

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA

231

METSÄTEKNOLOGIAN TUTKIMUSOSASTO
PUUNTUTKIMUSSUUNTA



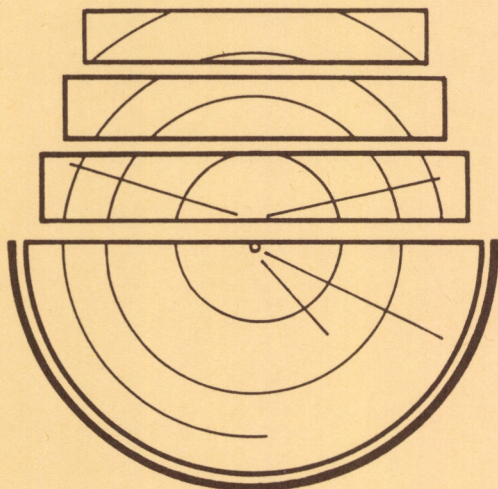
KARI LÖYTTYNIEMI

MÄNNYN SYDÄNPUU – LUONNON KESTOPUUTA

MÄNNYN SYDÄNPUUN LUONTAISEN LAHON- JA
HYÖNTEISTUHONKESTÄVYYDEN HYVÄKSIKÄYTÖSTÄ

SUMMARY

ON NATURAL DURABILITY OF PINE HEARTWOOD



HELSINKI 1986

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 231

Metsäteknologian tutkimusosasto

Puuntutkimussuunta

Kari Löyttyniemi

MÄNNYN SYDÄNPUU – LUONNON KESTOPUUTA

Männyn sydänpuun luontaisen lahon- ja
hyönteistuhonkestävyyden hyväksikäytöstä

Summary

On natural durability of pine heartwood

Helsinki 1986

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	3
2. SYDÄNPUUN YLEISIÄ OMINAISUUKSIA	7
3. SYDÄNPUUOSUUS	9
4. SYDÄNPUUN LUONTAINEN KESTÄVYYS	14
41. Lahonkestävyys	14
42. Hyönteistuhonkestävyys	20
43. Kemiallisesti suojatun puun kestävyys	21
5. KÄYTÄNNÖN SOVELLUTUKSIA	24
51. Sydänpuun sahaus	24
52. Sydänpuun käyttö	27
6. LEHTIKUUSEN LUONTAINEN KESTÄVYYS JA KÄYTTÖ	29
7. PÄÄTELMIÄ	31
KIRJALLISUUS - REFERENCES	35
SUMMARY	49

ODC 814.1+833.1+811.52+174.7 Pinus sylvestris

ISBN 951-40-0877-4

ISSN 0358-4283

Helsinki 1986. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Puuaineen luontaista kestävyyttä biologista tuhoutumista vastaan - so. alttiutta hyönteisten ja mikrobin aiheuttamalle pilaantumiselle kuljetuksen, varastoinnin ja käyttöiän aikana - pidetään yhtenä puun tärkeimmistä ominaisuuksista, joka paljolti määrää sen käyttöarvon nimenomaan rakennusmateriaalina.

Puiden pintapuu on sopivissa olosuhteissa altis hyönteisten ja lahottajasienien aiheuttamalle nopealle tuhoutumiselle. Sitä vastoin sydänpuu on usein vaihtelevassa määrin kestävä. Kestävimpiä ovat eräiden trooppisten lehtipuiden tumma sydänpuu ja joidenkin pohjoisamerikkalaisten havupuulajien sydänpuu. Kotimaisista puulajeista tammen ja katajan sydänpuu on myös varsin kestävä. Jonkin verran kestäväksi voidaan luokitella kotimaisen männyn ja lehtikuusen sydänpuu. Sitä vastoin kuusen ja pehmeiden lehtipuittemme sydänpuu ei ole pintapuuta kestävämpää.

Männyn sydänpuu on kaupallisista puulajeistamme siis ainoa, jolla on luontaista lahon- ja hyönteistuhonkestävyyttä. Tätä männyn erikoisominaisuutta on meillä perinteisesti hyödynnetty rakentamisessa, jossa sydänpuun käyttö on antanut puurakenteille pidemmän käyttöiän. Kestävän sydänpuutavaran valinta on saattanut olla kokemukseen perustuvaa ja harkittua. Usein se kuitenkin lienee johtunut vain siitä, että rakennushirsiksi ja sahapuuksi yleensä käytettiin vanhoja mäntyjä, "hirsipuita", ja myös keloja, joiden sydänpuuosuus oli suuri. Kunnan sahatukkeja katsottiin saa-

tavan Etelä-Suomessakin vasta yli 120-140 vuotiaista männyistä, jotka olivat saavuttaneet "petäjän luonteen" (Blomqvist 1879).

Tilanne on tältä osin kuitenkin paljolti muuttunut, nimenaan sotien jälkeisen nopean rakentamisen kaudesta alkaen. Sydänpuupitoisuutensa suhteen lajittelematonta mäntypuutavaraa, ja myös kuusta, on yleisesti ryhdytty käyttämään kohteissa, joihin ne eivät lahonalttiutensa vuoksi sovellu ja joihin aikaisemmin käytettiin sydänpuupitoista mäntyä. Tämä kehitys on johtunut siitä, että sahatavaraa tehdään yhä enemmän nuorista nopeakasvuisista puista, joiden sydänpuuosuus on alhainen. Kokonaan tai runsaasti sydänpuuta sisältävää mäntypuutavaraa on ollut niukasti saatavilla. Syynä on voinut olla myös se, että puu on ajateltu voitavan tarvittaessa käsitellä kemiallisilla suoja-aineilla, jolloin puun laadulla sinänsä ei olisi suurta merkitystä. Rakentamishojeissa painotetaan rakenteellisen suojauksen merkitystä, puun luontaisen kestävyuden jäädessä lähes vaille huomiota (vrt. esim. SFS 4188, Vihavainen 1978, Saarelainen 1981, Kavaja ja Mentu 1982).

Kemikaalien antama suoja ei kuitenkaan aina ole riittävä korvaamaan puun laadun vaikutusta. Pinnansuojausainesten teho on vaihteleva ja melko lyhytaikainen puun toivottavaan kestoikään nähden. On myös muistettava, että painekyllästetyssäkin männyssä sydänpuuosa jää paljolti luontaisen kestävyuden varaan, koska kylläste tunkeutuu sydänpuuhun vain vähäisessä määrin. Järeä suomalainen mäntypuutavara sisältää aina huomattavan osuuden kyllästymätöntä sy-

dänpuuta ja keskimääräisessä sahatavarassa sydänpuuta on vaihtelevassa määrin. Suomessa kuusta ei kaupallisesti kylästetä sen huonojen kyllästymisominaisuuksien vuoksi (ks. Boutelje 1983).

Puun kestävyys ulkorakenteissa joutuu nyt myös aikaisempaa suuremmalle rasitukselle ilman saastumisen vuoksi. Saasteet, kuten rikin oksidit, lyhentävät maalipintojen kestoikää altistaen puun kosteudelle ja lahottajasienille. Puun laadun ja luontaisen kestävyuden merkitys korostuu näissä olosuhteissa.

Käytetyn puun laadusta johtuen joudutaankin nykyisin korjaamaan ja uusimaan puurakenteita jo suhteellisen lyhyen käyttöiän jälkeen. Yleistä on mm. rakennusten ulkoisten puuosien, erityisesti ikkunoiden, uusimistarve ennenaikaisen lahoamisen vuoksi. Nimenomaan tätä koskevat yleistyneet vauriokorjaukset antoivat virikkeen tämän kirjoituksen laatimiselle. Samat ongelmat ovat tulleet esiin myös Ruotsissa, jossa arvioitiin ikkunoiden puuosien lahovaurioiden arvoksi 1979 noin 500 miljoonaa US-dollaria (Billgren ja Grönlund 1977, Bjerking 1979, Grönlund ym. 1979, Henningsson 1980). Myös Englannissa ikkunoiden ja ovien lahovauriot ovat lisääntyneet huonosti kestävästä havupuusta lisääntyneen käytön myötä (Savory ja Carey 1979). Puun laadun ohella on lahovaurioihin osasyynä myös puun käyttötapojen ja rakennustekniikan muutokset.

Puun luontaisten kestävyysominaisuuksien hyväksikäyttö vähentää myös myrkyllisten puunsuojauskemikaalien käyttötar-

vetta. Puunsuojausaineista aiheutuu erilaisia työsuojelullisia ja ympäristöongelmia puun kyllästyksen, työstön ja käytön sekä jätteiden ja käytöstä poistetun puun hävityksen yhteydessä (esim. Sorakivi 1972, Willeitner ja Liese 1979, Krause ja Englert 1980, Bergman ym. 1983, Henningsson 1983). Yleisten asennemuutosten myötä tarve käyttää kemikaaleilla käsittelemätöntä puuta lisääntyy, vaikka kestävydestä jouduttaisiin tinkimäänkin. Vähemmän haittavaikutuksia omaavia puunsuojausaineita on tosin tulossa käyttöön (esim. Vihavainen 1981; ks. myös Willeitner 1984).

Männyn sydänpuun luontainen kestävyys ja muut ominaisuudet on kuitenkin tunnettava, jotta sen käyttökelpoisuutta eri tarkoituksiin ja korvaamaan kemiallisesti suojattua puuta voitaisiin arvioida.

Tässä tutkielmassa tarkastellaan kirjallisuustietojen ja käytännön kokemusten perusteella männyn sydänpuun ominaisuuksia luontaisena kestopuuna Suomen olosuhteissa. Tarkoituksena on antaa puutavaran valmistajille ja käyttäjille viirikkeitä ja tietoa tämän mäntypuun arvokkaan ja jo käytännössä unohtumassa olevan luontaisen ominaisuuden nykyistä laajemmalle hyödyntämiselle. Männyn ohella käsitellään lyhyesti myös lehtikuusen sydänpuun vastaavia ominaisuuksia.

Kirjoituksessa tarkoitetaan männyllä kotimaista mäntyä (*Pinus sylvestris*), ja sydänpuulla männyn käsittelemätöntä sydänpuuta, jos muuta ei mainita. Lienee myös syytä huomauttaa, että sahausessa ja puutavaran kaupassa käytetty termi "sydäntavara" tarkoittaa käytännössä täyssärmäistä sa-

hatavaraa, eikä siis sydänpuusahatavaraa. Tosin mäntysydän-
tavara usein on huomattavan sydänpuupitoista, ja joskus jopa
täyttä sydänpuuta.

Professori Tuija Vihavainen ja professori Olli Uusvaara
ovat lukeneet käsikirjoituksen ja esittäneet siihen arvok-
kaita huomautuksia. Tästä heille parhaat kiitokset.

2. SYDÄNPUUN YLEISIÄ OMINAISUUKSIA

Sydänpuulla tarkoitetaan rungon sisintä, yksinomaan
kuollutta solukkoa sisältävää osaa. Männyn sydänpuu erottuu
pintapuusta eli mannosta tummemman värinsä ja tuoreessa
puussa myös kosteuseron ja pihkan erittymisen perusteella.
Värierio tulee selvästi näkyviin vasta auringon valon vaiku-
tettua puuhun.

Pintapuu muuttuu sydänpuuksi sen vanhimpien (sisimpien)
kerrosten elävien solujen, ydinsäteiden tylppysolujen ja
puutylppysolujen, kuollessa. Sydänpuun muodostuessa puun
kemiallinen koostumus muuttuu. Pihka hapettuu hartsiksi ja
autolyysin seurauksena syntyy erilaisia sekundäärisiä yhdis-
teitä (ns. uuteaineita), kuten terpenoideja, fenoleja ja
karbonyyliyhdisteitä. Näitä leviää tylppysoluista ja pihka-
tiehyistä myös muihin solukoihin. Monet uuteaineista ovat
myrkyllisiä hyönteisille ja mikrobeille, mistä johtuen sy-
dänpuu on pintapuuta kestävämpää. Männyllä lahokestävyyteen
vaikuttavat erityisesti pinosylviinifenolit (Erdtman ja Ren-
nerfelt 1944).

Sydänpuun muodostuessa sen nesteiden ja kaasujen läpäi-
sevyys (permeabiliteetti) alenee tylppysolujen seinämien

ligniinisoiutuessa, solukkojen täyttyessä pihka-aineilla ja vesisolujen (trakeidien) rengashuokosten sulkeutuessa (esim. Siau 1984, Koponen 1985). Tästä johtuen mm. sydänpuun kylälästysominaisuudet ovat huonot (esim. Wilkinson 1979). Sydänpuun aineosista erityisesti fenoliset yhdisteet vaikuttavat läpäisevyyteen (Vologdin ym. 1979). Sydänpuu myös imee vettä vähemmän ja hitaammin kuin pintapuutavara. Näin ollen esimerkiksi suhteellisen paljon sydänpuuta sisältävien tyvitukkien uittamiskelpoisuus on parempi kuin latvatukeilla (esim. Nylinder 1956). Samoin mikrobien leviäminen sydänpuuhun vaikeutuu. Sydänpuun ravinnepitoisuus on etenkin tynen osalta pintapuuta alhaisempi, mikä sekin osaltaan lisää lahonkestävyyttä. (Merril ja Cowling 1966, Uju ym. 1981).

Kasvavassa puussa ja tuoreessa puutavarassa on sydänpuun kosteus mantoa alhaisempi ja kosteuden vuodenaikainen vaihtelu on vähäinen. Tuoreen sydänpuun vesipitoisuus on keskimäärin 30-40 % kuiva-aineen painosta, pintapuun vesipitoisuuden ollessa yleensä yli 100 % (Jalava 1932, Siimes 1938).

Männyn pinta- ja sydänpuun kuiva-tuoretiheydessä ei ole suurta eroa. Keskimäärin tiheys kuitenkin hieman lisääntyy ytimeistä pintaan päin puun iän kasvaessa (Hakkila 1967, 1968, Uusvaara 1974). Lujuusominaisuudet eivät myöskään eroa merkittävästi toisistaan, joten sydänpuuosuutta ei ole huomioitu rakennuspuun lujuusluokituksessa (Kotimaisen... 1952, kts. myös Wegelius 1933).

Männyn rungon tyvi- ja keskiosien sydänpuu on oksaisempaa kuin pintapuu. Sydänpuutavarassa olevat oksat ovat kuitenkin keskimäärin pieniläpimittaisia, sillä ne ovat syntyneet puun nuoruusaikana.

Sydänpuu on helposti työstettävää ja kiilloitettavaa sekä kosteuden vaihteluissa vähemmän kutistuvaa ja elävää kuin pintapuu (Siimes 1938, Salmi 1972, Johansson 1977).

Hyönteis- ja lahonkestävyyttä sydänpuussa aiheuttavat yhdisteet ovat myrkyllisiä myös ihmiselle ja voivat teoriassa aiheuttaa allergisia ja ärsytysoireita puuta työstettäessä. Männyn osalta ei tästä ole käytännössä kuitenkaan aiheutunut ongelmia (Hausen 1981, Mäkinen 1982).

Sydänpuun muodostumista ja ominaisuuksia on laajemmin selostettu mm. seuraavissa teoksissa: Kozlowski (1971), Hillis (1977), Bamber ja Fukazawa (1985) ja Kärkkäinen (1985).

3. SYDÄNPUOSUUS

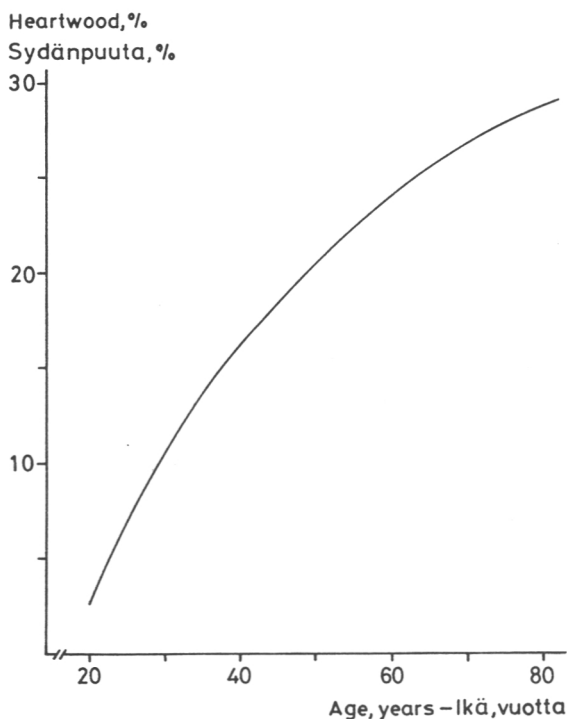
Männyn sydänpuosuus vaihtelee puun iän ja kasvunopeuden mukaan. Iän kasvaessa sydänpuun suhteellinen osuus rungon tilavuudesta nousee. Kasvunopeus vaikuttaa sydänpuun määrään siten, että puiden läpimitan ollessa sama on nopeammin kasvaneiden puiden sydänpuosuus pienempi ja vastavasti iän ollessa sama, on hidaskasvuisten puiden sydänpuosuus pienempi. Kooltaan hakkuukypsissä männynissä keskimää-

räinen sydänpuusosuus täten lisääntyy viljavimmilta kasvu-
paikoilta karummille ja etelästä pohjoiseen mentäessä (esim.
Kärkkäinen 1972, 1985, Uusvaara 1974).

Myös suurilatvuksisissa puissa sydänpuusosuus on pie-
nempi kuin rungoltaan samankokoisissa pienilatvuksisissa
puissa. Viljelymännnyissä tulee keskimääräinen sydänpuusosuus
kasvunopeudesta ja oksaisuudesta johtuen jäämään alhaisem-
maksi kuin luontaisesti uudistuneissa puissa. Tiheä kas-
vatus lisää sydänpuosuutta ja neuvostoliittolaisten koke-
musten mukaan myös pystykarsinta (Sairanen 1985).

Etelä-Suomessa alkaa sydänpuuta muodostua kasvunopeu-
desta riippuen noin 20-40 vuoden iässä ja pohjoisempänä
vasta myöhemmin (Lappi-Seppälä 1927, 1952, Uusvaara 1974).
Sydänpuun kehittyminen Etelä-Suomen viljelymänniköissä on
esimerkkitaipauksen luonteisesti esitetty kuvassa 1.

Sydänpuusosuus on männyllä suurimmillaan rungon alao-
sassa noin 20-30 % korkeudella puun pituudesta, jolta koh-
dalta sydänpuun muodostuminen myös alkaa. Tästä se laskee
latvaan ja tyveen päin, nuorilla puilla latvaan päin nope-
ammin kuin vanhoilla. Kantoleikkauksen kohdalla sydänpuuo-
suus saattaa jo olla varsin alhainen (esim. Hakki 1967,
Kärkkäinen 1972, 1985, Uusvaara 1974).



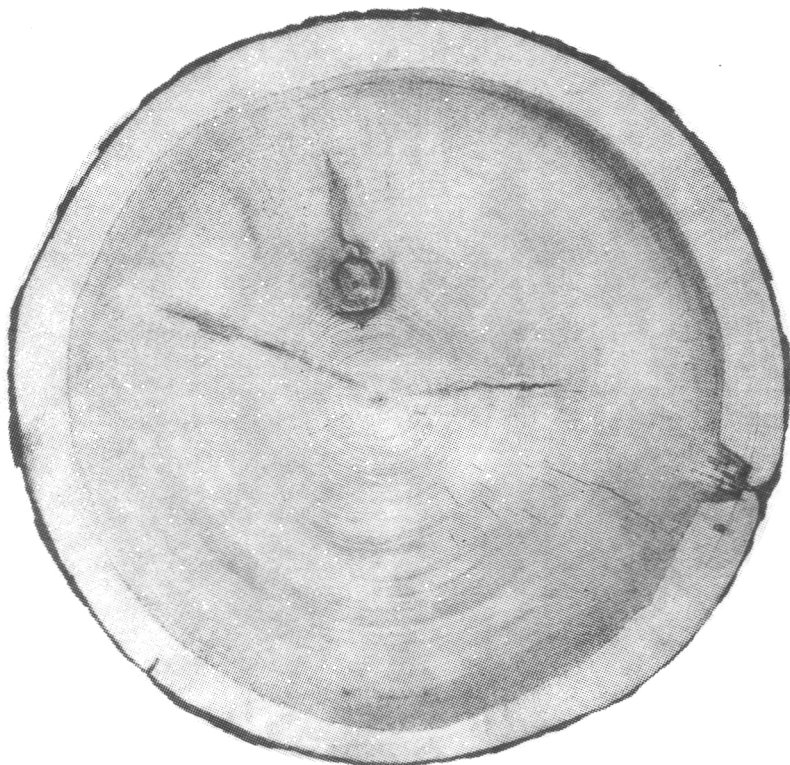
Kuva 1. Puun rinnankorkeudelta mitatun sydänpuuprosentin riippuvuus iästä viljelymänniköissä Etelä-Suomessa (Uusvaara 1974).

Fig. 1. Correlation between percentage of heartwood at breast height of the tree and age in pine plantations in southern Finland (Uusvaara 1974).

Sydänpuun raja ei seuraa tarkasti samaa vuosilustoa pituus- eikä poikkileikkaussuunnassakaan. Etenkin tyvellä sydänpuun raja saattaa olla polveileva ja enemmän tai vähemmän epäselvä. Oksien sydänpuuosuus on suurempi kuin rungon, ja oksien kohdalla rungossa sydänpuu laajenee (esim. Lappi-Seppälä 1927, 1952, Jalava 1952, Kärkkäinen 1972, 1985).

Etelä-Suomen lajittelemattomissa mäntysahatukeissa on tyvitukkien sydänpuuosuus laajahkon selvityksen mukaan keskimäärin 35.6 % tukin latvapoikkipinnan alasta ja muilla tu-

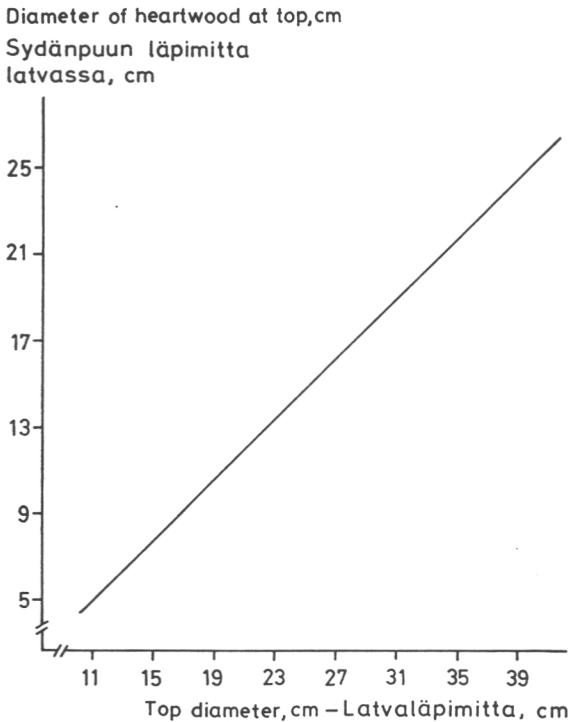
keilla vastaavasti 28.8 % (Kellomäki 1981). Mäntykuitupuun sydänpuuosuus on Etelä-Suomessa keskimäärin hieman alle 20 %, mutta Pohjois-Suomessa kaksi kertaa suurempi (Bruun 1967, Hakkila 1967, 1968; kts. myös Nylinder 1956, 1959, Tamminen 1962, Kärkkäinen 1972, Grönlund ym. 1979). Sydänpuuosuuden vaihtelu on kuitenkin metsiköittäin ja leimikoittain suuri puuston iästä ja kasvunopeudesta riippuen. Karuilla kasvupaikoilla ja Pohjois-Suomessa voi vanhojen puiden sydänpuuosuus yleisesti nousta 60-70 prosenttiin (Lappi-Sepälä 1927, 1952, Jalava 1952). Yksittäisissä tukeissa voi sydänpuuosuus olla vieläkin suurempi (kuva 2).



Kuva 2. Vanhoissa männyissä sydänpuuosuus voi nousta 70-80 prosenttiin. Kuvan tyvitukin latvaleikkauksen (D 27 cm) sydänpuuosuus on 75 %.

Fig. 2. Proportion of heartwood can grow up to 70-80 per cent in old pines. In this log (D 27 cm) the proportion of heartwood is 75 %.

Yksittäisiä tukkeja tarkasteltaessa on järeissä tukeissa keskimäärin suurempi sydänpuuosuus kuin pieniläpimitäisemmissä. Saman kokoisissa tukeissa on tiheälustoisemmissa suurempi sydänpuuosuus kuin nopeammin kasvaneissa. Tukin tunnuksista on yleisesti ottaen latvaläpimitä tärkein sydänpuun määrän ilmaisija, ja sydänpuuosuus lisääntyy lineaarisesti tukin läpimitan kasvaessa (Kellomäki 1981). Tukin latvaläpimitan ja vastaavan sydänpuun läpimitan suhde keskimäärin Etelä-Suomen sahatukeilla on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Tukin latvaläpimitan ja vastaavan sydänpuun läpimitan suhde Etelä-Suomen mäntysahatukeissa (Kellomäki 1981).

Fig. 3. Dependence of heartwood on log diameter in pine logs in southern Finland (Kellomäki 1981).

4. SYDÄNPUUN LUONTAINEN KESTÄVYYS

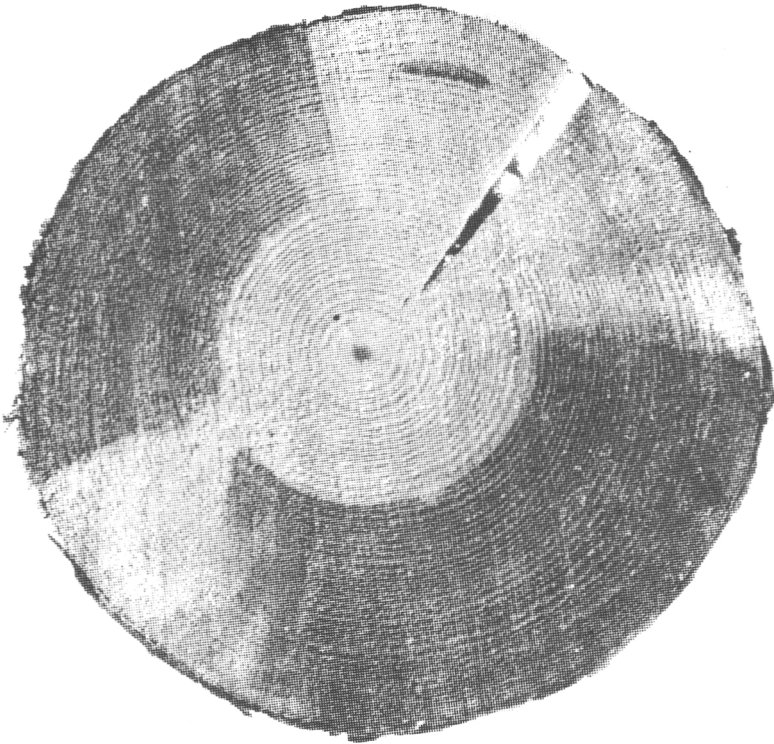
41. Lahonkestävyys

Kaikki puu säilyy pitkiä aikoja lahoamatta, jos ympäristöolosuhteet ovat lahottajasienien kasvulle epäedulliset (esim. Suolahti 1961, Pohjakallio 1963, Vihavainen 1978). Lahoamista ei juuri tapahdu puun ollessa hyvin kuivaa, so. puun kosteuden ollessa jatkuvasti alle 20 %. Toisaalta kosteuden ollessa yli 120 % puun kuivapainosta sienien kasvu lakkaa hapen puutteessa.

Tavallisimmat lahottajasienemme kasvavat noin 0 - +40 asteen lämpötilarajoissa, optimin ollessa yleensä +20 - +30 asteen välillä. Termisen kasvukauden pituuden perusteella voidaan arvioida puun säilyvän lahoamatta säälle alttiissa olosuhteissa Lapissa yli kaksi kertaa kauemmin kuin Etelä-Suomen rannikkoseudulla (vrt. Kolkki 1966).

Kasvavat hyväkuntoiset männyt eivät yleensä saa laho-vikaa sydänpuuhunkaan saakka ulottuvista runkovaurioista (esim. Laiho 1983). Eräät erikoistuneet sydänpuun lahottajat, kuten männynkääpä (*Phellinus pini*), voivat kuitenkin aiheuttaa runkolahoa vanhoissa puissa saastunnan tapahtuessa rungon sydänpuuhun yhteydessä olevien oksantynkien kautta (Heikinheimo 1926, Pohjakallio 1963, Kurkela 1981). Rakennuspuussa esiintyvä laho on usein voinut saada alkunsa jo metsässä.

Tuoreessa kuoripäällisessä puutavarassa sydänpuuosa säilyy pilaantumatta, vaikka pintapuusa sinistyy ja saa lahovikaa kesällä jo muutaman viikon kuluessa (esim. Henningsson 1965, Uusvaara ja Löyttyniemi 1977) (kuva 4). Myös sahatavarassa pintapuu sinistyy ja homehtuu helposti ja sen esto vaatii nopean kuivauksen tai suoja-ainekäsittelyn (esim. Paajanen ym. 1971). Sydänpuutavara sitä vastoin harmaantuu vain pinnallisesti.



Kuva 4. Tukkinisistymä ja laho ovat levinneet koko pintapuun syvyyteen kesän yli varastoidussa kuoripäällisessä mäntytukissa. Sydänpuu on säilynyt pilaantumatta.
 Fig. 4. Sapwood of a barked pine log got blue-stained and partly decayed during one growing season; heartwood remained intact.

Liekopuina vesissä ja soissa, samoin kuin vesirakenteissa ja paalutuksissa pohjaveden pinnan alapuolella, mäntytyyppu on erittäin pitkäikäistä. Tämä perustuu kuitenkin pääasiassa veden kyllästämisen puun yleiseen säilymiseen lahottajilta ja hapettumiselta, eikä niinkään männyn sydänpuun erikoisominaisuuksiin.

Mäntykelojen on todettu säilyvän Lapissa jopa 400-500 vuotta (Siren 1961). Kantojen pitkäaikainen säilyminen laholta ja hyönteisiltä johtuu puun tyviosan suuresta pihkapiitoisuudesta. (Kärkkäinen 1981; ks. myös Beal ym. 1979). Pystyyn kuolemisen yhteydessä myös kannon pintapuuosa usein pihkoittuu.

Sydänpuuhirrestä rakennettuja rakennuksia on Suomessa yhä jäljellä ainakin 300 vuoden takaa, ja keskiaikaisissa kirkoissamme on ehjiä mäntypuurakenteita jopa 1300-luvulta (ks. myös Zetterberg 1986). Muualla Pohjoismaissa ja Keski-Euroopassa vanhat mäntyrakenteet ovat vieläkin yleisempiä ja säilymisen katsotaan johtuvan nimenomaan hyönteisiä ja lahoa kestävästä puun laadusta (esim. König 1957, 1959). Pieniläpimittainenkin sydänpuutavara on esimerkiksi ulkovuorauksissa ja ikkunan puitteissa yleisesti säilynyt käyttökelpoisena ainakin 100 vuotta Etelä-Suomessakin. Ruotsissa sydänpuusta tehdyt ikkunoiden puuosat ovat kestäneet jopa 200-300 vuotta (Grönlund ym. 1979).

Maakosteudesta eristettynä voi männyn sydänpuu täten säilyä lahoamatta varsin kauan ja selvästi pitempään kuin pintapuu tai kuusi. Varsinaisiin tutkimuksiin perustuvia

arvioita ja suosituksia sydänpuun kestoiästä vuosina erilaisissa rakennuskohteissa ei ole kuitenkaan laadittu. Myöskään ei ole tarkemmin selvitetty sydänpuun suhteellista lahonkestävyyttä käsittelemättömään pintapuuhun tai kuuseen verrattuna (vrt. esim. Suolahti ja Stenbäck 1958, Grönlund ym. 1979).

Sitä vastoin jatkuvalle maakosteudelle alttiina oleva puu, kuten pylväiden tyvet, ratapölkkyt ja alushirret, voivat sydänpuuosaltaankin lahota toivottavaan käyttöikään nähden suhteellisen nopeasti. Lahoamisnopeuteen vaikuttaa suuresti maan laatu, kuten happamuus, ravinteisuus ja vedenpidätyskyky, josta lahottajasienilajisto ja sienien aktiviteetti riippuu (esim. Henningsson 1976). Maakosketuksessa olevan sydänpuun erikoistuneena lahottajana tunnetaan ennen muuta ratapölkkyisieni (Lentinus lepideus) (esim. Liese 1928, Rennerfelt 1947, Suolahti 1948, 1961, Pohjakallio 1963, Suominen 1973).

Kenttäkokeissa maahan työnnettyillä puusauvoilla tai jatkuvassa altistuksessa laboratoriossa on sydänpuun suhteellisen kestävyys todettu olevan noin puolitoista - kolminkertainen pintapuuhun tai kuuseen verrattuna (esim. Rennerfelt 1947, Suolahti 1948, 1962, Vihavainen 1978, Grönlund ym. 1979, Viitanen ym. 1984; ks. myös Tutkimuslöstus... 1977). Myös maakosketuksesta eristetyissä olosuhteissa kestävyysero saattaa olla samaa luokkaa tai parempikin.

Pieniläpimittaisen sydänpuukappaleen kestoiäksi maakosketuksessa arvioidaan Ruotsissa 6 vuotta (Grönlund ym. 1979). Vastaavissa kenttäkokeissa Suomessa on sydänpuunäytteiden todettu lahovaurioituneen toisinaan jo parissa vuodessa. Sitä vastoin ratapölkyt, jotka ovat yleensä huomattavan sydänpuupitoisia, ovat säilyneet käyttökelpoisina aina vähintään 5-6 vuotta (Suolahti 1962). Suolakyllästettyjen pylväiden tyven sydänpuuosa on säilynyt ainakin 15 vuotta (Aho 1969).

Perinteisellä sahatavaran markkinointialueellamme Englannissa männyn sydänpuun käyttöiksi maakosketuksessa arvioidaan 5-10 vuotta, mutta pohjoismaisen männyn sydänpuu katsotaan hieman kestävämmäksi (Richardson 1978, Wilkinson 1979). Saksassa männyn sydänpuu luokitellaan maakosketuksessa kohtuullisen kestävästä jonkin verran kestävään (DIN 68364). Männyn sydänpuu on jonkin verran lahonkestävää maakosketuksessa myös lämpimissä ilmasto-olosuhteissa. Sambiassa tehdyssä kokeessa sydänpuusauvat säilyivät maahan työnnettyinä lahoamatta ainakin vuodenajan (Löyttyniemi ja Uusvaara 1986).

Sydänpuun lahonkestävyydessä on käytännön kokemusten ja koetulosten mukaan kuitenkin suurta vaihtelua samoissakin käyttöolosuhteissa. Puurakenteissa jokin osa voi lahota paljon muita nopeammin, ja lahonkestävyytstesteissä jotkut näytteet ovat osoittautuneet monin verroin toisia kestävimiksi. Tämä voi johtua siitä, että lahoamista estävien uuteaineiden määrä sydänpuussa vaihtelee puuyksilöiden välillä puun kasvuun vaikuttaneista ympäristötekijöistä tai perin-

nöllisistä syistä johtuen (esim. Erdtman ym. 1966, Norin 1972, Hiltunen 1976). Myös korkeammasta uuteainepitoisuudesta johtuen sydänpuun uloimmat osat ovat mahdollisesti lahonkestävämpiä kuin ytimen lähellä oleva (Rennerfelt 1947, Hakkila 1968, ks. myös Cartwright 1942). Uuteainepitoisuus on korkea myös aivan tyvellä (Kärkkäinen 1981). Sydänpuussa toisinaan esiintyvien vaaleampien sydänpuulaikkujen lahonkestävyys saattaa olla huonompi kuin muun sydänpuun (Erdtman 1958).

Tiheydellä ja sydänpuuprosentilla ei sitä vastoin ole havaittu olevan selvää suhdetta sydänpuun lahonkestävyyteen, vaikkakin painavampi puu säilyttää lahotessaan käyttökelpoisuutensa pitempään (Rennerfelt 1947, Suolahti 1948). Järeä sydänpuukappale lahovaurioituu hitaammin kuin pieniläpimitäinen puu (esim. Suolahti 1962). Joillakin muilla mäntylajeilla on kuitenkin havaittu positiivinen riippuvuussuhde puun tiheyden ja lahonkestävyyden välillä (esim. Schmidting ja Amburgey 1982).

Pohjoissuomalaisten ja eteläsuomalaisten mäntyjen sydänpuun välillä ei ole merkittävää eroa lahonkestävyydessä (Suolahti 1962, Tutkimusselostus...1977; ks. myös Richardson 1978, Löyttyniemi ja Uusvaara 1986).

Männyn oksien sydänpuun lahonkestävyys on kokemusten mukaan jopa parempi kuin yleensä rungon sydänpuun. Oksien pihkapitoisuus on runkopuuta suurempi (Kärkkäinen 1981).

42. Hyönteistuhonkestävyys

Terveen kasvavan männyn pinta- ja sydänpuu on kestäväää tuhohyönteisiä vastaan. Sitä vastoin monet hyönteislajit levittävät sinistymää ja kaivavat käytäviä tuoreen kuori-päällisen mäntypuutavarain pintapuuhun. Sydänpuuta hyönteis-käytävät koskettavat vain satunnaisesti (esim. Saalas 1949, Löyttyniemi ja Uusvaara 1977).

Pintapuuta on myös käytössä olevana puutavarana altis monille tuhohyönteisille, kuten jumeille (Anobium spp.), tupajäärälle (Hylotrupes bajulus) ja tummalle jalokuoriaiselle (Buprestis haemorrhoidalis). Terve sydänpuu on kuitenkin näitä vastaan lähes täysin kestäväää. Hyönteiset voivat enintään vahingoittaa sydänpuun pintaa puutavarain pintapuusta käsin. Pelkkää sydänpuuta käsittävä rakenne ei juuri houkuttele hyönteisiä iskeytymään. Merkittävä hyönteisvahinko sydänpuussa edellyttää puun ikääntymistä ja jo alkanutta lahoamista (esim. Saalas 1948, 1949, König 1957, Hickin 1963, Löyttyniemi 1967, Ekbon 1972). Käytännössä on männyn sydänpuuta täten pidettävä pohjoismaisissa olosuhteissa hyönteistuhon kestäväänä. Kuten lahonkestävyydessä, saattaa hyönteiskestävyydessä kuitenkin esiintyä jonkin asteista vaihtelua puutavarakappaleiden välillä. Satunnaisesti voi hevostuurahtainen (Camponotus herculeanus) vahingoittaa männyn tervettäkin sydänpuuta. Hevostuurahtainen ei käytä puuta ravintonaan, vaan pelkästään nakertaa pesäonteloita havupuuhun.

Käytettäessä mäntypuutavaraa lämpimillä ilmastoalueilla on kuitenkin otettava huomioon termiittituhon vaara. Männyn pintapuu ja kuusen puuaine ovat luontaisesti täysin kestävämpiä. Männyn sydänpuun on sitä vastoin todettu olevan jossain määrin kestävää myös termiittejä vastaan (esim. Becker ym. 1971, Löyttyniemi 1983a, Löyttyniemi ja Uusvaara 1986). Eri puuyksilöistä saatavan sydänpuun kestävyudessa on kuitenkin eroa. Kestävyys saattaa myös olla erilainen eri termiittiryhmien suhteen.

Käytännössä suojaamatonta männyn sydänpuuta voitaneen käyttää, jos kosketus termiittien asuttamaan maahan on enintään muutamia kuukausia (pakkauslaatikot, yms.). Kyllästetty työstämätön puutavara (esim. pylväät) voi kestää pitkäänkin, sillä pinnallinenkin suoja sydänpuussa hidastaa termiittien iskeytymistä. Kuivissa, termiiteiltä perussuojatuissa rakenteissa (ks. esim. Mansikkamäki ja Vihavainen 1977) käsittelemätöntä tai pintasuojattua männyn sydänpuuta voitaneen käyttää pitempiäaikaisestikin, koska sydänpuu ei erityisesti houkuttele termiittejä (Löyttyniemi 1983a, 1983b, Löyttyniemi ja Uusvaara 1986).

43. Kemiallisesti suojatun puun kestävyys

Käytännön kannalta on tärkeä tuntea sydänpuun luontainen kestävyysaste verrattuna suojakäsitellyn puun kestävyysasteeseen. Vertailu olisi voitava tehdä nimenomaan suolakylästetyn tai pintasuojatun puun kestävyysasteen nähden, koska sydänpuun käyttö on vaihtoehto nimenomaan näille käsitellyille. Kreosotilla kyllästetyn puun käyttökohteet ovat pääosin erilaiset.

Painekyllästämistä vesiliukoisilla suoloilla on kokemuksia Pohjoismaista laajemmin 1940-luvulta alkaen ja nyt yleisimmin käytettävistä suoloista (Cu-Cr-As) vasta runsaan 30 vuoden ajalta. Sitä vastoin kreosoottia on käytetty jo pitempään. Erityisesti järeän puutavaran ollessa kyseessä antaa kreosoottikäsittely männyille erittäin pitkän käyttöiän (Suolahti 1962, Bergman ja Henningsson 1974, Henningsson 1976).

Maakosketuksessa olevaan suolakyllästettyyn puuhun on yleisesti syntynyt lujutta alentavia katkolahovaurioita 20-30 vuodessa, pieniläpimittaiseen puuhun joskus jo 5-10 vuoden kuluessa (esim. Suolahti 1962, Sorsa 1974, Henningsson 1976, Tiittanen 1976, Friis-Hansen 1982). Keskimääräinen käyttöikä tosin lasketaan pitemmäksi (Vihavainen 1978). Sitä vastoin tilapäisesti kosteudelle ja säälle alttiissa olosuhteissa suolakyllästetty puu on yleensä säilynyt vaurioitumatta nyt käytettävissä olevan havainnointiajan, 30-40 vuotta, ja vasta myöhempi kokemus tulee osoittamaan lopullisen kestoian. Käytännön ohjeena arvioidaan suolakyllästyksen lisäävän (pinta) puun keskimääräistä käyttöikää 3-5-kertaiseksi siitä, mikä se olisi suojaamatta kyseisissä olosuhteissa. (Esim. Suolahti 1961, 1963, Vihavainen 1978).

Sitä vastoin on varsin vähän selvitetty käsittelemättömän sydänpuun ja kyllästetyn puun kestävyyttä vertailukelpoisissa olosuhteissa, sillä kokeissa on yleensä käytetty

kontrollina pintapuuta (esim. Suolahti 1962, Vihavainen 1975). Kokemusten mukaan sydänpuun kestävyys jää keskimäärin kuitenkin selvästi alhaisemmaksi. Etenkin maakosketuksessa oleva sydänpuu lahoaa kyllästettyyn puuhun verrattuna suhteellisen nopeasti.

Kestävimmäksi luokitellussa kyllästetyssä puutavarassa on kyllästyvän pintapuun osuuden oltava suuri. Myös kyllästämisen jälkeistä työstämistä tulisi välttää, tai ainakin pitäisi työstöpinnat käsitellä alkuperäisellä suoja-aineella (SFS 3974, 1977). Näin ei kuitenkaan usein tapahdu, vaan puussa mahdollisesti oleva sydänpuuosa jää luontaisen kestävyiden antaman suojan varaan. Tämä lähentää käytännössä täyden sydänpuun ja keskilaatuisen kyllästetyn puun lahonkestoeroa. Erityisesti B-luokan kyllästetyn puun ja sydänpuun kestävyiden ero voi jäädä vähäiseksi.

Pinnansuojausaineilla käsitellyn männyn tai kuusen lahonkestävyyttä verrattuna käsittelemättömän sydänpuun kestävyteen ei ole myöskään riittävästi selvitetty. (vrt. esim. Stenbäck ja Perttunen 1971, Paajanen ja Mansikkamäki 1983). Pintasuojatun männyn pintapuun arvioidaan kestävän sääälle alttiina noin 8-20 vuotta (Puu ja puutuotteet... 1970). Käytännön kokemusten mukaan sydänpuu sellaisenaan saattaa olla tätä kestävämpää. Toistuva käsittely lisää pintasuojatun puun kestoikää.

Myös kemiallisesti suojatun puun lahonkestoikä riippuu paljolti ympäristöolosuhteista, kuten kasvukauden pituudesta, kosteudesta ja maakosketuksessa maan laadusta. Erot

kyllästyneisyydessä ja retentiossa aiheuttavat puuerien välistä kestävyiden vaihtelua (esim. Henningsson 1976, Wilkinson 1979). Tämä vaihtelu lienee kuitenkin pienempää kuin sydänpuun luontaisen lahonkestävyyden vaihtelu.

Nykyisin käytettävillä suoloilla tai kreosotilla kylästetty puu on täysin hyönteistuhon kestävä, mutta myös sydänpuun luontainen hyönteiskestävyys on käytännön kannalta lähes riittävä. Termitinkestävyydeltään on männyn sydänpuu kuitenkin painekyllästettyä puuta selvästi huonompaa (Löyttyniemi 1983a, Löyttyniemi ja Uusvaara 1986). Pintasuojattu puu tulee hyönteistuholle alttiiksi viimeistään siinä vaiheessa, kun se alkaa lahota.

5. KÄYTÄNNÖN SOVELLUTUKSIA

51. Sydänpuun sahaus

Nimenomaan Etelä-Suomessa on mäntysahatukkien sydänpuuosuus keskimäärin melko alhainen. Keskimääräisestä lajittelemattomasta 25 cm:n latvaläpimittaisesta tukista (ks. Kellomäki 1981) voidaan sahata vain noin 10 cm:n läpimittainen sydänpuupelkka. Täten sydänpuusahatavaran sahaukseen on tarkoituksenmukaista erikseen valita runsaasti sydänpuuta sisältäviä mäntyjä (kuva 2), joita löytyy vaihteleva määrä keskimääräisistä leimikoista. Eniten niitä kuitenkin saadaan järeistä, vanhoista karujen kasvupaikkojen metsiköistä. Runsaimmin sydänpuutukkeja on tarjolla Pohjois-Suomessa.

Koska tukkien sydänpuuosa ei pilaannu helposti niitä maallekaan varastoitaessa, voidaan runsaasti sydänpuuta sisältäviä tukkeja kerätä sahattaviksi pitkänkin ajan kuluessa.

Rungon sydänpuujakautuman vuoksi soveltuvat sydänpuun sahaukseen yleensä vain tyvitukit ja järeiden runkojen välitukit. Lyhyehköt tukit ovat saannon kannalta edullisempia. Toisinaan joudutaan tukista katkaisemaan tyvilaajentuman osuus, koska aivan tyvellä sydänpuun läpimitta saattaa alittaa tukin latvaleykkäyksen sydänpuun läpimitan.

Sydänpuun sahaus soveltuu käytännössä lähinnä piensaahoille, joilla on joustavuutta valita raaka-aine ja sahata tukit yksilöllisesti (esim. Korhonen 1982). Ne voivat myös helpommin hyödyntää syntyvät suuret pinnat. Mäntypinnat soveltuvat erityisen hyvin myös sulfaattisellun valmistukseen (Hakkila 1967).

Sahaus suunnitellaan tukin latvaleykkäyksen sydänpuun läpimitan mukaan. Latvaleykkäykseen saattaa olla tarpeen merkitä sydänpuun läpimitta ja sydänpuun raja, jos se on huonosti näkyvä. Se voidaan tehdä jo mittauksen yhteydessä. Tukin suuntaus ja asettelu on tehtävä huolellisesti. Käytännössä saattaa olla edullisinta sahata sydänpuun läpimitan sallima maksimikokoinen pelkka. Pelkan hajoituksen voi tehdä myöhemminkin, jopa vasta jatkojalostaja. Grönlund ym. (1979) ovat Ruotsissa esittäneet alustavia postausohjeita ja koesahaustuloksia sydänpuun sahauksesta.

Jotta sahauksen jälkeen voidaan välittömästi todeta koko pelkan tai muun sahatavaran olevan täyttä sydänpuuta, on sydänpuun osuus tukin katkaisupinnoissa värjättävä ennen sahausta ja jätettävä tasaus tekemättä. Puutavarassa voidaan sydänpuu tunnistaa pintapuusta myös sydänpuureagenssia käyttäen, jos väriero ei ole selvä. (esim. Suolahti 1961, s.119; Kärkkäinen 1985, s.103).

Sydänpuusahatavaran käsittely, kuljetus ja varastointi on tavallista sahatavaraa helpompaa. Sydänpuu on luonnostaan suhteellisen kuivaa ja täten kevyttä ja se elää kuivauksessa ja varastoinnin aikana vähän. Mahdollinen lautatarhasinistymä jää pinnalliseksi ja häviää yleensä jo puuta höylättäessä.

Erikoissahausten lisäksi sydänpuusahatavaraa saadaan luonnollisesti myös lajittelemalla tavallisesta mäntysahatavara. Eräillä sahoilla, joiden hankinta-alueelta on ollut saatavissa runsaasti tällaiseen sahaukseen soveltuvia tukkeja, on näin tehtykin. Pinta- ja sydänpuun silmävarainen tunnistaminen on kuitenkin käytännössä työlästä ja epäluotettavaa, etenkin jos puutavara on vasta äskettäin sahattua ja se on keinokuivattu.

Täyden mäntysydänpuutavaran erikoisnimikkeeksi sopii perinteinen "honka". Kasvavana puuna honka tarkoittaa suurikokoista vanhaa mäntyä ja kelohonka pystyynkuollutta harmaantunutta puuta. Näiden sydänpuuta on yleisesti kutsuttu värinsä vuoksi punahongaksi.

52. Sydänpuun käyttö

Männyn sydänpuu soveltuu - tavanomaisten mäntypuun käyttökohteiden lisäksi - tarkoituksiin, joissa vaaditaan parempaa lahon- ja hyönteistuhonkestävyyttä kuin sydänpuuosuuden suhteen lajittelemattomalla mäntypuutavaralla tai kuusella, mutta joissa painekyllästetyn puun antamaa kestävyyttä ei tarvita tai kemiallisten suoja-aineiden käyttöä halutaan välttää.

Mahdollisia käyttökohteita ovat maakosteudesta eristetyt säänvaihtelulle alttiit ulkorakenteet, kuten ulkovuoraukset, listat, ovenkarmit ja ikkunan puitteet. Ilmeisesti kaikki ne kohteet, joihin pintapuuta tai kuusta käytettäessä arvellaan pinnansuojauksella saatavan sinistymis- ja lahosuojan olevan riittävän, soveltuvat sydänpuusta rakennettavaksi ilman suojaustakin. Hyvä tulos saavutettaneen, jos näissä kohteissa sydänpuu vielä käsitellään öljymäisillä pinnansuojausaineilla. Sydänpuun luontainen kestävyys saattaa riittää korvaamaan myös B-luokan kyllästettyä puuta, etenkin jos puuta joudutaan työstämään käsittelyn jälkeen. Erityisesti Pohjois-Suomessa, jossa lahoaminen on hitaampaa, on sydänpuun luontainen kestävyys riittävä moniin tarkoituksiin.

Käytännön kokemusten mukaan olisi erityisen tärkeää tehdä sydänpuusta ulkoikkunoiden puitteet ja muut vastaavat rakennusosat, käsiteltiin ne suoja-aineilla tai ei (esim. Billgren ja Grönlund 1977, Bjerking 1979, Grönlund ym. 1979, Savory ja Carey 1979). Nimenomaan asutuskeskuksissa tämä on

välttämätöntä ilman saasteiden maalaukselle ja muulle pinta-suojaukselle aiheuttaman rasituksen vuoksi. Sydänpuussa maalipinta kestää muutenkin kauemmin kuin pintapuussa, koska sydänpuu imee vettä huonosti ja täten elää kosteuden vaihteluissa vähemmän (vrt. Johansson 1977, Paajanen ja Mansikkamäki 1983). Tärkeää on käyttää sydänpuuta rakennusten ulkoihin puosiin myös silloin, kun räystäiden antama sade-suoja on puutteellinen (vrt. Viitanen ja Mansikkamäki 1983).

Käsittelemätön sydänpuu sopii hyvin myös puurakennusten ja puuesineiden restaurointiin ja hyönteisvahinko- ja laho-korjauksiin. Lounais-Suomen saariston tupajääriskialueella sydänpuu on suositeltava rakennusmateriaali (vrt. Ekbohm 1972). Kirkkojen paanukatot on perinteisesti tehty tiheäsyisestä männyn sydänpuusta.

Käsittelemätöntä sydänpuuta on helpompi työstää ja pintakäsitellä kuin suolakyllästettyä puuta. Sydänpuuta käytettäessä voidaan myös saavuttaa jonkin asteinen laho- ja hyönteistuhonkestävyys, vaikka puun alkuperäinen pinta ja väri voidaan säilyttää. Naulojen ja metalliheloitusten syöpmisessä ei sitä vastoin ole suurtakaan eroa puunsuoja-aineilla käsitellyn ja käsittelemättömän puun välillä (Berglund ja Wallin 1978).

Lämpimille ilmastoalueille vietävät puuesineet ja rakenteet olisi tehtävä männyn sydänpuusta, mikäli painekyllästettyä puuta ei voida käyttää (vrt. Ekbohm 1975, Mansikkamäki ja Vihavainen 1977, Löyttyniemi 1983a, 1983b, Löyttyniemi ja Uusvaara 1986).

Oman ja luonnollisimman käyttöalueen sydänpuulle tarjovat kuitenkin kohteet, joissa kemiallisesti suojattua puuta ei haluta nimenomaan sen myrkyllisyyden vuoksi käyttää, mutta jonkin asteinen lahon- ja hyönteistuhonkestävyys on kuitenkin välttämätöntä. Tällaisia ovat periaatteessa kaikki kohteet, joissa käsitelty puu joutuu kosketuksiin paljasta ihoa vasten, kuten esimerkiksi puuesineet ja varusteet kosteudelle alttiissa sisätiloissa (vrt. Vihavainen ym. 1979), verannat ja leikkikenttärakenteet sekä puutarhakalusteet. Kemikaaleilla käsittelemättömälle puulle löytyy käyttöä myös karjarakennuksissa ja laidunrakenteissa sekä kasvihuoneissa (esim. Qvarnström 1978a, 1978b, 1982) ja esimerkiksi vaikkapa mehiläispesätarvikkeissa (esim. Kalnis ja Detroy 1984) ja kalanviljelylaitteissa (Wegen 1982).

6. LEHTIKUUSEN LUONTAINEN KESTÄVYYS JA KÄYTTÖ

Männyn lisäksi myös lehtikuusen (Larix) sydänpuu on luontaisesti melko lahonkestävää (esim. Cartwright 1942, Björkman 1944, König 1957, Henningsson 1976). Lehtikuusi saattaa olla jopa kestävämpää kuin mänty, erityisesti maakosketuksessa ja vesirakenteissa. Lehtikuusi on kuitenkin männyn tavoin altis ratapölkkyisien aiheuttamalle laholle (Björkman 1944, König 1957). Lehtikuusen sydänpuu on käytännössä melko kestävää myös puuhun kaivautuvia kuoriaistuholaisia vastaan, mutta on erittäin altis termiiteille (König 1957, Löyttyniemi 1983a).

Suomessa kasvatetaan pääasiassa siperialaista lehtikuusta. Jonkin verran on myös eurooppalaista lehtikuusta ja sen ja siperialaisen risteytymää sekä eräitä itäaasialaisia lehtikuusilajeja (Sarvas 1964, Hakkila ja Winter 1973, Lähde ym. 1984). Eri lehtikuusilajien välillä ei ilmeisesti ole merkittävää eroa puun luontaisessa kestävyudessa lahoa ja tuholaisia vastaan (esim. Björkman 1944, Tillmanns 1957, ks. myös Mayer-Wegelin 1955). Sydänpuun kestävyys kuitenkin vaihtelee puiden ja rungon eri osien välillä (Cartwright 1942, Gäumann 1948).

Lahonkestävyytensä vuoksi on lehtikuusta perinteisesti käytetty Neuvostoliitossa, Keski-Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa vesirakenteissa ja erilaisissa maakosteudelle alttiissa olosuhteissa, mutta myös muussa rakentamisessa (esim. Hakkila 1961, Salmi 1972, Sairanen 1982). Ruotsissa on lehtikuusen kasvattamista suositeltu nimenomaan lahonkestävän puutavaran saantia varten (Schotte 1917). Myös Suomessa on saatu hyviä kokemuksia lehtikuusipuun kestävydestä erilaisissa ulkorakenteissa. Mm. Metsäntutkimuslaitos käyttää lehtikuusikoealapaaluja niiden pitkäikäisyyden vuoksi. Lehtikuusesta on tehty myös pitkospuita (Siltaloppi 1986). Nimenomaan maatilarakentamisessa lehtikuusisydänpuulle löytyy monia käyttökohteita. Lehtikuusen lahonkestävyysominaisuuden hyödyntäminen rakennuspuuna antaa luontevan käyttöalueen lehtikuusivaroillemme, joiden hyväksikäyttö muuten on ollut vähäistä (vrt. Hakkila 1961, Hakkila ja Winter 1973).

Lehtikuusen sydänpuuosuus on mäntyä suurempi. Jo 50 vuoden iässä on keskimääräinen sydänpuuosuus ollut 48 %. Sydänpuuosuus on suurin tyvellä, josta se laskee tasaisesti latvaa kohden (Lappi-Seppälä 1927, Hakkila ja Winter 1973).

Lehtikuusipuun sahausessa on ongelmana mm. terien pihkoittuminen. Kuivattaessa puu helposti halkeilee ja käyristyy. Kuten männyllä, voidaan myös lehtikuusella vain pintapuuta kyllästä (esim. Salmi 1972, Sairanen 1982). Yli-ikäisenä lehtikuusi saa helposti sydänlahoa (esim. Heikinheimo 1926), joten ikääntyvien lehtikuusien hakkuu on tehtävä riittävän ajoissa raaka-aineen laadun säilyttämiseksi.

7. PÄÄTELMIÄ

Suomessa käytettävä rakennuspuu on nykyisin vähemmän lahon- ja hyönteistuhon kestävä kuin aikaisemmin. Tämä johtuu siitä, että sahatavaraa tehdään yhä enemmän nopeakasvuisista nuorista männyistä, joiden sydänpuuosuus on alhainen. Myös kuusta käytetään rakentamisessa yleisesti. Kemiallisella ja rakenteellisella puunsuojauksella ei kuitenkaan voida kokonaan korvata puun alkuperäisen laadun vaikutusta kestävyys. Rakennuspuun laatuun olisi täten kiinnitettävä nykyistä enemmän huomiota ennenaikaisen vaurioitumisen välttämiseksi.

Männyn sydänpuu on kaupallisista puulajeistamme ainoa, joka on luontaisesti jonkin verran lahonkestävää. Sydänpuun kestoikä saattaa olla kaksin- tai kolminkertainen pinta-

puuhun tai kuuseen nähden. Vaihtelevalle sääkosteudelle alttiina on männyn sydänpuu melko pitkäikäistä. Maakosteuksessa se sitä vastoin voi lahota suhteellisen nopeasti toivottavaan käyttöikäen nähden. Terve männyn sydänpuu on lähes hyönteistuhon kestävä.

Männyn sydänpuu soveltuu - tavanomaisen mäntypuutavaran käytön ohella - kaikkiin tarkoituksiin, joissa vaaditaan pintapuuta tai kuusta parempaa lahon- ja hyönteistuhonkestävyyttä, mutta joihin ei aivan painekyllästyksen antamaa kestävyyttä tarvita tai kemiallisten puunsuojusaineiden käyttöä halutaan välttää niiden myrkyllisyyden tai muiden syiden vuoksi.

Sydänpuulle löytynee käyttöä erityisesti rakennuspuusepänteollisuudessa. Sydänpuun varsinainen käyttöalue muotoutuu kuitenkin vasta sitten, kun täyttä sydänpuutavaraa on yleisesti saatavilla ja kun käyttäjät ja suunnittelijat ovat tiedostaneet sen erikoisominaisuudet tavalliseen havusahataravaan verrattuina.

Yli-ikäisten puustojen vähentyessä vaikeutuu runsaasti sydänpuuta sisältävien sahatukkien saanti. Useimmista mäntyleimikoista saadaan kuitenkin yhä vielä vaihtelevassa määrin sydänpuun sahaukseen soveltuvia tukkeja. Runsaimmin niitä saadaan järeistä karujen kasvupaikkojen metsiköistä ja erityisesti Pohjois-Suomesta. Tukkeja voidaan varastoida pitkiäkin aikoja, koska sydänpuuosa ei pilaannu.

Sydänpuun sahaus soveltuu erityisesti piensahoille, joilla on joustavuus valita raaka-aine ja sahata tukit yksilöllisesti. Erikoissahausten ohella täyttä sydänpuutavaraa voidaan saada myös lajittelemalla tavallisesta mäntysahatarasta. Lajittelu on käytännössä kuitenkin työlästä, kallista ja epäluotettavaa.

Sydänpuusahatavaran tuottamisesta voi muodostua kannattava markkinarako joillekin piensahoille. Sydänpuulla voi olla myös vientimahdollisuuksia, koska pohjoisella männyllä on jo muutenkin keskieuropalaista mäntyä kestävämpi maine ja koska perinteisissä vientimaissamme suhtaudutaan yhä kriittisemmin kemiallisten puunsuojausaineiden käyttöön. Sahatavaran ohella vientimahdollisuuksia saattaa olla erityisesti sydänpuusta tehdyillä rakennuspuusepänteollisuuden tuotteilla ja aihioilla.

Täyden mäntysydänpuutavaran erikoisnimikkeeksi sopii perinteinen "honka".

Tiedot männyn sydänpuun lahonkestävyydestä perustuvat kuitenkin yhä vielä pääosin käytännön kokemuksiin. Tutkimuksiin perustuvaa, ajallisesti määriteltä tietoa sydänpuun kestoiästä eri käyttöolosuhteissa ja verrattuna muiden puulaatujen ja eri tavoilla suojatun puun kestävyteen on riittämättömästi. Lisätutkimuksia tarvitaan erityisesti sydänpuun kestävydestä - sellaisenaan ja käsiteltynä - rakennusten ulkoisissa puuosissa ja muussa vastaavassa käytössä.

Myös männyn sydänpuun luontaisen lahonkestävyyden vaihtelu on puutteellisesti tunnettua. Tutkimuksissa voitaisiin löytää kestävyydeltään hyviä mäntyalkuperiä ja tehdä valintaa puun lahonkestävyyden lisäämiseksi. Samoin voi olla mahdollista kehittää indikaattori puutavaran lahonkestävyyden luokittelemiseksi.

Männyn ohella myös lehtikuusen sydänpuu on luontaisesti melko lahonkestävää. Lehtikuusen sahaus sydänpuutavaraksi kestävyyttä vaativaan ulkorakentamiseen tarjoaa luontevan käytön toistaiseksi vähän hyödynnetyille lehtikuusivaroillemme.

KIRJALLISUUS - REFERENCES

- Aho, V. 1969. Tutkimuksia 15 vuotta käytössä olleiden suolakyllästettyjen pylväiden kunnosta ja kyllästepitoisuuksista. Summary: Investigations on the conditions and salt retentions of poles treated with water-borne preservatives after 15 years' use. Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos. Tiedotus Sarja I - Puu 51:1-34.
- Bamber, R.K. & Fukazawa, K. 1985. Sapwood and heartwood: A review. Forestry Abstracts 46:567-580.
- Beal, R.H., Amburgey, T.L., Bultman, J.D. & Roberts, D.R. 1979. Resistance of wood from paraquat-treated southern pines to subterranean termites, decay fungi, and marine borers. For. Prod. J. 29:35-38.
- Becker, G., Petrowitz, H.-J. & Lentz, M. 1971. U\$ber die Ursache der abschreckenden Wirkung von Kiefernholz auf Termiten. Z. Angew. Ent. 68:180-186.
- Berglund, F. & Wallin, T. 1978. Corrosion of nails and screws in preservative treated wood. Svenska Träskyddsinst. Medd. 131:1-8 + liit.
- Bergman, Ö. & Henningsson, B. 1974. Fältförsök med olika tryckimpregneringsmedel. 1972 års revision. Summary: Field experiments with different preservatives applied by pressure. Revised in 1972. Svenska Träskyddsinst. Medd. 110.
- Bergman, G., Solyom, P. & Mideus, H. 1983. Förorening av mark och grundvatten vid träimpregneringsverk. Summary:

- mary: Contamination of soil and ground-water at wood preserving plants. Svenska Träskyddsinst. Medd. 146:1-48.
- Billgren, G. & Grönlund, A. 1977. Träfönsters beständlighet. Statens råd för byggnadsforskning. Rapport 12:1-45. Stockholm.
- Bjerking, S.-E. 1979. Fönster. Statens råd för byggnadsforskning. Rapport R 150:1-192. Stockholm.
- Björkman, E. 1944. Om röthardigheten hos lärkvirke. Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskr. 1944:18-45.
- Blomqvist, A.G. 1879. Puiden karsimisesta ja hirsipuiden kasvattamisesta. Suomen Metsäyhdistyksen Kirjasia 2:1-116.
- Boutelje, J. 1983. Granimpregnering - Möjligheter och krav. Summary: Preservative treatment of spruce - Possibilities and requirements. Svenska Träforskningsinst. Medd. A 807:1-53.
- Bruun, H.H. 1967. Maamme selluloosateollisuuden havupuun runkohalkaisijasta ja iästä. Kemian Teoll. 24(1):20-22.
- Cartwright, K.S.G. 1942. The variability in resistance to decay of the heartwood of homegrown European larch, Larix decidua Mill. (L.europea) and its relation to position in the log. Forestry 16:49-51.
- DIN 68364: Kennwerte von Holzarten; Festigkeit, Elastizität, Resistenz. Ausgabe 1979. 9 s.
- Ekbohm, P. 1972. Rakennuspuun tuholaiset. Kasvinsuojeluseuran Julk. 48:31-39.
- 1975. Termiittisuoja - haaste puutaloteollisuudelle. Kyllästaja 1975 (2):25-29.

- Erdtman, H, 1958. Kärnved och kärnvedskemi. Svensk Papperstidning 61:625-632.
- Kimland, B. & Norin, T. 1966. Pine phenolics and pine classification. Bot. Mag. (Tokyo) 79:299-505.
- & Rennerfelt, E. 1944. Der Gehalt des Kiefernholzes an Pinosylvinphenolen. Svensk Papperstidning 47:45-46.
- Friis-Hansen, H. 1982. Note on fungal decay in K 33-treated poles. Int. J. Wood Preservation 2:183-184.
- Grönlund, A., Karlsson, G. & Karlsson, L. 1979. Furuvirke med hög kärnandel avsett för fönstersnickerier. Summary: Pine wood with great heartwood content intended for window joinery. Svenska Träforskningssinst. Medd. A 553:1-23.
- Gäumann, E. 1948. Der Einfluss der Meereshöhe auf die Dauerhaftigkeit des Lärchenholzes. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswesen. 25:327-393.
- Hakkila, P. 1961. Lehtikuusipuun käyttömahdollisuuksista. Suomen Puutalous 2:61-62.
- 1967. Puun laadun vaikutuksesta mäntysulfaattisellua valmistettaessa. Paperi ja Puu 49:461-464.
- 1968. Geographical variation of some properties of pine and spruce pulpwood in Finland. Lyhennelmä: Eräitten mänty- ja kuusipaperipuun ominaisuuksien maantieteellinen vaihtelu Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn.66(8):1-98.
- & Winter, A. 1973. On the properties of larch wood in Finland. Lyhennelmä: Suomessa kasvatetun

- lehtikuusipuun ominaisuuksista. Commun. Inst. For. Fenn. 79(7):1-45.
- Hausen, B.M. 1981. Woods injurious to human health. A manual. Walter de Gruyter. Berlin-New York. 189 s.
- Heikinheimo, O. 1926. Myrskytuhosta Raivolan lehtikuusimetsässä syyskuun 23 päivänä 1924. Referat: U\$"ber die Sturmschäden in dem Lärchenwald bei Raivola am 23. September 1924. Commun. Inst. For. Fenn. 12:1-52.
- Henningsson, B. 1965. Undersökningar av svampfloran i sommaravverkat sågtimmer. Rapp. Inst. Virkeslära. Skogshögsk. 50:1-18.
- 1976. Aspects of the performance of treated woods in Northern Europe. Svenske Träskyddinst. Medd. 124:3-21.
- 1980. Wood preservation research in Sweden. Sveriges Lantbruksuniv. Inst. Virkeslära. Upps. 106:137-144.
- 1980. Wood preservation research in Sweden. Paper presented at the A.W.P.A. meeting 1980. 8 s. (Sveriges Lantbruksuniv. Upps. Inst. Virkeslära 106).
- 1983. Environmental protection and health risks in connection with the use of creosote. Holz als Roh- und Werkstoff 41:471-475.
- Hickin, N.E. 1963. The insect factor in wood decay. Hutchinson. London. 336 s.
- Hillis, W.E. 1977. Secondary changes in wood. Recent Advances in Phytochem. 11:247-309.
- Hiltunen, R. 1976. On variation, inheritance and chemical

- interrelationships of monoterpenes in Scots pine (*Pinus sylvestris.*) Ann. Acad. Sci. Fenn. Ser. A IV, 208:1-54.
- Jalava, M. 1932. Puun kosteuspitoisuuden, koon ja muodon muutoksista. Summary: Changes in the moisture content, volume and form of wood. Commun. Inst. For. Fenn. 18(2):1-71.
- 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet. WSOY. Helsinki. 352 s.
- Johansson, S. 1977. Fuktavvisande behandling av trä. Summary: The effect of water repellent preservatives on the physical properties of wood. Svenska Träforskningsinst. Medd. A 467:1-45.
- Kalnis, M.A. & Detroy, B.F. 1984. Effect of wood preservative treatment of beehives on honey bees and hive products. J. Agric. Food. Chem. 32:1176-1180.
- Kavaja, R. & Mentu, E. 1982. Rakennuksen puutyöt. Rakentajain Kustannus. Helsinki. 248 s.
- Kellomäki, S. 1981. Mäntysahatukkien laadun ja sydänpuuosuuden yhteys tukin ulkoisiin tunnuksiin. Summary: Quality of pine logs and proportion of heartwood as related to properties of the log. Folia For. 489:1-13.
- Kolkki, O. 1966. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpöoloista kaudelta 1931-1960. Suomen Meteorologinen Vuosikirja 65, 1a, Liite:1-42.
- Koponen, H. 1985. Air permeability of Finnish birch, pine and spruce. Lyhennelmä: Suomalaisen koivun, männyn ja kuusen ilmanläpäisevyys. Paperi ja Puu:67:739-744.

- Korhonen, T. 1982. Pyörösahan tuotantotekniikan perusteet. Ammattikasvatushallitus. Helsinki. 57 s.
- Kotimaisen rakennesahatavaran lujuusluokitteluohteet. 1952. Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos. Tiedotus 93:1-35.
- Kozlowski, T.T. 1971. Growth and development of trees. I. Academic Press. New York. 443 s.
- Krause, Chr. & Englert, N. 1980. Zur Gesundheitlicher Bewertung pentachlorphenolhaltiger Holzschutzmittel in Wohnräumen. Holz als Roh- und Werkstoff 38:429-432.
- Kurkela, T. 1981. Metsän taudit. Helsingin yliopisto. Kasvipatologian laitos. Moniste. 150 s.
- Kärkkäinen, M. 1972. Kuusen ja männyn sydänpuuosuudesta. Summary: On the proportion of heartwood in Norway spruce (*Picea abies* L.) Karst.) and Scots pine (*Pinus silvestris* L.) Silva Fenn. 6:193-208.
- 1981. Männyn ja kuusen runkupuun pihkapitoisuuden lisääminen sivutuotesaannon kohottamiseksi. Summary: Increasing resin content in pine and spruce stemwood for higher by-product yield. Commun. Inst. For. Fenn. 96(8):1-81.
- 1985. Puutiede. Sallisen Kustannus Oy. Sotkamo. 415 s.
- König. E. 1957. Tierische und pflanzliche Holzschädlinge. Holz-Zentralblatt Verlags. Stuttgart. 330 s.
- 1959. Holz als Werkstoff - Holz als Baustoff. Holz-Zentralblatt Verlags. Stuttgart. 290 s.
- Laiho, O. 1983. Lahon alkupääsy pystypuuston vaurioista ja sen estäminen. Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 94:42-56.

- Lappi-Seppälä, M. 1927. Tutkimuksia siperialaisen lehtikuusen kasvusta Suomessa. Referat: Untersuchungen uŝ"ber den Zuwachs der sibirischen Lärche in Finnland. Commun. Inst. For. Fenn.12:1-72.
- 1952. Männyn sydänpuusta ja runkomuodosta. Referat: Uŝ"ber Verkernung und Stammform der Kiefer. Commun. Inst. For. Fenn. 40(25):1-26.
- Liese, J. 1928. Verhalten holzzerstörender Pilze vershiedene Holzarten und Giftstoffen. Angew. Bot. 10:156.
- Lähde, E., Werren, M., Etholen, K. & Silander, V. 1984. Ulkomaisten havupuulajien varttuneista viljelmistä Suomessa. Summary: Older forest trials of exotic conifer species in Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 125:1-87.
- Löyttyniemi, K. 1967. Observations on wood-destroying insects living in the footbridge over Siikaneva bog. Ann. Ent. Fenn. 33:260-264.
- 1983a. Preliminary testing of the resistance of Finnish softwood timbers to Macrotermitinae termites. Seloste: Alustavia kokeita suomalaisen havupuun kestävydestä Macrotermitinae - termiittejä vastaan. Silva Fenn. 17(1):83-90.
- 1983b. Suomalaisen puun termiitinkestävydestä. Suomen Puutalous 2:8-9.
- & Uusvaara, O. 1977. Insect attack on pine and spruce sawlogs felled during the growing season. Seloste: Hyönteisten merkitys kasvukauden aikana valmistettujen mänty- ja kuusisahatukkien pilaantumisessa. Commun. Inst. For. Fenn. 89(6):1-48.

- & Uusvaara, O. 1986. Further tests for termite resistance of Finnish pine heartwood. Seloste: Jatkokoikeita suomalaisen männyn sydänpuun termiittikes-tävyydestä. *Silva Fenn.* 20(1):29-33.
- Mansikkamäki, P. & Vihavainen, T. 1977. Termitit ja niiden torjunta puurakenteissa. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, Puutavaralaboratorio. Tiedonanto 19:1-82.
- Mayer-Wegelin, H. 1955. Europäische und japanische Lärche. Ihre kennzeichnenden Holzeigenschaften. *Holz-Zentralblatt* 81:1727-1729.
- Merrill, W. & Cowling, E.B. 1966. Role of nitrogen in wood deterioration: Amounts and distribution of nitrogen in tree stems. *Can. J. Bot.* 44:1555-1579.
- Mäkinen, R. 1982. Ulkomaiset puulajit työterveydellisinä tekijöinä. Kirjallisuuskatsaus. Työterveyslaitos. Katsauksia 55:1-36.
- Norin, T. 1972. Some aspects of the chemistry of the order Pinales. *Phytochem.* 11:1231-1242.
- Nylinder, P. 1956. Virkesfrågor vid flottning. Rapp. Uppsats. Instn. Virkeslära. Skogshögsk. 2:1-12.
- 1959. Synpunkter på produktionens kvalitet. Rapp. Uppsats. Instn. Virkeslära. Skogshögsk. 2:1-19.
- Paajanen, L. & Mansikkamäki, P. 1983. Pohja- ja pintakäsittelyjen vaikutus puun säänkestävyyteen. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. Tutkimuksia 174:1-70.
- Paajanen, T., Perttunen, O., Stenbäck, A. & Vihavainen, T. 1971. Sahatavaran sinistyminen ja sen torjunta. Summary: Blues-stain in sawn timber and its preven-

- tion. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. Tiedotus. Sarja I - Puu 54:1-40.
- Pohjakallio, O. 1963. Kasvipatologia 2. WSOY. Porvoo. 375 s.
- Qvarnström, K. 1978a. Skadeverkningar av tryck- och vacuumimpregnerat virke på tomat- och gurkplantor i plastfolieklädda kammare. Växtskyddsnotiser 42:98-101.
- 1978b. Skador av tryck- och vacuumimpregnerat virke på frilands rosor. Växtskyddsnotiser 42:145-146.
- 1982. Undersökningar rörande fytotoxiska effekter av träskyddsmedel. Summary: Investigations on phytotoxic effects of wood preservatives. Svenska Träskyddsinst. Medd. 140:1-50.
- Puu ja puutuotteet. Rakennustekniikan käsikirja 2:271-334. Tammi. Helsinki 1970.
- Rennerfelt, E. 1947. Några undersökningar över rötsvampars förmåga att angripa splint- och kärnved hos tall. Medd. Skogsforskningsinst. 36(9):1-22.
- Richardson, B.A. 1978. Wood preservation. Construction Press. London. 238 s.
- Saarelainen, U. 1981. Puu materiaalina. Rakentajan Kustannus. Helsinki. 62 s.
- Saalas, U. 1948. Lahopuussa elävistä kovakuoriaisista ja niiden merkityksestä. Summary: On beetles living in decayed wood and their significance. Ann. Ent. Fenn. 14. Suppl:189-196.
- 1949. Suomen metsähyönteiset. WSOY Helsinki. 719 s.
- Sairanen, P. 1982. Lehtikuusen ominaisuudet ja käyttö Neu-

- vostoliiton mekaanisessa metsätaloudessa. Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 72:1-25.
- 1985. Pystykarsintakokemuksia Neuvostoliitossa. Summary: Long-term experience in pruning in the Soviet Union. Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 201:1-45.
- Salmi, J. 1972. Suomalaisia ja ulkomaisia puulajeja. Osa I: Havupuut. Helsingin yliopiston Metsäteknologian laitos. Tiedonantoja 17:1-227.
- Sarvas, R. 1964. Havupuut. WSOY. Porvoo-Helsinki, 518 s.
- Savory, J.G. & Carey, J.K. 1979. Decay in external framed joinery in the United Kingdom. J. Inst. Wood Sci. 8:176-180.
- Schmidting, R.C. & Amburgey, T.L. 1982. Genetic variation in decay susceptibility and its relationship to growth and specific gravity in Loblolly pine. Holzforschung 36:159-161.
- Schotte, G. 1917. Lärken och dess betydelse för svensk skogshushållning. Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 13-14:529-842.
- SFS 3974. Kyllästetty puutavara, luokitus. Suomen Standardisoimisliitto. 1977. Helsinki. 4 s.
- SFS 4188. Puurakenteiden suunnitteluohjeet. Suomen Standardisoimisliitto. 1978. Helsinki. 145 s.
- Siau, J.F. 1984. Transport processor in wood. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg. 255 s.
- Siimes, F.E. 1938. Suomalaisen mäntypuun rakenteellisista ja fysikaalisista ominaisuuksista. Summary: On the structural and physical properties of Finnish pine wood. Puutekniikan Tutkimuksen Yhdistyksen Julk. 29:1-221.

- Siltaloppi, P. 1986. Lehtikuusi kestää ja kasvaa hyvin. Metsälehti 2:12-13.
- Sirén, G. 1961. Skogsgränstallen som indikator för klimatfluktuationerna i norra Fennoskandien under historisk tid. (Summary). Commun. Inst. For. Fenn. 54(2):1-66.
- Sorakivi, P. 1972. Lahosuojatun puutavaran myrkyllisyys, työstö ja jätteiden hävittäminen. Kyllästäjä 1972 (2):11-14.
- Sorsa, B. 1974. Suolakyllästeillä suojatun männyn pinta-puun kestävyys kenttäkokeissa. Kyllästäjä 1974 (1):17-21.
- Stenbäck, A. & Perttunen, O. 1971. Eräiden lahon ja sinistymän torjuntaan käytettävien pinnansuojausaineiden tehokkuus kenttäkokeiden perusteella. Lahontorjunta 1971 (3):7-12.
- Suolahti, O. 1948. Inverkan av tallens kvalitet på dess röthärdighet. (Summary). Suomen Paperi ja Puutavara-lehti 30:421-425.
- 1961. Laho ja sen torjunta. WSOY. Porvoo-Helsinki. 125 s.
- 1962. Lahosuojajaineilla suoritettuja kenttä- ja laboratoriokokeita. Field- and laboratory tests with wood preservatives. Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos. Tiedotus. Sarja I - Puu 22:1-75.
- 1963. Lahontorjunta. Puu 1963:1-24.
- & Stenbäck, A. 1958. Tutkimus rakennusten puuosien kestoiästä Suomessa. - An investigation into the service life of timbering in Finnish buildings.

- Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos. Tiedotus Sarja I - Puu 6:1-140.
- Suominen, J. 1973. On the occurrence of the fungus Lentinus lepideus Fr. on railway sleepers in Finland. *Karstenia* 13:40-43.
- Tamminen, Z. 1962. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark. I Tall. Summary: Moisture content, density and other properties of wood and bark. Rapp. Uppsats. Instn. Virkeslära. Skogshögsk. 41:1-118.
- Tiittanen, E. 1976. Tutkimus lahovaurioista kyllästetyissä pylväissä. *Kyllästäjä* 1976 (2):2-11.
- Tillmanns, H.J. 1957. Die natürliche Dauerhaftigkeit einiger Kernhölzer in Beziehung zur Lage im Stamm. Thesis. Forstliche Fakultät, Universität Göttingen. 101 s.
- Tutkimusselostus N:o A 2257/77. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. Puutavaralaboratorio. 1977. 3 s.
- Uju, G.C., Baines, E.F. & Levy, J.F. 1981. Nitrogen uptake by wick action in wood in soil contact. *J. Inst. Wood. Sci.* 9:23-26.
- Uusvaara, O. 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 80(2):1-105.
- & Löyttyniemi, K. 1977. The effect of injuries caused by summer storage of sawlogs on the quality and value of sawn timber. Seloste: Sahapuun kesävarastoinnista aiheutuvien varastovikojen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon. *Commun. Inst. For. Fenn.* 89(3):1-61.
- Wegelius, Edv. 1933. Suomalaisen männyn väsytyslujuus.

- Teknill. Aikakauslehti 23:277-281.
- Wegen, H.-W. 1982. Modellversuch zur Bestimmung der Fischtoxizität imprägnierter Hölzer. Holz-Zentralblatt 108:1520.
- Vihavainen, T. 1975. Metsänlannoituksen vaikutuksesta männyn sinistymän ja lahonalttiuteen sekä kyllästävyyteen. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. Puunsuojauslaboratorio. Tiedonanto 6:1-29.
- 1978. Puurakenteiden lahontorjunta. Rakentajain Kustannus Oy. Helsinki. 63 s.
- 1981. Nya saltimpregneringsmedel. Kyllästjä 1981 (2):12-21.
- Mansikkamäki, P. & Väisälä, L. 1979. Lahosuojatun puun soveltuvuus sauna- ja pesuhuonetiloihin. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. Puulaboratorio. Tiedonanto 25:1-37.
- Viitanen, H. & Mansikkamäki, P. 1983. Puisten julkisivujen kunto ja kestoikä. Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos. Tiedotteita 214:1-39.
- Paajanen, L. & Mansikkamäki, P. 1984. Lahon- ja hyönteistenkestävä puulevy. Abstract: Decay and insect resistant wood board. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. Tutkimuksia 283:1-89.
- Wilkinson, J.G. 1979. Industrial timber preservation. The Rentokil Library. Associated Business Press. London. 532 s.
- Willeitner, H. 1984. Was bedeuten natürlicher, biologischer und alternativer Holzschutz. Holz-Zentralblatt 110:698-699.
- & Liese, W. 1979. Environmental aspects of wood

preservation for the rural sector. Mitt. Bundesforschungsanst. f. Forst- und holzwirtsch. 124:121-133.

Vologdin, A.I., Razumova, A.F. & Charuk, E.V. 1979. Die Bedeutung der Extraktstoffe für die Permeabilität von Kiefern- und Fichtenholz. Holztechnologie 20:67-69.

Zetterberg, P. 1986. Dendrogonologisesti ajoitettu ja rakennuksia Pohjois-Karjalassa. Joensuun Yliopisto. Karjalan tutkimuslait. julk. 75:1-25.

SUMMARY

ON NATURAL DURABILITY OF PINE HEARTWOOD

Pine (Pinus sylvestris L) heartwood is considered moderately decay-resistant - or at least, the durability far exceeds that of other Finnish commercial timbers. Pine heartwood is also resistant to beetle borers.

This valuable property of pine timber has been traditionally utilized in Finland in house construction, joinery, and in different kinds of outside woodwork, where the use of slowly-grown pine with a high percentage of heartwood has provided a relatively long service life of timber.

Today, however, increasing amounts of relatively young and fast-grown pines are sawn for timber. In this timber, the proportion of non-durable sapwood is high. Selected pure heartwood sawn timber is only available in limited quantities for the common user. The use of spruce sawn timber in construction has also increased.

Thus timber prone to untimely destruction is more and more used even in conditions where durability is needed and where pine heartwood was used before. This is causing great economical losses because in practice, the timber is not always treated instead, or the treatment is not done properly. In addition, the toxicity of preservatives limits the use of treated timber for some purposes.

One should also remember that due to the low permeability of pine heartwood, it cannot be properly impregnated by conventional means. The durability of heartwood even in treated pine timber more or less depends on its natural properties.

In this paper, information on the natural durability, sources and potential uses of pine heartwood is presented and discussed on the basis of literature and practical experience in Finland. The sawmillers are urged to make pure heartwood timber available for users. Due to risks caused by chemical preservatives to the environment and human health, customers might be willing to compromise with durability if a moderately resistant, non-toxic natural option were available.

ISBN 951-40-0877-4

ISSN 0358-4283