

Istraživanje točke zasićenosti važnijih domaćih vrsta drveta

Krpan, Juraj

Source / Izvornik: **Glasnik za šumske pokuse: Annales pro experimentis foresticis, 1957, 13, 18 - 110**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:440116>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-28**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



Dr. JURAJ KRPAN:

ISTRAŽIVANJE TOČKE ZASIĆENOSTI VLAKANACA VAŽNIJIH DOMAĆIH VRSTA DRVETA

INVESTIGATION OF THE FIBRE-SATURATION
POINT OF SEVERAL MORE IMPORTANT NATIVE
WOOD SPECIES

SADRŽAJ — CONTENTS

- I. PREDGOVOR — PREFACE
 - II. UVOD — INTRODUCTION
 - III. CILJ ISTRAŽIVANJA — AIM OF THE INVESTIGATION
 - IV. MATERIJAL ZA ISTRAŽIVANJA — MATERIAL INVESTIGATED
 1. Područje i izbor stabala — *Forest area and selection of trees*
 2. Način uzimanja proba — *Method of specimen taking*
 - V. METODA — WORKING METHOD
 - VI. REZULTATI — RESULTS
 - a) Točka zasićenosti određena mjerenjem volumnog utezanja — *Fibre-saturation point determined by measurements of the volumetric shrinkage*
 - b) Točka zasićenosti određena mjerenjem čvrstoće na pritisak u smjeru paralelnom s vlakancima — *Fibre-saturation point determined by measurements of the crushing strength parallel to grain*
 - c) Komparacija rezultata dobivenih mjerenjem volumnog utezanja i mjerenjem čvrstoće na pritisak u smjeru paralelnom s vlakancima — *Comparison of the results obtained by measurements of the volumetric shrinkage and the crushing strength parallel to grain*
 - d) Utjecaj veličine i položaja probe u stablu na točku zasićenosti — *Influence of size and position of specimen in the stem on the fibre-saturation point*
 - e) Varijacije točke zasićenosti unutar hrastovine — *Variations of the fibre-saturation point within oak-wood*
 - VII. ZAKLJUČAK — CONCLUSION
 - VIII. LITERATURA — LITERATURE — SUMMARY
- Radnja primljena na štampanje 14. VII, 1953.*

I. PREDGOVOR — PREFACE

Na prvom mjestu zahvaljujem akademiku Aleksandru Ugrenoviću, redovnom sveučilišnom profesoru i predstojniku Zavoda za tehnologiju drveta Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Zagrebu, za pomoć, što mi ju je pružio kod izbora teme i za savjete u toku rada.

Ugodna mi je dužnost zahvaliti se Odboru za šume i Šumskom gospodarstvu Poljoprivredno-šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu za materijalnu i novčanu pomoć, koju su mi doznacili za ova istraživanja, koja su povezana s velikim brojem vaganja, mjerenja dimenzija, ispitivanja čvrstoće kao i raznih drugih laboratorijskih radova i golemim brojem računskih operacija kod statističke obrade izmjerenih i izračunanih podataka. Spomenuto šumsko gospodarstvo stavilo mi je na raspolaganje i probna stabla, iz kojih su uzeti probni trupčići i izrađene probe.

Izvanredni sveučilišni profesor dr. ing. Ivo Horvat zadržao me je, stavivši mi na raspolaganje literaturu u vezi s ovim istraživanjima, koju je sabrao na svom putu po Engleskoj i Zapadnoj Njemačkoj, na čemu sam mu osobito zahvalan, kao i za primjedbe i savjete, koje mi je dao pri izradi instrukcije za rad i razrade problematike ovih istraživanja.

Zahvalan sam sveučilišnom profesoru Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu dr. ing. J. Hribaru, koji mi je omogućio, da na univerzalnom stroju Amsler izvršim potrebna ispitivanja velikog broja proba na čvrstoću.

Kod statističke obrade podataka pružio mi je veliku pomoć svojim savjetima i literaturom ing. Borivoj Emrović, asistent u Zavodu za dendrometriju, za što mu i ovom prilikom zahvaljujem.

Zahvaljujem ing. Ivi Opačiću, pod čijim su nadzorom izvršene analize tanina, ekstrakcije smole i određivanja vlage u ksilolu i sušioniku u Zavodu za agrikulturnu kemiju Poljoprivredno-šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Najzad mi je ugodna dužnost zahvaliti se studentima šumarstva: Pavlu Meštroviću, Ivanu Ujdenici, Branku Kopjaru i Božidaru Horvatu, koji su mi pomogli kod izrade proba, vaganja i ostalih laboratorijskih radova, a djelomično i kod statističke obrade podataka.

Štim onima, koji su me pomagali u toku rada, još jednom srdačno zahvaljujem.

II. UVOD — INTRODUCTION

Ova istraživanja imaju zadatak odrediti točku zasićenosti vlakana važnijih domaćih vrsta drveta primjenom metode volumnog utezanja i metode čvrstoće na pritisak u smjeru vlakana; istražiti utjecaj veličine proba na točku zasićenosti i varijacije točke zasićenosti s obzirom na bjeljikovinu i srževinu i s obzirom na položaj proba u stablu.

Između suhe drvne tvari i vode postoji velika privlačnost. Ova je pojava odavno poznata i njezina praktična važnost leži u činjenici, da kvaliteta drveta zavisi, među ostalim, i o sadržaju vlage. Kada vodena para dođe u dodir sa suhom drvnom tvari, atraktivne su sile tako velike, da se za vrijeme dok drvo prima vlagu oslobađa znatna količina topline. Primanjem vlage afinitet za vodu sve se više umanjuje, i kad se drvena tvar potpuno zasiti vodenom parom, afiniteta nestaje, a više se ne oslobađa ni toplina; nastaje ravnoteža.

Fibrozni materijali i elastični geli adsorbiraju tekućine. I ova pojava pripada istoj grupi fenomena. Sličnu pojavu imamo i kod celuloze, kada ona upija vodu. Ta se pojava zove sorpcija. Upijanje vlage zove se adsorpcija, a otpuštanje desorpcija.

U početku djelovanja vodene pare na suho kapilarno porozno tijelo odigravaju se površinske reakcije (molekularna sorpcija ili kemo-sorpcija), kod kojih dolazi do izražaja velika unutarnja površina. Unutarnja površina drveta može se približno izračunati na temelju istraživanja unutarnje površine celuloze i tvari koje sadržavaju celulozu (*Clark, Hess i Trogus, Hengstenberg, Stamm i Millet, po Kollmannu*²⁵ str. 118 i 384). Ona iznosi 20 ... 150 ... 280 m²/cm³ i varira s volumnom težinom drveta. Ako se molekularna sorpcija odigrava u području manje kohezije gotovo i ne dolazi do povećavanja volumena drveta. Primanje vlage, koje slijedi iza kemo-sorpcije odigrava se zgušnjavanjem vodene pare na unutarnjoj površini drveta i zove se adsorpcija. Ostali dio vezane vlage prima drvo kapilarnom kondenzacijom (*Kollmann*²⁸ str. 383).

Krivulje, koje pokazuju ravnotežu između količine adsorbirane vodene pare i djelomičnog (parcijalnog) tlaka vodene pare u uzduhu, kod stalne temperature, zovu se *adsorpcijske izoterme* ili *higroskopske izoterme*. One daju odgovor na važno pitanje, koje postavlja praksa: koliko vlage sadržava drvo okruženo uzduhom poznate vlage?

Do adsorpcijskih izotermi dolazi se držanjem proba drveta neko vrijeme u eksikatorima iznad poznatih koncentracija sumporne kiseline, odnosno u uzduhu poznatog parcijalnog pritiska vodene pare. Poznate su adsorpcijske izoterme: Katzova za celulozu, Hässelblatova za brezovinu i Loughboroughova za smrekovinu (*Picea sitchensis, Carr.*), za razne temperature. *Kollmann*²⁶ (str. 57) tvrdi, da se adsorpcijske izoterme od Loughborougha mogu, bez većih griješaka, upotrebiti za sve vrste drveta kod srednje i niže relativne vlage. Kad se relativna vlaga bliži iznosu 100%, javljaju se znatna odstupanja. Aritmetske sredine maksimalne vrijednosti adsorpcije kolebaju za pojedine vrste drveta između 22 i 35% vlage od težine apso-

lutno suhe drvene tvari ili, kako to isto izražava Stamm (po Kollmannu²⁸ str. 394), kg/kg (kilograma vode po kilogramu apsolutno suhe drvene tvari).

Količina vlage, što je sadržava drvo kod stalne temperature uzduha zavisi o relativnoj vlazi uzduha, koji ga okružuje. *Adsorpcijska vlaga zove se i higroskopska vlaga ili vezana voda.* Ona je upijena u drvene stijenke, utisnuta između nizova micela. Micel je koloidna čestica s adsorpcijskim slojem i električnim nabojem.

Osim vezane vode drvo može primiti još i znatnu količinu slobodne vode. Ona je nagomilana u porama drveta i nije vezana na drvo. Drvo može primiti, što vezane što slobodne vode, i preko dva i pol puta više od težine svoje apsolutno suhe drvene tvari, što zavisi o njegovoj strukturi. Slobodna voda ne utječe na svojstva drveta, osim što mu povećava težinu. Higroskopska voda je tako čvrsto vezana, da je njezina gustoća veća od gustoće slobodne vode oko 3%, što je dokazao Stamm (po Trendelenburgu⁵⁶ str. 12).

Potrebno je oštro razlikovati slobodnu vodu od vezane, jer na ponašanje drveta kod sušenja i upotrebe utječe samo vezana voda.

Likov i Auerman³¹ (str. 9) još i dalje diferenciraju vezu vlage s materijalom, i to ovako:

makrokapilarna vlaga je tekućina nagomilana u porama, koje imaju polumjer veći od 10^{-5} cm,

mikrokapilarna vlaga je tekućina, koja ispunjava uske pore, koje imaju polumjer manji od 10^{-5} cm,

vlaga bubrenja ili strukturna vlaga je ona, koju upijaju miceli osmotski ili je uključena u koloidnoj strukturi,

adsorpcijska vlaga je tekućina pridržavana molekularnim silama liofilnih grupa na površini čestica,

kemijski vezana vlaga je najčvršće vezana.

Makrokapilarna vlaga po Lykovu i Auermanu odgovara slobodnoj vodi, a mikrokapilarna, strukturna i adsorpcijska vezanoj vodi.

Većina autora dijeli vlagu u drvetu na slobodnu i vezanu, pa se dalje pridržavamo te podjele, imajući u vidu, da ostavljamo po strani kemijski vezanu vodu, koja dolazi u spojevima, koji izgrađuju drvenu tvar. Ona nije od interesa u proučavanju odnosa između vode i drveta, jer se radi o fizikalnim, a ne o kemijskim procesima, pa količina kemijski vezane vode ostaje nepromijenjena.

O promjenama vezane vode zavisi utezanje, odnosno bubrenje drveta, promjena važnijih mehaničkih svojstava, kao i promjena električne i termičke vodljivosti. Kod sušenja se da-

leko teže isparava vezana voda od slobodne. Rečeno je, da se oslobađa toplina, kada dođe u dodir suha drvna tvar s vodenom parom. Kada treba vezanu vodu istjerati iz drveta, potrebno je dovoditi velike količine topline, da bi se ta veza razbila. Isparavanje vezane i slobodne vode slijedi različite zakone. Za isparavanje slobodne vode vrijedi Daltonov zakon, po kojem je količina vode (Q), koja se ispari s neke površine (F), upravo proporcionalna deficitu zasićenosti ($E_t - e$), a obrnuto proporcionalna barometarskom pritisku (B):

$$Q = k \frac{E_t - e}{B} F \quad (1)$$

gdje je k faktor proporcionaliteta.

Po ovom zakonu isparavanje se može ubrzati povećavanjem deficita zasićenosti, uz B i F konstantno. Deficit zasićenosti povećava se povišenjem temperature. Iz toga slijedi, da povećanje temperature ubrzava sušenje, odnosno uvećava količinu isparene vode. Daltonov zakon ne uzima u obzir brzinu strujanja uzduha.

Na isušavanje vezane vode ne može se primijeniti Daltonov zakon, jer količina vode, koja izlazi iz drveta na njegovu površinu, manja je od one, koja se u istom vremenu može ispariti po Daltonovu zakonu. Podržavanjem uvjeta, koji odgovaraju Daltonovu zakonu, drvo bi se raspucalo i ne bi bilo upotrebljivo za namijenjenu svrhu, ili bi njegova upotrebljivost bila jako smanjena.

Izlaženjem vezane vode iz drveta javljaju se u njemu naprezanja zavisna o padu vlage. Pod padom vlage ili gradijentom razumijeva se razlika vlage susjednih slojeva. Kod isušivanja vezane vode treba pad vlage držati po mogućnosti što manji. To se postiže smanjivanjem brzine sušenja. Ako se ipak u toku procesa pojave naprezanja, uklanjaju se ona povremenim parenjem drveta, koje se suši.

Prije *Krischera* općenito se smatralo, da kretanje vezane vlage u drvetu slijedi *Fickov zakon difuzije*, po kojem je broj molekula (dn), koji u vremenu ($d\tau$) prolaze u smjeru pada koncentracije $\left(-\frac{dc}{dx}\right)$, predznak minus označuje smanjivanje koncentracije na putu (dx), proporcionalan nekoj konstanti (D), padu koncentracije, prijesjeku (F) i vremenu:

$$dn = -DF \frac{dc}{dx} d\tau \quad (2)$$

Krischer⁶¹ je došao do zaključka, da difuzija ne slijedi Fickov nego Stefanov zakon, po kojem je otpor difuziji obratno proporcionalan parcijalnom pritisku uzduha ($P_o - P_D$) u mješavini vlažnog uzduha. Za brzinu kretanja vlage u kapilarno poroznom tijelu kroz jedinicu površine u jednom satu, uz pretpostavku, da se u porama kapilarno poroznog tijela nalazi uzduh, Krischer je dao jednadžbu:

$$g'_a = - \frac{k}{\mu_u} \cdot \frac{l}{RT} \cdot \frac{P_o}{P_o - P_D} \cdot \frac{dP_D}{dx} \quad (3)$$

u kojoj je:

g'_a = težina vodene pare u kg, koja difundira kroz jedinicu površine (1 m^2) u jednom satu ($\text{kg}/\text{m}^2\text{h}$),

k = koeficijent difuzije vodene pare u uzduh (m^2/h), koji po Krischeru i Rohalтеру iznosi:

$$k = 0,086 \frac{10.000}{P_o} \left(\frac{T}{273} \right)^{2,3} \quad (\text{m}^2/\text{h})$$

μ_u = koeficijent otpora difuziji,

R = plinska konstanta ($\text{mkg}/\text{kg} \text{ } ^\circ\text{K}$), koja za vodenu paru iznosi 47,1,

P_o = sveukupni pritisak vlažnog uzduha (kg/m^2),

P_D = parcijalni pritisak vodene pare u vlažnom uzduhu (kg/m^2),

T = apsolutna temperatura ($^\circ\text{K}$).

Pored toga, što se promjenom sadržaja vezane vode mijenjaju važnija mehanička, električna i termička svojstva drveta, i ova činjenica, da kretanje slobodne i vezane vode slijedi različite zakone, ukazuje na veliku teoretsku i praktičnu važnost poznavanja granice između slobodne i vezane vode.

»Ovu točku, kod koje tvar postaje zasićena, a toplina adsorpcije postaje jednaka nuli, nazvao sam točkom zasićenosti vlakancaca« (Tiemann⁵³ str. 132). Po Stammu (Kollmann²⁸ str. 394) točka zasićenosti vlakancaca iznosi od 0,22 do 0,35 kg/kg.

Po Stammu⁴⁸ (str. 94) termin točka zasićenosti vlakancaca, koji je prvi put upotrebljen za drvo, egzaktno odgovara pojmovima granica upijanja tekućine (limit of absorption) i granica topljivosti (limit of solubility), koji se upotrebljavaju za gele. Točka zasićenosti žice je stanje, kod kojeg su sve stanične stijenke zasićene vlagom, a pore ispunjene uzduhom. Ona predstavlja granicu između slobodne i vezane vode. To je prijelaz iz vlažnog u higroskopsko stanje ili granica adsorpcije. Točka zasićenosti je prijelomna točka, iznad koje su fizička svojstva drveta konstantna, a ispod koje se mijenjaju.

O samom terminu »točka zasićenosti vlakancaca« razlikuju se mišljenja pojedinih autora. Trendelenburg⁵⁵ (str. 193) ističe: »Bubrenje je najveće, kada su stanične stijenke zasićene vodom; govori se o vlazi

zasićenosti vlakanaca, i odgovarajući sadržaj vlage u odnosu na apsolutno suho drvo zove se točka zasićenosti ili bolje područje zasićenosti, jer se radi o više ili manje širokoj zoni zasićenosti vlakanaca.« *Ugrenovič*⁵⁸ prigovara tom terminu ovako: »Nauka (*Tiemann*) govori o točki zasićenosti žice (fiber saturation point). Ta nam se oznaka ne čini pravilna, jer se ne radi o nekom stalnom procentu, već o širokoj amplitudi, koja ima svoju donju i gornju granicu. Točka zasićenosti različita je prema vrsti drveta. Količina vlage provelog drveta koleba od nekih 22 do 40%.« *Kollmann*²⁸ (str. 395) govori o točki ili području: »Utezanje drveta (kod sušenja do sirova stanja) neobično je malo do blizu vlage zasićenosti vlakanaca, a ispod ove točke ili područja uvećava se, i to proporcionalno s gubitkom vlage.«

Istraživanja su pokazala, da točka zasićenosti varira ne samo po vrstama drveta, nego i prema metodi određivanja kod iste vrste drveta. *Barkas* (po *Kollmannu*²⁸ str. 396) stoji na stajalištu, da s praktičnog gledišta pojam »vlaga zasićenosti« zato ne gubi na značenju, jer se tim pojmom može označiti svaki kritični iznos vlage, od kojeg se počinju mijenjati fizička svojstva drveta.

Većina je autora usvojila termin »točka zasićenosti vlakanaca«, pa ga i mi zadržavamo. Istina, pojedine varijante točke zasićenosti dispergirane su u relativno širokom području, ali ako se točka zasićenosti shvati kao aritmetška sredina od većeg broja varijanata, onda se doista i radi o točki, u kojoj se počinju mijenjati fizička svojstva drveta i koja predstavljaju gornju granicu higroskopskog područja.

Problem određivanja položaja točke zasićenosti zauzima centralno mjesto u izučavanju odnosa između vode i drveta. Ona dolazi do izražaja u teoriji i tehnici parenja i sušenja drveta.

Pod sušenjem razumijevamo odstranjivanje jednog dijela vode iz drveta na način, kojim mu se kvaliteta ne oštećuje. Gubljenjem vezane vode javlja se utezanje drveta, koje izaziva nepoželjna naprezanja. Ta naprezanja imaju za posljedicu pogreške, kao što su pucanje i vitoperenje. Razumljivo je, da kod procesa sušenja treba znati, kada nastupa isušivanje vezane vode s tim više, što isparavanje vezane vode i isparavanje slobodne vode ne slijede iste zakone. Poznavanje točke zasićenosti omogućuje primjenu različitih uvjeta sušenja iznad nje i ispod nje. Ona je od velike važnosti i kod studiranja mehanizama, pomoću kojih se vrši migracija vlage u drvetu.

Poznavanje točke zasićenosti od osobite je važnosti i kod parenja drveta, koje se primjenjuje u razne svrhe u drvnoj industriji. Svrha parenja može biti promjena boje drveta. Ta svrha će se postići samo onda, ako je vlaga drveta na početku parenja veća od vlage, koja odgovara točki zasićenosti vlakanaca.

Metode određivanja točke zasićenosti proizlaze iz činjenice, da se lijevo od točke zasićenosti, t. j. u higroskopskom području mijenjaju svojstva drveta, (utezanje, čvrstoća, električna i termička vodljivost i t. d.), kao i iz činjenice, da ona predstavlja granicu adsorpcije ili maksimalni iznos vlage, koju drvo može primiti u obliku vodene pare iz uzduha.

Tiemann je prvi (godine 1906.) odredio točku zasićenosti vlakancima mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima lijevo i desno od točke zasićenosti. Tom metodom određena je točka zasićenosti vlakancima za ove vrste američkog drveta (Tiemann⁵³ str. 133):

Longleaf pine (<i>Pinus palustris</i> , Mill.)	25%
Red spruce (<i>Picea rubens</i> , Sarg., <i>P. rubra</i> , Link.)	31%
Loblolly pine (<i>Pinus taeda</i> , Linn.)	24%
Norway pine (Red Pine, <i>Pinus resinosa</i> , Ait.)	30%
Western hemlock (<i>Tsuga heterophylla</i> , Sarg.)	29%
Tamarack (<i>Larix laricina</i> , Koch.)	30%
Douglas fir (<i>Pseudotsuga Douglasii</i> , Carr.)	23%
Chestnut (<i>Castanea dentata</i> , Borkh.)	25%
White ash (<i>Fraxinus americana</i> , Linn., <i>F. Alba</i> , Marsh.)	20%
Sweetgum (<i>Liriodendron tulipiferum</i> , Linn.)	25%
Yellow birch (<i>Betula tula</i> , Mich.)	29%

Ona varira za ove vrste drveta od 20 do 31%. Tiemann (po Hawleyu) je našao, da su i varijacije unutar jedne vrste znatne, što Hawley pripisuje kao manu ovoj metodi, osim toga što je za određivanje točke zasićenosti mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima potreban dosta velik broj proba bez kvržica i drugih mana. Probe malog prijesjeka imaju prednost, da se vlaga unutar njih raspodjeljuje jednolično, t. j. ne stvara se pad (gradijent) vlage. Pojedine skupove proba treba držati u uzduhu poznate vlage kod iste temperature. Mjerenja treba provesti na taj način, da se dobije čvrstoća kod raznih postotaka vlage drveta, pa stoga ova metoda nije ni jednostavna.

Po Märkwärdtu i Wilsonu⁵³ (str. 48) do promjene čvrstoće s promjenom vlage u drvetu dolazi iz dva razloga: 1. zbog očvršćivanja i skrućivanja staničnih stijenki i 2. zbog povećanja gustoće drvene tvari u danom volumenu, do čega dolazi zbog utezanja, kojé prati sušenje ispod točke zasićenosti. Porast čvrstoće kod malih proba veći je nego kod velikih komada drveta zbog griješaka. Ovi su autori izradili brojčane i grafičke prikaze prosječnih varijacija promjena fizičkih svojstava drveta s promjenom vlage za smrekovinu (Sitka spruce, *Picea sitchensis*, Carr.). Kad se vlaga drveta promijeni za 1% ispod točke zasićenosti, mijenja se čvrstoća na pritisak paralelno s vlakancima za 5%. Ova osjetljiva promjena čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima omogućuje određivanje položaja točke zasićenosti mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima u higroskopskom području i iznad njega.

Hasselblatt¹² je prvi dokazao (1926.), da kod brezovine logaritam električnog otpora opada proporcionalno s uvećavanjem vlage od apsolutno suhog stanja do točke zasićenosti, a iznad nje promjene su vrlo malene. Iz toga Kollmann²⁸ (str. 527) zaključuje, da električni otpor mora stajati u nekoj zavisnosti i s unutarnjom površinom drveta. Odnos između vlage i električnog otpora fibroznih materijala proučavali su Kujirai i Akahira. Oni su došli do sličnog logaritamskog odnosa između vlage i električnog otpora za materijale, koje su uistraživali (Stamm⁴⁷ str. 1021).

Cilj *Hasselblatovih* istraživanja bio je, da pronade brzu jednostavnu i dovoljno točnu metodu određivanja vlage u furniru.

*Stamm*⁴⁸ je našao, da postoji linearan odnos između vlage drveta i električne vodljivosti u higroskopskom području i da iznad higroskopskog područja pravac prelazi u krivulju. Prijelaz pravca u krivulju predstavlja položaj točke zasićenosti.

Saznanje, da su promjene električnog otpora jako zavisne o sadržaju vlage drveta u higroskopskom području, iskoristili su *Mayer* i *Rees*³⁴ (1926.) za određivanje točke zasićenosti. Oni su istraživali točku zasićenosti na ovih šest vrsta drveta: *Pinus strobus*, L., *Tsuga canadensis*, Carr., *Castanea dentata*, Borkh., *Quercus borealis* var. *maxima*, Sarg., *Fraxinus americana*, L., (*F. Alba*, Marsh.) i *Acer saccharum*, Marsh. Oni su upotrebili cilindrične probe promjera 25,4 mm, dužine 50,8 mm u smjeru vlakana. Od svake su vrste ispitivali po 4 probe, i to dvije suhe i dvije sirove. Svrha je njihovih istraživanja bila, da odrede točku zasićenosti navedenih vrsta drveta: mjerenjem električne vodljivosti, metodom čvrstoće na pritisak i metodom utezanja. *Mayer* i *Rees* su došli do zaključka, da od ove tri metode najjednoličnije rezultate daje metoda mjerenja električne vodljivosti. Rezultati dobiveni mjerenjem električne vodljivosti variraju za šest navedenih vrsta od 19,6% do 24,8%, a mjerenjem čvrstoće od 21,0% do 24,1%. Nadalje su zaključili, da je metoda čvrstoće na pritisak potpuno pouzdana, a da metodu utezanja treba odbaciti kao bezvrijednu.

*Stamm*⁴⁸ je (1929) odredio točku zasićenosti za neke američke vrste drveta mjerenjem električne vodljivosti i uporedio te rezultate s rezultatima, koje je dobio drugim metodama. On je za određivanje točke zasićenosti mjerenjem električne vodljivosti upotrebio probe oblika diska s promjerom od 1,0 cm, a dužine 0,20 do 0,35 cm. Uzeo je ovako male probe, da bi izbjegao griješke, kojima su po njegovu mišljenju opterećeni *Mayer-Reesovi* rezultati zbog gradijenta vlage. *Stamm* je pored metode električne vodljivosti upotrebio za komparaciju još i ove: ravnotežu kod relativne vlage 100%, metodu utezanja radijalno i tangencijalno i metodu čvrstoće. Evo njegovih rezultata za smrekovinu (*Sitka spruce*, *Picea sitchensis*, Carr.):

Metoda	Točka zasićenosti u %
Ravnoteža kod 100% vlage	30,5
Utezanje	
radijalno	28
tangencijalno	30
Čvrstoća	
modul loma	27
savijanja	25
pritiskā paralelno s vlakancima	27
Električna vodljivost	29

Prema ovim istraživanjima izlazi, da je aritmetička sredina između točke zasićenosti vlaknaca, dobivena mjerenjem radijalnog utezanja (28%) i tangencijalnog (30%), egzaktno jednaka točki zasićenosti, dobivenoj mjerenjem električne vodljivosti (29%).

Metodom mjerenja električne vodljivosti *Stamm* je našao ove iznose za točku zasićenosti:

Vrsta drveta — srževina	Stanje proba	Točka zasićenosti u %
Redwood (<i>Sequoia sempervirens</i> , Endl.)	sirove	29,5
Redwood (<i>Sequoia sempervirens</i> , Endl.)	osušene pa napojene	29,5
Redwood (<i>Sequoia sempervirens</i> , Endl.)	ekstrahirane u vrućoj vodi	31,0
Redwood (<i>Sequoia sempervirens</i> , Endl.)	ekstrahirane u alkoholu	31,0
Sitka spruce (<i>Picea sitchensis</i> , Carr.)	osušene pa napojene	29,0
Alaska cedar (<i>Chamaecyparis nutkaënsis</i> , Spach.)	osušene pa napojene	28,5
Western red cedar (<i>Thuja plicata</i> , Don.)	osušene pa napojene	30,0
Western hemlock (<i>Tsuga heterophylla</i> , Sarg.)	osušene pa napojene	30,5
Western yellow pine (<i>Pinus ponderosa</i> , Dougl.)	osušene pa napojene	30,0
Red fir (<i>Abies magnifica</i> , A. Murr.)	osušene pa napojene	30,0
Douglas fir (<i>Pseudotsuga Douglasii</i> , Carr.)	osušene pa napojene	30,5
Yellow poplar (<i>Liriodendron tulipiferum</i> , Linn.)	osušene pa napojene	31,5

U higroskopskom je području logaritama električne vodljivosti pravac, koji prelazi u krivulju u nadhigroskopskom području. Točka, u kojoj se krivulja odvaja od pravca, jest (po *Stammu*) točka zasićenosti. *Stamm* ističe, da se ovom metodom može odrediti točka zasićenosti točnošću $\pm 1\%$ u apsolutnom smislu.

Iz *Stammovih* se rezultata vidi, da se uklanjanjem ekstrakata iz drveta povećava točka zasićenosti. On je dokazao, da je

brojčana vrijednost točke zasićenosti ista, bilo da se kod eksperimentiranja polazi od sirovog ili osušenog pa opet napojenog drveta.

N. B. Mitra (po Kollmannu²⁸ str. 396) odredio je (1938) točku zasićenosti mjerenjem utezanja, električne i termičke vodljivosti za 16 vrsta indijskog drveta. Točka zasićenosti jedne iste vrste drveta jako varira prema metodi, koja še primijeni. Te razlike sežu i do 7% u apsolutnom smislu, što se vidi iz ovog primjera:

Vrsta drveta	Točka zasićenosti vlakancu u % određena metodom:		
	uteza- nja	električne vodljivosti	termičke vodljivosti
<i>Terminalia Arjuna</i> , Bedd.	28,6	31,2	24,2
<i>Juglans regia</i> , L	28,7	30,9	32,3

Kako je naprijed istaknuto, točka zasićenosti ne gubi na značenju zbog toga, što se rezultati pojedinih metoda ne slažu, jer se po *Barkasu* točka zasićenosti može definirati kao ona kritična točka, u kojoj se mijenjaju fizikalna svojstva drveta.

Mnogi istraživači određivali su točku zasićenosti mjerenjem utezanja (radijalno, tangencijalno ili volumno). Po *Hawleyu*¹³ (str. 13) ne bi teoretski smjelo biti utezanja sirovog drveta kod sušenja, dok ono ne dosegne točku zasićenosti, ali zbog utjecaja strukture i nejednolike raspodjele vlage (gradijenta vlage) on tvrdi, da utezanje počinje nešto prije točke zasićenosti. Stoga, po njegovu mišljenju, rezultati, dobiveni mjerenjem utezanja, nisu sasvim sigurni.

Stamm (po *Trendelenburgu*⁵⁶ str. 12) je našao, da se kod sušenja bez naprezanja gubitak vode iz staničnih stijenki potpuno očituje na vanjskim dimenzijama drveta i da se kod utezanja općenito volumen pora nešto malo povećava i za toliko se smanjuje utezanje, koje se očituje na vanjskim dimenzijama komada drveta. Ako takva promjena volumena pora doista postoji, ona je izvan kontrole i dovodi do pogrešnih rezultata kod određivanja točke zasićenosti metodom utezanja.

Mjerenjem utezanja određivali su točku zasićenosti (po *Trendelenburgu*⁵⁶ str. 12) *Newlin* i *Wilson* (1919), *Mörath* (1931), *Stamm* i *Seborg* (1935), *Stamm* i *Hansen* (1939), *Hartig* i *Sachs*, *Trendelenburg* (1939) i njegovi suradnici *Grössler* i *Raunecker*. Kod nas je *Horvat*¹⁶ (1942) tom metodom određivao točku zasićenosti hrastovine.

Američki istraživači (*Newlin*, *Wilson* i *Koehler*) pronašli su za američko drvo odnos između volumnog utezanja (udjela vezane vode), točke zasićenosti i nominalne volumne težine. Taj su odnos izrazili ovako:

$$a_v = 28 t_n \quad (4)$$

gdje je:

$$a_v = \text{volumno utezanje drveta u \%}$$

$$t_n = \text{nominalna volumna težina u g/cm}^3$$

Udio na vezanoj vodi iznosi 28%. To je dakle točka zasićenosti za američko drvo u prosjeku. Točnije, točka zasićenosti iznosi 29%, jer se gustoća vezane vode uvećava za oko 3%.

Mörath⁵⁷ je istraživao bubrenje bukovine u sva tri anatomska smjera za sve promjene vlage i na osnovu tih mjerenja došao do zaključka, da točka zasićenosti bukovine iznosi 25... 30... 45% težine apsolutno suhe drvene tvari. On je istraživao i čvrstoću pritiska paralelno s vlakancima, da bi odredio točke zasićenosti, te je našao, da se položaj najjače zakrivljenosti nalazi u intervalu 25... 35% vlage. On je istraživao i utjecaj visokih temperatura na promjene čvrstoće i dokazao, da je taj utjecaj malen. Nadalje je dokazao, da je utjecaj kuhanja proba u vodi na čvrstoću veći od utjecaja visoke temperature.

Po Mörathu⁵⁷ mnogi su istraživači (*Chevandier, Bauchinger, Tetmaier, Landolf i Schwappach*) tražili zakonitost između čvrstoće i vlage drveta, ali samo u uskom području 10—20% vlage. Mörath ističe, da je on prvi istraživao cijelo higroskopsko područje.

*Trendelenburg*⁵⁶ (str. 15) je na temelju odnosa:

$$\alpha_v = 28 t_n,$$

koji je kasnije ispravio za američko drvo *Markwardt* na:

$$\alpha_v = 26,5 t_n,$$

odredio točku zasićenosti vlakana za više vrsta (njemačkog) drveta. On je odredio točku zasićenosti smrekovine (na 1312 proba), borovine (na 1601 probi), ariševine (na 425 proba), a njegovi suradnici *Grössler* bukovine (na 603 probe) i *Raunecker* johovine (na 1769 proba). *Trendelenburg* je prvi svrstao pojedine vrste drveta prema točki zasićenosti, uzevši u obzir i rezultate istraživača, koji su mu prethodili (*Greenhill, Hartig, Newlin i Wilson, i Süms.*). On je grupirao vrste drveta s obzirom na točku zasićenosti ovako:

1. Difuzno porozne listače bez izražene srževine
lipovina, vrbovina, topolovina, johovina, brezovina, bukovina, grabovina i bjeljikovina (četvrte grupe) osrženih listača 32... 35 i više
2. Četinjače bez izražene srževine
jelovina, smrekovina i bjeljikovina četinjača izražene srževine (borovina, borovčevina i ariševina) 30... 34
3. Četinjače s izraženom srževinom
s umjerenim sadržajem smole:
borovina, ariševina, duglazijevina 26... 28
s puno smole:
borovina, ariševina, duglazijevina 22... 28
rjeđe borovčevina 22... 24
4. Prstenasto porozne listače s izrazitom srževinom
bagremovina, pitoma kesténovina, hrastovina, jasenovina, orahovina, trešnjevina 23... 25
5. Korijen 40... 50
6. Grane 9,3

Trendelenburg je došao do zaključka, da i za njemačko drvo odgovara odnos:

$$\alpha_v = 28 t_n.$$

Točka zasićenosti varira po vrstama drveta, s obzirom na srževinu i bjeljikovinu, s obzirom na položaj proba u stablu (korijen, deblo, grane).

Kod nas je *Horvat*¹⁸ mjerenjem volumnog utezanja odredio točku zasićenosti-lunžjaka (na 442 probe) 27,4% i kitnjaka (na 144 probe) 25,0%. Za ova mjerenja upotrebilo je probe poprečnog prijesjeka 30 mm × 30 mm i dužine 20 mm u smjeru vlakana.

*Perelygin*²⁰ (str. 53) tvrdi, da je točka zasićenosti, određena mjerenjem mehaničkih svojstava, u većini slučajeva manja od točke dobivene mjerenjem utezanja. On tvrdi, da je utjecaj gradijenta vlage odlučan kod određivanja t. z. vl. Kad bi se on uklonio, mogla bi se primijeniti metoda utezanja, koja je i najjednostavnija.

Pidgeon i *Maass*²⁰ su istraživali varijacije adsorpcije s promjenama parcijalnog pritiska vodene pare na probama konifera (*Picea canadensis*, Britt. i *Pinus Banksiana*, Lamb.) debljine 1,5 mm u smjeru vlakana i na drvnom brašnu istih vrsta. Po njihovim se istraživanjima krivulja adsorpcije asimptotički približava osi adsorpcije (horizontali, pritisku zasićenosti).

Na temelju tog saznanja oni su upozorili na nemogućnost točnog određivanja točke zasićenosti direktnim mjerenjem sadržaja vlage u drvetu, koje se dovoljno dugo nalazi u prostoru zasićenom vodenom parom. Prema njima i ne postoji jedna oštro definirana točka zasićenosti vlakana. Isto je tako i *Desch*⁹ (str. 79) mišljenja, da je točka zasićenosti više teoretsko poimanje, jer da nije moguće iz drveta ukloniti svu slobodnu vodu, a da se pritom ne ukloni i jedan makar i manji dio vezane vode. On drži, da se takvo stanje, kod kojeg su sve stanične stijenke zasićene vlagom, a pore ispunjene uzduhom, rijetko može postići.

Neki istraživači određivali su točku zasićenosti vlakana mjerenjem sadržaja vlage usitnjenog drveta, koje je dovoljno dugo izloženo u prostoru zasićenom vodenom parom. Tako je *Volbehr* (po *Hawleyu*¹³) odredio točku zasićenosti vlakana borovine (29,03), ali nije detaljnije opisao metodu. *Loughborough* je određivao sadržaj vlage drveta kod razne relativne vlage i kod raznih temperatura i pritom se služio interpolacijom za relativne vlage blizu 100%. *Robert Hartig* (po *Trendelenburgu*⁵⁶) određivao je točku zasićenosti stavljajući piljevinu u prostor zasićen vodenom parom. *Stamm* je za komparaciju upotrebio i ovu metodu.

Prema naprijed izloženom, za određivanje točke zasićenosti postoje ove metode:

1. direktno mjerenje sadržaja vlage usitnjenog drveta, koje se dovoljno dugo nalazi u prostoru zasićenom vodenom parom,

2. mjerenje utezanja (radijalno, tangencijalno ili volumno),
3. mjerenje promjena čvrstoće (na pritisak, savijanje, i t. d. s promjenama vlage u drvetu),
4. mjerenje promjene električne vodljivosti s promjenama vlage u drvetu,
5. mjerenje promjena termičke vodljivosti s promjenama vlage u drvetu.

ad 1. Ova metoda je danas napuštena iz ovih razloga:

a) kod relativne vlage 100% i uz sasvim neznatne promjene temperature javlja se kondenzacija vodene pare u uskim kapilarama drveta, i u drvetu se pored vezane vode nalazi i slobodna voda. Stoga ova metoda daje previsoke rezultate.

b) *Pidgeon* i *Maass*⁴⁰ su dokazali, da se krivulja adsorpcije asimptotički približava osi adsorpcije i da određivanje točke zasićenosti ovom metodom nije točno.

ad 2. Metodi utezanja prigovara se (*Hawley*¹³ str. 13), da se utezanje javlja prije točke zasićenosti. *Mayer* i *Rees*³⁴ su zaključili, da ovu metodu treba kao bezvrijednu odbaciti.

Dalji ozbiljan prigovor ovoj metodi je taj, da nije točna pretpostavka, na kojoj se ona temelji, t. j. da se cjelokupno utezanje ne očituje samo na vanjskim dimenzijama proba, već da se jedan manji dio prenosi i na unutarnju stranu. *Stamm* je došao do zaključka, da se utezanje sušenjem bez naprezanja potpuno prenosi na vanjske dimenzije proba.

Stammova istraživanja pokazuju, da su rezultati dobiveni ovom metodom egzaktno jednaki rezultatima dobivenim metodom mjerenja električne vodljivosti. To joj govori u prilog. Pojedine varijante određene ovom metodom dispergirane su u širokom intervalu.

Prednost metode utezanja leži u tome, što je jednostavna i što se može izvršiti u svakom laboratoriju bez specijalnih instrumenata.

*Perelygin*³⁹ (str. 54) dopušta, da bi ova metoda mogla dati rezultate koji zadovoljavaju, kad bi se uklonio gradijent vlage.

Metoda utezanja je s više strana opterećena sumnjama.

ad 3. Metodu mjerenja čvrstoće s promjenama vlage drveta većina autora smatra potpuno pouzdanom, jer se varijacije čvrstoće vrlo osjetljivo mijenjaju s promjenama vlage drveta.

Tiemann po *Hawleyu*¹³ (str. 13) je našao, da varijacije točke zasićenosti za nekoliko vrsta drveta, određene ovom metodom, iznose 20 . . . 31%. *Hawley* prigovara ovoj metodi zbog širokog intervala varijacije. Osim toga ona nije ni jednostavna, jer je potreban velik broj malih proba bez ikakvih pogrešaka.

ad 4. Varijacije su električnog otpora s promjenama vlage u drvetu ogromne u higroskopskom, a vrlo malene u nadhigro-

skopskom području. U higroskopskom je području logaritam električne vodljivosti u linearnom odnosu s promjenama vlage, a u nadhigroskopskom je krivulja. Prijelaz pravca u krivulju nije dovoljno oštar. *Stamm*⁴⁸ je ovom metodom odredio točku zasićenosti neekstrahirane sekvojevine (*Sequoia sempervirens*, Endl.) točnošću $\pm 1\%$ u apsolutnom smislu. *Perelygin*³⁹ ističe, da ova metoda nije dovoljno uvjerljiva i da je treba provjeriti istraživanjima. Za ovu su metodu potrebni specijalni električni instrumenti.

ad 5. Metodu određivanja točke zasićenosti mjerenjem toplinske vodljivosti upotrebio je samo *N. B. Mitra*, i da se o njoj može izreći sud, potrebna su dalja istraživanja. Čini se, da nije jednostavna i da su potrebni specijalni instrumenti.

Za određivanje točke zasićenosti nema nijedne metode, koja bi bila oslobođena svih prigovora. Danas stoje na raspolaganju tri metode: električne vodljivosti, čvrstoće i utezanja. Metodama električne vodljivosti i čvrstoće priznato je od većine autora, da daju jednake rezultate, koji zadovoljavaju, a metoda utezanja je po dosadašnjim istraživanjima manje pouzdana.

Dosadašnja istraživanja točke zasićenosti vlakanaca ostavljaju i dalje nerazjašnjena brojna pitanja, koja su od važnosti za razumijevanje ovog zamršenog problema.

*Ugrenović*⁶⁶ (str. 345) ističe: »Metodika istraživanja točke zasićenosti žice još nije posve naučno prečišćena«. Prigovori izneseni protiv metode utezanja nisu dovoljno naučno dokumentirani. A kako je to najjednostavnija metoda od svih, koje su danas poznate, s pravom se postavlja pitanje, da li se ona može ili ne može upotrebiti. Do danas se još nije ni pokušalo odgovoriti na pitanje: kakav utjecaj ima veličina proba na točku zasićenosti? Do danas još nema pravog uvida, u varijacije točke zasićenosti unutar jedne vrste s obzirom na položaj proba u stablu (korijen, deblo i grane), srževinu i bjeljikovinu. Varijacije unutar vrste s obzirom na strane svijeta u stablu nisu ni istraživane.

Ova su pitanja od znatnog interesa, ne samo kod nas, gdje nije ni određena točka zasićenosti važnijih vrsta drvetu, nego i u ostalom svijetu, zbog boljeg razumijevanja i unapređenja teorije i tehnike sušenja i parenja drvetu.

III. CILJ ISTRAŽIVANJA — AIM OF THE INVESTIGATION

Cilj je ovih istraživanja:

1. Utvrditi točku zasićenosti vlakanaca na našim važnijim vrstama drveta (bukovini, hrastovini, jelovini i smrekovini):
 - a) metodom volumnog utezanja,
 - b) metodom čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima.
2. Utvrditi, u kojem odnosu stoje rezultati dobiveni pojedinom metodom i pokušati utvrditi zakonitosti, po kojima se mijenja čvrstoća u higroskoskom i nadhigroskopskom području s promjenama vlage.
3. Istražiti utjecaj veličine proba na točku zasićenosti.
4. Istražiti varijacije točke zasićenosti unutar hrastovine s obzirom na:
 - a) položaj proba u stablu (korijen, deblo, grane),
 - b) srževinu i bjeljikovinu,
 - c) položaj proba po stranama svijeta u stablu.

IV. MATERIJAL ZA ISTRAŽIVANJE MATERIAL INVESTIGATED

1. Područje i izbor stabala — *Forest area and selection of trees*

Istraživanja su provedena na hrastovini (*Quercus pedunculata* Ehrh.), bukovini (*Fagus silvatica* L.), jelovini (*Abies alba* Mill., *Abies pectinata* Lam. et DC.) i smrekovini (*Picea excelsa* Lk.). Ukupno je istraženo 9 stabala (od toga 5 hrastovih, 2 bukova, 1 jelovo i 1 smrekovo stablo) i korijen od jednog izvaljenog hrastova stabla.

Probna stabla uzeta su s područja Šumskog gospodarstva Poljoprivredno-šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, i to: iz Šumarije Lipovljani, gospodarska jedinica A »Posavske šume« hrastova stabla i jedno bukovo, a iz šumarije Zalesina po jedno jelovo, smrekovo i bukovo. Mjesta, s kojih su uzeta probna stabla, označena su na kartama kružićima (sl. 1 i 2). Struktura sastojina, iz kojih su uzeta probna stabla, prikazana je za jedinicu površine (1 ha) u tablicama br. 1...5, na temelju podataka spomenutog šumskog gospodarstva, dobivenih procjenom pomoću primjernih pruga, koje su obuhvatile 10% površine, a polagane su u kolovozu godine 1952.

Pregled probnih stabala i od njih uzetih probnih trupčića nalazi se u tablici 6. Stabla i trupčići iz njih uzeti su uglavnom

Tablica — Table 1.

Veliki Đol, odjel 67. Struktura sastojine po 1 ha:
„Veliki Đol“, compartment 67. Stand structure per 1 ha:

Debjinski razred Diameter class	Hrast (<i>Quercus pedunculata</i>)			Jasen (<i>Fraxinus angustifolia</i>)			Brijest (<i>Ulmus campestris</i>)			Topola (<i>Populus</i>)			Grab i klen (<i>Carpinus betulus, Acer campestre</i>)			Joha (<i>Alnus glutinosa</i>)			Ukupno Total		
	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M
		m ²	m ³		m ²	m ³		m ²	m ³		m ²	m ³		m ²	m ³		m ²	m ³		m ²	m ³
10—20	14	0.26	2.10	7	0.18	1.47	34	0.73	7.14	1	0.03	0.24	171	2.87	10.52	7	0.19	1.05	234	4.26	32.52
22—30	16	0.86	9.28	31	1.75	20.15	23	1.18	10.73	5	0.28	3.32	31	1.45	15.81	14	0.69	7.14	120	6.21	66.43
32—40	18	1.76	23.22	53	5.23	68.37	8	0.78	10.32	—	—	—	5	0.57	7.63	5	0.45	6.00	89	8.79	115.54
42—50	12	1.99	31.08	21	3.28	51.45	3	0.57	9.04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36	5.84	91.57
52 i više and more	4	1.01	15.84	6	1.53	25.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	2.54	41.74
Ukupno Total	64	5.88	81.52	118	11.97	167.34	68	3.26	37.23	6	0.31	3.56	207	4.89	43.96	26	1.33	14.19	489	27.64	347.80

B = Broj stabala — Number of stems

T = Temeljnica — Basal area

M = Drvna masa — Volume

Tablica — Table 2.

Čardačinska greda, odjel 158, odsjek b. Struktura

sastojine po 1 ha. — „Čardačinska greda“, compartment 158, sub-compartment b. Stand structure per 1 ha:

Debjinski razred Diameter class	Hrast (<i>Quercus pedunculata</i>)			Jasen (<i>Fraxinus angustifolia</i>)			Brijest (<i>Ulmus campestris</i>)			Grab (<i>carpinus betulus</i>)			Joha (<i>Alnus glutinosa</i>)			Ukupno Total					
	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M			
		m ²	m ³		m ³	m ²		m ³	m ²		m ³	m ²		m ³	m ²		m ³	m ²	m ³		
10—20	13	0.28	1.56	4	0.12	0.53	25	0.49	3.00	158	2.64	15.80	6	0.16	0.36	—	—	—	206	3.69	21.25
22—30	20	1.06	11.60	31	1.76	17.98	18	0.76	6.66	30	1.38	15.60	10	0.55	4.90	—	—	—	109	5.51	56.74
32—40	31	3.09	43.09	39	3.87	50.70	7	0.68	8.40	5	0.48	6.91	3	0.46	2.62	—	—	—	85	8.58	111.72
42—50	18	3.44	54.72	17	2.76	41.65	1	0.15	2.19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36	6.35	98.56
52 i više and more	5	1.24	20.84	2	0.40	6.45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	1.64	27.29
Ukupno Total	87	9.11	131.81	93	8.91	117.31	51	2.08	20.25	193	4.50	38.31	19	1.17	7.88	—	—	—	443	25.77	315.56

B = Broj stabala — Number of stems

T = Temeljnica — Basal area

M = Drvena masa — Volume

Tablica — Table 3. Čardačinska greda, odjel 166, odsjek d, Struktura sastojine po 1 ha. — „Čardačinska greda“, compartment 166, sub-compartment d. Stand structure per 1 ha.:

Debljinski razred Diameter class	Hrast (<i>Quercus pedunculata</i>)			Jasen (<i>Fraxinus angustifolia</i>)			Brijest (<i>Ulmus campestris</i>)			Topola (<i>Populus</i>)			Grab i klen (<i>Carpinus betulus</i> , <i>Acer campestre</i>)			Joha (<i>Alnus glutinosa</i>)			Ukupno Total		
	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M
	cm	m ²	m ³	m ²	m ²	m ³	m ²	m ²	m ³	m ²	m ²	m ³	m ²	m ²	m ³	m ²	m ²	m ³	m ²	m ²	m ³
10—20	14	0.27	1.82	16	0.22	1.28	76	1.20	7.65	26	0.49	3.12	26	0.47	3.12	17	0.34	1.02	175	2.99	18.01
22—30	17	0.99	11.30	44	1.43	16.72	14	0.73	8.41	14	0.65	7.00	2	0.06	0.57	22	1.22	11.44	113	5.08	55.44
32—40	31	3.24	43.71	21	2.00	26.46	1	0.04	0.50	1	0.09	1.05	—	—	—	5	0.41	4.65	59	5.78	76.37
42—50	30	4.84	73.50	3	0.49	7.35	1	0.06	0.91	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34	5.39	81.76
52 i više and more	11	3.01	53.23	1	0.16	2.75	1	0.14	-1.51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13	3.31	57.49
Ukupno Total	103	12.35	183.56	85	4.30	54.56	93	2.17	18.98	41	1.23	11.17	28	0.53	3.69	44	1.97	17.11	394	22.55	289.07

B = Broj stabala — Number of stems

T = Temeljnica — Basal area

M = drvna masa — Volume

prema »Instrukciji zavoda za uporabu šuma«, osim kod smrekovine i jelovine, kod kojih su trupčići uzeti počevši od prsne visine (1,30 m), a ne iz polovine čistog debla, da bi se izbjegla kvrgavost.

Dalje navedeni opći podaci uzeti su iz gospodarskih osnova i dokumenata spomenutog šumskog gospodarstva.

Tablica-Table 4

Jasle, distrikt VI, odsjek 3a. Struktura sastojine po t_{ha}
 Jasle, section VI, sub-compartment 3a. Stand structure per t_{ha}

Debljinski razred Diameter class cm	Jela (<i>Abies alba</i>)			Smreka (<i>Picea excelsa</i>)			Bukva (<i>Fagus sylvatica</i>)			Ukupno Total		
	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M
		m ²	m ³		m ²	m ³		m ²	m ³		m ²	m ³
10-20	89	1,67	9,79	8	0,16	1,04	31	0,53	2,79	128	2,36	13,62
22-30	84	4,58	43,68	5	0,60	3,35	11	0,57	4,40	100	5,75	51,43
32-40	69	7,10	81,42	7	0,65	8,45	5	0,45	4,45	81	8,20	94,32
42-50	55	8,90	118,80	11	1,76	23,54	-	-	-	66	10,66	142,34
52-60	24	5,76	75,60	-	-	-	-	-	-	24	5,76	75,60
62-70	6	2,24	31,56	1	0,25	3,60	-	-	-	7	2,49	35,16
70 i više	4	1,74	25,92	-	-	-	-	-	-	4	1,74	25,92
Ukupno Total	331	31,99	386,77	32	3,42	39,98	47	1,55	11,64	410	36,96	438,39

Tablica-Table 5.

Jasle, distrikt VI, odsjek 3f. Struktura sastojine po t_{ha}
 Jasle, section VI, sub-compartment 3f. Stand structure per t_{ha}

Debljinski razred Diameter class cm	Jela (<i>Abies alba</i>)			Smreka (<i>Picea excelsa</i>)			Bukva (<i>Fagus sylvatica</i>)			Ukupno Total		
	B	T	M	B	T	M	B	T	M	B	T	M
		m ²	m ³		m ²	m ³		m ²	m ³		m ²	m ³
10-20	95	1,55	8,55	2	0,01	0,06	117	2,09	1,05	214	3,65	9,66
22-30	56	3,18	30,24	1	0,07	0,67	34	1,89	18,36	91	5,14	49,27
32-40	59	6,33	86,14	-	-	-	10	0,99	11,00	69	7,32	97,14
42-50	58	9,63	127,60	3	0,45	6,33	3	0,56	7,59	64	10,64	141,52
52-60	19	4,60	64,60	-	-	-	2	0,38	5,71	21	4,98	70,31
62-70	7	2,34	31,85	-	-	-	-	-	-	7	2,34	31,85
70 i više	2	1,80	17,80	-	-	-	-	-	-	2	1,80	17,80
Ukupno Total	296	29,43	366,78	6	0,53	7,06	166	5,91	43,71	468	35,87	417,55

B=broj stabala
 Number of stems

T=Temeljnica
 Basal area

M=Drvena masa
 Volume

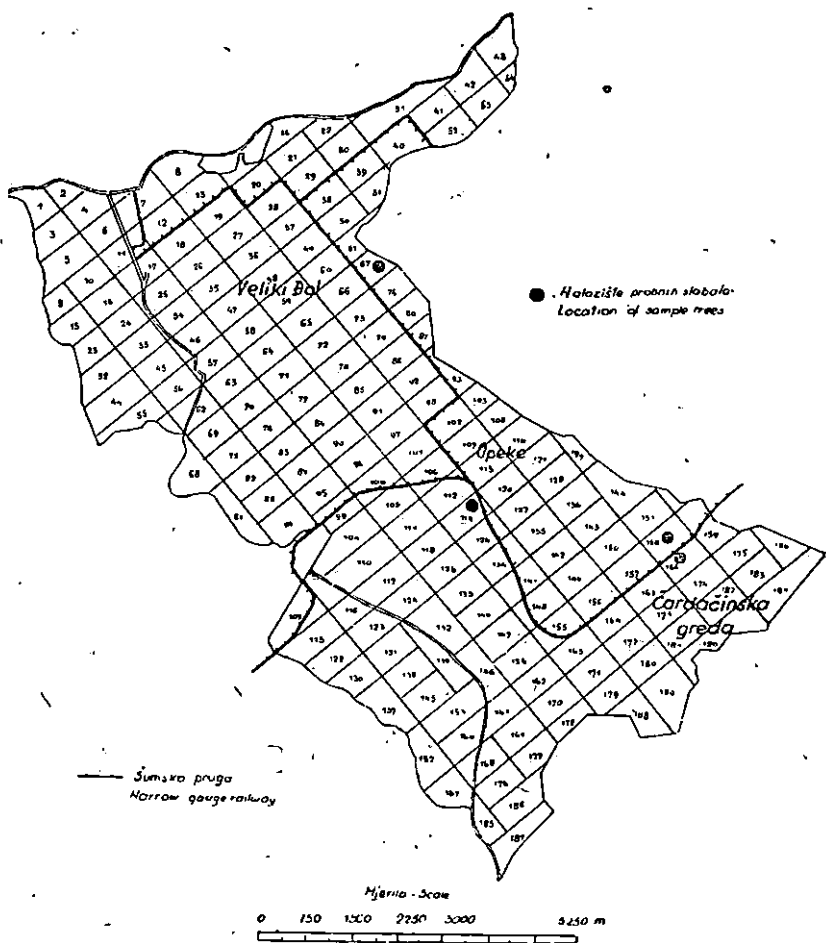
a) Šumarija Lipovljani, gospodarska jedinica A
 »Posavske šume«

Gospodarska jedinica A ima površinu od cca 5365 ha i leži u tipičnom posavskom tlu, koje plavi rijeka Sava.

Onaj dio Čardačinske grede, s kojeg su uzeta probna stabla, ne plavi Sava, nego vode, koje se slijevaju s okolnih bregova.

Nadmorska visina gospodarske jedinice A iznosi prosječno oko 97 m. Tlo je blago valovito. Najveće visinske razlike iznose do 3 m. Zbog poplava ovo je apsolutno šumsko tlo.

Klimatske su prilike povoljne. Srednja godišnja temperatura iznosi +11,4° C, a u vegetacijskoj periodi +17,0° C.



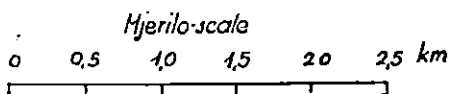
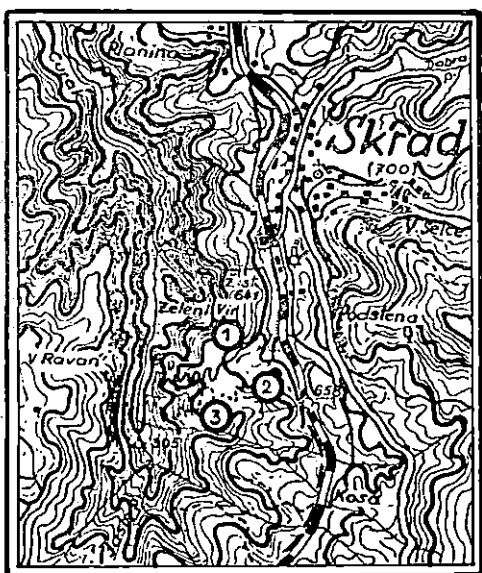
Sl. — Fig. 1. Šumarija Lipovljani — Forest district Lipovljani. Gospodarska jedinica A — Management unit A »Posavske šume«

Prosječna godišnja visina oborina iznosi oko 870 mm, a u vegetacijskoj periodi oko 380 mm) prema meteorološkoj postaji u *Novskoj*. Tlo čini ilovača, vezana na gredama, a nevezana u depresijama, gdje je i slabo podzolasta.

Glavne su vrste drveta hrast i jasen. Nekada se i brijest ubrajao u glavne vrste, ali se danas rapidno suši i brzim tempom nestaje iz ovih šuma. Od sporednih vrsta dolaze, grak joha, klen i mjestimice topola.

U ovoj gospodarskoj jedinici postoje tri izrazita bonitetna razreda. Prvi je bonitet (definiran po osnovi) onaj, na kojem su hrast i jasen u optimumu (nekada je to vrijedilo i za brijest). Na drugom su bonitetu visine istih vrsta upadljivo manje od onih na prvom bonitetu; stabla su jako granata, procent tehničkog drveta vrlo malen, kora raspucana, obrasla lišajem i mahovinom. U starijoj dobi na ovom bonitetu prevladuje jasen. Treći bonitetni razred čine bare i depresije zvane »polja«, na kojima nema vegetacije drveća zbog poplave, nakon koje voda dugo stagnira. Za probna stabla uzeta su dominantna stabla s prvog boniteta.

Probna stabla uzeta su iz odjela, koje čine mješovite sastojine uzgojene iz sjemena, starosti i obrasta smjese kako slijedi:



Sl. — Fig. 2. Šumarija Zalesina — Forest district Zalesina. 1. Nalazište probnog stabla bukve — Location of the beech sample tree. 2. Nalazište probnog stabla jele — Location of the fir sample tree. 3. Nalazište probnog stabla smreke — Location of the spruce sample tree

Odjel 67, srednja je starost sastojine oko 86 godina, omjer smjese: hrasta 0,2, jasena 0,5, brijesta 0,1, topole, graba, klena i johe zajedno 0,2.

Odjel 158, odsjek b, srednja starost sastojine je oko 80 godina, omjer smjese: hrasta 0,4, jasena 0,4, brijesta, graba i johe zajedno 0,2.

Odjel 166, odsjek d, srednja starost sastojine iznosi oko 90 godina, omjer smjese: hrasta 0,6, jasena 0,2, graba, klena i johe zajedno 0,2.

b) Šumarija Zalesina

Površina šumarije iznosi oko 2390 ha. Nalazi se na području Visokog krša. To su obronci Vapnenastih Alpa.

Nadmorska visina od 250 do 1000 m.

Srednja godišnja temperatura iznosi $+6,9^{\circ}\text{C}$, a u vegetacijskoj periodi $+14,7^{\circ}\text{C}$. Srednja godišnja količina oborina iznosi 2263 mm, a u vegetacijskoj periodu 603 mm (po meteorološkoj postaji Ravna Gora za decenij 1928—1937. Ravna Gora je udaljena oko 6 km).

Tlo sačinjavaju vapnenci i glineni škriljevci. Glineni škriljevci zauzimaju oko 2/3 površine šumarije.

Glavne su vrste drveta jela i bukva, a mjestimice dolazi i smreka.

Šumarija je po staroj podjeli razdijeljena na distrikte. Distrikt VI, iz kojeg su uzeta probna stabla jele i smreke, nalazi se na području vapnenca. Sastojine su uzgojene iz sjemena. Starost sastojina je oko 70 godina. Omjer smjese sada iznosi: jele 0,9, smreke i bukve 0,1. Struktura sastojine vidi se iz tablica 4 i 5.

Distrikt V, odsjek 1, iz kojeg je uzeto bukovo stablo, čini bukova sastojina podignuta iz sjemena, stara oko 80 godina, koja ima većim dijelom karakter zaštitne šume, jer se nalazi na strmim padinama prema Zelenom viru.

2. Način uzimanja proba — Method of specimen taking

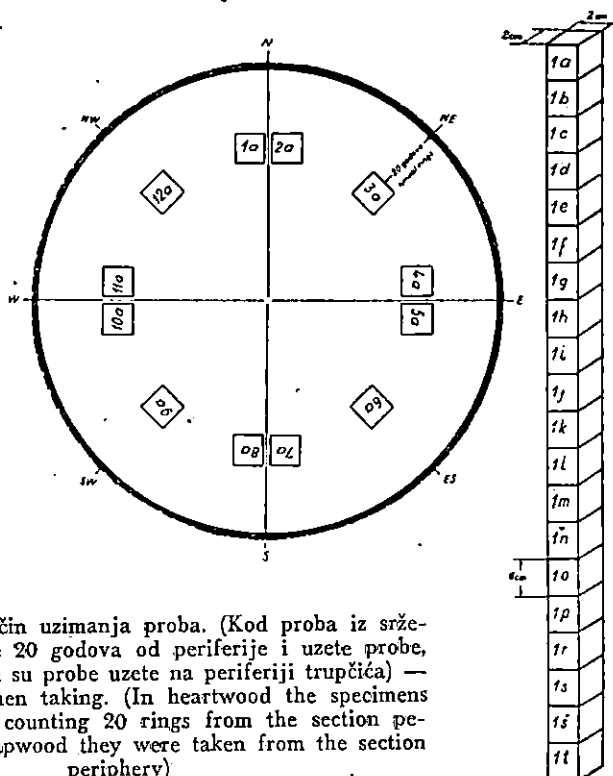
Probe oblika pravilne prizme prijesjeka $20\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ i dužine 60 mm u smjeru vlakancica uzete su za: određivanje točke zasićenosti bukovine (iz Zalesine i Lipovljana), hrastovine, jelovine i smrekovine, za komparaciju tih rezultata, za utvrđivanje zakonitosti odnosa vlage i čvrstoće i za istraživanje varijacija točke zasićenosti kod hrastovine s položajem proba u stablu s obzirom na strane svijeta.

Odabran je najmanji prijesjek proba ($20\text{ mm} \times 20\text{ mm}$) (koji se daje još pravilno tehnički izraditi) da se ukloni gradijent vlage. Kako su ove probe određene i za ispitivanje čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima, odabrana je dužina proba u smjeru vlakancica 60 mm, da visina probe bude jednaka trostrukoj stranici kvadratičnog prijesjeka (Ugrenović,⁵⁸ str. 354).

Trupčići, na kojima je na terenu zabilježena sjeverna strana, ispiljeni su u kolute debljine 7—8 cm. Iz pojedine kolute uzete su probe i označene prema sl. 3. Koluti su uzimani jedan za drugim na taj način, da probe iste oznake leže jedna iznad druge u vertikalnom smjeru.

Za istraživanja utjecaja veličine probe na točku zasićenosti vlakancica upotrebljene su probe oblika kocke u veličini

brida: 20, 30, 40 i 50 mm. Ove su probe uzimane na isti način kao i probe prvog skupa s tim, da je kod proba brida 40 i 50 mm uzeto iz jednog koluta samo po 8 kom. (po 2 kom. sa sjeverne, istočne, južne i zapadne strane koluta).



Sl. — Fig. 3. Način uzimanja proba. (Kod proba iz srčevine odbrojeno je 20 godova od periferije i uzete probe, a kod bjeljikovine su probe uzete na periferiji trupčica) — Method of specimen taking. (In heartwood the specimens were taken after counting 20 rings from the section periphery, and in sapwood they were taken from the section periphery)

Za istraživanja varijacija unutar hrastovine upotrebljene su probe poprečnog prijesjeka 20 mm × 20 mm i dužine 30 mm u smjeru vlakana, a uzete su na isti način kao i probe prvog skupa. Iz grane se morao uzeti manji broj proba iz jednog koluta. Kod grane uzete su iz svakog koluta po 4 probe. Kod korijena se nišu mogle uzeti probe prema sl. 3, već je uzeto nekoliko proba iz srčevine i bjeljikovine. Sve su probe izrađene od drveta ravne žice.

U tablici 7 prikazano je, od kojeg probnog stabla potječu pojedine probe, njihove dimenzije, oznake i raspodjela po grupama, kao i sve što je istraživano na pojedinim probama.

Tablica — Table 7.

Pregled proba — Survey.

Redni broj Ser. number of		Vrsta drveta Wood species	Proba — Specimen			
Staba Stem	Trupčica sections		Broj No.	Dimenzije Dimensions mm	Oznake Marks	
9	91	Bukovina (Zalesina) Beech-wood	240	20 × 20 × 60	BZ	
6	61 62	Bukovina (Lipovljani) Beech-wood	235		BL	
2	21 22	Hrastovina (srževina) Oak-wood (heartwood)	234		H	
7	71 72	Jelovina — Fir-wood	238		J	
8	81 82	Smrekovina Spruce — wood	226		S	
I	11 12	Hrastovina Oak-wood	58	20 × 20 × 20	IX.	
			56	30 × 30 × 30		
			40	40 × 40 × 40		
			47	50 × 50 × 50		
10			41 46	20 × 20 × 30	Is (srž) Ib (bijel)	
3	31	Hrastovina Oak-wood	116		II	
	32		116		III	
	33		102		IV	
	34		99		V	
	35					
4	41		120 119		VI (bijel) VII (srž)	
5	51		114		VIII	
Ukupno — Total			2,247			

of specimens

<p>Za ispitivanje For testing</p>	<p>Broj proba po grupama Number of specimens in the groups</p>	<p>Napomena Remark</p>
<p>točke zasićenosti vlaknaca metodom utezanja i čvr- stoće // s vlakancima. of the fibre-saturation point by the method of shrinkage and crushing strength parallel to grain</p>	<p>Prva grupa 1173 kom. proba First group containing 1173 specimens</p>	<p>Ostale oznake na probama (osim vrste drveta) prema sl. 3. Other marks on the speci- mens (except wood spe- cies) according to Fig. 3.</p>
<p>utjecaja veličine probe na točku zasićenosti vlaka- naca, metodom utezanja. of influence of specimen size on the fibre-saturation point by the method of shrinkage</p>	<p>Druga grupa 201 kom. proba Second group con- taining 201 specimens</p>	
<p>varijacije točke zasićenosti metodom utezanja, unutar vrste, utjecaj položaja u stablu, širine goda, srže- vine i bjeljikovine. of variations of the fibre- saturation point by the method of shrinkage within the species, influ- ence of the position within the stem, annual - ring width, heartwood and sapwood</p>	<p>Treća grupa 873 kom. proba Third group contain- ing 873 specimens</p>	<p>Proba — Spec. Bukovine — Beech 475 Jelovine — Fir . . 238 Smrek. — Spruce 226 Hrastovine — Oak 1308 <hr/>Svega — Total 2247</p>
<p>2.247 kom. proba — specimens</p>		

Ukupno je istraženo:

hrastovine	1.308	komada	proba
bukovine	475	"	"
jelovine	238	"	"
smrekovine	226	"	"
U svemu	2.247	komada	proba

Sve su probe izrađene u pravilnim geometrijskim oblicima i fino polirane.

V. METODA — WORKING METHOD

Na 1.173 probe prve grupe prosušene u laboratoriju izmjerene su širine goda i zone kasnog drveta. Širina zone kasnog drveta mjerena je lupom. Kod bukovine je ona utvrđena samo približno zbog postepenog prijelaza ranog drveta u kasno.

Prosušene su probe stavljene u plitke posude i postepeno napajane vodom. Kad je voda izbila na gornja čela proba, stavljene su preko njih metalne mreže i probe su prelivene vodom. Napajanje je trajalo prosječno po 14 dana.

Napojene su probe izvađene iz posude, lagano obrisane krpom, da se ukloni voda s površine, zatim su vagnute na osjetljivoj vazi. Upotrebljene su vaga *Sartorius* osjetljivosti 0,1 g i torziona vaga osjetljivosti 0,01 g. Na taj je način ustanovljena težina probe u napojenom stanju. Odmah nakon vaganja izmjerene su simetrale dimenzija proba u radijalnom, tangencijalnom i longitudinalnom smjeru. Mjerenje je vršeno metalnim promjerkama na 0,1 mm točno. Podaci su upisani u posebne zapisnike. Probe su prosušene u laboratoriju i sušene u sušioniku do konstantne težine, što je utvrđeno kontrolnim vaganjem. U sušioniku su probe bile najprije izvrgnute temperaturi 40...50°C, što je trajalo oko 8 sati. Zatim su isto toliko vremena bile izvrgnute temperaturi 60...70°C, nakon čega su sušene do konstantne težine kod temperature 102 ± 3°C.

Apsolutno suhe probe izvađene su iz sušionika i vagnute na istoj vazi, na kojoj su vagane u napojenom stanju. Na svakoj su probi izmjerene dimenzije istom točnošću kao i kod napojenih proba, i podaci su upisani u zapisnik.

Volumno utezanje računano je po formuli:

$$\alpha_v = \frac{V_s - V_o}{V_s} \cdot 100\% \quad (5)$$

u kojoj je:

V_s = volumen probe napojene vodom u cm^3
 V_o = volumen apsolutno suhe probe u cm^3 ,

a točka zasićenosti po formuli:

$$k = \frac{\alpha_v}{t_n} \quad (6)$$

Iz dobivenih podataka izračunano je volumno utezanje od napojenog do apsolutno suhog stanja, nominalna volumna težina i točka zasićenosti.

Iste probe (1.173 kom.), na kojima je utvrđena točka zasićenosti mjerenjem volumnog utezanja, upotrebljene su i za određivanje točke zasićenosti mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima. Pošto su poslije određivanja točke zasićenosti utezanjem bile izložene oko 10 dana uzduhu u laboratoriju, stavljene su u eksikatore, u kojima su vladali različiti parcijalni pritisci vodene pare (različita rel. vlaga), što je postignuto stavljanjem u eksikatore sumporne kiseline različitih koncentracija (koncentracije određene prema *Landolt Börnstein-Roth, Kollmann*²⁶ str. 728 i *Kollmann*²⁸ grafikon na kraju knjige). Osim sumporne kiseline različitih koncentracija upotrebljen je i $P_2 O_5$ i destilirana voda. Koncentracija sumporne kiseline odabrana je pomoću dijagrama ravnoteže vlage između uzduha i drveta. Kod ovog se pazilo na to, da se u higroskopskom području vlaga u pojedinim grupama raspodijeli tako, da se dobije pregled čvrstoće na pritisak za cijelo higroskopsko područje i da bude moguće odrediti krivulju čvrstoće u zavisnosti od vlage drveta. Tablica 8 prikazuje upotrebljena sredstva i koncentracije. Ukupno je uzeto 13 eksikatora. U jednom je bio $P_2 O_5$, u jednom destilirana voda, a u ostalim sumporna kiselina različite koncentracije.

U svaki eksikator stavljene su probe jednog koluta (12 komada) od svake vrste drveta. Ukupno je stavljeno u eksikatore $13 \times 60 = 780$ proba.

Probe su stavljene u eksikatore 22. VIII. 1952. i ostale su u njima najmanje 30 dana. Ispitivanje čvrstoće je završeno 30. IX. 1952.

Eksikatoru su bili smješteni u zatvorenoj sobi na sjevernoj strani zgrade. Temperatura uzduha u sobi mjerena je tri puta dnevno, i to u 7, 14 i 19 sati. Dnevni srednjak temperature iznosio je $22,3^\circ \text{C}$, a kretao se u granicama $20,0 \dots 23,7^\circ \text{C}$.

Probe su izvađene iz sušionika, vagnute, izmjerene im simetrale dimenzija radijalno, tangencijalno i longitudinalno.

Tablica — Table 8

Sredstvo — Mean	P ₂ O ₅		H ₂ S O ₄										Dist. voda Distilled water
	0	3	5	6	8	9	11	13	16	21	25	28	
Vlaga drveta po t - φ - w dijagramu za t = 20 °C Moisture content of wood after t - φ - w diagram for t = 20 °C	0	3	5	6	8	9	11	13	16	21	25	28	30
Relativna vlaga uzduha u % Relative humidity of air in %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98	100
Koncentracija u % Concentration in %		66,5	58,5	52,8	47,2	42,2	37,5	32,8	28,5	18	11	5	
Kolut — Wood disc	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m

Odmah nakon toga određena je čvrstoća na pritisak paralelno s vlakancima na univerzalnom stroju *Amsler* od 4 tone. Probe, koje su pokazivale veću čvrstoću od 4 tone, ispitivane su na *Amslerovu* stroju od 50 tona. Iz izmjerenih podataka obračunata je čvrstoća na pritisak u kg/cm² paralelno s vlakancima za svaku probu.

Postotak vlage, koji je imala proba u času ispitivanja na čvrstoću, izračunan je iz težine probe izmjerene neposredno prije ispitivanja na čvrstoću i težine apsolutno suhe probe, koja je bila ustanovljena kod određivanja točke zasićenosti mjerenjem volumnog utezanja.

Probe preostalih koluta: n, o, p, r, s, š, i t (393 kom.) ponovo su postepeno napajane vodom i sušene u laboratoriju do poželjnog stupnja vlage. Kontrolnim vaganjem svih proba jednog koluta najednom (12 proba vagano najednom), ustanovljeno je, kad su probe dosegle poželjni stupanj vlage. U tu svrhu izrađena je posebna evidencija, i na osnovu otprije poznate težine za pojedinu probu u apsolutno suhom stanju izračunata je težina, koju moraju imati probe, da bi im srednja vlaga odgovarala onoj, koja se želi. Ovim probama su izmjerene dimen-

zije i ispitane su na čvrstoću. Na 12 proba svake vrste drveta mjerena je čvrstoća na pritisak paralelno s vlakancima u napojenom stanju.

Na 201 probi druge grupe i na 873 probe treće grupe proveden je isti postupak kao i na probama prve grupe, kako bi se odredila točka zasićenosti mjerenjem volumnog utezanja i nominalne volumne težine. Probe su napojene, vagane, izmjerene im simetrale dimenzija, prosušene, sušene u sušioniku do konstantne težine, vagane, mjerene im simetrale dimenzija, i iz dobivenih podataka izračunana je točka zasićenosti.

Rezultati su obračunati varijacijsko-statistički. Kod određivanja točke zasićenosti mjerenjem volumnog utezanja na prvoj grupi proba sve varijacijsko-statističke veličine računane su po skraćenom postupku. Kod druge i treće grupe proba za sva svojstva računano je odstupanje pojedine varijante od aritmetičke sredine, da bi se izbjegao utjecaj manjeg broja proba. Za drugu i treću grupu proba standardna devijacija računana je po formuli:

$$\sigma = \sqrt{\frac{l}{n-1} \sum v^2} \quad (7)$$

Za čvrstoću na pritisak nađene su odgovarajuće krivulje i izjednačene po metodama varijacijske statistike. Isto je tako izjednačena i krivulja utjecaja veličine probe na točku zasićenosti.

Kod smrekovih proba izvršena je korekcija s obzirom na isparivanje jednog dijela lako hlapljivih tvari kod sušenja u sušioniku. Korekcija je izvršena na bazi točnog određivanja vlage u ksilolu. Sadržaj smole i masti smrekovine ustanovljen je ekstrakcijom u kloroformu.

Kod hrastovine je određen sadržaj treslovina i netreslovina.

VI. REZULTATI — RESULTS

A) Točka zasićenosti određena mjerenjem volumnog utezanja *Fibre-saturation point determined by measurements of the volumetric shrinkage*

U tablicama 9...13 prikazane su aritmetičke sredine: širine goda, širine zone kasnog drveta, volumnog utezanja, nominalne volumne težine i točke zasićenosti žice određene na probama prve grupe prijesjeka 20 mm × 20 mm i dužine 60 mm u smjeru vlakana. U tablici 14 donesen je pregled rezultata.

Tablica — Table 9.

Širina goda — Annual-ring width

Vrsta drveta — Wood species	Broj proba Number of specimens	Granice — Limits	m	f_m	σ	f_σ
		mm	mm		mm	
Bukovina (Zalesina) — Beech-wood	240	1,30 2,75	2,00	$\pm 0,02$	$\pm 0,29$	$\pm 0,01$
Bukovina (Lipovljani) — Beech-wood	235	2,50 4,33	3,42	$\pm 0,03$	$\pm 0,39$	$\pm 0,02$
Hrastovina — srževina Oak-wood — heartwood	234	0,68 2,50	1,20	$\pm 0,02$	$\pm 0,28$	$\pm 0,01$
Jelovina — Fir-wood	238	1,41 2,70	1,90	$\pm 0,02$	$\pm 0,23$	$\pm 0,01$
Smrekovina — Spruce-wood	226	1,70 3,40	2,36	$\pm 0,03$	$\pm 0,38$	$\pm 0,02$

Tablica — Table 10.

Širina zone kasnog drveta — Width of summerwood zone

Vrsta drveta — Wood species	Broj proba Number of specimens	Granice — Limits	m	f_m	σ	f_σ
		mm	mm		mm	
Bukovina (Zalesina) — Beech-wood	240	0,13 0,66	0,28	$\pm 0,01$	$\pm 0,08$	$\pm 0,004$
Bukovina (Lipovljani) — Beech-wood	235	0,43 1,96	0,93	$\pm 0,02$	$\pm 0,25$	$\pm 0,01$
Hrastovina — srževina, Oak-wood — heartwood	234	0,47 1,86	0,96	$\pm 0,02$	$\pm 0,25$	$\pm 0,01$
Jelovina — Fir-wood	238	0,46 1,13	0,68	$\pm 0,01$	$\pm 0,12$	$\pm 0,01$
Smrekovina — Spruce-wood	226	0,50 1,66	0,89	$\pm 0,01$	$\pm 0,21$	$\pm 0,01$

Tablica — Table 11.

Volumno utezanje — Volumetric shrinkage (α_v)

Vrsta drveta — Wood species	Broj proba Number of specimens	Granice — Limits	m	f _m	σ	f σ
		mm	%		%	
Bukovina (Zalesina) — Beech-wood	238	14,30 19,71	16,56	± 0,06	± 0,97	± 0,04
Bukovina (Lipovljani) — Beech-wood	235	15,50 20,11	17,40	± 0,05	± 0,74	± 0,03
Hrastovina — srževina Oak-wood — heartwood	234	8,29 15,42	11,47	± 0,09	± 1,39	± 0,06
Jelovina — Fir-wood	238	8,66 16,25	12,63	± 0,09	± 1,45	± 0,07
Smrekovina — Spruce-wood	226	8,16 17,40	15,54	± 0,10	± 1,51	± 0,07

Tablica — Table 12.

Nominalna volumna težina — Specific gravity (t_n)*

Vrsta drveta — Wood species	Broj proba Number of specimens	Granice — Limits	m	f _m	σ	f σ
		g/cm ³	g/cm ³		g/cm ³	
Bukovina (Zalesina) — Beech-wood	238	0,493 0,641	0,531	± 0,001	± 0,021	± 0,001
Bukovina (Lipovljani) — Beech-wood	235	0,543 0,610	0,573	± 0,001	± 0,014	± 0,001
Hrastovina — srževina Oak-wood — heartwood	234	0,441 0,576	0,505	± 0,002	± 0,035	± 0,002
Jelovina — Fir-wood	238	0,364 0,432	0,386	± 0,008	± 0,012	± 0,005
Smrekovina — Spruce-wood	226	0,332 0,434	0,387	± 0,001	± 0,017	± 0,001

* Means in this paper specific gravity on the basis of oven-dry weight in green volume.

Tablica — Table 13.

Točka zasićenosti vlaknaca — Fibre-saturation point

Vrsta drveta — Wood species	Broj proba Number of specimens*	Granice — Limits	k*	f _k	σ	f _σ
		%	%	%		
Bukovina (Zalesina) — Beech-wood	238	25,0 35,6	31,2	± 0,1	± 1,7	± 0,1
Bukovina (Lipovljani) — Beech-wood	235	27,3 34,4	30,5	± 0,1	± 1,4	± 0,1
Hrastovina - srževina — Oak-wood — heartwood	234	17,7 34,1	22,8	± 0,1	± 2,1	± 0,1
Jelovina — Fir-wood	238	20,5 44,2	32,7	± 0,3	± 4,3	± 0,2
Smrekovina — Spruce-wood	226	24,0 45,4	39,6	± 0,2	± 3,3	± 0,3

* Kod računanja su primijenjene ove formule (Ugrenović Tehnologija drveta str. 364 za — In the computation: the following formulae (Ugrenović p. 364) were applied:

broj razreda — for the number of classes $i = 2 \sqrt[3]{n}$

širinu razreda — for the size of a class $a = \frac{x_{max} - x_{min}}{i}$

aritmetičku sredinu varijacijskog reda

for the arithmetical mean

$$m = \bar{m} + \mu a$$

standardnu devijaciju

for the standard deviation

$$\sigma = a \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r x_i y_i - \mu^2}$$

srednju griješku aritmetičke sredine — for the standard error.

$$J_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

srednju griješku standardne devijacije — for the error of the standard deviation

$$f_\sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$$

u kojima je — wherein it stands for:

n = broj varijanata — number of variants

x_{max} = najveća varijanta — maximum variant

x_{min} = najmanja varijanta — minimum variant

\bar{m} = aproksimativna srednja vrijednost — working mean

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r x_i y_i$$

Tablica — Table 14

Pregled rezultata određivanja točke zasićenosti mjerenjem volumnog utezanja

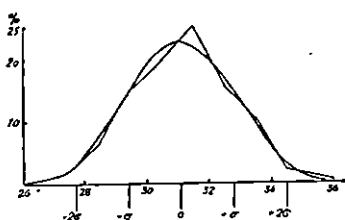
Survey of the results obtained by determinating the fibre-saturation point by measuring the volumetric shrinkage

Vrst drveta Wood species	Broj proba Number of specimens	Godovi Annual rings			Utezanje — Shrinkage				Vol. težina Specific. gravity		Točka zasićen. vlakna — Fibre-saturation point
		Pros. širina Mean width	Kasno drvo Summerwood		radijalno Radial	tangencijalno Tangential	uzduž vlakna, Parallel to grain	Volumno Volumetric	t ₀	t _n	
			mm	mm							
Bukovina (Zalesina) Beech-wood	238	2,01	0,28	14	5,2	11,3	0,2	16,5	0,637	0,532	31,2
Bukovina (Lipovljani) Beech-wood	235	3,43	0,93	27	5,4	12,7	0,3	17,4	0,692	0,572	30,5
Hrastovina - srževina Oak-wood — heart-wood	234	1,21	0,97	80	3,8	7,8	0,5	11,5	0,569	0,503	22,8
Jelovina — Fir-wood	238	1,91	0,69	36	4,0	8,9	0,3	12,6	0,442	0,386	32,7
Smrekovina — Spruce-wood	226	2,35	0,90	38	5,2	10,1	0,3	15,4	0,460	0,388	39,6

Frekvencijski poligoni i normalne krivulje točke zasićenosti istraživanih vrsta drveta konstruirani su na sl. 4... 8, na osnovu širina razreda i relativnih učestalosti iznesenih u tablicama 15... 19. Kod crtanja frekvencijskih poligona i normalnih krivulja točke zasićenosti upotrebljeno je isto mjerilo i relativne učestalosti zbog komparabilnosti.

Širina razreda Size of class %	Aps. učes. Abs. frequenc.	Rel. učes. Rel. frequenc. %
24,01 25,00	1	0,4
25,01 26,00	-	-
26,01 27,00	1	0,4
27,01 28,00	4	1,7
28,01 29,00	16	6,7
29,01 30,00	37	15,5
30,01 31,00	47	19,8
31,01 32,00	61	25,6
32,01 33,00	38	16,0
33,01 34,00	25	10,5
34,01 35,00	5	2,1
35,01 36,00	3	1,3

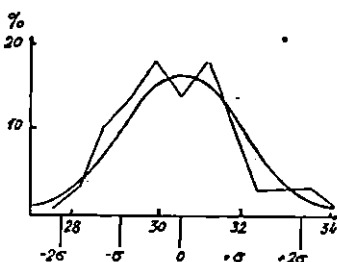
Tab. 15. Točka zasićenosti vlaknaca bukovine (Zalesina) — Fibre — saturation point of beech-wood (Zalesina)



Sl. — Fig. 4. Frekvencijski poligon i normalna krivulja točke zasićenosti bukovine — Frequency polygon and normal curve of the fibre-saturation point of beech-wood (Zalesina)

Širina razred Size of class %	Aps. učes. Abs. frequenc.	Rel. učes. Rel. frequenc. %
27,21 27,80	2	0,9
27,81 28,40	8	3,4
28,41 29,00	24	10,2
29,01 29,60	32	13,6
29,61 30,20	43	18,3
30,21 30,80	32	13,6
30,81 31,40	43	18,3
31,41 32,00	24	10,2
32,01 32,60	7	3,0
32,61 33,20	7	3,0
33,21 33,80	8	3,4
33,81 34,40	3	1,3
34,41 35,00	1	0,4
35,01 35,60	1	0,4

Tab. 16. Točka zasićenosti vlaknaca bukovine (Lipovljani) — Fibre-saturation point of beech-wood (Lipovljani)



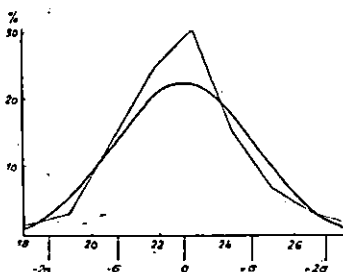
Sl. — Fig. 5. Frekvencijski poligon i normalna krivulja točke zasićenosti bukovine — Frequency polygon and normal curve of the fibre-saturation point of beech-wood (Lipovljani)

Između utezanja u tangencijalnom i u radijalnom smjeru postoje odnosi: a_t/a_r .

bukovina (Zalesina) 2,17, bukovina (Lipovljani) 2,35, hrastovina (srževina) 2,05, jelovina 2,23, smrekovina 1,94.

Širina razreda Size of class		Aps. učestal. Abs. frequency	Rel. učes. Rel. frequency
%			%
17,60	18,80	4	1,7
18,81	20,00	8	3,4
20,01	21,20	32	13,7
21,21	22,40	57	24,4
22,41	23,60	70	29,9
23,61	24,80	35	15,0
24,81	26,00	16	6,8
26,01	27,20	6	2,6
27,21	28,40	3	1,3
28,41	29,60	-	-
29,61	30,80	-	-
30,81	32,00	1	0,4
32,01	33,20	-	-
33,21	34,40	2	0,8

Tab. 17. Točka zasićenosti vlaknaca hrastovine (srževine) – Fibre-saturation point of oak-wood



Sl. Fig. 6. Frekvencijski poligon i normalna krivulja točke zasićenosti hrastovine (srževine).
Frequency polygon and normal curve of the fibre-saturation point of oak-wood (nearstured)

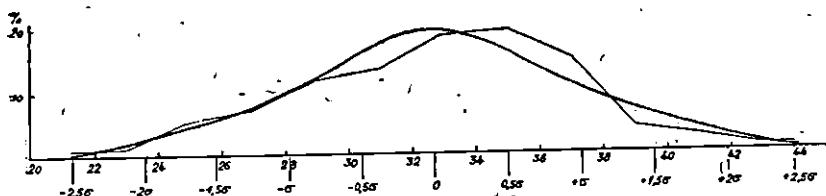
Širina razreda Size of class		Aps. učes. Abs. frequency	Rel. učes. Rel. frequency
%			%
20,01	22,00	2	0,8
22,01	24,00	3	1,3
24,01	26,00	13	5,5
26,01	28,00	17	7,1
28,01	30,00	28	11,8
30,01	32,00	32	13,4
32,01	34,00	44	18,5
34,01	36,00	46	19,3
36,01	38,00	35	14,7
38,01	40,00	9	3,9
40,01	42,00	6	2,5
42,01	44,00	2	0,8
44,01	46,00	1	0,4

Tab. 18. Točka zasićenosti vlaknaca jelovine – Fibre-saturation point of fir-wood

Na brojevima, koji predstavljaju točku zasićenosti u tablici 13, bilo je potrebno izvršiti korekture, i to:

a) kod smrekovine s obzirom na isparivanje lako hlapljivih tvari,

b) kod svih vrsta s obzirom na povećavanje gustoće adsorbirane vode za 3%.



Sl. Fig. 7. Frekvencijski poligon i normalna krivulja točke zasićenosti jelovine.
Frequency polygon and normal curve of the fibre-saturation point of fir-wood

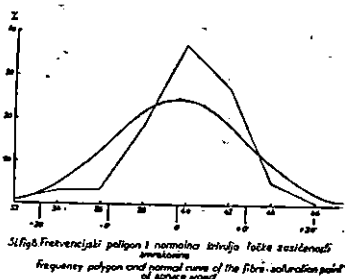
Kod sušenja proba u sušioniku, pri temperaturi $102 \pm 3^{\circ} \text{C}$, ostaje u drvetu neka relativno mala količina vlage ispod 1%, koja se ne da ispariti, osobito kod većih proba. To prouzrokuje relativno malu pogrešku kod određivanja točke zasićenosti, koja se ne da ukloniti, ako se primjenjuje uobičajeno sušenje u sušioniku.

a) Korektura točke zasićenosti smrekovine s obzirom na isparivanje lako hlapljivih tvari

Smrekove probe sušene su, kao i probe ostalih istraživanih vrsta drveta, u sušioniku kod temperature $102 \pm 3^{\circ} \text{C}$ do konstantne težine. Ovakvim sušenjem isparuje se osim vode i jedan

Širina razred Size of class %	Aps. učestal. Abs. frequency	Rel. učes. Rel. frequency %
23,01 25,00	2	0,9
25,01 27,00	-	-
27,01 29,00	3	1,3
29,01 31,00	3	1,3
31,01 33,00	2	0,9
33,01 35,00	7	3,1
35,01 37,00	8	3,5
37,01 39,00	41	18,2
39,01 41,00	84	37,2
41,01 43,00	62	27,4
43,01 45,00	12	5,3
45,01 47,00	2	0,9

Tab. 19. Točka zasićenosti vlaknaca smrekovine - Fibre-saturation point of spruce-wood

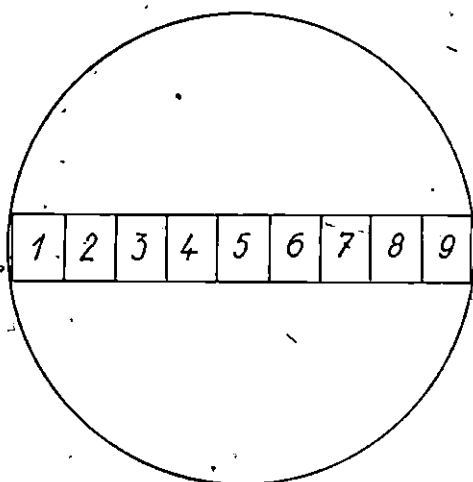


Sl. 19. Frekvencijski poligon i normalna krivulja točke zasićenosti smrekovine
frequency polygon and normal curve of the fibre-saturation point of spruce wood

dio lako hlapljivih tvari iz smrekovine. Na taj se način dolazi do većeg postotka vlage nego što je stvarni. Ta je pojava poznata kod svih vrsta drveta, koje sadržavaju veće količine smole, terpena, masti, eteričnih ulja ili drugih impregnacijskih tvari.

Točan sadržaj vlage drveta, koje sadržava lako hlapljive tvari, određuje se destilacijom u ksilolu, toluolu ili tetrakloreтанu. Razlika između određivanja vlage u sušioniku i destilacijom u navedenim tvarima može (po Kollmannu,²⁸ str. 366) iznositi 5 . . . 10% težine apsolutno suhe tvari, pa čak i više, što zavisi o količini lako hlapljivih tvari, veličini proba i t. d.

Da se dobije uvid, s kolikom se razlikom treba računati kod istraživane smrekovine, precizno je određen sadržaj vlage destilacijom u ksilolu i za komparaciju sušenjem u sušioniku kod $102 \pm 3^{\circ}\text{C}$ do konstantne težine. Osim toga određen je sadržaj smole i masti istraživane smrekovine ekstrakcijom u kloroformu.



Sl. — Fig. 9.

Ekstrakcija smole i određivanje vlage u ksilolu i sušioniku izvršeno je u Zavodu za agrikulturnu kemiju Poljoprivredno-šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod nadzorom *ing. Ive Opačića*.

Uzorci su uzeti (prema sl. 9) od istog trupčića smrekovine, od kojeg su uzete i probe za određivanje točke zasićenosti.

Za ekstrakciju smole kloroformom u *Soxhlet* aparatu uzete su probe br. 1, 3, 5, 7 i 9, a za određivanje vlage u ksilolu i u sušioniku probe br. 2, 4, 5, 6 i 8. Težina proba za određivanje smole-iznosila je cca 7 g usitnjenog drveta, a za destilaciju u ksilolu oko 1 g.

Ekstrakcija smole i masti kloroformom dala je ove rezultate:

Ekstrakcija probe br. 1	0,63%	smole i masti
„ „ „ 3	0,66%	„ „ „
„ „ „ 5	1,25%	„ „ „
„ „ „ 7	0,59%	„ „ „
„ „ „ 9	0,74%	„ „ „

Prosječno 0,76% smole i masti

Po istraživanju C. G. Schwalbea, C. Schultza i R. Siebera (Kollmann²⁶ str. 261) smrekovo stablo staro 40 godina imalo je ukupno 0,63% smole i masti.

U našem slučaju sadržaj smole opada od centra prema periferiji, s izuzetkom kod probe 9, do čega dolazi zbog nehomogenosti građe i nejednolične raspodjele smole.

Određivanje vlage dalo je ove rezultate:

destilacijom u ksilolu:

Vlaga probe br. 2	18,42%
„ „ „ 4	18,49%
„ „ „ 5	18,45%
„ „ „ 6	18,41%
„ „ „ 8	18,50%
Prosječno vlage	18,45%

u sušioniku:

Vlaga u sušioniku određena je na svega 2 uzorka kod temperature $102 \pm 3^\circ \text{C}$.

Prvo određivanje	19,72%	vlage
Drugo „	19,65%	„
Prosječno	19,69%	vlage

Srednja vlaga određena u sušioniku	19,69%
Srednja vlaga određena u ksilolu	18,45%

Razlika 1,24%

Na bazi ove razlike izvršena je korekcija aritmetičke sredine točke zasićenosti na ovaj način:

Aritmetička sredina težine od 226 napojenih proba iznosi: $T_s = 20,43 \text{ g}$, a apsolutno suhih: $T_o = 9,90 \text{ g}$. Aritmetičku sredinu težine apsolutno suhih proba treba povećati za težinu isparenih lako hlapljivih tvari (1,24%). Težina isparenih lako hlapljivih tvari i vode, koja se nije dala istjerati sušenjem u sušioniku, iznosi:

$$9,90 \times 0,0124 = 0,12 \text{ g}$$

Korigirana aritmetička sredina težine iznosi:

$$T_o = 9,90 \text{ g} + 0,12 \text{ g} = 10,02 \text{ g}$$

Aritmetička sredina volumena u napojenom stanju ostaje nepromijenjena, $V_s = 25,54 \text{ cm}^3$.

Korigirana aritmetaska sredina nominalne volumne težine iznosi:

$$\epsilon_n = \frac{T_o}{V_s} = \frac{10,02}{25,54} \text{ g/cm}^3 = 0,392 \text{ g/cm}^3$$

Aritmetisku sredinu volumena u apsolutno suhom stanju (21,57 cm³) treba povećati za volumen isparenih lako hlapljivih tvari težine 0,12 g. Težina isparenih tvari 0,12 g zauzima volumen 0,13 cm³, ako se uzme, da je specifična težina lako hlapljivih tvari manja od 1 i da iznosi 0,9 $\left(\frac{0,12}{0,9} = 0,13 \text{ cm}^3\right)$.

Korigirana aritmetaska sredina volumena u apsolutno suhom stanju iznosi:

$$V_o = 21,57 \text{ cm}^3 + 0,13 \text{ cm}^3 = 21,70 \text{ cm}^3$$

Iz toga se može izvesti korekcija aritmeteske sredine volumnog utezanja:

$$\alpha_o = \frac{25,54 - 21,70}{25,54} \cdot 100 \% = 15,03 \%$$

Prema tome korigirana aritmetaska sredina točke zasićenosti iznosi:

$$k = \frac{\alpha_o}{\epsilon_n} = \frac{15,03}{0,392} = 38,3 \%$$

b) Korekcija s obzirom na gustoću adsorbirane vode

Stamm i Seborg (1935) su dokazali (po Trendelenburgu⁵⁶ str. 12), da je afinitet između suhe drvne tvari i vode tako velik, da se gustoća adsorbirane vode povećava oko 3%. Privlačne sile su tako jake, da čvrsto vežu vodu, t. j. drvo i voda se snažno privlače, te dolazi do djelovanja površinskih sila.

Na taj se način može i razumjeti, da je adsorbirana voda gušća od vode, koja dolazi u prirodi. U formuli, iz koje je izračunan k u tablici 13, k je izražen u cm³ (to je adsorbirana voda izražena u cm³), a da se dobije težina adsorbirane vode, treba njezin volumen pomnožiti specifičnom težinom. S toga razloga treba sve brojeve, koji predstavljaju točku zasićenosti u tablici 13, pomnožiti sa 1,03, jer adsorbiranu vodu izražavamo procentualnim odnosom njene težine u odnosu na težinu apsolutno suhe drvne tvari (Kollmann je izražava u kg/kg), a točka zasićenosti i nije drugo nego maksimalni iznos adsorbirane vode u odnosu na težinu apsolutno suhe drvne tvari.

Povećanje faktora k za 3% povlači za sobom i povećavanje varijacijsko-statističkih veličina (f_m , f_σ i σ) iskazanih u tablici 13. Ta povećanja srednjih griješaka aritmetičke sredine (f_m) i standardne devijacije (f_σ) očituje se tek u trećoj decimali, a kod standardne devijacije (σ) u drugoj. Zaokruživanjem na jednu decimalu taj se utjecaj gubi. Uobičajeno je iskazivati točku zasićenosti na jednu decimalu, pa su i ostali varijacijsko-statistički iznosi u tablici 13 iskazani na jednu decimalu.

Definitivni rezultati točke zasićenosti istraživanih vrsta iskazani su u tablici 20.

Tablica — Table 20.

Točka zasićenosti — Fibre-saturation point

Vrste drveta Wood species	Broj porba Number of specimens	Granice Limits	k	fk	σ	f_σ
		%	%		%	
Bukovina (Zal.) Beech-wood	238	25.7 . . 36.7	32.1	± 0.1	± 1.7	± 0.1
Bukovina (Lip.) Beech-wood	235	28.2 . . 35.5	31.4	± 0.1	± 1.4	± 0.1
Hrastovina (srž.) Oak-wood (heartwood)	234	18.2 . . 35.2	23.5	± 0.1	± 2.1	± 0.1
Jelovina Fir-wood	238	21.1 . . 45.5	33.7	± 0.3	± 4.3	± 0.2
Smrekovina Spruce-wood	226	23.9 . . 45.2	39.4	± 0.2	± 3.3	± 0.2

Granice točke zasićenosti smrekovine korigirane su na isti način kao i aritmetička sredina.

Točka zasićenosti istraživanih:

listača (hrastovine i bukovine) varira u granicama 18... 36%
četinjača (jelovine i smrekovine) varira u granicama 21... 46%

Interval varijacije točke zasićenosti širi je kod četinjača nego kod listača.

Za sve istraživane vrste vrijedi odnos između volumnog utezanja (a_v), adsorbirane vode (bez uvećanja gustoće vode) i nominalne volumne težine (t_n)

- za listače $a_v = 30 t_n$ (8)
za listače $a_v = 28 t_n$ (9)
za četinjače $a_v = 33 t_n$ (10)

Aritmetska sredina točke zasićenosti sve istraživane bukovine (473 probe) iznosi: 25,7...31,8...36,7.

Mörath³⁷ (1931) je istraživao točku zasićenosti bukovine i došao do rezultata: 25...30...45%. Rezultati naših istraživanja dobro se slažu s Mörathovim, samo što je kod nas interval varijacije uži.

Trendelenburg⁵⁶ je svrstao bukovinu s obzirom na točku zasićenosti (na osnovu Grösslerovih istraživanja) u I. grupu, kamo on ubraja difuzno porozne listače bez izrazite srževine (lipovinu, vrbovinu, topolovinu, johovinu, bukovinu, grabovinu) i bjeljikovinu osrženih listača IV. grupe (bagremovine, pitome kestenovine, hrastovine, jasenovine, trešnjevine). Točka zasićenosti I. grupe iznosi po Trendelenburgu 32...35% i više. Sumarni prikaz rezultata, koje iznosi Trendelenburg⁵⁶ (na sl. 59, str. 205) pokazuje, da točka zasićenosti bukovine leži između 30 i 32% vlage.

Za naša istraživanja uzeta je bukovina iz Zalesine i Lipovljana. U Zalesini bukovina dolazi od prirode u mješovitim sastojinama s jelom. U gospodarskoj jedinici A »Posavske šume« bukva dolazi danas sporadično. U ovoj gospodarskoj jedinici glavne su vrste drveta hrast i jasen (nekada je bio i brijest), a bukva je vrlo velika rijetkost, jer ova gospodarska jedinica leži u nizini na poplavnom području. Ako postoje individualne razlike točke zasićenosti, može se očekivati, da će one biti osobito izražene komparacijom rezultata dobivenih na materijalu uzetom s različitih nalazišta.

Tiemann je našao, da unutar jedne vrste drveta postoje znatne varijacije točke zasićenosti. Točka zasićenosti istraživane bukovine iznosi:

bukovina (Zalesina)	32,1 ± 0,1%
bukovina (Lipovljani)	31,4 ± 0,1%

Razlika aritmetške sredine točke zasićenosti bukovine s ovih dvaju različitih nalazišta nije velika.

Aritmetške sredine širine goda i aritmetška sredina širine zone kasnog drveta istraživane bukovine iznose:

	širina goda	širina zone kasnog drveta	postotak kasnog drveta
bukovina (Zalesina)	2,00 ± 0,02 mm	0,28 ± 0,01 mm	14%
bukovina (Lipovljani)	3,42 ± 0,03 mm	0,93 ± 0,02 mm	27%

Kakav utjecaj ima širina goda i širina zone kasnog drveta na točku zasićenosti vlakancu predmet je posebnog studija.

Točka zasićenosti hrastovine iznosi po našim istraživanjima: 18,2...23,3...32,2% i odnosi se samo na srževinu.

Trendelenburg je svrstao hrastovinu u IV. grupu, kamo po njemu idu prstenasto porozne listače s izrazitom srževinom. Točka zasićenosti IV. grupe po *Trendelenburgu*⁵⁶ iznosi: 23 ... 25%, što se slaže s rezultatom, do kojeg smo došli.

*Horvat*¹⁶ je odredio točku zasićenosti slavonske hrastovine na probama prijesjeka 30 mm × 30 mm i dužine 20 mm u smjeru vlakana. Po njegovim istraživanjima točka zasićenosti hrastovine (lužnjaka) iznosi 27,4%. Već je otprije poznato (*Tiemann*), da unutar jedne iste vrste mogu nastupiti znatne varijacije točke zasićenosti. Do ove razlike između *Horvatovih* i naših istraživanja moglo je osim toga doći i zbog različite strukture proba, veličine proba, različitog sadržaja treslovina i netreslovina i t. d.

U spomenutom zavodu za agrikulturnu kemiju pod nadzorom istog stručnjaka određen je sadržaj treslovina i netreslovina istraživane hrastovine (srževine). Ukupno su izvršene dvije analize, koje su dale ove rezultate:

	treslovine	netreslovine	voda
prva analiza	4,82%	0,51%	16,1%
druga analiza	4,59%	0,48%	16,0%
prosječno	4,71%	0,50%	16,0%

Ako dobivene rezultate usporedimo u prosječnim vrijednostima za mlađu slavonsku hrastovinu (*Smaić Wladika, Collegium* 192, 146 po *Ugrenoviću*⁵⁸, str. 74) izlazi:

	vлага	treslovina	netreslovina
aritmitska sredina naših analiza	16,0%	4,71%	0,50%
Smaić Wladika	13,5%	1,65%	1,25%

Hrastovina od stabala starih 90 godina, koja su bila predmet naših istraživanja bogatija je treslovinama i siromašnja netreslovinama od prosječnih iznosa za mlađu slavonsku hrastovinu.

*Stamm*⁴⁸ je dokazao određivanjem točke zasićenosti ekstrahirane i neekstrahirane sekvojevine (*Sequoia sempervirens*, Endl.), da se točka zasićenosti povećava uklanjanjem ekstraktivnih tvari. Iz tog se može izvesti zaključak, da ono drvo, koje ima veći sadržaj treslovina i netreslovina zajedno, mora imati nižu točku zasićenosti od drveta iste vrste s manjim sadržajem treslovina i netreslovina.

Po našim istraživanjima iznosi točka zasićenosti:

jelovine	21,1 ... 33,7 ... 45,5%
smrekovine	23,9 ... 39,4 ... 45,2%

Po Trendelenburgu⁵⁶ točka zasićenosti jelovine i smrekovine iznosi 30...34%. Aritmetska sredina točke zasićenosti jelovine po našim istraživanjima pada u te granice, a aritmetska sredina točke zasićenosti smrekovine po našim istraživanjima veća je od one, koju navodi Trendelenburg.

Točka zasićenosti smrekovine (Sitka spruce, *Picea sitchensis*, Carr.), određena metodom čvrstoće na pritisak paralelna s vlakancima, leži po Markwardtu i Wilsonu⁵³ (str. 49) između 25 i 30%, a po Tiemannu⁵³ (str. 228) između 30 i 35% vlage.

B) Točka zasićenosti određena mjerenjem čvrstoće na pritisak u smjeru paralelnom s vlakancima — Fibre-saturation point determined by measurements of the crushing strength parallel to grain

Za ova istraživanja upotrebljene su iste probe prve grupe, na kojima je određena točka zasićenosti vlakanaca mjerenjem volumnog utezanja:

Nanošenjem podataka o vlazi i čvrstoći proba na polulogaritamski papir uočeno je, da za sve ispitivane vrste drveta odgovara u higroskopskom području logaritamska parabola:

$$\log y = a + bx + cx^2, \dots \dots \dots (11)$$

a u nadhigroskopskom području pravac:

$$y = a_1 + b_1 x \dots \dots \dots (12)$$

Svi podaci obrađeni su varijacijsko-statistički. Parametri logaritamske parabole (a, b i c) za pojedinu vrstu drveta i njihove statističke griješke (σ_a , σ_b i σ_c) nalaze se u tablici 21, a parametri pravca a_1 i b_1 i njihove pogreške (σ_{a1} i σ_{b1}) iskazani su u tablici 22.

Logaritamske parabole i pravci nacrtani su na sl. 11...15. Kod logaritamske parabole uzeta je ordinata y, a ne log y, tako da krivulja predstavlja izraz:

$$y = 10^{a + bx + cx^2} \dots \dots \dots (13)$$

oblik:

$$\log y = a + bx + cx^2$$

zadržan je radi lakšeg računanja.

Za kontrolu parametara izračunanih iz normalnih jednadžbi i za računanje pogrešaka parametara primijenjeni su Fisherovi c-multiplikatori (Fisher¹¹).

Na pr. za pravac, a analogno i za krivulju:

$$c_{11}\Sigma(y) + c_{12}\Sigma(yx) = a_1, \quad \sigma_a^2 = \sigma^2 c_{11}$$

$$c_{21}\Sigma(y) + c_{22}\Sigma(yx) = b_1; \quad \sigma_b^2 = \sigma^2 c_{22}$$

$$\sigma = \frac{\Sigma(Y-y)^2}{n-2}$$

Tablica — Table 21.

Parametri logaritamske parabole i njihove griješke — Parameters of logarithmic parabola and their errors

Vrst drveta Wood species	Broj proba Number of specimens	a	σ_a	b	σ_b	c	σ_c	σ
Bukovina (Z.) Beech - wood	202	+ 3.046	± 0.003	- 0.0283	± 0.0004	+ 0.00032	± 0.00001	± 0.01301
Bukovina (L.) Beech - wood	209	+ 3.063	± 0.005	- 0.0213	± 0.0007	+ 0.00003	± 0.00002	± 0.01999
Hrastovina (srževina) Oak - wood (heartwood)	192	+ 2.931	± 0.003	- 0.0196	± 0.0006	- 0.00007	± 0.00002	± 0.01321
Jelovina — Fir - wood	214	+ 2.859	± 0.005	- 0.0165	± 0.0006	+ 0.00003	± 0.00002	± 0.01955
Smrekovina Spruce - wood	202	+ 2.904	± 0.005	- 0.0222	± 0.0007	+ 0.00017	± 0.00005	± 0.02316

Tablica — table 22.

Parametri pravca i njihove griješke — Parameters of straight line and their errors

Vrsta drveta — Wood species	Broj proba Number of specimens	a_1	b_1	σ_{b_1}	$1.96 \sigma_{b_1}$
Bukovina (Z.) — Beech - wood	48	+ 305	- 0.21	± 0.23	0.45
Bukovina (L.) — Beech - wood	24	+ 284	+ 0.14	± 0.40	0.78
Hrastovina (srževina) — Beech - wood (heartwood)	47	+ 277	- 0.83	± 0.21	0.41
Jelovina — Fir - wood	34	+ 257	- 0.73	± 0.08	0.16
Smrekovina — Spruce - wood	36	+ 226	- 0.31	± 0.66	1.29

Apscisa presjecišta logaritamske parabole i pravca daje traženu točku zasićenosti. Koordinate presjecišta moraju zadovoljavati i jednadžbu logaritamske parabole i jednadžbu pravca. Do algebarskog se rješenja dolazi rješenjem sistema:

$$\begin{aligned} \log x &= a + bx \quad cx^2 \quad (14) \\ y &= a_1 + b_1 x \end{aligned}$$

Algebarsko rješenje ovog sistema moguće je samo u slučaju, kada je $b_1 = 0$. Tada je $y = a_1 = \text{const.}$ (pravac paralelan s koordinatnom osi x). Ako taj uvjet nije ispunjen, valja se zadovoljiti grafičkim rješenjem, jer se u sistemu javlja transcendentni oblik ($\log y$), koji se ne da ukloniti. Grafički se može ovaj sistem samo aproksimativno riješiti. Grafička se rješenja mogu i računom popravljati.

Mi smo se odlučili za algebarsko rješenje. Stoga postavljamo nul hipotezu, t. j. stavljamo, da je $b_1 = 0$. Nul-hipoteza ja opravdana, ako je ispunjen uvjet

$$b_1 < 1,96 \sigma_{b_1}$$

jer to znači, da je b_1 samo u 5% slučajeva veći od $1,96 \sigma_{b_1}$. Ovdje uzimamo, da pojava nije vjerojatna, ako je matematička vjerojatnost manja od 5%.

Iz tablice 22 izlazi za istraživane vrste drveta:

	b_1	$1,96 \sigma_{b_1}$
bukovina (Zalesina)	0,21	< 0,45
bukovina (Lipovljani)	0,14	< 0,78
smrekovina	0,31	< 1,29
hrastovina	0,83	> 0,41
jelovina	0,73	> 0,16

Prema ovome nul-hipoteza je opravdana za bukovinu i smrekovinu, a nije opravdana za hrastovinu i jelovinu.

Uzevši teoretski, iznad točke zasićenosti ne bi smjelo biti nikakvih promjena u čvrstoći na pritisak, kao što se ne mijenjaju ni ostala svojstva drveta u nadhigroskopskom području. U našem slučaju kod hrastovine i jelovine pravac ne bi bio paralelan s apscisnom osi x , već bi bio prema njoj nešto nagnut. Razlog leži u tome, što je uzet relativno malen broj proba. Kad bi se uzeo velik broj proba, pravac u nadhigroskopskom području bio bi svakako paralelan s osi x . Nas je naročito interesiralo higroskopsko područje, u kojem je uzet kudikamo veći broj proba, da se dobije što izražajnije krivulja, do koje se teško dolazi. Moglo se očekivati, da će i relativno malen broj proba u nadhigroskopskom području dati pravac parale-

lan s osi x . Naklonjenost pravca prema osi x uvjetuje i nejednolična distribucija vlage u probama, koju nije moguće izbjeći iznad točke zasićenosti. Ako uzmemo, da je na pr. kod hrastovine pravac paralelan s osi x , algebarsko rješenje daje za točku zasićenosti 25,4%, a ako uzmemo u istom slučaju, da pravac nije paralelan s osi x , već da je prema njoj nagnut, t. j. ako u jednadžbu pravca uvrstimo parametre a_1 i b_1 iz tablice 22 za hrastovinu, grafičko rješenje daje za točku zasićenosti 24,6%. Razlika iznosi $25,4 - 24,6\% = 0,8\%$. Svijesni ove razlike, uzimamo ipak i za hrastovinu i za jelovinu, da je u nadhigroskopskom području pravac paralelan s osi x , jer je čvrstoća drveta na pritisak u smjeru vlakana iznad točke zasićenosti konstantna. To su eksperimentalno dokazali razni istraživači (Tiemann³³, Markwardt i Wilson³³, Mörath³⁷ i drugi) za razne vrste drveta.

Dakle, za sve istraživane vrste drveta uzimamo, da je pravac u nadhigroskopskom području paralelan s osi x , odnosno, da je $b_1 = 0$, u tom slučaju jednadžba pravca:

$$y = a_1 + b_1x$$

prelazi u oblik

$$y = a_1 \dots \dots \dots (15)$$

ali mi ne uzimamo, da je $y = a_1$, već uzimamo najvjerojatniju vrijednost za y , a to je aritmetička sredina od svih varijanata:

$$y = \frac{(y)}{n} = const \quad (16)$$

Tako se dolazi do sistema:

$$\begin{aligned} \log y &= a + bx + cx^2 \dots \dots \dots (17) \\ y &= const., \end{aligned}$$

koji se može algebarski riješiti. Uvrštavanjem vrijednost $y = const.$ u prvu jednadžbu dobiva se kvadratna jednadžba.

Uvrštavanjem parametara a , b i c u jednadžbu parabole i aritmetičke sredine svih varijanata u nadhigroskopskom području, u jednadžbu pravca dobiva se točka zasićenosti pojedinih vrsta:

a) bukovina (Zalesina)

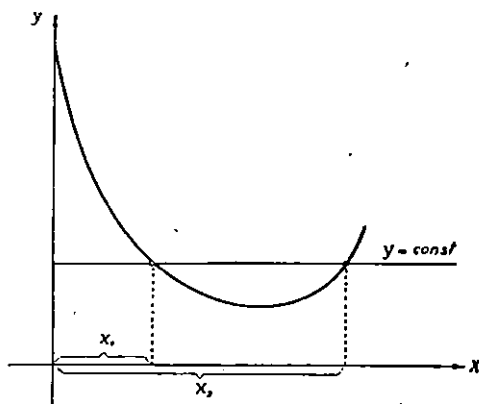
$$\log y = 3,046 - 0,0283x + 0,00032x^2$$

$$y = 296,11$$

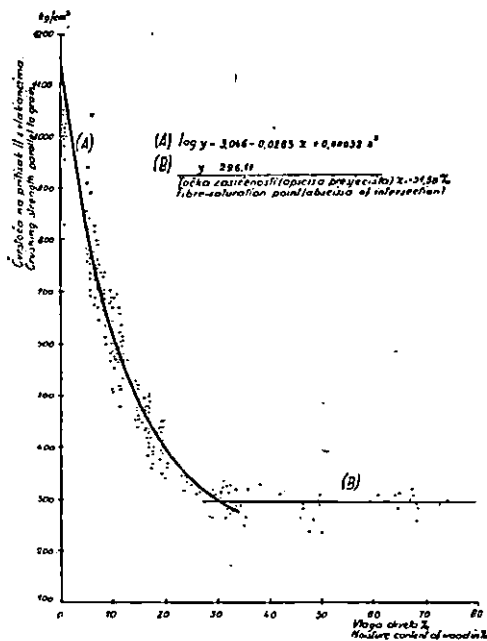
$$0,00032x^2 - 0,0283x + 0,57454 = 0$$

$$x_1 = 31,58\% \text{ točka zasićenosti}$$

$x_2 = +56,86$ je apscisa drugog presijecišta parabole i pravca i nema smisla u ovom problemu (sl. 10).



Sl. — Fig. 10.



Sl. — Fig. 11. Bukovina (Zalesina). Odnos vlage i čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima — Beech-wood (Zalesina). Relationship between the moisture content and crushing strength parallel to grain

U jednadžbi

$$\log y = 3,046 - 0,0283 x + 0,00032 x^2 \quad (18)$$

dano je x —u nekoliko vrijednosti, za koje je izračun y (zaokruženo na cijele brojeve). Na temelju tih koordinata konstruirana je krivulja na sl. 10.

$x =$	0	1	3	5	10	15	20	25	30	35
$y =$	1.112	1.042	920	818	624	494	406	346	305	280

Na analogan su način konstruirane krivulje i pravci i za ostale vrste drveta sl. 12... 15.

b) bukovina (Lipovljani)

$$\log y = 3,063 - 0,0213 x + 0,00003 x^2$$

$$y = 291,78$$

$$0,00003 x^2 - 0,0213 x + 0,59794 = 0$$

$$x_1 = + 29,28\% \text{ točka zasićenosti}$$

c) hrastovina (srževina)

$$\log y = 2,931 - 0,0196 x - 0,00007 x^2$$

$$y = 243,85$$

$$0,00007 x^2 + 0,0196 x - 0,54388 = 0$$

$$x_1 = + 25,44\% \text{ točka zasićenosti}$$

d) jelovina

$$\log y = 2,859 - 0,0165 x + 0,0003 x^2$$

$$y = 207,18$$

$$0,00003 x^2 - 0,0165 x + 0,54265 = 0$$

$$x_1 = + 35,13\% \text{ točka zasićenosti}$$

e) smrekovina

$$\log y = 2,904 - 0,0222 x + 0,00017 x^2$$

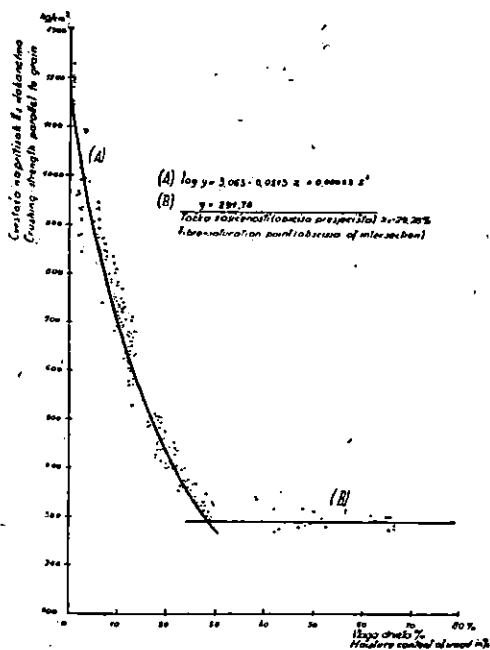
$$y = 208,03$$

$$0,00017 x^2 - 0,0222 x + 0,58588 = 0$$

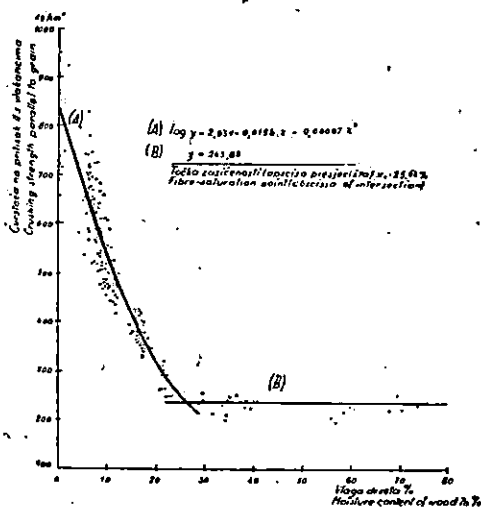
$$x_1 = + 36,71\% \text{ točka zasićenosti}$$

Točka zasićenosti istraživanih vrsta drveta određena mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima iznosi:

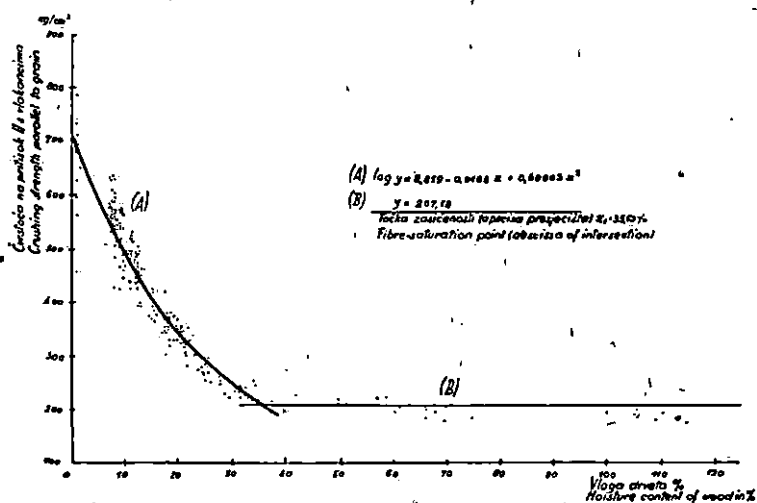
	iz Zalesine 31,6%	
bukovina		30,5%
	iz Lipovljana 29,3%	
hrastovina (srževina)		25,4%
jelovina		33,1%
smrekovina		36,7%



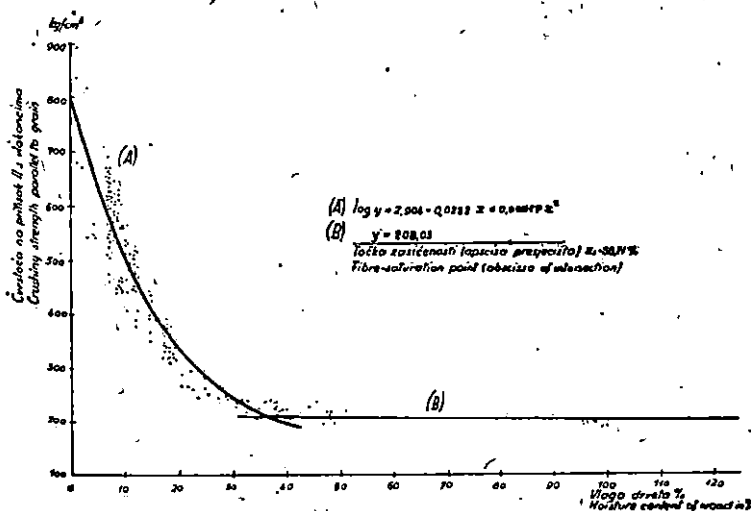
Sl. - Fig. 12. Bukovina (Lipovljani). Odnos vlage i čvrstoće na pritisak s vlakancima - Beechwood (Lipovljani). Relationship between the moisture content and crushing strength parallel to grain



Sl. - Fig. 13. Hrastovina (srževina). Odnos vlage i čvrstoće na pritisak s vlakancima - Oakwood (heartwood). Relationship between the moisture content and crushing strength parallel to grain



Sl. — Fig. 14. Smrekovina. Odnos vlage i čvrstoće na pritisak s vlakancima — Spruce-wood. Relationship between the moisture content and crushing strength parallel to grain



Sl. — Fig. 15. Jelovina. Odnos vlage i čvrstoće na pritisak s vlakancima — Fir-wood. Relationship between the moisture content and crushing strength parallel to grain

Zakovitost o zavisnosti vlage i čvrstoće drveta od velikog je praktičnog i teoretskog značenja, stoga ćemo se ovdje na nju osvrnuti.

Za sve istraživane vrste ova je zakovitost izražena logaritamskom parabolom u higroskopskom području, a ne pravcem, kako tvrdi *Perelygin*³⁹ (str. 54). *Markwardt* i *Wilson*³³ (str. 49) dobili su za Sitka spruce (*Picea sitchensis*, Carr.) eksponencijalnu krivulju, a slične krivulje dobio je i *Tiemann*⁵³ (str. 228) za smrekovinu (Spruce), kestenovinu (Chestnut) i borovinu (Longleaf Pine). *Wilson*, T. R. C. (*Davis-Troxell-Wiskocil*⁶, str. 327) donosi grafikon na kojem je za Sitka spruce odnos vlage i čvrstoće u higroskopskom području izražen pravcem. Na tom grafikonu točka zasićenosti smrekovine (Sitka spruce) iznosi oko 27%.

Koliko nam je poznato, u svjetskoj je literaturi izražena zavisnost vlage i čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima samo za smrekovinu (Sitka spruce, *Picea sitchensis*, Carr.). *Markwardt-Wilson*³³, str. 49) u higroskopskom području izrazom:

$$y = 10.040 \cdot 10^{-0,022x} \text{ pounds/sq. inch} \dots \dots \dots (19)$$

ili preračunano na naše mjere (kg/cm²):

$$y = 705,7 \cdot 10^{-0,022x} \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots (20)$$

logaritmiranjem izlazi:

$$\log y = 2,84844 - 0,022 x$$

ili općenito

$$\log y = A - Bx \dots \dots \dots (21)$$

I naše krivulje svih istraživanih vrsta mogu se svesti na ovaj oblik zanemarivanjem trećeg člana na desnoj strani jednadžbe (cx^2), jer je parametar c relativno malen. On je kod bukovine (*Lipovljani*) i jelovine čak i manji od $1,96 \sigma_c$, a može se zanemariti i kod ostalih vrsta, a da to ne bude na uštrb točnosti.

	c	$1,96 \sigma_c$
bukovina (<i>Lipovljani</i>)	0,00003	< 0,00004
jelovina	0,00003	< 0,00004
bukovina (<i>Zalesina</i>)	0,00032	> 0,00002
hrastovina (srževina)	0,00007	> 0,00004
smrekovina	0,00017	> 0,00010

1 pound = 0,4535 kg

1 square inch = 25,4 mm × 25,4 mm = 6,4516 cm²

Zanemarivanjem člana cx^2 zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima, u higroskopskom području, izražava eksponencijalna jednadžba oblika:

$$y = m e^{-nx} \quad (22)$$

iz koje se dobiva logaritmiranjem:

$$\log y = \log m - n \cdot \log e x,$$

a dalje supstitucijom:

$$\log m = A$$

$$n \log e = B$$

dobiva se jednadžba (21):

$$\log y = A - B x$$

Iz normalnih jednadžbi izračunaju se A i B , a pomoću njih parametri m i n .

Za bukovinu (Zalesina) normalne jednadžbe glase:

$$\begin{array}{l} \text{I} \quad A \sum (p) \qquad \qquad + B \sum (px) \qquad \qquad = \sum (p \log y) \\ \text{II} \quad A \sum (px) \qquad \qquad + B \sum (px^2) \qquad \qquad = \sum (px \log y) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{I} \quad 202,00 A + 2622,70 B = 555,249 \ 890 \\ \text{II} \quad 2622,70 A + 44937,91 B = 7007,338 \ 229 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} B = 0,018 \ 541 \ 779 \\ A = + 2,989 \ 502 \ 049 \\ \log m = A; \qquad \qquad m = + 976,1 \\ m \log e = B; \qquad \qquad n = - 0,04269 \end{array}$$

Analogno su izračunani A , B , m i n i za druge vrste drveta i prikazani u tablici 23.

Za bukovinu uzimamo aritmetisku sredinu od bukovine iz Zalesine i bukovine iz Lipovljana.

Prema tome, zakonitost za istraživane vrste po kojoj čvrstoća zavisi od vlazi u higroskopskom području, izražena u eksponencijalnom obliku, glasi:

$$\begin{array}{l} \text{bukovina} \quad y = 1060,9 e^{-0,04500x} \text{ kg/cm}^2 \quad \dots \quad (23) \\ \text{hrastovina (srževina)} \quad y = 867,5 e^{-0,04897x} \quad \text{,,} \quad \dots \quad (24) \\ \text{jelovina} \quad y = 712,0 e^{-0,03558x} \quad \text{,,} \quad \dots \quad (25) \\ \text{smrekovina} \quad y = 718,7 e^{-0,03554x} \quad \text{,,} \quad \dots \quad (26) \end{array}$$

Tablica — Table 23.

Parametri eksponencijalne funkcije — Parameters of exponential function

Vrst drveta Wood species	A	B	m	n
Bukovina (Zalesina) Beech-wood	+ 2.989 502 049	— 0.018 541 779	+ 976.1	— 0.04 269
Bukovina (Lipovljani) Beech-wood	+ 3.059 064 478	— 0.020 580 084	+ 1145.7	— 0.04 739
Hrastovina (srževina) Oak-wood (heartwood)	+ 2.938 273 975	— 0.021 269 639	+ 867.5	— 0.04 897
Jelovina Fir-wood	+ 2.852 528 883	— 0.015 455 720	+ 712.0	— 0.03 558
Smrekovina Spruce-wood	+ 2.856 585 070	— 0.015 436 238	+ 718.7	— 0.03 554

Upoređivanjem vrijednosti za smrekovinu (Sitka spruce) po jednadžbi (19) *Markwardt-Wilsona*³³ i vrijednosti za smrekovinu po jednadžbi (26) izlazi:

za postotak vlage	0	5	10	15	20	25	30	35	%
Sitka spruce po jednadžbi (19)	$y=706$	548	425	330	256	199	154	120	kg/cm^2
Smrekovina po jednadžbi (26)	$y=718$	602	504	422	353	296	247	207	kg/cm^2

Ova nam komparacija pokazuje, da naša smrekovina ima veću čvrstoću na pritisak paralelno s vlakancima od Sitka spruce.

Za što točnije određivanje točke zasićenosti upotrebili smo logaritamsku parabolu oblika $\log y = a + bx + cx^2$. Za praktične potrebe mogu dobro poslužiti navedene eksponencijalne jednadžbe (23... 26).

Sada ćemo razmotriti odnos čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima i vlage drveta u higroskopskom području na istim logaritamskim parabolama, na kojima je određena i točka zasićenosti.

Čvrstoća na pritisak u apsolutno suhom stanju (y_0) dobije se uvrštavanjem $x = 0$ u jednadžbu parabole. U napojenom

i Rees stvorili su taj zaključak na osnovu 4 probe od svake ispitane vrste drva, a taj je broj proba, po našem mišljenju, prema- len, da bi zaključak bio dovoljno uvjerljiv. Točka zasićenosti određena mjerenjem utezanja varira u relativno širokom inter- valu, i nije čudo, da su se Mayeru i Reesu pokazale velike razlike između točke zasićenosti određene mjerenjem utezanja i mje- renjem električnog otpora Hawley je došao do zaključka, da metoda utezanja nije pouzdana. On polazi od pretpostavke, da utezanje počinje i nešto prije točke zasićenosti.

Granice varijacije točke zasićenosti određene mjerenjem volumnog utezanja kod naših istraživanja iznose:

	Granice	Interval varijacije
bukovina	25,7 ... 36,7%	11,0%
hrastovina (srževina)	18,2 ... 35,2%	17,0%
jelovina	21,1 ... 45,5%	24,4%
smrekovina	23,9 ... 45,2%	21,3%

Za istraživane listače točka zasićenosti, određena metodom utezanja, varira prosječno za 14%, a za istraživane četinjače prosječno za 22% u apsolutnom smislu. Interval varijacije točke zasićenosti istraživanih četinjača oko 1,5 puta je širi od intervala varijacije istraživanih listača.

Metoda mjerenja utezanja manje je primjenljiva kod vrsta, koje sadržavaju znatnije količine terpena, smole, eteričnih ulja i drugih impregnacijskih tvari, koje su lako hlapljive i koje se djelomično isparuju kod sušenja u sušioniku do konstantne težine pri temperaturi $102 \pm 3^{\circ} \text{C}$. Razumljivo je, da kod takvih vrsta razlika točke zasićenosti, određene metodom mjerenja utezanja i čvrstoće na pritisak paralelno s vlaknima, može biti i veća, nego što je iskazana za istraživanu smrekovinu. Predložena metoda korekcije određivanjem vlage u ksilolu odgovara uz pretpostavku, da je raspodjela smole i ostalih lako hlapljivih tvari jednolična u istraživanom materijalu, što redovno ne će biti slučaj. Prisustvo i nejednolična raspodjela lako hlapljivih tvari čine metodu mjerenja utezanja za određivanje točke zasićenosti žice manje ili potpuno nepri- mjenljivom, jer nema sigurnosti, da se kod sušenja do apso- lutne suhoće isparila samo voda.

Pri prosuđivanju primjenljivosti metode mjerenja ute- zanja za određivanje točke zasićenosti kod vrsta, koje ne sadr- žavaju lako hlapljivih tvari, treba uzeti u obzir i činjenicu, da se opće usvojenom metodom određivanja sadržaja vlage suše- njem u sušioniku do konstantne težine kod $102 \pm 3^{\circ} \text{C}$, bez obzira na vrstu drveta, ne može odrediti vlaga s većom toč- nošću od $\pm 1^{\circ}$ (Dawe⁷). Ako se nadalje usvoji činjenica, da se

ni onom metodom, koja se smatra kao dovoljno točna, a to je metoda mjerenja električnog otpora, ne može odrediti točka zasićenosti s većom točnošću od $\pm 1\%$, može se zaključiti: da je metoda mjerenja volumnog utežanja za određivanje točke zasićenosti primjenljiva za one vrste drveta, koje nemaju lako hlapljivih tvari, uz uvjet, da se primijeni dovoljno velik broj proba relativno malog poprečnog prijesjeka. Za vrste drveta, koje sadržavaju veće količine lako hlapljivih tvari, ona je manje primjenljiva.

D) Utjecaj veličine i položaja proba u stablu na točku zasićenosti — *Influence of size and position of specimen in the stem on the fibre-saturation point.*

a) Utjecaj veličine proba na točku zasićenosti

Mjerenjem volumnog utežanja određena je kod hrastovine (srževine) točka zasićenosti. Upotrebene su probe oblika kocke dužine brida 20, 30, 40 i 50 mm.

Širina goda, širina zone kasnog drveta, volumno utežanje, nominalna volumna težina i točka zasićenosti obračunane su statistički i rezultati su izneseni u tablicama 25 . . . 29.

Iznosi t , izračunani po Fisheru¹¹, pokazuju, da su signifikantne razlike točke zasićenosti s promjenama veličine probe.

Na apscisu na sl. 16 naneseni su bridovi probe oblika kocke, a na ordinatu odgovarajuće aritmetške sredine točke zasićenosti, kod kojih je uzeto u obzir uvećanje gustoće adsorbirane vode za 3% (po Stammu⁵⁰),

S uvećavanjem veličine probe umanjuje se točka zasićenosti. Ovu smo zakonitost izrazili vršnom parabolom:

$$y = a - bx^2 \quad (27)$$

Parametri vršne parabole (a i b) i njihove statističke pogreške (σ_a i σ_b) izračunani su varijacijsko-statistički. U tu svrhu uzeti su za x bridovi probe oblika kocke u cm , a za y odgovarajuće aritmetške sredine točke zasićenosti iz tablice 29.

Normalne jednadžbe za vršnu parabolu glase:

$$I \quad n \cdot a - b \Sigma (x^2) = \Sigma (y)$$

$$II \quad \Sigma (x^2) \cdot a - b \Sigma (x^4) = \Sigma (x^2y)$$

Tablica — Table 25.

Širina goda — hrastovina — Annual-ring width, oak-wood

Veličina proba Specimen size	Broj proba Number of specimens	Granice Limits	m	f _m	σ	f _σ
mm		mm	mm		mm	
20 × 20 × 20	58	0.80 . . 1.89	1.06	± 0.05	± 0.41	± 0.04
30 × 30 × 30	56	0.97 . . 1.40	1.14	± 0.02	± 0.13	± 0.01
40 × 40 × 40	40	1.15 . . 1.76	1.35	± 0.05	± 0.30	± 0.03
50 × 50 × 50	47	1.14 . . 1.73	1.36	± 0.03	± 0.22	± 0.02

Tablica — Table 26.

Širina zone kasnog drveta — hrastovina

The width of the summerwood zone, oak - wood

Veličina proba Specimen size	Broj proba Number of specimens	Granice Limits	m	f _m	σ	f _σ
mm		mm	mm		mm	
20 × 20 × 20	58	0.43 . . 1.03	0.69	± 0.03	± 0.22	± 0.02
30 × 30 × 30	56	0.50 . . 1.06	0.78	± 0.02	± 0.13	± 0.01
40 × 40 × 40	40	0.70 . . 1.40	0.98	± 0.03	± 0.18	± 0.02
50 × 50 × 50	47	0.90 . . 1.36	1.07	± 0.02	± 0.13	± 0.01

Tablica — 27.

Volumno utezanje (α_v) — hrastovina
Volumetric shrinkage (α_v), oak - wood

Veličina proba Specimen size	Broj proba Number of specimens	Granice Limits	m	f _m	σ	f _σ
mm		%	%		%	
20 × 20 × 20	58	10.22 . . 13.91	12.05	± 0.10	± 0.75	± 0.07
30 × 30 × 30	56	9.97 . . 13.40	11.59	± 0.13	± 0.96	± 0.09
40 × 40 × 40	40	8.63 . . 13.09	11.09	± 0.13	± 0.85	± 0.10
50 × 50 × 50	47	9.19 . . 11.63	10.39	± 0.09	± 0.62	± 0.06

Tablica — Table 28.

Nominalna volumna težina (t_n) — hrastovina — Specific gravity (t_n), oak-wood

Veličina proba Specimen size	Broj proba Number of specimens	Granice Limits	m	f _m	σ	f _σ
mm		g/cm ³	g/cm ³		g/cm ³	
20 × 20 × 20	57	0.467 . . 0.566	0.507	± 0.003	± 0.022	± 0.002
30 × 30 × 30	56	0.482 . . 0.546	0.507	± 0.004	± 0.027	± 0.003
40 × 40 × 40	40	0.495 . . 0.549	0.515	± 0.001	± 0.008	± 0.001
50 × 50 × 50	47	0.506 . . 0.547	0.521	± 0.004	± 0.029	± 0.003

Tablica — Table 29.

Točka zasićenosti (k) — hrastovine — Fibre-saturation point (k), oak-wood

Veličina probe Specimen size	Broj proba Number of specimens	Granice. Limits	k	f_k	σ	f_σ	t iznos t-amount
mm		%	%		%		
20 × 20 × 20	58	21.7 . . . 28.1	24.5	± 0.2	± 1.4	± 0.1	3.65
30 × 30 × 30	56	18.8 . . . 26.1	23.5	± 0.2	± 1.7	± 0.2	3.81
40 × 40 × 40	40	17.6 . . . 25.5	22.2	± 0.2	± 1.5	± 0.2	5.85
50 × 50 × 50	47	17.8 . . . 23.3	20.5	± 0.2	± 1.2	± 0.1	

x	y	y ²	x ²	yx	x ⁴	x ² y
2	24,5	600,25	4	49,0	16	98,0
3	23,5	552,25	9	70,5	81	211,5
4	22,2	492,84	16	88,8	256	355,2
5	20,5	420,25	25	102,5	625	512,5
14	90,7	2065,59	54	310,8	978	1177,2

Uvrštavanjem vrijednosti u gornje normalne jednadžbe izlazi:

$$I \quad 4 \cdot a - 54 b = 90,7$$

$$II \quad 54 \cdot a - 978 b = 1177,2$$

$$b = + 0,189 \ 764$$

$$a = + 25,236 \ 814$$

Jednadžba vršne parabole glasi:

$$y = 25,24 - 0,19 x^2 \quad (28)$$

Dajući x-u nekoliko vrijednosti izračunana je za te vrijednosti x varijabla y i nacrtana krivulja vršne parabole na sl. 16

x =	0	1	2	3	4	5	6
y =	25,2	25,1	24,5	23,5	22,2	20,5	18,4

Vidi se, da je točka zasićenosti za bridove proba 2, 3, 4 i 5 cm oblika kocke, izračunana iz uklopljene vršne parabole, jednaka točki zasićenosti određenoj eksperimentalnim putem za iste veličine probe.

Vršna parabola siječe ordinatnu os u točki:

$$y = a = 25,2.$$

Uklopljena je parabola
The parabola inserted is:

Standardna devijacija
Standard deviation:

c multiplikatori
c multipliers:

Griješka parametra a
Parameter a error:

Griješka parametra b
Parameter b error:

$$y = a - bx^2$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum (Y - y)^2}{n - 2} = 0,000\ 575\ 500$$

$$C_{11} = + 0,981\ 945\ 331$$

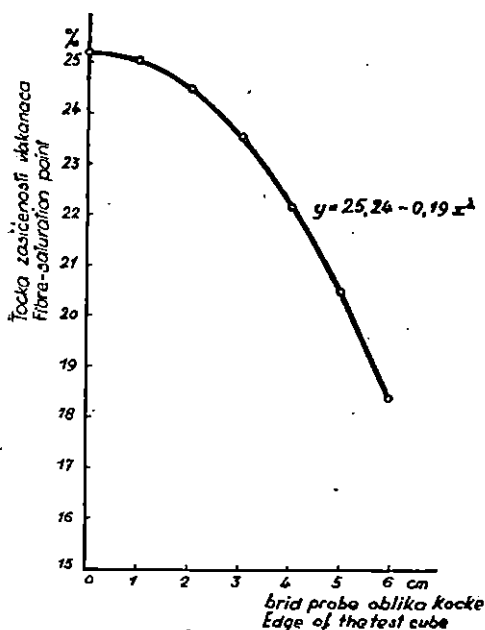
$$C_{22} = + 0,004\ 016\ 161$$

$$\sigma_a^2 = \sigma^2 \cdot C_{11}; \sigma_a = \pm 0,024$$

$$\sigma_b^2 = \sigma^2 \cdot C_{22}; \sigma_b = \pm 0,002$$

$$a \pm \sigma_a = 25,237 \pm 0,024$$

$$b \pm \sigma_b = - 0,190 \pm 0,002$$



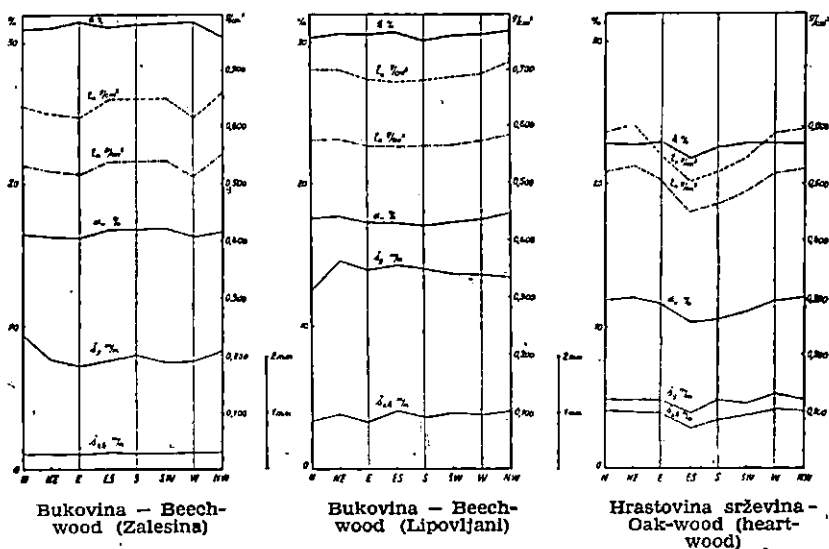
Sl. — Fig. 16. Utjecaj veličine probe na točku zasićenosti
Influence of the test piece on fibre-saturation point

Griješka parametra a ujedno je i griješka presijecišta parabole s ordinatom (y).

Iz slike 16 vidi se, da je točka zasićenosti to veća, što je manji brid probe oblika kocke, i da u točki $y = a$ doseže maksimum, koji se gotovo idealno podudara s točkom zasićenosti

(25,4) hrastovine (srževine) određenom mjerenjem čvrstoće na pritisak u smjeru vlakanaca.

Ova koincidencija rezultata ukazuje na novu mogućnost određivanja točke zasićenosti mjerenjem utezanja na probama oblika kocke raznih bridova.



Sl. — Fig. 17. Utjecaj položaja proba u stablu s obzirom na strane svijeta na k , t_0 , t_n , α_v , \check{s}_g i \check{s}_{zk} — Influence of the position of specimen in tree with regard to cardinal points on k , t_0 , t_n , α_v , \check{s}_g and \check{s}_{zk}

k = točka zasićenosti vlakanaca u % — Fibre-saturation point in %

α_v = volumno utezanje u % — volumetric shrinkage in %

t_0 = volumna težina u apsolutno suhom stanju u g/cm^3 — volume weight in the absolute dry state in $g/cu. cm$.

t_n = nominalna volumna težina u g/cm^3 — specific gravity in $g/cu. cm$.

\check{s}_g = širina goda u mm — annual-ring width in mm.

\check{s}_{zk} = širina zone kasnog drveta u mm — summerwood zone width in mm.

Već otprije je poznato (39, 48), da veličina probe ima neki utjecaj na točku zasićenosti, ali koliki i kakav, na to pitanje nije dosad odgovoreno. Kod velikih proba vlaga u drvetu nije jednolično distribuirana. Stamm⁴⁸ je stoga uzeo za određivanje točke zasićenosti električnom metodom vrlo tanke probe, koje su bile tanje u smjeru vlakanaca od dužine pojedinih vlakana. Na taj način sve su vlakanca bila presječena. Isušivanje takvih proba odigrava se bez naprezanja.

Tablica — Table 30.

Utjecaj položaja proba u stablu s obzirom na strane svijeta, na širinu goda (ξ_g) širinu zone kasnog drveta (ξ_{zk}), volumno utezanje (α_v), volumnu težinu (t_o), nominalnu volumnu težinu (t_n) i točku zasićenosti (k).

Influence of the position of specimen in tree with regard to cardinal points, annual-ring width (ξ_g), width of summerwood zone (ξ_{zk}), volumetric shrinkage (α_v), volume weight (t_o), specific gravity (t_n), and fibre - saturation point (k)

Vrsta Species			N	NE	E	ES	S	SW	W	NW
	Bukovina (Zalesina) Beech - wood	ξ_g	m/m	2.38	1.94	1.81	1.91	2.05	1.89	1.91
ξ_{zk}		m/m	0.29	0.29	0.28	0.31	0.28	0.28	0.28	0.28
α_v		%	16.46	16.28	16.28	18.82	16.92	16.95	16.26	16.64
t_o		g/cm ³	0.637	0.625	0.620	0.650	0.652	0.653	0.618	0.662
t_n		g/cm ³	0.533	0.523	0.518	0.541	0.541	0.542	0.518	0.551
k		%	30.90	31.13	31.41	31.14	31.27	31.29	31.38	30.27

Bukovina (Lipovljani) Beech - wood	ξ_g	m/m	3.14	3.65	3.50	3.57	3.51	3.42	3.40	3.36
	ξ_{zk}	m/m	0.85	0.98	0.86	1.03	0.91	0.97	0.95	1.01
	α_v	%	17.56	17.68	17.28	17.27	17.05	17.32	17.54	17.97
	t_o	g/cm ³	0.702	0.702	0.685	0.680	0.683	0.688	0.694	0.712
	t_n	g/cm ³	0.578	0.578	0.567	0.563	0.566	0.569	0.575	0.584
	k	%	30.38	30.60	30.48	30.70	30.14	30.46	30.54	30.80

Hrastovina (srževina) Oak - wood (heartwood)	ξ_g	m/m	1.23	1.21	1.21	0.98	1.20	1.15	1.31	1.22
	ξ_{zk}	m/m	1.04	1.02	0.98	0.73	0.88	0.94	1.05	1.04
	α_v	%	11.85	12.04	11.59	10.34	10.52	11.09	11.84	12.00
	t_o	g/cm ³	0.590	0.603	0.572	0.505	0.520	0.547	0.589	0.599
	t_n	g/cm ³	0.520	0.530	0.506	0.451	0.465	0.487	0.519	0.627
	k	%	22.77	22.70	22.91	21.77	22.63	22.82	22.86	22.75

Jelovina Fir - wood	ξ_g	m/m	2.13	2.14	1.89	1.72	1.68	1.80	1.89	2.03
	ξ_{zk}	m/m	0.75	0.78	0.65	0.66	0.62	0.62	0.69	0.76
	α_v	%	11.44	12.20	13.29	13.43	12.95	12.04	12.43	12.02
	t_o	g/cm ³	0.440	0.442	0.435	0.443	0.443	0.442	0.447	0.454
	t_n	g/cm ³	0.390	0.388	0.378	0.383	0.384	0.382	0.391	0.399
	k	%	29.44	31.50	35.30	33.33	33.68	35.46	31.82	30.19

Smrekovina Spruce - wood	ξ_g	m/m	2.72	2.81	2.39	2.02	1.88	2.07	2.39	2.71
	ξ_{zk}	m/m	0.99	1.11	0.89	0.79	0.69	0.77	0.92	1.11
	α_v	%	13.73	14.97	15.86	15.74	15.69	15.94	15.72	15.82
	t_o	g/cm ³	0.423	0.445	0.471	0.473	0.459	0.472	0.475	0.458
	t_n	g/cm ³	0.364	0.379	0.396	0.398	0.386	0.396	0.400	0.386
	k	%	37.59	39.52	40.02	39.51	40.69	40.26	39.30	41.04

Slika 16. pokazuje, da bi se uzimanjem po volji malenih proba oblika kocke mogli dovoljno približiti pravom iznosu točke zasićenosti, koja korespondira onoj dobivenoj mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima, ali umanjivanje dimenzija probe ima svoju tehničku granicu, ispod koje se ne može ići. No usprkos tome sl. 16. pokazuje, da se i iz rezultata, koje daju probe raznih relativno velikih dimenzija, može odrediti pravi iznos za točku zasićenosti, ako je broj proba oblika kocke dovoljno velik, ako se podaci obrade varijacijsko-statistički i prikažu na opisan način.

To je svakako snažan dokaz, da se mjerenjem volumnog utezanja može odrediti točka zasićenosti istom točnošću kao mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima.

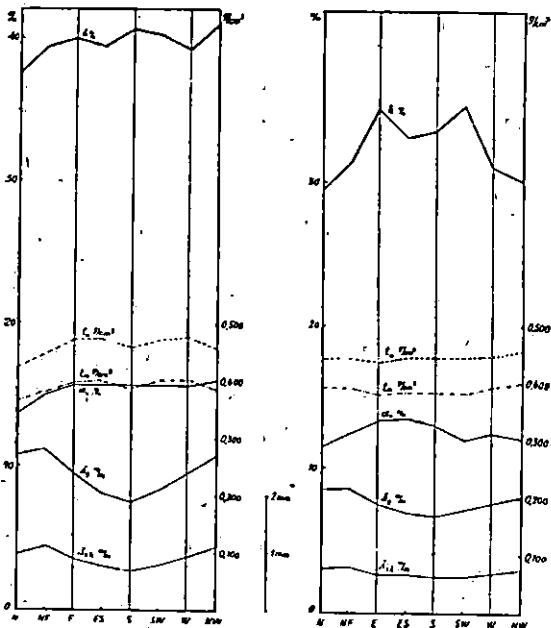
Ovo otvara novu naučnu problematiku i traži, da bude provjereno: da li i kod ostalih vrsta drveta utjecaj veličina probe na točku zasićenosti podliježe istoj zakonitosti?

b) Utjecaj položaja proba u stablu s obzirom na strane svijeta, na točku zasićenosti (k).

Za istraživanje ovog utjecaja upotrebljene su probe prve grupe veličine 20 mm × 20 mm × 60 mm. Širina goda, širina zone kasnog drveta, volumnog utezanja, nominalne volumne težine i točke zasićenosti, bukovine (*Zalesina*), bukovine (*Lipovljani*), hrastovine (srževine), jelovine i smrekovine razvrstane su po stranama svijeta i aritmetške sredine iznesene su u tablici 30 i na sl. 17 i 18. Probe su razvrstane prema sl. 3 na taj način, što je uzeto, da probe broj 1 i 2 leže na sjevernoj (N), broj 4 i 5 na istočnoj (E), broj 7 i 8 na južnoj (S), br. 10 i 11 na zapadnoj (W) strani stabla, proba br. 3 na sjeveroistočnoj (NE), br. 6 na jugoistočnoj (ES), br. 9 na jugozapadnoj (SW) i br. 12 na sjeverozapadnoj (NW) strani stabla. Prema tome na stranama N, E, S i W ima dva puta veći broj proba nego na stranama NE, ES, SW i NW.

Iz slike 17 i 18 vidi se, da su varijacije točke zasićenosti s obzirom na strane svijeta u stablu veće kod istraživanih četinjača nego kod listača.

Kod jelovine varijacije pokazuju izrazite maksimume na istočnoj (E) i jugozapadnoj (SW) strani stabla, a minimum na sjevernoj (N) i sjeverozapadnoj strani (NW) stabla.



Smrekovina — Spruce-wood Jelovina — Fir-wood

Sl. — Fig. 18. Utjecaj položaja proba u stablu s obzirom na strane svijeta na k , t_0 , t_n , α_v , ξ_g i ξ_{zk} —

Influence of the position of specimen in tree with regard to cardinal points on k , t_0 , t_n , α_v , ξ_g , and ξ_{zk}

k = točka zasićenosti vlaknaca u % — fibre-saturation point in %
 α_v = volumno utezanje u % — volumetric shrinkage in %

t_0 = volumna težina u apsolutno suhom stanju u g/cm^3 — volume weight (in the absolute dry state) in $g/cu. cm.$

t_n = nominalna volumna težina u g/cm^3 — specific gravity in $g/cu. cm.$

ξ_g = širina goda u mm — annual-ring width in mm.

ξ_{zk} = širina zone kasnog drveta u mm — summer-wood zone width in mm.

Kod smrekovine se maksimalni iznos točke zasićenosti nalazi na sjeverozapadnoj strani (NW), a minimum na sjevernoj strani (N).

Kod bukovine i hrastovine varijacije su minimalne.

E) Varijacije točke zasićenosti unutar hrastovine — Variations of the fibre-saturation point within oak-wood

U tablicama 31...35 prikazane su aritmetške sredine, standardne devijacije i njihove statističke pogreške obračunane varijacijsko-statistički za: širinu goda, širinu zone kasnog drveta, volumno utezanje, nominalnu volumnu težinu i točku zasićenosti. Standardne devijacije računane su na bazi odstupanja svake pojedine varijante od aritmetške sredine. Kod svake varijante točke zasićenosti uzeto je u obzir uvećanje gustoće adsorbirane vode za 3%.

U tablici 36 nalazi se pregled rezultata treće grupe proba, a u tablici 37 donesena je točka zasićenosti za svu istraživanu hrastovinu, određena metodom mjerenja utezanja.

a) Varijacije točke zasićenosti s obzirom na položaj proba u stablu.

Složene aritmetške sredine točke zasićenosti proba treće skupine razvrstanih na probe iz korijena, debla i grana iznose:

korijen	87 proba*	22,9%	točka zasićenosti
deblo	687 proba	23,5%	točka zasićenosti
grana	99 proba	22,2%	točka zasićenosti
Ukupno		873 probe	

*Trendelenburg*⁵⁶ (str. 15) navodi, da korijen ima točku zasićenosti od 40...50% prema podacima *Harviga* (1894) za hrastovinu i *Omeisa* (1895) za bukovinu. Po tim podacima točka zasićenosti korijena hrastovine opada s udaljenošću od panja.

*Trendelenburg*⁵⁵ (str. 204) navodi dalje, da je po *Siiimesu* volumno utezanje drveta borove grane $\alpha_v = 7,8\%$, a nominalna volumna težina $t_n = 0,836$ i prema tome točka zasićenosti $k = 9,3\%$.

Po našim istraživanjima aritmetške sredine i granice za srževinu i bjeljikovinu drveta hrastova korijena na udaljenosti 0,5 m od panja iznose:

	bjeljikovina			srževina		
volumno						
utezanje	7,93	... 10,53	... 12,89%	8,37	... 13,16	... 16,28%
nominal. vol.						
težina	0,402	... 0,492	... 0,567 g/cm ³	0,490	... 0,578	... 0,654 g/cm ³
točka zasiće-						
nosti	16,7	... 22,2	... 29,4%	14,5	... 23,6	... 30,6%

* Probe korijena potječu od neistraženog stabla. Podaci su komparabilni samo što se tiče vrste drveta.

a kod drveta hrastove grane (srževine):

volumno utezanje	11,04 ... 13,92 ... 18,24%
nominalna volumna težina	0,601 ... 0,644 ... 0,767 g/cm ³
točka zasićenosti	15,6 ... 22,2 ... 25,7%

Iz toga se vidi, da kod korijena nisu nađene tako visoke vrijednosti kao što su one, koje navodi *Hartig*. Rezultati za drvo grane nisu komparabilni, jer je *Siimes* istraživao borovinu, a mi hrastovinu.

Građa hrastova korijena razlikuje se od građe debla. S udaljenošću od panja drvo korijena postaje sve više difuzno porozno, nestaje tila i osržavanja (*Trendelenburg*⁵⁵ str. 82). U našem slučaju srževina se razlikovala od bjeljikovine zbog male udaljenosti od panja (0,5 m) probnog koluta, uzetog iz jedne postrane žile.

Točka zasićenosti sve istražene hrastovine iznosi:

korijen	87 proba . . .	22,9%	točka zasićenosti
deblo	1.122 probe . . .	23,4%	točka zasićenosti
grana	99 proba . . .	22,2%	točka zasićenosti

Ukupno: 1.308 proba

Iz ovoga izlazi, da najveći iznos za točku zasićenosti ima drvo iz sredine čistog debla, a najmanji drvo grane. Razlike nisu velike, i može se reći, da drvo grane i korijena ima podjednak iznos za točku zasićenosti.

Probe II., III. i IV. grupe potječu od istog debla. Iz rezultata ovih grupa razabire se, da je točka zasićenosti najveća u polovini dužine čistog debla (t. j. od zemlje do prve žive grane), manja pri vrhu debla, a tek neznatno manja 0,5 m iznad zemlje.

Razlike su signifikantne, a ne slučajne, što pokazuje uporedba t iznosa iz tablice 35 s iznosima po *Fisheru*⁴¹ (str. 174).

b) *Varijacije točke zasićenosti s obzirom na srževinu i bjeljikovinu.*

Za prosuđivanje utjecaja srževine i bjeljikovine na točku zasićenosti razmatramo probe od istog stabla od istog prijesjeka, jedne uzete iz srževine (grupa VI), a druge iz bjeljikovine (grupa VIII):

srževina	114 proba . . .	24,1%	točka zasićenosti
bjeljikovina	120 proba . . .	23,0%	točka zasićenosti

ili za svu istraženu hrastovinu:

srževina	1.142 probe . . .	23,3%	točka zasićenosti
bjeljikovina	166 proba . . .	22,8%	točka zasićenosti

Tablica — Table 31.

Širina goda hrastovine — Annual-ring width of oak-wood

Položaj proba u stablu Position of the specimens in the tree	Grupa Group	Broj Number	Granice — Limits	m	f_m	σ	f_σ
	proba of specimens		mm	mm		mm	
Korijen (srževina) — Root-wood (heartwood)	I _s	41	2,00 12,50)	7,22	± 0,37	± 2,40	± 0,27
Korijen (bjeljikovina) — Root-wood (sapwood)	I _b	46	2,62 11,50	6,38	± 0,31	± 2,08	± 0,22
Deblovina 0,5 m iznad zemlje Stem wood 0.5 m above ground	II	116	1,7 3,00	1,87	± 0,03	± 0,37	± 0,02
Sredina čistog debla — Mid-length of clear stem	III	116	1,15 2,19	1,60	± 0,02	± 0,22	± 0,01
Deblovina krošnje — Stem wood in the crown	IV	102	0,85 2,90	1,57	± 0,03	± 0,33	± 0,02
Grana — Branch wood	V	99	1,81 5,75	2,52	± 0,11	± 1,13	± 0,08
Sredina čistog debla, bjeljikovina Mid-length of clear stem, sapwood	VI	120	2,33 4,50	3,11	± 0,08	± 0,85	± 0,06
Sredina čistog debla, srževina Mid-length of clear stem, heartwood	VII	119	2,25 6,50	3,58	± 0,15	± 1,60	± 0,10
Sredina čistog debla, srževina (uski god) Mid-length of clear stem, heartwood (narrow- ringed)	VIII	114	0,69 1,78	1,12	± 0,05	± 0,49	± 0,03

88 Tablica — Table 32. Širina zone kasnog drveta hrastovine — Width of the zone of oak summerwood

Položaj proba u stablu Position of the specimens in the tree	Grupa	Broj	Granice — Limits	m	f_m	σ	f_σ
	Group	Number					
	proba of specimens	mm		mm		mm	
Korijen (srževina) = Root-wood (heartwood)	I _a	41	1,25 10,00	6,14	± 0,35	± 2,23	± 0,25
Korijen (bjeljikovina) — Root-wood (sapwood)	I _b	46	1,87 10,70	5,40	± 0,32	± 2,14	± 0,22
Deblovina 0,5 m iznad zemlje Stem wood 0,5 m above ground	II	116	0,50 2,06	1,13	± 0,03	± 0,33	± 0,02
Sredina čistog debla — Mid-length of clear stem	III	116	0,60 1,50	0,97	± 0,02	± 0,17	± 0,01
Deblovina krošnje — Stem wood in the crown	IV	102	0,33 2,10	0,96	± 0,03	± 0,28	± 0,02
Grana — Branch wood	V	99	1,06 5,22	1,98	± 0,07	± 0,68	± 0,05
Sredina čistog debla, bjeljikovina Mid-length of clear stem, sapwood	VI	20	1,40 3,50	2,27	± 0,05	± 0,50	± 0,03
Sredina čistog debla, srževina Mid-length of clear stem, heartwood	VII	119	1,13 4,75	2,68	± 0,08	± 0,87	± 0,06
Sredina čistog debla, srževina (uski god) Mid-length of clear stem, heartwood (narrow- ringed)	VIII	114	0,57 1,43	0,92	± 0,02	± 0,19	± 0,01

Tablica — Table 33. Volumno utezanje α_v hrastovine — Volumetric shrinkage α_v of oak-wood

Položaj proba u stablu Position of the specimens in the tree	Grupa Group	Broj Number	Granice Limits	m	f_m	σ	f_σ
	proba of specimens		%	%		%	
Korijen (srževina) Root-wood (heartwood)	I _s	41	8.37 . . . 16.28	13.16	± 0.27	± 1.7	± 0.19
Korijen (bjeljikovina) Root-wood (sapwood)	I _b	46	7.93 . . . 12.89	10.53	± 0.16	± 1.09	± 0.11
Deblovina 0.5 m iznad zemlje Stem wood 0.5-m above ground-	II	116	9.08 . . . 14.03	11.83	± 0.09	± 0.99	± 0.06
Sredina čistog debla Mid-length of clear stem	III	116	9.16 . . . 14.32	11.78	± 0.09	± 1.02	± 0.07
Deblovina krošnje Stem wood in the crown	IV	102	7.83 . . . 13.96	11.30	± 0.09	± 0.96	± 0.07
Grana Branch wood	V	99	11.04 . . . 18.24	13.92	± 0.11	± 1.08	± 0.08
Sredina čistog debla, bjeljikovina Mid-length of clear stem, sapwood	VI	120	9.06 . . . 13.45	11.16	± 0.07	± 0.76	± 0.50
Sredina čistog debla, srževina Mid-length of clear stem, heartwood	VII	119	10.40 . . . 15.21	12.75	± 0.08	± 0.85	± 0.06
Sredina čistog debla, srževina (uski god) Mid-length of clear stem, heartwood (narrow-ringed)	VIII	114	8.70 . . . 14.85	11.59	± 0.13	± 1.34	± 0.09

Tablica — Table 34. Nominalna volumna težina (t_n) hrastovine — Specific gravity (t_n) of oak-wood

Položaj proba u stablu Position of the specimens in the tree	Grupa Group	Broj Number	Granice Limits	m	f_m	σ	f_σ
	proba of specimens		g/cm ³	g/cm ³		g/cm ³	
Korijen (srževina) Root-wood (heartwood)	I _a	41	0.490 0.654	0.578	± 0.005	± 0.033	± 0.004
Korijen (bjeljikovina) Root-wood (sapwood)	I _b	46	0.402 0.567	0.492	± 0.007	± 0.044	± 0.005
Deblovina 0.5m iznad zemlje Stem wood 0.5m above ground	II	116	0.442 0.555	0.514	± 0.002	± 0.025	± 0.002
Sredina čistog debla Mid-length of clear stem	III	116	0.461 0.569	0.505	± 0.002	± 0.020	± 0.001
Deblovina krošnje Stem wood in the crown	IV	102	0.461 0.706	0.515	± 0.004	± 0.037	± 0.003
Grana Branch wood	V	99	0.601 0.767	0.644	± 0.005	± 0.045	± 0.003
Sredina čistog debla, bjeljikovina Mid-length of clear stem, sapwood	VI	120	0.475 0.536	0.499	± 0.001	± 0.014	± 0.001
Sredina čistog debla, srževina Mid-length of clear stem, heartwood	VII	119	0.507 0.595	0.554	± 0.002	± 0.027	± 0.002
Sredina čistog debla, srževina (uski god) Mid-length of clear stem, heartwood (narrow-ringed)	VIII	114	0.440 0.550	0.494	± 0.003	± 0.032	± 0.002

Tablica — Table 35. Točka zasićenosti hrastovine — Fibre-saturation point of oak-wood

Položaj proba u stablu Position of the specimens in the tree	Grupa Group	Broj Number	Granice Limits	k	f_k	σ	f_σ	iznosi po Fischeru totals after Fisher
	proba of specimens		%	%		%		
Korijen (srževina) Root-wood (heartwood)	I _a	41	14.5 30.6	23.6	± 0.5	± 3.4	± 0.4	1,957
Korijen (bjeljikovina) Root-wood (sapwood)	I _b	46	16.7 29.4	22.2	± 0.4	± 2.7	± 0.3	
Deblovina 0.5 m iznad zemlje Stem wood 0.5 m above ground	II	116	18.5 28.6	23.7	± 0.2	± 1.9	± 0.1	1,357
Sredina čistog debla Mid-length of clear stem	III	116	18.9 30.4	24.0	± 0.2	± 1.9	± 0.1	5,894
Deblovina krošnje Stem wood in the crown	IV	102	16.7 25.5	22.6	± 0.2	± 1.6	± 0.1	1,701
Grana — Branch wood	V	99	15.6 25.7	22.2	± 0.2	± 2.1	± 0.2	3,535
Sredina čistog debla, bjeljikovina Mid-length of clear stem, sapwood	VI	120	19.4 28.0	23.0	± 0.1	± 1.5	± 0.1	2,242
Sredina čistog debla, srževina Mid-length of clear stem, heartwood	VII	119	18.6 28.9	23.7	± 0.2	± 1.9	± 0.1	
Sredina čistog debla, srževina (uski god) Mid-length of clear stem, heartwood (narrow-ringed)	VIII	114	17.4 29.6	24.1	± 0.2	± 2.2	± 0.1	2,387

Tablica — Table 36.

Pregled rezultata (aritm. sredine) hrastovine — Survey of the results (arithmetic means) for oak-wood

Položaj proba u stablu Position of the specimens in the tree	Grupa Group	Broj Number	Godovi — Annual rings			Volumno ućežanje Volumetric shrinkage (α_v)	Nominalna volumna težina Specific gravity (t_n)	Točka za- sječivosti Fibre-satu- ration point (k)
			Širina Width	Kasno drvo Summer- wood	% kasnog drveta % of sum- merwood			
	proba of specimens		mm	%	%	g/cm ³	%	
	Korijen (srževina) Root-wood (heartwood)	I _a	41	7.22	6.14	85	13.16	0.578
Korijen (bjeljikovina) Root-wood (sapwood)	I _b	46	6.38	5.40	85	10.53	0.492	22.2
Deblovina 0.5 m iznad zemlje Stem wood 0.5 m above ground	II	116	1.87	1.13	60	11.83	0.514	23.7
Sredina čistog debla Mid-length of clear stem	III	116	1.60	0.97	61	11.78	0.505	24.0
Deblovina krošnje Stem wood in the crown	IV	102	1.57	0.96	61	11.30	0.515	22.6
Grana — Branch wood	V	99	2.52	1.98	79	13.92	0.644	22.2
Sredina čistog debla, bjeljikovina Mid-length of clear stem, sapwood	VI	120	3.11	2.27	73	11.16	0.499	23.0
Sredina čistog debla, srževina Mid-length of clear stem, heartwood	VII	119	0.58	2.68	75	12.75	0.554	23.7
Sredina čistog debla, srževina (uski god) Mid-length of clear stem, heartwood (narrow-ringed)	VIII	114	1.12	0.92	82	11.59	0.493	24.1

Tablica Table 37.

Pregled točke zasićenosti sve istraživane hrastovine određene metodom utezanja — Survey of the fibre-saturation point data of all oak-wood specimens investigated by the method of volumetric shrinkage

Grupa Group	Broj proba Number of specimens	Dimenzije proba Specimen size, mm	Oznaka Mark	Položaj proba u stablu Position of the specimens in the tree	Srževina ili bjeljikovina Heartwood or sapwood	Točka zasićenosti Fibre-satura- tion point
Prva First	234	20×20×60	H	Sredina debla Stem mid-height	Srževina Heartwood	23.5
Druga Second	58	20×20×20		Sredina debla Stem mid-height	Srževina Heartwood	24.5
	56	30×30×30				23.5
	40	40×40×40				22.2
	47	50×50×50				20.5
Treća Third	46	20×20×30	I _b	Korijen Root-wood	Bjeljikovina Sapwood	22.2
	41		I _s		Srževina Heartwood	23.6
	116		II	Deblovina do panja Butt-log wood	— „ —	22.7
	116		III	Sredina debla Stem mid-height	— „ —	24.0
	102		IV	Deblovina krošnje Stem wood in the crown	— „ —	22.6
	99		V	Grana Branch wood.	— „ —	22.2
	120		VI	Sredina deblvine Stem wood in the mid-length	Bjeljikovina Sapwood	23.0
	119		VII	— „ — — „ —	Srževina Heartwood	23.7
	114		VIII	— „ — — „ —	— „ —	24.1
Ukupno Total	1308	Složena aritmetička sredina Compound arithmetical mean				23.3

Točka zasićenosti srževine veća je od točke zasićenosti bjeljikovine. Te razlike, iako male, nisu slučajne, nego signifikantne, što se vidi iz tablice 35, ako se t iznosi, izračunani po Fisheru, uporede s tablicom IV Fisher¹¹ (str. 174).

Logično bi bilo očekivati obratno, t. j. da je točka zasićenosti kod bjeljikovine veća nego kod srževine, jer su u staničnim stijenkama srževine nagomilane treslovine i netreslovine i po tom bi trebalo da količina adsorbirane vode bude veća kod bjeljikovine nego kod srževine. Razlog, da je točka zasićenosti srževine veća od točke zasićenosti bjeljikovine, leži u tome, što se kod napajanja hrastovih proba vodom izlučuju neke količine netreslovina i treslovina, o čemu se lako uvjeriti, jer se u vodi, u kojoj se natapaju probe, primjećuje nakon nekog vremena talog, koji potječe od izlučenih tvari.

Po Stammovim⁴⁸ istraživanjima uvećava se točka zasićenosti uklanjanjem ekstrakata iz sekvojevine. Janka (po Ugreновиću⁵⁸, str. 158) je našao, da se utezanje smanjuje izluživanjem kemijskih sastojaka iz drveta. Razumljivo je, da se izluživanjem kemijskih sastojaka umanjuje i nominalna volumna težina. Kako se izluživanjem ekstrakata uvećava točka zasićenosti, znači, da je veći utjecaj umanjivanja nominalne volumne težine na točku zasićenosti od utjecaja umanjivanja volumnog utezanja.

c) Varijacije točke zasićenosti s obzirom na širinu goda i zone kasnog drveta.

Upoređivanjem grupe VII. i VIII. izlazi:

	broj proba	širina goda mm	kasno drvo %	točka zasi- ćenosti %
probe širokog goda	119	3,58	75	23,7
probe uskog goda	114	1,12	82	24,1

Točka zasićenosti nešto je veća kod uskog goda i većeg procentualnog učešća kasnog drveta. Vjerojatno da postoji i neka zavisnost, ali koliko i kakva je ta zavisnost, predmet je zasebne studije, kod koje treba isključiti utjecaj svih ostalih činilaca. U vezi s tim treba prostudirati i utjecaj postotka kasnog drveta i volumen pora na točku zasićenosti.

Složena aritmetaska sredina za svih 1.308 proba istraživane hrastovine, određena mjerenjem volumnog utezanja, iznosi 23,3%.

VII. ZAKLJUČAK — CONCLUSION

Cilj istraživanja je utvrditi točku zasićenosti bukovine, hrastovine, jelovine i smrekovine, metodom volumnog utezanja i metodom čvrstoće na pritisak u smjeru vlakana; istražiti utjecaj veličine proba na točku zasićenosti; istražiti varijacije točke zasićenosti unutar hrastovine s obzirom na položaj proba u stablu i s obzirom na srževinu i bjeljikovinu.

Izloživši problem, način uzimanja proba i metodu rada, autor iznosi zaključke, do kojih je došao:

1. a) Točka zasićenosti žice istraživanih vrsta (tablica br. 20) određena mjerenjem volumnog utezanja od napojenog do apsolutno suhog stanja iznosi:

	Točka zasićenosti vlakana u %	
	granice	aritmetička sredina
bukovina (Zalesina)	25,7 . . . 36,7	32,1 ± 0,1
bukovina (Lipovljani)	28,2 . . . 35,5	31,4 ± 0,1
hrastovina (srževina)	18,2 . . . 35,2	23,5 ± 0,1
jelovina	21,1 . . . 45,5	33,7 ± 0,3
smrekovina	23,9 . . . 45,2	39,4 ± 0,2

Pojedine varijante dispergirane su kod iste vrste drveta u relativno širokom intervalu. Taj je interval prosječno oko 1,5 puta širi kod istraživanih četinjača, kod kojih iznosi prosječno 22% nego kod istraživanih listača, kod kojih iznosi 14% u apsolutnom smislu (tablica 15 . . . 19 i sl. 4 . . . 8).

b) Sadržaj smole i masti istraživane smrekovine, određen u Soxhlet aparatu ekstrakcijom u kloroformu, iznosi 0,76% težine apsolutno suhe drvene tvari.

Vlaga istraživane smrekovine, određena destilacijom u ksilolu, manja je za 1,24% u apsolutnom smislu, od vlage određene sušenjem u sušioniku kod $102 \pm 3^{\circ}\text{C}$ do konstantne težine. Na toj bazi izvršena je korekcija točke zasićenosti smrekovine određene mjerenjem volumnog utezanja kod sušenja proba u sušioniku do konstantne težine.

c) Između volumnog utezanja (a_v), nominalne volumne težine (t_n) i maksimalne količine adsorbirane vode ili točke zasićenosti vlakana (k) istraživanih vrsta postoje ovi prosječni odnosi:

za sve istraživane vrste	$a_v = 30 t_n$
za istraživane listače	$a_v = 28 t_n$
za istraživane četinjače	$a_v = 33 t_n$

2. a) Zavisnost čvrstoće na pritisak u smjeru vlakancaca o vlazi drveta izražena je za istraživane vrste drveta u higroskopskom području logaritamskom parabolom:

$$\log y = a + bx + cx^2,$$

a iznad njega pravcem paralelnim s apscisnom osi.

Parametri logaritamske parabole (a , b i c) i njihove statističke pogreške (σ_a , σ_b i σ_c) nalaze se u tablici 21, a parametri pravca a_1 i b_1 i njihove statističke pogreške (σ_{a1} i σ_{b1}) u tablici 22.

b) Apiscisa presjecišta logaritamske parabole i pravca je točka zasićenosti (sl. 11...15). Ona je određena za istraživane vrste drveta, i to za:

bukovinu (iz Zalesine)	31,6%
bukovinu (iz Lipovljana)	29,3%
hrastovinu (srževinu)	25,4%
jelovinu	35,1%
smrekovinu	36,7%

c) Zanemarivanjem trećeg člana na desnoj strani logaritamske parabole (cx^2) zakonitost zavisnosti čvrstoće na pritisak o vlazi drveta u higroskopskom području može se izraziti i eksponencijalnom jednadžbom :

$$y = m e^{-nx}$$

Parametri m i n iskazani su za pojedinu vrstu drveta u tablici 23.

d) Čvrstoća na pritisak paralelno s vlakancima u apsolutno suhom stanju dva puta je veća od čvrstoće na pritisak (u istom smjeru) prirodno osušenog drveta, a četiri puta veća od čvrstoće na pritisak drveta istraživanih vrsta napojenog vodom.

e) u higroskopskom području čvrstoća na pritisak u uzdužnom smjeru vlakancaca više se povećava (ili smanjuje) kod istraživane bukovine i hrastovine (srževine) nego kod jelovine i smrekovine, kad se vlaga drveta umanjuje (ili povećava) za 1% u apsolutnom smislu.

3. Komparacija brojčanih iznosa točke zasićenosti (tablica 24), dobivenih metodom mjerenja utezanja i metodom čvrstoće na pritisak, pokazuje ovo:

a) kod istraživane bukovine i smrekovine točka je zasićenosti, određena metodom mjerenja čvrstoće na pritisak u uzdužnom smjeru vlakancaca, manja, a kod hrastovine (srževine) i jelovine veća od točke zasićenosti određene metodom mjerenja volumnog utezanja.

b) razlika između točke zasićenosti, određene metodom mjerenja utezanja i metodom mjerenja čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima, iznosi prosječno za sve ispitivane vrste 1,8% u apsolutnom smislu. Iz ovog proizlazi, da se aritmetička sredina točke zasićenosti može odrediti približno jednakom točnošću mjerenjem volumnog utezanja od napojenog do apsolutno suhog stanja, kao i mjerenjem čvrstoće na pritisak u smjeru paralelnom s vlakancima:

c) metoda mjerenja volumnog utezanja manje je primjenjivana kod vrsta, koje sadržavaju znatnije količine lako hlapljivih tvari.

4. a) Između iznosa točke zasićenosti i veličine probe oblika kocke postoji zakonitost, koja je za hrastovinu (srževinu) izražena vršnom parabolom (sl. 16):

$$y = 25,24 - 0,19 x^2$$

Brojčani iznos točke zasićenosti uvećava se smanjivanjem dimenzije brida probe oblika kocke i postiže maksimum u točki $y = a$, t. j. u presjecištu vršne parabole i ordinatne osi. Taj maksimalni iznos točke zasićenosti za istu vrstu drveta koincidira s točkom zasićenosti određenom mjerenjem čvrstoće na pritisak paralelno s vlakancima.

Točka zasićenosti istraživane hrastovine određena je mjerenjem volumnog utezanja od napojenog do apsolutno suhog stanja na probama oblika kocke istom točnošću, koja se postiže metodom čvrstoće na pritisak u smjeru paralelnom s vlakancima.

b) Varijacije točke zasićenosti, s obzirom na položaj proba prema stranama svijeta u stablu, izražajnije su kod istraživanih četinjača nego kod listača. Kod jelovine točka zasićenosti pokazuje dva maksimuma, i to jedan na istočnoj, a drugi na jugozapadnoj strani stabla, i dva minimuma, jedan na sjevernoj, a drugi na sjeverozapadnoj strani stabla. Kod smrekovine maksimalni iznos za točku zasićenosti nalazi se na sjeverozapadnoj, a minimalni na sjevernoj strani stabla (tablica 30, sl. 18):

5. Unutar hrastovine postoje varijacije točke zasićenosti.

a) Kod hrastovine unutar stabla najvišu točku zasićenosti ima deblovinna. Točka zasićenosti korijena i grane podjednaka je, no manja od one kod debla. Razlike su signifikantne.

Unutar hrastove deblovine najvišu točku zasićenosti ima sredina čistog debla (pod čistim deblom razumijeva se dio debla od zemlje do prve žive grane). Točka zasićenosti deblovine pri zemlji tek je neznatno manja. Točka zasićenosti deblovine u krošnji manja je od one u polovici čistog debla.

b) Kod istraživane hrastovine točka zasićenosti srčevine veća je od točke zasićenosti bjeljikovine. Vjerojatno je ovome razlog djelomično izluživanje netreslovina i treslovina u toku napajanja proba vodom.

c) Točka zasićenosti hrastovine (srčevine) uskih godova i većeg procentualnog učešća kasnog drveta veća je od točke zaćenosti hrastovine širokih godova s manjim postotnim učešćem kasnog drveta (tablice 31 ... 37).

VIII. LITERATURA — LITERATURE

1. *Barkas W. W.*: Swelling stresses in gels and calculation of the elastic constants of gels from their hygroscopic properties, Dep. sci. industr. Res., For. Prod. Res., Spec. Rep. No. 6, London 1945.
2. *Bateşon R. G.*: Timber drying and behaviour of seasoned timber in use, 3rd ed., London 1952.
3. *Bošnjaković F.*: Nauka o toplini, I. dio, Zagreb 1950.
4. *Bošnjaković F.*: Nauka o toplini, II. dio, Zagreb 1950.
5. *Brown H. P.-Panshin A. J.-Forsyth C. C.*: Textbook of Wood Technology, Vol. II, The Physical, Mechanical and Chemical Properties of the Commercial Woods of the United States, New York — Toronto — London 1952.
6. *Davis-Troxell-Wiskocil*: Testing and Inspection of Engineering Materials, New York-London 1941.
7. *Dawe F. W.*: The status of the moisture meter, Wood, 1950 (9), str. 330.
8. *For. Prod. Res., London*: Kiln-drying schedules, Leaflet No. 42 (rev.), Dec. 1948.
9. *Desch H. E.*: Timber, its structure and properties, London 1938.
10. *Eames A.-MacDaniels*: An Introduction to Plant Anatomy, New York-London 1925.
11. *Fisher R. A.*: Statistical Methods for Research Workers, London 1948.
12. *Hasselblatt M.*: Der Wasserdampfdruck und die elektrische Leitfähigkeit des Holzes in Abhängigkeit von seinem Wassergehalt, Z. anorg. u. allg. Chemie, Bd. 154/1926, str. 375—385.
13. *Hawley L. F.*: Wood-liquid relations, U. S. Dep. Agric., Washington, D. C. Tech. Bull. No. 248, June 1931.
14. *Henderson L. H.*: The air seasoning and kiln drying of wood, 3rd ed., Albany, New York 1946.
15. *Hirsch M.*: Die Trockentechnik, Berlin 1932.
16. *Horvat I.*: Istraživanja o specifičnoj težini i utezanju slavonske hrastovine, Glasnik za šumske pokuse knj. 8, Zagreb 1942.
17. *Horvat I.-Emirpović B.*: Režimi sušenja drveta, Šum. list, 1951 (8/10), str. 303—321.
18. *Hribar J.*: Kemijski način sušenja drvene građe, Šum. list, 1945, str. 63—67.
19. *Hribar J.*: Umjetno sušenje drveta, Tehnički list, 1938 (7/8), str. 99—103, 1938 (9/10), str. 129—132.
20. *Ihne A.*: Séchage du bois, 4^e éd. rev. et augm. par A. Villière, Paris 1947.
21. *Inst. Bois, Paris*: Rapport d'activité du laboratoire, 1948—1949.
22. *Knight R. A. G.*: The determination of moisture content of timber, Dep. sci. industr. Res., For. Prod. Res., Bull. No. 14, London 1932.

23. Knight R. A. G.: The moisture content of wood in relation to hygrometric conditions, Read at the meeting of the British Association for the Advancement of Science 1930.
 24. Koehler A.: The properties and uses of wood, New York and London 1924.
 25. Koehler A.-Thelen R.: The kiln drying of lumber, u njem. prijevodu od P. Warlimonta, Berlin 1929.
 26. Kollmann F.: Technologie des Holzes, Berlin 1936.
 27. Kollmann F.: Künstliche Holzrocknung und Holzlagerung, III. Aufl., Leipzig-Berlin 1942.
 28. Kollmann F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, II. Neubearb. u. erweit. Aufl., I. Bd., Berlin-Göttingen-Heidelberg-München 1951.
 29. Krpan J.: Istraživanja higroskopske ravnoteže vlage uzduha i drveta, Glasnik za šumske pokuse knj. 11, Zagreb 1953.
 30. Krpan J.: Furniri i šperovano drvo, Zagreb 1951.
 31. Лыков А. В. и Ауерман Л. Я., Теория сушки капиллярно-пористых коллоидных материалов пищевой промышленности, Москва 1946.
 32. Mathewson J. S.: The air seasoning of wood, US Dep. Agric., Tech. Bull. No. 174, Washington 1930.
 33. Markwardt L. J.-Wilson T. R. C.: Strength and related properties of woods grown in the United States, U. S. Dep. Agric., Washington, D. C., Tech. Bull. No. 479, September 1935.
 34. Mayer J. E.-Rees L. V.: Electrical resistance of wood with special reference to the fiber-saturation point, N. Y. St. Coll. For., Syracuse Univ., Techn. Bull. No. 19, Nov. 1926.
 35. Moll F.: Künstliche Holzrocknung, Berlin 1930.
 36. Monnin M.: Bulletin de la section technique de l'aéronautique militaire, Fasc. 30, juillet 1919.
 37. Mörath E.: Beiträge zur Kenntnis der Quellungserscheinungen des Buchenholzes, Kolloidchem. Beih., Bd. 33, H. 1-4, str. 131-178, 1931.
 38. Nusser E.: Die Bestimmung der Holzfeuchtigkeit durch Messung des elektrischen Widerstandes, Holz Roh-u. Werkstoff, Aug. 1938, H. 11, str. 417-420.
- ерельгин Л. М., Стандартизация методов физических и механических испытаний древесины, Москва-Ленинград 1936.
40. Pidgeon M.-Maass O.: The adsorption of water by wood, J. Amer. chem. Soc., Vol. 52, March 1930. str. 1053-1069.
 41. Razous P.: Théorie et pratique du séchage industriel, 5^e éd., Paris 1949.
 42. Raes W.-Buckman J. S.: Moisture movement in wood above the fiber-saturation point, J. agric. Res., Vol. 57, No. 3, Washington, D. C. Aug. 1, 1938. str. 161-187.
 43. Richter-Altschäffer H.: Theorie und Technik der Korrelationsanalyse, Berlin 1932.
 44. Säimes F. E.: On the structural and physical properties of Finnish pine wood, especially the phenomenon of shrinking and swelling affected by changing the moisture content of wood, Helsinki 1938.
 45. Селюгин Н. С., Сушка древесины, Ленинград 1940.
 46. Stamm J. A.: The capillary structure of softwoods, J. agric. Res., Vol. 38, No. 1, Washington, D. C. Jan. 1. 1929.
 47. Stamm J. A.: The Electrical Resistance of Wood as a Measure of Its Moisture Content, Industr. Engng. Chem., Analyt. Ed. Amer. chem. Soc., Vol. 19, No. 9, 1927. str. 1021-1025.

48. Stamm J. A.: The Fiber-Saturation Point of Wood as Obtained from Electrical Conductivity Measurements, *Industr. Engng. Chem., Analyt. Ed., Amer. chem. Soc., Vol. 1, No. 2, 1929.* str. 94—97.
49. Stillwell S. T. C.: The moisture content of wood with special reference to furniture manufacture, *Dép. sci. industr. Res., For. Prod. Res. Bull., No. 5, 1929.*
50. Švorc J.: Vysoušení dřeva, v Praze 1941.
51. Tavčar A.: Biometrika u poljoprivrede, Zagreb 1946.
52. Thiemann H. D.: The kiln drying of lumber, 4th ed. rev., Philadelphia-London 1921.
53. Tieman H. D.: Wood Technology, London 1947.
54. Tippett L. H. C.: The methods of statistics, London-New York 1952.
55. Trendelenburg R.: Das Holz als Rohstoff, München-Berlin 1939.
56. Trendelenburg R.: Über Fasersättigungsfeuchtigkeit, Schwindmass und Raumdichtezahl wichtiger Holzarten, *Holz Roh-u. Werkstoff, 1939 (1), str. 12—17.*
57. Tuomola T.: Über die Holz Trocknung, Helsinki 1943.
58. Ugrenović, A.: Tehnologija drveta, Zagreb 1950.
59. Ulich-Podhorsky: Kratak udžbenik fizikalne kemije, Zagreb 1947.
60. Uterharck F.: Handbuch für künstliche Holz Trocknung, Leipzig 1940.
61. Voigt H.-Krischer O.-Schauss H.: Die Feuchtigkeitsbewegung bei der Verdunstungstrocknung von Holz, *Holz Roh-u. Werkstoff, 1940 (10), str. 305—321.*
62. Voigt H.-Krischer O.-Schauss H.: Sonderverfahren der Holz Trocknung, *Holz Roh-u. Werkstoff, 1940 (11), str. 364—375.*
63. Wangard F. F.: The mechanical properties of wood, New York-London 1950.
64. Wise L. E.: Wood chemistry, New York 1946.
65. Worthing G. A.-Geffner J.: Treatment of Experimental Data, New York, London 1944.
66. Zaharževskij V. G.: Parenje i sušenje bukovine, prijevod s ruskog od N. Aleksića, Beograd 1949.
67. Žarković S. S.: Statističke metode u industriskim istraživanjima, Beograd 1949.

SUMMARY

In contact with wet air wood behaves in a similar way as cellulose, i. e. like fibrous materials and elastic gels, which are able to absorb or give off moisture. The moisture content in such materials depends upon the partial pressure of the water vapour in the air. The moisture content of such materials for various partial pressures is expressed by the curves named desorption and adsorption curves or hygroscopic isotherms, which play an important rôle in the use of hygroscopic materials.

When water vapour comes into contact with wood substance, there occur primarily surface reactions. This initial stage of sorption is called molecular sorption or »chemo-sorption«. If it occurs in the range of minor cohesion, then according to the theory of fringed micellae the enlargement of the volume of wood does not take place.

Molecular sorption being finished, taking up water vapour occurs in the internal surface of wood. In physics, this phenomenon is called adsorption. Wood takes a further amount of moisture through capillary condensation.

When studying wood-water relations it is necessary to differentiate between free and bound water, because only bound water or hygroscopic water is responsible for the behaviour of wood. It is imbibed into the cell walls and impressed between the rows of mi-

cellae. »Micella« is a deminutive from the Latin word »mica« meaning morsel or grain. According to Nügel's theory on »organized substances«, structural products are formed by elementary particles which organize themselves into groups or into larger aggregates named micellary bundles. Present day authors hold the view, that these are colloidal particles with an adsorption layer and electric charge, mostly of ultra-microscopic size and filled with matter. Contrary to bound water, free water is not bound to wood but is accumulated in the wood pores. It does not influence the properties of wood, except increasing its weight.

Besides free and bound water, wood also contains chemically combined water in compounds forming wood (constitution water). The quantity of such water remains unchangeable for as long as the mentioned compounds are not chemically changed. And since in the mutual action of water and wood substance no chemical decomposition of compounds forming the wood substance occurs, the quantity of constitution water remains stable, so that when studying the wood-water relations it does not come into consideration.

Changes of bound water produce shrinking and swelling, changes of some important mechanical properties, and changes in electric and thermal conductivity of wood. These changes are the basic reasons why it is necessary to know the content of bound water and to distinguish bound water from free water. In evaporation bound and free water do not follow the same laws. While evaporation of free water follows Dalton's law, evaporation of bound water follows Fick's law of diffusion or, more exactly, as Krischer has shown, a law analogous to Stefan's.

The limit between free and bound water, i. e. the point at which the wood substance becomes saturated with moisture and the heat of adsorption becomes nul, was designated by Tiemann as »fibre-saturation point«. Stamm stresses that this concept used in connection with wood expresses exactly the same concept as the terms »limit of absorption« and »limit of solubility« used for gels. The fibre-saturation point is a state in which cell-walls are saturated with water, while in the pores there is no liquid water, these being filled with a mixture of air and water vapour. This is a transition point from wet to hygroscopic state. Above this point the properties of wood are constant, below it, they change.

On the term itself, there exist different opinions; Trendelenberg and Kollmann mention the terms »point« or »zone«, while Ugrenović speaks of »zone«. In favour of this conception is the fact, that the fibre-saturation point varies considerably with the same species and the same method of its determination. According to Barkas, the concept of the fibre-saturation point does not lose from its significance, because this concept may express the critical moisture content below which the properties of wood change. Most researchers have accepted Tiemann's term »fibre-saturation point«. We understand the fibre-saturation point as the arithmetic mean of a greater number of variants, and therefore observe the term »fibre-saturation point«.

The fibre-saturation point acquires importance in the drying and steaming process of wood. During the drying process the conditions above and below the fibre-saturation point are different. The steaming process aiming at changing the colour of wood can be carried out successfully only in the case the initial moisture content of wood is greater than the fibre-saturation point.

The methods of determination of the fibre-saturation point result from the notion that below this point shrinkage sets in, changes of important mechanical properties, as well those of electrical and thermal conductivity occur, and that this point indicates the limit between free and bound water.

Tiemann in 1906 applied for the determination of the fibre-saturation point the method of the crushing strength parallel to grain. The fibre-saturation point for several species of American woods was determined by this method. The same method was applied by *Mörath* and *Stamm*, *Mayer*, and *Rees* for the purpose of comparing it with other methods.

In 1926 *Hasselblatt* discovered for birch-wood that the logarithm of the electrical resistance decreases in proportion with the increase of the moisture content in wood ranging from the oven-dry state to the fibre-saturation point. A similar logarithmic relationship was arrived at by *Kujirai* and *Akahira*. This phenomenon was thoroughly investigated by *Stamm*. This knowledge was utilized by *Mayer* and *Rees* in determining the fibre-saturation point of six species of wood by measuring the electrical resistance of wood. Besides that they also applied the method of crushing strength and that of shrinking, and they finally came to the conclusion that the method of electrical resistance and that of crushing strength give the same results, and that the shrinking method is to be rejected as worthless. *Stamm* also applied the method of electrical conductivity in determining the fibre-saturation point in several American species. His specimens were disc-shaped 1 cm in diameter and 2...3.5 mm long. He took such small specimens only to avoid errors by which, in his opinion, the results achieved by *Mayer* and *Rees* were loaded as the latter had taken large specimens in the shape of a cylinder 1 inch in diameter and 2 inch. long. *Stamm* showed that when applying the method of the electrical conductivity the fibre-saturation point may be determined with a precision of $\pm 1\%$ (in the absolute sense).

Mitra determined the fibre-saturation point in 16 species of Indian woods by means of the shrinking method, the method of electrical conductivity, and the method of thermal conductivity. The results of his investigations show, that the fibre-saturation point of the same species varies in relation to different methods of determination applied even by 7% (in the absolute sense).

By means of measuring the radial, tangential and volumetric shrinkage the fibre-saturation point was determined by *Newlin* and *Wilson*, *Mörath*, *Stamm* in conjunction with *Seborg* and *Hansen*, *Hartig* and *Sachs*, *Trendelenburg* with *Grössler* and *Raunecker*, and, in this country, *Horvat*. On the basis of his own investigations as well as the results of the investigations that had preceded him, *Trendelenburg* has classified according to the fibre-saturation point the important species of wood into several groups. He determined the fibre-saturation point by measuring the volumetric shrinkage and by computing it from relation found by the American research workers, that the volumetric shrinkage is equal to the product of the fibre-saturation point and the specific gravity based upon oven-dry weight and green volume.

Volbehr, *Hartig*, *Loughborough* and *Stamm* determined the fibre-saturation point by keeping chipped wood in a water-vapour saturated space.

None of the five aforementioned methods is without criticism.

Thus one objects to the method of direct measuring of the moisture content after keeping chipped wood in a water-vapour saturated space, that it is not reliable; first, because under such conditions by the extremely small changing of the temperature, water-vapour condensation takes place and the data for fibre-saturation point are greater than they really are, and, second, for the reason that *Pidgeon* and *Mass* proved that the adsorption curve approaches the adsorption axis asymptotically, i. e. the line representing the pressure of the saturation.

One objects to the method of shrinkage, that shrinkage takes place even prior to the fibre-saturation point. Furthermore, because shrinkage does not manifest itself only on external dimensions, but also because an amount, even if small, is transmitted also on the internal dimensions of the wood structure. True, *Stamm* has proved that shrinkage only transmits on to the external side of the dimensions of the wood, but in drying without the stresses. The results of *Stamm's* investigations according to which he obtained the same results both by method of shrinkage and that of electrical conductivity, speak in favour of the method of shrinkage. *Perelygin* points out that the method of shrinkage might be satisfactory, if only the moisture gradient could be removed. If this method were without criticism, its advantage would be in its simplicity.

On the basis of *Thiemann's* results, that the fibre-saturation point of a number of wood species varies to a greater extent within the one species as such than between different species, *Hawley* objects to the method of measuring the crushing strength parallel to grain. Most researchers consider this method satisfactory, because the strength varies considerably in relation to the moisture content.

Perelygin objects to the method of electrical conductivity that it is not convincing and that it requires special electric instruments which are not available in every laboratory. Other research workers consider this method as reliable because the variations of the electrical resistance in hygroscopic range are enormous when changing the moisture content, while on the contrary these variations in the above hygroscopic range are relatively small. The logarithm of the electrical conductivity in the hygroscopic range, when changing the moisture content, varies in a straight line, while above the fibre-saturation point this straight line goes over into a curve. This transition part of the graph representing the fibre-saturation point where the straight line goes over into the curve is not sufficiently distinctive, and after this method the fibre-saturation point may be determined with an accuracy of ± 1 per cent (in the absolute sense).

The method of thermal conductivity was applied only by *Mitra* but lacking sufficient data we cannot give an account of this method.

There are three methods at our disposal: the method of electrical conductivity, the method of crushing strength, and the method of shrinkage. The general opinion is to the effect, that the method of electrical conductivity and the method of crushing strength give satisfactory equal results, while the method of shrinkage is loaded upon with suspicions which, it is true, are not sufficiently and scientifically proved, and there arises the question as to the possibility of applying or not this method in determination of the fibre-saturation point. In addition to, no trial was made up to the present-day to answer the question in what way the fibre-saturation point is influenced by the size of the specimens, nor is there a real insight into the variations within the same species in regard to the position of the specimens in the stem as well as in regard to sapwood and heartwood. The importance of these questions is reflected in the theory and technique of wood drying and steaming.

Keeping that in view the aims of our investigations were:

1. to determine the fibre-saturation point of our more important species of wood: beech-wood, oak-wood, fir-wood and spruce-wood by means of the method of shrinkage and the method of crushing strength parallel to grain.

2. to determine the relationship between the results of both methods and to try to express the laws governing the variation of the crushing strength when the moisture content changes.

3. to express how the size of the specimens affects the fibre-saturation point of oak-wood, as well as the influence of sapwood and heartwood as regards the laying out of specimens in the tree.

The experimental material for investigations was taken from the faculty experimental forests at *Lipovljani* and *Zalesina*. All together there were investigated 9 trees and the root of a windthrow, i. e. from *Lipovljani* 5 oak-trees, the root of a windthrown oak-tree and a beech tree, and from *Zalesina* a beech, a fir and a spruce-tree. The data concerning the habitats and the method of faking the specimens are described in the paper.

For determining the fibre-saturation point by means of 2 methods, for comparison of the results, for determining the rules governing the relationship between the crushing strength and moisture, and for determining the variations in the tree there were taken 1173 specimens (from all investigated species), 20 mm \times 20 mm wide and 60 mm long in the direction of the grain. The cross-section taken is the minimum size which is possible to make regularly. The length of the specimens was three times as large as the width of its cross-section.

In order to investigate how the size of the specimens affects the fibre-saturation point in oak-wood, there were taken 201 specimens in cubic form, of which an equal number of specimens had the edge 20 mm, 30 mm, 40 mm and 50 mm respectively.

In the investigation of fibre-saturation point variations of oak-wood in regard to heartwood and sapwood as well as in regard to the position of specimens in the stem we took 873 specimens with a cross-section 20 mm \times 20 mm and length of 30 mm in the direction of the grain.

There were investigated in all 2,247 specimens, i. e. of beech-wood 475, fir-wood 238, spruce-wood 226, and oak-wood 1,308 specimens. All the specimens were marked according to a system, which makes it possible to identify instantly the position of the specimen in the tree.

According to the mathematical statistics the results of the investigation of a property is the more reliable the greater the number of the specimens investigated. Some research workers took only a little number of specimens, thus, for instance, *Stamm* took 2 specimens and *Mayer* and *Rees* 4 specimens of each species. It is understandable that the number of specimens cannot be increased at will because that involves a huge number of measurements and computations if the data are to be treated according to the methods of mathematical statistics.

The working method was as follows:

On all air-dry specimens of the first group the width of the annual rings and that of the summerwood were measured. The summerwood was measured by means of a magnifying glass. The specimens were gradually soaked in water at room temperature. The soaking process lasted on an average 14 days. The water-logged specimens were weighed on a precision balance, and the axis of symmetry of the dimension measured with an accuracy of 0,1 mm in three anatomical directions. Thereupon the specimens were dried in the laboratory and put into the oven to be heated 8 hours at a temperature of 30...40°C and for the same time at 60...70°C, and at last they were exposed to a temperature of $102 \pm 3^\circ\text{C}$ in order to desiccate them to a constant weight. The oven-dry specimens were repeatedly weighed and the dimensions measured. From these data there were computed the volumetric shrinkage (α_v), the specific gravity (t_n) (on the basis of oven-dry weight in green volume) and on that basis the fibre-saturation point (k). The same specimens were also used for determining the fibre-saturation point by the method of crushing strength parallel to grain. For this purpose a group of these specimens were put into desiccators of

different partial pressures of the water-vapour produced by means of P_2O_5 , H_2SO_4 of known concentrations and distilled water. The specimens remained in the desiccators at least 30 days. Thereafter, the specimens were weighed, the dimensions measured, and the crushing strength parallel to grain determined on a 4-ton Universal Amsler machine, while the 18 specimens of beech-wood of greater crushing strength than 4 tons were tested on a 50-ton Amsler machine. The remaining set (393 specimens) of the first group was repeatedly soaked in water and dried in the laboratory up to the desired moisture content, which was determined by control weighing. 12 water-logged specimens of each species were investigated for crushing strength. In the same way also 201 specimens were treated belonging to the second group, and 873 of the third group as the specimens of the first group prepared for determining the fibre-saturation point by the method of shrinkage. The measurements data were treated by the methods of mathematical statistics, and the measurements data of the first group by an abridged treatment, while in the second and third groups the deviation of each property was calculated from the arithmetic mean.

The fibre-saturation point determined by the method of shrinkage was corrected in all species to increased density of adsorbed water, and in the case of spruce-wood the content of volatile substances was also taken into consideration.

Discussion on the results

The fibre-saturation point of the beech-wood determined by the method of shrinkage agrees well with Mörath's results. The final result for the fibre-saturation point of beech-wood was found by him to be 30 per cent, and according to our investigations 30,8 per cent. The interval of the variation of our data was shorter.

In our investigations the beech-wood was taken from its natural habitat in the forest district of Zalesina as well as from the district of Lipovljani, where the beech is not an autochthonous species. This was done so because it was to be expected that the differences of the fibre-saturation point, if any, would be significant. And if we compare the arithmetic means of the fibre-saturation point for beech-wood from Lipovljani with that from Zalesina, the difference is less than 1 per cent, or, more exactly, it amounts to 0,7 per cent (in the absolute sense). Therefore, this difference is relatively small.

According to Trendelenburg the fibre-saturation point for oak-wood is 23...25 per cent, and according to our investigations, 23,3 per cent for heartwood. Horvat has determined the fibre-saturation point of the Slavonian oak-wood by the same method and he obtained a greater value for fibre-saturation point, but on specimens of other sizes. Here it is necessary to take into consideration the fact that, besides the influence of the size of the specimens and wood structure, there also exists the influence of the content of extractives. Analyses carried out for this purpose show that the investigated oak-wood is richer in extractives than it is found on an average in younger Slavonian oak-wood. In *Sequoia sempervirens*, Stamm has found that the fibre-saturation point increases when the content of the extractives decreases.

According to Trendelenburg the fibre-saturation point of fir and spruce-wood is 30...34 per cent. According to our investigations the fibre-saturation point of fir-wood is inside of them and amounts 33,7 per cent, while that of spruce-wood is outside and amounts 39,4 per cent.

The relationship between the strength and the moisture content within the hygroscopic range was expressed by a logarithmic parabola $\log y = a + bx + cx^2$, and above the hygroscopic range by a straight line $y = a_1 + b_1 x$. For each species investigated the coefficients (parameters) were determined from corresponding normal equations. The abscissa of the intersection of the curve and the straight line is the fibre-saturation point required. In order to find it, it is necessary to solve the system of the parabola and straight line. There are two ways to attain this: the graphical and numerical methods. The graphical solution can also be improved by computation. The numerical solution is possible only in case the straight line is parallel to the abscissa axis i. e. if $y = \text{const.}$, for it is not possible in some other way to remove from the system the transcendental form of $\log y$. We adopted the numerical solution and introduced the zero hypothesis, i. e. that in straight line by $b_1 < 1,96 \sigma_{b1}$. If this assumption is satisfied, then the probability that the straight line is parallel to the abscissa axis is 95 per cent, and the phenomena of 95 per cent probability can be considered as certain. This assumption is satisfied only in beech and spruce-wood, but not in the other two species. That occurs on account of the non-uniform distribution of water in specimens above the hygroscopic range, and this is unavoidable. If we take, for instance, the oak-wood and assume for the first time that the straight line is parallel to the abscissa axis, and for the second time that it is inclined towards the abscissa, the difference of the fibre-saturation point obtained by these two methods is 0,8 per cent (in the absolute sense). If a very large number of specimens were taken, the straight line would be parallel to the abscissa axis, because that is in conformity with the theory and the results of other research workers. Therefore, we might assume, that the established assumption is satisfied and that the straight line is parallel to the abscissa axis. In this way the system is transformed into a quadratic equation yielding two solutions, one of which represents the fibre-saturation point while the other an imaginary number.

The comparison of the numerical values at which we arrived with the same trial material and by the two methods, shows, that the difference of the fibre-saturation point averages 1,8 per cent, and if we omit the spruce-wood (because of volatile substances), it becomes still smaller, i. e. 1,5 per cent (in the absolute sense). Now if we take that the fibre-saturation point can be determined by the method of the electrical conductivity with an accuracy of ± 1 per cent (in the absolute sense), which is considered by some researchers as the most accurate, and further if we take that the moisture content of wood as determined by the conventional method of drying to a constant weight at a temperature of $102 \pm 3^\circ \text{C}$ cannot be determined with a greater accuracy than 1 per cent (in the absolute sense), then we should conclude that the fibre-saturation point can be determined by the method of shrinkage and the crushing strength with approximately the same accuracy. The method of shrinkage is less applicable to those species which contain volatile substances. One cannot adopt the proposal of Mayer and Rees that the method of shrinkage should be rejected as worthless. They came to this conclusion on the basis of the small number of specimens, and the frequency polygons of our investigations show that the fibre-saturation point varies in a wide interval, which for the investigated deciduous species averages 14 per cent and for the conifers 22 per cent (in the absolute sense).

The logarithmic parabolas expressing the relationship between moisture content and crushing strength can be simplified without great detriments to accuracy and transformed into the exponential form

$y = m e^{-nx}$. This was achieved by neglecting the third term (cx^2) on the right side of the parabola equation.

The influence of the specimen size on the fibre-saturation point is expressed by the equation of the parabola $y = a - bx^2$. The smaller the edge of the specimen (in the form of a cube), the greater the fibre-saturation point. It attains a maximum at the intersection of the parabola with the axis of ordinates and at this point this value agrees perfectly with the value of the fibre-saturation point obtained by the method of crushing strength. If it were possible to make small specimens at will, and if it were possible to measure the shrinkage, the following would ensue: the smaller the value of the fibre-saturation point obtained, the smaller the specimen, but naturally, this has its technical limits.

In considering the effect of the laying-out of the specimens in the tree, we restricted ourselves to the facts without any explanations, because it is probable that also other influencing factors exist which are not included in this research. The variations of the fibre-saturation point in regard to the cardinal points are greater in the investigated conifers than in deciduous species. The variations of the fibre-saturation point in regard to the laying-out of the specimens in the tree (root, trunk, limb) in oak-wood are smaller than 2 per cent (in the absolute sense), and they all fall within the limits of 22... 24 per cent. For this purpose there were compared 87 specimens of the root, 687 of the trunk, and 99 of the limb. That is in contrast with that what *Trendelenburg* cites. After *Trendelenburg* the fibre-saturation point of oak root-wood is 40... 50 per cent.

The variations between oak sapwood and heartwood are still smaller and the difference does not surpass 1. per cent (in the absolute sense).

Conclusions

1. a) The fibre-saturation point of the investigated species (Table 20) determined by measuring the volumetric shrinkage from water-logged to oven-dry state is:

The fibre-saturation point in percentages

	Limits	Arithmetical mean
Beech-wood (from Zalesina)	25,7 ... 36,7	32,1 ± 0,1
Beech-wood (from Lipovljani)	28,2 ... 35,5	31,4 ± 0,1
Oak-wood (heartwood)	18,2 ... 35,2	23,5 ± 0,1
Fir-wood	21,1 ... 45,5	33,7 ± 0,3
Spruce-wood	23,9 ... 45,2	39,4 ± 0,2

The individual variants in the same species are dispersed in a relatively wide interval. This interval is about 1,5 time wider in the investigated conifers, being approximately 22 per cent, while in deciduous species it is 14 per cent (in the absolute sense) tables 15... 19, fig. 4... 8).

b) The content of resin and fat in spruce-wood investigated was determined in Soxhlet apparatus by extraction in chloroform and amounted to 0,76 per cent of oven-dry weight of wood substance.

The moisture content of the investigated spruce-wood determined by distillation in xylene, was smaller by 1,24 per cent (in the absolute sense) than the moisture content determined in an oven at $102 \pm 3^{\circ}\text{C}$ when drying spruce-wood to constant weight. Upon this basis rectification was carried out of the fibre-saturation point of the spruce-wood

determined by measuring the volumetric shrinkage of the specimens dried in the oven to constant weight.

c) Between the volumetric shrinkage (α_v), the specific gravity (t_n) (oven-dry weight in green volume) and the maximum amount of absorbed water or the fibre-saturation point (k) of the species investigated, the following approximate ratios are valuable:

for all the species investigated	$\alpha_v = 30 t_n$
for the deciduous species investigated	$\alpha_v = 28 t_n$
for the conifers investigated	$\alpha_v = 33 t_n$

2. a) The relationship between the crushing strength parallel to grain and moisture content is expressed for all species investigated in the hygroscopic range by the logarithmic parabola: $\log y = a + bx + cx^2$ and above it by a straight line parallel to the abscissa axis. The parameters of the logarithmic parabola (a , b and c) and their sampling errors (σ_a , σ_b and σ_c) are to be found in Table 21, and the parameters of the straight line (a_1 and b_1) and their sampling errors (σ_{a1} and σ_{b1}) in Table 22.

b) The abscissa of the intersection of the parabola and the straight line is the fibre-saturation point (Fig. 11...15). The fibre-saturation point for the species investigated was determined as follows:

Beech-wood (from Zalesina)	31,6 per cent
Beech-wood (from Lipovljani)	29,3 per cent
Oak-wood (heartwood)	25,4 per cent
Fir-wood	35,1 per cent
Spruce-wood	36,7 per cent

c) By omitting the third term (cx^2) on the right side of the logarithmic parabola the relationship between moisture and crushing strength in the hygroscopic range can also be expressed by the exponential equation: $y = m e^{-nx}$. The parameters m and n for individual species are to be found in Tab. 23.

d) The crushing strength parallel to grain in an oven-dry state was two times greater than the strength of the air-dry, and four times than the strength of the water-logged wood.

e) In the hygroscopic range the crushing strength parallel to grain increases (or decreases) in the beech and oak-wood (heartwood) investigated more than in fir and spruce-wood, if the moisture decreases (or increases) by 1 per cent (in the absolute sense).

3. The comparison of the amounts of the fibre-saturation point (Tab. 24) determined by the method of measuring the shrinkage as well as by the method of the crushing strength shows the following:

a) In the investigated beech-wood and spruce-wood the fibre-saturation point determined by the method of crushing strength parallel to grain, is smaller and in oak-wood (heartwood) and fir-wood it is greater than the fibre-saturation point determined by the method of measuring the volumetric shrinkage.

b) The difference between the fibre-saturation point determined by the method of measuring the shrinkage and the method of crushing strength parallel to grain, amounts on an average in all species investigated to 1,8 per cent (in the absolute sense). There follows that the arithmetic mean of the fibre-saturation point can be determined nearly with the same accuracy by the method of the volumetric shrinkage as by the method of the crushing strength parallel to grain.

c) The method of measuring the volumetric shrinkage is less applicable in the species containing a greater amount of volatile substances.

4. a) The relationship between the amount of the fibre-saturation point and the size of the oak-wood (heartwood) specimens of the cubic form is expressed by the parabola (Fig. 16): $y = 25,24 - 0,19x^2$. The amount of the fibre-saturation point increases as the edges of the specimens of cubic form decrease, and it attains its maximum at the point $y = a$, i. e. at the intersection of the parabola and the axis of ordinates. This maximum amount of the fibre-saturation point in the same wood species coincides with the fibre-saturation point determined by the method of measuring the crushing strength parallel to grain. The fibre-saturation point of the oak-wood was determined by measuring the volumetric shrinkage ranging from the water-logged to oven-dry state on the specimens of cubic form with the same accuracy as obtained by the method of crushing strength parallel to grain.

b) The variation of the fibre-saturation point in regard to the laying-out of the specimens according to the cardinal points are more expressive in the investigated conifers than in the deciduous species. In fir-wood the fibre-saturation point shows two maximums, the one on the East side, the other on the South-west side of the tree. The maximum in the spruce-wood is on the North-west side and the minimum on the North side of the tree (Tab. 30, Fig. 18).

5. Within the oak-wood there exist variations of the fibre-saturation point.

a) Within the tree the stem shows the greatest amount for the fibre-saturation point. The fibre-saturation point in both the root and branch is equal, though smaller than in the stem. The differences are significant. The greatest fibre-saturation point within the oak stem is in the middle part of the clear stem (i. e. the part up to the first living branch). The fibre-saturation point of the stem near the earth is slightly smaller. The fibre-saturation point of the stem in the crown is smaller than in the middle part of the clear stem.

b) In the oak-wood investigated the fibre-saturation point of the heartwood is greater than that of the sapwood. The reason for this may lie in partial leaching out of the non-tannins and tannins during the soaking process of the specimens.

c) The fibre-saturation point of oak-wood (heartwood) of narrow annual rings with a greater rate of summerwood is greater than that of the oak-wood of wide annual rings with a smaller rate of summerwood (Tab. 31 ... 37).