

Kotulica za teh. drva

UDK 630* 8 + 674

CODEN: DRINAT

ISSN 0012-6772



znanstveno-stručni
časopis za pitanja
drvne tehnologije

DRVNA INDUSTRIJA

Drvena industrija

Volumen 44.

Broj 1

Stranica 1 - 44

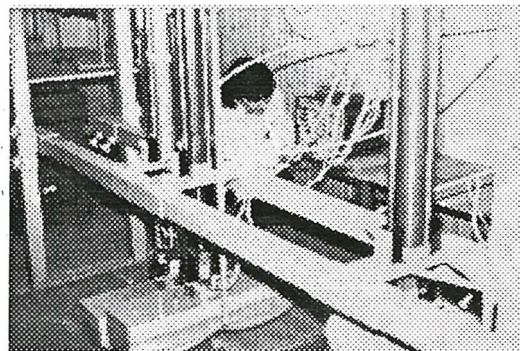
Zagreb, proljeće 1993.

Za potrebe cjelokupne drvne industrije provodi znanstvena istraživanja i ostale usluge u rješavanju tržišnih, proizvodnih, organizacijskih, obrazovnih i ekonomskih problema unapređivanja proizvodnje i plasmana drvnih proizvoda na tuzemno i inozemno tržište.

Djelatnost Zavoda:

- Znanstvena razvojna i primijenjena istraživanja u području drvne tehnologije, kemijske prerade i zaštite drva,
- Izrada studija razvoja novih proizvoda, tehnologije i organizacije proizvodnje,
- Projektiranje drvnoindustrijskih i obrtničkih tehnologija i pogona prerade drva,
- Stručne recenzije znanstvenih i stručnih radova, te stručna vještačenja,
- Laboratorijska ispitivanja kvalitete - Atestiranje svih drvnih poluproizvoda i finalnih proizvoda,
- Organiziranje savjetovanja i simpozija iz područja drvne tehnologije,
- Izdavanje stručnih edicija i publikacija,
- Permanentno obrazovanje uz rad za sve obrazovne profile u drvnj struci,
- Informatičke usluge, te usluge programiranja i obrade podataka.

Ispitivanje ojastučenog namještaja u laboratoriju Katedre za finalnu obradu drva



Na raspolaganju Vam stoje vrhunski stručnjaci za područje drvne tehnologije, očekujemo Vaše upite i uspješnu suradnju.

DRVNA INDUSTRIJA

ZNANSTVENO-STRUČNI ČASOPIS ZA PITANJA DRVNE TEHNOLOGIJE
SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL JOURNAL OF WOOD TECHNOLOGY

Drvna ind. Godište (Volume) 44 Broj (Number) 1 Strane (Pages) 1-44 Proljeće (Spring) 1993.

Izdavač i uredništvo:
(Publisher and Editor's Office):

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Faculty of Forestry, Zagreb University
41000 Zagreb, Svetošimunska 25, Hrvatska - Croatia
Tel. (*3841)21 82 88 Fax (*3841)21 86 16

Suizdavači (Co-Publishers):

Exportdrvo d.d., Zagreb
Croatadrvo d.d., Zagreb
Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb

Osnivač (Founder):

Institut za drvo, Zagreb

Glavni i odgovorni urednik (Editor-in-Chief):

Prof. dr Božidar Petrić

Urednik (Assistant Editor):

Hrvoje Turkulin, MSc

Urednički odbor (Editorial Board):

prof. dr Vladimir Bruči, prof. dr Jurica Butković, prof. dr Mladen Figurić, prof. dr Vladimir Goglia, prof. dr Vladimir Hitrec, prof. dr Boris Ljuljka, prof. dr Zdenko Pavlin, prof. dr Rudolf Sabadi, prof. dr Vladimir Sertić, prof. dr Stjepan Tkalec, svi iz Zagreba.

Izdavački savjet (Publishing Council):

prof. dr Boris Ljuljka (predsjednik), Šumarski fakultet Zagreb, Ferdo Laufer, MSc (Croatadrvo d.d.), Josip Štimac, dipl. inž. (Exportdrvo d.d.), Marko Župan, dipl. inž. (Exportdrvo d.d.), Ivan Maričević, dipl. inž. (Hrvatsko šumarsko društvo)

Tehnički urednik (Production Editor):

Zlatko Bihar

Lektori (Linguistic Advisers):

Zlata Babić (hrvatski - Croatian)
Goranka Antunović, MA (English)
Marija Lütze - Miculinić (German)

Drvna industrija je časopis koji donosi znanstvene i stručne radove te ostale priloge iz cjelokupnog područja eksploatacije šuma, istraživanja osobina i primjene drva, mehaničke i kemijske prerade drva, svih aspekata proizvodnje te trgovine drvom i drvnim proizvodima.

Časopis izlazi četiri puta godišnje.

Drvna industrija is dealing with research contributions and reviews covering the entire field of forest exploitation, wood properties and application, mechanical and chemical conversion and modification of wood, and all aspects of manufacturing and trade of wood and wood products.

The journal is published quarterly

Naklada (Circulation): 650

Časopis je referiran u (Indexed in):

- Forestry abstracts
- Forest products abstracts
- Agricola
- Cab abstracts
- Paperchem
- Chemical abstracts
- Abstr. bull. inst. pap. chem
- CA search

Priloge slati na adresu Uredništva. Znanstveni i stručni članci se recenziraju. Rukopisi se ne vraćaju.

Manuscripts are to be submitted to the Editorial office. Scientific and professional papers are reviewed. Manuscripts will not be returned.

Pretplata (Subscription): Godišnja pretplata (annual subscription) za sve pravne osobe i sve inozemne pretplatnike 40 USD. Pretplata u Hrvatskoj je protuvrijednost navedenih iznosa plativa u HRD na dan uplate na žiro račun 30102-603-929 s naznakom "Drvna industrija".

Časopis sufinancira Ministarstvo znanosti Republike Hrvatske. Na temelju Mišljenja Ministarstva prosvjete, kulture i športa Republike Hrvatske br. 532-03-1/7-92-01 od 15. lipnja 1992. časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet.

Slog i tisak (Typeset and Printed by):

„MD“ - kompjutorska obrada i prijelom teksta - ofset tisak
Zagreb, tel. (041) 348-346

Naslovna strana (Cover Design):

Božidar Lapaine, MA

Vol. 44, 1

str. 1 - 44

proljeće 1993.

Zagreb

IN MEMORIAM	3
Znanstveni radovi	
Radovan Despot POBOLJŠANJE PERMEABILNOSTI JELOVINE DJELOVANJEM BAKTERIJA.....	5
V. Tišler, M. Kanop, V. Sertić HPLC ANALIZA MONOSAHARIDA NEKIH DOMAĆIH VRSTA DRVA	15
E. R. Miller SIGURNIJE BOJE - VODOTOPLJIVE ALTERNATIVE	19
Stručni radovi	
Vjekoslav Medurečan USPJEŠNOST I PROIZVODNI PROCES	23
Ivica Grbac NOVI IZAZOVI U DIZAJNU I KONSTRUKCIJAMA NAMJEŠTAJA (KÖLN, 1993).....	28
S. Tkalec, J. Butković SVJETSKI SAJAM STROJEVA I OPREME ZA OBRADU DRVA I ŠUMARSTVO - LIGNA, HANNOVER '93	33
Novi znanstveni radnici	39
Bibliografija članak objavljenih u "Drvnoj industriji" god. XLIII (1992)... .	40

CONTENTS

Scientific papers

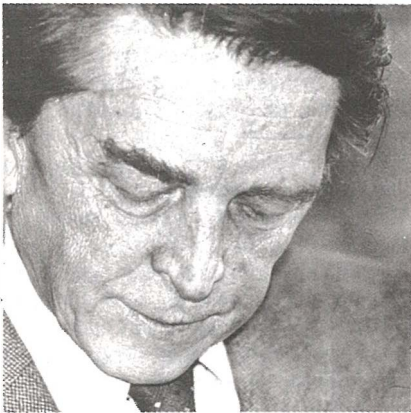
Radovan Despot IMPROVEMENT OF FIR-WOOD PERMEABILITY CAUSED BY BACTERIA ACTION	5
V. Tišler, M. Kanop, V. Sertić HPLC ANALYSIS OF MONOSACCHARIDES OF SOME HOME GROWN WOOD SPECIES	15
E. R. Miller SAFER PAINT - WATER BORNE ALTERNATIVES.....	19
Technical papers	
Vjekoslav Medurečan EFFIZIENZ UND PRODUKTIONSPROZESS.....	23
Ivica Grbac NEW CHALLENGES IN FURNITURE DESIGN AND CONSTRUCTION (KÖLN, 1993)	28
S. Tkalec, J. Butković WORLD FAIR FOR MACHINERY AND EQUIPMENT IN WOOD INDUSTRY AND FORESTRY - LIGNA, HANNOVER '93	33
New scientists.....	39
Bibliography of articles in "Drvna industrija" god. XLIII (1992)	40

Redakcija dovršena

1993. 7. 29.

IN MEMORIAM

Dr. Stanislav BAĐUN
sveučilišni profesor
(1928–1993.)



Posljednjih travanjkih dana 1993. godine ispraćen je s tugom obitelji, prijatelja, suradnika, znanaca, susretnika i poštovatelja do svojega smirilišta Stanislav Bađun, umirovljeni profesor najstarijega šumarskog učilišta na ovim europskim prostorima. On nije bio samo to. Ovaj se list u svome 44. godištu opršta od svoga glavnog urednika tijekom 15-godišnjeg razdoblja, što je časno i priznaje. Dr. Stanislav Bađun u životnome je vijeku "Drvne industrije" bio najdulje na čelu tog časopisa. To čini ovo nekrologno slovo i obvezatnijim. Hodajući njegovom stazom ispraćaja, mnogi su pomislili *danias je iz grada otišao moj prijatelj*. A skrovita ili otvorena tuga prati svaki odlazak. Uvijek se za one koji su voljeli i cijenili odlaznika ta izbjegnost čini preranom. Jer, uvijek bi željeli da neki dobri ljudi budu u životu vječni i zauvijek s nama. Kada pak iz djetlatne sredine odlaze oni koji su je u mnogočemu određivali, uobičajeno je osjećati gubitak i govoriti o njemu; čovjek se osjeti opustošenim za nešto neponovljivo i nenadoknadno. I preostaje nam samo da priznamo kako je smrt rijetka dvojba s kojom se sučeljavano, trajno zastajući i ostajući bez mnoga odgovora. Pred tom najpresudnijom životnom činjenicom blijedi moć iskaza i čina. Smrt je nevjerovatnija od života. Zato je svako sjećanje samo crtica, dojam – ne i prilika za iscrpni životopis, ljetopis ili popis svekolike činidbe. Ipak, i nekrološka ljeporječivost, nakon što nam je neko darovao toliko stranica na stolove i police, najmanje je što možemo uraditi jer smo barem za tren postali domom tuge.

Podijelimo li ljude na one koji utiru putove i one koji ga slijede, onda je dr.

Bađun bio osoba iz prve skupine, osoba koja je uvijek izabirala uzvodno kretanje. Stanko je bio nenametljiv, srdačan, jednostavan. Uvijek je imao razloga za svoju odgodu života, spreman da sasluša nevolje drugih a da osvojima ne prozbori. Tako nas je znao vezati uz bljesak! Znao se neskriveno radovati; tugovao je, kao prema nekom usuđu, sâm. U susretnika je poticao radost, promišljanje osobnoga sutra, pronalaženje svojih vatrišta – ostajući neumorno djelatan, zahtjevan, proumljen. Sigurno je da ni u kojoj prilici nije volio sažaljenja. Pa ni onda kada je njegov svijet ostao prazan, nenapučen, kada je ostao napušten od jedine osobe s kojom je želio živjeti život. A bio je okružen tolikima koji odlaskom gube tek ono što imaju, posjeduju. Tada je za Stanka došao mrak koji nije bio blag; tek ga je prožimala jeza. Trebalo je na duši nositi otiske životnih stopala; tada pri rješavanju prijepora nije pomoglo prosuđivanje, premda je znao i mnogo puta svjedočio kako je važno i ono što se prešuti. Kao da je Tin znao za ljude koji moraju biti mirno nesretni kada su njegove igračke vjetrova pjevale: *Pati bez suze, živi bez psovke, i budi mirno nesretno*. Iz tijeka života – curriculum vitae prijeći na gaženje puta do slave – curriculum gloriae silan je, za mnoge nepremostiv jaz. Neki ga prijeđu a da to i ne znaju. Svojim djelom nadilaze otužnost rutinskoga i bezvoljnoga, s mukom obavljanja poslova – *postajali su u njemu artisti*. Takav je bio i dr. Bađun. Uvijek opčinjen zbiljom, željom za iskazom, pun poticaja i namjernosti, s vlastitom čatosti, misaonom strogoćom, ubitačnom sažetošću; ostavio je i podario više od trideset izvornih znanstvenih radova, uz mnogu drugu potporu znanosti, desetak istraživačkih radova, šezdesetak stručnih radova, mnoge studije, programe, pisma namjere, eseje, izvještaje.

Svoj životni put započeo je dr. Stanislav Bađun posljednjega dana veljače neprijestupne 1928. godine u malome vojvodanskom selu Veprovcu. Osnovnu školu i gimnaziju završio je u Osijeku, gradu s kojim je mnogim svezama ostao povezan do kraja svoga puta. Vrijeme koje je odlučivalo o ljudima ne njihovom voljom, odlučivalo je prelomne 1945. godine i hodom Stanka Bađuna. I početak studija 1948. godine na tehničkome /drvoindustrijskom odjelu bio je u znaku olujnih zbivanja koja su njihala slabošnim pojedincima poput tankih stalca. Svršetak studija drvne industrije 1954. godine te početak rada u svojstvu asistenta u Zavodu za tehnologiju drva Poljoprivredno-šumarskog fakulteta sljedeće godine u mnogočemu

je odredio njegovo življenje. Onda pa do umirovljenja, mnogi smo ga sretali učiteljem i znanstvenikom, da bi sada mogli kazati... *bio sam njegov student... bio mi je profesor*. Već 1965. godine obranio je doktorsku disertaciju s naslovom *Utjecaj modrenja na fizička i mehanička svojstva crne borovine (Pinus nigra Arn)*, a 1970. i habilitacijski rad te održao nastupno predavanje s kolokvijem; postao je naslovni docent za područja tehnologije drva. Uslijedili su izbori za docenta 1971, izvanrednog profesora 1974. i redovitoga sveučilišnog profesora 1979. godine. Dr. Stanislav Bađun sudjelovao je ili samostalno održavao nastavu *osnova tehnologije drva, specijalnih proizvoda od drva, seminara drvne industrije, poznavanja materijala i tehnoloških karakteristika drva* – sve na Šumarskome fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, te *tehnologije drva* na Fakultetu strojarstva i brodogradnje. Istodobno je slijedila i njegova mnoga druga djelatba; član je i predsjednik Savjeta Fakulteta, predstojnik Zavoda za istraživanje u drvnoj industriji, dekan Fakulteta, prodekan Drvnotehnološkog fakulteta, član i predsjednik mnogih fakultetskih komisija.

Već od sredine šezdesetih godina radi u uredništvu časopisa "Drvna industrija" i "Bibliografskog biltena za šumarstvo i preradu drva", surađuje na dokumentaciji u *Bulletion scientifique JAZU*, osniva i uređuje *BILTEN ZIDI-ja*, urednik je područja drvne industrije u "Glasniku za šumske pokuse" Šumarskoga fakulteta u Zagrebu. Istodobno je urednik mnogih zbornika i projekata, a od 1974. glavni je i odgovorni urednik časopisa "Drvna industrija" sve do 1989. godine. Dr. S. Bađun obnašao je i mnoge važne dužnosti izvan Fakulteta, usmjerujući struku i znanstvo Hrvatske. Uz sav taj rad, osim ponekoga strukovnog priznanja, nije bio miljenik ocjenjivača uspješnosti, a to više govori o onima koji su ocjenjivali negoli o ocjenjivanome. Mnogi sitni zemljašnik postajao je veliki nebesnik. Pa zašto je Stanko bio zadovoljan čovjek na poslu, u radu, kao drvodjelnik i šumovnik, kao promicatelj drvodjelstva, šumodjelstva, naobrazbenosti, tiskovnosti? Odgovor treba tražiti u prošlosti njegovih sanja, vjernosti izvorima, stalnom svjedočenju svojoj takvoći kao zamjenbenosti kakvoće, trajnoj raspravi o biti i bitku, koja je uvijek bila i opredmećena. To njegovo drvoslovje i šumoslovje otvaralo je putove današnjem državoslovju, mnogim ispisanim i neispisanim državopisima, drvopisima, šumopisima, pa i ljetopisima. Brojevina su naši zemljovidci, šumovidi, pa i svevidi i prividi.

Iz osobnosti Stanka Baduna proizlazilo je njegovo življenje. Bila je to rijeka koja ne teče strogo svojim koritom, već poplavljuje okolnu ravninu, ponovno se vraća u svoj tok i tijek i s radošću prima sve potoke i brzace, bujice i rijeke, kiše i snjegove – postaje gotovo more! Bio je pritom lomljen; lomio se i sam, ali nikada nije bio slomljen dok je uz njega bila najdraža osoba. Nije mu slučajno bila znana pouka H. Habea kako *neke ljude ne trpimo jer su se usudili učiniti ono što bismo sami htjeli uraditi*. Morao je otrpjeti mnogarušenja, pa istabla, morao je s hrabrošću ratnika pobjeđivati svakidašnjicu – a mogao je sve odbaciti osim jednoga – sama hoda po ovome svijetu. Duh prisutan u njemu bio je važan, nije bilo važno da iz njega odlijeva nego da se u njega ulijeva naša nada. Tu je trebalo tražiti i naći završetak naše duge i početak brda naših snova, želja da se dalje kroči zajednički – jer protkanost pjesnika i života upućuje da brda valja prijeći! Stanko ih je prelazio!

Okruživao ga je kvarni svijet, a bio je i stvaran i nestvaran, i tvaran i utvaran, i (s)tvoren i patvoren, i tvorani i potvorani. Taj sindrom današnjice, taj skup i gomila slučajeva, događanja, obilježja, predznaka, nagovještaja, preteča, naputaka, zaloga posla, strukovne zaklade, svakovrsnih udruga, snošljivosti, začudnosti – nije brinuo o štetama u našim dušama. Zar može biti oprosta i za njih, zar ima oprosta za one koji su ih činili? Taj svijet je nastavljao živjeti u nama; možda bi nam Stanko pomogao da ga iščupamo, možda bi pomogao u ovim plovidbama bez hrabrih pomoraca; samo se najjači otiskuju na pučinu. Zaboravljeni su viteški rivali, gubise i nada pri gubitku jedne trke – Stanko je svojim svjedočenjem generacijskoga gubitnika postajao pobjednikom u pjesništvu u kojem je sve moguće, pa i onda kada je to stravično moguće i u javnome životu. Kako to sažeti? Možda ovako: zašto smo sakramentalan duh ove kuće sakramentali tako sakramentski izgubivši pritom i svoj sakramentarij? (Možda pohrvačeno: zašto smo svete, obredne radnje, činidbu i djelatbu ove kuće, tako žestoko satri, izgubivši pritom i svoje svete knjige?)

Znao je dr. Badun polazišta i sljedbu; i izricao ih je. Navodimo ih.

Da bismo drukčije mislili, moramo i

drukčije znati.

Neznanje ne zastarijeva, a povijest ne poznaje popravne ispite.

Ne poznavati pojavnosti znači upravljati svojim siromaštvom.

Kako pronaći i odmorene riječi?

Vlasništvo je posljednje utočište nesigurnima.

Dom se ne muze, njemu se daje.

Poput kore koja obujmljuje drvo, obujmimo i mi htijenjem svoja zrenja.

Znam što mi je važno; druge ne mogu tome učiti!

Raspamećenje donosi mnoge iznimke; ali i časne i nečasne.

Vrsoća znanja neka je smjernik i česta naša naplavina.

Nema zakona protiv tuge.

Molimo za sklonije ljetopise.

Uradimo svekoliko boljim i neprijatelje naše.

Da nam razarani životi ne ostanu razoreni.

Natezavice su mnogim popudbina za očitovanje svoga ja.

Rugobno je i ljepotnosti kada je upletena u paučine mōra.

Iza obzorja nadosmo kobi, omraz silnika.

Starih rana neće biti jer neće starjeti.

Složenac je tek nizac sastavaka strahotnosti pripuza.

Treba se više posramiti neučinjenoga, nerazumijevanja nauma i nauka.

Kako podnijeti strukovno ništenje kada je opstoj u pitanju?

Kao podrubak ovim postulatima tek spoznaja: poslije duge postidbe, poslije mnogoga prutanja, premetnulo se vrijeme – ali što je istinita stvarnost? Zar je stvarnosna istina baš ona čekana?

U godinama djelatnoga, svekoliko bilježenoga sudjelovanja u životu drvnotehnološkog učilišta, strukovnom promicanju i poticanju Stanislav Badun ostavio je tragove koji će svjedočiti o njemu kao čovjeku vrijednome i posve iznimnome. Ima više razloga da je značaj mnogih djela i činidbe u strukovnome obzoru ostao nezapažen. Vjerojatno osnovna leži u činjenici da je šire općinstvo gotovo grubo zaokupljeno samim sobom. Nije djelatnik svatko tko radi! To je osoba koja stvara, to je sposobna, kreativna osoba s jasno potvrđenim rezultatima svoga rada. Tako nas je učio inženjerstvu naš učitelj Stanko. Ostali su

namještenici – službenici i radnici, bez obzira na to koja su zvanja postigli. Samo djelatnik tvori pratvar naših mišljenja, sklonosti, htijenja. Samo on svjesno i strastveno zaposjeda tvoriva i njihove odnose. Samo on raspolaže utjelovljenom, nadziranom i oduhovljenom snagom.

Ovih nekoliko misli tek su naznaka potvrde kako je trebalo stvarati i stvoriti to drveće i palače od tisuća tislavnih stranica koje su izlazile sa Stankova stola.

Tek za ocjenu ostaje da skinemo šesir hrabrome djelatniku, stvaratelju. Uz privid nedarovitih, kojima su te *male* stvari nevidjelica a ne zrelica, ostaje da shvate da su namještenici, a ne djelatnici. Razvidno je i u rovito vrijeme, i korak od hoda do smirilišta, da su mnoge stranice donosile riječi kao dragocjene posrednice između struke i čitatelja, riječi čiji su se odbljesci nastanjivali među nama i u nama. Ipak, nešto umjeti oćutjeti, izreći zaobiljnost, biti pronicljiv probiratelj – jesu li to samo riječi ili su to i dodiri?

Svako je putovanje gubljenje iluzije – smrt zasigurno. Nema dviju strana života; srećemo samo sretne i nesretne ljude. Katkada ne znamo što ostavljamo, kao što ne znamo što ćemo naći. Stanko je znao što ostavlja za budućnike. Umire li se jedanput ili više puta? Usmjeruje li Gospodar svakoga postojanja sve izvorima i uvirima našim? Molimo li uzalud da se Tinova pogrebna svijeća iskapa blago? Naš je profesor život produžio i djetom, i posadenim drvom, i pisanom riječi. A došao je i kraj osobe poslije čije je smrti želio samo svoju. Jedino hrabri ljudi odabiru kraj. Svi smo to znali. Svaki dim cigarete koji je udisao označavao je svojim oblakom takvu odluku. Časniju, izazovnijiu i etički neprijeporniju popudbinu na posljednjem odlasku Stanislav Badun nije mogao sebi namrijeti. Zato, profesore, kolega, prijatelju, hvala!

Otišao je čovjek! Smrt mu je potvrdila potrošnost dodijeljenoga mu vremena. Ali naš učitelj samo je izašao iz soba, s ulica, s naših slika. Ostaje u pamćenju onih koji su ga voljeli, zanosili se njime. Ali i u zvuku svoga djela. U odavanju dubokoga štovanja častit ćemo uspomenu na dr. Stanislava Baduna.

Šumarski fakultet
Sveučilište u Zagrebu

Poboljšanje permeabilnosti jelovine djelovanjem bakterija

IMPROVEMENT OF FIR-WOOD PERMEABILITY CAUSED BY BACTERIA ACTION

Mr. Radovan Despot, dipl. inž.
Šumarski fakultet, Zagreb

UDK 674.048; 674.038.4

Prispjelo: 26. ožujka 1993.
Prihvaćeno: 28. svibnja 1993.

Izvorni znanstveni rad

Sažetak

U radu je prikazan utjecaj anaerobnih bakterija na poboljšanje permeabilnosti jelovih stupova. Stupovi dužine 6m podijeljeni su u tri skupine. U prvoj skupini bili su stupovi koji su odmah nakon rušenja podvrgnuti prirodnom sušenju. Stupovi druge i treće skupine odmah su potopljeni u vodu jezera Bajer u Fužinama, gdje su ležali mjesec, odnosno dva mjeseca i zatim prirodno osušeni. Od svih su stupova nakon sušenja ispiljeni trupčići za izradu probnih uzoraka za ispitivanje permeabilnosti, a nakon sušenja stupovi su podvrgnuti procesu impregnacije vodenim otopinama soli, i to metodom punih stanica. Ispitivanjima je utvrđeno da je povećana permeabilnost zbog djelovanja anaerobnih bakterija zamijećena samo u zoni bjeljike potopljenih stupova, a srž je ostala slabo permeabilna. Prosječna permeabilnost bjeljike dva mjeseca potapanih stupova (10,69 darcyja) povećala se 3,9 puta, a jednomjesečno potapanih stupova (8,71 darcyja) 3,17 puta u odnosu prema prosječnoj permeabilnosti bjeljike nepotapanih stupova, koja je iznosila 2,74 darcyja. Povećanje permeabilnosti bjeljike potapanih stupova potvrđeno je povećanom retencijom i boljom penetracijom zaštitnog sredstva u drvo tih stupova, što je utvrđeno nakon impregnacije. Prosječna retencija zaštitnog sredstva u drvu jedan odnosno dva mjeseca potapanih stupova bila je 73% odnosno 75% veća od prosječne retencije zaštitnog sredstva u drvu nepotapanih stupova. Istodobno je ustanovljeno da je prosječna lateralna penetracija zaštitnog sredstva u drvu dvomjesečno potapanih stupova, u iznosu 50,35 mm, bila 5,52 puta veća, a prosječna lateralna penetracija zaštitnog sredstva u drvu jedan mjesec potapanih stupova, što je iznosila 50,53 mm, bila 5,54 puta veća od prosječne lateralne penetracije zaštitnog sredstva u drvu nepotapanih stupova (9,12 mm). Aksijalna penetracija zaštitnog sredstva u nepotapanih je stupova iznosila najviše 0,05m, a u jedan odnosno dva mjeseca potapanih stupova od 0,05 do 2,5 m.

Mjerenje čvrstoće na tlak paralelan s vlakancima drva jednomjesečno i dvomjesečno potapanih stupova pokazala su da tijekom potapanja nije nastalo sigifikantno smanjenje te čvrstoće.

Ključne riječi: jelovina, permeabilnost, anaerobne bakterije.

Summary

This article focuses on the improvement of permeability brought about by anaerobic bacteria on fir poles. Poles, each 6 meters long, were divided into three equal groups. In first group there were poles which had been exposed to air drying immediately after felling. The poles from second and third group had been submerged in the water of Lake Bajer after felling for one and two months respectively. After that, they were also exposed to air drying. Following air drying, small log samples were sawn from each pole, those to be used in the investigation of the improved permeability of firwood. The logs were exposed to full-cell pressure impregnation by anorganic salts (CCB salts).

Investigation has shown that the increased permeability is observed only in the sapwood of the submerged poles, while the heartwood remained impermeable. The average sapwood permeability of the poles submerged for two months (10.69) has become 3.9 times higher than that of the nonsubmerged poles (2.74 darcys). The value for the poles submerged for one month was 8.71 darcys, i. e. 3.17 times higher than for the nonsubmerged poles. The increased permeability, observed on the submerged poles sapwood has been additionally attested by increased retention and increased penetration of waterborne salts. The average retention of waterborne salts observed in the one-month and the two-month submergence group was 73% and 75% higher, respectively, than the average retention observed in nonsubmerged poles. At the same time, the average lateral penetration of waterborne salts in the sapwood of the submerged poles (50.35 mm for the two-month and 50.53 mm for the one-month submergence group) was 5.52, that is 5.54 times higher than the average lateral penetration in nonsubmerged poles (9.12 mm). The axial penetration in the one- and two-month submergence group reached 2.5 meters from the end to the middle of the poles, which is significantly more than the same penetration observed in nonsubmerged poles (maximum 0.05 meters from the end to the middle).

The crushing strength (testing in compression parallel to grain) on the sapwood of the poles submerged for one and two months showed no significant reduction.

Key words: Firwood, permeability, anaerobic bacteria.

1. UVOD

Drvo je, ovisno o vrsti, manje ili više sklono propadanju zbog djelovanja abioloških i bioloških uzročnika razgradnje drva. Potražnja za prirodno trajnijim vrstama drva u svijetu sve je veća tako da se nedostatak takvih vrsta nastoji nadoknaditi onim vrstama koje su slabije prirodne trajnosti. Da bi se prirodna trajnost slabo trajnog drva povećala ili barem izjednačila s prirodnom trajnošću prirodno trajnijih vrsta drva, ono se mora umjetno kemijski zaštititi. Jedan od osnovnih uvjeta uspješne kemijske zaštite jest i dobra permeabilnost drva.

Prema definiciji, permeabilnost je svojstvo materijala da propušta plinove i tekućine. Permeabilnost je izrazito varijabilno svojstvo drva [2, 3, 17, 79, 80, 81, 83]. Utvrđeno je da je omjer između uzdužne i tangentne permeabilnosti u četinjača između 1:500 do 1:80 000, a omjer između uzdužne i radijalne permeabilnosti od 1:15 do 1:50 000. S obzirom na to da je više od 90% volumena drva četinjača izgrađeno od traheida - dugačkih, ušiljenih stanica u kojima je omjer dužine prema širini 100:1, očito je zašto je uzdužna permeabilnost tog drva najveća.

Bolja radijalna permeabilnost u odnosu prema tangentnoj permeabilnosti objašnjava se prisutnošću drvnih trakova kojima se odvija prijenos iz periferije drva u njegovu unutrašnjost [69,70]. Obična jela (*Abies alba*, Mill.), uz smreku (*Picea*, spp.), najrasprostranjenija je vrsta četinjača u Hrvatskoj. Zbog svojih dobrih svojstava drvo jele ima veliku primjenu. Međutim, jelovina je prirodno slabo trajna vrsta te je stoga treba djelotvorno kemijski zaštititi [74]. Kako je jelovina ujedno i slabo permeabilna vrsta, i učinkovitost kemijske zaštite je smanjena. Povećanjem permeabilnosti jelovo bi se drvo moglo kemijski bolje zaštititi, a time bi se i produljio vijek trajanja tog drva u praksi [48].

Osnovni uzrok smanjenja permeabilnosti jelovine, kao i u većine ostalih četinjača, jest zatvaranje intervaskularnih jažica tijekom procesa osržavanja odnosno tijekom prirodnog sušenja. Ustanovljeno je [4,57] da se osržavanjem i ulaskom zraka u drvo zbog podtlaka i transpiracije lišća u jažičnim komorama između zraka i vode stvara meniskus koji svojom površinskom napetošću vuče jažičnu membranu s torusom prema jednome od jažičnih nadsvođenja. Identičan se proces zbiva u jažičnim komorama tijekom prirodnog sušenja u bjeljici, samo tada povlačenje jažične membrane izaziva meniskus vode koja se kreće prema površini drva. Oba su slučaja ireverzibilne naravi. U ograđenim jažicama traheida drva četinjača torusi ostaju priljubljeni uz nadsvođenja zato što se između molekula celuloze na površinama torusa i molekula celuloze na unutrašnjim površinama nadsvođenja jažica uspostavljaju vodikovi mostovi [14,17]. Odumiranjem

traheida tijekom njihova ontogenetskog razvoja stvaraju se bradavičasti slojevi [4]. Broj i veličina bradavica ovisi o vrsti drva. Ti slojevi nastaju na nadsvođenjima velikih ograđenih jažica i njihovim torusima, onemogućujući torusima da tijekom osržavanja i sušenja potpuno zatvore poruse i da se tako uspostave vodikovi mostovi. Pritom je zbog velikih bradavica propusnost borovine veća od propusnosti ostalih četinjača pa tako i od propusnosti jelovine. Bolja permeabilnost borovine u radijalnom smjeru olakšana je i velikim fenestriformnim i pinoidnim jažicama polja ukrštavanja, kojih u jele nema.

Glavnim uzrokom slabe radijalne permeabilnosti drva jele, tise i borovice smatra se nedostatak traheida trakova [2]. Traheide trakova u onih vrsta drva koje ih imaju (bor, smreka, ariš i duglazija) poboljšavaju propusnost u radijalnom smjeru. Slaba permeabilnost pojedinih vrsta četinjača može se povećati alternativnim sušenjem u organskim otapalima, parenjem i ekstrakcijom kao posljedicom zagrijavanja vode, esterifikacijom i obradom drva sintetičkim enzimima [8, 16, 17, 28, 29, 47, 48, 57], ali i biološkom obradom drva gljivama uzročnicima plijesni [4, 12, 15, 47, 56]. Budući da plijesni često inficiraju drvo zajedno s gljivama uzročnicima truleži te zbog opasnosti pojave truleži ne mogu biti pouzdano biološko sredstvo za poboljšanje permeabilnosti, razumljiva je bila težnja da se drvo radi povećanja permeabilnosti mora izložiti onim kulturama mikroorganizama koje će svojim enzimima isključivo razgrađivati toruse i jažične stijenke intervaskularnih jažica, a da pri tome neće nastati sigifikantna destrukcija stjenki stanica drva posljedica koje bi bilo znatno smanjenje fizičkih i mehaničkih svojstava drva. Jedini mikroorganizmi s takvom sposobnosti jesu bakterije, primitivni biljni organizmi, pretežno bez tipičnih plastida i bez prave stanične jezgre.

Bakterije se, s obzirom na medij u kojemu žive, dijele na aerobne, u kojih je konačni akceptor elektrona kisik, i na anaerobne, u kojih je konačni akceptor elektrona u izmjeni tvari neki oksidirani anorganski spoj [62, 90]. Činjenica je da bakterija ima posvuda [11, 22]. Ima ih u vodi, zraku, svim živim i mrtvim organskim tvarima gdje mogu uzrokovati promjene svojstava tih tvari. Ima ih, dakle, i u drvu*.

Ta je činjenica potaknula mnoge istraživače na proučavanje učinka bakterija na drvo, to više što je uočeno da drvo inficirano bakterijama postaje permeabilnije [1, 5, 6, 7, 9-13, 18-20, 22-28, 30, 31, 33-45, 47, 49-55, 58-61, 63-67, 75-78, 82, 84, 87-89, 91-94]. Pri tome treba naglasiti razloge zbog kojih se bakterijama nastanjenim u drvu u početku nije pridavala veća pozornost. Spomenuto je da su gljive glavni razarači drvnih tvari, uzročnici promjene boje i truleži drva. Truljenje je proces koji rezultira potpunim raspadom

* Budući da je ovaj tekst dio magistarskog rada, a o djelovanju bakterija u drvu više je rečeno u preglednom radu istog autora objavljenome u ovom časopisu ("Drvna industrija", 4/92), radovi ostalih autora koji su se bavili proučavanjem djelovanja bakterija na drvo taksativno su spomenuti u literaturi.

drvene tvari. Drvo u posljednjem stadiju truljenja postaje mekano, lagano, drugim riječima - neupotrebljivo. Djelovanje gljiva uzročnika truljenja očituje se i time što gljive na površini supstrata stvaraju plodonosna tijela, a trulež se javlja u vidljivim ili opipljivim oblicima (smeđa, bijela, prugasta, šarena, točkasta, mokra, suha, prizmatična i vrpčasta trulež). Zbog svega toga gljive su već odavno otkrivene i ispitane, a njihova fiziologija i morfologija dobro proučene.

Učinak djelovanja bakterija mnogo je slabiji od učinka gljiva truležnica. To djelovanje rezultira nastankom više tipova oštećenja, teško vidljivim ili sasvim nevidljivim golim okom. Budući da su bakterije sitni jednostanični organizmi i mogu se vidjeti samo mikroskopom, logično je da su istraživači oštećenja izazvana bakterijama u početku pripisivali djelovanju gljiva, to više što je drvo često istodobno napadnuto gljivama uzročnicima truleži i bakterijama. Usavršavanjem optičkih mikroskopa i pojavom elektronskog mikroskopa uočene su razlike u oštećenjima tih dviju vrsta mikroorganizama, a bakterije su se mogle razlikovati s obzirom na vrstu kojoj pripadaju i s obzirom na tip oštećenja koja uzrokuju.

Povećanje permeabilnosti drva četinjača uzrokovano djelovanjem anaerobnih bakterija prvi je put dokazano krajem pedesetih godina u Skandinaviji. Finci Soulahti i Wallen [84] tvrdili su da je uzrok povećane retencije zaštitnog sredstva u smrekovim i borovim stupovima enzimsko djelovanje anaerobnih bakterija. Oni su svojim pionirskim istraživanjem u bjeljici bora i smreke potopljenih u vodi ustanovili prisutnost kolonija bakterija. Utvrdili su da su bakterije izazvale znatno smanjenje pektina iz torusa i membrana ograđenih jažica traheida ranog drva. Gubitak pektina povećao je provodnost jažica, a time i permeabilnost bjeljike.

Rezimirajući rad navedenih autora i radove ostalih koji su se bavili poboljšanjem permeabilnosti djelovanjem bakterija, može se utvrditi da bakterije rodova *Bacillus*, *Pseudomonas* i *Clostridium* svojim enzimima razgrađuju jažične membrane i toruse ograđenih jažica traheida ranog drva bjeljike četinjača, povećavajući pri tome permeabilnost bjeljike, a samo neznatno smanjujući njihova mehanička svojstva [3, 9, 12, 13, 26, 27, 30, 31, 33, 34, 36, 42, 44, 49, 60, 61, 75, 82, 84, 93]. Pri tome srž ostane netaknuta i nepermeabilna.

2. ZADATAK RADA

U uvodu je naznačeno da su dosadašnja istraživanja povećanja permeabilnosti djelovanjem anaerobnih bakterija uglavnom provedena na drvu bora, smreke i duglazije, a osim nekih radova [18, 55, 59] nigdje nije opisano istraživanje djelovanja anaerobnih bakterija na drvo jele. S obzirom na to da je obična jela (*Abies alba*, Mill.) naša najrasprostranjenija četinjača slabe prirodne trajnosti i male permeabilnosti, svrha ovog rada bila je utvrditi eventualno povećanje permeabilnosti jelovine djelovanjem anaerobnih bakterija.

Bilo je potrebno utvrditi:

- razlike u permeabilnosti drva potapanih i nepotapanih jelovih stupova
- utjecaj trajanja potapanja jelovih stupova na razlike iznosa permeabilnosti
- razlike u retenciji zaštitnog sredstva između potapanih i nepotapanih jelovih stupova
- razlike u penetraciji zaštitnog sredstva na potapanim i nepotapanim jelovim stupovima
- utjecaj trajanja potapanja na retenciju i penetraciju zaštitnog sredstva
- razlike u čvrstoći na tlak paralelan s vlakancima drva potapanih i nepotapanih stupova.

3. MATERIJAL I METODE

Materijal za istraživanje

Kao materijal za istraživanje poslužila su stabla obične jele (*Abies alba*, Mill.) uzeta iz odsjeka 37, s područja Šumarije Fužine, Šumskog gospodarstva Delnice. Pri odabiru stabala pazilo se da sva stabla budu zdrava, ravna, sa što manje usukanom žicom, predviđena za izradu PTT-stupova. Odabrano je 12 stabala i podjeljena su u tri jednake skupine tako da u svakoj od njih budu stupovi podjednake starosti i debljine. Stabla prvih dviju skupina srušena su potkraj srpnja 1989. i odmah nakon rušenja i koranja uronjena u vodu jezera Bajer kod Fužina. Stabla treće skupine (stupovi označeni brojevima 01, 02, 03 i 04) nakon rušenja i koranja ostavljena su da se prirodno osuše. Stupovi prve skupine (označeni brojevima 5, 6, 7 i 8) potapani su mjesec dana, a stupovi druge skupine (označeni rednim brojevima 1, 2, 3 i 4) ležali su u vodi dva mjeseca. Svi stupovi prvih dviju skupina nakon vađenja iz jezera također su podvrgnuti procesu prirodnog sušenja. Za potapanje spomenutih jelovih stupova odabrano je jezero Bajer kod Fužina, umjetno, akumulacijsko jezero koje je kanalima i ustavama povezano s Omladinskim jezerom kraj Lokava i jezerom Lič. Vodena masa tih triju jezera služi za pokretanje turbina u HE "Nikola Tesla" i za napajanje vodovoda primorskog područja. Zbog tih razloga voda jezera Bajer stalno se kontrolira. Osim redovite kontrole kvalitete površinske i dubinske vode (temperature, bistrine, zastupljenosti minerala, količine otopljenog kisika, onečišćenja i sl.), koju provode stručnjaci Zavoda za zaštitu zdravlja iz Rijeke, redovito se obavlja i saprobiološka analiza vode odnosno ispituje prisutnost živih mikroorganizama u vodi. Tijekom kolovoza i rujna 1989. godine takvom su analizom pronađene sljedeće bakterije:

1. koliformne i fekalne koliformne bakterije - uzročnici zaraznih bolesti probavnog sustava ljudi i životinja, otkrivene na fekalijama u vodi zagađenoj fekalijama;

2. vrste aerobnih i anaerobnih bakterija, uključivši i pektolitike bakterije - *Bacillus polymixa*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* i *Clostridium* spp., koje svojim enzimom pektinazom razaraju membrane ograđenih jažica traheida. Zbog velike količine kisika

otopljenog u vodi, koja se u vrijeme pokusa kretala oko 10 mg/l ili 100%, zastupljenost vrste *Clostridium* spp. bila je veća od zastupljenosti ostalih vrsta bakterija.

Metoda rada

Stupovi za ispitivanje potapani su modificiranom metodom što su je svojim pokusima ustanovili Dunleavy i McQuire [23] potapajući stupove sitkanske i norveške smreke. Na mjestu potapanja, tik do brane, nema podzemnih vrulja pa nije postojala ni mogućnost pothlađivanja vode. Kako sirova bjeljika netom srušenog jelova stabla ima volumnu težinu najviše 980 kg/m³, a volumna težina sirove srži iznosi oko 500 kg/m³, dodatni je utezima trebalo svladati sile uzgona koje su tjerale stupove na površinu. Utezi su ujedno služili i kao sidra ne dopuštajući stupovima da promijene položaj. Da bi se spriječilo potonuće stupova upijanjem vode, na svaki su stup privezani plovci, koji su istodobno služili i kao markacija položaja stupa i cijele ispitne stanice.

Na osnovi odredaba još važećeg JUS-a, D. T4.021, prosječna vlaga drva stupova nakon sušenja ne smije biti veća od 30%. Vlaga je mjerena električnim vlagomjerom marke RIZ, s klasičnim elektrodama i uz upotrebu sondirajućih elektroda koje su se upuštale u drvo na dubinu 0,2 - 0,25 d (promjera). Vlaga je na svakom stupu mjerena u sredini i pola metra od svakog kraja stupa, uz napomenu da su se na tim mjestima mjerenja provodila unakrsno, po dva puta (s gornje i donje strane stupa). Potkraj srpnja 1990, kada je prosječna vlaga u drvu potapanih stupova bila još iznad dopuštenih 30%, s jednog kraja svih stupova ispiljen je trupčić dužine 0,5 m. Svaki je trupčić zatim uzdužno ispiljen na optimalan broj dijelova koji su nakon formiranja izloženi sušenju i kondicioniranju u sobnim uvjetima i uz prosječnu temperaturu zraka 24°C te prosječnu vlagu od 60%, što odgovara ravnotežnom sadržaju vode od približno 11%. Kondicioniranje je trajalo 45 dana, nakon čega je od svakog dijela označenog brojem pripadajućeg stupa uzdužno ispiljeno, posebno iz zone srži a posebno iz zone bjeljike, određen broj letvica dimenzija 500 x 15 x 15 mm. Os letvica morala je biti paralelna sa žicom drva, a godovi usporedni s jednom plohom letvice. Nakon dodatnog kondicioniranja letvice su poprečno ispiljene u probne uzorke dimenzija 15 x 15 x 15 mm [32]. Od ukupno 1512 uzoraka, eliminacijom onih s greškama dobiven je konačan broj od 548 uzoraka, od čega 186 iz zone srži, a 362 iz zone bjeljike.

Na osnovi dosadašnjih ispitivanja i mjerenja permeabilnosti drva pripremljena je aparatura: vakuumska crpka, balastna posuda, živini manometri za mjerenje podtlaka i pada tlaka na uzorcima, držači probnih uzoraka i mjeraci protoka. Držač u koji se stavljao uzorak za ispitivanje permeabilnosti konstruiran je tako da se izmjena uzoraka može brzo obavljati. Pomoću jednog otvora na držaču uzorka, preko rotametra, mjeraca protoka zraka, uzorak je bio

u dodiru s vanjskim, ambijentnim tlakom zraka. Preko drugog otvora vakuuskom se crpkom preko balastne posude uspostavljao podtlak. Jednim je manometrom mjeran pad tlaka na uzorku, a kako je on na mjeracu protoka bio nizak, taj je pad tlaka zanemaren. Između balastne posude i držača probe postavljen je ventil kojim se regulirao protok zraka kroz probu. Sklop je djelovao na načelu Darcyjeva empiričkog zakona kojim se povezuje volumni protok plina kroz presjek uzorka s gradijentom tlaka uzduž uzorka:

$$Q_v = V/t \text{ kg A (dP/dL)},$$

pri čemu je,

Q_v - volumni protok plina

A - površina presjeka probnog uzorka

V - volumen plina

t - vrijeme protoka plina

$dP-dL$ - gradijent tlaka uzduž probnog uzorka

kg - zračna permeabilnost (cm³/cm atm s ili cm³/cm Pa s).

Iz jednadžbe proistječe:

$$kg = \frac{(P_{van} \times Q \times L)}{A \times \Delta P_{uz} \times P}$$

Pritom je:

kg - zračna permeabilnost (cm³/cm atm s ili cm³/cm Pa s)

P_{van} - tlak u prostoriji pri kojemu je obavljeno mjerenje, (Pa)

ΔP_{uz} - pad tlaka na uzorku dužine L ($P_1 - P_2$), (Pa)

P_1 - tlak zraka mjeran na mjeracu volumnog protoka zraka, (Pa)

P_2 - tlak zraka mjeran između uzorka i vakuumske crpke, (Pa)

P - prosječni tlak u uzorku... ($P_1 + P_2$)/2, (Pa)

L - duljina uzorka, (cm)

A - površina poprečnog presjeka uzorka, (cm²)

Q - volumni protok zraka kroz uzorak, (cm³-s).

Zanemarimo li pad tlaka na mjeracu volumnog protoka dobit ćemo:

$$\begin{aligned} P_1 &= P_{van}, \\ P_2 &= P_{van} - \Delta P_{uz}, \end{aligned}$$

$$P = (P_1 + P_2) / 2 = (2 P_{van} - \Delta P_{uz}) / 2,$$

odnosno:

$$kg = (P_{van} \times Q \times L \times 2) / (A \times P_{uz} \times (2 P_{van} - \Delta P_{uz})).$$

Permeabilnost (kg) određena je jedinicom cm³/cm atm s radi usporedbe dobivenih rezultata s rezultatima navedenim u literaturi [32]. Kako je 1981. godine jedinica tlaka fizikalna atmosfera (atm) zabranjena, permeabilnost je u ovom radu izražavana darcyjima:

$$\begin{aligned} 1 \text{ darcy} &= 0,0181 \text{ cm}^3/\text{cm atm s} = \\ &= 55,3 \times 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{cm Pa s}. \end{aligned}$$

Volumni protok mjeran rotametrom iznosi:

$$Q' = E \times K \times h,$$

pri čemu je ekspanzijski koeficijent E za izmjerene podatke jednak 1, K je konstanta rotametra, a h označava visinu pomaka plovka rotametra od nulte točke. Pomak plovka jest iznos protoka zraka. Potrebni volumni protok zraka (Q) za naše je uvjete određen prema jednadžbi:

$$Q = Q' \times \frac{(P_n \times T_d)}{(P_d \times T_n)}$$

pri čemu je:

Q' - volumni protok na rotametri

P_n - tlak pri kojemu je rotametar baždren, (101 325 Pa),

P_d - ambijentni tlak zraka, (Pa),

T_n - temperatura pri kojoj je rotametar baždaaren, (15°C),

T_d - temperatura zraka prostorije u kojoj je obavljeno mjerenje (°C).

Nakon sušenja svi su stupovi istodobno impregnirani tlačnom metodom punih stanica, uz primjenu vodene otopine soli (prema još važećem JUS-u, D.T4.021 i JUS-u, D.T4.025). Kao zaštitno sredstvo u procesu impregnacije upotrijebljena je vodena otopina BKB soli komercijalnog naziva Silvanit KBB proizvođača Silvaprodukta iz Ljubljane. U soli su aktivne komponente zastupljene u ovim težinskim dijelovima: bakar (8,11 - 8,69 %), krom (12,57 - 13,53 %), bor (4,00 - 4,54 %).

Koncentracija soli u vodenoj otopini prema JUS-u, D.T4.025 treba iznositi od 4 do 6%, a pri impregnaciji ispitnih stupova iznosila je 5,1%. Temperatura otopine bila je 20°C, viskozitet 1,031, a sredstvo je kvalitetom odgovaralo još važećim propisima (JUS, H.B8.511).

Retencija zaštitnog sredstva u praksi se određuje vaganjem cijele šarže stupova prije i poslije impregnacije. Kako je u ovom slučaju odsudno značenje imalo određivanje retencije zaštitnog sredstva svakog stupa, ispitni su stupovi prije i poslije impregnacije pojedinačno izvagani stočnom vagom nosivosti 2 000 kg, s točnošću od ± 0,2 kg.

Nakon "fiksacije" zaštitnog sredstva odnosno najmanje 28 dana nakon impregnacije (JUS, D.T4.025), započelo je određivanje dubine penetracije zaštitnog sredstva tako da je iz svakog stupa ispiljeno po 8 kolutova debljine 5 cm i na njima izmjerena dubina penetracije. Koluti su uvijek uzimani s jednakih udaljenosti od čela stupa (5,25, 50, 100, 200, 300, 400 i 500 cm), a mjerenje dubine penetracije obavljeno je linearnim mjerilom s preciznošću od ± 0,1 cm. Na svakom kolutu dubina penetracije mjerena je na dva unakrsna promjera s jedne i dva unakrsna promjera s druge strane, a zatim se izračunavao njihov prosjek.

Uzorci za ispitivanje čvrstoće na tlak paralelan s vlakancima izrađeni su također od čeonih trupčica prema odredbama još važećeg JUS-a, D.A1.045 iz 1979. Odabrane su ukupno 124 probe dimenzija 40 x 20 x 20 mm. Kako zbog pomanjkanja materijala nije bilo proba od drva nepotapanih stupova, za usporedbu su poslužili podaci o veličini čvrstoće na tlak paralelan s vlakancima

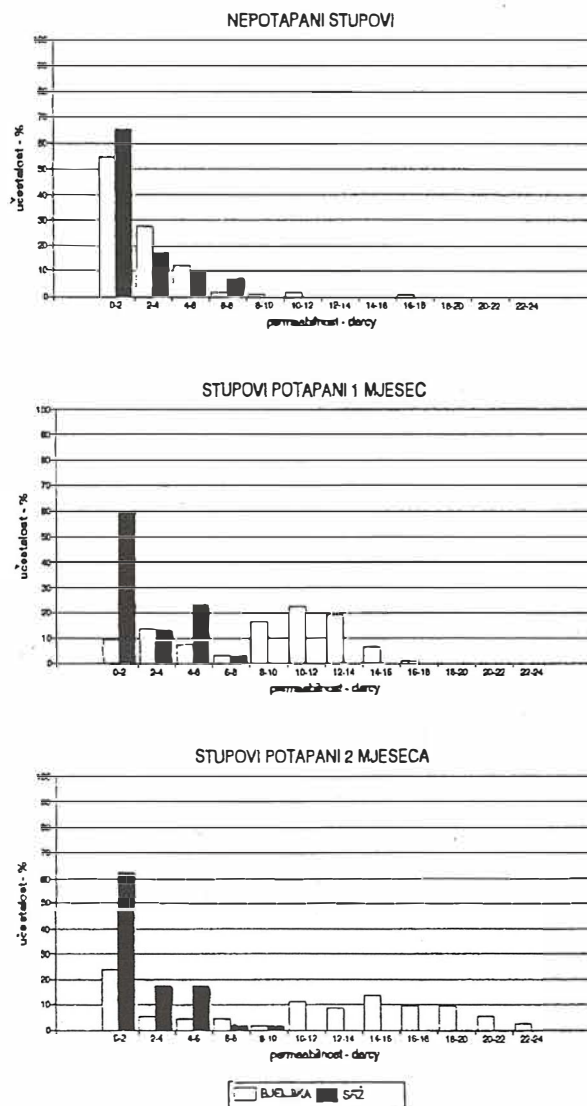
u domaće jele, navedeni u literaturi [46].

Svi podaci obrađeni su statistički, uobičajenim metodama. Za analizu rezultata istraživanja izračunani su brojevi pokazatelji te vrijednosti za uspoređivanje i donošenje zaključaka.

Izračunavanje svih tih vrijednosti provedeno je statističkim metodama i pomoću osobnog računala.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Na osnovi provedenih mjerenja i statističke obrade podataka, dobiveni rezultati ispitivanja aksijalne permeabilnosti bjeljike i srži drva ispitnih jelovih stupova prikazani su histogramima na slici 1. Radi komparacije rezultata, u histogramima je permeabilnost bjeljike i srži svih stupova podijeljena na jednake razrede. Širina svakog razreda je 2 darcyja.



Slika 1. Histogrami učestalosti iznosa permeabilnosti bjeljike i srži nepotapanih i potapanih stupova (u darcyjima)
Fig. 1 Frequency histograms of permeability measured on sapwood and heartwood of nonsubmerged and submerged poles.

Iz rezultata ispitivanja predočenih histogramima na slici 1. mogu se izvesti sljedeći zaključci.

- Aksijalna permeabilnost bjeljike nepotapanih stupova kreće se u granicama od 0,26 do 16,08 darcyja, sa srednjom vrijednošću 2,74 darcyja i standardnom devijacijom $STD = \pm 2,66$ darcyja.

- Aksijalna permeabilnost srži nepotapanih stupova kreće se u granicama od 0,06 do 6,84 darcyja, sa srednjom vrijednošću od 2,01 darcyja i standardnom devijacijom, $STD = \pm 1,91$ darcyja.

- Statistički je testiranjem dokazano da između prosječne permeabilnosti bjeljike i prosječne permeabilnosti srži nepotapanih kontrolnih stupova, iako je bjeljika 36% permeabilnija od srži, nema signifikantne razlike.

- Analizom histograma učestalosti vidljivo je da je najveći broj probnih uzoraka bjeljike i srži nepotapanih stupova (55 i 65%) imao permeabilnost manju od 2,00 darcyja, što je približno jednako prosječnoj permeabilnosti drva jele, navedenoj u literaturi [30, 32, 38, 57, 82, 83, 88, 92].

- Aksijalna permeabilnost bjeljike stupova potapanih jedan mjesec kreće se od 0,46 do 17,44 darcyja, s prosjekom od 8,71 darcyja i standardnom devijacijom $STD = \pm 4,39$ darcyja.

- Aksijalna permeabilnost srži jednomjesečno potapanih stupova kreće se od 0,13 do 7,59 darcyja, s prosjekom od 2,28 darcyja i standardnom devijacijom $STD = \pm 2,08$ darcyja.

- Aksijalna permeabilnost bjeljike jednomjesečno potapanih stupova signifikantno je za 3,82 puta veća od permeabilnosti srži, što je posljedica enzimskog djelovanja bakterija. Više od 60% probnih uzoraka srži imalo je permeabilnost manju od 2,00 darcyja, a u čak 55% slučajeva permeabilnost bjeljike kretala se od 8 do 14 darcyja.

- Aksijalna permeabilnost bjeljike dvomjesečno potapanih stupova kretala se od 0,23 do 23,60 darcyja, sa srednjom vrijednošću 10,69 darcyja i standardnom devijacijom $STD = \pm 7,08$ darcyja.

- Aksijalna permeabilnost srži dvomjesečno potapanih stupova kreće se od 0,12 do 8,35 darcyja, sa srednjom vrijednošću 2,22 darcyja i standardnom devijacijom $STD = \pm 1,91$ darcyja.

- Aksijalna permeabilnost bjeljike dvomjesečno potapanih stupova signifikantno je 4,82 puta veća od permeabilnosti srži, što je, očito, posljedica enzimskog djelovanja bakterija. Kao i u jednomjesečno potapanih stupova više od 60% probnih uzoraka imalo je permeabilnost manju od 2,00 darcyja. Istodobno je 63% probnih uzoraka bjeljike imalo permeabilnost veću od 8 darcyja, a čak 28% proba imalo je permeabilnost veću od 16 darcyja.

- U potapanih stupova bjeljike ustanovljeno je povećanje aksijalne permeabilnosti u odnosu prema bjeljici nepotapanih stupova. Dobiveni rezultati pokazuju da je permeabilnost bjeljike jednomjesečno potapanih stupova signifikantno 3,17 puta veća od bjeljike nepotapanih stupova.

- Aksijalna permeabilnost bjeljike dvomjesečno

potapanih stupova signifikantno je 3,9 puta veća od aksijalne permeabilnosti bjeljike nepotapanih stupova.

- Statističkim je testiranjem utvrđeno da između prosječne permeabilnosti bjeljike jednomjesečno potapanih stupova (8,71 darcyja) i prosječne permeabilnosti bjeljike dvomjesečno potapanih stupova (10,69 darcyja) nema signifikantne razlike.

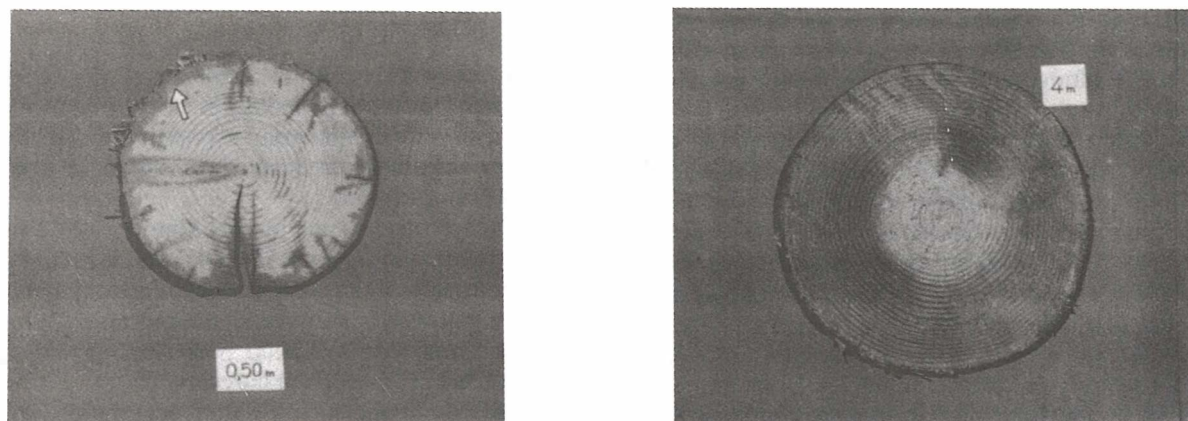
- Između prosječne aksijalne permeabilnosti srži nepotapanih stupova (2,01 darcyja) i prosječne aksijalne permeabilnosti srži jednomjesečno potapanih stupova (2,28 darcyja), odnosno dvomjesečno potapanih stupova (2,22 darcyja), nisu utvrđene signifikantne razlike. Više od 60% proba srži svih triju skupina stupova imalo je permeabilnost manju od 2,00 darcyja.

Rezultati ispitivanja retencije soli pokazuju da je:

- prosječna retencija soli jednomjesečno potapanih stupova (24,95 kg/m³) bila 74,7% veća od prosječne retencije soli nepotapanih stupova. Usporedbom prosječnih retencija soli jednomjesečno i dvomjesečno potapanih stupova utvrđeno je da je prosječna retencija soli u dvomjesečno potapanih stupova samo 2,96% veća od prosječne retencije soli u jednomjesečno potapanih stupova. Time je, s obzirom na dobivene rezultate o aksijalnoj permeabilnosti, potvrđeno da se produljenjem vremena potapanja s jednoga na dva mjeseca bitno ne povećava retencija soli u stupovima. (Najmanju retenciju u skupini nepotapanih stupova imao je stup 01, i to u iznosu 10,1 kg/m³ soli, a najveću retenciju stup 02 (19,9 kg/m³). Najmanju retenciju soli u skupini jednomjesečno potapanih stupova imao je stup 8 (17,6 kg/m³), a najveću stup 7 (31,3 kg/m³). Među dva mjeseca potapanih stupovima najmanja je retencija zabilježena u stupovima 1 i 2 (21,5 kg/m³), a najveća u stupu 3 (34,9 kg/m³). Minimalna propisana retencija zaštitnog sredstva u drvu jelovih stupova, prema JUS-u D.T4.025, iznosi 7,5 kg/m³).

Rezultati mjerenja dubine penetracije zaštitnog sredstva pokazuju da je sredstvo mnogo dublje prodiralo u drvo potapanih nego u drvo nepotapanih stupova, što je predočeno na slici 2. Tijekom impregnacije zaštitno se sredstvo u stupovima aksijalno i lateralno upijalo tako da se pod pojmom penetracije razumijeva upijanje zaštitnog sredstva u sva tri smjera. U nepotapanih je stupova već 0,05 m daleko od čela stupa uočeno da lateralna penetracija varira od 22,5 mm do 8,75 mm. Očito je da takva penetracija ne zadovoljava bez obzira na povećanu retenciju nepotapanih stupova.

Zaštićeno je sredstvo u nekih stupova (u stupova označenih brojevima 02, 03, 2 i 6) zbog pojave "mokrog srca" prodiralo duboko u srž. U svih potapanih stupova penetracija zaštitnog sredstva bila je mnogo veća od penetracije u nepotapanih stupova. Najmanja lateralna penetracija u jelovom PTT-stupu prema standardima mora biti 10 mm. U potapanih stupova ona je iznosila čak 29 mm, što je gotovo tri puta više. U potapanih stupova najveća je lateralna penetracija izmjerena u stupova s oznakama 3 i 7, na kojima je zabilježena gotovo potpuna penetracija zaštitnog sredstva. U



Slika 2. Prikaz karakterističnih kolotova ispiljenih od impregniranih stupova: a) kolot nepotapanog stupa označenog brojem 01, uzet 0,5 m od čela stupa; b) kolot jedan mjesec potapanog stupa označenog brojem 5, uzet 4 m od čela stupa

Fig. 2 A representation of characteristic disks sawn from the impregnated poles: a) disk from the nonsubmerged pole number 01 taken at 0.5 m from the end of the pole, b) disk from the submerged pole number 5, taken at 4 m from the end of the pole.

većine potapanih stupova primijećeno je potpuno upijanje i potpuna penetracija s jednog kraja (stupovi označeni brojevima 4 i 5). U stupova označenih brojevima 4, 5 i 7 potpuna je penetracija zabilježena čak dva, odnosno tri metra od čela stupa. Usporedbom rezultata ispitivanja lateralnih penetracija zaštitnog sredstva u nepotapanim stupova s rezultatima ispitivanja lateralne penetracije u potapanim stupova, očito je da se u nepotapanim stupova lateralna penetracija znatno smanjuje od čela prema sredini stupa tako da već nakon manje od jednog metra poprima stalnu dubinu.

- Prosječna lateralna penetracija u nepotapanim stupova iznosila je 9,12 mm, u jednomjesečno potapanim 50,53 mm, a u dvomjesečno potapanim 50,35 mm. Dubina lateralne penetracije u potapanim stupova bitno se manje smanjuje od čela prema sredini stupa. Izmjerena prosječna penetracija zaštitnog sredstva u nepotapanim stupovima nije bila zadovoljavajuća.

Rezultati ispitivanja čvrstoće na tlak paralelan s vlakancima drva (još važeći JUS, D.A1.045.) potopljenih stupova i usporedba dobivenih vrijednosti s prosječnim iznosima čvrstoće na tlak jelova drva, navedenim u literaturi [46], pokazuju da je zbog enzimskog djelovanja bakterija tek u slučaju bjeljike stupova označenih brojevima 3 i 5 samo u dva mjerenja zabilježena čvrstoća na tlak manja od minimalnih 31 MPa. U srži potapanih stupova primijećeno je još manje slabljenje čvrstoće na tlak, koje se objašnjava činjenicom da bakterije nisu prodirale u srž (osim stabala s "mokrim srcem"). Zbog relativno malog uzorka i nejednolične zastupljenosti probnih uzoraka svih stupova ne može se pouzdano tvrditi da tijekom izlaganja drva djelovanju bakterija nije bitno smanjena čvrstoća na tlak. No kako je ustanovljeno da je srž tijekom potapanja ostala netaknuta od bakterija, a njezina prosječna čvrstoća na tlak podjednaka je prosječnoj čvrstoći na tlak bjeljike potapanih stupova, može se pretpostaviti da za vrijeme enzimskog djelovanja bakterija nije bitnije smanjena čvrstoća na tlak paralelan s vlakancima, što odgovara zaključcima

radova mnogih autora. U daljnjim istraživanjima veću pozornost treba pridati ispitivanju promjena svih mehaničkih svojstava nastalih izlaganjem drva djelovanju bakterija, jer moguća smanjenja tih svojstava mogu znatno utjecati na krajnju upotrebu drva.

5. DISKUSIJA

U uvodu spomenuti procesi osržavanja i prirodnog sušenja drva četinjača glavni su uzroci zatvaranja intervaskularnih jažica, a time i smanjenja permeabilnosti tog drva. Drvo obične jele (*Abies alba*, Mill.), kako je već spomenuto, male je permeabilnosti i slabe prirodne trajnosti.

Ovim se radom željelo ustanoviti može li se povećati permeabilnost drva obične jele djelovanjem anaerobnih bakterija. Slaba permeabilnost jelova drva stvara mnoge poteškoće pri njegovoj kemijskoj zaštiti. Stoga je jelovina u usporedbi s drugim vrstama četinjača podložnija djelovanju abiotskih i biotskih uzročnika razaranja.

Poznavajući uzroke slabe permeabilnosti jelovine i njezinu gradnju, očekivalo se da će se potapanjem ispitanih stupova pojaviti nejednolično povećanje permeabilnosti bjeljike, odnosno da će eventualno povećanje permeabilnosti manje ovisiti o utjecaju bakterija, a više o specifičnostima grade drva pojedinog stupa. Međutim, u većine potapanih stupova ustanovljeno je znatno prosječno povećanje permeabilnosti bjeljike, a kao što je već mnogo puta utvrđeno pri potapanju drva bora, smreke, duglazije i čuge, potapanjem nije postignuto signifikantno povećanje permeabilnosti srži.

Kao iznimke koje potvrđuju pravilo spominjemo nekoliko stupova u kojih je uočen suprotan rezultat.

Malo veća prosječna permeabilnost bjeljike i srži nepotapanog stupa broj 03 objašnjava se pojavom "mokrog srca" i specifičnostima u gradi elemenata, a u

skupini stupova potapanih jedan mjesec u stupu broj 6, odnosno u skupini dva mjeseca potapanih stupova u stupu broj 2, mnogo veća permeabilnost srži nego bjeljike objašnjava se isključivom pojavom "mokre srži".

Kao dokaz uočenog trenda povećanja permeabilnosti bjeljike potapanih stupova, zamijećene slabe permeabilnosti srži nepotapanih i potapanih stupova te primijećene povećane permeabilnosti srži ("mokro srce") pojedinih stupova mogu poslužiti rezultati ispitivanja permeabilnosti drva bijele jele (*Abies concolor*, Englm.) što ga je, radi ustanovljenja povećane permeabilnosti mokrog srca (wetwooda), provodio Ward [93]. Radi usporedbe, u tablici 1. navedene su prosječne permeabilnosti srži, bjeljike i mokrog srca ustanovljene u ovom radu i u Wardovu ispitivanju.

Iz tablice 1. vidi se da između povećane permeabilnosti bjeljike bijele jele, dobivene konverzijom sirove vode etanolom i povećane permeabilnosti bjeljike obične jele, nastale djelovanjem anaerobnih bakterija, ima razlika, ali je uočljiv i podjednak trend povećanja permeabilnosti u odnosu prema umjetno, odnosno prirodno sušenoj bjeljici istih vrsta drva. Zamijećene razlike u permeabilnosti srži i mokrog srca dviju vrsta jela rezultat su specifičnosti građe tih vrsta drva.

6. ZAKLJUČAK

Na osnovi rezultata dobivenih ispitivanjem djelovanja anaerobnih bakterija potapanjem jelovih stupova u vodu i njihovom usporedbom s prirodno sušenim nepotapanim stupovima, mogu se donijeti neki važniji zaključci.

1. Prosječna aksijalna permeabilnost bjeljike jedan mjesec potapanih stupova, signifikantno je za 3,17 puta veća, a prosječna aksijalna permeabilnost bjeljike dva mjeseca potapanih stupova signifikantno je 3,9 puta veća od prosječne aksijalne permeabilnosti bjeljike nepotapanih stupova (2,74 darcyja).

2. Između prosječnih aksijalnih permeabilnosti srži nepotapanih stupova (2,01 darcyja), srži jednomjesečno potapanih (2,28 darcyja) i srži dvomjesečno potapanih stupova (2,22 darcyja) nema signifikantnih razlika.

3. Povećana permeabilnost bjeljike potapanih stupova dokazana je nakon procesa impregnacije povećanom retencijom zaštitnog sredstva tih stupova u odnosu prema nepotapanim stupovima. Prosječna retencija soli u jedan mjesec potapanih stupova ($24,95 \text{ kg/m}^3$), odnosno u dvomjesečno potapanih stupova ($25,69 \text{ kg/m}^3$), za 73%, odnosno za 76% veća je od prosječne retencije soli u nepotapanih stupova ($14,70 \text{ kg/m}^3$).

4. Povećanje permeabilnosti bjeljike potapanih stupova dokazano je i pojačanom penetracijom zaštitnog sredstva. Aksijalna penetracija zaštitnog sredstva u drvu nepotapanih stupova iznosi najviše 0,05 m od čela stupa, a aksijalna penetracija zaštitnog sredstva u jednomjesečno i dvomjesečno potapanih stupova kreće se od 0,05 m do čak 2,5 m od čela stupa. Prosječna lateralna penetracija zaštitnog sredstva u jednomjesečno potapanih stupova iznosi 50,52 mm te je 5,54 puta veća od prosječne lateralne penetracije u nepotapanih stupova (9,12 mm). Prosječna lateralna penetracija u dvomjesečno potapanih stupova iznosi 50,35 mm i 5,52 puta je veća od prosječne lateralne penetracije u nepotapanih stupova.

5. Potapanjem stupova u vodu nije se znatnije smanjila čvrstoća na tlak paralelan s vlakancima. Prosječna čvrstoća na tlak paralelan s vlakancima, izmjerena u bjeljike jedan (38 MPa) odnosno dva mjeseca (50,05 MPa) potapanih stupova i srži jedan (34,4 MPa) odnosno dva mjeseca (47,71 MPa) potapanih stupova veća je od 31 MPa, što se smatra najmanjom dopuštenom čvrstoćom na tlak

Usporedne vrijednosti iznosa permeabilnosti drva obične jele (*Abies alba*, Mill.) i bijele jele (*Abies concolor*, Englm.)

Tablica 1.

The comparative values of permeabilities measured on fir wood (*Abies alba*, Mill.) and white fir wood (*Abies concolor*, Englm.)

Table 1

AUTOR vrsta drva	NAČIN TRETIRANJA	STUP	PERMEABILNOST (PROSJEK)						
			BJELJIKA		SRŽ		"MOKRO SRCE"		
			broj proba	darcy	broj proba	darcy	broj proba	darcy	
DESPOT	NEPOTAPANI STUPOVI	O1	28	2,74	15	1,33	-	4,10	
		O2	29		15				
		O3	27		-		15		
		O4	29		13		-		
	ABIES alba, Mill.	POTAPANI STUPOVI 1 MJESEC	5	28	8,71	17	1,63	-	4,81
			6	29		-		15	
			7	28		14		-	
			8	29		14		-	
		POTAPANI STUPOVI 2 MJESECA	1	29	10,69	14	2,22	-	-
			2	29		15			
			3	30		14			
			4	27		14			
WARD (1985)	UMJETNO SUŠENJE	-	80	1,33	55	0,61	75	1,93	
ABIES concolor, Englm.	Zamjena sirove vode ETANOLOM	-	80	13,14	55	0,78	75	1,98	

paralelan s vlakancima u jele.

6. Budući da između permeabilnosti bjeljike jednomjesečno i dvomjesečno potapanih stupova nema signifikantne razlike, a retencije i lateralne penetracije zaštitnog sredstva navedenih stupova gotovo su jednake, u sljedećim bi se istraživanjima trebalo skratiti vrijeme potapanja stupova na manje od mjesec dana.

7. Povećanje permeabilnosti jele izazvano djelovanjem anaerobnih bakterija, popraćeno samo djelomičnim i nebitnim smanjenjem nekih mehaničkih svojstava drva, pridonosi boljoj kemijskoj zaštiti drva, a time i utječe na produženje vijeka trajanja proizvoda od jelova drva. Takvo permeabilnije, a time i bolje kemijski zaštićeno drvo moglo bi naći veliku primjenu u građevinarstvu uopće.

LITERATURA

- [1] Adolph, P.; Gersteter, E.; Liese, W.: Untersuchungen über einige Eigenschaften von Fichtenholz nach dreijähriger Wasserlagerung. *Holzforschung*, 26, 18-25, 1972.
- [2] Bailey, J. M.: The preservative treatment of wood. II. The structure of the pit membranes in the tracheids of Conifers and its relation to the penetration of gases, liquids and finally, dehydrated solids into green and seasoned wood. *Forestry Quarterly* XI, 12, 1913.
- [3] Banks, W. B.: The effect of temperature and storage conditions on the phenomenon of increased sapwood permeability brought about by wet storage. *J. Inst. Wood Sci.*, No. 26, (Vol. 5, No. 2), 16-19, 1970.
- [4] Bauch, J.; Liese, W.; Berndt, H.: Biological investigations for the improvement of the permeability of softwoods. *Holzforschung*, 24, 199-205, 1970.
- [5] Bauch, J.; Tedeman, G.: Wetwood formation in softwoods and hardwoods. XVI IUFRO World Congress - Oslo, 1976.
- [6] Benko, R.: Bacteria as possible organisms for biological control of blue stain. *The Inter. Res. Group of Wood Preserv., Doc.*, No IRG/WP/1339, 1988.
- [7] Benko, R.: Biological control of blue stain on wood with *Pseudomonas cepacia*. 6253 Laboratory and field test. *The Inter. Res. Group of Wood Preserv., Doc. No. IRG/WP/1380*, 1989.
- [8] Bergman, O.: Factors affecting the permeability of softwood. A literature study. *Institutionen för virkeslára, Nr R 89*, Department of Forest Products, 50-51, 1973.
- [9] Berndt, H.; Liese, W.: Untersuchungen über das Vorkommen von Bakterien in wassergelagerten Buchenholzstämmen, *Zb8., Bakt. Abt., II*, 128, 578-594, 1973.10]
- [10] Beveridge, T. T.: Ultrastructure, chemistry and function of the bacterial wall. *International Review of Cytology*, 72, 229-317, 1981.
- [11] Bisset, A. K.: *Bacteria*. Third edition, E. and S. Livingstone, Edinburgh, London, 1963.
- [12] Boutelje, J. B.; Kiessling H.: On water-stored oak timbers and its decay by fungi and bacteria. *Archiv für Mikrobiologie* 49, 305-314, 1964.
- [13] Boutelje, J. B.; Bravery, A. P.: Observations on the bacterial attack of piles supporting a Stockholm building. *J. Inst. Wood Sci.*, 204, 47-57, 1968.
- [14] Buro, A.; Buro, E. A.: Beiträge zur Kenntnis der Eindringwege für Flüssigkeiten in Kiefernholz. *Holzforschung*, 13, 3, 71-77, 1959.
- [15] Cavalcante, M. S.; Eaton, R.: The isolation of actinomycetes from wood in ground contact and in the sea. *The Inter. Res. Group of Wood Preserv. Doc. No. IRG/WP/1110*, 1980.
- [16] Comstock, L. G.: Longitudinal permeability of Green-eastern hemlock. *For. Prod. Jour.*, Vol. XV, October 441-449, 1965.
- [17] Comstock, L. G.: Directional permeability of softwoods. *Wood and Fiber.*, Vol. 1, No. 4, 283-289, 1970.
- [18] Curtis, H.: Über den Zellwandabbau durch Bakterien im Nadelholz. *Holzforschung*, 20, 148-154, 1966.
- [19] Daniel, G.; Nilsson, T.: Ultrastructural and T.E.M.-edax studies on the degradation of CCA treated Radiata pine by Tunneling Bacteria. *The Inter. Res. Group of Wood Preserv., Doc. No. IRG/WP/1260*, 1985.
- [20] Daniel, G.; Nilsson, T.: Ultrastructural observations on wood-degrading erosion bacteria. *The Inter. Res. Group of Wood Preserv., Doc. No. IRG/WP/1283*, 1986.
- [21] Despot, R.: Trajnost drva kao građevnog materijala, zbornik radova s prvoga znanstveno-stručnog skupa "Kvaliteta, održavanje i korištenje stambenog objekta", TCD u suradnji, Zagreb-Tuheljske Toplice, 111-122, 1990.
- [22] Doetsch, R. N.; Cook, T. M.: *Introduction to Bacteria and their Ecology*. University Park Press, Baltimore, London, Tokio, 1973.
- [23] Dunleavy, J. A.; McQuire, J. A.: The effect of water storage on the cell-structure of sitka spruce (*Picea sitchensis*) with references to its permeability and preservation. *JU. Inst. Wood Sci.*, 26, Vol. 5, No. 2, 20-28, 1970.
- [24] Dunleavy, J. A.; Fogarty, W. M.: The preservation of spruce poles using a biological pretreatment. *Res. Ann. Conv. B.W.P.A.*, 5-58, 1971.
- [25] Efransjah, F.: Amelioration de l'imprégnabilité du bois d'Épicéa par un traitement bactérien. *Deuxième Call. Sci. et Ind. du Bois-Nancy*, Avril, 22-24, 1987.
- [26] Efransjah, F.; Kilbertus, G.: Impact of water storage on mechanical properties of spruce as detected by ultrasonics. *Wood Sci. Techn.*, 23, No. 1, (1989), 35-42.
- [27] Ellwood, E. L.; Ecklund, B. A.: Bacterial attack of pine logs in pound storage. *For. Prod. Jour.*, 9, 283-292, 1959.
- [28] Erickson, H. D.; Crawford, R. J.: The effect of several seasoning methods on the permeability of wood to liquids. *Proc. 55th Ann. Meet. Am. Wood Preserv., Assn* 55, 210-220, 1959.
- [29] Foog, P. J.: Longitudinal air permeability of Southern Pine wood. *For. Abstr.*, 30, 4, No. 6410, 1969.
- [30] Fogarty, N. M.: Bacteria, enzymes and wood permeability. *Process. Biochem.* 8, 6, 30-34, 1973.
- [31] Gordon, R. E.; Haynes, W. C. & Hor-Nay Pang, C.: *The Genus Bacillus*. Agriculture Handbook, No. 427, USA, 1973.
- [32] Gorišek, Ž.: Vpliv parenja na fizikalne, mehanske in tehnološke lastnosti bukovine, Poročilo o delu za leto 1988 in konačno poročilo raziskave razvoja proizvodov in tehnologij v lesarstvu, Ljubljana, 1988.
- [33] Greaves, H.: The effect of bacterial action on some wood cubes in shake culture. *Material und Organismen*, Beihefte 1, 61-67, 1965.
- [34] Greaves, H.; Levy, L. F.: Comparative degradation of the Sapwood of Scots pine, beech and birch by *Lenzites trabea*, *Plyctictus versicolor*, *Chaetomium globosum* and *Bacillus polymyxa*. *J. Inst. Wood Sci.*, 15, 55-63, 1965.
- [35] Greaves, H.: The occurrence of bacterial decay in cooper-chrome-arsenic treated wood. *Appl. Microbiol.*, 16, 150-166, 1968.
- [36] Greaves, H.: Micromorphology of the bacterial attack of wood. *Wood. Sci. Techn.*, 3, 150-160, 1969.
- [37] Greaves, H.; Foster, R. C.: The fine structure of Bacterial attack of wood. *J. Inst. Wood Sci.*, 5, 18-27, 1970.
- [38] Greaves, H.: The effect of some wood-inhabiting bacteria on the permeability characteristics and microscopic features of *Eucalyptus regnans* and *Pinus radiata* sapwood and heartwood. *Holzforschung*, 24, 6-14, 1970a.
- [39] Greaves, H.: The bacterial factor in wood decay. *Wood Sci. Techn.*, 5, 6-16, 1971.
- [40] Greaves, H.: Microbial ecology of untreated and cooper-chrome-arsenic treated stakes exposed in a tropical soil. The initial invaders. *Con. J. Microbiol.*, 18, 1923-1931, 1972.
- [41] Greaves, H.: Bacterial uptake of elements from a cooper-chrome-arsenic containing medium. *Material und Organism*, 85-98, 1973.
- [42] Greaves, H.: Selected wood-inhabiting bacteria and their effect on strength properties and weights of *Eucalyptus regnans* F. Muell and *Pinus radiata* D. from sapwoods. *Holzforschung*, 27, (1973a), 20-26.
- [43] Harmsen, J.; Nissen, T. V.: Der Bakterienangriff auf Holz. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 23, 389-393, 1965.
- [44] Highley, T. L.; Lutz, J. F.: Bacterial attack in water stored bolts. *For. Prod. I.*, 20, 4, 43-49, 1970.

- [45] Holt, D. M.: Bacterial degradation of lignified wood cell walls in aerobic and aquatic habitats. I. *Inst. Wood Sci.*, 9, 212-223, 1983.
- [46] Horvat, I.; Krpan, J.: *Drvnoindustrijski priručnik*. Tehnička knjiga, Zagreb, 1967.
- [47] Johnson, B. R.; Giovik, L. R.: Effect of *Trichoderma viride* and a contaminating bacterium of microstructure and permeability of loblolly pine and Douglas fir. *Am. Wood Press. Ass.* 66, 7, 1970.
- [48] Jutte, U. S.: Wood structure in relation to excessive absorption. *Houtinstitut TNO, Delft, Netherlands*, September, 1971.
- [49] Karnop, G.: Der Befall von wassergelagertem Nadelholz durch Bakterien mit besonderer Berücksichtigung des anaeroben Cellulose - Abbaus durch *Bacillus omelianskii*. Ph. D. Thesis, Univ. Hamburg, 110, 1967.
- [50] Karnop, G.: Morphologie, Physiologie und Schadbild der Nicht-Cellulose Bakterien aus wasserlagerndem Nadelholz. *Material und Organism.*, 7, 119-132, 1972a.
- [51] Knuth, D. T.; McCoy, E.: Bacterial deterioration of pine logs in pond storage. *For. Prod. Jour.*, 12, 9, 437-442, 1962.
- [52] Knuth, D. T.: Bacteria associated with wood products and their effects on certain chemical and physical properties of Wood. Ph. D. Thesis, Univ. Wisconsin, 186, 1964.
- [53] Knutson, D. M.: The bacteria in sapwood and heartwood of trembling aspen (*Populus tremuloides*). *Can. J. Bot.*, 51, 498-500, 1973.
- [54] Leightley, L. E.: Soft rot and bacterial attack in preservative treated Eucalypt power transmission poles. *The Inter. Res. Group of Wood Preserv.*, 1982.
- [55] Liese, J.: *Zerstörung des Holzes durch Pilze und Bakterien*. In: *Mahlke - Troschel Handbuch der Holzkonservierung*. Springer Verlag, Berlin, 1950.
- [56] Liese, W.: On the decomposition of the cell wall by microorganisms. *Rec. Ann. Conv. B.W.P.A.*, 159-160, 1955.
- [57] Liese, W.; Bauch, J.: On the closure of bordered pits in Coniferes. *Wood Sci. Techn.* 1, 1-13, 1967.
- [58] Liese, W.; Karnop, G.: Über den Befall von Nadelholz durch Bakterien. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 26, 202-208, 1968.
- [59] Liese, W.: The action of fungi and bacteria during wood deterioration. *Rec. Ann. Conv. B.W.P.A.*, 81-94, 1970b.
- [60] Liese, W.: Biological transformation of wood by microorganisms. 2nd International Congress of Plant Pathology, September 10-12, Minneapolis, USA, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1973.
- [61] Liese, W.; Greaves, H.: Micromorphology of bacterial attack. In Liese, W. (ed.): *Biological transformation of wood by microorganisms*, Berlin, Heidelberg, New York. Springer Verlag, 77-88, 1975.
- [62] Magderfrau, K.; Ehrendorfer, F. (prijevod: Domac, R.): *Sistematika, evolucija i geobotanika*. Udžbenik botanike za visoke škole, Školska knjiga, Zagreb, 1978.
- [63] Nilsson, T.: Bacterial degradation of untreated and preservative treated wood. 16] *Munster/Westfalen, Deutsche Gesellschaft für Holzforschung*, 1982.
- [64] Nilsson, T.; Holt, D.: Bacterial attack occurring in the S2 layer of wood fibres. *Holzforschung*, 37, 107-108, 1983.
- [65] Nilsson, T.; Daniel, G.: Tunnelling bacteria. *The Inter. Res. Group of Wood Preserv. Doc. No. IRG/WP/1186*, 1983a.
- [66] Nilsson, T.; Singh, A. P.: Cavitation bacteria. *The Inter. Res. Group of Wood Preserv. Doc. No. IRG/WP/1235*, 1984.
- [67] Paajanen, L.; Viitanen, H.: Microbial degradation of wooden piles in building foundation. *The Inter. Res. Group of Wood Preserv. Doc. No. IRG/Wp. Doc. No. IRG/WP/1370*, 1986.
- [68] Pavlić, I.: *Statistička teorija i primjena*. Tehnička knjiga, Zagreb, 1970.
- [69] Petrić, B.: Utjecaj strukture na permeabilnost drva četinjača. *Šumarski list, godište 95*, 5-6, 125-141, 1971.
- [70] Petrić, B.: Utjecaj strukture na permeabilnost drva listača. *Šumarski list, godište 96*, 9-10, 364-373, 1972.
- [71] Petrić, B.; Ščukanec, V.: Zaštita drva kao amterijala za izradu prozora. *Bilten ZIDI Šumar. fakultet, Zagreb, Vol. 6, No. 4*, 1-27, 1979.
- [72] Petrić, B.; Ščukanec, V.; Despot, R.; Trajković, J.: Zaštita jelove građevne stolarije metodom dvostrukog vakuuma. *Drvna industrija*, 11-12, Vol. 40, 231-235, 1989.
- [73] Petrić, B.; Trajković, J.; Despot, R.: Varijacije strukture jelovine iz Gorskog kotara. *Drvna industrija*, 3-4, Vol. 41, 43-49, 1990.
- [74] Phillips, W. E. J.: Identification of Softwoods. *Forest Products Research, Bulletin No. 22*, 1948.
- [75] Rossel, S. E.; Abbot, E. G. M. & Levy, F.: Bacteria and Wood. *J. Inst. Wood Sci.* 32, Vol. 6, No. 2, 28-33, 1973.
- [76] Schink, B.; Ward, J. C. & Leikus, J. G.: Microbiology of Wetwood: Role of anaerobic bacterial populations in living trees. *J. Gen. Microbiol.* 123, 313-322, 1981.
- [77] Schmidt, O.; Wolf, F. & Liese, W.: On the interaction between bacteria and wood preservatives. *Internat. Biodeter. Bull.* 11. (3), 85-89, 1975.
- [78] Schmidt, O.; Nagaashima, Y.; Liese, W. & Schmitt, V.: Bacterial Wood Degradation Studies under laboratory Conditions and in lakes. *Holzforschung*, 41, 137-140, 1987.
- [79] Sebastian, L. P.; Cote, W. A. & Skaar, C.: Relationship of Gas Phase Permeability to Ultrastructure of White Spruce Wood. 19 the Annual Meeting of the Forest Products Research Society, June 29, New York City, 1965.
- [80] Siau, J. F.: *Flow in Wood*. Syracuse University Press, Syracuse, New York, 1971.
- [81] Siau, J. F.; Kuroda, N.: Evidence of Nonlinear flow in softwoods from wood permeability measurements. *Wood and Fiber Sci.* Columbe 20, No. 1, 1988.
- [82] Smith, R. S.: *Economic Aspects of Bacteria in Wood, Biological Transformations of Wood by Microorganisms*. Edited by Walter Liese. Springer-Verlag, 89-102, 1975.
- [83] Smith, D. N. and Lee, E.: The longitudinal permeability of some hardwoods and softwoods. *Dep: Sci. Ind. Res. For. Prod. Res. Special Rep. 13*] London. 13. 1958.
- [84] Soulahti, O.; Wallen, A.: The Influence of Water Storage on the Waterabsorption Capacity of Pine Sapwood. *Holz Roh- u. Werkstoff* 16, 8-17, 1958.
- [85] Špoljarić, Z.: *Zaštita drva*. Skripta za slušače Drvnotehnološkog odjela Šumarskog fakulteta u Zagrebu, Zagreb, 1963.
- [86] Špoljarić, Z.: *Anatomija drva*. Skripta za slušače Šumarskog odjela Šumarskog fakulteta u Zagrebu, Zagreb, 1977.
- [87] Thimann, V. K.: *The Life of Bacteria, Their Growth, Metabolism and Relationship*, Second Edition New York, London, 1968.
- [88] Unligil, H. H.: Penetrability of white spruce wood after water storage. *J. Inst. Wood Sci.*, 5, 30-35, 1971.
- [89] Unligil, H. H.: Penetrability and strength of white spruce after ponding. *For. Prod., cur.*, 22, 9, 92-100, 1972.
- [90] Von Denfer, D.; Ziegler, H. (prijevod: Devide, Z.): *Morfologija i fiziologija*. Udžbenik botanike za visoke škole, Školska knjiga, Zagreb, 1982.
- [91] Ward, O. P.; Fogarty, W. M.: Bacterial growth and enzyme production in sytka sprucesapwood during water storage. *J. inst. Wood Sci.* (Vol. 6, No. 2), 8-12, 1973.
- [92] Ward, J. C.: The effect of wetwood on lumber drying times and rates: an exploratory evaluation with longitudinal gas permeability. *Wood and Fiber Sci.*, 18, (2), 288-307, 1986.
- [93] Wilcox, W. W.: Anatomical changes in wood cell walls attacked by fungi and bacteria. *The Botanical Review* 36, 1-28, 1970.
- [94] Willoughby, G. A.; Leightley, L. E.: Patterns of bacterial decay in preservative treated Eucalypt power. transmission poles. *The Inter. Res. Group of Wood Preserv. Ooc. No. IRG/WP/1223*, 1984.