

A-3515

# Puu kui ehitus- materjaal

Laevainsener *E. Masik*



TALLINNAS

1921



Riigi Väärtmärkide Valmistamise Osakonna trükikoda.

A-3515

1655

115436408

## A. Puu ehitus, omadused ja üksikud sordid.

Et viimasel ajal palju kõneldakse puulaevade ehitamisest, siis on huvitav lühidalt selgitada uuemate katsete ja nähtuste resultaatisid puu kui ehitusmaterjaali kohta. Järgnevad read põhjenevad peaaesjalikult Saksa uurimistööde ja ka rahvusvahelise materjaalide proovimise ühisesuse \*) andmete peal.

Puu kui ehitusmaterjaal on juba vanast hallist ajast tuttav. On ju teada, et kivi ja raua ajajärkude vahel puu peaaegu ainsamaks ehitusmaterjaaliks oli. Kuid raud oma heade omadustaga, mis igasuguste ehituste juures otstarbekohased, hakkas XIX a. algusest peale puud ikka enam ja enam välja rõhuma. Sealjuures jäid ka paljud tegelikud katsed ning nähtused, mis juba vanal hallil ajal tuntud, vähehaaval unustusse, millest siis tihti tuleb, et puuehitused, iseäranis puu kui ehitusmaterjaali tarviliku tundmise ja ümbertöötamise poolest, sugugi ajanõuetele ei vasta. Iseäranis tihti leiduvad vead selles, et ehituse juures kõiki materjaali omadusi, iseäranis: 1) vastupanemist välistele jõududele, 2) voluumi muutust aja jooksul ja temperatuuri ning õhuniiskuse muutmisel ning iseäranis 3) puu asjakohast ning õiget ettevalmistamist.

---

\*) Internationaler Weltverband für die Materialprüfungen der Technik.

mist ehitamise eel silmas ei peeta. Kõige selle järeldusel saavad puuehitused tihti alaväärtuslised, hakkavad ruttu mädanema ning tulevad palju raskemad, kui seda puu, kui materjaali, omadused nõuaks.

Allpool tahame tähelepanemist pöörata iseäraliselt niisuguste omaduste peale, mis laevaehituste juures mõõduandvad oleks, kuna aga kuivamaa ehitused meid iseäranis ei huvita.

Nagu teada, on igal puusordil omad eritised omadused, mis teda selle ehk teise ehituse otstarbeks enam ehk vähem kõlblikuks teevad. Niisugustest omadustest peab tegelikult peajaslikult kahte nimetama, s. o.:

- 1) võimalikult suur vastupidavus välistele jõududele ning
- 2) võimalikult kauaaegne vastupidamine mädanemisele ehk vananemisele.

Nende omaduste kättesaamiseks on igal puusordil omad teatud abinõud, mida siis ka tegelikult tundma peab, et ära tunda head ja kõlblikku puusorti halvast sordist.

Kuid mitte ainult üksikute puusortide juures ei muutu omadused, vaid ka ühe ja sellesama sordi juures võivad nad koguni mitmesugused olla. Nad olenevad niisama sellest, kudas ja kus kohas puu on kasvanud, kuid niisama suurel määral ka sellest, kuda puuga lõikamise ajal ja peale seda, kuni ehituse alguseni, ümber on käidud. Näituseks võib juhtuda, et parem tammepuu, mis lõikamise ajal õigel toimetamisel oleks annud esimest sorti ehitusmaterjaali, tehtud vigade tõttu koguni kõlbmatuks on saanud, nii et esiteks ehituse ajal tähtsa osa materjaalist nn. „kasyukorra“ (Splintholz) koguni ära peab viskama ning ka sisemine kord „südapuu“, mis ehituseks läheb, juba paari aasta jooksul ussidest ära rikutakse.

Kõiki neid omadusi tunda, on muidugi niivõrd laialine eriasi, et selle selgitamiseks tervet mitusada lehekülge peaks kirjutama, mida meile kahjuks ruum ei luba, nii et siinkohal pilku heidame ainult tähtsamate peale.

Et puu omadusi tunda, selleks peab natukene valgustama puu anatoomiat, mida siinkohal õige lühidalt teeme, sellejuures silmas pidades ainult puu kui ehitusmaterjaali omadusi, ning kõrvale jättes botaanikat täiesti.

Puu headuse ja omaduste tundmiseks on ehitusmaterjaalide juures peajasalikult kaks läbilõiget teha: 1) risti puutüvest läbi ning 2) pikuti puustüdamest ja tüvest läbi. Esimese läbilõike järele, puu anatoomiat silmas pidades, võib kõiki puu sortisid jagada kolme gruppi:

I. Palmipuud ehk nn. rohtpuud (Baumgräser).

II. Okaspuud ehk käbikandjad puud.

III. Lehtpuud.

Esimese grupi puud on erandita lõunamaa (troopikate) puud, ning ei ole meil praegu praktiliselt tähtsad. Nime-tame ainult siin, et nende hulgas iseäranis tähtsus ehituskunstis bambusepuul (bambusa) on. Seda puud tuleb tõesti imepuuks nimetada, sest et ta troopilistel maadel tihti 40—60 päeva jooksul kuni 40 meetri kõrguse ni kasvab. Õigemini võib selle puu kasvu rohu kasvuga võrrelda, milleks ta ka sõna tõsisel mõttes on. Anatoomiliselt on puu läbilõige kõigi teiste gruppide puudest lahus. Siin pole ei aastarõngaid ei ka radiaalkiireid (Markstrahlen), nii et puutüvi kude peenematest, segiläbi põimitud rakukestet (Zellen) koos seisab, mis iseäranis välistel kihtidel üksteise ligidal on ning puu koore asemel kõvenenud ja koguni sileda massina esinevad, mis bambusepuule tema erilise vastupanemise annab. Puu ise

on õõnes ning sisaldab peale selle sõlmesid, mis veel rohkem puu vastupanemiseks kaasa aitavad. See puu on kuulus kui üks vastupidavamatest ning kergematest materjaalidest, ka isegi terasega võrreldes. Seni on juba kaunis rohkesti katseid tehtud vastupanevuse kindlakstegemiseks, millest siin nimetame Baumanni katseid, mis näitavad, et bambusepuu vastupanevus keskmiselt järgmine oli:

1) Tõmbavatele jõududele vastupanek  $\sigma_t = 1700 - 3000 \text{ kg/cm}^2$   
 Sellejuures tõusis see arv väliste kõvenenud kihtide tarvis isegi kuni  $3070 - 3840 \text{ kg/cm}^2$ , kuna aga sisemised kihid kuni  $1350 - 1950 \text{ kg/cm}^2$  näitasid.

2) Elastilikkuse-mõõt (Elastizitäts-Modul) oli sellejuures väliste kihtide tarvis keskmiselt  $310.000 \text{ kg/cm}^2$  ja sisemiste tarvis  $110.000 \text{ kg/cm}^2$ , s. o. läbisegi  $200.000 \text{ kg/cm}^2$ .

3) Paenutavatele jõududele vastupanemine oli  $722 - 2760 \text{ kg/cm}^2$ , mille juures peenikesed bambuse torud ( $d = 2 - 3 \text{ cm.}$ ) palju enam vastu panid kui jämedamad ( $d \approx 8 \text{ cm.}$ ).

4) Paenutamise juures löövate jõududega oli keskmiselt vastupanemine  $2,4 \text{ m. kg/cm}^2$ .

5) Vastupanevus rõhuvatele jõududele oli keskmiselt  $548 - 863 \text{ kg/cm}^2$ .

Veel huvitavamad katsed tegi prof. G. Lange viimaste aastate jooksul mitmesuguste bambuse torudega rõhumisele vastupanevuse kindlakstegemiseks, millest siin ainult mõned toome:

Puu sort.	Proovi pikkus <i>l</i>	Läbi- mõõt <i>d</i> cm	Seinte paksum cm	Läbilõike pind cm <sup>2</sup>	Katkes- tav ras- kus kg	Katkes- tav pin- gutuse kg/cm <sup>2</sup>	$\frac{l}{d}$	Ühe m <sup>3</sup> ras- kus kg	Ühe m pikkuse raskus kg <sup>2</sup> /m.
Jaapani bambus ilma sõlmedeta . . . . .	12,37	4,905	0,485	6,73	4900	728	2,53	739	0,495
Jaapani bambus ühe sõlme . . . . .	12,44	4,84	0,485	6,64	4300	648	2,57	848	0,580
Jaapani bambus kahe sõlme . . . . .	89,0	5,0	0,455	6,50	3500	540	17,8	715	0,455
Jaapani bambus kolme sõlme ja viie kõitega . . . . .	81,3	4,57	0,40	5,24	3500	667	17,8	738	0,387
Jaapani bambus viie sõlme ja ilma kõiteta . . . . .	135,0	13,75	1,285	50,33	24470	487	9,82	706	3,57
Jaapani bambus kahe sõlme ja ilma kõiteta . . . . .	22,0	14,47	1,47	60,03	28000	466	1,52	743	4,47
Jaapani bambus ühe sõlme ja ilma kõiteta . . . . .	23,4	14,81	1,575	65,48	28200	431	1,58	670	4,38
Tonkini bambus ilma sõlme . . . . .	12,0	2,84	0,46	3,44	3200	930	4,27	867	0,298
Tonkini bambus kahe sõlme . . . . .	28,40	2,85	0,46	3,45	3300	956	9,97	985	0,340
Tonkini bambus ühe sõlme . . . . .	11,46	1,33	0,30	0,97	750	774	8,62	855	0,083

Nagu nendest resultaatidest näha, on bambus üks vastupidavamatest materjaalidest, isegi paremat sorti terasega võrreldes. Nagu tabelist näeme, kaalub üks m<sup>3</sup> bambust harilikus kuivas seisukorras ümarguselt 785 kg., kuna aga terase raskus 7850 kg on, s. o. 10 korda rohkem. Kui nüüd aga bambuse vastupanevust tõmbavatele jõududele 10 peale kasvatada, siis saame arvu 17.000—30.000 kg/cm<sup>2</sup>, millele harilikud ehituse juures pruugitavad terasesordid sugugi ei vasta. Sellest siis tuleb, et, näituseks, väljamaal bambust üheks kergematest ehitusmaterjaalidest loetakse, ning iseäranis sõja ajal ajutiste sildade ehitamiseks tarvitakse. Ka vastupidavus mädanemise vastu on bambuse juures suur, ning kõva kesta tõttu ei pruugita selleks mingisugust värvi ega teisi abinõusid.

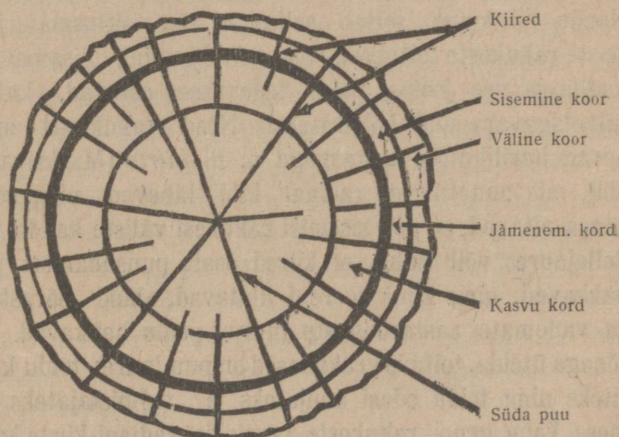
Kui nüüd üle minna teise ning kolmandama puu grupi — okas- ja lehtpuude — anatoomia juure, siis näeme, et iga puu koos seisab kahest peaosast: *koorest* ning päris *puust*, mis koore all aseneb ning harilikult ehituse juures *puuks* nimetakse. Koorel, kui ehitusmaterjaalil, tähtsust ei ole, nii et tema kohta ainult ütleme, et tal puu elu juures peajasjalikult see tähendus on, et ta kaitseb sisemisi osasid, mis puu elu ja kasvu juures tähtsad. *Puu ise* seisab koos lugemata hulgast väikestest *rakukestest* (Zellen), mille ülesandeks on niisama puutüvele kõvadust anda, kui ka puu toitmiseks ja kasvaks tegelikult kaasa aidata. Sellejuures võib vahet teha sisemiste ja väliste rakukeste vahel, mille juures harilikult sisemised rakukesed ainult vähe elumärkisid annavad ning võrdlemisi leigelt puu toitmisest osa võtavad, kuna aga välistes kordades kõik peatöö puu toitmiseks tehtakse. Selle tõttu võib üleüldiselt puu ristiläbilõikes kolm peaosat nimetada, nimelt:

1) *südapuu* (Kernholz), mis poolsurnud rakukestest koos seisab, mis oma kokkuseadet aastate jooksul enam

ei muuda ning puu elust ja toitmisest ainult vähe osa võtavad;

2) *kasvukord* (Splintholz), see on ka mitme aasta vanused korrad, kus aga veel toiduainete ümbertöötamine puumassiks lõppenud ei ole, ning mis iga aastal puu kasvust tegelikult osa võtavad. Seda korda võib harilikult *südapuust* palja silmaga selle läbi ära tunda, et ta heledamat värvi on, mis iseäranis peale selle kergesti näha on, kui puu mahalõigatult mõned päevad seisab;

3) *jämenemise kord*, see on väline kord puu sise-  
mise koore all, mis igal kevadel ja suvel puu kasvust ristiläbilõikes osa võtab ning igaks sügiseks ühe aasta-



Joon. 1.

*rõnga* näol välja kujuneb (Verdickungsschicht), ning viimaks võib veel nimetada puu *sisemist* (Bast) ning *välismist koort* (Borke). Vaata joon. 1. Kõik need korrad seisavad koos *rakukestest*, mida nende eesmärgi poolest kolme gruppi võib jagada: a) *Vee ja mahla jooksu*

*rakukesed, b) puu tüve kindlustamise rakukesed ja c) puu toitmiserakukesed.*

a. Need rakukesed seisavad koos harilikult pikergustest torukestest, mis läbi on põimitud teistest rakukestest, kuid lõpulikult siiski pikergusete torudena puu juurtest kuni lehtedeni harunevad, nii et neid mööda vesi ja mahlad juurtest kuni ladvani voolavad. Sellejuures on okaspuude juures need rakukesed kaunis korratud ning läbipõimitud vormi, kuna aga lehtpuude juures tihti nad kuni 3—5 mm pikaks saavad, ning neid palja silmaga näha võib (Gefässe).

b. Need rakukesed seisavad koos pikergustest osadest, mis paksude seintega on ning niiviisi kokku pandud, et puu tüvele kõvadust anda.

c. Need rakukesed on harilikult enam-vähem lühidad. Nende ülesanne seisab selles, et siin toitlusmaterjaalid teiste rakukeste toitmiseks alal hoitakse ning niisama suvel mahla ja vee jooksu ajal tegevusse astuvad, kui ka talvetagavara alal hoidmiseks. Need rakukesed suurenevad harilikult puu kasvuga n. n. *kiirte* (Markstrahlen) abil, mis puu tüvest radiaal läbi lähevad ning selleks kaasa aitavad, et puu sisemisi rakukesi väliste kaudu toita. Sellejuures võib näha, et kiired osalt puusüdamest peale hakkavad, ning kuni kooreni ulatavad, kuid pärastpoole ka vanemate aastarõngaste juures peale hakkavad. Ühesõnaga ütelda, toitmise rakukesed on puu juures toidu kambriteks ning toidu edasi andjateks ja valmistajateks esimese kahe grupi rakukeste tarvis ja radiaal-kiirte kaudu.

Kõik need rakukesed kokku sünnitavad puu massi ning leiduvad selles ehk teises vahekorras niisama puu sisemises koores, *jämenemise* korras, kui ka *kasvukordade aastarõngastes*. Et just jämenemise kord igal aastal puu kasvust osa võtab, siis vaatame seda natuke ligemalt. See kord seisab koos kah kolme sorti rakukestest. Esimeste, n. n. mahlatorude (Siebröhren) kaudu, mis kasvukorrale kõige ligemal on, jookseb mahl, mis eneses toidu-

aineid, iseäranis munavalget, sisaldab, puu lehtedest kuni juurteni ning annab tee peal omad toiduained kiirte kaudu puu sisemistele osadele edasi. Sellepolest on nendel rakukestel puu elus kõige suurem tähendus, sest et nende kaudu üksikud toiduained, mis vee ja mahla rakukeste kaudu puu lehtedesse kantud ning seal toiduaineteks ümber muudetud, lehtedest alla jooksevad ning kõige puu tarvis ära jaotakse. Teised, n. n. vee ja mahla rakukesed, vastavad niisamasugustele kasvukordade rakukestele, kuna aga kolmandad kõvaduse rakukestele algust annavad. Kõik need rakukesed on kaetud koore rakukestega.

Kui nüüd puu elutegevust vaadelda, saame umbes järgmise pildi. Juurte kaudu imeb puu maa seest vett, lämmastikku ja muid toitlusoolasid, mis siis niisama jämenemise-kui ka kasvukorra veerakukeste kaudu üles kuni puu lehtedeni kantakse. Lehed aurutavad ülearuse vee välja, võtavad õhust süsinikku ja hapnikku ning muudavad kõik need ollused meile teadmata kombel toitvateks aineteks, nimelt *munavalgeks* ning *söehüdraatideks*. Need toiduained kuluvad osalt ära lehtede kasvuks, kuid suurem osa voolab välise jämenemiskorra rakukeste kaudu alla, kuni puu juurteni, teepeal teatavat jagu toiduaineid kiirte kaudu toitmise rakukestesse saates, mille järel puu juured jällegi jämenemise-korra rakukeste kaudu vett ja toiduaineid lehtedeni saadavad ning sedamoodi mahla ringkäigu lõpetavad.

See ringjooks algab kevadel, kui maa sulama hakkab, ning lõpeb hilisel sügisel peale lehtede langemist. Sellejuures etendavad peaosalt puu kasvu juures *munavalge* ja *söehüdraatide* ained. Need ained kuluvad suve jooksul osalt üksikute rakukeste toitmiseks ja arenemiseks ning muudetakse osalt toitmise-rakukestes sügiseks tagavaraks, kus nad talve otsa tegevuseti seisavad ning kevadel vee abil kuni pungadeni saadetakse, kus nad kuni lehtede kasvuni tarvilikku toitu annavad. Selleks

ringjooksuks ning puu tegevuseks on tingimata teatav osa vett tarvis, mis tarvilikud soolad ning ained lehtedesse kannaks ning valmistoidu sealt alla saadaks. Selleläbi võib juhtuda, et suvel, kui maa väga kuiv on, vett tarvilikul arvul saada pole, mille tõttu siis kõik puu seisma jääb, millel, nagu pärastpoole näeme, ehituspuude raiumise kohta väga suur tähtsus on, iseäranis lõuna-maadel, kus talvet ei ole ja puu aasta läbi tegevuses on ja ainult teatavatel „puhkuse aegadel“ peatab. Niisama talvisel puhkuse ajal kui ka nimetud suvistel puhkustel kogub toitvatesse rakukestesse teatav osa toitlusaineid. Sellest, missugusel kujul need ained kogunevad, ole-neb just puu raiumise aeg. Harilikult koguneb esialgu peaasjalikult tärklis ( $C_6 H_{10} O_5$ ) ning kui see tärklis rakukestes muutumata seisma jääb, siis nimetakse neid *tärklispuudeks*. Nende hulka kuuluvad meie puudest tamm, jalak, saar, vaher. Kuid teiste puude juures muutub jällegi tärklis, iseäranis külma mõjul, suhkru-aineks, mis puud külma eest rohkem kaitseb. Ka võib nimetud tärklispuudes vähemalt osa tärklis külma tõttu suhkruks muutuda. Kolmandate puude juures muutub tärklis *rasvaaineks*, mis puud veel paremini külma eest kaitseb. Niisuguseid puud nimetakse *rasvapuudeks*. Nende hulka kuuluvad meil kõik okaspuud ning peale selle kask, lõhmus, kastanipuu ja teised pehmed puud.

Nagu nüüd teada, annab puude juures just tärklis niisama mädanemiseks kui ka ussitamiseks raiutud puu juures põhjust. Niisugused puud, mis raiumise juures omas toidurakukestes tärklis sisaldavad, võivad juba lükikese aja järele mädanema hakata, ehk ussiroaks saada. Sellepärast tuleb raiumise aeg just siis valida, kui tärklis ehk teised söehüdraadid kas koguni rasva-aineteks ümber on muutunud, ehk sellel ehk teisel kombel kõrvale saadetud. Kuid õige raiumise aja juure tuleme pärastpoole.

Puu kasv jämeduse poole sünnib just jämenemise korras, kus kevade ja suve jooksul uued rakukesed sünnivad ning kuni sügiseni suureks kasvavad ning võrdlemisi kõvenevad, et järgneval kevadel jällegi uute rakukeste tekkimisele maad anda. Nõndamoodi sünnivad kord korralt aastarõngad. Kevadel, kui maa sees palju vett, mis kasvule tarvilikum abinõu, sünnivad niisama okas- kui ka lehtpuude juures peaasjalikult koredad vee- ja toitlusrakukesed, mis tihti niivõrd suured on, et neid palja silmaga näha võib. Suvel, kui juba küllalt esimesi rakukesi on sündinud, ning mahl ja vesi vähenema hakkab, sünnivad peaasjalikult paksemate seintega tihedamad rakukesed, mis puule kindlast annavad. Esimesed koredad rakukesed, mis n. n. *varajat-puud* sünnitavad, on palju pehmemad ning nõrgemad kui viimased, mida *hiliseks puuks* nimetakse. Mõnede puu sortide juures on üleminek *varajase-puu* juurest *hilise puuni* järsk, kuna teiste juures see kordkorralt sünnib. Ka mõjub siin ühe ja sellesama puu sordi juures maapind, kliima, aasta ja teised põhjused, mille järeldusel näituseks üks ja seesama puu oma ehituse poolest palju muutuda võib. Näituseks kui võtta niisugune tarbepuu, nagu mänd, siis näeme, et põhjapoolsetel maal, kus iseäranis mänd võrdlemisi kuival pinnal kasvab, tema aastarõngad palju tihedamad ja kõvemad on kui lõunamaal. Puu headuse tundmiseks on tähtis selle peale tähelepanemist pöörata, et *hiline puu* võrdlemisi paksem oleks kui *varajane*, kuna aga sellel sugugi tähendust pole, kas üksikud aastarõngad paksud ehk õige peenikesed on: *Tähtis on ainult võrdlus Ph ja Pw vahel, kus Ph — hiline puu pind ja Pw — varajane puu pind* on. Et hiline puu palju tihedam on kui varajane, siis mõjub ka see *puu ruumi raskuse peale*\*),

---

\*) Ühe ruumi üksuse raskus (Raumgewicht) nimetakse valesil Spez. Gewicht.

nii et see raskus tegelikult puu kõvaduse tundemärgiks on, kui puu ise muidu terve on, nagu pärastpoole näeme.

Kui nüüd veel lühidalt võrrelda okas- ja lehtpuude anatoomiat, siis näeme, et peavahed seisavad järgmises:

1) Okaspuude juures puuduvad täiesti eritised toetavad rakukesed, kuna nende aset mahla ja vee rakukesed täidavad, ka need viimased on lihtsamad kui lehtpuude juures, mille juures pikad torud (Gefässe) koguni puuduvad. Üleüldse on puu anatoomia lihtsam kui lehtpuu juures.

2) Okaspuud sisaldavad puumassis vaiku, mis n. n. vaigukäikudes (Harzgänge) peitub, ning iga okaspuu juures suuremal ehk vähemal määral ette tuleb. Vaik sünnib harilikult toitvates rakukestes, ning laieneb sealt osalt rakukeste vahelistesse ruumidesse, missuguseid ta tihti 15—70 cm pikkuste torude kombel täidab, kus vaik niis suure rõhumise all on, et sealt välja litsutakse, kui näituseks puud haavata. Kuid ka kiirtes võib vaiku leida. Kuid elavate rakukeste sisse ei pääse vaik mitte, seni kaua kui puu ei ole maha raiutud ning niivõrd kuivanud, et vesi rakukestest välja saaks litsutud. Alles siis täidab vaik osalt rakukesi, mis puule veel enam vastupanevust mädanemisele annab. Peab veel tähendama, et vaik harilikul rammusalt kasvava puu juures iseäranis päikesepoolsel küljel palju kergemini sünnib, kui vastupidi. Vaigu võrdlev raskus on umbes 1,0, ja et puhta puu massi raskus keskmiselt kõigil puudel 1,56 on, siis ei tähenda vaigu rohkus mitte veel puu raskuse suurenemist, mida ka järgmine tabel näitab (Tabel a):

T A B E L a.

PUU SORT	Vaigu rohkus kg/m <sup>3</sup>	Ruumi raskus kuiv puu
Pitch-pine . . . . .	kuni 61,1	kuni 0,70
Weymuth-pine . . . . .	16,7—21,5	0,343—0,386
Saksa mänd . . . . .	18,7—19,6	0,506—0,463
Saksamaa kuusk (Lärche)	17,4—18,8	0,463—0,626
Douglas-fik . . . . .	kuni 9,2	kuni 0,476
Kuusk (Fichte) . . . . .	3,5— 6,6	0,400—0,412
Valge kuusk . . . . .	3,1— 8,2	0,373—0,423

Okaspuude juures annab vaik puule väga suurt vastu-panevust mädanemise vastu. Ka ussid armastavad vaigust puud vähem, kui teist. Teisest küljest annab teatava puu juures vaigu rohkus sellest tunnistust, et puu terves ja heades oludes on kasvanud. Just sellepärast on teatav vaigu rohkus üheks paremaks tundemärgiks puu omaduste katsumise juures. Iseäranis laevaehituses on suur tähendus vaigurikastel puudel, sest et nad vees kaua aega ei mädane ega oma vastupanemist ei kaota. Just selletõttu on näituseks Ameerikas kasvavad männi sordid kuulsad laevaehituse materjaalid. Nendest peab iseäranis nimetama pitch-pine (tõrvamänd), mis paremaks puuks laevaehituses loetakse. Tähtsamatest okaspuudest nimetame siin järgmisi:

1. *Kuusk* (Die Fichte, Rottanne, picea excelsa). Selle puu juures, mis ka meilt leida on, ei ole vahet kasvukorra ja südakorra värvi vahel. Puu ise kasvab võrdlemisi sirgelt ja ilma oksadeta. Ta kuulub rasva-puude hulka, mis võimalust annab õiget raiumise aega välja valida, nagu pärastpoole näeme. Vaiku sisaldab ta võrdlemisi vähe ning on selletõttu teistest okaspuudest halvem, iseäranis ilma muutustele vastu panema. See

puu on ka võrdlemisi nõrgem kui teised okapuud. Vaatamata selle peale võib siiski teda laevade juures ehitamiseks tarvitada, kuid ainult niisuguste osade tarvis, mis ilma muutuste eest on hoitud, ning iseäranis laeva vastupidavusest osa ei võta. Ka lubatakse puu sileduse ja õigejoonelsuse poolest seda puud mastideks tarvitada. Näituseks lubatakse Norra reeglite järele puulaevade ehitamise juures kuuske allpool tühjalt-veeliini tarvitada, kuid sellejuures peab mõõdud männiga võrreldes 10% võrra suurendama, mis puu vastupidavusele vastab. Keskmiselt võiks selle puu kohta ütelda, et tema vastupidavus niisama jõududele kui ka mädanemisele umbes 10—15% vähem on, kui meie hariliku männi juures. Saab kuni 300 aastat vanaks. Parem ehituse puu 100—150 a. Niiskus toorelt 37%, ruumiraskus 0,735, kuivalt 0,48—0,40.

2) *Valge kuusk* (Weisstanne, abies pectinata). See on oma omaduste poolest hariliku kuuse sarnane, kuid et teda meil ainult ilupuudena leida on, ning mingit mõtet ei ole kesk- ja lõuna-Euroopast sisse vedada, siis ei peata tema juures pikemalt.

3) *Mänd* (Die Kiefer, Föhre, pinus silvestris). Siin kutsutakse harilikult „Die Fichte“, mis õige pole. See on üks sagedamatest puudest meil ja põhja- ja kesk-Euroopas. Ta lepib igasuguse pinnaga, ning kasvab iseäranis lopsakalt liivaküngastel, mis muidu millegikski ei kõlbaks. Selle puu juures lahuneb südapuu kasvukorrast värvi poolest, niisama ka omaduste poolest. Iseäranis on vahe näha juba mõni päev peale raiumist, kus südapuu pruunikaskollaka värvi omandab, kuna aga kasvukord valgemaks jääb. Vanemate puude juures on südapuu võrdlemisi jäme, kuna nooremad puud peasjalikult kasvukorrast koos seisavad. Vaigukäikusid on võrdlemisi palju, iseäranis südakorras, kus vaik juba oma lõpuliku arenemise ja kuju on saanud ning puu massi

hästi kaitseb. Aastarõngastes on vahest varanepuu, vahest jälle hiline ülekaalus, mis rohkesti maapinnast ja kliimast ära ripub. Mänd loetakse üheks vastupidavamaks puuks okaspuude hulgas, ning meie okaspuudest on ta esimesel kohal. Kuid peab silmas pidama, et see ainult paremate puu sortide juures ning õigel raiumise ajal nii on. Näituseks on nooremad puud, millel kasvukord suur, võrdlemisi vähema väärtusega, ning võivad oma väärtuse koguini kaotada, kui õigel ajal raiutud ei ole. Vaadates maapinna ja kliima peale, on kord varajane, kord jällegi hiline puu enamuses, nii et männi raskus õige suurtes piirides kõigub. Paremad puu sordid on alati raskemad ja vaigusemad, mis üheks kindlamatest tundemärkidest on. Männipuul kõlbab niisama südapuu kui ka kasvukord ehituse materjaliks. Tegelikult on mõlemad korrad ühte viisi kõvad ja vastupidavad, kui aga õigel ajal on raiutud, ehk pärast raiumist toimetud. Puu keskmine niiskus raiumise juures (Hartig) 37,7%, ruumiraskus 0,73, kuivalt 0,57—0,50.

Mändisid on palju erasortisid, mis Euroopas üksteisest palju ei lahku, ning vähemalt meil kõik männi nime all lähevad. Kuid Ameerikas kasvavad mändid, mis laevaehituses suure tähendusega on, ning siin nimetud peavad saama, need on:

a) *Pitch-pine* (Pichkiefer, tõrvamänd, *pinus palustris*). See puu on iseäralik oma raskuse ja vaigurikkuse poolest. Harilikus kuivas seisukorras on raskuse mõõt 0,70. Ta kasvab Lõuna-Ameerikas ning on niivõrd vaigurikas, et isegi värvi peale ei võta. Ka on hiline puu siin alati enamuses, nii et see puu võrdlemisi vastupidav niihästi jõududele kui ka mädanemisele on ning üheks paremaks puuks laevaehituses loetakse.

b) *Yellow-pine* (Kollane mänd, *pinus nutis*). Kasvab ka Ameerikas. On natuke rohkem kollakat värvi ning natuke vähem vastupidav kui esimene. Ka vaiku on

siin vähem, nagu toodud tabelist näha. Kuid siiski on ta meie männist kõvem ja vastupidavam. Ka tema peale hakkab värv halvasti. Pruugitakse laeva juures iseäranis ülemiste osade, nagu dekkide, ehituste ja muu tarvis.

4. *Saksamaa kuusk* (Die Larche, larix europaea). Põhjamaa puu, kasvab peaaesjalikult Siberis ja Uraalide ligidal, ka Kesk-Euroopa mägedel. See puu on üks kõvematest, vaigurikkamatest ja vastupidavamatest Euroopa okaspuudest, nii et teda paremaks loetakse kui isegi mändi. Peetakse paremaks puuks igasuguste veehituste tarvis ja ka tiseritöödel. Puu-ussid ei tungi peaaegu sugugi kallale. Vee all isegi kõveneb ning vastupanevus ulatab näituseks mõnede veehituste juures üle 1000 aasta. See oleks üks parematest puudest laevaehituses, kuid on kahjuks kaugel ehituskohtadest.

5. *Oregon pine*, Douglas fir (Douglastanne, Douglase kuusk, Pseudotsugo Douglasie). Ka Ameerika puu, kuid edeneb hästi ka Euroopas. Tema omadused on ühesugused Saksamaa kuusega, ning mõnikord isegi paremad. See puu kasvab väga ruttu, kõrgus ulatab kuni 100 m ja üle selle. On vastupidav ning kõva, selle poolest meie kuusest palju ette, ehk ta küll kuuse tõugu on. Pruugitakse ka suurel määral Ameerika laevaehituses, loetakse halvemaks kui pitch-pine ehk yellow-pine.

Need on siis tähtsamad okaspuu sordid, mis ehitusmaterjalidena laevaehituses pruugitakse. Et vanades reeglites (näit. Bureau Veritas 1908) veel mõnda okaspuu sorti nimetakse, siis toome siin ainult nende nimetused:

a) *Backmatack*. See on üks Saksamaa-kuuse tõugu puu, mis Ameerikas kasvab, kuid seal alamaks loetakse kui muud Ameerika okaspuud. Siiski näitavad uurimised, et see puu mitte Lääne- ja Kesk-Euroopa puudest taha ei jää, ning mõned uurijad loevad isegi paremaks (Baterden). Teised uurijad nimetavad seda puud Western larch ehk

Black larch. Ta on niisama vaigurikas ja vastupidav kui harilik Saksamaa kuusk.

*Kadakas* (Wacholder, *Juniperus communis*). See on seedripuu tõugu puu. Seedri puu ise, mis Väike- ja Kesk-Aasias ning Jaapanis leidub, loetakse üheks paremaks ehituspuuks. Ta on Saksamaa kuuse tõugu, niisama vaigurikas, vastupidav ning sellejuures pehmem ning ilusam. Needsamad omadused on ka ülevalnimetud puul, kuid meie maal teda ehituspuuna arvesse ei saa võtta.

*Lehtpuude* peale üle minnes tähendame, et, nagu juba enne näha oli, on lehtpuude ehitus keerulisem kui okaspuude juures. Siin tulevad nimelt juure koguni uued rakukesed, mida okaspuude juures ei ole. Siin lahunevad üksteisest täiesti mahlarakukesed, toetusrakukesed, toitlusrakukesed ja kiired. Mahlarakukesed arenevad sellejuures pikkadeks torudeks, mis niivõrd jämedad on, et neid puuläbilõikes palja silmaga näha võib. Sellejärele, kuidas need torud aastarõngasteks ära on jaotud, jaotakse okaspuud *rõngaspooridega* ja *läbisegi pooridega puudeks*. Esimete juures on poorid peaaesjalikult asendunud varajases puus, nii et neid ringina vara- ja hilise vöö sees näha võib, mille tõttu aastarõngaid kergesti ära võib tunda. Viimaste juures jällegi leiduvad poorid niihästi varajases kui ka hilises vöös. Vaigukäigud puuduvad lehtpuude juures täiesti, ehk mõned nendest küll vaiku sisaldavad. Kiired on lehtpuude juures palju selgemini välja arenenud ning neid on palju rohkemal arvul leida, nii et nad harilikult palja silmaga nähtavad, ning puu sees pärast hõõveldamist täpikeste ehk pikerguste teistvärvi kehakeste näol esinevad.

Esimese grupi puudest nimetame järgmisi:

1. *Tamm* (Die Eiche, *Quercus*). Tamm on üks tähtsamatest puudest oma vastupanevuse poolest niihästi mädanemisele kui ka välistele jõududele. Kasvab pea-

asjalikult Kesk-Euroopas, kus enne isegi suured tamme metsad olid, mis ainult nüüd haruldaseks nähtuseks jäänud. Tamm armastab head pinda ja palju päikest. Saab kuni 500—600 a. vanaks. Ainult headel tingimistel kasvab puu jõudsasti, hiline puu on võrdlemisi paks, ning terve puu vastupidav. Lahja maa peal aga kitsalt kasvades, kus vähe päikest ligi pääseb, kujuneb tamm palju vähema väärtusega puuks. Tamm on *kasvukorra* puu. Juba palja silmaga võib heledamat kasvukorda kergesti ära tunda südapuust. Puu elus on kasvukorra ja südapuu vahel suur vahe. Südapuu ei võta enam puu elust osa ning tema rakukestes sisaldub parkhapet. Kasvukord aga võtab iga aasta puu elust ja toitmisest osa. Et aga tamm *tärklisepuu* on, s. t. toitvad rakukesed talvel tärklisega on täidetud, ning ka suvel iga-sugused söehüdraadid rakukesi täidavad, siis on kasvukord peale raiumist alaväärtusline, sest et ta ruttu usside roaks langeb. Selle järeltusel nõutakse tihti, et kasvukorda sugugi ehituseks ei tarvitaks, vaid ainult südapuud. Sellepärast on väga tähtis teada, kuidas ära tunda kasvukorda südapuust. Harilikult on kasvukord heledamat värvi, kuid võib juhtuda, et vananenud puu juures see vahekord kadunud on, ehk koguni südapuu heledama värvi omab. Ka juhtub, et kaupmehed puu otsad ära värvivad, et mitte võrdlemisi palju puud ära visata. Kui muidu võimalik pole kasvukorda südapuust ära tunda, siis on ainult tarvis värskelt hõõveldud puu otsa ehk pinda (lauad) kroomhapu-kaaliga (chromosaure kali) üle määrada, millejuures südapuu otsekohe tumedama värvi omandab, mis sellest tuleb, et parkhape (Gerbstoff) kaalihappega sulatise annab, mis kollakatpruuni värvi on. Kuid et kasvukorra äraviskamisel palju puud raisku läheb, siis on majandusliselt kasulikum teatavate abinõude tarvitamisel tärklisest lahti saada ning sellejuures võimalikult parkhapet ka kasvukordade rakukestesse

muretseda, mis puu-ussi eemale hoiab ning selleläbi tammepuu just kuulsaks teeb. Nagu pärastpoole näeme, on see kättesaadav puu rõngaskoorimise läbi enne raiumist. See oli juba mineva aastasaja algusest saadik teada. Tamme vastupanevus suureneb veel, kui teda paigutada vette, mis sisaldab teatavaid raua soolasid. Parkhape sünnitab nende sooladega ühenduse, mis musta värvi on ning terve puu mustavärviliseks ning kivikõvaks teeb. On ka katseid tehtud juba kasvu ajal tammesid teatavate rauahapete sulatistega täita, mille järel puu mustaks muutub ning tema vastupidavus suureneb. Nende katsete tõttu on võimalus nüüd võrdlemisi ruttu seda kätte saada, mis vees aastasade tõttu sündis. Musta tamme pruugitakse parema mööbli tarvis.

Ehituste juures peab silmas pidama, et parkhape rauaga ühendusse astub, nii et raudosad, mis tamme puuga kokku puutuvad, rutemini roostetavad kui muidu. Kuid sellel omadusel pole just iseäranis suurt tähendust.

Üleüldse loetakse kuni 200 üksikut tamme sorti, mis puu headuse poolest aga üksteisest pea sugugi lahku ei lähe. Nimetame siin ainult, et Euroopas leiduvad sordid kõik enam-vähem üheväärtuslised on. Väljamaa tamme sortidest võiks siin nimetada Ameerika sortisid: *punast* ja *valget* tamme (Red oak, white oak), esimene on parem kui tisleritööde puu ja viimane kui ehituspuu, mida näituseks Ameerikas suurel arvul pruugitakse. Ka *Jaapani tamm* on Euroopa tammedega üheväärtusline.

Meie tammed jagunevad puu kasvu ja maapinna järel-dusel kahte sorti; esimene *pehme tamm* (mildes Eichenholz), millel aastarõngad võrdlemisi tihedad ning varajane ja hiline puu peaaegu ühepaksused on ja terve puu selle tõttu rohkem tiheda ehitusviisiline ja ühtlasi pehmem on, sellevastu on *karedal tammel* laiad aastarõngad, kus iseäranis hiline puu rohkesti välja on arenenud oma paksuseinaliste toetusrakukestega, milletõttu puu

iseäranis kõvaks kujuneb ning naljalt hõõvli alla ei tule. Siin peab veel nimetama, et kiired, mis tamme puus iseäranis välja on arenenud, selleks palju kaasa aitavad, et puu vastupanemist suurendada, mis iseäranis risti puust läbi märgata on, nagu pärastpoole näeme.

2. *Tieki-puu* (Das Tiekholz, teak wood, *tectona grandis*). Lõunamaa puu, kuid tema heade omaduste poolest suurel arvul sisseveetav. Kasvab peaaesjalikult Indias, Tseiloni saarel, Jaavas. Kasvab väga aeglaselt, ning on täiskasvanud alles 80—200 aastaga. Et aga ärimehed tihti palju nooremaid puid maha raiuvad, mis vähema väärtusega, siis peab ostmise juures hoolega järele vaatama. Puu headest omadustest peab siin iseäranis nimetama: 1) puu-ussid (*Toredo navalis*), kes tihti tamme ehk männi puud merevees koguni läbi puurivad, armastavad tieki-puud vähem, nii et ta kauem vastu peab; 2) parkhape, mis siin niisamuti on kui tammedelgi, on mõnesuguste vaikude tõttu niisuguses seisukorras, et raudosad mitte roostetama ei hakka, nagu seda tamme juures ette tuleb; 3) kuivab puu palju vähem kokku kui näituseks okaspuud ehk teised lehtpuud, mille tõttu ta paremaks puuks laeva lagedel ning pealvee välisplankudeks on. Vastupanevuse poolest on puu ka esimestel kohtadel. See puu leiab aga oma kalliduse poolest pruukimist peaaesjalikult paremate jahtide ehk teiste kallide laevade juures. Ka pruugiti ennevanasti teda punkt teise ja kolmanda tõttu laeva soomuse patjadeks.

3. *Lokus* (Black locust, Der Schotendorn, robina *pseudo-acacia*). Seda puud nimetakse ka harilikult valesti „akaaasia“ puuks. Selle puu sünnipaigaks on Ameerika, kust ta aga juba XVII—XVIII aastasajal Euroopasse üle toodi, ning kasvatama hakati. On kasvamise juures õige vähenõudev puu. Näituseks Lõuna-Venemaa ehk Ungari stepides ainukene puu, mis kasvab. Kasvab väga ruttu, nii et aastarõngad kuni 15 mm paksused on. Kasvu-

kord on siin ainult 2—5 välist ringi, kuna aga muu kõik südapuuks on. See on üks kõvematest ja vastupidavamatest puudest, mida näituseks järeldada võib Baumanni andmetest:

Vastupanevus tõmbavatele jõududele	1200—1850	kg/cm <sup>2</sup>
„ litsuvatele „	740—800	„
„ risti puust läbi . .	180—200	„
„ litsuvatele jõududele		
„ aastarõngaste järele	195—197	„

$$E = 150.000 \text{ kg/cm}^2$$

Ruumiraskus kuivalt 0,58—0,88 (keskmiselt 0,77).

Seda puud tarvitakse suurel määral laevaehituses puunaeltteks, tema suure vastupanevuse tõttu, nii et klassifikatsiooni seltsid isegi seda soovivad ning klassimääramisel arvesse võtavad.

*Õige akaatsia* (echte Akazie, Acacia) on Lõunamaa põõsaspuu. Niisama kõva kui lokus. Ehituste juures tal palju tähendust ei ole.

4. *Saar* (Esche, Fraxinus excelsior). Südapuu on valkjat värvi. Kasvukord, mis 30—40 aastarõngast sisaldab, hele. Kasvab ruttu, kuni 16 mm paksude aastarõngastega. On kõva ja vastupidav puu, kuid et teda harva ette tuleb, siis ainult tiseritöödeks pruugitav. Omadustest võib veel iseäranis nimetada—paenduvust, sitkust, läikivust. Pruugitakse laevaehituses suurel määral iseäranis lootsikute ehitamiseks, mõlade, pinkide ja muu sisseseadete tarvis.

Teise grupi puude juures peatame järgmistel:

1. *Punane buk* (Die Rotbuche, fagus silvatica). Kasvab Kesk-Euroopas, teeb näituseks, Saksamaal 40% kõigist lehtpuudest välja. Nimetame siin ainult lühidalt, et see ka *tärklise* puude hulka kuulub. Puu ise on kõva ning vastupidav, kui täiesti vee all on. Kuid kuival maal, iseäranis niisketil kohtadel, mädaneb väga ruttu ning kuivab palju kokku, nii et praguneb. Kuid viimastel

aastatel on iseäranis Saksamaal abinõud tarvitusele võetud, et puud kaitsta mädanemise eest. Selleks joodetakse puud mitmesuguste vedelikkudega, millest siin lühidalt nimetame: a) kui tähtis on haisuta puu (mööbel), siis täidetakse paraffiiniga, mis bensiini sees ära sulatakse ning siis puu sisse pressitakse. Bensiin aurab välja, ning paraffiin jääb asemele; b) kui hais tähtis ei ole, siis joodetakse kreosoot-õliga, millele viimasel ajal veel paraffiini juure lisatakse. Niisugusel konserveerimisel on ütle mata suur tähendus, sest et selle läbi puu iga kuni viiekordseks tehakse. Kui kõik abinõud tarvitusele võtta, mis vähendavad ülemalnimetud halbu külgi, siis on buk üks kõvematest ehitusmaterjalidest. Kuid meil pole temal tähendust.

2. *Valge buk* (Weissbuche). Ka ainult Kesk-Euroopas leida. On üks kõvematest puudest seal. Kuid ussid armastavad teda veel enam kui punast bukki, nii et teda ainult niisugustel kohtadel võib tarvitada, kus niiskust pole, ehk koguni vee all. Temast tehakse harilikult tiseriiristad, nagu hõõvli pakud ja muud.

3. *Kask*. Meil laialt leiduv puu. On kaunis kõva, ka vastupidav kuivas kohas, kuid niiskes kohas mädaneb väga ruttu ning kaotab oma kõvaduse. Ehituspuuna pole temal palju tähendust. Laevaehituses ei pruugita sugugi, vahest ainult sisemiste mööblite tarvis. Kase koor sisaldab eneses iseäralikku õli, mis puud hästi kaitseb mädanemise ja usside eest, ning millest valmistakse iseäralist kasetohu õli (tõkatit) puu värvimiseks.

4. *Vaher* on kaunis vastupidav puu tiseritöödeks, kõva, paenduv, sitke.

5. *Jalakas*. Kasvab meil ja Kesk-Euroopas. On kõva, vastupidav, sitke ja paenduv. Vastupidavuses ei anna tammele järele. Pruugitakse peaaesjalikult ainult tiseritöödeks, puu väikese arvu pärast.

Väljamaa puudest nimetame siin veel mõnda, mis

viimasel ajal suurel määral Euroopasse sisse veeti, ning enne sõda isegi tihti odavamad tulid kui oma kodu puud.

A) *Eukalüptus*. See on Austraalia lehtpuu. Kasvu poolest kõige suurem puu maailmas, mis kuni 150 m kõrgeks kasvab ja mille übermõõd kuni 30 m ulatab. Kuivatult on puu võrdlemisi raske (kub. meeter kaalub 0,7—1,1 tn.) ja kõva ning vastupidav. Puu vastupidavus tuleb iseäranis sellest, et tema rakukestes igasugused täitvad ained asenevad, nagu: gummi, talkum, tõrv, õlid ja parkhape. Kõigi nende ainete tõttu on puu võrdlemisi konserveeritud, s. o. usside ja müdanemise eest kaitsitud. Kuid teisest küljest teevad nad kuivatamise aja pikemaks, nii et vähemalt  $1\frac{1}{2}$ —2 aastat õhus kuivatamiseks ära kulub. Puu on kuivalt punakaspruuni, halli, pruuni j. t. värvi, väga ilus ja ühetaoline. Seda puud pruugiti Lääne-Euroopas suurel arvul uulitsate tegemiseks, tema vastupidavuse ja vedrutavuse poolest. Kuid iseäranis veeehituste juures on sellel puul tema vastupidavuse tõttu suur tulevik. Eukalüptuse sortisid on palju, millest siin ainult möödaminnes nimetame: a) *Ida-Austraalia sordid*. 1) talgi puu (Talkholz, tallow-wood), mille poorid talgirasvaga täidetud; see on üks raskematest ja vastupidavamatest puudest ( $m^3 > 1,0$  tn.), 2) musttüvi, [Schwarzstamm, blackbutt], niisamasugused omadused j. t.

b) *Lääne-Austraalia puud*: 1) *Karri* ja *Jarrah*, need on punast värvi puud, mis kuulsad oma sitkuse ja kõvaduse poolest ning tihti mahagoni nime all välja saadetakse. Väga sündsad laevaehituses ( $m^3$ —0,9—1,5).

B) *Aafrika puud*. Aafrikas kasvab peale eukalüptuse sortide, mis Austraalia puudest taha jääb, palju teisi vastupidavaid ja ilusa välimusega puid, mis *Aafrika mahagoni* nime all välja saadetakse, millest esimesele kohale *Grenadille-puud* peab paigutama, mis tiseritöödeks hästi kõlbab. Palju kõvu puid kasvab Lõuna-Aafrikas, millest siin nimetada võime *Bongosi* puud ehk n. n. *raudpuud*

(Eisenholz), mille vastupidavus pehme raua sortidele ligineb [ $\delta_{\text{tõmb.}}$  kuni  $1900 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\delta_{\text{liits}}$  kuni  $800 \text{ kg/cm}^2$ ]. Möödamannes nimetame siin, et *mahagoni puud*, mis jahtide ehituses üheks paremaks puuks loetakse (iseäranis vähese kokkukuivamise poolest) väga mitmet sorti on ning igast maailma jaost mahagoni nime all sisse toodakse. Kuid eht mahagoni, mille nimeks *Swietenia mahagoni*, tuleb ainult Lääne-Indiast ja Kesk-Ameerikast, ning maksab alati väga kõrget hinda. Selle puu kokkukuivavus on vähem kui ühelgi teisel puul.

Kuid kõige kõvemad ja raskemad puud tulevad Kesk- ja Lõuna-Ameerikast ning Lääne-Indiast (Lääne-India saared). Peale nimetud *mahagoni-puu*, nimetame siin veel *mustapuud* (Pockholz) ehk bakanti, mis üks kõvematest ja raskematest puudest on ( $n^2$  1,17 — 1,39 tn.). Nagu teada, tarvitakse teda kasuga laevavõlli hülside vooderdamiseks. Suuremate veeehituste tarvis on aga suurem tähtsus *roheline südame* puul (Grünherz). See puu kasvab Kesk- ja Lõuna-Ameerikas. Nimi tuleb sellest, et südapuu tal rohekaskollast värvi on, *kasvukord* aga punakas. Puu on õige tiheda ehitusega. Raskus 1,08—1,26 tn/m<sup>3</sup>. Puu on iseäranis vastupidav igasugustele puu-ussidele, ka vee sees, mis sellest tuleb, et temas iseäralik kihvtine vedelik (alkoloid) leidub, mida puu-ussid ei armasta. Seda puud tarvitakse suurel määral väljamaa sadamate ja veealustes ehitustes. Et puus parkhappet ei ole, siis seisavad ka raudpolid ja naelad kauemini. Veel palju teisi kõvu ja vastupidavaid puid on Kesk- ja Lõuna-Ameerikas leidä, kuid lepime ülevaltoodud tähtsamatega.

## B. Puu kõvadus, vastupanevus ja kestvus.

Nagu ülevaltoodud kirjeldusest näha, olenevad kõik nimetud omadused, mis ehituspuude juures tähtsad, puu sordist. Kuid ka ühe ja sellesama sordi juures võivad kõik need omadused märksa muutuda, sellepeale vaadates:

1) *kus* (s. t. missuguses pinnas, kliimas) ja *kuidas* (üksikult ehk tihedalt, sirgelt ehk kõveralt) puu on kasvanud.

2) *millal puu raiutud, kuidas ehituseks ette valmistud ja*

3) *missugused olud ootavad puud ehituses.*

Esimesel grupil on ütle mata suur tähendus puu ülevalnimetud omaduste peale. Nagu juba üleval nägime, mõjub niihästi kliima kui ka maapind puu sisemise ehituse peale, mille järel dusel siis ka puu omadused muutuvad. Näituseks on ühel pinnal kasvades aastarõngad niisugused, nagu puu vastupidavus nõuab, ehk jällegi puus leidub rohkesti vaiku, ja muid aineid (parkhape jne), mis vastupanevust suurendavad, kuna teisel pinnal see otse teistmoodi on. Nagu uurimised on näidanud, muutub üksiku puu sordi vastupanevus välistele jõududele peaaegu proportsionaalselt puu *ruumiraskusega*, muidugi kui ühe ja sellesama niiskusega puid võrrelda. Sellejärele võib otsekoheseks puu vastupanevuse kindlakstegemiseks lihtsalt ühe ja sellesama niiskusega puude ruumiraskust kindlaks teha, et siis sellejärele otsustada, missugune puu

kindlam on. Ka võib vilunud puutundja palja silmaga aastarõngaste järele otsustada, missugune puu vastupidavam on, kui ülevaltoodud struktuuri meele tuletada. Nimetame siin veel lühidalt kõik tingimised, mis täitma peab hea ehituspuu.

1) Hilised võõd aastarõngastes peavad varajatega võrreldes olema laiad. Selletõttu tõuseb puu raskus, nii et puu vastupidavus ühes ja sellesamas puu sordis raskusega peaaegu proportsionaalselt suureneb. Sellejuures peab muidugi ainult puuolluste raskust võrdlema, s. o. ruumiraskus koguni kuiva puu tarvis.

2) Puu ise peab terve, sirge kasvuga ja võimalikult vaba olema oksadest ja igasugustest vigadest. Puu terveist võib kergesti ära tunda lõhnast ning välimusest. Puu vigadest nimetame siin:

a) *Keerdkasv*. Nagu pärastpoole näeme, on puu vastupanevus tõmbavatele ja lõikavatele jõududele koguni mitmekesine (lõikav umbes 10 korda vähem). Kuid et litsumise ja tõmbamise juures keerdpuus just lõikavad pingutused arenevad, siis on arusaadav, et keerdkasv puu vastupanevust vähendab. Keerdkasvu põhjusi pole teada, nähtavasti tuleb see aga päikese ja tuulte mõjust, mille tõttu keerdkasvuga puid iseäranis leida on metsa äärte pealt.

b) *Kõverkasv*. Kui ehituseks kõverat puud tarvis on, siis on kõverkasv kasulik, sest et niisugune puu vastupidavam on kui paenatud. Iseäraline tähtsus on kõveralt kasvanud puudel laevaehituses spantidena ja dekipalkidena. Kuid kui kõverpuud õigeks saagida, siis vähendab see puu vastupanevust märksa, jällegi elule kutsudes lõikavaid pingutusi.

c) *Ühekülgne kasv*, kus puusüda ekstsentriliselt on paigutatud, mis tuulte mõjust tuleb. Niisuguste puude vastupidavus on harilikult ka vähem kui normaal-kasvuga puudel. Kuid taladeks, mis paenutamise peale töötavad,

kõlbavad need palgid väga hästi, peab ainult talad õieti paigutama, nii et tõmbavad pingutused ilmsiks tuleks nendes võodes, mis asendud õhemas puukorras.

Tihti leidub ühekülgsed ja keerdkasvu koos. Niisugused puud on koguni alama väärtusega, ning ei lubata neid harilikult ehituste juures tarvitada. Iseäranis plangud ja lauad niisugustest puudest ei kõlba ehituseks, sest et nad vähema vastupanevusega on ning kuivamise juures „vänduvad“.

d) *Liig oksline puu.* See on üks tähtsamatest ja sagedamatest puu vigadest, mis harilikult tunnistab valest metsa kasvatusel ja ehitamise juures ennast valusalt tunda annab. Oksline puu pole mitte ainult tahumise ja saagimise ehk hõõveldamise juures vastik, vaid okslus vähendab ka puu vastupanevust märksa ja võib teinekord koguni kardetavad tagajärjed elule tuua. Oksade juures, iseäranis kui nad „kuivanud“ on, katkevad harilikult pikuti puu lõimed, nii et siin puu läbilõige nõrgeneb, ning selle järeldusel vastupanevus igasugustele jõududele väheneb, mida kõik sellekohased katsed tõendavad. Paljud katsed on näidanud, et oksade tõttu isegi ümarikkude palkide vastupanevus kuni 50% väheneb, rääkimata plankudest ehk laudadest, mis oksade tõttu vastupidavuse tihti koguni kaotavad. Tihti ei aima metsakasvatajad isegi, kui suur tähendus on oksadeta puul, ning kaebavad, kui nendele selles „väga suured“ nõudmised tehnikute poolt tehakse. Kuid majandusliselt on õigel metsakasvatusel, kus niisuguseid vigu võimalikult kõrvaldama peaks, palju suurem tähendus, kui seda harilikult mõistetakse. Ehitamise juures, iseäranis niisuguste osade tarvis, mis otsekohe konstruktsiooni kindluseks tarvilikud, peab hoolega selle järele valvama, et okslised puud kõik eelarved tegelikult kraavi ei lükka. Iseäranis tähtis on, näituseks laevade juures, niisugustel peakandvatel osadel, kui kiil, kiilsonid, vegerid, sheerstrek, põhja-

plangud ning ülemised seinad ja deki plangud, kus tarvitama peab võimalikult ilma oksadeta puud. Lubatavad on ainult niisugused oksad, mis puu karva, puuga kokkukasvanud, ning võrdlemisi harva ning võimalikult ainult südame ligidal ette tulevad, kuna välised korrad võrdlemisi puhtad peaks olema.

On veel palju teisi vähemaid vigu, mis meid aga liig kaugele viiks, nii et nendest siin pikemalt rääkima ei hakka.

Teise grupi juure üle minnes tähendame, et puu raiumise ajal ütle mata suur tähendus on, peaasjalikult puu vastupanevuse peale mädanemisele ja ussitamisele.

Nagu üleval nägime, on mädanemise ja ussitamise põhjuseks tärkliis ja teised munavalge osad, mis puu toitvates rakukestes leiduvad. Kui puu raiumise ajal neid aineid sisaldab, ning neid pärast raiumist sealt välja ei tõrjuta, siis võib niisugune puu juba lühikese aja jooksul mädanema hakata ning ussideroaks saada, isegi kui puu võrdlemisi rahuloldavates oludes aseneb (kuiv, soe koht).

Nagu üleval nägime, võib puid tärkliise sisaldavuse poolest jagada kahte sorti: õlipuud ja tärkliisepuud.

Õlipuude paremaks raiumise ajaks on see aeg, kui rakukestes sisalduv tärkliis ümber on muutunud õli ollusteks.

Nagu nägime, sünnib see nimelt talvisel puhkuse ajal. Selletõttu loetakse talvet ainukeseks paremaks raiumise ajaks, milletõttu, näituseks Saksamaal, isegi hea vanasõna on tekkinud: „Wer sein Holz um Christmess fällt, dem sein Haus wohl zehnfach hält; um Fabian und Sebastian, fängt schon der Saft zu fließen an.“ Kuid sellejuures peab silmas pidama, et sügisel mitte vara raiumisega peale ei hakataks, enne kui tärkliis õliks ei ole muutunud. Niisama peab raiumise seisma jätma, kui mahlad liikuma hakkavad, mis ammu enne lume sulamist sünnib (juba veebruarikuus). Ka suvel kuival ajal juhtub mahla puh-

kuse aeg, mis ka õlipuude raiumiseks kõlbab, kuid siis on harilikult kibe tööaeg. Puu „pukkuse aeg“ kestab vähe, ning on raske otsustada, et puus tõesti tärkelis puudub. Siiski on, näituseks mägisel maas, see ainukene võimalik raiumise aeg. Selletõttu on väga tähtis tärklise puuduvust raiutud puus kuidagi viisi ära tunda, niisama savise raiumise aja kindlaks tegemiseks kui ka ostetavate puude (mille raiumise aeg teada pole) läbi katsumiseks. Selleks pruugitakse joodi omadust, tärklist sinikasviolett värvimises. Et sellel katsel suur praktiline tähendus on, siis toome siin lüheda kirjelduse, kuidas seda proovi teha: Kui puu alles värskelt on raiutud, siis aitab sellest, et puulaastu joodiga üle määrida; nüüd omandavad tärklist sisaldavad toitvad rakukesed violetsinise värvi. Kuid kuivanud ja kauemalt seisnud puu juures ei aita sugugi niisugune proov, isegi kui joodiga määritud pinda kümnekordselt suurendada. See tuleb sellest, et tärklise osakesed tihti munavalge osakestega sisse on piiratud. Et siin tarvilikka resultaatisid saada, selleks on tarvis järgmist: Võtta oherdi puru, ehk hõõvlilaast, see esmalt kõvas kaalisulatises ning pärast puhtas vees läbi pesta ja pärast äädikahapuga neutraliseerida. Ainult pärast seda proov umbes  $\frac{1}{4}$  tundi joodisulatises hoida. Kui peale selle sinist värvi nähtavale ei tule, siis võib kindel olla, et puu õigal ajal on raiutud ning tärklist ei sisalda. Sellejuures on siiski parem suurendusklaasi läbi vaadata, sest et vähese tärklise juures ainult sinised täpikesed nähtavale tulevad, missuguseid palja silmaga näha pole.

Kui selle proovi juures tärklise sisaldus ilmsiks tuleb, siis ei või niisugust puud sugugi kestvamate ehituste tarvis pruukida, ilma et abinõusid tarvitusele ei võeta tärklise kõrvaldamiseks puust. Selleks on olemas mitu abinõu, millest kõige loomulikum, lihtsam ja odavam puude *parvetamine* on, millejuures need palgid, mis vee all on, teatava aja jooksul täielikult tärklistest vabastuvad;

vesi uhub tärklise lihtsalt välja. Ka võib tärklisist välja uhtuda kunstliselt pressitud auruga ehk veega, kuid see tuleb kallim maksma. Et müüdavate puude hulgas tihti niisuguseid leidub, mis õigel ajal raiutud ei ole (näituseks tuulest maha aetud), siis peab ostmise juures ettevaatlik olema. Kui aga ise oma ette puid raiuda, siis peab tingimata ülevalnimetud raiumise aega silmas pidama, mis meil harilikult umbes  $2\frac{1}{2}$ —3 talvekuud kestab. Kui aga mõni puu teisel ajal raiutakse, mil tärklisist leida, siis tuleb teda paar kuud vees hoida (parem jooksvas), et tärklisist välja uhtuda. Kuid, nagu allpool näeme, on võimalus tärklisist veel välja uhtuda ringkoorimise abil, mis võimaluse annab isegi suvel ja sügisel täisväärtuslisi ilma tärkliseta puid raiuda.

*Tärklispuude* juures leidub, nagu üleval nägime, just talve jooksul rakukestes tärklisist, mis ainult harukordadel, ning just mitte täielikult, sahkruks muutub. Ainult niisugusel juhtumisel võib neid puid talvel raiuda. Muidu peab neid puid suvisel „puhkuse ajal“ raiuma, kui tärklispuudest puudub. Kuid seda aega on väga raske ära näha, nii et ka suvel raiutud puude juures millalgi kindel ei või olla, et nad tärklisist ei sisalda. Iseäranis tuleb see ette tammede juures, mis just õige rohkesti mädanemise ja usside all kannatavad, kui kasvamiskorras natukegi tärklisist alles on jäänud. Kuid et kasvukord üleüldiselt niisama vastupidavat materjaali annab, kui südapuu, siis on tähtis, kuidagi moodi tärklisest lahti saada. Nagu nägime, võib selleks abiks võtta parvetamist ehk lihtsalt puude leotamist, iseäranis jooksvas vees. Kuid et see alati võimalik pole, siis nimetame siin veel teise mõjuva abinõu, nimelt *ringkoorimine enne puu raiumist*. See abinõu on juba vanast hallist asjast tuttav ning aitab väga, kui teda õieti kasutada. Ringkoorimine seisab järgmises: Kevadel, kui puul juba väikesed lehed ilmuvad (umbes maikuul), s. t. kui puu juba võrdlemisi palju

tärglise ja munavalge ollusid üles pungadesse on imenud ning asemele veel vähe toiduollusid tulnud, s. o. kui puu võrdlemisi vaene tärglise ollustest on, kooritakse ära üks ring koort puu krooni alt, umbes sealt, kus oksad algavad. Peale selle laasitakse allpool ringi kõik võimalikud pungad ja lehed ära. Kui nüüd ülevalkirjeldud mahla ja toiduainete ringjooksu meele tuletada, siis näeme, et selle puu elu järgmiselt kujuneb: Esiotsa jookseb vesi kasvukorra rakukesi mööda harilikul viisil üles, toitlusaineid, nagu soolasid, tärglist, munavalget ja muud ühes viies lehtedesse, kus nad ümber töötakse ning sellejärele jämenemise korra ja alumise koore rakukeste kaudu alla peaks saadetama, et kiirte kaudu tervet puud toita. Kuid et koor puutüve ülemises osas ära on võetud, siis võivad ümbertöötud ained ainult puuoksades ja kroonis laiali laotuda, nii et tüvi toitmata jääb. Selletõttu jäävad üleválnimetud ollused tüves uuendamata ning selle järel- dusel uhutakse viimaks tüvest kõik tärglise ja muna- valge ollused välja, mille järele puu „kuivama hakkab“, mis sellest oleneb, et lehed kolletama hakkavad — toidu puudusel. Ühtlasi väheneb ka puus vee sisaldavus, mille- juures puu koguni ilma pragunemata püsti seistes märksa ära kuivab. Kui niiviisi toimetada, siis võib juba sügiseks, isegi niisuguste tärglikrikaste puude juures kui tamm, niikaugele jõuda, et puus enam sugugi kahjulikha aineid ei ole, ning puud juba septembri-oktoobri kuus maha võib võtta. Ka võib koorimist muul ajal ette võtta, millel ainult see järeldus on, et kuivamiseks enam aega ära kulub, nii et isegi kuni järgmise aastani ootama peab. Kuid, nagu praktika näitab, võib koorimist ka puu tüves, juurte ligidal, ette võtta. Ka niisugusel korral ei ulata toitmine selleks, et puus elu sees hoida, mille tõttu puu ka viimaks kahjulikkudest ainetest vabaneb. Kuid siin kulub juba, näituseks, maikuusel koorimisel tammedel kuni teise sügiseni aega ära, kuna okaspuudel see aeg

kuni 6—8 kuuni väheneb. Veel rutem läheb kuivamine, kui need kaks koorimist ühendada, ning suurte oksaliste puude juures veel oksad koorida.

Ka aitab koorimine teha niisuguseid puid tarvitavaks, mis, näituseks, tuulest on murtud. Siin võib koorimist esimesel kombel ette võtta, sellejuures on aga tähtis puu elu alles hoida, et puu maast vett võiks imeda, mis ainuüksi suudab nimetud ained kasvukorrast välja uhuda. Ilma vee ringjooksuta ei aita koorimine ka midagi. Kui koorimist õigesti toimetada, siis on see üks ainsamatest abinõudest, mis aitab raiumise ajaks puud kõlblikuks teha, ning pärastise tärglise väljauhtumise ülearuseks teeb\*).

Kui kõik need tingimised puu raiumise aja kohta täita, siis on võimalik vastupidavat puud saada. Kuid iseäraline tähendus on ka sellel, kuidas puuga pärast raiumist kuni ehituse alguseni ümber käidakse. Esimene ja suurem tingimine on, et pärast raiumist puu mitte kauemaks ajaks maa peale lamama ei jääks, vaid tingimata puu kiilude abil kergitud saaks, et õhk läbi õõtsutaks. Ka on tähtis, õigel ajal koorimist ette võtta, niisama mõnda abinõu selleks, et mädanemise tõugud puu kallale ei tungiks. Kuid see kõik puutub juba eriasjasse, mis meid väga kaugele viiks.

Nimetame siin veel, et ehituspuud tihti enne tarvitamist mitmesuguste kaitsevedelikudlega läbi niisutakse, millest iseäranis kreosootõli ja igasuguseid tõrvaaineid nimetama peab. Kuid laevaehituses pole senini niisugust läbiniisutamist tarvitud, peale „laevade soolamise“, mis selles seisab, et laeva seinte vahed soolaga täidetakse, mis aja jooksul ära sulab, ning soolatisena puu seinad, kaared ja muud osad läbi niisutab, mis, nagu praktika

---

\*) Ka aitab isegi see tärglise vähendamiseks natuke kaasa, kui kevadel ehk suvel raiatud puudes „kroon“ mõneks ajaks alles jätta, sellejuures puu tüve otsa samblaga kinni kattes.

näitab, laeva elu aega märksa suurendab, sest et niisugune „soolatud puu“ naljalt ei mädane. Kreosoot-ollustega läbiniisutamine pole laevade juures oma halva lõhna poolest soovitatav ning peale selle ei aita see palju väliste seinte juures, sest et kreosoot ruttu välja uhutakse.

Tegelikude arvude ja nähtuste peale üle minnes puu kõvaduse ja vastupanevuse kohta, peatame enne järgmiste nimetuste ja nähtuste juures, mis tähtsad puu kui ehitusmaterjaali juures:

a) Puu raskus muutub märksa, vaadates puu struktuuri, vanaduse ja veesisalduse peale. Et raskusest õiget pilti saada, siis peab siin vabets tegema „võrdleva raskuse“ (Spezifisches Gewicht“) ja „ruumiraskuse“ (Raumgewicht) vahel. Esimeseks nimetame siin puumassi raskust, ilma õõnsuseta, poorideta ja igasuguste kõrvaliste ainedeta. Nagu paljud katsed on näidanud, võib kõigi puude „võrdlevat raskust“ ühesuguseks lugeda, ja on see mitmete teadusmeeste katsete järele 1,5—1,6. Niimoodi on siis puhas puumass keskmiselt 1½ korda raskem kui vesi ning kõigis puudes üheraskusline. Kuid et puus palju õõnsusi, poorisid ja muid vaheruumisid on, mis osalt õhuga, osalt veega, osalt muu ollustega täidetud, siis muutub puu „ruumiraskus“ (mida harilikult võrdlevaks raskuseks nimetakse) väga suurtes piirides. Harilikult tehakse vahet nelja seltsi ruumiraskuse vahel:

- a) Toore puu raskus . . . . .  $r_t$
- b) Õhukuiva puu raskus . . . . .  $r_{\delta k}$
- c) Märja puu raskus . . . . .  $r_m$
- d) Koguni kuiva puu raskus . . . . .  $r_k$

Need nimetused näitavad ise, mis nende all mõista. Tähtsamatest nendest puu omaduste juures on just  $r_k$  — kuiva puu raskus, s. o. ühe puu voluumi-ühtluse raskus koguni ilma veeta (kuid kõik poorid, nagu nad puus kuivamisel jäävad). Niisugust kuivatamist on ainult labora-

tooriumites võimalik kätte saada. Õhukuiva puu all mõistetakse puud, mis õhus ilma niisutamata kuivanud on. mille alammääraks 10—18% vett on. Normaal-arvuks loetakse siin üle maailma 15% ( $r_k$ -ga võrreldes). Nendest arvudest on praktiline tähendus puu vastupidavuse juures iseäranis  $r_k$  (ehk ka  $r_{\sigma.k.}$ , mis  $r_k$ -st välja saab arvata), sest, nagu mitmed katsed on näitanud, suureneb puu vastupidavus peaaegu proportsionaalselt  $r_k$ -ga, tähendab, et võimalus on puu vastupidavust tema raskuse järele välja arvata, sellejuures raskuse väljarehkendamiseks koguni lihtsaid apparaatisid võttes (kaalud ja väike kuivatuskapp).

Allpool tarvitame veel järgmisi nimetusi:

$\sigma_t$  — tõmbav (normaal) pingutus

$\sigma_l$  — litsuv pingutus

$\sigma_p$  — paenutav pingutus

$\tau$  — lõikav pingutus.

Kõik senised katsed on näitanud, et üksikute puusortide vastupanevus ruumiraskuse suurenemisel niisama suureneb, kuid veerohkuse suurenemisel alaneb. Näituseks leidis Janka Austria kuuskede tarvis ( $r_k = 0,4$ ).

$$\sigma_{1k} = 2,15 \sigma_{115} - 120 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

$$\sigma_{115\%} = 1050 r_k - 38 = 1030 r_{15} - 60 \quad . \quad (2)^*$$

$$r_{15\%} = r_m - 0,002 + 0,03 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Need võrded tõendavad ülevalnimetud nähtust. Ka teised katsed on näitanud, et okaspuude tarvis vastupanevus peaaegu õigejoonilises ühenduses on ruumiraskuse ( $r_k$ ) suurenemisega, kuid kasvava vee sisaldavusega väheneb. Janka järele on see vähenemine võrdlemisi suur kuni 50% veeni, 50—100% vähem, ning peale 100% kaob ära. Näituseks võib nimetatud Austria

\*) Smith kannab järgmise väga lihtsa formulilitsuva vastupanevuse ja ruumiraskuse tarvis kuiva puu jaoks:

$$\sigma_l = 722 r_k \text{ kus } r_k = \text{tn/m}^3 \text{ on antud.}$$

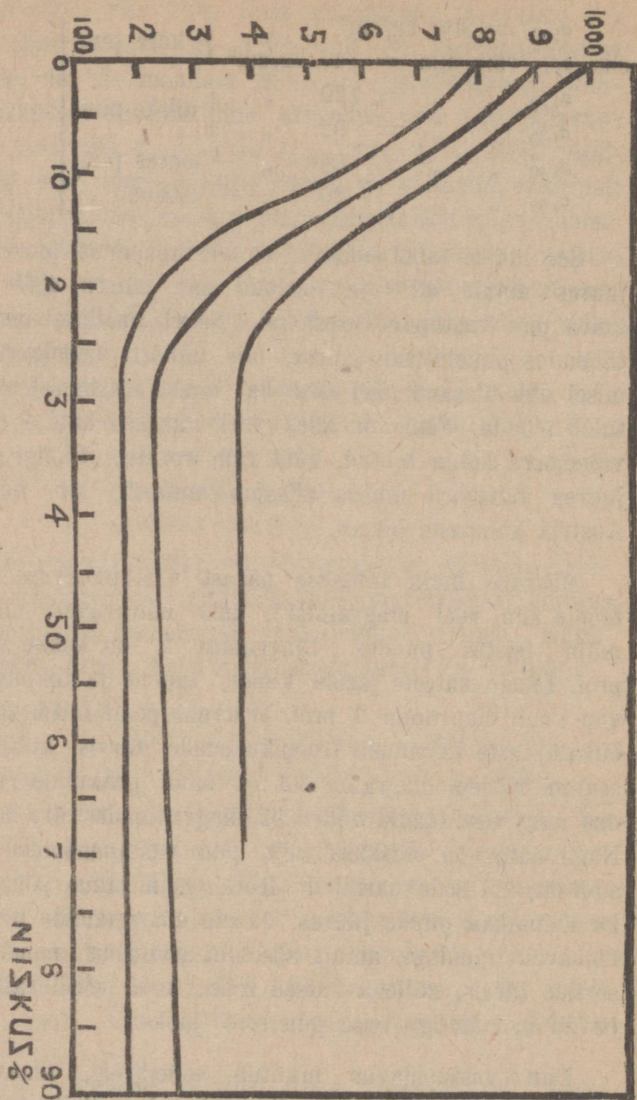
kuuskede tarvis välja rehkendada, et kui lubada, et

siis	$\sigma_{110} = 200 \text{ kg/cm}^2,$	}	kuiv puu	}	. . . (4)
	$\sigma_{115} \text{ võib olla} = 147 \text{ kg/cm}^2$				
	$\sigma_{120} \text{ " " } = 120 \text{ " "}$	}	niiske puu		
	$\sigma_{130} \text{ " " } = 92 \text{ " "}$				
	$\sigma_{140} \text{ " " } = 84 \text{ " "}$	— toores puu			
	$\sigma_{160} \text{ " " } = 80 \text{ " "}$	— vettinud "			

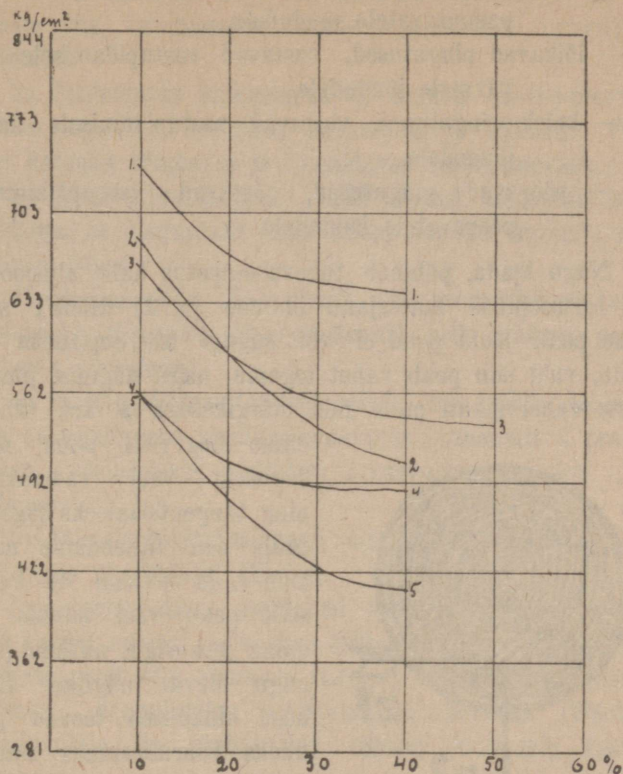
See lühike tabel näitab, et vastupanevus toore puu juures ainult 42% ja vettinud puu juures 40% õhukuiva puu vastupanevusest on. Sellel omadusel on suur tähendus puuehituste juures, mis niihästi arvude võrdlemisel ehk ülesandmisel kui ka konstrueerimisel silmas tuleb pidada. Seni on alles veel vähesed katsed  $r$  ja  $\sigma$  vahekorra kohta tehtud, kuid võib arvata, et kõigi puude juures vahekord umbes niisama muutub, kui nimetud Austria kuuskede juures.

Niiskuse mõju tähtsuse pärast vastupanevuse peale toome siin veel diagrammid, mis näitavad niiskuse mõju teistes puudes. Diagramm 2 on kokku seatud prof. Lange katsete järele kuuse, tamme ja tiikpuu tarvis, kuna diagramm 3 prof. Warreni poolt mitmesugaste eukalüptuste ja muude troopiku puude tarvis kokku on seatud. Nendel diagrammidel on suur praktiline tähendus ning resultaadid võib kõik diagrammidest ära lugeda. Nagu näha, on niiskuse mõju puu vastupanevuse peale suurem, kui seda harilikult loetakse, niisama põhja- kui ka lõunamaa puude juures. Nende diagrammide numbrid kõlbavad muidugi ainult absoluut-arvudena nende puu sortide tarvis, millega katsed tehti, kuid võrdlevalt kõlbavad nad ka iga teise puu sordi jaoks.

Puu vastupidavus muutub sellejärele, missuguses sihis pingutused puus ilmsiks tulevad, sellejärele peab vahet tegema pingutuste vahel pikuti puus, risti puus ja



Joon. 2.)



Joon. 3.

Võrdlus niiskuse ja vastupanevuse vahel.

1. Grey Bex. 2. Punane Mahogoni. 3. Tallowwood.
4. Tiek (Colonial Teak). 5. Valge Mahogoni.

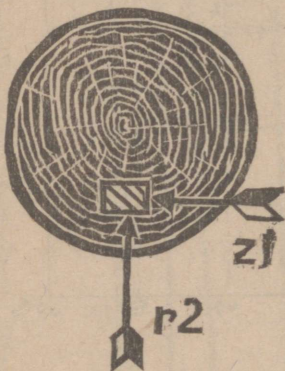
tangentsiaal puu lõimedega. Sellejuures peab vaatama eraldi järgmisi pingutusi:

$\sigma_t$  — tõmbavad pingutused, vastavad vastupidavusele tõmbavatele jõududele.

$\sigma_l$  — litsuvad pingutused, vastavad vastupidavusele litsuvatele jõududele.

- $\sigma_p$  — paenutavad pingutused, vastavad vastupidavusele paenutavatele jõududele.
- $\tau$  — lõikavad pingutused, vastavad vastupidamisele lõikavatele jõududele.
- $\sigma_k$  — knick pingutused, vastavad vastupidamisele knick jõududele.
- $\tau_p$  — pööravad pingutused, vastavad vastupidamisele pööravatele jõududele.

Nagu teada, põhineb tugevuse-õpetus kahe alusjoone: 1) isotroopilise materjaali ehituse ja 2) Hook'i seaduse peal. Kuid puud ei või sugugi isotroopiliseks lugeda, vaid siin peab vahet tegema, nagu nägime, pingu-



Joon. 4.

tuste vahel pikuti puus, mis märgikesega  $p$  ära tähendame ning risti puus, mis-suguseid veel radiaalseks ning tangentsiaalseks jagama peab; neid tähendame märkiga  $r_r$  ja  $r_t$  (joon. 4). Peale selle peab veel silmas pidama puu vigu, niiskust jne., nagu üleval nägime. Kõik need omadused teevad puu üheks keerulisemaks materjaaliks vastupidavuse poolest. Ja et viimasel ajal puud just palju vastupidavate ehituste jaoks ei tarvitud, siis on kõigi

nende omaduste kindlakstegemiseks võrdlemisi vähe sammusid astunud. Just sellepoolest on tähtis uuemaid katseid valgustada, mis siis ka allpool teeme:

Enne peab aga veel tähendama, et puu tugevuse katsed viimasel ajal üleilmselt järgmise meetodi järele tehakse (Üleilmse kongressi otsused 1906 a. Brüsselis):

Iga proovi juures peab üles andma proovitüki kasva-

mise koht, raiumise aeg, vanadus, alalhoidmise ja kuivatamise viis, ruumiraskus, niiskus ja täielik proovitüki kirjeldus.

2) Tähtsamaks katseaineks on litsuva vastupanevuse kindlakstegemine, siis alles paenutava ja lõikava. Võib veel katsuda tõmbavat ja lõmastavat vastupanevust.

3) Katsete juures peab jõudu niivõrd aeglaselt suurendama, et pingutused mitte enam kui  $20 \text{ kg/cm}^2$  minutis ei tõuse.

4) Niiskus peab 15% olema. Kui proovi juures teine niiskus on, siis tuleb lõpuresultaadid selle niiskuse peale ümber rehkendada.

4) Et õigeid resultaatisid saada, siis peab teatava puu vastupidavuse kindlakstegemiseks vähemalt 3 proovi võtma, sellejuures niihästi kasvukorrast kui ka südapuust.

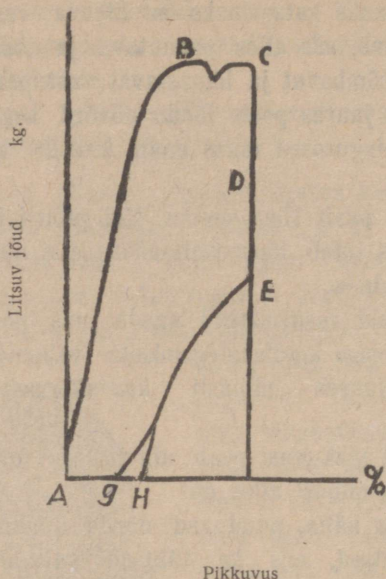
5) Jäävaid pikkuvusi peab ainult siis mõõtma, kui nad peale ühe minuti alles on.

Nagu selles näha, puuduvad nende nõudmiste järele veel paljud katsed, mis ka tähtsad on, ning paljude uurijate poolt ette võetakse (Lange), nimelt: risti-vastupanevus, ärakulumine (Abnutzung), kõvadus (Härte), keerduvatele ja tõukavatele (Stoss) jõududele vastupanevus jne.

## I. Katsed litsuvatele jõududele vastupanemiseks.

a) *Pikuti puus.* Üleilmse ühisuse otsuse järele tehakse katsed selleks täringitega, vastupanevuse kindlakstegemiseks ja prismalega elastilikkuse moduli kindlakstegemisees ( $h = 3b$ ). Kuid paljud teadusmehed soovivad ka esimeseks prismaid võtta, sest et katsed on näitanud, et, näituseks, prisma tarvis, mille  $h = 2b$  vastupanevus umhes 10% vähem on kui täringil. Nagu paljud katsed

on näitanud, võib litsumise juures puu vastupanevust järgmise diagrammiga kujutada.



Joon. 5.

Nagu sellest diagrammist näha, pressib esialgu puu umbes proportsionaalselt jõu suurenemisega kokku, kuni punkt *B*-ni. Jõud, mis punkt *B*-le vastab, nimetakse elastilikkuse piiriks. Kui pärast seda veel jõudu suurendada, siis vajub materjaal ruttu kokku, kuni ta katkeb. Kuid kui punkt *C* kohal jälle jõudu vähendada hakata, siis pikeneb jällegi materjaal umbes nõnda, nagu *CDHG* näitab, nii et *Ag* ülejäänud kokkurõhumist materjaalis näitab, mis alati ilmsiks tuleb, kui jõudu pärast punkt *B* veel suurendada.

Nagu kõik katsed on näitanud, sünnib materjaali katkemine suuremalt osalt niisugusel kujul, et nn. katkestaja kiil prisma ülemises otsas sünnib, mis siis prisma

lõhki ajab. Toome siin lühikese tabeli mõnede puusortide vastupanevusest litsuvatele jõududele (Tabel b).

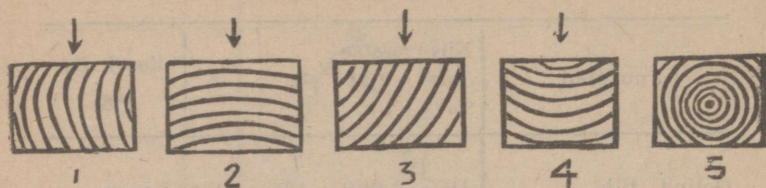
T A B E L b.

Puu nimi	Niis- kus % %	Katse ajal r	$\sigma_{lp}$	$\frac{\sigma_{lp}}{r}$	Kes katse tegi
Ostind. tiik . . .	18,5	0,668	455	682	Lange
" " . . .	0	0,597	924	1580	"
" " . . .	20,9	0,688	455	662	"
" " . . .	0	0,580	854	1470	"
Java " . . .	23,8	0,713	391	550	"
" " . . .	13,2	0,676	603	893	"
" " . . .	0	0,585	933	1495	"
Mänd, Saksa . . .	~15	0,49	450		Schwappach
Kuusk kuiv . . .	12,7	0,461	452		"
" " . . .	11	0,475	577		"
" märg . . .	72,0	0,618	183		"
Tallow wood . . .	15	—	622		Warren
" " . . .	25	—	570		"
" " . . .	35	—	545		"
Mahogoni . . .	15	—	637		"
" . . .	25	—	562		"
" . . .	35	—	513		"
Roheline süda . . .	11,9	1,057	1210		Lange

Selle tabeli arvud tõendavad kõike üleval toodut niisasti raskuse kui ka veerikkuse mõju kohta puu vastupanevuse peale. Niisama on ka näha, et kõik arvud suurtes piirides muutuvad, nii et praktiliselt tähtis on viimaks keskmisi lõpuarveid tuua, mis allpool teeme.

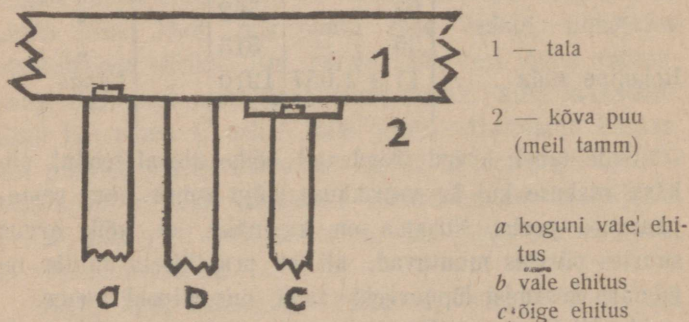
*b. Risti puus.* Vastupanemine risti puus rõhuvatele jõududele on palju vähem kui pikuti puus. Sellejuures

peab veel vahet tegema, kuidas puu aastarõngad litsumise juures on paigutatud; nimelt võib peaausjalikult viit viisi ette kujutada (joon. 6).



Joon. 6.

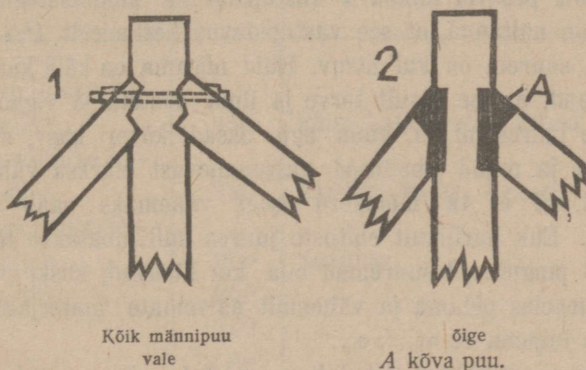
Kõigi nende juhtumiste tarvis on vastupanevus iseäraline. Kõige suurema vastupanevusega on 5, 2 ja 4, sellejärele 1 ja 3. Näituseks, leidis Föppl, et tamme vastupanevus joon. 1 järele  $142 \text{ kg/cm}^2$  oli, joon. 2 aga  $237 \text{ kg/cm}^2$  ja joon. 3 — ainult  $113 \text{ kg/cm}^2$ . Nagu paljud katsed näitanud, võib keskmiselt männi ja teiste okaspunde kohta lugeda, et vastupanevus risti puus keskmiselt ainult  $1/8$ — $1/10$  on vastupanekest pikuti puus. Tamme ja teiste kõvemate sortide juures on see arv keskmiselt  $1/3$ — $1/5$ . Siinjuures tuleb ilmsiks niihästi niiskuse ja teiste olude suur mõju vastupanevuse peale.



Toed

Joon. 7.

Vastupanepuusel risti puus on iseäranis suur tähendus puu talade ja paaride tugemises. Nagu näha, võib siin kergesti juhtuda, et talad tugede kohal kokku pressitakse ning puu ära purustatakse. Selle vähendamiseks peab toed õige konstruktsiooni juures mitte otsekohe taladesse toetama (ehk veel koguni siinkohal auk sisse raiuda), vaid peab tingimata toe-pea ja -tala vahele paigutama kõvast puust ehk rauast aluse, mille pinna rehkenduse abil kindlaks peab määrama ja mis tööd märksa parandab. (Joon. 7 ja 8.)



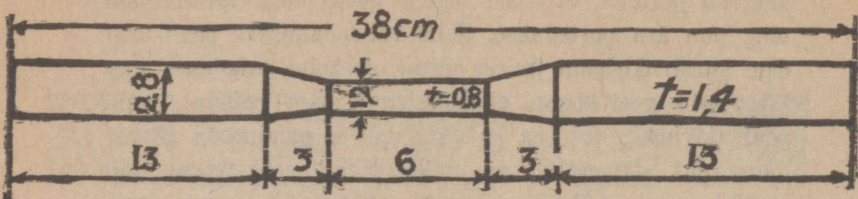
Joon. 8.

## II. Katsed tõmbavatele jõududele vastupanemiseks.

Need katsed peab üleilmlise ühisuse nõudmisel tegema pikerguste proovitükkidega, mis pikuti puust välja on lõigatud ja mille paksus 1 cm ja laius mitte alla 2 cm, kuna puhas pikkus 22 cm peab olema.

Siin peab aga tähendama, et puu proovimisel väga raske on saada niisugust proovitükki, et õiget tõmbavastupanepuust kindlaks teha, sest et alati lõikavvastupanepuust vahele segub. Sellepärast pole seni veel ühtlust proovitükkide valimises. Mõned võtavad ettekirjutud tükid,

teised jällegi ümarikud, kuna aga, näituseks, prof. Lange niisuguse tüki valis (joon. 9):



Joon. 9.

Kõik proovid tõmbava vastupidavuse kindlakstegemiseks on näitanud, et see vastupidavus keskmiselt  $1\frac{1}{2}$ —3 korda suurem on kui litsuv. Kuid niisama on kõik katsed näitanud, et see ainult terve ja ilma oksteta ja vigadeta puude juures nii on, kuna aga oksad, kõver kasv, suur niiskus ja muud omadused vastupanevust märksa vähendavad, nii et ta mõnikord isegi vähemaks saab kui litsuv. Ehk harilikult ehituste juures küll lubatakse tõmbavad pingutused suuremad olla kui litsuvad, siiski peab seda meeles pidama ja vähemalt halvamate materjaalide tarvis lugema et  $\sigma_{tp} = \sigma_{lp}$ .

Mis elastikkuse moodulisse puutub, siis muutub see ka väga suurtes piirides. Näituseks leidis prof. Lange järgmised keskmised arvud (Tabel c).

T A B E L c.

	$E_{tõmb.}$	$E_{litsuv}$
Vana ja kuiv tamm . . . . .	86.100	75.000
„ lühikese lõimeline . . . . .	71.200	—
Vana, kuiv mänd . . . . .	82.500	67.200
Tamm, noor, kuiv 10 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> . . . . .	102.400	—
Mänd, noor, kuiv . . . . .	174.200	145.200
Kuusk „ „ . . . . .	146.400	116.000
Buk „ „ . . . . .	113.600	139.800

Nagu siit näha, muutub  $E$  suurtes piirides.

Mis vastupidavusse tõmbavatele jõududele risti puus puutub, siis võib tegelikult lugeda, et  $\sigma_{tr} = 0$ , mida alati meeles peab pidama.

Teeme siin veel lühikese tabeli prof. Lange katsete kohta tõmbava vastupanevuse kindlakstegemisel (Tabel d).

T A B E L d.

Puu sort	Katkes- tav $\sigma_t$ .	Märkused katkemise kohta
Tamm lühike lõimeline . . .	456	Põiki katke, alaväärtusl. puu
Tamm lühike lõimeline . . .	780	Sakiline katke, hea puu
Tamm lühike lõimeline . . .	900	Sakiline " " "
Java tiik . . .	900	" " " "
Buk . . .	1160	" " " "
" . . .	1580	" " " "
Kuusk . . .	1000	" " " " kuiv
" . . .	747	" märg puu
" . . .	443	" väike oks proovis
Mänd, kasvukord	1175	Sakiline katke, hea kuiv puu
" "	700	" " " " "
Mänd, kasvuk.	1040	" kuiv puu (10,3 <sup>0</sup> /o)
" "	676	" märg puu
" "	838	" " (41,4 <sup>0</sup> /o)
Mänd südapuu .	1195	" kuiv puu (10,2 <sup>0</sup> /o)
" "	1062	" " (10,3 <sup>0</sup> /o)
" "	909	" märg puu
" "	770	" kog. kuiv puu (n=0 <sup>0</sup> /o)

### III. Katsed lõikavatele jõududele vastupanemiseks.

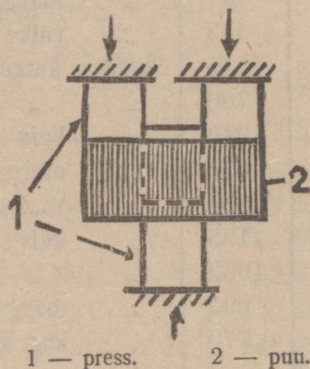
Nende katsete tegemiseks nõuab üleilmiline liit:

1. Katsed peab tegema ühe pinna lõikamiseks.
2. Peab kindlaks tegema vastupanevuse radiaal ja tangentsiaal aastarõngastele (pikuti puus).

Peale selle on veel näpunäiteid antud katsete tegemiseks, mis väga suure hoolega peavad läbi saama viidud, et tõesti lõikavat vastupanevust leida.

Lõikaval vastupanevusel on puu konstruktsioonides oma tähendus, nagu see praktiliselt teada. Selle vastupanevuse kindlakstegemiseks on palju katseid tehtud, mille järele üldiselt otsusele on tulnud, et lõikav vastupanevus pikuti puus keskmiselt  $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{8}$  litsuvast vastupanevusest on (Winkler'i andmed). Prof. Lang arvab, et ta veel vähem on, nagu seda ka, näituseks, Hollandis tehtud katsed tõendavad. Et prof. Langi katsed kaunis hoolsalt on läbi viidud, siis toome siin mõned resultaadid (Tabel e).

Katsete shema.



## T A B E L e.

Lõikava vastupanevuse katsed plkuti puus.

PUU SORT	Niiskus % %	Nurklõikava pinna ja aastarõngaste vahel	Katkestav pingutus $\tau_p$
Tamm . . .	11	$\approx 20^0$	117
" . . .	11	80—90 <sup>0</sup>	122
" . . .	11	0—10 <sup>0</sup>	110
" . . .	11	80 <sup>0</sup>	122
" . . .	12	0 <sup>0</sup>	105
" . . .	12	90 <sup>0</sup>	96
Kuusk . . .	15	90 <sup>0</sup>	108
" . . .	11	90 <sup>0</sup>	120
" . . .	11	0 <sup>0</sup>	94
" . . .	11	0—15 <sup>0</sup>	54
Mänd . . .	15	0 <sup>0</sup>	78
" . . .	15	90 <sup>0</sup>	148
" . . .	15	40 <sup>0</sup>	130
" . . .	11	75 <sup>0</sup>	146
" . . .	11	0—20 <sup>0</sup>	78
Buk . . .	12	10—40	165
" . . .	12	70	153
" . . .	12	25—45	190

Nagu sellest tabelist näha, pole iseäranis vahet vastupanevuses radiaal ehk tangentsiaal aastarõngastele. Ka teised uurijad on seda leidnud, ehk mõned küll tõendada katsuvad, nagu oleks  $\tau_{pt} > \tau_{pr}$ , umbes 10—15% (Rudeloff, Wykander). Siin peab veel iseäranis selle peale tähelepanemist pöörama, et lõikav vastupanevus ka märksa alaneb niiskuse tõusmise läbi. Näituseks annab Bauschinger kuusepuu kohta järgmised arvad:

niiskus % %	= 10	12,5	16	27	39
$\tau_1$ kg/cm <sup>2</sup>	= 75,5	60,5	55	48	32

Praktiliselt peab seda meeles pidama, mille juures keskmiselt lugeda võib, et  $\tau_1 = 1/7 - 1/10 \sigma_1$ .

Lõikav vastupanevus risti puus on märksa suurem kui pikuti, mida niihästi praktika kui ka kõik katsed on näitanud. Täpiseks kindlakstegemiseks on siin tarvis kaunis põhjalikka katseid, kuid ligikaudu võib tõendada, et  $\tau_r$  umbes 20—50% vähem on kui  $\sigma_1$  (ja umbes 300—400% suurem, kui  $\tau_p$ ), näituseks, võib niisugused keskmised arvud tuua (Melan, Holzbrücken 1910). (Tabel f).

T A B E L f.

P U U S O R T	$\tau_p$	$\tau_r$
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
Mänd . . . . .	61	210
Kuusk (Fichte) . . . . .	67	219
„ (Tanne) . . . . .	63	273
Saksamaa kuusk . . . . .	72	247
Tamm . . . . .	75	270
Buk . . . . .	85	290

#### IV. Paenduv vastupanevus.

Puu vastupanevusel paenutamise juures on praktiliselt suur tähendus. Kuid veel suurem tähendus on sellel puu vastupanevuse kindlakstegemises, sest et katsed paenutamise palju lihtsamad on kui kõik ülevalnimetud.

Paenutava vastupidavuse kindlakstegemiseks on ka üleilmiline liit määrused välja töötanud, millest siin nimetame:

1. Katsed võetakse ette ruutpalkidega, mille pikkus vähemalt 8 h ja läbimõõdud puu suuruse järele (harilikult  $l = 1,5$  m).

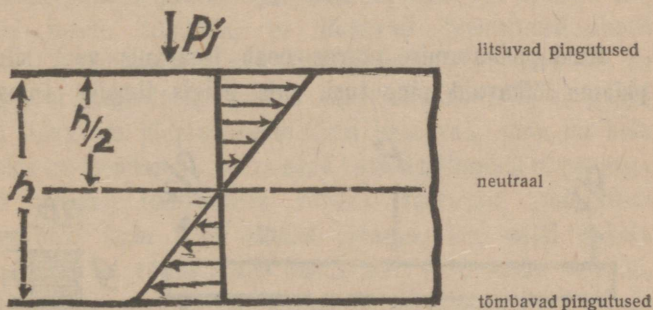
2. Paenutakse ühe litsuva jõuga palgi keskel, kuna palgi otsad liikuvalt on toetud. Litsuva jõu alla tuleb paigutada kõvast puust vaheplank.

3. Sellejuures peab mõõtma: pingutused kuni proportsionaalse piirini,  $E$ , katkestav pingutus, diagramm paenduvuse ja jõudude vahel; paenduvuse töö (energia) diagramm.

4. Pingutused rehkendakse vormeli järele:

$$\sigma_p = \frac{M}{W} \text{ jne.}$$

Mis viimasse vormelisse puutub, siis põhjeneb see tuntud Navier'i seaduse põhjal, mille järele pingutused ruutpalgis niisugust pilti pakuvad, nagu see näha joonis-  
tusest 10:



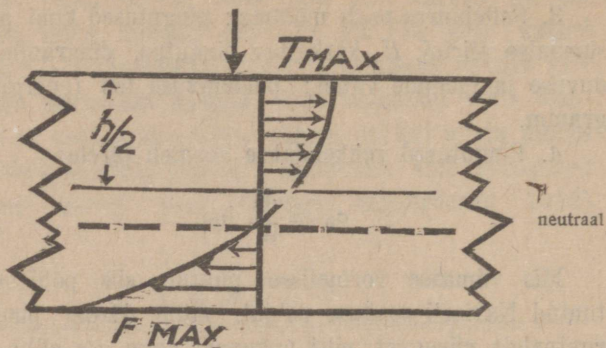
Joon. 10.

Kuid tegelikult pole asi mitte nõnda, sest pingutused ilmusid puus hüperboluse seaduse järele ning  $E_t$  on  $>$  kui  $E_1$ . Selletõttu omandab pingutuse diagramm 11 kuju, kust näha on, et neutraalne kiht alaneb ning  $\sigma_{t \max.} > \sigma_{l \max.}$  on. Tegelikult on aga võimata selle pildi seadust kätte saada, nõnda et seni h. rilikult rehkendakse, et  $F_{\max.} = T_{\max.}$  ja et pingutuse diagramm on joon. 10

vormi, mille järeldusel siis ka  $\sigma_{t \max.} = \sigma_{l \max.} = \frac{Pl}{4 \cdot W}$

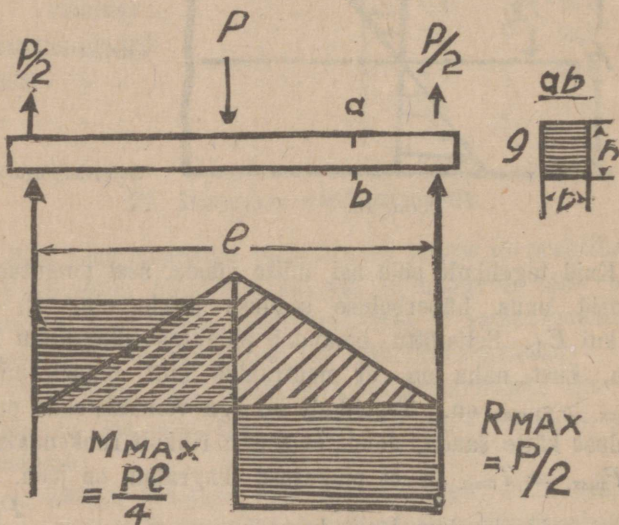
4\*  
Ex. 101. 101.

on, mille järele pingutused katsete resultaatidest välja rehkendakse.



Joon. 11.

Kuid paenutamise juures peab iseäranis veel silmas pidama lõikavaid pingutusi, mis palgis ilmsiks tulevad.



Joon. 12.

Et sellel praktiliselt suur tähendus on, siis peatame selle-juures pisut pikemalt. Võtame hariliku kandilise palgi paenutamise, mille andmed oleks (joon. 12):

Nagu teada, on niisuguse palgi tarvis:

$$m_{\max.} = \frac{Pl}{4}$$

$$1) \sigma_{I \max.} = \sigma_{t \max.} = \frac{Pl}{4W} = \frac{Pl \cdot C}{4 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3p}{2} \cdot \frac{l}{bh^2}.$$

$$2) \tau_{\max.} = \frac{R_{\max.} \cdot Sy}{Ig \cdot b} = \frac{P}{2} \cdot \frac{3}{2 \cdot b \cdot h} = \tau_{\max.} \frac{3P}{4} \cdot \frac{1}{bh}.$$

Nagu näha, on max. lõikavad pingutused, mis neutraalses kihis ilmuvad, koguni autonoomilised, palgi pikkust silmas pidades. Selletõttu juhtub, et lühikeste ja iseäranis kõrgete palkide juures  $\tau_{\max.}$  suurem saab kui  $\sigma_{I \max.}$ . Kui nüüd meele tuletada, et lõikavad pingutused ainult  $1/7-1/10$  tõmbavatest ehk litsuvatest võivad olla, siis on selge, et puupalkide juures tihti juhtuda võib, et palgid just lõikavate jõupingutuste tõttu katkevad, mida ka kõik katsed on tõendanud. Ka on need katsed näitanud, et peaaegu kõik palgid tõmbavates vöödes katkevad (mis  $b$ -st selge on). Seda peab silmas pidama, kui palki kohale paigutada, et võimalikult niisugused vööd saaks venitud, mis vastupidavamad on. Näituseks, tuleb poolpalgid kohale paigutada aastarõngaste kumerikuga alla poole, mis vastupidavam on kui vastuoksa. Ka võib juhtuda, et lühikeste palkide juures parem on palkisid poltide läbi kinnitada, et tarvilikku vastupidavust lõikavatele pingutustele anda.

Et praktiliselt just lõikavate pingutuste mõju paenutamise juures uurida, selleks tegi prof. Lang katseid palkidega, milleks ta valis  $l/h < 8$  ja  $h/b = 2$ . Nende katsete järeldusel rehendas ta joon. 12 vormeli järele keskmised katkestavad pingutused välja, mis männipuu

kohta 427—812 kg/cm<sup>2</sup> ja kuuse kohta 370—549 kg/cm<sup>2</sup> oli. Kahjuks aga ei anna tema sellejuures teateid selle üle, kui suured olid lõikavad pingutused, mis tema katsete juures tihtigi mõõduandvateks olid. Ka teised uurijad lähevad tihtigi üleilmlise liidu nõudmistest lahku, nii et lõpulikud resultaadid kaunis mitmekesised on. Näituseks, annab Bauschinger järgmised resultaadid:

Mänd . . . . .	$\sigma_p = 470$ kg/cm <sup>2</sup>
	katkestav
Kuusk . . . . .	$\sigma_p = 420$ „
Tamm . . . . .	$\sigma_p = 600$ „
Buk . . . . .	$\sigma_p = 670$ „

Toome siin veel tabeli „Förster's Taschenbuch für Bauingenieure“ järele, keskmistest katkestavatest pingutustest viimaste Saksa katsete järele, kõigi ülevaltoodud erandite kohta (Tabel g).

T A B E L g.

Katkestav ping.  Puu sort	$\sigma_{tp}$	$\sigma_{lp}$	$\sigma_{pp}$	$\tau_p$	$\tau_2$	$E$	Proport- sioon piir
	Tamm . . . . .	960	350	600	75	300	100.000—108.000
Mänd (Kiefer) . . . . .	800	280	470	45	260	90.000—108.000	150—200
Kuusk (Fichte). . . . .	750	240	420	40	—	92.000—111.000	150—230
Punane buk . . . . .	1340	320	670	85	—	128.000—180.000	100—600

### V. Teised katsed.

Sellega lõpetame peakatsete kirjelduse puu vastupanevuse kindlakstegemiseks. Nimetame siin veel lühidalt katseid puu mõne teise omaduse kindlakstegemiseks.

a) Puu pinna kulumise teadmiseks (põrandad) tehakse katsed kas iseäralise lihvimise masinaga (Bauschingeri

süsteem) ehk jällegi liivaga, mis pressitud õhu abil teatava pinna peale puhutakse, ning sellejuures puu kulumine grammides  $m^2$  peale üles antakse (Gray süsteem). Sellejuures tarvitakse veel päevapildi aparati, et kulumise mõju piltlikult näidata. Kõigi nende katsete juures tuleb ilmsiks hilise puu ja kõva puu sortide mõju kulumise peale. Prof. Lange toob oma raamatus „Das Holz als Baustoff“ palju andmeid selle puu omaduse kohta, millest aga siin pikemalt kõnelema ei hakka.

b) Proov puu kõvaduse tundmiseks seisab selles, et ümarik teraskuul puu sisse pressitakse, ning sellejuures pressiv jõud kindlaks tehakse. Kui üht ja sedasama kuuli tarvitada (harilikult  $d = 1,1284$  cm, pind sellejuures  $1 \text{ cm}^2$ ) kõigi puusortide tarvis, siis võib saada arvud, mis tunnistust annavad puu kõvadusest ja vastupanevusest. Nende arvude toel on võimalus ka ligikaudu ära määrata puu „vastupanevusest litsuvatele ja tõmbavatele jõududele, millel praktiliselt suur tähendus on, sest et proov kuuliga väga lihtne on ning iseäralisi kallid pressisid ei nõua. Kuid seni on veel vähe katseid tehtud, nii et võimalust pole seda lihtsat proovi puu vastupanevuse teadmiseks lõpulikult pruukida.

c) Proovisid tõukavatele ja keerutavatele jõududele vastupidamises on seni võrdlemisi vähe tehtud.

d) Proovisid pikemate puude otsa surve peale (Euleri vastupanevus) on ka vähe tehtud. Tetmajeri katsed näitavad, et sellejuures Euleri vormeli täielikult võib pruukida, kuni  $\frac{l}{k} > 100$  on ( $l$  — pikkus,  $k$  — raadius).

Kui aga  $\frac{l}{k} < 100$ , siis võib pruukida vormelit:

$$\sigma_{\text{Eul.}} = 0,293 - 0,00194 \left( \frac{l}{k} \right),$$

mis annab Euleri pinget  $\text{kg}'\text{des}$ .

## VI. Puu kokkukuivamine.

Kui kuiva puu vettimist vaadelda, siis näeme järgmist pilti: Õhukuivas puus, mis keskmiselt 15% (10—18) vett sisaldab, on see vesi suuremalt osalt rakukeste seintes paigutatud, kuna aga sisemised õõnsused ja rakukeste vahed õhuga ehk jällegi tõrvaga on täidetud. Kui nüüd puu vettima panna, siis võtavad esialgu ka seinad suurema osa vett oma sisse, mis kuni 25—35% niiskuseni sünnib, mille tõttu puu volum suureneb, ning, nagu öeldakse, puu „pundub“. Kui vett veel juure lisada, siis hakkab ta õhku puu õõnsustest välja pressima, tema aset täites. Sellejuures muutub juba puu volum võrdlemisi vähe. Ümberpöörduvalt on lugu toore ehk vettinud puu kuivamisega. Siin muutub ka puu volum õige vähe kuni 25—35%, ning alles sellejärel, kui niiskus alla 25% langema hakkab, sünnib suurem muudatus selle tõttu, et vesi rakukeste seintest välja hakkab kuivama ning seinad kokku tõmbuvad. Sellejuures peab tähendama, et toores puus 35—50% vett on, kuna õhukuivas puus keskmiselt 15% loetakse.

Mis kokkukuivamise (ehk vettimise) suurusse puutub, siis antakse ta harilikult ‰‰ ruumi muutmise kohta, mis iga puu sordil ning igas kliimas isesugune on, näit., annab R. Hartig järgmise tabeli kokkukuivamise kohta Saksamaa puudel (toorest kuni õhukuivani, tabel h).

T A B E L h.

PUU SORT	Kuiv raskus r <sub>0</sub>	Kokkukuivus ‰‰
Mänd . . . . .	0,51—0,45	11,2—12
Kuusk punane . . . . .	0,48—0,43	13,1—13,5
„ valge . . . . .	0,45—0,42	11,5
Saksamaa kuusk . . . . .	0,62—0,55	12,1

Sellejuures peab tähendama, et kokkukuivamine igas sihis isesugune on. Näituseks loetakse keskmiselt meie puude sortide kohta, et kuivamine pikuti puus 0,10% on, radiaal — 3—5% ja tangentsiaal 6—10%, s. t. tangentsiaal keskmiselt 2 korda rohkem kui radiaal ja radiaal 30 korda rohkem kui pikuti puus. Selle tõttu on tähtis niisugustes ehitustes, kus kokkukuivamine kahjulik (näituseks laeva laes ehk külgedes), neid omadusi silmas pidada.

Et nendel omadustel suur tähendus on, siis toome siin need andmed Lävess'i järele (Tabel i).

T A B E L i.

P U U S O R T	Kokkukuivamine %/o		
	Pikuti puus	Radiaal	Tangents.
Tamm noor . . . . .	0,4	3,9	7,55
„ 300 aastane . . . . .	0,13	3,13	7,78
Saar noor . . . . .	0,821	4,05	6,56
Mänd . . . . .	0,12	3,04	5,72
Lepp . . . . .	0,369	2,91	5,07
Kuusk noor . . . . .	0,122	2,91	6,72
„ 300 aastane . . . . .	0,086	4,82	8,13
Vaher . . . . .	0,072	3,35	6,59
Punane puu . . . . .	0,110	1,09	1,79
Jalakas . . . . .	0,124	2,94	6,22

Puu kokkukuivamisel on iseäraline tähendus: 1) puu pragunemises, mille läbi puu nõrgeneb ning mõneks tarviduseks sugugi ei kõlba (iseäranis laevaehituses), 2) konstruktsiooni lodevaks tegemises, iseäranis kui üksikud osad üksteisega on seotud poltide abil, millejuures terve konstruktsioon kokku võib langeda, 3) lõhede tekkimises

üksikute puu osade vahel, mis, näituseks, vett ehk muud läbi laseks.

Kõike seda silmas pidades on ülisuur tähendus puu õigel kuivatamisel, mille juures ka raiumist silmas tuleb pidada, nagu üleval näha oli.

## VII. Puu niiskus ja raskus.

Nagu üleval nägime, on puu niiskus väga muutlik ning ühenduses sellega ka puu raskus, mis peale selle veel oleneb puu sordist. Samuti nägime juba vahekorda toore ( $r_t$ ), kuiva ( $r_k$ ), õhukuiva ( $r_{õk}$ ) ja vettinud puu vahel, ühenduses puu vastupidavuse ning kokkukuivavusega. Siin vaatame veel lühidalt puu niiskuse muutumist ning niiskuse ja raskuse andmeid.

Väga tihti eksitakse puu niiskuse ülesandmisel protsentides, sest et aluseks mitmed arvud võetakse. Selle tõttu nimetame, et siin harilikult kaks võimalust ette tulevad: 1) niiskus antakse  $\text{‰‰}$  kuiva puu raskusest; see on viimasel ajal pruugitavam viis ning üleilmeliselt heaks kiidetud; 2) niiskus antakse  $\text{‰‰}$  kogu puu raskusest (ühes vedelikkudega). Nähtavasti on esimesel ning teisel viisil antud niiskuse  $\text{‰‰}$  vahel õige suur vahe. Esimese viisi järele võib niiskus kuni  $100\text{‰}$  ja isegi üle selle olla, kuna teise viisi järele muidugi alla  $100\text{‰}$  peab olema. Allpool tähendame alati ära, missuguse mõõdupuu järele niiskus on üles antud. Samuti on ka tähtis puu raskust õieti mõista. Nagu juba üleval märkisime, peab vahet tegema puu võrdleva raskuse ja ruumi raskuse vahel. Nimetame viimast lihtsalt raskuseks, mille all teatava ruumi üksuse raskust tuleb lugeda ühes puu massiga, seal sees olevate lenduvate ainetega (vesi, mahlad — ehk niiskus) ja õhuga.

Toores, s. o. kasvavas puus, on Hartig'i katsete järele järgmiselt niiskust, võrreldes kogu raskusega (2):

Okaspuud . . . . .	54—61%
Pehmed lehtpuud . . . . .	45—53%
Kõvad „ . . . . .	35—41%

Toore puu niiskus oleneb peale puu sordi ning kliima veel aasta aegadest, mida järgmine Hartig'i poolt kokku seatud tabel nooremate puude kohta näitab (16 a. puud):

Puu sort	Jaan.	veebr.	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	Sept.	Nov.
Kõva lehtpuu	0,44	0,38	0,36	0,36	0,39	0,35	0,39	0,38	0,34
Pehme lehtpuu	0,53	0,53	0,51	0,49	0,43	0,47	0,50	0,47	0,45
Okaspuu .	0,60	0,58	0,59	0,54	0,60	0,61	0,60	0,58	0,58
Keskmiselt .	0,51	0,50	0,49	0,46	0,49	0,48	0,50	0,48	0,46

Siit näeme, et toore puu niiskus aastaegade järele 5—8% piirides muutub, nii et sellel puu kuivamise aja peale suurt tähendust olla ei või, millal puu on raiatud. Seda tõendavad ka katsed. Samuti näitab see tabel, et õige ei ole, nagu üleüldiselt arvatakse, et talvel puus märksa vähem niiskust oleks kui suvel. Muidugi ripub see osalt ära kuivadest ehk niisketest aastatest.

Raiatud puu niiskus oleneb nendest oludest, kuhu ning missugusel kujul puu sattub. Üleüldiselt kaotab puu alati õhu käes osa omast niiskusest, millejuures niisugune puu kuivamine aeglasemalt ehk rutemalt läheb, vaadates selle järele, kas kuiv ehk niiske õhk, kas muutuv ehk seisev, kas puu kooritud ehk koorimata, ehk koguni katki lõigatud. Et näidata praktilist puu kuivamist õhus, toome järgmised andmed mitmesuguste puu sortide niiskuse kohta õhus kuivatamisel:

P u u s o r t	Niiskus % puu raskusest, peale puu raiumist			
	6 kuud	12 kuud	18 kuud	24 kuud
Mänd . . . . .	29,3	18,5	15,8	18
Kuusk. . . . .	28,6	16,7	14,8	17,2
Tamm. . . . .	29,6	23,8	20,7	19,2
Kask . . . . .	25,3	18,1	16,0	17,2
Haav . . . . .	31,0	21,6	15,9	16,2
Lepp . . . . .	22,4	19,2	15,3	16,7

Siit näeme, et esimese 6 kuu jooksul puu võrdlemisi palju oma niiskusest kaotab ning 18 kuuga oma õhukuiva seisukorrani jõuab, mis kõigi puu sortide tarvis keskmiselt 15% on. Sellest seisukorrast peale ripub puu niiskus ära nendest oludest, missuguses puu on, nii et niiskus õige suurtes piirides kõikuda võib. Et nendest kõikumise piiridest pilti saada, on tähtis teada, kui suur võib puu maksimaal niiskus olla. See viimane ripub jällegi ära nendest ruumikestest, mis puu massi vahele jäävad, mille kohta järgmised arvud umbkaudset pilti annavad: Ruumi mahutus toores puus (Prof. Kurdjumoff).

	Puu mass	Vesi	Õhk
Kõvad lehtpuud . . . . .	0,44	0,31	0,25
Pehmed „ . . . . .	0,28	0,40	0,32
Okaspuud . . . . .	0,27	0,40	0,33

Siit näeme, et kui oletada, et kõik võimalikud poorid vett täis lähevad (ehk muid vedelikka, nagu happed, tõrv jne.), siis kõvade lehtpuude juures 0,56 ruumist ning pehmetel lehtpuudel ning okaspuudel umbes 0,73

ruumist veega täituks, mille alusel ka niiskuse raskust  $\frac{0}{100}$  kätte saab, teades samuti puu massi kui ka vee võrdlevat raskust. Näituseks oleks täiesti vettinud kõvade lehtpude raskus (lugedes puu massi võrdlevat raskust 1,5)  $0,56 \times 1,5 + 0,44 = 1,28$ , tähendab niisugune puu oleks 28% veest raskem. Okaspuud ja pehmed lehtpuud aga oleks  $0,27 \times 1,5 + 0,73 = 1,14$  rasked, s. o. 14% veest raskemad. Vastavate täiesti kuivade puude raskus aga oleks: esimesel juhtumisel  $0,56 \times 1,5 = 0,84$  ning teisel juhtumisel  $0,27 \times 1,5 = 0,41$ . Siit on kerge järele kalkuleerida vastavaid puu raskusi 15% (õhukuiv) ning teiste niiskuse  $\frac{0}{100}$  juures. Tegelikult on need arvud muidugi väga muutlikud, nagu kõik algarvud, mis puu materjaali juures, nagu nägime, nii mitmest osast ära ripuvad. Puu kuivamise kohta tähendame veel, et niiskus aurab välja tervel puu pinnal, samuti otsadest kui ka külgedest. Kui nüüd puu ehitusviisi meele tuletame, siis on arusaadav, et auramine otsadest kiirem peaks olema kui külgedest, sest et selles sihis ühendus parem on kui ristipuus. Et see tõesti nõnda on, näitavad katsed, mis tehti kolme puupakuga, millest esimesel koor peale jäeti ning otsad tinapaberiga kinni kaeti, teisel otsad lahti jäeti, ning kolmandal ka koor ära võeti. Ühe ja sellesama aja jooksul kaotasid need pakud oma raskusest:

esimene . . . . .	0,005	ehk 0,5%
teine . . . . .	0,02	„ 2,0%
kolmas . . . . .	0,16	„ 16%

Kahjuks ei ole siin üles antud puu pakkude pikkust ning teisi mõõtusid, millel muidugi aurava pinna kohta tähendus.

Peale selle näitab praktika, et toore puu niiskus kuivab aeglasemalt välja kui niisutud puus. Samuti on võimalik kiirendada puu kuivamist selle läbi, et pnu läbi aurutakse ehk keedetakse, mille läbi puu võrdlemisi palju rutemalt kuivab kui loomulikul teel. Seda abinõu

pruugitakse viimasel ajal puu kunstlisel kuivatamisel. Samuti on see tuntud laevade ehitusel, kus auratud puud palju rutemini kuivavad kui aurutamata,

Kuiv puu imeb enesesse niiskust, kui ta vastavalt niiske õhuga ehk koguni veega kokku puutub. Üleval nägime juba, kuidas see protsess läheb. Siin tähendame ainult juure, et sellejuures korduvad samasugused nähtused kui puu kuivamise juures: lehtpuud vettivad võrdlemisi kiiremini kui okaspuud, kus tõrv osa poorisid täidab. Esialgu läheb vettimine kiirelt ning selle järele muutub aeglasemaks, kuid üleüldiselt läheb puu vettimine mitu korda kiiremalt kui kuivamine, samuti puu veega kokkupuutumisel kui ka niiskes õhus; kunstliselt kuivatud puu vettib võrdlemisi palju kiiremini kui loomulikult kuivatud.

Puu niiskusel on suur tähendus puu kui ehitusmaterjaali kohta. Üleval nägime, et sellest tähtsalt oleneb puu vastupanevus. Siin tähendame juure, et niiskusel samuti suur mõju on puu kestvuse ehk alalhoidvuse peale. Et puu ehituses võimalikult kauem kõdunemisele ehk mädanemisele vastu paneks, selleks peab ta võimalikult kuiv olema. Niiskes, iseäranis veel umbses õhus seisev puu hakkab õige ruttu mädanema. Samuti mõjuvad ka sagedad niiskuse vaheldamised. Kui aga puu alaliselt ühesuguselt niiske seisab ehk koguni õhu muutmiste eest kaitstud on, nagu täiesti veega kaetud puu, siis on mädanemine võrdlemisi aeglane. Selle tõttu peab puuehitustes alati selle eest hoolitsema, et võimalikult ainult kuiv puu võetaks ning igal tingimisel tuleb niisugused kohad ära hoida, kus puu umbses õhus niiskes olekus võiks olla, iseäranis veel siis, kui see niiskus muutub. Näituseks laeva juures on niisugusteks kardetavamateks kohtadeks kaared ülevalpool veeliini, samuti vaterveisi ja esimesed deki plangud, kuna, näituseks, kaared allpool veeliini, alati ühesuguse niiskuse käes

olles, võrdlemisi hästi vastu peavad. Et puud niiskuse muutumise vastu kaitseda, selleks kaetakse ta värviga, värvimist võib aga ainult täiesti kuiva puu junres ette võtta, sest et vastasel juhtumisel värv isegi puus olevat niiskust ei luba välja aurata.

Arvused puu raskuse kohta tuua on kaunis raske, sest et nad olenevad puu sordist, struktuurist ning niiskusest. Kõige paremaks võrdluseks on täiesti kuiva puu raskus ( $r_k$ ), sest et sellel alusel puu raskust mitmesuguste niiskuse protsentide juures kergesti kätte võib saada. Toome siin siis andmed  $r_k$  kohta meil tarvitavamate ja ülevalpool nimetud tähtsamate puu sortide kohta, võrdluseks ka toore ja õhukuiva puu raskust tuues:

PUU SORT	$r_k$	$r_{\delta k}$	$r_t$	$r_{\delta k}$ muutumise piirid
Mänd . . . . .	0,45	0,55	0,90	0,31—0,76
Pitch-pine . . . .	0,68	0,75	0,95	0,70—0,85
Yellow-pine . . . .	0,45	0,55	0,90	—
Saksamaa kuusk . .	0,48	0,55	0,80	0,47—0,56
Kuusk . . . . .	0,42	0,50	0,90	0,35—0,60
Tamm . . . . .	0,70	0,80	1,00	0,68—1,00
Saar . . . . .	0,68	0,75	0,90	0,57—0,94
Buk . . . . .	0,68	0,75	1,00	0,66—0,83
Kask . . . . .	0,55	0,65	0,90	0,51—0,77
Tiiki puu . . . . .	0,73	0,80	1,00	0,75—0,95
Punane puu . . . .	0,55—0,9	0,60—1,0	0,90—1,2	—
Green heart . . . .	1,00	1,10	1,25	—

See tabel, mis annab keskmised arvud paljude katsete järeldustena (Bauschinger, Hartig, Tetmajer, Lang, Venemaa), näitab küllalt selgelt ülevalkirjeldud puu raskuse muutumist. Nende arvude peale tuleb vaadata muidugi kui keskmiste peale, mis ühe ja sellesama puu sordi

juures, vaadates puu kasvuolude ja headuse peale, veelgi suurtes piirides muutuda võivad. Näituseks  $r_{ok}$  muutumine, mis viimases reas nendesamade puude tarvis on toodud. Selle tabeli alusel on kerge igasuguste niiskuse  $\text{‰}$  juures puu raskust kätte saada. Näituseks, männipuust laeva juures võiks õhukuiva puu juures puu raskust lugeda 0,55. Kuid aja jooksul vettib laevas puu, ütleme keskmiselt, kuni 0,70. Selle järeldusel muutub laev raskemaks, istub sügavamale ja kannab vähem. Näituseks, 700 tn. kandva laeva juures kaaluvad puuehituse osad õhukuivalt umbes 300 tonni. Niiskes seisukorras aga kaaluvad nad juba  $300 \times \frac{70}{55} = 382$  tn., s. o. tervelt 82 tn. rohkem, mille võrra laev vähem koormat kannaks. Praktiliselt on ka teada, et vanemad vettinud laevad osa oma esialgsest kandejõust kaotavad.

### VIII. Puu kestvus ning abinõud selle suurendamiseks.

Puu vaenlasteks pärast puu raiumist, samuti ettevalmistamisel kui ka ehituses, on kas igasugused ussid, kes puu läbi puurivad, ehk mädanemine, mis mitmet seltsi ning vastavate mikroorganismuste tööks on. Peale selle võiks veel nimetada puu kõdunemist ehk mõne sordi juures puu lõimete lahutamist vees. Kõik see mõjub puu kestvuse peale, nii et kestvuse suurendamiseks tarvis on neid halbtusi puust võimalikult eemal hoida. Toome siin ainult lühikese ülevaate sellest, kuidas seda praktiliselt kätte saada.

Kui puu raiumise juures täiesti terve on, siis tuleb otse pärast raiumist selle eest hoolt kanda, et ta samuti usside kui ka mädanemist sünnitavate mikroorganismuste ehk seente ohvriks ei langeks. Selleks on esimene nõud-

mine, et puu võimalikult kaugel hoitaks niisuguste organismuste pesadest ning võimalikult otsekohe kuivatama hakataks. Organismuste pesadeks aga on metsaalune maa, vanad puuprügi hunikud, niiske ehk koguni umbne koht. Selle tõttu ei tohiks kunagi raiutud puud metsa alla maa peale jätta, vaid võimalikult otsekohe metsast välja vedada, ehk vähemalt üles tõsta. Samuti peab puu laagripatsist ära koristatama kõik jätised, nagu koored, laastud jne. Peale selle peab hoolt kantama, et ükski puu maaga kokku ei puutu, vaid igalt poolt hästi tuulutud saaks, millejuures väga soovitatav on puud otsekohese niiskuse ehk päikese mõju vastu kaitsta. Näituseks võivad värskelt raiutud puud maa peale jäädes juba paari kuuga tuntud seene „Cerotostoma pilifera“ spooride ohvriks langeda, mille järeldus on puu kasvu korra siniseks minek, mis puu rikkumise esimeseks tunde märgiks. Niisugune puu on palju oma väärtusest kaotanud ning võib ainult veel sisemise konserveerimise ning hoolsa kuivatuse teel omale kestvust omandada.

Teine tähtis nõue on, et vigased puud võimalikult otsekohe tervetest eraldataks ning vigastud puid üleüldse ehitustes ei tarvitataks, sest et selle läbi ka terve puu kergesti võib vigastu küljest rikke saada.

Üleval nägime, missugune suur mõju üksikute puude kestvuse peale on puu sordil, kasvu tingimistel, südapuul jne. Kriipsutame siin veel kord alla niiskuse (iseäranis loomuliku) hävitavat mõju, mis sellest tuleb, et niiskes puus, iseäranis ühenduses sumbunud ehk üleüldse õhuga paremat pinda loob mikroorganismide edenemiseks.

Et puud kaitsta igasuguste mikroorganismide kui ka kõdunemise ehk ka usside vastu, on peale ülevaltloodud materjaali ratsionaalse valimise ning ettevalmistamise veel mitmesugused kunstlised viisid puumaterjaalide konserveerimiseks, mida järgmistesse liikidesse võib jaotada:

- a) *Puu konserveerimine antiseptiliste ainedeta.*
- b) *Puu konserveerimine antiseptiliste ainetega, kuid masinate abita.*
- c) *Puu konserveerimine antiseptiliste ainetega, masinate abil.*

Peatame nende juures ainult lühidalt.

a) Nendest abinõudest oleks nimetada:

1) *Puu ümber söekorra põletamine*, mida tehtakse iseäranis tulpade juures, mis maaga kokku puutuvad. Sellejuures mõjub osalt soojus surmavalt mikroorganismide peale ning osalt sünnib ühes söega niisuguseid antiseptilisi aineid, nagu äädikhapu, puutõrv jne. See abinõu annab teatavaid järeldusi iseäranis peenemate materjalide kohta. Muidugi olgu siin puu ka täiesti terve ning kuiv.

On tuntud, et mõned Lõunamaa rahvad isegi oma paatisid allpool veeliini ära põletavad, mille tõttu paatide kestvus õige tähtsalt suurenevad.

2) *Puu leotamine vees*. Selle kohta rääkisime juba üleval, kus nägime, et leotamise mõju peaaesjalikult muna-valge ja tärklise väljauhtumises seisab, mis mikroorganismidele heaks toiduks on. Viimasel ajal on aga häält kuuldavale tulnud, mis mitmete katsete peal põhjenevad ning tõendavad, et leotamine tihti kasu asemel kahju toovad, iseäranis kui sellejuures mõned kaitsevedelikud puust välja uhutakse. Siiski võib puu leotamist suurema osa puu sortide juures pidada kaunis mõjuvaks kaitseabinõuks. Peale selle väheneb leotud puu kokkukuivavus ning pragunemine.

3) *Puu keetmine ja aurutamine*. Selle ülesandeks on samuti olemasolevaid mikroorganisme surmata ning ühtlasi kahjulikke ollusid välja uhtuda, kui ka kokkukuivavust vähendada ning pärastist kuivatamist kiirendada. Praktika on näitanud, et keetmise tagajärel puu õige ruttu kuivab ning sellejuures peaaegu sugugi ei

pragune, missugune omadus, näituseks, tamme materjaalide juures tihti tegelikus elus väga tarvilik. Ka puu kestvus suureneb osalt keetmise abil. Siiski on see abinõu tema kalliduse tõttu ainult väikesel määral ning kallimate puusortide juures pruugitav.

Puu aurutamine seisab selles, et puud teatud aeg 1—2 atm. niiske auru käes hoitakse, mis puu sisse tungib, viimase struktuuri muutes ning osalt kahjulikke aineid välja uhtudes. Selle järgel muudub puu kuumalt paenduvaks ning kaotab tähtsalt pragunemise ja kuivab pärast rutemini. Kuid teisest küljest võib aurutamise tagajärel, kui sellejuures iseäranis veel temperatuur üle 105° on, puu vastupidavus väheneda. Igatahes on aurutamine teatud juhtumistel üks tarvilikumatest abinõudest, näituseks, puu kunstlise kuivatamise kiirendamiseks, puu paenduvuse suurendamiseks ning pragunemise vähendamiseks. Konserveeriv mõju on aurutamisel võrdlemisi õige väike, sest et sellejuures ainult õige väike osa kahjulikka vedelikka välja uhitakse ning sedagi ainult pinna ligidalt, kuna keskpäik harilikult puutumata jääb.

4) *Puu värvimine.* Selle eesmärk on peamiselt puud kaitsta niiskuse mõju eest. Sellele ülesandele vastavad igasugused värvid ja lakid, mis puu pinda teevad läbitungimataks. Sellejuures on aga nõudeks, et puu enne värvimist täiesti terve ning kuiv oleks, sest et vastasel juhul värv kasu asemel tihti kahju võib tuua. Ka hoiab värvimine ära ilma ja päikese mõju, mis puu pinda tihti rikuvad ning mikroorganismidele ligipääsevaks teevad. Värvimise juures peab aga suuremat hoolt kandma, et värvid tõesti head oleks ning töö asjakohaselt tehtaks, sest et muidu värvimine mahavisatud rahaks saaks.

b) Puu konserveerimisest antiseptiliste ainete abil nimetame:

1) *Värvimine antiseptiliste ainetega*, mille ülesanne on puu pinda kaitsta mikroorganismide vastu väljaspoolt, ühtlasi ka niiskuse ning pragunemise eest. Selleks võetakse harilikult kas kivi- või puutõrva ehk nende destillaatsid, nagu igasugusid tõrvaõlisid, terpentiini, karboolõlisid. Peale selle terve rida patenteeritud antiseptilisi värvisid, mille mõju vähem ehk suurem.

2) *Aukude puurimine puusse ning jootmine [antiseptiliste vedelikkudega]*. Selle ülesanne on antiseptilisi vedelikka ka puu massi saada. See abinõu on aga ainult kohaliku mõjuga, sest et vedelikud mitte küllalt sügavale ei tungi. Selleks pruugitakse allpool kirjeldatavaid vedelikka.

3) *Puu leotamine antiseptilistes vedelikkudes*. Ka selle viisi juures ei tungi vedelik iseäranis sügavale, pealegi kui teda külmalt pruugitakse. Ainult kuum vedelik suurendab mõju, mis, näituseks, Kruskopfi, Ott'i ning Giussani meetodide järele läbi viidakse.

Siia hulka kuulub ka laevaehituses pruugitav viis puu leotamiseks soolase vee abil ehk nn. „laevade soolamine“.

4) *Puu konserveerimine Boucherie-metoodi abil*. Selle juures pressitakse värskelt raiunud puudesse tüve otsast surve abil kaitsevedelikud sisse, mis puud võrdlemisi hästi konserveerivad. Harilikult võeti selleks vasevitriooli, mis hästi vedel ning selle tõttu puud võrdlemisi ühetaoliselt täidab. Viimasel ajal aga on see viis õige harva tarvitusel, sest et siin palju vedelikku kaduma läheb ja pealegi tõrvaõlisid pruukida ei saa, mis paremateks kaitsevedelikkudeks on leitud. Rõhumine sünnitakse kas selle abil, et sissepressitav vedelik umbes 10 m kõrgusel tonnides hoitakse, ehk uuemal ajal pumba abil sisse pressitakse.

c) Puu konserveerimine antiseptiliste ainetega masinate abil\*).

Kõik need viisid põhjenevad kahe alusprintsibi peal. Esiteks on katsed näitanud, et kõrge vakuumi all puust õhk koguni välja imetakse, samuti ka suurem osa niiskust. Kui siis niisugust vakuumi all olevat puud vedelikusse kasta ning pealegi sellejuures veel teatud surve anda, siis niiskub puu täiesti läbi, mis kõiki sisemisi poorisid täidab ning puu täiesti konserveerib. Nõudmiseks aga on, et puu kuiv oleks, sest et niiske ehk toore puu juures väga kõrget vakuumi tarvis läheb, et sellel mõju oleks (üle 42 cm elavhõbedat). Ka mõjub kõrge surve all vedeliku sissepritsimine tihti isegi ilma eelmise vakuumita.

Nende kahe omaduse peal põhjenevad kõik masinate abil konserveerimise meetodid. Vakuumi mõju on, näituseks, nii suur, et männipalgid, mis 65 cm vakuumi all hoitakse, juba atmosfäärilise rõhumise juures täiesti tõrvaõlidega täiduvad, keskmiselt kuni 350 kg õl ühe kub.-meetri kohta sisse võttes. Tihemate puude juures aga on tarvilik vedelikku rõhumise all sisse pressida. Peale selle on kasulik vedelikku kuumalt tarvitada.

Nende meetodide peal põhjenevad mitmed vanemad konserveerimise süsteemid, nagu Breant'i, Burnett'i, Bethel'i jne., samuti ka uuemad, millest nimetame:

a) *Kloortsingi sulatisega konserveerimine.* Selle juures hoitakse puu vastavates reservuaarides esiteks 30—60 minuti jooksul  $1\frac{1}{2}$  atm. auru käes, peale selle 10 minuti jooksul 60 cm vakuumis, ning viimaks 30—60 minuti jooksul 7 atm. surve all kloortsingi sulatises, mis  $65^{\circ}$  C all reservuaari lastakse, kus konserveeritav materjaal sees. Sellejuures võtab männipuu kub. meetri kohta umbes 300—325 kg sulatist ning tammepuu umbes 100 kg.

\*) Puu sisemist konserveerimist antiseptiliste ainetega nimetatakse tihti „imprägeerimiseks“.

Umbes samal alusel põhjened puu *konserveerimine kuuma kivisöetõrva õliga*. Sellejuures saavad kõik poorid vedelikuga täidetud, mille tõttu õige palju vedelikku ära kulub, nii et niisugune conserveerimine õige kulukaks läheb. Näituseks, peab männipuu tarvis võtma kuni 350 kg iga kub. meetri peale, mis üle 50% puu massi raskusest.

Selle tõttu on kõige uuemal ajal need viisid palju ökonoomilisemate vastu ümber vahetud, missugused viimased selle peal põhjenevad, et mitte poorisid täielikult vedelikuga täita, vaid ainult osalt, nii et praktiliselt poori seinad vedelikuga kaetud oleks, mis conserveerimiseks küllalt mõjuv. Selle printsiibi peal põhjened nn. *Rüpig'i meetod*, mille alusel viimasel ajal ainuüksi kõik puu conserveerimise viisid tõrva-õlide abil põhjenevad.

Rüpig'i meetodi juures täidetakse puu poorid enne kaitsevedeliku sissepressimist kõrge surve all õhuga ning peale selle pressitakse veel kõrgema surve all kuumaks aetud kaitsevedelik puusse. Peale surve vähendamist paisub õhk puu poorides ning rõhub osa kaitsevedelikku välja, nii et tegelikult ainult umbes 20% pooride ruumist vedelikuga täidetakse. Et veel rohkem vedelikku välja tuleks, lastakse Rüpig'i protsessi lõpus materjaalid veel teatud vakuumi all olla.

Rüpig'i meetodi järele conserveeritakse materjaalisid kas ühe- ehk kahekordselt (peaasjalikult buki tarvis). Näituseks ühekordse conserveerimise käik on järgmine:

Materjaalid paigutakse vastavasse õhukindlasse reservuaari, mis õlikuumendajaga ühenduses. Selle järele sünnitakse samuti reservuaaris kui ka õlikuumendajas  $1\frac{1}{2}$ —4 atm. õhurõhumine, mis 5—10 minuti jooksul mõjuks. Peale selle täidetakse reservuaar sama rõhumise all  $70^{\circ}$ — $95^{\circ}$  palava tõrva-õliga, mida pumba abil alaliselt juure pumbatakse, nii et rõhumine reservuaaris  $5\frac{1}{2}$ —7 atm. oleks. Selle rõhumise all hoitakse materjaalisid 30—120 min.

mis aja jooksul õli alaliselt torude abil kuum hoitakse. Peale selle lastakse õli välja ning sünnitakse reservuaaris vähemalt 60 cm. vakuum, mis 10—15 minuti jooksul mõjuks, mille järele protsess lõpeb.

Rüpiigi meetodi järele läheb puu konserveerimiseks umbes 5 korda vähem tõrva-õli kui harilikul viisil, (männipuule keskmiselt 70 kg/m<sup>3</sup> peale)\*) kuna konserveeriv mõju samasuguseks jääb. Selle meetodi järele võib peaaesjalikult ainult kuiva materjaali tarvis häid resultaatisid saada, kuna toore materjaali konserveerimise eel veel vastav „kuivatus“ peab käima, mis näituseks „Rüpig-Rütgerswerke“ süsteemis selle läbi kätte saadakse, et hariliku ülevalkirjeldud Rüpiigi protsessi eel veel materjaalide hoidmine kuumas õlis suure vakuumi all sünnib, mille järele õli välja lastakse ning hariliku Rüpiigi protsessi juure asutakse.

Rüpiigi meetodi järele konserveeritakse viimasel ajal pea kõigis riikides niihästi raudtee liiprid kui ka palju teist materjaali.

Kuidas puu konserveerimise viisid ja ained puu kestvuse peale mõjuvad, näitavad järgmised arvud:

Konserveerimine on kasutoov iseäranis niisugustes kohtades, kus materjaalid õige ruttu hävinevad. Näituseks peavad konserveerimata männipuust raudtee liiprid harilikkudes heades oludes ainult 5—8 a. vastu, bukipuust liiprid ainult 2—3 a., uulitsapakud männipuust 2—4 a., kaevanduste toed tihti 1—2 a. ning veehitused Lõunamaa vetes, kus „Toredo navalis“ ette tuleb, ainult mõned kund. Tõrva-õlidega konserveeritult (Rüpiigi meetod, 70 kg/m<sup>3</sup> õli) peavad aga männipuust liiprid keskmiselt 20 a., uulitsapakud 10—15 a., kaevanduste toed 8—10 a. ning veehitused 20 a. vastu. Baieri posti peavalituse katsete järele tuli ilmsiks, et telegrafi postide konserveerimisel mitmesuguste ainetega järgmised eluead järgnesid:

\*) Tammepuu umbes 45 kg/m<sup>3</sup>.

		Maksab 1 m <sup>3</sup> aastas (Enne sõda).
Ilma konserveerimata	7,0 a.	5,25 Mr.
Vase-vitriooliga konserveeritult	13,4 „	3,88 „
Tsink-klooriga „	12,2 „	4,02 „
Elavhõbeda sublumaadiga „	14,5 „	3,64 „
Tõrva-õliga konserveeritult	22,3 „	2,88 „

Kust nähtav on konserveerimise kasu, iseäranis tõrva-õliga, mille juure pea kõigil aladel üle on mindud.

Toome veel lõpuks lühikese ülevaate ülevalnimetud konserveerivate antiseptiliste ainete kohta. Nendest võiks nimetada järgmisi gruppesisid:

a) *Soolade sulatised* ( $1\frac{1}{2}$ —10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>).

b) *Õlid*.

c) *Esimeste segu*.

a) Siia alla kuuluvad järgmised tarvitavamad soolad

1) *Kloor-naatrium*, ehk keedusool, mis ainult kontsentreeritud soolveena mõjub, kuid vees õige kiirelt välja uhutakse.

2) *Kloor-tsink*, mida kas sulatisena (harilikult 3,5<sup>0</sup> Bé) ehk sulatisena ühenduses tõrva-õliga pruugitakse. Sulatisena mõjub kloor-tsink küll hästi konserveerivalt, kuid ei ole küllalt püsiv, iseäranis vees väljauhtumise vastu, mille tõttu siis tihti tõrva-õli segu võetakse. Et aga niisuguse segu juures mitte alati segu puus ühtlaselt ära ei jagune, siis lisatakse sellele veel natuke puutõrva ligi, mille läbi täiesti ühtlane emulsioon sünnib. Kloor-tsingi tarvitamisel peab aga silmas pidama, et viimane täiesti puhas ning ilma kloor-hapu jäänusteta oleks, mida mitte alati ei nähtu, iseäranis kui kloor-tsingi hariliku tsingi sulatamisega kloor-happes saadakse\*). Kui soola hapu jätised kloor-tsingis olemas, siis mõjuvad viimased hävitavalt puu enese kui ka raudühenduste peale, mida

\*) Et seda ei sünni, peab tsinki sulatamisel külluses olema.

esialgu isegi valesti kloor-tsingi arvele kirjutati. Puhast kloor-tsinki tarvitades on aga see üks parematest konserveerimise abinõudest soolade grupes, iseäranis ülevaltoodud seguna tõrva-õlidega.

3) Vase soolade hulgast on nimetamise väärt *vasevitriool*, mis ka heaks konserveerimise abinõuks on, ning suure eduga iseäranis Boucherie meetodi järele tarvitamist leiab. Teda pruugitakse ka ainult sulatise näol vees.

4) *Elavhõbeda* sooladest on kasuga pruugitav ainult *klorüüd (sublimaati)*, mille alusel tuntud konserveerimise meetod „kvaniseerimine“ põhjeneb, mis selles seisab, et materjaal 5—10 päeva vedelas sublimaadi sees hoitakse, kus umbes  $\frac{2}{3}$  0/0\*) klorüüdi. Viimasel ajal pruugitakse seda meetodi peaaesjalikult telegrafi postide konserveerimisel.

b) Õlidest, mis pruugitakse puu konserveerimiseks, võib nimetada: *Kivisõe ja pruunsõe tõrv ja selle destillaadid, puutõrv ja destillaadid, nafta ja destillaadid, linaõli.*

1) *Kivisõe tõrv* iseendast ei kõlba iseäranis just sise- miseks konserveerimiseks, peaaesjalikult selle tõttu, et temas palju söetükikesi ning kergelt lenduvaid ollusi on. Pealegi on tõrv väga paks. Selle tõttu ei pruugita tõrva mitte otsekohe puu konserveerimiseks, vaid ainult tõrva destillaatisid, ehk nn. *kivisõe tõrva õlisid*. Tõrva destilleerimine algab juba võrdlemisi õige madala temperatuuri juures, ning alles umbes 180° juurest ülespoole algab nende olluste destilleerimine, millest tõrva-õli koos seisab. Viimane seisab koos karboolihapetest, ning mitmetest baasilistest ning neutraal ollustest, nagu naftaliin, antratsiin jne. Viimase aja katsed on näitanud, et puu kest- vaks konserveerimiseks iseäranis viimased ollused mõõdu- andvad on, kuna karboolihapped aja jooksul oma mõju kaotavad. Konserveerimiseks pruugitav tõrva-õli peab olema niisugune, mis 150° juures mitte üle 3 0/0, 200° juures mitte üle 10 0/0 ja 235° juures mitte üle 25 0/0

\*) 1 kaaluosa sublimaati 150 kaaluosa vett.

järel destillaatisid ei anna, vähemalt 6% karboolihapet sisaldab, 15° juures 1,04—1,15 raskusega on ning 40° uures täiesti selge\*).

Konserveerimisel pruugitakse kivisöe tärva-õli kas puhtalt ehk seguna teiste ollustega, ehk jällegi emulsiooni kujul kuni 25% õli<sup>2</sup>sisaldusega. Kivisöe tärvis on üks parematest ollustest puu välispidiseks kaitseks.

2) *Pruunsöe-tärvis ja -õlid* on vähem kõlbulikud puu conserveerimiseks, peaaugjalikult oma suurema lendavuse ning vähese bituménide tõttu. Ka nendest õlidest valmistavaid kreosoot- ehk karbool-happeid pruugitakse viimasel ajal sisemiseks conserveerimiseks vähem, uemate uurimiste järelduse tõttu, mis karboolihappe mõju pikema aja peale eitavad.

3) *Puutärvis ja selle destillaadid*. Puutärvis on väga mitmesugune oma koosseisu ning paksuse poolest. Tema seisab koos samuti terveist reast neutraal ning hapudest söehüdraatidest ja puutärvisa pigist, millele veel terved söetükikesed juure võivad tulla. Iseenesest on puutärvis üks parematest conserveerimise abinõudest, kui teda välispidiseks värvimiseks pruugitakse. Kuid sisemiseks conserveerimiseks kõlbavad ta õlid vähem, iseäranis nende paksuse tõttu. Siiski leiavad teatud destillaadid, iseäranis segades kivisöe tärvisa-õliga, tihti tarvitamist.

4) *Nafta* iseenesest sisaldab ka teatud osa antiseptilisi aineid ning teda võiks puu conserveerimiseks tarvitada. Kuid tema conserveeriv mõju on võrdlemisi väike, toorelt on aga nafta liig paks ning destillaadid jällegi kergelt lenduvad, nii et harilikult naftat peaaugjalikult ainult segatult teiste ainetega pruugitakse. Ka nafta destillaadid, nagu petrooleum, kõlbavad conserveerimiseks.

c) Esimese ja teise grupi *segudest* võiks ainult üleval kirjeldud kloor-tsinki ja tärvisaõli segu nimetada, mis suure eduga tarvitamist on leidnud.

\*) Saksa riigi raudteede nõuded.

Kõiki antiseptilisi aineid kokku võttes on viimasel ajal peaaegu kõigil aladel peaaesjalikult tõrvaõlide juure peatama jäänud, mida ülevalkirjeldud Rüpigi meetodi järele puu materjaalidesse pressitakse, mille järeltusel puu kestvus 3—6 kordseks kasvab.

Peale selle on ainult vähemal mōōdul tsink-kloor, vase-vitriool ning sublimaas tarvitamisel ning viimaks laevaehituses ülevaalpōol nimetud kloor-naatrium. Viimase kohta tähendame siinkohal, et temal siis mōju on kui täiesti kontsentreeritud sulatist pruugitakse ning väljahtumist karta ei ole. Ka mōjub ta söōvalt raudosade peale, nii et viimased niisugusel juhtumisel tingimata tsingitud peaksid olema.

Lōpuks nimetame veel paar sõna *puu kaitse kohta mereusside „Toredo-navalis“ vastu*, mis Lōanamaa vetes tihti paari kuuga puuehitused sõelasarnasteks võivad teha. Siin on peaaesjalikult kaks võimalust. Esimese järele kaetakse puu pind selleks, et ussid ligi ei pääseks mitmesuguste ainetega: vase ehk tsingi plekkidega (laevad) ülelōōmine, mis ainult senikaua mōjub, kuni plekk rikunud ei saa; tsemendi korruga katmine (sadama ehitused), mis aga võrdlemisi ruttu rikunud saab; söeks põletamine, mis ainult senikaua mōjub, kui söe kord rikunud ei ole; viimaks *antiseptiliste ainetega kaitsmine*, millest mōjuvamaks on jällegi puu sisemine konserveerimine kaitsevedelikkudega, millena tõrvaõlid kõige paremaid resultaatsid on annud, kuna soola-sulatised võrdlemisi lühikese aja jooksul välja uhutakse. Kui puu ei ole sisemiselt konserveeritud, siis aitab ka teatava aja jooksul väline värvimine kaitsevedelikuga, mida tihti õhukese puust kaitsewoodriga kaetakse ning papi ehk vildi abil suuremal arvul koondakse (laevad). (Tõrv, karbolineum, Sotor, Barol, Toredoproof, vasevärv, veeklaas jne.).

## IX. Puu väärtuse ning kestvuse hindamine puulaeva ehituses.

Puust laevas on materjaalid väga mitmesugustes oludes. Osa on üleni vee all, osa jälle puutub kord veega kord õhuga kokku, osa on päikese, vee ja tuulte mõju all, osa võrdlemisi sumbunud ruumis. Peale selle nõutakse puulaevadelt veekindlust ja tugevust. Kõik need põhjused mõjuvad kaasa, et laevaehituseks ainult paremaid ja vastupidavamaid puusortisid nõutakse, mis pealegi kõigeparemas headuses, ilma vigadeta ning hästi kuivatud ning ehituseks ette valmistatud oleks. Ehituses jällegi hoolitsetakse röske ja sumbunud kohtade ärahoidmise eest. Kõigi nende nõudmiste täitmisel peavad puulaevad sagedasti üle 30 a. vastu, kuna aga nende ignoreerimisel tihtigi laeva üksikud osad (näituseks, dekk, vaterveiss, kaare ülemised otsad, kest ülevalpool madalat veeliini) juba mõne aastaga mädanema löövad.

Selle tõttu nõuavad klassi seltsid, kes ehituste järele valvavad, et laevade ehituseks võetaks esimese sordi materjaali, ilma vigadeta, võimalikult südapuu ning enne tarvitamist täiesti õhukuiv. Needsamad seltsid määravad puu kestvuse ära selle järele, kui palju aja peale üksikutest puu sortidest ehitud laevadele kõrgema klassi annavad. Toome selle jaotuse „Germanischer Lloyd“ ning „Norsk Veritas“ uuemate reeglite järele, mis ühtlasi näitab, missugustes laevaosades üksikud puu sortid kõige rohkem kõlbavad.

Materjaal	Kihl		Täavid, <sup>a</sup> täitepuud		Kaared põhjas		Kaared üleväl pool V. L.		Kest all- pool V. L.		Kest üle- valpool V. L.		Kiilson ja põhja garneer		Palkide vegerid vater- veisid	
	G. L.	N. V.	G. L.	N. V.	G. L.	N. V.	G. L.	N. V.	G. L.	N. V.	G. L.	N. V.	G. L.	N. V.	G. L.	N. V.
1. Tiek . . . . .	12	16	12	16	12	16	12	16	12	16	12	16	12	16	12	16
2. Euroopaja Aafrika tamm, grean heart. . . . .	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
3. Ameerika valge tamm .	12	10	9	10	9	9	9	9	12	12	8	10	8	10	9	9
4. Pitch-pine . . . . .	12	11	8	9	9	9	9	9	12	12	12	10	12	11	12	10
5. „Saksamaa kuusk“, Ore- gon-pine, hackmatack .	10	9	8	9	8	9	8	9	10	12	9	9	8	10	8	9
6. Balti, Danzigi ja Skan- dinaavia mänd . . . . .	10	8	8	8	8	9	8	9	10	11	9	9	8	9	8	9
7. Buk . . . . .	12	12	—	—	4	7	—	6	12	12	—	—	4	—	5	—
8. Kuusk . . . . .	6	—	5	—	6	7	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6
9. Kask . . . . .	—	9	—	—	—	7	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—
10. Saar . . . . .	9	8	4	—	4	7	4	—	9	8	4	—	5	—	5	—

Märkus: Siin on ainult esimese sordi materjalisid silmas peetud. Halvemate juures võib aega 1—3 a. lühendada.

Need arvud on kaunis rationaalsed puusortide hindamisel laevade ehitusel. Nagu näeme, loetakse kestmaks puuks tieki, millele tamm järgneb, kuna aga meie mänd kuuendale kohale pääseb. Kuusk, kask ja saar on koguni viletsaks materjaaliks ning neid võiks ainult veelustes osades, ehk jällegi mööblikult tarvitada, Missugust tähendust kuiva materjaali ja hea tööle antakse, näitab see, et laevale, mis katuse all ehitakse, üks aasta pikem klass antakse. Samuti lisatakse üks aasta juure, kui laev „soolatud“ saab, mis selles seisab, et kaare vahed ülevalpool kimmi soolaga täidetakse, mis sulamisel kaared ning plangud soolveega läbi leotab. Materjaali tugevuse mõttes, millest ära ripub üksikute osade tugevus, loevad klassi seltsid keskmiselt tammepuud 10% männist tugevamaks ning mändi 10% kuusest tugevamaks.

Meil kasvavatest puu sortidest kõlbavad laevade ehituseks peaaesjalikult tamm ja mänd ning ainult vähemal määral kuusk. Saar, kask ning mõned teised puud lähevad ainult mööblikult, ehk osalt paatide sisemiste osade ehituseks. Meie männi vastupidavus ja kestvus oleneb tähtsalt sellest, kas mänd südapuu ehk suure kasvukorraga. Südapuu männid kasvavad rohkem soose maa peal, samuti on ka õige vanad männid võrdlemisi suure südapuuga. Õieti talitades ei tohiks laeva ehituseks sugugi splinti pruukida. Kuid et see viimase aja materjalide seisukorra järele ütle mata raske, siis peab ehituse eel halvemad puud headest lahutama, viimaseid kõige kardetavamates kohtades pruukides, nagu: kaare ülemised otsad, täävid, reelingu postid, vegerid, vaterveisid, deki plangud, bergholt. Veelustes osades võib splindi puud pruukida. Tamme kui meie kestmamat, kuid ühtlasi vähest materjaali, võiks tarvitada peaaesjalikult ainult: täävid, kaare, ülemised otsad ja reelingu postid, rooli ema, spill. Kui kuuse materjalid tarvitamisele tulevad, siis võiks seda teha ainult veelustes osades.

Ehituste eel peab materjaalidega muidugi vastavalt hoolsasti ümber käima, selle eest hoolitsedes, et materjaal terve ning kuiv oleks. Ka ehituse ajal ei tohiks haiguse idusid lasta puusse tungida. Ehituse konstruktsioon peab niisugune olema, et sumbunud ja niiskeid kohti ära hoida, kus aga see raske, seal konserveerimise abinõusid pruukida, kas välispidise värvimise ehk koguni leotamisega soolvee ehk mõne muu ülevaltoodud antiseptilise ainega. Ka ei puuduks võimalus mõnda kallimat ning kardetavamamat osa isegi sisemiselt konserveerida, nagu mastid, kaare ülemised otsad, täävid, milleks kas Boucherie meetodi ehk lihtsalt vedeliku aukudesse valamist valida. Vedelikkudest võiks siin nimetada: soolvesi, kloortsink ehk selle emulsioon, vasevitriooli sulatis, elavhõbeda sublimaat, hea vedel tõrva-õli. (Ameerikas, näituseks, ehitakse tihti puupraamisid isegi sisemiselt konserveeritud puust.) Välispidiseks värvimiseks niisugustes kohtades, kus iluduse nõue esimesele kohale ei ilmu, ehk elunõue seda lubab, võib võtta parema eduga kivi- ehk puutõrva, mis aga hea peab olema ning ainult tuleselt koguni kuiva puu peale tõmmata. Kaitseks „toredonavalis“ vastu võib parema eduga tarvitada järgmist meetodi: laevakere värvitakse paar korda üle tulise kivisõe ehk puutõrvaga ehk tõiõliga, millele abiks veel eriti tõrvatud pappi võib võtta, ning lõõdakse selle järele 1" — 1½" männiplankudega üle. Muidugi peab selle eel laev täiesti veekindlalt triivitud olema. Ka aitab osalt mereusside vastu värvimine patentvärvidega, ehk laeva ülelõõmine tsinkplekiga, mis aga, võrreldes esimese abinõuga, ainult lühemata aega mõjuvad.

Laeva dekk peab hästi triivitud, pigitud ning hõõvelatud olema ning pärast seda hästi linaõliga sisse õõruda (võib ka tõiõli, nafta ehk petrooleumi või nende segusid, kuid see ei ole ilus), mida teatud aja järele kordama peab. Deki materjaal peab võimalikult südapuu olema ning plankude laius mitte üle 4" — 6".

### C. Mõni sõna puu konstruktsioonidest.

Nagu üleval nägime, on puu väga keeruline ehitusmaterjaal, mille omadused nii väga paljudest tingimistest ära ripuvad, nii et puuehituste ning konstrueerimiste juures hoolega peab kõike silmas pidama, kui soovitakse saada enam-vähem asjakohast, kindlat ja ühtlasi mitte väga rasket konstruktsiooni. Ka peab siin meeles pidama, et puu vastupidavus oleneb just puu headusest, kus jällegi teataval määral silmas peab pidama niihästi puu kasvu vigu kui ka puuga ümberkäimist raiumise ja kuivatuse ajal.

Nagu nägime, on katkestavad pingutused igas sihis isesugused, ning üleüldiselt ei käi puu vastupanevus mitte Hooki seaduse järele. Mis lubatud pingutustesse puutub, siis olenevad nad harilikult sellest: a) missugustele jõududele teatav konstruktsioon vastama peab, kas kindlatele, ehk muutuvatele, b) kas puu head väljavalitud sorti on ning c) kas puu kuivas ehk niiskes õhus töötama peab. Harilikult võetakse lubatud pingutused  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{10}$  katkestavatest pingutustest, ning igas riigis on oma puu sortide tarvis kindlad määrused välja töötud. Näituseks on „Hütte“ järele järgmised pingutused lubatud (Tabel k).

Tabel k.

Puu sort	Tõmbav $\sigma_{tp}$	Litsuv $\sigma_{lp}$	Paenutav $\sigma_p$	Lõikav	
				II lõimed	I lõimed
Tamm . . .	100—120	80—100	100—120	15—20	80—90
Mänd . . .	100—120	60—80	100—120	10—15	60—70
Kuus . . .	60	50	—	—	—
Saar . . . .	100—120	66	—	—	—
Kõvad puud	200	160	200	—	30

Prof. Lange soovitab mitmekümne aastase praktika järele järgmistest normidest kinni pidada, okaspuude tarvis, õhukuivas seisukorras (15% niiskust) ja ilma oksadeta (Tabel 1.).

Tabel 1.

	Jäädavad ehitused		Ajutised ehitused	
	Alaline pingutus	Muutuv pingutus	Alaline	Muutuv
Tõmbav, pikuti $\sigma_{tp}$ .	100	$\leq 80$	120	$\leq 100$
„ risti $\sigma_{tr}$ . . .	0	0	0	0
Litsuv, pikuti $\sigma_{lp}$ . . .	80	$\leq 60$	100	$\leq 80$
„ risti $\sigma_{lr}$ . . . .	12	$\leq 8$	15	$\leq 10$
Lõikav, pikuti $\tau_p$ . . .	10	$\leq 8$	14	$\leq 11$
„ risti $\tau_r$ . . . . .	35	$\leq 30$	40	$\leq 34$
Paenutav $\sigma_p$ . . . . .	90	$\leq 70$	110	$\leq 90$

Prof. Lange tabeli kohta peab tähendama:

Kui puu halvemat sorti ehk oksline on, siis tuleb neid arvusid vähendada. Kui puu kuni töötamiseni kuivaks ei saa, siis peab üleval toodud arvusid 10—30% alandama, kuna aga veeehituste tarvis koguni kuni 40% alandama peab. Tammede, saarte ja bukide tarvis võib  $\sigma_t$ ,  $\sigma_l$  ja  $\sigma_p$  umbes 5% suurendada, parem mitte sugugi, kuid  $\sigma_r$  ja  $\tau$  võib kuni 50% suurendada.

Mis konstruktsiooni osadesse puutub, mis tõmbavate jõududega pingutakse, siis on harilikult, nagu nägime, tõmbav vastupanevus  $1\frac{1}{2}$ —3 korda suurem kui litsuv. Kuid teisest küljest vähendavad igasugused puu vead tõmbavat vastupanevust märksa rohkem kui litsuvat, mille tõttu tegelikult lubatakse tõmbavatel pingustustel ainult 10—20% suurem olla.

Lõikavad pingutused, millel on suur tähendus konstruktsioonis, võivad, nagu näeme, keskmiselt ainult  $\frac{1}{10}$  tõmbavatest ehk  $\frac{1}{8}$  litsuvatest olla. Sellepärast peab katsuma nendest üle saada ehk jälle vastupanevust lõikavatele jõududele mõnel muul kujul suurendada, näituseks teraspoltide, diagonaalide ehk klamrite abil.

Litsuvad pingutused ristipuus võivad ka keskmiselt olla ainult  $\frac{1}{10}$  tõmbavatest ehk paenutavatest, mida alati silmas tuleb pidada ning tarvilisel korral katsuda litsuvat jõudu suurema pinna peale laiendada, et puud selles kohas mitte lõmastada, mida tegelikult kätte saadakse kõvast puust ehk rauast aluste läbi.

Iseäranis peab veel tähelepanemist pöörama puu kokku kuivamise peale, millel konstruktsiooni tegevuses suur tähendus on. Näituseks võivad kokkupandud palgid kokku kuivamise tõttu koguni logisema hakata, mille tõttu terve konstruktsioon oma vastupidavuse võib kaotada.

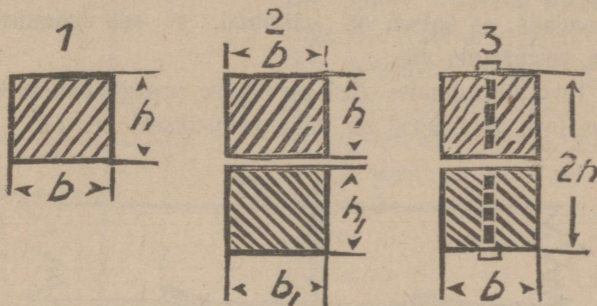
Et niisugust juhtumist ära hoida, siis võetakse isegi mõnikord spiraalvedrud, mis üksikuid palkisid ühendavate poltide alla paigutakse. Niisuguseid vedrusid võib välja maal igast ehitusmaterjaalide ladust leida, ning enne sõda ei maksnud nad palju.

Peab alati meeles pidama, et kõik ülevaltoodud arvud head, ilma vigadeta puud silmas peavad ning vigased puud otse teise vastupidavusega on.

Kui tarvis on pikuti ühendada palkisid, mis tõmbavate jõududega on pingutud, siis sünnib see harilikult lõikavate ja litsuvate pingutuste abil. Kui aga niisugused kokkupandud palgid litsuvate jõududega on pingutud, siis võib lihtsalt palgid ots otsa külge toetada, kuid pehmemate puude juures tingimata otsadesse teraslapid paigutada, sest et muidu üks puu teise sisse pressib, ning vastu ei suuda panna.

Kui üks palk teatavat vastupanevust paenutamise juures ei anna, siis võetakse kokkupandud palgid, mis nagu üks palk töötama peaks. Kui suur tähendus siin tarvilisel ühendusel on, näitab järgmine:

Võrdleme kolme palgi tugevust, mille läbilõiked joon. 13 on antud:



$$h = b = h_1 = h_2 = 10 \text{ cm.}$$

Joon. 13.

$$W_1 = \frac{ah^2}{6} = \frac{10^3}{6} \approx 167 \text{ cm}^3$$

$$W_2 = 2W_1 = 334 \text{ cm}^3$$

$$W_3 = \frac{b(2h)^2}{6} = 4W_1 = \frac{10 \cdot 20^2}{6} = 667 \text{ cm}^3$$

Nagu näeme, on kahe palgi sidumisel (3) nende ühine vastupanek paenutuse juures kaks korda suurem kui sellel juhtumisel, kui need palgid lihtsalt üks teise peal lasuks. Kuid sidumine on ainult niisugusel juhtumisel mõõduandev, kui lõikavad pingutused, mis kahe palgi vahel ilmsiks tulevad, teataval kombel vastu võetakse, nii et üks palk teisest mööda libisema ei hakkaks. Konstruktiivliselt tarvitakse selleks nelja abinõud:

1. Hammastud palkisid, mis poltidega kokku on tõmmatud.

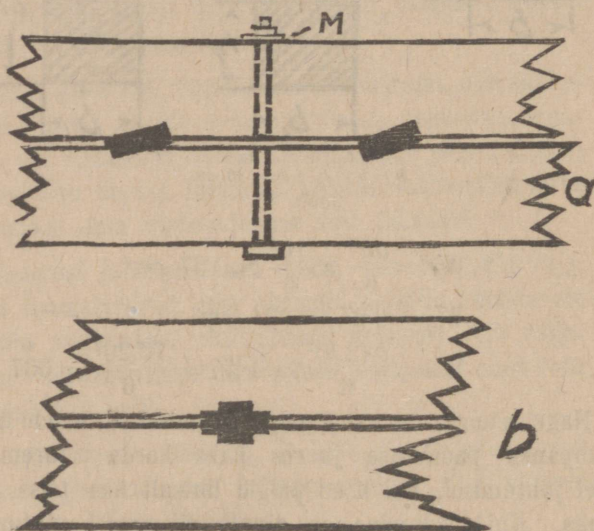
2. Vahepakkusid kõvast puust (ehk terasest) kahe palgi vahel ning poltidega ühendamist.

3. Klamreid ehk vitsasid (terasest).

4. Poltidega kokkutõmbamist palkide vahel liivaga üle külvates, et õõrumist suurendada.

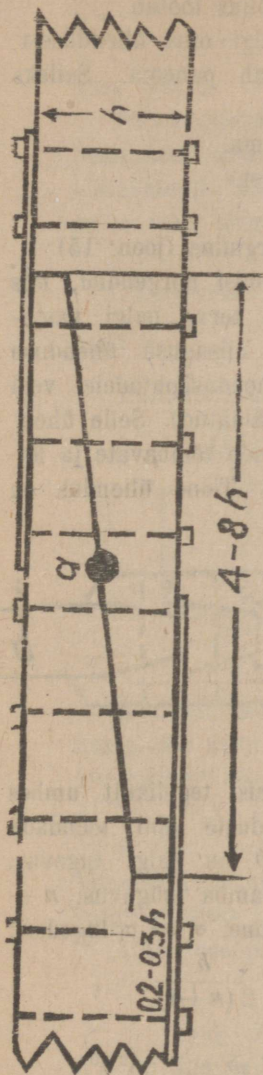
Praegu ei tarvitata tegelikult enam esimest konstruktsiooni, sest et ta suure osa palgi läbimõõdust ära võtab ning õige täpisealt kokku peab seatud olema. Võib ainult tähendada, et katsed on näitanud, et see sidumise viis oma eesmärgile viib.

Teist ühendamise viisi tarvitakse praegu kaunis laialt. Ühenduse alusjooned on näha joonistusest nr. 14.



Joon. 14.

Siin kujutab *a* ühendamist harilikkude puukiiludega, mis võimalikult kõvast puust tehakse (buk), ning *b* sümptoonilist raudkiiluga ühendamist, mis viimasel ajal kaunis laialiseks on saanud. Neid ühendusi on võimalik täiesti kindlalt välja rehkendada, kui kaugel ja missugused mõõdud üksikutel kiiludel ja poltidel peavad olema, et



Üks ehk mitu hammast.  
Joon. 15.

palk täiesti ühendud oleks. Kuid peab silmas pidama, et puu kokkukuivamisel kõik ühendus logedaks ei saaks, niihästi kiilude kui ka poltide juures. Just siin aitavad väga kaasa ülevalnimetud vedrud (näidatud  $m$ -ga). Katsetes, mis nende ühenduste vastupidamiseks tehtud, tõendavad täielikult kõiki ootusi. (Näituseks leidis prof. Lang katsete juures ühendud palkidega  $\sigma_p = 611-650 \text{ kg/cm}^2$ .)

Kolmandat ühenduse viisi võib ainult hädakorral niisuguste ehituste juures tarvitada, kus puu kokku ei kuiva, sest et siin võimalust pole mutreid järele pingutada.

Neljanda ühenduse viisi juures puuduvad koguni kõik kiilud ehk hambad. Palgid tõmmatakse ainult poltide abil kokku ning õõrumise suurendamiseks riputakse liiva vahele. Nagu katsed on näitanud, peab niisugune ühendus hästi, senikaua kui poltid pingutud on. Kui aga mitte, siis hakkab kõik logisema. Poldide pingulhoidmiseks aga peab esiteks poldide peade ja mutrite alla paigutama terasplekid, ning teiseks

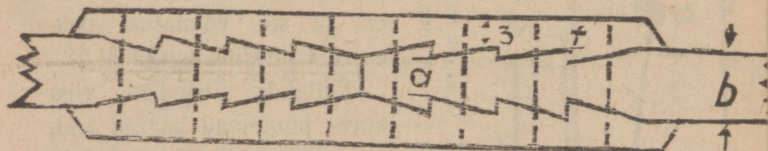
vedrud asendama, ehk vahetevahel mutrid järele käänama, iseäranis kui puu muutuvast õhus töötab.

Ütleme veel paar sõna kahe palgi otsa ühendusest, mis tõmbavatele jõududele vastu peab panema. Selleks pruugitakse harilikult kolme viisi:

- 1) Põikühendust hambaga ehk ilma.
- 2) Kahekordset hambaga ühendust.
- 3) Teraslattide abiga ühendust.

Esimene ühenduse sheema on järgmine (joon. 15).

Nagu näha, on siin palk võrdlemisi nõrgendud, mis keskmiselt välja teeb umbes 30% terve palgi vastupidavusest. Sellepärast katsutakse niisuguse ühenduse vastupanevust sellega tõsta, et ühenduskohtadele veel teraslatid paigutakse (punktiriga näidatud). Selle ühenduse elementide rehkendamine põhjeneb tõmbavate ja löikavate pingutuste peal pikutipuu. Teine ühendus on järgmine (joon. 16):



Joon. 16.

Ka siin on palk nõrgestud, mis tegelikult umbes 20—30% välja teeb, nagu rehkenduste abil tõendada võib. Tõesti, kui tähendame, et:  $b$  on palgi tugevus,  $s$  — ühenduse nõrgem koht,  $t$  — hamba sügavus,  $n$  — hammaste arv ühel poolel, siis saame,  $\sigma_t = \sigma_1$  lugedes:

$$2nt = (b - 2t), \text{ ehk } t = \frac{b}{2(n+1)}.$$

Kui nüüd:

$$n = 2, \text{ siis } t = \frac{b}{6}, \text{ ning } a = \frac{2}{3}b \text{ ehk } 66\frac{2}{3}\%$$

$$n = 3, \text{ „ } t = \frac{b}{8}, \text{ „ } a = \frac{3}{4}b \text{ „ } 75\%$$

$$n = 4, \text{ „ } t = \frac{b}{10}, \text{ „ } a = \frac{4}{5}b \text{ „ } 80\%$$

Kui nüüd veel lugeda,  $\tau = \frac{1}{m} \sigma_1$ , siis saame:

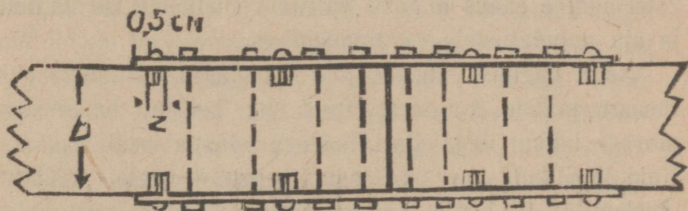
$\frac{1}{3} L = (n+1) mt = \frac{mb}{2}$ , ehk  $L = mb$ , kus  $L$  on ühenduse pikkus.

Sellest näeme siis, et ühenduse pikkus ei olene mitte hammaste arvust, vaid palgi paksusest  $b$  ning moodulist lõikavate ja litsuvate pingutuste vahel  $m$ . Nagu teame, on  $m$  meie okaspuude juures ümarguselt 8, nii et:

$$L = 8b \dots$$

Ühendavate plankude ja hamba paksus valitakse alati  $= \frac{b}{2}$ .

Kolmanda ühenduse sheema on järgmine (joon. 17).



Joon. 17.

Kui siin ka tähendame  $t$  — hamba sügavust,  $n$  — hammaste arvu igas küljes ja palgi poolel (siin 2), ning kui niisama loeme, et  $\sigma_t = \sigma_1$ , siis on jällegi:

$$t = \frac{b}{2(n+1)} \dots$$

tähendab, puhas läbilõige kujuneb ühendud palkides niisama suureks kui ülevalgi.

Ühenduse pikkuse saame järgmisest formulist:

$$\frac{1}{2} L = 0,5 + nz + nmt$$

$$\text{ehk: } L = 1 + nb \frac{m+1}{n+1} \dots$$

Näituseks, kui  $m = 8$ ,  $n = 3$ , siis on  $L = 6,75b + 1$  cm.

Näeme, et siin ühendus lühem saab, kui puuga ühenda-

damisel. Nii on siin rehkendus niisama lihtne, millejuures ainult puu vastupanevuse omadusi silmas tuleb pidada. Niisama võib ka välja rehkendada ühendamise teras-lattide paksust ja palkide arvu, mis vastupanemiseks tarvis lähevad.

Siin ei või meie enam kaugemale minna üksikute näituste toomises, mis puu konstruktsioonide kirjeldamise alasse kuulub. Need väikesed näitused tõime ainult selleks, et näidata, kuidas praktiliselt puu konstruktsioonide rehkendamine läheb. Praeguse töö eesmärgiks aga oli lugejaid tutvustada puu omadustega ning ühtlasi näidata, missuguseid tingimisi puu raiumise, kuivatamise, vastuvõtmise ja teatavasse konstruktsioonis paigutamise juures silmas peab pidama, et konstruktsioon vastupidav ning ratsionaalne saaks niihästi välistele jõududele kui ka ilma ja aja muudatustele vastupanemises.

Nagu nägime, lähevad puu omadused niisuguste ehitusmaterjaalide, kui teras, raud ehk betoon, omadustest märksa lahku, mida alati hoolega silmas peab pidama. Kuid lõpulikult on puu oma kerguse peale vaadates (keskmiselt 10 korda rauast kergem) päris vastupidav ning kasulik ehitusmaterjaal, mis terase puudusel julgelt nii mõneski konstruktsioonis selle ehk metallide aset võib täita, nagu see näituseks laevaehituses on. Kuid ka siin peab hoolega kõiki ülevalkirjeldud puu omadusi silmas pidama, et konstruktsioon tehniliselt vaadates ratsionaalne oleks. Praktiliselt oleks väga tähtis ka Eestis leiduvate metsade ja puude omadusi praegustel tehnilistel nõudmistel uurima hakata, mis metsavalitsusele teatavaid näpunäiteid annaks heade puude kasvatamiseks ning konstruktoritele suureks abiks oleks õige konstruktsiooni väljarehkendamise juures.

---

## L i s a.

### Tabelid puu massi ja raskuse üle.

Ehitusmaterjalide muretsemisel ehk veol tuleb tihti ette tarvidus kiirelt puu materjalide massi ehk raskust välja rehkendada. Harilikult tarvitakse selleks eriti kokkuseatud tabelisi. Toome siin lisaks lühendud kujul ainult kõige tarvitavamad tabelid, silmas pidades, et neid meie teades seni Eesti keeles eriti ei ole ilmunud, kuid praktilises elus nende järele tarvidus tundub.

Tabelid on antud Inglise mõõtudes, mis meil metsa-asjanduses veel tarvitamisel ning ka tulevikus tarvili-kud on, silmas pidades läbikäimist sellel alal Inglis-maaga. Meetrimõõtude juure üleminek on lihtne vastavate ülemineku koeffitsientide järele.

---

## Puumass kub. jalgades keskmise läbimõõdu

Pikkus jalgades	Läbi- mõõt toll.	6	7	8	9	10	11	12
	Ümber mõõt toll.	18,8	22	25,1	28,3	31,6	34,6	37,7
6	1,18	1,60	2,10	2,50	3,25	4,00	4,75	5,50
7	1,38	1,85	2,45	3,00	3,75	4,75	5,50	6,25
8	1,57	2,15	2,80	3,50	4,25	5,25	6,00	7,00
9	1,76	2,40	3,15	4,00	4,75	6,00	7,25	8,00
10	1,96	2,67	3,49	4,50	5,50	6,75	8,00	9,50
11	2,16	2,95	3,85	4,75	6,00	7,25	8,50	10,3
12	2,35	3,20	4,20	5,25	6,50	8,00	9,25	11,0
13	2,55	3,47	4,55	5,75	7,00	8,50	10,0	11,8
14	2,75	3,75	4,90	6,25	7,50	9,25	10,5	12,5
15	2,95	4,00	5,25	6,75	8,25	10,0	11,3	13,3
16	3,15	4,27	5,60	7,00	8,75	10,5	12,0	14,0
17	3,35	4,55	5,95	7,50	9,25	11,3	12,5	15,0
18	3,55	4,80	6,30	8,00	9,75	12,0	13,3	15,8
19	3,75	5,05	6,65	8,25	10,3	12,5	13,8	16,5
20	3,95	5,35	7,00	9,00	11,0	13,3	14,5	17,5
21	4,12	5,60	7,35	9,25	11,5	13,8	15,3	18,0
22	4,32	5,90	7,70	9,75	12,0	14,5	16,0	19,0
23	4,52	6,15	8,05	10,0	12,5	15,3	16,5	19,8
24	4,72	6,40	8,40	10,5	13,0	16,0	17,0	20,5
25	4,92	6,70	8,75	11,0	13,8	16,5	17,8	21,3
26	5,10	6,95	9,10	11,5	14,3	17,0	18,5	22,0
27	5,30	7,25	9,45	12,0	14,8	17,8	19,0	22,8
28	5,50	7,50	9,80	12,3	15,3	18,5	19,8	23,5
29	5,70	7,75	10,0	12,8	15,8	19,0	20,5	24,3
30	5,90	8,00	10,5	13,3	16,3	19,8	21,0	25,0
31	6,10	8,30	10,9	13,8	16,8	20,5		
32	6,30	8,55	11,2	14,0	17,5	21,0		

## ehk ümbermõõdu järele Inglise tollides.

13	14	15	16	17	18	19	20	21
40,9	44	47,1	50,3	53,4	56,6	59,7	62,9	66
5,50	6,50	7,25	8,50	9,50	10,8	11,8	13,0	14,5
6,50	7,50	8,50	9,75	11,0	12,5	13,8	15,3	16,8
7,25	8,50	9,75	11,3	12,5	14,3	15,8	17,5	19,3
8,25	9,75	11,0	12,5	14,3	16,0	17,8	19,8	21,8
9,25	10,8	12,3	14,0	15,8	17,8	19,8	21,8	24,0
10,0	11,8	13,5	15,5	17,5	19,5	21,8	24,0	26,5
11,0	12,8	14,8	16,8	19,0	21,3	23,8	26,3	28,8
12,0	14,0	16,0	18,0	20,5	23,0	25,8	28,3	31,3
13,0	15,0	17,3	19,5	22,0	24,8	27,5	35,5	33,8
13,8	16,0	18,3	21,0	23,8	26,5	29,5	32,8	36,0
14,8	17,0	19,5	22,5	25,3	28,3	31,5	35,0	38,5
15,8	18,3	20,8	23,8	26,8	30,0	33,5	37,0	40,8
16,5	19,3	22,0	25,0	28,5	31,8	35,5	39,3	43,3
17,5	20,3	23,3	26,5	30,0	33,8	37,5	41,5	45,8
18,5	21,5	24,5	28,0	31,5	35,5	39,5	43,8	48,0
19,3	22,5	25,8	29,3	33,0	37,0	41,5	45,8	50,5
20,3	23,5	27,0	30,8	34,8	39,0	43,3	48,0	53,0
21,3	24,5	28,3	32,0	36,3	40,8	45,3	50,3	55,5
22,0	25,8	29,5	33,5	38,0	42,5	47,3	52,5	57,8
23,0	26,8	30,8	35,0	39,5	44,3	49,3	54,5	60,0
24,0	27,8	32,0	36,3	41,0	46,0	51,3	56,8	62,5
25,0	29,0	33,0	37,8	42,5	47,8	53,3	59,0	65,0
25,8	30,0	34,3	39,0	44,0	49,5	55,0	61,0	67,5
26,8	31,0	35,5	40,5	45,8	51,3	57,0	63,3	69,8
27,8	32,0	38,8	42,0	47,3	53,0	59,0	65,5	72,3
28,5	33,0	38,0	43,3	49,0	54,8	61,0	67,8	74,8
29,5	34,3	39,3	44,8	50,5	56,5	63,0	70,0	77,0

## Okaspuu kubikjalgade tabel puu ladva

Pikkus jalgades	L a d v a j ä m e						
	4"	5"	6"	7"	8"	9"	10"
	K a n t s u u r u s						
9	0,90	1,4	2,0	2,6	3,4	4,3	5,4
10	1,02	1,6	2,2	3,0	3,9	4,9	6,0
11	1,15	1,8	2,5	3,3	4,3	5,4	6,7
12	1,3	2,0	2,8	3,7	4,7	5,9	7,4
13	1,5	2,2	3,1	4,0	5,2	6,5	8,0
14	1,6	2,4	3,3	4,4	5,7	7,1	8,7
15	1,8	2,6	3,6	4,8	6,1	7,7	9,4
16	1,9	2,8	3,9	5,2	6,6	8,3	10,1
17	2,1	3,1	4,3	5,6	7,1	8,9	10,9
18	2,2	3,3	4,6	6,0	7,6	9,5	11,6
19	2,4	3,6	4,9	6,4	8,1	10,1	12,4
20	2,6	3,8	5,2	6,8	8,6	10,7	13,1
21	2,8	4,1	5,6	7,2	9,2	11,4	13,9
22	3,0	4,4	5,9	7,7	9,7	12,0	14,7
23	3,2	4,7	6,3	8,1	10,3	12,7	15,5
24	3,4	4,9	6,7	8,6	10,8	13,4	16,3
25	3,6	5,2	7,1	9,1	11,4	14,1	17,1
26	3,9	5,5	7,5	9,6	12,0	14,8	18,0
27	4,1	5,9	7,9	10,1	12,6	15,5	18,8
28	4,3	6,2	8,3	10,5	13,2	16,2	19,6
29	4,6	6,5	8,7	11,0	13,8	16,9	20,5
30	4,9	6,9	9,1	11,6	14,4	17,7	21,4
31	5,1	7,2	9,5	12,1	15,0	18,4	22,2
32	5,4	7,5	10,0	12,6	15,7	19,2	23,2
33	5,7	7,9	10,4	13,2	16,4	20,0	24,1
34	6,0	8,3	10,9	13,8	17,0	20,8	25,1
35	6,3	8,7	11,4	14,3	17,7	21,6	26,0
36	6,6	9,1	11,9	15,0	18,5	22,5	27,0
37	6,9	9,5	12,4	15,5	19,1	23,3	27,9
38	7,2	9,8	12,8	16,1	19,8	24,1	28,8
39	7,5	10,3	13,3	16,7	20,6	24,9	29,8
40	7,9	10,7	13,9	17,4	21,3	25,8	30,8
41	8,2	11,2	14,4	18,0	22,1	26,7	31,8
42	8,6	11,6	15,0	18,6	22,8	27,6	32,9

mõõdu ja pikkuse järele (Maurach).

d u s t o l l i d e s

11"	12"	13"	14"	15"	16"	17"	Pikkus jalgades						
k	u	b	i	k	j	a	l	g	a	d	e	s	
6,5	7,8	9,2	10,7	12,4	14,1	16,0	9						
7,3	8,7	10,3	12,0	13,8	15,7	17,8	10						
8,1	9,7	11,4	13,3	15,3	17,4	19,7	11						
8,9	10,6	12,5	14,5	16,7	19,1	21,5	12						
9,7	11,6	13,6	15,9	18,2	20,7	23,5	13						
10,5	12,5	14,7	17,1	19,7	22,4	25,4	14						
11,4	13,5	15,9	18,5	21,2	24,1	27,3	15						
12,2	14,5	17,0	19,8	22,7	25,9	29,2	16						
13,1	15,5	18,2	21,1	24,2	27,6	31,1	17						
14,0	16,5	19,4	22,5	25,8	29,3	33,1	18						
14,9	17,6	20,6	23,9	27,4	31,1	35,1	19						
15,7	18,6	21,8	25,3	29,0	32,8	37,1	20						
16,7	19,7	23,0	26,7	30,5	34,6	39,0	21						
17,6	20,8	24,2	28,1	32,1	36,4	41,0	22						
18,5	21,9	25,5	29,5	33,8	38,3	43,1	23						
19,5	23,0	26,8	31,0	35,4	40,1	45,1	24						
20,4	24,1	28,0	32,2	37,0	41,9	47,2	25						
21,4	25,2	29,4	33,9	38,7	43,8	49,3	26						
22,4	26,3	30,7	35,4	40,3	45,7	51,3	27						
23,4	27,5	31,9	36,9	42,0	47,6	53,5	28						
24,4	28,6	33,3	38,3	43,7	49,4	55,6	29						
25,4	29,8	34,6	39,9	45,5	51,4	57,7	30						
26,4	31,0	36,0	41,5	47,2	53,3	59,9	31						
27,5	32,2	37,4	43,0	48,9	55,2	62,0	32						
28,5	33,4	38,8	44,6	50,7	57,2	64,2	33						
29,6	34,7	40,1	46,2	52,5	59,2	66,4	34						
30,7	35,9	41,5	47,7	54,3	61,2	68,6	35						
31,9	37,3	43,1	49,5	56,2	63,3	71,0	36						
33,0	38,5	44,5	51,1	58,0	65,4	73,2	37						
34,0	39,7	46,0	52,7	59,7	67,2	75,3	38						
35,1	41,0	47,4	54,3	61,5	69,2	77,5	39						
36,4	42,3	48,8	56,0	63,4	71,4	79,8	40						
37,5	43,6	50,3	57,7	65,3	73,4	82,1	41						
38,7	45,0	51,8	59,3	67,1	75,5	84,4	42						



Standardide tabel.

Tabeli järele saab kui palju jooksvaid jalgu igasugust materjaali on ühes Peterburi Standardis.  
1 Peterburi Standard = 165 kub. jalga = 4,67 kub. meetr.

Latus tolli		3"	4"	5"	6"	7"	8"	9"	10"	11"	12"
Paksus tolli	1/2"	15840	11880	9504	7920	6789	5940	5280	4752	4320	3960
	3/4"	10560	7920	6336	5280	4526	3960	3520	3168	2880	2640
	1"	—	5930	4752	3960	3394	2970	2640	2376	2160	1980
	1 1/4"	—	4750	3801	3168	2715	2376	2112	1901	1728	1584
	1 1/2"	—	3960	3168	2640	2263	1980	1760	1584	1440	1320
	1 3/4"	—	3393	2715	2263	1940	1697	1509	1357	1234	1131
	2"	—	2971	2377	1980	1697	1485	1320	1188	1080	990
	2 1/2"	—	2376	1901	1584	1358	1188	1056	950	864	792
	3"	—	1980	1584	1320	1131	990	880	792	720	660
	3 1/2"	—	1698	1358	1131	970	849	754	679	617	566
	4"	—	1485	1188	990	849	742	660	594	540	495

# S i s u.

	Lhk.
A. Puu ehitus, omadused ja üksikud sordid . . . . .	3
B. Puu kõvadus, vastupanevus ja kestvus . . . . .	27
I. Katsed liituvatele jõududele vastupanemiseks . . . . .	41
II. Katsed tõmbavatele jõududele vastupanemiseks . . . . .	45
III. Katsed löikejõududele vastupanemiseks . . . . .	48
IV. Katsed paendjõududele vastupanemiseks . . . . .	50
V. Teised katsed . . . . .	54
VI. Puu kokkukuivavus . . . . .	56
VII. Puu niiskus ja raskus . . . . .	58
VIII. Puu kestvus ja abinõud selle suurendamiseks . . . . .	64
IX. Puu väärtuse ja kestvuse hindamine puulaeva ehituses . . . . .	76
C. Mõni sõna puu konstruktsioonidest . . . . .	80

## L i s a :

Puumass kub. jalg. keskm. läbimõõdu ehk ümbermõõdu järele Inglise tollides . . . . .	90
Okaspuu kub. jalgade tabel puuladva läbimõõdu ja pikkuse järele . . . . .	92
Keskmine puu raskus . . . . .	94
Standartide tabel . . . . .	95

## Trükivead.

Lhk. 15 ülevalt 5 rida trükitud—Douglas-fik—Peab olema—Douglas-fir	
" 17 alt 11 " " —Pichkiefer " " Pechkiefer	
" 18 " 6 " " —Backmatack " " Hackmatack	
" 26 " 17 " " —bakanti " " bakauti	
" 26 " 16 " " — $n^2$ " " $m^3$	
" 31 ülevalt 2 " " —„pukkuse aeg“ " „puhkuse aeg“	
" 40 joon. 4 " " —„ $r^2$ “ zt " " $r_1 r_t$	
	$Pl . C$ / $Pl . 6$
" 53 ülevalt 6 rida " " — $Hb h^2$ " " $4bh^2$	
" 54 Tabel g " " — $\tau_2$ " " $\tau_1$	
" 55 alt 4 rida " " —„ $k$ -raadius“ " $k$ -inertia raadius	
" 74 ülevalt 3 " " —„uures“ " juures	
" 80 Tabel k " " —I lõimed " " I lõimed.	