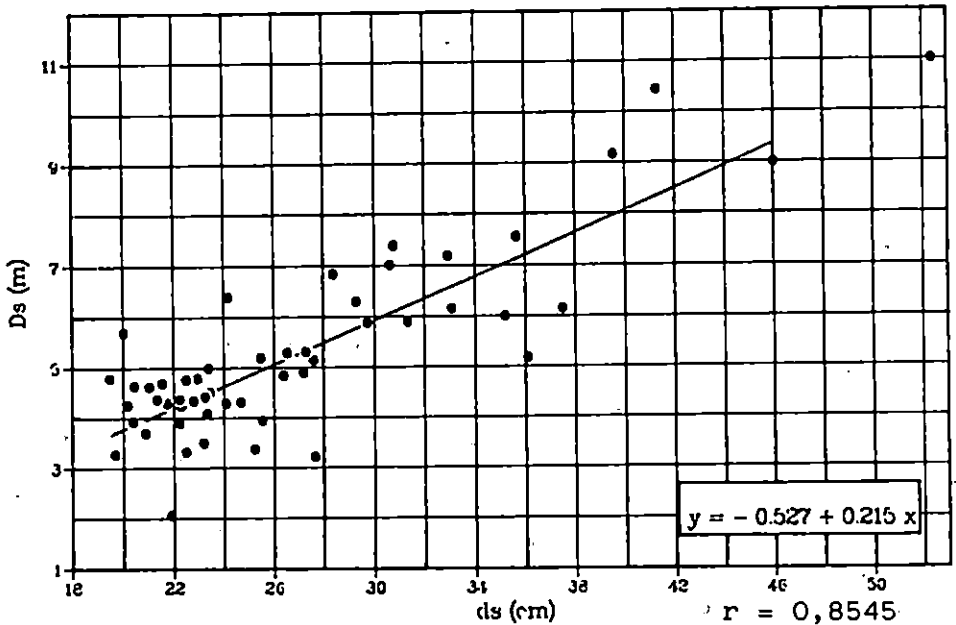
VRSTA DRVEĆA	P A R A M E T R I			KOEF.KOR.	BR.SLIKE
	a	b	c	r	
CRNA JOHA	6.599	-0.365	0.008	0.0881	5.2.1.1.
POLJSKI JASEN	-3.066	0.526	-0.011	0.0101	5.2.2.1.
BAGREM	-7.752	0.668	-0.008	0.5095	5.2.3.1.

VRSTA DRVEĆA	P A R A M E T R I		KOEF.KOR.	BR.SLIKE
	a	b	r	
CRNA JOHA	0.240	0.398	0.6637	5.2.1.2.
POLJSKI JASEN	1.206	0.252	0.5567	5.2.2.2.
BAGREM	0.659	0.506	0.5942	5.2.3.2.

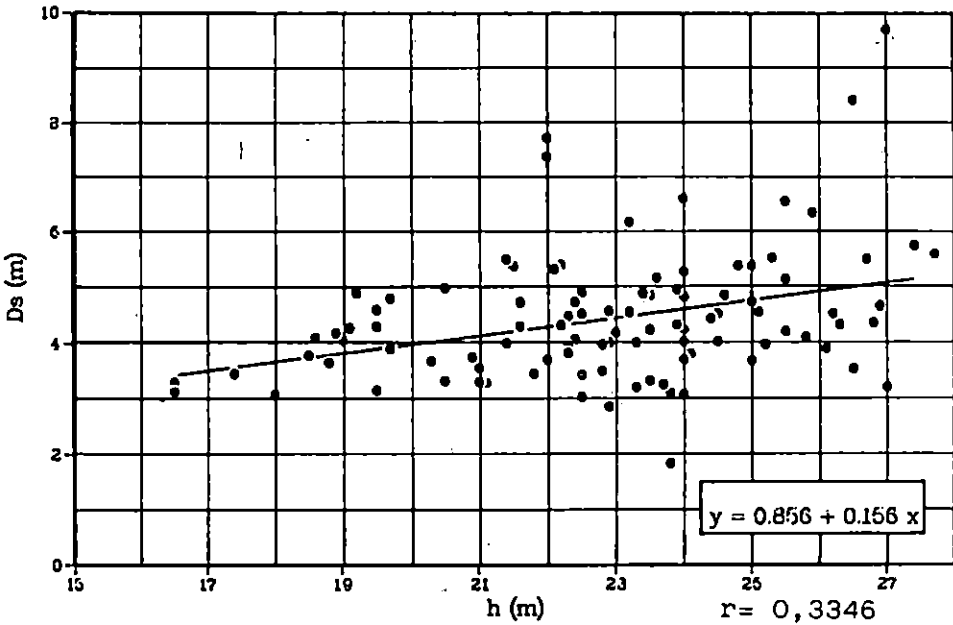
Sl. – Fig. 5.1.3.2. Odnos promjera projekcije krošnje i prsnog promjera (poljski jasen) – Projection crown diameter in relation to DBH (Narrow-leaved ash)



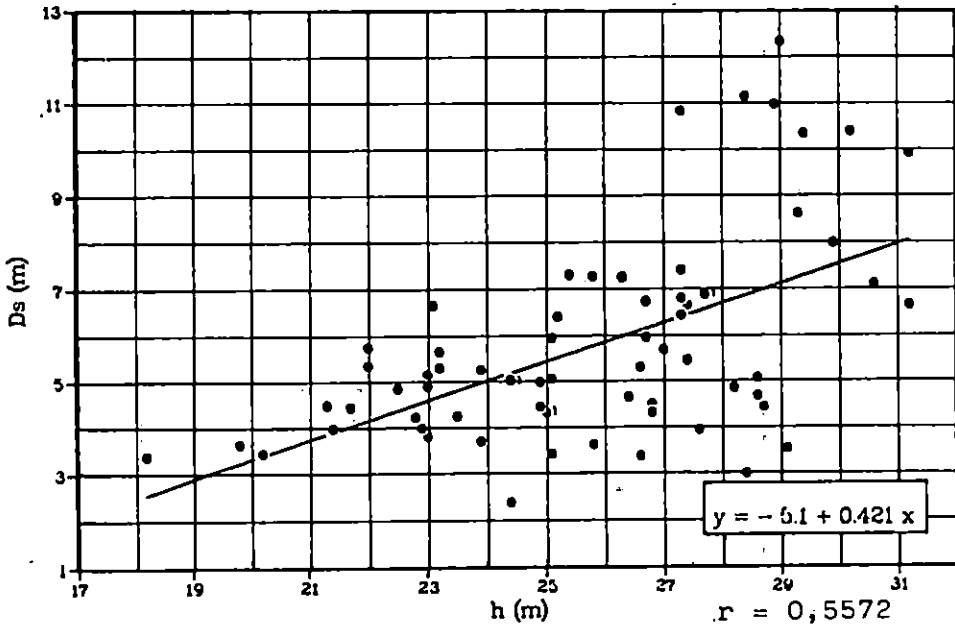
Sl. – Fig. 5.1.3.2. Odnos promjera projekcije krošnje i prsnog promjera (bagrem) – Projection crown diameter in relation to DBH (False acacia)



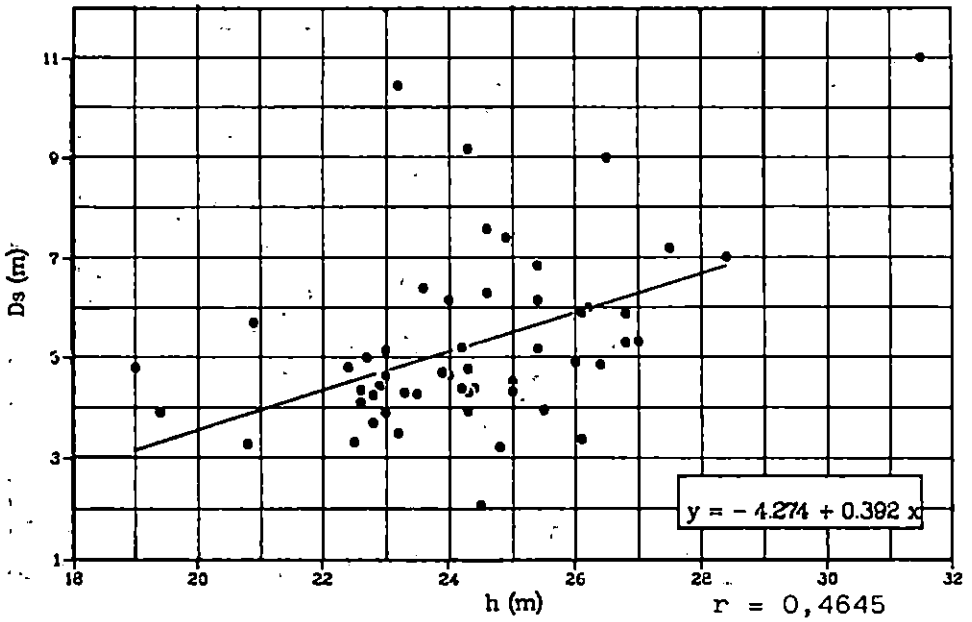
Sl. - Fig. 5.1.1.3. Odnos promjera projekcije krošnje i visine stabla (crna joha) - Projection crown diameter in relation to tree height (Black alder)



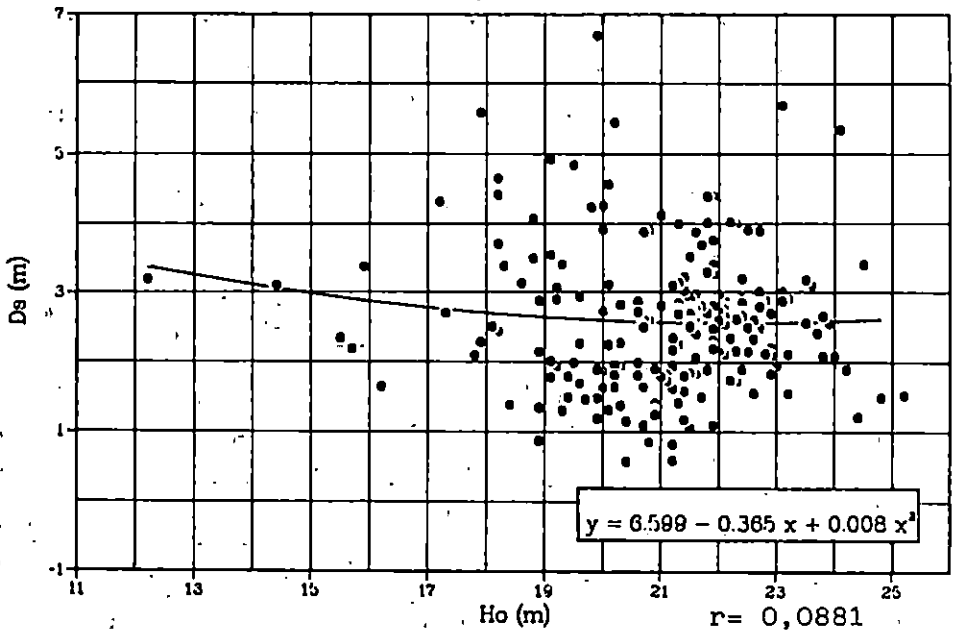
Sl. - Fig. 5.1.2.3. Odnos promjera projekcije krošnje i visine stabla (poljski jasen) - Projection crown diameter in relation to tree height (Narrow-leaved ash)



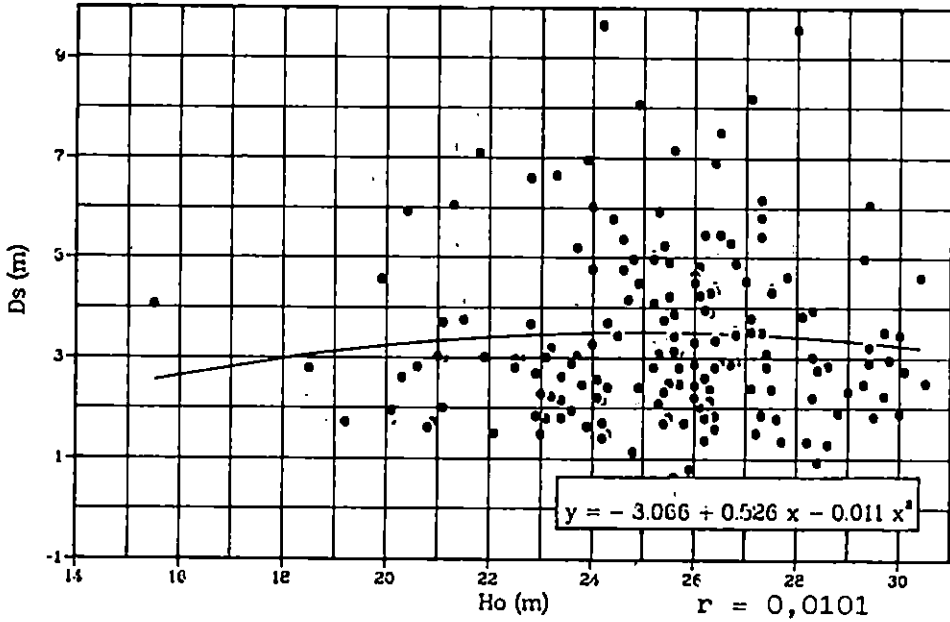
Sl. – Fig. 5.1.3.3. Odnos promjera projekcije krošnje i visine stabla (bagrem) – Projection crown diameter in relation to tree height (Falsc acacia)



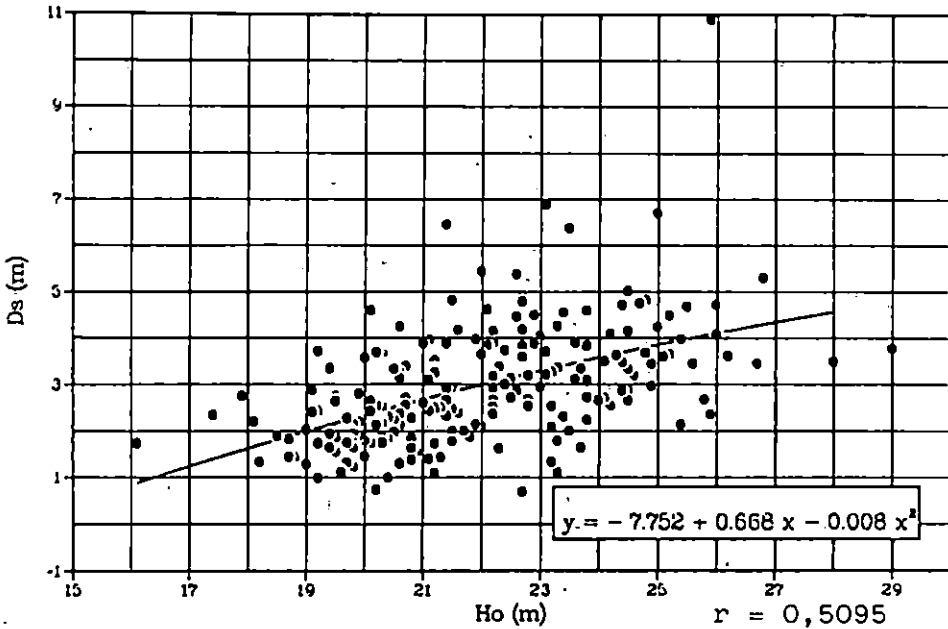
Sl. – Fig. 5.2.1.1. Odnos promjera vidljivog dijela krošnje i visine stabla (crna joha) – Visible crown diameter in relation to tree height (Black alder)



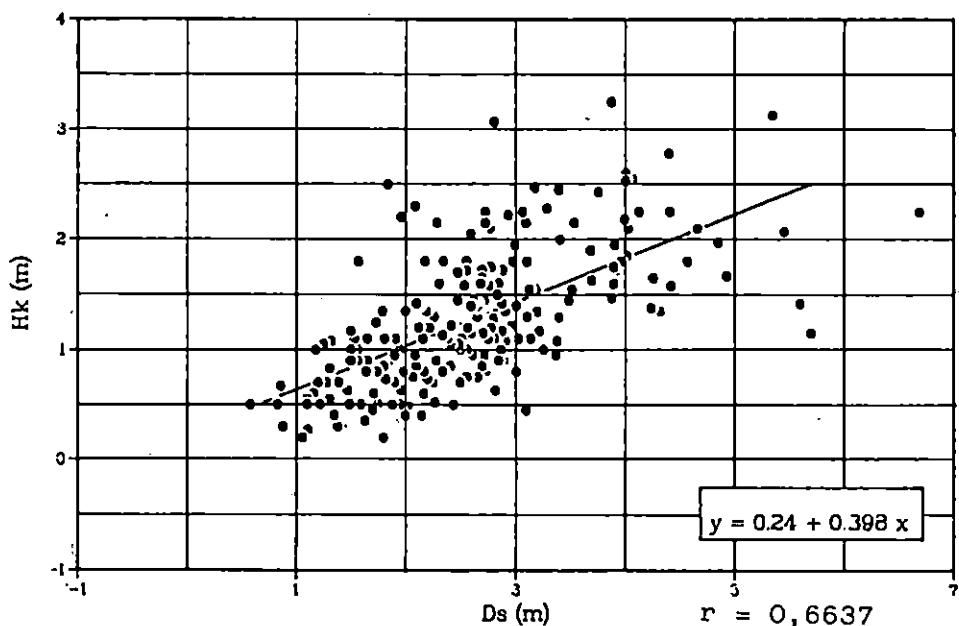
Sl. - Fig. 5.2.2.1. Odnos promjera vidljivog dijela krošnje i visine stabla (poljski jasen) - Visible crown diameter in relation to tree height (Narrow-leaved ash)



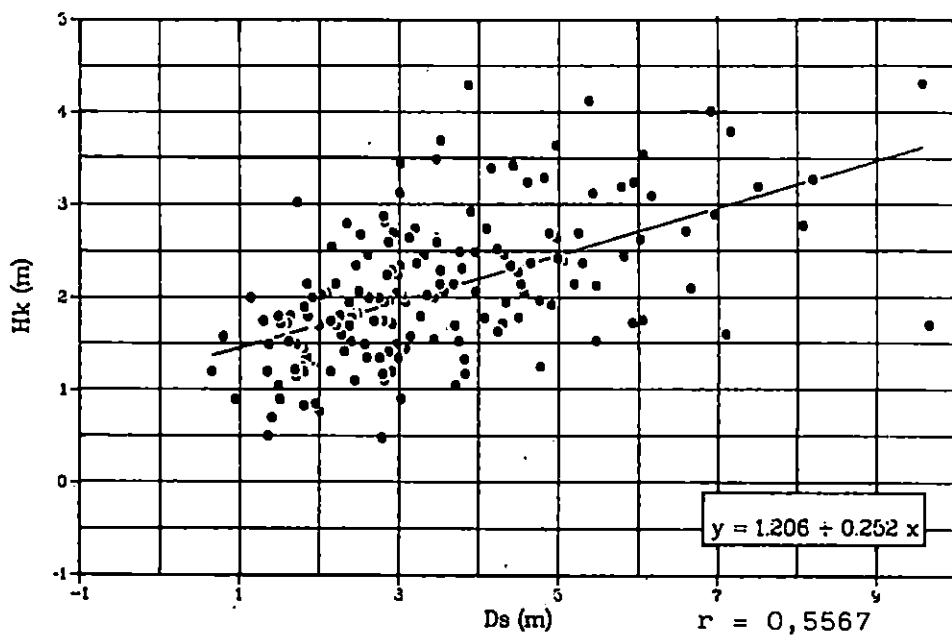
Sl. - Fig. 5.2.3.1. Odnos promjera vidljivog dijela krošnje i visine stabla (bagrem) - Visible crown diameter in relation to tree height (False acacia)



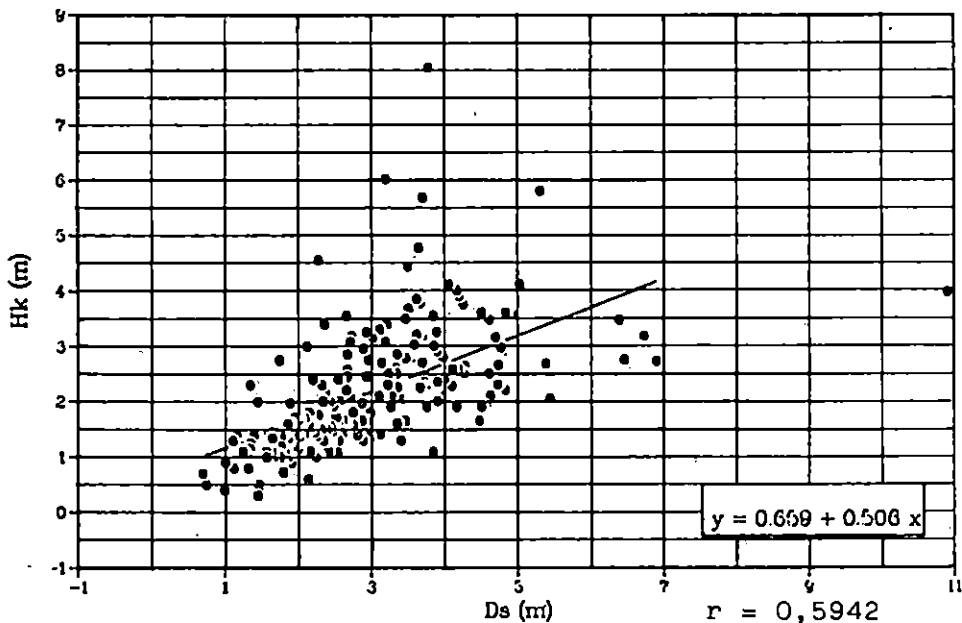
Sl. - Fig. 5.2.1.2. Odnos visine i promjera vidljivog dijela krošnje (crna joha) - The tree height in relation to visible crown diameter (Black alder)



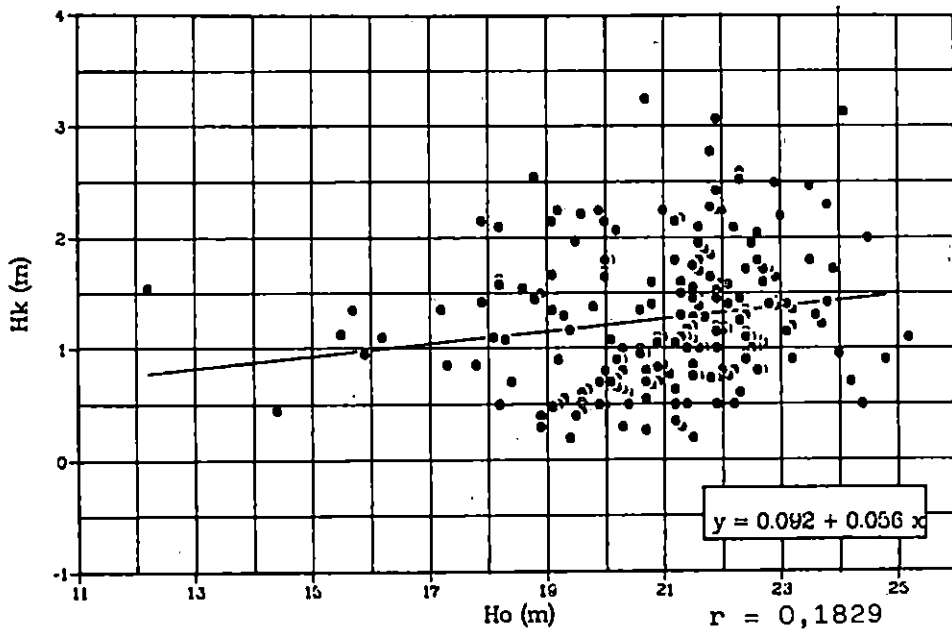
Sl. - Fig. 5.2.2.2. Odnos visine i promjera vidljivog dijela krošnje (poljski jasen) - The tree height in relation to visible crown diameter (Narrow-leaved ash)



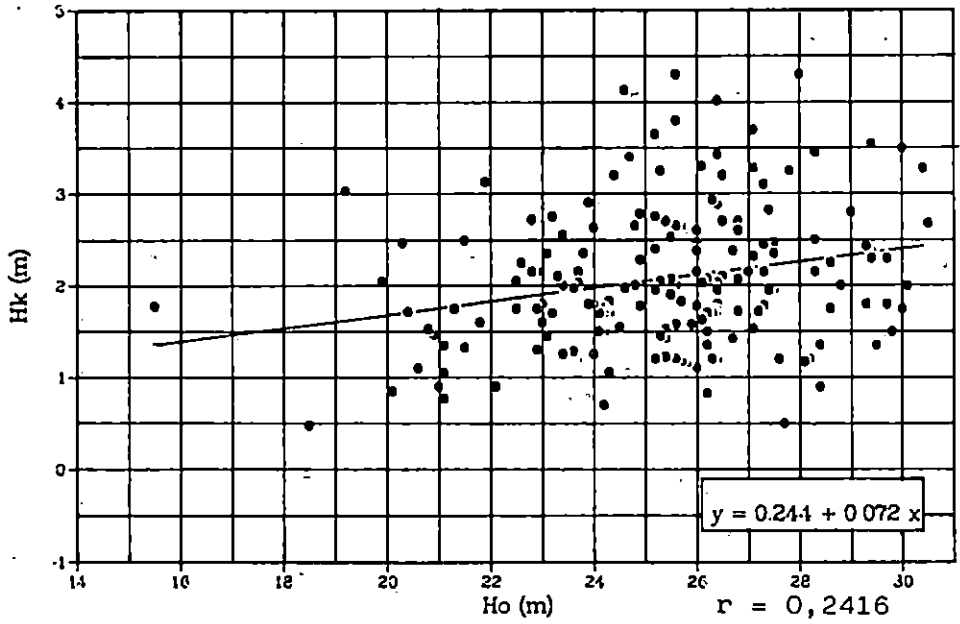
Sl. – Fig. 5.2.3.2. Odnos visine i promjera vidljivog dijela krošnje (bagrem) – The three height in relation to visible crown diameter (False acacia)



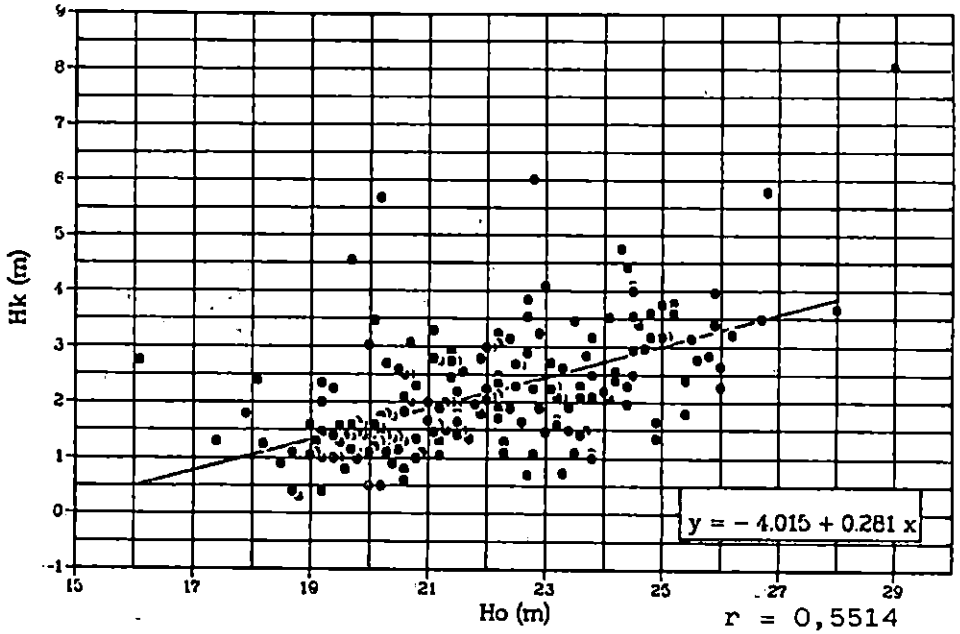
Sl. – Fig. 5.2.1.3. Odnos visine vidljivog dijela krošnje i visine stabla (crna joha) – The visible crown height in relation to tree height (Black alder)



Sl. – Fig. 5.2.2.3. Odnos visine vidljivog dijela krošnje i visine stabla (poljski jasen) – The visible crown height in relation to the tree height (Narrow-leaved ash)



Sl. – Fig. 5.2.3.3. Odnos visine vidljivog dijela krošnje i visine stabla (bagrem) – The visible crown height in relation to tree height (False acacia)



Visinska krivulja – Altitude curve

To je najviše proučavana funkcija izražena jednadžbom

$$h = f(d_s) \quad (43)$$

Ovdje je izjednačenje izvršeno jednadžbom parabole.

Na osnovi te krivulje izjednačenja i njezine jednadžbe izračunate su vrijednosti visine stabla prije 7 godina (h_{s-17}) pomoću prsnog promjera prije 7 godina (d_{s-17}).

U idućoj tablici prikazane su vrijednosti parametara za sve tri vrste.

Analizirajući dobivene vrijednosti parametara, koeficijenta korelacije i grafičke prikaze, vidimo da se kod svih vrsta podaci mogu izjednačiti jednadžbom parabole, s tim što se u tom slučaju moraju zanemariti vrijednosti na gornjem kraku krivulje kada ona počinje padati. Korelacijska veza postoji.

Promjer krošnje kao funkcija prsnog promjera – Crown diameter as function of DBH

U fotogrametriji najviše je proučavana funkcija

$$d_s = f(D_s) \quad (44)$$

Međutim ovdje je proučavana njezina recipročna funkcija

$$D_s = f(d_s) \quad (45)$$

sa strogo određenom namjerom. Pomoću dobivene linije izjednačenja i njezine jednadžbe izračunate su vrijednosti promjera krošnje prije 7 godina (D_{s-17}) na osnovi prsnog promjera prije 7 godina (d_{s-17}).

U tablici br. 12 prikazane su vrijednosti parametara za sve tri vrste.

Analizirajući dobivene vrijednosti i grafičke prikaze, vidimo da postoji korelacijska veza i da se izjednačenje pravcem može izvesti. S obzirom na manji kut nagnutosti pravca, zaključujemo da kod crne johe promjeri krošnje imaju manju varijabilnost u odnosu na prsni promjer, odnosno znatnije povećanje prsnog promjera ne uzrokuje tako veliko povećanje promjera krošnje.

Promjer krošnje kao funkcija visine stabla – Crown diameter as function of tree height

Ova funkcija izražena jednadžbom

$$D_s = f(h) \quad (46)$$

nosi naziv »razvoj vrijednosti promjera projekcije krošnje u odnosu na visinu stabla«. Podaci su izjednačeni pravcem.

U tablici br. 13. prikazane su vrijednosti parametara za sve tri vrste.

Analizirajući dobivene vrijednosti i grafičke prikaze, vidimo da je korelacijska veza kod crne johe slabija. I u ovom slučaju kut nagnutosti pravca crne johe je nešto manji, što pokazuje da promjer krošnje ima manju varijabilnost u odnosu na prsni promjer.

Fotogrametrijske veličine – Photogrammetrial dimension

Ovdje su promatrani međusobni odnosi visine stabla, te promjera, visine i volumena vidljivog dijela krošnje.

Promjer vidljivog dijela krošnje kao funkcija visine stabla – Visible crown diameter as function of tree height

Ova funkcija izražena je jednadžbom

$$D = f(h_0) \quad (47)$$

nosi naslov »razvoj vrijednosti promjera vidljivog dijela krošnje u odnosu na visinu stabla«. U ovom slučaju krivulja izjednačenja je parabola.

U tablici br. 14 prikazane su vrijednosti parametara za sve tri vrste.

Analizirajući dobivene vrijednosti i grafičke prikaze, zaključujemo da se podaci mogu izjednačiti krivuljom jedino kod bagrema.

Kod crne joha vrijednosti krivulje padaju po osi y usprkos povećanju vrijednosti po osi x. To je nelogično i suprotno dosadašnjim tumačenjima bioloških zakonitosti.

Kod poljskog jasena krivulja izjednačenja je gotovo horizontalna, tako da se ni ovdje ne mogu izvući pravilni zaključci.

Oba ta slučaja suprotna su rezultatima terestričke izmjere.

Visina vidljivog dijela krošnje kao funkcija promjera vidljivog dijela krošnje – Visible crown height as function of visible crown diameter

Ova funkcija izražena je jednadžbom

$$h_k = f(D) \quad (48)$$

nosi naziv »razvoj vrijednosti visine vidljivog dijela krošnje u odnosu na promjer vidljivog dijela krošnje«. Linija izjednačenja je pravac.

U tablici br. 15 prikazane su vrijednosti parametara za sve tri vrste.

Analizirajući dobivene vrijednosti i grafičke prikaze, zaključujemo da postoji korelacijska veza i da se podaci mogu izjednačiti pravcem.

Visina vidljivog dijela krošnje kao funkcija visine stabla – Visible crown height as function tree height

Ova funkcija izražena je jednadžbom

$$h_k = f(h_0) \quad (49)$$

nosi naziv »razvoj vrijednosti visine vidljivog dijela krošnje u odnosu na visinu stabla«. Linija izjednačenja je pravac, a podaci su prikazani u tablici br. 16.

Analizirajući dobivene vrijednosti i grafičke prikaze, zaključujemo da je korelacijska veza nešto čvršća kod bagrema i da se podaci mogu izjednačiti pravcem. Kut nagnutosti pravca nešto je manji kod crne joha i poljskog jasena.

Volumen vidljivog dijela krošnje kao funkcija visine vidljivog dijela krošnje – Visible crown volume as function visible crown height

VRSTA DRVEĆA	P A R A M E T R I		KOEF.KOR.	BR. SLIKE
	a	b	r	
CRNA JOHA	0.092	0.056	0.1829	5.2.1.3.
POLJSKI JASEN	0.244	0.072	0.2416	5.2.2.3.
BAGREM	-4.015	0.281	0.5514	5.2.3.3.

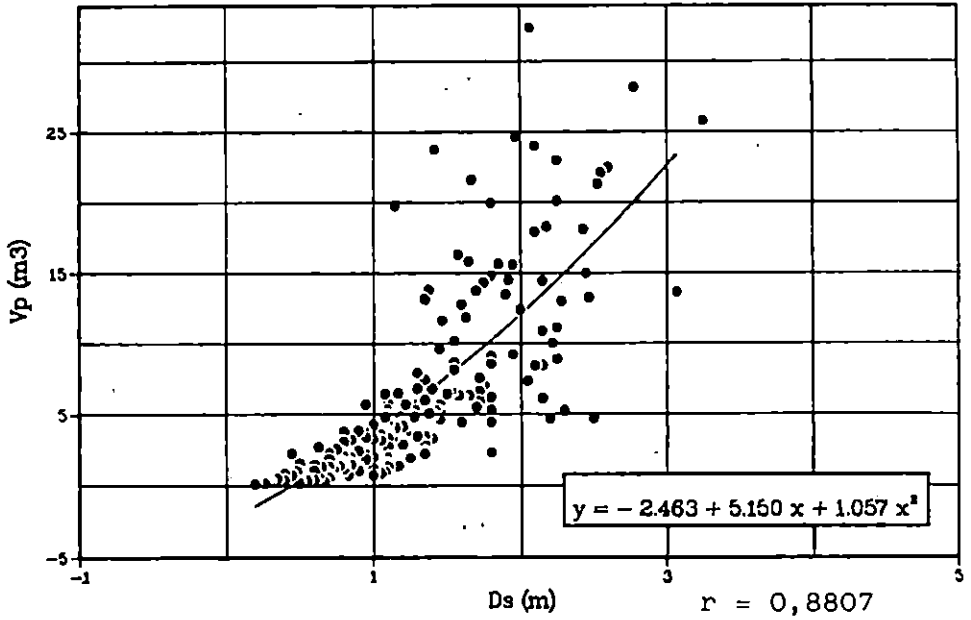
VRSTA DRVEĆA	P A R A M E T R I			KOEF.KOR.	BR. SLIKE
	a	b	c	r	
CRNA JOHA	-2.179	0.356	0.982	0.7171	5.2.1.5.
POLJSKI JASEN	-4.945	2.832	0.792	0.6514	5.2.2.5.
BAGREM	-4.054	1.341	1.297	0.5947	5.2.3.5.

VRSTA DRVEĆA	P A R A M E T R I			KOEF.KOR.	BR. SLIKE
	a	b	c	r	
CRNA JOHA	-2.463	5.150	1.057	0.8807	5.2.1.4.

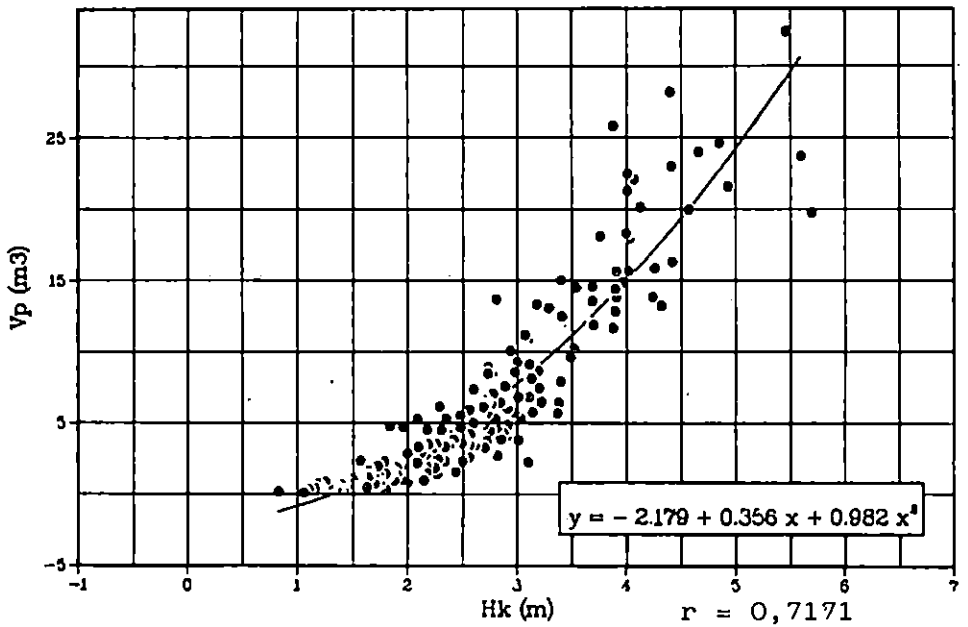
Tab. 19. Usporedba promjera krošanja mjerenih terestrički i acrofotogrametrijski - Comparison crown diameter measurement different method

VRSTA DRVEĆA	STATIST. VELICINE	SVA STABLA		DOMINANTNA STABLA	
		D_T	D_F	D_T	D_F
CRNA JOHA	\bar{x}	4.11	2.49	4.41	2.76
	$s_{\bar{x}}$	0.08	0.06	0.09	0.07
POLJSKI JASEN	\bar{x}	5.19	3.44	6.21	3.78
	$s_{\bar{x}}$	0.20	0.13	0.31	0.19
BAGREM	\bar{x}	4.69	2.93	4.88	3.21
	$s_{\bar{x}}$	0.20	0.09	0.30	0.12

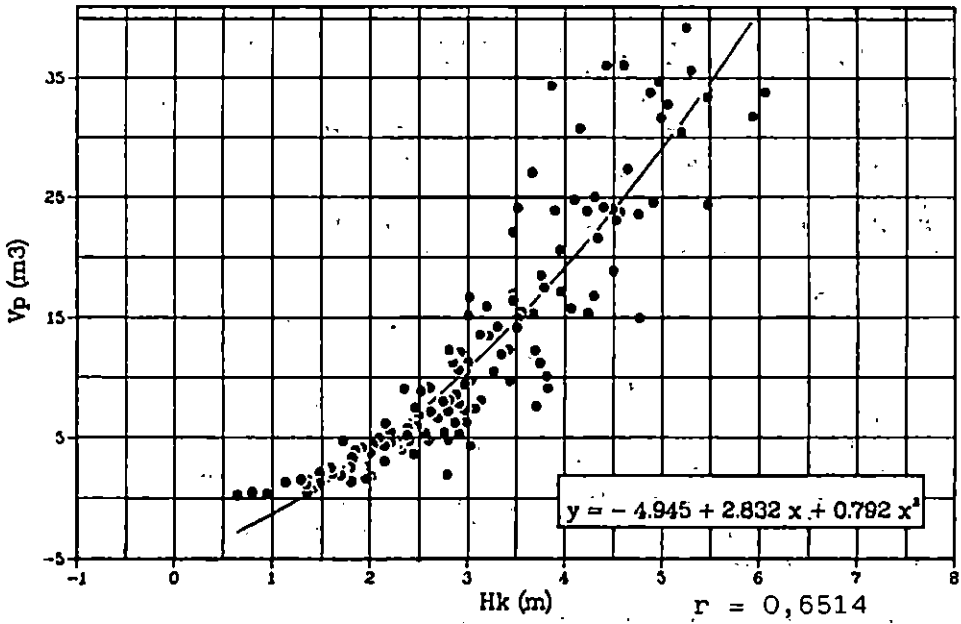
Sl. - Fig. 5.2.1.4. Odnos volumena i promjera vidljivog dijela krošnje (crna joha) - The visible crown volume in relation to visible crown diameter (Black alder)



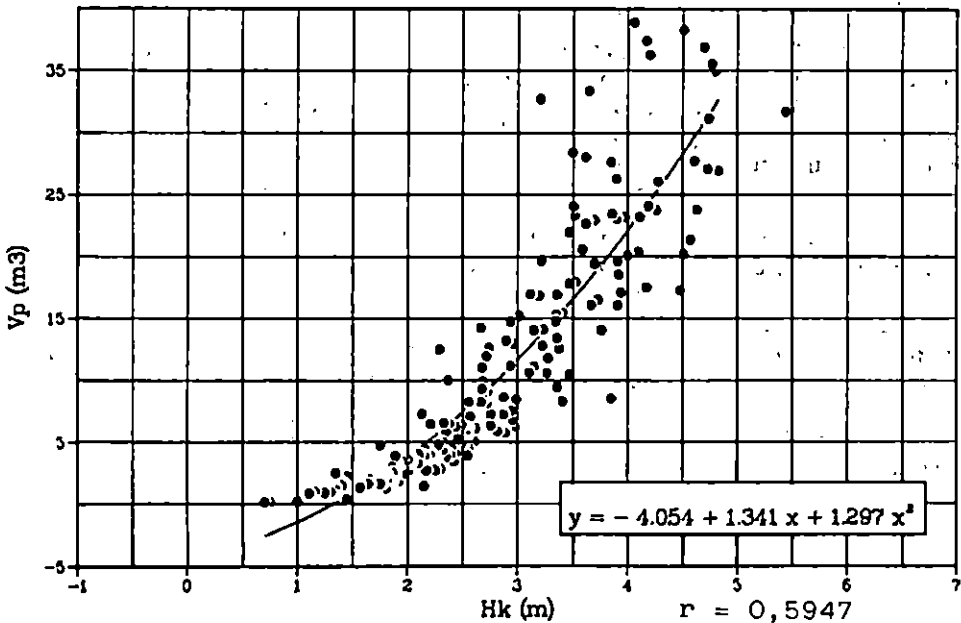
Sl. - Fig. 5.2.1.5. Odnos volumena i visine vidljivog dijela krošnje (crna joha) - The visible crown volume in relation to the visible crown height (Black alder)



Sl. – Fig. 5.2.2.5. Odnos volumena i visine vidljivog dijela krošnje (poljski jasen) – The visible crown volume in relation to visible crown height (Narrow-leaved ash)



Sl. – Fig. 5.2.3.5. Odnos volumena i visine vidljivog dijela krošnje (bagrem) – The visible crown volume in relation to visible crown height (False acacia)



Ova funkcija izražena je jednadžbom

$$V_k = f(h_k) \quad (50)$$

nosi naziv »razvoj vrijednosti volumena vidljivog dijela krošnje u odnosu na visinu vidljivog dijela krošnje«. U ovom slučaju linija izjednačenja je parabola.

U tablici br. 17 prikazane su vrijednosti parametara za sve tri vrste.

Analizirajući dobivene vrijednosti i grafičke prikaze, zaključujemo da se podaci mogu izjednačiti parabolom i da postoji korelacijska veza kod sve tri vrste.

Volumen vidljivog dijela krošnje kao funkcija promjera vidljivog dijela krošnje – Visible crown volume as function of visible crown diameter

Ova funkcija izražena je jednadžbom

$$V_k = f(D) \quad (51)$$

nosi naziv »razvoj vrijednosti volumena vidljivog dijela krošnje u odnosu na promjer vidljivog dijela krošnje«. U ovom slučaju linija izjednačenja je parabola. U idućoj tablici prikazane su vrijednosti parametara za crnu johu.

Analizirajući dobivene vrijednosti i grafički prikaz, zaključujemo da se podaci mogu izjednačiti parabolom i da postoji korelacijska veza.

Za poljski jasen i bagrem numeričke vrijednosti, kao ni grafovi, nisu prikazani iz tehničkih razloga.

Usporedba veličina stabala mjerenih različitim načinom – Comparison tree dimension measurement by difference method

Usporedba promjera krošanja – Comparison crowns diameters

Većina korelacija u fotogrametriji bazira se na odnosu promjera krošanja prema drugim veličinama. Da bi se utvrdile postojeće biološke zakonitosti, odnosno jačina korelativne veze, ispituje se na terestrički mjerenim veličinama. Pri izmjeri promjera krošanja polazi se od pretpostavke da između vrijednosti dobivenih terestričkim i fotogrametrijskim putem nema signifikantne razlike.

Da li je ta pretpostavka točna?

Kao što sam već prije opisao u određenim poglavljima, u ovom istraživanju upotrijebio sam dva različita načina izmjere krošanja, i to jedan uobičajen, u praksi poznat (terestrički) i drugi manje korišten, ali vrlo precizan (fotogrametrijski).

Kako je razlika između snimanja i terenske izmjere 7 godina, posredno uz pomoć linija izjednačenja izračunate su vrijednosti promjera krošanja u vrijeme snimanja. To je detaljnije objašnjeno u prethodnim poglavljima.

Radi lakšeg praćenja u tablici br. 19 prikazane su vrijednosti aritmetičkih sredina i standardnih pogrešaka promjera krošanja mjerenih različitim načinom za sve tri vrste, i to za sva stabla i za dominantna stabla.

Tu je:

$D_T - D_{s-iz}$ (terestrički)
 $D_F - D$ (fotogrametrijski)

Da bih odgovorio na prije postavljeno pitanje, proveden je test aritmetičkih sredina.

Kao primjer prikazane su vrijednosti za crnu johu.

U-test

Postavljena je hipoteza

$$H_0; \bar{X}_T = \bar{X}_F \text{ (nulta ili radna)} \quad (52)$$

$$H_A; \bar{X}_T \neq \bar{X}_F \text{ (alternativna)} \quad (53)$$

$$u = \frac{\delta}{s_\delta} \quad (54)$$

gdje je:

$$\delta = x_T - x_F \quad (55)$$

$$s_\delta = (s_{xT}^2 + s_{xF}^2)^{\frac{1}{2}} \quad (56)$$

Uvrstimo li u gornje jednadžbe odgovarajuće vrijednosti, dobit ćemo $u = 16.68$. Kako je $u > 2.58$, nulta hipoteza se odbacuje, odnosno prihvaća se alternativna hipoteza. Dakle za crnu johu postoji signifikantna razlika između aritmetičkih sredina različitih načina izmjere.

Istim postupkom izračunate su i ostale vrijednosti za poljski jasen i bagrem, i to za sva stabla (općenito) i za dominantna stabla.

U tablici br. 20 prikazane su te vrijednosti s 99% vjerojatnosti.

Tab. 20. U-test

T E S T		u
CRNA JOHA	SVA STABLA	16.68
	DOMINANTNA STABLA	14.46
POLJSKI JASEN	SVA STABLA	7.39
	DOMINANTNA STABLA	6.63
BAGREM	SVA STABLA	8.08
	DOMINANTNA STABLA	5.14

Analiziramo li gornju tablicu, vidimo da su vrijednosti u $>2,58$ za sve vrste (crna joha, poljski jasen, bagrem), i to za sva stabla i za dominantna stabla. Dakle u svim slučajevima odbacuje se nulta hipoteza, odnosno prihvaća se alternativna hipoteza koja govori da postoji signifikantna razlika između vrijednosti aritmetičkih sredina mjerenih terestrički i fotogrametrijski.

Drugim riječima, ovim je istraživanjem utvrđeno da za crnu johanu, poljski jasen i bagrem fotogrametrijski mjerene veličine promjera krošnji nisu jednake veličinama mjerenim terestrički. Fotogrametrijski izmjeren promjer krošnje za crnu johanu iznosi 60% od vrijednosti izmjerene terestrički, za poljski jasen 66%, a za bagrem 62%, za sva mjerena stabla.

Prijašnja je pretpostavka da je taj omjer 1:1 opovrgnuta.

Fotogrametrijski promjer u odnosu na terestrički iznosi: za crnu johanu 0,60:1, za poljski jasen 0,66:1, a za bagrem 0,62:1, odnosno koeficijent korekcije iznosi: za crnu johanu 1,67, za poljski jasen 1,52, a za bagrem 1,61.

Pritom treba imati na umu da je mjerilo snimka bilo 1:10 000, da je restitucija obavljena na autografu A7 i da je restitutor, inače geodetski stručnjak, prvi put na taj način mjerio dimenzije stabala (bilježio koordinate) te da je tom prilikom mjeracu markicu pomicao do granice stereoskopnosti.

Postavlja se pitanje da li i u kojoj mjeri svi ti faktori utječu na izmjeru veličina stabala, kao i na koji način se mogu svesti na minimum?

Uz to javlja se problem uraštanja krošanja, odnosno sklopljenost sastojine.

Dobiveni rezultati istraživanja stvaraju nove poglede na fotogrametrijsku izmjeru i postavljaju brojna pitanja. Iz tog razloga trebalo bi nastaviti istraživanja u sljedećim pravcima:

1. Koja je donja granica mjerila snimaka da se omjer promjera krošanja što više približi optimumu,
2. Kako se taj omjer ponaša kod različitih dobi sastojina, i istraživanih vrsta i ostalih?
3. Kako se taj omjer ponaša kod različito sklopljenih sastojina istih vrsta?
4. Koliki je omjer kod soliternih stabala?
5. Kako se taj omjer ponaša kod ostalih fotogrametrijskih načina izmjere?
6. Koliko šumarsko iskustvo restitutora utječe na taj omjer?
7. Da li i u kojoj mjeri na taj omjer utječe vrsta fotomaterijala za snimanje?
8. Koliki je općenito najniži prag koeficijenta korekcije?

U svakom slučaju za praktičnu primjenu ove metode, kao i za daljnju upotrebu, treba bez obzira na mjerilo snimka, upotrijebljeni instrumentarij, vrstu fotomaterijala, iskustvo restitutora, sklopljenost sastojina, vrstu drveća i njezinu dob svakom prilikom utvrditi koliki je taj omjer. Odnosno, nakon fotogrametrijski izmjerenih veličina promjera krošanja treba na terenu postaviti uzorke (dakako, manjeg intenziteta) i na njima također izmjeriti promjere krošanja.

Tek nakon toga možemo prići daljnjoj upotrebi dobivenih rezultata (utvrđivanju korelacije s prsnim promjerom, utvrđivanju drvne mase i sl.).

Tokom provedenog istraživanja pojavila se sumnja u vjerodostojnost restitucije opisanom načinom. Iz tog razloga prišlo se restituciji drukčijega načina, tzv. metodom profila, ali samo na manjim uzorcima.

Nakon provedenog obračuna u-testa dobivene vrijednosti prikazane su u tablici br. 22.

Tab. 21. usporedba visina stabala mjerenih terestrički i aerofotogrametrijski – Comparison tree height measurement different method

VRSTA DRVEĆA	STATIST.	SVA STABLA		DOMINANTNA STABLA	
	VELIČINE	h_T	h_F	h_T	h_F
CRNA JOHA	\bar{x}	22.16	21.80	23.00	22.82
	$s_{\bar{x}}$	0.19	0.11	0.19	0.12
POLJSKI JASEN	\bar{x}	23.86	25.38	26.43	26.97
	$s_{\bar{x}}$	0.58	0.19	0.40	0.18
BAGREM	\bar{x}	23.72	21.89	23.90	23.26
	$s_{\bar{x}}$	0.19	0.14	0.26	0.17

Tab. 22. U-test

T E S T		u
CRNA JOHA	SVA STABLA	1.64
	DOMINANTNA STABLA	0.80
POLJSKI JASEN	SVA STABLA	2.49
	DOMINANTNA STABLA	1.23
BAGREM	SVA STABLA	7.75
	DOMINANTNA STABLA	2.06

Usporedba visina stabala – Comparison trees heights

S obzirom na to da su u ovom istraživanju visine izmjerene terestrički i fotogrametrijski, osvrnut ću se na njihovu usporedbu. Za to će poslužiti tablica br. 21, gdje je:

$$h_T = h_{s-17} \text{ (terestrički)}$$

$$h_F = h_0 \text{ (fotogrametrijski)}$$

I u ovom slučaju proveden je test aritmetičkih sredina uz primjenu formule br. 54, 55 i 56.

Analizirajući gornju tablicu, vidimo da su vrijednosti u $< 2,58$ u svim slučajevima, osim kod bagrema za sva stabla. Dakle, u većini slučajeva s 99% vjerojatnosti prihvaća se nulta hipoteza koja govori da ne postoji signifikantna razlika između vrijednosti aritmetičkih sredina mjerenih terestrički i fotogrametrijski.

Slučaj kod bagrema objašnjavam nepoznatim uvjetima u tom dijelu sastojine koji su se pojavili u vremenskoj razlici između dvaju mjerenja.

Dakle, može se zaključiti da se vrijednosti visina stabala ne mijenjaju usprkos različitom načinu izmjere, odnosno mijenjaju se u granicama dopuštenih odstupanja. Fotogrametrijski na taj način mjerene visine odgovaraju stvarnim, terestrički mjerenim visinama stabala.

Usporedba promjera i visine krošanja te visine stabla metodom profila – Comparison crowns diameters, crowns heights and trees heights by profile method

U ovom poglavlju želio sam na neki način provjeriti dobivene, a prije opisane rezultate.

Za tu priliku odabrao sam tri plohe (po jednu za svaku vrstu drveća) i u svakoj plohi postavio sam dva međusobno okomita profila, jedan u smjeru osi x, a drugi u smjeru osi y.

Snimci su ponovo uloženi u autograf A7. Restitutor je mjeracu markicu pomicao najprije u smjeru osi x, a zatim u smjeru osi y po pokusnoj plohi, a instrument je automatski bilježio koordinate pojedinih točaka po liniji krošanja. Korak bilježenja koordinata tih točaka (razmak) iznosio je 0,03 mm u modelu. Tim je načinom za pojedinu krošnju zabilježeno od 5 do 29 točaka, ovisno o veličini i položaju krošnje.

Zabilježena očitavanja kompjutorski su obrađena te su dobiveni grafički prikazi poprečnih profila krošanja.

Nakon toga numerički su izračunate vrijednosti promjera i visine krošanja te visine stabala. U tablici br. 23 nalaze se spomenute vrijednosti aritmetičkih sredina u usporedbi s prije izračunatim vrijednostima (terestrički i fotogrametrijski), gdje su:

- tera – terestrički podaci
- orto – fotogrametrijski podaci dobiveni u prijašnjim poglavljima opisanim načinom
- profil – fotogrametrijski podaci dobiveni postavljanjem poprečnih profila.

Broj izmjerenih krošanja u pojedinoj plohi kretao se od 11 do 13.

Tab. 23. Usporedba promjera krošanja, visina krošanja i visina stabala mjerenih različitim načinima – Comparison crown diameter, crown height and tree height measurement different method

VRSTA DRVETA	PLOHA	\bar{D}			\bar{h}_k		\bar{h}_o		
		TERA	ORTO	PROFIL	ORTO	PROFIL	TERA	ORTO	PROFIL
C.JOHA	19	4.07	2.44	3.03	1.25	1.20	22.17	21.08	22.10
P.JASEN	3	4.51	5.37	4.15	1.77	1.75	23.54	21.61	21.82
BAGREM	12	4.68	3.81	3.38	3.49	1.48	23.82	23.77	31.03

PLOHA	U	
	P/T	P/O
19	3.28	1.95
3	0.44	1.44
12	3.42	1.14

Tab. 24. U-test

TABLA br.	POVRŠINA ha
1	4.2871
2	0.0377
3	5.8407
4	1.5687
5	0.5219
6	0.4593
7	18.4078
8	1.5719
9	0.5748
10	0.5564
11	16.5502
12	0.2479
13	2.8149
14	1.9968
15	0.6406
16	0.0284
17	1.9033
18	0.3980
19	2.4142
20	1.5260
21	4.9626
22	0.0627
23	0.1832
24	1.7021
25	0.8603
26	0.8025
27	2.0843
28	1.8982
Σ	74.9025

Tab. 26. Prikaz izlučenih površina – Elimination area view

Budući da provjeravam u prvom redu promjere krošanja, proveo sam test aritmetičkih sredina pomoću jednadžbi br. 52, 53 i 54. Test je proveden za dva odnosa:

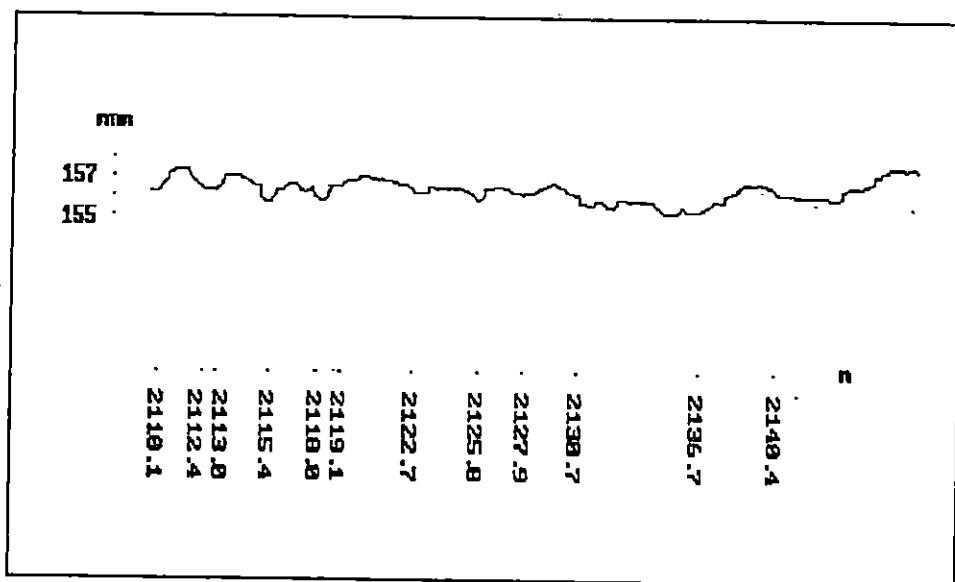
1. Vrijednosti profila u odnosu na terestričke podatke (u tablici oznaka P/T)
 2. Vrijednost profila u odnosu na »orto« vrijednosti (u tablici oznaka P/O).
- Analiziramo li rezultate u-testa prikazanih u tablici br. 24, zaključujemo:
- a) U odnosu P/O vrijednost u $< 2,58$ za sve tri plohe (vrste drveta) te se s 99%

Tab. 25. Parametri - Parameters

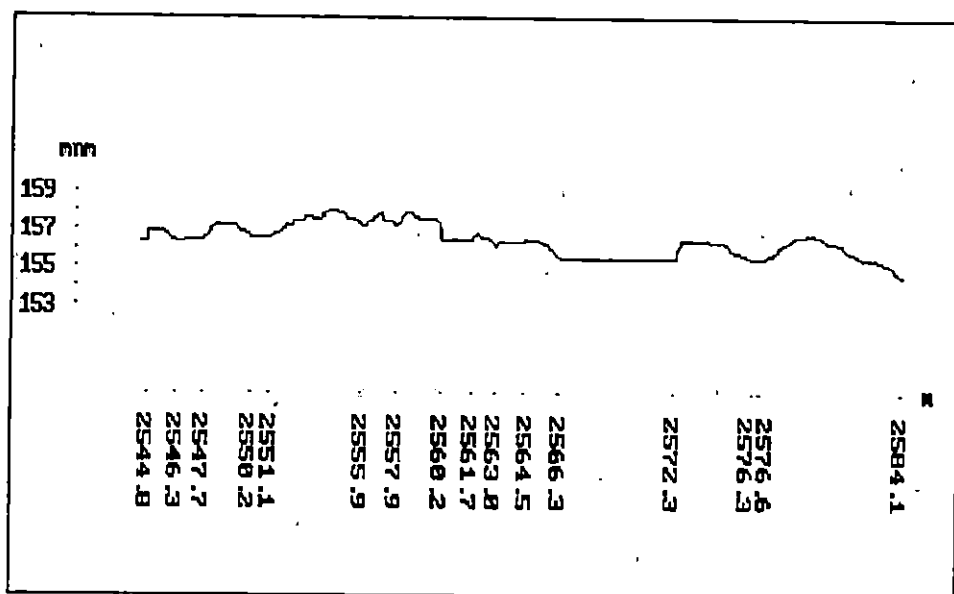
VRSTA DRVEĆA	log a	b	c
CRNA JOHA	-0.273	1.990	1.002
POLJSKI JASEN	-0.272	1.989	1.007
BAGREM	-0.281	2.016	0.993

Tab. 27. Kategorije izlučenih površina - Extracted area categories

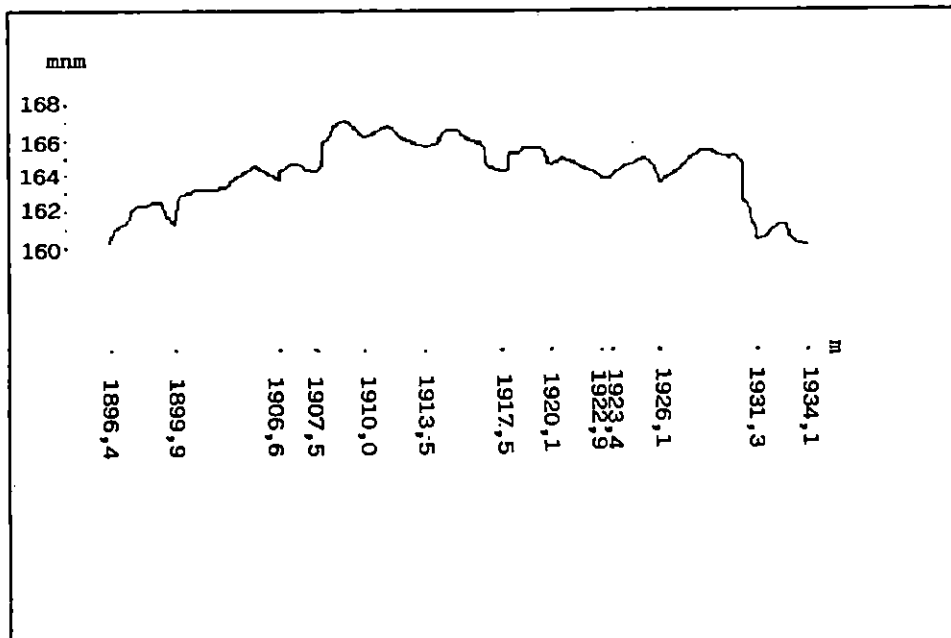
RED.BR.	R A Z R E D	POVRŠINA U ha	UKLJUČENE TABLE
1	Starija šuma - - potpun sklop	32.9299	2, 3, 4, 5, 6, 11, 16, 18, 21, 24, 25
2	Starija šuma - - nepotpun sklop	5.0012	8, 17, 20
3	Mlada šuma	24.6917	1, 7, 14
4	Oranica	0.5564	10
5	Plješina obrasla prizemnim rašćem	0.2459	22, 23
6	Vlažno tlo obraslo zeljastim rašćem	0.2479	12
7	Prizemno rašće i grmlje u fazi formiranja	6.4445	9, 13, 15, 19
8	Kanal	2.7007	26, 28
9	Cesta	2.0843	27
U K U P N O		74.9025	28



Sl. - Fig. 4.1. Poprečni profil krošanja u smjeru osi x (crna joha-ploha 19) - Cross crowns profile in x-axis (Black alder-plot 19)



Sl. - Fig. 4.2. Poprečni profil krošanja u smjeru osi y (poljski jasen-ploha 3) - Cross crowns profile in y-axis (Narrow-leaved ash-plot 3)



Sl. – Fig. 4.3. Poprečni profil krošanja u smjeru osi x (bagrem ploha 12) – Cross crowns profile in x-axis (False acacia-plot 12).

vjerojatnosti prihvaća nulta hipoteza, koja govori da ne postoji signifikantna razlika između vrijednosti aritmetičkih sredina mjerenih fotogrametrijski u oba slučaja (profil i orto).

b) U odnosu P/T vrijednost u $> 2,58$ za crnu johu i bagrem te se prihvaća alternativna hipoteza koja govori da postoji signifikantna razlika između vrijednosti aritmetičkih sredina mjerenih terestrički i fotogrametrijski po profilu. Kod poljskog jasena vrijednost u $< 2,58$ te se prihvaća nulta hipoteza.

Analiziramo li usput vrijednosti visine krošnje i visine stabala iz tablice br. 23, vidimo da su vrijednosti visine krošanja približne kod crne johe i poljskog jasena, a tek nešto veća razlika nastaje kod bagrema. Analogni odnosi vrijede i za vrijednosti visina stabala.

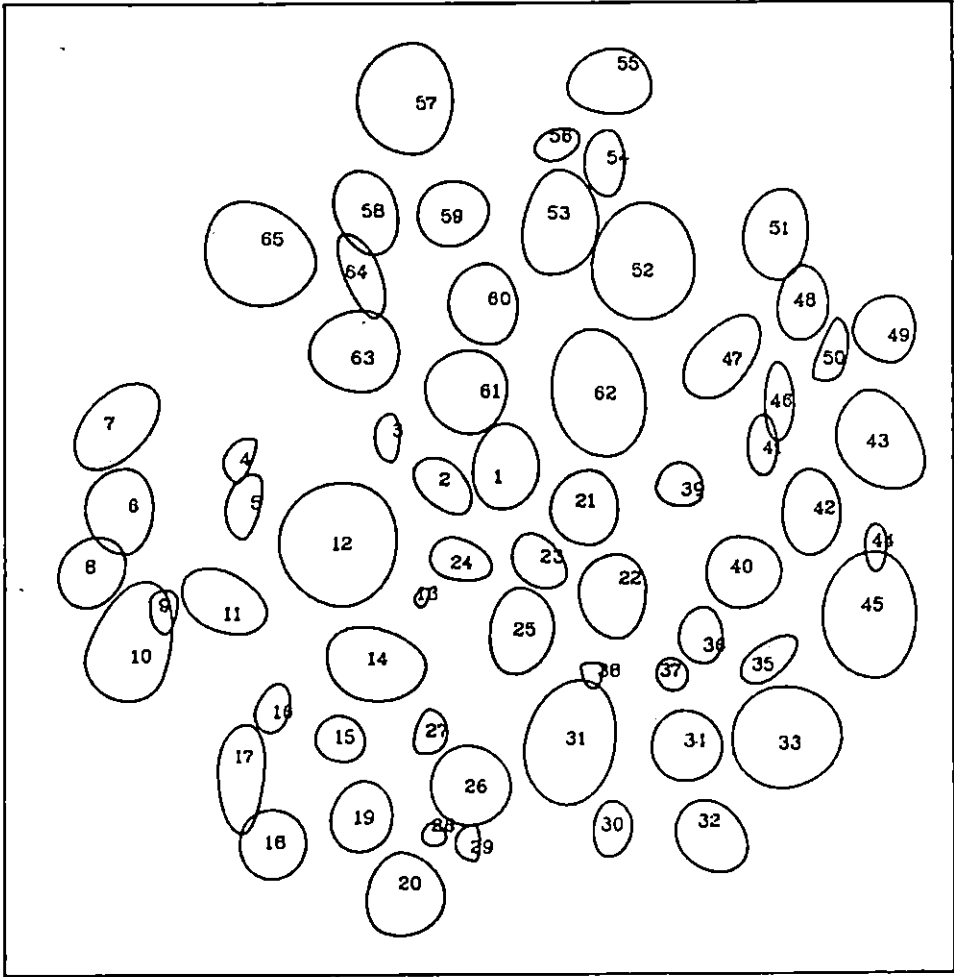
Uočenu razliku kod bagrema tumačim grubom pogreškom.

Na kraju se može zaključiti da je ova provjera potvrdila prijašnje zaključke, s napomenom da bi podaci bili vjerodostojniji kod većeg uzorka.

Volumen vidljivog dijela krošnje – Visible crown volume

Dobiveni rezultati volumena vidljivog dijela krošnje, opisanog načina obračuna u prijašnjim poglavljima, nalaze se u tablicama br. 8, 9 i 10. Zato ću ovdje samo komentirati prikazane vrijednosti.

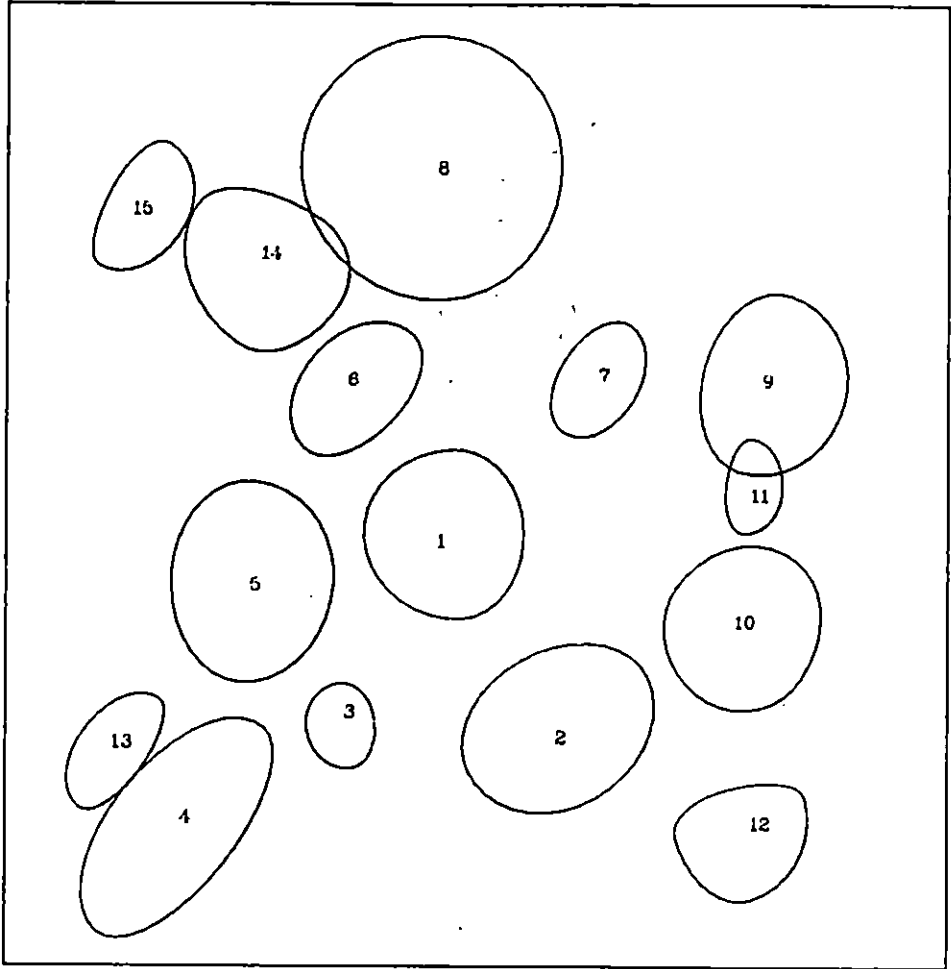
Budući da se volumen računa kao treća potencija, dobivene vrijednosti aritmetičkih sredina, a ujedno i njihova odstupanja, vrlo su velike. Tako su i vrijednosti



Sl. - Fig. 6.1. Tlocrtni prikaz krošnja (crna joha-ploha 19) - The ground-plan crowns view (Black alder-plot 19)

CV preko 100%, i to zbog velikog raspona volumena vidljivog dijela krošnji.

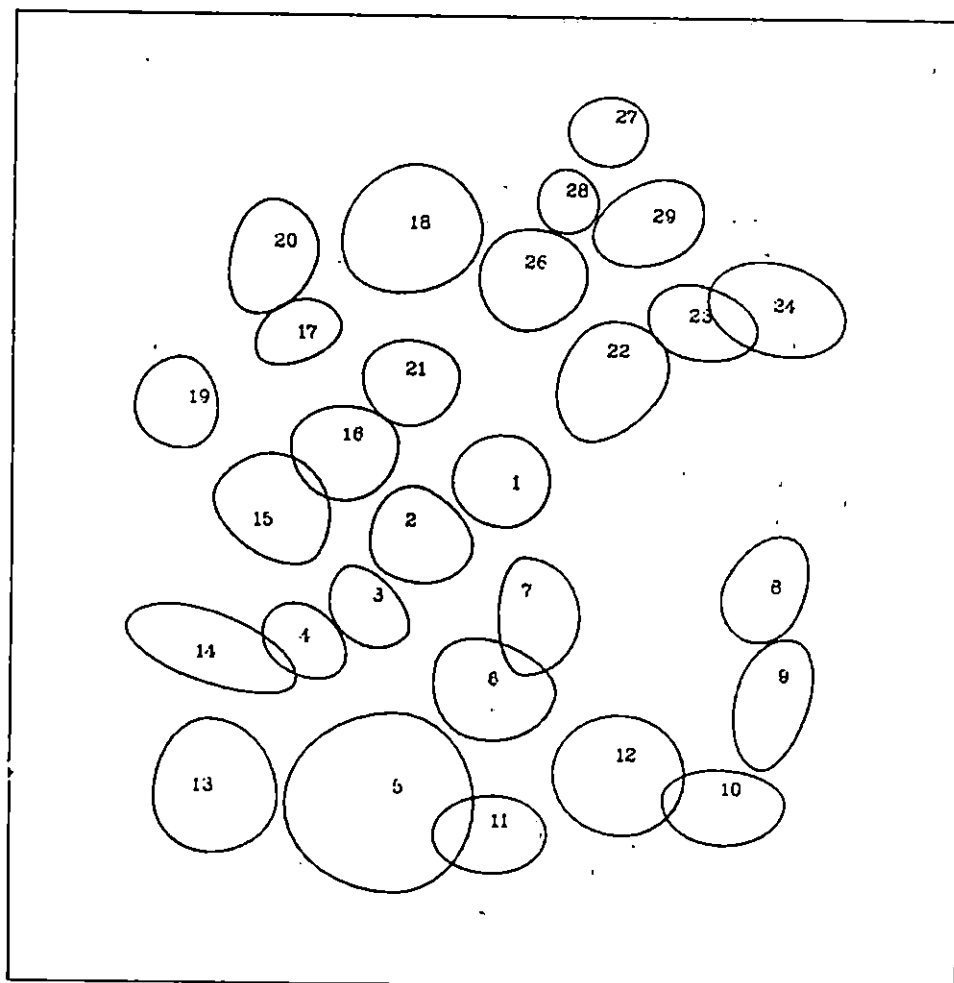
Da bi se mogli donijeti adekvatni zaključci, upotrijebljen je koeficijent volumena vidljivog dijela krošnje koji izražava odnos stvarnog volumena iraćunatog kao paraboloid prema volumenu kvadra, istih dimenzija. Analizirajući taj koeficijent, vidljivo je da njegova aritmetička sredina u većini iznosi 0,53, odnosno da volumen paraboloida iznosi 53% volumena kvadra. Ujedno su i vrijednosti CV realne veličine.



Sl. - Fig. 6.2. Tlocrtni prikaz krošnja (posljski jasen-ploha 3) - The ground-plan crowns view (Narrow-leaved ash-plot 3)

Na taj način provjerena je ispravnost takva obračuna volumena vidljivog dijela krošnje izraženoga kao paraboloid.

Te su konkretne veličine upotrijebljene u daljnjem istraživanju uz primjenu Schumacher-Hallove formule.



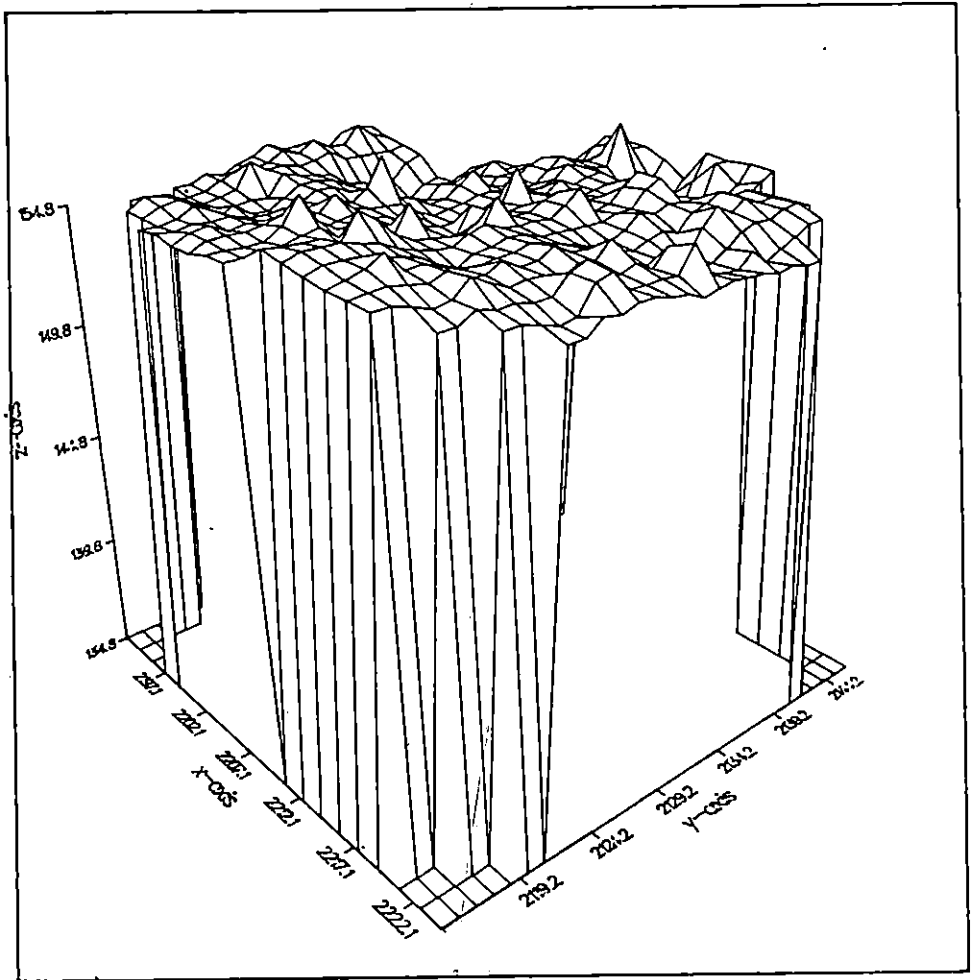
Sl. - Fig. 6.3. tlocrtni prikaz krošanja (bagrem-ploha 12) - The ground-plan crowns view (False acacia-plot 12)

Funkcionalna ovisnost volumena vidljivog dijela krošnje o promjeru i visini vidljivog dijela krošnje -

Functional visible crown volume dependence on visible crown diameter and visible crown height

Ova funkcionalna ovisnost izražena je jednadžbom

$$V_k = f(D, h_k) \quad (57)$$



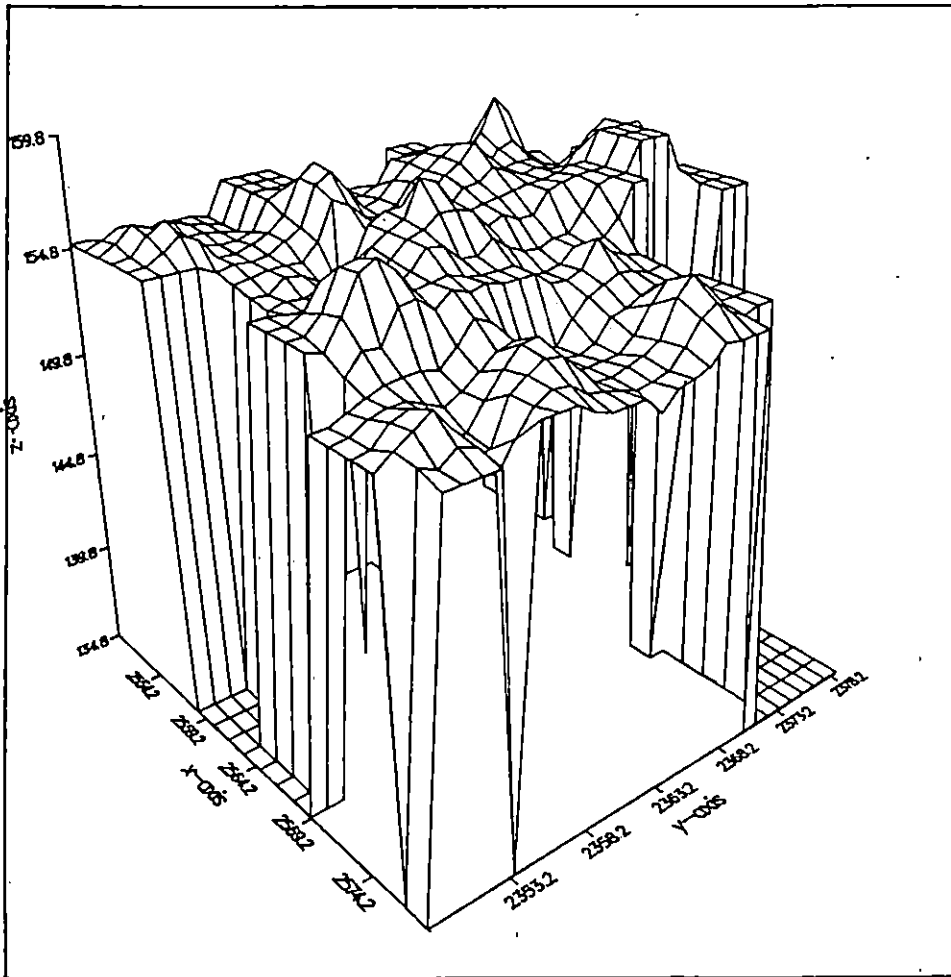
Sl. – Fig. 7.1. Prostorni prikaz krošnja (crna joha-ploha 19) – The space crowns view (Black alder-plot 19)

Za njezino rješenje upotrijebljena je Schumacher-Hallova formula (br. 36). Njezinim logaritmiranjem i uvrštavanjem konkretnih podataka izračunati su parametri potrebni za njezino daljnje korištenje.

U tablici br. 25 nalazi se prikaz tih parametara za sve tri istraživane vrste drveća.

Na osnovi prije objašnjenih i dokazanih funkcija (jednadžbe br. 50 i 51) zaključuje se da postoji korelacijska veza između volumena vidljivog dijela krošnje, s jedne, i promjera i visine vidljivog dijela krošnje, s druge strane (jednadžba br. 57).

Modificirani oblik Schumacher-Hallove jednadžbe za obračun volumena vidljivog dijela krošnje zadovoljava. Vrijednosti parametra b se kreću oko 2, a parametra c oko 1, bez obzira na vrstu drveća. To znači da volumen vidljivog dijela krošnje svakog stabla raste s drugom potencijom promjera vidljivog dijela krošnje i prvom potencijom visine vidljivog dijela krošnje. Log a ima vrijednost oko 0.27.



Sl. - Fig. 7.2. prostorni prikaz krošanja (poljski jasen-ploha 3) - The space crowns view (Narrow-leaved ash-plot 3)

Usporede li se ti rezultati s rezultatima dobivenim primjenom Schumacher-Hallove formula za izračunavanje drvene mase stabala kod izrade dvoulaznih tablica istih vrsta, zaključuje se da se vrijednosti parametra b i c ne razlikuju, iako svi drugi odgovaraju potencijama prsnog promjera i visine stabla. Razlika je jedino u vrijednosti logaritma parametra a.

Iz objašnjenoga se može zaključiti da je moguće izraditi dvoulazne tablice volumena vidljivog dijela krošnje.

Međutim, postavlja se pitanje kako iskoristiti prikazane rezultate i iz njih dobivene zaključke o volumenu vidljivog dijela krošnje, odnosno gdje i na koji način primijeniti Schumacher-Hallovu formulu (br. 36).

Poznato je da je krošnja, između ostalih dijelova stabla, pokazatelj brojnih karakteristika, ali i stanja samog stabla, a i njegove okolice i uvjeta u kojima živi.

Šumarsku praksu najviše interesira korelacijski odnos između pojedinih dimenzija stabla, a u prvom redu se to donosi na utvrđivanje drvene mase.

Iz tog razloga trebalo bi daljnja istraživanja usmjeriti u ovim pravcima:

1. Utvrditi volumen vidljivog dijela krošnje za ostale vrste.
2. Koliki je odnos na taj način utvrđenog volumena vidljivog dijela krošnje i stvarnog volumena krošnje?
3. Koliki je odnos volumena vidljivog dijela krošnje u odnosu na volumen debla, odnosno drvenu masu?
4. Kako se mijenjaju vrijednosti volumena vidljivog dijela krošnje u odnosu na različita staništa istih vrsta i dobi?
5. Koliki je prirast volumena vidljivog dijela krošnje u različitim vremenskim (godišnjim) razdobljima?
6. Da li se i na koji način volumen vidljivog dijela krošnje mijenja u odnosu na promjenu stanja sastojine i promjenu zdravstvenog stanja stabla?

U svakom slučaju potrebno je nastaviti istraživanje. Možda se promjene zdravstvenog stanja stabla mogu uočiti kroz promjene volumena vidljivog dijela krošnje, bez obzira na vrstu upotrijebljenog fotomaterijala. U tom slučaju trebalo bi ciklički snimati pojedina područja.

Primjenom Schumacher-Hallove formule moguće je relativno lako utvrditi volumen vidljivog dijela krošnje, a on može biti dobar pokazatelj brojnih stanja stabla i sastojine.

Tlocrtni prikaz krošanja – The ground-plan crowns view

Grafičko je rješenje tlocrtnog prikaza krošanja nazvano »koordinatna ortogonalna projekcija površina krošanja«.

Rezultat, u prijašnjim poglavljima opisane metode, prikazan je na slikama 6.1, 6.2 i 6.3. Promatrajući te slike, uočavaju se dimenzije promjera krošanja, čije su numeričke vrijednosti prikazane u prijašnjim tablicama i opisane. Nadalje, uočava se nepravilnost pojedinih krošanja zbog različitih promjera (D_1 , D_2). Razlike između najveće i najmanje površine projekcije krošnji najmanje su kod bagrema (na slici 6.3). Na slici 6.2, kod poljskog jasena, primjećuju se veliki međuprostori.

Uočeni međuprostori još jednom potvrđuju razlike promjera izmjerenih različitim načinom, jer su ovdje ti međuprostori mnogo veći nego u prirodi.

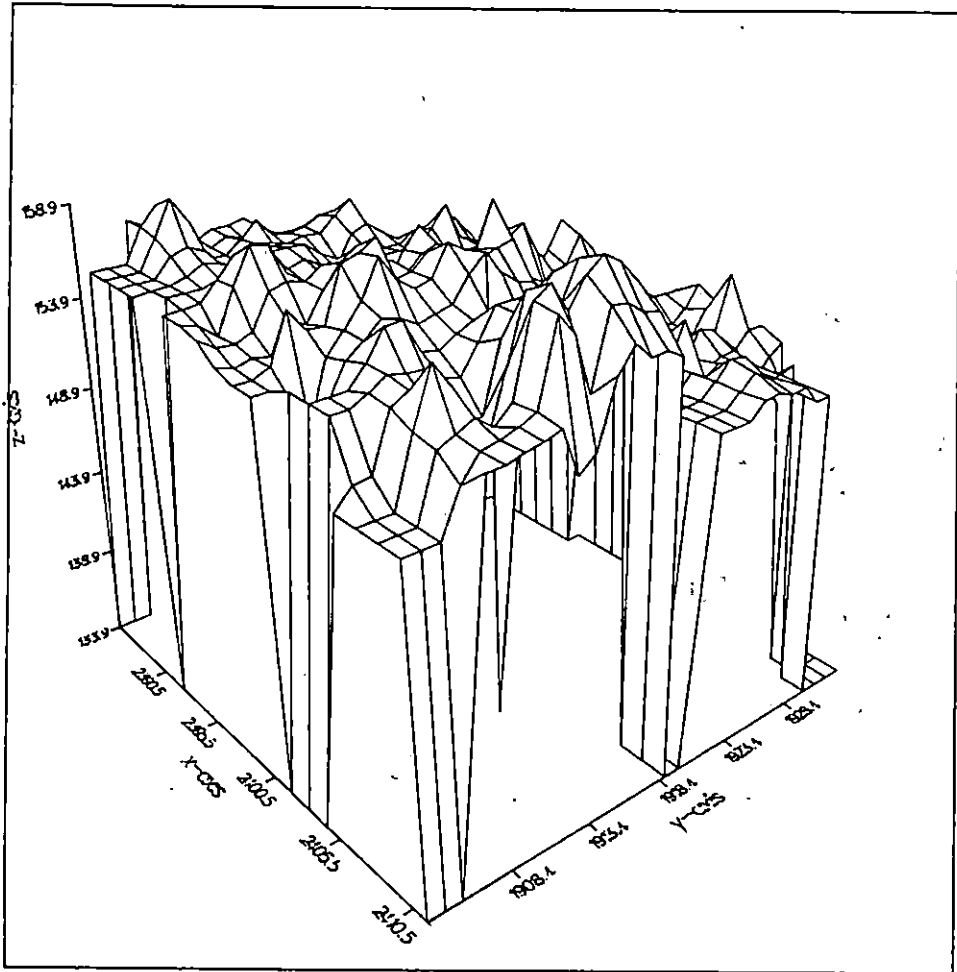
Pojedine se krošnje preklapaju zbog prije opisanog načina izmjere i crtanja.

Vrh stabla određuje brojka na krošnji svojim donjim lijevim dijelom.

Položaj krošanja točno određuje položaj stabala u plohi, odnosno sastojini. Greška nastaje jedino kod jako nagnutih stabala.

Takav način prikazivanja upotpunjuje predodžbu o sastojini i njezinim elementima na temelju numeričkih vrijednosti. Sklop utvrđen fotogrametrijski uočava se i vizualno. Paralelnim promatranjem dviju ili više slika uočavaju se razlike, ali i sličnosti pojedinih ploha, odnosno sastojina. Ovaj prikaz ima i tu prednost da se uvijek možemo bez većega fizičkog napora i mnogo utrošenog vremena »vraćati« u sastojinu i provjeravati prije donesene zaključke te dodatno ispitivati.

Sve prije izračunate vrijednosti promjera vidljivog dijela krošnje moguće je i izmjeriti.



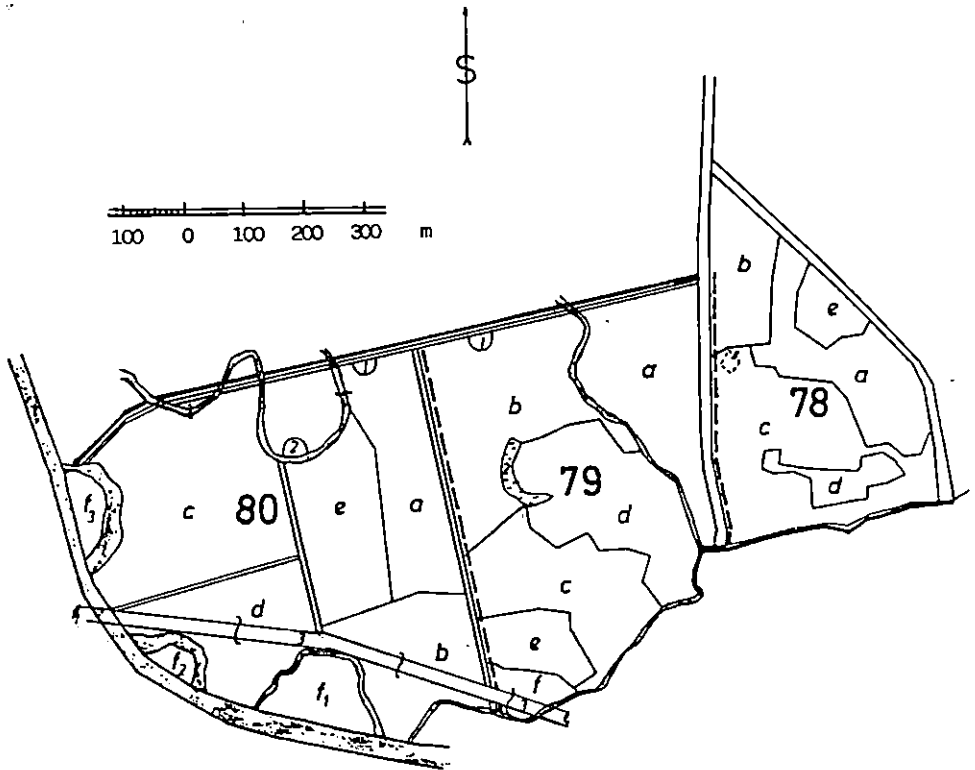
Sl. - Fig. 7.3. Prostorni prikaz krošanja (bagrem-ploha 12) - The space crowns view (False acacia-plot 12)

Prostorni prikaz krošanja - The space crowns view

Grafičko rješenje prostornog prikaza krošanja samo po sebi je interpretacija rezultata. Prikazano je kao primjer na sl. 7.1, 7.2 i 7.3.

Takav način prikazivanja još više upotpunjuje prije opisanu predodžbu, daje još veću kvalitetu donesenim zaključcima. Usprkos tomu što su ovdje moguća mjerenja svedena na minimum, kvaliteta se dobiva u prvom redu na plastičnosti prikaza i na uočavanju određenih odnosa i u jednoj plohi i između pojedinih ploha. Na primjer, na slici br. 7.1, na kojoj je prikazana crna joha, uočavaju se brojne krošnjice, za

K.o. Kotoriba



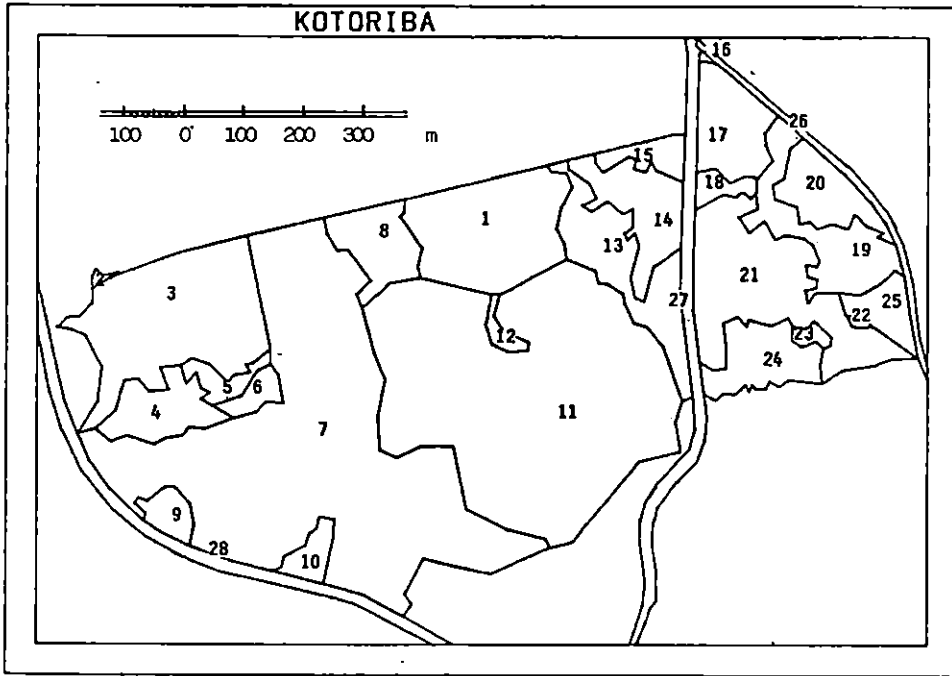
Sl. - Fig. 8.1. Karta izrađena uobičajenim načinom - Usual map

razliku od ostalih slika. Uz to uočavaju se odnosi visina krošanja prema visini stabala, jer početna vrijednost na osi z prikazuje stvarnu nadmorsku visinu terena izraženu u metrima.

Prilikom crtanja moguće je odabrati i smjer gledanja za svaku pojedinu promatrane plohu, tako da se još više istakne plastičnost i bolja uočljivost većeg dijela plohe.

Gledajući tako ovu sliku, promatrač dobiva trodimenzionalnu predodžbu, i to bez inače teško dostupnih aerosnimaka i skupog instrumentarija, te se na taj način jednim dijelom omogućuje uvid u tajne i ljepotu prostornog prikaza velikom broju ljudi istovremeno. Promatrač ima osjećaj kao da »u brišućem letu nadire« prema šumi.

Uz to ovaj programski paket omogućava crtanje tlocrtnog prikaza u x-y sustavu projekcija krošanja na istoj slici.



Sl. - Fig. 8.2. Digitalna karta - Digital map

Kartiranje - Mapping

Opisanim načinom u prijašnjim poglavljima istraživano područje podijeljeno je u 28 tabli ukupne površine 74,9025 ha. Pregled svih tabli s pripadajućim površinama nalazi se u tablici br. 26:

Sve table podijeljene su u 9 različitih razreda. Detaljni pregled nalazi se u tablici br. 27.

Istraživano područje kartirano je u mjerilu 1:10 000 (sl. 8.2). Za usporedbu i provjeru točnosti priložena je gospodarska karta mjerila 1:10 000 (sl. 8.1).

Analiziramo li obračun površina (tablica 27), na prvom mjestu uočava se preciznost i brzina obračuna. Dvadeset i osam izlučenih tabli grupirano je u devet različitih razreda te je ponovo obračunata površina.

U tablici br. 27 vidljivo je da je izlučena obrasla površina od neobrasle (ceste, kanali), poljoprivredne kulture, plješine i vlažnije tlo. Što se šume tiče, izlučeni su dijelovi šuma u odnosu na razlike u dobi (starije, mlađe), te sklopljenost (potpuna, nepotpuna), kao i sastojine u fazi formiranja.

Usporedimo sada same karte.

Uočavaju se razlike digitalne karte s gospodarskom kartom, u prvom redu zbog vremenske razlike te promjene stanja sastojina (odsjeci 80/a, b, d, e). Međutim, kod starijih dijelova, koji nisu doživjeli velike promjene u stanju sastojine, novo izlučivanje je puno detaljnije (odsjek 80/c, odjeli 78, 79).

Ovdje moram napomenuti da naknadno nije uspoređivano sa stvarnim stanjem na terenu, i to najviše zbog promjene stanja sastojine nakon vremenske razlike od sedam godina. No, prilikom rekognosciranja terena, kao i prilikom izmjere po plohama, uočeni su neki karakteristični detalji koji potvrđuju opisanu usporedbu.

Iz svega navedenoga dolazi se do sljedećih zaključaka.

Fotogrametrijsko izlučivanje sastojina ima određene prednosti zbog svoje preciznosti, ali se nikako ne možemo osloniti samo na sobni rad. Ono će biti kompletno i vrlo precizno tek nakon uvida u teren i usporedbe sa stvarnim stanjem, posebno kod manje recentnih snimaka i promjena stanja sastojina te zbog neuočljivosti ostalih elemenata važnih za izlučivanje.

Kompjutorsko kartiranje ima mnogo veće prednosti, pogotovu što jednom digitalizirane točke ostaju trajno memorirane te se mogu dopunjavati novim podacima ili mijenjati. Uz to brzina i preciznost obračuna površina mnogo je veća od bilo kojega drugog načina utvrđivanja.

Nadalje, moguće je u svako doba iscrtati cijele karte ili njihove dijelove u željenom mjerilu i potrebnoj količini, ovisno o potrebama.

ZAKLJUČAK - CONCLUSION

U ovom istraživanju osnovni je cilj bio procjena taksacijskih elemenata stabala na infracrvenim kolornim aerosnimcima. Taj osnovni cilj dijelio se na nekoliko užih, konkretnijih ciljeva koji su detaljno opisani u poglavlju 2.1.

Imajući ih na umu, iz provednih istraživanja izlaze ovi zaključci:

1. Ova istraživanja provedena su za crnu johu, poljski jasen i bagrem.
2. Moguća je procjena taksacijskih elemenata sastojine pomoću vidljivih parametara stabala na infracrvenim kolornim aerosnimcima.
3. Primjena infracrvenih kolornih aerosnimaka, osim svoje najvažnije prednosti – utvrđivanja zdravstvenog stanja šuma, daje također mogućnost utvrđivanja taksacijskih vidljivih elemenata na aerosnimku. Izražajnost oblika krošanja pojedinih stabala, dijelova sastojine ili cijelog područja je vrlo velika i kvalitetna te zajedno sa širokom lepezom preslikanih tonova stvara prostor za precizan rad.
4. Primijenjeni snimci mjerila 1:10 000 blizu su granice upotrebljivosti za utvrđivanje taksacijskih elemenata sastojina.
5. Instrumenti II, a posebno I. reda, iako konstrukcijski komplicirani, omogućuju vrlo jednostavan, a nadasve precizan rad. Višestruka povećanja perspektive, široke mogućnosti kartiranja u različitim mjerilima i upisivanje podataka na različitim medijima omogućuju kompleksnu obradu dijelova ili cijelog područja vidljivog na uloženom stereoparu.
6. Očitavanjem koordinata (x , y , z) samo pet točaka na krošnji stvara se mogućnost utvrđivanja brojnih elemenata stabla, odnosno sastojina, te mogućnost spoznavanja novih zakonitosti važnih za kompletiranje cjelovite slike stabla. jednom očitane koordinate ostaju trajno zapisane te se mogu koristiti u bilo koje vrijeme i biti obrađene na bilo koji način.
7. Primjena kompjutora u šumarstvu uopće, a posebno u fotogrametriji, prijeko je potrebna, u zajednici s instrumentima višeg reda čak bi se moglo reći i obavezna.

Brzina obrade obilja podataka, malog ulaza, s nebrojeno mnogo izlaznih rezultata različita oblika i karaktera, toliko je važna i potrebna za daljnja istraživanja i praktičnu primjenu u šumarstvu.

Razvijeni svijet je davno zaboravio uobičajenu obradu »pješice«, ne iz razloga što je to zastarjelo, nego zato što je to preskupo. U današnje vrijeme stručnjak istraživač više nema vremena da se »šeće« između podataka i da se koristi uobičajenom tehnikom obrade.

8. Kombinacijom analitičke obrade i grafičkog prikaza dobivenih na tako brz način korisnik najprije dobiva uvid u cjelokupan problem, a zatim, promatrajući ga i analizirajući s više strana, dolazi do vrlo kvalitativnih i kvantitativnih rješenja. Neopterećen tehnikom obrade ostavljen mu je i prostor i vrijeme da se maksimalno usredotoči na postavljeni problem.
9. Zajedničkom primjenom aerofotogrametrijskih snimaka, instrumenata višeg reda i kompjutera korisnik dobiva mogućnost sveobuhvatnih istraživanja te uvid u otkrivanje novih spoznaja i utvrđivanje novih zakonitosti, dotad nemoguće ostvarivih rješenja, odnosno operacionalizacijom prikazanih metoda dobiva mogućnost racionalizacije određivanja drvne zalihe u praksi.
10. Promjer krošnje mjerjen fotogrametrijski nije jednak promjeru mjerjen terestrički. Provedeni u-test pokazuje da postoji signifikantna razlika između aritmetičkih sredina kod sve tri vrste, i to s 99% vjerojatnosti.
Promjer krošnje mjerjen fotogrametrijski u odnosu na terestrički iznosi:
 - za crnu johu 0.60:1,
 - za poljski jasen 0.66:1 i
 - za bagrem 0.62:1odnosno koeficijent korekcije iznosi
 - za crnu johu 1.67,
 - za poljski jasen 1.52 i
 - za bagrem 1.61.
11. Prikazani rezultati dobiveni su uporabom aerosnimaka sitnog mjerila (1:10 000) u sklopljenim sastojinama.
12. Prilikom svake fotogrametrijske izmjere promjera krošanja treba utvrditi koeficijent korekcije, odnosno razliku D_T i D_F .
13. Nastaviti započeta istraživanja, a posebno utvrditi korelacije terestričke i fotogrametrijske izmjere promjera krošnji za ostale gospodarske vrste drveća.
14. Ne postoji signifikantna razlika vrijednosti visina stabala mjenjenih različitim načinom.
15. U nedostatku programa za kompjutorsko izjednačenje visinske krivulje po Mihailovljevoj formuli visinska krivulja se može izjednačiti i jednadžbom parabole, s tim da se ne može upotrijebiti desni krak parabole izjednačenja, tj. od momenta kada se vrijednost h počinju smanjivati, odnosno krivulja »padati«. Pomoću jednadžbi:
 - za crnu johu $h = 3.245 + 1.281 \cdot d_s - 0.019 \cdot d_s^2$
 - za poljski jasen $h = 6.146 + 1.130 \cdot d_s - 0.014 \cdot d_s^2$
 - za bagrem $h = 16.263 + 0.387 \cdot d_s - 0.003 \cdot d_s^2$moguće je na osnovi izmjerenih prsnih promjera izračunati visine stabala spomenutih vrsta.
16. Na osnovi korelacijske veze između promjera krošnje i prsnog promjera

iskazane izrazom $D = f(d)$ i jednadžbom pravca:

- za crnu johu $D_s = 0.377 + 0.166 \cdot d_s$

- za poljski jasen $D_s = -0.710 + 0.246 \cdot d_s$

- za bagrem $D_s = -0.527 + 0.215 \cdot d_s$

moguće je izračunati vrijednosti promjera krošnja. Također je moguće analizirati promjer krošnje u odnosu na intenzitet debljinskog prirasta.

17. Postoji korelacijska veza između promjera krošnje i visine stabla

- Kod poljskog jasena $D_s = -5.100 + 0.421 \cdot h$

- kod bagrema $D_s = -4.274 + 0.392 \cdot h$

Kod crne johe kut nagnutosti pravca nešto je manji zbog toga što su promjeri krošnja ujednačeniji. Na osnovi postavljenih jednadžbi i izračunatih vrijednosti parametara mogu se na temelju izmjerenih visina izračunati promjeri krošnja spomenutih vrsta.

18. Korelacijska veza fotogrametrijski dobivenih rezultata između promjera vidljivog dijela krošnje i visine stabala dokazana je jedino kod bagrema te jednadžba glasi

$$D = -7.752 + 0.668 \cdot h_0 - 0.008 \cdot h_0^2$$

Za tu vrstu izjednačenje se može izvesti krivuljom parabole, koja je više nalik pravcu.

Kod crne johe i poljskog jasena korelacijska veza nije dokazana. Nelogično je da povećanjem vrijednosti visine stabla dolazi do smanjenja vrijednosti promjera vidljivog dijela krošnje (crna joha, slika 5.2.1.1) ili da se vrijednosti promjera vidljivog dijela krošnje ne mijenjaju (poljski jasen, slika 5.2.2.1). Razlog tomu možda se krije u zastrtosti krošnja, koje su inače manje varijabilnih vrijednosti, pa je restitutoru otežano očitavanje.

19. Iz odnosa vrijednosti visine vidljivog dijela krošnje i njezina pomjera zaključuje se da postoji korelacijska veza za sve tri istraživane vrste. Pomoću jednadžbe pravca

- za crnu johu $h_k = 0.240 + 0.398 \cdot D$

- za poljski jasen $h_k = 1.206 + 0.252 \cdot D$

- za bagrem $h_k = 0.659 + 0.506 \cdot D$

i konkretnih vrijednosti promjera vidljivog dijela krošnje moguće je izračunati vrijednost visine vidljivog dijela krošnje.

20. Korelacijska veza između visine vidljivog dijela krošnje u odnosu na visinu stabla postoji samo za bagrem. Na temelju jednadžbe pravca

$$h_k = -4.015 + 0.281 \cdot h_0$$

i konkretnih vrijednosti visine stabla može se izračunati visina vidljivog dijela krošnje.

21. Odnos vrijednosti volumena vidljivog dijela krošnje i njezine visine može se prikazati parabolom. Na temelju konkretnih vrijednosti visine vidljivog dijela krošnje uvrštenih u jednadžbe

- za crnu johu $V_k = -2.179 + 0.356 \cdot h_k + 0.982 \cdot h_k^2$

- za poljski jasen $V_k = -4.945 + 2.832 \cdot h_k + 0.792 \cdot h_k^2$

- za bagrem $V_k = -4.054 + 1.341 \cdot h_k + 1.297 \cdot h_k^2$

mogu se izračunati vrijednosti volumena vidljivog dijela krošnje.

22. Također na temelju vrijednosti promjera vidljivog dijela krošnje uvrštenih u jednadžbu parabole

– za crnu joku

$$V_k = -2.463 + 5.150 \cdot D + 1.057 \cdot D^2$$

mogu se izračunati vrijednosti volumena vidljivog dijela krošnje.

23. Volumen vidljivog dijela krošnje izračunat kao volumen paraboloida jedno je od mogućih rješenja i zadovoljava naprijed postavljenu pretpostavku. Vrijednost standardne devijacije i koeficijenta varijacije velika je zbog velikog raspona minimalnih i maksimalnih vrijednosti. Upotrebom koeficijenata paraboloida dobivenog na ovaj način moguća je provjera obračuna volumena vidljivog dijela krošnje prikazanoga kao paraboloid.
24. Nastaviti istraživanja u primjeni Schumacher-Hallove formule
 $V_k = a \cdot D^b \cdot h_k^c$,
jer je pomoću nje relativno lako utvrditi volumen vidljivog dijela krošnje, a on može biti dobar pokazatelj stanja stabla i sastojine.
25. Iz dobivenih vrijednosti (tablica br. 25) moguće je izraditi dvoulazne tablice volumena vidljivog dijela krošnje.
26. Gdje je god moguće, treba primijeniti fotogrametrijsko izlučivanje sastojina.
27. Primjena digitajzera i kompjutorsko kartiranje opravdava uloženi trud s obzirom na dobiveni rezultat. Postignuta preciznost vanjskih granica i unutrašnjih novoizlučenih ili potvrđenih postojećih unutrašnjih vrlo je velika. Istovremeni rezultat je i obračun površine. U svakom momentu možemo mijenjati mjerilo crtanja. Vrlo je jednostavno izvršiti dopune i promjene nastale nakon određenog vremenskog razdoblja. Moguća je izrada tzv. »sendvič karata«, odnosno višeslojnih folija povezanih u jedan kumulativan rezultat.
Jednom upisani podaci koordinata karata ostaju trajno zapisani na vrlo prikladnom mediju, a karta ili njezini dijelovi mogu se dobiti na vrlo brz i jednostavan način u željenom mjerilu.
28. Tlocrtni prikaz krošanja, nazvan »koordinatna ortogonalna projekcija površina krošanja« (sl. 6.1.–6.3), otvara nove mogućnosti istraživanja bez terenskog rada: od utvrđivanja sklopa, obraslosti, analize promjera, površine projekcije pojedinog stabla, međusobne udaljenosti i položaja.
29. Tlocrtni prikaz može se koristiti kada se želi imati trajan uvid u položaj i raspored stabala na pojedinim površinama.
30. Prostorni prikaz krošanja daje predodžbu konfiguracije krošanja velikom broju ljudi bez snimaka i stereoinstrumenata. Na isti način moguće je izraditi prostorni prikaz konfiguracije terena s istovremenim kartiranjem topografske karte. Takav grafički prikaz svojom plastičnošću upotpunjuje opću sliku promatranih problema.
31. Terenski rad svodi se na minimum. Potrebno je rekognoscirati teren te testirati pretpostavke i rezultate metodom uzoraka. Sistematskim radom obrađuju se brzo velike površine na precizan način.
32. Fotogrametrijske i fotointerpretacijske metode mogu biti primjenjive i isplative i za analizu manjih površina, ako postoji već snimljeni vjerodostojni materijal.

LITERATURA – REFERENCES

- Cestar, D., i dr., 1985: Ekološko gospodarski tipovi šuma. Svezak 5, Zagreb.
Cimerman, V., & Z. Tomašegović, 1966: Atlas fotogrametrijskih instrumenata. Zagreb.
Donassy, V., M., Olučić & Z. Tomašegović, 1983: Daljinska istraživanja u geoznanostima. Zagreb.

- Fiedler, T., 1986: Razvoj fotogrametrije. Međimurje 9: 55-60, Čakovec.
- Hadživuković, S., 1977: Planiranje eksperimenata. Beograd.
- Hitrec, V., 1984: Mjerenje u drвноj industriji. Zagreb.
- Köndler, G., 1986: Die Ermittlung von Bestandsparametern als Eingangsgroößen fuer Interzeption-Modelle mit Hilfe aerophotogrammetrischer Verfahren. Freiburg.
- Klepac, D., 1965: Uređivanje šuma. Zagreb.
- Kostijal, V., 1986: Korelacijski odnos uočljivog broja krošnji u stereomodelima jednodobnih šuma bukve s prsnim promjerom centralnog stabla. Magistarski rad, Banja Luka.
- Krejšči, V., 1988: Prirast širina krošanja hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom na području Hrvatske. Radovi 77, Zagreb.
- Kušan, V., 1988: Točnost određivanja površina projekcije krošnje obične jele. Šumarski list 11-12: 489-496, Zagreb.
- Loetsch, F., & K. E. Haller, 1973: Forest inventory. Vol. I, Muenchen.
- Lukić, N., 1983: Izmjera jednodobnih sastojina primjenom uzoraka promjenljive vjerojatnosti selekcije. Magistarski rad, Zagreb.
- Obrež-Spoljar, J., 1986: Kompjutorizacija u geodeziji i prostornom planiranju. Međimurje 9: 71-78, Čakovec.
- OSNOVA GOSPODARENJA G. J. »DONJE MEĐIMURJE«, 1982. Zagreb.
- Pleško, J., 1986: Automatizacija u fotogrametriji. Međimurje 9: 61-70, Čakovec.
- Pranjić, A., 1963: Ovisnost drvene mase stabla o promjeru krošnje i visini. Šumarski list 9-10: 364-366, Zagreb.
- Pranjić, A., 1965: Korelaciona analiza između prsnog promjera, promjera krošnji, visine i drvene mase stabala kod nekih tipova jelovih šuma i šuma poljskog jasena. Šumarski list 1-2, Zagreb.
- Pranjić, A., 1977: Dendrometrija. Zagreb.
- Pranjić, A., 1986: Šumarska biometrija. Zagreb.
- Štamenković, V., 1974: Prirast i proizvodnost stabala i šumskih sastojina. Beograd.
- ŠUMSKOGOSPODARSKA OSNOVA VARAŽDINSKO-MEĐIMURSKOG ŠUMSKOGOSPODARSKOG PODRUČJA, 1986. Varaždin.
- Tomasegović, Z., 1986: Fotogrametrija i fotointerpetacija u šumarstvu. Zagreb.
- Tomasegović, Z., 1961: Ovisnost promjera $d_{1,30}$ jele i smreke o širini krošnje i visini stabla. Šumarski list 7-8: 254-261, Zagreb.
- Tomasegović, Z., 1987: primjerna fotogrametrije i fotointerpretacije u planiranju. Glasnik za šumske pokuse 3: 85-94, Zagreb.
- Tomasegović, Z., 1963: Primjena fotogrametrije kod izrade šumskogospodarskih projekata. Šumarski list 3-4: 103-110, Zagreb.
- Vukelić, J., 1985: Doprinos fotointerpretacijske analize vegetacijskom istraživanju šumskih zajednica Nacionalnog parka »Risnjak«. Glasnik za šumske pokuse 23: 95-140, Zagreb.

MIROSLAV BENKO

Original scientific paper

ASSESSMENT OF STANDS ELEMENTS ON COLOUR INFRARED AERIAL PHOTOGRAPHS

Summary

In this work estimation of stand elements on CIR aerial photographs scale 1:10 000 has been described. Establishments and methodes that are rarely used in practice have been used in the study because of their possibility to achieve simple and practical solutions. The research purpose was the approach of realized results to the daily forest practice, as well as their practical usage.

Photointerpretation and measurements on photos have been done using the I and II row instruments (»B8« and »A7«).

Extraction and readings of coordinates of the five (5) points on visible crown part on example trees of black alder, narrow-leaved ash and false acacia have been done in the study. Field heights have been taken from a topographic map-scale 1:5 000. On the basis of these data the diameter, height and volume of the visible crown part as well as tree height have been calculated. DBH, projection of the crown diameter, increment and tree height have been calculated in the field. Mutual relations of single parameters have been researched with a stress on correlation of crown diameter and tree height measured by different methods.

Numerical and textual elaboration as well as graphical views have been processed by computer, c.g. researched functions graphs, ground-plan crown view, space crown view and digital map.

Received August 31, 1992
Accepted October 1, 1992

Author's address:
Miroslav Benko
Directorate of Forestry
43 300 Koprivnica
Croatia

JOSO VUKELIĆ & ĐURO RAUŠ

FITOCENOLOŠKI ASPEKT SUŠENJA ŠUMA U TUROPOLJSKOM LUGU

PHYTOZOENOLOGISCHER ASPEKT DES WALDSTERBENS IN WAELDERN VON TUROPOLJSKI LUG

Prispjelo: 15. 9. 1992.

Prihvaćeno: 1. 10. 1992.

Prije desetak godina započeli smo sustavna fitocenološka istraživanja posljedica sušenja hrasta lužnjaka u Hrvatskoj i izvješćujemo o rezultatima promjena vegetacijske strukture i flornog sastava fitocenoza u Turopoljskom lugu. Sušenjem je zahvaćeno približno 2000 ha, uglavnom fitocenoze hrasta lužnjaka i velike žutilovke (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Ht. 1938). Promjene nisu istovrsne, očituju se u tri različita tipa, ovisno o staništu i šumskoj zajednici. Rezultat istraživanja su također karte realne i potencijalne šumske vegetacije, a one će biti osnovno polazište pri saniranju stanja i novoj gospodarskoj podjeli.

Istovrsne posljedice sušenja na fitocenoze hrasta lužnjaka uočili smo i u ostalim nizinskim područjima Posavine i Podravine, gdje su istraživanja u toku.

Ključne riječi: fitocenološki sastav, sušenje šuma, hrast lužnjak, Turopoljski lug

UVOD – EINLEITUNG

U jednom od prethodnih radova (Rauš & Vukelić 1988) izvijestili smo o rezultatima kompartivnih vegetacijskih istraživanja na lokalitetima sušenja hrasta lužnjaka u nizinskom dijelu sisačke regije. Upozorili smo na bitne promjene u flornom sastavu naše najvažnije nizinske šume hrasta lužnjaka i velike žutilovke s rastavljenim šašem (*Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum remotae*). Sušenje

šumskih ekosustava hrasta lužnjaka nastavljeno je na većim prostorima u Hrvatskoj i ne pokazuje tendenciju zaustavljanja. U suradnji sa šumskoprivrednim organizacijama istraživanja su sustavno nastavljena i u otkrivanju uzorka i nastalih posljedica otišli smo korak dalje. U ovome radu iznijet ćemo samo fitocenološki aspekt multidisciplinarnih istraživanja u Turopoljskome lugu koje smo proveli u razdoblju od 1989. do 1991. godine. Promjene u vegetacijskoj strukturi i flornom sastavu su znatne, a odstupanja od tipski građenih fitocenoza vrlo velike. Ona su posljedica sušenja, odnosno sinergističkog djelovanja nepovoljnih čimbenika u zadnjih dvadesetak godina u šumi i izvan nje.

OPĆENITO O ISTRAŽIVANOM PODRUČJU ALLGEMEIN UEBER UNTERSUCHUNGS GEBIET

Gospodarska jedinica »Turopoljski lug«, površine 4333,6 ha, nalazi se 5 km jugoistočno od Velike Gorice, između rijeke Odre i željezničke pruge Zagreb-Sisak. Omjer smjese glavnih vrsta drveća prema Gospodarskoj osnovi iz 1985. g. pokazuje ovaj odnos: 77% hrasta lužnjaka, 8% crne johe, 8% običnoga graba, 4% poljskoga jasena i 3% ostalih vrsta drveća.

Šume Turopoljskog luga imaju specifičnu povijest. One su vjekovima služile prije svega za žirenje poznate pasmine turopoljskih svinja, čiji je uzgoj jedna od osnovnih gospodarskih djelatnosti Turopoljaca. Ophodnja hrasta, omjer smjese, načini i intenzitet sječa bili su prilagođeni uzgoju krošnjatih, plodonosnih hrastova (slika 1). Vrlo su zanimljive brojne pučke svečanosti posvećene šumi i hrastu lužnjaku, koje su se zadržale do prve polovice dvadesetog stoljeća (L a s z o w s k i 1910). Situacija se počela mijenjati krajem prošlog stoljeća. Prva gospodarska osnova sastavljena je 1875. godine, druga, naprednija, 1895, a godinu dana poslije osnovan je šumarski ured za plemenitu općinu Turopolje. To je ujedno početak većih radova i ulaganja u šumi, prije svega na izgradnju cesta, nastambi, kopanje odvodnih kanala, umjetno podizanje sastojina, sređivanje posjedovnih odnosa i drugo. Takav trend nastavljen je u XX. stoljeću, a to se odrazilo na sastav i stukturu šuma. No one su bitno narušene tek u posljednjih dvadesetak godina. To je doba gradnje velikih meliorativnih sustava, šumskih prometnica i kanala, čime je bitno promijenjen prije svega vodni režim.

Šume Turopoljskog luga razvijene su na tipičnom reljefu zapadnog dijela Posavine, karakteriziranoga izmjenama brojnih greda i niza, dok su veće depresije i bare ograničene tek na stare vodotoke. Nadmorska visina iznosi od 97 do 109 m, a teren blago pada od zapada prema istoku, tj. prema rijeci Odri. Geološko-litološku podlogu čine deluvijalne i aluvijalne naslage nastale nanošenjem i taloženjem recentnog materijala. Aluvijalni nanosi nastali su uzajamnim djelovanjem rijeke Save i njezinih pritoka. Od tala prevladavaju hidromorfna tla, prije svega euglej, na gredama nizinski pseudoglej, dok je rjeđi fluvisol. Klima je kontinentalna, himidna, umjereno topla, po Koeppenovoj klasifikaciji tipa Cfwbx". Za najbližu meteorološku stanicu Zagreb-Pleso srednja godišnja temperatura u razdoblju od 1971. do 1980. godine iznosila je 10, 2 st. C, a prosječna količina oborina 893 mm.

Za sve nizinske šumske ekosustave od životne je važnosti vodni režim, prije svega podzemna, ali i poplavna i oborinska voda. Razina podzemne vode u

Turopoljskom lugu i okolici mjeri se bunarima i piezometrima nažalost tek od 1981. Ona ipak od 1983. godine pokazuje trend pada, što se istovremeno poklopilo i s izrazito sušnim godinama 1982, 1983, 1985, 1987. i 1988. (Marušić 1990). To je istovremeno razdoblje najvećeg sušenja šuma, a kulminacija je nastupila 1986. godine. Na približno 2000 ha etat sušaca iznosio je oko 15% ukupne mase. Smanjenje razine podzemnih voda sasvim se drugačije reflektira na fitocenološki sastav zajednica od stagnacije poplavnih i oborinskih voda. Ono se zbilo u središnjem dijelu Turopoljskog luga i rezultiralo najvećim sušenjem. Stagnacija voda uvjetuje prije svega povećanu koncentraciju CO₂ u površinskom sloju tla, a najčešće je posljedica »kazetiranja« pojedinih odjela cestama i nasipima. Za Turopoljski lug je značajno također poplavljanje izrazito onečišćenom savskom vodom u vrijeme visokih vodnih valova. Kada poplava zaprijeti širem području zapadne Hrvatske, aktiviraju se odteretni kanali i voda se pušta u šume. Zadnji takav slučaj bio je u jesen 1990. godine.

Unatoč velikoj zanimljivosti i blizini Zagreba, razmjerno mali broj fitocenologa i botaničara istraživao je šume i njihovu okolicu u Turopolju. Horvat (1938) više puta spominje Turopoljski lug i donosi fitocenološki prikaz šume hrasta lužnjaka i velike žutilovke iz toga područja. Od botaničara Hulina često istražuje, a prikaz i analizu flore donosi 1989. godine.

ŠUMSKA VEGETACIJA TUROPOLJSKOG LUGA WALDVEGETATION IN TUROPOLJSKI LUG

Fitocenološka istraživanja šumske vegetacije Turopoljskog luga pokazala su da u normalnim prilikama ima karakter, sastav i strukturu tipičnih nizinskih šumskih ekosustava Pokuplja i Posavine. Temeljne šumske zajednice čine šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba na gredi (*Carpino betuli-Quercetum roboris* Rauš 1969), šuma hrasta lužnjaka i velike žutilovke na sušim i vlažnim nizama i plićim depresijama (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Ht. 1938) i šuma poljskog jasena s kasnim drijemovcem u vlažnim i džombastim nizama i depresijama (*Leucoio-Fraxinetum parvifoliae* Glav. 1959). Te su asocijacije raščlanjene na već opisane i poznate suboasocijacije iz nizinskog područja Hrvatske. Unutar subasocijacija, isključivo kao posljedica promjena u staništu i sastavu vegetacije zbog sušenja, opisali smo sekundarne ekološko-vegetacijske jedinice nižeg ranga, a označili smo ih kao varijante. Svjesni smo manjih nedostataka takva imenovanja i prikaza, ali važeći Kodeks fitocenološke nomenklature zasada ne pruža drugačije mogućnosti. U svijetu su poznati i drugačiji, prilagodljiviji primjeri, no u Hrvatskoj nisu primjenjivani ni u duhu našega jezika imenovani. Varijante su imenovane po najzastupljenijoj vrsti, a ekoindikatorska svojstva te i ostalih diferencijalnih vrsta varijanata trebala bi činiti ekološki skup vrsta koji bi upućivao na karakter promjena u staništu i zajednici. Dakako da je to samo na primjeru Turopoljskog luga bilo dosta teško ustanoviti, jer su praćenja promjena flornog sastava zbog sušenja nizinskih šuma u nas novijeg datuma (Rauš 1980, Rauš & Vukelić 1988, Rauš 1990).

Fitocenološka istraživanja obavljena su prema poznatim načelima ciriško-monpelješke škole, a kartiranja terestričkom metodom u mjerilu 1:10 000. Zbog velikih promjena i heterogenosti u razvoju sastojina mjestimično pojedine jedinice nije bilo moguće jasno razgraničiti pa su prikazane mozaično, kao miješanje dviju varijanata. To su u pravilu lokaliteti zahvaćeni jakim sušenjem hrasta lužnjaka, ili pak nejasne i neizdiferencirane grede na kojima se očituje ubrzana sukcesija vegetacije. Relativno je mnogo kartografskih jedinica, ali problematika istraživanja i prikazivanja asocijacija, subasocijacija i varijanata je složena. Radi tehničkih poteškoća vegetacijska karta nije tiskana uz ovaj rad. Ona se nalazi u šumariji Velika Gorica i knjižnici Katedre za uzgajanje šuma Šumarskog fakulteta u Zagrebu.

I. Šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* Rauš 1969)

Ta fitocenoza uspijeva na približno trećini površine Turopoljskog luga, na gredama i pseudogleju. Ona nije zahvaćena sušenjem i zasada je najstabilnija šumska zajednica istraživanog područja. Razvijena je u dvije jasno izražene subasocijacije, tipičnoj i s običnom bukvom. Budući da je njezin florni sastav poznat iz brojnih ranijih fitocenoloških radova, a u Turopoljskom lugu nije promijenjen, to ga nećemo prikazivati fitocenološkim tablicama.

1. Tipična šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris typicum* Rauš 1969)

Tipična šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba pridolazi u većim kompleksima u predjelima Gornjak, Ostrovska greda, Podotočje te u južnom dijelu gospodarske jedinice. To su ocjedite, više grede koje su izvan dohvata poplavne vode, a razina podzemne vode je niža nego u ostalim zajednicama (slika 2).

Florni sastav tipične subasocijacije je prilično homogen i nema diferencijalnih vrsta. U sloju drveća prevladavaju hrast lužnjak i obični grab, pri čemu mjestimično graba ima previše, a hrast izostaje ili ga je vrlo malo. To su posljedice neadekvatnih gospodarskih zahvata. Sloj grmlja je slabo razvijen, a stalnije vrste su *Acer campestre*, *Corylus avellana* i *Euonymus europaea*. To su vrste sveze *Carpinion*, suših i viših područja pa tu asocijaciju jasno izdvajaju od ostalih zajednica nizinskog područja. U tom smislu posebno je indikativan sloj prizemnog rašća. Već u rano proljeće čine ga geofiti *Leucoium vernum* i *Galanthus nivalis*, a nešto kasnije ostale mezofilne vrste, među kojima se ističu *Anemone nemorosa*, *Galium odoratum*, *Lamium galeobdolon*, *Stellaria holostea*, *Veronica montana*, *Viola reichenbachiana* i druge. Tipična subasocijacija se u najvećem dijelu nadovezuje na inicijalnu gredu obraslu šumom hrasta lužnjaka i velike žutilovke subasocijacija s običnim grabom, i nastavlja se subasocijacijom lužnjakovo-grabove šume s bukvom.

2. Šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba s bukvom (*Carpino betuli-Quercetum roboris fagetosum* Rauš 1969)

Ta specifična i u nizinskom području Hrvatske relativno rijetka subasocijacija

zauzima najviše i najsuše terene u predjelu Gornjak i na krajnjem južnom dijelu gospodarske jedinice. Osnovno je obilježje te subasocijacije znatniji pridolazak i konkurentnost obične bukve. U novonastalim uvjetima suših staništa u nizini postoje dobri uvjeti za njezinu ekspanziju, no to stručnjaci ne smiju dopustiti jer se ona odvija nauštrb hrasta lužnjaka. Na mnogim lokalitetima gdje danas dominira bukva je početkom stoljeća bila mnogo manje zastupljena i na njima zauzima mjesto koje je pripadalo hrastu. Ona je u toj subasocijaciji apsolutno poželjna, ali se uvijek mora držati pod kontrolom. Od ostalih diferencijalnih vrsta subasocijacije značajnije su zastupljene *Luzula pilosa*, *Rubus hirtus* i *Galium sylvaticum*.

Sa stajališta sušenja i stabilnosti šuma stanje u zajednici zadovoljava, što se glede uzgajanja šuma i omjera smjese glavnih vrsta drveća ne može reći.

II. Šuma hrasta lužnjaka i velike životinje (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Ht. 1938)

Naša najpoznatija i najvrednija nizinska šumska zajednica doživjela je u Turopoljskom lugu drastične promjene i velika odstupanja od tipski građenih sastojina Posavine. Razlučena je na tri subasocijacije, no unutar njih su također velike promjene pa smo izlučili više varijanata. One su posljedica promjena u staništu i sušenja šuma.

1. Šuma hrasta lužnjaka i velike žutilovke s grabom (*Genisto elatae-Quercetum roboris carpinetosum betuli* Ht. 1938)

Promatrajući kompleks šuma Turopoljskog luga, uočavamo znatne prijelazne površine od vlažnijih niza na sjeveru i istoku prema višim terenima Gornjaka i južnim dijelovima uz željezničku prugu. Posebno su zastupljene u središnjem dijelu šume uz glavnu šumsku prometnicu, u odjelima 72-74 i 90-91. Njih smo u istraživanjima identificirali kao najsušu subasocijaciju šume hrasta lužnjaka i velike žutilovke, odnosno kao inicijalnu fazu nastanka grada i prijelaz prema zajednici hrasta lužnjaka i običnoga graba. Florni sastav se poklapa s opisima subasocijacije Horvata (1938) i Glavača (1961). No miješanje vrsta iz sveza *Carpinion* i *Alno-Quercion* je očito, a nestabilne i narušene šume Turopoljskog luga nedostatne za nova, drugačija mišljenja.

Ta se subasocijacija razvila iz šume lužnjaka i velike žutilovke s drhtavim šašem, a razvoj će završiti šumom hrasta lužnjaka i običnoga graba. U sloju drveća dominira hrast lužnjak, obični grab je čest, no nema dimenzije, konkurentnost, vitalnost i regenerativnu sposobnost kao na tipičnim gredama. U sloju grmlja prevladavaju klen, lijeska, grab i glogovi, a u sloju prizemnog rašća na vrlo malim plohamo mozaično se smjenjuju higrofiti i mezofiti. Dominira vrsta *Carex brizoides*, mjestično *Carex remota*, *Glechoma hederacea* i druge.

Na mjestima gdje subasocijacija graniči s ostalim zajednicama zahvaćenim sušenjem nije ni ona mimoidena pa se suše rubna stabla i čak manje skupine. Najbolji primjer je zapadni dio gospodarske jedinice i predjel Topolovec veliki.

2. Šuma hrasta lužnjaka i velike žutilovke s drhtavim šašem (*Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum brizoidis* Ht. 1938)

Šuma lužnjaka i žutilovke s drhtavim šašem optimalno uspijeva u jugozapadnom dijelu panonskog bazena Hrvatske. Pokriva znatne površine u središnjem dijelu Turopoljskog luga i u desetak odjela pedjela Hrastine. Hrast lužnjak čini glavnu vrstu drveća, dok su ostale rijetke. Sloj grmlja čine *Viburnum opulus*, *Frangula alnus*, *Ulmus minor*, a sloj prizemnog rašća znatno je siromašniji od subasocijacije s rastavljenim šašem. No zato je vrlo bujan i vrlo često 100% pokriva tlo (slika 3). Čini ga drhtavi šaš (*Carex brizoides*), a stalniji su *Circaea lutetiana*, *Polygonum hydropiper*, *Lychnis flos cuculi*, *Solanum dulcamara*, *Galeopsis tetrahit*, *Glechoma hederacea* i osobito *Dryopteris carthusiana*.

Istraživanja su pokazala da je upravo ta subasocijacija najlabilnija i da su se najveće promjene dogodile u njoj. Stoga se prethodni opis odnosi na njezine tipski razvijene sastojine, dok je druga skupina sastojina subasocijacije označena kao varijanta s vrstom *Juncus effusus*.

a) varijanta *Juncus effusus*

Unutar opisane subasocijacije *Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum brizoidis* u središnjem dijelu Turopoljskoga luga, a osobito u predjelima Hrastine i Topolovec veliki, hrast lužnjak se drastično suši. Nakon provedenih sanitarnih sječa na mnogo mjesta ostale su čistine velike i po nekoliko hektara (slike 4. i 5). To su u pravilu nešto niži tereni, depresije tanjurastih formi i oblika u kojima su se zbile velike promjene. Florni sastav sastojina, njegova fizionomija i struktura potpuno su izgubili karakter tipski razvijene subasocijacije *caricetosum brizoidis* kojoj su prije promjena bez sumnje pripadale. Prisutne su biljke netipične za tu zajednicu, pri čemu se stalnošću ističu *Salix cinerea*, *Juncus effusus*, *Cirsium palustre* i *Peucedanum palustre*. Sita (*Juncus effusus*), inače redovita vrsta u našim nizinskim šumama, prekriva osušene površine i do 100%. S druge pak strane iz sastojina su potpuno nestale mnoge vrste tipične za šumu hrasta lužnjaka i velike žutilovke. Oko rijetkih preostalih stabala, koja su također u fazi sušenja, bujno se razvija kupina (*Rubus fruticosus*). Ekoindikatorska svojstva prisutnih vrsta upućuju na zamočvarenost biotopa koji nije bio takav. O tome zorno svjedoči na mnogo lokaliteta prisutan zakržljali i zastarčeni obični grab, koji je tu pridošao prije desetak do dvadeset godina i koji je u razvoju naglo spriječen. Grmolikog je habitusa, krivog stabalca i visine do preko 2 m. Na njegovo mjesto sada pridolaze *Salix cinerea*, *Frangula alnus* i *Alnus glutinosa*.

Na osnovi istraživanja može se pouzdano zaključiti da je subasocijacija lužnjaka i žutilovke s drhtavim šašem koja se razvijala u smjeru formiranja suše zajednice lužnjaka i graba naglim promjenama prekinuta u prirodnoj sukcesiji. Stagnirala je poplavna i oborinske vode, zamočvario se biotop i osušio se hrast lužnjak. Što je zamočvarenje bilo jače, to je i intenzitet sušenja bio veći. Prirodni karakter staništa i florni sastav danas su potpuno nestali, a od karakterističnih vrsta ostale su samo mjestimično još veće hrpe vrste *Carex brizoides*.

3. Šuma hrasta lužnjaka i velike žutilovke s rastavljenim šašem (*Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum remotae* Ht. 1938)

Ta zajednica zauzima približno 40% površine Turopoljskog luga, no tipski

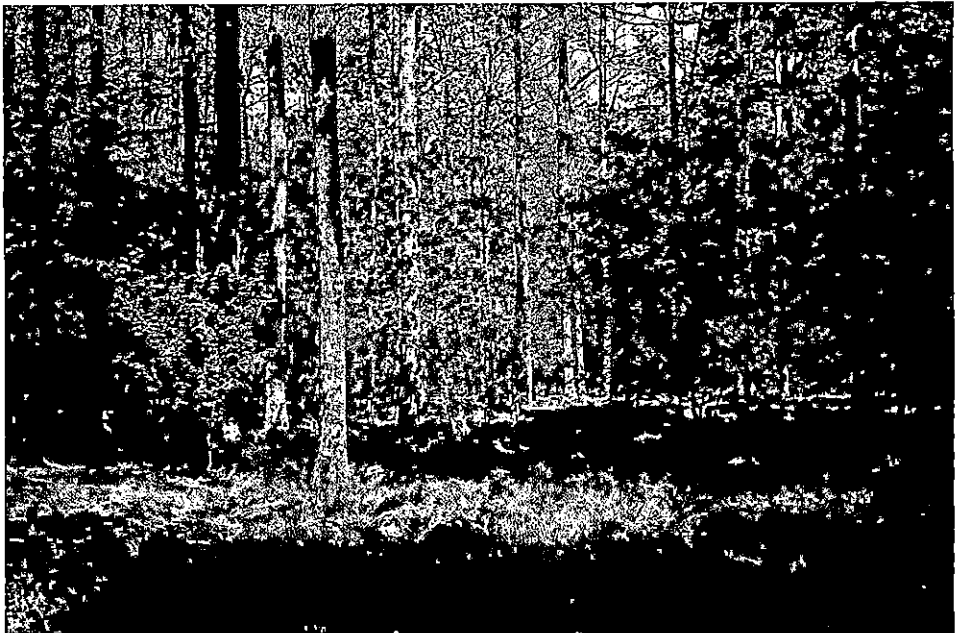


Sl. - Abb. 1. Šume Turopoljskog luga tridesetih godina ovog stoljeća, u vrijeme dok su ih istraživali profesori A. Petračić, M. Anić i I. Horvat - Die Wälder von Turopoljski lug in den dreissiger Jahren dieses Jahrhunderts, zur Zeit der Forschungen von den Professoren A. Petračić, M. Anić und I. Horvat.
Foto: I. Horvat



Šl. - Abb. 2. Šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba na gredama uz rijeku Odru - Stieleichen-Heinbuchenwald auf Mikroerhöhungen entlang des Flusses Odra

Foto: J. Vukelić



Sl. - Abb. 3. Tipičan izgled šume hrasta lužnjaka i velike žutilovke s drhtavim šašem (*Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum brizoidis* Ht.) - Typische Aussicht des Ginster-Stieleichenwaldes mit Seegras (*Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum brizoidis* Ht.)

Foto: J. Vukelić

razvijene sastojine nalazimo dosta rijetko osim u jugoistočnom dijelu područja Jalševa greda i u jugoistočnom dijelu gospodarske jedinice prema kanalu. U njima nema drastičnog sušenja hrasta lužnjaka. Ono je prisutno kod pojedinih stabala ili manjih skupina, naprimjer u 56. i sjevernom dijelu 65. odjela.

U sloju drveća uspijevaju hrast lužnjak, crna joha, nizinski brijest i poljski jasen, dok su ostale vrste relativno rijetke. One uz vrste *Viburnum opulus*, *Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea* i *Genista tinctoria* čine razvijeni i bogat sloj grmlja (slika 6). U prizemnom rašću dominiraju vrste vlažnih i mokrih staništa, odnosno niza: *Carex remota*, *Lysimachia nummularia*, *Glechoma hederacea*, *Ajuga reptans*, *Lycopus europaeus*, *Galium palustre*, *Polygonum hydropiper* i mnoge druge.

Kao i prethodna subasocijacija s drhtavim šašem, tako je i subasocijacija s rastavljenim šašem zbog različitih manifestacija promjena i intenziteta sušenja morala biti raščlanjena na varijante.

b) Varijanta *Crataegus oxyacantha*

Ta je varijanta najbliža tipski razvijenoj subasocijaciji, a pridolazi samo uz desnu obalu Odre na povišenim terenima, odnosno nanosima. Pojas je od Odre širok najčešće 250, a ponegdje i do 400 metara. Ti izdignuti tereni u vegetacijskom smislu nisu grede i lužnjakovo-grabova šuma. Za razliku od normalno građene subasocijacije s rastavljenim šašem u sloju drveća hrast lužnjak jako dominira, a ostale vrste su rijetke. Registrirali smo pojedinačno starija stabla nizinskog brijesta koja se uvelike suše. Sloj grmlja je izrazito razvijeni, vrlo često pokriva površinu i do 90%, no ovdje se ne radi o zakorovljenju terena kao što je slučaj u varijanti *Rubus fruticosus*. Čine ga prije svega *Crataegus oxyacantha*, *Ulmus minor*, *Cornus sanguinea*, *Prunus spinosa* i druge vrste. Uz samu oblau Odre na više mjesta uočili smo žestilj (*Acer tataricum*). Sloj prizemnog rašća identičan je s opisanom, tipski razvijenom subasocijacijom.

Sušenje hrasta lužnjaka je pojedinačno, a ovu varijantu u gospodarskoj podjeli ne treba odvajati od tipski građene subasocijacije *Genista elatae-Quercetum roboris caricetosum remotae*, nego mogu zasada ostati u istim odsjecima, odnosno odjelima. To naravno ne važi za one lokalitete uz Odru na koje je već naletio i na kojima se razvija obični grab.

b) varijanta *Rubus fruticosus*

Sastojine te varijante specifične su fizionomije i strukture. U ovim istraživanjima su vrlo značajne jer su karakterističan oblik sušenja hrasta lužnjaka, različit od dosada opisanih. Varijanta je rasprostranjena u području uz veliki kanal Odra-Sava u odjelima 7 do 22. U sloju drveća prisutan je samo hrast lužnjak i samo u podstojnoj etaži pojedinačno crna joha. Stabla hrasta lužnjaka većinom su lošijeg izgleda i kvalitete. Krošnje počinju relativno nisko, specifično su formirane (»metlasto«), što uz izostanak poljskoga jasena, nizinskog brijesta i drugih vrsta upućuje na umjetno podizanje tih sastojina na površinama na kojima nije bilo šume. Sloj grmlja je vrlo bujan, zakorovljen i teško prohodan (slika 7). Osobito se u tom smislu ističu vrste *Rubus fruticosus*, *Prunus spinosa* i *Cornus sanguinea*. Jedino prizemno rašće pokazuje tipski sastav, uz veću pokrovnost vrste *Agrostis stolonifera*. Ona je inače jače raširena u nizinskim šumskim ekosustavima podignutim na pašnjačkim i poljoprivrednim površinama.

Hrast lužnjak se suši u većini odjela, ali pojedinačno i u manjim skupinama. Po tome se način sušenja bitno razlikuje od zajednice lužnjaka i velike žutilovke s drhtavim šašem varijanta *Juncus effusus*. Problem daljeg opstanka tih sastojina vrlo je izražen. Njihov sastav i struktura su znatno poremećeni, stanište zakorovljeno, pa o klasičnim zahvatima njege i oplodne sječe u odgovarajućoj dobi ne može biti govora. Ovdje je dakle presudan njihov način postanka na nešumskim površinama i stres koji su doživjele izgradnjom visokih nasipa i kanala Odra-Sava. Ta se izgradnja na njih najizraženije odrazila vjerojatnim padom razine podzemnih voda. Slične pojave i fizionomiju hrastovih sastojina uočili smo i u ostalim područjima Hrvatske, osobito u dijelu Gabajeve grede u Podravini.

III. Šuma poljskog jasena i kasnog drijemovca s crnom johom (*Leucoio-Fraxinetum parvifoliae alnetosum glutinosaе* Glav. 1959)

Cenoza poljskoga jasena s kasnim drijemovcem pridolazi na krajnjem jugoistočnom dijelu Turopoljskog luga, između Odre i Lekeničke rijeke. To su depresije koje su najizvrgnutije poplavama. U predjelu Turopoljske krči (odjeli 131, 135-137 i 139) pretežu mlade sastojine, gdje uz poljski jasen sudjeluje crna joha i pojedinačno krošnjati hrst lužnjak. Sloj grmlja gradi poljski jasen i mjestimično amorfa, a sloj prizemnog rašća koji pokriva do 80% površine vrste vlažnih i povremeno plavljenih terena. To su *Deschampsia caespitosa*, *Succisa pratensis*, *Leucoium aestivum*, *Iris pseudacorus*, *Lythrum salicaria*, *Stachys palustris* i druge.

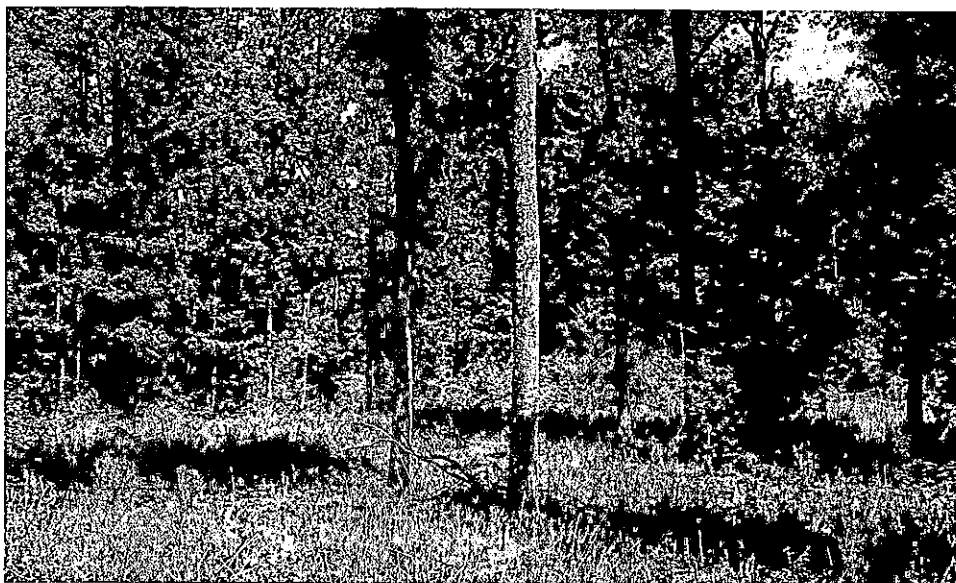
Te su mlade sastojine dobrog izgleda i vitalnosti i u istraživanju sušenja turopoljskih šuma ne zaslužuju veću pažnju. To se naravno ne odnosi na njihovo gospodarsko značenje i sindinamiku, koju će biti vrlo zanimljivo pratiti.

Moramo istaći da tipski građenih sastojina te fitocenoze, onakvih kakve je 1959. g. opisao Glavač i poslije drugi autori, u Turopoljskom lugu nalazimo vrlo rijetko. Tek u 107b odsjeku uspijeva jedna sastojina na poplavnom bitopu s karkteristično iskrivljenim deblima i jakim pridancima poljskog jasena, na izrazito džombastom tlu.

Mngo je zanimljiviji drugi veliki kompleks te zajednice s hrastom lužnjakom i vrlo izraženim sušenjem. Njih smo izdvojili i opisali kao varijantu *Quercus robur*.

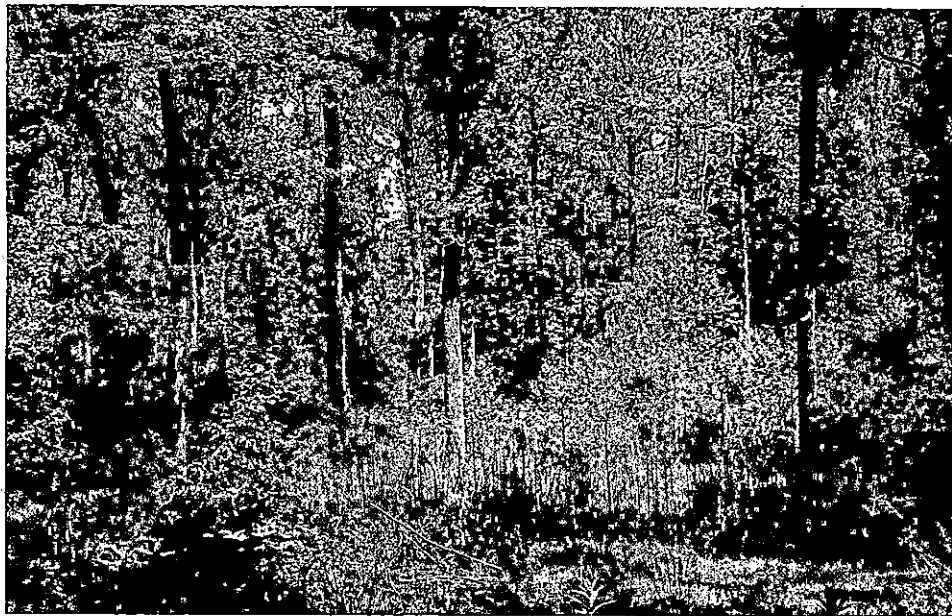
a) Varijanta *Quercus robur*

Sastojine te varijante poznate su iz prijašnjih istraživanja u susjednoj gospodarskoj jedinici »Kalje« šumarije Lekenik (Matić i dr. 1985, Prpić i dr. 1986). Sekundarnog je postanka, što je vrlo uočljivo iz fizionomije i vegetacijske strukture. Nastala je sadnjom žira hrasta lužnjaka većinom u redove na umjetno povišenim humkama na staništu šume poljskoga jasena s kasnim drijemovcem. Tijekom razvoja sastojina to se jasno pokazalo jer susrećemo mnogo poljskoga jasena, osobito u sloju grmlja, i njegovih pretećih vrsta. U prizemnom rašću se posebno ističu *Carex riparia*, *Filipendula ulmaria*, *Bidens tripartita*, *Allisma plantago aquatica*, *Leucoium aestivum*, *Succisa pratensis*, *Stachys palustris*, *Lythrum salicaria* i druge. Sušenje lužnjaka je vrlo prošireno, iako još nije zahvatilo velike skupine (slika 8). Hrast je podignut na staništu koje mu ne odgovara i na promjene sinekoloških uvjeta reagirao



Sl. - Abb. 4. Posljedice sušenja hrasta lužnjaka na staništu u 20. odjelu - Folgen des Stieleichensterbens auf dem Standort
der 20. Abteilung

Foto: J. Vukelić



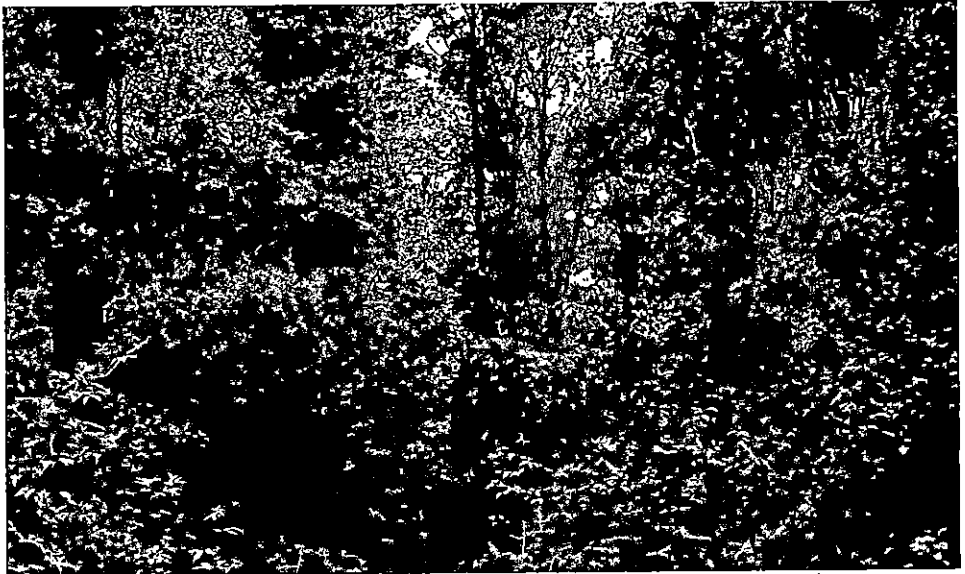
Sl. - Abb. 5. Sušenje hrasta lužnjaka i florne promjene u sastavu fitocenoze *Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum
brizoidis* Ht. var. *Juncus effusus* - Stieleichensterben und Veraenderungen der floristischen Zusammensetzung in der
Vegetationseinheit *Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum brizoidis* Ht. var. *Juncus effusus*

Foto: J. Vukelić



Sl. - Abb. 6. Karakteristična struktura i stanište šume hrasta lužnjaka i velike žutilovke s rastavljenim šašem (*Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum remotae* Ht) u Turopoljskom lugu - Charakteristische Struktur und der Biotop des Ginster-Stieleichenwaldes mit Winkelsegge (*Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum remotae* Ht.) in Turopoljski lug

Foto: J. Vukelić



Sl. - Abb. 7. Zakorovljenost staništa i obilno nastupanje vrsta *Rubus fruticosus*, *Cornus sanguinea* i *Prunus spinosa* u šumi *Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum elatae* Ht. var. *Rubus fruticosus* - Unkrautverwucherung des Standort und starker Fortschritt der Arten *Rubus fruticosus*, *Cornus sanguinea* und *Prunus spinosa* im Wald *Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum remotae* Ht. var. *Rubus fruticosus*

Foto: J. Vukelić



Sl. - Abb. 8. Sušenje hrasta lužnjaka u zajednici *Leucoio-Fraxinetum parvifoliae alnetosum glutinosae* Glav. var. *Quercus robur* u Turopoljskom lugu - Stieleichensterben im Knotenblumen-Feldeschen-Schwarzerlenauenwald (*Leucoio-Fraxinetum parvifoliae alnetosum glutinosae* Glav. var. *Quercus robur*) in Turopoljski lug

Foto: J. Vukelić

je sušenjem. To je stanište poljskog jasena i potencijalnu vegetaciju u većem dijelu 55, 132-134. i 138-140. odjela čini zajednica *Leucoio-Fraxinetum parvifoliae* i šumarski stručnjaci moraju u budućnosti u tom cilju podrediti svoje djelovanje. Dobar primjer za to naći će u susjednim odjelima opisanima u prethodnom poglavlju, gdje se mlada sastojina poljskog jasena i crne joha pravilno razvija.

IV. Šuma crne joha s trušljikom (*Frangulo-Alnetum glutinosae* Rauš 1971)

Zajednica zauzima tek nekoliko hektara u 4, 117. i 118. odjelu pa fitocenološki neće biti posebno prikazana. Sastav joj je tipičan kao i u ostalim sastojinama u Posavini. Tijekom kartiranja nailazili smo na bivša staništa te zajednice uglavnom u nekadašnjim vodotocima. Ona su najčešće umjetnim putem naglo isušena pa uz joha uspijevaju poljski jasen i hrst lužnjak. To je i najčešće sudbina te već veoma rijetke, ali zanimljive i prirodnoznanstveno značajne zajednice nizinskog područja Hrvatske. Spominjući tu zajednicu, treba istaći da će crna joha kao pionirska vrsta imati važnu ulogu u obnovi posušenih sastojina Turopoljskog luga.

V. Šumske kulture

Najznačajnije su šumske kulture topola u predjelu Kobilica te kulture jasena i johe na šumskim čistinama. Upravo posječene kulture topola u predjelu Topolovec mali kartirane su kao zajednica *Genista elatae-Quercetum roboris caricetosum remotae* kojoj to stanište pripada.

Pokušaj kultiviranja poznatog predjela Vratova datira još iz prošlog stoljeća i ponavljan je više puta, ali je uspjeh slab.

Tab. II.
Asoc. - Ass.: *Leucoio-Fraxinetum parvifoliae* Glavač 1959

Subas. - Subass.: *alnetosum glutinosae* Glavač 1959
Var. - Var.:

	132	131	136	139	140	135
Odjel - Abteilung:	400	400	400	400	400	400
Pov. - Aufnahmefläche (m/2):	100	90	80	90	75	70
Pokrovnost - Deckung (%):	A	5	20	20	60	15
	B	95	80	80	80	100
	C	1	2	3	4	5
Br. snimka - Aufnahmeummer:						

Quercus robur

Florni sastav - Floristische Zusammensetzung

Svojevrsne i diferencijalne vrste asocijacije, sveze *Alno-Quercion* i reda *Populetalia - Aszoz.-Alno-Quercion roboris* u. *Populetalia* Char.-u. Diff.-Arten:

<i>Fraxinus parvifolia</i>	A	4	3	4	+	+	+
<i>Alnus glutinosa</i>		3	4	3	1	+	.
<i>Fraxinus parvifolia</i>	B	+	2	1	2	3	3
<i>Alnus glutinosa</i>		+	+	.	1	1	1
<i>Frangula alnus</i>		+	.	+	2	+	+
<i>Viburnum opulus</i>		+	.	+	+	.	+
<i>Genista tinctoria</i> var. <i>elata</i>		.	.	.	+	+	+
<i>Carex elata</i>	C	+	1	+	+	.	+
<i>Leucium aestivum</i>		+	+	.	+	+	1
<i>Rubus caesius</i>		+	+	1	.	+	.
<i>Fraxinus parvifolia</i>		.	+	+	+	+	.
<i>Solanum dulcamara</i>		+	+	+	+	.	+
<i>Lycopus europaeus</i>		.	+	+	1	+	.
<i>Alnus glutinosa</i>		+	.	+	.	.	+
<i>Carex remota</i>		+	+	.	.	+	.
<i>Glechoma hederacea</i>		.	.	+	.	+	.
<i>Viburnum opulus</i>		.	.	.	+	.	+

Diferencijalne vrste varijante - Variante-Diff.-Arten:

<i>Quercus robur</i>	A	+	.	.	4	4	4
<i>Quercus robur</i>	B	+	.	+	+	.	+
<i>Quercus robur</i>	C	+	+	+	.	+	.
<i>Carex riparia</i>		.	+	1	3	4	4

Ostale vrste mokrih i poplavnih staništa – Andere Arten nasser und ueberschwemmter Standorte

Broj snimka		1	2	3	4	5	6
<i>Salix cinerea</i>	B	.	.	.	+	.	+
<i>Filipendula ulmaria</i>	C	+	2	1	2	2	+
<i>Succisa pratensis</i>		1	+	1	+	1	+
<i>Lythrum salicaria</i>		1	+	+	1	1	+
<i>Stachys palustris</i>		+	+	+	+	+	+
<i>Iris pseudacorus</i>		+	+	.	+	+	1
<i>Allisma plantago aquatica</i>		1	1	1	+	1	.
<i>Ranunculus repens</i>		+	+	.	1	+	.
<i>Peucedanum palustre</i>		+	+	.	+	+	.
<i>Lysimachia vulgaris</i>		.	+	.	.	+	.
<i>Deschampsia caespitosa</i>		+	+	.	.	+	+
<i>Euphorbia palustris</i>		.	+	.	.	+	.
<i>Polygonum hydropiper</i>		+	.	.	1	.	1
<i>Galium palustre</i>		.	+	.	+	.	+
<i>Bidens tripartita</i>		.	.	.	1	3	+
<i>Carex vulpina</i>		.	.	+	.	.	+
<i>Juncus effusus</i>		.	.	.	1	.	+
<i>Myosotis scorpioides</i>		.	.	.	.	.	+
<i>Festuca gigantea</i>		+	+	.	.	1	+
<i>Lychnis flos cuculi</i>		.	.	.	+	.	+
<i>Scutellaria galericulata</i>		.	.	+	.	.	.
<i>Poa trivialis</i>		+	.	+	.	+	.

Ostale vrste – Andere Arten:

<i>Geum urbanum</i>	+	.	.	+	+	.	.
<i>Erigeron annuus</i>	.	.	.	.	1	+	+
<i>Dryopteris carthusiana</i>	+	.	.	+	.	.	.
<i>Lysimachia nummularia</i>	+	.	.	.	+	.	.
<i>Ajuga reptans</i>	.	.	.	+	.	+	.

Osim toga pridelaze u jednom snimku ove vrste – Ausserdem kommen in einer Aufnahme folgende Arten vor:

B) *Rhamnus cathartica*, *Amorpha fruticosa*, *Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea*

C) *Calla palustris*, *Ficaria verna*, *Fritillaria meleagris*, *Mentha aquatica*, *Urtica dioica*, *Eupatorium cannabinum*, *Carex elongata*, *Moebringia trinervis*, *Cerastium sylvaticum*, *Cardamine pratensis*

D) *Mnium cuspidatum*, *Polytrichum formosum*

Objašnjenje kratica – Erläuterung der Abkuerzungen:

A – Sloj drveća – Baumschicht

B – Sloj grmlja – Strauchschicht

C – Sloj prizemnog rašća – Krautschicht

D – Sloj mahova – Moosschicht

ZAKLJUČCI – SCHLUSSFOLGERUNGEN

Provedena fitocenološka istraživanja šuma Turopoljskog luga pokazala su svu složenost problematike s kojom se šumarski stručnjaci danas susreću. Odstupanja od prirodnog sastava šumskih zajednica, time i od klasičnog modela fitocenoloških istraživanja i prikazivanja vrlo su velika. Rezultati se mogu ukratko sažeti u nekoliko točaka:

1. Prirodna slika vegetacije i sinekoloških uvjeta šuma Turopoljskog luga identična je s ostalim područjima toga dijela Posavine. Temeljne šumske zajednice čine šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris*), šuma hrasta lužnjaka i velike žutilovke (*Genisto elatae-Quercetum roboris*) i šuma poljskog jaseña s kasnim drijemovcem (*Leucoio-Fraxinetum parvifoliae*). One su

raščlanjene na već poznate subasocijacije, no zbog razlika nastalih sušenjem morali smo ih opisati u nižim ekološko-vegetacijskim jedinicama, varijantama. Varijante imaju veliko praktično značenje jer su odraz stanja i razlika u šumskim sastojinama.

2. Najznačajnija zajednica Turopoljskog luga je šuma hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom (*Genisto elatae-Quercetum roboris*), no u njoj je sušenje najizraženije. Većina njezinih sastojina stara je oko stotinjak godina i ona se do prije dvadesetak godina razvijala u pravcu progresije. Tada dolazi do sinergističkog djelovanja više čimbenika koji izazivaju destabilizaciju ekosustava i sušenje turopoljskih šuma.

3. Promjene u staništu i sušenje šuma uzrokovali su velike promjene u flornom sastavu i fizionomiji šumskih zajednica. One su većinom izgubile prirodne karakteristike, normalan razvoj i sindikamiku. Posljedice sušenja nisu na čitavom području istovrsne. Ovisno o procesima koji su ga uzrokovali, biotopu i šumskoj zajednici, možemo razlikovati tri osnovna oblika.

4. Najjače sušenje i najteže posljedice nastale su u šumi hrasta lužnjaka i velike žutilovke s drhtavim šašem varijanta sa sitom (*Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum brizoidis* var. *Juncus effusus*). Posušene površine iznose po više hektara, a florni sastav i diferencijalne vrste *Salix cinerea*, *Juncus effusus*, *Cirsium palustre* i *Peucedanum palustre* upućuje na zamočvarenost biotopa.

5. U zajednici hrasta lužnjaka s rastavljenim šašem varijanta s kupinom (*Genisto elatae-Quercetum roboris cricetosum remotae* var. *Rubus fruticosus*), podignutoj na nešumskim površinama sušenje je pojedinačno, ili u manjim skupinama. Fizionomija krošanja i izgled stabala su slabi, a stanište je potpuno zakorovljeno grmljem, prije svega vrstom *Rubus fruticosus*.

6. Veći dio zajednice poljskoga jasena i kasnog drijemovca s crnom johom varijanta s hrastom lužnjakom (*Leucoio-Fraxinetum parvifoliae alnetosum glutinosae* var. *Quercus robur*) suši se pojedinačno i u manjim skupinama. Tu je hrst podignut na umjetnim humkama na poplavnom staništu poljskoga jasena.

7. Fitocenološka karta realne šumske vegetacije zorno ocrta promjene sinekološko-vegetacijskog stanja i zajedno s kartom prirodne potencijalne vegetacije bit će osnova u obnovi posušanih površina i osobito u obveznoj novoj gospodarskoj podjeli.

8. Predočena vegetacijska istraživanja dio su multidisciplinarnih istraživanja znanstvenika Šumarskog fakulteta u Zagrebu, a cilj im je da upozore na smjer angažiranja šumarskih stručnjaka u otkrivanju uzorka i posljedica sušenja šuma te u saniranju postojećeg stanja u Turopoljskom lugu!

LITERATURA – LITERATUR

- Glavač, V., 1959: O šumi poljskog jasena s kasnim drijemovcem (*Leucoieto-Fraxinetum angustifoliae* ass. nova). Šum. list LXXXIII/1-3:39-45.
- Glavač, V., 1961: O vlažnom tipu šume lužnjaka i običnoga graba (*Quercus-Genistetum elatae* Horv. *carpinetosum betuli* subass. nov.). Šum. list LXXXV/9-10:317-329.
- Horvat, I., 1938: Biljnosociološka istraživanja šuma u Hrvatskoj. Glas. šum. pok. 6:127-279.
- Hulina, N., 1989: Prikaz i analiza flore u području Turopolja. Acta Bot. Croat. 38:141-160.
- Laszowski, E., 1910: Povijest plemenite općine Turopolje. Svezak I, Zagreb.
- Marušić, D., 1990: Utjecaj promjene vodnog režima na sanitarne sječe GJ »Turopoljski lug«. Diplomski rad, Šumarski fakultet Zagreb, 57 pp.
- Matić, S., B. Prpić, Đ. Rauš & Š. Meštrović, 1985: Problematika obnove šuma hrasta lužnjaka na području Šumskog gospodarstva Sisak. Ekološko-vegetacijska studija, Šumarski fakultet Zagreb, 53 pp.

- Prpić, B., A. Vranković, Đ. Rauš, S. Matić, A. Pranjić & S. Meštrović, 1986: Utjecaj ekoloških i gospodarskih činilaca na sušenje hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici »Kalje« Šumskog gospodarstva Sisak. Ekološko-vegetacijska studija, Šumarski fakultet Zagreb, 92 pp.
- Rauš, Đ., 1980: Osnovne šumsko-vegetacijske jedinice na lokalitetima sušenja hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Posavini. Ekologija XV/1:17-39.
- Rauš, Đ., & J. Vukelić, 1989: Rezultati komparativnih istraživanja šumske vegetacije na području sušenja hrasta lužnjaka. Glas. šum. pok. 25:53-66.
- Rauš, Đ., 1990: Sukcesija šumske vegetacije u bazenu Spačva u razdoblju 1970-1989. god. Šum. list CXIV49-10:341-356.
- XXX 1906: Izlet u Turopoljski lug. Šum. list XXX/12:465-470.
- XXX 1985: Gospodarska osnova za GJ »Turopoljski lug«, ŠG Zagreb.

JOSO VUKELIĆ & ĐURO RAUŠ

Original wissenschaftlicher Artikel

PHYTOZÖNOLOGISCHER ASPEKT DES WALDSTERBENS IN WÄLDERN VON TUROPOLJSKI LUG

Zusammenfassung

Das Sterben der Stieleichen-Flachlandwälder im Westkroatien gehört zu den wichtigsten Problemen der kroatischen Forstwissenschaft und Praxis. Es ist am stärksten im westlichen Teil des Flachlandgebietes Kroatiens, südwestlich von Zagreb. In dieser Arbeit haben wir den phytozönologischen Aspekt des Waldsterbens in Turopoljski lug bearbeitet. Es handelt sich um einen Flachland-Waldkomplex von 4333.6 ha, auf 97 bis 107 m Meereshöhe und einem für diesen Teil Kroatiens typischen Relief. Charakteristisch ist die Auswechslung von Mikroerhöhungen und Depressionen die meistens durch Sterben betroffen sind. An den Mikroerhöhungen wächst die bekannte *Carpinion* Gesellschaft der Stieleiche mit Hainbuche (*Carpino betuli-Quercetum roboris* Rauš 1969), in feuchten Mikrovertiefungen und kleineren Depressionen die *Alno-Quercion roboris* Gesellschaft der Stieleiche und Färberginster (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Ht. 1938), und in größeren Depressionen findet man die Feldeschengesellschaft *Leucoio-Fraxinetum parvifoliae* Glav. 1959).

Die durchgeführte phytozönologische Waldforschung in Turopoljski lug ergab große Abweichungen von einer natürlichen Zusammensetzung und Struktur. Über die in Kroatien übliche klassische Durchforstung und natürliche Verjüngung kann keine Rede sein. Die Änderungen sind in verschiedenen Varianten der bekannten Subassoziationen geschildert und sind eine Folge der synergistischen Wirkung der verschiedenen ungünstigen Faktoren, besonders aus dem Jahr 1983. Die geschilderten und kartierten Varianten haben einen großen praktischen Wert, sie weisen auf die Unterschiede zwischen Biotopen, die Intensität und Form des Sterbens hin. Die wichtigste Gesellschaft des Turopoljski lug ist der Stieleichen-Färberginsterwald (*Genisto elatae-Quercetum roboris*), nur ist dort das Sterben am stärksten. Die meisten Gesellschaften dieser Phytozönose sind etwa hundert Jahre alt, sie entwickelten sich bis vor etwa zwanzig Jahren progressiv, dann kam es zur größeren Funktionsstörungen des Ökosystems. Der Grund liegt im Bauerbeitenbeginn am großen Kanal und Damm Odra-Sava, dem Bau von kleineren Kanälen, der Regulation der bestehenden Wasserläufe, Waldwegenbau, Flutwasserverschmutzung, Schwammspinnernagen, und der häufigen Erscheinung von ein nach dem anderen trockenen Jahren. Zusammen mit der intensiven anthropogenen Beeinflussung in der Vergangenheit mit den früher errichteten Fernleitungen und Eisenbahnstrecken führte es zur Störung der Stabilität und zum Sterbender Turopolje Wälder.

Die Waldgesellschaft der Stieleiche und Färberginster mit der Binse *Juncus effusus* (*Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum brizoidis* var. *Juncus effusus*) verlor vollkommen ihre natürliche Zusammensetzung und Syndynamik. Die ausgetrockneten Flächen erstrecken sich über mehrere Hektare und die Floraaufbau weist auf Versumpfung des Biotops hin.

In der Stieleichengesellschaft mit Winkelsegge (*Genisto elatae-Quercetum roboris cricetosum remotae* var. *Rubus fruticosus*), die an nichtwaldlichen Flächen angelegt wurden, ist das Sterben einzeln oder in kleineren Gruppen, die Physiognomie der Kronen sowie das Aussehen der Bäume verschlechtert sich, und der Standort ist vollkommen mit Unkraut verwuchert, vorerst mit Brombeer (*Rubus fruticosus*).

Der größte Teil der Feldeschengesellschaft *Leucoio-Fraxinetum parvifoliae* var. *Quercus robus* stirbt einzeln und in kleineren Gruppen. Hier wurde die Eiche vor etwa achzig Jahren an künstlich errichteten Hügeln angelegt, am Flutstandort derFeldesche – in einem für sie ungünstigen Biotop.

Die Phytozönologische Karte der realen Waldvegetation schildert klar die Änderungen des synökologisch-vegetativen Zustands; zusammen mit der Karte der natürlichen potentialen Vegetation wird sie die Base für die Erneuerung der ausgestorbenen Flächen sein, besonders bei der unvermeidlichen neuen wirtschaftlichen Verteilung.

Die dargestellte Vegetationsforschung ist ein Teil der multidisziplinären Erforschungen der Wissenschaftler von Forstlichen Fakultät Zagreb. Das Ziel ist auf die Richtung der Forstexpertenverpflichtungen bei Entdeckung der Ursache und Folgen des Waldsterbens hinzuweisen und den jetzigen Zustand von Turopoljski lug zu sanieren.

Bingegangen am 22. Sept. 1992.
Angenommen am 1. Okt. 1992.

Anschrift der Autoren:
Doc. dr. Joso Vukelić
Prof. dr. Đuro Rauš
Šumarski fakultet
Katedra za uzgajanje šuma
Svetošimunska 25
41001 Zagreb, pp. 178, Hrvatska

SLAVKO MATIĆ & JOSIP SKENDEROVIĆ

STUDIJA BIOLOŠKOEKOLOŠKOG I
GOSPODARSKOG RJEŠENJA ŠUME
TUROPOLJSKI LUG UGROŽENE
PROPADANJEM (UZGOJNA ISTRAŽIVANJA)

RESEARCH ON BIOLOGICAL, ECOLOGICAL AND
ECONOMIC TREATMENT OF THE ENDANGERED
TUROPOLJSKI LUG FOREST
(SILVICULTURAL RESEARCH)

Prispjelo: 22. IX. 1992.

Prihvaćeno: 1. X. 1992.

Autori iznose razloge propadanja šuma u Turpoljskom lugu te posebno ističu uzroke propadanja izazvane promjenom u režimu vlaženja, utjecaj čovjeka i pašarenja, podizanje sastojina na neodgovarajućem staništu za određenu vrstu drveća, poremećene strukturne odnose u sastojinama, manjak lužnjakovih stabala u strukturi sastojine, izostanak njege sastojina, klimatske ekscese, onečišćenje zraka, vode i tla i dr. U radu je prikazano današnje stanje sastojina s obzirom na strukturu, sastojinski i uzgojni oblik, propadanje te ocjenu njihove perspektive. Prikazana su svojstva sastojina u svim zajednicama koje pridolaze na istraživanom području i posebno u zajednicama koje su nastale zbog poremećenih odnosa u sastojinama. Autori iznose koje uzgojne zahvate njege i obnove treba izvoditi u današnjim strukturnim i ekološkim uvjetima u kojima se nalaze ove sastojine. Posebno se ističe da se u zahvatima obnove treba i dalje računati s hrastom lužnjakom, poljskim jasenom, crnom johom i ostalim autohtonim vrstama ovog područja.

Ključne riječi: uzgajanje šuma, njega, obnova, sušenje šuma, struktura sastojine, ekološki uvjeti, podzemna voda, prirodno pomlađivanje, priprema staništa.

UZROCI PROPADANJA ŠUMA U TUROPOLJSKOM
LUGU
CAUSES FOR FOREST DIEBACK IN TUROPOLJSKI LUG

Da bismo mogli preporučiti uzgojne zahvate njege i obnove u sastojinama hrasta lužnjaka ugroženima propadanjem, nužno je spoznati one čimbenike koji su barem većim dijelom uzrokom propadanja. Lužnjakove šume u Hrvatskoj tijekom ovoga stoljeća prolazile su vremenska razdoblja koja su bila obilježena sušenjem i propadanjem, pa je relativno velik broj šumarskih znanstvenika različitih specijalnosti pokušavao riješiti taj problem. Radovi i iskustva stečeni na mjestima sušenja,

osobito u zadnjih 20-ak godina u šumama Spačve, Žutice, Lipovljana, Kalja, Vrbovca i dr., čvrst su temelj za pravilan pristup rješenju današnjih problema sušenja lužnjaka. Pri tome je važno napomenuti da svako područje i svako stanište ima svoje osobitosti koje treba poznavati u definiranju uzroka sušenja. Također u svim slučajevima sušenja s vremenom su se izdiferencirali primarni i sekundarni uzroci, koji se moraju jasno razlučiti. Često se zbog krivog kuta gledanja na problem te necjelovitoga ekosustavnog sagledavanja funkcioniranja šume dogodi da neki znanstvenici ne luče primarne od sekundarnih uzroka, što onda unosi dosta zabune pri rješavanju tih problema.

Površinska, podzemna i kapilarna voda najvažniji je ekološki čimbenik koji utječe na pridolazak, funkcioniranje i uspijevanje, nizinskih šuma općenito, a lužnjakovih šuma posebno. To je krivotok čijim se poremećajem najprije mijenjaju stanišni uvjeti koji zbog uzajamnih veza s ostalim članovima staništa i biocenoze utječu na promjene uvjeta i slabljenje svih članova ekosustava, hrasta lužnjaka najviše. Zbog toga je nužno da kod svakog oblika propadanja lužnjakovih šuma istražimo prije svega vodu kao dominantni ekološki čimbenik i promjene koje su se dogodile u režimu voda, a potom sve ostale pojave koje slijede nakon toga.

Pad razine podzemne vode koji je evidentiran na cijelom području lužnjakovih šuma u Hrvatskoj posebno je fatalan u starijim sastojinama poplavnih šuma lužnjaka. Zadržavanjem površinske vode u sastojini zbog prekidanja normalnog površinskog otjecanja zbog izgradnje cesta bez propusta, zaustavljanjem zaobalnih voda zbog nasipa, zatrpavanjem kanala »sisavaca« stvaraju se kazete u kojima se dugo zadržava voda siromašna kisikom, što sve može biti pogubno za opstanak lužnjaka.

Čovjek je već dugi niz godina prisutan sa svojim aktivnostima u šumama. Te su šume u daljoj prošlosti bile pretežno upotrebljavane za ispašu čuvenih turopoljskih svinja, s tim da nisu bile zanemarene aktivnosti oko sječe i obnove šuma. Sve se to odrazilo na današnje stanje tih šuma, pogotovo danas u vremenu brzih ekoloških promjena (voda) i onečišćenosti zraka, vode i tla.

Svinje svojom pašom sustavno uništavaju floru i faunu tla, razbijaju strukturu tla, uništavaju mikrobiološku aktivnost u tlu, što znatno utječe na razvoj strukture sastojina (bogatstvo vrsta), plodnost i mogućnost pomlađivanja. Znači da se većina tih šuma stoljećima sustavno osiromašavala i jednostrano razvijala.

Umjetno podignute sastojine hrasta lužnjaka na degradiranom tlu (pašnjaci, livade, oranice) stručni su promašaj koji nije tako brzo uočljiv, ali koji se tijekom ophodnje lužnjaka manifestira sa svim svojim manama. Lužnjak nije i ne može biti pionirska vrsta drveća kao što su to topole, vrbe, joha, jasen i dr. jer ne prihvaća degradirano tlo za svoj razvoj. Pionirske vrste stvaraju uvjete za njegov dobar rast i nužno je saditi lužnjak na formirano šumsko tlo pomoću neke od pionirskih sastojina.

Ako to ne radimo, lužnjakova sastojina podignuta na takvu tlu tijekom ophodnje pokazuje znakove rakavosti stabala, strukturne anomalije, posebno u omjeru smjese i vertikalnoj strukturi, i loša tehnička svojstva stabala glede pravnosti, usukanosti, granatosti, krošnjatosti i dr.

Takva svojstva imaju sastojine u Turopoljskom lugu, odjeli 7-22, gdje su smještene pokusne plohe br. 1, 2, 3 i 4.

Ako lužnjakove kulture podižemo na potencijalnom staništu poljskog jasena, podižemo nestabilnu sastojinu sklonu propadanju koje može izazvati i najmanji

ekološki eksces. Takve su sastojine podignute u odjelima 55, 132, 134, 138, 139 i 140, gdje se nalaze pokusne plohe broj 14 i 15.

Struktura svake sastojine zapravo su oni elementi u sastojini koji stvaraju i izgrađuju i oblikuju drvenu masu te raspoređuju u prostoru. Kad je riječ o šumama općenito, a posebno o lužnjakovim šumama, nužno je uzgajati mješovite sastojine koje će u omjeru smjese imati više vrsta drveća, a osobito one koje od prirode pripadaju dotičnoj zajednici. Hrast lužnjak u svim svojim zajednicama mora dominirati u omjeru smjese i po drvnoj masi i po broju stabala. Taj bi udio morao biti od 60 do 80% u korist lužnjaka, a 20-40% u korist drugih vrsta drveća. Proučavajući strukturalna svojstva sastojina Turopoljskog luga, uočili smo vrlo začajan manjak drvene mase u odnosu na normalu koji na pokusnim plohamo iznosi od 11 m³/ha do 262 m³/ha. Još je drastičniji podatak o manjku stabala lužnjaka u proizvodnom dijelu sastojine u odnosu na »normalan« broj. Od 14 istraživanih lužnjakovih pokusnih ploha na 11 ploha je uočen manjak stabala lužnjaka, koji se kreće od 75 do 430 komada po ha (tab. 12).

Manjak stabala, odnosno drvene mase u sastojini izaziva čitav niz nepovoljnih efekata koji se odražavaju na produktivnost, stabilnost, mogućnost prirodne obnove (urod žira, zakorovljenost i zamočvarenost tla), sastojinsku mikroklimu, stanje tla, posebno u odnosu na vlagu i mikrobiološku aktivnost i dr. Sve je to potencijalna opasnost, odnosno jedan od niza čimbenika koji uzrokuju sušenje i propadanje.

Njega sastojine je takva uzgojna mjera koja prati svaku sastojinu od njezina nastanka pa do početka oplodnih sječa. Njega mora biti prisutna u svim razvojnim stadijima i svim dobima sastojine. Učestalost njege ovisi o stanju sastojine i razvojnim stadijima. Njegovom formiramo strukturu svake sastojine, usmjeravamo njezin razvoj prema maksimalnoj proizvodnji i stabilnosti te optimalnoj obnovi na koncu ophodnje.

Sastojine u Turopoljskom lugu vrlo su slabo i rijetko njegovane, osobito u mladim razvojnim stadijima do prvih proréda (ponik, pomladak, mládik). To se uočava po strukturi sastojine (omjer smjese), po udjelu glavne vrste drveća, po kvaliteti stabala i sl.

Njega proredom ne odgovara ni po intenzitetu (propisanih 10%) ni po načinu ili metodi. Sve je to utjecalo i danás utječe na sve čimbenike u sastojini o kojima ovisi i njezina stabilnost. Vjerojatno su loše izvođene prorede u starijim sastojinama razlogom sniženja boniteta na većini odjela i pokusnih ploha. Budući da je visina dominantnih stabala mjerilo boniteta sječom najviših, tj. najdebljih i najvrednijih stabala, u zahvatu prorede neposredno se utječe na mjerila boniteta, kvalitetu sastojine i njezinu stabilnost. To sve govori o gospodarenju tim sastojinama u prošlosti.

Ekološka istraživanja su dokazala da je zadnjih 20-ak godina obilježeno klimatskim ekscesima u tim sastojinama. Ekscesi su se manifestirali u ekstremno sušnim, vlažnim i hladnim godinama, posebno u nepovoljnim kombinacijama i učestalosti nepovoljnih fenomena. Ta je pojava nedvojbeno imala utjecaj na današnje stanje tih sastojina.

Onečišćeni zrak, voda i tlo obilježje su današnjeg vremena i velika su opasnost za osjetljive lužnjakove ekosustave. Blizina Zagreba i Siska utječu na onečišćenost tih prostora.

Sekundarni štetnici, kao gubar, zlatokraj i ostali defolijanti, dobar su signal slabljenja šumskog ekosustava. Pojava tih štetnika je registrirana u zadnje vrijeme,

što upućuje na fiziološko slabljenje lužnjaka i na još jedan od štetnih utjecaja koji su pridonijeli sušenju i propadanju tih šuma.

Naša istraživanja na tom području, a i na drugim lokalitetima, dokazala su da se najviše suše labilne zajednice koje se nalaze na prelazu od nize prema gredi, odnosno zajednica hrasta lužnjaka i velike žutilovke s drhtavim šašem koja je s obzirom na nadmorsku visinu između niže zajednice hrasta lužnjaka i velike žutilovke s rastavljenim šašem i tipične šume hrasta lužnjaka i običnoga graba na većoj visini. Poplavna šuma hrasta lužnjaka s asocijacijama rastavljenim i drhtavim šašem u prošlosti je obilovala poplavnom i visokom podzemnom vodom. Zbog toga je ta zajednica razvijala relativno plitku korijensku mrežu, koja je već na dubini do 1 m bila u kontaktu sa svježom, kisikom bogatom podzemnom vodom.

Izostankom poplava zbog velikih meliorativnih radova (kanal Odra), podizanjem nasipa i padom razine podzemne vode u najnepovoljnijem položaju se našla zajednica s drhtavim šašem jer je podzemna voda spuštena ispod dohvata korijena. Zajednica s drhtavim šašem također osjeća te posljedice, ali u manjoj mjeri jer je smještena na nižoj nadmorskoj visini te je vlažnost tla (kapilarni uspon) povoljnija od vlažnosti u zajednici s drhtavim šašem.

Tipična šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba razvila se na dubokim tlima s podzemnom vodom u normalnim uvjetima, na dubini od 2 m. U profilu tla od 2 m hrast u toj zajednici razvija bogat korijenski sustav, s tim da mu najduže poniruće korijenje dohvaća vodu. Padom podzemne vode taj bogati i duboki korijenski sustav opskrbljuje se vodom iz vlažnog tla koje se vlaži kapilarnim usponom. Brojnom korijenju još je na raspolaganju bar za opstanak minimalna vlaga tla.

To su sve razlozi zašto je pojava sušenja najočitija u zajednici s drhtavim šašem, nešto manja u zajednici s rastavljenim šašem, a najmanja u zajednici s grabom.

Najjače sušenje se događa u zajednici hrasta lužnjaka i velike žutilovke s drhtavim šašem na specifičnim mjestima koja imaju tanjurast oblik, čija površina može biti velika i do nekoliko hektara. Na tim mjestima osim već opisanog spuštanja razine podzemne vode imamo i pojavu stagnirajuće površinske vode koja samo ubrzava sušenje. To je uočljivo osobito u odjelima najjačeg sušenja, a to su odjeli: 32, 38, 43, 45, 57, 60, 61, 62, 63, 74, 75, 78, 88, 89 i dr. Takve tanjuraste površine u Turopoljskom lugu zauzimaju oko 300 ha površine.

Zajednica hrasta lužnjaka i običnoga graba u Turopoljskom lugu zauzima oko 50% površine. Ostalih 25% površine zauzimaju druge zajednice koje pridolaze na tom području.

Sušenje je obuhvatilo oko 50% površine Turopoljskog luga te je od 1985. do 1990. god. evidentirano oko 100 000 m³ drvne mase, a to je intenzitet oko 20% od ukupne drvne mase.

DANAŠNJE STANJE SASTOJINA S OBZIROM NA STRUKTURU, SASTOJINSKI I UZGOJNI OBLIK, PROPADANJE TE OCJENA NJIHOVE PERSPEKTIVE

TODAY'S STATUS OF THE STANDS AS TO THEIR STRUCTURE, STAND AND SILVICULTURAL FORM AND DIEBACK-EVALUATION OF THEIR FUTURE

Izrađene fitocenološke karte stvarne i potencijalne šumske vegetacije u Turopoljskom lugu sa svojim postojećim i potencijalnim zajednicama upućuju na raskorak

NEKI STRUKTURNI POKAZATELJI NA POKUSNIM PLOHAMA U ŠUMI HRASTA LUŽNJAK I VELIKE ŽUTILOVKE S RASTAVLJENIM MAJEM															
VARIJANTA S KUPINOM (S PUNO GRMLJAJ) (PLOHA 1, 2, 3, 5)															
SOME STRUCTURAL INDICES ON THE EXPERIMENTAL PLOTS IN THE FOREST OF PEDUNCLED OAK AND GERSTA TINCTORIA WITH CAREX REMOTA.															
VAR. WITH BLACKBERRY (WITH PLENTY OF BRUSH) (PLOT 1, 2, 3, 5)															
DRVNA MASA m ³ /ha					HRAST UA + B ETAZI					OLJER ŠMAREŽI ETAZE					
WOOD MASS					OAK IN A + B LAYERS										
ODJEL	PLOHA	STARIŠT	STVARNI	NORMALNA	+	-	STVARNI	NORMALNA	+	-	STVARNI	NORMALNA	+	-	
DEP.	PLOT	AGE	REAL	NORMAL			REAL	NORMAL			REAL	NORMAL			
br.	god.	U ODJELU U 1985	U PLOHU 1990		KOM										
		IN DEP. 1985.		IN PLOT 1990.		PCS.									
8a	1	121	610	681	-71	566	595	-30	196	140	55	100	0	99	
9a	2	97	277	443	-166	327	455	-138	115	197	-81	99	1	90	
12	3	89	269	428	-160	269	448	-168	152	240	-86	99	1	99	
6b	6	92	353	375	-22	273	330	-170	165	240	-78	69	11	87	
MUMA HRASTA LUŽNJAKA I VELIKE ŽUTILOVKE S RITSKOM MAJEM (ploha 14 i 15)															
THE FOREST OF PEDUNCLED OAK AND GERSTA TINCTORIA WITH CAREX (ploha 14, 15)															
134	14	92	352	373	-21	332	392	-60	261	240	81	97	3	93	
140	15	92	291	373	-82	325	392	-67	278	240	85	87	13	97	
MUMA HRASTA LUŽNJAKA I VELIKE ŽUTILOVKE S RASTAVLJENIM MAJEM VAR. S OLOKOM (PLOHA 15)															
THE FOREST OF PEDUNCLED OAK AND GERSTA TINCTORIA WITH CAREX REMOTA VAR WITH HAYTHORN (plot 15)															
11D	16	87	330	421	-93	385	440	-68	80	240	-160	87	13	95	

Tab. 1

NEKI STRUKTURNI POKAZATELJI NA PLOHAMA U TIPSNOJ ŠUMI HRASTA LUŽNJAKA I OBEZNOG GRABA (ploha br. 7)															
ŠUMI HRASTA LUŽNJAKA I OBEZNOG GRABA S BUKOVIM (ploha br. 7)															
ŠUMI HRASTA LUŽNJAK I OBEZNOG GRABA VLAŽNOGA TIPA (ploha br. 8 i 9)															
SOME STRUCTURAL INDICES ON EXPERIMENTAL PLOTS IN TYPICAL FOREST OF PEDUNCLED OAK AND HORNEBEAM (plot 7)															
FOREST OF PEDUNCLED OAK AND HORNEBEAM WITH BEECH (plot 7)															
FOREST OF PEDUNCLED OAK AND HORNEBEAM OF THE MOST TYPE (plots 8 i 9)															
DRVNA MASA m ³ /ha					HRAST UA + B ETAZI					OLJER ŠMAREŽI ETAZE					
WOOD MASS					OAK IN A + B LAYERS										
ODJEL	PLOHA	STARIŠT	STVARNI	NORMALNA	+	-	STVARNI	NORMALNA	+	-	STVARNI	NORMALNA	+	-	
DEP.	PLOT	AGE	REAL	NORMAL			REAL	NORMAL			REAL	NORMAL			
br.	god.	U ODJELU U 1985	U PLOHU 1990		KOM										
		IN DEP. 1985.		IN PLOT 1990.		PCS.									
84a	7	75	312	396	-84	411	422	-11	123	340	-117	55	46	82	
100	10	79	298	405	-107	333	420	-82	79	300	-221	44	58	84	
90	8	76	313	396	-83	316	422	-107	221	340	-119	87	13	87	
91	9	82	307	426	-119	350	450	-90	167	300	-143	92	8	93	
MUMA HRASTA LUŽNJAKA I VELIKE ŽUTILOVKE S RASTAVLJENIM MAJEM VAR. SA ŠTOM (ploha 4 i 6)															
THE FOREST OF PEDUNCLED OAK AND GERSTA TINCTORIA WITH CAREX B. BRZOIDES VAR WITH JUNCEUS BUFONILUS (plots 4 i 6)															
20	4	84	257	410	-230	278	430	-154	220	300	-80	98	2	98	
38	5	89	238	429	-192	184	448	-262	130	240	-110	89	1	99	
MUMA HRASTA LUŽNJAKA I VELIKE ŽUTILOVKE S RASTAVLJENIM MAJEM (ploha 11)															
THE FOREST OF PEDUNCLED OAK AND GERSTA TINCTORIA WITH CAREX REMOTA (plot 11)															
11E	11	59	190	295	-95	259	325	-66	72	510	-438	33	81	77	

Tab. 2.

do kojega je došlo zbog podizanja sastojina na neodgovarajućim staništima, kao i tih zajednica u progresivnom i regresivnom smjeru.

Iz karte uočavamo i one novodefinirane zajednice koje su nastale kao posljedica neodgovarajućih uzgojnih zahvata, bilo da se radi o njihovu osnivanju ili njezi ili pak koje su nastale zbog stanišnih promjena, ekoloških ekscesa ili sušenja kao krajnje posljedice svih navedenih čimbenika.

Svaka identificirana šumska zajednica posebno se ponaša prema pojavi sušenja i gospodarenja s obzirom na to da za svaku od njih postoje definirani uvjeti razvoja u kojima bi se ona normalno razvijala, kao i one uočene ekscesne situacije koje su dovele do stanja u kojemu se danas nalaze.

Budući da je šumarska znanost interdisciplinarno i iscrpno definirala nizinske šume počevši od ritskih šuma topola i vrba, šuma crne johe, poljskoga jasena, poplavne šume hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom i šume hrasta lužnjaka i običnoga graba, nužno je da te spoznaje upotrijebimo u definiranju sadašnjeg stanja u Turopoljskom lugu.

Gospodarska jedinica:	Turopoljski lug											Dob (god.):			121		
Management unit:												Age (years):					
Odjel:	8											Datum:			Travanj, 1990.		
Compartment:												Date:					
Ploha:	1											Površina:			1 ha		
Exp. plot:												Area:					
Vrsta drveća	ŠUMSKA ZAJEDNICA - FOREST ASSOCIATION																
Tree species	GENISTA ELATAE-QUERCETUM ROBORIS CARICETOSUM REMOTAE Morv.38																
Diameter class	ETAŽE-- STOREYS											UKUPNO TOTAL					
	A			B			C			D							
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V		
20.1-30				2	.13	1.94	4	.25	3.60	1	.06	.90	7	.44	6.44		
30.1-40	2	.24	3.94	48	4.93	79.46	3	.25	3.86				53	5.42	87.26		
HRAST 40.1-50	57	9.15	158.37	35	5.36	91.99							92	14.51	250.36		
OAK 50.1-60	41	9.38	170.32	5	1.08	19.55							46	10.46	189.87		
60.1-70	4	1.25	23.59										4	1.25	23.59		
70.1-80	1	.41	7.95										1	.41	7.95		
UKUPNO	105	20.43	364.17	90	11.50	192.94	7	.50	7.46	1	.06	.90	203	32.49	565.47		
SVEUKUPNO	105	20.43	364.17	90	11.50	192.94	7	.50	7.46	1	.06	.90	203	32.49	565.47		

Tab. 3. Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama
Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

Zbog bolje preglednosti današnje stanje tih sastojina sa šumsko-uzgojnoj stajališta opisat ćemo na osnovi rezultata istraživanja na pokusnim plohama koje ćemo grupirati u pripadajuće šumske zajednice, kao što je već napravljeno i prikazano u tablicama 1. i 2.

Svojstva sastojina u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i velike žutilovke s rastavljenim šašem varijanta s kupinom (s puno grmlja) (plohe br. 1, 2, 3, 6)
Stand properties in the forest association of peduncled oak and *Genista tinctoria* with *Carex remota* var. with blackberry with plenty of brush (plots 1, 2, 3, 6)

Ta se zajednica razvila u sastojinama koje su podignute umjetnim putem na livadama, pašnjacima i drugim površinama. Upravo taj podatak objašnjava i strukturna svojstva tih sastojina, koja donosimo u tablici broj 1 i tablicama 3-6.

Od svih pokusnih ploha samo ploha 1 ima koliko toliko normalnu drvenu zalihu i veći broj stabala hrasta u proizvodnom dijelu sastojine od normalnog broja. Sve ostale sastojine na pokusnim plohama 2, 3 i 6 imaju nižu drvenu zalihu od normalne (117 m³/ha) i manjak stabala lužnjaka (oko 80 komada po ha). To se sve održava na prirast i pojavu sušenja. Prirast na pokusnoj plohi 1 iznosi 9,9 m³/ha (tab. 1), a registrirano sušenje 3%, dok je na ostalim plohama prirast niži (5,6-7,7 m³/ha), a sušenje veće (od 16-27%).

Gospodarska jedinica: Turopoljski lug Dob (god.): 97
 Management unit: Age (years):
 Odjel: 9 Datum: Travanj, 1990.
 Compartment: 9 Date:
 Ploha: 2 Površina: 1 ha
 Exp. plot: Area:

Vrsta drveća		ŠUMSKA ZAJEDNICA-FOREST ASSOCIATION														
Tree species		GENISTO ELATAE-QUERCETUM ROBORIS RUBETOSUM FRUT. subas.nova														
Diameter class		ETAŽE - STOREYS										UKUPNO TOTAL				
		A		B		C			D							
		N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
	20.1-30	1	.06	.86	2	.05	.73							3	.11	1.59
	30.1-40	23	2.56	37.40	5	.45	6.55							28	3.01	43.95
HRAST	40.1-50	44	6.72	101.59										44	6.72	101.59
DAK	50.1-60	29	6.66	104.31										29	6.66	104.31
	60.1-70	8	2.55	40.85										8	2.55	40.85
	70.1-80	3	1.26	20.59										3	1.26	20.59
	90.1-100	1	.65	10.95										1	.65	10.95
UKUPNO		109	20.46	316.55	7	.50	7.28							116	20.96	323.83
D. KRUSKA	10.1-20							2	.02	.07				2	.02	.07
W. PEAR																
UKUPNO								2	.02	.07				2	.02	.07
VRBA	10.1-20							1	.02	.10				1	.02	.10
WILLOW																
UKUPNO								1	.02	.10				1	.02	.10
JOHA	0-10							3	.03	.12				3	.03	.12
ALDER	10.1-20							31	.41	2.90				31	.41	2.90
UKUPNO								34	.44	3.02				34	.44	3.02
SVEUKUPNO		109	20.46	316.55	7	.50	7.28	37	.48	3.19				153	21.44	327.02

Tab. 4. Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama
 Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

Geneza tih sastojina je uzrokom vrlo nepovoljne vertikalne strukture sastojine koja je izrazito jednoslojna bez donje (podstojne) etaže koja u svakoj sastojini ima vrlo značajnu strukturnu i ekološku funkciju.

Iz tablica je vidljivo da se na pokusnim plohama broj 1 i 3 čak 99% drvne mase nalazi u proizvodnom dijelu sastojine (dominantna i nuzgredna etaža), a samo 1% u pomoćnom dijelu (podstojna etaža):

Na plohama 2 i 6 situacija je nešto povoljnija jer se oko 10% drvne mase nalazi u podstojnoj etaži.

Takva vertikalna struktura je razlogom što je na pokusnim plohama tlo pokriveno kupinom i ostalim korovom preko 80% površine.

Gospodarska jedinica: Turopoljski lug Dob (god.): 89
 Management unit: Age (years):
 Odjel: 12 Datum: Travanj, 1990.
 Compartment: Date:
 Ploha: 3 Površina: 1 ha
 Exp. plot: Area:

Vrsta drveća Tree species	Deb.razred Diameter class	ŠUMSKA ZAJEDNICA-FOREST ASSOCIATION GENISTO ELATAE-QUERCETUM ROBORIS RUBETOSUM FRUIT. subas.nova														
		ETAŽE - STOREYS									UKUPNO TOTAL					
		A			B			C			D			TOTAL		
		N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
	20.1-30	2	.11	1.41	5	.31	3.37							7	.42	5.38
HRAST	30.1-40	78	8.02	115.19	10	.84	11.56							88	8.86	126.75
OAK	40.1-50	49	7.46	115.17										49	7.46	115.17
	50.1-60	8	1.75	28.64										8	1.75	28.64
UKUPNO		137	17.34	260.41	15	1.15	15.53							152	18.49	275.94
JONA	0-10							15	.10	.56				15	.10	.56
ALDER	10.1-20							29	.32	2.16				29	.32	2.16
UKUPNO								44	.42	2.72				44	.42	2.72
	0-10							1	.01	.03				1	.01	.03
D. KRUSKA	10.1-20							6	.06	.40				6	.06	.40
M. PEAR	20.1-30							2	.08	.83				2	.08	.83
UKUPNO								9	.15	1.26				9	.15	1.26
SVEUKUPNO		137	17.34	260.41	15	1.15	15.53	53	.57	3.98				205	19.06	279.92

Tab. 5. Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama
 Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

Tamo gdje je podstojna sastojina donekle i mjestimično formirana ispod stabala podstojne etaže tlo je bez korova, rahlo i svježe (ploha br. 6).

Prva sušenja su se u tim sastojinama javila 1968. god., da bi 1984. god. uzela ozbiljnije razmjere. Gubar se pojavio 1985. god. te je ubrzao sušenje. To je jedan od razloga što je pokusna ploha br. 1 sačuvala veliku drvenu masu s obzirom na to da se radi o sastojini kasnog hrasta lužnjaka koja je izbjegla golobrst.

Kvaliteta lužnjakovih stabala, posebno na plohama br. 3 i 6, u odjelima 12 i 66 izrazito je loša. Stabla imaju kratku krošnju »čupastog« izgleda koja podsjeća na »šubarena« i »pedalena« stabla vrba. Glavni razlog takva izgleda možemo naći u genezi tih sastojina. One su u tim odjelima nastale sadnjom žira hrasta lužnjaka na površinama pašnjaka, livada ili nakon šumsko-poljskoga gospodarenja. To nam je još jedan dokaz da hrast lužnjak nije i ne može biti pionirska vrsta drveća. Ovdje je važno napomenuti da je kvaliteta staništa vrlo značajna za buduću sastojinu kako po vrsti drveća tako i za kvalitetu sastojina.

Osim navedenih razloga za današnji izgled tih sastojina (plohe 1, 2, 3 i 6) vrlo je važna provedena njega sastojina od njege pomlatka do prorede.

Gospodarska jedinica: Turopoljski lug Dob (god.): 66
 Management unit: Age (years):
 Odjel: 66 Datum: Travanj, 1990.
 Compartment: Date:
 Ploha: 6 Površina: 1 ha
 Exp. plot: Area:

Vrsta drveća Tree species	Deb.razred Diameter class	ŠUMSKA ZAJEDNICA - FOREST ASSOCIATION GENISTO ELATAE-QUERCETUM ROBORIS RUBETOSUM FRUT. subas. nova														
		ETAŽE - STOREYS														
		A			B			C			D			UKUPNO TOTAL		
		N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
	0-10							3	.30	.16				3	.30	.16
	10.1-20							18	.36	3.60	1	.02	.16	19	.38	3.76
	20.1-30	17	.85	10.90	38	1.95	24.29	9	.36	4.32	1	.05	.65	65	3.21	40.16
HRAST	30.1-40	68	6.56	90.98	12	1	13.53							80	7.56	104.51
DAK	40.1-50	21	3.02	44.20										21	3.02	44.20
	50.1-60	4	.89	13.68										4	.89	13.68
	60.1-70	5	1.54	24.41										5	1.54	24.41
	70.1-80	1	.39	6.32							1	.42	6.85	1	.81	13.17
UKUPNO		116	13.25	190.49	50	2.95	37.82	30	1.02	8.08	3	.49	7.66	198	17.71	244.05
	0-10							8	.80	.25				8	.80	.25
BRIJEST	10.1-20							7	.09	.59				7	.09	.59
ELM	20.1-30							1	.04	.44				1	.04	.44
UKUPNO								16	.93	1.28				16	.93	1.28
	0-10							3	.03	.11				3	.03	.11
D. KRUŠKA	10.1-20							1	.02	.19				1	.02	.19
M. PEAR	20.1-30							1	.03	.35				1	.03	.35
UKUPNO								5	.08	.65				5	.08	.65
	0-10							7	.03	.02				7	.03	.02
JASEN	10.1-20							8	.09	.14				8	.09	.14
ASH	20.1-30				2	.10	.21							2	.10	.21
	30.1-40	1	.11	.40										1	.11	.40
UKUPNO		1	.11	.40	2	.10	.21	15	.12	.16				18	.33	.77
KLEH	0-10							5	.03	.13				5	.03	.13
COMMON	10.1-20							10	.13	.98				10	.13	.98
MAPLE	20.1-30							1	.05	.56				1	.05	.56
UKUPNO								16	.21	1.67				16	.21	1.67
	0-10							37	.20	1.17				30	.20	1.17
JOHA	10.1-20				3	.09	.23	85	1.37	10.09				88	1.46	10.32
ALDER	20.1-30	1	.06	.49	17	.79	6.56	16	.61	4.96				34	1.46	12.01
	30.1-40	1	.11	.99										1	.11	.99
UKUPNO		2	.17	1.48	20	.88	6.79	138	2.18	16.22				160	3.23	24.49
SVUKUPNO		119	13.53	192.37	72	3.93	44.82	219	4.54	28.06	3	.49	7.66	413	22.49	272.91

Tab. 6. Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama
 Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

Sumarijex		Velika Gorica										Odjet	
Forest management:												Compt:	
Gospodarske jedinice:		Turopoljski lug										Površine:	
Management unit:												200 m ²	
Visina												Area:	
Height													
h - cm		VRSTA DRVEĆA											
		HRAST	JASEN	GRAB	KLEN	BILJEŠT	JOHA	D.KRUSKA	VRBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO	
		OAK	ASH	HORNBEAM	COM.MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL	
		Broj biljaka - kom.											
Ponik													
Seedlings		6										6	
11-25		1										1	
26-50		2										2	
61-75		1										1	
UKUPNO-TOTAL		9										9	
Po-Per: 1ha		450										450	
h - cm		39										39	
TABELARNI Prikaz broja ponika, pomlatka i mladika po visinskim klasama i srednjih visina pomlatka i mladika na pokusnim ploham													
TAB.7. TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS													

Sumarijex		Velika Gorica										Odjet	
Forest management:												9	
Gospodarske jedinice:		Turopoljski lug										Površine:	
Management unit:												200 m ²	
Visina												Area:	
Height													
h - cm		VRSTA DRVEĆA											
		HRAST	JASEN	GRAB	KLEN	BILJEŠT	JOHA	D.KRUSKA	VRBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO	
		OAK	ASH	HORNBEAM	COM.MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL	
		Broj biljaka - kom.											
Ponik													
Seedlings		2										2	
11-25		4										4	
26-50		3										3	
61-75		2										2	
161-175									1			1	
375							4					4	
UKUPNO-TOTAL		11					4		1			16	
Po-Per: 1ha		650					200		50			800	
h - cm		35					400		163			148	
TABELARNI Prikaz broja ponika, pomlatka i mladika po visinskim klasama i srednjih visina pomlatka i mladika na pokusnim ploham													
TAB.8. TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS													

S obzirom na njihovu strukturu, izgled i kvalitetu može se pretpostaviti da je njega vrlo kasno počela i da je bila izuzetno slabog intenziteta i pogrešnog načina prorede (izostanak formiranja podstojne etaže).

Mogućnost prirodnog pomlađivanja svake sastojine pruža informaciju o strukturnim svojstvima vitalnosti, stanju tla i općenito o ekološkim uvjetima koji vladaju u sastojini.

Izostanak uroda sjemena ili pak nemogućnost klijanja ili opstanka ponika i pomlatka upućuje na poremećene strukturne i ekološke uvjete koji su čvrsto vezani s pojavom i opstankom mladog naraštaja.

Šumarica:		Veška Gorica										Ođet:	
Forest management:												Compt:	
Gospodarska jedinica:		Turopoljski lug										Površina:	
Management unit:												Area:	
Visina Height h - cm		VRSTA DRVEĆA										UKUPNO	
		HRAST	JASEN	GRAB	KLEN	BRJEST	JOHA	D.KRUSKA	VRBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO	
		OAK	ASH	HORNBEAM	COM.MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL	
Ponik Seedlings		Broj biljaka - kom											
11-26	14											14	
26-50	23											23	
51-75	2											2	
76-100													
101-125													
126-150													
151-175													
176-200													
201-225													
226-250													
251-275													
276-300													
301-325													
326-350													
351-375							1		1			2	
376							2		1			3	
UKUPNO-TOTAL	53						3	2	2			70	
Po-Per: 1ha h - cm	3150						150	100	100			3500	
	32						388	88	381			73	
TABELARNI PRIKAZ BROJA PONIKA, POMLATKA I MLADICA PO VISINSKIM KLASAMA I SPEDNIH VISINA													
POMLATKA I MLADICA NA POKUSNIM PLOHAMA													
TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT													
CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS													
TAB. 9.													

Šumarica:		Veška Gorica										Ođet:	
Forest management:												Compt:	
Gospodarska jedinica:		Turopoljski lug										Površina:	
Management unit:												Area:	
Visina Height h - cm		VRSTA DRVEĆA										UKUPNO	
		HRAST	JASEN	GRAB	KLEN	BRJEST	JOHA	D.KRUSKA	VRBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO	
		OAK	ASH	HORNBEAM	COM.MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL	
Ponik Seedlings		Broj biljaka - kom											
11-25						1						1	
26-50	1	5				8						14	
51-75		2				6	1					9	
76-100		2				1						3	
101-125		1				4	1					6	
126-150						3						3	
151-175						6						6	
176-200			1			3						4	
201-225						3						3	
226-250						1						1	
251-275													
276-300			1									1	
301-325						2						2	
326-350						1						1	
351-375						1						1	
376			11			6	4					23	
UKUPNO-TOTAL	1	23				48	6					78	
Po-Per: 1ha h - cm	50	1150				2400	300					3900	
	38	238				179	298					204	
TABELARNI PRIKAZ BROJA PONIKA, POMLATKA I MLADICA PO VISINSKIM KLASAMA I SPEDNIH VISINA													
POMLATKA I MLADICA NA POKUSNIM PLOHAMA													
TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT													
CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS													
TAB. 10.													

Gospodarska jedinica: Turropoljski lug Dob (god.): 92
 Management unit: Age (years):
 Odjel: Datum: Travanj, 1990.
 134 Date:
 Compartment: Površina: 1 ha
 Ploha: 14 Area:
 Exp. plot:

Vrsta drveća Tree species	Deb.razred Diameter class	ŠUMSKA ZAJEDNICA - FOREST ASSOCIATION GENISTO ELATAE-QUERCETUM ROBORIS CARICETOSUM RIPARIA subas.nova												UKUPNO TOTAL		
		ETAŽE - STOREYS														
		A			B			C			D			N	G	M
		N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
	0-10							2	.02	.07				2	.02	.07
	10.1-20				13	.37	4.18	37	.73	7.04				50	1.10	11.22
HRAST	20.1-30	66	3.71	49.18	56	2.57	32.76	8	.31	3.65	1	.04	.42	131	6.53	85.01
OAK	30.1-40	90	8.47	123.28	4	.50	7.83	1	.08	1.12				95	9.05	132.23
	40.1-50	27	4.23	66.26										27	4.23	66.26
	50.1-60	3	.77	12.74										3	.77	12.74
	60.1-70	2	.75	12.87										2	.75	12.87
UKUPNO		188	17.93	264.33	73	3.44	44.77	48	1.14	11.88	1	.04	.42	310	22.55	321.40
JOHA	0-10							21	.11	.60				21	.11	.60
ALDER	10.1-20							18	.22	1.56				18	.22	1.56
UKUPNO								39	.33	2.16				39	.33	2.16
	10.1-20				8	.35	2.17	2	.04	.16				10	.39	2.33
JASEN	20.1-30	2	.12	.85	6	.38	2.71	11	.43	2.43				19	.93	5.99
ASH	30.1-40	1	.07	.58										1	.07	.58
UKUPNO		3	.19	1.43	14	.73	4.88	13	.47	2.59				30	1.39	8.90
SVEUKUPNO		191	18.12	265.76	87	4.17	49.65	100	1.94	24.37	1	.04	.42	379	24.27	332.46

Tab. 11. Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama
Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

Rezultate istraživanja broja i visina pomlatka glavnih vrsta drveća za pokusne plohe 1, 2, 3 i 6 donosimo u tablicama br. 7, 8, 9 i 10.

U tablicama možemo uočiti da se na tri pokusne plohe javlja ponik hrasta koji se održava do visine 51-75 cm, kad nestaje. Nepovoljni strukturni uvjeti i zakorovljenost tla su glavni razlozi tog pojavi.

Na plohi broj 1 (tab. 7) javlja se samo mlađi naraštaj hrasta 450 kom./ha i srednje visine od 39 cm, što nije dovoljno ni ohrabrujuće za sastojinu staru 121 godinu. Razlog tog pojavi već smo naveli.

Na plohi broj 2 (tab. 7) uz 550 kom. hrasta javlja se nešto vrbe (50 kom.) i crne joha (200 kom.), što je pravi odraz sastojinskih i edafskih uvjeta.

Na plohi broj 3 (tab. 9) hrast dolazi obilnije (3150 kom./ha) uz crnu johu, divlju krušku i bijelu vrbu.

Na plohi broj 6 (tab. 10) uz neznatnu pojavu lužnjaka (50 kom./ha) obilnije se javlja poljski jasen (1150 kom./ha), nizinski brijest (2400 kom./ha) i crna joha (300 kom./ha).

Gospodarska jedinica: Dob (god.):
 Turopoljski lug 92
 Management unit: Age (years):
 Odjel: Datum:
 140 Travanj, 1990.
 Compartament: Date:
 Ploha: Površina:
 15 1 ha
 Exp. plot: Area:

Vrsta drveća Tree species	Deb.razred Diameter class	ŠUMSKA ZAJEDNICA - FOREST ASSOCIATION												UKUPNO TOTAL		
		GENISTA ELATAE-QUERCETUM ROBORIS CARICETOSUM RIPARIA subas. nova														
		ETAŽE - STOREYS														
		A			B			C			D					
		N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
	0-10							4	.02	.11				4	.02	.11
	10.1-20				17	.42	3.66	2	.02	.18				19	.44	3.84
JASEN	20.1-30	3	.17	1.64	39	1.86	18	1	.06	.56				43	2.09	20.20
ASH	30.1-40	2	.14	1.47	2	.16	1.65							4	.30	3.12
	40.1-50	1	.14	1.50	1	.18	1.98							2	.32	3.48
UKUPNO		6	.45	4.61	59	2.62	25.29	7	.10	.85				72	3.17	30.75
	10.1-20	2	.05	.59	23	.63	7.23	15	.30	3.17				40	.98	10.99
	20.1-30	75	3.97	50.99	55	2.52	31.56				1	.03	.39	131	6.52	82.94
HRAST	30.1-40	83	7.73	107.14	7	.57	7.79							90	8.30	114.93
DAK	40.1-50	26	3.99	58.44										26	3.99	58.44
	50.1-60	5	1.08	16.33										5	1.08	16.33
UKUPNO		191	16.82	233.49	85	3.72	46.58	15	.30	3.17	1	.03	.39	292	20.87	283.63
	0-10							32	.18	1.14				32	.18	1.14
JOHA	10.1-20				2	.05	.38	45	.60	4.45				47	.65	4.83
ALDER	20.1-30				8	.41	3.41							8	.41	3.41
	30.1-40	1	.12	1.05	1	.07	.62							2	.19	1.67
UKUPNO		1	.12	1.05	11	.53	4.41	77	.78	5.59				89	1.43	11.05
SVEUKUPNO		198	17.39	239.15	155	6.87	76.28	99	1.18	9.61	1	.03	.39	453	25.47	325.43

Tab. 12. Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama
 Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

Općenito možemo reći da je pojava prirodnog pomlatka lužnjaka i ostalih vrsta drveća slaba, što možemo objasniti poremećenom strukturom i stabilnosti tih sastojina te lošim i za prirodno pomlađivanje nepovoljnim stanišnim uvjetima.

Svojstva sastojina u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i velike žutilovke s ritskim šašem (plohe 14 i 15)

Stand properties in the forest association of peduncled oak and *Genista tinctoria* with *Carex riparia* (plots 14, 15)

Strukturalna svojstva te sastojine i pokusnih ploha u njima (pokusna ploha 14 u odjelu 134a i ploha 15 u odjelu 140) donosimo u tablicama broj 1, 11 i 12.

Šumarija:	Veška Gorica										Odjel:	134	
Forest management:											Compt:		
Gospodarska jedinica:	Turopoljski lug					Pokusna ploha:					14	Površina:	240 m ²
Management unit:											Experim. plot:		
Visina											Area:		
Height													
h - cm													
	VRSTA DRVECA												
	HRAST	JASEN	GRAB	KLEIN	BRJEST	JOHA	D.KRUSKA	VRBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO		
	OAK	ASH	HORNBEAM	MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL		
				Broj biljke - kom.									
Ponik													
Seedlings													
11-26	9	1										10	
26-50	12	10										22	
51-76		6										6	
76-100		9										9	
101-125		8										8	
126-150		9						126				10	
151-175		11				1		160				13	
176-200		10										18	
201-225		14				2						16	
226-250		9				2						11	
251-276		11				2	1					14	
276-300		12										12	
301-325		6										6	
326-350		13				1	1					15	
351-375		9										9	
376-		40				6	2					48	
UKUPNO-TOTAL	21	185				14	4	2				227	
Po-Per: 1ha	876	7761				583	167	83				9469	
h - cm	29	247				309	250	160				230	
	TABELARNI PRIKAZ BROJA PONIKA, POMLATKA I MLADIKU PO VISINSKIM KLASAMA I SPEDNJIH VISINA												
	POMLATKA I MLADIKU NA POKUSNIM PLOHAMA												
TAB.13.	TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT												
	CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS												

Svojstva tih sastojina uvjetovana su genezom, gdje je u prošlosti napravljeno nekoliko značajnih stručnih promašaja.

Prije svega sastojina je podignuta umjetno na pašnjačkoj površini s hrastom lužnjakom kao pionirskom vrstom. Osim toga to je potencijalno stanište poljskog jasena pa ako još dodamo da tako podignuta sastojina nije njegovana odgovarajućim načinom i intenzitetom, onda nam je jasno zašto danas imamo takvu sastojinu s tim strukturnim svojstvima. Tlo u tim sastojinama je izrazito džombasto, zakorovljeno, a u cijelu sastojinu prodiru elementi potencijalne vegetacije, gdje brojčano prevladava poljski jasen i crna joha.

Sve što smo naveli o genezi tih sastojina moguće je vidjeti u tablicama broj 1, 11 i 12, koje prikazuju strukturna svojstva tih sastojina.

Iz tablice 1 vidljivo je da je drvena masa ploha 14 i 15 niža od normalne za tu dob (92 god.) od 60 do 70 m³/ha. Osim toga broj stabala hrasta u proizvodnom dijelu sastojine je viši od normalnoga (20-40 kom./ha), što je isključivo uvjetovano genezom (šumska kultura) te izostankom njege (čišćenje i prorjeđivanje).

Broj stabala koji danas imamo razvijao se na račun nenormalnog izgleda stabala koja su malog promjera, uske i visoko nasadene krošnje. Isto tako to je razlog što su to čiste (ploha 14) i gotovo čiste sastojine (ploha 15) koje u omjeru smjese, odnosno strukturi sastojine imaju nešto poljskog jasena i crne joha.

Vertikalna struktura, odnosno razvijenost etaža u sastojini upućuje na nenormalni izgled tih sastojina i njihovu jednoslojnost, gdje je pretežno drvena masa

Sumerija:											Odjet:	140
Forest management:		Veika Gorica									Compt:	
Gospodarska jedinica:		Turopoljski lug									Pokusna ploha:	16
Management unit:											Površina:	200 m2
Visina Height h - cm											Experim. plot:	Area:
		VRSTA DRVECA										
		HRAST	JASEN	GRAB	KLEN	BILJEST	JOMA	D.KRUSKA	VRBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO
		OAK	ASH	HORNBEAM	COM.MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL
		Broj biljaka - kom.										
Ponik Seedlings												
11-25												7
26-50		6										6
51-75												
76-100		1										1
101-125		1										3
126-150		3										4
151-175		9										10
176-200		7										7
201-225		4										6
226-250		4										4
251-275		4										7
276-300		2										5
301-325		3										5
326-350		6										9
351-375		5										6
376-		13										22
UKUPNO-TOTAL		13	62				23	2	1			101
Po-Per; 1ha		650	3100				1150	100	50			5050
h - cm		27	271				332	325	400			249
		TABELARNI POKAZatelj BROJA PONIKA, POMLATKA I MLADIKA PO VISINSKIM KLASAMA I SREDNJIH VISINA										
		POMLATKA I MLADIKA NA POKUSNIM PLOHAMA										
TAB.14.		TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT										
		CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS										

smještena u proizvodnom dijelu sastojine (93% i 97%). Svi navedeni pokazatelji upućuju na zaključak da je geneza tih sastojina i šumskouzgojni postupak sa sastojinama tijekom ophodnje glavnim razlogom što ona pokazuje nenormalan izgled, koji se posebno manifestira u strukturnim pokazateljima. Sve to navodi na zaključak da ćemo s takvim sastojinama imati sve više problema, posebno sa sušenjem i obnovom.

Rezultati istraživanja broja i visine ponika, pomlatka i mladika glavnih vrsta drveća prikazani su u tablicama 13 i 14.

Sve ono što smo naveli o načinu postanka i potencijalnom jasenovu staništu na kojemu su se umjetno osnovala te hrastove sastojine potvrđuje se podacima o njihovu pomlađivanju.

U tablici broj 13 pokusne plohe 14 u odjelu 134 vidljivo je da se hrast lužnjak tek simbolično pojavljuje u visinskim klasama 11-50 cm. Preračunato na hektar tu se nalazi 850 kom. pomlatka s prosječnom visinom od 29 cm.

Poljski jasen je brojno zastupljen u svim visinskim klasama od 11 do 240 cm. Preračunato na hektar tu se nalazi 7751 kom. pomlatka i mladika jasena s prosječnom visinom od 247 cm. Taj podatak pokazuje da se poljski jasen vraća na stajbine koje mu i pripadaju te da je sastojina lužnjaka još uvijek stranac u toj stojbini.

Osim navedenih vrsta na toj se plohi nalazi i 583 kom. crne joha, 167 kom. divlje kruške i 83 kom. bijele vrbe, što ukupno s lužnjakom i jasenom čini impozantnu brojku pomlatka i mladika od 9453 kom. s prosječnom visinom od 230 cm.

Gospodarska jedinica: Dob (god.):
Turopoljski lug 87
Management unit: Age (years):
Odjel: Datum:
110 Travanj, 1990.
Compartment: Date:
Ploha: Površina:
16 1 ha
Exp. plot: Area:

Vrsta drveća		ŠUMSKA ZAJEDNICA - FOREST ASSOCIATION												UKUPNO TOTAL		
Tree species class		ETAŽE - STOREYS														
		A			B			C			D					
		N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
	20.1-30				4	.26	3.15	2	.08	.93				6	.34	4.08
	30.1-40	6	.31	4.39	4	.33	4.45	1	.07	.94				11	.71	9.78
	40.1-50	8	1.30	20.67	3	.45	7.05							11	1.75	27.72
HRAST	50.1-60	11	2.56	43.84										11	2.56	43.84
OAK	60.1-70	5	1.61	29.12										5	1.61	29.12
	70.1-80	5	2.31	44.29										5	2.31	44.29
	80.1-90	9	5.07	99.81										9	5.07	99.81
	90.1-10	4	2.89	58.66										4	2.89	58.66
	100.1-1	1	.88	18.33										1	6.88	18.13
UKUPNO		49	16.93	319.11	11	1.04	14.65	3	.15	1.87				63	18.12	335.63
	0-10							1	.01	.01				1	.01	.01
	10.1-20							8	.12	.29				8	.12	.29
JASEN	20.1-30							3	.14	.69				3	.14	.69
ASH	30.1-40	21	2.30	16.09	13	1.21	8.06	1	.09	.56				35	3.60	24.71
	40.1-50	10	1.44	10.87	1	.14	1.01							11	1.58	11.88
UKUPNO		31	3.74	26.96	14	1.35	9.07	13	.36	1.55				58	5.45	37.58
KLEN	0-10							17	.11	.55				17	.11	.55
COMMON	10.1-20							51	.75	6.04				51	.75	6.04
MAPLE	20.1-30							2	.06	.67				2	.06	.67
UKUPNO								70	.92	7.26				70	.92	7.26
GLOG	10.1-20							5	.08	.59				5	.08	.59
UKUPNO								5	.08	.59				5	.08	.59
JABUKA	0-10							2	.02	.07				2	.02	.07
APPLE	10.1-20							4	.05	.36				4	.05	.36
UKUPNO								6	.07	.43				6	.07	.43
KRUŠKA	0-10							1	.01	.04				1	.01	.04
N. PEAR	10.1-20							2	.02	.11				2	.02	.11
	20.1-30							1	.05	.50				1	.05	.50
UKUPNO								4	.08	.65				4	.08	.65
	0-10							8	.06	.29				8	.06	.29
BRIJEST	10.1-20							16	.17	1.10				16	.17	1.10
ELM	30.1-40							1	.09	1.22				1	.09	1.22
UKUPNO								25	.22	2.61				25	.22	2.61
SVEUKUPNO		80	20.67	346.07	25	2.39	23.72	126	1.88	14.96				231	24.94	384.75

Tab. 15. Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama
Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

Šumarije:		Vešta Gorica										Ođet	
Forest management:												110	
Gospodarska jedinica:		Turopoljski lug								Pokusna ploha:		16	
Management unit:										Površina:		200 m ²	
Visina Height h - cm										Experim. plot:			
		VRSTA DRVEĆA											
		HRAST	JASEN	GRAB	KLEIN	BRUŠT	JOHA	D.KRUSKA	VREBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO	
		OAK	ASH	HORNBEAM	COM.MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL	
Ponik Seedlings		Broj biljaka - kom.											
11-25	1	3			1							114	
26-50	6	2				1			1			6	
51-75		3				5						8	
76-100		1				4		1				6	
101-125						3		1				4	
126-150		3				2						5	
151-175		2			1							3	
176-200		4										4	
201-225		4				2			1			7	
226-250		6										6	
251-275		4										4	
276-300		4										4	
301-325		7						1				8	
326-350		5				1						6	
351-375		8				1						9	
376-		96			3	34					5	137	
UKUPNO-TOTAL	30	236			6	57		6			5	337	
Po-Par. 1ha	1600	11760			260	2860		260			260	16860	
h - cm	18	339			341	284		163			400	321	
		TABELARNI Prikaz broja ponika, pomlatka i mladika po visinskim klasama i srednjih visina											
		POMLATKA I MLADIK NA POKUSNIM PLOHAMA											
TAB.16.		TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT											
		CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS											

Svojstva sastojina u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i velike žutilovke s rastavljenim šašem var. s glogom (ploha 16)
Stand properties in forest association of peduncled oak and *Genista tinctoria* with *Carex remota* var. with hawthorn (plot 16)

Strukturna svojstva te sastojine s pokusne plohe br. 16 u odjelu 110 prikazujemo u tablicama br. 1 i 15.

Iz tablice br. 1 uočavamo manjak ukupne drvene mase na pokusnoj plohi po hektaru od normalne za 55 m³/ha, što je inače jedno opće obilježje manje više svih sastojina u Turopoljskom lugu.

Manjak broja stabala je izrazit, a za te sastojine možemo reći i fatalan kad je u pitanju hrast lužnjak, kojega na toj pokusnoj plohi nedostaje čak 180 komada manje od normalnog broja.

U omjeru smjese hrast je zastupljen s 87%, a druge vrste s 13%, dok je udio po etažama obilježen s dominantnim proizvodnim dijelom (96%) i neznatnim pomoćnim dijelom od 4%.

Prirast u toj sastojini iznosi 6,9 m³/ha, a sušenje u odjelu nije registrirano, dok je u ostalim odjelima gdje dolazi ta zajednica sušenje tek mjestimično zabilježeno.

U tablici 15 možemo također uočiti mali broj stabala hrasta lužnjaka (63 kom.) koji pridolazi u širokom debljinskom razredu od 20 do 100 cm. Također uočavamo veći broj vrsta drveća koja su pridošla u tu sastojinu umjesto malobrojnog hrasta lužnjaka.

Sve to možemo objasniti kao posljedicu loših uzgojnih zahvata njege sastojine u prošlosti. U tablici broj 16 možemo vidjeti stanje s prirodnim pomlađivanjem na toj pokusnoj plohi. U toj 87-godišnjoj sastojini u stadiju pomlatka i mladika dominira poljski jasen (11750 kom./ha); potom nizinski brijest (2850 kom./ha), tek onda ponik lužnjaka (1500 kom./ha), koji prije svega pokazuje da hrastovi u toj sastojini rađaju sjemenom, ali da istovremeno ne postoje stanišni i strukturni uvjeti za njegov opstanak. Svega 50 komada pomlatka u visinskoj klasi od 11 do 25 cm pokazuje da ponik vrlo brzo propada u tim uvjetima. Pojava mladog naraštaja jasena i brijesta u dominantnom broju upućuje na povećanu vlažnost tla koja vjerojatno može biti uzrokovana površinskom vodom koja dolazi zbog konfiguracije ili nekih drugih razloga.

Svojstva sastojina u tipičnoj šumi hrasta lužnjaka i običnoga graba (ploha br. 7), šumi hrasta lužnjaka i običnoga graba s bukvom (ploha br. 10) i šumi hrasta lužnjaka i običnoga graba vlažnog tipa (ploha br. 8 i 9)

Stand properties in a typical peduncled oak forest and hornbeam (plot 7), a forest of peduncled oak and hornbeam with beech (plot 10) and a peduncled oak and hornbeam of the moist type (plot 8 & 9)

Strukturna svojstva pokusnih ploha navedenih zajednica prikazana su u tablicama br. 2, 17, 18, 19 i 20.

Promatrajući strukturna svojstva zajednica na pokusnim plohama 7 i 10 u tablici br. 2, uočavamo manjak drvne mase u ukupnom iznosu koji i nije tako velik, posebno u tipičnoj šumi lužnjaka i graba (11 m³/ha), dok je u zajednici s bukvom veći (82 m³/ha).

Iz iste tablice uočavamo manjak hrasta lužnjaka i na plohi br. 7 (117 m³/ha) i na plohi br. 10 (221 m³/ha). Taj se manjak javlja isključivo kao posljedica pogrešnih uzgojnih zahvata.

To se može potvrditi u istoj tablici, gdje uočavamo da hrast lužnjak u omjeru smjese sudjeluje s 55% (ploha br. 7) i 44% (ploha br. 10). Iz tablice br. 17 i 18 možemo uočiti da grab u drvnjoj masi sastojine sudjeluje sa čak 144 m³/ha (tablica br. 17) i 163 m³/ha (tablica br. 18), što potvrđuje zaključak o lošim uzgojnim zahvatima u prošlosti.

Vertikalna struktura zadovoljava i približava se idealnom odnosu (80:20%) za te sastojine jer se velik dio graba smjestio u A i B etažu, gdje mu za takav tip sastojine i ovu dob (75 i 79 god.) uopće nije mjesto.

Prirast od 12,42 m³/ha (ploha br. 7) i 8,14 m³/ha (ploha br. 10) zadovoljavajući je u odnosu na manjak lužnjaka kao najproduktivnije vrste u tim sastojinama. Izostanak sušenja u te dvije zajednice potvrđuje već prije navedene zaključke o »otpornosti« takvih sastojina na pad podzemnih voda.

Šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba vlažnog tipa spada u red onih zajednica koje se nalaze na granici i prijelaznom području između nize i grede. Uvjeti s obzirom na vlažnost su takvi da je presuho za stabilnu zajednicu hrasta lužnjaka i velike žutilovke, a prevlažno za stabilnu i vitalnu zajednicu hrasta lužnjaka i običnoga graba.

Gospodarska jedinica: **Turopoljski lug** Dob (god.): **75**
 Management unit: **Turopoljski lug** Age (years): **75**
 Odjel: **84** Datum: **Travanj, 1990.**
 Compartment: **84** Date: **Travanj, 1990.**
 Ploha: **7** Površina: **1 ha**
 Exp. plot: **7** Area: **1 ha**

Vrsta drveća Tree species	Deb.razred Diameter class	ŠUMSKA ZAJEDNICA - FOREST ASSOCIATION CARPINI-BETULI-QUERCETUM ROBORIS TYPICUM Rauš 71.												UKUPNO TOTAL		
		ETAŽE - STOREYS														
		A		B			C			D						
	M	G	M	H	G	M	H	G	M	N	G	M	N	G	M	
HRAST OAK	10.1-20				3	.07	.88	1	.02	.18				4	.09	1.06
	20.1-30	6	.36	4.94	17	.89	12.19						23	1.25	17.13	
	30.1-40	40	3.86	55.87	10	.85	12.13				1	.08	1.11	51	4.79	69.11
	40.1-50	29	4.49	67.29										29	4.49	67.29
	50.1-60	13	2.84	43.55	1	.27	4.13							14	3.11	47.68
	60.1-70	3	.95	14.98										3	.95	14.98
	70.1-80															
	80.1-90															
	90.1-100	1	.66	10.71										1	.66	10.71
	UKUPNO	92	13.16	197.34	31	2.08	29.33	1	.02	.18				125	15.34	227.96
GRAB HORNBEECH	0-10							116	.68	3.54				116	.68	3.54
	10.1-20				21	.57	5.45	348	5.40	44.44				369	5.97	49.89
	20.1-30	4	.21	2.33	78	3.82	42.80	35	1.44	15.49				117	5.47	60.62
	30.1-40	1	.09	1.10	19	1.67	20.82							20	1.76	21.91
	40.1-50	1	.13	1.66	2	.28	3.77							3	.41	5.43
UKUPNO	7	.65	8.23	120	6.34	72.84	499	7.52	63.47				626	14.51	144.53	
JOHA ALDER	10.1-20				9	.24	2.40	15	.33	3.21				24	.57	5.61
	20.1-30	1	.06	.69	29	1.36	14.66	3	.13	1.33				33	1.55	16.68
	30.1-40	3	.29	3.31	5	.46	5.21							8	.75	8.51
UKUPNO	4	.35	4	43	2.06	22.27	18	.46	4.54				65	2.87	30.80	
BUKVA BEECH	0-10							4	.03	.17				4	.03	.17
	10.1-20							10	.14	1.20				10	.14	1.20
	20.1-30							1	.04	.45				1	.04	.45
UKUPNO							15	.21	1.82				15	.21	1.82	
KLEN COMMON MAPLE	0-10							2	.01	.07				2	.01	.07
	10.1-20				1	.03	.24	22	.37	3.15	1	.02	.13	24	.42	3.52
	20.1-30	1	.06	.07	3	.14	1.60							4	.20	2.27
UKUPNO	1	.06	.07	4	.17	1.84	24	.38	3.22	1	.02	.13	30	.63	5.86	
ŠVEUKUPNO	104	14.22	210.24	198	10.65	126.28	557	8.59	73.23	2	.10	1.24	861	33.56	410.97	

Tab. 17. Struktura sastojine po vrstama drveća; debljinskim razredima i etažama
 Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

Gospodarska jedinica: Turopoljski lug Dob (god.): 121
 Management unit: Age (years):
 Odjel: Datum: Travanj, 1990.
 Compartment: 100 Date:
 Ploha: 10 Površina: 1 ha
 Exp. plot: Area:

Vrsta drveća Tree species	Deb.razred Diameter class	ŠUMSKA ZAJEDNICA - FOREST ASSOCIATION														
		CARPINO BETULI - QUERCETUM ROBORIS FAGETOSUM Rauš 71.														
		ETAŽE-STOREYS									UKUPNO TOTAL					
A			B			C			D							
N G M			N G M			N G M			N G M			N G M				
HRAST OAK	20.1-30	3	.17	2.22	10	.50	6.25				3	.15	1.88	16	.82	10.35
	30.1-40	16	1.63	22.79	9	.84	11.58							25	2.47	34.37
	40.1-50	30	4.61	68.03	1	.17	2.50							31	4.78	70.53
	50.1-60	8	1.82	27.99										8	1.82	27.99
	60.1-70	1	.28	4.48										1	.28	4.48
UKUPNO		58	8.51	125.51	21	1.54	20.64	2	.04	.47	4	.18	2.21	85	10.27	148.83
GRAB HORNBEAM	0-10							22	.13	.37				22	.13	.37
	10.1-20				1	.01	.08	67	1.17	7.92				68	1.18	.8
	20.1-30				46	2.62	28.83	55	2.65	27.55				101	5.27	56.38
	30.1-40				61	5.46	68.97	11	.94	11.74	1	.08	.95	73	6.48	81.66
	40.1-50	1	.13	1.78	7	1.05	14.99							8	1.18	16.77
UKUPNO		1	.13	1.78	115	9.14	112.87	155	4.89	47.58	1	.08	.95	272	14.24	163.18
BUKVA BEECH	0-10							3	.02	.06				3	.02	.06
	10.1-20							7	.14	1.02				7	.14	1.02
	20.1-30				3	.18	1.98	3	.13	1.19				6	.31	3.17
	30.1-40	1	.11	1.35	3	.31	3.87	1	.08	.87				5	.50	6.09
	40.1-50	1	.16	2.25	3	.46	6.28							4	.62	8.53
UKUPNO		4	.72	10.17	.9	.95	12.13	14	.37	3.14				27	2.04	25.44
JOHA ALDER								3	.05	.36				3	.05	.36
UKUPNO								4	.11	.96				4	.11	.96
SVEUKUPNO		63	9.36	137.46	145	11.63	145.64	175	5.41	52.15	5	.26	3.16	388	26.66	338.41

Tab. 18. Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama
Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

Zajednica je izložena većem postotku sušenja u uvjetima sniženja razine podzemnih voda od zajednice s bukvom i tipične zajednice hrasta i graba. Strukturna svojstva za tu zajednicu donosimo u tablicama br. 2, 19 i 20.

U tablici br. 2 uočavamo već uobičajeni manjak drvne mase od normalne (107 m³/ha - ploha br. 8 i 90 m³/ha - ploha br. 9) i manjak broja stabala hrasta u proizvodnom dijelu sastojine (119 kom./ha - ploha br. 8 i 143 kom./ha - ploha br. 9).

Gospodarska jedinica: Turopoljski lug Dob (god.): 75
 Management unit: Age (years):
 Odjel: 90 Datum: Travanj, 1990.
 Compartment: Date:
 Ploha: 8 Površina: 1 ha
 Exp. plot: Area:

Vrsta drveća		ŠUMSKA ZAJEDNICA - FOREST ASSOCIATION												UKUPNO		
Tree species	Diameter class	GENISTAE-ELATAE-QUERCETUM ROBORIS RUBETOSUM FRUIT. subas. nova												TOTAL		
		ETAŽE- STOREYS														
		A			B			C			D					
		N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
	10.1-20				1	.02	.25	3	.09	.93				4	.11	1.18
	20.1-30	44	2.29	28.79	42	2.07	24.93	1	.03	.35				87	4.39	54.07
KRAST	30.1-40	87	7.99	107.38	4	.30	3.94							91	8.29	111.32
OAK	40.1-50	31	4.65	66.98										31	4.65	66.98
	50.1-60	11	2.47	37.26										11	2.47	37.26
	60.1-70	1	.30	4.62										1	.30	4.62
UKUPNO		174	17.70	245.03	47	2.39	29.12	4	.12	1.28				225	20.21	275.43
BRIJEST	0-10							4	.02	.06				4	.02	.06
ELM																
UKUPNO								4	.02	.06				4	.02	.06
	0-10							2	.02	.05				2	.02	.05
D. KRUŠKA	10.1-20							12	.21	1.76				12	.21	1.76
M. PEAR	20.1-30							4	.14	1.52				4	.14	1.52
UKUPNO								18	.37	3.33				18	.37	3.33
	0-10							51	.25	1.11				51	.25	1.11
GRAB	10.1-20							43	.72	5.95				43	.72	5.95
HORNBEAM	20.1-30							38	1.86	21.19				38	1.86	21.19
	30.1-40							5	.47	6.24				5	.47	6.24
UKUPNO								137	3.30	34.49				137	3.30	34.49
JASEN	0-10							2	.01	.01				2	.01	.01
ASH																
UKUPNO								2	.01	.01				2	.01	.01
	0-10							15	.12	.60				15	.12	.60
JOHA	10.1-20							13	.15	1.10				13	.15	1.10
ALDER	20.1-30							1	.30	.26				1	.30	.26
UKUPNO								29	.57	1.96				29	.57	1.96
SVEUKUPNO		174	17.70	245.03	47	2.39	29.12	194	4.39	41.13				415	24.48	315.28

Tab. 19. Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama
 Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

Podaci o omjeru smjese i udjelu po etažama upozoravaju na nenormalno stanje u tim sastojinama uzrokovano manjkom hrasta, ali i običnoga graba kojega u tim sastojinama ima 34 m³/ha – ploha br. 8 i 20 m³/ha – ploha br. 9.

Sušenje od 11 i 10% upravo potvrđuje naše konstatacije o labilnosti tih zajednica pri ekološkim promjenama, a pogotovo pri loše vođenim uzgojnim zahvatima (proreda).

Gospodarska jedinica:	Turopoljski lug												Dob (god.): 82		
Management unit:													Age (years):		
Odjel:	91												Datum: Travanj, 1990.		
Compartment:													Date:		
Ploha:	9												Površina: 1 ha		
Exp. plot:													Area:		
Vrsta drveća	ŠUMSKA ZAJEDNICA - FOREST ASSOCIATION														
Tree species	GENISTA ELATAE-QUERCETUM ROBORIS CARPINETOSUM BETULI Glav.61														
class	ETAZE - STOREYS														
	A			B			C			D			UKUPNO TOTAL		
	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
0-10							1	.01	.04				1	.01	.04
10.1-20							1	.03	.34				1	.03	.34
20.1-30				16	.83	11.10	1	.03	.43				17	.86	11.53
HRAST 30.1-40	59	5.38	80.12	11	.92	13.20							63	6.30	93.32
OAK 40.1-50	42	6.52	102.21										42	6.52	102.21
50.1-60	19	4.29	70.13										19	4.29	70.13
60.1-70	8	2.44	40.98										8	2.44	40.98
70.1-80	2	.84	14.51										2	.84	14.51
UKUPNO	130	19.47	307.95	27	1.75	24.30	3	.07	.81				160	21.29	333.06
BRIJEST 0-10							22	.14	.72				22	.14	.72
ELM 10.1-20							8	9	.69				8	9	.69
UKUPNO							30	23	1.41				30	23	1.41
D.KRUŠKA 10.1-20							4	.06	.28				4	.06	.28
M.PEAR 20.1-30							1	.03	.19				1	.03	.19
UKUPNO							5	.09	.47				5	.09	.47
0-10							175	.89	4.05				175	.89	4.05
GRAB 10.1-20							71	.92	6.76				71	.92	6.76
HORNBEAM 20.1-30							11	.58	6.69				11	.58	6.69
30.1-40							2	.17	2.23				2	.17	2.23
UKUPNO							259	2.56	19.73				259	2.56	19.73
0-10							5	.02	.02				5	.02	.02
JASEN 10.1-20							2	.03	.06				2	.03	.06
ASH 20.1-30				1	.06	.38							1	.06	.38
30.1-40	1	.10	.81										1	.10	.81
UKUPNO	1	.10	.81	1	.06	.38	7	.05	.08				9	.21	1.27
0-10							26	.16	.54				26	.16	.54
JOHA 10.1-20							54	.72	2.90				54	.72	2.90
ALDER 20.1-30							1	.04	.18				1	.04	.18
UKUPNO							81	.92	3.62				81	.92	3.62
KLEN 0-10							4	.03	.11				4	.03	.11
COMMON 10.1-20							2	.03	.18				2	.03	.18
MAPLE															
UKUPNO							6	.06	.29				6	.06	.29
VRBA 10.1-20							1	.03	.24				1	.03	.24
WILLOW															
UKUPNO							1	.03	.24				1	.03	.24
SVEUKUPNO	131	19.57	308.76	28	1.81	24.68	392	4.01	26.65				551	25.39	360.09

Tab. 20. Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama
Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

Šumarica:	Veika Gorica										Odjel:	84g
Forest management:											Compt:	
Gospodarska jedinica:	Turopoljski lug										Pokusna ploha:	7
Management unit:											Experim. plot:	
Visina Height h - cm											Area:	200 m ²
VRSTA DRVEĆA												
	HRAST	JASEN	GRAB	KLEN	BRUJEST	JOHA	D.KRUSKA	VRBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO	
	OAK	ASH	HORNBEAM	COM.MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL	
	Broj biljaka - kom.											
Ponik												
Seedlings	344		3	1							348	
11-25			8	3					1		12	
26-50				4	3						7	
51-75					2						2	
276-300									1		1	
UKUPNO-TOTAL	344		11	8	5				2		370	
Po-Per. 1ha	17200		550	400	260				100		18500	
h - cm			18	29	48				163		41	
TABELARNI POKAZ BROJA PONIKA, POMLATKA I MLADIKU PO VISINSKIM KLASAMA I SPREDNIM VISINA												
POMLATKA I MLADIKU NA POKUSNIM PLOHAMA												
TAB.21. TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS												

Šumarica:	Veika Gorica										Odjel:	100
Forest management:											Compt:	
Gospodarska jedinica:	Turopoljski lug										Pokusna ploha:	10
Management unit:											Experim. plot:	
Visina Height h - cm											Area:	200 m ²
VRSTA DRVEĆA												
	HRAST	JASEN	GRAB	KLEN	BRUJEST	JOHA	D.KRUSKA	VRBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO	
	OAK	ASH	HORNBEAM	COM.MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL	
	Broj biljaka - kom.											
Ponik												
Seedlings	63		209								262	
11-25	2		122				1			2	127	
26-50	2		51				1		1	1	56	
51-75			19				1				20	
76-100			8								8	
101-125			2						2		2	
126-150			2								2	
151-175			2								2	
226-250			1								1	
251-275			1								1	
376-			1								1	
UKUPNO-TOTAL	67		418				3		1	3	492	
Po-Per. 1ha	2850		20900				150		50	150	24100	
h - cm	28		37				40		38	25	37	
TABELARNI POKAZ BROJA PONIKA, POMLATKA I MLADIKU PO VISINSKIM KLASAMA I SPREDNIM VISINA												
POMLATKA I MLADIKU NA POKUSNIM PLOHAMA												
TAB.22. TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS												

U tablicama strukture tih sastojina (tab. 19 i 20) uočavamo sva svojstva takve zajednice. Osim hrasta i graba uočavamo i čitav niz drugih vrsta, od kojih neke (joha, vrba, jasen) nisu tako uobičajene u omjeru smjese sastojina hrasta i graba. Pojavu tih vrsta objašnjavamo vlažnim staništem, a s tim u svezi i slabijom »agresivnošću« graba u tim za njega neidealnim uvjetima.

Tablice prirodnog pomlađivanja tipične zajednice lužnjaka i graba i zajednice lužnjaka i graba s bukvom (tab. 21 i 22) upućuju na pojavu obilnog ponika hrasta

Sumarije:		Veška Gorica										Ocjel:		
Forest management:												Compt:		
Gospodarska jedinica:		Turopoljski lug										Površina:		
Management unit:												200 m ²		
Visina Height h - cm												Experi. plot:		
		VRSTA DRVEĆA												
		HRAST	JASEN	GRAB	KLEIN	BILJEŠT	JOHA	D.KRŠJAKA	VRBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO		
		OAK	ASH	HORNBEAM	COM.MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL		
		Broj biljaka - kom.												
Ponik														
Seedlings	44			3									47	
11-25				11									12	
26-50	1			11		1							13	
51-75				4		4							8	
76-100				5		1							6	
101-125				3		1			1				6	
126-150				5		1			1				7	
151-175			1	2									3	
176-200				2									2	
201-225				2					1				3	
226-250				2									2	
251-275				3									3	
276-300				1		1							2	
301-325				1		2							3	
326-350				1		1							2	
351-375				2									2	
376				14		6		1					21	
UKUPNO-TOTAL	45			72		18		1		3			141	
Po-Per: 1ha	2250			3600		900		50		150			7050	
h - cm	38			174		238		400		155			165	
TAB.23.		TABELARNI PRIKAZ BROJA PONIKA, POMLATKA I MLADIKA PO VISINSKIM KLASAMA I SREDNJIH VISINA POMLATKA I MLADIKA NA POKUSNIM PLOHAMA												
		TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS												

Sumarije:		Veška Gorica										Ocjel:		
Forest management:												Compt:		
Gospodarska jedinica:		Turopoljski lug										Površina:		
Management unit:												200 m ²		
Visina Height h - cm												Experi. plot:		
		VRSTA DRVEĆA												
		HRAST	JASEN	GRAB	KLEIN	BILJEŠT	JOHA	D.KRŠJAKA	VRBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO		
		OAK	ASH	HORNBEAM	COM.MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL		
		Broj biljaka - kom.												
Ponik														
Seedlings	10												10	
11-25				3									3	
26-50				4		1		6					11	
51-75				2				2					4	
76-100				1				1					2	
101-125								1					1	
126-150														
151-175				2				1					3	
276-300								1					1	
326-350				1									1	
376				17				3		1			21	
UKUPNO-TOTAL	10			30		1		15		1			47	
Po-Per: 1ha	500			1500		50		750		50			2850	
h - cm				263		38		147		400			224	
TAB.24.		TABELARNI PRIKAZ BROJA PONIKA, POMLATKA I MLADIKA PO VISINSKIM KLASAMA I SREDNJIH VISINA POMLATKA I MLADIKA NA POKUSNIM PLOHAMA												
		TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS												

lužnjaka (17200 kom./ha i 2850 kom./ha – ploha 10) i njegovo propadanje zbog zasjene koju pruža grab. Također bilježimo i obilan ponik i pomladak graba na plohi gdje se slabo javlja lužnjak (20900 kom./ha – ploha 10) i slabiju pojavu graba tamo gdje se obilnije javlja lužnjak (17200 kom./ha – ploha 7).

Pažljivim pogledom na strukturu u tablicama br. 7 i 10 te analizom udjela lužnjaka na pojedinim plohamo možemo lako objasniti tu pojavu. Osim toga možemo istaknuti da je zajednica gdje se javlja bukva suša i povoljnija za razvoj graba, što je i vidljivo iz tablica strukture i pomlađivanja.

U tablicama br. 23 i 24 možemo vidjeti rezultate izmjere pojave ponika i pomlatka u zajednici hrasta lužnjaka i običnoga graba vlažnog tipa.

Grab se i u tim uvjetima bolje pomlađuje zbog svojih bioloških svojstava (često rađanje sjemenom i, skiofilnost) od lušnjaka koji se pretežno javlja u razvojnom stadiju ponika.

Strukturni i stanišni uvjeti koje smo već istaknuli razlogom su takva pomlađivanja u toj zajednici.

Gospodarska jedinica:	Turopoljski lug	Dob (god.):	84
Management unit:		Age (years):	
Odjel:	20	Datum:	Travanj, 1990.
Compartment:		Date:	
Ploha:	4	Površina:	1 ha
Exp. plot:		Area:	

Vrsta drveća Tree species	Deb.razred Diameter class	ŠUMSKA ZAJEDNICA-FOREST ASSOCIATION GENISTO ELATAE-QUERCETUM ROBORIS JUNCEOSUM EFFUSI subas.nova														
		ETAŽE - STOREYS												UKUPNO		
		A			B			C			D			TOTAL		
		N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
	10.1-20				2	.06	.59	2	.05	.48	2	.04	.36	6	.15	1.42
	20.1-30	15	.94	11.54	53	2.82	33.43	10	.40	4.53				78	4.16	49.50
HRAST	30.1-40	91	8.57	113.75	19	1.60	20.88							110	10.18	134.63
OAK	40.1-50	39	5.77	82.21										39	5.77	82.21
	50.1-60	1	.21	3.11										1	.21	3.11
UKUPNO		146	15.49	210.61	74	4.48	54.89	12	.45	5.01	2	.04	.36	234	20.46	8
	10.1-20							16	.36	.3				16	.36	.3
D.KRUŠKA	20.1-30							2	.10	1.10				2	.10	1.10
H.PEAR	30.1-40							1	.08	1.02				1	.08	1.02
UKUPNO								19	.54	5.12				19	.54	5.12
GRAB	0-10							1	.01	.03				1	.01	.03
HORNBEAM	10.1-20							6	.06	.36				6	.06	.36
UKUPNO								7	.07	.39				7	.07	.39
SVEUKUPNO		146	15.49	210.61	74	4.48	54.89	38	1.06	10.52	2	.04	.36	260	21.07	276.38

Tab. 25. Struktura sastojina po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama
 Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

Svojstva sastojina u zajednici hrasta lužnjaka i velike žutilovke s drhtavim šašem var. sa sitom (ploha 4 i 5)

Stand properties in the association of peduncled oak and *Genista tinctoria* with *Carex brizoides* var. with *Juncus buforius* (plats 4 and 5)

Strukturna svojstva tih sastojina na pokusnim plohama prikazana su u tablicama broj 2, 25 i 26. Kako smo već naprijed naveli, ta zajednica proživljava najintenzivnije sušenje na području Turopoljskog luga. Razloge za tu pojavu možemo tražiti u padu podzemne vode, pojavi površinske stagnirajuće vode koja ne korespondira s podzemnom te u konfiguraciji terena (tanjurasti oblik) koja pojačava negativne utjecaje nastalih promjena. Zbog pojava sušenja bilježimo manjak ukupne drvene mase po hektaru od 154 m³/ha na plohi 4 i 252 m³/ha na plohi 5. Uočljiv je i manjak lužnjaka u proizvodnom dijelu sastojine od 80 kom./ha odnosno 110 kom./ha.

Gospodarska jedinica: Turopoljski lug Dob (god.): 89
Management unit: Age (years):
Odjel: 38 Datum: Travanj, 1990.
Compartment: Date:
Ploha: 5 Površina: 1 ha
Exp. plot: Area:

Vrsta drveća Tree species	Deb.razred Diameter class	ŠUMSKA ZAJEDNICA - FOREST ASSOCIATION GENISTO ELATAE-QUERCETUM ROBORIS JUNCETOSUM EFFUSI subas. nova												UKUPNO TOTAL		
		ETAŽE - STOREYS						D			TOTAL					
		A			B			C			D			TOTAL		
		N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
	10.1-20	2	.03	.28										2	.03	.28
HRAST	20.1-30	17	1.02	13.73	17	.88	11.57							34	1.90	25.30
OAK	30.1-40	63	6.13	87.88	1	.08	1.19							64	6.21	89.07
	40.1-50	3	4.47	67.28										30	4.47	67.28
UKUPNO		112	11.65	169.17	18	.96	12.76							130	12.61	181.93
BRIJEST	0-10							1	.01	.03				1	.01	.03
ELM	10.1-20							2	.02	.12				2	.02	.12
UKUPNO								3	.03	.15				3	.03	.15
	0-10							1	.01	.04				1	.01	.04
D. KRUŠKA	10.1-20							9	.09	.59				9	.09	.59
M. PEAR	20.1-30							1	.04	.39				1	.04	.39
UKUPNO								11	.14	1.02				11	.14	1.02
GRAB	10.1-20							1	.01	.09				1	.01	.09
HORNBEAM																
UKUPNO								1	.01	.09				1	.01	.09
JOHA	0-10							3	.03	.10				3	.03	.10
ALDER	10.1-20							6	.10	.73				6	.10	.73
UKUPNO								9	.13	.83				9	.13	.83
SVEUKUPNO		112	11.65	169.17	18	.96	12.76	24	.31	2.09				154	12.92	184.02

Tab. 26. Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama.
Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

Šumarica:	Veška Gorica										Odjet:	20
Forest management:											Compt:	
Gospodarska jedinica:	Turopoljski lug					Pokusna ploha:					Površina:	200 m ²
Management unit:						Experim. plot:					Area:	
Visina												
Height												
h - cm												
	VRSTA DRVEĆA											
	HRAST	JASEN	GRAB	KLEN	BILJEŠT	JOHA	D.KRUSKA	VRBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO	
	OAK	ASH	HORNBEAM	COM.MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL	
	Broj biljaka - kom.											
Ponik												
Seedlings	32											32
11-25	26		2									27
26-50	54		2									56
51-75	6						4					9
76-100	2		1				3					6
101-125							1					1
126-150							2					2
151-175							1					1
176-200				1								1
201-225							1					1
226-250							1					1
251-275				1								1
376							2	2				4
UKUPNO-TOTAL	119		6	2			19	2				146
Po-Per: 1ha	695		250	100			900	100				7300
h - cm	35		40	275			134	400				62
TABELARNI PRIKAZ BROJA PONIKA, POMLATKA I MLADKA PO VISINSKIM KLASAMA I SREDNJIH VISINA												
POMLATKA I MLADKA NA POKUSNIM PLOHAMA												
TAB.27. TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT												
CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS												

Šumarica:	Veška Gorica										Odjet:	38
Forest management:											Compt:	
Gospodarska jedinica:	Turopoljski lug					Pokusna ploha:					Površina:	200 m ²
Management unit:						Experim. plot:					Area:	
Visina												
Height												
h - cm												
	VRSTA DRVEĆA											
	HRAST	JASEN	GRAB	KLEN	BILJEŠT	JOHA	D.KRUSKA	VRBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO	
	OAK	ASH	HORNBEAM	COM.MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL	
	Broj biljaka - kom.											
Ponik												
Seedlings	22											22
11-25	27						2	1				30
26-50	181		1				1					183
51-75	20		1					2				23
76-100	3		4				1					8
101-125								1				1
126-150			1					1				2
UKUPNO-TOTAL	263						4	5				269
Po-Per: 1ha	12650						200	250				13450
h - cm	38						40	79				41
TABELARNI PRIKAZ BROJA PONIKA, POMLATKA I MLADKA PO VISINSKIM KLASAMA I SREDNJIH VISINA												
POMLATKA I MLADKA NA POKUSNIM PLOHAMA												
TAB.28. TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT												
CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS												

Podaci o omjeru smjese pokazuju da su na obje lužnjakove plohe čiste sastojine (98% i 99%), a udio u proizvodnom dijelu sastojine od 96% i 99% pokazuje da se radi o sastojini nenormalne strukture.

Mali prirast (5,7 m³/ha i 5,2 m³/ha) i veliki postotak sušenja (70% i 30%) posljedice su nenormalnih stanišnih i strukturnih uvjeta te inače labilne šumske zajednice.

Na pojedinim mikrouzvisinama u toj zajednici uočavamo pojavu graba koji je nastao zbog pada razine podzemnih voda, a često se može vidjeti i njegovo sušenje koje nastaje zbog povećanja površinske stagnirajuće vode osobito u vrijeme vlažnijih godina.

Iz detaljnijih strukturnih tablica broj 25 i 26 na pokusnim plohama osim hrasta uočavamo i pojavu crne johe, običnoga graba, brijesta i divlje kruške. Sve to upućuje na velika previranja koja se događaju u toj zajednici zbog promjena nastalih u staništu, a vrlo je moguće i zbog geneze tih sastojina (umjetno podizanje na neodgovarajućim staništima), načina gospodarenja i neprovođenja kompleksnijih i intenzivnijih gospodarskih zahvata (površinska odvodnja).

Analizirajući podatke o prirodnom pomlađivanju na pokusnim plohama prikazanim u tablicama 27 i 28. uočavamo dobru pojavu ponika i pomlatka lužnjaka na pokusnoj plohi 4 (tab. 27), znatan broj od 5950 kom./ha, a na pokusnoj plohi 5 (tab. 28) čak 12650 kom./ha. Osim pojave lužnjaka uočavamo mjestimičnu pojavu graba, klena, divlje kruške i vrbe.

Budući da je sušenje na tim plohama bilo vrlo intenzivno, ono je dovelo sastojine u stadij nakon napludnog sijeka. Drvna masa od 276 m³/ha koja se sada nalazi na tim površinama upravo je ona koja omogućava pojavu i opstanak prirodnog pomlatka, što je i uočljivo iz navedenih tablica. Pojava prirodnog pomlatka hrasta i njegov opstanak ohrabruje i daje nešto svjetlije perspektive u budućem gospodarenju s tim sastojinama.

Pri tome moramo imati na umu da se prirodni pomladak hrasta lužnjaka pojavio samo tamo gdje tlo nije intenzivno obraslo korovom i drugim prizemnim rašćem (kupina, sita). To su mjesta koja su zasjenjena krošnjama gornje i donje etaže sastojine te nas to zapažanje upućuje na rješenja koja će ubrzati eliminaciju za pomladak štetnog korova iz tih sastojina.

Svojstva sastojina u zajednici hrasta lužnjaka i velike žutilovke s rastavljenim šašem (ploha 11)

Stand properties in the association of peduncled oak and *Genista tinctoria* with *Carex remota* (plot 11)

Strukturna svojstva te zajednice prikazali smo na pokusnoj plohi br. 11, a donosimo ih u tablicama 2 i 29.

Iz tablice broj 2 uočavamo već uobičajeni manjak drvne zalihe od normalne za tu dob (59 god.) u iznosu od 66 m³/ha. Isto tako vrlo je uočljiv velik nedostatak stabala lužnjaka čak u iznosu od 438 kom./ha. Iz omjera smjese vidljivo je da hrast s udjelom od 39% nema dominantnu ulogu koju bi trebao imati u tim sastojinama (60-70% udjela). Mjesto hrasta je zauzela crna joha kao »treća vrsta« u tim šumama koja po hektaru ima 656 stabala i 124 m³ drvne mase (tablica 29).

U takvu sastojinskom obliku udio po etažama je normalan (77:23%) s obzirom na biološka svojstva johe koja svojim nadiranjem u te, s drvnom masom osiromašene sastojine privremeno zauzima podstojnu etažu (45 m³/ha). Zbog pada podzemnih voda i općenito gledano suših staništa koja zbog toga nastaju uočava se i pridolazak graba kojega na toj plohi u prva tri debljinska razreda ima 39 komada, s drvnom masom od 3,62 m³/ha (tablica broj 29). Prirast od 11,02 m³/ha je primjeran, najviše zbog nadiranja johe koja uz hrast u toj životnoj dobi intenzivno prirašćuje.

Sušenje u toj sastojini nije zabilježeno te se problemi koji su uočeni u njoj

Gospodarska jedinica: Turopoljski lug Dob (god.): 59
 Management unit: Age (years):
 Odjel: Datum: Travanj, 1990.
 115
 Compartment: Date:
 Ploha: Površina: 1 ha
 Exp. plot: Area:

Vrsta drveća		ŠUMSKA ZAJEDNICA - FOREST ASSOCIATION														
Tree species		GENISTO ELATAE-QUERCETUM ROBORIS CARICETOSUM RUBETOSUM FRUT.subas.nova														
Diameter class		ETAŽE - STOREYS												UKUPNO		
		A			B			C			D			TOTAL		
		N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
	0-10							8	.05	.18				8	.05	.18
	10.1-20	1	.03	.25	3	.07	.60	27	.37	2.64				31	.47	3.31
HRAST	20.1-30	15	.85	9.09	7	.32	3.19	3	.14	1.39				25	1.31	13.67
OAK	30.1-40	18	1.79	21.55	1	.08	.96							19	1.87	22.51
	40.1-50	19	2.77	35.90										19	2.70	35.90
	50.1-60	8	1.86	25.82										8	1.86	25.82
UKUPNO		61	7.30	92.61	11	.47	4.75	38	.56	4.03				110	8.33	101.39
	0-10							47	.29	1.75				47	.29	1.75
JOHA	10.1-20				145	3.23	25.26	289	4.91	36.51				434	8.20	61.77
ALDER	20.1-30	10	.49	4.02	135	5.63	45.75	25	.90	7.21				170	7.02	56.99
	30.1-40	3	.23	1.94	2	.15	1.31							5	.38	3.24
UKUPNO		13	.72	5.96	282	9.07	72.32	361	6.10	45.47				656	15.89	123.75
	0-10							22	.12	.72				22	.12	.72
JASEN	10.1-20				3	.07	.59	23	.31	2.39				26	.38	2.98
ASH	20.1-30	7	.39	3.76	5	.22	2.08							12	.61	5.84
	30.1-40	16	1.45	14.68										16	1.45	14.68
UKUPNO		23	1.84	18.44	8	.29	2.67	45	.43	3.11				76	2.56	24.22
BRIJEST	0-10							13	.08	.41				13	.08	.41
ELM	10.1-20							13	.14	.90				13	.14	.90
UKUPNO								26	.22	1.31				26	.22	1.31
	0-10							16	.09	.42				16	.09	.42
GRAB	10.1-20							20	.29	2.19				20	.29	2.19
HORNBEAM	20.1-30				1	.03	.30	2	.08	.71				3	.11	1.01
UKUPNO					1	.03	.30	38	.46	3.32				39	.49	3.62
	0-10							1	.01	.03				1	.01	.03
	10.1-20							7	.10	.74				7	.10	.74
KRUŠKA	20.1-30				1	.03	.29	2	.10	1.06				3	.13	1.35
W.PEAR	30.1-40				1	.09	1.02	1	.10	1.11				2	.19	2.13
UKUPNO					2	.12	1.31	11	.31	2.94				13	.43	4.25
BUKVA	20.1-30				1	.07	.70							1	.07	.70
BEECH																
UKUPNO					1	.07	.70							1	.07	.70
SVEUKUPNO		97	9.86	117.01	305	10.05	82.05	519	8.08	60.18				921	27.99	259.24

Tab. 29. Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama
 Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

Šumarica:										Odet:										
Većka Gorica										116										
Forest management:										Compt:										
Gospodarska jedinica:										Poluzna ploha:										
Turopoljski lug										11										
Management unit:										Površina:										
Exerim. plot:										200 m ²										
Height										Area:										
h - cm																				
										VRSTA DRVEĆA										
										HRABT	JASEN	GRAB	KLEIN	BRIJEST	JOHA	D.KRUKA	VRBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO
										OAK	ASH	HORNBEAM	COM.MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL
										Broj biljaka - kom.										
Ponik																				
Seedling																				
11-25																				
26-50																				
51-75																				
76-100																				
101-125																				
126-150																				
151-175																				
176-200																				
201-225																				
226-250																				
251-275																				
276-300																				
326-350																				
351-375																				
376																				
UKUPNO-TOTAL																				
Po-Per: 1ha																				
h - cm																				
										TABELARNI PRIKAZ BROJA PONIKA, POMLATKA I MLADIKA PO VISINSKIM KLASAMA I SPREDNJIH VISINA										
										POMLATKA I MLADIKA NA POKUSNIM PLOHAMA										
TAB.30.										TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS										

javljaju zbog loših gospodarskih zahvata u prošlosti od pomlađivanja do svih faza njege sastojina.

Još uvijek prisutnu otpornost zajednice na intenzivno sušenje već smo objasnili u uvodnom dijelu, s napomenom da se je ta srednjodobna sastojina već djelomično adaptirala na promjene u padu podzemne vode koje su ovdje nazočne već dvadesetak i više godina.

U tablici broj 30 donosimo strukturu ponika, pomlatka i mladika koji se pojavio u pokusnoj plohi broj 11.

S obzirom na relativnu mladost ove sastojine, na pomrećene strukturne odnose, posebno na nedostatak hrasta i povećani broj johe pojavu mladog naraštaja možemo shvatiti više kao čin formiranja sastojine i popunjavanja »praznina« u sastojini nego kao pojavu obnove sastojine. Iz tablica je vidljivo da se ponešto javlja ponik lužnjaka, bilježimo velik broj ponika poljskog jasena, nešto manji broj graba na mikrouzvisinama, veći broj brijesta u stadiju pomlatka i mladika te nešto johe i divlje kruške.

Svojstva sastojina u zajednici poljskog jasena s kasnim drijemovcem (ploha 12 and 13)

Stand properties in the association of field ash with *Leucium aestivum* (plots 12 and 13)

Na tablicama broj 31 i 32 prikazana su strukturna svojstva sastojina poljskog jasena s kasnim drijemovcem na pokusnim plohama 12 i 13.

Gospodarska jedinica:	Turopoljski lug	Dob (god.):	39
Management unit:		Age (years):	
Odjel:	132	Datum:	Travanj, 1990.
Compartment:		Date:	
Ploha:	12	Površina:	1 ha
Exp. plot:		Area:	

Vrsta drveća		ŠUMSKA ZAJEDNICA - FOREST ASSOCIATION														
Tree species		LEUCOIO-FRAXINETUM ANGUSTIFOLIAE Glav. 59														
Diameter class		ETAŽE - STOREYS														
		A			B			C			D			UKUPNO TOTAL		
		N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
	0-10	19	.14	.97	53	.31	2	144	.72	4.58				216	1.17	7.55
JOHA	10.1-20	661	12.69	100.06	172	2.17	16.11	14	.11	.86	3	.03	.14	850	15	117.17
ALDER	20.1-30	.67	2.53	21.22										67	2.53	21.22
UKUPNO		747	15.36	122.25	225	2.48	18.11	158	.83	5.44	3	.03	.14	1133	18.70	145.94
JASEN	0-10	17	.08	.56	261	1.53	8.94	686	2.97	15.75				964	4.58	25.25
ASH	10.1-20	169	2.58	18.31	119	1.25	8.39	25	.25	1.64				313	4.08	28.34
UKUPNO		186	2.66	18.87	380	2.78	17.33	711	3.22	17.39				1277	8.66	53.59
HRAST	0-10							3	.03	.06				3	.03	.06
OAK																
UKUPNO								3	.03	.06				3	.03	.06
TOPOLA	20.1-30							3	.17	1.44				3	.17	1.44
POPLAR																
UKUPNO								3	.17	1.44				3	.17	1.44
SVEUKUPNO		3	18.02	141.12	605	5.26	35.44	875	4.25	24.33	3	.03	.14	2416	27.56	201.03

Tab. 31. Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama
Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

Sastojina ima 39 godina i podignuta je na jasenovom staništu sadnjom sadnica jasena. Međutim tijekom vremena u sastojinu se obilno naselila crna joha koja dominira u omjeru smjese na obje pokusne plohe.

Osim johe u formiranju sastojine sudjeluje i jasen koji se naselio naknadno te je izrazito raširen u podstojnoj etaži plohe br. 12, a isto tako, ali u manjem broju, i na plohi br. 13. Ploha je osnovana u skladu sa šumskouzgojnim principima glede staništa i odabira vrsta. U progresivnoj sukcesiji sastojine nazire se put prema zajednici lužnjaka.

Potrebno je u jednoj i drugoj sastojini obaviti proredu s intenzitetom od 25%, forsirajući kvalitetna stabla jasena i johe.

Strukturu u mladog naraštaja na tim plohama prikazali smo u tablicama broj 33 i 34.

U tablici 33 na pokusnoj plohi 12 uočavamo dominaciju ponika, pomlatka i mladika jasena. Osim jasena javlja se nešto ponika i pomlatka lužnjaka do visinske klase 51-75 cm, što upućuje na procese progresivne sukcesije staništa prema

Gospodarska jedinica: Dob (god.):
Turopoljski lug 39
Management unit: Age (years):
Odjel: Datum:
135 Travanj, 1990.
Compartment: Date:
Ploha: Površina:
13 1 ha
Exp. plot: Area:

Vrsta drveća Tree species	Deb.razred Diameter class	ŠUMSKA ZAJEDNICA - FOREST ASSOCIATION FRANGULO-ALNETUM GLUTINOSAE Rauš 68.																
		ETAŽE - STOREYS												UKUPNO TOTAL				
		A		B		C		D										
		N	G	N	G	N	G	N	G	N	G	M	N	G	M	N	G	M
	0-10				53	.35	2.31	306	1.50	9.46	6	.03	.23	365	1.88	12		
JOHA	10.1-20	372	7.74	60.67	486	7.40	56.18	78	.84	6.13	11	.23	1.82	947	16.21	124.80		
ALDER	20.1-30	69	2.88	23.77	8	.31	2.51							77	3.19	26.28		
	30.1-40	3	.22	1.87										3	.22	1.87		
UKUPNO		444	10.84	86.31	547	8.06	61	384	2.34	15.59	17	.26	2.05	1392	21.50	164.95		
	0-10				6	.04	.24	194	.89	4.95				200	.93	5.19		
JASEN	10.1-20	31	.69	5.32	22	.29	2.05	8	.07	.49				61	1.05	7.86		
ASH	20.1-30	31	1.40	11.63										31	1.40	11.63		
	30.1-40	3	.20	1.75										3	.20	1.75		
UKUPNO		65	2.29	18.70	28	.33	2.29	202	.96	5.44				295	3.58	26.43		
HRAST	0-10							14	.07	.46								
OAK	10.1-20				3	.03	.20	8	.08	.57								
UKUPNO					3	.03	.20	22	.15	1.03								
SVEUKUPNO		509	13.13	105.01	578	8.42	63.49	608	3.45	22.06	17	.26	2.05	1712	25.26	192.61		

Tab. 32. Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama
Stand structure by tree species, diameter classes and storeys

lužnjakovu. Normalno je da će taj proces trajati do konca ophodnje jasena koja će nastupiti najranije za nekih 60-ak godina, gdje će rezultati takve sukcesije biti još uočljiviji.

Na tablici broj 34 uočavamo i pojavu ponika, pomlatka i mladika poljskog jasena u iznosu od 18543 kom./ha, s tim da se 75% od te brojke odnosi na jasenov ponik.

Hrast lužnjak se javlja u nezatnom broju, a nešto je više zastupljen ponik i pomladak johe i pomladak bijele vrbe. Podaci o pomlađivanju na toj plohi upućuju na zaključak da sastojina ide u progresivnom smjeru od staništa crne johe i jasena prema staništu poljskog jasena i lužnjaka.

Šumarica:	Velika Gorica										Odjel:	132b
Forest management:											Compt:	
Gospodarska jedinica:	Turopoljski lug										Pokusna ploha:	Površina:
Management unit:											Experim. plot:	240 m ²
Visina Height h - cm											Area:	
	VRSTA DRVECA											
	HRAST	JASEN	GRAB	KLEN	BRIJEST	JOHA	D.KRUSKA	VRBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO	
	OAK	ASH	HORNBEAM	COM.MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL	
	Broj biljaka - kom.											
Ponik												
Seedlings	1	3										4
11-25	4	1										6
26-50	7											8
51-75	1	1									1	2
76-100		2										2
101-125		3										3
126-150		2										2
161-175												
176-200		5										6
201-225		2										2
226-250		1										1
251-275		3										3
276-300												
301-325		2										2
326-350		1										1
351-375		1										1
376		35										36
UKUPNO-TOTAL	13	62						1		1		77
Po-Per. 1ha	542	2584						42		42		3210
h - cm	33	315						400		38		266
	TABELARNI POKAZ BROJA PONIKA, POMLATKA I MLADKA PO VISINSKIM KLASAMA I SREDNJIH VISINA											
	POMLATKA I MLADKA NA POKUSNIM PLOHAMA											
TAB.33.	TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS											

Šumarica:	Velika Gorica										Odjel:	135b
Forest management:											Compt:	
Gospodarska jedinica:	Turopoljski lug										Pokusna ploha:	Površina:
Management unit:											Experim. plot:	240 m ²
Visina Height h - cm											Area:	
	VRSTA DRVECA											
	HRAST	JASEN	GRAB	KLEN	BRIJEST	JOHA	D.KRUSKA	VRBA	BUKVA	D.JABUKA	UKUPNO	
	OAK	ASH	HORNBEAM	COM.MAPLE	ELM	ALDER	W.PEAR	WILLOW	BEECH	W.APPLE	TOTAL	
	Broj biljaka - kom.											
Ponik												
Seedlings		355				1						356
11-25	3	16										20
26-50		11										12
51-75		7										8
76-100		2										6
101-125		3										4
126-150		4										6
161-175	1	6										9
176-200		5										7
201-225		7										9
226-250		3										3
251-275		3										4
276-300		3										4
301-325												1
326-350	1	1										2
351-375		2										4
376	1	17				7				1		28
UKUPNO-TOTAL	6	445				8	1	21				481
Po-Per. 1ha	250	18543				333	42	875				20043
h - cm	159	174				400	18	189				187
	TABELARNI POKAZ BROJA PONIKA, POMLATKA I MLADKA PO VISINSKIM KLASAMA I SREDNJIH VISINA											
	POMLATKA I MLADKA NA POKUSNIM PLOHAMA											
TAB.34.	TABLE OF THE NUMBER OF SEEDLINGS, YOUNG REPRODUCTION AND YOUNG STEMS AS TO HEIGHT CLASSES AND MEAN HEIGHT OF THE YOUNG REPRODUCTION AND STEMS ON EXPERIMENTAL PLOTS											

UZGOJNI ZAHVATI NJEGE I OBNOVE U DANAŠNJIM STRUKTURNIM I EKOLOŠKIM SASTOJINSKIM UVJETIMA SILVICULTURAL OPERATIONS FOR CARE AND REGENERATION IN TODAY'S STRUCTURAL AND ECOLOGICAL STAND CIRCUMSTANCES

U prethodnim poglavljima prikazali smo naše viđenje uzroka sušenja tih sastojina te današnje stanje s obzirom na strukturu i mogućnost pomlađivanja.

Prije svega potrebno je ponovo naglasiti da je propadanje tih šuma kompleksan problem jer ima više subjektivnih i objektivnih razloga sušenja. Iz toga izlazi da na neko stanje ne možemo utjecati (pad razine podzemnih voda), neka moramo prihvatiti kakva jesu te ih sadašnjim i budućim radovima mijenjati (podignute lužnjakove sastojine na staništu poljskog jasena), a na većinu ostalih problema možemo i moramo utjecati odgovarajućom njegom i obnovom.

Turopoljski lug je takav šumarski objekat koji zahtijeva izuzetno stručno sagledavanje stanja u kojemu se te sastojine nalaze te isto tako stručno predlaganje i izvođenje uzgojnih zahvata.

Sve spoznaje do kojih je danas došla znanost iz područja uzgajanja šuma trebaju se primijeniti prilikom izvođenja radova u tim šumama. Pri tome posebno treba istaknuti ovo:

- Potrebno je za svaku godinu i za svaki odjel i odsjek gdje se izvode radovi sastaviti odgovarajući šumskouzgojni plan u kojemu treba istaknuti gdje, kada, zašto i kako treba raditi uz nužne detaljne karte mjesta rada, s oznakom postojećeg stanja i dinamike izvođenja radova, bilo da se radi o pripremi staništa, sadnji ili njezi, pomlađivanju, odvodnji i sl.

- Hrast lužnjak, poljski jasen i crna joha i ostale vrste drveća koje pridelaze u tim zajednicama moraju biti i dalje temeljne vrste drveća na koje računamo u budućnosti. Uvjereni smo da će se te vrste u mladim razvojnim stadijima prilagoditi novim ekološkim i stajbinskim uvjetima. U to se možemo uvjeriti iz stanja sastojine u odjelu 115, pokusna ploha 11, gdje se srednjodobna, a prije 20-ak godina i mlada sastojina hrasta lužnjaka i velike žutilovke s rastavljenim šašem dobro ponaša u novim uvjetima posebno što se tiče prirasta i sušenja.

- Priprema staništa za prirodnu ili umjetnu obnovu, izbor vrsta drveća prema fitocenološkoj karti potencijalne vegetacije i mikroklimatskim i stajbinskim uvjetima, njega pomlatka pod zastorom krošanja i njega nakon dovršnog sijeka, popunjavanje, čišćenje te njega sastojina preredom moraju biti primjenjeni u punom svom obliku svugdje tamo gdje to konkretni uvjeti zahtijevaju. Izostankom bilo koje faze njega puca lanac kontinuiteta pravilnog razvoja svake sastojine, što onda pridonosi većoj sklonosti sastojine propadanju i njihovoj slabijoj stabilnosti i produktivnosti.

- Intenzitet i način prerede moraju biti usaglašeni s današnjim spoznajama šumarske znanosti. Posebno je važno uočiti kad je prerede potrebno obavljati, a kad se kao mjera njega mogu izostaviti u jednom ili dva turnusa zbog smanjene temeljne drvne zalihe ispod normale, a posebno kad je riječ o glavnoj vrsti drveća.

- Prekobrojna divljač i ispaša svinja u svim sastojinama, a posebno u onima gdje se obavlja pomlađivanje, nespojivo je s uspjehom takvih radova. Ograđivanje površina prije početka obnove često je jedino rješenje koje uz ostalo osigurava dobar uspjeh.

Uništavanje prekobrojnih glodavaca (miševa) trovanjem nužna je mjera koju treba kontrolirano provoditi na pomladnim površinama.

– Priprema staništa je vrlo skup i složen posao, kad je riječ o pripremi zakorovljenih i obešumljenih površina radi sadnje hrasta. Takva tla su najčešće privremeno izgubljena za hrast jer su izgubila obilježja šumskog tla. Na takva tla nužno je saditi pionirske vrste drveća (crna joha, poljski jasen, vrba, topola i dr.) koje će tijekom svoje ophodnje stvoriti uvjete u tlu i na tlu za lužnjak ili onu vrstu koja tamo pripada. To se posebno odnosi na sastojine hrasta lužnjaka i velike žutilovke s drhtavim šašem na specifičnim tanjurastim mjestima gdje se javlja sita. Tu je najjače sušenje, obrast je pao ispod 0,4–0,3, tlo se zakorovilo i zamočvarilo. Takvih površina u Turopoljskom lugu ima oko 300 ha.

– Površine na kojima se sušenje dogodilo u intenzitetu pripremnog sijeka i na kojima se pojavio obilan pomladak potrebno je uz njegu postojećeg pomlatka i duže pomladno razdoblje prirodno ili kombinacijom prirodno-umjetno obnoviti.

Površine na kojima se smanjio obrast do polovice ili neznatno niže i gdje stabla koja su ostala imaju povoljan izgled za dalji opstanak potrebno je podsaditi johom ili jasenom (na čistinama ili plješinama). Na taj ćemo način osigurati kontinuitet još nezrele lužnjakove sastojine uz formiranje sastojine pionirskih vrsta koja će štiti tlo, formirati strukturu (etaže), održavati povoljnu sastojinsku klimu i koja će dobro prirašćivati.

To je povoljniji, prirodniji i jeftiniji način postupka s takvim sastojinama koji ima svoje šumskouzgojno opravdanje.

Zbog velikih promjena koje su se dogodile i koje se još događaju u tim sastojinama nužno je prići vrlo intenzivnom gospodarenju. Intenzitet gospodarenja će se uz ostalo očitovati u formiranju suvislih odsjeka različitih razvojnih stadija i struktura.

U većim sastojinama u odjelu doći će do formiranja manjih, suvislih površina sastojina koje je sušenje zaobišlo da bi odmah u nastavku u sljedećem novom odsjeku obnavljali načetu sastojinu sa smanjenim obrastom. Idući odsjek bi mogla biti sastojina koja se potpuno osušila, zamočvarila i zakorovila i u kojoj bi se sadile neke od pionirskih vrsta drveća.

Prema tomu u dosadašnjoj suvisloj sastojini u jednom odjelu morat ćemo u novim uvjetima i na manjim površinama izvoditi istovremeno njegu preredom, oplodne sječe i prirodno pomlađivanje, podsadiivanje pionirskih vrsta u sastojine smanjenog obrasta, sadnju kultura pionirskih vrsta na takvim obešumljenim površinama i sl.

Površinska odvodnja oborinske vode iz »tanjura« pomoću plitkih kanala sisavaca te izrada propusta na svim mjestima gdje prolaze ceste zbog onemogućavanja stvaranja kazeta mora biti svakodnevna briga onoga tko gospodari tim šumama.

– Nužno je odrediti prioritete uzgojnih radova s tim da treba u prvom redu obešumljene površine privesti šumskoj proizvodnji, njegovati ih i pomlađivati, a tek nakon toga čiste grabike pretvarati u hrastove sastojine na načelima oplodnih sječa uz unošenje žira ili sadnica hrasta.

– Potrebno je u svim kvalitetnim, suvislim, stabilnim i produktivnim sastojinama produžiti ophodnju jer se hrast u tim sastojinama nalazi u manjku i po broju stabala i po drvnoj masi po jedinici površine.

Ta će mjera vjerojatno izazvati smanjenje etatnih mogućnosti tih šuma po

kvaliteti i kvantiteti, što se može očekivati s obzirom na to da su te mogućnosti preobilno korištene i po kvaliteti (sječe kvalitetnog prirasta – smanjenje boniteta stojbine) i po kvantiteti.

– Pojava ponika, pomlatka i mladika hrasta lužnjaka, poljskog jasena i drugih vrsta drveća na pojedinim mjestima u određenim stojbinskim i strukturnim sastojinskim uvjetima dobar je pokazatelj vitalnosti tih vrsta, njihove neuništivosti i našeg pravilnog opredjeljenja za te vrste i u budućnosti.

– Propadanje hrasta lužnjaka samo u određenim zajednicama i stojbinama jasno pokazuje da se u ovom slučaju ne radi o nikakvu »epidemijskom« sušenju i propadanju. Isključivo se radi o stanišnim promjenama (podzemna i površinska voda) i gospodarskim promašajima u prošlosti i u sadašnjosti. Na veći dio uzroka, posebno gospodarskih, možemo tijekom vremena stručnim radom pozitivno utjecati, a mlade sastojine možemo prilagoditi i većini novonastalih stanišnih promjena. Uz smanjenje onečišćenosti zraka, vode i tla te intenzivni stručni rad šumara lužnjakove šume toga područja imaju zagarantiran kontinuitet i budućnost.

ZAKLJUČCI – CONCLUSIONS

Istražujući šume šumskog kompleksa Turopoljski lug s osobitim osvrtom na njihovo sušenje, promjene strukturnih i ekoloških svojstava te mogućnosti njihove obnove i njege u novonastalim uvjetima, došli smo do ovih zaključaka:

1. Promjene koje se događaju u tim sastojinama uočljive znatnim sušenjem hrasta lužnjaka rezultat su kompleksnog utjecaja više ekoloških i gospodarskih čimbenika.

Pad razine podzemnih voda, stvaranje kazeta sa stagnirajućom vodom, stoljetni utjecaj čovjeka i stoke (svinje), izostanak njege, pogrešno podignute lužnjakove šume na staništima poljskog jasena, sadnja lužnjaka na poljoprivrednim tlima i pašnjacima kao pionirske vrste drveća, prekomjerna sječa lužnjaka i njegov manjak u strukturi tih šuma, deformirana vertikalna struktura (bez podstojne etaže), temeljna drvena zaliha koja je mnogo niža od normalne, čiste lužnjakove kulture, zakorovljenost i zamočvarenost tla, gubljenje svojstava šumskog tla zbog negativnih strukturnih i stojbinskih čimbenika, učestali klimatski ekscesi, onečišćenost zraka, vode i tla, poremećeni stabilni odnosi u biocenozi, pojava sekundarnih štetnika koji izazivaju golobrst samo su dio kompleksnih čimbenika koji su izazvali sušenje i propadanje tih šuma.

2. Glede strukturnih pokazatelja u sastojinama hrasta lužnjaka i velike žutilovke s rastavljenim šašem s kupinom (puno grmlja) uočavamo osim navedenih ekoloških promjena i manjak drvne mase hrasta, nenormalnu vertikalnu strukturu, nenormalan omjer smjese, što se odražava na prirast, pojavu sušenja i prirodnu obnovu. Sušenje u toj zajednici još ne poprima karakter takva razmjera (sušenje do 25%) zbog prirodne stabilnosti zajednice zato što je i uz pad podzemne vode korijenski sustav još u vlažnom supstratu. U zajednici je uočena i izmjerena pojava ponika i pomlatka hrasta koji propada zbog zakorovljenosti tla i nepovoljnih strukturnih uvjeta za njegov opstanak.

3. Sastojine u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i velike žutilovke s ritskim šašem podignute su na pašnjačkim površinama s hrastom kao pionirskom vrstom

drveća na potencijalnom staništu poljskog jasena. Osim navedenoga zbog izostanka njege imamo prevelik broj pretežno nekvalitetnih stabala u dominantnoj etaži s visoko nasadenom uskom krošnjom i za konkretnu dob malim prsnim promjerima. Tlo je u tim sastojinama džombasto, zakorovljeno, a u sastojine prodiru elementi potencijalne vegetacije, pretežno poljski jasen i crna joha, što pokazuje da je sastojina hrasta podignuta na pogrešan način i na pogrešnoj stobini.

4. Sastojine hrasta lužnjaka i velike žutilovke s rastavljenim šašem var. s glogom nose obilježje manjka hrasta lužnjaka u strukturi sastojine i po broju stabala i po drvnoj masi. Sušenje je u toj zajednici neznatno, a prirast je malen, udio drugih sporednih vrsta u omjeru smjese je pretežan zbog manjka hrasta, koji je vjerojatno posječen nepravilno vođenom proredom. U strukturi pomlatka i mladika dominira poljski jasen, i to vrlo obilno, dok se lužnjak pretežno javlja u stadiju ponika koji kasnije propada.

5. Sastojine u tipičnoj šumi hrasta lužnjaka i običnoga graba, u šumi hrasta lužnjaka i običnoga graba s bukvom i u šumi hrasta lužnjaka i običnoga graba vlažnog tipa nalaze se u takvim stanišnim uvjetima gdje je pad podzemne vode najmanje izazvao sušenje u odnosu na druge po nadmorskoj visini niže zajednice. Obilan korijenski sustav, duboko zakorjenjivanje lužnjaka, dubok profil tla omogućava vlaženje tla (kapilarni uspon) te to umanjuje posljedice pada razine podzemne vode i pojavu sušenja. Prelazna zajednica vlažnog tipa koja je bliža nižoj labilnoj zajednici lužnjaka s drhtavim šašem izložena je jačem sušenju od tipične zajednice i zajednice s bukvom. Manjak hrasta lužnjaka u omjeru smjese u nekim je zajednicama izrazit, a posljedica je pogrešnih zahvata u prošlosti. Posljedica toga je i obični grab smješten u dominantnu i nuzgrednu etažu, gdje mu nije mjesto. Pojava obilnoga prirodnog pomlađivanja hrasta lužnjaka i običnoga graba vezana je s većim ili manjim udjelom hrasta ili graba u omjeru smjese.

6. Zajednica hrasta lužnjaka i velike žutilovke s drhtavim šašem var. sa sitom izložena je najvećem sušenju. Pad razine podzemne vode, plitki ekološki profil tla, siromašan korijenski sustav te pojava površinske stagnirajuće vode uz pogrešan pristup pri osnivanju tih sastojina velik je uzročnik slabljenja i propadanja tih šuma.

Tanjurasti mikroreljef i pojava više vrsta drveća, kao što su crna joha, obični grab, brijest, divlja kruška i dr., upozoravaju na velika ekološka i strukturna previranja te nestabilne zajednice.

S obzirom na velik intenzitet sušenja pojedini djelovi sastojine dobro se pomlađuju s lužnjakom, posebno tamo gdje je tlo zbog zasjene nadstojnog drveća i gmlja sačuvano od zakorovljenja.

7. Sastojina hrasta lužnjaka i velike žutilovke s rastavljenim šašem stabilnija je i otpornija na sušenje od zajednice s drhtavim šašem s obzirom na to da je zbog svog nižeg položaja bliža utjecaju ipak snižene podzemne vode.

Manjak hrasta u omjeru smjese nadoknađuje crna joha koja je »treća vrsta« u tim sastojinama. Pojava ponika i pomlatka glavnih vrsta drveća upućuje na mogućnost prirodne obnove tih sastojina.

8. Sastojine zajednice poljskog jasena s kasnim drijemovcem podignute na odgovarajućim staništima pokazuju dobra strukturna svojstva koja još treba poboljšavati proredom. Sastojine su izložene sukcesiji crne joha i poljskog jasena koji se obilno nalazi u stadiju pomlatka i mladika.

Pojava pomlatka hrasta lužnjaka upućuje na normalni trend razvoja tih zajednica prema višoj zajednici u kojoj će u budućnosti dominirati hrast lužnjak.

9. U njezi i obnovi tih sastojina potrebno je izraditi šumskouzgojni plan, ostati pri hrastu lužnjaku, poljskom jasenu i crnoj johi kao glavnim vrstama drveća, respektirati kartu potencijalne vegetacije, u pripremi staništa koja su obešumljena i zakorovljena treba se služiti pionirskim vrstama drveća, kod smanjenog obrasta i zakorovljenog tla saditi crnu johu i poljski jasen kao mjeru popravljanja stanišnih i sastojinskih uvjeta, formirati više manjih sastojina u odjelu poštujući različitosti izazvane sušenjem, koje mogu ići od suvisle postojeće netaknute sastojine, sastojine sa smanjenim obrastom u fazi prirodne i umjetne obnove, isto takve sastojine u fazi podsadnje pionirskim vrstama do sušenjem obešumljene površine na kojoj sadimo pionirske vrste drveća.

10. Nužno je intenzivirati njegu, počevši od njege tla (odvodnja, uništenje korova) i njege pomlatka, popunjavanje, čišćenje i prorjeđivanje. Radovi na proredama moraju imati podlogu na suvremenim znanstvenim spoznajama o intenzitetima i načinu prorede.

11. Negativan utjecaj prekobrojne divljači i ispaše svinja na te sastojine jedan je od uzroka današnjeg stanja tih šuma te je prijeko potrebno prije početka obnove sastojina ograditi ih.

12. Površinska odvodnja plitkim kanalima, posebno na »tanjurastim« površinama, te izgradnja propusta na cestama i nasipima nužna je mjera u svim lužnjakovim šumama, a u Turopoljskom lugu posebno.

13. Pri planiranju uzgojnih radova prioritet treba biti privođenje obešumljenih površina šumskoj proizvodnji prirodnom ili umjetnom obnovom, njega novonastalih mladih sastojina, popunjavanje, čišćenje i prorjeđivanje. Nakon toga potrebno je obnavljati pretvorbu gotovo čistih grabika u lužnjakove šume na načelima oplodnih sječa uz unošenje žira ili sadnica lužnjaka.

14. Produženje ophodnje svim kvalitetnim lužnjakovim sastojinama nužnost je izazvana sušenjem i propadanjem lužnjaka.

Smanjenje hrasta u omjeru smjese te niže drvene zalihe od normalnih u pretežnom dijelu sastojina toga kompleksa moraju utjecati na smanjenje etata šuma.

LITERATURA – REFERENCES

- Matić, S., 1984: Šume hrasta lužnjaka i njihova prirodna obnova. Bilten društva ekologa BiH, I: 211-217, Sarajevo.
- Matić, S., 1988: Sušenje i propadanje šuma kao znak sve ugroženijeg i nestabilnijeg čovjekovog okoliša. Odvjetnik 1-2, Zagreb.
- Matić, S., 1989: Uzgojne mjere u sastojinama narušenim sušenjem hrasta lužnjaka. Glas. šum. pokuse 25: 61-77, Zagreb.
- Matić, S., 1990: Šume i šumarstvo Hrvatske – jučer, danas, sutra. Glas. šum. pokuse 26: 33-56, Zagreb.
- Matić, S., 1991: Njega šuma proredom. Zagreb.
- Prpić, B., i dr., 1986: Utjecaj ekoloških i gospodarskih činilaca na sušenje hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici »Kalje« šumskog gospodarstva Sisak (rukopis). Zagreb.
- Prpić, B., Z. Seletković & M. Ivković, 1991: Propadanje šuma u Hrvatskoj i odnos pojave prema biotskim i abiotskim činiteljima danas i u prošlosti. Šumarski list, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1987: Šumarska fitocenologija. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.

SLAVKO MATIĆ AND JOSIP SKENDEROVIĆ

RESEARCH ON BIOLOGICAL, ECOLOGICAL AND
ECONOMIC TREATMENT OF THE ENDANGERED
TUROPOLJSKI LUG FOREST
(SILVICULTURAL RESEARCH)

Summary

The changes happening in the Turopoljski lug forest complex are characterized by considerable dieback of the peduncled oak, the reasons of which are to be looked for among a great number of ecological and economic factors.

The fall of the groundwater level; stagnating cassette water; centuries of negative impact of man and cattle; lack of care; raising of peduncled oak on deforested land as pioneer tree species; excessive felling of the peduncled oak and its absence in the stand structure; vertical structure without underwood; wood stock below normal; pure peduncled oak cultures; weediness and swampiness; frequent climatic excesses; air, water and soil pollution; secondary pests, are all just one part of the complex factors that have caused the dieback of these forests.

In the stand of the peduncled oak and *Genista tinctoria* with *Carex remota*, variety with hawthorn, the dieback is negligible. The lack of the oak in the stand structure was caused by incorrect thinning measures and has resulted in lower increment, unfavourable ratios in the mixture and occurrence of young trees of the field ash, while the sprouts of the peduncled oak die from lack of light.

The stands in the typical forest of the peduncled oak and hornbeam; in the forest of the peduncled oak, hornbeam with beech; in the humid forest type of the peduncled oak and hornbeam - grow on the habitats where the fall of the groundwater has caused the least dieback when compared to other lower communities. A rich root system, deep soil profile, and the soil that is still moist enough, all alleviate the consequences of the groundwater fall and the appearance of severe dieback. A transitory association of the moist type, that is nearer to the low labile association of the peduncled oak with *Carex brizoides*, is exposed to somewhat stronger dieback. The lack of the oak in the mixture ratio is either a consequence of bad regeneration of these stands or bad thinning measures. The practice of regeneration by oak and hornbeam depends on higher or lesser participation of these species in the stand mixture proportion.

The association of the peduncled oak and *Genista tinctoria* with *Carex brizoides*, var. with toad rush in stricken by the most severe dieback, the fall of the groundwater; shallow ecological soil profile, poor root system and stagnating water on the surface, together with incorrect approach in establishing these stands, have all been the major cause for weakening and drying of these forests. These are large ecological disturbances in this stand, especially owing to the saucer-shaped micro-relief and the appearance of certain tree species that ecologically do not normally go

together, such as the black alder and common hornbeam. When the dieback becomes extremely intensive, individual stand parts regenerate well, particularly in the places where the soil thanks to the shades rendered by the upper trees and brush is protected from weediness.

The stand of the peduncled oak and *Genista tinctoria* with *Carex remota* is more stable and resistant to dieback than the association with *Carex brizoides*, because the former is owing to its lower position nearer to the influence of the otherwise lowered level of the groundwater.

The lack of the oak in these stands is made up for in the structure of the black alder stand, which is the 'third species' in these stands. The occurrence of young trees of the peduncled oak leads to the conclusion that there is a possibility of natural regeneration of these stands.

The stands of the field as with *Leucojum aestivum* raised on adequate habitats show good structural properties which can even be improved by thinning. The stands are largely exposed to the succession of the black alder and field ash which richly occurs in the development stages of young trees.

The care and regeneration of the Turopoljski lug forest stands require a detailed silvicultural plan. The peduncled oak, field ash, black alder and other autochthonous species of these associations should be retained as major tree species; the map of the potential vegetation should be respected. In the preparation of the habitats that have been deforested and covered with weed the pioneer tree species (black alder, willow, poplars) should be used. Where tree growth is rare and the ground weedy, black alder and field ash should be planted as a measure of improvement for the habitat and stand conditions. Several smaller stands may be formed in a department so that the differences caused by the dieback are respected.

The tending of the forest must be more intensive than it has been so far. The operations should be based on the recent scientific knowledge of thinning intensity and methods.

The negative impacts of wildlife and pig feeding being some of the causes of the present status of these stands, adequate effective measures should be taken.

Draining thorough shallow canals, particularly on saucer-shaped surfaces where the dieback has been most severe and building of outlets on roadsides and embankments are indispensable in all peduncled oak forests, especially in the Turopoljski lug forest.

When planning the silvicultural operations, priorities should be given to either natural or artificial regeneration of deforested areas; tending of the young stands; adding, cleaning and thinning. Only then the conversion of pure hornbeam stands into peduncled oak forests on the principles of regeneration felling and planting of acorn or oak seedlings should be carried out.

A reduction of the oak ratio in the mixture proportion and reduced wood stock in most stands of the region will cause a decrease of the felling volume in the whole management unit of Turopoljski lug.

Received September 22. 1992.

Accepted October 1. 1992.

Author's address:

Slavko Matić,
Josip Skenderović
Faculty of Forestry
41001 Zagreb, P.O.Box 178
Croatia

ĐURO RAUŠ

FITOCENOLOŠKA OSNOVA I VEGETACIJSKA KARTA NIZINSKIH ŠUMA SREDNJE HRVATSKE

PHYTOCOENOLOGY AND VEGETATION MAP OF CENTRAL CROATIA FLATLAND FORESTS

Prispjelo: 22. IX 1992.

Prihvaćeno: 1. X 1992.

Autor u radu obrađuje šumsku vegetaciju nizinskog dijela srednje Hrvatske, u koji ulazi Bjelovar, Vrbovec i Čazma sa širom okolicom, a pripada eurosibirsko-sjevernoameričkoj regiji, ilirskoj provinciji i zoni šuma hrasta lužnjaka i običnog graba.

Šumska je vegetacija istražena prema načelima i metodama suvremene fitocenologije, a kartiranje šumske vegetacije u mjerilu 1:10 000 obavljeno je terestičkom metodom izravno na samom terenu.

Autor je u istraživanjima šumskih zajednica utvrdio 210 vrsta biljaka, a opisom šumskih zajednica obuhvaćene su četiri asocijacije i sedam subasocijacija.

Za to područje najvažnija je šuma hrasta lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli - Quercetum roboris* Rauš 1969).

Autor je prikazao evoluciju vegetacije u panonskom bazenu u vezi s promjenama klime na sjevernoj polutki Zemlje, koju je proučio mađarski istraživač Sođ sa suradnicima (1940 i 1962). Tu je zorno prikazano pet geoloških razdoblja sa pripadajućom klimom i pojavom šumskog drveća, a napose pojavom bukve u nizinama Panonije.

Ključne riječi: šumske zajednice, vegetacijska karta, flora, klima, geološka razdoblja, stanište

UVOD - INTRODUCTION

Istraživanje i kartiranje šumske vegetacije nizinskog područja šumarija Bjelovar, Vrbovec i Čazma obavljeno je tijekom 1975. do 1979. godine. Šumska je vegetacija

istražena prema načelima i metodama suvremene fitocenologije, a kartiranje šumske vegetacije u mjerilu 1:10 000 obavljeno je terestričkom metodom izravno na samom terenu.

Položeno je preko 150 fitocenoloških snimaka, a izrađena je i vegetacijska karta 1:10 000.

Šumska vegetacija nizinskog dijela srednje Hrvatske, u koji ulazi Bjelovar, Vrbovec i Čazma sa širom okolicom, pripada eurosibirsko-sjevernoameričkoj regiji, ilirskoj provinciji i zoni šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba.

Prikaz šumskih fitocenoza spomenutog područja obradit ćemo na osnovi vlastitih detaljno obavljenih fitocenoloških istraživanja i kartiranja.

FLORA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA FLORA OF THE RESEARCH AREA

Prikaz postojeće flore nizinskih šuma srednje Hrvatske donosimo na osnovi pronađenih biljaka prilikom vegetacijskih istraživanja i kartiranja šuma. Razumije se, riječ je samo o vaskularnoj flori (višim biljkama); dok niže biljke (mahovine, lišajevi, gljive i alge) nisu obuhvaćene tim popisom, jer su za to potrebna detaljnija specijalistička istraživanja, što nije u domeni našeg rada.

Svrha je naših istraživanja šuma, a ne flora, no smatrali smo da je potrebno prethodno istražiti i obraditi i floru, jer flora spomenutih šuma do danas nije potpuno istražena.

Povijest istraživanja flore Slavonije i okolice grada Osijeka prikazali su Hirc (1914-1919) i Horvatić et al. (1970), pa se detaljnije o flornim istraživanjima spomenutog područja može vidjeti u tim radovima.

Našim dosadašnjim istraživanjima pronašli smo u nizinskim šumama srednje Hrvatske ove biljke:

ZNANSTVENI NAZIV SCIENTIFIC TERM

1. *Acer tataricum* L.
2. *Acer campestre* L.
3. *Agrostis alba* L.
4. *Asarum europaeum* L.
5. *Aegopodium podagraria* L.
6. *Alisma plantago* L.
7. *Alliaria officinalis* Andr.
8. *Alnus glutinosa* Gaertn.
9. *Asperula odorata* L.
10. *Anemone nemorosa* L.
11. *Arum maculatum* L.
12. *Athyrium filix femina* (L.) Roth.
13. *Ajuga reptans* L.
14. *Angelica silvestris* L.
15. *Allium ursinum* L.
16. *Amorpha fruticosa* L.
17. *Ballota nigra* L.

NARODNI NAZIV POPULAR TERM

- žestilj
klen
bjelkasta rosulja
kopitnjak
sedmolist
žabočun
češnjača
crna joha
lazarkinja
obična šumarica
pjegavi kozlac
ženska paprat
ivica
kravojac
crijemuž
čivitnjača
crna kopriva

- | | |
|--|-----------------------|
| 18. <i>Brachypodium silvaticum</i>
(Huc.) R. S. | kostrika |
| 19. <i>Bidens tripartitus</i> L. | dvozub |
| 20. <i>Carpinus betulus</i> L. | obični grab |
| 21. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq. | jednokoštuničavi glog |
| 22. <i>Cornus sanguinea</i> L. | svib |
| 23. <i>Corylus avellana</i> L. | lijeska |
| 24. <i>Cytisus hirsutus</i> L. | dlakava žučica |
| 25. <i>Circaea lutetiana</i> L. | bahornica |
| 26. <i>Calystegia sepium</i> L. | ladolež |
| 27. <i>Carex remota</i> L. | rastavljeni šaš |
| 28. <i>Carex brizoides</i> L. | drhatavi šaš |
| 29. <i>Cyclamen europaeum</i> L. | ciklama |
| 30. <i>Campanula persicifolia</i> L. | zvončika |
| 31. <i>Carex strigosa</i> Huds. | uskolisni šaš |
| 32. <i>Crataegus oxyacantha</i> L. | obični glog |
| 33. <i>Carex silvatica</i> Huds. | šumski šaš |
| 34. <i>Convallaria maialis</i> L. | đurđica |
| 35. <i>Cynanchum vincetoxicum</i> Pers. | lastavičnjak |
| 36. <i>Cytisus nigricans</i> L. | žučica |
| 37. <i>Cardamine savensis</i> Schulz. | režuha |
| 38. <i>Cardamine bulbifera</i> (L.) Cr. | lukovičasta režuha |
| 39. <i>Cardamine impatiens</i> L. | režuha |
| 40. <i>Carex pilosa</i> Scop. | dlakavi šaš |
| 41. <i>Campanula trachelium</i> L. | zvončika |
| 42. <i>Corydalis cava</i> L. Schv. et K. | šupljaka |
| 43. <i>Cerastium silvaticum</i> W. K. | šumski rožac |
| 44. <i>Carex elongata</i> L. | dugoklasi šaš |
| 45. <i>Caltha palustris</i> L. | kaljužnica |
| 46. <i>Carex digitata</i> L. | šaš |
| 47. <i>Carex riparia</i> Curt | obalni šaš |
| 48. <i>Carex vulpina</i> L. | lisičji šaš |
| 49. <i>Carex vesicaria</i> L. | žuti šaš |
| 50. <i>Carex elata</i> All. | busenasti šaš |
| 51. <i>Cirsium palustre</i> L. | osjak |
| 52. <i>Cladium meriscus</i> (L.) R. Br. | ljutak |
| 53. <i>Cephalanthera alba</i> Simk. | bijela naglavica |
| 54. <i>Cardamine pratensis</i> L. | livadna režuha |
| 55. <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth. | šašuljica |
| 56. <i>Cucubalus baccifer</i> L. | gušarica |
| 57. <i>Daphne mezereum</i> L. | likovac |
| 58. <i>Deschampsia caespitosa</i>
(L.) Beauv. | busika |
| 59. <i>Dactylis glomerata</i> L. | klupčasta oštrica |
| 60. <i>Dryopteris phegopteris</i> L. | mah |
| 61. <i>Eupatorium cannabinum</i> L. | konopljuša |
| 62. <i>Evonymus europaea</i> L. | obična kurika |
| 63. <i>Euphorbia amygdaloides</i> L. | rozetasta mlječika |

64. <i>Euphorbia dulcis</i> L.	mlječika
65. <i>Epilobium montanum</i> L.	vrbolika
66. <i>Euphorbia palustris</i> L.	mlječika
67. <i>Euphorbia salicifolia</i> Host.	mlječika
68. <i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	preslica
69. <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.	poljski jasen
70. <i>Fagus sylvatica</i> L.	obična bukva
71. <i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	končara
72. <i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill.	velika vlasulja
73. <i>Fragaria vesca</i> L.	jagoda
74. <i>Festuca silvatica</i> (Poll.) Vill.	vlasulja
75. <i>Fraxinus americana</i>	američki jasen
76. <i>Genista germanica</i> L.	bodljikava žutilovka
77. <i>Genista ovata</i> W. K.	žutilovka
78. <i>Genista tinctoria</i> L.	velika žutilovka
79. <i>Genista tinctoria</i> var. <i>elata</i> L.	velika žutilovka
80. <i>Glechoma hirsuta</i> L.	dobričica
81. <i>Geum urbanum</i> L.	blaženak
82. <i>Glechoma hederacea</i> L.	dobričica
83. <i>Galanthus nivalis</i> L.	visibaba
84. <i>Galium palustre</i>	bročika
85. <i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br.	vodena pirevina
86. <i>Glyceria maxima</i> Hartm.	velika pirevina
87. <i>Geranium robertianum</i> L.	pastirska iglica
88. <i>Galeopsis tetrahit</i> L.	srba
89. <i>Geranium phaeum</i> L.	smeđa iglica
90. <i>Galium vernum</i> Scop.	žuta bročika
91. <i>Galium aperine</i> L.	rukodrž
92. <i>Hedera helix</i> L.	bršljan
93. <i>Heracleum sphondylium</i> L.	obična šapika
94. <i>Helleborus atrorubens</i> W. K.	kukurijek
95. <i>Helleborus purpurascens</i> W. K.	kukurijek
96. <i>Hieracium murorum</i> L.	šumska runjika
97. <i>Hieracium umbellatum</i> L.	runjika
98. <i>Humulus lupulus</i> L.	divlji hmelj
99. <i>Hottonia palustris</i> L.	rebratica
100. <i>Hypericum quadrangulatum</i> L.	pljuskavica
101. <i>Iris pseudacorus</i> L.	žuta perunika
102. <i>Impatiens noli tangere</i> L.	netek
103. <i>Juncus effulus</i> L.	obična sita
104. <i>Ligustrum vulgare</i> L.	kalina
105. <i>Lythrum salicaria</i> L.	vrstica
106. <i>Lysimachia nummularia</i> L.	metljika
107. <i>Lysimachia vulgaris</i> L.	obična metljika
108. <i>Leucoium aestivum</i> L.	drijemovac
109. <i>Lamium orvala</i> L.	velika mrtva kopriiva
110. <i>Lycopus europaeus</i> L.	vučja noga

111. <i>Lychnis flos cuculi</i> L.	rumenika
112. <i>Listera ovata</i> (L.) R. Br.	jajasti čopotac
113. <i>Lathraea squamaria</i> L.	potajnica
114. <i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.	kukavičica
115. <i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	dlakava bekica
116. <i>Luzula silvatica</i> (Huds.) Gaud.	velika bekica
117. <i>Lemna minor</i> L.	barska leća
118. <i>Lemna trisulca</i> L.	barska leća
119. <i>Lamium luteum</i> Knock.	žuta mrtva kopriva
120. <i>Lapsana communis</i> L.	ognjičica
121. <i>Malus silvestris</i> (L.) Mill.	divlja jabuka
122. <i>Melampyrum silvaticum</i> L.	urodica
123. <i>Melica uniflora</i> Retz.	zonica
124. <i>Mycelis muralis</i> (L.) Rehb.	salatika
125. <i>Milium effusum</i> L.	obična prokula
126. <i>Mercurialis perennis</i> L.	resulja
127. <i>Melandrium rubrum</i> (Weigel). Garcke	crveni golesak
128. <i>Moehringia trinervia</i> L.	trožila merinka
129. <i>Maianthemum bifolium</i> (L.) Schm.	dvolistak
130. <i>Myosotis scorpioides</i> L.	močvarna potočnica
131. <i>Mentha aquatica</i> L.	metvica
132. <i>Neottia nidus avis</i> (L.) Rich.	kokoška
133. <i>Nephrodium filix mas</i> (L.) Rich.	muška paprat
134. <i>Nephrodium spinulosum</i> (Mill.) Stemp.	bodljikava paprat
135. <i>Oxalis acetosella</i> L.	zečje zelje
136. <i>Oenanthe fistulosa</i> L.	trbulja
137. <i>Prunus spinosa</i> L.	crni trn
138. <i>Prunella vulgaris</i> L.	celinščica
139. <i>Polygonum hydropiper</i> L.	vodeni dvornik
140. <i>Polygonum lapathifolium</i> L.	dvornik
141. <i>Pulmonaria officinalis</i> L.	plućnjak
142. <i>Polygonatum latifolium</i> (Jacq.) Desf.	salamunov pečat
143. <i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rehb.	bijeli vimenjak
144. <i>Prunus avium</i> L.	divlja trešnja
145. <i>Pyrus pyraeaster</i> (L.) Borkh.	divlja kruška
146. <i>Pyrus communis</i> L.	pitoma kruška
147. <i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.	mnogocvjetna pokosnica
148. <i>Paris quadrifolia</i> L.	petrov križ
149. <i>Polytrichum attenuatum</i> Menz.	kopičasti vlasak
150. <i>Peucedanum palustre</i> (L.) Mch.	močvarni smudnjak
151. <i>Poa annua</i> L.	vlasnjača
152. <i>Poa palustris</i> L.	vlasnjača
153. <i>Populus canadensis</i>	kanadska topola

154. <i>Phragmites communis</i> Trin.	obična trska
155. <i>Quercus robur</i> L.	lužnjak
156. <i>Quercus petraea</i> Salisb.	kitnjak
157. <i>Rhamnus frangula</i> L.	obična trušljika
158. <i>Rhamnus cathartica</i> L.	pazdrijen
159. <i>Rubus caesius</i> L.	plava kupina
160. <i>Rubus hirtus</i> W. K.	kupina
161. <i>Rosa canina</i> L.	pasja ruža
162. <i>Roripa amphibia</i> L.	vodeni grbak
163. <i>Ruscus aculeatus</i> L.	bodljikava veprina
164. <i>Ranunculus acer</i> L.	žabnjak
165. <i>Rumex sanguineus</i> L.	kiselica
166. <i>Rubus plicatus</i> W. N.	kupina
167. <i>Rosa</i> sp. L.	ruža
168. <i>Ruscus hypoglossum</i> L.	širokolisna veprina
169. <i>Ranunculus ficaria</i> L.	zlatica
170. <i>Ranunculus repens</i> L.	puzavi žabnjak
171. <i>Salix alba</i> L.	bijela vrba
172. <i>Salix fragilis</i> L.	vrba
173. <i>Spirea salicifolia</i> L.	suručica
174. <i>Salix cinerea</i> L.	siva vrba
175. <i>Stachys palustris</i> L.	čistac
176. <i>Senecio nemorensis</i> L.	šumski staraćac
177. <i>Succisa pratensis</i> Mch.	preskočica
178. <i>Solidago serotina</i> AH.	zlatica
179. <i>Solidago virga aurea</i> L.	zlatica
180. <i>Scrophularia nodosa</i> L.	obični strupnik
181. <i>Stellaria holostea</i> L.	velecvjetni crijevac
182. <i>Sanicula europaea</i> L.	zdravčica
183. <i>Symphytum officinale</i> L.	gavez
184. <i>Symphytum tuberosum</i> L.	žuti gavez
185. <i>Sambucus nigra</i> L.	crna bazga
186. <i>Solanum dulcamara</i> L.	paskvica
187. <i>Staphylea pinnata</i> L.	klokoč
188. <i>Stenactis annua</i> (L.) Nees.	krasolika
189. <i>Scutellaria galericulata</i> L.	grozničica
190. <i>Senecio paludosus</i> L.	dragušac
191. <i>Senecio rivularis</i> (W. K.) DC	kostriš
192. <i>Senecio aquaticus</i>	vodeni kostriš
193. <i>Schoenoplectus lacustris</i> L.	oblič
194. <i>Sparganium erectum</i> L.	ježinac
195. <i>Tilia cordata</i> Mill.	malolisna lipa
196. <i>Tamus communis</i> L.	bljušt
197. <i>Teucrium scordium</i> L.	dubaćac
198. <i>Ulmus carpinifolia</i> Gled.	poljski brijest
199. <i>Urtica dioica</i> L.	kopriva
200. <i>Ulmus laevis</i> Pall.	vez
201. <i>Urtica radicans</i> Bolla.	močvarna kopriva

202. <i>Viburnum opulus</i> L.	crvena udika
203. <i>Vinca minor</i> L.	mala pavenka
204. <i>Vicia oroboides</i> Wulf.	grahorica
205. <i>Valeriana dioica</i> L.	odoljen
206. <i>Veratrum album</i> L.	bijela čemerika
207. <i>Veronica montana</i> L.	planinska čestoslavica
208. <i>Veronica chamaedrys</i> L.	zmijina čestoslavica
209. <i>Viola silvestris</i> Lam.	ljubica

ŠUMSKE FITOCENOZE SISTEMSKI POLOŽAJ I OPIS

Prema svom sistematskom položaju istraživane šumske zajednice mogu se svrstati ovako:

razred: *Querc-Fagetea* Br.-Bl. et Vlieg. 1937

red: *Fagetalia* Pawl. 1928.

sveza: *Carpinion betuli illyricum* Ht. 1956

podsveza: *Quercion robori planarum* Rauš 1971

as: *Carpino betuli-Quercetum roboris* (A nić 1959)
emend. Rauš 1969

subas: *typicum* Rauš 1971

subas.: *fagetosum* Rauš 1971

red: *Populetales albae* Br.-Br. 1931

sveza: *Alno-Quercion roboris* Ht. 1938

as.: *Genisto elatae-Quercetum roboris* Ht. 1938

subas.: *caricetosum remotae* Ht. 1938

subas.: *caricetosum brizoides* Ht. 1938.

as.: *Frangulo-Alnetum glutinosae* Rauš 1968

subas.: *typicum* Rauš 1971

subas.: *ulmetosum laevis* Rauš 1971

as.: *Leucoio-Fraxinetum angustifoliae* Glav. 1959

subas.: *typicum* Glav. 1959

Šumske kulture: bagrema, kanadske topole, crne johe, ariša, smreke, crnog oraha i dr.

ŠUMA HRASTA LUŽNJAKA I OBIČNOGA GRABA (*Carpino betuli-Quercetum roboris typicum* Rauš 1971)

Mješovita šuma lužnjaka i običnoga graba razvija se na pseudoglejnom ili prapodzolastom tlu, na tzv. gredama i vlažnim gredama (rebrasta uzvišenja u ravnica koja daju izgled blago valovitoga terena), koje su izvan dohvata poplavnog

područja. Ako poplava i zahvati niže vlažne grede, ona je slaba i kratkotrajna. Obični grab je najbolji indikator za stajaću i podzemnu vodu, jer podnosi kratkotrajne prolazne poplave, ali ne podnosi stajaću vodu i visoku razinu podzemne vode. Obični grab javlja se samo do srednjeg vodostaja podzemne vode 2-3 m, a na takav se vodostaj nailazi samo na gredama.

Po svom sastavu spomenuta šuma znatno se razlikuje od lužnjakove šume s velikom žutilovkom. Često je dovoljna samo minimalna visinska razlika od 20 do 30 cm da bi se uočila granica između tih dviju šuma, koja je ponegdje široka svega 2 do 3 m. Naglim uzdizanjem greda brzo se spušta razina podzemne vode i grab se nesmetano razvija. Naravno da se i po florinom sastavu u cjelini i strukturi navedene zajednice međusobno razlikuju. Tlo te šume je ocjedito, ali svježije, slabo kiselo do neutralno.

Takva šuma znači klimaks za istraživano područje, a sve ostale šume na tom području razijaju se kao trajni stadiji, uvjetovani stalnim poplavama i visokom razinom podzemne vode.

Osim manjeg broja higrofilnih vrsta (vlažne grede) tu se javlja velik broj mezofita koji upućuju na smanjenu vlažnost.

U sloju drveća dominira hrast lužnjak, a u podstojnoj etaži obični grab. U manjoj mjeri primiješani su poljski jasen, nizinski brijest i ponegdje klen, a na vlažnim gredama dolazi mjestimično malolisna lipa, i to obično u podstojanoj etaži. Hrast lužnjak u kombinaciji s grabom raste vrlo dobro, razvija ravna i čista debla. S ekonomskoga gledišta to je najpovoljniji oblik sastojine istraživanog područja.

U sloju grmlja dolaze: lijeska, glogovi, klen, obični likovac, obična kurika, crni trn, svib, bazga i dr.

U sloju prizemnog rašća zastupljene su vrste: *Oxalis acetosella*, *Carex silvatica*, *Veronica montana*, *Fragaria vesca*, *Geum urbanum*, *Polygonatum multiflorum*, *Festuca gigantea*, *Asarum europaeum*, *Angelica silvestris*, *Arum maculatum*, *Circaea lutetiana*, *Carastium silvaticum*, *Scrophularia nodosa*, *Sanicula europaea*, *Paris quadrifolia*, *Vinca minor*, *Asperula odorata*, *Anemone nemorosa*, *Stachys silvatica*, *Glechoma hederacea*, *Helleborus odorus*, *Urtica dioica*, *Hedera helix* i dr. (tab. 1).

ŠUMA HRASTA LUŽNJAKA, OBIČNOGA GRABA I BUKVE

(*Carpino betuli-Quercetum roboris fagetosum* Rauš 1971)

Lužnjakovo-grabova šuma s bukvom dolazi u nizinskim predjelima Hrvatske u sklopu s tipičnom šumom hrasta lužnjaka i običnoga graba. Ona raste na gajnjači (Baranja i donja Posavina), pseudogleju (Pokuplje, gornja Posavina i dijelu Podravine), te na aluvijalnim, dosta skeletnim tlima u Podravini. Razvija se isključivo na neznatno uzvišenim gredama, gdje se bukva zadržala još iz subboreala, nakon što se u tom razdoblju spustila vrlo nisko u ravnici i zaposjela današnja staništa hrasta lužnjaka. Navedena subasocijacija dolazi izvan dohvata poplavne vode: Tlo te šume je ocjedito, ali svježije, slabo kiselo do neutralno, tipa nizinskog pseudogleja.

Po svom sastavu ova se šuma razlikuje od tipične šume lužnjaka i običnoga graba. Mi smo je izdvojili u posebnu subasocijaciju na osnovi diferencijalnih vrsta: *Fagus silvatica*, *Cardamina trifolia*, *Cardamina bulbifera*, *Luzula pilosa*, *Maiianthe-*

mum bifolium, *Mercurialis perennis*, *Gentiana asclepiadea*, *Crocus banaticus*, *Carex pilosa* i *Galanthus nivalis*. Nabrojene biljke, kao i velik broj svojstvenih vrsta iz reda *Fagetalia*, nedvojbeno pokazuju da se radi o jednoj potpuno novoj subasocijaciji unutar lužnjakovih šuma.

U sloju drveća zastupljeni su: hrast lužnjak (*Quercus robur*), bukva (*Fagus silvatica*), obični grab (*Carpinus betulus*), klen (*Acer campestre*), šumska trešnja (*Prunus avium*), malolisna i srebrnolisna lipa (*Tilia cordata* i *Tilia tomentosa*) i dr. Hrast lužnjak u smjesi s običnim grabom i bukvom raste vrlo dobro. Stoga se takva smjesa preporučuje za sva staništa gdje vrste mogu zajedno uspijevati, jer je korisna za tlo i za čišćenje lužnjakovih stabala od grana. U dobi, kad se te sastojine pomlađuju, bukva je za hrast manje opasna nego grab jer rjeđe rada sjemenom.

U sloju grmlja zastupljeni su: lijeska (*Corylus avellana*), crvena hudika (*Viburnum opulus*), glogovi (*Crataegus monogyna* i *C. oxyacantha*), obična kurika (*Evonymus europaea*), crni trn (*Prunus spinosa*), trušljika (*Frangula alnus*), divlja kruška (*Pyrus pyraeaster*), kalina (*Ligustrum vulgare*), svib (*Cornus sanguinea*), klen (*Acer campestre*) i dr.

U sloju prizemnog rašća najčešće su, osim već spomenutih diferencijalnih, još i ove vrste: *Circaea lutetiana*, *Stellaria holostea*, *Polygonatum multiflorum*, *Anemone nemorosa*, *Aspidium filix mas*, *Asperula odorata*, *Athyrium filix femina*, *Veronica montana*, *Glechoma hederacea* i mnoge druge (tab. 2).

Tablica 1

FITOCENOZA		Asocijacija: Subasocijacija:											CARPINO BETULI - QUERCETUM ROBORIS R a u š 69 typicum R a u š 71	
Ž	Broj snimke	10	8	3	2	7	4	1	11	12	5	6	9	S
I	Lokalitet	Žablj. lug	Česma	Česma	Česma	Nova-kuša	Česma	Česma	Bede-nik	Žablj. lug	Lešće	Nova-kuša	Česma	T
V	Odjel/ploha	139	39a	69a	75a	42f	97c	72b	7a	145a	8	55b	57g	U
O	Veličina plohe u m ²					400								P
T	Datum	16.8	2.9	6.6	6.6	26.8	18.7	4.6	17.8	17.8	15.7	23.8	4.9	A
N		76.	75.	75.	75.	76.	75.	75.	76.	76.	76.	76.	75.	NJ
I	Ekološke karakteristike:													
O	Nadmorska visina u m								105 - 125					U
B	Eskpozicija								Ravno					C
L	Inklinacija %								Ravno					E
I	Mikroreljefska karakterizacija								Ravničarsko-valoviti oblik krajine				S	
K	Pedološka karakterizacija								Pseudoglejna i semiglejna tla				C	
	Fenološki aspekt								Vegetacija u punom razvoju				A	
	Karakteristike sastojine:													
	Uzgojni oblik	Visoka regularna šuma												
	Starost godina								70 - 140					
	Pokrov. sloja drveća (%)	100	100	100	95	100	100	90	90	100	100	100	90	
	Pokrov. sloja grmlja (%)	1	25	5	5	5	5	5	2	5	2	2	2	
	Pokrov. sloja priz. rašća (%)	90	90	90	100	80	100	95	80	80	80	80	100	
	Pokrov. sloja mahovina (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Ukupna pokrovnost	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
FLORISTIČKI SASTAV														
I Sloj drveća														
Svojstvene vrste asocijacije:														
Ph	<i>Quercus robur</i> L.	3.1	3.3	3.3	3.4	3.3	2.1	3.4	3.3	3.3	3.3	2.3	3.3	V
Svojstvene vrste sveze, reda i razreda:														
Ph	<i>Carpinus betulus</i> L.	3.3	2.3	2.3	2.3	2.3	3.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	V
Ph	<i>Tilia cordata</i> Mill.	+	R	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II

-Broj snimke	10	8	3	2	7	4	1	11	12	5	6	9	
Ph <i>Acer campestre</i> L.				+									I
Pratilice:													
Ph <i>Fagus sylvatica</i> L.			+	R	+		+				1.1	(+)	III
Ph <i>Prunus avium</i> L.					R				(R)	(+)			II
Ph <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl		+											I
Ph <i>Alnus glutinosa</i> Gärtn.		R											I
II Sloj grmlja													
Svojtvene vrste sveze, reda i razreda:													
Ph <i>Carpinus betulus</i> L.	+	1.2	+	+	+	+	1.2	+	+	+	+	+	V
Ph <i>Acer campestre</i> L.	+	1.2	+	+	+	+	1.2	+	+	+	+	+	V
Ph <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.		1.2		1.2	+	+	1.2	+	+	1.2		+	IV
Ph <i>Euonymus europaea</i> L.	+	+	+	+			+	+	+	+			IV
Ph <i>Corylus avellana</i> L.		+		1.2	R		+	+	+	+	2.3		IV
Ph <i>Crataegus oxyacantha</i> L.	(+)	1.2	+	1.2					+			+	III
Ph <i>Ligustrum vulgare</i> L.	(+)	+				+		+		1.2	+		III
Ph <i>Cornus sanguinea</i> L.	+	+					1.2	+			1.2		III
Ph <i>Tilia cordata</i> Mill.	+	+	+	+						+			II
Ph <i>Fagus sylvatica</i> L.			+	+	+								II
Ph <i>Pyrus pyraister</i> (L.) Borkh.			R		R						+	+	II
Pratilice:													
Ph <i>Daphne mezereum</i> L.			+	R			+	+					II
Ph <i>Rosa canina</i> L.			+		R						R		II
Ph <i>Pyrus communis</i> L.							+						I
Ph <i>Viburnum opulus</i> L.										+			I
Ph <i>Acer tataricum</i> L.					+								I
III Sloj prizemnog rašća													
Svojtvene vrste asocijacije:													
Ch <i>Rubus hirtus</i> W. K.		+	+		+	1.2	3.3			R	+	+	IV
G <i>Circaea lutetiana</i> L.	+			+		+		+	+	1.2	+		III
Ch <i>Veronica montana</i> L.						+		+	+	+	+	+	III
Ch <i>Ruscus aculeatus</i> L.			R				+					+	II
Ph <i>Quercus robur</i> L.	+		+		+							+	II
G <i>Listera ovata</i> L.				(R)									I
H <i>Veronica chamaedrys</i> L.			+										I
G <i>Tamus communis</i> L.											R		I
G <i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.					+								I
Svojtvene vrste sveze, reda i razreda:													
Ph <i>Galeobdolon luteum</i> Huds.	2.2	1.2	+	1.2		2.3	+	1.2	1.2	+	+	1.2	V
Ph <i>Carex silvatica</i> Huds.	+2	1.2	+2	+2	1.2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	V
G <i>Asperula odorata</i> L.	1.2	+	+	2.3	1.2		1.2		1.2	+2	1.2	+	IV
Ch <i>Euphorbia amygdaloides</i> L.	+	+	+	+		+	+	+	+			+	IV
H <i>Gaum urbanum</i> L.	+	+	+			1.2	+			+	+	+	IV
G <i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.		+			+	+	+			1.2	+	+	III
G <i>Viola silvestris</i> Lam.					+	+	1.2	+	+	+	+		III
H <i>Mycelis muralis</i> (L.) Rehb.		+			1.1	+	(+)		+		+	1	III
H <i>Brachypodium silvaticum</i> (Huds.) R. S.	+2	+2	+2		+2			+2		+2	+2		III
H <i>Lathyrus vernus</i> (L.) Beruh.			+				+					+	II
H <i>Asarum europaeum</i> L.				1.2	1.2		+2	+2			+		II
H <i>Scrophularia nodosa</i> L.			R	+		+		+			+		II
Th <i>Geranium robertianum</i> L.	R					1.2				R			II
Ph <i>Acer campestre</i> L.			+						+	+			II
Ph <i>Carpinus betulus</i> L.			1.2					1.3	1.3				II
H <i>Convallaria maialis</i> L.							(+)					+	I
H <i>Cynanchum vincetoxicum</i> (L.) Pers.			+										I
G <i>Arum maculatum</i> L.	+									+			I
Ph <i>Euonymus europaea</i> L.								+			+		I
G <i>Neottia nidus avis</i> (L.) Rich.					+								I
Ch <i>Vinca minor</i> L.	1.2												I

Broj snimke	10	8	3	2	7	4	1	11	12	5	6	9	
Pratilice:													
H <i>Oxalis acetosela</i> L.	+2	+	+	+	.	+	1.2	+	+	+	+	+	V
H <i>Stellaria holostea</i> L.	2.3	+	+	1.2	1.2	1.2	+	1.2	1.2	1.2	+	+	V
Ch <i>Euphorbia dulcis</i> L.	R	+	+	+	+	.	+	R	+	.	+	+	IV
H <i>Athirium filix femina</i> (L.) Roth	+2	+2	+2	.	2.2	.	+2	.	+2	+2	2.2	+2	IV
H <i>Ajuga reptans</i> L.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	IV
H <i>Pulmonaria officinalis</i> L.	+2	1.2	+2	+2	+	.	.	1.2	.	1.2	1.2	+	IV
Ph <i>Hedera helix</i> L.	+	.	.	.	+	+	R	+	+	.	.	+	III
H <i>Sanicula europaea</i> L.	+	.	+	.	+	.	+	.	.	.	.	1.2	III
Th <i>Galeopsis tetrachit</i> L.	+	.	.	+	+	.	.	+	.	+	+	+	III
H <i>Angelica silvestris</i> L.	1.3	.	1.2	1.2	.	.	.	3.3	1.2	+	.	1.2	III
H <i>Nephradium mas</i> (L.) Rich.	+2	.	.	+2	.	.	+2	.	+2	+2	.	+2	III
H <i>Fragaria vesca</i> L.	R	.	+	.	1.2	1.2	.	.	.	.	+	+	III
Th <i>Impatiens noli tangere</i> L.	.	.	+	1.2	.	.	+	.	.	1.3	.	.	II
Th <i>Melampyrum silvaticum</i> L.	.	.	+	.	+	.	+	.	.	.	.	.	II
H <i>Carex brizoides</i> L.	.	.	.	+	.	.	+	+	+2	.	+2	.	II
H <i>Milium effusum</i> L.	.	.	+	.	.	.	+2	.	.	.	R	.	II
H <i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill.	+2	.	.	.	.	.	+2	.	.	.	+2	+	II
H <i>Symphytum tuberosum</i> L.	.	.	1.2	+	(+)	.	1.2	.	.	.	.	.	II
H <i>Cardamine savensis</i> Schulz	1.3	.	3.3	.	.	.	(+)	.	R	.	.	2.3	II
H <i>Mercurialis perennis</i> L.	.	+	.	1.3	.	.	.	.	1.2	(1.3)	.	.	II
H <i>Cardamine bulbifera</i> L.	.	.	1.2	+	.	.	.	.	.	+	.	.	II
H <i>Melandrium silvestra</i> Roehl.	.	+	.	(R)	.	.	.	+	.	+	.	.	II
H <i>Geranium phaeum</i> L.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	+	.	.	II
H <i>Galium verum</i> Scop.	.	+	.	+	+	.	.	.	+	.	+	.	II
H <i>Ranunculus acer</i> L.	.	.	+	+	R	.	.	.	.	.	.	.	II
G <i>Paris quadrifolia</i> L.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	.	II
H <i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	.	.	R	.	.	+2	.	.	.	.	.	+2	II
H <i>Heracleum sphondylium</i> L.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	II
Ch <i>Glechoma hederacea</i> L.	.	+	.	.	R	.	.	+	.	.	.	.	II
H <i>Melica uniflora</i> Retz.	.	.	+	+	.	.	1.2	.	.	.	.	.	II
Th <i>Galium aperine</i> L.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	I
H <i>Cardamine impatiens</i> L.	.	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.	I
H <i>Urtica dioica</i> L.	.	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.	I
H <i>Nephradium spinulosum</i> (Mill.) Strempt.	.	.	.	.	.	.	+2	.	.	.	.	.	I
H <i>Carex pilosa</i> Scop.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	1.3	I
H <i>Rumex sanguineus</i> L.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	I
G <i>Allium ursinum</i> L.	.	.	.	+2	.	.	.	.	.	(+3)	.	.	I
Ch <i>Rubus caesius</i> L.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	I
H <i>Rubus plicatus</i> W. N.	.	.	.	R	R	.	.	.	.	.	.	.	I
H <i>Helleborus purpurascens</i> W. K.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	I
H <i>Carex remota</i> L.	.	.	.	+2	.	.	.	.	R	.	.	.	I
G <i>Maianthemum bifolium</i> (L.) Schm.	.	.	R	.	+	.	.	.	.	.	.	.	I
H <i>Myosotis scorpioides</i> L.	.	.	R	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
Ph <i>Viburnum opulus</i> L.	.	.	R	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
H <i>Lamium orvala</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+2	.	.	I
Ph <i>Ligustrum vulgare</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	I
Ch <i>Lysimachia nummularia</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	I
H <i>Aegopodium podagraria</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	R	.	.	.	I
H <i>Campanula trachelium</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	R	.	.	.	I
H <i>Campanula persicifolia</i> L.	R	.	.	.	.	.	.	.	.	.	(+)	.	I
Ph <i>Frangula alnus</i> Mill.	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.	.	I
H <i>Epilobium montanum</i> L.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	I
H <i>Hieracium murorum</i> L.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	I
H <i>Eupatorium cannabinum</i> L.	.	.	.	R	.	.	.	.	.	.	.	.	I
G <i>Cyclamen europaeum</i> L.	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
H <i>Vicia oroboides</i> Walt.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
G <i>Polygonatum latifolium</i> (Jacq.) Desf.	.	R	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
H <i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) Beaur.	.	.	.	.	.	.	.	+2	.	.	.	.	I
Ch <i>Glechoma hirsuta</i> W. K.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	I
H <i>Prunella vulgaris</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	R	.	.	.	I
IV Sloj mahova - <i>Polytrichum attenuatum</i>	.	.	.	.	1.2	.	.	1.2	1.2	.	.	.	II

Tablica 2

FITOCENOZA		Asocijacija: Subasocijacija:		CARPINO-BETULI QUERCETUM ROBORIS Rauš 69 <i>fagetosum</i> Rauš 71				
		6	4	5	3	1	2	S
Ž	Broj snimke							T
I	Lokalitet	Bukovac	Grabik	Bukovac	Brdarice	Česma	Česma	U
V	Odjel/ploha	32a	34b	14b	22b	79b	85a	P
O	Veličina plohe u m ²			400				A
T	Datum	22.9.76.	16.7.76.	25.8.76.	15.7.76.	16.7.76.	16.7.76.	NJ
N	Ekološke karakteristike:							
I	Nadmorska visina u m			105-150				U
O	Inklinacija %		ravno	N		ravno		Č
B	Mikroreljefska karakterizacija		ravno	5		ravno		E
L	Pedološka karakterizacija:				Brežuljkasto-valovito			S
I	Karakteristike sastojine:				Pseudoglejno i semiglejna tla			C
K	Uzgojni oblik				visoki			A
	Starost godina				60-120			
	Pokrov. sloja drveća (%)	100	100	100	100	100	100	
	Pokrov. sloja grmlja (%)	10	5	5	10	5	-	
	Pokrov. sloja priz. rašća (%)	80	80	80	80	90	40	
	Pokrov. sloja mahovina (%)	-	-	-	-	-	-	
	Ukupna pokrovnost (%)	100	100	100	100	100	100	
	FLORISTIČKI SASTAV							
	I Sloj drveća							
	Svojevrsne vrste asocijacije:							
Ph	<i>Quercus robur</i> L.	2.1	2.1	2.3	2.3	2.3	2.1	V
	Svojevrsne vrste sveze, reda i razreda:							
Ph	<i>Carpinus betulus</i> L.	2.3	1.1	2.3	1.2	2.3	2.3	V
	Diferencijalne vrste:							
Ph	<i>Fagus sylvatica</i> L.	3.3	2.1	1.1	2.3	2.1	2.1	V
	Pratilice:							
Ph	<i>Quercus petraea</i>	.	.	.	1.1	.	.	I
Ph	<i>Tilia cordata</i> Mill.	R	.	.	.	.	.	I
	II Sloj grmlja							
	Svojevrsne vrste sveze, reda i razreda:							
Ph	<i>Carpinus betulus</i> L.	2.3	1.2	1.2	2.3	1.2	+	V
Ph	<i>Acer campestre</i> L.	.	+	.	+	.	.	III
Ph	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	.	R	.	.	1.2	.	II
Ph	<i>Corylus avellana</i> L.	1.2	.	.	+	.	.	II
Ph	<i>Euonymus europaea</i> L.	.	+	.	+	.	.	II
Ph	<i>Cornus sanguinea</i> L.	+	.	.	+	.	.	II
Ph	<i>Tilia cordata</i> Mill.	1.2	+	.	+	.	.	II
Ph	<i>Crataegus oxyacantha</i> L.	.	.	.	+	.	.	I
	Diferencijalne vrste:							
Ph	<i>Fagus sylvatica</i> L.	2.3	1.2	1.2	1.2	.	+	IV
	Pratilice:							
Ph	<i>Pyrus pyraeaster</i> (L.) Borkh.	.	R	.	.	R	.	II
Ph	<i>Sambucus nigra</i> L.	+	.	.	+	.	.	II
Ph	<i>Malus silvestris</i> (L.) Mill.	.	.	.	R	.	.	I
Ph	<i>Rosa</i> sp.	.	.	+	.	.	.	I
Ph	<i>Frangula alnus</i> Mill.	+	.	.	.	.	.	I
Ph	<i>Cytisus hirsutus</i> L.	+	.	.	.	.	.	I
Ph	<i>Gemista germanica</i>	+	.	.	.	.	.	I
	III Sloj prizemnog rašća							
	Svojevrsne vrste asocijacije:							
Ch	<i>Quercus robur</i> L.	.	.	+	.	+	+	III
	Svojevrsne vrste sveze, reda i razreda:							
G	<i>Asperula odorata</i> L.	2.3	2.3	1.2	1.2	1.2	+	V
H	<i>Viola silvestris</i> Lam.	+	+	1.2	+	+	+	V
Ch	<i>Galeobdolon luteum</i> Huds.	+	1.2	+	1.2	+	+	V
H	<i>Sanicula europaea</i> L.	+	+2	1.2	+	.	+	IV

Broj snimke	6	4	5	3	1	2	
H <i>Nephradiūm filix mas</i> (L.) Rich.	+2	.	+2	+2	+2	+	IV
H <i>Carex silvatica</i> Huds.	1.2	+2	+2	+2	.	.	III
H <i>Geum urbanum</i> L.	+	+	+	+	.	.	III
H <i>Asarum europaeum</i> L.	+2	(+2)	+2	1.2	.	.	III
H <i>Mycelis muralis</i> (L.) Rchb.	+	.	+	+2	+	.	III
Ch <i>Vinca minor</i> L.	2.3	(+3)	.	2.3	.	.	III
H <i>Scrophularia nodosa</i> L.	.	R	.	.	+	.	II
G <i>Arum maculatum</i> L.	.	+2	.	+	.	.	II
H <i>Brachypodium silvaticum</i> (Huds) R. S.	+2	.	+2	.	.	.	II
Ph <i>Acer campestre</i> L.	.	.	.	.	+	.	I
G <i>Anemone nemorosa</i> L.	.	.	.	.	.	2.3	I
H <i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.	.	.	.	+	.	.	I
H <i>Cardamine savensis</i> Schulz.	+	.	.	.	.	.	I
H <i>Milium effusum</i> L.	+2	.	.	.	.	.	I
Ch <i>Ruscus hypoglossum</i> L.	.	.	.	.	.	+2	I
Ph <i>Carpinus betulus</i> L.	.	.	.	.	1.2	.	I
H <i>Senecio nemorensis</i> L.	R	.	.	.	.	.	I
Diferencijalne vrste:							
Ch <i>Rubus hirtus</i> W. K.	1.2	+	+	+	2.3	+	V
H <i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	1.2	R	+2	+2	R	.	IV
G <i>Maianthemum bifolium</i> (L.) Schm.	+	+	.	.	+	+	III
Ch <i>Ruscus aculeatus</i> L.	.	.	.	.	2.3	2.3	II
H <i>Mercurialis perennis</i> L.	.	.	.	+2	.	.	I
H <i>Cardamine bulbifera</i> L.	.	.	.	+	.	.	I
Pratilice:							
G <i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.	+	+	+	+	+	+	V
H <i>Athyrium filix femina</i> (L.) Roth.	+2	+2	+2	+2	+	+	V
H <i>Stellaria holostea</i> L.	+	+	1.2	+2	+	+	V
H <i>Carex brizoides</i> L.	1.2	+	+	.	2.3	+	IV
H <i>Ajuga reptans</i> L.	+	.	+	+	+	+	IV
H <i>Oxalis acetosella</i> L.	+	1.2	+	.	+	+	IV
G <i>Circaea lutetiana</i> L.	+	1.2	+	1.2	+	.	IV
Ch <i>Veronica montana</i> L.	+	+	+	.	+	.	III
Ch <i>Euphorbia dulcis</i> L.	+	+	.	+	+	.	III
H <i>Carex pilosa</i> Scop.	1.3	.	.	.	R	1.2	III
Ch <i>Euphorbia amygdaloides</i> L.	+	.	+	.	+	.	III
Th <i>Melampyrum silvaticum</i> L.	+	(+)	.	.	.	+	III
H <i>Melica uniflora</i> Retz.	+2	+2	.	+2	.	.	III
H <i>Pulmonaria officinalis</i> L.	.	+	+	+2	.	.	III
Th <i>Galeopsis tetrachit</i> L.	+	+	+	+	.	.	III
H <i>Galium vernum</i> Scop.	+	+	+	.	.	.	III
H <i>Festuca gigantea</i> (L.) Will.	.	.	+	.	R	.	II
H <i>Symphytum tuberosum</i> L.	.	.	.	+	.	+	II
Th <i>Plantanthera bifolia</i> (L.) Rich	.	R	.	.	.	.	II
H <i>Heracleum sphondylium</i> L.	+	.	.	R	.	.	II
H <i>Angelica silvestris</i> L.	+	+	.	.	.	.	II
H <i>Geranium phaeum</i> L.	+	.	+	.	.	.	II
Ph <i>Pyrus pyraaster</i> (L.) Borkh.	.	.	.	.	+	.	I
H <i>Solidago virga aurea</i> L.	R	.	.	.	.	.	I
H <i>Hieracium umbellatum</i> L.	.	.	.	.	+	.	I
H <i>Decetilis glomerata</i> L.	.	.	.	.	+2	.	I
H <i>Cynanchum vincetoxicum</i> (L.) Pers.	.	.	.	.	+	.	I
H <i>Luzula silvatica</i> Gand.	.	.	.	.	.	+	I
Ph <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	.	.	.	.	.	R	I
H <i>Festuca silvatica</i> Vill.	.	.	.	.	.	+	I
G <i>Convallaria majalis</i> L.	.	.	.	.	.	+	I
Ph <i>Hedera helix</i> L.	.	.	.	+	.	.	I
H <i>Vicia oroboides</i> Wulf.	.	.	.	+	.	.	I
G <i>Tamus communis</i> L.	.	.	.	+	.	.	I
Ph <i>Prunus avium</i> L.	.	.	.	+	.	.	I
G <i>Corydalis cava</i> (L.) Schw. et K.	.	R	.	.	.	.	I
H <i>Fragaria vesca</i> L.	.	.	+	.	.	.	I
G <i>Cyclamen europaeum</i> L.	1.2	.	.	.	.	.	I
H <i>Lamium orvala</i> L.	+	.	.	.	.	.	I
H <i>Melandryum silvestre</i> Roehl.	+	.	.	.	.	.	I
H <i>Aegopodium podagraria</i> L.	+	.	.	.	.	.	I
IV Sloj mahova							
<i>Polytrichum attenuatum</i>	2.2	+2	1.2	.	1.2	1.2	IV

ŠUMA HRASTA LUŽNJAKA S VELIKOM ŽUTILOVKOM I RASTAVLJENIM ŠAŠEM

(*Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum remotae* Ht.
1938)

To je tipična slavonska šuma hrasta lužnjaka koja obuhvaća goleme površine mineralno-močvarnih tala u poplavnom i izvanpoplavnom području. Većinom je plavljena jednom ili dva puta na godinu. Razina podzemne vode u proljeće i kasno u jesen je visoka.

Lužnjakova šuma s velikom žutilovkom ističe se vrlo značajnim slojemi grmlja i niskog rašća, koji upućuju na veliku vlažnost u proljetnim mjesecima.

U sloju drveća dominira hrast lužnjak, a primiješani su: poljski jasen, nizinski brijest, crna joha, ponegdje klen i divlja kruška.

Sloj grmlja vrlo je bujno razvijen s pokrovnošću 10 do 20%, a tvore ga: *Genista elata*, *Crataegus oxyacantha*, *Crataegus monogyna*, *Prunus spinosa*, *Pyrus pyraeaster*, *Viburnum opulus*, *Frangula alnus*, *Rubus caesius*, *Rubus fruticosus*, *Rosa* sp. i dr.

Sloj prizemnog rašća tvori pokrovnost 80 – 100% i osobito je bujan u proljeće nakon poplava. Sastoji se od ovih vrsta: *Carex remota*, *Carex strigosa*, *Rumex sanguineus*, *Cerastium silvaticum*, *Valeriana dioica*, *Lycopus europaeus*, *Solanum dulcamara*, *Valeriana officinalis*, *Glechoma hederacea*, *Poa trivialis*, *Juncus effusa*, *Galium palustris*, *Ranunculus repens*, *Lysimachia numularia*, *Lysimachia vulgaris*, *Stachys palustris*, *Succisa pratensis*, *Polygonum hydropiper*, *Mentha aquatica*, *Aegopodium podagraria*, *Euphorbia palustris*, *Iris pseudacorus*, *Rubus caesius*, *Circaea lutetiana*, *Peucedanum palustre*, *Hypericum acutum*, *Stenactis annua*, *Eupatorium cannabinum*, *Trifolium repens*, *Scrophularia nodosa*, *Bidens tripartitus*, *Leucium aestivum*, *Angelica silvestris* i dr. (tab. 3).

ŠUMA HRASTA LUŽNJAKA I VELIKE ŽUTILOVKE S DRHTAVIM ŠAŠEM

(*Genisto elatae-Quercetum roboris cricetosum brizoides*
Ht. 1938)

Velik dio nizinskih šuma bazena Česme zauzima ta subasocijacija nastavljaajući znatne površine pseudoglejnih i mineralno-močvarnih, nešto kiselijih tala u poplavnom i nepoplavnom dijelu tog područja. Razvija se obično na vlažnim gredama i nizama. Razina podzemne vode je u proljeće i kasno u jesen visoka. Ta se šuma u vertikalnom pogledu, idući naniže, nadovezuje na šumu lužnjaka i običnoga graba, što znači da je i vlažnost tla u toj šumi veća.

Zbog velikog utjecaja pašne i žirenja poremećeni su prirodni odnosi u toj šumi, što je dovelo do znatnih modifikacija u pojedinim slojevima biocenoze.

Znatnija pojava acidofilnih elemenata govori u prilog tomu da se navedena subasocijacija razvija na nešto kiselijim tlima jer ti elementi u drugoj tipskoj subasocijaciji slavonske šume ne dolaze. Tako su ove biljke diferencijalne vrste za tu zajednicu: *Carex brizoides*, *Deschampsia caespitosa*, *Polytrichum attenuatum*, *Melampyrum silvaticum*, *Potentilla erecta*, *Veratrum album* i dr.

Tablica 3

FITOCENOZA		Asocijacija: Subasocijacija:		GENISTO ELATAE-QUERCETUM ROBORIS Horv. 38 CARICETOSUM REMOTAE Horv. 38						
Ž	Broj snimke	2	1	5	3	4	7	6	S	
I	Lokalitet	Česma	Česma	Česma	Česma	Česma	Glogov.	Dabrovine	T	
V	Odjel/ploha	68b	72e	30a	66c	69	9c	160a	U	
O	Veličina plohe u m				400				P	
T	Datum	4.6.75.	4.6.75.	3.9.75.	5.6.75.	6.6.75.	3.9.76.	19.8.76.	A	
N	Ekološke karakteristike:								NJ	
I	Nadmorska visina u m				99 - 110					
	Eskpozicija				ravno				U	
O	Inklinacija				ravno				D	
B	Mikroreljefna karakterizacija				Niza				J	
L	Pedološka karakterizacija				Mineralno močvarno tlo				E	
I	Karakteristike sastojine:								L	
K	Uzgojni oblik				Visoki				A	
	Starost godina				60 - 120					
	Pokrovnost sloja drveća (%)	95	80	100	75	90	100	90		
	Pokrovnost sloja grmlja (%)	20	50	15	20	3	20	2		
	Pokrov. sloja priz. rašća (%)	100	70	90	100	90	100	100		
	Pokrov. sloja mahovina (%)	-	-	-	-	-	-	-		
	Ukupna pokrovnost (%)	100	100	100	100	100	100	100		
	FLORISTIČKI SASTAV									
	I Sloj drveća									
	Svojtvene vrste asocijacije:									
Ph	<i>Quercus robur</i> L.	2.2	2.3	5.5	1.1	5.5	5.5	5.5	V	
Ph	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl	3.4	3.3	+	3.3	.	.	.	V	
Ph	<i>Alnus glutinosa</i> Gärtn.	.	.	+	1.3	.	.	.	III	
	Svojtvene vrste sveze, reda i razreda:									
Ph	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	.	.	.	1.2	.	.	.	I	
	Pratilice:									
Ph	<i>Carpinus betulus</i> L.	.	+	.	.	.	.	.	I
Ph	<i>Acer campestre</i> L.	.	+	.	.	.	.	.	I
	II Sloj grmlja									
	Svojtvene vrste asocijacije:									
Ph	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl	1.2	.	2.3	.	1.2	+	1.2	IV	
Ph	<i>Ulmus carpiniifolia</i> Gled.	2.3	+	1.2	.	1.2	.	+	IV	
Ph	<i>Genista tinctoria</i> var. <i>elata</i> A. et G.	+ 2	.	+	.	.	1.2	.	II	
	Svojtvene vrste sveze, reda i razreda:									
Ph	<i>Viburnum opulus</i> L.	.	R	.	1.2	.	.	.	II	
Ph	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	.	.	.	1.2	.	.	.	I	
	Pratilice:									
Ph	<i>Acer campestre</i> L.	+	1.3	+	+	.	.	.	III	
Ph	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	+	1.2	+	1.2	.	.	.	III	
Ph	<i>Crataegus oxyacantha</i> L.	+	1.2	+	1.2	.	.	.	III	
Ph	<i>Carpinus betulus</i> L.	.	2.3	.	+	.	.	.	II	
Ph	<i>Prunus spinosa</i> L.	1.2	R	.	+	.	.	.	II	
Ph	<i>Ligustrum vulgare</i> L.	.	+	.	.	.	.	.	I
Ph	<i>Evonymus europaeus</i> L.	.	+	.	.	.	.	.	I
Ph	<i>Rhamnus cathartica</i> L.	1.2	.	.	.	.	.	.	I
Ph	<i>Cornus sanguinea</i> L.	.	.	.	+	.	.	.	I	
Ph	<i>Euonymus europaea</i> L.	.	.	.	+	.	.	.	I	
Ph	<i>Frangula alnus</i> Mill.	.	.	R	.	.	.	.	I
Ph	<i>Alnus glutinosa</i> Gärtn.	.	.	.	.	.	1.2	.	I
Ph	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	.	.	.	.	.	2.3	.	I
	III Sloj prizemnog rašća									
	Svojtvene vrste asocijacije:									
H	<i>Carex remota</i> L.	3.3	2.2	2.2	2.3	3.3	2.3	2.3	V	
H	<i>Carex strigosa</i> Huds.	.	+ 2	+	+	+	.	+	IV	
H	<i>Cerastium silvaticum</i> W. K.	+	+	.	.	.	.	+	II

Broj snimke	2	1	5	3	4	7	6	I
Ph <i>Quercus robur</i> L.	.	R	.	.	.	.	.	I
Svojtvene vrste sveze, reda i razreda:								
Ch <i>Rubus caesius</i> L.	2.3	1.2	+	1.2	.	.	+	IV
H <i>Lycopus europaeus</i> L.	.	.	+	.	+	.	1.1	III
G <i>Circea lutetiana</i> L.	.	+	.	R	.	.	1.1	II
H <i>Rumex sanguineus</i> L.	+	.	.	.	+	.	+	II
Ch <i>Solanum dulcamara</i> L.	.	.	+	.	+	.	.	II
H <i>Carex elongata</i> L.	.	.	.	.	2.2	.	.	I
Pratilice:								
Ch <i>Glechoma hederacea</i> L.	+	3.3	+	1.2	R	+	+	V
H <i>Stachys palustris</i> L.	+	.	1.2	.	+	+	+	IV
Th <i>Polygonum hydropiper</i> L.	+2	.	+	.	1.2	1.3	+	IV
G <i>Iris pseudacorus</i> L.	+	.	+	+	+	.	+	IV
H <i>Urtica dioica</i> L.	1.2	1.2	.	2.3	.	.	3.3	III
H <i>Ranunculus repens</i> L.	1.2	.	+	.	1.2	+	.	III
H <i>Galium palustre</i> L.	+	.	+	+	1.2	.	.	III
H <i>Juncus effusus</i> L.	+2	.	+2	.	+2	+2	.	III
H <i>Mentha aquatica</i> L.	+	.	+	.	1.2	+	.	III
H <i>Peucedanum palustre</i> (L.) Mönch.	.	+	.	+	.	.	+	II
Th <i>Galium aparine</i> L.	.	+	.	+	.	.	+	II
H <i>Geum urbanum</i> L.	.	R	.	.	.	.	1.1	II
H <i>Caltha palustris</i> L.	1.2	R	.	.	.	.	.	II
H <i>Myosotis scorpioides</i> L.	+	+	.	.	+	.	.	II
H <i>Carex riparia</i> Curt.	.	R	.	.	1.3	.	1.3	II
H <i>Valeriana dioica</i> L.	1.2	.	.	.	1.2	.	.	II
H <i>Carex vulpina</i> L.	+	.	.	.	+2	.	.	II
H <i>Succisa pratensis</i> Mch.	+	.	.	.	.	1.2	.	II
Th <i>Galeopsis tetrachit</i> L.	+	.	.	.	.	.	+	II
H <i>Poa palustris</i> L.	1.2	.	.	+2	.	.	.	II
H <i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) Beauv.	.	.	3.2	+2	+2	.	.	II
H <i>Allisma plantago-aquatica</i> L.	.	.	.	.	+	+	.	II
H <i>Lysimachia vulgaris</i> L.	.	.	.	.	+	+	.	II
Ch <i>Lysimachia nummularia</i> L.	.	.	+	.	+	.	+	II
H <i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br.	.	.	.	.	+	+	.	II
H <i>Carex vesicaria</i> L.	.	.	.	.	+2	1.2	.	II
Th <i>Bidens tripartita</i> L.	.	.	.	.	+	1.2	.	II
H <i>Carex alata</i> All.	.	.	R	.	.	.	+2	II
H <i>Carex silvatica</i> Huds.	.	+	.	.	.	.	.	I
Ch <i>Veronica montana</i> L.	.	+	.	.	.	.	.	I
H <i>Viola silvestris</i> Lam.	.	+	.	.	.	.	.	I
H <i>Athyrium filix femina</i> (L.) Roth.	.	+2	.	.	.	.	.	I
Th <i>Stenactis annua</i> (L.) Nees	.	+	.	.	.	.	.	I
H <i>Prunella vulgaris</i> L.	.	R	.	.	.	.	.	I
H <i>Agrostis alba</i> L.	+2	.	.	.	.	.	.	I
G <i>Loucoium aestivum</i> L.	+	.	.	.	.	.	.	I
H <i>Humulus lupulus</i> L.	.	.	.	+	.	.	.	I
H <i>Aegopodium podagraria</i> L.	.	.	.	+	.	.	.	I
H <i>Oenanthe fistulosa</i> L.	.	.	.	.	+	.	.	I
H <i>Veratrum album</i> L.	.	.	.	.	R	.	.	I
H <i>Scutellaria galericulata</i> L.	.	.	.	.	R	.	.	I
H <i>Cladium mariscus</i> R. Br.	.	.	.	.	+	.	.	I
H <i>Euphorbia palustris</i> L.	.	.	+	.	.	.	.	I
Ph <i>Euonymus europaeus</i> L.	.	.	.	.	.	.	+	I
H <i>Nephradium spinulosum</i> (Mill.) Stemp.	.	.	.	.	.	.	+2	I
H <i>Lythrum salicaria</i> L.	.	.	.	.	.	.	+2	I
H <i>Filipendula ulmaria</i> Maxim.	.	.	.	.	.	.	(R)	I

U sloju drveća dominira hrast lužnjak, a primiješani su: crna joha, poljski jasen, nizinski brijest, divlja kruška, divlja jabuka, vez, topola, rjeđe i obični grab.

Sloj grmlja je bujno razvijen, pogotovu u starijim šumama koje su stavljene u predzabran, tvoreći pokrovnost od 5 do 25%, a čine ga: *Genista tinctoria* ssp. *elata*, *Viburnum opulus*, *Crataegus oxyacantha* i *Crataegus monogyna*, *Corylus avellana*, *Frangula alnus*, *Pyrus pyraeaster*, *Cornus sanguinea*, *Prunus spinosa*, *Rubus fruticosus* i vrste iz sloja drveća u obliku grma.

Sloj prizemnog rašća tvori pokrovnost 80 do 100% i osobito je bujan u proljeće i rano ljeto kada ta šuma obiluje s dosta vlage. U sloju prizemnog rašća ističu se: *Nephradium spinulosum*, *Lycopus europaeus*, *Circaea lutetiana*, *Veronica montana*, *Rubus caesius*, *Scrophularia nodosa*, *Aegopodium podagraria*, *Ranunculus ficaria*, *Geum urbanum*, *Cucubalus baccifer*, *Humulus lupulus*, *Lysimachia nummularia*, *Lysimachia vulgaris*, *Ajuga reptans*, *Myosotis scorpioides*, *Stachys palustris*, *Peucedanum palustre*, *Ranunculus repens*, *Galium palustre*, *Polygonatum hydropiper*, *Glechoma hederacea*, *Prunella vulgaris* i dr. (tab. 4).

Tu je subasocijaciju opisao Horvat 1938. godine na području Draganičkog i Sašinovečkog luga, znači pretežno u zapadnim dijelovima hrvatskoga nizinskog područja. Naša istraživanja nizinskih šuma u Hrvatskoj pokazala su da se ta subasocijacija, idući prema istoku, postupno gubi i negdje ispred Slavenskog Broda potpuno nestaje, čak štoviše u istočnim predjelima Slavonije je i *Carex brizoides* vrlo rijedak i on se može naći samo ponegdje. No stoga se u tim istočnim predjelima, pa i u bazenu Spačve, javlja jedna nova subasocijacija slavonske šume, koju smo nazvali *Genista elata-Quercetum roboris aceretosum tatarici* Rauš 1971.

ŠUMA POLJSKOGA JASENA S KASNIM DRIJEMOVCEM (*Leucoio-Fraxinetum angustifoliae typicum* Glav. 1959)

Šuma poljskoga jasena s kasnim drijemovcem razvija se na mineralno-organogenom tlu, džombastog izgleda, najnižih dijelova istraživanog područja, tj. u nizama i barama, koje su ekstremno izvrgnute utjecaju poplavnih i podzemnih voda. Tlo je neutralno ili bazično. Poplavne vode dosežu visinu od preko 1 metar, a površinska i podzemna voda dugo stagnira na površini. Poljski jasen tvori čiste sastojine, jer je konkurentna sposobnost ostalih vrsta drveća slaba. Na istraživanom području (Česma) on obrasta i staništa hrasta lužnjaka, pa se u budućnosti to može ispraviti.

Sloj drveća pokriva prosječno 60 do 80% površine, a tvore ga u dominantnoj etaži poljski jasen s rijetkom primjesom nizinskog brijesta, veza i ponekad hrasta lužnjaka.

Sloj grmlja je slabo razvijen te pokriva prosječno 0-5% površine, a čini ga, osim vrsta drveća u obliku grma, još i *Genista elata*, *Frangula alnus*, *Salix cinerea* i dr.

Sloj prizemnog rašća pokriva 80-100% površine. Tvori ga vrlo velik broj vrsta, od kojih su najvažnije: *Carex vesicaria*, *Carex elata*, *Galium palustre*, *Leucium aestivum*, *Teucrium scordium*, *Solanum dulcamara*, *Lycopus europaeus*, *Rumex sanguineus*, *Stachys palustris*, *Iris pseudacorus*, *Urtica radicans*, *Lysimachia nummularia*, *Lysimachia vulgaris*, *Poa trivialis*, *Juncus effusus*, *Polygonum hydropiper*, *Valeriana dioica*, *Roripa amphibia*, *Senecio aquatica*, *Alisma plantago-aquatica*, *Succisa pratensis*, *Ranunculus repens*, *Glyceria fluitans*, *Oenanthe fistulosa*, *Nephradium spinulosum* i dr.

CENOZA		GENISTO ELATAE-QUERCETUM ROBORIS Horv. 38 CARICETOSUM BRIZOIDES Horv. 38				
Ž	Broj snimke	4	2	3	1	S
I	Lokalitet	Čazma kameč.	Bedenik	Žablji lug	Šikara	T
V						U
O	Odjel/ploha	4	10a	142a	66	P
T	Veličina plohe u m ²			400		A
N	Datum	17.8.76.	17.8.76.	18.8.76.	24.8.76.	NJ
I	Ekološke karakteristike:					
	Nadmorska visina u m			100-115		U
O	Eskpozicija			ravno		D
B	Inklinacija %			ravno		J
L	Mikroreljefska karakterizacija			niza		E
I	Pedološka karakterizacija:			Mineralna močvarna tla		L
K	Karakteristike sastojine:					A
	Uzgojni oblik			visoki		
	Starost godina			60-100		
	Pokrovnost sloja drveća (%)	80	90	70	90	
	Pokrovnost sloja grmlja (%)	10	30	10	30	
	Pokrovnost sloja priz. rašća (%)	100	100	100	100	
	Pokrovnost sloja mahovina (%)	-	-	-	-	
	Ukupna pokrovnost (%)	100	100	100	100	
	FLORISTIČKI SASTAV					
	I Sloj drveća					
	Svojevne vrste asocijacije					
	i sveze:					
PH	<i>Quercus robur</i> L.	4.5	5.5	5.5	5.5	V
	Pratilice:					
Ph	<i>Carpinus betulus</i> L.	1.1	+	.	1.1	IV
Ph	<i>Acer campestre</i> L.	.	.	.	+	I
	II Sloj grmlja					
	Svojevne vrste asocijacije					
	i sveze:					
Ph	<i>Ulmus carpiniifolia</i> Gled.	.	R	.	.	II
Ph	<i>Genista elata</i> Wend.	.	(+)	.	.	I
Ph	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gärtn.	+	.	.	.	I
	Pratilice:					
Ph	<i>Carpinus betulus</i> L.	2.3	3.3	2.3	3.3	V
Ph	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	+	+	1.2	+	V
Ph	<i>Acer campestre</i> L.	R	+	.	+	IV
Ph	<i>Crataegus oxyacantha</i> L.	.	1.2	+	+	IV
Ph	<i>Pyrus pyraeaster</i> (L.) Borkh.	+	+	.	+	IV
Ph	<i>Frangula alnus</i> Mill.	+	+	1.2	.	IV
Ph	<i>Corylus avellana</i> L.	+	.	.	+2	II
Ph	<i>Acer tataricum</i> L.	R	+	.	.	II
H	<i>Rubus plicatus</i> W. N.	.	1.3	.	.	I
Ph	<i>Cytisus hirsutus</i> L.	.	(+)	.	.	I
Ph	<i>Viburnum opulus</i>	R	.	.	.	I
Ph	<i>Cornus sanguinea</i> L.	+	.	.	.	I
	III Sloj prizemnog rašća					
	Svojevne vrste asocijacije:					
Ph	<i>Quercus robur</i> L.	+	+	.	.	II
Ch	<i>Gerastium silvaticum</i> W. K.	+	.	.	.	I
	Svojevne vrste sveze i reda:					
H	<i>Carex brizoides</i> L.	4.4	4.5	5.5	4.5	V
G	<i>Nephradium spinulosum</i> (Müll.) Strempel.	.	1.2	+2	.	II
H	<i>Lycopus europaeus</i> L.	+	.	.	.	I
	Pratilice:					
H	<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) Beauv.	+2	1.2	+2	1.2	V
H	<i>Athyrium filix femina</i> (L.) Roth.	+2	.	+2	+2	IV
G	<i>Circaea lutetiana</i> L.	+	+	.	+	IV

Broj snimke	4	2	3	1	
Ch <i>Glechoma hederacea</i> L.	.	R	+	+	IV
Th <i>Galeopsis tetrachit</i> L.	1.2	+	.	+	IV
H <i>Aegopodium podagraria</i> L.	.	+	+	R	IV
Ch <i>Lysimachia nummularia</i> L.	+	+	.	+	IV
H <i>Nephradium filix mas</i> (L.) Rich.	+2	.	.	+2	II
H <i>Rubus plicatus</i> W. N.	.	.	+	+	II
Th <i>Polygonum hydropiper</i> L.	1.3	+	.	.	II
H <i>Pulmonaria officinalis</i> L.	+	R	.	.	II
H <i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill.	+	R	.	.	II
H <i>Juncus effusus</i> L.	.	.	.	+2	I
H <i>Euphorbia salicifolia</i>	.	.	.	+	I
H <i>Rubus caesius</i> L.	.	R	.	.	I
H <i>Euphorbia palustris</i> L.	.	R	.	.	I
H <i>Angelica silvestris</i> L.	.	+	.	.	I
Ch <i>Euphorbia amygdaloides</i> L.	.	+	.	.	I
H <i>Lythrum salicaria</i> L.	.	.	R	.	I
Ch <i>Veronica montana</i> L.	+	.	.	.	I
H <i>Eupatorium cannabinum</i> L.	+	.	.	.	I
H <i>Scrophularia nodosa</i> L.	R	.	.	.	I
H <i>Stellaria holostea</i> L.	+2	.	.	.	I
H <i>Oxalis acetosella</i> L.	+	.	.	.	I
H <i>Senecio rivularia</i>	R	.	.	.	I
Ch <i>Rubus hirtus</i> W. K.	+	.	.	.	I
H <i>Urtica dioica</i> L.	+	.	.	.	I
G <i>Asperula odorata</i> L.	+	.	.	.	I
H <i>Ajuga reptans</i> L.	+	.	.	.	I
H <i>Brachypodium silvaticum</i> (Huds.) R. S.	+	.	.	.	I
H <i>Mycelis muralis</i> (L.) Rehb.	+	.	.	.	I
H <i>Fragaria vesca</i> L.	+	.	.	.	I
G <i>Cephalanthera alba</i> (Cr.) Simk.	+	.	.	.	I

ŠUMA CRNE JOHE S TRUŠLJIKOM (*Frangulo-Alnetum glutinosae typicum* Rauš 1971)

Biljna zajednica crne johe je fragmentarno razvijena na posebnim staništima istraživanog područja. U postojećem biotopu ona obavlja važnu ulogu zarašćivanja vegetacije, te na taj način stvara tlo i priprema uvjete za razvitak lužnjakove šume. Razvija se na organogeno-močvarnim tlima. Crna joha na takvim staništima stvara čunjeve i oko korijenskog sustava vezuje čestice mulja i tla te se tako izdiže iznad razine stagnirajuće vode. Iza tih specifičnih ekoloških uvjeta crna joha raste skupinasto natim uzdignutim čunjevima i dosta se često razvija iz panja. Debla crne johe su malodrvna i relativno niska.

Slaj grmlja pokriva 20 do 40% površine. U njemu sudjeluju uz vrste drveća još: *Salix cinerea*, *Frangula alnus*, *Viburnum opulus*, *Rosa sp.* i dr.

U slaju prizemnog rašća razlikujemo dvije etaže (sinuzije). Jedna (mezofitska) razvija se na čunjastim pridancima stabala crne johe, tj. na tlu koje je vezano za korijenski sustav johe. Ti čunjevi ponekad pri tlu zauzimaju promjer i do 2 m te visinu od 50 do 120 cm u razini iznad stagnantne vode. Na tim čunjevima rastu: *Nephradium spinulosum*, *Symphytum tuberosum*, *Glechoma hederacea*, *Rubus caesius*, *Solanum dulcamara*, poneki mahovi i dr.

Druga (hidrofitska) etaža (sinuzija) prizemnog rašća nalazi se na samom tlu, a čine je: *Polygonum lopathifolium*, *Galium palustre*, *Sium latifolium*, *Lythrum salicaria*, *Stachys palustris*, *Lemna minor*, *Lemna trisulca*, *Roripa amphibia*, *Hotto-*

nia palustris, *Iris pseudacorus*, *Glyceria fluitans*, *Glyceria maxima*, *Symphytum officinale*, *Caltha palustris*, *Sparganium erectum*, *Urtica radicans*, *Peucedanum palustre* i mnoge druge.

Crnojojohove šume zaslužuju osobitu pažnju i sa šumsko-uzgojnoga gledišta. Crna joha je pionirska meliorativna i brzorastuća vrste te ima veliko gospodarsko značenje. Ona prva obrađuje prava prirodna staništa i na taj način stvara uvjete za razvoj drugih šumskih cenoza. Na takvim staništima (bitopima) vrlo se dobro održava i ostat će i u budućnosti dominantna u čistim sastojinama i u skupinama, jer se drugo drveće ne može održati u tim nepovoljnim prilikama (tab. 5).

Tablica 5

FITOCENOZA		Asocijacija: Subasocijacija:		FRANGULO-ALNETUM GLUTINOSAE Rauš 68 <i>тыпцум Рауш 71</i>				
		3	4	5	2	1	S	
		Česma	Česma	Česma	Česma	Česma	T	
Ž	Broj snimke						U	
I	Lokalitet	89b	101	60c	64b	66c	P	
V	Odjel/ploha			40c			A	
O	Veličina plohe u m ²			400			NJ	
T	Datum	17.7.75.	17.7.75.	4.9.75.	5.6.75.	5.6.75.		
N	Ekološke karakteristike:							
I	Nadmorska visina u m			98 - 110			U	
	Eskpozicija			ravno			D	
O	Inklinacija %			ravno			J	
B	Mikroreljefska karakterizacija			niza-bara			E	
L	Pedološka karakterizacija:			močvarno-organogena tla			L	
I	Karakteristike sastojine			panjača			A	
K	Starost godina			40 - 60				
	Pokrovnost sloja drveća (%)	90	90	90	75	60		
	Pokrovnost sloja grmlja (%)	10	20	5	5	5		
	Pokrovnost sloja priz. rašća (%)	100	100	100	90	90		
	Pokrovnost sloja mahovina (%)	-	-	-	-	-		
	Ukupna pokrovnost (%)	100	100	100	100	100		
FLORISTIČKI SASTAV								
I Sloj drveća								
Svojtvene vrste asocijacije:								
i sveze:								
Ph	<i>Alnus glutinosa</i> Gärtn.	5.3	4.3	5.5	5.5	3.3	V	
Ph	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl	.	+	.	.	+	II	
Pratilice:								
Ph	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	+	+	+	.	+	III	
Ph	<i>Quercus robur</i> L.	.	R	.	.	.	I	
II Sloj grmlja								
Svojtvene vrste asocijacije								
i sveze:								
Ph	<i>Frangula alnus</i> Mill.	1.2	2.2	+	1.2	.	IV	
Ph	<i>Alnus glutinosa</i> Gärtn.	1.2	+	1.2.	+	IV		
Ph	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl	+	+	+	.	+	IV	
Ph	<i>Salix cinerea</i> L.	+	1.2	.	2.3	1.2	IV	
Ph	<i>Viburnum opulus</i> L.	R	.	.	1.2	.	II	
Ph	<i>Spirea salicifolia</i> (Č.)	1.2	.	.	.	.	I
Ph	<i>Sambucus nigra</i> L.	.	.	.	+	.	I	
Pratilice:								
Ph	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	.	+	+	.	+	III	
Ph	<i>Ulmus minor</i> P	+	.	+	.	+	III	
Ph	<i>Rhamnus cathartica</i> L.	.	.	+	.	2.2	II	
Ph	<i>Prunus spinosa</i> L. P	.	.	.	+	+	II	
III Sloj prizemnog rašća								

Broj snimke	3	4	5	2	1	
Svjstvene vrste asocijacije i sveze:						
H <i>Lysimachia vulgaris</i> L.	+	+	+	+	+	V
Ch <i>Solanum dulcamara</i> L.	1.2	.	+	2.2	R	III
H <i>Peucedanum palustre</i> (L.) Mönch.	+	+	.	1.2	.	III
H <i>Nephradiium spinulosum</i> (Mill.) Stremp.	1.2	1.2	.	+2	.	III
Pratilice:						
H <i>Carex elongata</i> L.	+2	2.3	2.3	1.2	1.2	V
H <i>Carex riparia</i> Curt.	4.5	.	2.3	3.4	2.3	V
H <i>Galium palustre</i>	+	1.2	+	.	+	IV
H <i>Carex elata</i> All.	1.2	+2	.	.	+2	III
H <i>Carex vesicaria</i> L.	.	1.2	.	1.2	1.2	III
G <i>Iris pseudacorus</i> L.	.	2.3	1.2	.	+	III
H <i>Stachys palustris</i> L.	.	.	+	1.2	+	III
H <i>Allisma plantago-aquatica</i> L.	.	+	1.2	.	+2	III
Th <i>Polygonum hidropiper</i> L.	+	.	1.3	.	1.2	III
G <i>Urtica radicans</i> Balla.	+	+	.	+	.	III
H <i>Urtica dioica</i> L.	.	.	+	.	+	II
H <i>Caltha palustris</i> L.	.	.	.	+2	+	II
H <i>Lemna minor</i> L.	.	+	.	+	.	II
G <i>Leucoium aestivum</i> L.	.	.	.	.	+2	I
H <i>Ranunculus repens</i> L.	.	.	.	.	+	I
H <i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br.	.	.	.	.	+2	I
H <i>Senecio aquatica</i> Huds.	.	.	.	+2	.	I
H <i>Lemna trisulca</i> L.	.	.	.	+	.	I
H <i>Mentha aquatica</i> L.	.	.	.	+	.	I
H <i>Rubus plicatus</i> W. N.	R	.	.	.	.	I
H <i>Myosotis scorpioides</i> L.	+2	.	.	.	.	I
H <i>Euphorbia palustris</i> L.	.	+	.	.	.	I
H <i>Hotonia palustris</i> L.	.	+	.	.	.	I

ŠUMA CRNE JOHE, VEZA I POLJSKOGA JASENA (*Frangulo-Alnetum glutinosae ulmetosum laevis* Rauš 1971)

Neposredno se nadovezuje na prethodno opisanu biljnu zajednicu i potječe izravno od nje. Razvija se na uzdignutijim i prema tomu rjeđe plavljenim trenima. Dosada nije bila uočena ni opisana. Čini nam se da će to biti upravo specifična (lokalna) subasocijacija, koja se razvija na istraživanom području. Razlikuje se od tipične subasocijacije po tome što raste na riječnim platoima, koji su uvijek viši od terena gdje se razvija tipična cenoza, kao i po tome što postupno gubi čunjeve i sve više ima stabala pirijeklom iz sjemena.

Kao diferencijalne vrste javljaju se: *Ulmus effusa*, *Fraxinus angustifolia*, *Quercus robur*, *Crataegus monogyna*, *C. oxyacantha*, *C. nigra*, *Carex remota*, *Glechoma hederacea*, *Lysimachia nummularia*, *L. vulgaris*, *Rumex sanguines*, *Urtica dioica*, *Circaea lutetiana*, *Geum urbanum*, *Hedera helix*, *Geranium robertianum* i dr.

Prema tome navedenu biljnu zajednicu možemo smatrati optimalnom fazom u razvoju crnojohovih šuma, koja svojim daljim razvojem prelazi u terminalnu fazu, gdje se crna joha postupno gubi i ustupa mjesta hrastu lužnjaku.

Sloj drveća tvore: *Alnus glutinosa*, *Ulmus effusa* i *Fraxinus angustifolia*.

Sloj grmlja je dosta slabo razvijen. Osim vrsta drveća tu se javljaju još i ove vrste: *Rosa canina*, *Crataegus monogyna*, *Crataegus oxyacantha*, *Malus silvestris*, *Acer tataricum*, *Rhamnus cathartica* i dr.

U prizemnom rašću zastupljene su vrste: *Poa palustris*, *Mentha aquatica*, *Ranunculus repens*, *Glechoma hederacea*, *Lycopus europaeus*, *Rumex sanguineus*, *Prunella vulgaris*, *Ajuga reptans*, *Viola silvestris*, *Potentilla reptans*, *Rubus caesius*,

Circea lutetiana, *Urtica dioica*, *Veronica montana*, *Agrostis alba*, *Valeriana dioica* i dr. Donosimo prikaz fitocenološkog snimka iz predjela Poljanski lug 24a gdje smo jedino i našli opisanu subasocijaciju.

Broj snimka	1
Lokitet	Poljanski lug
Odjel/ploha	24a
Veličina plohe u m ²	400
Datum	28.09.1976.
Ekološke karakteristike	
Nadmorska visina u m	90
Mikroreljefna karakterizacija	tlo džombasto (vibrira)
Pedološka karakterizacija	crnica
Karakteristike sastojine	
Uzgojni oblik	niski
Dob god.	40-80
Pokrovnost sloja drveća (%)	80
Pokrovnost sloja grmlja (%)	20
Pokrovnost sloja prizem. rašća (%)	100
Pokrovnost sloja mahovina (%)	5
Ukupna pokrovnost	100

FLORNI SASTAV

I. Sloj drveća	
<i>Alnus glutinosa</i>	2.3
<i>Fraxinus angustifolia</i>	3.3
<i>Ulmus laevis</i>	1.1
II. Sloj grmlja	
<i>Ulmus laevis</i>	2.2
<i>Rhamnus frangula</i>	1.2
<i>Rhamnus cathartica</i>	2.2
<i>Fraxinus angustifolia</i>	1.2
<i>Crataegus oxyacantha</i>	+
<i>Salix cinerea</i>	+
<i>Quercus robur</i>	+
III. Sloj prizemnog rašća	
<i>Carex elongata</i>	2.3
<i>Carex riparia</i>	1.2
<i>Carex vesicaria</i>	+ 2
<i>Urtica dioica</i>	+
<i>Valeriana dioica</i>	1.2
<i>Solanum dulcamara</i>	+
<i>Stachys palustris</i>	+
<i>Caltha palustris</i>	+
<i>Phragmites communis</i>	1.3
<i>Ranunculus repens</i>	+
<i>Galium palustre</i>	+
<i>Lysimachia vulgaris</i>	+
<i>Polygonum hidropiper</i>	+
<i>Carex remota</i>	+ 2
<i>Rubus caesius</i>	+
<i>Glechoma hederacea</i>	+
<i>Cardamine pratensis</i>	+
<i>Carex strigosa</i>	1.2
<i>Aegopodium podagraria</i>	R
<i>Glyceria fluitans</i>	+ 2

Šumske kulture – Forest cultures

Na istraživanom području zastupljene su šumske kulture ovih vrsta drveća:

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| a) euroamerička topola | e) američki borovac |
| b) bagrem | f) obično bor (neznatno) |
| c) američki jasen | g) ariš |
| d) smrča | h) crna joha |

Spomenute kulture površinski su različito zastupljene, no najviše ima kultura smrče i ariša. Prema uspjehu te se kulture vrlo jako razlikuju. Značajniji uspjeh postignut je samo u nekim ariševim i smrčevim kulturama, dok su sve ostale vrste pokazale slabe uspjehe. Pošumljavanje bara američkim jasenom u prijašnja vremena, kad je te šume redovito pravila Česma, imalo je svoje opravdanje, no u današnje vrijeme te kulture više nisu aktualne.

Mislim da je općenito štetno i gospodarski neopravdano unošenje bilo koje strane vrste drveća u taj naš veliki najvredniji rezervat nizinskih lužnjakovih šuma.

Čovjek nije u stanju izmisliti bolju vrstu drveća nego što je to sama priroda učinila svojom selekcijom i prilagodbom kroz tisuće i tisuće godina. Prema tome, držimo se prirodnog putokaza i sigurno nećemo pogriješiti.

VEGETACIJSKA KARTA – VEGETATION MAP

Kartiranje šumske vegetacije obavljeno je terestričkom metodom izravno na samom mjestu. Nakon obavljenog rekognosciranja terena i uzimanja fitocenoloških snimaka u odgovarajućim fitocenoza, kao i uvida u postojanje i rasprostranjenost pojedinih asocijacija, pristupili smo kartiranju šumske vegetacije. Na terenu je svaki odjel rađen posebno, tako da je obiden sa sve četiri strane i dijagonalno. Prilikom obilaska odjela uočavala se pojedina asocijacija i unosila u kartu, korišteni su i prije izlučeni odsjeci (sastojinska karta), ako su bili izlučeni na fitocenološkom načelu, a ne po drugim mjerilima. Ako je bilo potrebno, kompasom se kretalo po granici između dviju biljnih asocijacija i na taj se način granica ucrtavala u kartu. Dijagonalno kroz odjel prolazilo se pomoću kompasa zbog točnog uvida u vegetaciju, kako manji kompleksi ne bi izostali. Na terenu su pojedine asocijacije ograničene tvrdom olovkom i obojene živim bojama. Pošto je tako kartiran odjel, opisani su u terenskom dnevniku svi važniji podaci za pojedini odjel. Svi postojeći vodotoci ucrtani su u kartu plavom bojom. U sjedištu se svakog dana precrtavalo iz terenske karte u originalnu kartu istog mjerila, koja se stalno nalazila u sjedištu.

Najmanja izlučenja površina iznosila je 0,5 ha. Zahvaljujući mikroreljefu i osobito dobro izraženim promjenama vrsta u prizemnoj flori i u edifikatorima, granice između pojedinih fitocenoza dosta su oštre i lako uočljive, što nam je umnogome olakšalo rad prilikom kartiranja šumske vegetacije ovog područja.

Na vegetacijskoj karti mjerila 1:10 000 (koja se ne prilaže radi teškoća oko tiskanja, ali su originali predani šumarima u Bjelovaru, Vrbovcu i Čazmi) prikazano je različitim oznakama današnje stanje i rasprostranjenost glavnih klimatskozonskih i lokalno uvjetovanih šumskih zajednica. Ostale šumom neobrasle površine označene su žutom bojom.

Za šumske uprave i gospodarenje šumama vrlo dobro mogu poslužiti fitocenološke karte mjerila 1:25 000 ili 1:10 000, u kojima je moguće prikazati svu raznolikost

i zastupljenost šumskih zajednica na spomenutom području. Dosada izrađene vegetacijske karte vrlo se dobro koriste prilikom sastavljanja i izrade dugoročne osnove gospodarenja šumama. Nažalost još postoje dileme kod nekih praktičara da li su fitocenološke karte potrebne ili nisu, unatoč tomu što ih je zakonodavac već 1968. godine uvrstio kao obvezan prilog osnovi gospodarenja (Pravilnik o izradi šumsko-privrednih osnova, osnova gospodarenja i programa za unapređivanje šuma, NN, br. 47 od 2. 12. 1968).

Fitocenološka karta treba biti pristupačna cjelokupnom stručnom osoblju šumarije, jer ona može vrlo dobro poslužiti i pri planiranju gradnje šumskih cesta, izvoznih putova, zaštitnih i drugih radova. Napose ta je karta važna za uzgajivača i uređivača šuma koji planiraju i propisuju uzgojne radove u pojedinim sastojinama, pa im je osobito potrebno znati o kojim se prirodnim ekosustavima radi i u kakvom su oni stanju (u progresiji ili regersiji).

DISKUSIJA I ZAKLJUČNE NAPOMENE DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Šumske fitocenoze nizinskog područja srednje Hrvatske dosada nisu bile istražene ni vegetacijski kartirane. Dosadašnja taksacija šuma (do 1975) nije obavljena na fitocenološkoj osnovi te postojeći odsjeci ne odgovaraju modernom uzgajanju i uređivanju šuma.

Prilikom obavljanja revizija dugoročnih osnova treba izdvajati odsjeke po fitocenološkim načelima kako bi se moglo uvesti postupno sastojinsko gospodarenje. Prirodna obnova nizinskih šuma jedino je pravilan put podizanja novih sastojina toga područja (obvezatna priprema za naplodni sijek).

Hrastu lužnjaku nedvojbeno pripada cijela nizinska površina srednje Hrvatske. Izrazite nizine prikladne su za uzgoj hrasta lužnjaka, poljskoga jasena i crne johe, dok u ostalim predjelima (Bukovac, Brezik, Novakuša) uz hrast važno mjesto zauzima bukva.

Gospodarska važnost hrasta lužnjaka u ovim šumama je velika, jer je to naša najvrednija vrsta drva. Kako su stari hrastici već davno nestali, to sadašnje sastojine koje su 100-200 godina starosti imaju osobitu vrijednost. Te hrastove sastojine dobra su uzrasta s lijepim tehničkim dužinama (12-18 m).

I u mlađim sastojinama hrast pokazuje dobar uzrast, ako nije stradao od prevelike površinske vlage i golobrsta ili naglog sniženja podzemne vode.

U Varoškom lugu počelo je jače sušenje hrastovih stabala u 1926. godini. U to vrijeme tamo nije bilo gubara, ali su učestale poplave i stagnacija površinske vode, a i medljika se tijekom nekoliko godina u velikoj mjeri pokazivala. Od 1929. godine pojavio se i gubar. Čišćenje od gubara nije bilo uspješno, jer su legla odlagana i u krošnjama visokih stabala. Zbog napadaja medljike i gubara te učestalih poplava srednjodobne sastojine Varškog luga mjestimično su teško stradale jer su nastale veće praznine zbog sušenja nizinskog brijesta.

Bukva u brežuljkastim predjelima Bukovca, Brezika i Novakuše zajedno s hrastom lužnjakom i običnim grabom pokazuju velik prirast.

U šumskogospodarskoj jedinici BUKOVAC na površini od 90% razvijena je šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba s. bukvom (*Carpino betuli* - *Quercetum*

roboris fagetosum Rauš 1971). To su sve manje-više srednjodobne sastojine gdje na pojedinim mjestima pridolaze čiste bukove sastojine.

U predjelu Bukovac zapazili smo pojavu sušenja bukve, što se manifestira u tri oblika:

1. Bukva je rakava po cijeloj dužini debla (odjel 35a). Stabla su u dobi 5 – 50 godina, a tehnička vrijednost im je potpuno uništena i postupno dolazi do sušenja.

Prilikom prorede potrebno je povaditi sva rakava stabla.

2. Starija stabla bukve od 80 do 100 godina (odjel 32a), koja su elitna i dominantna u sastojini, dobivaju na sebi ulegnuća u kori s crnim mrljama koje nastaju zbog curenja tamne tekućine iz sitnih rupica koje su napravili kukci.

Ulegnuće kore i crne mrlje javlja se najčešće na žilištu 0–1,3 m visine ili na prijelazu debla u krošnju, što je rjeđa pojava. Pred kraj vegetacije krošnja se prorijedi, lišće požuti i iduće godine se takvo stablo osuši.

3. U srednjodobnim sastojinama na pojedinim se mjestima bukva suši zbog slabljenja krošnje. List postaje sitan i klorotičan, grančice se frću prema dolje. S tako oslabljenom krošnjom i žutim lišćem bukovo stablo vegetira još 2 do 3 godine, a zatim se osuši čitava skupina stabala. Ta pojava zauzima nekada i cijele sastojine veličine 0,5–10 ha. Uzrok sušenja nije poznat, no očito je da se on nalazi u tlu, jer ako se posijeku sva zaražena stabla u skupini ili krugu, prestaje sušenje u sastojini. Potrebno je istražiti korijenski sustav, njegovo raščlanjivanje i eventualno prenošenje zaraze (virus).

Prema recentnom rasporedu vegetacije bukove šume spadaju u brdske i gorske predjele s nadmorskom visinom od 250 m naviše, pa se obzirom na to da se bukva masovno javlja na brežuljkastom području Šumarije Vrbovec na nadmorskoj visini od 130 do 160 m donosimo poznato objašnjenje o njezinu postojanju u nizinskim predjelima Panonije.

Evoluciju vegetacije u panonskom bazenu u vezi s promjenama klime proučio je Soò i njegovi suradnici Zolyomi i Kintzler na temelju analize peluda u barama na rubovima Panonske nizine i u središnjima mađarskim planinama. U vezi s pridolaskom bukve u nizinskim šumama hrasta lužnjaka ukratko navodimo njihove zaključke o evoluciji vegetacije u Panonskoj nizini.

Prvo postglacijalno, tzv. preborelarno razdoblje bilo je hladno i vlažno. Trajalo je po prilici od 14 000. do 8 000. godine prije naše ere. U navedenom razdoblju (svršetak starijega kamenog doba) vegetacija Pannonicum sastojala se uglavnom od običnog bora, breze i vrbe. Na kraju preboreala klima je postajala sve toplija. Bor i breza ustupali su postupno mjesto lijeski i mješovitim šumama.

Drugo razdoblje, oko 8 000. do 5 000. godine prije naše ere (srednje kameno doba), trajalo je naredno kserotermno borealno razdoblje sa šumskom i stepskom vegetacijom.

Treće razdoblje, oko 5 000. do 2 500. godine prije naše ere (mlađe kameno doba), trajalo je pod toplim i vlažnim atlantikumom, i to je doba mješovitih hrastovih šuma. U tom je razdoblju pod utjecajem vlažnije klime nastupilo prirodno zašumljivanje Panonske nizine.

U četvrtom razdoblju, oko 2 500. do 800. godine prije naše ere (bakreno-brončano doba), trajalo je naredno subborealno razdoblje s vlažnijom i hladnijom klimom. Hrast postupno smjenjuje bukva i grab. Bukva se u tom razdoblju spušta vrlo nisko u ravnice i zaposjeda današnja staništa hrasta lužnjaka. To je bilo doba najveće rasprostranjenosti šuma, ritova i bara u Panonskoj nizini.

Peto razdoblje počinje nekako oko 800. godine prije naše ere, kada nastupa posljednja promjena klime i počinje novo subatlantsko razdoblje koje traje i danas. Nešto je suše od prethodnoga, ali je isto tako prohladno u njemu su se formirale današnje šumske i travne biljne zajednice (Sođ 1940, 1945, Zolyomi 1964, Neugebauer 1951, Jovanović 1965. i Anić 1966), u kojima se odvija cjelokupni današnji život.

Prema iznesenim Soovim zaključcima možemo pretpostaviti da lokaliteti pridolaska bukve u nizinskim šumama hrasta lužnjaka potječu već iz subborealnoga razdoblja te da se tijekom nekoliko desetina stoljeća bukva u nizinskim šumama postupno prilagođavala novonastalim uvjetima. Zahvaljujući upravo tom novorazvijenom ekotipu bukve, ona se još i danas nalazi u nizini zajedno s hrastom lužnjakom i običnim grabom.

Pretpostavljamo da se bukva u nizinama, počevši od subboreala, stalno obnavljala vlastitim naplođivanjem. Osim toga smatramo da su se polako, ali neprestano potocima i rječicama, životinjama, pticama i ljudima unosile nove količine sjemena (bukvice) s okolnih brdskih i gorskih područja te da se na taj način bukva stalno obnavljala i obnavlja se i danas u nizinskim šumama. To miješanje sjemena (porijeklom s okolnih brda i gora i nastaloga fruktifikacijom bukava u nizini), a kasnije križanjem tih dviju novouzraslih populacija (nastalih iz sjemena različitog porijekla), stvaraju se u prirodi nove otpornije i na odgovarajuće stanišne uvjete prilagođenije svojte bukve. Zbog toga nije čudo ako bukvu nalazimo i na neposrednoj granici močvare (Česma), jer se ona tijekom stotina godina prilagođavala sadašnjim uvjetima života u nizini. To njezino biološko svojstvo i velika plastičnost upravo i objašnjavaju tako veliku amplitudu njezina pridolaska u vertikalnom pogledu, jer zauzima pojas koji se proteže od nešto ispod 100 m gotovo do 2 000 m nadmorske visine.

Možda bi daljnja sistematsko-morfološka, genetska, biološka, ekološka i fitocenološka istraživanja bukve i njezinih staništa u nizini uočila još mnogo neriješenih problema u vezi s bukvom, a i evolucijom vegetacije uopće (R a u š 1969).

Suvremene sinekološke promjene u atmosferi, vodi i tlu (biosferi) mijenjaju biotop, a u vezi s tim suše se brijest, hrast lužnjak i bukva u nizinskim i brežuljkastim terenima naše zemlje.

U šumskim predjelima Novakuša, Brezik i Bukovac zapaženo je također zakiseljavanje tla. Ta je pojava došla do izražaja osobito u predjelima gdje je hrast lužnjak slabo ili nikako zastupljen. Indikatori koselosti su: *Luzula pilosa*, *Moianthemum bifolium*, *Hieracium murorum*, *Solidago virga aurea*, *Pteridium aquilium*, *Polytrichum attenuatum* i dr.

Vjekovno odnošenje listinca iz šume radi stelje naglo osiromašuje tlo i vodi ga zakiseljavanju. Uzgojnim zahvatima potrebno je održavati apsolutnu mješovitost sastojina pa se tlo neće zakiseljavati, a odnošenje listinca treba potpuno zabraniti.

Obični grab dolazi često na području srednje Hrvatske u čistim skupinama, osobito u mlađim sastojinama, što se svakako ima smatrati posljedicom propuštenih pravovremenih uzgojnih mjera, jer je grab nerentabilna vrsta drveća zbog slabog prirasta i slabe uporabivosti u tehničke svrhe. Vrijednost mu je međutim u nizinskim šumama velika, ali samo kao podstojnog drveta, a i s gledišta produkcije obilnoga prorednog materijala, osobito u mlađim sastojinama. Poznato je da se hrast i grab sociološki slažu i da jedan drugoga upravo treba i upotpunjuje. Velik dio (oko 40%) površina srednje Hrvatske obrasle su šumama hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris typicum* R a u š 1971). U toj zajednici uloge su

im podijeljene. Dok hrast traži potpun užitak svjetla, te u zasjeni ne može uspijevati, dotle se grab u slaboj zasjeni hrasta, kao nadstojnog drveta, dobro osjeća i napreduje.

Sve one sastojine lužnjaka koje imaju dosta podstojnoga graba pokazuju mnogo bolji uzrast i imaju više prorednog materijala. U tim se sastojinama svakako bolje iskorištava sunčano svjetlo, jer se onaj dio svjetla koji prolazi kroz rijetku krošnju hrasta zaustavlja na podstojnom grabu i uzrokuje tamo prirašćivanje mase, dok u čistim hrasticima taj dio svjetla propada neiskorišten. Podstojni grab ne samo da koristi zasjenjivanjem tla pod hrastom sstojinom već i time što stvara svojim listincem deblji sloj humusa te popravljajući fizička i kemijska svojstva tla.

Osim toga u slučaju pojave gubara hrast manje strada čim ima više podstojnih stabala graba i grmova, a i gubar odlaze niže legla te ih je lakše uništavati.

Zajednicu hrasta lužnjaka i običnoga graba možemo smatrati idealom kojemu svaki šumar ovog područja treba težiti i svoj rad usmjeravati u tom pravcu.

Poljski jasen i crna joha neznatno su zastupljeni na posebnim staništima (biotop), gdje imaju pionirsku ulogu zarašćivanja biotopa i stvaranja mogućnosti za razvoj šume hrasta lužnjaka.

Od ostalih vrsta drveća zastupljeni su klen, vez, šumska trešnja, trepetljika, iva, divlja kruška, divlja jabuka i dr., ali samo kao pojedinačno primiješane vrste.

Poljski jasen na istraživanom području gotovo je svugdje u zreloj (sječivoj) dobi i obrašćuje staništa hrasta lužnjaka (indikator *Carex remota*), pa s obzirom da nema izgleda za prirodnu regeneraciju takvih površina (sječina) s hrastom lužnjakom, treba ga umjetno unositi sadnicama ili žirom.

Prilikom umjetnih pošumljavanja treba voditi računa o prirodnoj sukcesiji dotičnog biotopa (staništa), pa neće biti promašaja i uspjeh će biti osiguran – prirodne sastojine su idealni putokaz.

Brijest se na cijelom području srednje Hrvatske, kao uostalom i na cijelom području naše zemlje, počeo sušiti oko 1935. godine i do danas je potpuno nestao iz šumskih zajednica toga područja.

LITERATURA – LITERATURA

- Dekanić, I. 1962: Utjecaj podzemne vode na prodolazak i uspijevanje šumskog drveća u Posavskim šumama kod Lipovljana. Glasnik za šumske pokuse, knj. 15, Zagreb.
- Fukarek, P. 1954: Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl). Šum. list, 9/10, 433/453.
- Fukarek, P. 1964: Sjeverozapadna granica današnje rasprostranjenosti hrasta sladuna (*Quercus conferta* Kit. – *Quercus frainetto* Ten.). Šum. list, 3/4 109–123.
- Glavač, Vj. 1959: O šumi poljskog jasena s kasnim drijemovcem (*Leucoieto-Fraxinetum angustifolia* ass. nov.). Šum. list 1/3.
- Glavač, Vj. 1960: Crna joha u Posavskoj i Podravskoj Hrvatskoj s ekološkog, biološkog i šumsko-uzgojnog gledišta. Zagreb (disertacija).
- Glavač, Vj. 1961: O vlažnom tipu hrasta lužnjaka i običnog graba. Šum. list, 9/10, Zagreb.
- Gračanin, M., I. Ilijanić, 1977: Uvod u ekologiju bilja. Zagreb
- Horvat, I. 1938: Biljnosociološka istraživanja šuma u Hrvatskoj. Glas. za šum. pokuse, 6, Zagreb.
- Horvat, I. 1949: Nauka o biljnim zajednicama. Izdanje Nakladni zavod Hrvatske, str. 434, 19 križaljki, XLVIII tav. sa 108 sl., Zagreb.
- Horvat, I., G. Tomažić, S. Horvatić, E.M., H. 1950: Metodika istraživanja i kartiranja vegetacije. Priručnik za tipološka istraživanja i kartiranja vegetacije, Zagreb.
- Horvat, I., V. Glavač, H. Ellenberg, 1974: Vegetation Suedsteuropas. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Ilijanić, I. 1959: Ekološko-fitocenološka istraživanja nizinskih livada Hrvatske. Zagreb (disertacija).
- Loger, L. 1941: Prilog k pitanju odvodnjavanja u šumama donje Posavine. Šum. list 12, 522–524.

- Rauš, Đ., 1971: Rasprostranjenost bukve (*Fagus sylvatica* L.) u nizinskim krajevima šuma hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Šumarski simpozij, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1975: Vegetacijski i sinekološki odnosi šuma u bazenu Spačve. Glasnik za šumske pokuse, 18, 225-346, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1975: Šuma crne johe (*Frangulo-Alnetum glutinosae* Rauš 68) u bazenima Spačva. Šum. list, 11-12, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1980: Zelenilo bjelovarskog kraja. NŠRO »Prosvjeta« Bjelovar
- Sođ, R., 1940: Vergangenheit und Gegenwart der pannonischen Flora und Vegetation. Nova Acta Leopold. N. F. 9. Halle.
- Sođ, R., 1962: Systematische Uersicht der pannonischen Pflanzengesellschaften. V. die Gebirgswaelder i. Acta bot. Acad. Scient. Hungaroe, VIII, 3-4, Budapest.
- Sukačev, V., 1961: O kompleksnim, biogeoceničkim istraživanjima šuma. Nar. šumar, sv. 10-12, Sarajevo.
- Zolyomi, B., 1964: Pannonische Vegetationsprobleme, Verh. Zool.-Bot. Gesellschaft, Wien.

ĐURO RAUŠ

Original scientific paper

PHYTOCOENOLOGY AND VEGETATION MAP OF CENTRAL CROATIA FLATLAND FORESTS

Summary

Forest phytocoenoses of the lowland Central Croatia have so far been neither investigated nor mapped. The forest estimation up to 1975 has not been published according to the phytocoenological base, so that the existing sections do not meet the requirements of modern silviculture.

While doing the revision of the long-term bases, sections ought to be selected on phytocoenological principles in order to introduce complete stand management. Natural regeneration of lowland forests is the only correct way for raising new stands in an area – preparation for regeneration cut is indispensable; fencing of whole areas/departments or sections is often necessary for preventing animals from damaging young trees.

The peduncled oak is undoubtedly the major tree of the whole lowland Central Croatia. Typical lowlands are suitable for raising the peduncled oak, field ash and black alder, while in the more elevated areas (Bukovac, Brezik, Novakuša) the beech is another significant species. The peduncled oak and common hornbeam make up the association *Carpino betuli-Quercetum roboris typicum* Rauš 1969.

The beech together with peduncled oak and hornbeam in the hilly areas of Bukovac, Brezik and Novakuša show high increment. In the forest management unit of Bukovac, 90% of the area is covered by the peduncled oak and common hornbeam with beech (*Carpino betuli-Quercetum roboris fagetosum* Rauš 1971), all being more or less middle-aged stands with occasional pure beech stands.

The evolution of the Pannonian basin vegetation in terms of the climatic changes was studied by R. S o o and his collaborators Z o l ý o m i and K i n t z l e r, according to the analysis of the pollen in the swamps on the bordering lines of the basin and the Central Hungarian mountains. Considering the growth of the beech in the lowland forests of the peduncled oak, there are brief conclusions on the evolution of the vegetation in the Pannonian valley.

First postglacial, the so-called preboreal period, was cold and humid, lasting approximately from 14,000 to 8,000 B. C. In this period (the end of the early Stone Age) the vegetation of the Pannonicum consisted mainly of common pine, birch and willow. At the end of the preboreal, the climate became increasingly warmer. The pine and birch gradually withdrew in favour of mixed forests.

Second period from about 8,000 until 5,000 B. C. (mesolithic) was a xerothermic boreal period with forest and steppe vegetation.

Third period from about 5,000 until 2,500 B. C. (neolithic) under the warm and humid atlanticum, a period of mixed oak forests. Under the influence of the humid climate, the natural afforestation of the Pannonian valley took place.

Fourth period from about 2,500 until 800 B. C.: (Bronze Age) was subboreal with even more humid and cooler climate. The oak in the lowlands gradually

withdraws in favour of the beech and hornbeam. The beech of that period descends very low into the valley and conquers the peduncled oak habitats. This was the period of the largest range of the forests, moors and swamps in the Pannonian valley.

Fifth period began about the year 800 B. C., during the last climatic change and the beginning of the new subatlantic era which has lasted until today. It is somewhat drier than the former period though similarly cool. The present forest and grass associations were formed in this period (So o, 1940, 1945, Z o l y o m i, 1964, Neugebauer 1951, Jovanović 1965 and Anić 1966) in which the whole life of today is being developed.

According to the above So o's division, it is assumed that the localities of the beech in the lowland peduncled oak forests date from as far back as the subboreal period, and that in the course of dozens of centuries the beech has been gradually adapting to the new conditions. Thanks to this newly developed beech ecotype, it still exists in the lowlands together with the peduncled oak and common hornbeam.

We can suppose that the lowland beech has continuously been regenerating by self-fertilization all the way since the subboreal. We also suppose that new quantities of seed (beech nut) have been slowly introduced through streams, animals, birds and humans from the surrounding hills and mountainous regions, so that the beech has been regenerating all the time and in the lowland forests it still does. This mixing of seed – originating from the surrounding hills and mountains and from fructification of beech trees in the valley, later from crossbreeding of these two newly grown populations (the seed of various origins) – has led to the creation of new more resistant beech types that are adapted to the adequate habitat conditions. It is therefore no wonder if the beech is found on the brink of swamps (Česma), as it has for centuries been adapting to the present life conditions in the valley. This biological property and high elasticity of the beech account for its big amplitude of its vertical occurrence, for the beech covers a belt ranging from somewhat below 100 m to as high as 2,000 m above the sea.

A further, systematic morphological, genetic, biological, ecological and phytocoenological research on the beech and its habitats in the valley may offer an insight into a number of unsolved issues both referring to the beech and the evolution of vegetation in general (R a u š, 1969).

Received September 22, 1992
Accepted October 1, 1992

Author's address:
Đuro Rauš
Faculty of Forestry
41 001 Zagreb, P. O. Box 178
Croatia

UPUTE AUTORIMA

»Glasnik za šumske pokuse« znanstveni je časopis u kojem se objavljuju originalni znanstveni radovi, doktorske disertacije i magistarski radovi radnika Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Svi se radovi objavljuju uz obavezan sinopsis na hrvatskom jeziku i njegov prijevod na engleskom jeziku, s dvojezičnim naslovima, podnaslovima, te sažetkom (kratkim sadržajem do 1/10 njegova opsega) na engleskom ili njemačkom jeziku.

Radovi se prihvaćaju za tisak na sjednicama Redakcijskog odbora, a na prijedlog glavnog urednika.

Radovi pripremljeni za tisak predaju se glavnom uredniku u dva primjerka (original i kopija) sa svim priložima. Opseg disertacije može iznositi do 4 tiskana arka. Magistarski radovi objavljuju se u opsegu do 2 tiskana arka, a ostali znanstveni radovi do 1 tiskanog arka, ako ga potpisuju jedan ili dva autora, odnosno za timске radove do dva arka, ako rad potpisuju dva do tri autora, ili do tri arka ako rad potpisuju tri ili više autora. Redakcija iz tehničkih ili financijskih razloga može zahtijevati da autor u još sažetijem obliku preda rukopis.

U navedeni opseg rada ulaze svi prilozi: obavezan sinopsis na hrvatskom i engleskom jeziku, tabele, grafikoni, fotografije, citirana literatura i zažetak na stranom jeziku.

Umoljavaju se autori da se pridržavaju ovih uputa:

Rukopis se predaje pisan na listovima formata 21 × 29,5 cm (A-4) s normalnim proredom i s marginom od 3–5 cm. Jedna stranica sadrži do 35 redaka, a redak 65 slovnih znakova, računajući i praznine između riječi. Listovi se ispisuju samo s jedne strane.

Naslov rada i svi podnaslovi u radu moraju biti napisani dvojezično, s tim da je drugi jezik engleski ili njemački – po izboru autora. Sinopsis na hrvatskom i engleskom jeziku, svaki, priložiti na posebnom listu. Pod sinopsisom se smatra koncizan i točan prikaz članka, bez kritičke procjene. Sadržaj članka mora biti potpuno razumljiv iz sinopsisa (self-contained). Svrha mu je u primarnoj publikaciji da omogućiti čitaocu da ocijeni je li članak za njega interesantan, a mora biti pisan tako da se bez prerađivanja može upotrijebiti u sekundarnom časopisu.

Ispod sinopsisa upisuju se ključne riječi, najviše 10; na hrvatskom ispod sinopsisa na hrvatskom jeziku i na engleskom ispod sinopsisa na engleskom jeziku, zbog lakše klasifikacije članka.

U okviru teksta citate navoditi prema Autor (godina). Pri tome koristiti znak &, kada su dva autora, umjesto i, and, und itd. Ne navoditi npr. (Rauš i Vukelić 1983), već: (Rauš & Vukelić 1983). Za tri i više autora treba navesti samo prvoga autora i dopisati: i dr., a u engleskom tekstu: et al.

Prilozi (tabele, grafikoni, fotografije, citirana literatura) moraju biti priređeni odvojeno od teksta i obilježeni, a dvojezični potpisi (redni broj priloga s objašnjenjem) ispisani zajedno na posebnim listovima papira. Crteži i grafikoni moraju biti izrađeni tušem na paus ili crtačem papiru, a tabele mogu biti ispisane pisanim strojem. Fotografije moraju biti izrađene na papiru visokog sjaja. U popisu literature navodi se samo citirana literatura. Iza prezimena i inicijala autora navodi se godina objavljivanja citiranog rada, naslov rada ili knjige u originalu (u zagradi se može navesti naslov na stranom jeziku, ako je rad u originalu pisan na našem jeziku, a ima sažetak na stranom jeziku), uobičajena skraćunica časopisa ili izdavača knjige, volumen i broj časopisa, strane rada od-do, odnosno ukupan broj strana knjige!

U popisu literature autori se navode prvo abecednim redom, a potom kronološki. Na primjer:

Bond, J., 1951: Naslov rada. Časopis (službena skraćunica), Vol. broj (u zagradi broj sveska, ako postoji): strana od-do, Mjesto izdavanja časopisa.

Bond, J., Naslov knjige. Broj izdanja, ako ih je bilo više. Izdavač, adresa. Strana na koju se odnosi citat.

Bond, J., P. White & S. Templar, 1950: Naslov priloga u nekoj knjizi. U: Editor: Naslov knjige. Izdavač knjige, adresa. Strana priloga od-do. (U tekstu se ovaj citat navodi kao: Bond i dr. 1950).

Autori za svoj rad dobivaju autorski honorar.

Autori su odgovorni za lekturu i točnost prijevoda na strani jezik. Posebno se to odnosi na stručnu terminologiju.

Autorima će se dostaviti prijelom na korekturu. Jedino su dopušteni ispravci koji se odnose na tisak. Nikakve preinaka rukopisa (skraćivanje ili dodavanje) nisu dopuštene.

Autori će besplatno dobiti 50 separata.

Uredništvo

HRAŠOVEC, B.: BIOLOGY OF THE INSECTS OF THE GENUS *BALANINUS* Germ., AN ACORN PESTS OF PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR* L.) (Original in Croatian: *Prilog poznavanju insekata iz roda Balaninus Germ., štetnika žira hrasta lužnjaka (Quercus robur L.)*, with Summary in english). Glas. šum. pokuse 29:1-38, Zagreb, 1993.

From the forest protection viewpoint, genus *Balaninus* Germ. (*Curculio* L.) importance arises from its capability to attack and destroy up to two thirds of pedunculate oak yearly acorn production.

In the Upper Sava valley research area, *B. glandium* Mrsh. was found to be the most abundant species, outnumbering other detected acorn weevils (*B. elephas* Gyll., *B. venosus* Grav. and *B. villosus* Fabr.). Measurements of several body dimensions were taken while pupating and hatching of adults were resolved by thorough soil probe analysis while the weevils were buried in the soil. After pupating, which took time in July and August, adults did not leave their soil chambers but waited in dormant condition till next spring when they were successfully caught with traps covered by extra fine mesh net. Peak of emergence occurred in May.

On experimental plots, a two year life cycle was found at the least, with likelihood for a three year cycle and even longer life span of single generation. Neither on field nor in laboratory, no case of yearly generation was recorded during this research.

Key words: *Balaninus* germ., *Curculio* L., *Quercus robur* L., acorn, acorn weevil, acorn pests, pedunculate oak, Croatia.

KAJBA, D.: POSSIBILITIES OF CLONING FOR THE SILVER BIRCH (*Betula pendula* Roth.) AND BLACK ALDER (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) (Original in Croatian: *Mogućnosti kloniranja obične breze (Betula pendula Roth.) i crne jobe (Alnus glutinosa (L.) Gaertn.)*. Glas. Šum. pokuse 29:39-76, Zagreb, 1993.

The heterovegetative propagation of the Silver Birch can be efficiently made by the method of sidegrafting using the two-years scions. The best results in the autovegetative propagation of the Silver Birch were obtained at the concentration of 800 ppm (IBA or IAA) with the juvenile ortetes. The rooting of cuttings from the trees of final phenotype can be considerably increased by using the secondary cuttings. The selected adult trees of the Black Alder were propagated with great success in the heterovegetative manner by the method of sidegrafting with one-year scions, and the grafting with secondary scions has significantly increased success. The best results in the propagation of Black Alder with cuttings were obtained by using the concentration of 4000 ppm and this for the juvenile ortetes. The propagation of Black Alder adult trees (50 - 90 years) was obtained by treatments of the previous grafting and by the serial propagation with the cuttings of the produced rametes. Also, in particular clones by means of the passages the occurrence of the plagiotropic growth has been eliminated.

Key words: heterovegetative and autovegetative propagation, serial vegetative propagation, Silver Birch, Black Alder.

KOVAČIĆ, Đ.: THE LAW OF GROWTH AND SITE CLASS DETERMINATION IN FORESTS

(Original in Croatian:) *Zakon rasta i numeričko bonitiranje šuma*, with English Summary). Glas. šum. poluse 29:77-132, Zagreb, 1993

Numerical evaluation of forests are used in stand silviculture in production improvements, natural regeneration, planning and evaluating the value of wood mass. In forest management, site class determination is carried out in terms of quantity rather than quality. There have therefore been attempts to establish whether the analytical presentation of the laws of growth could serve as indices of site class determination. The time course of the breast height diameter and height growth is presented by the so-called 'S' curve. There are numerous factors – ecological, biological and economical – influencing that the form of the growth curve in a particular time interval has a repeating form of stairs, is unsteady and different. The outstandingly complex and complicated phenomenon of growth is presented by a function of the growth with four parameters. To test the function, the data on the breast height and height diameters and the height data of the mean stand tree from the increment yield tables of several authors have been used. The results prove that the applied function may serve, besides the theoretical equalization of the growth curves of the observed features by the method of interpolation, for the calculation of the prognosis by extrapolation; even more, the data on the mature stands can serve for calculating the starting amounts in studying the indices. The described method of calculating will serve in the research of the breadth and height growth and increment in the model of the reference stand.

Key words: site class determination indices, growth curve, reference stand.

ŠEGULJA N. & RAUŠ Đ.: »ONE HUNDRED PERMANENT PLOTS IN CROATIA« (Ecological research)(Original in Croatian: »Sto trajnih ploha Republike Hrvatske« (Ekološka istraživanja). Glas. šum. pokuse 29:133-148, Zagreb, 1993.

According to the so far accomplished analysis of the authors' flora research, 9 legally protected and 15 endangered plant species have been established in the flora composition of the permanent plots all over Croatia. The protected and endangered species have been recorded within 18 different associations, i.e. within the flora composition of 35 permanent plots. The results of the analysis have been presented in the following order:

1. protected and endangered species (associations, plots, localities);
2. brief description of the association;
3. association, protected and endangered species in the associations, plot number and locality.

Key words: permanent plots, protected natural areas, work method, protected and endangered species, locality.

KRUŽIĆ, T.: CHOOSING REGRESSION MODELS FOR FITTING VOLUME TABLES (Original in Croatian: *Izbor regresijskog modela za izjednačenje drvnogromadnih tablica*). Glas. šum. pokuse 29:149-198, Zagreb, 1993.

Almost all new volume tables that have been fitted in Croatia were fitted using the method proposed by Emrović (Emrović 1960), where the mathematical fitting method was combined with the graphical method.

With the aim to find a good regression model very extensive research was made by testing models that have 3, 4, 5 or 6 parameters. The research was made on a sample of the Black Alder (*Alnus glutinosa*), where the volume of wood above 7 cm was taken into consideration.

Because of known error of logarithmic fitting and known non-homogeneity of volume variance, fitting the form factor by least squares method was used. By adding 4th parameter to the Schumacher-Hall's model the reducing of variance about the face of fitting has been significant. Further adding of parameters did not yield significant variance reduction.

For fitting two-entry tables, the author is proposing the following model:

$$V = b_0 d^{b_1} h^{b_2} e^{b_3 d^{-n}}$$

d – breast height diameter

h – height

b_0, b_1, b_2, b_3 – parameters of regression

n – whole number inside the interval to $n = 1$ to $n = 4$

e – base of natural logarithm

Key words: Volume tables, form factor, regression model, Schumacher-Hall's model, Exponential function.

BENKO, M.: ASSESSMENT OF STANDS ELEMENTS ON COLOUR INFRARED AERIAL PHOTOGRAPHS (Original in Croatian: *Procjena taksacijskih elemenata sastojina na infracrvenim kolornim snimkama*, with English Summary). Glas. šum. pokuse 29:199-274, Zagreb, 1992.

In this work estimation of stand elements on CIR aerial photographs scale 1:10 000 has been described. Establishments and methods that are rarely used in practice have been used in the study because of their possibility to achieve simple and practical solutions. The research purpose was the approach of realized results to the daily forest practice, as well as their practical usage.

Photointerpretation and measurements on photos have been done using the I and II row instruments (»B8« and »A7«).

Extraction and readings of coordinates of the five (5) points on visible crown part on example trees of black alder, narrow-leaved ash and false acacia have been done in the study. Field heights have been taken from a topographic map-scale 1:5000. On the basis of these data the diameter, height and volume of the visible crown part as well as tree height have been calculated. DBH, projection of the crown diameter, increment and tree height have been calculated in the field. Mutual relations of single parameters have been researched with a stress on correlation of crown diameter and tree height measured by different methods.

Numerical and textual elaboration as well as graphical views have been processed by computer, e. g. researched functions graphs, ground-plan crown view, space crown view and digital map.

Key words: colour infrared aerial photographs, photointerpretation, separate stand, instrumented higher row, visible crown part, correlation crown diameter, correlation tree height, ground – plan crown view, spacecrown view, digital map.

VUKELIĆ, J. & RAUŠ, Đ.: PHYTOCOENOLOGICAL ASPECT OF THE FOREST DIEBACK IN TUROPOLJSKI LUG (Original in Croatian: *Fitoceno-
loški aspekt sušenja šuma u Turopoljskom lugu*, with German Summary). Glas. šum. pokuse 29:275-294, Zagreb, 1993.

A decade ago we started systematic phytocoenological research on the oak dieback consequences in Croatia. This is a report on the consequences of the changes in the vegetation structure and flora composition of the Turopoljski lug phytocoenoses. The dieback struck approximately 2000 ha, mostly the phytocoenoses (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Ht. 1938). The changes are not of the same kind, they come in three different types depending on the habitat and forest association. Another result of the research are the maps of the real and potential forest vegetation; they will be the starting point in restoring the state and the new management division.

The same dieback consequences on the phytocoenoses of peduncled oak have also been noticed in other flatland parts of the Posavina and Podravina regions where the research is continuing.

Key words: phytocoenological composition, forest dieback, peduncled oak, Turopoljski lug.

SLAVKO MATIĆ and JOSIP SKENDEROVIĆ: RESEARCH ON BIOLOGICAL, ECOLOGICAL AND ECONOMIC TREATMENT ENDANGERED TUROPOLJSKI LUG FOREST /SILVICULTURAL RESEARCH/ (original in Croatian: *Studija biološkoekološkog i gospodarskog rješenja šume Turopoljski lug ugrožene propadanjem (Uzgojna istraživanja)*, with English Summary). Glas. šum. pokuse 29:295-334 - Zagreb 1992.

The author presents the reasons for the dieback of the Turopoljski lug forests and points especially at the causes originating from the change in the moisture regime, the anthropomorphic impacts including pasture; rearing of stands on inadequate habitats for certain tree species; disturbed structural relations within the stands; lack of peduncled oak trees in the stand structure: absence of silviculture; climatic excesses; air, water and soil pollution, etc. The paper describes the present stand status in terms of structure, form of stand and silviculture, the dieback and an evaluation of what will happen in future. there is a word on stand properties in all associations that occur in the research areas, particularly in those created through the disturbed stand relations. The author suggests the silvicultural and regenerative measures to be taken within today's structural and ecological sconditions of these stands. A special emphasis is given to the opinion that peduncled oak, field ash, black alder and other autochthonous species of the region should further on be taken into consideration.

Key words: silviculture, regeneration, forest dieback, stand structure, ecological circumstances, groundwater, natural regeneration, preparation of the habitat.

RAUŠ, Đ.: PHYTOCOENOLOGY AND VEGETATION MAP OF CENTRAL CROATIA FLATLAND FORESTS (Original in Croatian: *Fitocenološka osnova i vegetacijska karta nizinskih šuma Srednje Hrvatske*). Glas. šum. pokuse 29:335-364, Zagreb, 1993.

The author discusses the forest vegetation of the flatland central Croatia encompassing greater areas of the towns of Bjelovar, Vrbovec and Čazma, which belong to the European-Siberian/North-American region, the Illyrian Province and the peduncled oak/hornbeam forest zone.

The forest vegetation has been investigated according to the principles and methods of modern phytocoenological science; it has been mapped to a scale of 1:10,000 by terrestrial method directly on site.

In his research on the forest associations, the author established 210 plant species. Four associations and seven subassociations have been encompassed by the description of the forest community.

The most significant for this region is the forest of the peduncled oak and commonhornbeam (*Carpino betuli-Quercetum roboris* Rauš 1969).

The author explains the evolution of the vegetation in the Panonian basin in terms of climatic changes on northern hemisphere studied by the hungarian researcher Soó and collaborators (1940 and 1962) presenting five geological periods with their climates and appearance of forest trees, particularly that of the beech in the Panonian flatland.

Key words: forest associations, vegetation map, flora, climate, geological periods, habitat.