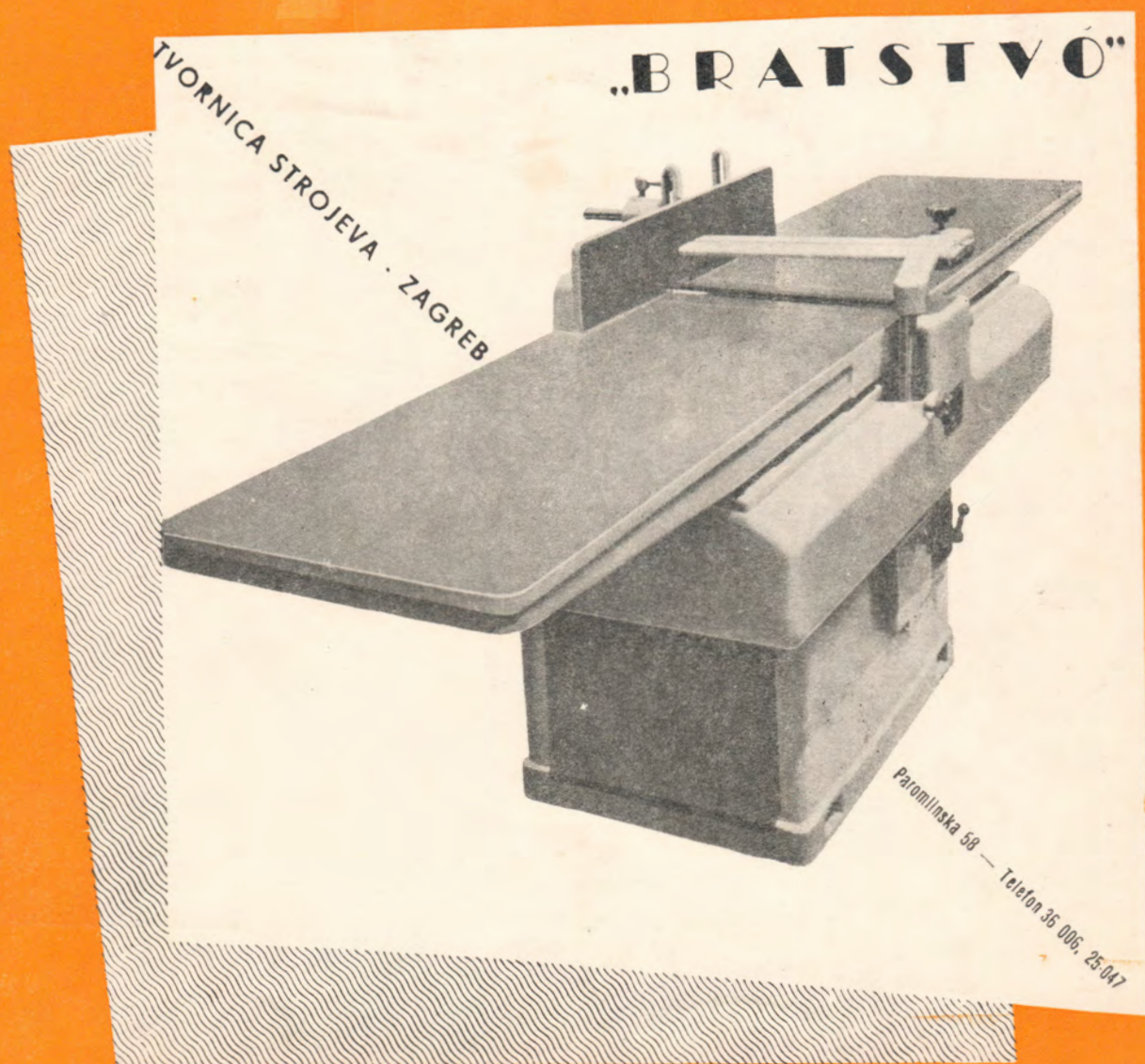


DRVNA INDUSTRIJA



BR. 5-6

SVIBANJ - LIPANJ 1957.

GODINA VIII.

EXPORTDRVO

PODUZEĆE ZA IZVOZ DRVA I DRVNIH PROIZVODA

ZAGREB - MARULIČEV TRG 18

Telegram: Exportdrvo, Zagreb - Telefoni: 36-251 i 37-323



OBAVLJA NAJPOVOLJNIJE PUTEM SVOJ
JIH RAZGRANATIH VEZA:

I Z V O Z:

PILJENE GRAĐE LIŠČARA / PILJENE
GRAĐE ČETINJARA / DUŽICA HRA
STOVIH / CELULOZNOG DRVA
OGRJEVNOG DRVA / ŽELJEZNIČKI
PRAGOVA / UGLJA ŠUMSKOG I RE
TORTNOG / ŠPER- I PANEL-PLOČA
FURNIRA / PARKETA / SANDUKA
BAČAVA / STOLICA IZ SAVIJENOG DR
VA / RAZNOG NAMJEŠTAJA / DRV
NE GALANTERIJE / STOLARSKOG ALA
TA I TEZGA / ČETAKA I KISTOVA
TANINSKIH EKSTRAKTA

TIMBER AND ALL WOOD
PRODUCTS EXPORT
TROUGH THE WORLD

DRVNA INDUSTRIJA

Godina VIII.

Svibanj—lipanj 1957.

Broj 5—6

SADRŽAJ

SMJERNICE ZA DALJNI RAD

NAMJEŠTAJ NA SAJMOVIMA U ZAGREBU
I OSIJEKU

ing. Juraj Krpan:
O PROCESU UMJETNOG SUŠENJA DRVETA

Pregled međunarodnog tržišta drveta

»Mi čitamo za Vas«

CONTENTS

DIRECTIVES FOR FUTUR WORK

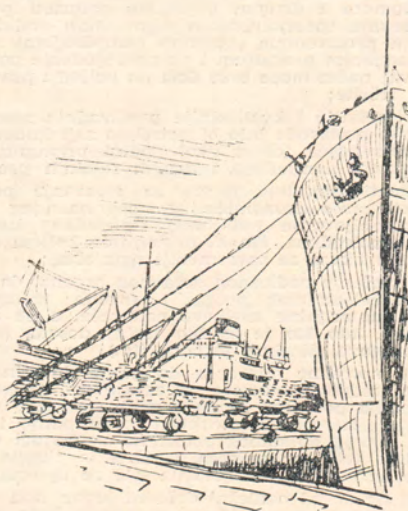
FURNITURE ON THE FAIRS IN ZAGREB
AND OSIJEK

Dr. ing. Juraj Krpan:
ABOUT ARTIFICIAL WOOD DRYING

International Market Tendencies

Timber and Woodworking Abstracts

»DRVNA INDUSTRIJA«, časopis za pitanja eksploatacije šuma, mehaničke i kemijske prerade te trgovine drvetom i finalnim drvnim proizvodima. — Uredništvo i uprava: Zagreb, Gajeva 5/VI. Naziv tekućeg računa kod Narodne Banke 400-T-282 (Institut za drveno industrijska istraživanja). — Izdaje: Institut za drveno industrijska istraživanja. — Odgovorni urednik: Ing. Stjepan Frančišković. — Redakcioni odbor: ing. Matija Gjaić, ing. Rikard Štriker, Veljko Auferber, ing. Franjo Štajduhar, ing. Bogumil Čop i Oto Šilinger. — Urednik: Andrija Ilić. — Časopis izlazi jedamput mjesečno. — Pretplata: Godišnja 600.— Din. Tisak štamparije »Vjesnik«, Zagreb, Masarikova 28



SMJERNICE ZA DALJNI RAD

DONESENE SU NA GODIŠNJOJ SKUPŠTINI UDRUŽENJA DRVNE INDUSTRIJE FNRJ

Dana 29. marta o. g. održana je u Sarajevu Godišnja skupština Udruga drvne industrije Jugoslavije. Skupština je odobrila novoizabrani Upravni odbor, da na osnovu podnesenih izvještaja diskusije i prijedloga za dalji rad izradi zaključke za rad Udruženja u 1957. godini. Shodno prednjem ovlaštenju i odluci Upravnog odbora donio je ove

ZAKLJUČKE

I. NEPOSREDNI ZADACI

1) Putem Savezne industrijske komore i drugih nadležnih organa nastojati na donošenju i sprovođenju takvih odluka i mjera, koje će ubrzati razvoj i unapređenje drvne industrije.

2) Nastojati, da se obezbijede najnužnija finansijska sredstva za potrebe opravdanih rekonstrukcija pogona drvne industrije.

3) Djelovati i dalje u pravcu obezbjeđenja potrebnih deviznih sredstava za nabavku rezervnih dijelova i reprodukcionog materijala iz uvoza, što je važan preduslov za ostvarenje predviđene proizvodnje, njenog daljeg porasta, povećanja izvoza, poboljšanje kvaliteta a naročito povećanje finalne proizvodnje.

4) Posebno u cilju poboljšanja kvaliteta proizvoda drvne industrije, u prvom redu finalnih drvnih proizvoda, potrebno je poduzeti sve mjere i usko saradivati s domaćim tvornicama, da se drvnjoj industriji obezbijedi kvalitetan pomoćni materijal (ljepila, lakovi, brusno platno, okov za namještaj, pile, alat itd). Nastojati, da se obavezu domaće fabrike na donošenje standarda za ove proizvode još u toku ove godine, uz obezbjeđenje potrebnog kvaliteta i asortimana proizvoda. Posebno nastojati, ukoliko domaća proizvodnja nije u mogućnosti da podmiri potrebe drvne industrije s kvalitetnim pomoćnim materijalima, da se pod povoljnijim uslovima nego dosada omogući uvoz ovih artikala.

5) I u ovoj godini povećanje izvoza treba da bude jedan od osnovnih zadataka Udruženja. Voditi stalnu brigu za povećanje izvoza finalnih drvnih proizvoda na račun proizvoda primarne prerade, ali uz obavezan uslov, da je takav izvoz rentabilan i koristan za zajednicu. U cilju izvršenja tih zadataka poduzimati potrebne mjere, da se finalnoj drvnjoj proizvodnji obezbijede potrebna kvalitetna sirovina u dovoljnim količinama, snabdijevajući finalnu proizvodnju neposredno bez posredstva trgovinske mreže, a ostalu sirovinu za preradu (pil. trupe) usmjerivati poduzećima, kojima je to osnovna grana djelatnosti.

6) Nastojati i u ovoj godini na daljoj stabilizaciji i sniženju cijena na tržištu drvnih proizvoda, u kom cilju naročito poduzimati sljedeće:

a) preporučiti nadležnim organima donošenje jedinstvenih propisa za cijelu zemlju i formiranje specijaliziranih poduzeća za promet drvetom i drvnim proizvodima radi pravilnije snabdijevanja reprodukcije i široke potrošnje kao i stabilizacije tržišta;

b) preporučiti proizvođačima namještaja i ostalih finalnih proizvoda obavezno stavljanje na proizvod žiga proizvođača, odnosno porijekla proizvoda i davanje potrebne određene garancije za kvalitet svojih proizvoda potrošačima;

c) u cilju boljeg obezbjeđenja široke potrošnje s namještajem i drugim finalnim proizvodima u zajednici sa Savezom trgovinskih komora i drugim organima poduzeti potrebne mjere za stvaranje specijaliziranih trgovinskih poduzeća za promet drvnim proizvodima (posebno namještajem) s odgovarajućim skladišnim prostorom i uz obezbjeđenje potrebnih kredita. Na ovaj način može brže doći do boljeg i pravilnijeg snabdijevanja tržišta;

d) u cilju jeftinije i kvalitetnije proizvodnje namještaja i ostalih finalnih proizvoda bilo bi potrebno zajedničkim snagama svih proizvođača još u ovoj godini pristupiti izradi standarda kvaliteta namještaja i drugih finalnih proizvoda;

e) poduzimati potrebne mjere za stvaranje posebnih biroa za projektiranje ekonomičnijeg i savremenijeg namještaja, uz osposobljavanje potrebnog trgovačkog kadra za promet ovim proizvodima, što bi pridonijelo boljem odgajanju i formiranju ukusa za savremeniji namještaj;

7) Ishoditi rješenje nadležnog državnog organa, da održavanje vlastitih željezničkih pruga i drugih transportnih naprava tereti materijalne troškove poduzeća, a ne amortizacione fondove, kao što je to bio slučaj dosada (izmjena željezničkih pragova, šinskog pribora itd.).

8) Poduzeti potrebne mjere za dobijanje dovoljnih kredita za obrtna sredstva poduzeća, sa zahtjevom, da se izvrši potrebna korekcija početnog fonda obrtnih sredstava na bazi stvarnog obima proizvodnje, strukture proizvodnje i specifičnih prilika svakog pojedinog poduzeća, uzimajući u obzir normirane zalihe svih sortimenata, a naročito piljene grade, kao i vrijeme normalnog sazrijevanja iste za upotrebu.

9) Obzirom da dosad nadležni državni organ nije obezbijedio potrebna investiciona sredstva za izradu šupa za kon-

verziranje drveta (piljene grade), kojima bi se privremeno dati kratkoročni kredit iz obrtnih sredstava pretvorio odlukom Saveznog organa u propisani investicioni, to se stavlja u zadatak Upravnom odboru, da u tom cilju ishodi odgovarajuće rješenje.

10) U cilju racionalnijeg korišćenja drveta, četinjara kao deficitarnog, svesti izradu tesanih sortimenata na najmanje moguću mjeru. Ovo bi pridonijelo boljem korišćenju kapaciteta primarne prerade.

11) U ovoj godini Udruženje treba još intenzivnije da saraduje sa Sektorom za šumarstvo Saveza poljoprivredno-šumarskih komora u cilju rješavanja svih problema od zajedničkog interesa, koji će poslužiti unapređenju šumske privrede kao cjeline.

U cilju efikasnijeg uzgoja, zaštite i čuvanja šuma s jedne strane, te racionalnijeg i integralnijeg korištenja drvne mase kao sirovine s druge strane, šumska gazdinstva u principu treba da se bave uzgojom, zaštitom i čuvanjem šuma, provodeći samo sanitarne sječe, dok bi industrijska eksploatacija trebala da ostane u sastavu drveno-industrijskih poduzeća.

Takoder ostvariti užu saradnju s udruženjima mašingradnje, metalopreradaivačke i kemijske industrije radi obezbjeđenja drvne industrije potrebnim kvalitetnim mašinama i ostalim uređajima za daljnje rekonstrukcije i novogradnje, kao i radi obezbjeđenja kvalitetnog reprodukcionog materijala.

U cilju povećanja i unapređenja izvoza potrebno je i dalje nastaviti što intenzivniju saradnju sa Sekcijom za drvo Savezne spoljno-trgovinske komore.

Najuže saradivati sa Saveznom industriskom komorom i izvršavati sve njene zaključke u cilju unapređenja i daljeg razvika naše industrije uopće.

U cilju pravilnijeg rješavanja dodjele sredstava iz OIF za veće rekonstrukcije ili podizanje novih pogona za preradu drveta kao i kod dodjele olakšica kod Jugobanke za rekonstrukcije nužno je da nadležni državni organ prije odobrenja sredstava zatraži stručno mišljenje Udruženja i sekcija.

U rješavanju svojih problema, tj. problema drvne industrije Jugoslavije, Udruženje i njegove sekcije treba da usko saraduju s Centralnim i republičkim odborima Sindikata drvodjelskih radnika na zajedničkim zadacima, što će pridonijeti rješavanju bitnih pitanja, kojima je cilj unapređenje proizvodnje i podizanje životnog standarda radnih ljudi u drvnjoj industriji.

U cilju intenzivnijeg rada na unapređenju proizvodnje drvne industrije potrebno je orijentirati Institute za šumarstvo i drvenu industriju radi bržeg rješavanja najaktuelnijih problema drvne privrede.

Pitanju saradnje s inostranim društvima i organizacijama za šumarstvo i drvenu industriju u cilju izmjene iskustava, koja mogu pridonijeti razvoju drvne privrede, pokloniti veću pažnju i obezbijediti jedinstvenu koordinaciju za održavanje potrebnih veza. Isto tako nastojati, da se kod nadležnog državnog organa obezbijede Udruženju potrebna devizna sredstva za ove svrhe.

Potrebno je razmotriti pitanje posebnog tijela između Udruženja drvne industrije Jugoslavije, Saveza šumarskih društava, Sektora za šumarstvo Saveza poljoprivredno-šumarskih komora i Sekcija za šumarstvo Saveza spoljno-trgovinske komore, radi objedinjavanja rada i efikasnije zajedničke saradnje na ovom sektoru s inostranstvom. Na ovaj način nadležni organ, preko koga se uglavnom ovi pozivi na saradnju upućuju, čvršće bi bio povezan s odgovarajućim predstavnikom, a kroz ovakvu saradnju obezbijedila bi se pravilnija i efikasnija izmjena iskustava, koja bi korisno poslužila šumskoj privredi kao cjelini.

II. POSEBNI PROBLEMI DRVNE INDUSTRIJE

1) I u ovoj godini treba nastaviti još intenzivnije s rekonstrukcijama, kako u pilanskoj tako i u finalnoj preradi drveta. Investiciona sredstva za drvenu industriju treba u prvoj etapi prvenstveno usmjeriti na rekonstrukcije, a manjim dijelom na novogradnje. Obzirom na deficitarnost piljene grade četinjara nova ulaganja trebalo bi brže orijentirati na povećanje proizvodnje drvnih ploča radi zamjene četinjarskog drveta, uz prethodnu sigurniju orijentaciju na mogućnost plasmana istih.

2) Poduzimati potrebne mjere u cilju uskladjivanja proizvodnje i potrošnog drveta, a naročito četinjara, jer će i u ovoj, kao i u narednim godinama, predstavljati problem zbog osjetnog povećanja industrije celuloze i drvenjače, proizvodnje uglja, razvoja stambene izgradnje i povećanja proizvodnje onih artikala, za koje se troši piljena grada četinjara, kao što su: ambalaža, namještaj, građevinska stolarija, željeznički vagoni, poljoprivredne mašine i dr.

3) U cilju smanjenja postojećih zaliha kao i nove proizvodnje piljene grade bukke a u zajednici sa Sekcijom za

drvo Savezne spoljnotrgovinske komore i izvoznim poduzećima poduzimati stalne potrebne mjere u cilju što bolje obrade vanjskog tržišta za veći plasman ovog artikla. Naravno, razmotriti mogućnost veće potrošnje ovog artikla na domaćem tržištu za proizvodnju raznih finalnih proizvoda kao i za potrebe ostale industrije, građevinarstva i zanatstva. Radi toga potrebno je ponovo razmotriti pitanje cijena na domaćem tržištu kao i ukidanje poreza na promet.

4) U cilju daljeg razvoja finalne drvne industrije i plasmana ovih proizvoda na domaćem i vanjskom tržištu potrebno je, pored analiza daljih potreba u zemlji, solidnije i sistematskije proučiti i mogućnosti proširenja plasmana ovih proizvoda na inozemnom tržištu.

5) U posljednje se vrijeme osjeća sve veća tendencija velikog dijela drvno-industrijskih poduzeća za svaštastvo, pa bi u tom cilju bilo potrebno veće usmjeravanje ka savremenoj organizaciji proizvodnje, kao što je: specijalizacija i kooperacija poduzeća, tipizacija proizvodnje, a sve u cilju veće produktivnosti rada i racionalizacije, što bi dovelo do daljeg sniženja troškova proizvodnje i stabilizacije tržišta.

6) Radi usklađivanja sirovinske baze sa kapacitetima za primarnu i finalnu preradu drveta, uključujući naročito i kemijsku preradu drveta, potrebna je hitna izrada čvršćih perspektivnih planova, kako po republikama tako i u okviru Jugoslavije. Na ovaj način jedino bi se mogao usmjeriti pravilan razvoj drvne industrije Jugoslavije u cjelini. Osim toga, ovim planovima trebalo bi predvidjeti reviziju i dokidanje onih pogona, koji nemaju ekonomskih i drugih uslova za dalji rad.

7) S odgovarajućim organima pronaći rješenje za povećanje proizvodnje smole radi obezbjeđenja rastućih potreba na kalofonijumu i terpentinu za industriju papira i kemijsku industriju.

8) U cilju obezbjeđenja priliva stručnih kadrova, kvalificiranih i visokokvalificiranih radnika i tehničara u drvnoj industriji potrebno je poduzeti mjere za proširenje kapaciteta i bolju opremu postojećih škola i otvarati nove škole za potrebe drvne industrije.

Radi sprovođenja ovih mjera Udruženje i njegove sekcije nastojat će, da se obezbijedi što pravilnija raspodjela sredstava iz Fonda za kadrove na pojedine grane u okviru republika i srezova, naročito vodeći računa, da srezovi zajednički usmjeravaju dio svojih sredstava iz Fonda za kadrove za podizanje školskih objekata (centara) i održavanje postojećih škola, koje će služiti ili služiti za potrebe grane na širem području.

Isto tako treba i ubuduće usko saradivati sa svim stručnim školama, koje spremaju kadrove za potrebe drvne industrije, i u njihovom svakodnevnom radu i izvršavanju zadataka pružiti im kao i dosada svu moguću potrebnu pomoć.

9) U cilju bržeg rješavanja pitanja produktivnosti rada u drvnoj industriji i unošenja više sistema za unapređenje proizvodnje potrebno je u ovoj godini poduzeti naročito sljedeće:

a) nastojati da se u što većem broju poduzeća, a naročito većih, oforme biroa za unapređenje proizvodnje, jer je na tom poslu relativno malo dosada urađeno.

Ispitati mogućnost formiranja zajedničkih biroa, koji bi određenoj grupi poduzeća služili kao servis za studiozno i praktično rješavanje ovih pitanja;

b) da ne bi dostignuća jednog poduzeća o postignutim mjerama i uspjesima na unapređenju proizvodnje ostala vlasništvo samo toga poduzeća, bilo bi potrebno i korisno da Udruženje, odnosno njegove sekcije, objedinjuju postignute rezultate i sa materijalima upoznaju sva druga poduzeća, kako bi ih i ona mogla koristiti u svome radu;

c) pristupiti izradi jedinstvenog metoda mjerenja i praćenja podataka o produktivnosti rada;

d) poduzeti neophodne mjere putem nadležnih organa, da se za rad u cilju unapređenja proizvodnje kod poduzeća, instituta i drugih ustanova, koje se bave problemima unapređenja drvne industrije, odobravaju veća sredstva za te svrhe;

e) nastojati, da se obezbijedi puna suradnja svih ustanova i organizacija, koje se bave pitanjima unapređenja proizvodnje i produktivnosti rada u drvnoj industriji i eksploataciji šuma.

10) Obzirom na ogromnu važnost unapređenja proizvodnje i produktivnosti rada u drvnoj industriji, a posebno sredivanja sistema nagrađivanja, potrebno je, da Udruženje i njegove sekcije angažiraju sve svoje snage, da se obezbijedi i sprovede što temeljitije i savjesnije analitička procjena posla, kao jedan od važnijih zadataka Udruženja u ovoj godini.

III. ZADACI U VEZI S RADOM UDRUŽENJA I NJEGOVIH ODBORA

1) I dalje nastojati da nijedno poduzeće drvne industrije Jugoslavije ne ostane neučlanjeno u Udruženje.

2) Putem republičkih sekcija nastojati, da rad Udruženja bude što sadržajnije i isti približiti rješavanju najvažnijih pitanja za unapređenje i bolje odvijanje proizvodnje drvne industrije.

3) Jačati ulogu Udruženja i sekcija kroz određene zadatke, čiji je cilj vođenje jedinstvene politike drvne industrije kao privredne grane.

4) U cilju daljeg unapređenja metoda rada treba u prvom redu orijentirati Udruženje i njegove sekcije na rješavanje općih problema grane, koji moraju imati prioritet ispred interesa pojedinih poduzeća i ne dozvoliti, da se Udruženje i njegove sekcije pretvore u servis za rješavanje tekućih pitanja poduzeća.

5) Udruženje i njegove sekcije treba da angažiraju dovoljan broj stručnih snaga, kako bi se osposobili za efikasnije izvršenje svojih zadataka.

6) U cilju upoznavanja radnih kolektiva s radom Udruženja i njegovih sekcija potrebno je, da Udruženje i sekcije ovo sprovedu na prigodan način, a u prvom redu putem redovnog objavljivanja problematike i materijala u odgovarajućoj štampi.

Pošto se osjeća nedostatak u pogledu upoznavanja radnih kolektiva s radom Udruženja i sekcija, to se zaključuje, da su poduzeća obavezna upoznavati organe upravljanja, pa i kolektiv, s radom Udruženja i sekcija.

7) I dalje jačati ulogu stručnih odbora i komisija Udruženja i u njihovom sastavu i radu angažirati najbolje stručnjake, koji će biti u stanju da obrade problematiku, koja stoji pred drvnom industrijom i da predlažu konkretna rješenja. U tom pogledu, t. j. u formiranju stručnih odbora i komisija, Upravni odbor treba da ih oformi onoliki broj, koliko bude potrebno, imajući u vidu, da se radom obuhvate svi važniji problemi grane, jer je obrada pojedinih problema i pitanja u stručnim odborima i komisijama davala dosada dobre rezultate.

8) Poduzeća bi trebala bolje nego dosada da odgovaraju na pojedina traženja Udruženja i njegovih sekcija, kako u pogledu bolje obrade podataka, tako i na vrijeme, jer će se samo na taj način moći odgovoriti postavljenim zadacima od strane nadležnih organa, od čega često zavisi i donošenje nekog rješenja ili odluke, koja se odnosi na probleme drvne industrije.

9) Udruženje mora nastojati, da u vođenju jedinstvene politike u drvnoj industriji suzbija sve eventualne suprotne tendencije, koje bi naročito mogle doći do izražaja kod investicionih ulaganja, te da uskladuje interese drvne industrije s ostalim granama u privredi u cilju općeg napretka naše zemlje.

Za naprednu drvnu industriju i obrt

UROFIX

FENOFIX

FIBROFIX

sintetska ljepila



**Tvornica boja i lakova
Zagreb, Radnička 43**



**NAMJEŠTAJ
NA
SAJMOVIMA
U ZAGREBU
I OSIJEKU**



RA DRYNA INDUSTRIJA VRBOVSKO



Na proljetnom Međunarodnom Zagrebačkom Velesajmu, koji je održan od 13. do 23. IV., i na Izložbi šumarstva, drvne industrije i modernog namještaja, koja je održana u Osijeku od 18. do 26. V. ove godine, prikazane su brojne izvedbe modernog namještaja. Time je još jednom naša finalna drvna industrija dokazala, da kreće novim putovima i da svoju proizvodnju nastoji približiti evropskom nivou.

O PROCESU UMJETNOG SUŠENJA DRVETA

I UVOD

Proces umjetnog sušenja drveta sastoji se u odstranjivanju jednog dijela vode iz drveta na način, kojim mu se što manje oštećuje kvaliteta. Faktori, o kojima ovisi proces, mogu se kod umjetnog sušenja podešavati po potrebi. Teorija procesa sušenja drveta nastoji ustanoviti utjecaj tih faktora na proces sušenja i na osnovu toga unaprijed odrediti u bilo koje vrijeme način upravljanja procesom, razdiobu vode u drvetu i trajanje sušenja. Ona je povezana s teškim i dugotrajnim računanjem. Ovdje je izložena na takav način, da se može primijeniti bez dugotrajnog i teškog računanja. Iako teorija procesa sušenja drveta ima i nedostataka, ipak se može korisno primijeniti, naročito za određivanje razdiobe vode u drvetu u bilo koje vrijeme u toku sušenja i za računanje trajanja sušenja. Kako je drvo čvrsto tijelo, to se i teorija sušenja drveta uključuje u teoriju sušenja čvrstih tijela. Zbog toga ćemo se najprije ukratko osvrnuti na klasičnu teoriju sušenja čvrstih tijela, uglavnom prema radovima SHERWOOD-a.

II. — TEORIJA SUŠENJA ČVRSTIH TIJELA

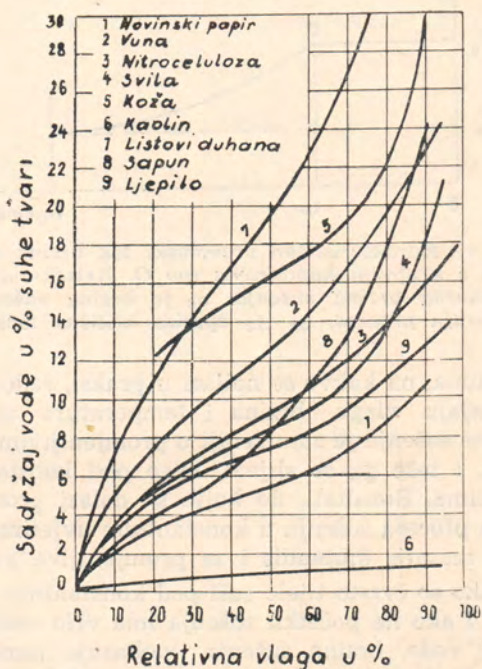
Poticaaj za razvoj teorije sušenja čvrstih tijela dali su radovi SHERWOOD-a (oko 1930.). Problemom sušenja čvrstih tijela bavili su se kasnije: NEWMANN, CEAGESKE, HOUGEN, FISCHER, MACCREDDY, MACCABE i drugi. Specijalno sušenjem drveta bavili su se BATEMAN, HOFF, STAMM i brojni drugi, koji će još biti spomenuti.

Proces sušenja čvrstih tijela može se promatrati s gledišta ravnoteže vlage i brzine sušenja.

1) Ravnoteža vlage

Ravnoteža vlage je pojava, da neke tvari koloidne ili vlaknate strukture, kao drvo, papir, tekstil, koža i druge, ako su dovoljno dugo izložene utjecaju uzduha kod **stalne temperature**, podešavaju svoju vlagu vlazi uzduha. Vlazi uzduha odgovara određeni sadržaj vode u čvrstom tijelu, koji se zove **vlaga ravnoteže** (higroskopska ravnoteža vlage). Tijela, koja podešavaju svoj sadržaj vlage vlazi uzduha, zovu se higroskopska. Higroskopsko tijelo zadržava vlagu ravnoteže tako dugo, dok se ne promijeni vlaga okolnog uzduha, njegova temperatura ili oboje. Vlaga ravnoteže predstavlja donju granicu, do koje se može osušiti higroskopsko tijelo kod određene temperature i vla-

ge uzduha. Ako higroskopsko tijelo ima veći sadržaj vlage od vlage ravnoteže, koja odgovara određenom stanju uzduha, ono gubi vlagu, suši se, a ako ima manji sadržaj vlage od onog, koji odgovara vlazi ravnoteže, ono prima vlagu, navlažuje se. Kako sušenje čvrstih tijela uzduhom nalazi veliku primjenu, to je vlaga ravnoteže od velike važnosti za sušenje higroskopskih tijela. Zbog



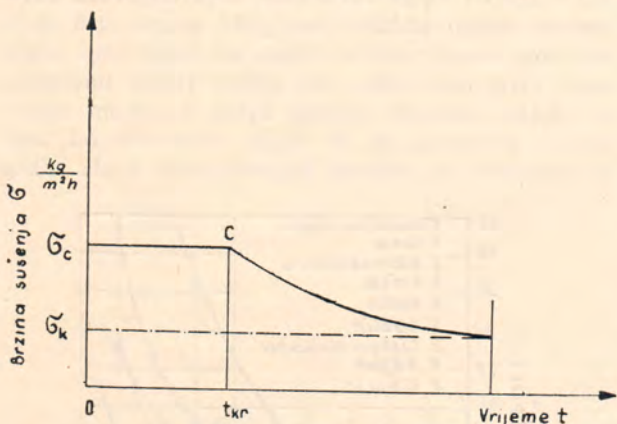
Sl. 1 — Krivulja vlage ravnoteže kod temperature 25°C (po W. L. Badgeru — W. L. MacCabeu i K. Kudzneru).

toga se nastojalo odrediti vlagu ravnoteže raznih tijela kod konstantne temperature i razne vlage uzduha. Sl. 1 pokazuje nekoliko krivulja vlage ravnoteže kod 25°C. Krivulje, koje pokazuju vlagu ravnoteže, zovu se **higroskopske izoterme**, jer su određene za stalnu temperaturu. Sl. 1 pokazuje, da se različita tijela suše u određenom stanju uzduha do vrlo različitog sadržaja vlage. Neki od spomenutih istraživača označuju vlagu, koja je veća od vlage ravnoteže, tj. vodu, koju iz nekog tijela treba sušenjem ukloniti, kao »slobodni sadržaj vode«. To ne treba miješati s pojmom slobodne vode u drvetu. Ako na pr. neko tijelo na početku sušenja sadrži 60% vode, a na kraju sušenja 10% vode, tada je »slobodni sadržaj vode« (voda koju treba sušenjem odstraniti) $60\% - 10\% = 50\%$.

2) Brzina sušenja

Brzina sušenja je količina vode (ili druge tekućine), koja se iz nekog tijela isparuje po jedinici površine (1 m^2) u jedinici vremena (1 h).

Sušenje čvrstog tijela najjednostavnije se promatra pod **konstantnim uvjetima**, pod kojima se razumijeva konstantna vlaga, brzina, smjer i temperatura uzduha. U promjenljivim (tehničkim)

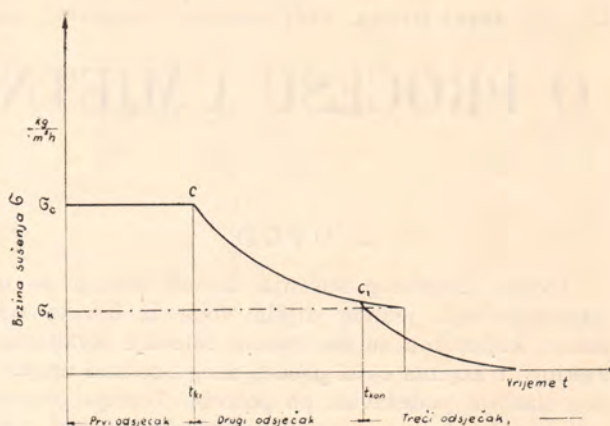


Sl. 2 — Karakterističan vremenski tok brzine sušenja tijela s krupnim ikapilarama (po O. Krischeru). G_c je konstantna brzina sušenja. G_k je brzina sušenja na kraju procesa, t_{kr} je apscisa kritične točke.

uvjetima, na kakve se nailazi u praksi, redovno se mijenjaju vlaga, brzina i temperatura uzduha. Proces sušenja je zamršeniji u promjenljivim uvjetima, i teže ga se slijedi, nego pod konstantnim uvjetima. Rezultati, do kojih se dolazi promatranjem procesa sušenja u konstantnim uvjetima, vrijede mutatis mutandis i za promjenljive uvjete.

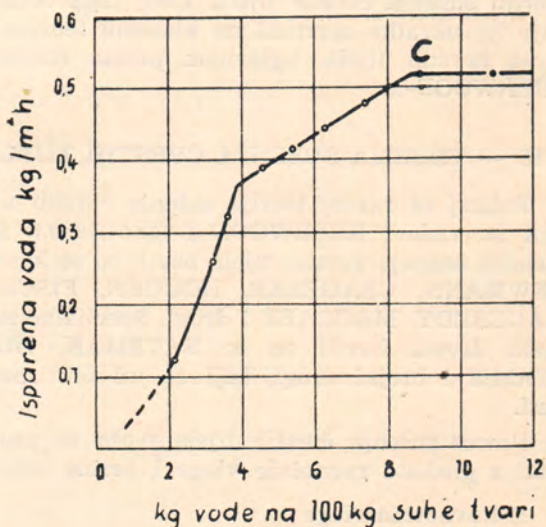
Ako se čvrsto tijelo suši pod konstantnim uvjetima i ako na početku sušenja ima vrlo veliki sadržaj vode, brzina sušenja pokazuje jasno dva perioda, i to: **period konstantne i period usporene brzine sušenja**.

a) **Period konstantne brzine sušenja** javlja se od početka sušenja vrlo vlažnog čvrstog tijela do jedne određene točke. U jednakim vremenskim razmacima isparuju se jednake količine vlage s jedinice površine onoga tijela, koje se suši. Na površini vrlo vlažnog tijela formiran je neprekinuti sloj vode, zvan **vodeni film**. Voda se isparuje s vodenog filma kao sa slobodne površine vode. Kako je brzina sušenja u ovom periodu nepromjenljiva, to je na sl. 2 predstavljena pravac, paralelan s apscisnom osi. Sl. 2 prikazuje vremensku krivulju brzine sušenja čvrstog nehigroskopnog tijela. U jednom trenutku počinje se usporavati brzina sušenja (točka C na sl. 2). Sadržaj vlage, koji odgovara stanju u točki C (sl. 4), zove se **»kritični sadržaj vlage«**, a točka C **kritična točka**. U kritičnoj točki završava period konstantne brzine sušenja. U tom periodu čvrsto tijelo poprima temperaturu vlažnog termometra, ako u toku suše-



Sl. 3 — Karakterističan tok sušenja higroskopnih tijela (po O. Krischeru), G_c je konstantna brzina sušenja, t_k je brzina sušenja na kraju drugog odsječka.

nja prima toplinu samo od uzduha, a ne i od okolnih ploha zračenjem ili vodljivom toplinom od podloga na kojima leži, a koje poprimaju temperaturu suhog termometra. Iz potonjih razloga može se desiti, da će čvrsto tijelo imati višu temperaturu (obično $2-3^\circ\text{C}$) od temperature vlažnog termometra. U toku perioda konstantne brzine sušenja vodeni film je neprekinut.



Sl. 4 — Tipična krivulja sušenja (po T. K. Sherwoodu).

b) **Period usporene brzine sušenja** nastaje od kritične točke i traje kod nehigroskopnih čvrstih tijela do kraja sušenja (sl. 2), a kod higroskopnih do točke C1 na sl. 3. U kritičnoj točki C kida se vodeni film na površini drveta, jer je ta površina mjestimično već osušena. Na neprekinutom dijelu vodenog filma voda se i dalje isparuje u okolni uzduh. Isparivanje je mjerodavno i za drugi odsječak vremenske krivulje sušenja. Brzina sušenja usporava se zato, što se zbog trganja filma smanjuje površina, na kojoj se vrši isparivanje, a **brzina sušenja se obračunava na jedinicu površine**

(1 m²). Stoga je razumljivo, da će se kod iste brzine isparivanja u prvom i drugom odsječku krivulje dobiti u drugom odsječku manji iznosi za brzinu sušenja, i to tim manji, što se jače smanjuje površina vodenog filma. Na kraju drugog odsječka završava se sušenje nehigroskopnog tijela. Kod higroskopnog tijela završava drugi odsječak vremenske krivulje brzine sušenja, kad na površini nestane vodenog filma; to je u trenutku, kad površina tijela dođe u ravnotežu s okolnim uzduhom (točka C₁ na sl. 3). Od trenutka, kad je površina higroskopskog tijela u ravnoteži s okolnim uzduhom, nastupa treći odsječak na vremenskoj krivulji sušenja, koji završava, kad cijela masa higroskopnog tijela postigne ravnotežu s vlagom uzduha. To je kraj sušenja kod higroskopnih tijela. S drugim odsječkom na sl. 3 završilo bi sušenje nehigroskopnog tijela.

U trećem odsječku vremenske krivulje sušenja nije više mjerodavno isparivanje s vodenog filma, jer filma više nema, već je mjerodavna difuzija vode u tijelu.

Ako se na apscisu nanese sadržaj vode čvrstog tijela, a na ordinatu brzina sušenja (kg/m²/h), dobiva se **krivulja sušenja** (sl. 4).

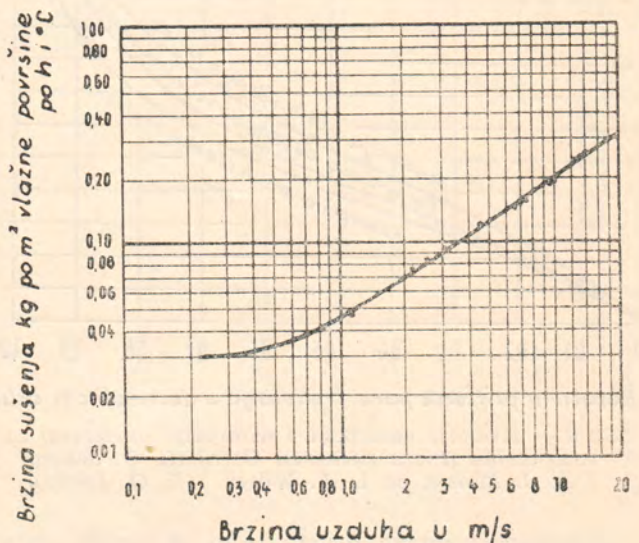
3) Utjecaji mjerodavnih faktora

Postavlja se pitanje, kakav utjecaj na brzinu sušenja ima stanje uzduha (vlaga, brzina, smjer i temperatura uzdušne struje).

a) **Utjecaj vlage uzduha.** U prvom i drugom odsječku vremenske krivulje sušenja voda se isparuje s vodenog filma i difundira u uzdušnu struju kroz razmjerno tanki sloj uzduha, koji je u dodiru s graničnom plohom (površinom), a zove se **granični sloj**. On je zasićen vodenom parom, dok se na površini tijela nalazi vodeni film. Pogonska sila za difuziju kroz granični sloj je razlika između relativne vlage uzduha u graničnom sloju i u uzdušnoj struji. Ta se razlika smanjuje povećanjem vlage uzdušne struje, a tim se smanjuje i količina pare, koja prolazi kroz granični sloj u uzdušnu struju. Čim za sušenje postane mjerodavna difuzija unutar čvrstog tijela — a ona postaje mjerodavna u trećem odsječku krivulje sušenja — vlaga uzduha gubi direktan utjecaj na brzinu sušenja.

b) **Utjecaj brzine i smjera uzdušne struje na brzinu sušenja.** Uzdušna struja uklanja vodenu paru s površine drveta. Što je brža struja uzduha, to je brže uklanjanje vodene pare s površine drveta. Povećanje brzine uzduha ubrzava sušenje u prvom i drugom odsječku krivulje sušenja, tj. za vrijeme, dok je mjerodavno isparivanje vode na površini tijela. U trećem odsječku krivulje sušenja, za koji je mjerodavna difuzija, brzina uzdušne

struje gubi izravni utjecaj na brzinu sušenja. Odnos između brzine uzduha i brzine sušenja prikazan je u log-koordinatama na sl. 5 pravcem, koji ima nagib oko 0,6 iz čega slijedi, da je brzina sušenja eksponencijalna funkcija brzine uzduha s eksponentom 0,6. Sl. 5 prikazuje eksperimentalne podatke za jednodimenzionalno sušenje prešanih vlaknaca (5 cm × 5,2 cm × 1,52 cm) za papir, dobivenih sulfitnim postupkom, koja su imala sadržaj vode iznad 100%. Na brzinu sušenja utječe i smjer uzdušne struje na taj način, što će granični sloj uzduha biti tanji, kad uzduh struji okomito na plohu, koja se suši, nego kad struji paralelno s površinom tijela, koje se suši.



Sl. 5 — Utjecaj brzine uzduha na brzinu sušenja (po T. K. Sherwoodu).

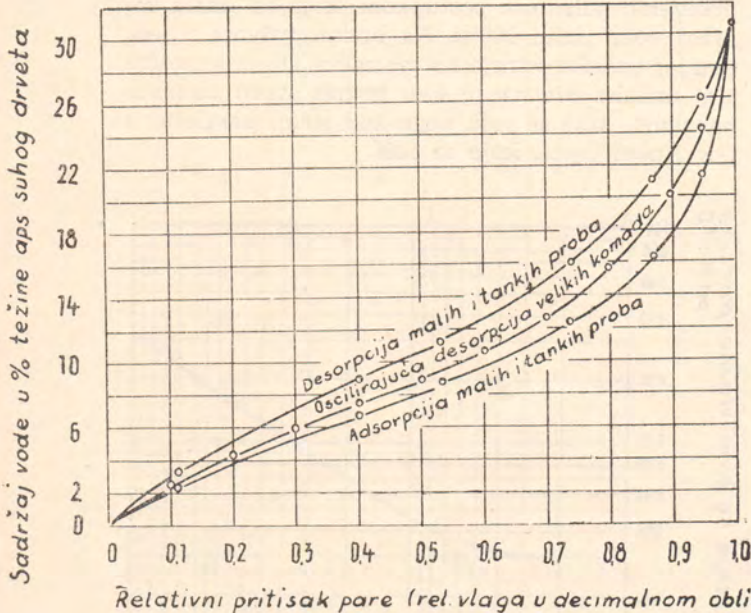
c) **Utjecaj temperature uzduha** očituje se u toku čitavog procesa sušenja. Povećanjem temperature povećava se isparivanje vode, koje je mjerodavno u prva dva odsječka krivulje sušenja. Temperatura ima utjecaj na sušenje i u trećem odsječku krivulje sušenja, u koje je mjerodavna difuzija. Povećanjem temperature povećava se difuzija, jer se smanjuje viskozitet vode. Temperatura jače utječe na brzinu sušenja, kad je mjerodavno isparivanje, nego kad je mjerodavna difuzija.

III. — TEORIJA SUŠENJA DRVETA

Drvo je čvrsto, higroskopno, koloidno tijelo, vlaknate strukture, i za njega vrijedi ono, što je rečeno o sušenju čvrstih higroskopnih tijela. Proces sušenja drveta treba promatrati s gledišta ravnoteže vlage i brzine sušenja imajući u vidu njegovu strukturu i kretanje vode u njemu. Naprezanja, koja se pojavljuju u drvu prigodom sušenja, nisu ovdje tretirana.

1. Vlaga ravnoteže.

Drvo kao i druga higroskopna tijela podešava svoju vlagu vlazi uzduha kod stalne temperature. Sl. 6 predstavlja higroskopske izoterme smrekovine kod temperature 25°C. Fenomeni adsorpcije (upijanja vode) i desorpcije (gubitka vode) zovu se zajedničkim imenom sorpcija. Sorpcija vode osobito je važna za drvo, jer zbog nje nastaju mnoge



Sl. 6 — Krivulje adsorpcije i desorpcije (histereza) za smrekovinu (*Picea sitchensis* Carr.) (C. O. Seborg i A. J. Stamm po L. E. Wiseu i E. C. Jahnu).

promjene svojstava drveta. Ako se sirovo drvo izlaže različitoj vlazi uzduha kod stalne temperature, dobiva se krivulja desorpcije, a ako se apsolutno suho drvo izlaže različitoj vlazi uzduha, dobiva se krivulja adsorpcije.

Nepoklapanje krivulja adsorpcije i desorpcije — osim u blizini krajnjih točaka kod 0% i 100% rel. vlage — zove se **histereza**. Fenomen histereze primijećen je najprije na pamuku [MUELLER (1882), SCHLOESING (1893.), MASSON i RICHARDS (1906.), URQUHART i WILLIAMS (1924. — 1926.)], zatim na raznim vlaknastim materijalima [KUJIRAI, KOBAYSHI i TORYAMA (1923.)] pa i na drvetu i njegovim vlakancima. [PIDGEON i MAASS (1930.), CAMPBELL i PIDGEON (1930.), SEBORG i STAMM (1931.)].

U svim istraživanim slučajevima i kod svih istraživačkih materijala ležala je krivulja adsorpcije ispod krivulje desorpcije. MÖRATH (1932.) je za drvo dobio krivulju adsorpcije, koja je ležala blizu krivulje desorpcije vjerojatno radi toga, što nije u toku eksperimentiranja mogao održavati sasvim konstantnu temperaturu.

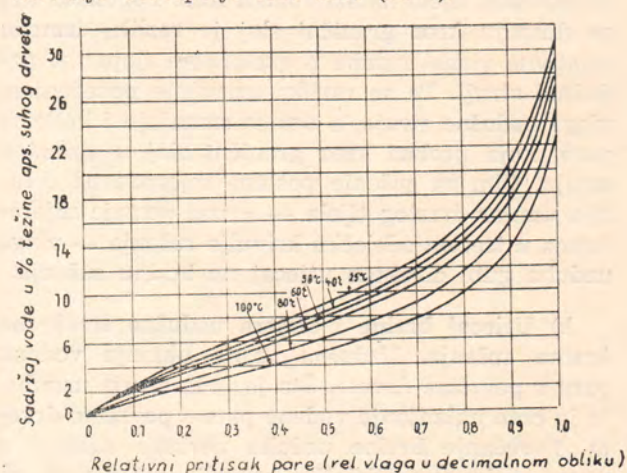
Ima više teorija, koje nastoje rastumačiti fenomen histereze. Prema ZSIGMONDY-ovoj teoriji (1912.) razlog histerezi treba tražiti u meniskusima tekućine u kapilarama. Uvjerljiva je URQU-

HART-WILLIAMS-ova teorija (1924.), koja histerezu dovodi u vezu s hidroksilnim (OH) grupama. Hidroksilne grupe pridržavaju vodu. Sušenjem se oslobađaju hidroksilne grupe, a kako se kod sušenja drvo uteže, hidroksilne se grupe približavaju jedna drugoj, i neke od njih se međusobno zasićuju te nisu više u mogućnosti da primaju vodu, kad se suho drvo izlaže utjecaju vlažnog uzduha. To je po istoj teoriji razlog, što krivulja adsorpcije leži ispod krivulje desorpcije. BARKAS-ova teorija (1939.—1948.) nastoji teoretski histerezu drveta dovesti u vezu s naprezanjima, koja uzrokuje bubrenje.

SEBORG (1937.) je našao, da je za celulozne materijale omjer između sadržaja vlage, očitanih s krivulje adsorpcije i sadržaja vlage, očitanih s krivulje desorpcije konstantan i da iznosi oko 0,85. Prema tome, kod celuloznih materijala krivulja desorpcije daje oko 15% veće vrijednosti nego krivulja adsorpcije.

STAMM i LOUGHBOROUGH (1934.) sušili su velike komade smrekovine u kontroliranim uvjetima i našli krivulju ravnoteže (oscilirajuća desorpcija — sl. 6), koja leži između krivulja desorpcija i adsorpcija, određenih na malim smrekovim probama. To je moguće vjerojatno samo zbog gradijenta vlage, koji se uspostavlja u drvetu nakon što otpočne sušenje. Centralni dijelovi drveta vlažniji su od površinskih. Vlaga se kreće od centralnih dijelova drveta prema površinskim; to je desorpcija za centralne dijelove, jer oni gube vodu. Ta voda na putu prema površini drveta može biti adsorbirana od drugih dijelova drveta. Na taj se način kod sušenja mogu istovremeno javljati fenomeni desorpcije i adsorpcije.

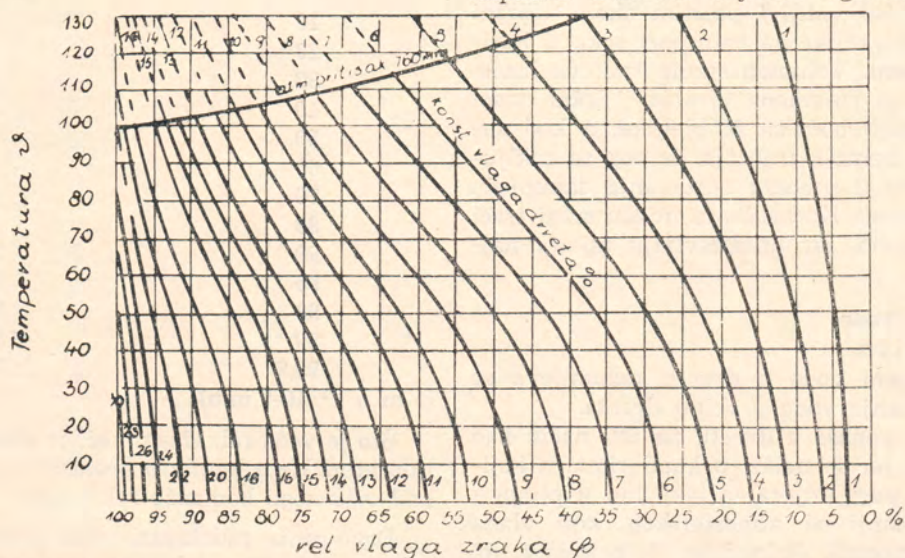
STAMM i LOUGHBOROUGH su pronašli sušenjem velikih komada smrekovine u dobro kontroliranim uvjetima, da višoj temperaturi odgovara niža vlaga ravnoteže, t. j. da za više temperature krivulje desorpcije leže niže (sl. 7).



Sl. 7 — Krivulje desorpcije kod raznih temperatura za velike komade smrekovine (*Picea sitchensis* Carr.) (A. J. Stamm i K. Loughborough po L. E. Wiseu i E. C. Jahnu).

Higroskopnost celuloznih materijala može se smanjiti kuhanjem u vodi, parenjem ili kratkotrajnim grijanjem na temperaturi 200—300°C ili dužim grijanjem kod temperature 100°C. Smanjivanjem higroskopnosti smanjuje se bubrenje i utezanje.

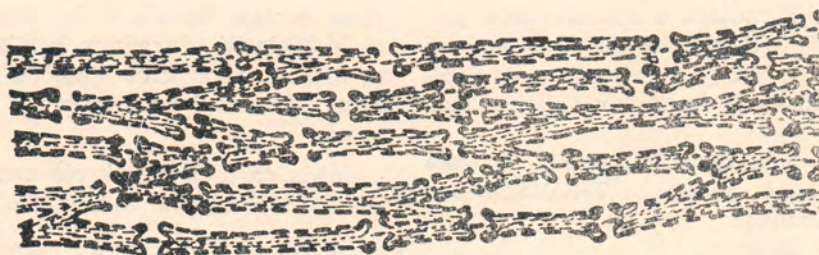
smolnih kanala i sržnih trakova, koji su ispušteni radi jednostavnosti. Strukturni elementi na sl. 9 odvojeni su jedan od drugoga, a između njih je voda. U prirodi su strukturne jedinice međusobno povezane. Sve bjeline na šemi (sl. 9) predstavljaju kapilare. Stanične stijenke izgrađene su iz kon-



Sl. 8 — Higroskopske izoterme za smrekovinu po K. Loughboroughu, koje je R. Keylwerth preračunao u °C i ekstrapolitirao na temperature iznad 100°C (po F. Kollmannu).

Vlaga ravnoteže za razno stanje uzduha očitava se s dijagrama sl. 8, koji je KEYLWERTH preračunao na CELSIUS-ovu skalu po podacima LOUGHBOROUGH-a za smrekovinu (*Picea sitchensis* Carr.), a može se upotrebiti bez većih griješa i za druge vrste drveta.

častih fibrila, koji leže uglavnom paralelno s uzdužnom osi vlakanaca. Fibrili se razmiču, kad drvo prima vodu, a približavaju se, kad je gubi. To se očituje na vanjskim dimenzijama drveta kao bubrenje i utezanje u radijalnom i tangencijalnom smjeru. Bubrenje i utezanje u smjeru vlakanaca



Sl. 9 — Shema tangencijalnog presjeka nabubrenog četinjavog drveta (po L. E. Wiseu i E. C. Jahnu).

2) Struktura drveta

Drvo je kapilarno porozno tijelo, sastavljeno od stanica, koje su međusobno srasle. Drvena tvar je kod svih vrsta drveta više manje jednoličnog kemijskog sastava. Izgrađena je iz ugljika, kisika i vodika. Glavne komponente drveta su celuloza i lignin. Kako su i celuloza i lignin higroskopne tvari, to je i drvo higroskopno. Specifična težina apsolutno suhe drvene tvari jednaka je kod svih vrsta drveta i iznosi prosječno 1,5 g/cm³, a koleba u granicama od 1,46 do 1,56, već prema metodi određivanja.

Sl. 9 šematski pokazuje strukturu nabubrenoga četinjavog drveta na tangencijalnom presjeku bez

može se praktično zanemariti, jer su fibrili orijentirani u tom smjeru. U tom je smjeru vrlo malene bubrenje i utezanje, osim ako se fibrili otklanjaju od uzdužnog smjera. U tom se slučaju jedan dio bubrenja i utezanja u poprečnom smjeru prenosi na dužinu drveta. Struktura drveta utječe na način pridržavanja vode na kretanje vode kroz drvo i na griješke, koje se javljaju u toku sušenja.

Između vlakanaca srževine i bjeljike postoje znatne razlike u pogledu sušenja. Kod sirove srževine četinjava drveta sva je voda u vlakancima, a stanične su šupljine ispunjene uzduhom i vodenom parom. Kod sirove su bjeljike stanične stijenke zasićene vodom, a i stanične su šupljine

djelomično ispunjene vodom, a djelomično mješavinom uzduha i vodene pare. Stanične stijenke srčevine djelomično su zapunjene organskim tvarima i ekstraktima; zato se srčevina sporije suši nego bjeljikovina, jer je srčevina manje porozna.

Sve vrste drveta imaju sržne trakove, samo ovi kod svih nisu vidljivi prostim okom. Sržni traci služe kod bjeljike za transport soka u horizontalnom smjeru. Volumen sržnih trakova iznosi 7—8% ukupnog volumena drveta. Sržni traci ubrzavaju sušenje bočnica iz bjeljike, a kod sušenja srčevine nemaju utjecaja. Iz tog se zaključuje, da se oni u procesu osržavanja zapunjuju organskim tvarima. Kod sušenja utječu sržni traci na pucanje drveta, jer predstavljaju mjesta najmanjeg otpora.

3) Kretanje vode.

a) Općenito.

Pod kretanjem vode u drvetu razumijeva se svako premještanje vode u tkivu drveta.

Voda se ne ponaša u drvetu na isti način kao voda u posudi, jer se nalazi u kapilarima, u kojima je pritisak pare (mjera za tekućinu u plinovitom stanju) manji od atmosferskog, koji vlada iznad vode u posudi. Jednadžba (1) pokazuje, da je pritisak u kapilari manji za $2 \sigma/r$ od atmosferskog:

$$p = p_0 - \frac{2 \sigma}{r} \quad (1)$$

p je pritisak vodene pare u kapilari, p_0 je atmosferski pritisak iznad slobodne površine vode, σ je površinska napetost u din/cm, a r je polumjer kapilare. Zbog te nejednakosti između pritisaka diže se voda u kapilari sve dotle, dok stupac vode u kapilari ne drži ravnotežu s atmosferskim pritiskom. Iz jednadžbe (1) vidi se, da će se voda u kapilari dizati to više, što je manji polumjer kapilare. Kapilarni pritisak je negativan i djeluje kao nateg.

Odnos između polumjera kapilare i pritiska vodene pare u njoj pokazuje THOMSON-ova (KELVIN-ova) jednadžba:

$$r = \frac{2\sigma M}{\rho RT \ln \frac{p_2}{p_1}} \quad (\text{cm}) \quad (2)$$

u kojoj je: r polumjer kapilare u cm, σ napetost površine (za vodu 73,5 din/cm), M molekularna težina (za vodu 18 g), ρ uvećana gustoća vode kod adsorpcije 1,3 g/cm³, p_1 , p_2 relativni pritisak pare (rel. vlaga u decimalnom razlomku), p_2/p_1 recipročna vrijednost rel. pritiska pare, od koje se uzima prirodni logaritam, p_1 bilo koji pritisak, a p_2 pritisak zasićenosti, R apsolutna plinska konstanta u cgs sistemu $8,31 \times 10^7$ erga/°K, $T = 273,2 + \vartheta$ °C apsolutna temperatura u °K.

THOMSON-ova jednadžba služi kao relativna mjera za računanje reda veličina kapilara, jer daje veličine, koje se teško mogu mjeriti. Po njoj se može računati približna rel. vlaga, s kojom je u

ravnoteži voda u kapilarama kod dane temperature. THOMSON-ova jednadžba pokazuje, da polumjer kapilare varira s rel. vlagom.

Relativna vlaga %	Polumjer kapilara po THOMSON-ovoj jednadžbi u μ
10	0,210
20	0,664
30	0,972
40	1,165
50	1,542
60	2,095
70	3,010
80	4,790
90	10,250
95	28,500
98	53,600
99	107,000
99,9	1070,000

(1 m $\mu = 10^{-6}$ mm)

Što je veća rel. vlaga, veći je polumjer kapilare i obratno. Kroz kapilaru prolazi veća količina vode kod više nego kod niže rel. vlage.

Drvo može sadržavati vodu u sva 3 agregatna stanja: u obliku tekućine, vodene pare i leda. Kroz tkivo drveta može se kretati voda u obliku tekućine ili vodene pare, ali se ne može kretati u obliku leda. U obliku tekućine voda se može kretati kao slobodna ili kao vezana voda. Tekuća voda i vodena para kreću se u smjeru vlakana i u smjeru okomitom na vlakanca. Voda se kreće kroz: **stanične šupljine, međustanične prostore, perforacije u jažičnim membranama i provodne kapilare u staničnim stijenkama.** Svim ovim putevima prolazi tekuća voda, dok vodena para ne može prolaziti provodnim kapilarama. Vodena para prolazi samo kroz stanične šupljine, međustanične prostore i kroz otvore u jažičnim membranama.

Voda se u drvetu kreće raznim mehanizmima iznad i ispod točke zasićenosti.

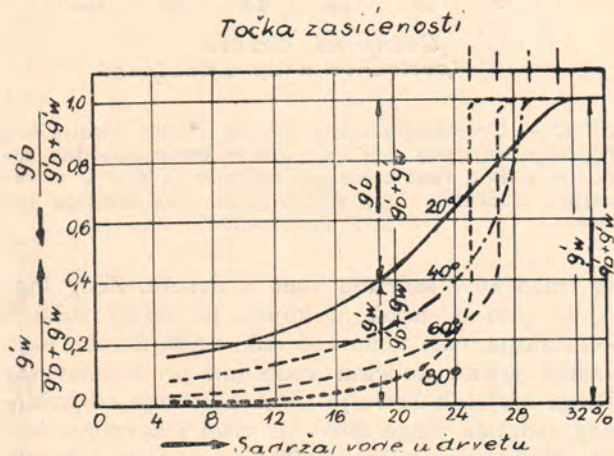
b) Kretanje vode ispod točke zasićenosti vlakana.

Ispod točke zasićenosti ne bi teoretski smjelo biti u drvetu slobodne vode, već samo vezane vode i vodene pare. Kretanje vezane vode i vodene pare je fenomen difuzije.

Vodena para kreće se kroz staničnu šupljinu u uzdužnom i u poprečnom smjeru od mjesta s većom prema mjestima s manjom vlagom. Pogonska sila za kretanje vodene pare kroz krupnije kapilare je razlika parcijalnih pritisaka vodene pare. Kad para stigne do stačne stijenke, ona se zbog sniženja pritiska kondenzira u sićušnim provodnim kapilarama i u obliku tekuće vode prolazi kroz staničnu stijenku. Na drugoj strani stanične stijenke voda isparuje i u obliku pare stiže do susjedne stanične stijenke, u kojoj se kondenzira

u provodnim kapilarama. Tako se to ponavlja, dok voda ne stigne na površinu drveta, odakle u obliku pare prolazi u okolni uzduh. Razumljivo je, da struktura drveta ima velik utjecaj na ovo kretanje. Pod jednakim ostalim uvjetima veća će količina vode prolaziti kroz drvo, koje ima manju volumnu težinu, nego kroz drvo veće volumnu težine. Zbog oblika stanica veća se količina vodene pare kreće u uzdužnom nego u poprečnom smjeru drveta. Temperatura ubrzava ovo kretanje.

Ispod točke zasićenosti voda se kreće i u obliku tekućine i to kao površinski vezana i kao kapilarno kondenzirana voda. Ispod 6—9% sadržaja vode u drvetu zatvorene su provodne kapilare, i voda se može kretati samo kao površinski vezana. VOIGT-KRISCHER i SCHAUSS pošli su od KRISCHER-ove pretpostavke, da za kretanje vodene pare kroz vlažno porozno tijelo nije mjerodavan FICK-ov zakon difuzije nego STEFAN-ov zakon, po kom je otpor difuzije obratno proporcionalan parcijalnom pritisku uzduha. U mješavini vodene pare i uzduha oni su pokazali, da se voda ispod točke zasićenosti kreće većim dijelom difuzijom nego kapilarnim silama (sl. 10). Što je viša temperatura, to se ispod točke zasićenosti veća količina vode kreće difuzijom. Pogonska sila za kretanje vezane vode kroz stanične stijenke je gradijent vlage.



Sl. 10 — Udjeli vode, koji se ispod točke zasićenosti kreću difuzijom u obliku vodene pare ($g'D$) i kapilarnim silama u obliku vezane vode ($g'w$) kod konstantne temperature. Ukupna količina vode, koja se kreće ispod točke zasićenosti, označena je s $g'D + g'w$ (po H. Voigtu — O. Krischeru i H. Schaussu).

Kod sušenja uzduhom najprije gube vodu površinski slojevi drveta. Voda se u toku procesa sušenja kreće u smjeru od centra prema površini drveta. Ako se drvo rastavi na tanke lamele u smjeru od centra prema površini, i ako se odredi sadržaj vode tih lamela, lamele će u nekom stadiju sušenja pokazivati sve manji sadržaj vode u smjeru od centra prema površini. Ako se nanese sadržaj vode iznad odgovarajućih udaljenosti lamela od sredine debljine drveta, dobiva se **krivulja gradijenta vlage** (sl. 12), koja je po iskustvu parabola:

$$u_c = \frac{2}{3} (u_s - u_{pov}) + u_{pov} \quad (3)$$

u kojoj je u_c sadržaj vode u postocima u centru drveta, u_s je srednji sadržaj vode u postocima cijelog komada drveta u času određivanja, a u_{pov} je sadržaj vode u postocima u površinskom sloju drveta. Ako je poznat srednji sadržaj vode (u_s) i sadržaj vode na površini (u_{pov}), može se iz jednadžbe (3) izračunati sadržaj vode u sredini debljine drveta (u_c). To je najveći sadržaj vode, što ga drvo ima u polovini debljine (ordinata vrha parabole).

STILLWELL i MARTLEY (1926.) istraživali su kretanje vode u drvetu ispod točke zasićenosti. Ta su istraživanja nastavili KOLLMANN, EGNER i drugi.

MARTLEY je proučavao utjecaj raznih faktora na kretanje vode u drvetu kod stalne temperature i stalne rel. vlage. U stalnim uvjetima difuzija vode u drvetu izražena je jednadžbom:

$$Q = k a \frac{du}{dx} t \quad (4)$$

odatle

$$q = k \frac{du}{dx} \quad (5)$$

gdje je $q = Q/at$. Q je količina vode, koja prolazi presjekom a u vremenu t , k je faktor proporcionaliteta, koji se zove **koeficijent ili konstanta difuzije**, $\frac{du}{dx}$ je gradijent vlage. Ako je gradijent vlage

pravac, predstavlja ga izraz $\frac{u_1 - u_2}{l}$ u kom su u_1

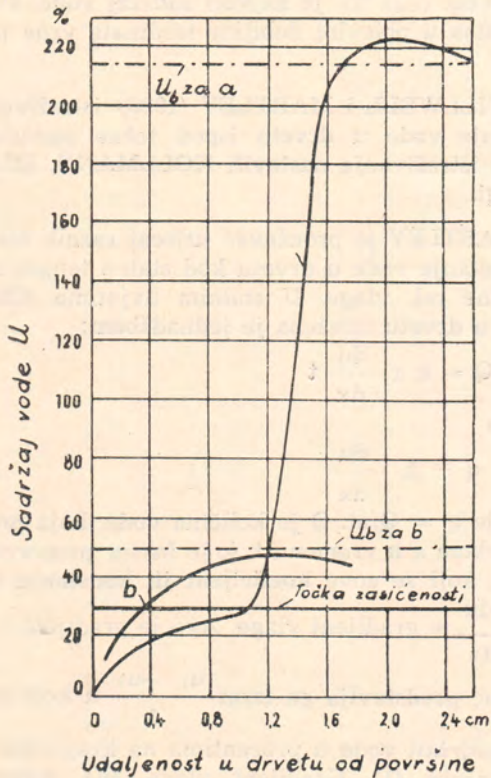
i u_2 sadržaji vode u procentima na krajevima dužine probe (l). Gradijent vlage ima dimenziju $\%/\text{cm}$. Jednadžba (5) je osnovna jednadžba kretanja vode u drvetu ispod točke zasićenosti pod stalnim uvjetima. Ona pokazuje, da je količina vode, koja se kreće, proporcionalna gradijentu vlage.

MARTLEY je došao do važnih zaključaka, koji su primjenljivi u praksi: 1) difuzivnost varira sa sadržajem vode u drvetu, 2) brzina uzduha treba biti dovoljno velika, da uklanja vodenu paru, čim dospije na površinu drveta, 3) u početku sušenja treba podržavati visoku rel. vlagu, da se dobije veća vlaga ravnoteže i tako poveća difuzivnost vode kroz površinski sloj drveta, a spriječi pucanje i štetna naprezanja i 4) temperatura ubrzava sušenje.

c) Kretanje vode iznad točke zasićenosti vlakanaca.

Kretanja vode ne može biti u drvetu, koje je potpuno zasićeno vodom. Ako se suši drvo, koje je potpuno zasićeno vodom, i ako se u toku sušenja ustanovi razdioba vode po debljini, dobiva se krivulja raspodjele vode (sl. 11), koja ima oštar prelom u točki zasićenosti. Sirovo drvo nije napo-

jeno vodom, iako pojedine stanice ili grupe stanica mogu biti napojene. Sirovo drvo sadrži pored vode još i zračnih mjehurića. U sirovom drvetu voda se kreće od stanice do stanice kroz jažice. Pogonska sila za ovo kretanje je nateg, koji stvaraju meniskusi u jažicama. Meniskusi vuku vodu u kapilarama. Zračni mjehurići se šire, dok praktično potpuno ne ispunje staničnu šupljinu. Raspodjelu vlage sirova drveta u toku sušenja pokazuje



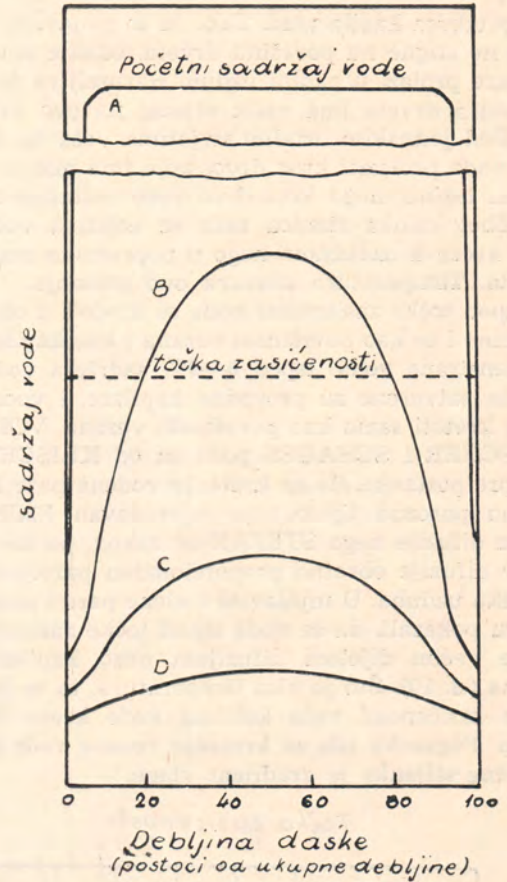
Sl. 11

Razdioba vlage kod tangencijalnog sušenja smrekovine (*Picea sitchensis* Carr.) kod 40° i 0% rel. vlage (po E. Batemanu, J. P. Hohfu i A. J. Stammu), a krivulja za drvo zasićeno vodom, b krivulja za sirovo drvo, u_b srednji sadržaj vode prije početka sušenja.

sl. 11 (krivulja b). Krivulja, koja pokazuje raspodjelu vlage iznad točke zasićenosti, ne pokazuje lom u točki zasićenosti, kao što ga pokazuje krivulja razdiobe vlage kod sušenja drveta napojenog vodom. Za kretanje vode iznad točke zasićenosti mjerodavne su kapilarne sile, a ne difuzija. Međutim, može se pokazati, da kretanje vode difuzijom ispod točke zasićenosti djeluje i na kretanje vode iznad točke zasićenosti, kojim dođuše ne upravlja difuzija, ali se ponaša, kao da njim upravlja difuzija.

4) Brzina sušenja drveta pod konstantnim uvjetima.

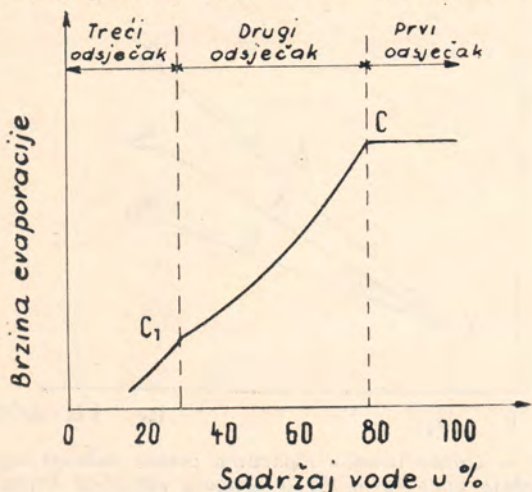
Pod konstantnim uvjetima drvo se suši kao i druga čvrsta higroskopna tijela. Ako se suši drvo napojeno vodom, uočavaju se tri odsječka na krivulji sušenja (sl. 13). Kritični sadržaj vode javlja



Sl. 12 — Gradijent vlage u drvetu u četiri stadija kod tipičnog umjetnog sušenja, gdje se kreće slobodna voda: A u vrlo ranom stadiju sušenja; B, C i D u kasnijim stadijima, koji slijede jedan iza drugoga (po L. F. Hawleyu)

se iznad 80% sadržaja vode u drvetu. Zbog toga će se prvi odsječak, u kojem je brzina sušenja konstantna, naći samo kod onih vrsta drveta, koje sadrže veliku količinu vode (na pr. topolovina). Drugi odsječak krivulje sušenja počinje od kritičnog sadržaja vlage (80% ili više) i završava kod 20—25% sadržaja vode. Treći odsječak krivulje sušenja počinje kod 20—25% sadržaja vode i traje do kraja sušenja. Sušenje je završeno, kad cijela masa drveta dođe u ravnotežu s vlagom okolnog uzduha. Za prvi i drugi odsječak krivulje sušenja mjerodavno je isparivanje vode na površini, a za treći difuzija. U praksi se krivulje sušenja crtaju na način, da se na ordinatu nanese sadržaj vode u %, a na apscisu vrijeme u danima ili satima u vidu krivulje vlaga-vrijeme (sl. 14). Treći odsječak krivulje sušenja traje najduže vrijeme. Sl. 15 pokazuje krivulje sušenja, do kojih je došao KAMAI. Vidi se, da prvi odsječak krivulje sušenja borovine na sl. 15 završava već kod cca 130% sadržaja vode. Nadalje se vidi, da čempresovina nema prvog odsječka na krivulji sušenja. To će biti slučaj i kod drugih vrsta, koje nemaju visok sadržaj vode na početku sušenja.

a) Prvi odsječak krivulje sušenja okarakteriziran je time, što je brzina sušenja konstantna. Sušenje se odvija istom brzinom kao isparivanje sa slobodne površine vode. Brzina sušenja nije ovisna

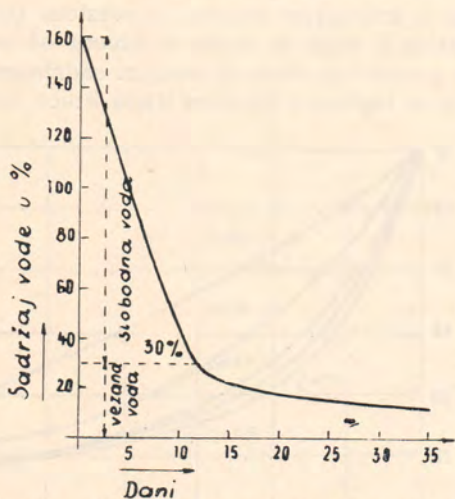


Sl. 13 — Razni odsječci na krivulji sušenja, kod koje je brzina sušenja u ovisnosti o sadržaju vode u drvetu (po A. Villièreu)

o vrsti drveta, nego o vanjskim uvjetima. Za ovaj odsječak krivulje sušenja postoje razne formule, jedna od tih je DANZE-BOUGNET-ova:

$$\sigma_c = 46,1 (\varepsilon - x) v^{\frac{2}{3}} \text{ (kg/m}^2\text{/h)} \quad (6)$$

u kojoj je σ_c konstantna brzina sušenja (kg/m²/h) u prvom odsječku krivulje sušenja, ε je sadržaj vode zasićenog uzduha u kg po 1 kg apsolutno suhog uzduha kod temperature vlažnog termometra



Sl. 14 — Krivulja sušenja (vlaga-vrijeme) (po A. Villièreu)

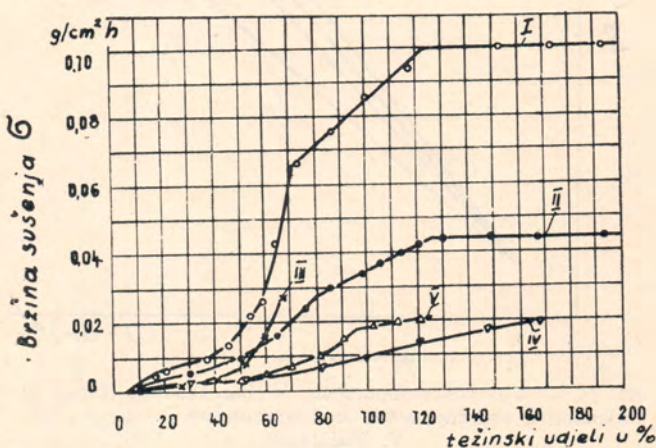
(temp. drveta), x je sadržaj vode uzduha, kojim se suši, u kg po 1 kg apsolutno suhog uzduha, a v je brzina (m/s), kojom uzduh prelazi preko drveta.

Što su veći $(\varepsilon - x)$ i v , veća je i brzina sušenja (σ_c) i obratno. Faktor $(\varepsilon - x)$ ovisi o stanju

uzduha (i to temperaturi i rel. vlazi). Što je viša temperatura i niža rel. vlaga, veći je faktor $(\varepsilon - x)$. Međutim, rel. vlaga se ne može po volji snižavati, jer drvo puca, javlja se skorelost, i u njemu nastaju štetna naprezanja.

b) Drugi odsječak krivulje sušenja važniji je za praksu nego prvi. U drugom je odsječku mjerodavno isparivanje kao i u prvom, pa i za drugi odsječak vrijedi ista formula (6) kao i za prvi.

Pretpostavljeno je, da se drvo suši pod konstantnim uvjetima. U tim uvjetima drvo će se osušiti do neke vlage ravnoteže. Označeno je s u (%). Vlagu iznad vlage ravnoteže treba ukloniti sušenjem. Ako s u označimo početni sadržaj vode, može se brzina sušenja u drugom odsječku proma-



Voda koju treba sušenjem ukloniti

Sl. 15 — Brzina sušenja u ovisnosti o sadržaju vode za borovinu i čempresovinu

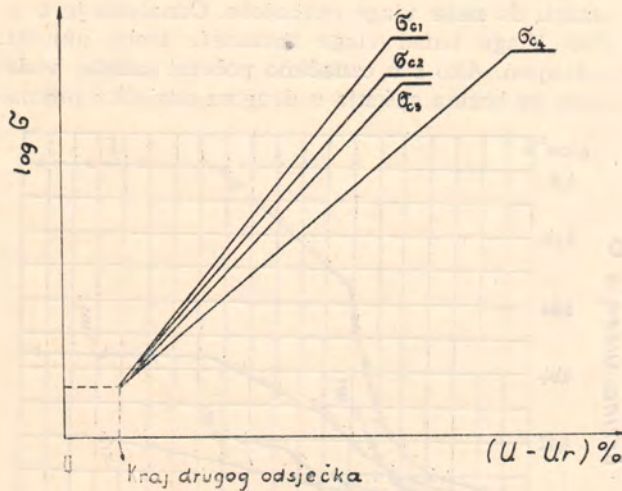
	krivulja	rel. vlaga %	brzina uzduha m/s	temperatura uzduha °C
borovina	I	40	6,14	40
borovina	II	40	0,63	40
čempresovina	III	20	1,42	30
čempresovina	IV	60	1,42	30
čempresovina	V	60	1,42	40

(Kamai po O. Krischeru)

trati kao funkcija vode, koju treba ukloniti sušenjem $(u - u_r)$ %. Ako se na ordinatu nanesu logaritmi brzine sušenja ($\log \sigma$), a na apscisu voda, koju sušenjem treba ukloniti $(u - u_r)$ u procentima, dobiva se sl. 16. U drugom odsječku krivulje sušenja između logaritma brzine sušenja i vode, koju treba ukloniti sušenjem, postoji linearan odnos. Svi pravci sastaju se u jednoj točki, koja predstavlja kraj drugog i početak trećeg odsječka krivulje sušenja. To je stanje, u kom su površinski slojevi dosegli ravnotežu s vlagom uzduha, a unutarnji su ispod točke zasićenosti. Kod drugog odsječka utječu isti faktori kao i kod prvog.

Pretpostavimo, da se u raznim uvjetima suši drvo, napojeno vodom istog početnog sadržaja vode, iste vrsti i debljine drveta. Neka je brzina uzduha konstantna, faktor $(\epsilon - x)$ neka se mijenja, dobiva se sl. 17. Vrijednost σ_{c1} , σ_{c2} i σ_{c3} povećavaju se i smanjuju s promjenom faktora $(\epsilon - x)$. Sušenje je to brže, što je $(\epsilon - x)$ veće.

Pretpostavimo obratno, da je faktor $(\epsilon - x)$ konstantan, a da se mijenja brzina uzduha. U tom slučaju je brzina sušenja (σ_c) to veća, što je veća brzina uzduha (v).



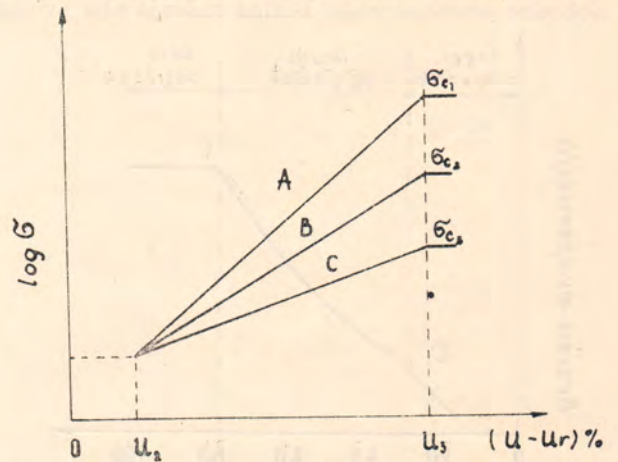
Sl. 16 — Varijacije logaritma brzine sušenja ($\log \sigma$) u ovisnosti o sadržaju vode kod topolovine ($u - u_r$)% (po V. Villièreu)

Zajednički utjecaj oba faktora $(\epsilon - x)$ i v vidi se na sl. 17, pravci A, B, C. Razlike brzine sušenja smanjuju se sve više, što se više smanjuje količina vode, koju treba ukloniti sušenjem ($u - u_r$). U točki, u kojoj se sastaju pravci, na kraju drugog odsjeka krivulje sušenja, nestaje utjecaja obaju faktora $(\epsilon - x)$ i v na brzinu sušenja. U trećem odsječku krivulje sušenja stanje uzduha nema više direktnog utjecaja na brzinu sušenja. Sl. 18 pokazuje utjecaj brzine uzduha na krivulju sušenja. Što je veća brzina uzduha, to se jače smanjuje sadržaj vode u drvetu pod jednakim ostalim uvjetima. Međutim, povećanje brzine sušenja ima i ekonomičnu granicu, preko koje se ne isplati povećavanje brzine uzduha. Općenito se danas uzima, da je najekonomičnija brzina uzduha između 1,2 i 1,8 m/s, a po VILLIERE-u između 1 i 1,5 m/s.

c.) **Treći odsječak krivulje sušenja.** Za treći odsječak je odlučna difuzija vode i vodene pare kroz drvo. Treći odsječak počinje, kad se završio drugi, kad je površinski sloj drveta kod zadane temperature dosegao ravnotežu s vlagom uzduha. Za vrijeme trećeg odsjeka sadržaj vode u drvetu pada ispod točke zasićenosti.

Stanje uzduha (rel. vlaga, brzina strujanja i temperatura) nema u trećem odsječku direktnog utjecaja na brzinu sušenja. Rel. vlaga uzduha utje-

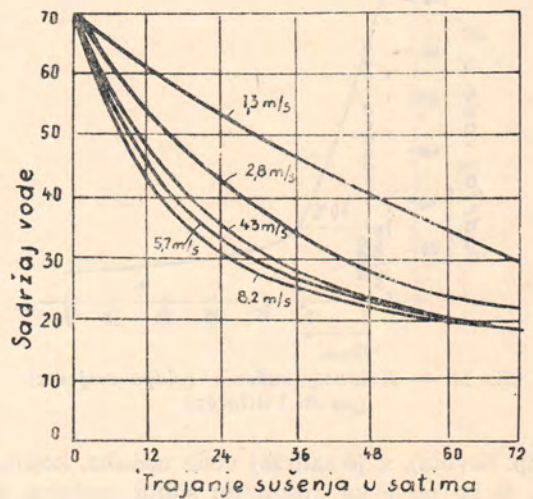
če indirektno na sušenje na taj način, što kod dane temperature određuje vlagu ravnoteže drveta a time i kraj sušenja. Temperatura utječe utoliko,



Sl. 17 — Odnos između logaritma brzine sušenja ($\log \sigma$) i sadržaja vode ($u - u_r$)% u drugom odsječku krivulje sušenja za $(\epsilon - x)$ konstantno (po A. Villièreu)

što određuje temperaturu drveta, o kojoj ovisi brzina difuzije, a time i brzina sušenja. Na treći odsječak, koji teče po zakonu difuzije, može se primijeniti TUTTLE-ova matematička teorija brzine sušenja.

d.) **Matematička teorija brzine sušenja.** Nastala je u američkom Laboratoriju za šumske proizvode (FPL, Madison, Wisconsin, USA) polazeći od činjenice, da je brzina sušenja proporcionalna padu gradijenta vlage, što izražava jednačba (5). LOUGHBOROUGH je usporedio kretanje vode u drvetu s kretanjem topline u čvrstom tijelu. Po toj analogiji voda se kreće u drvetu od mjesta s većim prema mjestima s manjim sadržajem vode, kao što se topline u čvrstom tijelu kreće od mjesta



Sl. 18 — Krivulja sušenja (vlaga-vrijeme) za javorovu bijel sušenu kod 54°C i 76% rel. vlage kod raznih brzina strujanja uzduha (po Bull. A. N. C.).

s višom prema mjestima s nažom temperaturom. Na osnovu ove ideje TUTTLE je na kretanje vode u drvetu primjenio FOURIER-ovu jednadžbu za difuziju topline u čvrstom tijelu. Identično riješenje daje i NEWTON-ov zakon difuzije u beskonačnom sloju. Matematička brzina sušenja osniva se na ovim pretpostavkama (12):

- 1) da je primjenljiv zakon difuzije;
- 2) da je koeficijent difuzije konstanta;
- 3) da je voda jednolično raspodijeljena na početku sušenja;
- 4) da su vlakanca na površini drveta u ravnoteži s vlagom uzduha, čim počne sušenje;
- 5) da se voda kreće u okomitom smjeru od centra prema površini drveta;
- 6) da se za vrijeme sušenja ne mijenja debljina drveta;
- 7) da su temperatura i rel. vlaga uzduha konstantne za vrijeme sušenja.

Teorija se može primijeniti bez kompliciranog računanja na ovaj način.

Stupanj, do kog se u nekom trenutku osušilo drvo, označimo s E. On je definiran omjerom između onog dijela vode, koji se u tom trenutku nalazi u drvetu (a koji još treba odstraniti sušenjem), i ukupne količine vode, koju treba sušenjem ukloniti iz drveta. Dio vode, koji još treba odstraniti iz drveta sušenjem, je razlika između sadržaja vode, koji drvo ima u tom trenutku, i konačnog, na koji drvo treba osušiti. Konačni sadržaj vode odgovara vlazi ravnoteže, jer je sušenje završeno onda, kad cijela masa drveta dođe u ravnotežu s vlagom uzduha. Ukupna količina vode, koju sušenjem treba ukloniti iz drveta, je razlika između početnog i konačnog sadržaja vode. Prema tome je:

$$E = \frac{\text{Momentani sadržaj vode} - \text{vlaga ravnoteže}}{\text{Početni sadržaj vode} - \text{vlaga ravnoteže}}$$

Iz matematičke teorije brzine sušenja izvodi se ova jednadžba:

$$\tau = \frac{k \times t}{\lambda^2} \quad (7)$$

u kojoj je k koeficijent difuzije, t vrijeme, u kojem se drvo osušilo do stupnja E, a λ je polovina debljine drveta. Između E i τ postoji odnos izražen u ovoj tablici:

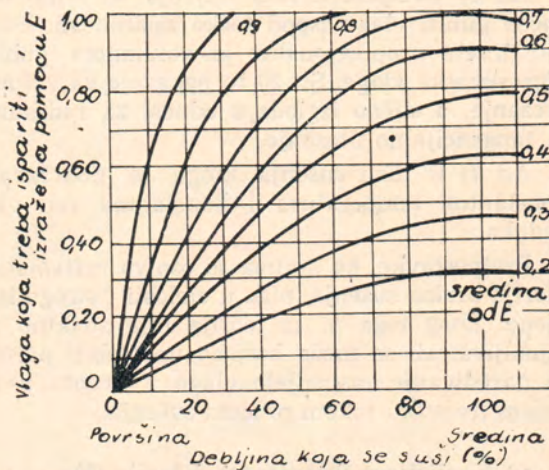
$\tau = \frac{k \times t}{\lambda^2}$	E	$\tau = \frac{k \times t}{\lambda^2}$	E
0,005	0,922	0,25	0,440
0,01	0,890	0,30	0,388
0,02	0,839	0,40	0,298
0,03	0,805	0,50	0,236
0,04	0,773	0,60	0,184
0,05	0,749	0,70	0,144
0,06	0,725	0,80	0,113
0,08	0,680	0,90	0,088
0,10	0,643	1,00	0,069
0,15	0,562	1,50	0,020
0,20	0,497	2,00	0,0058

λ je točnije definiran izrazom (12).

$$C = 2\lambda = \sqrt{2 \frac{\lambda_1^2 \cdot \lambda_2^2}{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}}$$

C = 2 λ je stranica kvadrata, koji ima jednake karakteristike sušenja kao i daska debljine λ_1 i širine λ_2 . Drvo kvadratnog presjeka brže se suši nego daska jednake debljine.

Za svaku vrijednost od E (izračunanu ili pretpostavljenu) očita se iz ove tablice (ili iz odgovarajućeg grafa) vrijednost λ , te se za poznati t može izračunati konstanta difuzije (k) ili za poznati k vrijeme sušenja t.



Sl. 19 — Teoretska razdioba vode u drvetu za vrijeme sušenja (po ANC Bull).

Sl. 19 predstavlja rješenje jednadžbe za difuziju topline u čvrstom tijelu, do kojeg su došli (1923.) GURNEY i LURIE (3), a koje se na osnovu spomenute analogije može primijeniti i na kretanje vode u drvetu. U tom slučaju ove krivulje služe za procjenu raspodjele vode u drvetu u bilo koje vrijeme tokom sušenja.

Primjena ove teorije ima veću vrijednost za procjenu razdiobe vode u bilo kojem trenutku od početka sušenja, nego za računanje trajanja sušenja.

Kritika pretpostavki:

Ad 1) Kod razmatranja kretanja vode u drvetu izloženo je, da je za kretanje vode ispod točke zasićenosti mjerodavan zakon difuzije, a iznad točke zasićenosti kapilarne sile s tim, da kretanje i iznad točke zasićenosti — iako nije difuzija — djeluje kao difuzija. Prema tome, na sušenje drveta može se primijeniti zakon difuzije.

Ad 2) Koeficijent difuzije nije konstanta, jer ovisi o volumnoj težini, temperaturi i sadržaju vode u drvetu. Za koeficijent difuzije ne može se uzeti da je neovisan o vlazi drveta, kao što se za koeficijent temperaturne vodljivosti uzima da je neovisan o temperaturi tijela.

Ad 3) Voda može, ali ne mora, biti jednolično raspodijeljena u drvetu na početku sušenja.

Ad 4) Za vrijeme sušenja voda se kreće u okomitom smjeru od centra prema površini drveta, ali je po HAWLEY-ovoj teoriji moguće, da se u izvjesnim slučajevima može na kratkom razmaku kretati i u suprotnom smjeru.

Ad 5) Vlakanca na površini drveta listača i na površini srčevine četinjača mogu u početku sušenja doći u ravnotežu s vlagom uzduha, ali to ne će biti slučaj kod bjeljike četinjača, koja sadrži velike količine vode, i površina joj ostaje dugo vremena vlažnija od vlage ravnoteže. Da se ispuni ovaj uvjet, treba da uzduh struji preko drveta odgovarajućom brzinom.

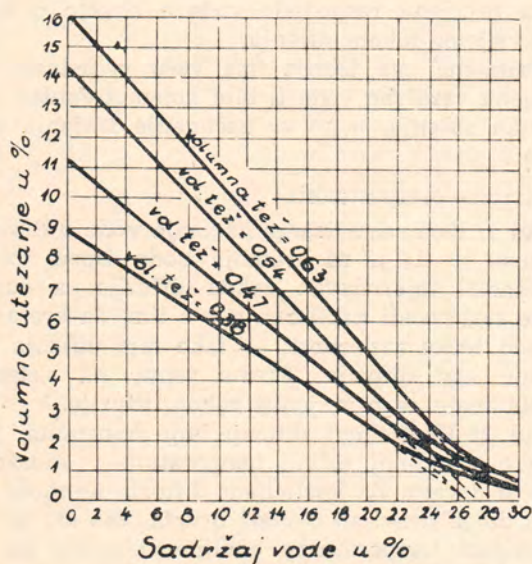
Ad 6) Debljina drveta mijenja se, čim drvo počne gubiti vlagu ispod točke zasićenosti. Utezanje drveta proporcionalno je volumnom gubitku higroskopske vlage. Sl. 20 to pokazuje za volumno utezanje, a slično izgledaju odnosi za radijalno i za tangencijalno utezanje.

Ad 7) U toku sušenja mogu se podržavati i konstantna temperatura i konstantna rel. vlaga uzduha.

Pretpostavke, na kojima se osniva matematička teorija brzine sušenja, nisu u cjelosti i strogo ispunjene. Zbog toga ni ta teorija nije striktno primjenljiva, ali se može korisno upotrebiti naročito za određivanje raspodjele vlage u drvetu u bilo kojem trenutku tokom procesa sušenja.

e.) Koeficijent (konstanta) difuzije (k)

Za sušenje ispod točke zasićenosti mjerodavna je difuzija vodene pare i vezane vode, a iznad točke zasićenosti kapilarne sile. Kako difuzija ispod točke zasićenosti utječe i na kretanje vode iznad točke zasićenosti, to se kretanje vode iznad točke zasićenosti — iako nije fenomen difuzije — po-



Sl. 20 — Tipične krivulje promjene volumnog utezanja s promjenom sadržaja vode za borove daske. (Pinus taeda) razne volumne težine (ρ_0 , Bull. A. N. C.)

naša, kao da njim upravlja difuzija. Difuzija se javlja kod plinovitih, tekućih i čvrstih tijela.

Difuzija kod plinova je najbolje poznata i najlakše se tumači kinetičkom teorijom. To je molekularni transport u smjeru pada koncentracije. Difuzija se mjeri količinom tvari, koja prolazi presjekom, koji je okomit na njen smjer i ubraja se u procese, koji teku relativno polagano. Za vremenski ustaljenu difuziju vrijedi prvi FICK-ov zakon, po kojem je diferencijal broja molekula (dn), koji prolazi presjekom (F) — okomitim na smjer difuzije — u vremenu (dt) u smjeru pada koncentracije ($-\frac{dc}{dx}$) proporcionalan konstanti difuzije (k), presjeku, padu koncentracije i vremenu:

$$dn = -kF \frac{dc}{dx} dt \dots \dots \dots (8)$$

Predznak minus označuje pad koncentracije.

Za ustaljenu difuziju dvaju plinova (a i b) vrijedi po LEWIS-u i CHANG-u (6) jednadžba:

$$\frac{G_a}{F \cdot t} = \frac{k_w}{x_g \rho_{bm}} (p_{ag} - p_{ai}) \dots \dots \dots (9)$$

u kojoj je: G_a težina plina a, koja difundira na promatranom mjestu, F površina, kroz koju plin difundira, t vrijeme u kojem difundira, k_w konstanta difuzije, koja ovisi o prirodi oba plina, koji međusobno difundiraju i o temperaturi, x debljina graničnog sloja, kroz koji se vrši difuzija, a koji se sastoji iz oba plina,

$$\rho_{bm} = \frac{\rho_{bg} + \rho_{bi}}{2} \dots \dots \dots (10)$$

ρ_{bg} je parcijalni pritisak plina b, ρ_{bi} parcijalni pritisak plina b u graničnom sloju (odnos za ρ_{bm} vrijedi za inertne plinove, gdje se odnos ρ_{bg}/ρ_{bi} mnogo ne razlikuje od 1), p_{ag} je parcijalni pritisak plina a, p_{ai} je parcijalni pritisak plina a u graničnom sloju.

Osnovna jednadžba (9) za difuziju plinova pokazuje, da je **količina plina, koja difundira kroz jedinicu površine u jedinici vremena ($G_a/F \times t$)** upravo proporcionalna pogonskoj sili ($p_{ag} - p_{ai}$), koju predstavlja razlika parcijalnih pritisaka, a

obrnuto proporcionalna otporu difuzije $\frac{x_g \rho_{bm}}{k_w}$. Otpor difuzije upravo je proporcionalan debljini graničnog sloja (x) i koncentraciji inertnog plina (ρ_{bm}) a obratno proporcionalan konstanti difuzije (k_w).

Koeficijent difuzije (k_w) kod plinova ima dimenziju gcm/hcm^2 , a nekad se izražava u volumnim jedinicama, te ima dimenziju $cm^3/cm^2 \cdot sec$, gdje se volumeni mjere kod određene temperature i određenog pritiska. Ako se koeficijent difuzije kod apsolutne temp. 273° i pritiska 1 ata označi sa k_{v0} u cgs sistemu, tad se pomoću njega može izraziti koeficijent difuzije k_v kod bilo koje apsolutne temperature (T) i bilo kojeg pritiska:

$$k_v = k_{v0} \left(\frac{T}{273}\right)^2 \left(\frac{1}{p}\right) \dots \dots \dots (11)$$

Koeficijent difuzije može se svesti na težinu kgm/hm² po plinskim zakonima:

$$k_v = 0,000\ 0585\ Ma\ T\ k_{v0} \dots \dots \dots (12)$$

gdje je Ma molekularna težina plina, T aps. temperatura, k_{v0} koeficijent difuzije u cm³ cm/sek cm² kod 273⁰ aps. temperature.

Difuzija tekućina razlikuje se od difuzije plinova u tome, što je kod difuzije plinova pogonska sila razlika parcijalnih pritisaka plinova, koji međusobno difundiraju, dok je kod difuzije tekućina pogonska sila razlika koncentracije tekućina, koje difundiraju.

Za difuziju tekućina vrijedi slična jednadžba kao i za difuziju plinova:

$$\frac{G_a}{F \cdot t} = \frac{k_w (C_{ai} - C_{al})}{C_{bm} x_1} \dots \dots \dots (13)$$

u kojoj je G_a težina tekućine, koja difundira, F je površina kroz koju se vrši difuzija, k_w je konstanta difuzije, C_{ai} je koncentracija tekućine a u graničnom sloju, a C_{al} je koncentracija komponente a za x = x₁, x₁ je debljina graničnog sloja,

$$C_{bm} = \frac{C_{bi} + C_{bl}}{2} \dots \dots \dots (14)$$

u slučaju, kad se C_{bi} / C_{bl} mnogo ne razlikuje od 1, C_{bi} je koncentracija tekućine b u graničnom sloju, a C_{bl} je koncentracija u tekućini b. Ako se k_w / C_{bm} označi jednom konstantom d, može se jednadžba (13) pisati:

$$\frac{G_a}{F \cdot t} = \frac{d}{x_1} (C_{ai} - C_{al}) \dots \dots \dots (15)$$

Jednadžba (15), koja vrijedi za difuziju tekućina u ustaljenom stanju, pokazuje, da je količina tekućine koja difundira u jedinici vremena kroz jedinicu površine ($\frac{G_a}{Ft}$) upravo proporcionalna pogonskoj sili (C_{ai} - C_{al}), koju predstavlja razlika koncentracije, a obrnuto proporcionalna otporu difuzije x₁/d. Otpor difuzije upravo je proporcionalan debljini graničnog sloja (x₁), a obrnuto proporcionalan konstanti difuzije (d).

Konstanta difuzije k ima dimenziju g.cm/sek. cm², a često se izražava u cm²/sek. (površina/vrijeme). Kako je d kumulativna konstanta od $\frac{k_w}{C_{bm}}$ ($\frac{gcm/sek.cm^2}{g/cm^3}$) ima dimenziju g cm cm³/sek. cm² × g ili cm²/sek. Konstanta d se može izraziti i u metričkim jedinicama (m²/h). Preračunavanje na ovu dimenziju vrši se na taj način, da se iznos za d pomnoži s 3600/10000 = 0,36, a koncentracije u jednadžbi (5) izražavaju se u tom slučaju u kg/m³.

Kod sušenja drveta vodena para i vezana voda difundiraju ispod točke zasićenosti kroz tkivo drveta, a iznad točke zasićenosti kreće se voda dje-

lovanjem kapilarnih sila. Pritom djeluju 3 spomenute pogonske sile. Na površini drveta vodena para difundira u uzduh. Sve to čini, da je proces sušenja kompliciraniji, nego što je obična difuzija. To se vidi iz toga, što bi kod jednostavne difuzije koeficijent difuzije bio neovisan o vlazi drveta, a kod sušenja drveta on faktično ovisi o sadržaju vode u drvetu.

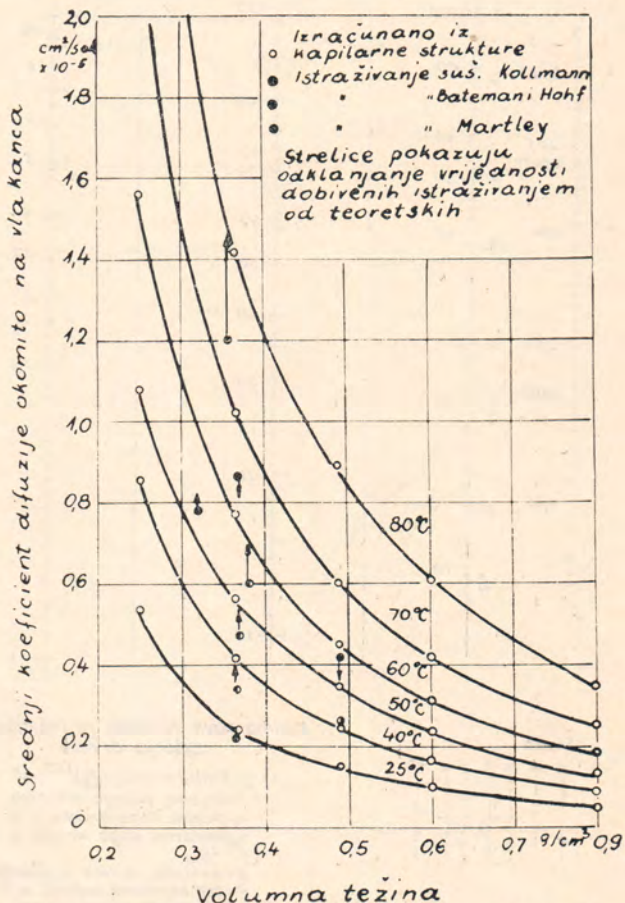
Za difuziju vodene pare s površine drveta u uzduh može se koeficijent difuzije računati prema jednadžbi (11).

Za difuziju vezane vode u drvetu može se koeficijent difuzije računati iz EINSTEIN-ove jednadžbe difuzije (13):

$$k_w = \frac{RT}{L} \left(\frac{1}{6\pi\eta r_k}\right) \dots \dots \dots [16]$$

u kojoj je k_w koeficijent difuzije (cm/sek.) za tvar, koja difundira, R je plinska konstanta u cgs sistemu 8,31 × 10⁷ erga/⁰K, T je apsolutna temperatura u ⁰K, L je LOSCHMIDT-ov broj 6,02 × 10²³, η je viskozitet, r_k je polumjer čestica ili molekula difundirajuće tvari.

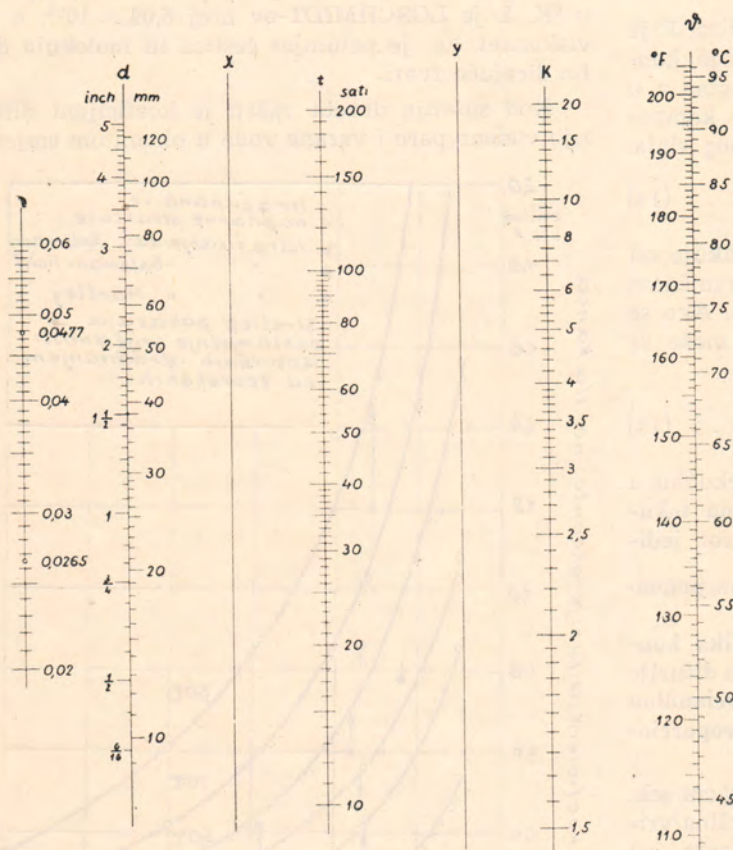
Kod sušenja drveta važan je koeficijent difuzije vodene pare i vezane vode u okomitom smjeru



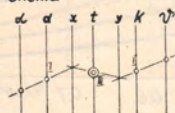
Sl. 21 — Srednji koeficijent difuzije okomito na vlakanca drveta u ovisnosti od volumne težine i temperature kod rel. vlage koja odgovara izjednačenoj vlazi drveta 10% (A. J. Stamm po F. Kollmannu).

na vlakanca, jer u tom smjeru prolazi daleko veća količina vode, nego u smjeru vlakanaca. Difuzija u smjeru vlakanaca je 10 do 15 puta brža, nego u okomitom smjeru na vlakanca, ali je njen utjecaj kod sušenja neznatan, jer je površina čeonih presjeka redovno neznatna prema ukupnom oplošju piljene građe, koja se suši. Istraživanjem koeficijenta difuzije bavili su se brojni istraživači: TUTTLE, STILLWELL, MARTLEY, NEUMANN, SHERWOOD, COMINGS, BATEMAN, HOHF, STAMM, KOLLMANN, EGNER i drugi. STAMM (1946.) je za jedinicu debljine četinjavog drveta raznih volumnih težina računao koeficijent difuzije iz kapilarne strukture drveta i računске rezultate usporedio s eksperimentalnim, do kojih su došli drugi istraživači. Računski i eksperimentalni re-

zultati dobro se podudaraju, što pokazuje sl. 21. STAMM je utvrdio, da koeficijent difuzije vodene pare i vezane vode varira sa sadržajem vode u drvetu, ali da se bez veće griješke može uzeti prosječna vrijednost koeficijenta difuzije za temperature, koje vladaju kod umjetnog sušenja drveta do 6% sadržaja vode u drvetu. Sl. 21 pokazuje, da koeficijent difuzije nije konstantan, nego da varira s volumnom težinom drveta i s temperaturom. Što je manja volumna težina drveta i što je viša temperatura, to je veći koeficijent difuzije i obratno. Krivulje na sl. 21 služe za procjenu koeficijenta difuzije, a time i brzine sušenja kod drveta četinjača, a pokazalo se, da su ovi podaci primjenjivi i za drvo listača, makar ono ima različitu strukturu od drveta četinjača.



Shema



Kollmannova formula za trajanje umjetnog sušenja drveta:

$$t = \frac{1}{\alpha} (\ln u_p - \ln u_k) \left(\frac{d}{2.5} \right)^{1.25} \frac{6.5}{t^h}$$

t = vrijeme sušenja u satima
 u_p = početna vlaga drveta u %
 u_k = konačna vlaga drveta u %
 $K = \alpha^2 / u_k$
 d = debljina drveta u milimetrima i engl. paucima
 t^h = temperatura sušenja u °C i u °F
 α = konstanta ovisna o vrsti drveta
 za meko drvo $\alpha = 0,0477$
 za tvrdo drvo $\alpha = 0,0265$

Zavod za Dendrometriju Poljoprivredno-šumarski fakultet Zagreb 1957.

Sl. 22 — Emrovičev nomogram za Kollmannovu formulu za trajanje umjetnog sušenja drveta.

5.) **Računanje trajanja umjetnog sušenja.** Trajanje umjetnog sušenja drveta ovisi o mnogo faktora, koji su promjenljivi kao vrst drveta, volumna težina, početni i konačni sadržaj vode, debljina drveta, smjer piljenja, temperatura, relativna vlaga i brzina strujanja uzduha, vrst sušionice i t. d. Zbog toga su razni istraživači, koji su se bavili tim pitanjem (W. FABRICIUS, M. HIRSCH, L. KETTENACKER, F. KOLLMANN i drugi) došli do zaključka, da se trajanje umjetnog sušenja drveta u tehničkim uvjetima ne može precizno odrediti računom. Računom se može samo približno odrediti trajanje umjetnog sušenja drveta.

KOLLMANN je predložio slijedeću formulu za računanje trajanja umjetnog sušenja uzduhom:

$$t = \frac{1}{\alpha} (\ln u_p - \ln u_k) \left(\frac{d}{25}\right)^{1,25} \left(\frac{65}{\vartheta}\right) [h] \dots (17)$$

u kojoj je:

t = trajanje sušenja u satima;

α = koeficijent ovisan o vrsti drveta, za meko drvo vol. težine u apsolutno suhom stanju do 450 kg/m³ $\alpha = 0,0477$, a za tvrdo vol. težina u aps. suhom stanju oko 650 kg/m³, $\alpha = 0,0265$.

SCHLÜTER i FESSEL (10) našli su kod drveta debelog 20 mm, da je $\alpha = 0,0126$ za bukvinu, za hrastovinu $\alpha = 0,0104$ i za johovinu $\alpha = 0,036$. U pogonu se koeficijent (α) može provjeriti ili za neku vrst drveta izračunati iz jednadžbe (17), ako su prethodno poznate ostale veličine, koje u njoj dolaze;

u_p = sadržaj vode u drvetu u % na početku sušenja;

u_k = sadržaj vode u drvetu u % na koncu sušenja;

d = debljina drveta u mm. Mjesto koeficijenta 1,25 neki uzimaju 1,5;

ϑ = temperatura sušenja u °C.

Za ovu formulu konstruirao je KOLLMANN i posebno računalo (Šum. list 1939./str. 294), a KEYLWERTH nomogram. Sl. 22 predstavlja nomogram za KOLLMANN-ovu formulu, koji je izradio dr. B. EMROVIĆ.

KOLLMANN-ova formula daje **minimalno** vrijeme, koje se može postići samo uz dobru mehaničku cirkulaciju uzduha u dobro vođenim sušionicama. Po WILLIERE-u ova formula služi za računanje trajanja sušenja ispod točke zasićenosti, kao što i TUTTLE-ova teorija vrijedi samo za higroskopsko područje, jer pretpostavlja, da površina drveta dolazi u ravnotežu, čim počinje sušenje, i jer je primjenjiva samo tamo, gdje je mjerodavna difuzija, t. j. u higroskopskom području. Ipak se i KOLLMANN-ova formula kao i TUTTLE-ova teorija, primjenjuju i za nadhigroskopsko područje.

LITERATURA

1. TUTTLE, F.: A mathematical theory of the drying of wood. J. Franklin Inst. sv. 200 (1925.).
2. MARTLEY, J. F.: Moisture movement through wood, the steady state. F. P. B. Techn. Paper 2. London 1926.
3. SHERWOOD, T. K.: The drying of solids, Ind. Engng Chem. I i II, Sv. 21 (1929.), III. Sv. 22 (1930.).
4. MOLL, F.: Künstliche Holz Trocknung, Berlin 1930.
5. HAWLEY, L. F.: Wood — liquid relations. Techn. Bull. No. 248. June 1931. U. S. Dept. of Agric. Washington D. C.
6. BADGER, W. L., W. L. MACCABE, K. KUDZNER: Elemente der Chemie — Ingenieur-Technik. Berlin 1932.
7. HIRSCH, M.: Die Trockentechnik 2. Aufl., Berlin 1932.
8. KOLLMANN, F.: Rechnerische Verfolgung der künstlichen Holz Trocknung. Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 6. Jahrgang VDI, Berlin 1935., Juli-August, str. 169—174.
9. NARAYANAMURTI, D.: Versuche über die Feuchtigkeitsbewegung in Holz und anderen Körpern beim Trocknen und über das Wärmeleitvermögen feuchten Holzes. Mitteilung aus dem Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule Danzig str. 13—23, VDI 1935.
10. SCHLÜTER, R. und F. FESSEL: Neue praktische Erfahrungen bei der künstlichen Holz Trocknung. Trockentechnik. Holz als Roh- und Werkstoff (1939.), Heft 5, str. 169—193.
11. VOIGT, H., O. KRISCHER und H. SCHAUSS: Die Feuchtigkeitsbewegung bei der Verdunstungstrocknung von Holz. Holz als Roh- und Werkstoff (1940.), Heft 10, str. 305—321.
12. FOREST PRODUCTS LABORATORY 1945., Kiln Certification, ANC Bull.
13. KOLLMANN, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Bd. Berlin-Göttingen-Heidelberg-München 1951.
14. KEYLWERTH, R.: Die Kammertrocknung von Schnittholz. Holz als Roh- und Werkstoff (1951.), Heft 7, str. 289—292.
15. BROWN, H. P., A. J. PANSKIN, C. C. FORSAITH: Textbook of Wood Technology. Vol. II., New York-Toronto-London, 1952.
16. WISE, L. E. and C. E. JAHN: Wood Chemistry, 2nd Edition. Vol. 2 New York 1952.
17. STAMM, A. J., E. E. HARRIS: Chemical processing of wood New York 1953.
18. WILLIERE, A.: Séchage des Bois, Paris 1953.
19. KRISCHER, O.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1956.

ABOUT ARTIFICIAL WOOD DRYING

The theory of wood drying aims at finding out the influence of the determinative factors governing the process of seasoning, and to predict on this basis at whatever time during this process, the distribution of moisture in the body being dried, the method of regulating the process, and the drying time. In spite of lack of clearness, the theory of wood seasoning may be usefully applied.

The orthodox theory of seasoning solids regards the process of drying from both the standpoint of moisture equilibrium and the standpoint of the drying rate. The simplest way is to observe the drying of solids by means of air under constant conditions. Under constant conditions the drying curve shows two distinct periods, viz.: a first one in which the drying rate is constant, and a second one in which the drying rate is retarded. Non-hygroscopic bodies display two distinct sections, and the hygroscopic ones three distinct sections on the drying curve. The determinative factor concerning the first and the second section is the water-film evaporation from the surface of the solid, and concerning the third section the diffusion. In the air-drying process the determinative factors influencing the rate of seasoning are: humidity, velocity, direction, and temperature of the air. By increasing the air humidity the drying rate decreases within the period of constant drying rate. The humidity of air loses its influence on the drying rate when the diffusion of moisture in the body becomes the determinative factor. The drying rate is an exponential function of the air velocity. The direction of the air flow influences the drying rate in so far, as by the circulation at right angles there occurs a thinner boundary layer of air than by the circulation parallel to the grain.

The drying of wood can also be considered from the standpoint of moisture equilibrium and the drying rate, having in view both its structure and the migration of water in it.

Like other hygroscopic bodies wood adapts its moisture content to the humidity of air. In wood there occurs hysteresis. Many theories attempt to explain the phenomenon of hysteresis. The moisture equilibrium for various air conditions can be read-off from Fig. 8, which is valid for Spruce wood after the data of Loughborough and it can also be applied — without major errors — to other wood species.

Wood is hygroscopic because its main constituents, like cellulose and lignin, are also hygroscopic. There exist great difference regarding the drying of heartwood fibres and those of sapwood. Rays do not influence considerably the drying rate of heartwood, most likely because the fill up during heartwood formation.

Water in wood can move as free and as bound water, and also in the form of water vapour. Above the fibre-saturation point the water moves under the action of capillary forces. The driving force for the moving of bound water is the moisture gradient, and for the water vapour the gradient of relative humidity.

The pressure above the curved water surface is capillaries in inferior to that occurring above the flat water surface. Thompson's equation shows the relationship between the radii of capillaries and the relative water-vapour pressure occurring in them.

Below the fibre-saturation point the water moves thanks to the diffusion of bound water and the diffusion of water vapour, the drying process in wood gives rise to the moisture gradient. Experience has shown that the curve of the moisture gradient is a parabola. The higher the temperature the higher the volume of water circulating in the form of vapour, and the lesser in the form of bound water.

The movement of free water in wood above the fibre saturation point during drying process depends upon the number and size of pores in the cell walls, as well as upon the water air ratio in the cells. Although this is actually not a diffusion phenomenon, it acts like a diffusion.

If wood material possessing a high moisture content is being dried then, at the beginning of seasoning — under constant conditions — there occur three distinct sections on the drying curve, as is the case in other hygroscopic bodies. The first section ends at a still high water content of 80% and more, the second at 20—25% of moisture content, and the third at the end of the drying process. The determinative factor for the first two curve sections is the evaporation of water from the water film and for the third section the moisture diffusion in wood. For the first two section the drying curve is valid — among others-Danze-Bougnet's formula, while to the third section Tuttle's mathematical theory of drying rate may be applied. In the course of the second section the direct influence of the air condition on the drying rate is decreasing. In the third section the air condition has no direct influence on the drying rate. The air condition in the third section influences indirectly the drying rate in so far as the air humidity is governed by the moisture equilibrium and thus — also the completion of the drying process, and because the temperature increasing diffusion in wood accelerates at the same time the drying rate.

The mathematical theory of drying rate is based on the analogy, according to which the moisture in wood valid because the assumptions on which it is founded are not strictly fulfilled but it may usefully be applied for determining the distribution of water in wood and calculating the drying time.

The average values of the transverse diffusion coefficient can be used to represent the drying rate in the kiln drying temperature range down to the moisture contents of about 6 per cent without causing any appreciable error.

The artificial seasoning cannot be accurately determined by calculation, because a great number of variables is involved, and their effects are not sufficiently known. The time of artificial seasoning may be determined by calculation, but only approximately. The approximate time of artificial seasoning may be calculated after Kollmann's formula, or it may be determined without calculation by means of Emrović's nomograph.



PREGLED MEĐUNARODNOG TRŽIŠTA DRVETA

Koliko se može na osnovu prvih nekoliko mjeseci zaključiti, mirno poslovanje uz stabilne cijene glavna su značajka ovogodišnje evropske trgovine drvetom.

Politički događaji imali su malo utjecaja na tok poslovanja i na cijene, osim kod onog drveta, koje je zbog svoje provenijencije, a u vezi sa sueskom krizom, nužno obilazilo Rt Dobre Nade. Povišenje vozarine od 15% izazvano istim događajima sniženo je na 5%, a cijena broskog prostora preko Atlantika pokazuje tendencu pada.

Ponuda i potražnja drveta nalaze se u priličnoj ravnoteži sa stanovitom prevagom ponude tako, da se tržište i ove godine, kao i lani, nalazi u rukama kupca. Uopće uzevši opaža se tendenca normaliziranja tržišta, to jest postepenog vraćanja predratnom načinu i obimu, kada poslovanje nije bilo toliko izrazito zavisno od političkog razvitka.

To se može utvrditi i za meko i za tvrdo drvo, premda se ne može poraći proces stanovite izmjene u strukturi trgovine, bilo u pravcu kretanja, bilo s obzirom na predmet trgovine. Naravno se zapaža sve jače prodiranje egzotičnih vrsti drveta na evropsko tržište.

Ovogodišnje poslovanje u piljenoj građi četinjara na svim značajnim tržištima odvija se uglavnom mirno uz stabilne cijene.

Nešto brige nordijskim eksporterima prouzrokuje činjenica, što još uvijek ne poznaju količine, koje Sovjetski Savez namjerava ove godine iznijeti na evropsko tržište. Međutim, bojazam od prekomjernih količina isčezla je, jer ni Rusima ni u kom slučaju ne bi odgovarali jači poremećaji cijena na tržišta.

Kod piljene građe lišćara opaža se stanovito oživljavanje u prvom redu na engleskom tržištu. Ovo oživljavanje odrazilo se i na dosadašnjim rezultatima našeg izvoza drveta. U prva tri mjeseca o. g. ukupni izvoz drveta veći je za 17% od izvoza u istom periodu prošle godine. Naravno to je značajno, da gotovo najveći porast pokazuje piljena građa bukve, koja najviše stoji pod udarom konkurencije egzota i s kojom smo prošle godine imali najveće poteškoća. Daleko laganije plasiranje ovog sortimenta može se ove godine ustanoviti gotovo na svim tržištima tako, da postoje opravdani izgledi, da će plan biti u cjelosti ispunjen. Ne smijemo zaboraviti, da je upravo izvoz bukovine prošle godine najviše podbacio. Dva naša najjača tržišta za ovaj artikal jesu Engleska i Italija. Izgleda, da na talijanskom tržištu ne će biti naročito velikih poteškoća u plasiranju predviđene količine. Vjerujemo, da će plan prodaja biti ispunjen i u Engleskoj,

samo što će u tu svrhu biti potrebno uložiti daleko više truda, a donekle i izmijeniti dosada uobičajeni način trgovanja. Činjenica je, da na engleskom tržištu danas postoji pojačan interes za jugoslavensku bukovu piljenu građu. Ranije nagomilane zalihe uglavnom su rasprodane tako, da uvoznici nisu više opterećeni suviše velikim zalihama.

Zatvaranje Sueza smanjilo je uvoz azijskih vrsti drveta, u prvom redu ramina, koji upravo pretstavlja najjačeg konkurenta bukovine. To je omogućilo polagano ispražnjavanje zaliha i potrebu za kupnjom novih količina. Ali zbog prilično teške kreditne situacije uvoznici se danas ograničavaju uglavnom na kupovine manjih partija, koje su vrlo često unaprijed prodane potrošačima, pa uslijed toga uopće ne prolaze kroz stovarište importera. U praksi to znači, da se prešlo na izravno snabdijevanje potrošača, dok su uvoznici samo posrednici bez znatnijih vlastitih skladišta. Ali, ovakvi manji poslovi imaju za nas prilično nezgodnu stranu, jer se najčešće sastoje iz vrlo složenih specifikacija, koje su odraz individualnih potreba potrošača. Zbog toga je teško postići ispravan balans dimenzionalnih i kvalitetnih proporcija sa stvarnim mogućnostima proizvodnje. To može dovesti do nagomilavanja onih dimenzija i kvaliteta, koje u proizvodnji neizbježno nastaju, a ostale su neobuhvaćene malim ugovorima.

Karakteristično je, da se na engleskom tržištu danas traže veće količine neparene bukove građe za potrebe industrije namještaja. Traži se uglavnom »prima« roba, dok se »merkantil« traži samo u većim duljinama. Cijene su stabilne, i nema potrebe njihovom snižavanju, a niti mogućnosti povišenja.

Karakteristična je i za nas vrlo značajna sve jača konkurencija Rumunjske, Bugarske i ČSR. Kvaliteta rumunjske bukovine znatno se popravila i danas odgovara zahtjevima. Isto vrijedi i za bugarsku robu. Francuska roba vrlo je nejednaka, a, osim toga, u njegovim isporukama, odnosno prodajama, nema dovoljno stabilnosti.

Potražnja za našom hrastovinom dobra je kao i obično i u plasiranju predviđene količine ne će biti poteškoća. Vjeruje se, da će i plasman meke piljene građe, naročito kod našeg najjačeg kupca, u Italiji, biti ove godine nešto povoljniji u vezi s nedavno održanim sastankom mješovite jugoslavensko-talijanske komisije.

Prema tome, koliko se do danas može zaključiti, drvo i drvni proizvodi imat će u izvozu naše zemlje i ove godine isto onako značajno mjesto kao što su imali dosada.

Mi čitamo za Vas

U ovoj rubrici donosimo preglede važnijih članaka, koji su objavljeni u najnovijim brojevima vodećih svjetskih časopisa sa područja drvne industrije. Zbog ograničenog prostora ove preglede donosimo u veoma skraćenom obliku. Međutim, skrećemo pažnju čitaocima i pretplatnicima, kao i svim zainteresiranim poduzećima i licima, da smo u stanju na zahtjev izraditi cjelokupne prijevode ili fotokopije svih članaka, čiji su prikazi ovdje objavljeni. Za sve takve narudžbe izvolite se obratiti na Uredništvo časopisa ili na Institut za drvno-industrijska istraživanja — Zagreb, Gajeva ulica 5.

0. — OPĆENITO

05. — **Podesna primjena boja povećava produktivnost** (Condizionamento cromatica — incremento di produttività) Ing. dr. G. L. Della Torre »L'industria del legno« br. 10 (1956), str. 28—30.

U članku se daju uputstva o načinu i izboru boja za bojadisanje radnih prostorija, kao i o tehnici i taktici isticanja raznih upozorenja u pogonima i na strojevima. Pisac izvodi zaključak, da o uspješnom podešavanju boja u radnim prostorijama ovisi uvelike produktivnost rada.

1. — BOTANIKA, ENTOMOLOGIJA, FITOPATOLOGIJA

13. — **O finoj strukturi opne u jažicama četinjača.** (Über die Feinstruktur der Hoftüpfel-Schliesshaut von Nadelhölzern.) F. Stemsrud. »Holzforschung«, god. 10 (1956), br. 3, str. 69—75.

Snimci elektronskim mikroskopom pokazuju, da jažice smrekovine, jelovine i borovine nisu u presjeku lečaste, nego se sastoje iz jedne plosnate pločice, koju stvaraju srednja lamela i dvije primarne stijenke ćelije sa slojem sekundarnog odebljanja na rubovima. U opni jažice izgleda, da je srednja lamela rastopljena, ostavljajući tako otvore, koji su međutim submikroskopske veličine tako, da membrana vjerojatno djeluje kao filter, a ne kao sito. U bijelji norveške i švicarske borovine opažen je novi tip jažica, koje su karakterizirane perforacijama u centralnom tankom dijelu jažice. Drži se, da je to u vezi s lakom propustljivošću zaštitnih sredstava.

14. — **O biološko-mehaničkim i tehničkim svojstvima crljen-drвета.** (Über die biologisch-mechanischen und technischen Eigenschaften des Zugholzes.) W. Klauditz i I. Stolley. »Holzforschung«, god. 9 (1955), br. 1, str. 5—10.

Zračno suho crljen-drvo topole ima veću čvrstoću na vlak od zračno suhog normalnog drвета, i ta čvrstoća raste s povećanjem sadržaja celuloze. S druge strane čvrstoća na vlak svježeg crljen-drвета ne premašuje čvrstoću normalnog svježeg drвета. Mikroskopska istraživanja pokazuju, da kod svježeg drвета natopljene celulozne tercijarne lamele nisu opterećene naprezanjem na vlak, pošto nisu čvrsto spojene sa susjednim sekundarnim stijenka vlakana. Na mjestu kidanja može ih se vidjeti kako neoštećene vire iz ostalih slomljenih slojeva stijenke. Međutim, kod zračno suhog crljen-drвета tercijarna se lamela uslijed utezanja čvrsto priljubi uz sekundarnu lamelu, čime doprinosi povećanju čvrstoće na vlak i puca zajedno s ostalim lamelama stijenke vlakana, kada dolazi do prijeloma.

2. NAUKA O ŠUMARSTVU, ŠUMSKO GOSPODARSTVO

26. — **Okoravanje trupaca** (La scorciatura dei tronchi) »L'industria del legno« br. 10 (1956), str. 36—38.

Članak rezimira studiju, koju je s ovog područja objavio u Parizu »Centre technique du bois«, a koja sadrži informacije o ručnom koranju, mehaničkom ko-

ranju, koranju pomoću hidrauličkog pritiska, koranju uz upotrebu kemikalija, koranju uz primjenu destruktivnih hormona, koji se ubrizgavaju u živuće stablo. Posebna uputstva daju se u vezi s mjestom gdje se ima vršiti okoravanje, zatim o kvaliteti, gubitku sirovine pri okoravanju, upotrebi kore i sl.

Obzirom na uređaje za okoravanje u članku se preporučuje uređaj finske proizvodnje tipa »Vale«, njemačke proizvodnje tipa »Pasche« i francuske proizvodnje tipa »Ervé«.

3. — FIZIKA

32. — **Sorpciona histereza u odnosu na debljinu drвета.** (Serption hysteresis in relation to wood thickness.) A. P. Schniewind »For. Prod. Journal«, god. 6 (1956.), br. 6, juni, str. 225—229.

U članku se daju rezultati eksperimenata vršenih sa komadima drвета *Populus grandidentata*, veličine 7,5x5 cm i raznolike debljine od 1,27 do 20,32 mm, koji su bili dovedeni na ravnotežni sadržaj vlage kod raznih veličina relativne vlage zraka i konstantne temperature bilo desorpcijom iz svježeg ili adsorpcijom iz apsolutno suhog stanja. Ovi rezultati pokazuju, da debljina drвета nema značajnog utjecaja na razliku u ravnotežnom sadržaju vlage, postignutom na navedena dva načina.

32/83. 1 — **Utjecaj sadržaja vlage na ponašanje i izgled slojeva resorcinolnog ljepila u hrastovom laminiranom drvetu.** (Effect of Moisture Content on the Performance and Appearance of Resorcinol Glue Lines in Laminated Oak Lumber.) W. K. Murphey i W. T. Nearn. »For. Prod. Journal«, god. 6 (1956.), br. 5, maj, str. 194—197.

Istraživanja su pokazala, da je kod crvene hrastovine, laminirane toplim resorcinolnim ljepilom moguće postići zadovoljavajuću čvrstoću lijepljenog spoja i onda, kada se vlaga drвета kreće u granicama od približno 4 do 22%. Za laminate namijenjene vanjskoj upotrebi vlaga drвета pri lijepljenju mora se kretati između 4 i 14%. Dubina prodiranja ljepila i debljina osušenog sloja ljepila ovisi o sadržaju vlage drвета za vrijeme lijepljenja.

33. — **Dimenzionalna stabilizacija drвета pomoću zemnog voska.** (Dimensional Stabilization of Wood with Carbowaxes.) A. J. Stamm. »For. Prod. Journal«, god. 6 (1956.), br. 5, maj, str. 201—204.

Male epruvete iz smrekovine bile su istovremeno potopljene u vodu (radi kontrole), u 25 postotnu vodenu otopinu glicerina i u zemni vosak (polietilen glikoli), a nakon toga bile su sukcesivno osušene do apsolutno suhog stanja. Sa zemnim voskovima molekularne težine između 200 i 600 postignuta je, s višim molekularnim težinama, gotovo potpuna dimenzionalna stabilnost, a s glicerinom nešto slabija. Povećanje težine drвета uslijed depozicije zemnog voska iznosilo je u prosjeku oko 50%. Drvo lako pušta sadržani zemni vosak, ali ga je moguće fiksirati u drvetu s jednakom težinom fenolne smole. Ovaj postupak, međutim, često pravi poteškoće pri lijepljenju i površinskoj obradi drвета.

35/55. — **Gubitak težine kod sagorjevanja i temperaturna izolacija drva i drvnih materijala.** (Abbrandverlust und Temperaturdämmung von Holz und Holzwerkstoffen.) L. Vorreiter. »Holzforschung«, god. 10 (1956.), br. 3, str. 75—80.

U članku se daje pregled raznih metoda, predloženih za izračunavanje zapaljivosti drveta i gubitka težine kod sagorjevanja, kao i analiza autorove poboljšane metode procjene specifične brzine površinskog izgaranja i specifične brzine sagorjevanja (na bazi jedinice težine). Daje se i sastav i proračun preostale mase, dubine sagorjevanja i vodljivosti temperature upotrebom novih jednadžbi izolacione moći. Promjenljivost temperaturne vodljivosti goruće smrekovine prikazana je kao funkcija vremena trajanja sagorjevanja.

4. — NAUKA O ČVRSTOĆI

40/63. — **Metode ispitivanja i ocjenjivanja građevnih ploča.** (Testing and Evaluating Procedures for Building Boards. (W. C. Lewis »For. Prod. Journal«, god. 6 (1956), br. 7, juli, str. 241—246.

Građevne ploče, koje obuhvaćaju obične izolacione i tvrde vlaknate kao i iverice, moraju se ocjenjivati radi kontrole kvaliteta za vrijeme proizvodnje, određivanja svojstava čvrstoće i fizičkih svojstava, prodajnih specifikacija, usporedbe s drugim materijalima, kao i radi utvrđivanja konstruktivnih svojstava, koja su potrebna kod projektiranja konstrukcija. U članku se opisuju metode tog ispitivanja i ocjenjivanja fizičkih svojstava i čvrstoće samih ploča ili kombinacije ploča i drugih materijala u složenim konstrukcijama.

40/83. 1. — **Nedestruktivno ispitivanje kvaliteta lijepljenja** (A Non-Destructive Test of Glue Bond Quality.) B. A. Jayne. »For. Prod. Journal«, god. 5 (1955), br. 5, oktobar, str. 294—301.

Ispitivanje kvaliteta lijepljenja je dosada vršeno isključivo raznim metodama, kod kojih se na neki standardima propisani način kidalo sljubnice i po tom zaključivalo o čvrstoći i kvalitetu spoja. Razvoj industrije drveta, a naročito tehnike laminiranja drvnih elemenata, postavio je zahtjev, da se pronađe metoda nedestruktivnog ispitivanja gotovih komada, koji se ispitivanjem ne će uništiti i moći će se upotrebiti u namijenjen svrhu. U članku se opisuje jedna metoda nedestruktivnog ocjenjivanja kvaliteta lijepljenja ispitivanjem pomoću vibracija. Jednim električno-akustičnim sistemom za stvaranje i hvatanje vibracija omogućeno je tačno mjerenje rezonantnih karakteristika laminiranog materijala. Rezultati ispitivanja ove metode pokazuju, da se pomoću nje mogu otkriti i relativno male griješke u sloju ljepila, i to baš one vrste griješaka, koje se obično pojavljuju u svakodnevnoj praksi kod laminiranja drvnih elemenata.

40/83.1. — **Utjecaj promjene temperature na rezultate cikličkog ispitivanja trajnosti lijepljenih spojeva.** (Effect of Temperature Variation on the Results of the Cyclic Exposure Test for Glue Bond Durability.) C. A. Hart. »For. Prod. Journal«, god. 6 (1956), br. 7, juli, str. 247—251.

Ciklička ispitivanja šperploča potapanjem i sušenjem radi utvrđivanja vodo-otpornosti lijepljenog spoja pokazala su, da otpornost sloja ljepila kod temperature zraka i vode od 35°C iznosi svega oko jedne petine otpornosti kod temperature od 21°C. Viša temperatura vode, u koju se potapaju probe, ima većeg utjecaja na rezultate od temperature zraka kod sušenja. Objе temperature su odabrane kao normalne granice sobne temperature, propisane metodikom ispitivanja.

5. KEMIJA, DRVO KAO IZVOR ENERGIJE

53.1/75.0 — **Ispitivanja o izlučivanju smole pri sušenju drveta.** (Untersuchungen über den Harzaustritt bei der Holz Trocknung). B. Koljo. »Holz Roh-u. Werkstoff«, god. 14 (1956), br. 5, str. 172—181.

U članku se daju rezultati istraživanja o kvantitativnom određivanju izlučivanja smole kod borove srčevine u raznim smjerovima obzirom na smjer vlakanaca i kod temperatura od 40, 60, 80, 100 i 120°C. Izlučivanje je smole, kao što se moglo i očekivati, različito obzirom na smjer vlakanaca. Odnos izlučivanja smole u tangencijalnom, aksijalnom i smjeru vlakanaca utvrđen je kao 1:1,3:1,6. Ustanovljeno je, da se povećanjem temperature povećava i količina izlučene smole. Intenzivno izlučivanje kod svježije borove srčevine počinje tek kada se prijede temperaturu od 80°C. Temperatura omekšanja smole ovisi o količini hlapljivih sastojaka (uglavnom terpena). Što je njihova količina veća, to je niža temperatura omekšavanja. Voda i oksidacija utječu na boju smole, a svjetlo i temperatura ubrzavaju proces dekoloracije. Kod primjene visokih temperatura pri sušenju drveta tamna boja smole predstavlja prirodnu posljedicu. Intenzitet obojenja smole ovisi o visini primijenjene temperature.

6. KEMIJSKA UPOTREBA DRVETA

63.2. — **Proizvodnja i upotreba iverica** (Manufacture and Use of Wood Particle Board.) R. D. Bibby. »For. Prod. Journal«, god. 6 (1956), br. 5, maj, str. 169—172.

U članku se nabrajaju glavne karakteristike iverica i opisuju razni procesi proizvodnje i iznose njihove prednosti i mane. Daju se podaci o troškovima opreme i proizvodnje za jedan horizontalni kontinuirani proces, kao i podaci o rezultatima ispitivanja svojstava ploča proizvedenih tim procesom. Također se daje opis upotrebe i obrade ploča iverica.

63.2/63.3. — **Faktori koji su značajni za podizanje pogona za proizvodnju ploča iverica ili vlaknatica.** (Significant Factors for Establishing a Particle Board or Hardboard Plant.) S. C. Rooney. »For. Prod. Journal«, god. 6 (1956), br. 3, mart, str. 110—116.

U članku se navode faktori, koje treba analizirati, da bi se procijenila ekonomičnost podizanja tvornice ploča iverica ili vlaknatica. To su: sirovinška baza, tipovi proizvoda, plasman proizvoda i oprema potrebna za proizvodnju. Informativno su opisani procesi proizvodnje ploča raznih tipova i navedeni faktori, koji utječu na kvalitet proizvoda i troškove proizvodnje.

63.32/32.44. — **Odnos sadržaja vlage i svojstava elastičnosti za 25 vrsta komercijalnih vlaknatica** (Relationship of Moisture Content and Flexural Properties in 25 Commercial Hardboards. J. R. Stillinger i W. G. Coggan. »For. Prod. Journal«, god. 6 (1956), br. 5, str. 179—186.

Deset komercijalnih tvrdih ploča vlaknatica debljine 1/8" i 1/4", proizvedenih mokrim, polu-suhim i suhim postupkom i klasiranih kao »oplemenjene« i »neoplemenjene«, bilo je kondicionirano kod raznih visina relativne vlage na ravnotežni sadržaj vlage, koji je općenito iznosio 50 do 60% vlage punog drveta kod sličnih uvjeta kondicioniranja, pri čemu su najniži sadržaj vlage imale oplemenjene vlaknaticе. Kod ispitivanja na savijanje modul elastičnosti, modul kidanja i radnja za deflekciju do 0.2 cola su se povećavali sa smanjenjem sadržaja vlage, postigavši maksimum između 30% relativne vlage zraka i apsolutno suhog stanja, dok je radnja maksimalnog opterećenja opala radi povećane krhkosti ploča. Sušenje u termostatu do 17 sat; trajanja poboljšavalo je svojstva čvrstoće ploča. I među pločama istoga tipa po-

stojala je znatna razlika u svojstvima čvrstoće i elastičnosti, jer je većina ploča pokazivala svojstva usmjeravanja vlakana.

7. — ZAŠTITA I SUŠENJE

71/94.1. — **Utjecaj usijecanja bukovih pragova** (Effect of Incising Beech Cross Ties.) G. F. Franciosi. »For. Prod. Journal«, god. 6 (1956), br. 7, juli, str. 264—270.

Bukovi se pragovi smatraju u Evropi najboljim, ako su dobro impregnirani, unatoč sklonostima bukovine (*Fagus silvatica*) u sirovom stanju i za vrijeme sušenja. Oni imaju najduži vijek trajanja u upotrebi, ali zahtjevaju veću absorpciju zaštitnog sredstva od hrastovine. Radi toga se bukovina impregnira duplim Rüping procesom, a radi njezinih poznatih svojstava, naročito kod sušenja, izvršeni su u zadnje vrijeme i pokusi sa zasijecanjem pragova radi skraćivanja procesa sušenja i povećanja količine absorbiranog zaštitnog sredstva. Usječeni i neusječeni bukovi pragovi bili su prirodno osušeni i impregnirani kreozotom duplim Rüping procesom, kako bi se ustanovile prednosti usijecanja. Razlika u količini izgubljene vode prilikom sušenja u obje grupe pragova bila je neznatna. Uzimanje uzoraka radi ustanovljavanja prodiranja zaštitnog sredstva neposredno nakon impregnacije pokazalo je, da se prednosti usijecanja mogu krivo ocijeniti, jer razlike nisu bile velike, dok su, naprotiv, uzorci, izrezani tri mjeseca nakon impregnacije, pokazali znatno bolje prodiranje i jednoličniju raspodjelu kreozota u usječenim pragovima.

72. — **Nova metoda primjene pentaklorfenola na drvo u upotrebi** (A New Method of Applying Pentachlorophenol to Wood in Place.) R. G. Van Allen. »For. Prod. Journal«, god. 6 (1956), br. 10, str. 374—381.

U članku je opisana primjena nove vrste rastvora pentaklorfenola u petroleju u formi guste emulzije, koja se nanaša na drvo u upotrebi pomoću četke ili kašike, a može se nanašati i mehaničkim putem. Emulzija se može nanijeti u debljini do 2,5 cm, i ona postepeno pušta zaštitno sredstvo — pentaklorfenol — u drvo brzinom, koja odgovara brzini absorpcije drveta. Na taj način namaz emulzije služi u neku ruku kao rezervoar zaštitnog sredstva, iz kojega drvo crpi onu količinu, koju može absorbirati. Istraživanja su pokazala, da drvo absorbira iz jednog tankog na-

maza ove nove emulzije više zaštitnog sredstva, nego što ga može primiti iz 20 namaza četkom lakog 5 postotnog rastvora pentaklorfenola u petroleju.

75.1. — **Automatski regulator topline za sušioničke komore** (Avtoregulator teplovyh processov v sušil'noi kamerei.) A. F. Draškovič. »Derev. Prom.« (Moskva), god. 5 (1956), br. 1, januar, str. 17—19.

Opisuje se naprava, koja sadrži suhi i vlažni termometar sa CH_3Cl kao punjenjem, koji se završava spiralnom cijevi, slično onoj kod manometra. Naprava je kod ispitivanja održavala željenu temperaturu unutar granica od $\pm 1^\circ\text{C}$.

75.2. — **Konačno kondicioniranje i kontrola stanja drveta nakon sušenja** (Konečnaja vlagobrabotka i kontrolj sostojanija drevesiny posle suški.) L. V. Sahnovskij i N. V. Krasnovskij. »Derev. Prom.« (Moskva), god. 5 (1956), br. 1, januar, str. 5—8.

Autori su provjeravali velikim brojem probi na industrijskoj bazi efikasnost Ugolevljevih preporuka za kondicioniranje drveta nakon sušenja u zraku temperature 90°C s relativnom vlagom, koja odgovara vlazi drveta višoj za 4—6% od konačne željene vlage drveta, t. j. sa relativnom vlagom zraka od 85 do 95%. Oni su našli, da je pod normalnim uslovima rada zbog nesavršenosti uređaja za vlaženje moguće postići relativnu vlagu zraka u visini od samo 75%. Postupak kondicioniranja sa zrakom kod 90°C i 75% vlage nije dovoljan, da se uklone suvišna unutarnja naprezanja u drvetu. Jedini mogući način rada je primjena hladnijeg i vlažnijeg zraka s temperaturom od 60 — 70°C i relativnom vlagom od oko 100%, koji je i mnogo brži. Autori navode, da su borove daske debljine 19 ili 26 mm i širine 145 mm izgubile 80 do 100% unutarnjih napetosti nakon 2 do 4 sata izlaganja takvom postupku. Približno vrijeme trajanja konačnog kondicioniranja četinjača (izuzev smrekovine) u sušionicama s umjetnom promjenom zraka iznosi 2, 3, 7, 10 i 17 sati za daske debljine 19, 25, 40, 50 i 60 mm. U tabeli se daje vrijeme potrebno za kondicioniranje brezovine, topolovine, bukovine, smrekovine, hrastovine i jasenovine kod temperature, koja je za 5 do 8°C viša od konačne temperature propisane režimom sušenja. Opisane su i ilustrirane metode određivanja sadržaja i gradijenta vlage, kao i procjene preostale unutarnje napetosti u probnim komadima drveta.



BEHR-ove iverice

su kvalitetne ploče iz drveta

Prilikom podizanja novih tvornica
ploča iverica posavjetovat će Vas

O PROCESU PROIZVODNJE:

Erwin Behr, Moebelfabrik,
Wendlingen/Neckar

O KONSTRUKCIJI I MAŠINSKOJ
OPREMI:

Laboratorium
Dipl. ing. M. Himmelheber,
Baiersbronn/Schwarzwald

O KORIŠTENJU ZAŠTITNIH
PRAVA:

Dr. Oswald Wyss, Zürich,
Bahnhofstr. 28a
(Holzwirtschaftliche Industrieanstalt)
LICENCE PO CIJELOM SVIJETU



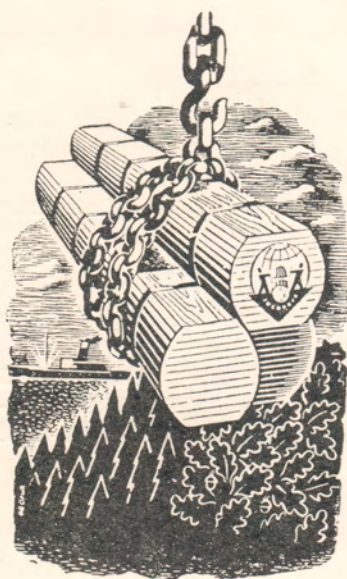
JUGODRVO

PREDUZEĆE ZA PRODAJU DRVETA

BEOGRAD

TRG REPUBLIKE 3/V - POŠTANSKI FAH 60

Telegrami: JUGODRVO, BEOGRAD - Telefoni: 21-794, 21-795, 21-796, 21-797



PREDSTAVNIŠTVA U ZEMLJI:

LJUBLJANA:

Gradišče 4 - Pošt. fah: 10 - Ljubljana - Telegrami: Jugodrvvo - Ljubljana - Telefon: 23-351.

ZAGREB:

Kaptol 21. Pošt. fah: 258 - Zagreb. Telegrami: Jugodrvvo - Zagreb. Telefon: 35-483.

SARAJEVO:

Jugosl. nar. armije 42. Pošt. fah 193 - Sarajevo. Telegrami: Jugodrvvo - Sarajevo. Telefoni: 35-04 i 38-35.

Poslovnica RIJEKA:

Delta 6. Pošt. fah: 351 - Rijeka. Telegrami: Jugodrvvo - Rijeka. Telefon: 34-81.

PRETSTAVNIŠTVA I ZASTUPNICI U INOSTRANSTVU:

Italija, Engleska, Njemačka, Austrija, Belgija, Holandija, Švajcarska, Francuska i Francuska Sjeverna Afrika, Egipat, Turska, Izrael, Grčka, Argentina, Urugvaj, Australija i SAD.

KUPUJE I IZVOZI

SVE DRVNE SORTIMENTE I FINALNE PROIZVODE

POSREDUJE

KOD PRODAJE DRVNIH SORTIMENATA U INOSTRANSTVU PO NALOGU PROIZVOĐAČA.

RASPOLAŽE

SA DUGOGODIŠNJIM ISKUSTVOM PO IZVOZIM POSLOVIMA I RAZGRANATIM TRGOVINSKIM VEZAMA U SVIM DJELOVIMA SVIJETA.

PROIZVOĐAČI: koristite u Vašem poslovanju naše iskustvo i naše usluge

TVORNICA STROJEVA-STUP

Sarajevo - Glidža



PROIZVODI:

STROJEVE ZA OBRADU DRVA:

Kombinirane stolarske mašine 410 i 610 mm, Ravnalice, Glodalice, Tračne pile 435 i 800 mm, Cirkulare s pomičnom pločom, Brusilice s dva valjka, Cirkulare okretne, Cinkmašine, Bušilice kombinirane, Tokarske klupe za drvo, Strojeve za izradu štapova, Brusilice za štapove, Brusilice s diskom, Glodalice visokoturažne, Klatne pile, Prese brzohodne za lijepljenje, Aparate za posmak, Blanjalice kombinirane, Briketmašine, Kompletne uređaje za proizvodnju iverastih, šper i panel-ploča.

STROJEVE ZA OBRADU METALA:

Tokarske klupe za metal, Bušilice stolne i stubne do 16 mm promjera.

STROJEVE ZA DUHANSKU INDUSTRIJU:

Sječkalice za duhan tipa »Giljotina«, Strojeve za pakovanje cigareta tipa »Glibo«.

STROJEVE ZA RUDARSTVO:

Trolejlokomotive, Transportere grabuljaste, Transportere s gumenom trakom, vagonete i ostalo.

METALNE KONSTRUKCIJE:

Krovne konstrukcije, Stubove za dalekovode i rasvjetu, Dimnjake limene, Cjevovode, Cisterne itd.

IZRAĐUJE:

ODLIVKE OD SIVOG LIMA, ALUMINIJUMA, BRONZE, MOTORNOG LIVA I LIVA ZA KANALIZACIJU. — VRŠI REMONT I REKONSTRUKCIJU. — OBAVLJA GLODAČKE I OSTALE USLUGE.

