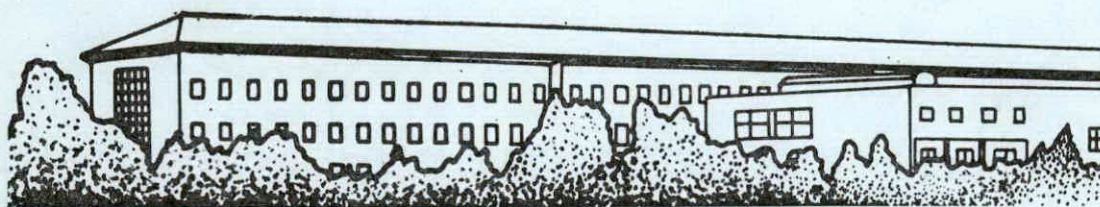


ŠUMARSKI FAKULTET ZAGREB
ZAVOD ZA ISTRAŽIVANJA U DRVNOJ INDUSTRIJI

BILTEN



DIGITALNI REPOZITORIJ ŠUMARSKOG FAKULTETA
2018.

ZAGREB

S A D R Ź A J

	str
1. Predgovor: SAVJETOVANJE O UVJETIMA I EFEKTIMA UVODJENJA PREDSUŠENJA U PRERADI PILJENOG DRVA.....	
2. Dipl. ing. T.Barišić, Centar za razvoj drvne industrije Slavonije, Sl.Brod RAZVOJ I PROBLEMATIKA SUŠENJA I PREDSUŠENJA DRVA U SVIJETU I KOD NAS.....	1-4
3. Dr. B.Petrić, Šumarski fakultet Zagreb GRADJA DRVA I NJENO ZNAČENJE KOD SUŠENJA I PREDSUŠENJA DRVA.....	5-13
4. Mr.Z.Pavlin, Šumarski fakultet Zagreb MEHANIZAM KRETANJA VODE U DRVU.....	14-21
5. Doc.dr.S.Badjun, Šumarski fakultet Zagreb PONAŠANJE DRVA KOD SUŠENJA I PREDSUŠENJA DRVA	22-26
6. PRIKAZI OSTALIH REFERATA.....	27-28
7. ZAKLJUČCI SAVJETOVANJA.....	29-30

Redaktori:

Dr.S. BADJUN

Mr.B. LJULJKA

Tehnički urednik:

I. MIČUDA

P R E D G O V O R

Savjet za šumarstvo i preradu drva Privredne komore SR Hrvatske u zajednici sa Šumarskim fakultetom Zagreb - Zavod za istraživanja u drvnoj industriji, Institutom za drvo Zagreb i Centrom za razvoj drvne industrije Slavonije Sl.Brod, organizirali su "SAVJETOVANJE O UVJETIMA I EFEKTIMA UVODJENJA PREDSUŠENJA U PRERADI PILJENOG DRVA" koje je održano 28. i 29. ožujka 1973. godine u Privrednoj komori SR Hrvatske, IPD "Majur" i DIK "Spačva" Vinkovci.

Uvodjenje predsušenja u preradi piljenog drva treba da predstavlja sastavnu komponentu modernizacije tehnološkog procesa u proizvodnji piljenog drva. Polazeći od toga, a imajući u vidu da je proces modernizacije u drvnoj industriji u toku, smatralo se potrebnim da se kroz jedno Savjetovanje predstavnici ove djelatnosti upoznaju s mogućnostima uvođenja predsušenja i efektima koji se time postižu.

Osim referata koji su izloženi na Savjetovanju, organizirana je i posjeta novo izgrađenim prostorijama za predsušenje drva u poduzećima IPD "Majur" i DIK "Spačva. Na taj su se način učesnici upoznali s postrojenjima ove vrste, dobili odgovarajuće informacije o izgradnji, radu i dosadašnjim iskustvima kod njihovog korišćenja.

Aktualiziranje problema utvrđenja tehnike predsušenja u nas zahtjeva razmatranje niza uvjeta primjene i poznavanje brojnih činilaca koje treba razmatrati prije izbora opreme i procesa, kako bi se instaliranje takvih postrojenja temeljilo na odgovarajućim kriterijima. Ulogu, mjesto, svrsishodnost i ekonomsko opravdanje različitih vidova predsušenja, nužno je meritorno razmatrati. Savjetovanje o uvjetima i efektima uvođenja predsušenja u preradi piljenog drva, između ostalog, imalo je i taj zadatak.

Ovaj broj BILTENA - ZIDI donosi referate sa Savjetovanja naznačenih u sadržaju. Referati: Dipl. ing. B. Guština "Primjena predsušenja u razvoju pilanske tehnologije" i dipl. ing. D. Salopeka "Tehničko-ekonomska razmatranja primjena predsušenja u IPD "Majur"" tiskani su u časopisu Drvna industrija 24(1973), broj 3-4, str. 47-63. Kratki sažetci ova dva referata iznijet će se ovdje radi cjelovitosti materijala sa Savjetovanja.

Savjetovanju je prisustvovalo 75 učesnika iz drvoindustrijskih poduzeća, stručnih drvarskih udruženja, obrazovnih institucija, istraživačkih instituta, te predstavnici proizvođača i isporučilaca opreme.

U V O D

Iako su poznate različite metode sušenja, u našoj industrijskoj praksi (kao uostalom i u čitavom svijetu) dominantni su procesi prirodnog sušenja i umjetnog sušenja drva (sušenje u sušarama). Valja istaći da su oznake "umjetno" i "prirodno" sušenje ostale u praksi, iako se u stvari sušenje drva toplim zrakom u sušarama ne razlikuje po osnovnim činiocima sušenja od sušenja na otvorenom zraku. Činioci sušenja - temperatura, relativna vlaga i strujanje zraka - su isti kod sušenja drva u sušarama, kao i kod sušenja na otvorenom zraku. Sušenje drva na otvorenom zraku nije ništa "prirodnije" od sušenja drva u sušarama, tim manje što se i kod sušenja drva na otvorenom zraku primjenjuje izvjesna tehnika slaganja drva u složaj, postavljanje letvica, oblik i orijentacija složaja kojim se postiže ubrzano strujanje zraka i dr. Bez toga se drvo izloženo vanjskom zraku ne bi sušilo nego bi sagnjilo. Dok je međutim kod sušenja u sušarama činioce sušenja moguće po volji regulirati i upravljati procesom sušenja, na vanjski zrak se u tom pogledu ne može utjecati. Tok i trajanje sušenja na otvorenom zraku ovisi o neizbježnim slučajnostima. Na otvorenom zraku drvo se mora sušiti mjesecima i godinama, ovisno o vrsti i debljini drva. Trajanje sušenja u sušarama svodi se na dane a za manje debljine nekih vrsta drva i na sate.

Kako se za doglednu budućnost ne mogu predvidjeti radikalne izmjene u metodama industrijskog sušenja drva, posebnu važnost imaju mjere da se ovi procesi intenziviraju i koriste na najekonomičniji način. Potreba da se drvo danas suši jeftinije i bolje nego ranije dovela je do primjene u praksi i prirodnog i umjetnog sušenja drva.

PREDSUŠENJE DRVA I PREDSUŠARE

U svijetu se u posljednje vrijeme razvija i jedna posebna tehnika sušenja drva, koja objedinjuje prednosti i jednog i drugog postupka, nazvana "predsušenje drva".

Prvi pokušaji da se procesi prirodnog sušenja drva ubrzaju postavljanjem velikih ventilatora i jednostavnih ogrijevnih tijela uz složaj drva datiraju u USA još od 1936. god. Taj se način nije primjenjivao u širim industrijskim razmjerima prije II svjetskog rata. Ovaj postupak sušenja obnovljen je 1946. godine u Australiji i od toga vremena do danas uz razne razvojne modifikacije praksa predsušenja proširila se u čitavom svijetu.

Prema navodima iz literature predsušenje je u USA izazvalo više interesa na području industrijskog sušenja drva, nego išta drugo što se na tom području pojavilo od razvoja modernih sušara do danas, tim više što se predsušenje pojavilo i naglo razvilo u industrijskoj praksi, a istraživanja o tehnologiji, uvjetima primjene, konstrukciji uređaja i ekonomičnosti uslijedila naknadno. O ovim elementima do sada postoji dovoljno informacija koje su rezultat dosadašnjih istraživanja.

Termini koji se u stručnoj literaturi upotrebljavaju za oznaku procesa predsušenja različiti su i brojni. Veliki broj termina (predsušenje, sušenje sa prinudnim strujanjem zraka, ubrzano prirodno sušenje, inducirano zračno sušenje, sušenje sa ventilatorima, sušenje pri niskim temperaturama) koji se primjenjuju za oznaku suštinski istog procesa - predsušenja - održava i različitost u konstrukciji uređaja i postupaka sušenja. Izraz predsušenje, kao i izraz pred-sušara u širem smislu obuhvaćaju sve ove postupke.

Iako se spomenuti termini često upotrebljavaju kao sinonimi, u literaturi o sušenju smatra se da termin "sušenje s prinudnim strujanjem zraka" treba primijeniti kao oznaku za sušenje pomoću ventilatora, postavljenih sa strane ili iznad složaja kojima se izaziva ili ubrzava strujanje zraka kroz složaj. Ako zrak nije zasićen, ubrzano strujanje zraka prouzrokuje veću brzinu sušenja.

Ako je ovom sistemu dodan uređaj za grijanje do niskih temperatura na ulaznoj strani zraka u složaj, proces se označava kao "ubrzano prirodno sušenje".

Oznaka "sušenje s niskim temperaturama" treba da se primjenjuje za sušenje s upotrebom ogrjevnih jedinica u stabilnim gradjevinama. To su predsušare u užem smislu. Ovakve predsušare su izgledom slične sušarama za drvo ili se od ovih razlikuju po konstrukciji i načinu rada. Usporedjenje sa standardnim tipom sušara, predsušare imaju prvo ogrjevna tijela manjeg kapaciteta, drugo, gradjevinska izvedba je lakša i jeftinija i treće, većinom nemaju uređaje za navlaživanje zraka. Predsušare su konstruirane da rade kod stalnih (niskih) temperatura. Sušare su konstruirane tako da se uvjeti sušenja mogu mijenjati brzo i lako, a općenito rade kod viših temperatura nego predsušare, Predsušare nemaju elastičnost rada sušare, niti se u njima ostvaruje ista brzina sušenja kao u sušari.

TIPOVI, DIMENZIJE I KAPACITET PREDSUŠARE

Predsušare su vrlo različite po konstrukciji i veličini, od postupaka jednostavnog nadkrivanja i obradivanja složajeva sa ventilatorima, do modernih predsušara sa prirodnom cirkulacijom zraka, ogrjevnim tijelima i kontrolnim instrumentima, te od malih jedinica volumena $20 - 50 \text{ m}^3$ do velikih gradjevina sa kapacitetom punjenja od 800 m^3 i više. Općenito one su konstruirane tako da iskoriste ljetne temperature i da s dodatnim uređajima za cirkulaciju zraka i grijanja - osiguraju polukontrolirane ili potpuno kontrolirane uvjete sušenja i zimi. Zbog mogućnosti, da se drvo predsušuje i u najjednostavnijim gradjevinским objektima, praksa predsušenja u Njemačkoj dobila je naslov "Schuppenvortrocknung" tj. predsušenje u šupama. Gotovo svaki konvencionalni gradjevinski materijal, uključivo beton, opeku ili drvo prikladan je za gradnju zgrade predsušare.

Najvažniji dio opreme su odgovarajuće ventilatorske jedinice, koje moraju osiguravati jednoličnu i dovoljnu brzinu zraka za postizanje jednoličnog i brzog sušenja.

Za većinu svrha ogrijevna tijela treba da imaju kapacitet predaje topline od oko 1600 kcal/h/m^3 .

TEHNOLOGIJA PREDSUŠENJA

Iako je bilo tvrdnji da se tehnički efekti predušenja osnivaju na novim principima, pa su u početnim diskusijama o tome u USA upotrebljavani čak termini kao "enzimi", "fermentacija", "bakterije" i "oksidacija" - istraživanja su pokazala da u proces predušenja nisu uključeni nikakvi novi principi ni fizikalni zakoni. Sušenje se zbiva na isti način kao kod sušenja na otvorenom zraku, u sušarama ili kod visoke temperature. Proces se zasniva na principu da se veliki dio slobodne vode može ukloniti iz sirovog drva brzinom koja evaporira i da je evaporacija vode sa površine drva zavisna o brzini strujanja zraka i turbulenciji. U poredjenju s ostalim metodama sušenja i sa sušenjem na otvorenom zraku, tehnika predušenja pruža mnoge prednosti i sa stanovišta očuvanja maksimalnih dimenzija piljenica i smanjivanja grešaka kod sušenja. Gubitak kvalitete drva pri sušenju na otvorenom zraku iznosi 4-8% a pri predušenju svega 1-3%.

Ako se tehnika predušenja, zbog ekonomsko tehničkih prednosti koje donosi, tretira kao suvremena zamjena za dugotrajno i skupo sušenje na otvorenom zraku, onda su moguće alternativne metode sušenja slijedeće:

1. sušenje u konvencionalnim sušarama od sirovog stanja;
2. kombinirano predušenje i sušenje u sušarama tj. djelomično sušenje u predušarama (umjesto sušenja na otvorenom zraku), a zatim umjetno sušenje;
3. potpuno sušenje do potrebnog stupnja suhoće u predušarama.

S obzirom na raspoložive podatke (naše i strane) o troškovima i kvaliteti sušenja u našim su uvjetima tehnički i ekonomski opravdane alternative 2 i 3. Za postrojenja predušara u kojima je moguće sušenje do finalnog stupnja suhoće u našoj se zemlji udomaćuje izraz "predušara - sušara".

Ukupno trajanje sušenja (predušenje i dosušivanje) smanjuje se u ovakvim postrojenjima na 10-20% od potrebnog vremena za kombinirani proces prirodnog i umjetnog sušenja. Predušara - sušara pruža mogućnost za brže prilagodjavanje zahtjevima proizvodnje i tržišta, nego što je to slučaj s djelomičnim sušenjem na zraku. Poredjenje, pak, s troškovima usporedivog pogona s dovoljno konvencionalnih sušara, u kojima je moguće sušenje od sirovog stanja ostvaruje se ušteda na investicijama od oko 60%.

Temperature koje se primjenjuju za sušenje u predušarama kreću se u granicama od 22-38°C.

PREDSUŠENJE DRVA U NAS

U Jugoslaviji su dosad izgrađene i rade 4 predsušare za drvo. Sve 4 se međusobno razlikuju po tipu, djelovima opreme, principu rada i stupnju opremljenosti. Za opću ocjenu o mogućnostima šire primjene tehnike predsušenja u nas treba istaći nekoliko momenata. Iako je ohrabrujuća spremnost s kojom industrija reagira na potrebu poboljšanja odnosno zamjene prirodnog sušenja prihvaćanjem tehnike predsušenja, potrebno je više studija i istraživanja o primjeni, konstrukciji, radu i ekonomičnosti uređaja za predsušenja - ako se žele izbjeći zablude, kojima je praćen razvoj predsušenja u nekim drugim zemljama. Simptomatično je u tom pogledu, da je naglo širenje tehnike predsušenja praćeno u nekim vanevropskim zemljama preuveličavanjima, te tvrdnjama o novim osnovama sušenja, bez oslonca na dosadašnja fundamentalna znanja o tome. Neki problemi su nedovoljno istraženi i traže posebnu pažnju kao npr:

1. koji se maksimalno sigurni uvjeti ravnoteže vlažnosti mogu primijeniti za pojedine vrste i debljine drva. Smatra se npr, da je ravnotežna vlaga od 11% dobra za sušenje borovine, ali da se za sušenje bukovine i hrastovine mogu sa sigurnošću primijeniti samo uvjeti koji odgovaraju ravnotežnoj vlažnosti većoj od 13-14%,
2. brzina sušenja se povećava s brzinom strujanja zraka, ali se rezultati i preporuke o optimalnoj, ekonomski opravdanoj brzini strujanja međusobno veoma razlikuju
3. dužina strujanja zraka (širina složaja kroz koju zrak mora proći) znatno utječe na brzinu strujanja i jednoličnost vlažnosti drva. Podaci o maksimalnoj dužini prolaza su vrlo kontradiktorni.

Ova najveća dužina u jednoj industrijskoj predsušari u Australiji iznosila je oko 40 m. Iako su neka parcijalna istraživanja na borovini pokazala da tu dužinu treba ograničiti na 3,3 m, i domaći i strani podaci pokazuju da ta dužina može biti do 12 m.

GRADJA DRVA I NJENO ZNAČENJE KOD SUŠENJA I PREDSUŠENJA DRVA

Da bi se lakše shvatilo kretanje vode u drvu potrebno je predhodno razmotriti strukturu i funkciju drva u živom stablu.

U botaničkom smislu drvo je dio vaskularnog staničja stabla, tj. sekundarni ksilem. Drvo provadja ascendentnim tokom iz korjena u krošnju, tj. asimilacioni aparat, vodu i u njoj otopljene mineralne tvari. Funkcija drva u živom stablu stoga je prvenstveno provodna. Uz provodnu funkciju zadatak je drva da nosi deblo i krošnju, tj. vrši mehaničku funkciju.

S druge strane, asimilanti putuju descendentnim tokom kroz floem, opskrbljujući asimilantima fiziološki aktivne stanice floema, felogen, kambij i fiziološki aktivne stanice drva. Iz floema asimilanti ulaze u ksilem preko žiljnih trakova, tj. iz floemskog dijela žiljnog traka u ksilemski dio žiljnog traka - drvni trak.

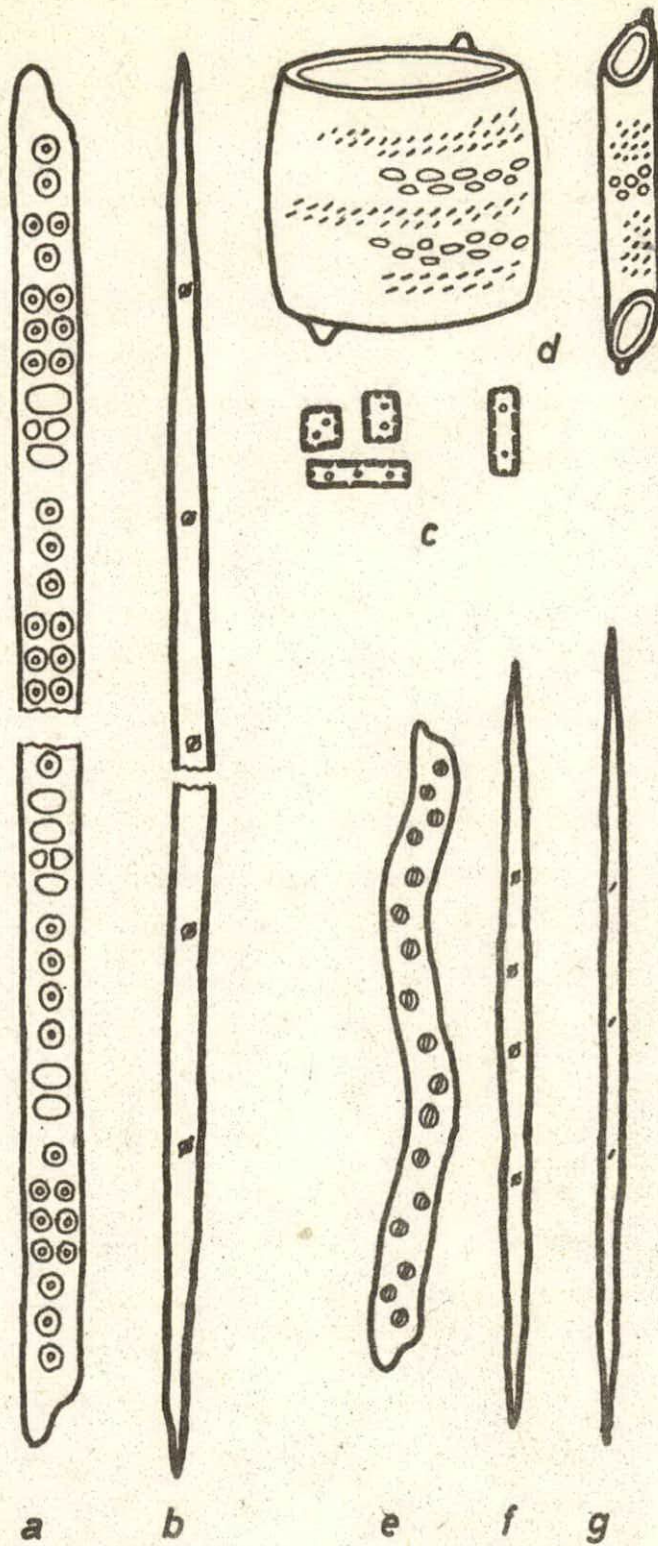
Prema tome u drvu možemo lučiti dva provodna sistema - aksijalni i radijalni.

Aksijalni provodni sistem u drvu četinjača izgradjuju traheide (sl. 1a,b). One čine 90-95% volumena gradje drva četinjača. Zbog provodne funkcije primile su tokom evolucije izduženi oblik. Pri kraju svog ontogenetskog razvitka gube protoplast, što im još više poboljšava provodnu funkciju. Uz provodnu funkciju traheide imaju i zadatak da nose deblo i krošnju, tj. imaju i mehaničku funkciju.

Razmatrajući prirodu zadataka koje vrše traheide, evidentno je da su te funkcije medjusobno antagonističke. Membrane traheida posjeduju debele lignificirane sekundarne slojeve, strukturnu karakteristiku koja im povećava čvrstoću, ali im ujedno smanjuje provodnju. Da se ovaj antagonizam na neki način kompenzira, razvile su se na sekundarnim slojevima membrana šupljine - jažice. Na dodirnim membranama dviju susjednih stanica formiraju se jažice nasuprotno, čineći parove jažica.

Krajevi traheida klinoliko su ušiljeni. Traheide se nižu u longitudinalnom smjeru preklapanjem klinoliko ušiljenih krajeva. Voda pretežno prolazi iz jedne traheide u drugu preko parova jažica, koje se nalaze na dodirnim membranama klinoliko ušiljenih krajeva.

Kako voda prolazi iz traheide u traheidu preko parova ogradjjenih jažica, očito je da su one jedan od najvažnijih faktora o kojima ovisi longitudinalno kretanje vode u drvu.



Sl.1. - Elementi gradje drva

Na slici 2a,b prikazan je par ogradjениh jažica u pogledu i presjeku. Parovi ogradjениh jažica u stvari su adaptacija koja povećava propusnu moć jažica, a da bitno ne smanjuje čvrstoću membranu traheide. Krećući se iz traheide u traheidu voda iz lumena traheide ulazi kroz porus jažice u komoru jažice. Iz jažične komore voda prolazi kroz membranu jažice u susjednu komoru i kroz porus u lumen druge traheide. Membranu jažice čine radijalno orijentirani mikrofibrili ili svežnjevi mikrofibrila. Otvori između mikrofibrila veličine su do 600 μm .

Kod veličine četinjača umjerenog geografskog pojasa u godovima se uočuju dvije zone - rano i kasno drvo. Rano drvo čine traheide tankih membrana, širokih lumena i velikog broja jažica (sl. 1a), dok je kasno drvo izgrađeno iz traheida debelih membrana, uskih lumena i malog broja jažica (sl. 1b). Zbog toga je kretanje vode u ranom drvu daleko veće.

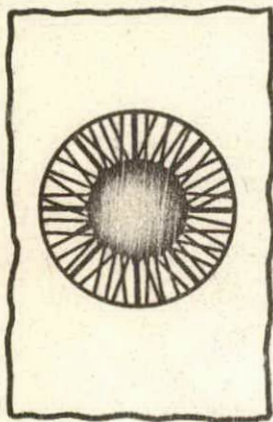
U sirovoj bjeljici membrane parova jažica u centralnom su položaju, što omogućuje lagani prolaz vode iz traheide u traheidu.

Kretanje vode u longitudinalnom smjeru znatno se reducira za vrijeme procesa osržavanja i sušenja bjeljike, jer se parovi jažica između susjednih traheida zatvaraju.

Povlačenjem kapilarne vode kroz jažice traheida započinje njihovo zatvaranje. Između kapilarne vode i zraka odnosno vodene pare stvara se meniskos u jažičnoj komori. Obzirom da su mikrofibrili membrane jažice fleksibilni, meniskos kapilarne vode, prolazeći kroz jažičnu komoru, zbog površinske napetosti vode povlači za sobom torus i primakne ga nadsvodjenju jažice. Adhezivne sile između torusa i nadsvodjenja jažice toliko su jake da ne omogućuju povratak torusa u centralni položaj. Proces zatvaranja jažice stoga je ireverzibilan, a veza između susjednih traheida prekinuta.

Za vrijeme osržavanja izim zatvaranja jažice, dolazi i do deponiranja raznih ekstraktivnih tvari u jažičnim komorama, što još više smanjuje ionako malu propusnost zatvorenih jažica.

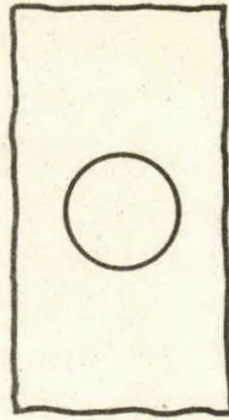
Kao što je ranije spomenuto, radijalni provodni sistem u drvu izgrađuju i drvni traci. Drvni traci, koji čine 3,4-11,7% volumena gradje drva četinjača, predstavljaju jedine moguće putove za radijalno provodjenje vode. Kod većine rodova četinjača drvni su traci izgrađeni iz radijalno produljenih fiziološki aktivnih stanica - parenhima traka, koje uz provodnu funkciju vrše i akumulaciju rezervnih ugljikohidrata (sl. 1c). Voda prolazi iz stanice u stanicu parenhima traka kroz parove jednostavnih jažica (sl. 3a,b). Veza između radijalnog i aksijalnog provodnog sistema podržava se preko jažica polja ukrštavanja, koje se nalaze na dodirnim membranama između traheida i parenhima traka.



a



b



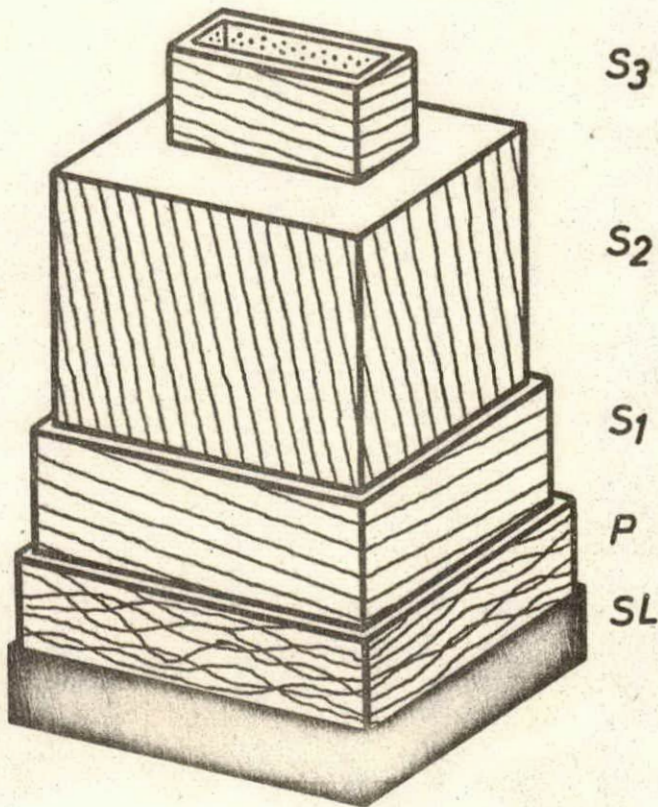
a



b

Sl. 2. -Par ogradjenih jažica

Sl. 3. -Par jednostavnih jažica



Sl. 4. - Gradja stanične stijenke

Već iz samog učešća drvnih trakova u gradnji drva četinjača uočljivo je da postoje velike razlike u kretanju vode u longitudinalnom i radijalnom smjeru. Nadalje, membrane jažica parenhima traka izgrađene su iz središnje lamele i dva primarna sloja membrana susjednih stanica. U usporedbi sa ograđenim jažicama traheida, voda se kroz ovakve jažice kreće stoga znatno sporije, što još više povećava razliku u kretanju vode u longitudinalnom i radijalnom smjeru.

Drvo listača kompliciranije je gradje od drva četinjača. Ono ima po funkciji potpuno diferencirane elemente, tipično provodne - članke traheja i tipično mehaničke - vlakanca. Ti su se elementi filogenezo Traheophyta razvili iz aksijalnih traheida. Evolucija aksijalnih traheida kretala se u dva smjera. S jedne strane, aksijalne traheide postajale su postepeno sve šire. Umjesto klinolikih završetaka pojavile su se kroz završne membrane, na kojima su se kasnije razvile perforacije. Takovom diferencijacijom aksijalnih traheida nastali su članci traheja. Ti se elementi nižu jedan iznad drugoga, tvoreći član-kovite cjevaste tvorevine - traheje.

Članci traheja mogu biti cjevastog ili bačvastog oblika, sa potpuno ili djelomično perforiranim završnim membranama, što ovisi o vrsti drva listača (sl. 1d). Volumno učešće traheja u gradnji drva listača jako varira i kreće se u granicama od 6 do 39%.

Kretanje vode u longitudinalnom smjeru time je znatno olakšano jer voda prolazi direktno iz članka u članak traheje preko perforacija završnih membrana.

S druge strane, aksijalne traheide diferencirale su se u produžene ušiljene elemente, debelih lignificiranih membrana, reduciranog broja znatno modificiranih jažica - libriformskih vlakancaca (sl. 1g). Libriformska vlakanca su potpuno preuzela mehaničku funkciju. Između tipično provodnih elemenata - članaka traheja i tipično mehaničkih - libriformskih vlakancaca postoji niz vlaknastih elemenata prelaznog oblika, kod kojih je funkcija podjeljena. To su vaskularne, vazicentrične i vlaknaste traheide (sl. 1e, f). Osim vlakancaca i članaka traheja u drvu listača veoma često nailazimo i na aksijalni parenhim, čija je funkcija akumulacija rezervnih ugljikohidrata.

Članci traheja okruženi su temeljnim staničjem - aksijalnim parenhimom, libriformskim vlakancima, vaskularnim, vazicentričnim ili vlaknastim traheidama. Tip stanica koje okružuju traheje uvjetovan je vrstom drva. Voda, koja longitudinalnim smjerom prolazi kroz traheje, kreće se lateralno u susjedno temeljno staničje pretežno preko parova jažica na njihovim dodirnim membranama.

Lateralno kretanje vode iz traheja u susjedno staničje ovisi, prema tome, o propusnosti jažica, njihovom obliku i broju. O tipu stanica koje opkoljavaju traheje ovisi i tip parova jažica. Okružuju li traheje vlakancaca, na njihovim dodirnim membranama razvijaju se parovi ograđenih jažica. Okružuju li traheje stanice aksijalnog parenhima, na njihovim membranama razvijaju se parovi poluograđenih jažica.

Svakako da ovdje najvažniju ulogu igra gradnja membrana parova jažica. Membrane parova jažica, bez obzira da li su traheje opkoljene vlakancima ili aksijalnim parenhimom, približno su iste gradje. Parovi ogradjenih jažica nemaju torusa, koji je tipičan za parove ogradjenih jažica drva četinjača.

Budući da su libroformska vlakanca elementi gradje drva sa najmanjim brojem jažica, to je lateralno kretanje vode najmanje ako su traheje njima opkoljene. Lateralno kretanje vode je veće ukoliko su traheje opkoljene vlaknastim ili vazicentričnim traheidama, jer je kod traheida broj jažica daleko veći. Aksijalni parenhim permeabilniji je i od traheida, vjerojatno zbog tanjih membrana i većeg broja jažica. U odnosu na longitudinalno kretanje vode kroz traheje, lateralno je kretanje vode ipak relativno veoma malo.

Radijalno kretanje vode u drvu vjerojatno najviše ovisi o drvnim trakovima. Premda drveni traci predstavljaju manje više jedine provodne puteve za kretanje vode u radijalnom smjeru, njihova je permeabilnost veoma varijabilna. Tako su, na primjer, jednoredni drveni traci u drvu hrastovine daleko permeabilniji od krupnih trakova.

Zbog veoma slabe provodljivosti drvnih trakova i vanredne provodljivosti traheja dolazi i do velikih razlika u longitudinalnom i transverzalnom kretanju vode drva listača.

Kretanje vode u drvu listača takodjer se smanjuje procesom osržavanja. Kod mnogih vrsta listača se za vrijeme osržavanja u drvu talože razne ekstraktivne tvari, kao što su tanin, masti, eterična ulja, razne gumozne tvari, organske boje i slično. Te tvari talože se i na membranama parova jednostavnih i ogradjenih jažica. Ovako inkrustirane membrane znatno smanjuju i permeabilnost jažica i smanjuju lateralno kretanje vode iz traheja u susjedno staničje i radijalno kretanje vode kroz drvene trakove.

Osim spomenutih promjena kod mnogih vrsta drva listača se za vrijeme osržavanja formiraju i tile. Tile su izrasline stanica parenhima trakova ili aksijalnog parenhima kroz šupljine jažica u susjedne traheje.

Usljed formiranja tila glavni provodni putevi za kretanje vode u drvu - traheje - se djelomično ili potpuno zatvaraju i veoma smanjuju longitudinalnu provodljivost srži drva mnogih listača, koje su inače u bjeljici jako provodljive.

Osim slobodne kapilarne vode, koja se nalazi u lumenima stanica, voda se nalazi i u samim membranama stanica kao vezana voda.

Membrane zrelih stanica drva sastoje se iz nekoliko slojeva (sl. 4). To su tanki primarni sloj (P), debeli sekundarni sloj, izgradjen iz tri podsloja - tankog vanjskog (S_1) debelog srednjeg (S_2) i tankog unutarnjeg (S_3).

Glavne komponente kemijske gradje membrana drva su celuloza, drvene polioze i lignin. Celuloza jelinearni lančasti polimer. Osnovna jedinica gradje celuloze je β -D-glukoza.

Po dvije molekule glukoze zaokrenute jedna prema drugoj za 180° vežu se, gubitkom molekule vode, u disaharid celobiozu. Linearno poredane molekule celubioze vežu se, također gubitkom molekule vode, u polisaharid - celulozu. Duljina molekule celuloze dostiže se do 50000 Å.

Približno 100 strogo paralelno poredanih molekula celuloze čine kristalit. U kristalitu su molekule celuloze međusobno čvrsto vezane preko vodikovih mostova. Promjer kristalita iznosi približno 30×100 Å, a dužina oko 600 Å. Budući da su molekule celuloze znatno dulje, one se protežu kroz nekoliko kristalita čineći osnovnu gradbenu jedinicu celuloznog skeleta - mikrofibril. U područjima gdje molekule celuloze prelaze iz jednog u drugi kristalit molekule celuloze nisu paralelno poredane i čvrsto međusobno vezane. To su amforna područja mikrofibrila. Kristaliti su opkoljeni parakristalnim plaštem. Parakristalini plašt čine molekule celuloze i lančaste molekule drugih polioliza, koje također nisu međusobno paralelno povezane. Između mikrofibrila nalaze se međuprostori širine do 100 Å. Oni se pretežno ispunjuju sferičnim manje više hidrofobnim molekulama lignina i drugim neceluloznim materijalima. Submikroskopske šupljine između molekula lignina drvnih polioza i celuloznog skeleta ispunjene su vodom. Ona se veže na slobodne OH skupine drvnih polioza i slobodne OH skupine celuloze u amfornim zonama između kristalita, u parakristalnim područjima i na površini kristalita.

Sušenjem iz drva prvo izlazi slobodna voda, koja se je nalazila u lumenima stanica. Intenzitet izlaska vode iz drva sličan je intenzitetu kretanja vode u živom stablu. Lumeni stanica ispunjeni su sada samo zrakom i vodenom parom. Daljnjim sušenjem drva počinje iz membrane stanica izlaziti vezana voda.

Iako osržavanjem drva dolazi do inkrustiranja jažica, a kod mnogih vrsta drva listača i do formiranja tila, odnosno do zatvaranja ogradjanih jažica u traheidama drva četinjača, kretanje je vode još uvijek u aksijalnom smjeru daleko veće od transverzalnog. Uzorak su tome velike razlike u promjeru i duljini aksijalnih elemenata gradje drva. Da bi voda, odnosno vodena para došla na površinu drva, sa koje se isparuje, mora u transverzalnom smjeru proći kroz daleko veći broj membrana i jažica nego u aksijalnom smjeru. Zbog toga se drvo uz čela sirovog trupca i piljenica brže suši od njihovih ostalih dijelova.

Povlačenje molekula vode iz submikroskopskih šupljina između molekula lignina i drvnih polioza i celuloznog skeleta prouzrokuje međusobno primicanje mikrofibrila - drvo se stoga uteže.

Stanice drva međusobno su povezane tankim medjustaničnim slojem - središnjom lamelom (sl. 4 SL). Središnja je lamela izgradjena uglavnom iz lignina, pektina i poliuronida. Koncentracija lignina u središnjoj lameli 4 puta je veća od koncentracije lignina u sekundarnom sloju membrane stanica. Radi toga središnja lamela manje bubri od sekundarnog sloja membrane stanica. Smatra se da je bubrenje središnje lamele izotropno.

U tankom primarnom sloju mikrofibrili su mrežasto raspoređeni. U sekundarnom sloju mikrofibrili su poredani paralelno i spiralno se uvijaju duž osi elemenata. Kut uvijanja mikrofibrila oko osi elemenata velik je u tankim vanjskim i unutarnjim podslojevima sekundarnog sloja. U srednjem najdebljem podsloju sekundarnog sloja, koji zbog svoje velike debljine čini glavnu masu membrane stanica, kut uvijanja fibrila je vrlo malen. Obzirom da se mikrofibrili u srednjem podsloju sekundarnog sloja membrane stanica uvijaju pod malim kutem to će, izlaskom vode iz prostora između mikrofibrila i njihovim međusobnim primicanjem, transverzalno utezanje u tom sloju biti daleko veće od longitudinalnog. Zbog velike debljine srednjeg podsloja sekundarnog sloja u usporedbi sa ostalim slojevima membrane stanice utezanje čitave membrane, a prema tome i drva, ponašati će se slično tom sloju. Drvo će se stoga utezati u lateralnom smjeru, tj. okomito na smjer protezanja vlaknaca daleko jače.

Radijalno je utezanje manje od tangentsnog. Za smanjeno radijalno utezanje postoji nekoliko teorija. Obzirom da je kut odklona fibrila u odnosu na smjer protezanja trakova u najdebljem srednjem podsloju sekundarnog sloja membrana stanica trakova malen, prva se teorija bazira na pretpostavci da se stoga drveni traci manje utežu smjerom svog protezanja i time smanjuju utezanje okolnog staničja u radijalnom smjeru.

Druga teorija pretpostavlja da je tangentsno utezanje veće od radijalnog zbog znatnijih razlika u težini zona ranog i kasnog drva u godovima mnogih vrsta drva umjerenog geografskog pojasa. Radi toga je utezanje težeg kasnog drva veće od utezanja lagljeg ranog drva. Zone čvršćeg kasnog drva djeluju na zone slabijeg ranog drva tako da se one prisilno tangentsno gotovo jednako utežu kao i zone kasnog drva. U radijalnom smjeru tog djelovanja nema, pa se obzirom na težinu zone ranog drva utežu manje od zona kasnog drva. Ukupno je utezanje drva stoga veće u tangentsnom nego u radijalnom smjeru.

Osim spomenutih teorija smatra se da su radijalne membrane aksijalnih elemenata jače lignificirane od tangentsnih. Zbog većeg učešća lignina u radijalnim membranama smanjeno je radijalno utezanje, jer je lignin krući i manje više hidrofoban u usporedbi sa hidrofilnim drvnim poliozama i celulozom.

Nadalje, postoji mišljenje da su razlike u radijalnom i tangentsnom utezanju drva uvjetovane razlikama u učešću i debljini središnjih lamela na radijalnim i tangentsnim ravninama. Vjerojatno postoje još neki nepoznati faktori, koji simultano uz spomenute teorije djeluju na anizotropnost zatezanja drva. Svi ti faktori ne moraju biti identični za sve vrste drva.

Na kraju treba naglasiti da su varijacije u strukturi pojedinih vrsta drva veoma velike, a prema tome i kretanje vode u njihovom drvu.

L i t e r a t u r a

- Cote, A.W.Jr.: (1965) Cellular Ultrastructure of Woody Plants, Syracuse University Press.
- Eames, A.J., MacDaniels, H.L.: (1947) An Introduction to Plant Anatomy, McGraw-Hill Book Comp., London.
- Jane, F.W.: (1970) The Structure of Wood, A. et C. Black, London.
- Roelofsen, P., A.: (1959) The Plant Cell Wall, Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Siau, J.F.: (1971) Flow in Wood, Syracuse University Press.
- Skaar, J.F.: (1972) Water in wood, Syracuse University Press.
- Špoljarić, Z.: (1961) Anatomija drva - struktura i kvaliteta, Sveučilište Zagreb.
- Špoljarić, Z., Petrić, B., Šćukanec, V.: (1969) Višejezični riječnik stručnih izraza u anatomiji drva, Posl. udr. šum. priv. org., Zagreb.
- Tsoumis, G.: (1968) Wood As Raw Material, Pergamon Press, London.

Mr. Z. Pavlin

MEHANIZAM KRETANJA VODE U DRVU

Zbog kompleksnosti pitanja mehanizma kretanja vode u drvu i radi boljšega razumijevanja pojedinosti ove pojave, referat je sačinjen kao komentar filma W. Harlow i C. Skarr "Mechanism of Moisture Movement in Wood", State University of New York, College of Forestry, Syracuse, U.S.A.

Dubeće stablo sadrži veliku količinu vode. Kada se ono posiječe, velik dio vode je nepbželjan i mora se ukloniti ili prirodnim sušenjem ili mnogo brže sušenjem u sušarama. Stvarni sadržaj vode u drvu jako varira medju vrstama drva, pa i u pojedinim stablima iste vrste drva. Katkada postoje znatne varijacije unutar pojedinog stabla, posebno u različito godišnje doba. U volumenu sirovog drva voda zauzima 30 do 40 pa i više posto volumena.

U drvnoj industriji njeno otklanjanje stvara najvažniji problem. Potrebno je spomenuti da se u USA svake godine treba ukloniti iz drva $3 \cdot 10^9$ galona vode, što od prilike iznosi $12 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ vode, kako bi se drvo moglo odmah upotrijebiti ili dalje preraditi. To je količina vode 25 puta veća od gradskog spremišta za vodu površine 1 kvadratne milje.

Za razumijevanje kretanja vode u drvu potrebna su određena predznanja o strukturi drva. Odnos drvo-voda može se objasniti jedino pomoću mikroskopske i submikroskopske gradje drva. Drvo četinjača izgradjeno je iz bezroj stanica koje su približno 100 puta duže od njihove širine. Vertikalni nizovi stanica (traheide) ukrštavaju se s radijalno orjentiranim stanicama tj. drvnim trakama. Na radijalnom presjeku možemo vidjeti u pogledu takve drvene trakove. Niz stanica traheida, preklapaju se na svojim krajevima. Na njihovim membranama vide se okrugle skulpture, tzv. ograđene jažice. One tvore provodne puteve za kretanje tekućine iz jedne traheide u drugu. U pogledu kod para jažica vidi se otvor = porus. Unutarnju strukturu možemo vidjeti na presjeku jažice. Na membranama susjednih jažica vide se nadsvodjenja s otvorima na vrhovima tih nadsvodjenja. U sredini se nalazi fleksibilna membrana jažice sa centralnim lečastim zadebljanjem - torusom. Prislanjanjem torusa uz porus, jažica se može zatvoriti. Kada je torus u centralnom položaju, tekućine ili suspenzije krutih čestica u tekućinama mogu proći kroz membranu para jažica. Jažice bilo kog tipa možemo jednostavno smatrati otvorima izmedju susjednih stanica.

U drvu razlikujemo kapilarnu i vezanu vodu. Kapilarna (slobodna) voda je u lumenim stanicama. Ona može sadržavati mjehuriće zraka ili druge plinove. Vezana (higroskopska) voda nalazi se u staničnim membranama. Kapilarna voda se kreće zakonima kapilarnih sila. Prilikom izlaženja kapilarne vode iz staničnih lumena, za vrijeme sušenja, mjehurići se zraka šire postepeno i ispunjavaju lumene.

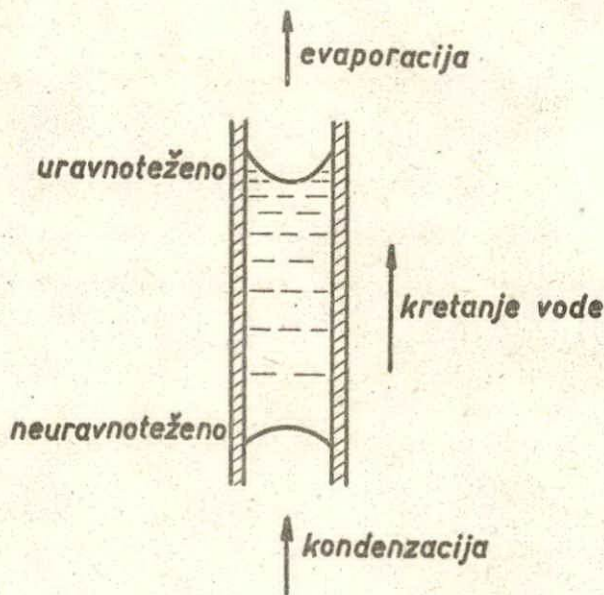
Stanične membrane su još uvijek zasićene vodom, a lumeni stanica sadrže samo mješavinu zraka i vodene pare. Sadržaj vode drva u tom stadiju naziva se točka zasićenosti žice, odnosno to je stanje najveće količine vezane vode u drvu. Molekule vezane vode koncentrirane su blizu higroskopskih sorpcijskih mjesta, u dijelovima staničnih membrana koje su dostupne za vodu. Molekule vezane vode stalno osciliraju u stanju ravnoteže. Ponekad molekule postignu dovoljno toplinske energije te izlaze iz sorpcijskog mjesta. Te aktivirane molekule s visokom energijom prelaze u područje susjednih sorpcijskih mjesta, gdje su ponovno prihvaćene i gube svoju energiju. Energija potrebna za difuziju vode u drvu je suma energije potrebnih za te skokove molekula. Molekule koje posjeduju dovoljno visoku energiju, a nalaze se blizu same površine membrane (vanjski sloj vode) izlaze u stanične lumene (isparavaju) i postaju molekule vodene pare u staničnim lumenima, visoke su energije i u stalnom su pokretu, a prekidaju samo intermolekularnim sudarima. Energija potrebna da se molekula vode pretvori u molekulu vodene pare, zove se toplina isparavanja, a iznosi pri temperaturi od 100°C približno 540 kalorija. Toplinska energija potrebna je također za isparavanje vode s vlažne površine drva. Količina topline koja je potrebna za sušenje ovisi o sadržaju vode u drvu.

Prilikom sušenja sirovog drva, potrebna količina topline za isparavanje slobodne (kapilarne) vode proporcionalna je gubitku vode od točke zasićenosti žice. Za sušenje drva ispod točke zasićenosti potrebna je dodatna toplina zbog svladavanja jakih privlačnih sila između drvene tvari i vode. Ova dodatna toplina, iznad količine topline potrebne za isparavanje slobodne vode zove se toplina vlaženja. Toplina vlaženja samo je mali dio ukupne potrebne topline za sušenje sirovog drva. Pojam topline vlaženja može se ilustrirati pokusom dodavanja suhog drvnog brašna u posudu s vodom u kojoj se nalazi termopar. Drvno brašno upija vodu pri čemu se oslobađa toplina, koja nastaje zbog velike privlačnosti između drvene tvari i vode. Oslobodjena toplina zagrijava vodu u posudi, što registrira instrument spojen s termoparom. Kod sušenja proces je obrnut tj. treba privedi toplinu da se odstrani voda iz drva.

Drvo se suši do određenog sadržaja vode koji je u ravnoteži s okolinom. Taj se sadržaj vode zove ravnotežni sadržaj vode, a ovisi o temperaturi i relativnoj vlazi zraka. Najvažniji faktor je relativna vlaga zraka. Kako se mijenja relativna vlaga zraka okoline tako se mijenja i sadržaj vode u drvu. Iz toga proizlazi da se i težina drva mijenja promjenom sadržaja vode drva. U koliko se smanjuje relativna vlaga zraka, smanjuje se i % ravnotežnog sadržaja vode drva. Sadržaj vode u drvu stalno se mijenja s promjenom relativne vlage zraka. Drvo je često izvrgnuto jako različitim uvjetima, zbog promjena klime u različitim godišnjim dobima. U tom slučaju sadržaj vode u drvu svodi se na prosječni sadržaj vode za određeno stanje.

Kada se sirovo drvo suši ono gubi prvo slobodnu (kapilarnu) vodu, koja se kreće zbog djelovanja kapilarnih sila (kapilar. vlažne sile). Većina od nas upoznata je s činjenicama da kapi-

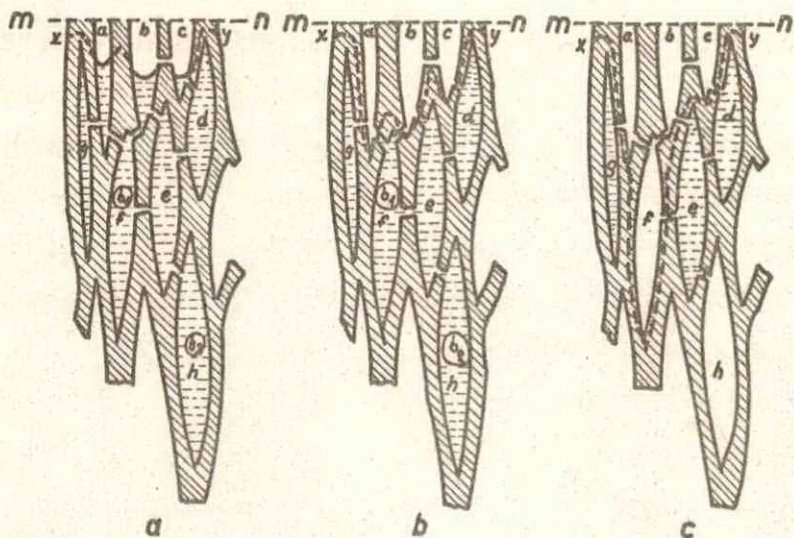
larne sile uzrokuju dizanje vode u kapilari. Tekućina se diže najviše u najmanjoj (najužoj) kapilari. Površinska napetost na dodirnoj plohi između vode i zraka uzrokuje vlačno naprezanje vode odmah ispod te dodirne površine. Prilikom ravnoteže voda djeluje jednakim naprezanjem na površinu u obrnutom smjeru. Ta napetost vode djeluje na stijenku kapilare isto kao i na površinu. Kapilarne sile djeluju u skladu sa zakonitošću po kojoj je kapilarna napetost (S) površine između vode i zraka obrnuto proporcionalna s radijusom zakrivljenosti (R): $T = \frac{2S}{R}$



Sl. 1. Shematski prikaz kretanja vode u kapilarama (Krischer 1938)

Slika 1. pokazuje površinu u kapilari s koje kapilarna voda isparuje u zrak. Radijusi zakrivljenosti (R) (površina kapilarne vode u njima) u tom su stadiju veliki, te je zbog toga kapilarna napetost mala. Ta se napetost javlja duž kapilare i izaziva vlačna naprezanja na stijenkama kapilare, ista kao i na zakrivljenosti na granici vode i zraka (meniskus).

Kako se evaporacija nastavlja radijus zakrivljenosti se smanjuje sve dok ne postigne veličinu radijusa otvora. Kapilarna napetost s tim u vezi raste. Nastavak evaporacije izaziva porast radijusa kapilara, a time i smanjenje kapilarne napetosti. Očigledno je da se maksimalna napetost javlja kada se evaporirajući radijus izjednači s radijusom pore.



Sl. 2. Shematski prikaz kapilarnog kretanja vode u drvu za vrijeme sušenja, a) stanje na početku sušenja, b) stanje nešto kasnije iza početka sušenja i c) još kasnije stanje sušenja (po L.F.Hawley-u)

Slika 2. prikazuje kako se kapilarna voda odstranjuje iz sirovog drva. Ove su stanice u početku potpuno ispunjene vodom osim stanica f i h u kojima se nalaze mjehurići zraka. Vidi se da su mjehurići različite veličine. Sušenje drva vrši se samo s gornje površine koja je u dodiru s atmosferom (linija m-n). Kako se kapilarna voda isparuje iz otvorenih stanica na površini, formiraju se radijusi zakrivljenosti na dodirnoj površini vode i zraka. Kapilarna napetost je mala u tom stadiju sušenja, zbog relativno velikog radijusa r_a površini sušenja. Kada se stanice na površini isprazne, površine isparavanja javljaju se u jažičnim otvorima. Radijusi isparavajućih površina su smanjeni i po veličini se približavaju radijusu većeg mjehurića. Napetost djeluje u čitavom sistemu, na staničnim stijenkama i meniskusima na granici vode i zraka. Povećana napetost uzrokuje ekspanziju mjehurića zraka. Veći mjehurić prvi počinje ekspanzirati. Njegovom ekspanzijom prazni se stanica. Voda iz stanice se kreće u pravilu kroz susjednu stanicu, prema površini isparavanja. To omogućuje stanici duboko ispod površine da izgubi svoju kapilarnu vodu prije od neke druge stanice, koja je bliže površini drva. To može objasniti postojanje vodenih džepova u drvu, nakon djelomičnog sušenja. Nakon što je veći mjehurić ekspandirao ispunjujući stanicu, površine isparavanja su ponovno smanjene, jer se meniskusi povlače u porus jažica. Ponovno napetost u sistemu raste, sve dok ne postane tolika da prisili manji mjehurić na ekspanziju. Ekspanzijom tog mjehurića migrira voda kroz dodirne membrane i evaporira s površine drva. Kako se isparavanje nastavlja napetost

u kapilarama raste jače nego prije, jer nema više mjehurića zraka da smanji napetost svojom ekspanzijom. Ta se napetost prenosi na stijenke stanica. Maksimalna veličina kapilarne napetosti određena je veličinom najvećeg otpora u sistemu u ovisnosti prema jednadžbi za kapilarnu napetost. U tom se slučaju meniskus povlači iz prazne stanice u ispunjenu stanicu kroz otvor ili jažice. Isti proces započinje kada dodirne membrane imaju otvore jažica između dvije susjedne stanice.

Kada površina isparavanja stigne do ispunjene stanice, ona se širi u tu stanicu. To rezultira odgovarajućim povećanjem radijusa zakrivljenosti, a s time i smanjenje kapilarne napetosti. Voda isparuje u zračni prostor i migrira s površine drva u obliku vodene pare. Ostale stanice dublje u drvu gube svoju kapilarnu vodu na isti način.

Pod određenim uvjetima, zbog djelovanja kapilarne napetosti može doći do pojave kolapsa u drvu. Naime kada je proces jako ubrzan, kapilarna napetost u stanici ispunjenom vodom, može biti vrlo velika u koliko su otvori jažičnih membrana dovoljno maleni. Ako je stanična membrana oslabljena, stanica ili grupa stanica može kolabirati.

Unutarnje pukotine su druge pojavne greške kod sušenja, koje mogu biti u vezi s kolapsom. U koliko se za vrijeme sušenja pojavi kolaps, on se katkada može odstraniti određenim postupkom (rekondicioniranjem). Poznato je otklanjanje kolapsa pomoću kratkotrajnog djelovanja visoke temperature i visoke relativne vlage zraka, neposredno nakon sušenja (postupak rekondicioniranja).

Nakon otklanjanja kapilarne vode, preostala voda može migrirati prema površini drva jednim od dva moguća puta.

1. U kontinuiranom putu kroz stanične membrane. Molekule higroskopske vode difundiraju kroz stanične membrane prema suhljim dijelovima.

2. Isprekidani put molekula vodene pare. Uključuje difuziju kroz stanične membrane i kroz stanične šupljine. Uz spomenuto, molekule vode mogu još prolaziti i kroz otvore jažičnih membrana.

Sada ćemo поближе pogledati proces difuzije vezane vode. Migrirajuće molekule vode "skaču" iz jednog sorpcijskog mjesta na drugo sorpcijsko mjesto, u pojedinim regijama stanične membrane. Molekule vode se "vežu" na svako sorpcijsko mjesto, sve dok ne postignu dovoljno energije, da mogu preći na slijedeće sorpcijsko mjesto. Migracija se odvija prema suhljim dijelovima drva - gdje ima više slobodnih sorpcijskih mjesta. Prilikom difuzije vodene pare, u staničnim lumenima, svaka molekula visoke energije (vodene pare) sudara se s drugim molekulama. Ti sudari s ostalim molekulama u staničnim šupljinama su elastični. Smjer kretanja (gledano u cjelini) je prema suhljoj staničnoj membrani. Kada molekule vodene pare dostignu tu suprotnu staničnu membranu, mogu predati dio svoje energije i biti adsorbirane u membrani. Voda se dalje kreće mehanizmom kretanja vezane vode.

U koliko molekula pare udje u poru jažice, ona se dalje kreće kroz stijenk drugaćijim mehanizmom, nazvanim otežana difuzija. U tom se slučaju molekula pare sudara sa stijenkom jažice.

Prilikom tog sudara molekula (pare) može biti adsorbirana u stijenci. Ona ponovo evaporira (isparuje) nakon nekoliko ovakvih skokova. Zbog toga je kretanje ovakve molekule smanjeno.

Kada je stanična membrana zasićena vodom, učestalost ovakvih skokova molekula je veća, nego kod nižeg postotka sadržaja vode. Razlog tome je što je energija atraktivnih (privlačnih) sila između drva i vode veća kod nižeg sadržaja vode. Sve dok molekula vode ne primi dovoljno energije za prelaz ona ostaje na svom sorpcijskom mjestu. Tek nakon toga ona prelazi na slijedeće sorpcijsko mjesto. To djeluje i na migraciju molekule kroz staničnu membranu. Kako to kretanje napreduje (s vlažnijeg na suhlji kraj stanične membrane) učestalost "skokova" postepeno se smanjuje i kretanje vode pomoću difuzije u staničnoj membrani postaje zanemarljivo. Iz istog razloga kako napreduje sušenje drva koncentracija molekula vodene pare u staničnom lumenima se smanjuje. Kretanje vode u drvu odvija se prema suhljim dijelovima drva. Povišena temperatura povećava kinetičku energiju molekula drva i molekula vode. Učestalost skokova molekula i staničnoj membrani raste, te se zbog toga povećava difuzija u staničnoj membrani. Iz istog razloga povećava se broj molekula vodene pare u staničnim lumenima, porastom temperature. Brzina kretanja molekula vodene pare također raste s povećanom temperaturom. Iz toga razloga moguće je brže sušiti drvo kod više temperature.

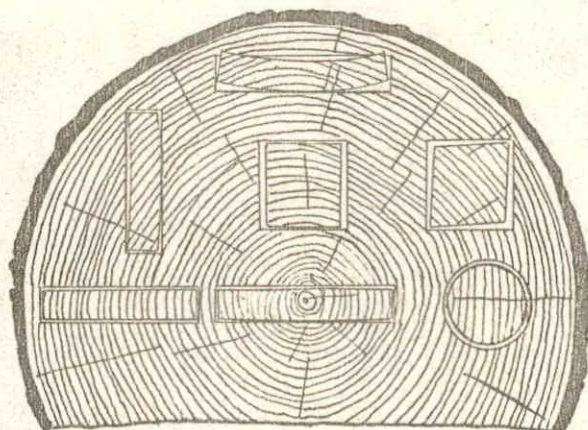
Kretanje vode kroz staničnu membranu mnogo je sporije od kretanja pare kroz lumen stanice. Zbog toga broj i debljine staničnih membrana, koje se nađu u smjeru kretanja vode, limitiraju to kretanje.

Kretanje vode okomito na žicu drva, kroz tanke stanične membrane ranog drva, brže je od kretanja kroz odebljale stanične membrane kasnog drva. Prisutnost brojnih jažica u stanicama ranog drva, također pospješuje brže kretanje vode. Drvni traci sa svojim radijalno izduženim stanicama, pospješuju kretanje vode u radijalnom smjeru. Prilikom kretanja vode uzduž žice, zbog dužine stanice, manji je broj membrana na putu vodi i kretanje vode može biti 10 ili više puta veće od kretanja okomito na žicu. To dokazuje intenzivno sušenje piljenica na čelima. Normalno drvo uteže se sušenjem do točke zasićenosti žice.

Kod sušenja drvo zadržava svoje dimenzije i oblik, za vrijeme isparavanja kapilarne vode. Gubitkom vezane vode drvo se uteže. Tangentno je utezanje dva puta veće od radijalnog utezanja. Kako molekula vezane vode napušta staničnu membranu, sorpcijski dio membrane se uteže, (izazivajući utezanje ostalih dijelova). To submikroskopsko utezanje stanične membrane, rezultira sveukupnim utezanjem drva.

Sušenjem površinskih slojeva ispod točke zasićenosti žice javljaju se male čeone pukotine, jer su slojevi ispod ovih još uvijek s visokim sadržajem vode tj. iznad točke zasićenosti žice, pa još nije kod njih počelo utezanje. Kada se taj unutrašnji dio drva osuši ispod točke zasi-

ćenosti žice, javljaju se male čeone pukotine, jer su slojevi ispod ovih još uvijek s visokim sadržajem vode, tj. iznad točke zasićenosti žice, pa još nije kod njih počelo utezanje. Kada se taj unutrašnji dio drva osuši ispod točke zasićenosti žice te se počinje utezati, površinske pukotine se postepeno zatvaraju osim nekih većih koje se razvijaju u radijalnu raspuklinu drva. Pojava pukotina i raspuklina na čeli trupca nastaje zbog povećanog tangentsnog utezanja s obzirom na radijalno. Ova razlika uzrok je pojavi naprezanja u drvu, koje zbog toga raspucava. Preradom trupca u piljenice, ovima se oblik mijenja za vrijeme sušenja zbog razlike u tangentsnom i radijalnom utezanju.



Sl. 3. Utezanje piljenog drva s obzirom na položaj u trupcu

Na slici 3. poprečni presjeci prikazuju čela piljenica ispiljenih iz različitih dijelova trupca. Blištava pokazuje koritavost dok blištava ostaje ravna. Kvadrat postaje romb, kružnica postaje elipsa. Način na koji se drvo suši može jako utjecati na ponašanje drva prilikom obrade na strojevima.

Prilikom sušenja voda napušta prvo vanjske slojeve drva. Nakon nekoliko sati sušenja vanjski je sloj osušen ispod točke zasićenosti žice i on se počinje utezati. Ispod njega nalaze se slojevi drva s još uvijek visokim sadržajem vode. Vanjski je sloj djelomično utegnut. Nastavak utezanja (do konačnih dimenzija) spriječen je unutarnjim dijelovima drva koji su još uvijek s visokim sadržajem vode. Zbog toga se suhlji vanjski slojevi ne utežu potpuno. Kako su ti slojevi sada već suhi ili gotovo suhi, a ne mogu se dalje utežati ili se utežu u vrlo malom postotku javljaju se trajna naprezanja. Kako se sušenje piljenica nastavlja i dalje, sada centralni dijelovi nastoje da se utežu (zbog sadržaja vode ispod točke zasićenosti žice) no potpuno utezanje sada je njima onemogućeno, jer su okruženi osušenim-nekompletno utegnutim vanjskim slojem s trajnim napreznjima. To stanje (tlačna naprezanja na površini, a vlačna naprezanja u unutrašnjosti), koje je karakteristično kao tzv. stanje skorjelosti, može se ustanoviti izradom probnih vilica. Kada se drvo pilje-

nice u stanju skorjelosti raspili na paralici, dobijeni komadi pokazuju koritavost, koja nastaje zbog poremećene ravnoteže, tj. centralni dijelovi piljenica savinu se prema unutra zbog postojećih vlačnih naprezanja u tim dijelovima. Skorjelost se može otkloniti ili bar ublažiti izlaganjem drva visokoj temperaturi i visokoj relativnoj vlazi zraka (kondicioniranje) za kratko vrijeme nakon što je piljenica presušena.

Drvo posjeduje mnogo izuzetnih svojstava koje mu daju vrijednost za izuzetne upotrebe. Sada u modernom svijetu, usprkos porastu konkurencije novih materijala, drvo je još uvijek nenadoknadivo za mnoge svrhe. Međutim, oni koji ga preradjuju, trebaju znati osnovne principe kretanja vode u drvu, kako bi postigli najbolju dimenzionalnu stabilnost neophodnu kod finalnih proizvoda iz drva.

Dr. S. Badjun

PONAŠANJE DRVA KOD SUŠENJA I PREDSUŠENJA

Drvo ili točnije rečeno tvar staničnih stijenki predstavlja kompleks prirodnih polimera. Ovi amforni polimeri sastavljeni su iz dugih elastičnih lančanih molekula. Posebnost njihova ustrojstva određuje i naročiti karakter njihova ponašanja pri promjenama ili djelovanju izvanjskih faktora. Djelovanjem izvanjskih sila na ovakav sustav polimera nastaju određeni vidovi deformacija. Deformacije, vezane s promjenom oblika ili međusobnog položaja lančanih molekula, ne nastaju trenutačno nego tijekom određenog vremena.

Teoretska istraživanja procesa nastajanja i razvijanja deformacija polimera provode se i tumače postavkama reologije. To je nauka kojom se utvrđuje opća zakonitost razvijanja deformacija po tijeku vremena i puzanje (tečenje) bilo koje tvari. Poznavanje zakonitosti kod deformacija materijala ima veliko značenje za proučavanje i tumačenja u području fizike krutih tijela, molekularne fizike, fizikalno-kemijske mehanike materijala i mnogih drugih nauka. Razlikuje se fenomenološka i molekularna reologija. Prva od njih objašnjava vanjske pojave mehaničkih svojstava materijala pod djelovanjem opterećenja po tijeku vremena, a druga izučava molekularni mehanizam deformacija. Reologija proučava ponašanje stvarnih materijala na osnovu studija idealiziranih modela (Hookovo tijelo, Newtonova žitkost, Maxwellovo tijelo, Kelvinovo tijelo, složeni modeli).

Već odavno je bilo uočeno i predmet istraživanja ponašanje i svojstva drva koja se javljaju pri nepromijenjenom opterećenju po tijeku vremena a koja odstupaju od Hookovog zakona. Tek u novije vrijeme ove se pojave i ovakvo ponašanje drva objašnjava sa stajališta fizikalno-kemijskih karakteristika polimera odnosno molekularne reologije.

Nosilac mehaničkih svojstava drva je u stvari visokoorijentirani amorfnopolimer celuloze, koji nastaje kao produkt u procesu biosinteze. Već u toku procesa formiranja ili bolje rečeno u procesu rasta drva pojavljuju se u njemu unutrašnja naprezanja. Poznato je da se unutrašnja naprezanja bez djelovanja vanjskih sila, pojavljuju i kod nejednakih deformacija tijela odnosno njegovog ustrojstva. U kompaktnom se drvu takova pojava, ispoljena raznim veličinama i smjerom promjena dimenzija, javlja osim u tijeku procesa rasta i pri sušenju drva, impregniranju i nekim drugim tehnološkim procesima prerade drva. Do danas je najviše ova pojava unutrašnjih naprezanja izučavana kod drva u procesu njegovog sušenja. Ukupno unutrašnje naprezanje nastalo u tom procesu treba razmatrati kao zbir naprezanja nastalih zbog nejednake vlažnosti (vlažnosna naprezanja) i zaostalih (trajnih) naprezanja.

Vlažnosna naprezanja u drvu nastaju zbog nejednolikog utezanja, a ono je opet uvjetovano neravnomjernim rasporedom vezane vode. Ova naprezanja nastala kao posljedica ograničenog (spriječenog) utezanja nastaju nakon izjednačavanja vlažnosti po presjeku drva odnosno nestaju u času kada pojedini dijelovi dodju u mogućnost da poprime dimenzije koje odgovaraju prisutnoj vlažnosti.

Zaostala naprezanja nastaju u drvu kao posljedica nejednolikih trajnih deformacija. Zaostala naprezanja, za razliku od naprezanja zbog nejednake vlažnosti, ne nestaju ni nakon izjednačavanja vlage po presjeku drva. Ona su prisutna u drvu kako u toku tako i po završetku procesa sušenja.

Ova su naprezanja (vlažnosna i trajna) suprotnih predznaka a njihova algebarska suma predstavlja ukupno nastalo naprezanje u drvu. Raspored ovih naprezanja u drvu gotovo shematizira naznačenu pojavu, čime je olakšano njihovo analiziranje i eksperimentalna istraživanja u toku sušenja. U pojedinim dijelovima drva razvijaju se ova naprezanja kao posljedica raznih vidova elastičnih i trajnih deformacija. Ova se pojava može protumačiti sa stajališta fenomenološke reologije, koja pretpostavlja da u drvu nastaju povratne (elastične) i nepovratne (plastične) deformacije. Ove posljednje kod određenih uvjeta klime (relativna vlaga i temperatura). Ovdje treba naglasiti da stupanj naprezanja zavisi od veličina upravo elastičnih deformacija. Cjelokupnost ove pojave, u okviru postavki reologije, može se iskazati i kvantitativnim pokazateljima koji odražavaju vezu između naprezanja i deformacije. U reologiji to su reološki koeficijenti za presjek okomito na smjer vlaknaca u drvu (trenutačni, modul elastičnosti, vrijeme relaksacije).

Ovo složeno reološko ponašanje, koje se pojavljuje u drvu u toku procesa sušenja, stvara unutrašnja naprezanja koja su prisutna i u osušenom materijalu. Radi utvrđivanja uspješnosti izvršene hidrotermičke obrade drva ili kao kontrola kvaliteta materijala namijenjenog daljnjoj preradi, potrebna je objektivna metoda kvantitativne ocjene stanja naprezanja u drvu. Od više mogućih, danas se uglavnom koristi mehanička metoda određivanja deformacije i modula elastičnosti u pojedinim slojevima (lamelama) na koje se razdijeli odnosno izreže (cijepa) kompaktni komad drva. Iz ovih se dviju vrijednosti zatim izračuna naprezanje svakog pojedinog sloja (lamele) i dobiva se uvid u raspored i stanje naprezanja kakovo je bilo u kompaktnom komadu drva.

Ovaj uvid u raspored i stanje naprezanja u masivnom drvu, pojavni je oblik ponašanja drva u toku procesa sušenja, izazvan je i nastaje zbog promjena ali bez djelovanja izvanjskih sila. Ovakvo se ponašanje drva može teoretski obrazložiti i eksperimentalno dokazati. U toku procesa sušenja drvo se nastoji na svojoj površini uspostaviti stanje vlage ravnoteže s okolnom klimom. Kada površinski (vanjski) dijelovi (slojevi) drva ostvare vlažnost ispod točke zasićenog vlakanca oni nastoje da se utežu. U tome ih ograničavaju (spriječavaju) unutrašnji dijelovi čija vlažnost

još nije ispod točke zasićenosti vlakanaca. Kao rezultat ovakvog stanja u vanjskim se slojevima pojavljuju vlačna naprezanja i kao reakcija tomu tlačna naprezanja u unutrašnjim slojevima.

Zbog prisutnih vlačnih naprezanja, koja su iznad granice proporcionalnosti i djelovanja tog naprezanja po tijeku vremena (prolongirana naprezanja), nastaju vlačne deformacije u vanjskim slojevima gotovo odmah nakon početka sušenja i one se postepeno povećavaju do neke maksimalne vrijednosti. U daljnjem toku procesa sušenja u najbližim unutrašnjim slojevima dolazi do promjena oblika naprezanja iz stanja tlačnih u stanje vlačnih naprezanja. I u tim se slojevima razvije neka maksimalna vrijednost vlačnih naprezanja ali su ona manjeg reda veličine od onih u površinskim slojevima. Istovremeno se u središnjim dijelovima razvije neko maksimalno tlačno naprezanje, no njegovo je nastajanje mnogo sporije. Ako se tlačna naprezanja u unutrašnjim dijelovima povećavaju do vrijednosti iznad granice proporcionalnosti i dalje djeluju po tijeku vremena u tim se dijelovima razvijaju tlačne deformacije. Budući da su dimenzije površinskih slojeva, zbog vlačnih deformacija, veće od onih koje odgovaraju stanju njihove vlažnosti, naprezanje se u njima mijenja od vlačnih u tlačna naprezanja. Ova se promjena odigrava usporedo sa sušenjem i utezanjem unutrašnjih odnosno središnjih slojeva. Izmjena naprezanja završava se kada u središnjem sloju nastane vlačno naprezanje. Na kraju ove potpune izmjene naprezanja u površinskim slojevima razvije se neko najveće tlačno naprezanje a u središnjim dijelovima maksimalno naprezanje. Vrijednosti nastalih vlačnih naprezanja u ovim slojevima zavise od veličine tlačnih deformacija koje su se ovdje ranije razvile. U tom je času vlažnost središnjih dijelova drva još uvijek blizu vlažnosti stanja zasićenosti vlakanaca. Razvitak deformacija se nastavlja kao i ranije, sve dok se sušenje ne završi, iako u nešto reduciranoj mjeri zbog prolongiranog trajanja naprezanja.

Naprezanja koja nastaju u drvu za vrijeme njegovog sušenja nisu u pojedinim slojevima izrazito samo vlačna odnosno samo tlačna niti su ona jednolična uzduž tih slojeva. Nadalje, vrijednosti tih naprezanja ispoljavaju se gradijentom naprezanja u smjeru od površinskih prema središnjim slojevima. Ako se pretpostavi da su ta naprezanja u smjeru okomito na vlakanca vrlo velika u odnosu na ona u smjeru paralelno s vlakancima, onda se ta naprezanja kod analiza mogu razmatrati kao dvodimenzionalni problem.

Ova se pretpostavka potvrđuje kod normalnog drva pravnih vlakanaca jer je u njega longitudinalno utezanje neznatno u usporedbi s njegovim utezanjem u radijalnom ili tangencijalnom smjeru. I tako se ta naprezanja u analizama mogu razmatrati kao normalna naprezanja u smjeru širine kompaktnog kamada drva i kao normalna naprezanja u smjeru debljine uz istovremeno razmatranje posmičnih naprezanja koja se ovdje pojavljuju.

Naprezanja nastala u toku procesa sušenja, koja su od posebnog interesa radi nastajanja eventualnih pogrešaka u drvu, su ona koja se javljaju u smjeru širine.

Prema rezultatima nekih istraživanja ove pojave (računski i eksperimentalno), najveće vlačno naprezanje u površinskim slojevima iznosilo je oko $49,9 \text{ kp/cm}^2$. Ako je vlažnost tih djelova u ravnoteži s okolnom klimom i neka je to vlažnost od 18%, onda tom stanju vlažnosti drva odgovara vrijednost statičke čvrstoće na vlak okomito na vlakanca od oko $59,7 \text{ kp/cm}^2$. Čini se da je u ovom slučaju dostignuto naprezanje u tim slojevima drva skoro dovoljno da izazove stvaranje određenih grešaka (površinske pukotine), pogotovo ako se ima u vidu njegovo prolongirano djelovanje. Kod istih je istraživanja nadalje utvrđeno da je najveće tlačno naprezanje u smjeru širine iznosilo oko $9,5 \text{ kp/cm}^2$ što predstavlja samo 20% čvrstoće na vlak sirovog drva.

Najveće vlačno naprezanje u smjeru debljine drva iznosilo je oko $11,2 \text{ kp/cm}^2$ što predstavlja gotovo samo četvrtinu istog naprezanja u smjeru širine. Odnos istih maksimalnih naprezanja u ova dva smjera manji je nego što je za očekivati obzirom na odnos (debljina/širina) koji postoji između njihovih dimenzija. Ta je pojava vjerojatno posljedica anizotropije utjecaja tih smjerova (debljina-radijalno, širina-tangencijalno). Vrijednost maksimalnog tlačnog naprezanja u smjeru debljine iznosila je samo četvrtinu istog naprezanja u smjeru širine. Čini se da ni vlačna niti tlačna naprezanja u tom smjeru nisu reda veličine koja bi izazvala raspucavanje drva ili uzrokovala nepovratne (trajne) deformacije.

Uloga posmičnih naprezanja u nastajanju grešaka u drvu bila je također predmet razmatranja i to na osnovi uspoređivanja čvrstoće smicanja drva i posmičnih deformacija u smjeru širine i debljine. Poteškoću kod ovih komparacija predstavlja činjenica da se premalo znade o rasporedu i veličini nastalih posmičnih naprezanja u drvu tokom procesa sušenja.

Odavno je već poznato da unutrašnja naprezanja, koja se javljaju u toku procesa sušenja, ako nisu pod kontrolom mogu izazivati mnogo nepoželjnih posljedica. Radi toga su ranija istraživanja režima sušenja slijedila postavke održavanja naprezanja što manjeg reda veličine. Naprezanje u drvu kod sušenja izazivaju pojavu deformacija a ove deformacije teže da modificiraju naprezanje u toku tog procesa. Daljnjim istraživanjima i saznanjima o naprezanjima i deformacijama, mnogi raniji režimi sušenja za tvrdo drvo su modificirani u cilju znatnijeg skraćivanja vremena sušenja. Isto su se tako ova saznanja koristila i kod sušenja drva primjenom niskih temperatura. Međutim, iako su određena saznanja i spoznaje o naprezanju i deformacijama i toku procesa sušenja poznata, a mogućnost njihovog kontroliranja izvodiva, ipak se sve to još uvijek ne koristi u potpunosti.

Naprezanja se uvijek javljaju u drvu kada se ono suši. Obično su uvjeti kod sušenja takvi da omogućuju razvijanje naprezanja (vlačna, tlačna) do iznad granice proporcionalnosti i da omogućuju nastajanje deformacija (elastičnih, trajnih). Nadalje ova se naprezanja prolongiraju što isto doprinosi pojavi deformacija. Ako se uvjeti sušenja usklade da nastale deformacije ne iza-

zivaju stvaranje grešaka, naprezanja će se ubrzo reducirati a sušenje se može ubrzati odnosno skratiti njegovo vrijeme.

Činjenica da su naprezanja ovisna o uvjetima sušenja, znači, da ona nisu izvan kontrole. Kontroliranjem početnih uvjeta sušenja može se spriječiti nastajanje grešaka, ostvariti maksimalne dimenzije i izbjeći vitoperenje. Modificiranjem uvjeta sušenja u određenim razdobljima sušenja može se ubrzati sušenje bez posljedica za drvo. I konačno se na završetku sušenja može primjetiti postupak kondicioniranja da se uklone naprezanja.

PRIMJENA PREDSUŠENJA U RAZVOJU PILANSKE TEHNOLOGIJE

Tema pod gornjim naslovom u vidu referata izložena je na Savjetovanju "Uvjeti i efekti uvođenja predsušenja u preradi piljenog drva". Referat je u cjelosti tiskan u časopisu *Drvena industrija*, 24(1973), br. 3-4, s.47-49. Ovdje će se dati kratki prikaz naznačenog referata.

Pilanska prerada drva već duže vrijeme traži putove razvoja kojim bi postala modernija, produktivnija, rentabilnija i ekonomičnija. Rješenje racionalizacije pilanarstva leži u primjeni koncepcije prelaska od jednofazne u dvofaznu proizvodnju, odnosno na proizvodnju robe veće vrijednosti. No bez dobro postavljene i razradjene koncepcije dvofazne prerade mogu se proizročiti veći gubici nego kod klasičnog načina proizvodnje.

Jedna od osnovnih značajki dvofazne prerade je izrada elemenata određene suhoće, dimenzija i kvalitete. Potrebno je naglasiti da se elementi moraju izradjivati namjenski, programirano i za poznatog kupca. Dvofazna prerada odnosno proizvodnja elemenata, teško se probija, jer treba riješiti niz problema financijske i tehnološke prirode. Jedan od problema koji se pojavljuje je skraćenje vremena sušenja, kako bi se ciklus prerade drva ubrzao i smanjile potrebe na zalihama.

Primjena predsušenja je upravo ona spona koja uspješno veže primarni dio pilanske prerade s doradnim dijelom uz znatno smanjenje proizvodnih troškova. Predsušenje nam daje za relativno kratko vrijeme veliku količinu prosušene gradje sposobne za daljnju preradu i otpremu. Time otpada potreba uskladištenja velike zalihe gradje u svrhu prirodnog sušenja. Primjenom predsušenja otpada glavni razlog zbog kojeg se proizvodnja elemenata i veća finalizacija pilanskih proizvoda teško probijala. U predsušari se jednako dobro mogu prosušiti i svježi elementi i popruge i obrubljena gradja i gradja za dalju preradu. Nadalje, nakon postizavanja povoljnog postotka vlage u predsušari, vijlovi se vijluškarom prevezu u sušaru, gdje se pogodnim režimom za kratko vrijeme dostigne željeni postotak vlage uz neznatnu opasnost od oštećenja.

Drvo u predsušari je kroz duže vrijeme izloženo konstantnom blagom režimu za razliku od prirodnog sušenja gdje se uvjeti sušenja neprestano mijenjaju. Odatle i manji postotak škarta kod gradje sušene u predsušari u odnosu na prirodno sušenje drva.

Tehnologija izrade elemenata, koja uključuje i predsušenje drva, može se postaviti u raznim kombinacijama (sušenje svježih popruga, dužih elemenata s ili bez parafiniranja čela, sušenje samica, sušenje elemenata do konačne vlažnosti).

Dok su prosušeni elementi na našem tržištu još nepoznata i nepriznata kategorija, na kanadskom i američkom tržištu, oni se isporučuju ne samo u prosušenom stanju nego već blanjalni, brušeni pa čak i lakirani.

Dalibor Salopek, dipl.ing.

TEHNIČKA I TEHNOLOŠKO-EKONOMSKA RAZMATRANJA PRIMJENE PREDSUŠENJA U IPD "MAJUR"

Autor u referatu pod gornjim naslovom razmatra preradu drva u poduzeću koje se isključivo orijentiralo na preradu tvrdih listača.

Iz podataka o količinama proreza na pilani u 1972. god. proizlazi da je hrastovina zastupljena sa 63,7%, jasenovina sa 21,6%, brijestovina sa 7,1%, a ostale listače sa 7,6%.

Poduzeće u svom sastavu, osim pilane, ima pogon stolarije (za proizvodnju hrastovih vrata) i pogon parketarije (za proizvodnju klasičnog parketa).

Kao osnovni nedostatak ranijeg proizvodnog ciklusa, autor navodi predugo zadržavanje elemenata i popruga na prirodnom sušenju. Kao primjer navodi prirodno sušenje hrastovih elemenata koje je trajalo približno 6 - 8 mjeseci (početni sadržaj vode u drvu bio je oko 85%, a konačni sadržaj vode u području točke zasićenosti vlaknaca oko 30%). Naznačeno trajanje prirodnog sušenja popruga prikazano je grafički.

Dalje se iznašaju podaci o cijeni koštanja prirodnog sušenja 1 m³ hrastovih elemenata i popruga na lokaciji Majur. Za rješavanje lošeg postojećeg stanja prirodnog sušenja uslijed predugog trajanja a stime u vezi i odgovarajućih troškova prihvaćeno je uvođenje predsušenja. Institut za drvo u Zagrebu prema ideji Instituta u Kopenhagenu, projektirao je jedno od jeftinijih rješenja predsušare.

Dane su pojedinosti o izgradjenoj predsušari kao i cijena koštanja predsušenja 1 m³ hrastovih elemenata i popruga.

Na kraju autor zaključuje da je poduzeće Majur uvodeći predsušenje kao sastavni dio tehnologije, poboljšalo i racionaliziralo proizvodnju. Uvođenjem predsušenja troškovi sušenja smanjeni su na 50%.

Z.P.

Z A K L J U Č C I

Savjetovanja o uvjetima i efektima uvođenja predušenja u preradi piljenog drva

28. i 29. ožujka 1973.

Obzirom na složenost problematike sušenja istaknuto je na ovom Savjetovanju nameće se se potreba i nužnost pristupanja rješavanju naznačenih problema. Napori za određivanje mjesta, uloge, svrsishodnosti i ekonomskih efekata različitih vidova sušenja uključujući i predušenje, ne mogu biti samo stvar pojedinih radnih organizacija. Nužno je da se ova aktualna problematika nametne za rješavanje i odgovarajućim privrednim udruženjima Komorama i fondovima za istraživački rad. Radi toga učesnici ovog Savjetovanja predlažu:

1. Pristupiti fundamentalnim i primjenjenim istraživanjima drva u toku procesa sušenja radi razrješavanja utjecaja faktora o kojima ovisi sušenje.
2. Istraživačku djelatnost na tom području treba koordinirati kako bi se na jednom širem planu rješavali ovako složeni zadaci koji su vezani uz razne vidove sušenja (prirodno, umjetno, predušenje) kako ne bi došlo do paralelizma.
3. Osnivanje Sekcije za sušenje drva u SRH radi koordiniranja rada u istraživačkim, projektnim, instrukcionim i tehničko savjetodavnim zadacima. U našoj drvenoj industriji investirana su velika sredstva u postrojenja za sušenje i svakodnevno se ulažu nova, bez dovoljno znanstvenih, stručnih i iskustvenih osnova. Radi toga ovakva Sekcija i njen savjetodavni karakter omogućila bi racionalnija, ekonomičnija i tehnički opravdanija ulaganja u nova i korištenje postojećih postrojenja za sušenje drva.
4. Potrebu stalnog i sustavnog rada na usavršavanju tehnike i tehnologije sušenja, te prihvaćanje novih metoda a što proizlazi iz činjenice da je sušenje vremenski najduža i najskuplja faza proizvodnje u procesu mehaničke prerade drva.
5. Da je obzirom na tehničko-ekonomsku aktuelnost problematike predušenja drva kao put ka daljnjoj modernizaciji procesa mehaničke prerade drva, potrebno u prvom redu rješavati zadatke iz domene sušenja vezane uz postupak predušenja.
6. Za usporedbu i danas prisutnu problematiku po ovom pitanju potrebno je:

- utvrditi optimalni oblik predsušare (aerodinamika, zagrijavanje, izmjena zraka) i standardizirati osnovne strojne parametre.
- predložiti kriterije za izbor metoda sušenja i stupnja opremljenosti postrojenja za predsušenje drva (regije, mikroklima, vrst i opseg proizvodnje).
- razmotriti ulogu, mjesto i svrsishodnost predsušenja u tehnologiji piljenog drva.
- istražiti utjecaje faktora sušenja na smanjenje i raspored sadržaja vode i pojavu grešaka kod različitih sortimenata piljene gradje.
- iznaći elemente za objektivnu ocjenu kvalitete osušenog drva (prirodno, predsušenje, umjetno sušenje).

7. Prihvatanje programa primjenjenih razvojnih, te fundamentalnih istraživanja na temama koje sadržajno i financijski proizlaze iz problematike istaknute u referatima i diskusiji.

8. Da se sa zaključcima ovog Savjetovanja upoznaju udruženja proizvođača drvne industrije i ostale asocijacije te fondovi za istraživački rad po regijama i Republici, kako bi se našla formula i objedinila novčana sredstva za temeljitiji i organiziraniji rad na ovom području.

Vinkovci, 29.III 1973.g.