

BILTEN



DIGITALNI REPOZITORIJ ŠUMARSKOG FAKULTETA
2018.

S a d r ž a j

	Strana
Alić, O. O REZULTATIMA ISPITIVANJA SPOJEVA PRODUŽAVANJA ČAMOVOG DRVETA SA ZATUPLJENIM ZUPCIMA	1
Bruči, V. i Tatalović, M. VATROZAŠTITNA KEMIJSKA SREDSTVA ZA POVEĆANJE VATROOTPORNOSTI PLOČA IVERICA	15
Biffl, M. POSTUPCI ODREĐIVANJA BOJA	37
Pavešić, M. MOGUĆNOSTI ENERGETSKOG ISKORIŠĆENJA DRVNOG OSTATKA - TEORIJA GENERATOR- SKIH PROCESA	57
Biškup, J. i Bićanić, N. EKOLOŠKI PROBLEM U DRVNOJ INDUSTRIJI SR HRVATSKE	81
Sever, S., Horvat, D. i dr. MJERENJE POTROŠNJE GORIVA VILIČARA I NJIHOVE ERGONOMSKE KARAKTERISTIKE	99
Biffl, M. SREDSTVA ZA IZBJELJIVANJE DRVA	103

R e d a k t o r i :

Prof.dr Stanislav Bađun Prof.dr Boris Ljuljka
 Prof.dr Mladen Figurić Zlatko Bihar
 Dipl.ing. Vladimir Herak

Glavni i odgovorni urednik:

Prof. dr Stanislav Bađun

Tehnički urednik:

Zlatko Bihar

O REZULTATIMA ISPITIVANJA SPOJEVA PRODUŽAVANJA
ČAMOVOG DRVETA SA ZATUPLJENIM ZUPCIMA
(Prethodno priopćenje)

Prof. dr OMER ALIĆ, dipl. ing.
Mašinski fakultet Sarajevo

1.0 Uvod

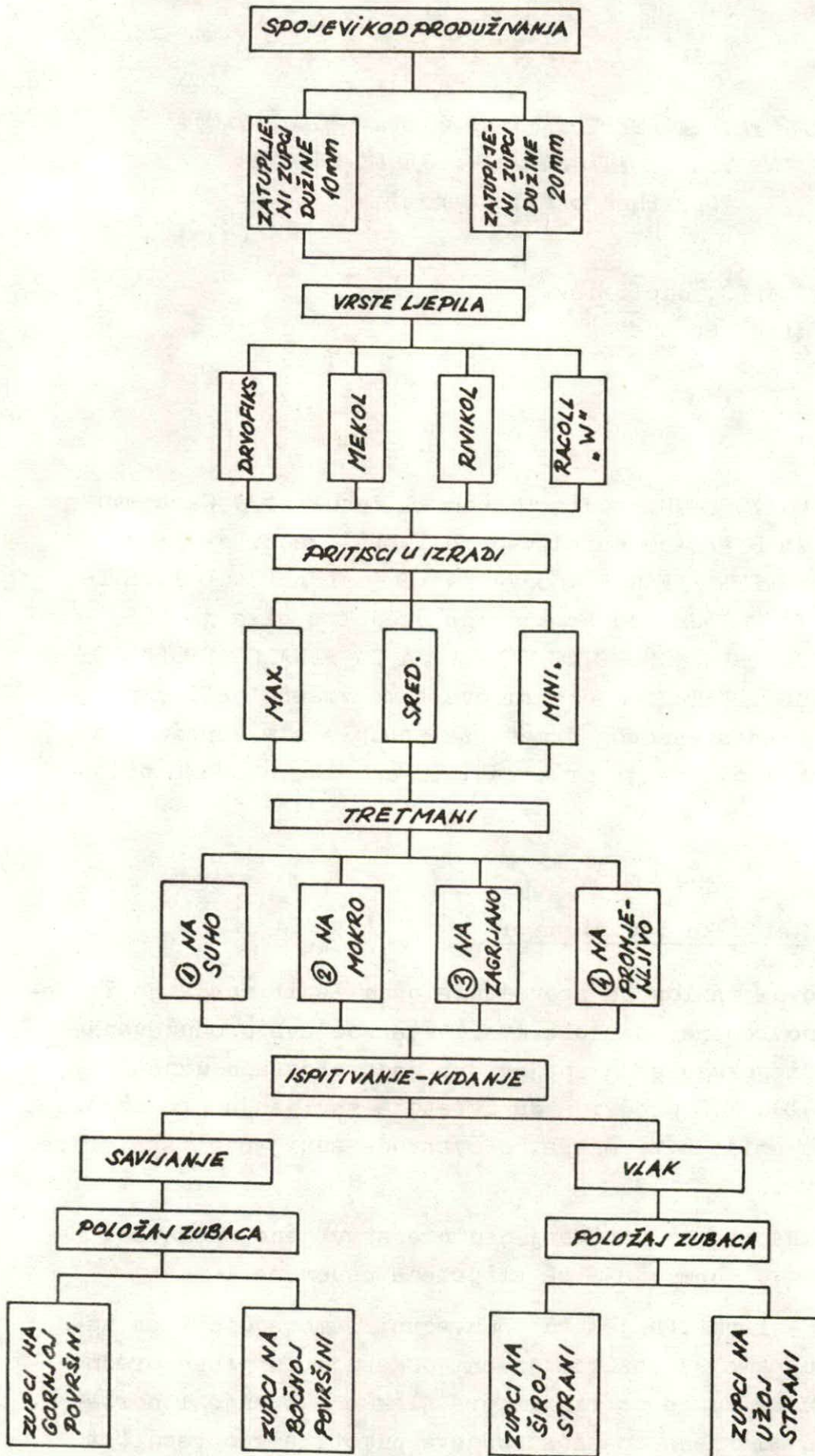
U toku 1978-79. godine Mašinski fakultet u Sarajevu u zajednici sa ŠIPAD-om obrađivao je istraživački projekt pod naslovom "ISTRAŽIVANJE USLOVA ZA VEĆU FINALIZACIJU ČETINARSKOG DRVETA". Jedna od tema ovoga projekta bila je "ISTRAŽIVANJE POGODNIH KONSTRUKTIVNIH VEZA ZA FINALNE PROIZVODE IZ ČETINARSKOG DRVETA". U okviru ove teme vršeno je i ispitivanje produžavanja čamovog drveta sa zatupljenim zupcima, a rezultati tih ispitivanja prikazani su ukratko u ovome priopćenju.

2.0 Metodika ispitivanja

Osnovni razlog za provođenje ovih ispitivanja je činjenica da su povremene kontrole kvalitete spojeva produžavanja u proizvodnji pokazale da spojevi ne zadovoljavaju uvjete JUS-a D.El.010. JUS predviđa da čvrstoća savijanja produženih elemenata ne smije biti manja od čvrstoće savijanja iste vrste masivnog drveta.

Varijable u ispitivanju su predstavljene shematski na slici 1. Uz ovu shemu daju se slijedeće napomene:

(a) - Ispitivanjem su obuhvaćeni samo spojevi sa zatupljenim zupcima, s obzirom da oni pokazuju izvjesne prednosti u odnosu na zupce oštarih vrhova (lakše oštrenje i održavanje alata, smanjena opasnost pojave pukotina kao rezultat



Sl. 1 - Shematski prikaz varijabla kod ispitivanja spojeva produživanja

sila montiranja). Spojevi produžavanja izrađeni su samo sa zupcima dužine 10 i 20 mm, s obzirom da su oni racionalniji od većih dužina i najčešće se primjenjuju u proizvodnji. Geometrija i dimenzije ovih zubaca su predstavljeni na slikama 2 i 3.

(b) - Lijepljenje stolarskih spojeva u finalnoj obradi drveta se skoro redovno vrši ljepilima na bazi PVA smola. Njihove su opće odlike: otvrdnjavanje na hladno, visoka čvrstoća vezivanja, otvrdnuto ljepilo je elastično, termoplastično, te slabo vlagootporno i vodootporno.

(c) - Modificirana PVA ljepila (PVA ljepilo s kontaktom) zadržavaju pozitivne odlike običnih PVA ljepila (visoka čvrstoća vezivanja i elastičnost) uz smanjenje negativnih odlika (manja termoplastičnost i povećana vlago- i vodootpornost).

Radi toga su za spojeve produžavanja korištene obje vrste PVA ljepila i to:

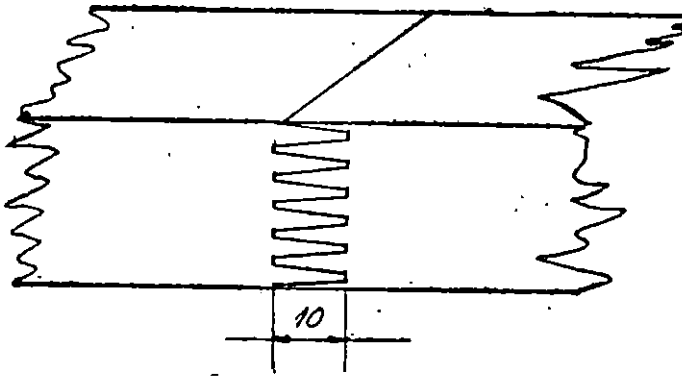
- a) obična PVA ljepila:
 - DRVOFIKS, domaća proizvodnja
 - MEKOL, domaća proizvodnja
- b) modificirana PVA ljepila:
 - RIVIKOL, domaća proizvodnja
 - RACOLL "W", inozemna proizvodnja.

Ljepila su korištena po uputstvima proizvođača ljepila.

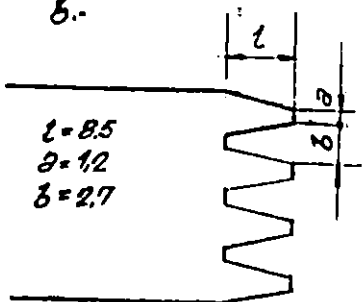
(d) - Sile montiranja spojeva produžavanja se u proizvodnji veoma različito određuju, a uputstva proizvođača strojeva su u tom pogledu također različita. Dosta često se sila određuje samo na osnovi presjeka produžavanih elemenata, uz zanemarivanje dimenzije zubaca. Radi toga su u ovom radu, pri izradi spojeva produžavanja, primjenjena tri različita pritiska (minimalni, maksimalni i srednji).

(e) - Prije ispitivanja (kidanja) epruvete su bile izlagane različitim tretmanima. Svrha toga je bila ocjenjivanje ponašanja spojeva produžavanja u otežanim i ekstremnim uvjetima eksploatacije. Tretmani s oznakom (1), (2), (3) i (4) bili su:

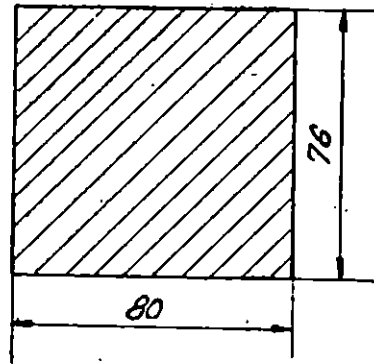
a.



b.



c.



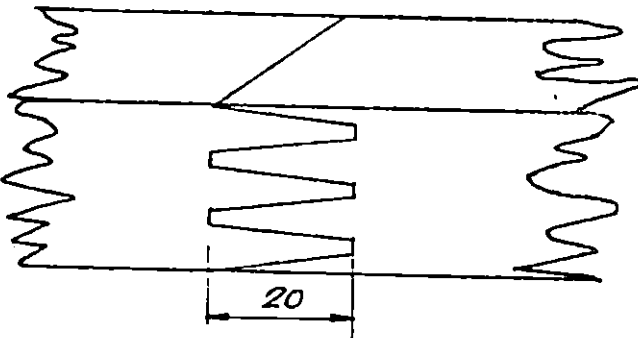
sl. 2.- Produživanje zatupljenim
zupcima dužine 10 mm

a.- izgled spoja

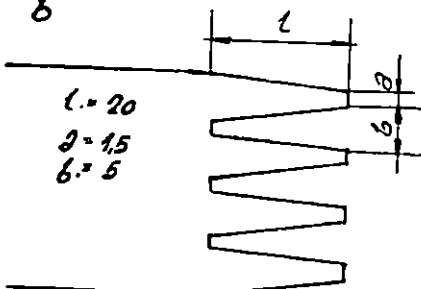
b.- dimenzije i oblik zubaca

c.- presjek produživanih obradaka

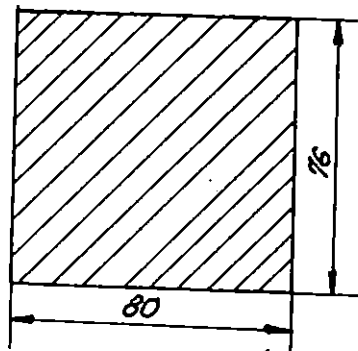
a.



b.



c.



sl. 3.- Produživanje zatupljenim
zupcima dužine 20 mm

a.- izgled spoja b.- dimenzije i oblik zubaca

c.- presjek produživanih obradaka

- (1) klimatizacija 20 dana u sobnim uvjetima - "NA SUHO";
- (2) poslije klimatizacije potapanja u vodu sobne temperature u trajanju 24 sata - "NA MOKRO";
- (3) poslije klimatizacije izlaganje djelovanju zagrijanog zraka, $t = 80^{\circ}\text{C}$ i $\phi = 28-36\%$ u trajanju 24 sata - "NA ZAGRIJANO";
- (4) poslije klimatizacije izlaganje cikličnom djelovanju vode i zagrijanog zraka, tri ciklusa, svaki ciklus tri sata u vodi sobne temperature i tri sata u sušioniku temperature zraka 80°C - "NA PROMJENLJIVO".

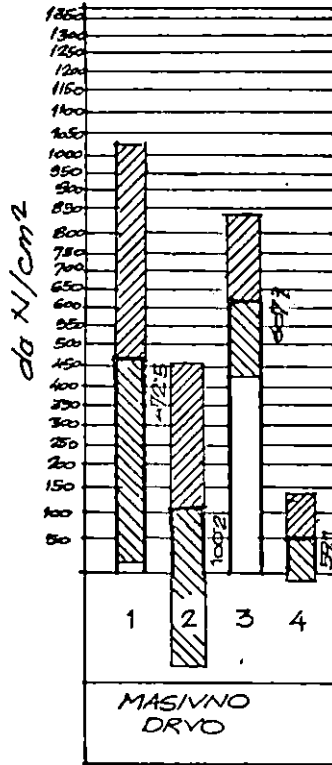
(f) - Ispitivana je čvrstoća savijanja i čvrstoća na vlak. Ispitivanje čvrstoće savijanja je predviđeno JUS-om D.El.010. Međutim, spojevi su izloženi u toku eksploatacije i vlačnim naprezanjima, pa smo proveli i ovo ispitivanje.

(g) - S obzirom da se u praksi postavlja pitanje da li je spoj bolje izvoditi tako da su zupci vidljivi s uže ili sa šire stranice elementa, to su i epruvete izrađene tako da su zupci vidljivo na široj i na užoj stranici.

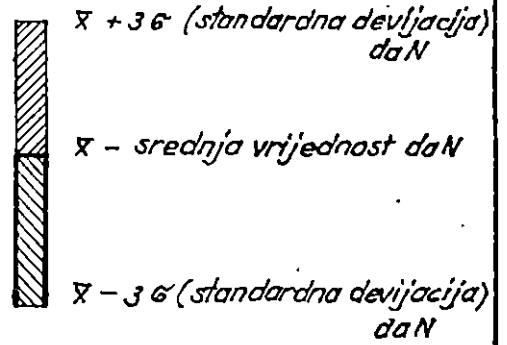
Epruvete za ispitivanje čvrstoće savijanja su rađene prema JUS-u D.Al.046, a epruvete za ispitivanje vlačne čvrstoće prema JUS-u D.Al.048. U skladu s ovim standardima računata su naprezanja kod savijanja i vlaka koje su izazvale sile loma.

3.0 Diskusija i zaključci na bazi dobijenih rezultata

Iznošenje kompletnih rezultata ispitivanja nepotrebno bi povećalo obujam ovoga priopćenja. Radi toga će se izložiti samo diskusija dobijenih rezultata i zaključci koji na osnovi njih proizlaze. Nadalje će se dati neophodni minimum rezultata i to samo za čvrstoću savijanja kod zubaca dužine 20 mm i srednjih vrijednosti sila montiranja (histogrami na slikama 4 i 5).

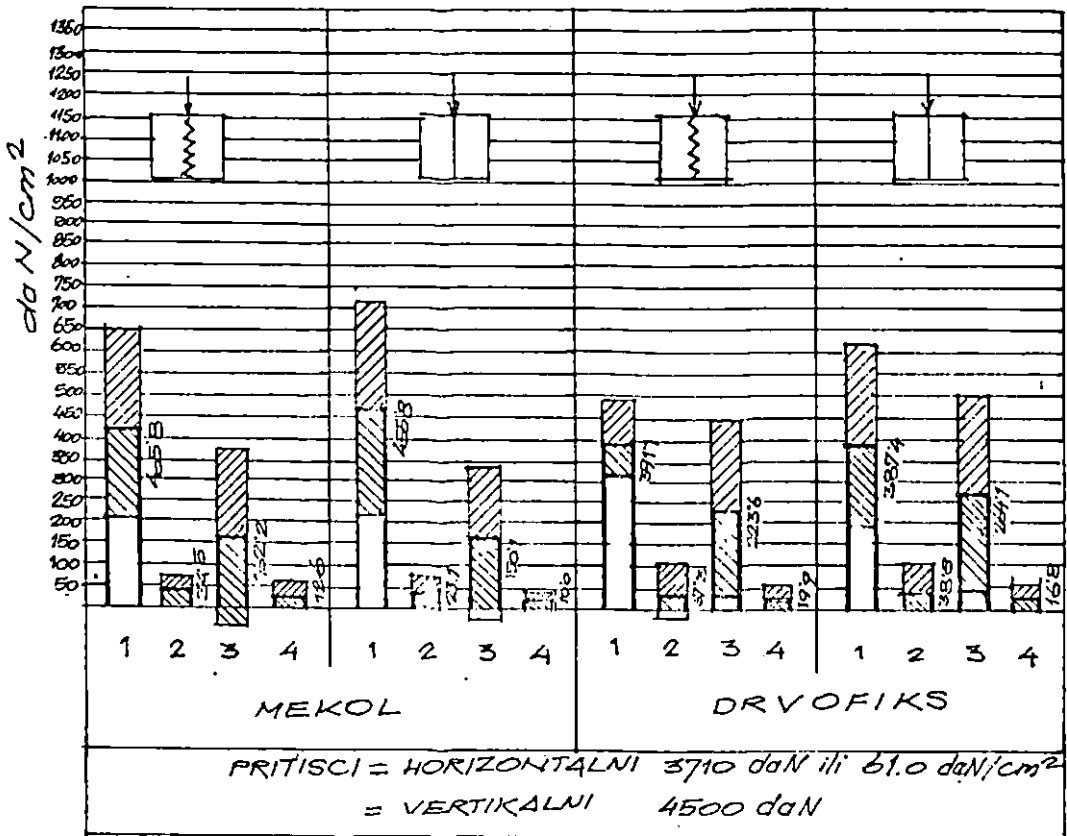


LEGENDA :



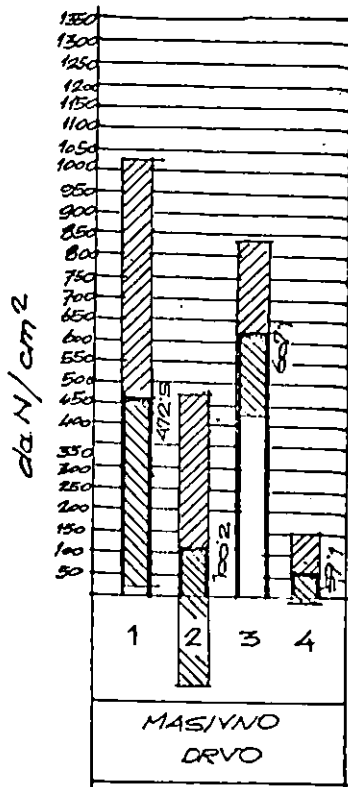
- 1. - tretman epruvete „NA SUHO“
- 2. - tretman epruvete „NA MOKRO“
- 3. - tretman epruvete „NA ZAGRIJANO“
- 4. - tretman epruvete „NA PROMJENLJIVO“

Smjer sile u odnosu na položaj zubača

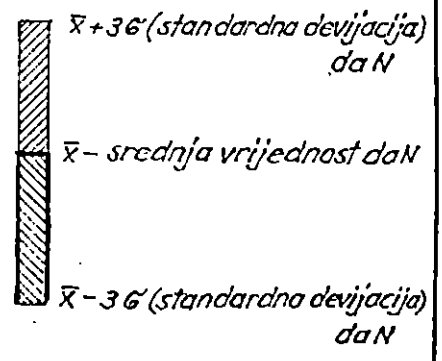


PRITISCI = HORIZONTALNI 3710 daN ili 61.0 daN/cm²
= VERTIKALNI 4500 daN

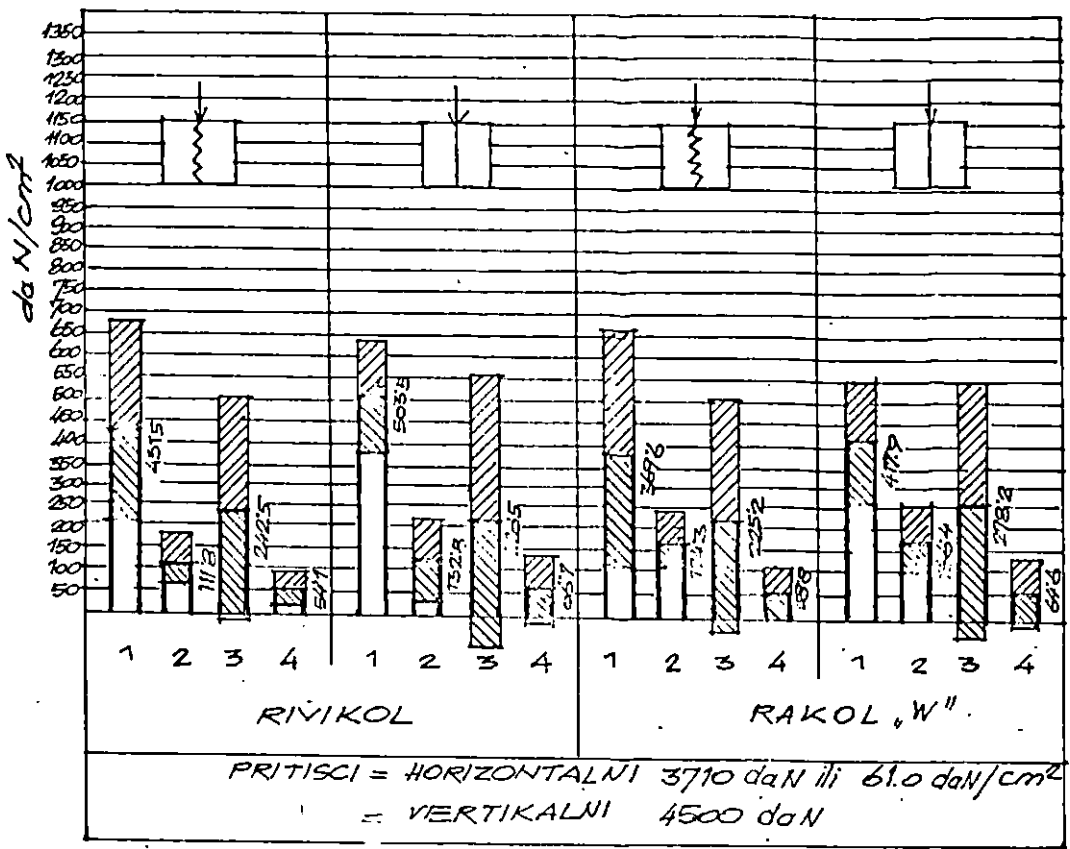
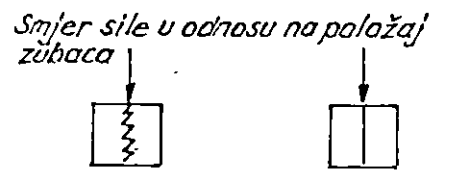
SI. 4. ČVRSTOĆA SAVIJANJA SPOJEVA PRODUŽAVANJA SA ZATUPLJENIM ZUBCIMA DUŽINE 20 mm LIJEPLJENIH PVA LJEPLIMA MEKOL I DRVOFIKS



LEGENDA :



1. tretman epruvete „NA SUHO“
2. tretman epruvete „NA MOKRO“
3. tretman epruvete „NA ZAGRIJANO“
4. tretman epruvete „NA PROMENJLJIVO“



PRITISCI = HORIZONTALNI 3710 daN ili 61.0 daN/cm²
 = VERTIKALNI 4500 daN

SI. 5. ČVRSTOĆA SAVIJANJA SPOJEVA PRODUŽAVANJA SA ZATUPLJENIM ZUBCIMA DUŽINE 20 mm LJEPLJENIH PVA LJEPLIMA RIVIKOL I RAKOL „W“

1. Načelno, rezultati ispitivanja čvrstoće spojeva produžavanja sa zatupljenim zupcima dužine 10 i 20 mm pokazuju iste zavisnosti i zakonitosti, a kod određenih proizvodnih uvjeta i iste numeričke vrijednosti čvrstoće. Razlika ovih dviju dimenzija zubaca nije u čvrstoći spoja, nego:

- u uštedi sirovine. (manji je utrošak sirovine kod zubaca dužine 10 mm),
- u pritiscima kod montaže (manje pritiske zahtijevaju zupci dužine 20 mm), a to znači mogućnost produžavanja većih presjeka na istoj tehnološkoj opremi,
- u lakoći i jednostavnosti oštrenja i održavanja alata (lakše i jednostavnije kod zubaca dužine 20 mm).

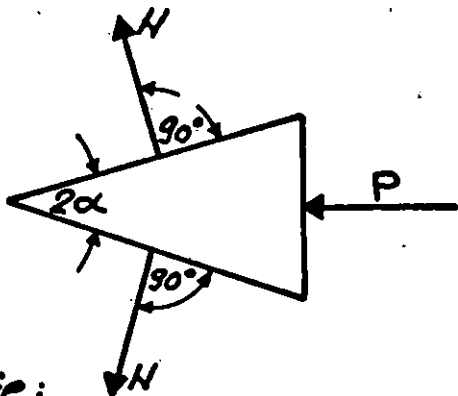
2. Položaj zubaca u odnosu na smjer vlačnih sila i sila savijanja ne pokazuje utjecaj na čvrstoću produženih spojeva. Znači, sa stanovišta čvrstoće spojeva i njihove eksploatacije kod naprezanja na savijanje i vlak, ne postoje razlozi za određivanje položaja zubaca u odnosu na djelovanje sila. Položaj zubaca se može određivati samo s tehnološkog i estetskog stanovišta, a oba stanovišta upućuju da zupci budu vidljivi na široj stranici elementa.

3. Sile pritiska kod montaže spojeva produžavanja treba regulirati zavisno od presjeka obradaka koji se spajaju i to:

- a) za horizontalne sile (sile montiranja) na bazi $100-120 \text{ daN/cm}^2$ presjeka obratka za zupce dužine 10 mm, i $60-80 \text{ daN/cm}^2$ presjeka obradaka za zupce dužine 20 mm;
- b) vertikalne sile (sile učvršćenja obratka) u granicama koje će osigurati realizaciju horizontalnih sila, tj. bez proklizavanja pritiskivača po površini obratka.

U proizvodnji se horizontalne sile ne određuju po navedenom kriteriju. Ne samo u proizvodnji, nego i u nekim stručnim radovima se često sile montiranja spojeva određuju na bazi

pretpostavljenog potrebnog pritiska po jedinici lijepljene površine. Kod toga se prihvaća da je potrebno upotrijebiti takve sile montiranja koje će na lijepljenim površinama rezultirati okomitim tlakom u granicama 12-15 daN/cm² i to bez obzira na dimenzije zubaca. Sile montiranja proračunate iz ovoga kriterija znatno su manje od sila računatih iz predloženog kriterija, odnosno sile računate iz predloženog kriterija rezultiraju znatno veći tlak na lijepljenim površinama od 15 daN/cm². U svakom slučaju, bez obzira na polazni kriterij proračuna horizontalne sile, moramo imati u vidu da se horizontalna sila P (sila montaže) razlaže na sile okomite na površinu lijepljenja N , po principu klina, a koji ilustrira slika 6.



$$2N = \frac{P}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}$$

$$N = \frac{P}{2(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

gdje je:

- P = horizontalna sila
- N = rezultirajuća sila okomito na površinu lijepljenja
- α = kut nagiba klina;
- μ = koeficijent trenja (za drvo na drvo $\mu = 0.268$)

Sl. 6 PRINCIP PRIJENOSA SILA KOD KLINA

Mislimo da je kriterij 12-15 daN/cm² lijepljene površine preuzet iz lijepljenja ravnih drvenih površina, a to su površine s radijalnim i tangencijalnim presjecima, i bez eksperimen-

mentalne provjere prenesen na spojeve produžavanja sa zupcima, kod kojih su lijepljene površine polučeonog presjeka.

4. Uvjet JUS-a D.El.010 kojim se predviđa da čvrstoća savijanja produženih elemenata ne smije biti manja od čvrstoće savijanja iste vrste masivnog drva može se zadovoljiti kod obadviije dužine zubaca. Za zadovoljenje ovoga uvjeta neophodno je tehnološke parametre koji utječu na čvrstoću, dovesti u potrebne granice. Od tih parametara na prvom mjestu su točnost dimenzija zubaca, pritisak montiranja spojeva, vrsta i svojstva ljepila.

Želimo navesti da je ovaj zahtjev JUS-a D.El.010 jako kritiziran u proizvodnji, a dosadašnji naučnostručni radovi, kod nas, davali su osnove za takvu kritiku. Osim toga, u starijim propisima DIN-a, kao i u starijoj literaturi se susreću podaci da čvrstoća savijanja produženih spojeva treba i može da iznosi 85% čvrstoće savijanja masivnog drveta. Mislimo, da za ovakvo shvaćanje, u današnje vrijeme, ne postoji osnova, a rezultati i naših ispitivanja dokazuju da definirani uvjet JUS-a ima, za današnji nivo tehnike i tehnologije, svoje puno opravdanje.

JUS D.El.010 ne predviđa ispitivanje produženih spojeva na vlak. Smatramo, ukoliko se ispitivanje sprovodi u cilju kontrole kvalitete, da zaista ne postoji potreba ispitivanja čvrstoće na vlak spojeva. Ovo mišljenje zasnivamo na činjenici da čvrstoća savijanja daje dovoljnu informaciju i skoro istu kao i vlačna čvrstoća i da se ne može dogoditi da spojevi pokazuju izrazite razlike ovih čvrstoća.

Međutim, kod širih i obuhvatnijih istraživanja razložno je i ispitivanje čvrstoće na vlak. Spojevi produžavanja često su u eksploataciji izloženi vlačnim naprezanjima, a ovo ispitivanje, kako pokazuju naši rezultati, dopunjava opću predstavu o ponašanju spojeva i primijenjenih ljepila.

5. Kod tretmana (1) sva primijenjena ljepila osiguravaju dosta bliske čvrstoće spojeva (savijanje i vlak), mada su nešto veće s ljepilima RIVIKOL i RACOLL "W" u odnosu na ljepila MEKOL i DRVOFIKS.

6. Kod tretmana (2) čvrstoća savijanja i vlaka spojeva produžavanja opada u odnosu na tretman (1) kod svih ljepila. To opadanje je znatno veće kod ljepila MEKOL i DRVOFIKS, a postignute čvrstoće su minimalne ili jednake nuli. Kod ljepila RIVIKOL i RAKOL "W" opadanje je manje, a postignute vrijednosti su, bar kod čvrstoće savijanja, veoma bliske ili jednake s vrijednostima koje ima masivno drvo u istom tretmanu. Otuda zaključujemo da su ljepila RACOLL "W" i RIVIKOL vodootporna. Međutim, ustanovljene čvrstoće ne daju pravu predstavu o vodootpornosti ovih ljepila. Naime, s povećanjem vlage drveta opada čvrstoća drveta i čvrstoća lijepjenja. Veća čvrstoća lijepjenja od čvrstoće drveta je bespredmetna, pa ustanovljena čvrstoća predstavlja čvrstoću spoja, tj. zajednički ljepila i drveta.

7. Kod tretmana (3) čvrstoća savijanja i vlaka se smanjuje u odnosu na tretman (1). To smanjenje je dosta izjednačeno za sva ljepila i nije naročito veliko. Izuzetno je u nekim skupinama epruveta registrirano i povećanje čvrstoće. Postignute vrijednosti čvrstoća ne dosižu, a nisu ni blizu čvrstoće masivnog drveta u istom tretmanu, bar što se tiče čvrstoće savijanja.

Na osnovi prednjeg, mogao bi se izvesti zaključak, da su sva ljepila podjednako termoplastična, tj. da povećanje temperature dovodi do malih i istih smanjenja čvrstoće kod svih spojeva. Međutim, ovakav zaključak ne stoji.

Usporedimo li smanjenje čvrstoće kod tretmana (3) za spojeve produžavanja i ugaone spojeve, dobija se utisak da u ugaonim spojevima temperatura ima veći utjecaj na čvrstoću spojeva (smanjenje čvrstoće je veće), nego kod spojeva produžavanja. Naime, epruvete spojeva produžavanja su dosta malog presjeka i za vrijeme dok se izvade iz sušare i postave u stroj za ispitivanje, temperatura im vrlo brzi opada, što nije slučaj kod ugaonih spojeva. Ovo ukazuje da se čvrstoća lijepjenja smanjuje pod utjecajem temperature samo za vrijeme djelovanja povišene temperature, odnosno da povremeno djelovanje povišene temperature ne dovodi do trajnog smanjenja čvrstoće

lijepljenja. Pretpostaviti je, da voda i vlaga djeluju na čvrstoću lijepljenja na isti način, tj. za vrijeme dok je povećana vlažnost epruveta. Naša istraživanja nisu usmjerena u tom pravcu, pa ne možemo pouzdano tvrditi da vrijednosti čvrstoće spojeva produžavanja poslije hlađenja zagrijanih, odnosno poslije sušenja navlaženih epruveta dostižu prvobitne vrijednosti.

8. Kod tretmana (4) čvrstoća savijanja i vlaka spojeva produžavanja se jako smanjuje u odnosu na tretman (1) kod svih ljepila. Ovo smanjenje je veoma izraženo kod ljepila MEKOL i DRVOFIKS, a manje je kod ljepila RIVIKOL i RACOLL "W". Vrijednosti čvrstoće savijanja kod ljepila RIVIKOL i RACOLL "W" su na nivou vrijednosti koje u istom tretmanu ima masivno drvo. Može se smatrati da kod zajedničkog djelovanja vode i temperature ova ljepila osiguravaju ponašanje spojeva u pogledu čvrstoće, kao što se ponaša i samo drvo. Znači da su ljepila RACOLL "W" i RIVIKOL više vodootporna i manje termoplastična od ljepila MEKOL i DRVOFIKS.

9. Ukupna ocjena primjenjivanih ljepila je:

- ljepila MEKOL i DRVOFIKS, koja spadaju u grupu običnih PVA ljepila, mogu se primjenjivati za spojeve drveta kod proizvoda koji se koriste u zatvorenom prostoru. Njihovu upotrebu treba isključiti za spojeve drveta u proizvodima koji su u eksploataciji izloženi vanjskim utjecajima;
- ljepila RIVIKOL i RACOLL "W", koja spadaju u grupu modificiranih PVA ljepila treba koristiti za spojeve drveta kod svih proizvoda koji su u toku eksploatacije izloženi vanjskim utjecajima. Ljepilo RIVIKOL je domaće proizvodnje i pokazuje eksploatacione odlike na nivou uvoznog ljepila RACOLL "W", a u nijansama i bolje.

4.0 Literatura

1. A l i ć, O.: Zubčati je mini-šypi v uglovyh soedinenijah bruskov okonyh rami. Derevoobrabat. prom. br. 11, 1975.
2. B ũ r g e r, O.: Minizinken im Fensterbau. Glaswelt, br. 6, 1972.
3. E l e z o v i ć, E.: Određivanje parametara tehnološkog režima kod produljavanja drveta na liniji "Dimter". Sarajevo 1979.
4. S e i f e r t, E.: Entscheidung für Minizinken. Glaswelt, br. 7, 1973.
5. S k o p a l, B. i A l i ć, O.: Konstrukcije proizvoda od drveta. Sarajevo 1965.
6. S p a c k m a n n, : Minizinken - Verbindungselement mit Zukunft. B. und M. br. 6, 1972.
7. ~~MEK~~: Tehnička dokumentacija za linije produžavanja drveta (Sauter i Dimter).
8. ~~MEK~~: JUS: D.El.010; - D.E8.234; - D.A1.048; - D.A1.046.

Prof. dr Vladimir Bruči
 Marina Tatalović, dipl. ing.
 Šumarski fakultet Zagreb

VATROZAŠTITNA KEMIJSKA SREDSTVA ZA POVEĆANJE
 VATROOTPORNOSTI PLOČA IVERICA

1. *UVOD* *Svećen*

Sve veća upotreba iverica u raznim područjima primjene rezultirala je sve strožim i, za određene namjene, specifičnim zahtjevima na svojstva ploča. Pored zahtjeva na fizička i mehanička svojstva, sve se više ističu zahtjevi u pogledu: emisije formaldehida iz gotovih ploča, veće otpornosti na atmosferilije, veće otpornosti na gljive i ponašanja u vatri.

Upotreba sredstava za zaštitu od vatre u ivericama uključuje neke specifične probleme. Iverje koje tvori ploču, međusobno je vezano ljepljom na bazi smola, ne u obliku neprekinutog filma kao kod šperploča, već preko mnogo finih kapljica ljepila. Očito je, da je manji nanos ljepila kod iverica nego kod šperploča. Priroda procesa prešanja u proizvodnji iverica je takva da zahtjeva preciznu kontrolu procesa lijepljenja. Za vrijeme zatvaranja preše toplina se širi na ljepilo i zagrijava ga. Ljepilo ne smije vezati prije nego se preša zatvori. Sa stajališta proizvodnje nepoželjno je suviše usporavanje vezanja ljepila, jer to ima za posljedicu predugo vrijeme prešanja. Nažalost, kemijska priroda sredstava za zaštitu od vatre i količina koja je potrebna da ona budu efikasna, su takva da često utječu na vezanje ljepila. Iverica s vatrozaštitnim sredstvom ima često slabija mehanička svojstva nego iverica bez tih sredstava.

Mogućnost primjene VZS za površinsko tretiranje vrućim prešanjem gotovih ploča, istraživao je Shen [4] koristeći poznata VZS i određujući optimalne uvjete za impregnaciju.

Juneja [3] preporučuje MDP (melamin, dicijandiamid, formaldehid i fosfatna kiselina) kao sredstvo koje se može upotrijebiti istovremeno i kao vatrozaštitno sredstvo i kao vezivo. Dodavanje VZS najčešće nepovoljno utječe na vezanje ljepila, što rezultira manjom čvrstoćom gotovih ploča. Upotrebom VZS koje ujedno služi i kao ljepilo, taj problem se eliminira.

Ogledno: primjerak kad.

2. IZRADA VATROOTPORNIH IVERICA DODAVANJEM VZS NA IVERJE

2.1. Izrada ploča.

Iverice o kojima se ovdje izvještava [2] izrađene su i ocijenjene u dva odvojena, premda slična ispitivanja. Prva grupa ploča označena je kao studija I, a druga kao studija II. Razlike u proizvodnim uvjetima tih dviju grupa navedene su kao specifičnosti proizvodnje. Prikazani su rezultati istraživanja A.D. Syske [2]. Ploče su izrađene sa slijedećim parametrima:

1. Vrsta drva: duglazija (studija I)
duglazija ili jasika (studija II)
2. Gustoća: 641 kg/m^3
3. Dimenzije ploča: 61 cm x 71 cm x 13 mm
4. Dimenzije iverja: 25,4 mm x 0,38mm x slučajna širina
5. Tip ljepila: Karbamid-formaldehidno ljepilo (KF), fenol-formaldehidno (FF) i melamin-formaldehidno (MF)
6. Dodatak voska (kada se koristio): 1% suhe tvari u odnosu na apsolutno suho drvo. Dodan je kao 46%-tna emulzija.
7. Sadržaj vlage ćilima: podešen na 12% u studiji I, a 10% u studiji II.
8. Temperatura prešanja: studija I : 163°C za KF i MF, 177°C za FF ljepilo
studija II: 149°C za KF i MF, 163°C za FF ljepilo
9. Vrijeme prešanja: studija I : 15 minuta za sva ljepila,
studija II: 8 minuta za KF i MF ljepila
10 minuta za FF ljepilo
10. Vrijeme zatvaranja: 2 minute - studija I
1 minuta - studija II

Upotrijebljena VZS:

1. Amonij-dihidrogenfosfat*
2. Amonij-hidrogenfosfat
3. Boraks
4. Ortoboratna kiselina

*Za konzultacije na području kemijske terminologije autori zahvaljuju prof. dr M. Bifflu

5. Boraks i ortoboratna kiselina (1:1)
6. Amonij-dihidrogenfosfat i amonij-sulfat (1:1)
7. Cink-sulfat
8. Aluminijsulfat
9. AWPA tip C (American Wood-Preservers Association)
10. AWPA tip D
11. 11-37-0 amonij-polifosfat
12. Dicitandiamid, fosfatna kiselina i formaldehid, molarni udio 1:1:0,15
13. Amonij-polifosfat (32% fosfora)
14. Ortoboratna kiselina i natrij-oktaborat-tetrahidrat u težinskim udjelima 0:100, 10:80 i 25:75

Nanošenje suhih kemikalija na drveno iverje strojem za nanošenje ljepila, neposredno poslije prskanja ljepila, problematično je s obzirom na dobivanje ravnomjerne distribucije i prijanjanja potrebne količine VZS na iverje. Ovaj način se koristio samo za kemikalije koje imaju slabu topljivost. Nanošenje 30-35%-tne vodene otopine na vlažno iverje neposredno prije sušenja pokazalo se jednostavnije i praktičnije za proizvodnju, pa je ta metoda korištena u mnogim kombinacijama.

VZS kao kemijske otopine, za studiju I i II, osim gdje je drugačije navedeno, bile su pripremljene kao 30-35%-tne otopine u vodi grijanoj na 49°C. Otopina je prskana na drveno iverje koje je imalo oko 30% sadržaja vode. Količina VZS koja je dodana, računata je na temelju mase suhe kemikalije.

2.2. Ocjenjivanje kvalitete ploča

Za svaki postupak zaštite izrađene su tri ploče. Za ispitivanje reakcije na vatru korištene su četiri polovice dimenzija 35 cm x 58 cm i jedan komad 35 cm x 10 cm. Dvije polovice ploča služile su za izradu uzoraka za ispitivanje mehaničkih svojstava i stabilnosti dimenzija ploča. Uzorci nisu bili brušeni.

Tablica 1. daje rezultate ispitivanja svojstava kontrolnih ploča izrađenih s KF, MF i FF ljepljivima. Budući da ne postoje propisi za fizičko-mehanička svojstva i ponašanje u vatri iverica tretiranih s VZS, Syska [2] je ustanovio proizvoljne granične vrijednosti za tretirane ploče (tablica 1.).

Tablica 1. - Svojstva običnih (netretiranih s VZS) iverica i unaprijed određene granice istih svojstava iverica tretiranih s VZS,

Iverice	Čvrstoća savijanja MPa	Čvrstoća raslojavanja MPa	Rad ploče u smjeru debljine %	Rad ploče u smjeru duljine %	Indeks širenja plamena	Indeks gustoće dima
Obične: karbamidno ljepilo	37,8	1,2	7,5	0,23	102	87
fenolno ljepilo	28,9	1,4	9,3	0,24	105	129
melaminsko ljepilo	41,3	1,4	7,0	0,21	99	98
Tretirane: ¹	20,6 (minimum)	0,7 (minimum)	15,0 (maksimum)	0,50 (maksimum)	40 (maks.)	400 (maksimum)

¹ minimalno, odnosno maksimalno dozvoljene vrijednosti navedenih svojstava tretiranih iverica koje Syska[2] dozvoljava zbog upotrebe VZS.

2.2.1. Reakcija na vatru

Ploče su ispitivane u 8 stopa dugoj tunelskoj peći. Ta metoda je razvijena u Forest Products Lab. kao istraživačka tehnika za mjerenje zapaljivosti površine. Ona, općenito uzevši, svrstava zapaljivost materijala jednako i kao 25 stopa duga peć ali stvarne vrijednosti indeksa se mogu razlikovati. Obje metode koriste indeks širenja plamena u odnosu na indeks širenja plamena uzorka izrađenog iz crvenog hrasta za koji je odabrana vrijednost 100. Međutim, zbog duljeg vremena izlaganja u 8 stopa dugoj peći drvo tretirano s VZS koje ima indeks širenja plamena oko 40, imat će vrijednost odgovarajućeg indeksa 25 u 25 stopa dugoj peći. Zbog toga je jedan od kriterija za adekvatno tretiranu ploču bio indeks širenja plamena u 8 stopa dugoj tunelskoj peći 40 ili manji.

2.2.2. Indeks zadimljavanja

Vrijednost indeksa zadimljavanja za obje metode određena je u odnosu na stvaranje dima netretirane rezane građe crvenog hrasta.

U 25 stopa dugoj peći s velikim plamenikom za paljenje i netretirani crveni hrast i s VZS tretirani materijal gore plamenom. Međutim, u 8 stopa dugoj peći gdje se najveća količina topline dozračuje, s plamenom sagorijeva netretirani crveni hrast, a proizvodi tretirani s VZS sagorijevaju bez plamena. Sagorijevanje bez plamena kod celuloznih proizvoda rezultira većom proizvodnjom dima nego kod sagorijevanja uz plamen. Kao kriterij za prihvaćanje ploča u ovoj studiji određen je indeks žadimljavanja 400 ili manji u 8 stopa dugoj tunelskoj peći.

2.2.3. Mehanička svojstva

Prema propisima ASTM D 1037-64, mehanička svojstva ploča su određena čvrstoćom na savijanje i čvrstoćom raslojavanja. Gubitak na čvrstoći za oko 40%, kao rezultat tretiranja, smatran je dozvoljenim [2]. Mogu se koristiti i druge vrijednosti. Npr. ako odaberemo 20% za dozvoljeno smanjenje čvrstoće, broj ploča koje bi zadovoljile bio bi svega tri (66, 67, 68), tablica 2. i 3.

U studiji I na 9 uzoraka ispitana je čvrstoća na savijanje, a na 8 čvrstoća raslojavanja.

2.2.4. Stabilnost dimenzija

Uzorci za ispitivanje stabilnosti dimenzija, 19 mm x 560 mm, izrađeni su iz svake skupine ploča. Svi uzorci su kondicionirani u atmosferi 30% relativne vlage zraka i temperature 27°C. Mjerenja su vršena na svakom uzorku nakon početnog kondicioniranja kod 30% relativne vlage zraka i poslije postizanja ravnoteže kod određenih uvjeta. Vrijednosti u tablici dane su u odnosu na dimenzije apsolutno suhog uzorka.

Za kontrolu u obje studije izrađene su ploče bez VZS (ploče 1 do 4 i 44 do 49, tablica 2. i 3). To su ploče izrađene sa svakim od tri tipa ljepila, a u studiji II kontrolne ploče su izrađene iz duglazije i jasike. Jedna ploča bila je izrađena s dodatkom 1% (suhe tvari) voska.

2.3. Rezultati

Rezultati ispitivanja ploča u studiji I i II dani su u tablici 2. i 3. Tablica 4. daje podatke (izvučeno iz tab. 2. i 3) o pločama kojih su svojstva zadovoljavajuća prema proizvoljno odabranim kriterijima danim u tablici 1.

Tablica 2.-Rezultati ispitivanja vatrootpornih iverica, Studija I /Syska A.D.,2/

Br. ploče	Vatrozaštitno sredstvo	Količina VZS u % standardno suhe ploče	Način pri- mjene	Vrsta ljepljiva (8%)	Reakcija na vatru u 8 sika peći			Mehanička svojstva			Postojanost dimenzija, povećanje u % od standardno suhog stanja											
					Indeks širenja plamena	Indeks oslobođanja topine	Indeks gustoće čirna	Čvrstoća savijanja	Modul elastičnosti	Čvrstoća raslojavanja	Dužine			Debljine								
											Ravnoteža sa:			Napajanje			Ravnoteža sa:			Napajanje		
											80%	90%	uz primjenu vakuma	80%	90%	uz primjenu vakuma	80%	90%	uz primjenu vakuma	80%	90%	uz primjenu vakuma
1	Bez VZS(kontr.)	-	-	KF	102	112	87	37,8	5,0	1,2	0,23	0,24	0,24	7,4	12,6	25,1						
2	do.	-	-	KF ³	109	121	120	31,7	4,3	1,2	0,24	0,25	0,23	6,5	9,9	19,6						
3	do.	-	-	FF	105	114	129	28,9	3,7	1,4	0,24	0,24	0,22	9,3	14,5	22,2						
4	do.	-	-	MF	99	103	98	41,3	5,4	1,4	0,21	0,22	0,18	7,0	10,4	17,3						
5	Amonij-dihidrogenfosfat	5	otopina	KF	24	12	519	20,7	4,0	0,4	0,19	0,32	0,28	12,7	31,3	34,0						
6	do.	10	"	KF ³	16	9	478	19,7	3,8	0,3	0,22	0,26	0,34	11,4	22,8	46,5						
7	do.	10	"	KF ³	21	11	858	19,8	3,8	0,4	0,20	0,26	0,36	10,2	20,8	40,2						
8	do.	15	"	FF	20	14	281	27,8	5,2	0,7	0,20	0,22	0,26	10,6	18,2	28,4						
9	do.	15	"	MF	5	9	415	27,9	5,0	0,7	0,22	0,30	0,30	12,0	27,0	40,9						
10	do.	5	prah	KF	85	34	187	24,1	4,4	0,6	0,23	0,33	0,25	12,1	32,0	41,8						
11	do.	10	"	KF	34	77	754	24,6	4,7	0,7	0,22	0,45	0,42	13,8	49,9	61,0						
12	do.	15	"	KF	21	7	630	27,4	4,7	0,9	0,26	0,44	0,38	15,2	46,2	47,2						
13	do.	10	"	FF	83	58	175	26,1	4,2	0,5	0,22	0,22	0,26	11,8	18,1	30,0						
14	do.	5	"	MF	83	54	243	29,6	4,6	0,8	0,23	0,26	0,24	8,9	15,7	24,8						
15	do.	10	"	MF	59	22	445	28,9	4,8	0,9	0,24	0,30	0,25	9,9	19,2	28,5						
16	Amonij-hidrogenfosfat	5	otopina	KF	24	12	405	21,2	3,9	0,5	0,22	0,32	0,27	11,6	29,4	29,8						
17	do.	10	"	KF	10	6	453	17,7	4,0	0,3	0,20	0,40	0,43	13,2	22,0	78,9						
18	do.	10	"	KF	70	33	378	33,6	4,7	1,0	0,21	0,21	0,20	8,1	14,5	20,5						
19	Boraks-ortoborastna kiselina 1:1 tež. udio	5	"	KF	79	39	94	36,1	5,1	1,1	0,22	0,21	0,19	9,5	17,3	24,5						
20	do.	10	"	KF	59	19	127	36,7	5,6	1,3	0,21	0,20	0,18	9,2	14,7	23,7						
21	do.	15	"	KF	46	19	61	40,9	6,1	1,2	0,26	0,27	0,20	11,7	20,5	29,1						
22	do.	15	"	FF	72	31	0	16,1	3,6	0,1	0,34	1,04	ne uspio	30,0	91,2	ne uspio						
23	do.	15	"	MF	68	32	71	42,0	6,3	1,1	0,30	0,30	0,23	9,6	16,4	25,5						
24	do.	15	prah	KF	66	34	162	30,6	5,2	0,7	0,24	0,26	0,34	9,3	15,9	31,9						

Tablica 2. - Rezultati ispitivanja vatrootpornih iverica. Studija I (nastavak)

Br. ploče	Vatrozaštitno sredstvo	Količina VZS u % pri-standar-dno suhe ploče	Način pri-mjene (g%)	Vrsta ljepi-la (g%)	Reakcija na vatru u 8			Mehanička svojstva			Postojanost dimenzija, povećanje u % od standardno suhog stanja					
					Indeks širenja plamena	Indeks osloba-danja topline	Indeks gustoće dima	Čvrstoća savijanja	Modul elasti-čnosti	Čvrstoća rasloja-vanja	Ravnoteža sa:		Lebljine		Napajanje	
											80%	90%	80%	90%	uz primje-nu vakuma	uz primje-nu vakuma
25	Boraks	10	prah	KF	79	69	221	25,3	5,0	0,3	0,24	0,35	0,47	12,2	38,2	89,0
26	do.	15	"	KF	79	63	132	24,4	5,6	0,4	0,26	0,42	0,66	12,6	41,5	neuspio
27	Ortoboratna kiselina	10	"	KF	62	28	239	19,5	3,9	0,6	0,22	0,24	0,27	10,7	19,3	28,7
28	do.	15	"	KF	59	14	257	18,3	3,5	0,6	0,20	0,25	0,30	9,0	17,0	29,9
29	A.W.P.A.Tip C	15	oto-pina	KF	21	6	185	17,8	3,9	0,4	0,39	0,54	0,48	31,3	63,0	59,1
30	do. ⁵	15	"	FF	31	12	85									
31	do.	15	"	MF	28	6	169	28,1	4,6	0,8	0,27	0,27	0,24	11,4	16,7	23,6
32	do.	15	prah	KF	52	16	147	12,2	3,7	0,2	0,68	neuspio	0,44	95,9	neuspio	106,4
33	A.W.P.A.Tip D	15	oto-pina	KF	17	10	203	18,1	3,8	0,4	0,22	0,34	0,32	13,8	31,7	41,3
34	do. ⁵	15	"	FF	28	11	136									
35	do.	15	"	MF	31	11	265	26,6	4,4	0,7	0,22	0,23	0,20	9,5	17,0	24,2
36	do.	15	prah	KF	79	43	87	17,1	3,7	0,5	0,27	0,38	0,30	21,3	41,4	34,8
37	Amonij-dihidro-genfosfat i amonij sulfat, 1:1 tež. udio	15	oto-pina	KF	10	8	198	15,7	4,0	0,1	0,28	0,41	0,37	24,6	58,2	79,3
38	do.	15	"	FF	24	8	125	26,5	4,9	0,6	0,19	0,22	0,19	9,7	15,4	29,5
39	do.	15	"	MF	13	6	228	26,3	4,4	0,7	0,22	0,22	0,20	10,3	14,5	23,8
40	Cink-sulfat 11-37-0	15	"	KF	92	63	1	19,3	4,2	0,4	0,20	0,26	0,26	9,5	15,8	26,0
41	polifosfat	5	"	KF	41	17	869	19,5	4,3	0,2	0,20	0,34	0,40	12,7	38,0	55,5
42	do.	10	"	KF	21	5	1152	21,0	4,5	0,4	0,22	0,37	0,50	13,9	42,5	67,0
43	do.	15	"	KF	7	3	912	21,1	4,8	0,5	0,24	0,48	neuspio	17,4	56,0	neuspio

Sve otopine VZS dodane su na iverje kojeg je sadržaj vode bio točke zasićenosti.

²²Lor nastaje uvijek u srednjem sloju osim kod ploča broj 18, 27, 28, 31, 32, 36 i 39, gdje se lom pojavio 3 mm od površine.

³Dodano 1 % voska.

⁴Otopina dodana na površinu vruće ploče.

KF = karbamid-formaldehidno ljeplivo

FF = fenol-formaldehidno ljeplivo

Tablica 3. - Rezultati ispitivanja vatrootpornih iverica, Studija II/Syska A.D.,2/

Br. ploče	Vatrozaštitno sredstvo	Količ. VZS u% standard-dno suhe ploče	Način pri-mjene	Temp. suše-nja	Vrsta ljepi-la (SZ)	Reakcija na vatru u 8			Mehanička svojstva			Postojanost dimenzija, povećanje u % od standardno suhog stanja						
						Indeks širenja plamena	Indeks osloba-đanja topline	Indeks gustoće dima	Čvrstoća savijanja	Žodul-elasti-čnosti	Čvrstoća rasloja-voja	Luzine			Lebljine			
												MPa	MPa	MPa	Ravnoteža sa: Napajanje uz primjenu vakuma			Ravnoteža sa: Napajanje uz primjenu vakuma
102	110	176	40,7	5,0	1,4	80%	90%	uz primjenu vakuma	80%	90%	uz primjenu vakuma	rel.	vl.	zr.	rel.	vl.	zr.	
44(1)	Bez VZS(kontr.)	-	-	107	KF	Lugla-zi-ja	102	110	176	40,7	5,0	1,4	0,20	0,18	0,20	8,2	13,1	20,7
45(3)	do.	-	-	107	FF	do.	104	115	125	35,8	4,2	1,0	0,22	0,22	0,20	9,8	14,9	22,4
46(4)	do.	-	-	107	MF	do.	99	111	66	37,9	5,0	1,3	0,20	0,20	0,20	8,2	11,0	17,3
47	do.	-	-	107	KF	Topola	112	142	67	40,3	5,3	1,2	0,22	0,24	0,32	9,6	16,9	39,8
48	do.	-	-	107	FF	do.	116	131	140	37,6	4,6	0,9	0,22	0,24	0,20	11,2	18,0	28,5
49	do.	-	-	107	KF	do.	114	133	64	39,0	5,4	1,2	0,24	0,25	0,26	8,1	12,3	21,4
50(c)	Amonij-dihidro-genfosfat	10	oto-pina	sobna	KF	Lugla-zi-ja	10	1	411	27,2	4,3	0,7	0,22	0,41	0,28	15,0	35,8	33,7
51	do.	15	"	"	KF	do.	0	4	485	26,7	4,4	0,8	0,24	0,42	0,32	14,4	42,5	36,3
52	do.	10	"	107	KF	do.	10	1	429	21,6	3,5	0,7	0,24	0,42	0,21	16,5	41,5	32,5
53	do.	15	"	107	KF	do.	7	6	458	27,8	3,8	0,7	0,20	0,35	0,24	15,3	35,6	25,7
54	do.	10	"	sobna	KF	Topola	21	10	449	29,0	4,6	0,7	0,24	0,34	0,30	12,7	32,9	36,4
55	do.	15	"	"	KF	do.	14	4	381	32,0	5,2	0,9	0,26	0,42	0,34	13,3	41,2	42,1
56	do.	10	"	107	KF	do.	21	7	376	23,2	4,1	0,6	0,28	0,38	0,29	15,2	36,1	39,1
57	do.	15	"	107	KF	do.	14	3	371	26,9	4,9	0,8	0,26	0,37	0,34	11,6	34,7	38,4
58	do.	10	"	sobna	FF	Lugla-zi-ja	23	3	384	32,1	4,8	0,7	0,22	0,24	0,22	9,7	16,2	28,3
59	do.	10	"	107	FF	do.	28	5	312	29,6	4,5	0,6	0,22	0,22	0,28	13,3	18,3	27,9
60	do.	10	"	sobna	FF	Topola	72	33	90	34,6	5,4	0,7	0,24	0,24	0,27	9,7	15,9	28,8
61	do.	10	"	107	FF	do.	69	32	105	30,1	5,0	0,5	0,22	0,23	0,26	13,0	23,1	35,9
(2(16)	Amonij-hidrogenfosfat	5	"	sobna	KF	Lugla-zi-ja	24	8	566	31,3	4,5	0,8	0,24	0,27	0,22	10,5	23,4	24,7
63	do.	5	"	107	KF	do.	24	10	494	28,1	4,1	0,9	0,22	0,28	0,19	12,5	22,8	26,3

Tablica 3.-Rezultati ispitivanja vatrootpornih iverica, Studija II (nastavak)

Br. ploče	Vatrozaštitno sredstvo	Količ. VZS u% pri-standarno suhe ploče	Način pri-mjene	Temp. suše-nja	Vrsta ljepi-la (S%)	Reakcija na vatru u 8			Mehanička svojstva			Postojanost dimenzija, povećanje u % od standardno suhog stanja					
						stopa peći	širenja plamena	Indeks oslobođenja topline	Čvrstoća savijanja	Modul elastičnosti	Čvrstoća raslojavanja	Ravnoteža sa: Napajanje uz primjenu vakuma		Ravnoteža sa: Napajanje uz primjenu vakuma			
				°C		Indeks	Indeks	Indeks	MPa	MPa	MPa	80% rel.	90% vl. zr.	80% rel.	90% vl. zr.	80% rel.	90% vl. zr.
64	Amonij-dihidrogenfosfat i amonij sulfat		otopina		KF	7	2	360	25,3	4,3	0,6	0,24	0,27	0,22	16,2	31,9	28,4
65	do.	13	"	107	KF	10	2	308	21,1	3,7	0,6	0,20	0,30	0,25	19,0	35,8	28,6
66	Ortoboratsna kiselina i natrij-oktaborat,		"	107	KI	28	4	119	32,8	5,2	1,4	0,20	0,26	0,28	12,8	22,4	29,6
67	do., 10:90 tež. udio	10	"	107	KF	24	3	241	30,7	4,8	1,3	0,28	0,33	0,28	13,4	21,8	28,0
68	do., 20:80 " udio	10	"	107	KF	21	4	254	33,5	5,1	1,4	0,23	0,32	0,25	11,3	19,6	24,0
69	do., 25:75 " udio	10	"	107	KF	21	5	265	27,4	4,3	1,1	0,25	0,28	0,29	13,2	21,3	24,1
70	Cink-sulfat, i cink-silikofluorid i karbazid	(2)	"	107	KF	48	23	277	25,6	5,0	0,5	0,25	0,28	0,33	9,0	16,5	24,5
71	do.	(2)	"	107	FF	69	29	155	32,9	5,7	0,6	0,22	0,26	0,26	9,4	21,5	27,1
72	do.	(2)	"	107	LF	45	22	411	28,9	5,3	0,4	0,22	0,30	0,28	14,0	21,6	25,5
73	do.	(2)	"	107	KF	74	39	183	22,5	4,9	0,4	0,26	0,32	0,34	14,7	27,4	42,1
74	Amonij-polifosfat (32%)	10	prah	-	KF	31	6	770	30,2	4,2	0,7	0,27	0,36	0,34	14,4	28,3	35,3
75	do.	10	"	-	FF	62	28	152	32,7	4,6	0,6	0,22	0,26	0,29	10,6	16,3	26,1
76	do.	10	"	-	MF	48	21	479	35,0	4,8	0,9	0,24	0,24	0,25	7,2	11,7	20,2
77	do.	10	"	-	KF	38	10	600	31,9	4,5	0,7	0,30	0,37	0,38	13,8	27,1	40,9
78	Dicijandiamid, fosfatna kiselina i karbamid (1:1:0,15 mol. udio)	10	otopina	85	KF	21	10	848	28,1	4,2	0,7	0,21	0,28	0,23	11,0	24,3	23,6
79	do.	10	"	85	FF	62	30	136	29,9	4,5	0,5	0,22	0,22	0,24	7,7	11,7	17,5
80	do.	10	"	85	KF	24	5	750	34,1	4,6	0,9	0,24	0,24	0,24	7,7	13,6	16,6
81	do.	10	"	85	KF	28	17	600	25,6	4,6	0,7	0,22	0,34	0,22	11,9	27,8	31,6

23

¹Lom nastao u srednjem sloju uzoraka.

²Količina cinka 32 kg/m³ ploče.

Usporedi sa odgovarajućim podacima u tab. 2.

2.3.1. Reakcija na vatru

Kako pokazuju rezultati u tab. 2. i 3. nekoliko vrsta tretiranja a VZS daju zadovoljavajuće reakcije iverica u vatri. Amonij-dihidrogenfosfat u količini 10%, kada se koristi u otopini i dodaje sirovom iverju, daje zadovoljavajuće vrijednosti za širenje plamena i oslobađanje topline, ali gustoća dima je previsoka. Gustoća dima se može smanjiti dodatkom amonij-sulfata (ploče 37, 38, 39, 64 i 65), međutim ta sol je jak katalizator za KF ljepila. Amonij-hidrogenfosfat dodan u otopini na svježije drveno iverje u količini 5% (ploče 16, 62, 63), daje dobre rezultate za širenje plamena i oslobađanje topline ali je gustoća dima visoka. Tretiranje s ortoboratnom kiselinom i natrij-oktaboratom u omjerima koji su korišteni (ploče 67, 68 i 69), daje zadovoljavajuća svojstva ponašanja u vatri. Međutim, tretiranje s ortoboratnom kiselinom i boraksom (natrij-tetraborat) u težinskom omjeru 1:1 (ploče 19, 20, 21, 22 i 23) daje nezadovoljavajuća svojstva za širenje plamena. Dobra svojstva ponašanja u vatri pokazuju iverice tretirane s AWPA tip C ili tip D, sredstvima upotrijebljenim u obliku otopine u količini 15% (ploče 29, 30, 31, 33, 34 i 35). Korištenjem tih sredstava u obliku praha i u istoj količini, dobijemo veliko širenje plamena (ploče 32 i 36).

2.3.2. Utjecaj tretiranja s VZS na mehanička i fizička svojstva ploča

Za kombinacije VZS i ljepila, prema rezultatima istraživanja Syske [2], mehanička svojstva i stabilnost dimenzija ploča su smanjene zbog dodatka kemikalija. To naročito dolazi u obzir kod ploča izrađenih s KF ljepilom.

Kombinacije boraksa ili ortoboratne kiseline s FF ljepilima dale su loše rezultate.

U kombinaciji s KF ljepilima VZS koja sadrže amonijeve soli djeluju negativno, vjerojatno zbog promjene pH vrijednosti koja dolazi zbog produkta razgradnje amonijevih spojeva kada su izloženi toplini za vrijeme sušenja ili prešanja.

Rezultati ispitivanja ljepila na vrućoj ploči pokazali su da VZS djeluju na vezanje ljepila na iverice. Premda se uvjeti otvrdnjavanja ljepila razlikuju ponešto od uvjeta u iverici, ipak rezultati tog ispitivanja pokazuju da se vrijeme vezanja skraćuje kod prisustva nekoliko VZS. Zbog toga je moguće smanjenje čvrstoće

ploča koje sadrže VZS, jer ljepilo počinje vezati prije nego što je preša zatvorena.

Ispitivanje na vrućoj ploči FF ljepila kojima je dodan boraksa i ortoboratna kiselina ili AWPA tip C i D je bilo nemoguće, jer ljepilo otvrdne odmah čim se izmješa s tim kemikalijama.

2.3.3. Način primjene VZS

Na temelju ograničenih, ispitivanja metoda za nanošenje VZS na drveno iverje, izgleda da je najbolji postupak za primjenu vodena otopina koja se dodaje iverju sa sadržajem vode oko točke zasićenosti. Ta metoda nužno zahtjeva da se voda dodana otopinom kasnije odstrani sušenjem, a treba računati i s djelovanjem visoke temperature na VZS. Primjena u obliku otopine na sirovo iverje je efikasna zbog penetracije kemikalija u drvo, umjesto da se koncentrira na površini što je slučaj ako se koristi prašak.

Ploče izrađene od iverja koje je tretirano sa suhim VZS poslije nanošenja ljepila imale su lošije vrijednosti širenja plamena i oslobađanja topline, nego ploče izrađene od iverja tretiranog s VZS u istoj količini ali nanijetim u obliku otopine (npr. usporedi ploče 5 i 10, 6 i 11, 21 i 24, 29 i 32, te 33 i 36).

Neke kemikalije imale su međutim, tako malu topljivost da nije bilo moguće primjeniti ih u obliku otopine. To je bio slučaj kod primjene amonij-polifosfata (ploče 74, 75, 76 i 77).

Četiri ploče, izrađene primjenom VZS u obliku praha, imale su prihvatljive vrijednosti za širenje plamena, iako je gustoća dima bila prevelika za sve četiri (amonij-dihidrogenfosfat 10-15% i amonij-polifosfat 10%). Ostale ploče izrađene upotrebom suhog VZS nisu dale zadovoljavajuće rezultate.

Pokušaj da se doda VZS u obliku otopine na površinu vruće ploče nije uspio (ploča 18). Prodiranje kemikalija u ploču za vrijeme hlađenja nije bilo adekvatno zbog evaporacije ili apsorpcije vode u ploču, a mnogo VZS je istaloženo na površini ploče.

Dvije ploče su izrađene uz dodatak parafinske emulzije da bi se odredio utjecaj emulzije na reakciju na vatru. Jedan posto dodanog voska povećao je gustoću dima neznatno kod netretirane kontrolne ploče (ploča 2 u usporedbi s 1), a znatno više kod ploča koje sadrže amonij-dihidrogenfosfat (ploča 7 u usporedbi s 6).

Rezultati dimenzione stabilnosti za sve ploče koje sadrže VZS pokazuju lošije vrijednosti od onih koje nisu tretirane.

Kombinacije VZS, koncentracije, vrste drva i ljepila s kojima su izrađene iverice u laboratoriju sa zadovoljavajućim svojstvima, prikazane su u tablici 4, Syska [2].

3. IZRADA VATROOTPORNIH IVERICA NANOČENJEM VZS NA POVRŠINU PLOČE

Postupak o kojem izvještava Shen [4] uključuje tretiranje površine vrućim prešanjem kod određene temperature, pritiska i vremena. Amonij-dihidrogenfosfat (ADO) i tekući amonij-polifosfat (PP) su upotrijebljeni kao vatrozaštitno sredstvo i određeni su optimalni uvjeti za impregnaciju tim VZS.

3.1. Materijali i postupak

Tri ploče iverice (A, B i C) koje su korištene za ovu studiju [4] imale su slijedeće debljine:

- A (6,35 mm, 13,0 mm) troslojna
- B (6,35 mm, 13,0 mm) građuirana
- C (13,0 mm) građuirana

KF ljepilo koristilo se za sva tri tipa iverica. Gustoća je bila od 0,624 do 0,673 g/cm³. Zrnati i, u prahu amonij-dihidrogenfosfat (ADO, NH₄H₂PO₄; tehnička kvaliteta) i tekući amonij-polifosfat (11-37-0) upotrijebljeni su kao VZS.

Za tretiranje iverica s VZS pod pritiskom 4,1 MPa bila je upotrijebljena hidraulična preša dimenzija: 61 x 61 cm.

VZS je nanijeto jednoliko na površinu iverica, dakle samo površinski dio iverice je kemijski tretiran. Impregnacija je postignuta prešanjem tretiranih ploča kratko vrijeme kod različitih kombinacija temperature i pritiska. Optimalna temperatura, pritisak i vrijeme određeni su prema prirodi VZS, poroznosti površine, gustoći i željenoj količini VZS. Za vrijeme impregnacije čvrsti ADO se talio u vrućoj preši i ulazio u podlogu, u površinu iverice. Površina ploče ostala je glatka i čista nakon tretiranja.

Ploče površinski tretirane tekućim VZS, četkom, prešane su neposredno po tretiranju (vlažne) ili poslije sušenja od 20 minuta.

3.2. Ispitivanja

Provedena su ispitivanja reakcije na vatru određivanjem indeksa širenja plamena u Monsanto (2 stope duga) tunelskoj peći i 25 stopa dugoj peći.

3.3. Rezultati

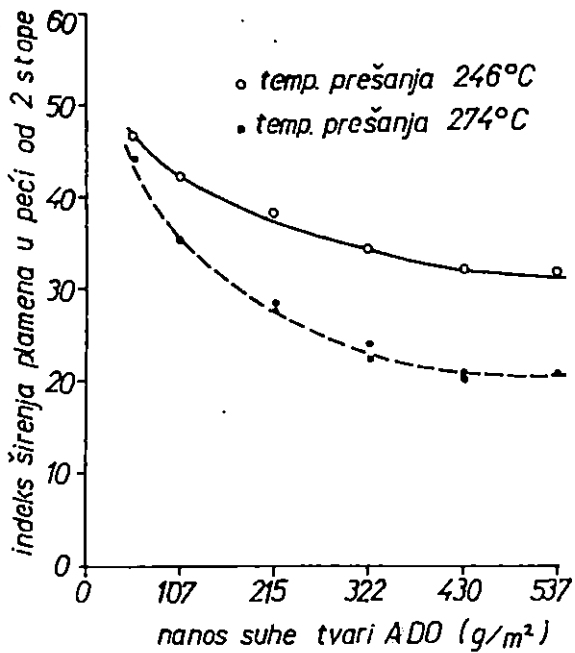
Indeks širenja plamena netretiranih ploča bio je preko 100,

Tablica 4- Iverice koje odgovaraju zahtjevima postavljenim u tablici 1.

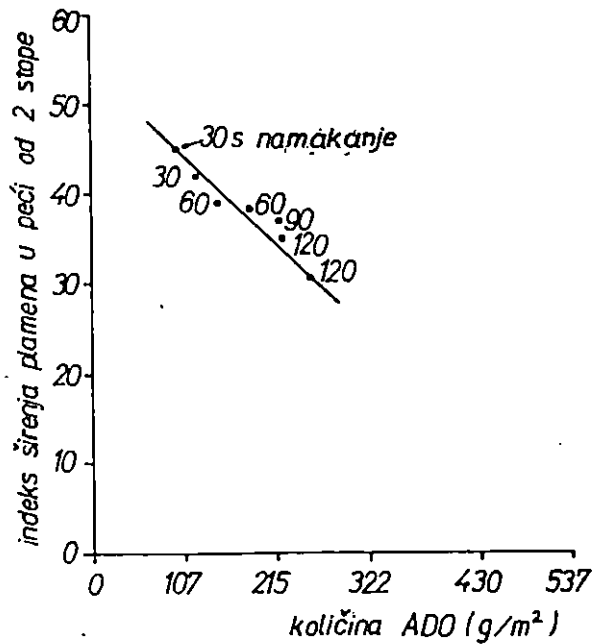
Broj ploče	Vatrozaštitno sredstvo	Količina VZS (suha tvar) ¹ (%)	Vrsta drva	Vrsta ljepila (8% suhe tvari)	Ispitivanje u 8 stopa peći			Mehanička svojstva		Postojanost dimenzija, povećanje u % -cima od standardno suhog stanja do 80 % relativne vlage zraka	
					Indeks širenja plamena	Indeks oslobođenja dima	Indeks gustoće	Čvrstoća savijanja	Čvrstoća raslojavanja	Lužine (%)	Debljine (%)
8	Amonij-dihidrogenfosfat	15	Duglazija	FF	20	14	281	27,8	0,72	0,20	10,6
31	A.W.P.A. Tip C	15	do.	MF	26	6	169	26,0	0,76	0,27	11,4
35	A.W.P.A. Tip D	15	do.	MF	31	11	265	26,6	0,70	0,22	9,5
55	Amonij-dihidrogenfosfat	215	Topola	KF	14	4	381	32,0	0,86	0,26	13,3
57	do.	15	do.	KF	14	3	371	26,9	0,79	0,26	11,6
58	do.	210	Duglazija	FF	23	3	384	32,1	0,72	0,22	9,7
66	Ortoboratsna kiselina i natrij-oktaborat										
	O:100 tež. udio	10	do.	KF	28	4	199	32,8	1,45	0,26	12,8
67	do. - 10:90 tež. udio	10	do.	KF	24	3	241	30,7	1,34	0,28	13,4
68	do. - 20:80 tež. udio	10	do.	KF	21	4	254	33,5	1,38	0,23	11,3
69	do. - 25:75 tež. udio	10	do.	KF	21	5	265	27,4	1,07	0,25	13,2

¹ VZS dodano na sirovo iverje i sušeno na 107°C (ako drugačije nije navedeno)

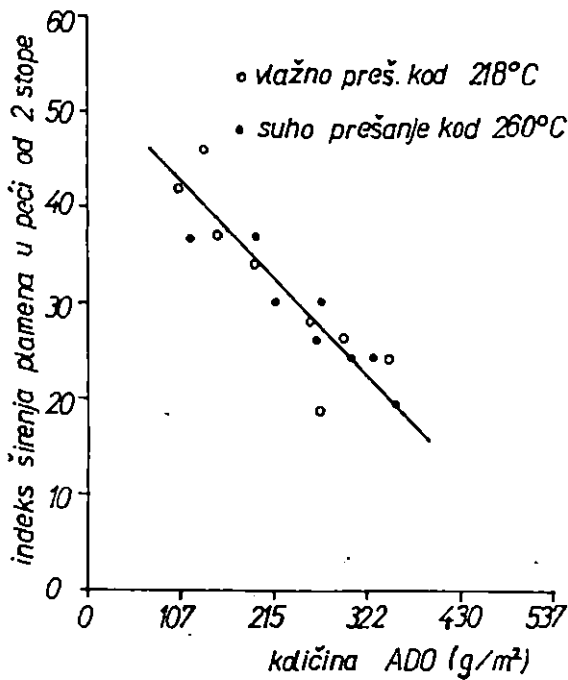
² Sušeno na sobnoj temperaturi (inače na 107°C)



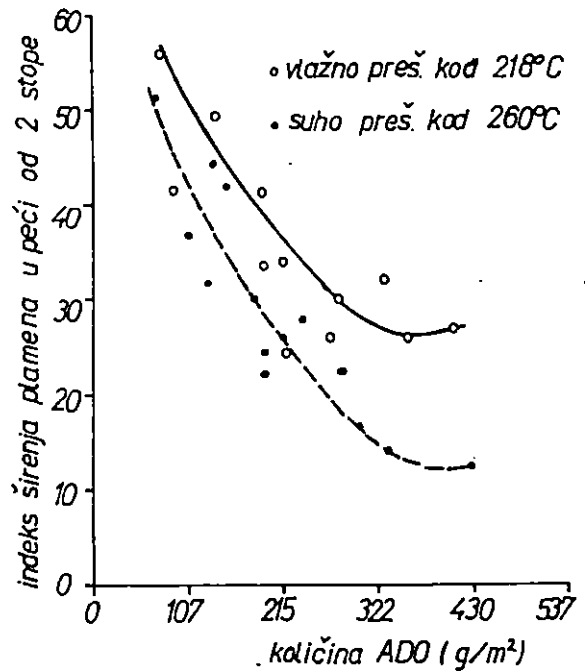
Sl. 1. Indeks širenja plamena 13 mm (A) debele iverice tretirane s ADO u prahu



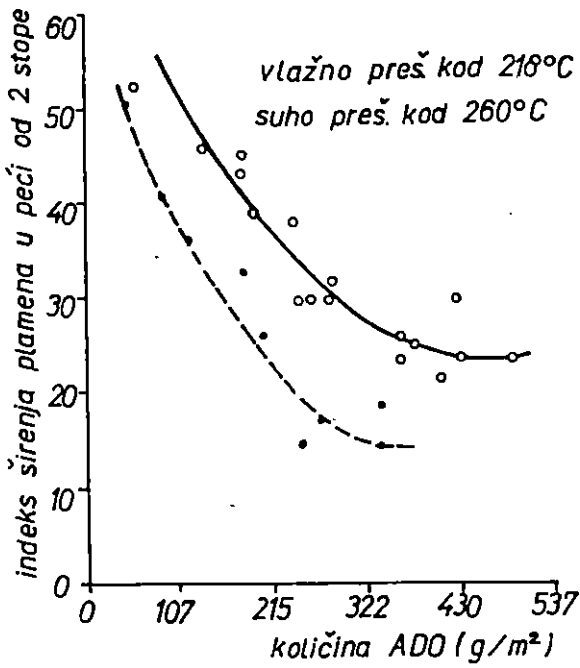
Sl. 2. Indeks širenja plamena 13 mm debele iverice (A) površinski tretirane uranjanjem u ADO otopinu



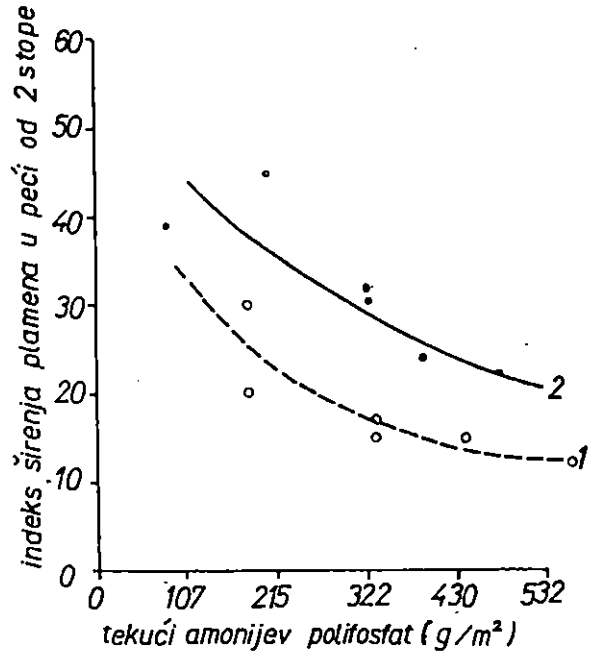
Sl. 3. Indeks širenja plamena 13 mm debele iverice (A) površinski tretirane nanošenjem otopine ADO četkom



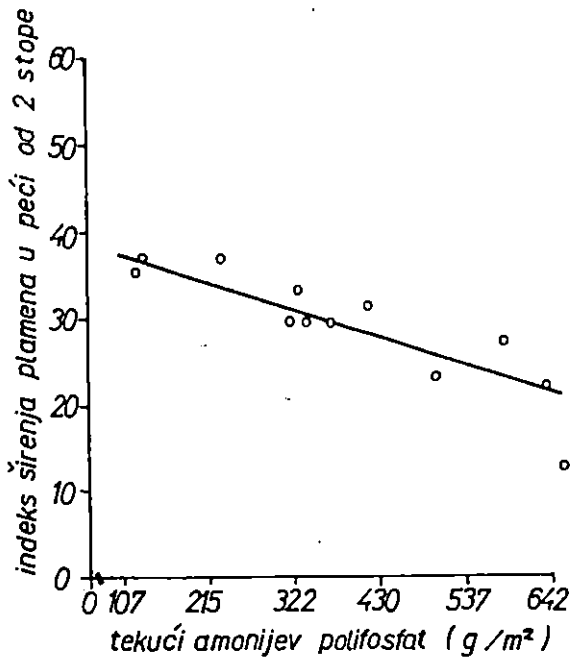
Sl. 4. Indeks širenja plamena 13 mm debele iverice (B) površinski tretirane nanošenjem otopine ADO četkom



Sl. 5. Indeks širenja plamena 13 mm debele iverice (C) površinski tretirane nanošenjem otopine ADO četkom



Sl. 6. Indeks širenja plamena 6,3 mm debelih iverica (A) - krivulja 1 i (B) - krivulja 2 površinski tretiranih s tekućim PP



Sl. 7. Indeks širenja plamena 13 mm debele iverice (A) tretirane s tekućim PP

Istraživanja Shen, K.C. i Fing, D.P.C. (4)

a tretiranih (s količinom $53,75 \text{ g/m}^2$ ADO kod temperature prešanja 246°C odnosno 274°C) je iznosio 46 odnosno 44. Maksimalna količina od 322 g/m^2 ADO (bez da se istiskuje kod prešanja) može se primjeniti kod iverice A uz $1,7 \text{ MPa}$, temperature 246°C i vremena 10s; kod više temperature (274°C) bio je potreban nanos 430 g/m^2 .

Izgleda da se maksimalna efikasnost ne povećava povećanjem nanosa. Temperatura mora biti minimalno 218°C (točka taljenja za ADO je $204,4^\circ\text{C}$), a najefikasnija temperatura je bila 274°C . Slika 1 pokazuje utjecaj temperature prešanja na indeks širenja plamena gotovih ploča.

Nedostatak upotrebe ADO u prahu je da se može obraditi samo jedna površina ploče odjednom i teško je spriječiti prah da se kreće po površini ploče prije i za vrijeme prešanja. Zato je ispitana mogućnost primjene namakanjem ili nanošenjem četkom (slika 2,3,4. i 5). Slike 6. i 7. pokazuju odnos između količine tekućeg amonij-polifosfata (PP) i indeksa širenja plamena za oba tipa iverice. To su bile $6,35 \text{ mm}$ i 13 mm debele ploče tretirane s tekućim PP.

Temperatura prešanja za iverice tretirane s tekućim PP mora biti najmanje 38°C , no najprikladnije su temperature između 132 i 177°C . Za iverice A i B tretirane s tekućim PP i nanosom oko 645 g/m^2 prešanjem kod 177°C , $1,03 \text{ MPa}$, 30 s, indeks širenja plamena na 25 stopa dugoj tunelskoj peći bio je 47 odnosno 36. Ovi rezultati predstavljaju drugu klasu prema Candian National Building Code za građevinske materijale. $6,35 \text{ mm}$ ploča ima po prilici za 10 jedinica manji indeks širenja plamena od 13 mm debele ploče uz istu količinu VZS. Premda je teško objasniti neobično ponašanje $6,35 \text{ mm}$ debele iverice, može se reći da ova ploča ima manji indeks širenja plamena zato jer ima dvostruku količinu VZS u odnosu na ukupnu masu 13 mm debele ploče.

4. MDP KAO LJEPILO I VATROZAŠTITNO SREDSTVO

Rad Juneje [3] obuhvaća ispitivanje postojanih i otpornih na ispiranje VZS, za tretiranje šindre crvenog cedra, šperploča, iverice i drugih drvnih proizvoda. To su vodene otopine amino-smola, koje imaju veliku postojanost i mogu se vezati na drvo zagrijavanjem. Mogu se koristiti konvencionalni postupci tretiranja u svrhu povećanja vatrootpornosti drvnih proizvoda.

Najuspješnije VZS za celulozne materijale za sada su sistemi koji sadržavaju dušik i fosfor,

Sistemi koji se dobiju reakcijom fosfatne kiseline s amino smolama koje sadrže mnogo metilola, daju spojeve koji bi mogli doći u obzir zbog toga što mogu zadovoljiti kriterije koji su potrebni za komercijalnu primjenu u tretiranju velikog broja drvnih proizvoda.

Prvi korak u pripremi tih sredstava za zaštitu od vatre je reakcija dovoljne količine formaldehida sa smjesom melamina i dicitandiamida. Nakon adiranja formaldehida dodaje se fosfatna kislina da se dobije otopina za tretiranje drvnih proizvoda za postizanje vatrootpornosti. Taj spoj je označen s MDP (melamin, dicitandiamid, formaldehid i fosfatna kislina). Ovaj dvostepeni postupak je korišten da se izrađe različita VZS koja su dobivena različitim molarnim udjelima komponenata. MDP otopine imaju radno vrijeme od 2 dana do 30 tjedana zavisno od nekoliko faktora prilikom njihove izrade. Zbog velike kemijske aktivnosti, ti spojevi imaju sposobnost da se vežu s različitim drvnim komponentama i na taj način postaju otporni na ispiranje. Ovaj izvještaj opisuje jedno tipično MDP sredstvo, te otpornost na ispiranje, smanjenje gorenja plamenom i žarenjem i povećanu otpornost na gljive drvnih proizvoda tretiranih s tim sredstvom. Opisana je upotreba tog sredstva za različite drvene proizvode kod impregnacije, površinskog nanošenja i kao veziva za lijepljenje ploča.

Za pripremu MDP (tab. 5) korištene su slijedeće kemikalije:

- Melamin i dicitandiamid- tehničke čistoće od rekristaliziranog melamina i dicitandiamida upotrijebljeni su bez daljnjeg čišćenja.
- Formalin- tehničke čistoće (37% otopina formaldehida, težinski)
- O - fosfatna kislina- tehničke čistoće (85% O-fosfatna kislina).

4.1. Metoda ispitivanja i tretiranje

Za ispitivanje reakcije na vatru korištena je dvije stope duga (Monsanto) tunelska peć.

MDP je korišten: 1) kao sredstvo za impregnaciju (tab. 6)

2) za izradu zaštitnih površinskih premaza (tab. 7)

3) kao ljepilo za izradu furnirskih ploča i iverica (tab. 8).

Kod izrade iverica otopina koncentracije 57,3% prskana je na iverje izrađeno od topole debljine 0,85 mm do 3,2 mm. Nakon formiranja ćilima vršeno je prešanje kod 138°C deset minuta i dobivena je 13 mm debela iverica gustoće 0,721 g/cm³.

Tablica 6. Metode impregnacije i indeksi širenja plamena na brezovim furnirskim pločama koje su tretirane s. MDP /JUNEJA S.C.,3/.

Metoda impregnacije	Koncentracija otopine MDP (%)	Zadržavanje vatrozaštitnog sredstva (g na 100 g standard- no suhog netretiranog drva)		Indeks ² širenja plamena	
		Vanjski furniri iz brezovine	Unutarnji fur- niri iz a.lipe	U 2-stope peći	U 8-stopa peći
Impregnacija pod pri- tiskom suhих furnira	20,5	19,3	30,7	48	31
Napajanje suhих furni- ra kroz 24 sata kod sobne temperature	48,1	44,3	26,3	28	-
Napajanje suhих furni- ra kroz 24 sata kod sobne temperature	26,7	13,5	14,9	59	-
Difuzijom u sirove furnire ¹	37,9	15,7	19,4	53	-
Kontrolni uzorci iz netretiranih furnirskih ploča	-	-	-	>> 100	-

¹ Početni prosječni sadržaj vode brezovih i lipovih furnira bio je 173 odnosno 107 u odnosu na standardno suho drvo. Ti furniri uronjeni su u sredstvo za impregnaciju kod sobne temperature i držani u tom sredstvu 12 sati.

² Rezultati od najmanje 2 ispitivanja.

Tablica 7.- Indeks širenja plamena na pločama površinski
(premazima) obrađenim s MDP /JUNEJA S.C.,3/.

Opis ploča	Nanos g/m ²	Indeks širenja plamena (2-stope duga peč) ¹
1. Furnirska ploča iz brezovine (deb. 4,8 mm)	83,0	20
2. Furnirska ploča iz du- glazijeve (deb.13 mm)	78,1	19
3. Furnirska ploča iz lu- an vrsta-filipinskog mahagonija (deb. 4 mm)	63,4	33
4. Iverica (deb. 16 mm)	63,4	19
5. Sve kontrolne ploče	0,0	100

¹Prosjek od najmanje 2 ispitivanja

Tablica 8.- Indeks širenja plamena ploča lijepljenih s
otopinom MDP /JUNEJA S.C.,3/.

Tip ploče	Nanos (g/m ²) (%)	Indeks širenja plamena (2-stope peč)	Opaske
Troslojna furnirska ploča iz brezovine	73,2 g/m ²	97	Čvrstoća na smik pokazuje veliko učešće loma u drvu
Kontrolna furnirska ploča	0,0	100	
13 mm debela iverica	15% (suhe tvari)	89	Čvrstoća raslojavanja bila je 0,58 MPa
Kontrolna iverica	0	100	

4.2. Rezultati

Tablice 6, 7. i 8. daju indeks širenja plamena pločastih proizvoda tretiranih impregnacijom, površinskim nanošenjem i upotrebom MDP otopine kao ljepila. Ti rezultati pokazuju potencijalnu korisnost MDP kemijskih sistema za proizvodnju vatrootpornih proizvoda za različitu primjenu.

MDP je uspješno upotrijebljeno kao ljepilo za proizvodnju srednje vatrootpornih ploča iverica i šperploča (tab. 8).

Čvrstoća raslojavanja iverica izrađenih samo s MDP bila je 0,58 MPa. C.S.A. Standard 0188 (68) traži čvrstoću raslojavanja najmanje 0,34 MPa i većina komercijalnih iverica sličnog tipa ima čvrstoću raslojavanja 0,52 do 0,55 MPa.

Kod proizvodnje vatrootpornih iverica današnjim metodama osnovni je problem nepovoljan utjecaj VZS na vezanje ljepila. Taj problem se može izbjeći korištenjem MDP sistema kao veziva za iverice. Druga potencijalna prednost tog pristupa je da on može biti jednostepeni i može eliminirati skupu impregnaciju i kasnije sušenje iverja.

4.2.1. Područje primjene

Otopine MDP su stabilne i sadržaj suhe tvari varira od 15-60%, stoga se mogu upotrijebiti u razrijeđenom obliku za impregnaciju ili u većoj koncentraciji za premazivanje ili kao ljepila. Za potrebe impregniranja drvnih proizvoda na industrijskom nivou, otopina za tretiranje mora biti visoko postojana. Tretirani proizvodi posjeduju otpornost na gljive. Ustanovljeno je naime, da kemikalije u tretiranim furnirima djeluju fungicidno.

5. ZAKLJUČCI

1. Syska je proveo vrlo opsežna ispitivanja s velikim brojem VZS i dao uvid u efikasnost upotrebe pojedinih VZS i načina dodavanja tih sredstava, na reakciju na vatru ploča iverica. Ovakva opsežna studija nije mogla obuhvatiti detaljna ispitivanja pojedinih VZS i svojstava ploča iverica. Stoga se Syska zadovoljio s kriterijima prema kojima se kod upotrebe VZS čvrstoća može smanjiti za 40%. Osim toga nije uzimao u obzir gustoću iverica koja se mijenjala dodavanjem veće količine VZS. On je čvrstoću na savijanje i čvrstoću raslojavanja zbog toga preračunao na unaprijed određenu gustoću (641 kg/m^3), što u

ovom slučaju vjerojatno ne daje pravu sliku o utjecaju VZS na mehanička svojstva ploča.

2. Najpovoljniji postupak tretiranja bio je s ortoboratnom kiselinom. Reakcija na vatru bila je zadovoljavajuća, čvrstoća na vlak okomito na površinu ploče i modul elastičnosti jednaki su kao i kod netretiranih ploča. Čvrstoća na savijanje bila je oko 75% od vrijednosti za netretiranu ploču.
3. Nanošenje VZS u obliku otopine na iverje prije sušenja pokazalo se mnogo efikasnije, nego nanošenje ljepila neposredno nakon nanošenja ljepila.
4. U slučaju nanošenja u obliku otopine potrebno je dodati 10 do 15% VZS (u odnosu na težinu apsolutno suhog drvca) za postizanje adekvatne reakcije na vatru.
5. Osnovni problem u proizvodnji iverica tretiranih s VZS je utjecaj kemikalija (VZS) na ljepilo. Iako se tu uključuju mnogi faktori, izgleda da se problem javlja uglavnom zbog smanjenja pH vrijednosti ili zbog produkata koji nastaju termičkom razgradnjom. Budući da je u mnogim slučajevima čvrstoća raslojavanja bila znatno smanjena, zaključujemo da su ljepila katalizirana sredstvima za zaštitu od vatre i da otvrdnjavaju prije nego što se preša zatvori.
6. Nije moguće predvidjeti mehanička svojstva iverica tretiranih određenim VZS u odnosu na netretirane ploče na osnovu rezultata u ovim ispitivanjima. Općenito, rezultati pokazuju da dodatak većine VZS koja su upotrijebljena, prouzrokuju znatno smanjenje čvrstoće ploča, očito djelujući na slabije vezanje ljepila.
7. Relativno jednostavan sistem melamin-dicijandiamid-formaldehid-fosfatna kiselina (MDP) obećava mnogo kao postojano VZS za drvene proizvode. Međutim, veliki dio posla je ostao da se učini kako bi se taj sistem prilagodio za specijalne proizvode.
8. Površinska zapaljivost iverica znatno se smanjuje površinskim impregniranjem vrućim prešanjem. Optimalni uvjeti tretiranja kao npr. temperatura, pritisak, vrijeme prešanja za ovaj postupak ovise o porozitetu površine i gustoći ploče, prirodi i količini VZS. Minimalna temperatura prešanja za tretiranje s ADO bila je 246°C. Za tekući PP optimalna temperatura je 132°C i 177°C. Izgleda da je tekući PP potencijalno atraktivnije VZS nego ADO jer se prvim može impregnirati iverica kod nižih temperatura prešanja i relativno je jeftiniji.

LITERATURA:

1. American Wood-Preservers' Association. 1968. AWPA Book of Standards. Standards for Fire-Retardant Formulations P 10-68.
2. Syska, A.D. 1969. Exploratory Investigation of Fire-Retardant Treatments for Particleboard. U.S.D.A. Forest Service Research note FPL-0201
3. Juneja, S.C. 1972. Stable and Leach-Resistant Fire Retardants for Wood. FPJ Vol. 22.No.6.
4. Shen, K.C. and D.P.C.Fung. 1972. A New Method for Making Particleboard Fire-Retardant. F.P.J. Vol.22. No.8.

Tablica 5. Sastav otopine MDP

Komponenta	Molarni udio
Melamin	0,25
Dicijandiamid	0,75
Formaldehid	3,00
Fosfatna kiselina	1,00

Prof. dr. MLADEN EIFFL
 Šumarski fakultet Zagreb

POSTUPCI ODREĐIVANJA BOJA

Sažetak

Izneseni su ukratno principi određivanja boje pomoću standarda i mjerenja boje. Od standarda opisani su Munsellov i DIN 6164, a naveden je i niz drugih sustava uzoraka boja i atlasa.

Uređaji za mjerenje boje razvrstani su na vizualne fotometre, fotometre s filtrom i spektrofotometre. Spomenuti su osnovni elementi uređaja za mjerenje boje i dan je tablični pregled osnovnih karakteristika nekih uređaja.

1. UVOD

Boja se može odrediti uspoređivanjem tražene boje sa standardnim uzorcima ili mjerenjem stimulusa X , Y , Z odnosno koordinata kromatičnosti x , y , z . Međutim, određivanje boje ne mora biti konačni cilj. Vrlo je često određivanje boje potrebno zato da se odredi razlika dviju boja ili da se neka boja proračuna.

Proračunavanje boje je vrlo složen zadatak i o njemu se neće posebno govoriti. Proračunati boju znači odrediti takvu smjesu pigmenata ili bojila koja će imati istu stimulnu funkciju ili iste stimulse (X , Y , Z) kao zadana boja. Najčešće su proračunata i zadana boja metamerne, tj. promatrač ih doživljava kao jednake, ali one su različitih stimulskih funkcija. Proračunavanje koncentracije bojila ili pigmenata s ciljem dobivanja određenih spektralnih reflektancija naziva se "fizikalna reprodukcija boje", dok se proračunavanje boje

koja sa zadanom bojom ima iste simuluse naziva "metamerna reprodukcija boje". Proračunavanja boje se izvode prema programima koji se upotrebljavaju za određene uređaje kojima se izvodi mjerenje i proračunavanje boje. Ti se zadaci rješavaju matematičkim postupcima uz pomoć običnih ili za tu svrhu konstruiranih računala. Proračunavanje boje ne mora dati zadovoljavajuće rješenje, naročito za boje male svjetline.

2. ODREĐIVANJE BOJE STANDARDIMA

Iako je CIE (x,y,Y) sustav određivanja boja međunarodno prihvaćen i u upotrebi, postoji i veći broj sustava koji se sastoji od uzoraka boja. Oni služe za one svrhe gdje se traži jednostavnost postupka i dozvoljena je manja preciznost. Tako se neke zbirke boja koriste samo u posebnim granama industrije ili trgovine (npr. građevinarstvu, industriji tekstila, plastike i sl.). U nekim su slučajevima ti uzorci boja izjednačeni sa specifikacijama CIE (x,y,Y) sustava, što ih čini opće korisnima. U literaturi se navodi lista takvih sustava. Većina od njih imaju tiskane ili obojene uzorke. Drugi se sustavi sastoje od rekućih, plastičnih ili staklenih filtera svjetla. Među najvažnijim sustavima uzoraka boja i atlasa boja prema izboru C.A. Atostona su:

Army solutions. Obojene otopine kemikalija.

Color atlas, E.A. Hicketier, New York, 1974. 1000 tiskanih uzoraka. Konverzija u CIE sustav.

Color Harmony Manual, E. Jacobson, W.C. Granville, C.E. Foss. Chicago 1948 (3rd ed.). 949 bojenih uzoraka na celuloznom acetatu. Mat i sjajni (za dizajn). Moguća konverzija u CIE sustav. (Ostwald Color System.)

The Dictionary of Color, A. Maerz and M.R. Paul, New York 1950. 7056 uzoraka tiskanih na polusjajnom papiru. Konverzija u CIE sustav.

- DIN - Farbenkarte. Standard DIN 6164. Berlin 1962. 585 uzoraka mat. bojenih. Konverzija u CIE sustav i Munsellove oznake.
- Fose Color-Order System, C.E. Foss, Pittsburgh 1972. 6000 različitih boja (za tisak).
- Horticultural Colour Chart, London 1940. Tiskani uzorci. Konverzija na Munsellove oznake. (Wilson Colour Chart.)
- ICI Colour Atlas, Imperial Chemical Industries, Manchester. 1379 uzoraka boje i 19 sivih filtera s 327 580 mogućnosti boja (za tekstilnu industriju).
- Lovibond Color, The Tintometer Ltd., Salisbury. Obojeni stakleni filteri. 1900 kombinacija boja. Konverzija u CIE sustav.
- Methuen Handbook of Colour, A. Kornerup and J.H. Wanscher. London 1967. 1266 tiskanih uzoraka. Konverzija u Munsellove oznake.
- Munsell Book of Color. Munsell Color Co. (1929-1976). 1325 mat uzoraka i 1600 sjajnih uzoraka. Konverzija u CIE sustav.
- Natural Colour System Atlas. Svensk Färgcentrum. Oko 1400 bojenih uzoraka (za arhitekturu). Konverzija u CIE sustav.
- Nu-Hue Custom Color System. Chicago 1946. 1000 bojenih karta (za industriju boja). Konverzija u CIE sustav i Munsellove oznake.
- OSA Uniform Color Scales, Optical Society of America, Washington D.C. 558 sjajnih akrilnih karata (za umjetnost i dizajn). Konverzija u CIE sustav i Munsellove oznake.
- Plochere Color System. Fox Printing Co., Los Angeles 1965. 1248 karta boje (za internu dekoraciju). Konverzija u Munsellove oznake.

Standard Color Card of America, Color Ass. of the USA, 1941
(9. izd.). Konverzija u CIE sustav i Munsell oznake.

Villalobos Color Atlas (Atlas de los Colores). Buenos Aires, 1947. 7279 tiskanih uzoraka.

Zbog opsežnosti su u popisu izostavljeni izdavači i literatura za konverzije.

Od evropskih atlasa uzoraka boja M. Richter preporučuje kao cijenom pristupačan "Taschenlexikon der Farben" od A. Korneupa i J.H. Wanschera (Göttingen: Musterschmidt 1963).

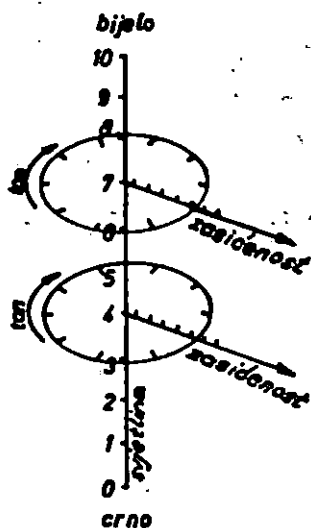
Budući da se u praksi najčešće radi s obojenim površinama to su i standardi koji omogućuju definiranje boje neke površine najčešći.

Općenito, u prostornoj predodžbi boja, prostor koji zauzimaju boje tijela koje su izazvane reflektiranim ili transmitiranim svjetlom, naziva se bojeno tijelo (2). Na površini bojenog tijela su boje najveće zasićenosti, tzv. optimalne boje. Zbirku uzoraka boja, koje sačinjavaju bojeno tijelo, moguće je dobiti na tri načina: miješanjem bojila (pigmenata) u različitim omjerima, sistematskim miješanjem triju osnovnih boja i psihološkim načinom, tj. da se bojom imitiraju boje uzoraka koje sačinjavaju bojeno tijelo. Psihološki sustavi se najčešće koriste, a najsavršeniji su Munsellov sustav boja i DIN-Farbenkarte sustav.

Za svaku klasifikaciju boja moraju se definirati i uvjeti pod kojima treba promatrati uzorke boje, a najvažniji su svjetlo i kut pod kojim se promatraju. Tako je npr. za Munsellov sustav propisano dnevno svjetlo (CIE ILL C), osvjetljenje pod kutom od 45° , pravac promatranja okomit na površinu, a podloga na kojoj stoji uzorak treba biti neutralno siva. Za određivanje boje mat i sjajnih površina, tekstila, tekućina, stakla itd. postoje posebne preporuke.

2.1. Munsellov sustav boja

Već je spomenuto da Munsellov sustav boja sadrži dvije kolekcije standardno obojenih uzoraka: jednu s mat površinom koja ima oko 1325 uzoraka i drugu sa sjajnom površinom koja ima oko 1600 uzoraka. Broj uzoraka obje kolekcije raste, ako se otkriju novi kvalitetni zasićeniji pigmenti. Uzorci su sabrani u Munsell Book of Color (dva sveska), međutim, dolazi i u prikladnijim, manjim i jeftinijim serijama. U sustavu su boje obojenih površina identificirane s tri vrijednosti: Munsell Hue (ton), Munsell Chroma (zasićenost) i Munsell Value (svjetlina).



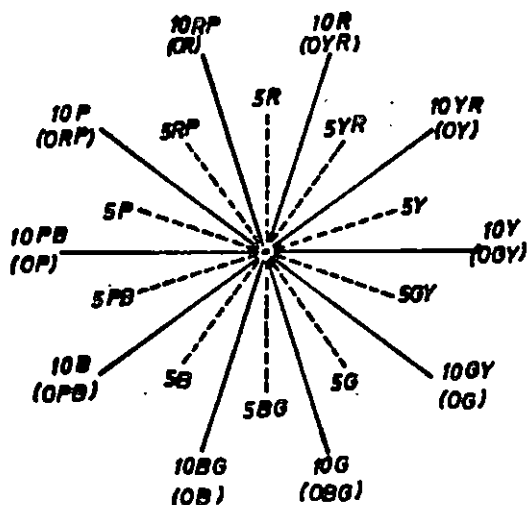
Slika 1. - Cilindrični raspored tona, zasićenosti i svjetline u Munsellovom prostoru boja

Svjetlina ima vrijednost od 0 (crno) do 10 (bijelo) i predstavlja devet razina presjeka aplikate. Označava se brojevima 1 - 9. Zasićenost se određuje od centra (neutralno sivo) duž radiusa tona. Vrijednosti zasićenosti su od 0 (akromatska boja), 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 Označava se brojevima iza crte: npr. /4 (ispred crte stoji broj svjetline).

Tonovi boja su raspoređeni kružno u 10 područja, koja (u smjeru kretanja satnih kazaljki) imaju slijedeće oz-

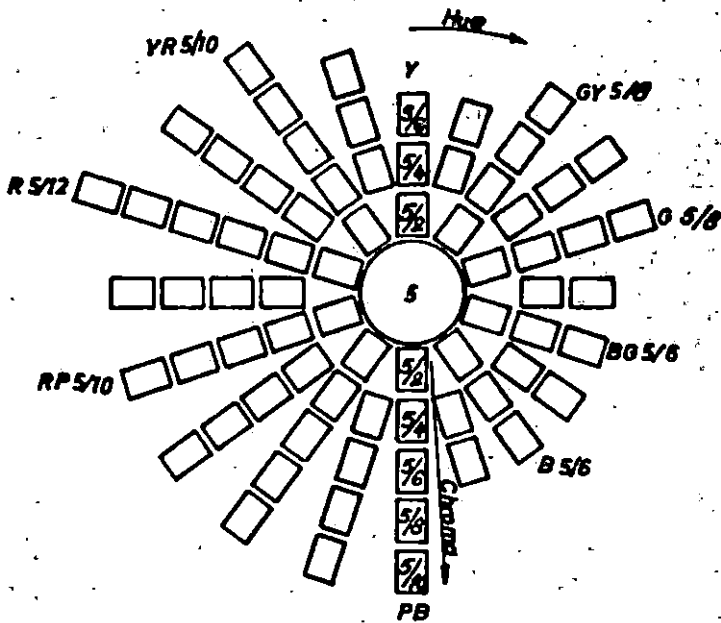
nake: R (crveno), YR (žutocrveno), Y (žuto), GY (zelenožuto), G (zeleno), BG (plavozeleno), B (plavo), PB (purpurnoplavo), P (purpurno) i RP (crvenopurpurno).

Cijeli je krug tonova detaljnije podijeljen na 100 jednakih područja, tako da je jedno od deset navedenih glavnih područja podijeljeno (brojevima) na deset dijelova. Glavni tonovi (crtkane linije) nose oznaku 5 ispred slova boje, a granični tonovi (pune linije) oznaku 10. Vidi sliku 2.

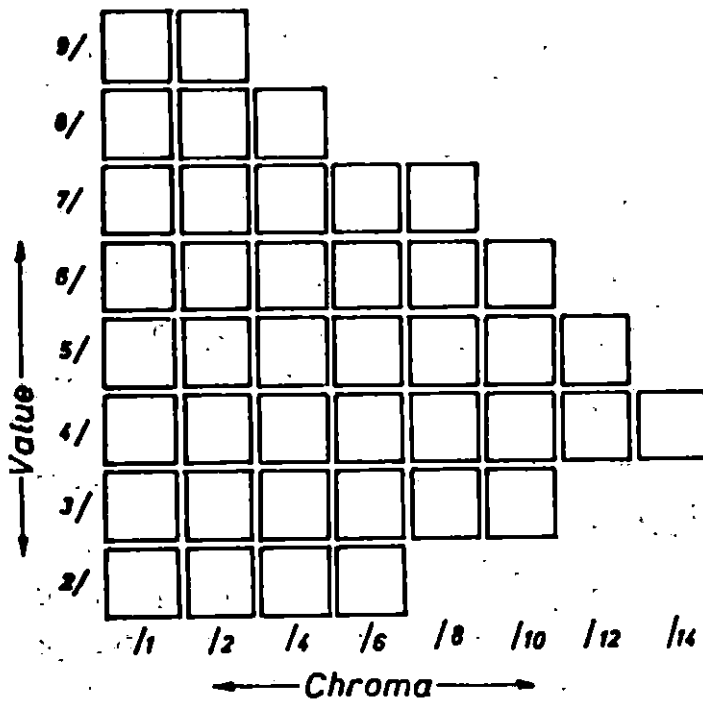


Slika 2. - Podjela i oznake tonova u Munsellovom krugu tonova

Boja po Munsellu je definirana s tri oznake, npr. 5Y 8/12, pri čemu 5Y označava ton u krugu tonova, broj 8 označava svjetlinu, a broj 12 zasićenost. Ovim se načinom prikazivanja može dobiti tijelo koje se sastoji od uzoraka boja. Munsell Book of Color sastavljena je od horizontalnih (ton-zasićenost) i vertikalnih (svjetlina-zasićenost) uzoraka boja, kojih su, nažalost, neobojeni primjeri prikazani na slikama 3 i 4.



Slika 3.- Skala zasićenosti (chroma) tonova (hue) na razini svjetline (value) 5 po Munsellu.



Slika 4. - Različita zasićenost (chroma) i svjetline (value) bojenog tona 5R po Munsellu.

Razlika boje (ΔE) za Munsellov sustav izračuna se pomoću formule:

$$E = \frac{2}{5} C \Delta H + 6 \Delta V + 3 \Delta C, \text{ gdje je } C \text{ ton,}$$

ΔC razlika tonova, ΔH razlika zasićenosti, a ΔV razlika svjetline dviju boja.

2.2 DIN* - sustav

Taj sustav standardiziranih boja temelji se na standardu DIN 6164, odnosno "DIN-Farbenkarte". DIN 6164 nije zbirka uzoraka boja, nego samo njihov opis. DIN-Farbenkarte nije u prvom redu koncipirana kao materijalna zbirka uzoraka, nego kao klasifikacija boja.

Prema DIN 6164 dijagram kromatičnosti podijeljen je na dijelove s 24 zrake, koje izlaze iz izvora svjetla C. Tonovi su označeni brojevima. Označivanje brojevima počinje u žutom s 1 i ide preko crvenog (7), plavog (16) i zelenog (22) natrag na žuto. Vidi sliku 5.

Krivulje boja jednakog zasićenja imaju oznake od 1 do 16, a smještene su koncentrično oko izvora svjetla C (slika 5).

Linije zasićenosti se u DIN sustavu razlikuju od onih u Munsellovom sustavu po tome, što DIN - linije zasićenosti u svim plohama svjetline ostaju konstantne. To jako pojednostavnjuje mogućnost preračunavanja. Kromatičnost neke boje se može očitati prema tonu (T) i zasićenosti (S) na dijagramu.

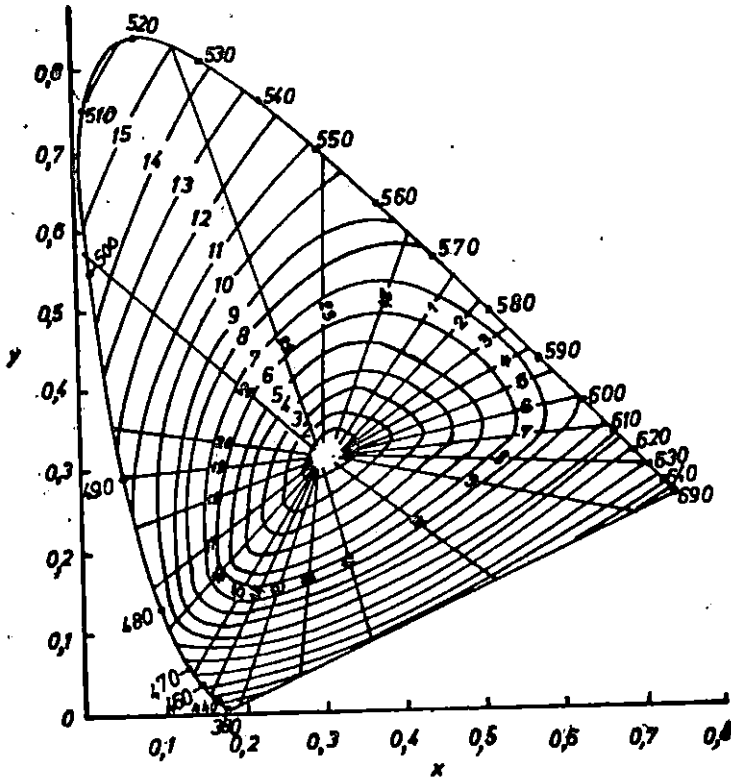
U DIN sustavu se umjesto pojma svjetline upotrebljava pojam tamnina ("Dunkelstufe"), DN Eksperimentalno utvrđen odnos tamnine i svjetline izražen je formulom

$$D = 10 - 6,1723 \log (40,7 Y/Y_0 + 1)$$

gdje je, Y = referentna vrijednost svjetline mjerene boje, a

* DIN (Deutsche Industrienormen) = njemačka industrijska norma

Y_0 maksimalna referentna vrijednost svjetline optimalne boje istog tona. [⊗]



Slika 5. - Linija tonova i zasićenja bojenog sustava po DIN

Idealni crni uzorak ima $D = 10$ ($Y = 0$), a idealni bijeli $D = 0$ ($Y/Y_0 = 1$). Tako se prema DIN 6164 boja može označiti s tri broja, npr. "Farbe 22,5:7,3:5,7". U toj oznaci se broj 22,5 odnosi na određeni zeleni ton, broj 4,3 na zasićenost, a broj 5,7 na tamninu.

Po M. Richteru, DIN-Farbenkarte predstavlja sustav boja koji jedini ispunjava sva četiri zahtjeva, a koje on smatra temeljnima:

[⊗] Optimalna boja je ona boja čija remisijska krivulja ima pravokutan oblik, vidi 2.2.

- da se klasifikacija koja služi za podlogu atlasa boja treba isključivo temeljiti na valenciji boje, a ne na pigmentima ili bojama.
- da izabrane boje trebaju biti točno definirane mjernim brojevima, uz određeni izvor svjetla i standardnog promatrača.
- da boje trebaju biti tako izabrane, da predstavljene u jednom mjernom sustavu daju izglađene krivulje i površine.
- da svi uzorci boja trebaju imati jedno određeno jedinstveno dopušteno odstupanje, razumne veličine.

Razlika boja (ΔE) u DIN 6164 sustavu izračuna se po formuli:

$$\Delta E = \left[\left(\frac{10-D}{9} \cdot \frac{S}{6} \Delta T \right)^2 + \left(\frac{10-D}{9} \Delta S \right)^2 + (\Delta D)^2 \right]^{1/2}$$

3. UREĐAJI ZA MJERENJE BOJE

3.1 Princip rada uređaja za mjerenje boje

Mjerenje boje se izvodi pomoću uređaja koji se mogu podijeliti na:

- vizualne fotometre
- fotometre s filterima
- refleksijske spektrofotometre

Princip rada vizualnih fotometara već je opisan, Biffi, M. (2). Fotometri s filterima i spektrofotometri imaju, u principu, slijedeće osnovne elemente:

- element za osvjetljavanje uzorka. Moraju se znati spektralna svojstva svjetla, koja su najčešće i standardizirana.
- element za spektralno rastavljanje svjetla. To mogu biti različiti filteri (za fotometre s filterima) ili monokromatori u spektrofotometrima pomoću kojih se iz spektra bijelog

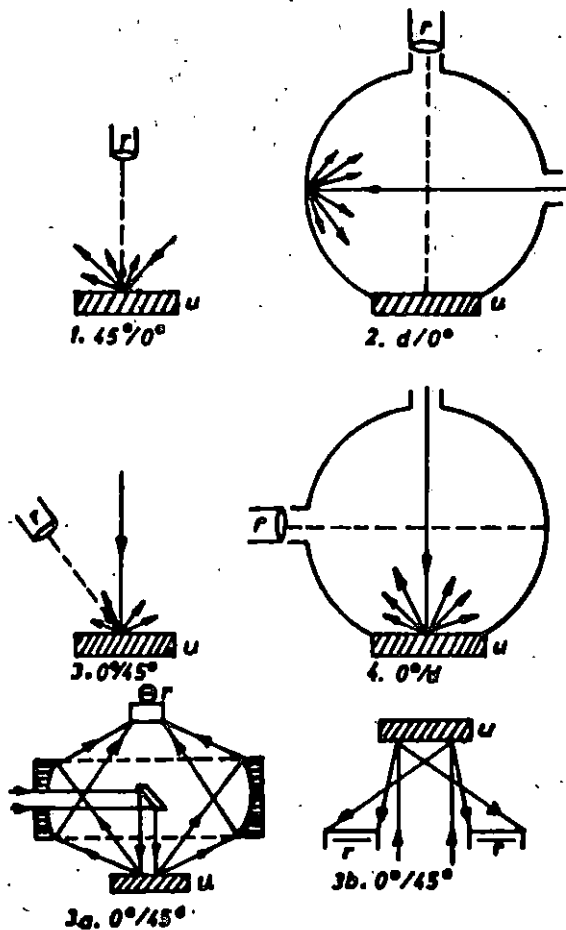
svjetla izdvaja samo uski dio. Za mjerenje boja širina područja iznosi 1 nm, a obično se mjeri na svakih 5 ili 10 nm između 380 (400) i 720 (700) nm.

- uređaj za registriranje svjetla: fotometar s receptorom.

Za sve je uređaje potrebno definirati način fotometri- ranja, ne samo s obzirom na već spomenutu spektralnu raspodjelu upadnog ili reflektiranog svjetla, već i s obzirom na međusobni prostorni položaj uzorka, receptora te upadnog i reflektiranog svjetla. Taj se prostorni raspored naziva geometrija mjerenja. Geometrija mjerenja mora biti definirana, jer se podaci mjere- nja boje raznim geometrijama mogu bitno razlikovati. Male se razlike mogu uočiti iako se radi s uređajima čije su geometrije mjerenja iste.

Postoje četiri prihvaćene geometrije mjerenja. Raspo- red pojedinih elemenata u te četiri geometrije mjerenja shemat- ski je prikazan na slici 6.

Geometrijski rasporedi mogu biti: $45^{\circ}/0^{\circ}$, $d/0^{\circ}$, $0^{\circ}/45^{\circ}$ i $0^{\circ}/d$. Prva se oznaka odnosi na kut pod kojim snop svjetla pada na uzorak (u), a druga na kut pod kojim je reflektiran u recep- tor (r). Oznaka d označava difuznu osvijetljenost, tj. za $0^{\circ}/d$ mjeri se cjelokupno difuzno reflektirano svjetlo, a za $d/0^{\circ}$ je uzorak osvijetljen difuzno. Šuplja kugla koja se koristi za m- mjerenja iznutra je najčešće obložena magnezij-oksidadom (MgO), tako je gotovo idealno bijela a zove se fotometrijska, Ulbrich- tova ili integrirajuća kugla. Geometrije $0^{\circ}/45^{\circ}$ i $45^{\circ}/0^{\circ}$ mora- ju imati osjetljivije receptore, jer se mjeri samo mali dio reflektiranog svjetla, zato se pribjegava složenijim konstruk- cijama (3a i 3b na slici 6). Bijeli standardni uzorak mora se mjeriti istim uređajem kao i ispitivani uzorak.



Slika 6. - Geometrijski rasporedi osnovnih elemenata uređaja za mjerenje boje

3.2 Vizualni fotometri

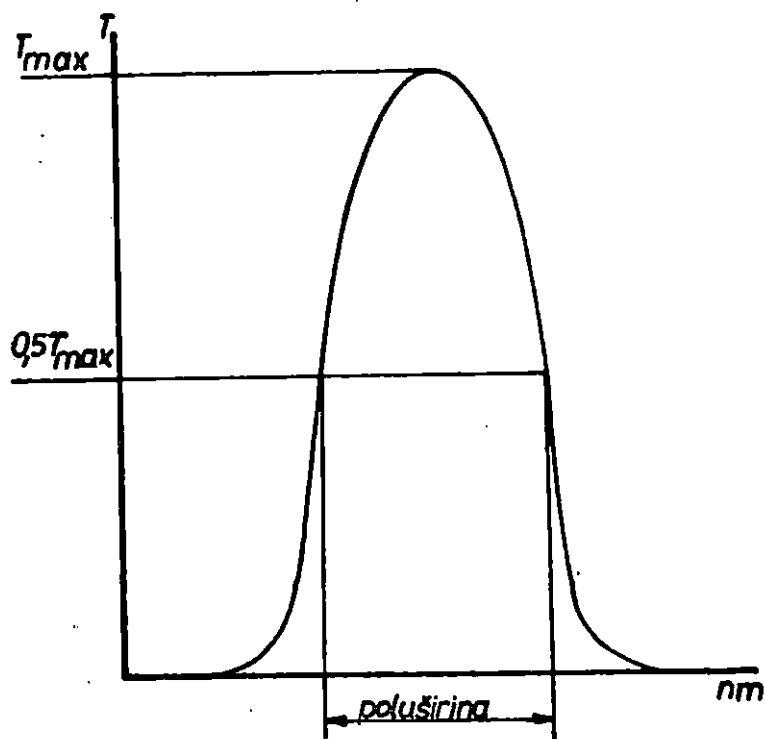
Pomoću vizualnih fotometara izvodi se uspoređivanje boja neke površine s bojom koja se dobije miješanjem obojenih snopova svjetlosti. Takvim se fotometriranjem dobiju najmanje tri podatka, koji se obično mogu preračunati u CIE sustav. Vizualni se fotometri u praktičnoj kolorimetriji danas gotovo ne upotrebljavaju. Koriste se još samo za neka fundamentalna istraživanja. Najpoznatije uređaje za ta mjerenja proizvodi tvrtka The Tintometer Ltd., Salisbury, Vel. Britanija (Lovibond Tintometer i dr.).

3.3 Fotometri s filtrima

Fotometri s filtrima su vrlo rasprostranjeni. Filtri služe ili za izdvajanje relativno uskih, obično povezanih dijelova spektra ili za neposredno određivanje približnih vrijednosti X, Y, Z.

U slučaju da se koriste filteri koji izdvajaju niz uskih dijelova spektra dobije se niz vrijednosti refleksije za pojedine dijelove spektra. Pomoću tih vrijednosti može se nacrtati krivulja spektralne refleksije, a iz nje izračunati X, Y, Z. Da bi se neposredno dobile vrijednosti X, Y, Z potrebno je izvršiti fotometriiranje reflektiranog svjetla pomoću crvenog, zelenog i plavog filtera.

Od velikog broja fotometara s filtrima navedeni su samo neki sa svojim osnovnim karakteristikama po K. Schläpferu, 1974^{*}. U nastavku daje se takav pregled fotometara.



Slika 7. - Definicija poluširine

^{*}Danas postoji i niz novijih modela, istih i drugih tvrtki.

Ine	Proizvođač	Geometrija mjerenja	Osvjetljenje	Min. veličina uzorka (\varnothing mm)	Vrsta mjerne jedinice	Vrsta svjetla
Gardner XL-70	Gardner Instruments, Bethesda, Maryland 20014, USA	$0^\circ/d$	polikromatsko	10	CIE, Hunter i razlika boje	C
Osram AFMG	Osram GmbH, D-8000 München 90, BRD		"	68	CIE	
Hunter D-25D	Hunter Ass. Lab. Inc., Fairfax, Va. 22030, USA	$45^\circ/0^\circ$ ili $0^\circ/d$	"	50	Hunter CIE	C
Elrepho(RFAZ)	Carl Zeiss, D7082 Oberkochen, BRD	$d/0^\circ$	"	10x28	Remiss. CIE	A, C, D ₆₅
Hunter D-25	Hunter Ass. Lab. Inc.	$45^\circ/0^\circ$ ili $0^\circ/d$	"	13	Hunter (CIE)	C
Gardner XL-10	Gardner Instruments	$45^\circ/0^\circ$	"	10	CIE (Hunter)	C
DU-Color	Neotec Instruments Inc., Rockville, Maryland 20852, USA	$0^\circ/45^\circ$	"	7	CIE (Adams)	A, C, D ₆₅
Gardner C-4	Gardner Instruments	$0^\circ/45^\circ$	"		CIE (Hunter)	C
TRU-Color	Neotec Instruments Inc.	$0^\circ/45^\circ$	"	7	CIE (Adams)	A, C, D ₆₅
Colormaster	Manufacturers Engineering and Equipment Corp. Warrington, Pa. 18976 USA	$45^\circ/0^\circ$	monokromatsko	12	Remiss. (CIE)	C, A

3.4 Spektrofotometri

Boje obojenog tijela se mogu najpouzdanije mjeriti refleksijskim spektrofotometrima, ali i apsorpcijskim spektrofotometrima, ako se mogu pregraditi za mjerenje refleksije. Spektrofotometrom se mjeri stupanj remisije (ili transparentcije) u odnosu na valnu duljinu. Razlaganje svjetla na pojedine valne duljine može se postići monokromatorima. Monokromator je npr. i prizma pomoću koje je Newton razložio sunčevo svjetlo. Danas se kao monokromatori, osim prizmi, koriste optičke rešetke i interferencijski filteri. Sposobnost razlučivanja monokromatora izražava se s tzv. poluširinom. Taj se pojam može najbolje uočiti na dijagramu koji prikazuje slike 7.

Pomoću monokromatora može se postići poluširina manja od 0,2 nm. Jednostavniji monokromatori imaju poluširinu i preko 20 nm. Remisijska krivulja se može dobiti očitavanjem i ucrtavanjem remisijskih vrijednosti na svakih 10 nm, a ako je mijenjanje valnih duljina automatsko može se, pomoću pisača, krivulja dobiti direktno.

Mnogi proizvođači nude cijeli niz spektrofotometara različitih mogućnosti. Posebno su zanimljivi oni instrumenti koji se odnose na kolorimetrijska mjerenja. Postoje tri klase spektrofotometara: a) s računalom, b) s pisačem i c) bez pisača. Neki od instrumenata s računalom mogu se koristiti i bez računala. Postoje instrumenti koji mjere i UV i IR području spektra. Veličina uzorka koji se može mjeriti ovisi o geometriji mjerenja, a u nekih se instrumenata veličina uzorka može dodatnim zaslonima smanjiti.

Tablični pregled osnovnih podataka za neke spektrofotometre, prema K. Schlöpferu 1974, dani su u nastavku.

a) Spektrofotometri s računalom

Ime	Proizvođač	Mjerno područje (nm)	Monokromator	Širina vrpce nm	Velicina uzorka (Ø mm)	Geometrija mjerenja	Osvjetljenje uzorka	Računski program	Izlazni uređaj
Zeiss DMC 25	Carl Zeiss, D-7082 Oberkochen BRD	200-2500	dvostruka prizma	0,3	5	$d/8^{\circ}$ $8^{\circ}/d$ $45^{\circ}/0^{\circ}$ i trans.	poli- ili monokromatsko	kalibriranje, mjerni brojevi boje, različite boje	pisač dvostrukih krivulja, teleprinter, bušać trake
KCS 40	Machbeth Color and Photometry Div., Newburgh, N.Y. 12550, USA	380-750	38 interferencijskih filtera	10	6	$d/8^{\circ}$	polikromatski	"	teleprinter, bušać trake
Zeiss RFC 3	Carl Zeiss	400-700	24 interferencijskih filtera	10	5	$d/8^{\circ}$ $45^{\circ}/0^{\circ}$ i trans.	poli- i monokromatsko	kalibriranje, korekcija filtera, mjerni brojevi boje, različite boje	teleprinter, bušać trake
Datacolor 7100	Datacolor AG, CH-8305 Dietlikon/Zürich, Schweiz	390-700	interferencijski-klin filter		10	$d/0^{\circ}$ i trans.	polikromatski	kalibriranje, mjerni brojevi boje, različite boje	pisači stroj sa slovnom glavom, bušać trake
Spectromat FS-3A	Pretema AG, CH-8903, Birmensdorf-Zürich, Schweiz	390-710	33 interferencijskih filtera	8-12	5	$d/0^{\circ}$ $45^{\circ}/0^{\circ}$ i trans.	"	mjerni brojevi boje	svjetleće brojke i pisač trake

b) Spektrofotometri s pisacem

Ime	Proizvođač	Mjerno područje nm	Monokromator	Širina vrpce nm	Najmanja veličina uzorka (mm)	Geometrija mjerenja	Osvjetljenje uzorka	Izlaz vrijednosti remisije
Cary 14	Varian, Palo Alto, Calif. 94303, USA	190-2650	prizma + rešetka	0,1-0,3	22x8	0°/d 0°/45° i trans.	mono- ili polikromatsko	pisac krivulje
Diano/Hardy	Diano Corp., Mansfield, Mass. 02048, USA	380-700	prizma	10	1 Ø	6°/d i trans.	monokromatsko	pisac krivulje
Beckman Color DB-G	Beckman Instruments Inc., Fullerton, Ca. 92634, USA	380-740	rešetka	0,5	13x18	0°/d (0°/45°) i trans.	mono- i polikromatsko	instrumenti s kazaljkom i periferni teleprinter s bušaćem trake
Trilac II (KCS - 15)	SA Leres, F - 94 Arcueil, France	400-700	rešetka	0,5	10x10 trans. 13x50 remis.	0°/d 8°/d	monokromatsko	galvanometar i periferni pisac krivulja
KCS-18 (Automatic Color-Eye)	Macbeth Color and Photometry Div., Newburgh, N.Y. 12550, USA	380-740	19 interferencijskih filtera	10	10 Ø	d/8° i trans.	polikromatsko	putem svjetlećih brojeva, sa mogućnosti na pisac krivulja, teleprinter i računala. Može se koristiti i kao fotometar s filterima.
Spectronic 505 (Modell 3)	Bausch and Lomb Rochester N.Y. 14625, USA	400-700	rešetka	0,5	10	0°/d i trans.	monokromatsko	pisac krivulje

c) Spektrofotometri bez pisača

Ime	Proizvođač	Valno područje (nm)	Monokromator	Širina trake (nm)	Najmanja veličina uzorka (\varnothing mm)	Geometrija mjerenja	Osvjetljenje uzorka	Izlazni uređaj
Zeiss PMQ 11	Carl Zeiss	185-2500	prizma	0,3	20	$45^{\circ}/0^{\circ}$ d/ 0° i trans.	monokromatsko	galvanometar
Color-Eye Large Sphere (KCS-11)	Macbeth Color and Photometry	400-700	16 interferencijskih filtera	10	45	d/ 8°	polikromatsko	instrument s kazaljkom. Može se upotrijebiti i kao fotometar s filterom uz svjetlo C i D ₆₅
Color-Eye Small Sphere (KCS-10)	"	400-700	"	10	27	d/ 40° i trans.	monokromatsko	instrument s kazaljkom. Može se upotrijebiti i kao fotometar s filterom uz svjetlo C
Spectronic 20	Bausch and Lomb, Rochester N.Y. 14625, USA	400-700	rešetka	20	-	$0^{\circ}/d$ i trans.	monokromatsko	instrument s kazaljkom
Spectromat FS-20	Prötema, Zürich, Schweiz	390-710	25 filtera					

Osim spomenutih spektrofotometara, za mjerenje boje je namijenjen i Hardy-spectrophotometer (International General Electric, SAD) s pisačem, zatim Spectronic 505 (Bausch and Lomb, USA), Opton IMC 25 (Oberkochen, BRD) s pisačem i računalom, zatim cijeli niz različitih, također vrlo kvalitetnih, spektrofotometara tvrtki Leres (Francuska), Beckmann Instruments, Cary Instruments, Pye Unicam, Hitachi Perkin-Elmer i nekoliko drugih.

U današnje se doba stimulusi i razlike boja izračunavaju stolnim računalima. Proračunavanje boje se izvodi na digitalnim računalima s odgovarajućim programima ili na specijalnim računalima za proračunavanje fizikalne reprodukcije boje, određivanje korekcija, razlike boje u odnosu na standard, stupanj metametrije i niz zadataka primijenjene kolorimetrije. Takva specijalna računala su COMIC I i II (Colorant Mixture Computer), Pretema Color Computer PCC-FR1 i PCC-200X i RAL (Redifon Astrodata Limited) Colour Computer. Najpoznatiji kolorimetrijski sustavi koji se sastoje od fotometra, pisača, računala i dr. su npr. Trilac (Leres, Arcueil) i Pretema 4000 (Pretema, Zürich). Takvi sustavi imaju mogućnost od mjerenja boje i reflektancije do proračunavanja boje. Povećanje točnosti i brzine mjerenja uvjetuju razvoj i primjenu sve usavršenijih instrumenata kojih danas na tržištu i primjeni ima sve više.

4. L I T E R A T U R A

1. Agoston, G.A.: Color Theory and Its Application in Art and Design, Springer-Verlag, 1979.
2. Biffi, m.: Određivanje boje. Drvna industrija 36 (9-10), 217-227.
3. Broz, D.: Kem.ind. (Zagreb), 21 (1972), 633.
4. Broz, D.: Kem. ind. (Zagreb), 23 (1974), 727.
5. Broz, D.: Kem. ind. (Zagreb), 25 (1976), 21.
6. Broz, D.: Tehnička enciklopedija 7. dio, 190-195, Zagreb, 1980.
7. Gray, R.H., Held, R.P.: TAGA Proceedings, 1976, 55.
8. Hunt, R.W.G.: The Reproduction of Colour, Fountain Press, 1975.

9. Ljuljka, B.: Otpornost sistema lak-drvo na namještaju prema utjecaju svjetla. Magistarski rad. Šum. fak. Zagreb, 1969.
10. Podhorski, R.: Tehnička enciklopedija, 2. dio, 59-68, Zagreb 1966.
11. Richter, M.: Einführung in die Farbmeterik, Walter de Gruyter, Berlin-New York, 1976.
12. Schläpfer, K.: Farbmeterik, UGRA, 1974.
13. Wright, W.D.: The Measurement of Colour, Ad. Hilger Lt, London, 1969.

MLADEN PAVEŠIĆ, dipl. ing.
Šumarski fakultet Zagreb

MOGUĆNOSTI ENERGETSKOG ISKORIŠĆENJA DRVNOG
OSTATKA

- TEORIJA GENERATORSKIH PROCESA -

SAŽETAK

U radu se iznosi analiza procesa rasplinjavanja drva pomoću dijagrama. Poznavajući stanje goriva i zraka potrebnog za proces, jednostavnim postupkom se određuje stanje procesa, sastav, količina i toplinska vrijednost proizvedenog plina s obzirom na utrošak goriva.

UVOD

Danas je u svijetu, a pogotovo kod nas, problem energije sve veći. Za vrijeme ekspanzije nafte kao energetske izvora, mnoga su postojeća energetska postrojenja bila izmijenjena ili pregrađena za primjenu tekućeg goriva. Zbog toga je naglo pala potražnja za domaćim krutim gorivima. Posljedica takvog stanja je bila da se nisu ulagala sredstva za razvoj i istraživanja novih rudnika ugljena, a mnogi su bili i zatvarani kao nerentabilni u to vrijeme. Stručna radna snaga bila je prekvalificirana u druga zanimanja.

U današnjoj situaciji, kada je cijena nafte višestruko povećana, neophodno je opet se orijentirati što je moguće više na domaće energetske izvore, a uvoziti samo nužni minimum. Naravno da se u toj situaciji nameće i iskorištavanje svih mogućih ostataka tzv. obnovljivih energenata kao izvora energije, koji sada postaju dodatni rentabilni izvori energije.

Obnovljivi energenti su različiti drvni ostaci (kora, bruševina, blanjevina, piljevina, iverje, komadni ostaci i drvni ostaci kemijske prerade drva pri proizvodnji tanina i celuloze),

otpaci industrijskih biljaka (maslinova pogača, komine, pogače uljarica - suncokreta i soje, celulozni otpaci industrijskih biljaka) i gradsko smeće. To su goriva vrlo različita u pogledu toplinske moći, vrste i količine jalovine i sastava.

Većina ih zahtijeva specijalne ložišno-tehničke uvjete. Kao osnovno gorivo rjeđe se koriste, jer njihovu količinu kao i vrijeme dobivanja diktira proces industrijske proizvodnje. Zato je korišćenje ovih goriva najčešće periodično u vidu kombiniranog ili dopuskog loženja. Eksploatacija takvih goriva izaziva niz teškoća, pa se često postavlja pitanje rentabilnog korištenja u energetske svrhe zbog niskih toplinskih vrijednosti i komplikacija koje izazivaju (čišćenje i korozijska postrojenja).

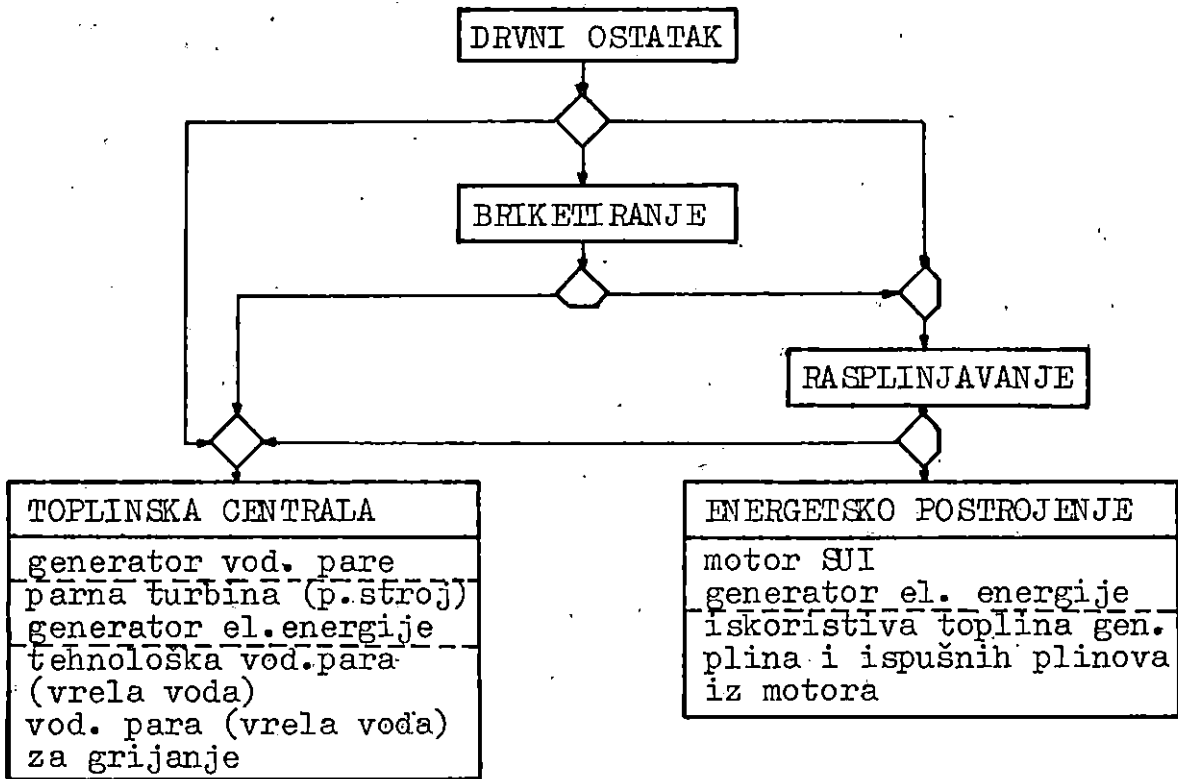
Razvojem industrijske prerade opada rentabilnost primjene ovakvih goriva, te se više primjenjuju kao sirovina za daljnju preradu. Ipak postoje česti slučajevi kad se isplati koristiti takav ostatak za gorivo.

U drvnoj industriji i šumarstvu pojavljuje se drveni ostatak u velikim količinama i vrlo je interesantno znati kako ga optimalno iskoristiti. Da bi se riješilo to pitanje, važno je poznavati vrstu i količinu zahtijevane energije, te količinu i kvalitetu raspoloživog goriva.

Godišnje količine ukupnog drvnog ostatka u SRH

Izvor ostataka kora+komadni+degradirani otpaci	Količina x 10 ³ (m ³)		
	1970	1975	1985
Šumarstvo	940	1004	1271
Industrija prerade drva	717	878	1373
Ukupno	1657	1882	2644

Slijedeća shema prikazuje mogućnosti upotrebe drvnog ostatka u energetske svrhe.



1. POSTROJENJA ZA RASPLINJAVANJE KRUTOG GORIVA

Razvoj plinskih generatora (gen. upojnog plina) datira još od kraja 19. st. Naročito veliku primjenu su imali u toku II Svj. rata zbog nestašice tekućih goriva za pogon vozila. Nakon 1950. uslijed brzog razvoja petrokemije, interes za njih naglo opada. Međutim, danas kad su ovakvi uređaji već pomalo zaboravljeni, energetska kriza je uzrokovala porast zanimanja za njih, te se u svijetu ulažu znatna sredstva za njihov dalji razvoj.

1.1.0. PLINSKI GENERATOR

Svrha plinskog generatora je da potpuno rasplini kruto gorivo. Proces se vrši nepotpunim izgaranjem goriva uz dovođenje polazne (zračne) smjese. To je mješavina suhog zraka koji ulazi u generator, te ukupne vlage iz zraka i vlažnog goriva. Na svojstva proizvedenog plina se može bitno utjecati mijenjajući sadržaj i stanje polazne smjese uz pretpostavku pogona s istim gorivom i kod istog uređaja.

Masena bilanca uređaja je:

<u>ulazi:</u>	a) zrak određenog stanja	} →	polazna zračna smjesa
	b) vodena para ili voda iz zraka i goriva		
	c) gorivo određenog sastava		
<u>izlazi:</u>	a) proizvedeni plin		
	b) pepeo ili troska		

Željena svojstva proizvedenog plina zavise o svrsi za koju je namijenjen. Za energetska iskorišćenje proizvedenog plina bitno je da mu je donja toplinska vrijednost što viša.

Princip rada generatora svih vrsta je da se oni pune gorivom kroz otvor na gornjoj strani uređaja koji se nakon toga hermetički zatvara. Prilikom paljenja i kasnije u radu treba ostvariti strujanje polazne smjese, a kasnije i proizvedenog plina, kroz uređaj prema izlazu. To se postiže uključivanjem posebnih ventilatora, a kasnije, ukoliko se proizvedenim plinom pokreću motori SUI, oni preuzimaju tu funkciju usisnim djelovanjem klipa.

Nakon određenog vremena, poslije paljenja, u uređaju dolazi do formiranja nekoliko zona u kojima se odvijaju bitno različiti slijedeći procesi:

- sušenje goriva,
- suha destilacija goriva,
- izgaranje,
- redukcija proizvedenog plina.

Formiranjem ovih zona uređaj je došao u radno stanje, Prema principu djelovanja postoje četiri vrste plinskih generatora:

- a) s uzlaznim (protusmjernim) rasplinjavanjem;
- b) sa silaznim (istosmjernim) rasplinjavanjem;
- c) s poprečnim rasplinjavanjem;
- d) s dvostrukim rasplinjavanjem.

1.1.1. TEORIJA GENERATORSKIH PROCESA

Kod procesa rasplinjavanja krutih goriva bitni su procesi:

1. siha destilacija goriva,
2. izgaranje goriva i redukcija dobivenog plina - rasplinjavanje goriva.

Ovi procesi se odvijaju po različitim zakonitostima. Zbog jednostavnije teorijske analize rada uređaja, daljnja pretpostavka je da se odvija samo proces rasplinjavanja. Kod realnih procesa vrijedi takva pretpostavka pri silaznom rasplinjavanju. Kod uzlaznog se produkti suhe destilacije pojavljuju u proizvedenom plinu.

Za procjenu rada generatora upojnog plina može se računati s ovim pretpostavkama:

(a) pogon gorivom određene karakteristike σ

maseni sadržaj goriva: $C + H + O + N + S + a = 1$ (suhog goriva)
 a - maseni udio pepela

Dušik iz goriva (N) značajno ne oksidira, nego se rasplinjuje u plinoviti N_2 .

$$O_m = (O_m)_c + (O_m)_h + (O_m)_s - m'_o = m'_c + 0,5 m'_h + m'_s - m'_o =$$

$$= \frac{c}{12} + \frac{h}{4} + \frac{s}{32} - \frac{o}{32}$$

$$O_m = \frac{c}{12} \left(1 + 3 \frac{h - \frac{O-S}{8}}{c} \right) \quad (\text{kmol } O_2/\text{kg goriva})$$

$$G = \frac{O_m}{\frac{c}{12}} = \frac{O_m}{m'_c} = \left(1 + 3 \frac{h - \frac{O-S}{8}}{c} \right) \quad (\text{kmol } O_2/\text{kmol } C)$$

O_m (kmol O_2 /kg goriva) - teorijski minimalna potrebna količina kisika za izgaranje 1 kg goriva

$(O_m)_{C;H;S}$ (kmol O_2 /kg goriva) - teorijski potrebna količina kisika za izgaranje pojedinih sastojaka iz goriva C;H;S; po 1 kg goriva.

$m'_{C;H;S;O}$ (kmol (C;H;S;O)/kg goriva) - udjeli pojedinih sastojaka u 1 kg goriva

C;H;S;O - maseni udjeli pojedinih sastojaka u gorivu

(aa) - određivanje karakteristike G s obzirom na princip djelovanja generatora

Kod uzlaznog rasplinjavanja se sastav goriva na ulazu u plinište razlikuje od sastava svježeg goriva zbog procesa sušenja i suhe destilacije, čiji produkti izlaze iz uređaja i ne prolaze kroz plinište. Proces suhe destilacije poremećuje odnos H₂O i C koji je bio u sirovu gorivu, a time se mijenja i karakteristika G . Zbog toga je ovdje za G bitan sastav goriva koji prolazi kroz plinište, tj. bez produkata suhe destilacije, kojeg je vrlo teško ustanoviti.

Kod silaznog rasplinjavanja se sastav goriva na ulazu u plinište ne razlikuje od sastava sirovog goriva, jer svi produkti sušenja i suhe destilacije prolaze kroz plinište.

U tom slučaju za računanje G se uzima sastav sirovog goriva. Prema tome, kod precizne analize treba računati G posebno za silazni, a posebno za uzlazni sistem rasplinjavanja, iako je pogon jednakim gorivom; jer stanje i sadržaj goriva koje ulazi i prolazi direktno kroz proces, nije jednako. Treba poznavati destilacijsku karakteristiku upotrebljenog goriva, tj. količinu i sastav iz destiliranih plinova, s obzirom na temperaturu pri kojoj se odvija proces.

Ako se zanemari utjecaj suhe destilacije kod uzlaznog rasplinjavanja na gorivo koje ulazi u plinište, tj. odnos masenih udjela C, H i O, približno se može uzeti da je za drvo bez obzira na sistem rasplinjavanja koje ima prosječni maseni sadržaj u suhom stanju:

$$C + H + O + N + a = 1$$

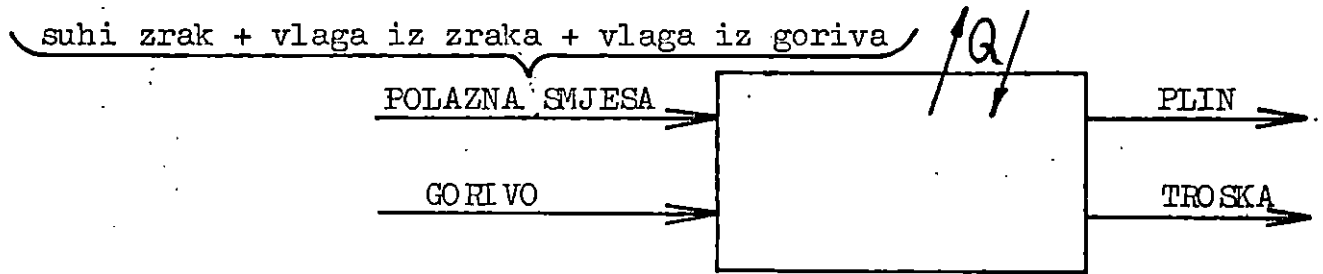
	C	H	O	N	a(pepeo)
%	49,6	6,1	43,8	0,1	0,4

Sadržaj sumpora (S) je zanemarivo malen te je: $G = 1,0378$

- (b) u proizvedenom plinu dolazi do pojava metana, ali pojava drugih ugljikovodika se zanemaruje.
- (c) pretpostavlja se odvijanje ravnotežnih procesa.
- (d) kisik se pri rasplinjavaju potpuno troši.

Daljnje određivanje karakteristike i količine proizvedenog plina vršit će se ovdje s obzirom na osušeni plin, jer se kod realnih procesa plin uvijek nastoji što bolje osušiti prije upotrebe.

1.1.1.1. TEORIJSKA ANALIZA RASPLINJAVANJA



Računska količina polazne smjese M' :

M'_z - masa suhog zraka

$$M' = M'_z + M'_{H_2O} = M'_z + M'_{H_2Oz} + M'_{H_2Og} \quad (\text{kmol})$$

M'_{H_2Oz} - masa vlage iz vlažnog zraka

$$m'_{H_2Og} = \frac{w}{18} + \frac{101 - ISI}{16} \quad (\text{kmol}_{H_2O} / \text{kg vlažnog goriva})$$

M'_{H_2Og} - masa vlage iz goriva

m'_{H_2O} - masa vlage

(higroskopna + vezani vodik) u jediničnoj masi goriva

Količina proizvedenog vlažnog plina M_{VL} :

$$M_{VL} = [M_{H_2O}] + [M_{CO_2}] + [M_{CO}] + [M_{CH_4}] + [M_{H_2}] + [M_{N_2}]$$

Količina proizvedenog suhog plina M_s :

$[M_{H_2}]; H_2O; CO_2; CO; CH_4; N_2$

- maseni udjeli pojedinih komponenta u vlažnom plinu

$$M_s = M_{CO_2} + M_{CO} + M_{CH_4} + M_{N_2} = M_{VL} - M_{H_2O} \quad (\text{kmol})$$

Maseni sadržaj vlažnog goriva:

$$(C) + (H) + (O) + (N) + (S) + w + (a) = 1$$

(C); (H); (O); (N); (S);

(a) - maseni udjeli u vlažnom gorivu

Maseni sadržaj suhog goriva

$$C + H + O + N + S + a = 1$$

kod drva: $S = 0$

w (kg H_2O / kg goriva) - maseni udio vlage u vlažnom gorivu

1.1.1.2. ODREĐIVANJE KARAKTERISTIKE PROIZVEDENOG PLINA

Volumni udjeli pojedinih komponenti, gornja toplinska vrijednost (H_{gs}) osušenog plina i volumni udjel nerastvorene vodene pare (H_2O) s obzirom na osušeni gen. plin (koju taj plin odnosi kao vlagu), najjednostavnije i najbrže se određuju iz H_2 -CO dijagrama za upotreblijeno gorivo određene karakteristike (za drvo $\sigma = 1,0378$) na osnovi računске vlažnosti (ψ) i temperature pliništa (t) koje točno određuju stanje procesa u dijagramu.

1.1.1.2.1. Određivanje računске vlažnosti (ψ) i potrošnje ugljika (y) pomoću ψ - y dijagrama

Stvarna vlažnost polazne smjese (ψ_z) je maseni udio vlage iz zraka u ukupnoj masi ulaznog vlažnog zraka:

$$\psi_z = \frac{M'_{H_2Oz}}{M'_z + M'_{H_2Oz}} \quad (\text{kmol/kmol})$$

Računska vlažnost polazne smjese (ψ) je maseni udio vlage iz zraka i iz goriva u ukupnoj masi vlažnog zraka i vlage iz goriva:

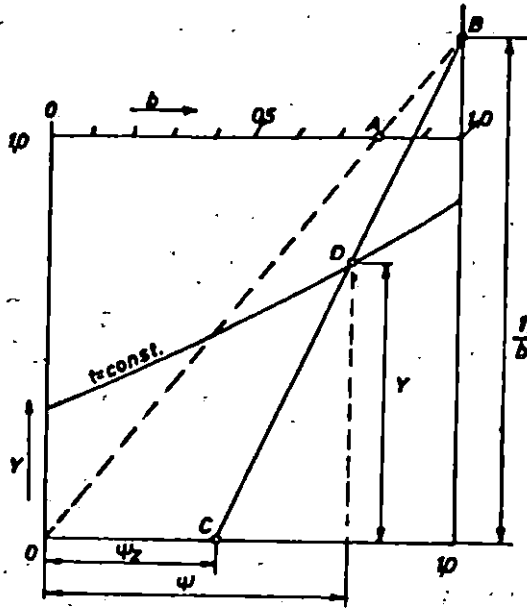
$$\psi = \frac{M'_{H_2O}}{M'} = \frac{M'_{H_2Oz} + M'_{H_2Og}}{M'_z + M'_{H_2Oz} + M'_{H_2Og}} \quad (\text{kmol/kmol})$$

Potrošnja ugljika s obzirom na računsku polaznu smjesu - (y):

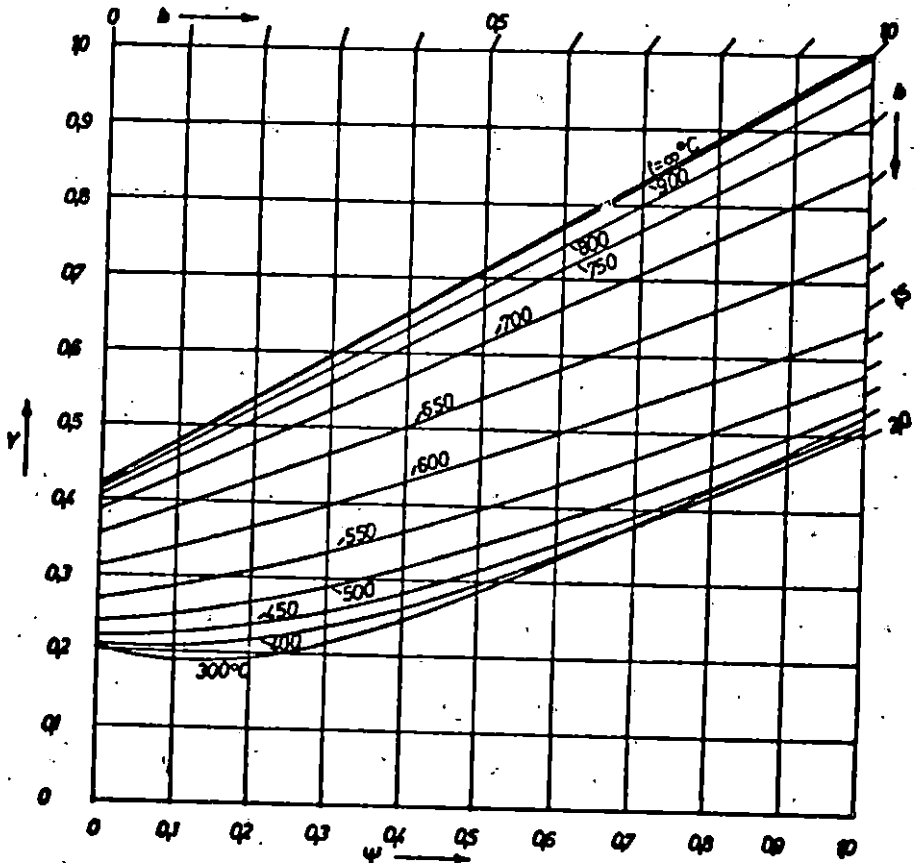
$$y = \frac{M'_c}{M'} \quad (\text{kmol/kmol}) \quad (M'_c \text{ kmol}) - \text{masa ugljika iz goriva}$$

Karakteristika goriva (b):

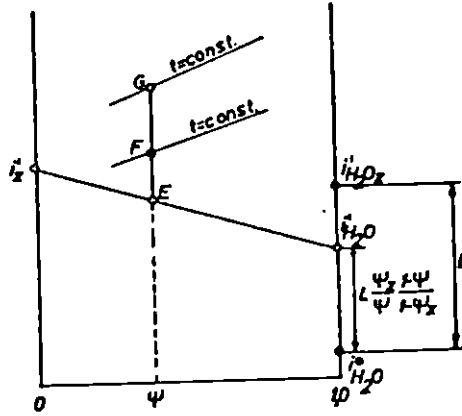
$$b = \frac{\frac{w}{18} + \frac{IOI + ISI}{16}}{\frac{ICl}{2}}$$



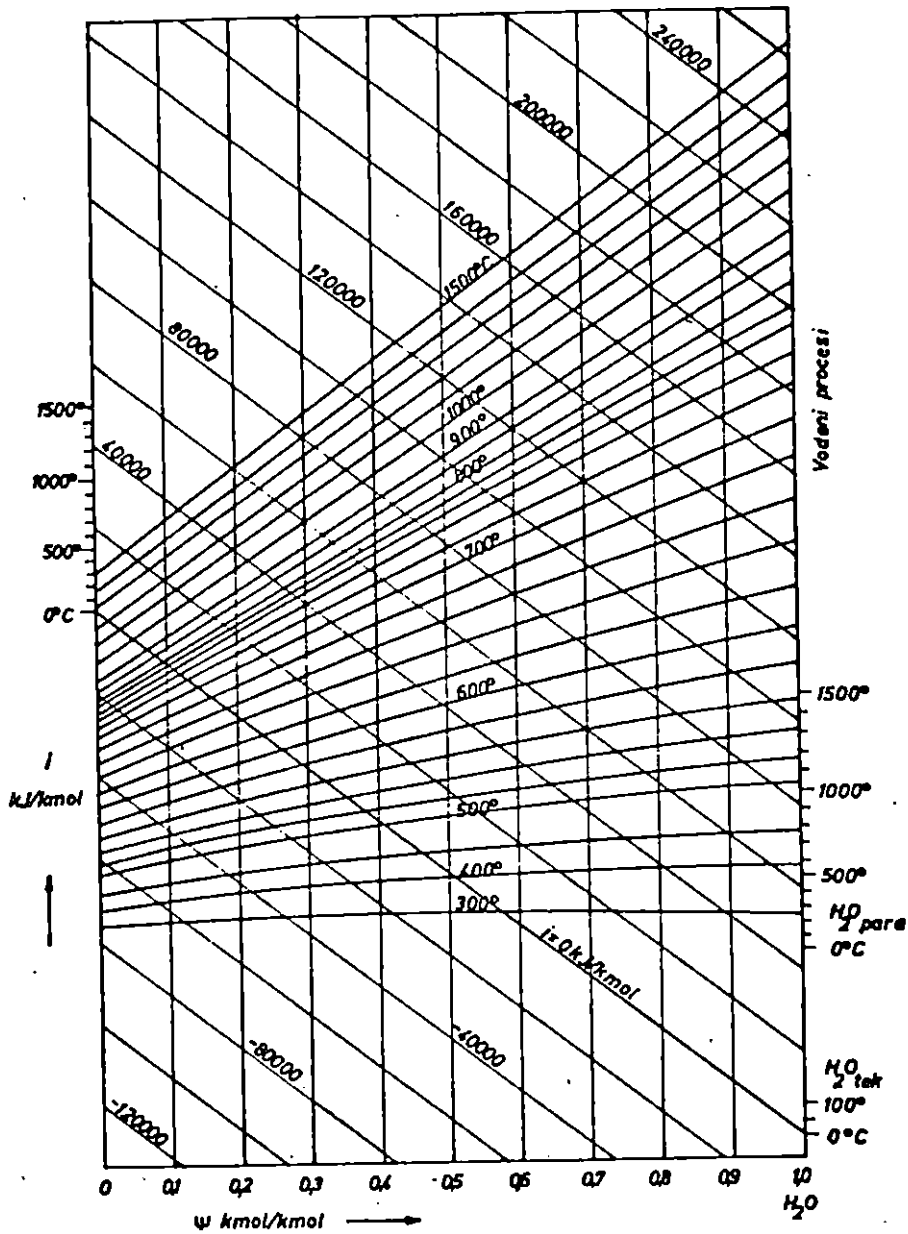
Sl.1



Sl.2



Sl.3



Sl.4

Iz izvoda slijedi:

$$\psi = \psi_z + y(1 - \psi_z) \cdot b$$

$$\frac{y}{\frac{1}{b}} = \frac{\psi - \psi_z}{1 - \psi_z}$$

Iz ψ - y dijagrama za drvo ($G = 1,0378$) Sl. 2, određuju se približni ψ i y slijedećim postupkom: ($G = 1,0368$; $p = 1,01325$ - tlak pri kojem se odvija proces rasplinjavanja).

- U dijagram sl. 1 se unosi izračunata vrijednost (b) za upotrebljeno gorivo na skali za (b) i dobiva se točka (A).
- Vuče se pravac iz 0-točke dijagrama preko (A) do sjecišta s ordinatom za ($\psi = 1$). Sjecište je točka (B).
- Na apscisu se nanosi poznata vrijednost (ψ_z) i to je točka (C).
- Spoje se točke (B) i (C). Sjecište dužine \overline{BC} i izoterme ($t = \text{const.}$) grubo pretpostavljene temperature pliništa za analizirani proces daje točku (D).
- Točka (D) određuje približno ψ i y .

1.1.1.2.2. Određivanje temperature pliništa t pomoću i - ψ dijagrama (sl.4)

za drvo: $G = 1,0378$ $p = 1,01325$ bara

Iz toplinske bilance adijabatskog procesa slijedi:

$$i = (1 - \psi) \cdot i'_z + \psi \cdot i'_{\text{H}_2\text{O}} + y (q_{\text{H}} + q_{\text{O}})$$

i (kJ/kmol računске polazne smjese M') - entalpija proizvedenog plina;

i'_z (kJ/kmol) - entalpija suhog zraka;

i'_{H_2O} (kJ/kmol) - entalpija ukupne vlage.

Entalpija suhog zraka (i'_z) se traži na ordinati $i - \psi$ dijagrama sl. 3. za $\psi = 0$ na temperaturnoj skali. Iznos temperature zraka na toj skali odmah određuje i entalpiju zraka.

Entalpija vlage (i'_{H_2O}) traži se na ordinati $i - \psi$ dijagrama sl. 3 za $\psi = 1$ na temperaturnoj skali. Iznos temperature vlage iz goriva određuje entalpiju vlage iz goriva (i'_{H_2Og}).

Entalpija ukupne vlage (i'_{H_2O}) bit će negdje između. Kao 0-točka odabire se entalpija vodene pare od 0°C ($i_{H_2O}^0$).

Kad se iznos dužine L od 0-točke ($i_{H_2O}^0$) do entalpije vlage iz zraka (i'_{H_2Oz}) pomnoži s iznosom izraza:

$$\frac{\psi_z}{\psi} \cdot \frac{1 - \psi}{1 - \psi_z}$$

dobije se dužina od 0-točke do točke koja predstavlja entalpiju ukupne vlage (i'_{H_2O}) - iz zraka i iz goriva.

Spojnicica entalpije zraka (i'_z) i ukupne entalpije vlage (i'_{H_2O}) predstavlja pravac miješanja.

Iz dijagrama na sl. 3 se očitava točka (E) na pravcu miješanja za ustanovljeni približni ψ . Na tu točku unose se vrijednosti topline: $q_1 = y(q_H + q_0)$ te se tako dobiva točka (F). Dužina \overline{EF} predstavlja toplinu q_1 .

$$q_H = \frac{12}{c} H_d - (H_{dC} + 2 \cdot (-1) H_{dH_2}) \quad (\text{kJ/kmol ugljika iz goriva } (M'_c))$$

$$q_H = \frac{12}{c} H_d - (407259 + 2(1,0378 - 1)241200) \quad (\text{kJ/kmol ugljika})$$

H_d (kJ/kg goriva) - donja toplinska vrijednost vlažnog drva;

H_{dC} (kJ/kmol) - toplinska vrijednost ugljika;

- H_{dH_2} (kJ/kmol) - donja toplinska vrijednost vodika;
 q_H - toplina stvaranja goriva

$$q_0 = \frac{12}{c} (c_g \cdot t'_g - a \cdot c_a \cdot t''_a) \quad (\text{kJ/kmol ugljika iz goriva } (M'_c))$$

$$q_0 \quad 0$$

c_g (kJ/kg) - specifična toplina goriva;

t'_g - temperatura ulaznog goriva;

c_a (kJ/kg) - specifična toplina troske;

t''_a - temperatura odvedene troske;

q_0 - razlika osjetnih toplina dovedenog goriva i odvedene troske (bez obzira na temperaturu predgrijavanja goriva i temperaturu odvedene troske, ta razlika je zanemari-vo mala).

Točka (F) određuje entalpiju plina pri adijabatskom procesu. Ukoliko proces nije adijabatski poznati iznos odvedene ili dovedene topline (Q_2) s obzirom na jedan kmol računске smjese (M'), tj. $q_2 = \frac{Q_2}{M'}$ se oduzima ili dodaje na adijabatsku

entalpiju, te se dobiva iznos entalpije proizvedenog plina kod neadijabatskog procesa (točka G). Dužina \overline{FG} predstavlja toplinu q_2 .

Iz i- ψ dijagrama na sl. 4 se sada očitava korigirana temperatura pliništa (t). Ponovo se vraća u y- ψ dijagram sl. 2, te se za očitavanu korigiranu temperaturu pliništa određuje pripadna izoterma. Sjecište izoterme i dužine \overline{BC} daje točne podatke o potrošku ugljika (y) i računskoj vlažnosti (ψ) za promatrani proces.

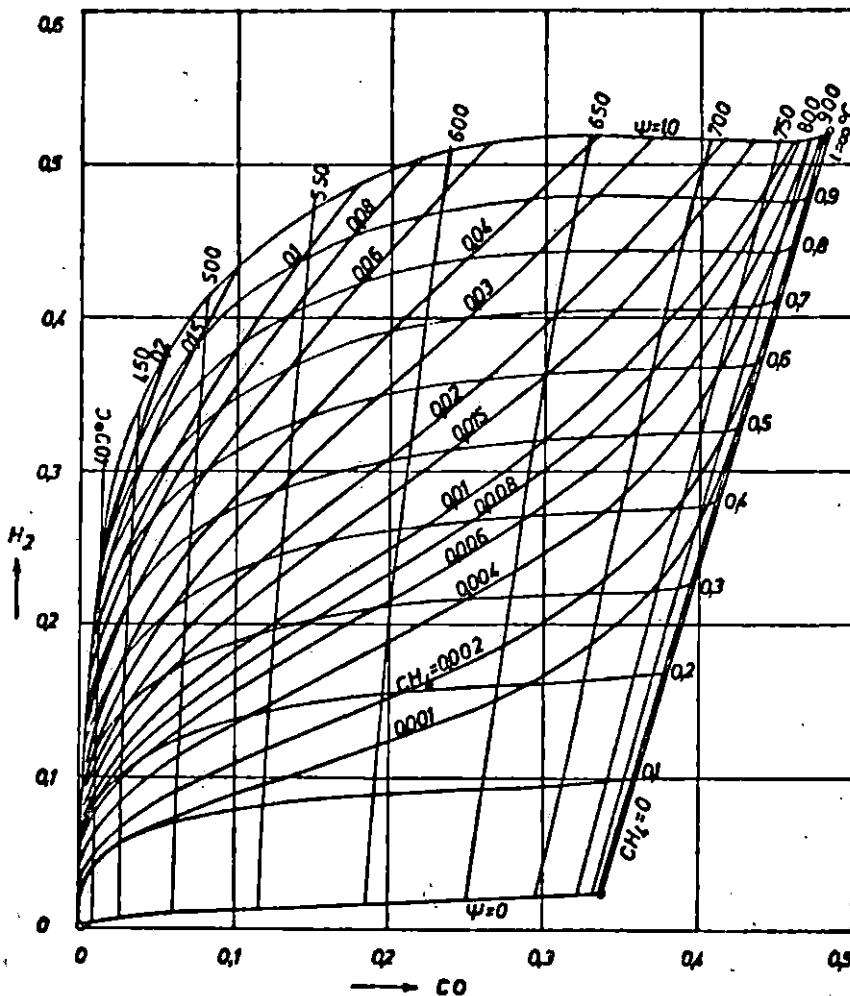
U i- ψ dijagramu se sada određuje točna entalpija plina na osnovi točnih y i ψ te se očitava točna temperatura

pliništa (t). Ukoliko je potrebno postupak se može ponoviti nekoliko puta dok se konačno ne odredi stanje sa zadovoljavajućom točnošću.

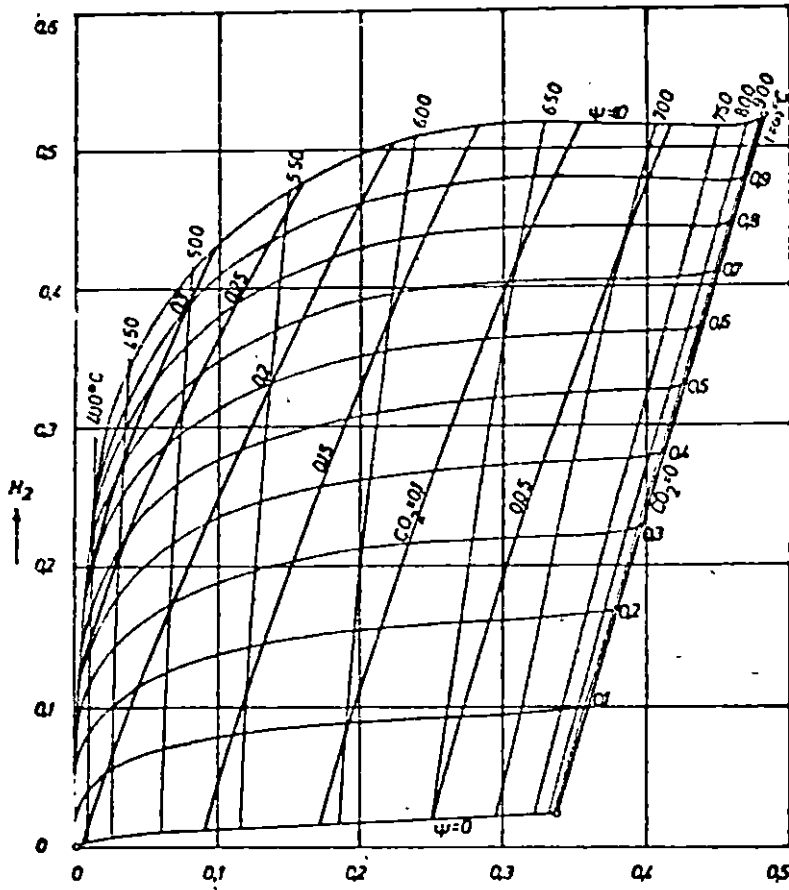
1.1.1.2.3. Određivanje karakteristike plina pomoću CO-H₂ dijagrama

Iz podataka za točnu t i točnu ψ iz CO-H₂ dijagrama (sl. 5,6,7,8,9) za drvo ($G = 1,0378$) vrši se očitavanje potpunog volumnog sadržaja proizvedenog suhog plina.

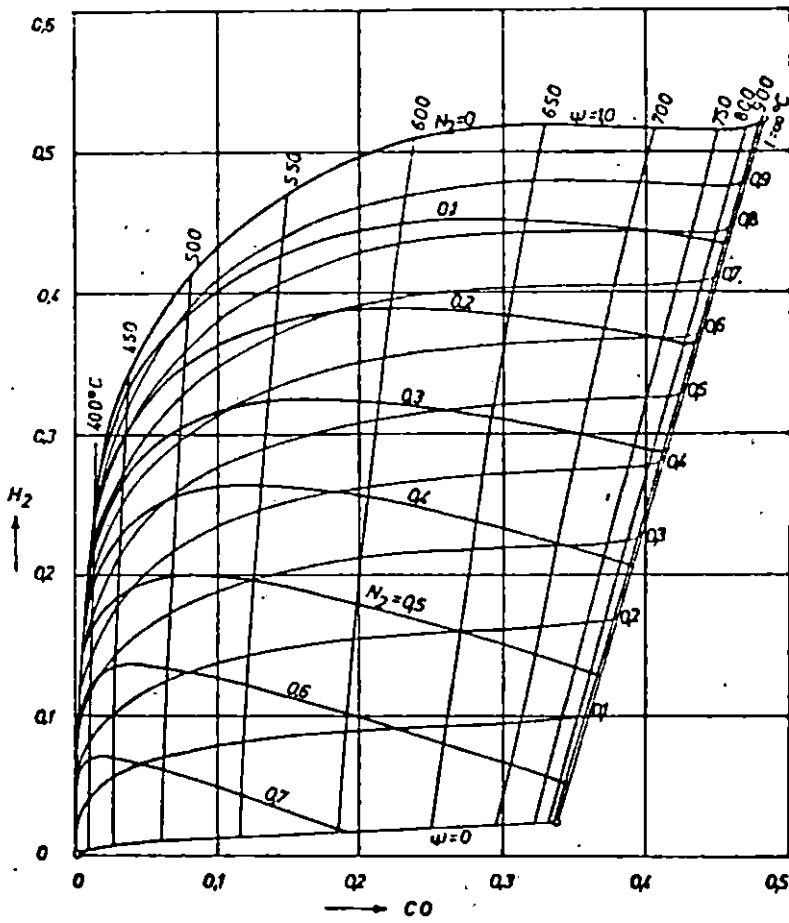
Dijagrami su za pojedine komponente crtani zasebno zbog bolje preglednosti. Za sve dijagrame vrijedi da je rasplinjavanje kod tlaka $p = 1,01325$ bara.



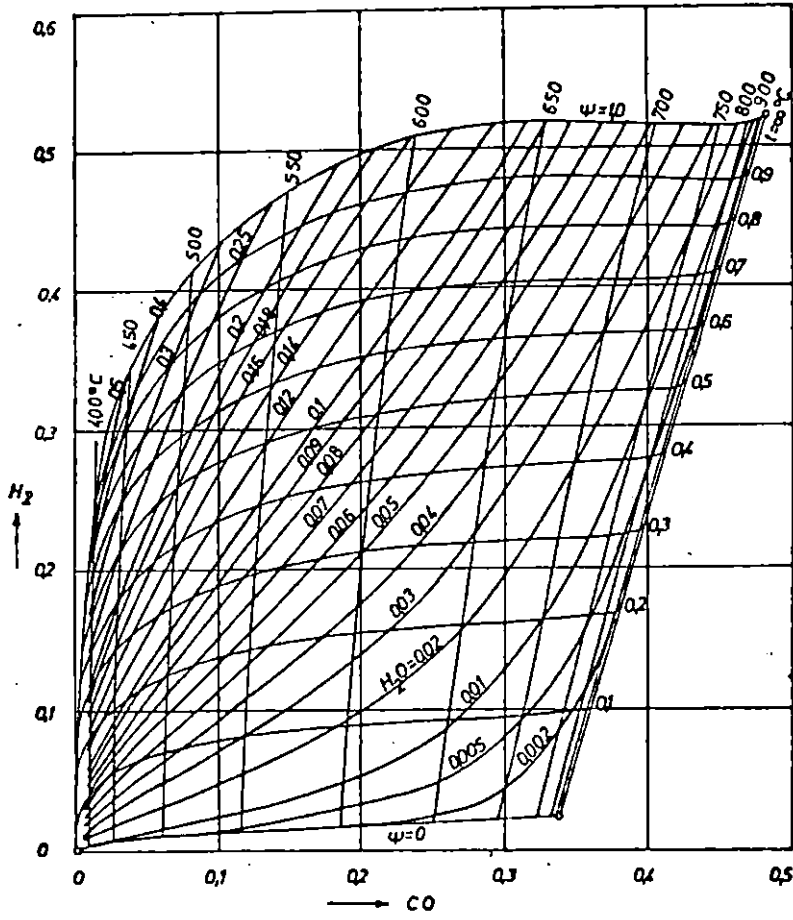
Sl. 5



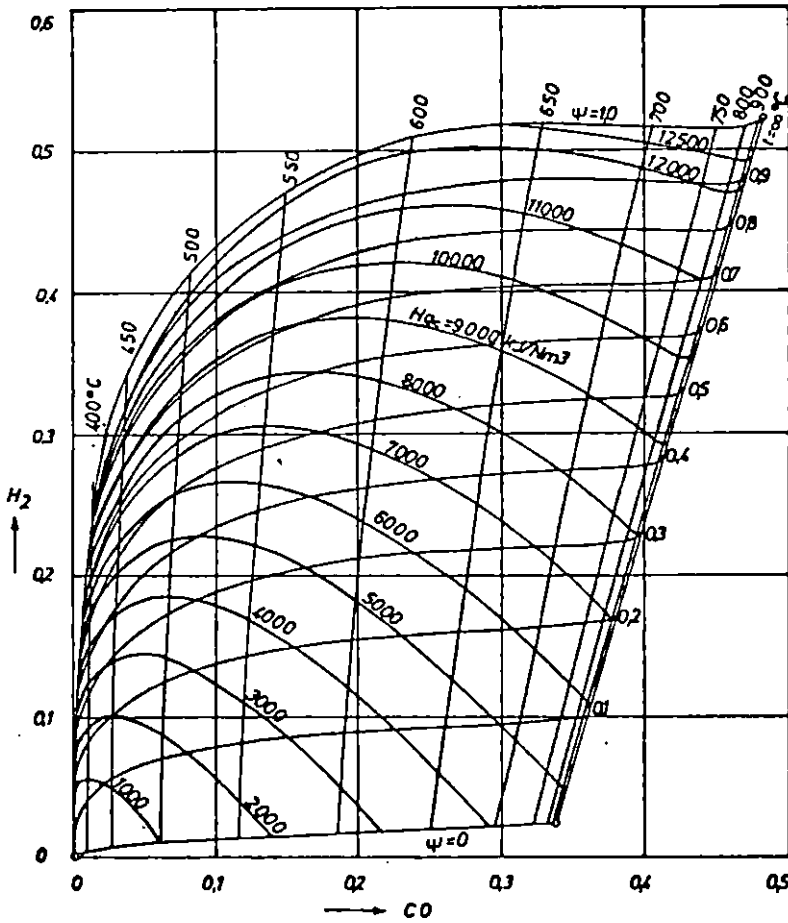
SI.6



SI.7



Sl. 8



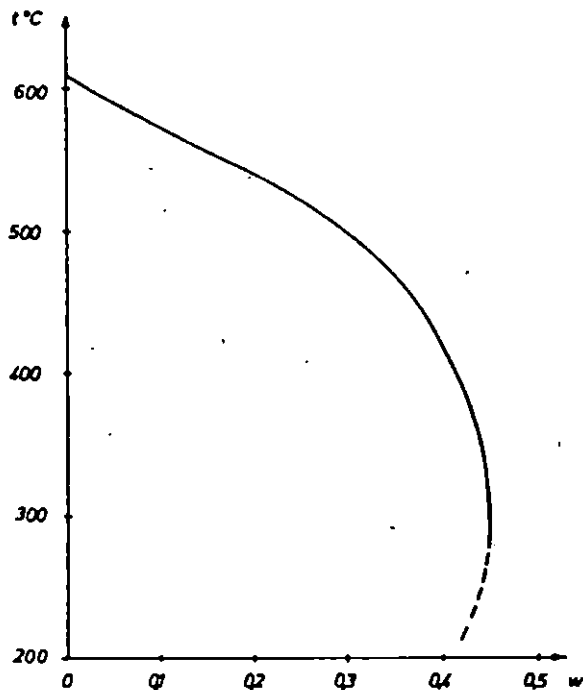
Sl. 9

1.1.1.3. UTJECAJ VLAGE NA NEKE KARAKTERISTIČNE VELIČINE KOD PROCESA RASPLINJAVANJA DRVA

Utjecaj vlage na odvijanje procesa rasplinjavanja jednog te istog goriva je vrlo značajan. Da bi se stvorila jašnija slika o tom utjecaju u slijedećim dijagramima izvršena je analiza utjecaja vlage u procesu na karakteristične veličine procesa ali tako da je ukupna vlaga svedena na udio vlage u vlažnom gorivu (w), tj. pretpostavlja se da je pogon sasvim suhim zrakom ($\psi_z = 0$).

1.1.1.3.1. Temperatura pliništa (t) u zavisnosti o vlazi goriva (w) za teoretski proces ras- plinjavanja drva ($G = 1,0378$) - sl.10

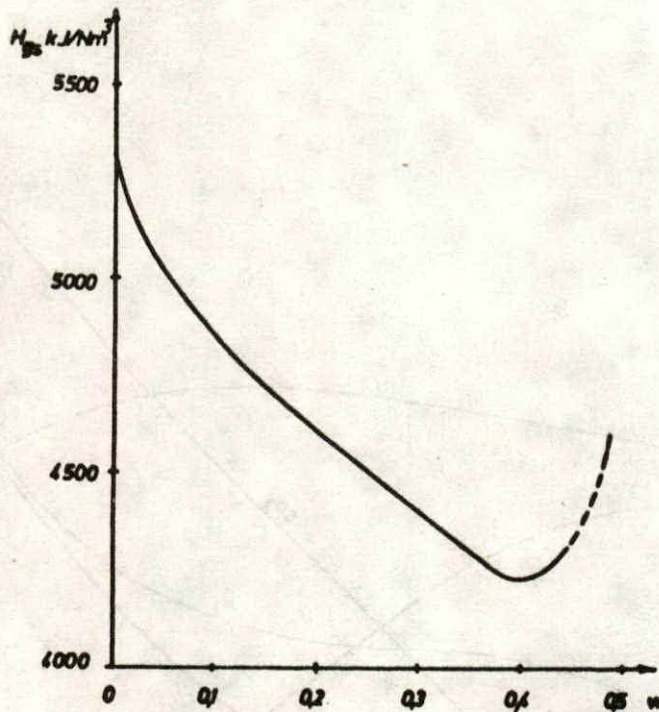
- w (kg H₂O/kg vlažnog drva) - cjelokupna vlaga dovedena procesu, svedena na maseni udio vlage s obzirom na masu vlažnog drva;
- temperatura predgrijanog drva i vlage u drvu (vlažnog drva) $t = 100^\circ\text{C}$;
- temperatura predgrijanog suhog zraka (pogon suhim zrakom $\psi_z = 0$) $t = 100^\circ\text{C}$;
- proces je adijabatski.



Sl.10

1.1.1.3.2. Gornja toplinska vrijednost (H_{gs} (kJ/Nm³)) proizvedenog suhog plina u zavisnosti o vlazi goriva (w) - Sl. 11

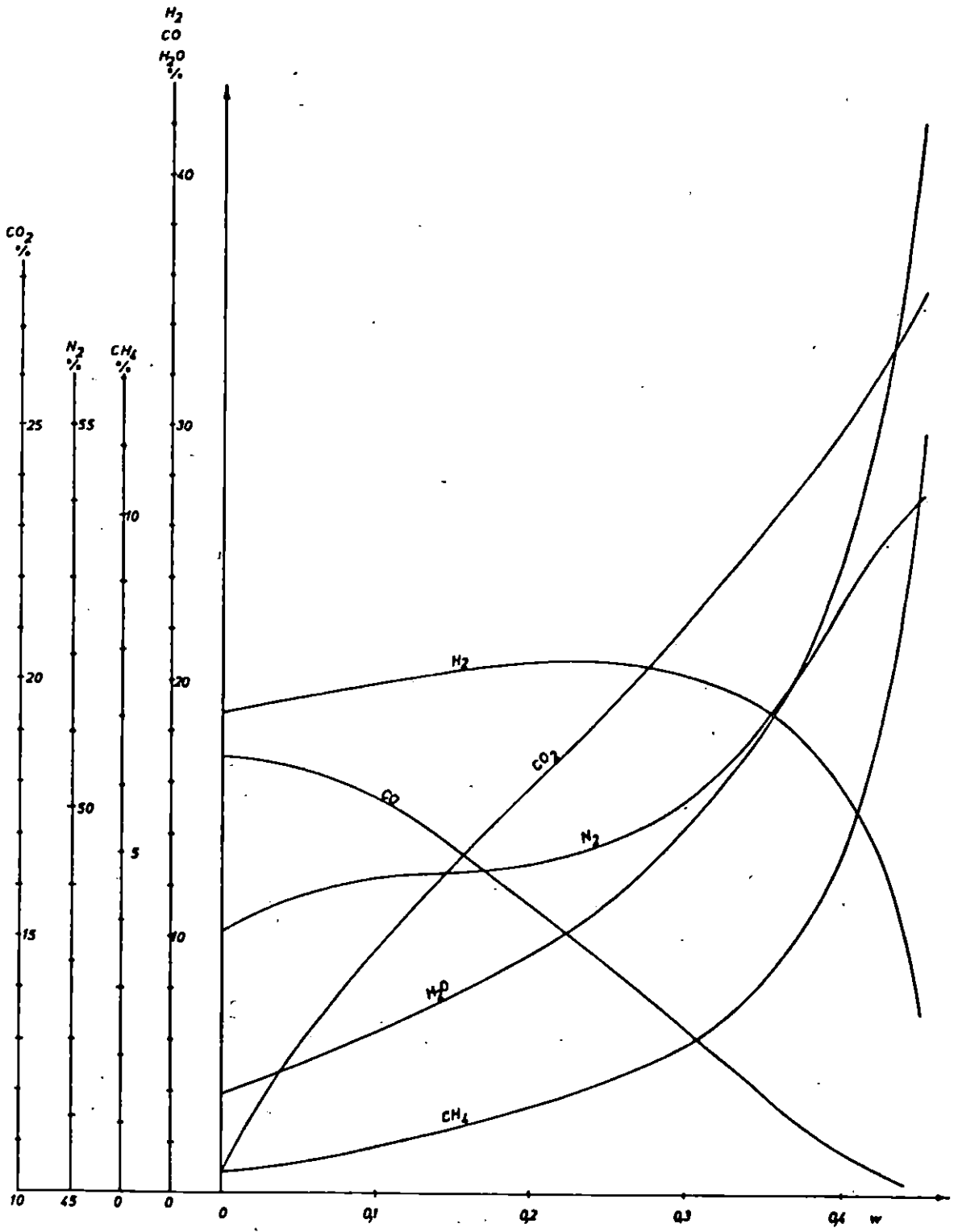
- uvjeti kao kod dijagrama: $t = f(w)$



Sl.11

1.1.1.3.3. Volumni sadržaj proizvedenog suhog plina (%) u zavisnosti o vlazi (w) - sl. 12

- uvjeti kao kod dijagrama: $t=f(w)$;
- H_2O - volumni udjel nerastvorene vodene pare s obzirom na suhi generatorski plin, koja se odvodi kao vlaga.

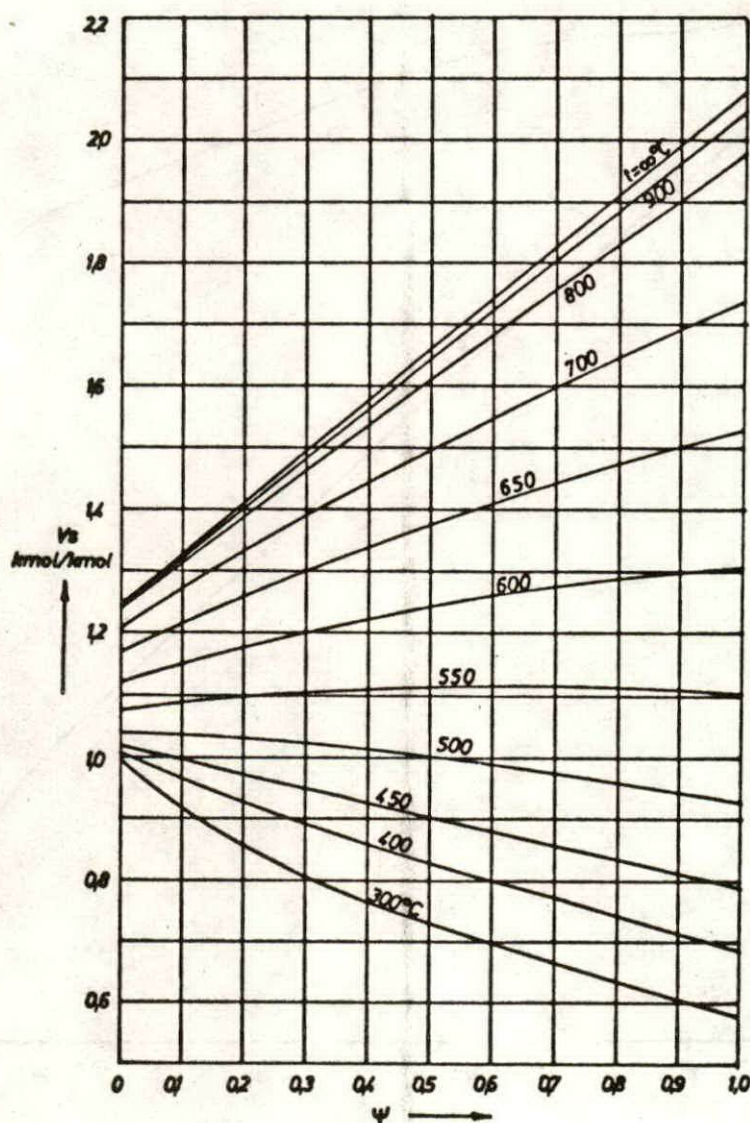


SI.12

1.1.1.4. ODREĐIVANJE KOLIČINE PROIZVEDENOG PLINA

Količina proizvedenog osušenog plina (M_s) s obzirom na računsku količinu polazne zračne smjese (M') se određuje iz $V_s - \psi$ dijagrama (Sl. 13) u zavisnosti o računskoj vlažnosti (ψ) i temperature pliništa procesa (t); za drvo $\sigma = 1,0378$.

$$V_s = \frac{M_s}{M'} \quad (\text{kmol/kmol})$$



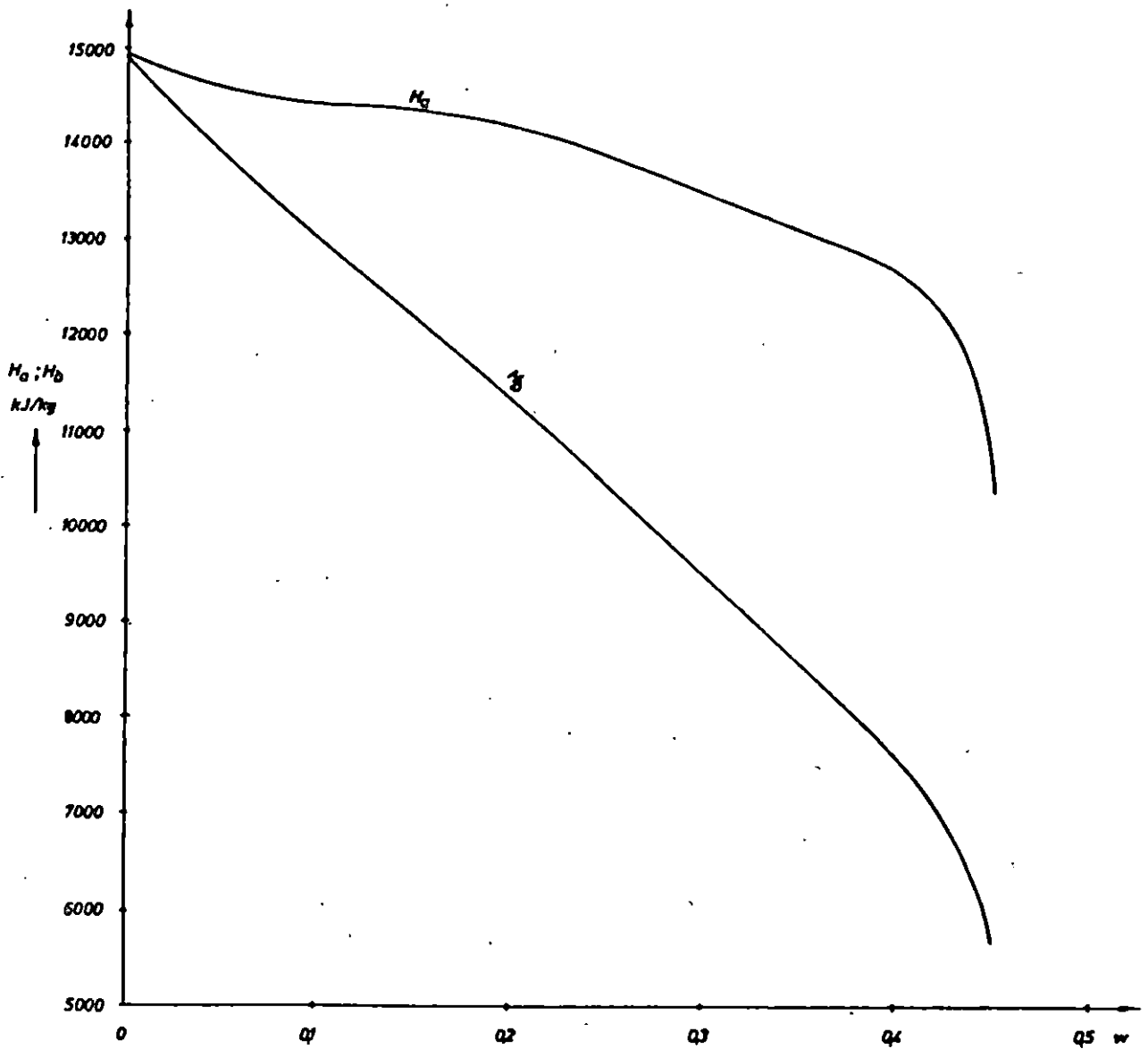
Sl. 13

1.1.1.5. GORNJA TOPLINSKA VRIJEDNOST PROIZVEDENOG SUHOG PLINA.
S OBZIROM NA MASU POTROŠENOG SUHOG (H_a) I VLAŽNOG
(H_b) DRVA U ZAVISNOSTI O VLAZI GORIVA (w) - Sl. 14

- uvjeti kao kod dijagrama: $t=f(w)$

H_a - (kJ/kg suhog drva)

H_b - (kJ/kg vlažnog drva)



Sl. 14

ZAKLJUČAK

Izvedena je dijagramska analiza teorijskog procesa rasplinjavanja drva. Iz prikazanih $\psi - y$ i $i - \psi$ dijagrama za rasplinjavanje drva se po navedenom postupku iz poznatog stanja drva i ulaznog zraka jednostavno i brzo, a dovoljno precizno, određuje stanje procesa rasplinjavanja ($t; \psi$). Na osnovi toga iz H_2 -CO dijagrama se jednostavno određuje volumni sastav osušenog proizvedenog plina i udio vlage s obzirom na suhi plin te toplinska vrijednost proizvedenog plina kao najbitnije komponente kod energetskog iskorišćenja.

Prikazan je utjecaj vlage na temperaturu pliništa, toplinsku vrijednost i sastav plina. Iz poznatih stanja procesa pomoću $V_s - \psi$ dijagrama jednostavno je određena količina proizvedenog plina.

Prikazan je utjecaj vlage na toplinsku vrijednost proizvedenog plina iz 1 kg suhog ili vlažnog drva.

Iz tako definiranih karakteristika i količine proizvedenog plina se može napraviti procjena mogućnosti energetskog iskorišćenja drvnih ostataka putem rasplinjavanja. Isti podaci mogu poslužiti kao polazna osnova za eventualno konstruiranje novih generatorskih uređaja.

LITERATURA

1. BOŠNJAKOVIĆ, F.: Diagramsko proučavanje generatorskih problema. Tehnički vjesnik (1943).
2. BOŠNJAKOVIĆ, F.: Nazočnost metana u generatorskom plinu. Tehnički vjesnik, 1944.
3. BOŠNJAKOVIĆ, F.: Rasplinjavanje i čađenje, Zagreb 1947.
4. ~~IMBERT~~ : Tehnička dokumentacija, IMBERT-ENERGI ETECHNIK GMBH CO.KG.
5. KROLL, W.: Der Gasgenerator, Berlin 1943.
6. MOLLIER, R.: Gleichungen und Diagramme zu den Vorgängen im Gasgenerator (1907).

7. OSWALD, Wa.: Generator Jahrbuch 1942. Berlin 1942.
8. PERRY, J.N.: Chemical engineers' handbook (1963).
9. SZENASY, St. V.: Generatorbetrieb. Berlin 1942.
10. TUMA, A.: Pevna paliva spalovacich motoru stabilnich a mobilnich.
11. WILLEUMIER, H.: Les carburants de remplacement et les gazogènes. Berne 1941.

EKOLOŠKI PROBLEM U DRVNOJ INDUSTRIJI SR HRVATSKE
(Prethodni izvještaj)*

Doc. dr Josip Biškup, prof. filozofije,
Šumarski fakultet Zagreb

Mr Nikola Bićanić, prof. - Zagreb

S a ž e t a k

U ovom radu analizirani su rezultati ankete kojom se na osnovi subjektivne procjene ispitanika, nastojalo preliminarno utvrditi ekološki status zaposlenih u drvnoj industriji SR Hrvatske.

Iako je ekološki problem univerzalan, problem zagađivanja radne sredine u pojedinim djelatnostima ima svoje specifičnosti. Ovom anketom željelo se dobiti preliminarnu sliku stanja u drvnoj industriji SR Hrvatske, kako bi se u daljnjim istraživanjima moglo ulaziti u minuciozna istraživanja i analizirati rezultate.

1.0 UVOD

Ekologija je biologijska disciplina koja izučava odnos organizma prema okolini. Budući da postojanje organizma ovisi o suglasju s okolinom u kojoj organizam živi, normalno je da svako mijenjanje spomenutog odnosa utječe i na promjene koje se tiču opstanka organizma. Te su promjene obostrane i posljedica su interakcijskog odnosa organizma i njegove okoline.

* Ovaj je rad nastao na temelju istraživanja što ga provodi Zavod za istraživanja u drvnoj industriji Šumarskog fakulteta u Zagrebu, u okviru projekta 67. Zadatak nosi naslov "Istraživanje socioloških i ekoloških problema u drvnoj industriji SR Hrvatske", a financira ga SIZ-IV za znanstveni rad SRH i Opće udruženje šumarstva, prerade drva i prometa Hrvatske, Zagreb.

Zbog toga predmet ekologije star je koliko i život, iako je ekologija kao nauka novijeg datuma.

Glavni ekološki problem, po kom i zbog kog je ekologija postala osobito značajna i popularna u novije vrijeme, jest problem zagađivanja, problem koji je u prirodi prisutan i prije čovjeka i neovisno od njega, ali koji je zbog čovjeka postao posebno aktualan. Da je zagađivanje prisutno u prirodi i neovisno od čovjeka evidentno je iz same njegove definicije po kojoj pod zagađivanjem valja razumjeti i dodavanje okolini tvari i energija bržim tempom nego što to okolina može podnijeti, što, dakako, nije i ne mora biti posljedica ljudskog čina, jer u prirodi nema apsolutne harmonije. U prirodi se, naime, tijekom cijele njene povijesti odvijaju procesi koje možemo uvrstiti u opseg pojma zagađivanja. Tako je, npr., vulkanska aktivnost veliki proizvođač zagađivanja u prirodi, jer njeni sumporni otpaci uništavaju život u atmosferi. Zatim, prirodno gomilanje soli stvorilo je mrtva mora i pustu zemlju, itd.

Isto je tako neispravno misliti da je samo čovjek zagađivač svoga prirodnog okoliša, jer to je karakteristika i drugih živih vrsta.

Međutim, s čovjekom i zahvaljujući čovjeku ekološki problem postaje osobito aktualan, jer čovjek, za razliku od ostalog Biosisa, umjetno egzistira i opstanak temelji na svijesnom savladavanju prirodnog okoliša. Upravo zbog toga, kao što je poznato, s čovjekom se zaustavlja prirodna evolucija, jer čovjek ne reagira na izvanjske utjecaje biološkom promjenom radi adaptiranja, nego razvojem i promjenom proizvodnih snaga i usavršavanjem svoje tehnike i znanja. Zato je čovjek najveći zagađivač prirode.

Taj negativan odnos čovjeka prema prirodi nije bio posebno značajan u davnim epohama kad je ljudska vrsta bila malobrojna i kad je priroda mogla apsorbirati sve njene otpatke. "Tek početkom gustog naseljavanja ljudi, stvaranjem prvih gradova i država-polisa pojavio se problem zagađivanja. Naročito je tome pridonijela upotreba vatre koju je čovjek "ukrao bogo-

vima"; pa su prirodni ili čovjekom izazvani požari šume, još uvijek jedan od velikih izvora zagađivanja atmosfere."¹⁾

Međutim, tek je industrijalizacija i sve intenzivnija urbanizacija do kulminacije aktualizirala problem zagađivanja okoline i tako renesansni panegirik filozofa Francisa Bacona posvećen novoj znanosti kao tehnici svladavanja prirode radi ljepšeg života ljudi u naše vrijeme pretvorilo u tužaljku, jer ekološki problem, ako ga sagledamo u svim njegovim dimenzijama, najopasnije ugrožava ljudski opstanak. I kao što je industrijalizacija kao posljedica novovjekovne tehnički orijentirane znanosti postao globalna karakteristika, tako je i zagađivanje kao njegova neposredna posljedica, koja raste ekponencijalnom krivuljom, u naše vrijeme postalo najizrazitiji globalni problem. Prema mišljenju najjementnijih znanstvenika radi se o općem sustavu uništavanja koji sve više izmiće mogućnosti ljudske kontrole, i to iz slijedećih razloga:

1. Iako je mali broj onih zagađivanja koje danas mjerimo u vremenskim razmacima, ta mjerenja pokazuju da zagađenost raste ekponencijalno;

2. Nema skoro nikakvih spoznaja o tome gdje bi mogle biti gornje granice porasta tih zagađivanja;

3. Postojanje prirodnog razmaka u ekološkim procesima povećava vjerojatnost da nužno potcijenimo kontrolu mjerenja, i tako dođemo neopazice do gornjih granica;

4. Veliki je broj zagađivanja raspodijeljen globalno; njihov se štetni učinak pojavljuje u velikim udaljenostima od točke gdje se stvaraju.

Posljedice zagađivanja postaju primjetne tek kad poprima katastrofalni oblik, kad, npr, izazovu masovan pomor riba, oboljenje većeg broja ljudi itd., ali se slabo primjećuju u svom, po intenzitetu slabijem ali zato ustrajno kontinuiranom procesu,

¹⁾ Supek, R.: "Ova jedina Zemlja", "Naprijed", Zagreb, 1973, str. 75.

čije štetne učinke često shvaćamo kao "prirodnu smrt".

Uz kriterij golog opstanka, nameće se, dakle, i kriterij vrijednosti i kvalitete života. Smisao suvremenih humanističkih nastojanja krije se u težnji da se ljudska egzistencija očuva, ali da se i transformira u život dostojan čovjeka, pa je zato - uz problem očuvanja mira - u suvremenom svijetu postao najdominantniji problem zaštite od zagađivanja.

Zanimljivo je i vrijedno spomena da se ekološkom problematikom bavi i Ustav SFRJ i ustavi naših republika i pokrajina. To je prvi slučaj u svjetskoj povijesti da se ta problematika unosi u ustav. U glavi I "Društveno-ekonomsko uređenje", točka 11. nosi naslov "Zaštita i unapređenje čovjekove okoline". U članu 87. Ustava SFRJ iz 1974. godine stoji:

"Radni ljudi i građani, organizacije udruženog rada, društveno-političke zajednice i druge samoupravne organizacije i zajednice imaju pravo i dužnost da osiguraju uvjete za očuvanje i razvoj prirodnih i radom stvorenih vrijednosti čovjekove okoline, te da sprečavaju i otklanjaju štetne posljedice koje zagađivanjem zraka, tla, vode, vodotoka i mora, bukom ili na drugi način ugrožavaju te vrijednosti, ili dovode u opasnost život i zdravlje ljudi." ²⁾

Da ekološki problem nije periferan, dokazuje i podatak da je Organizacija ujedinjenih naroda problemu zaštite ljudske okoline posvetila posebnu Deklaraciju ³⁾, a tim se pitanjem sve upornije bave i znanstvenici raznih struka u brojnim zemljama.

2.0. CILJ ISTRAŽIVANJA

Dijalektika apsurdna dovela je čovjeka do pitanja: kako usmjeriti tijek razvoja tehnike da bi generacije koje dolaze živjele sigurnije i ljepše? To je pitanje na kom se temelji ljudska budućnost i zato ima univerzalno značenje.

2) Ustav SFRJ, "Službeni list SFRJ" broj 9/74.

3) Deklaracija o ljudskom okolišu. Konferencija OUN, Stockholm, 5-16. lipnja 1972. godine.

Premda je zaštita čovjekove okoline opći problem današnjeg vremena, ona se ipak odlikuje specifičnostima vezanim uz različite vrste ljudske djelatnosti. Nas ovdje zanima drvena industrija i problem je li ona izvor zagađenosti radne i šire sredine, kako bismo identificirali probleme, ako ih ima, i sugerirali njihova rješenja. Zbog poteškoća materijalne naravi naše istraživanje nije moglo biti sveobuhvatno, pa nam je cilj bio tek da identificiramo probleme, koje bismo u toku daljnjih istraživanja konkretizirali i višestruko provjerili. Stoga i ovaj rad smatramo prethodnim izvještajem.

3.0 UZORAK

Istraživanje je provedeno pomoću ankete u toku 1982. godine, u 42 organizacije udruženog rada drvne industrije SR Hrvatske. Anketom je tako obuhvaćeno 418 ispitanika. Organizacije udruženog rada izabrane su tako da su uključene sve kategorije počevši od velikih, preko srednjih do manjih, a isto tako zastupljeni su procentualno u uzorku pilanski radnici, radnici u tvornicama namještaja i u tvornicama građevne stolarije. Poštivana je i regionalna zastupljenost kako bi uzorak obuhvatio područje cijele Hrvatske.

Uzorak je, dalje, bio strogo definiran da bi se dobili što vjerodostojniji podaci. U svakoj od 42 organizacije udruženog rada anketirano je po 10 zaposlenih, i to po 5 radnika, te jedan poslovođa, predsjednik zbora radnih ljudi OOUR-a, predsjednik radničkog savjeta OOUR-a, predsjednik izvršnog odbora Sindikata i sekretar OO SK u OOUR-u. Ako prilikom anketiranja netko od njih nije bio prisutan, anketiran je njegov zamjenik.

Pri anketiranju imali smo i kontrolnu grupu od 10 OOUR-a u drvnoj industriji u kojoj su bili sami radnici u neposrednoj proizvodnji, koji nisu imali nikakve funkcije.

4.0. METODE ISTRAŽIVANJA

U našim istraživanjima koristili smo metodu ankete, jer je ona najjeftinija, najbrža i može biti sveobuhvatna. Pri provođenju ankete koristili smo metodu reprezentativnih uzoraka provjeravanu s metodom slučajnih uzoraka. Naš cilj nije bio da pomoću empirijskih metoda, pomoću instrumenata i kemijskih i drugih reagensa mjerimo objektivno stanje zagađenosti u radnim organizacijama ili u njihovoj bližoj i daljoj okolini, jer to nismo bili u mogućnosti, stoga smo pomoću ankete željeli utvrditi kakvo je stanje zagađenosti na temelju subjektivne procjene samih radnika i kakve se mjere poduzimaju, ako se poduzimaju, da se zagađenost spriječi, a zdravlje radnika zaštititi. Dobiveni rezultati poslužit će nam kao putokaz za daljnja empirijska mjerenja i provjeravanja.

Ekološka anketa sastojala se od šest pitanja koja su glasila:

1. Smatrate li da je vaša radna okolina u ekološkom smislu zagađena?
2. Ako je vaša radna okolina zagađena, kakva je vrsta te zagađenosti?
3. Da li vaša tvornica ili pogon zagađuje širu okolinu?
4. Ako zagađuje širu okolinu, kojim se putem ona odvija?
5. Da li se kod vas provode mjere zaštite od zagađenosti?
6. Ako se provode mjere zaštite, kakve su to mjere?

Neka od pitanja bila su "otvorenog" tipa, tako da je ispitanik mogao odgovoriti što je htio, a neka su bila "zastvorenog" tipa, gdje je ponuđeno kao odgovor nekoliko alternativa, ali tako da je posljednja alternativa mogla obuhvatiti sve druge nedefinirane slučajeve.

Anketiranje pomoću upitnika provodili su novinari, nastavnici i studenti političkih nauka i sociologije, osim u

nekoliko slučajeva, kad su taj posao, na našu zamolbu, obavile same stručne službe u radnoj organizaciji.

Popunjeni upitnici su pregledani, šifrirani i pripremljeni za elektroničku obradu podataka, a zatim su analizirani i dobiveni rezultati.

Anketa je bila anonimna da bi se dobili vjerodostojni odgovori za čitavu drvenu industriju SR Hrvatske, dakle zanimali su nas globalni pokazatelji.

U radu smo se posebno koristili još i statističkom metodom, kao komparativnom metodom.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

5.1. Mišljenje o zagađenosti radne sredine

Da bismo utvrdili da li je u drvnoj industriji radna sredina zagađena ili nije, pošli smo od subjektivne procjene ispitanika, dakle, pošlo se od njihovog mišljenja, koje s obzirom na uzorak u koji je uključen i poslovođa i četiri rukovodioca samoupravnih organa i društveno-političkih organizacija, ipak u velikom je stupnju ocjenbeno.

Na prvo pitanje, koje je glasilo da li je vaša radna okolina u ekološkom smislu zagađena, ponuđena su ispitanicima dva odgovora: "jest" ili "nije".

Od 418 ispitanika dalo je odgovor da je sredina zagađena 211 ispitanika odnosno 60,48% ispitanika, a negativno je odgovorilo 189 odnosno 45,22% od ukupnog broja anketiranih. Na pitanje nije odgovorilo 18 ispitanika (4,30%).

Tablica 1

Broj	Odgovor	Frekvencija	Postotak
1.	Radna sredina je zagađena	211	50,48
2.	Radna sredina nije zagađena	189	45,22
3.	Bez odgovora	18	4,30
Ukupno		418	100

Iz gornje tablice se vidi da više od pola svih anketiranih odgovara da im radna sredina jest zagađena. Odgovori 45,22% ispitanika znače ili se u proizvodnji ne javlja zagađivanje ili je proveden sistem zaštite. Proizlazi da je problem zagađenosti radne sredine u drvnoj industriji dosta naglašen, makar uzeli izjave ispitanika i kao prenaglašene, jer se očito radi o stupnju zagađenosti koja ne prelazi granice dopuštene.

5.2. Vrste ekološke zagađenosti radne sredine

U našem istraživanju zanimala nas je analiza i daljnje preciziranje odgovora onih ispitanika koji su odgovorili da im je radna sredina zagađena. Stoga smo postavili slijedeće pitanje:

Ako je vaša radna sredina zagađena, kakve je vrste ta zagađenost?

Na to pitanje ponuđena su ispitanicima četiri moguća odgovora (tab. 2).

Tablica 2

Broj	Vrsta zagađivanja	Frekvencija	Postotak
1.	Prašinom	144	34,45
2.	Parom kemikalija	34	8,13
3.	Bukom strojeva	62	14,83
4.	Ostalim	9	2,16
5.	Bez odgovora	169	40,43
Ukupno		418	100

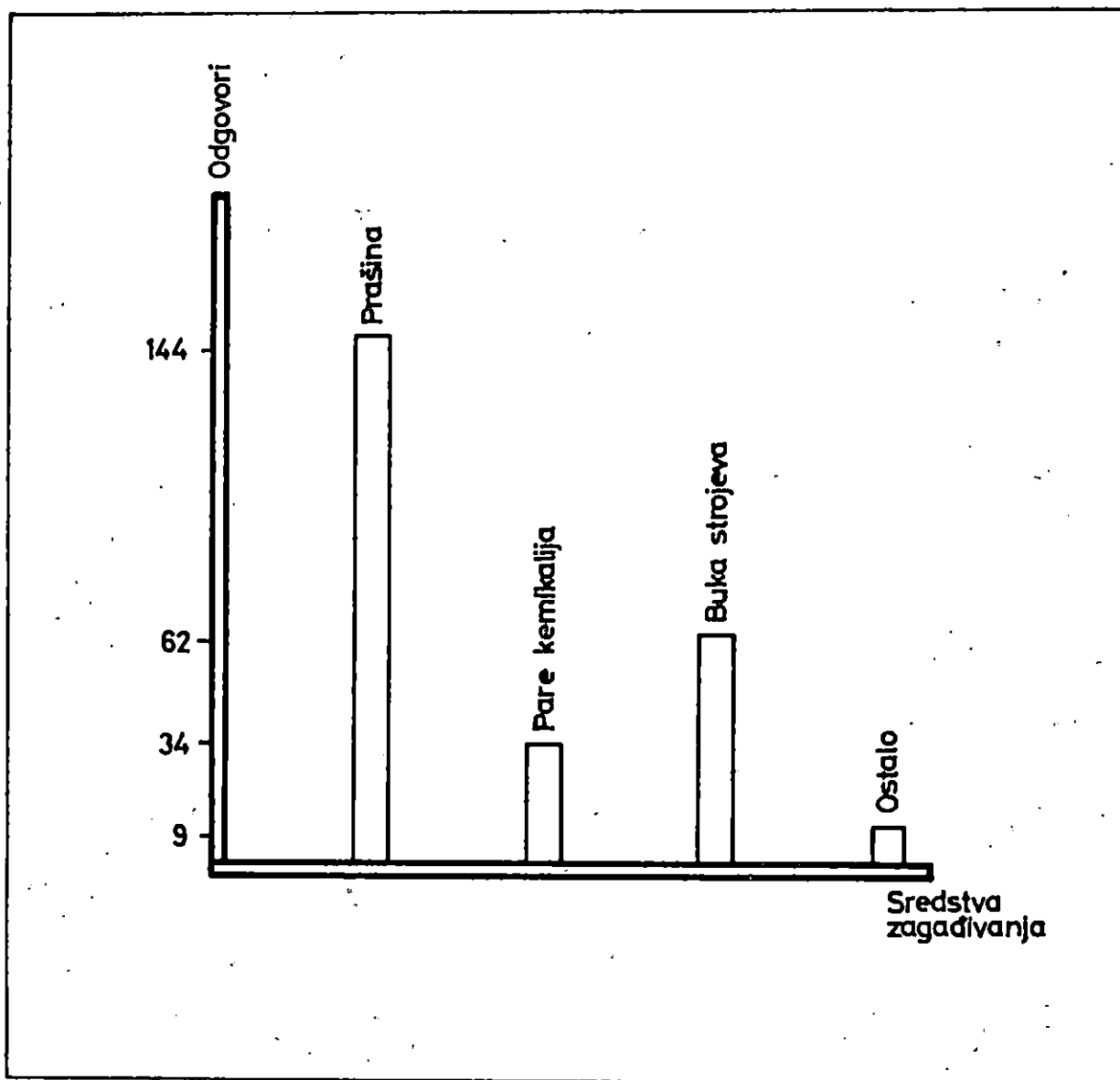
Iz prednje tablice se vidi kvantitativna analiza dobivenih odgovora. Posebno treba naglasiti da je 169 ispitanika uzdržalo se od odgovora, što je i logično jer se prema tablici 1 izjasnilo 189 ispitanika da im radna sredina nije zagađena. Sada ih ipak dvadesetoro više govori o tome kakva je zagađenost. Pretpostavlja se da je to onih 18 bez odgovora na prvo pitanje i još dva koji su rekli da im radna sredina nije zagađena.

Prema dobivenim rezultatima proizlazi da je prašina glavni činitelj zagađivanja radne okoline u drvnoj industriji SR Hrvatske. Tako odgovara 34,45% svih anketiranih ili čak više od 68% od onih koji su se izjasnili da im je radna sredina ekološki zagađena.

Buka strojeva na drugom je mjestu po procjeni ispitanika u ekološkom "zagađivanju" radne sredine, a pare kemikalija na trećem mjestu i iznose nešto više od 8% izjava svih anketiranih.

Ostalih izvora zagađivanja je vrlo malo, a to dokazuje da smo ispravno postavili našu hipotezu i da su tri osnovna izvora zagađivanja: prašina, buka strojeva i pare kemikalija.

Nama je jasno da bi rezultati bili drugačiji da smo proveli anketiranje samo npr. u pilanama ili samo u tvornicama namještaja. Ovako smo dobili globalni presjek stanja.

VRSTA ZAGAĐENOSTI RADNE OKOLINE5.3. Zagađivanje šire okoline

U našem istraživanju zanimalo nas je da li drvna industrija zagađuje svoju širu okolinu. Naime, prethodna istraživanja naših suradnika pokazala su da u blizini nekih tvornica stradava i raslinje.

Postavili smo, stoga, pitanje: da li vaša tvornica ili pogon zagađuje širu okolinu?

Tablica 3

Broj	Odgovor	Frekvencija	Postotak
1.	Ne	320	76,56
2.	Da	80	19,14
3.	Bez odgovora	18	4,30
	Ukupno	418	100,00

Kao što se vidi iz tablice, većina ispitanika, njih 320 ili 76,56% drži da njihova tvornica, odnosno pogon ne zagađuje širu okolinu, 80 ispitanika (19,14%) na to pitanje odgovara afirmativno, tj. da zagađuje, a 18 ispitanika (4,30%) na to pitanje nije odgovorilo.

5.4. Način na koji se zagađuje šira okolina

U našem istraživanju nije nas zanimala samo konstatacija da li tvornica ili pogon zagađuju ili ne zagađuju širu okolinu, nego smo tražili odgovor, ako se okolina zagađuje, na koji način se to odvija. Stoga smo postavili pitanje: ako vaša tvornica ili pogon zagađuje širu okolinu, kojim putem se to odvija?

Ispitanicima je u anketi ponuđeno da se opredijele za jedan od četiri odgovora i to: zagađivanje šire okoline odvija se "putem dimnjaka", "otpadnim vodama", "ispuhom iz strojeva", "nekako drugačije".

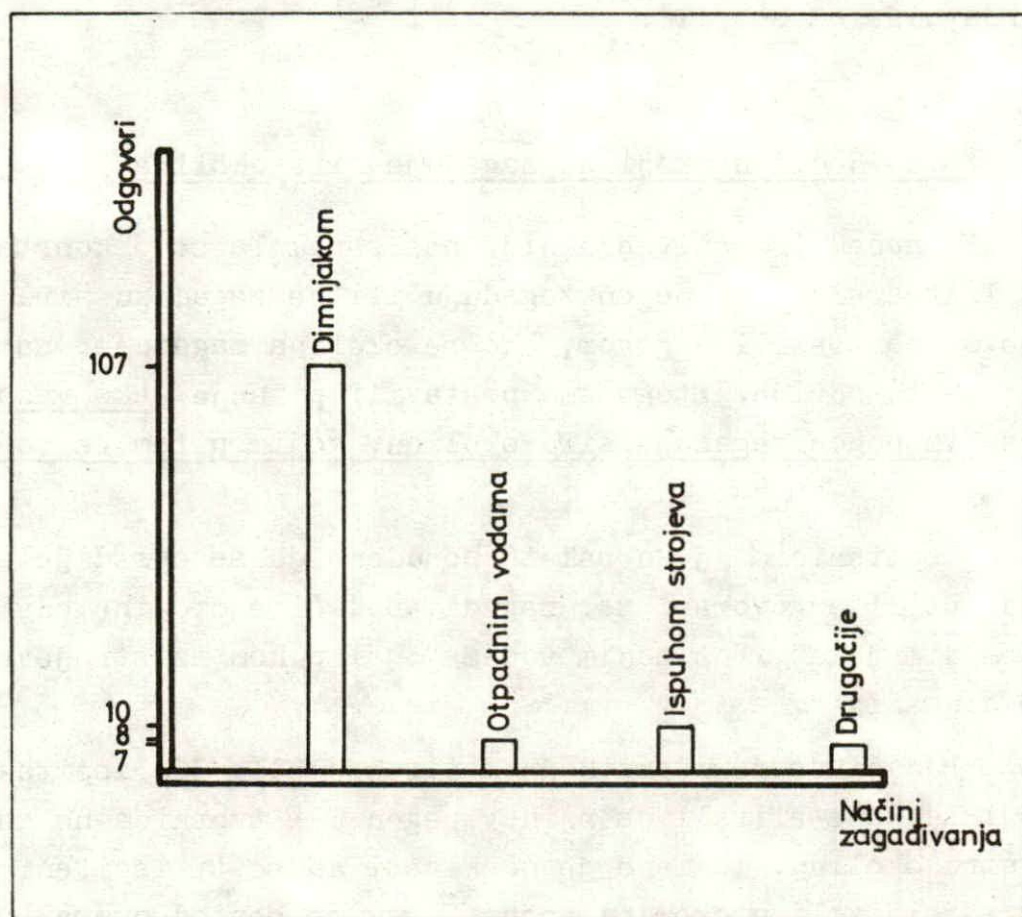
Budući da je u prethodnom pitanju bilo 320 ispitanika koji su konstataciji da njihov pogon ili tvornica ne zagađuje širu okolinu, logično je očekivati da se ti ispitanici nisu opredjeljivali u ovom pitanju. Stoga je bez odgovora bilo

286 upitnika ili 68,42%. Ipak, 34 ispitanika su se "predomislila" i ocjenjivala kakve je vrste zagađenost. Očito da su se ovim pitanjem podsjetili kako se zagađuje šira sredina, pa ove odgovore smatramo vjerodostojnima, jer - podsjetimo se - ipak se radi o slobodnoj procjeni ispitanika.

Tablica 4

Broj	Odvijanje zagađivanja	Frekvencija	Postotak
1.	Dimnjakom	107	25,60
2.	Otpadnim vodama	8	1,91
3.	Ispuhom strojeva	10	2,39
4.	Drugačije	7	1,68
5.	Bez odgovora	286	68,42
Ukupno		418	100

ZAGAĐIVANJE ŠIRE OKOLINE



Kako iz tablice proizlazi, od onih koji su se opredijelili za neku vrst zagađivanja, najviše ih je koji smatraju da se šira okolina zagađuje putem dima i dimnih para. Tako misli više od četvrtine svih anketiranih (25,60%). Strojovima se zagađuje šira okolina, smatra samo 100 ispitanika, otpadnim vodama 8, a na neki drugi način samo 7 ispitanika.

5.5. Mjere zaštite od zagađenosti

Nakon što smo konstatirali u kojem procentu postoji zagađenost radne i šire okoline i kakve je vrste ta zagađenost, namjera nam je bila da utvrdimo da li se u drvnoj industriji provode mjere zaštite od zagađenosti. Ispitanicima smo postavili upravo takvo pitanje.

Tablica 5

Broj	Odgovor	Frekvencija	Postotak
1.	Da	181	43,30
2.	Ne	110	26,32
3.	Ne znam	75	17,94
4.	Bez odgovora	52	12,44
Ukupno		418	100

Kao što se vidi iz prednje tablice, 181 ispitanik (43,30%) odgovara da se u njegovoj tvornici, odnosno pogonu provode mjere zaštite čovjekove okoline, 110 ispitanika odgovara da se kod njih ne provode mjere zaštite, 75 ispitanika nije upućeno da li se provode, a 52 ispitanika ne odgovara na pitanje. Ti kvantitativni pokazatelji na prvi pogled mogu djelovati zbunjujuće. Međutim, pokušajmo provesti kvalitativnu analizu odgovora.

Ovi odgovori da se provodi zaštita nisu sporni. Potrebno je analizirati ostale tri kategorije odgovora. Više

od četvrtine svih anketiranih (26,32%) odgovara da se kod njih ne provode mjere zaštite čovjekove okoline. Na prvi pogled bi taj podatak mogao biti alarmantan. Međutim, ako se prisjetimo uzorka koji smo anketirali, onda je jasno da u nekim pogonima i nije potrebna zaštita, jer zagađenosti nema ili nije dostigla granicu dopuštenoga (npr. pilane).

Dalje, 75 ispitanika (17,94%) kaže da ne zna da li se kod njih provode mjere zaštite. Iako možemo pretpostaviti da stanoviti broj radnika zaista ne zna da li su u dimnjak ili kanalizaciju ugrađeni filteri ili nisu, možemo pretpostaviti da se kod nekih radi o tome da zaštita nije ni potrebna. Ipak, ne bi bilo na odmet da radnici budu upoznati sa svim mjerama zaštite, dakle, potrebna je bolja informiranost.

Velik broj onih koji nisu odgovorili na to pitanje (12,44%) ukazuje također na neinformiranost, odnosno nepoznavanje te problematike.

Mi smo proveli i mikro-analizu tog problema. Pitanje, koje je uslijedilo, glasilo je: ako se provode mjere zaštite, koje su to mjere?

Logično je očekivati da je na to pitanje odgovorilo onih 181 ispitanika koji su na prethodno pitanje odgovorili da se kod njih provode mjere zaštite. Ipak je na ovo pitanje odgovorilo znatno manje ispitanika, samo njih 144. Ovo je bilo tzv. "otvoreno pitanje", tj. svaki ispitanik je trebao ispisati koje se kod njega mjere zaštite provode. Budući da se kod nekih provodi i nekoliko mjera zaštite okoline, na to pitanje dano je 149 odgovora, a 274 ispitanika su se uzdržala. To su pretežno oni koji su odgovorili da nemaju mjera zaštite okoline, koji su se izjasnili da ne znaju imaju li mjere zaštite i oni iz prošlog pitanja koji nisu odgovorili.

Anketa je ustanovila 14 različitih kategorija odgovora, odnosno 14 različitih mjera zaštite čovjekove okoline koje se provode u radnim organizacijama drvne industrije na području SR Hrvatske.

Najučestalija mjera zaštite je ventilacija (50,34%),

zatim slijede filteri (14,10%) i HTZ mjere (10,74%), zaštita od prašine i buke i pročišćavanje otpadnih voda (po 5,37%) itd.

Tablica 6

Mjere zaštite	Broj odgovora	U postotku
Ventilacija	75	50,34
Filteri	21	14,10
HTZ mjere	16	10,74
Otpremanje smeća	7	4,70
Zaštita od prašine i buke	8	5,37
Pročišćavanje otpadnih voda	8	5,37
Zaštitne plinske maske	2	1,34
Otklon piljevine	2	1,34
Razne tehnološke mjere	2	1,34
Ozelenjavanje okoline	1	0,67
Cirkulaciona baterija	1	0,67
Protivpožarne mjere	2	1,34
Eskaucija i zaštitna radna odijela	2	1,34
Sanitetska preventiva i higijenske mjere	2	1,34
Ukupno	149	100,00

Iz odgovora, kojih se broj i frekvencija vidi na prethodnoj tablici, proizlazi da su anketirani miješali mjere zaštite na radu s mjerama zaštite čovjekove okoline, stoga su

rezultati nepotpuni. Postoje, naime, mjere zaštite na radu koje se obavezno provode, a one su ovdje istaknute od malog broja anketiranih, npr. protivpožarne mjere. Odnosno, mogli bismo shvatiti da je većina navodila mjere zaštite čovjekove okoline od proizvodnog zagađivanja, a oni koji ih nisu znali, ili ih, možda, i nema, naveli su mjere zaštite na radu. Međutim, ni ovakvi odgovori ne smiju se zanemariti, jer oni ukazuju na to, na koji se način provodi zaštita. A da se u nekim radnim sredinama ne provodi dovoljno ni jedna ni druga zaštita, pokazuje prevelik broj bolovanja i invaliditeta.

6. ZAKLJUČAK

Sumirajući rezultate ove preliminarnе ankete, možemo zaključiti da su radni ljudi zaposleni u drvnoj industriji SR Hrvatske svijesni opasnosti od ekološke zagađenosti, svijesni su je li ili nije njihova radna sredina ili šira okolica zagađena zahvaljujući njihovoj tvornici, odnosno pogonu. U dosta velikom procentu oni znaju da li se i na koji način provodi zaštita čovjekove okoline kod njih.

Zagađivanje radne sredine u drvnoj industriji, prema podacima iz ankete, najvećim je dijelom posljedica prašine i tek u mnogo manjoj mjeri buke strojeva, kemikalija i drugog.

Kada se radi o zagađivanju šire okoline, najveći broj ispitanika ističe da su dim i para iz industrijskih dimnjaka najveći zagađivači okoline, dok su ispusi iz strojeva, po mišljenju anketiranih, tek u mnogo manjoj mjeri zagađivači.

Iako stupanj te zagađenosti nije alarmantan, i premda se provode zaštitne mjere, očito da zaštitu treba povećati. Na to ukazuje i podatak da je samo 43,30% ispitanika odgovorilo afirmativno na pitanje da li se kod njih provode mjere zaštite od zagađenosti.

7. LITERATURA

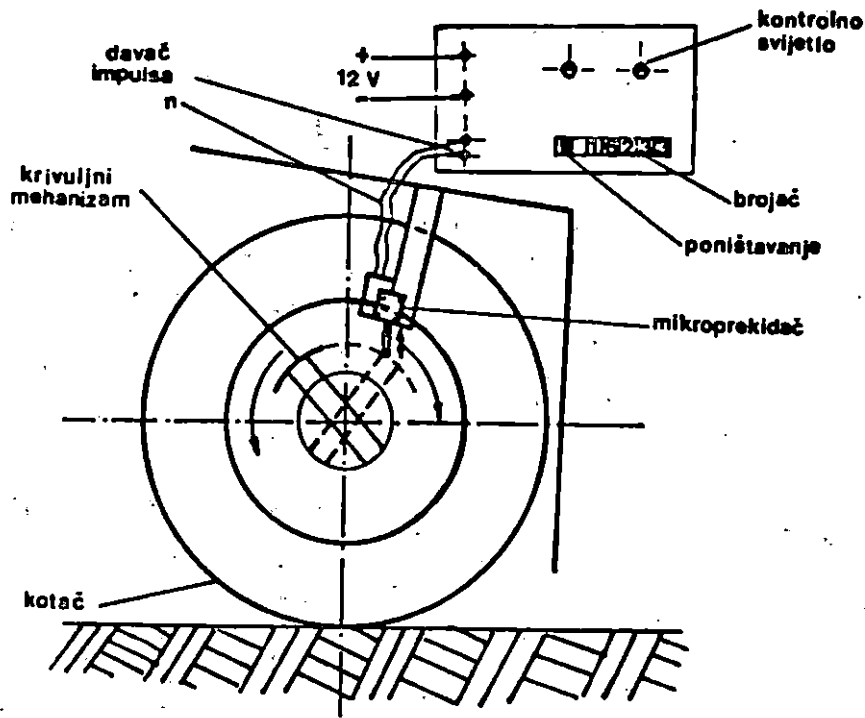
1. HALADIN, S.: Industrijska sociologija. Liber, Zagreb, 1983.
2. SUPEK, R.: Ova jedina Zemlja. Naprijed, Zagreb, 1973.
3. TANIĆ, Ž.: Metodološki pristup u istraživanju i analizi rezultata, Beograd, VŠFN, 1963.
4. * * * : Deklaracija o ljudskom okolišu. Konferencija OUN, Stockholm, 5-16. lipnja, 1972.
5. * * * : Ustav SFRJ, Službeni list SFRJ, broj 9, 1974.

Prof.dr STANISLAV SEVER
 mr DUBRAVKO HORVAT
 ZLATKO OTOPAL, dipl. ing.
 MILAN ČATLAIĆ, dipl. ing.

MJERENJE POTROŠNJE GORIVA VILIČARA I
 NJIHOVE ERGONOMSKE KARAKTERISTIKE

Potrošnja goriva

Mjerenje potrošnje goriva viličara obavljeno je na dva tipa: čelnom, nosivosti 3000 kg i bočnom, nosivosti 5000 kg. Mjerenje je obavljeno po prvi put i cilj mu je bio razvijanje metodike i opreme za mjerenje potrošnje, te upoznavanje s kvantitativnim pokazateljima. Za mjerenje predenog puta korišćen je impulsni brojač okretaja kotača prikazan na slici .



Slika 1. Uređaj za mjerenje okretaja kotača viličara

Količina potrošenog goriva je mjerena nadolijevanjem. Vrijeme je mjereno ručnim kronometrom. Rezultati se mogu analizirati iz tablice 1.

Tablica 1. Mjerenje potrošnje goriva čelnog viličara.

VRSTA RADA	BROJ OKRETAJA KOTAČA n	PRIJEDENI PUT km	POTROŠNJA GORIVA l	BROJ SATI h	PROSJEČNA POTROŠNJA l/100km	PROSJEČNA POTROŠNJA l/h
PUNJENJE KOMORA SUŠIONICE	2397	5,119	3,75	1,55	73,25	1,95
PRAŽNENJE KOMORA SUŠIONICE	1934	4,131	2,90	1,20	70,20	2,17
SNABDIJEVANJE PROIZVODNJE	3077	6,572	4,50	2,18	68,47	1,95
SKLADIŠTENJE	1993	4,257	2,75	1,10	64,50	2,35
ODVOZ OTPADA	504	1,078	0,85	0,20	60,40	1,95
PRAZAN HOD	148	0,316	0,09	0,03	28,48	1,54

Iz ovih osnovnih pokazatelja vidljivo je da se potrošnja goriva kreće od 28,5 l/100 km do 73,3 l/100 km odnosno od 1,54 l/h do 2,35 l/h. Nadalje je uočljivo, da se najveće vrijednosti ne podudaraju, tj. ne događaju se kod iste vrste posla npr. kod uskladištenja je najveća potrošnja goriva po satu, a gotovo najmanja po prijeđenom putu. Razlog je taj što je viličar više radio manipulaciju tereta na mjestu, trošeći energiju za pogon hidrauličke pumpe. Stoga je potrošnja goriva po prijeđenom putu znatno slabiji pokazatelj od potrošnje po satu rada. Stoga kod viličara treba pratiti potrošnju goriva preko potrošnje po satu rada. Kod bočnog viljuškara je potrošnja goriva po satu općenito nešto veća i iznosi 2,8 l/h. U slijedećoj fazi ovih mjerenja ispitat će se kako se potrošnja goriva mijenja u zavisnosti o teretu.

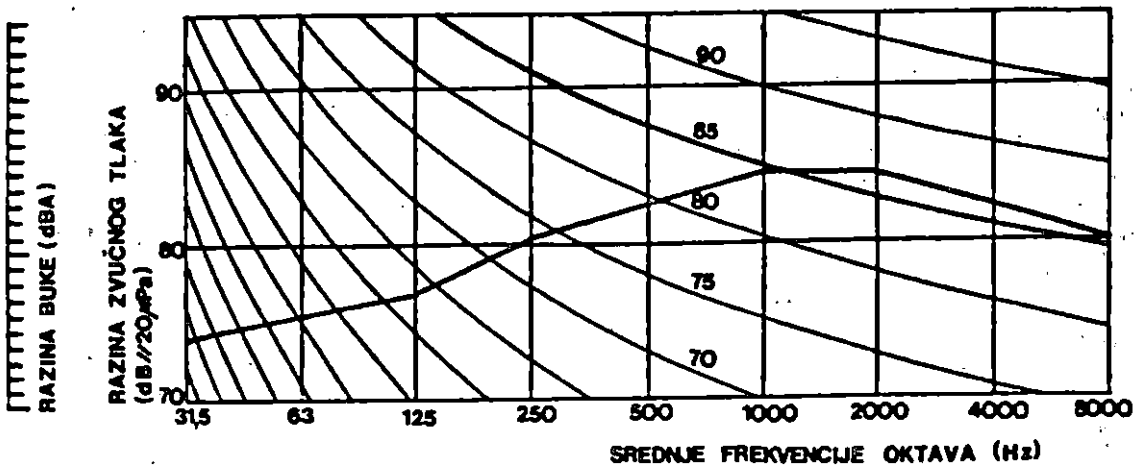
Ergonomske karakteristike viličara

Od ergonomskih značajki viličara mjereni su buka i vibracije na sjedištu vozača. Mjerenje buke je obavljeno zvukomjerom B K 2209, a mjerenje vibracija analizatorom vibracija 3513 s akcelerometrom B K 4321.

Mjerenja su obavljena u tri različita režima:

- prazni hod motora
- najveća brzina vrtnje
- vožnja (kod čelnog viličara i u proizvodnoj hali).

Bukom je čelni viličar opterećen i u vožnji na otvorenom i u pogonu. Opterećenje je preko granice 90 dB(A). Kod najveće brzine vrtnje ukupna razina buke iznosi čak 97 dB(A). Frekventna analiza buke za vožnju po pogonu prikazana je na slici 2.



Slika 2. Mjerenje ukupne razine buke i frekventna analiza u toku vožnje čelnog viličara po pogonu.

Mjerenjem vibracija je utvrđeno da u toku vožnje dolazi do narušavanja komfora i to za čelni viličar za rad od 2,5 sata, a za bočni viličar već za 1 sat.

SREDSTVA ZA IZBJELJIVANJE DRVA

U nekim granama drvne industrije, kao npr. proizvodnji pokućstva i drvnoj galanteriji postoji potreba da se površina drva izbjeljuje. Razlozi izbjeljivanja drva su različiti. Najčešći je razlog izbjeljivanja drva da se dobije estetski ljepša, svjetlija površina. Izbjeljivanje se izvodi zbog uklanjanja mrlja s površine drva, ali i kada se želi dobiti jednoličnija podloga za daljnju obradu. Tako se npr. drvo izbjeljuje prije obrade s močilima s ciljem što boljeg izjednačavanja prirodne boje.

Izbjeljivanje drva je složen proces posebno obzirom na različite vrste drva, koje s sredstvima za izbjeljivanje reagiraju svaka drugačije. Uzrok tome je različit kemijski sastav drva, posebno obzirom na akcesorne dijelove koji variraju od vrste do vrste. Što više, sastav drva varira i u istoj vrsti pa čak i u pojedinim dijelovima istog drva što može imati za posljedicu različito izbjeljivanje. Izbjeljivanjem površine drva razaraju se ili prestrukturiraju one tvari koje uzrokuju obojenost drva. Među te tvari spadaju lignini, tanini, smole, eterična ulja, alkaloidi i dr. Budući da je izbjeljivanje takav kemijski proces pri kojemu može doći i do djelomične razgradnje nekih organskih tvari od kojih se drvo sastoji to se proces izbjeljivanja treba voditi tako da celulozna struktura drva ostane što više netaknuta.

Sredstva za izbjeljivanje drva

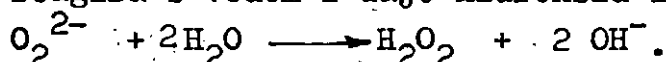
Izbjeljivanje površine drva se može izvesti oksidacijskim ili redukcijskim sredstvima. Oksidacijska sredstva djeluju na obojene tvari drva tako da ih razgrađuju, pri čemu se mora voditi računa i o njihovom djelovanju na strukturu drva. Redukcijska sredstva izbjeljuju tako da reduciraju obojene komponente u neobojene. Redukcijsko izbjeljivanje ima taj nedostatak da dužim stajanjem na zraku, djelovanjem kisika na kromoforne grupe, može doći do slabijeg ili jačeg regeneriranja prvobitne boje površine drva.

Oksidacijska sredstva za izbjeljivanje

Oksidacijsko izbjeljivanje drva se najčešće izvodi pomoću peroksida ili nekim spojevima klora.

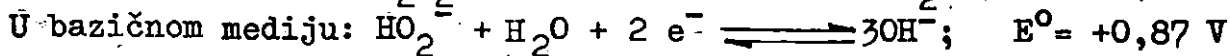
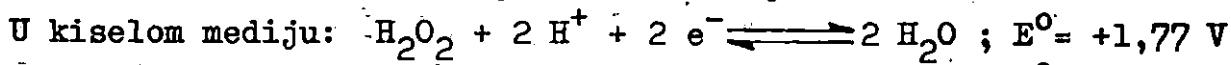
Od peroksida se koriste vodik-peroksid ili natrij-peroksid. Vodik-peroksid je najvažnije sredstvo za izbjeljivanje drva.

Vodik-peroksid, H_2O_2 je bezbojna, sirupasta i eksplozivna tekućina, koja u trgovinu dolazi kao 30%-tna ili 3%-tna vodena otopina. Vodik-peroksid se lako raspada na vodu i kisik po reakciji: $2 \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$, a naročito lako uz prisutnost katalitičkih tvari kao prašine, alkalija iz stakla i svjetla. U vodenim otopinama vodik-peroksid je slaba kiselina koja disocira u dva stupnja: $\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HO}_2^- \rightleftharpoons 2 \text{H}^+ + \text{O}_2^{2-}$. Metalni se peroksidi mogu smatrati za soli H_2O_2 . Peroksid-ion reagira s vodom i daje hidroksid-ion prema jednadžbi:

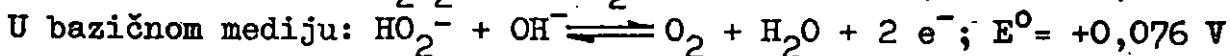
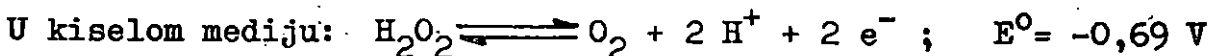


Vodik-peroksid može djelovati kao oksidacijsko, ali i kao redukcijsko sredstvo.

O k s i d a c i j s k o djelovanje vodik-peroksida odvija se prema slijedećim parcijalnim redoks-jednadžbama:

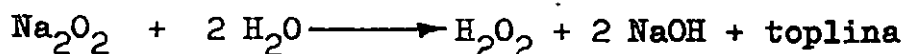


R e d u k c i j s k o djelovanje temelji se na slijedećim jednadžbama:



Iz redoks-potencijala navedenih parcijalnih redoks-jednadžbi vidi se da su oksidacijske osobine vodik-peroksida jače izražene, naročito u kiselom mediju. Kao redukcijsko sredstvo vodik-peroksid je jače redukcijsko sredstvo u alkalnom, nego u kiselom mediju.

Natrij-peroksid, Na_2O_2 je blijedožuti prah. Vrlo je jako oksidacijsko sredstvo. U smjesi s organskim tvarima je vrlo opasan zbog mogućnosti požara, dok sa sumporom, ugljikom ili aluminijem u prahu reagira eksplozivno. Otapanjem u vodi, uz jako hlađenje, nastaje otopina smjese natrij-hidroksida i vodik-peroksida:



Do povišenja temperature prilikom otapanja Na_2O_2 dolazi zbog egzotermnog nastajanja hidrata $\text{Na}_2\text{O}_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$.

Bez hlađenja dolazi do razvijanja kisika, jer se nastali H_2O_2 , zbog povišenja temperature naglo raspada na vodu i kisik.

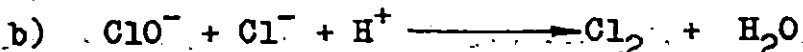
Osim toga, na taj raspad djeluje katalitički i natrij-hidroksid koji nastaje hidrolizom: $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{NaOH} + 1/2 \text{O}_2$. Prema ovoj reakciji nastali natrij-hidroksid može iz vlažnog zraka vezati ugljik (IV)-oksid ($2 \text{NaOH} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$) pa natrij-peroksid služi i kao sredstvo za obnavljanje zraka u zatvorenim prostorima, jer veže CO_2 i razvija kisik. Na_2O_2 služi za izbjeljivanje svih vrsti biljnih i životinjskih tvari.

Od spojeva klora za oksidacijsko se izbjeljivanje drva upotrebljavaju klor, Cl_2 ; natrij-hipoklorit NaOCl , natrij-klorit NaClO_2 i klor-dioksid ClO_2 .

Oksidacijsko djelovanje klora temelji se na reakciji klora s vodom pri čemu nastaje "nascentni" kisik: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{HCl} + \text{O}$. Zato se vlažni klor koristi za izbjeljivanje i dezinfekciju. Tvari izbjeljene klorom treba poslije postupka obraditi s "antiklorom" za odstranjivanje zaostalog klora, npr. natrij-tiosulfatom, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, koji ga reducira u kloride.

Natrij-hipoklorit, NaClO se tehnički dobiva uvođenjem klora u otopinu natrij-hidroksida: $\text{Cl}_2 + 2 \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O}$. Natrij-hipoklorit hidrolizira prema reakciji:

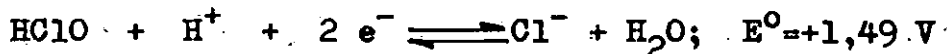
$\text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NaOH} + \text{HClO}$ pa otopina djeluje lužnato i zato se bjeljenje izvodi uz prisutnost razrijeđene kloridne kiseline. Dodavanjem kloridne kiseline otopinama hipoklorita nastane prvo hipokloritna kiselina (jednadžba a), koja oksidira prisutne klorid-ione u elementarni klor (jednadžba b):



Nastala hipokloritna kiselina je nepostojana i lako se raspada uz otpuštanje kisika: $2 \text{HClO} \rightleftharpoons 2 \text{H}^+ + 2 \text{Cl}^- + \text{O}_2$ i predstavlja jako oksidacijsko sredstvo.

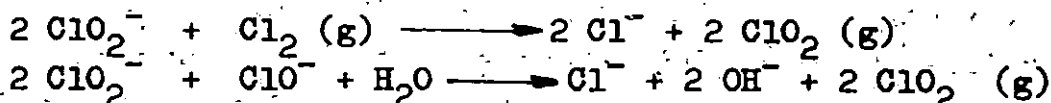
Redoks potencijal parcijalne redoks jednadžbe:

$2 \text{HClO} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$; $E^0 = +1,63 \text{ V}$ pokazuje da je hipokloritna kiselina jako oksidacijsko sredstvo. Dobiveni klor je i sam oksidacijsko sredstvo pa se redukcija može nastaviti do klorida:



Kao što se vidi iz redoks-potencijala gornjih jednažbi hipokloritna kiselina je jače oksidacijsko sredstvo od klora.

Natrij-klorit, NaClO_2 . Natrij-klorit je čvrsta bijela sol koja sadrži 90-95% NaClO_2 . Zbog sigurnosti rukovanja dolazi u trgovinu sa 10-15% vode. Oksidacijom s klorom ili natrij-hipokloritom oslobađa se klor-dioksid:

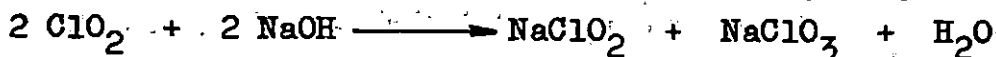


Budući da je klor-dioksid opasan zbog eksplozije to se njegova upotreba temelji na gornjim reakcijama. Čvrsti NaClO_2 sa organskim tvarima te ugljenim, sumpornim i metalnim prahom tvori eksplozivne smjese. Zagrijavanjem preko 200°C se lako raspada, ali bez eksplozije.

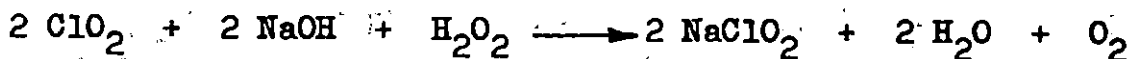
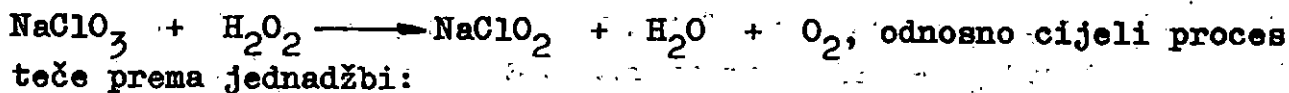
Klor-dioksid, ClO_2 . To je žuti, otrovan plin, oštra mirisa. U čvrstom stanju (talište -76°C) je u obliku narančasto crvenih kristala, a u tekućem (vrelište $9,9^{\circ}\text{C}$) je crveno smeđa tekućina. Vrlo je eksplozivan, već pri slabom zagrijavanju i dodiru s tvarima koje se lako oksidiraju, pa se za bjeljenje stabilizira vezanjem uz piridin, $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ pri čemu nastane $\text{C}_5\text{H}_5\text{N} \cdot \text{ClO}_2$.

Reakcijom klor-dioksida s vodom nastane nestabilna kloritna kiselina: $2 \text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO}_2 + \text{HClO}_3$

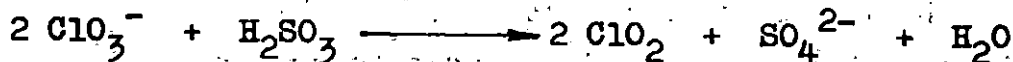
pa se zato radi s alkalijskim lužinama koje daju stabilnije soli:



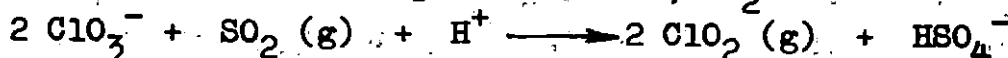
Ukoliko se istovremeno u reakciju dodaje i vodik-peroksid doći će do redukcije prisutnih klorata u klorite:



Za tehničke se potrebe klor-dioksid proizvodi redukcijom klorata sa sulfitnom kiselinom:



odnosno redukcijom sa sumpor-dioksidom, SO_2 :



Klor-dioksid se bez opasnosti može dobiti na mjestu potrošnje oksidacijom natrij-klorita s klorom ili natrij-hipokloritom, kako je već opisano.

Klor-dioksid se lako otapa u vodi, a udisanje 0,1%-tnog razrjeđenja u zraku kroz 1-2 minute je smrtonosno. Izbjeljivanje klor-dioksidom je vrlo povoljno, jer on djeluje uglavnom na lignin i akcesorne djelove, dok celuloza ostane praktično neoštećena. Izbjeljivanje klor-dioksidom je naročito povoljno za papir.

Redukcijska sredstva za izbjeljivanje

Redukcijsko izbjeljivanje drva koristi se rjeđe nego oksidacijsko, odnosno u nekim posebnim slučajevima. Najčešće korištena sredstva za redukcijsko izbjeljivanje drva su oksalna kiselina, natrij-hidrogensulfit i sumpor-dioksid.

Oksalna kiselina, $\text{HOOC-COOH} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ dolazi u obliku prozirnih, bezbojnih kristala koji se otapaju u vodi, alkoholu i eteru. Otopine oksalne kiseline su otrovne.

Izbjeljivanje oksalnom kiselinom, kao i drugih redukcijskih sredstava, temelji se na reduciranju kromofornih grupa. Nakon upotrebe oksalne kiseline izbjeljenu se površinu treba ispirati vodom. Poslije vodik-peroksida je najbolje sredstvo za izbjeljivanje drva.

Najviše se upotrebljava za izbjeljivanje hrastovine te za uklanjanje mrlja od rde.

Natrij-hidrogensulfit, NaHSO_3 dolazi u obliku bijelih kristala ili bijelog praha. Lako se topi u vodi, a zagrijavanjem raspada.

Redukcijsko djelovanje natrij-hidrogensulfita temelji se na slijedećoj jednadžbi:



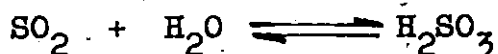
(Sulfiti su znatno jača redukcijska sredstva, naročito u alkalnom mediju: $\text{SO}_3^{2-} + 2 \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^-; E^0 = +0,90 \text{ V}$).

Izbjeljuje relativno slabo, ali je prikladan za izbjeljivanje zelenih pruga na trešnjevini, kao i onih vrsta drva koje sadrže tanin. Koristi se tako da se nakon kvašenja površine drva otopinom natrij-hidrogensulfitom, još mokra površina obradi

razrijeđenom kloridnom kiselinom, HCl.

Sumpor(IV)-oksid, sumpor-dioksid, SO₂ je anhidrid sulfitne kiseline, H₂SO₃. To je bezbojan plin bockavog mirisa, sa vrelištem -10°C.

Otapanjem SO₂ u vodi nastaje sulfitna kiselina:



koja djeluje na boje drva redukcijski, analogno sulfitima i hidrogensulfitima.

Pomoću sumpor-dioksida izbjeljuju se najčešće sitniji drvno-galanterijski proizvodi. Izbjeljivanje se vrši tako da se nakvašeni proizvodi poslažu na rešetke u dobro zatvorene sanduke u koje se dovodi SO₂ ili u kojima se zapali sumpor, koji gorenjem daje sumpor-dioksid: S + O₂ → SO₂.

Sažetak

Opisana su sredstva koja se najčešće koriste za površinsko izbjeljivanje drva. Od oksidacijskih sredstava to su vodik-peroksid, H₂O₂; natrij-peroksid, Na₂O₂; klor, Cl₂; natrij-hipoklorit, NaClO; natrij-klorit, NaClO₂ i klor-dioksid, ClO₂. Od redukcijskih su sredstava spomenuti oksalna kiselina, HOOC-COOH; natrij-hidrogensulfit, NaHSO₃ i sumpor(IV)-oksid, SO₂.

Literatura

- Biffi M.: Poznavanje materijala II, Šumarski fakultet-Zagreb, 1984.
 Filipović I., Lipanović S.: Opća i anorganska kemija, Školska knjiga, Zagreb, 1982.
 Opačić I.: Oksidativno izbjeljivanje drva, Drvarski simpozij, Zagreb, 1971.
 Rašić M.: Bijeljenje drva vodikovim superoksidom, Drvna industrija XVII (1966), 109-113.