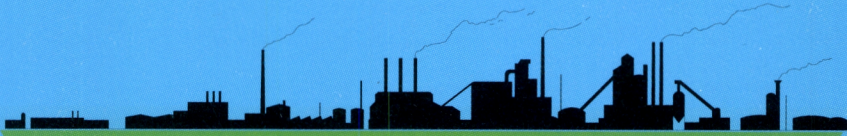




METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA

367

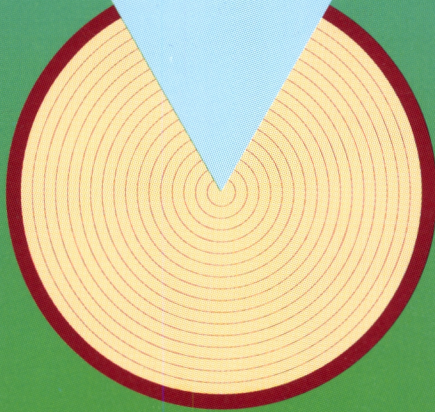
METSÄTEKNOLOGIAN TUTKIMUSOSASTO/PUUNTUTKIMUSSUUNTA



ERKKI VERKASALO

KOIVU JA HAAPA MEKAANISEN METSÄTEOLLISUUDEN RAAKA-AINEENA YHDYSVALLOISSA

Birch and aspen as a raw material
for mechanical forest industries
in the United States



HELSINKI 1990

Metsäteknologian tutkimusosasto
Puuntutkimussuunta 1990

Erkki Verkasalo

KOIVU JA HAAPA MEKAANISEN METSÄTEOLLISUUDEN RAAKA-AINEENA
YHDYSVALLOISSA

Birch and aspen as a raw material for mechanical
forest industries in the United States

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AMERIKKALAISET KOIVULAJIT	6
21. Taksonomia ja levinneisyys	6
22. Yleispiirteitä	8
23. Puuaine	11
3. AMERIKKALAISET HAAPALAJIT	17
31. Taksonomia ja levinneisyys	17
32. Yleispiirteitä	19
33. Puuaine	20
4. KOIVU JA HAAPA YHDYSVALTAIN METSÄTALOUESSA	26
41. Puuvarat	26
42. Hakkuumäärät	30
43. Puun hinta	32
5. JÄREÄN KOIVU- JA HAAPAPUUN KÄYTTÖ	35
51. Viilu- ja vaneriteollisuus	35
52. Sahateollisuus	47
53. Muu puuteollisuus	54
6. PIENIKOKOISEN KOIVU- JA HAAPAPUUN KÄYTTÖ	56
61. Lastulevyteollisuus	56
62. Wafer- ja OSB-levyteollisuus	57
63. Muu puuteollisuus	60
7. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ	62
KIRJALLISUUS - REFERENCES	69
SUMMARY	85

Verkasalo, E. 1990. Koivu ja haapa mekaanisen metsäteollisuuden raaka-aineena Yhdysvalloissa. Summary: Birch and aspen as a raw material for mechanical forest industries in the United States. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 367.

Tutkimuksessa käsitellään pohjoisamerikkalaisten koivu- ja haapalajien puuteknologisia ominaisuuksia, samalla niitä eurooppalaisiin koivu- ja haapalajeihin vertaillen, sekä niiden nykyistä ja suunniteltua käyttöä Yhdysvaltain mekaanisessa metsäteollisuudessa. Tältä pohjalta pyritään päättämään, mitä sovellusmahdollisuuksia kyseisillä käyttömuodoilla voisi olla Suomessa ja mitä vaikutuksia tällä olisi metsänkasvatukseen. Lähdemateriaalina käytetään alan kirjallisuutta sekä kokemuksia Yhdysvaltain pohjois- ja keskiosiin syksyllä 1989 tehdyltä tutustumismatkalta.

The study deals with the wood technological properties of North American birch (Betula) and aspen (Populus) species, comparing them at the same time with European species, and their present and planned utilization in the United States mechanical forest industries. On this basis the study aims to draw conclusions on the possibilities to apply these utilization forms in Finland and estimate the effects of this on forest management. The study material comprises literature and experiences gained during a study tour to the Northern and Mideastern United States in autumn 1989.

Keywords: Birch, aspen, log characteristics, wood characteristics, sawn goods, veneer, plywood, wood composites

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland

ISBN 951-40-1128-7
ISSN 0358-4283
Hakapaino Oy
Helsinki 1990

1. JOHDANTO

Keskustelu lehtipuiden mahdollisuuksista Suomen metsätaloudessa ja -teollisuudessa on kautta aikojen ollut kahtalaista. Perinteisesti on korostettu, että tšekäläisissä ilmasto- ja kasvu- paikkaoloissa on taloudellisesti turvallisinta panostaa havupuiden - nimenomaan järeiden tukkipuiden - kasvatukseen. Niinikään on korostettu havupuupohjaisten metsäteollisuustuotteidemme, kuten korkealaatuisen mäntysahatavaran ja kuusen mekaaniseen kuidutukseen perustuvien puupitoisten paperilaatujen, hyviä ominaisuuksia. Korkealaatuisten, pitkälle jalostettujen tuotteiden ja jatkuvan tuotekehityksen on arvioitu takaavan vakaat markkinat metsäteollisuustuotteillemme myös tulevaisuudessa, vaikka raaka-aine- ja tuotantokustannukset olisivatkin korkeamat kuin useimmissa kilpailijamaissamme.

Aika ajoin on kuitenkin esitetty, että metsissämme voitaisiin sallia nykyistä suurempi lehtipuusekoitus - erityisesti koivua - heikentämättä silti metsätalouden kannattavuutta ja metsäteollisuuden tulevaisuuden toimintaedellytyksiä. Nykyisin koivuvaltaisten metsien osuus Suomen metsämaa-alasta on 7,0 % (rauduskoivu 1,1 %, hieskoivu 5,9 %), mutta puuston kokonaismäärästä osuus on 14,8 % (rauduskoivu 3,7 %, hieskoivu 11,1 %) (Kuusela ym. 1986). Takaiskut männyn viljelyssä, mahdollisuus saada koivua uudistusaloille luontaisesti sekä koivun usein havupuita paremmaksi oletettu - mutta ei todistettu - ilmansaasteiden sietokyky ovat edelleen parantaneet koivun arvostusta. Toisaalta on toki tiedostettu hirvi- ja myyrätuhojen uhka koivuviljelmille sekä osittainen tiedon puute koivun oikeista kasvatusmenetelmistä. Nykyinen metsäteollisuutemme rakenne jopa edellyttää tiettyä koivuosuutta metsissämme. Vaneriteollisuus on 1960-luvun loppupuolelta lähtien kärsinyt enemmän tai vähemmän vakavasta koivutukkipulasta, mikä on johtanut koivutukin kanto-hinnan kohoamiseen mäntytukkiakin korkeammaksi. Myös koivun käyttö kuitupuuna on olennaisesti lisääntynyt. Muutosta tässä suhteessa tapahtui ensiksi 1960-luvulla ja sittemmin vielä 1980-luvun puolivälissä, kun tekninen kehitys mahdollisti koivusellun käytön entistä useammissa paperilaaduissa sitä kalliimman havu-

puusellun sijasta. Koivusellun uhkatekijöiksi koetaan kuitenkin eukalyptussellun laajeneva tuotanto lämpimissä maissa sekä lehtipuusellun vielä nykyäänkin varsin suhdanneherkät markkinat.

Haavan suhteen mielipiteet ovat perustellusti olleet paljon pessimistisempiä. Haavan haittapuolina on tuotu esille mm. sopivien kasvupaikkojen puute, alttius lahovioille ja nisäkäs-tuhoille sekä väli-isännöisyys männyn taimikoille vaarallisen ver-soruosteen leviämisessä. Kuitenkin jo Mennander painotti vuonna 1759 ilmestyneessä väitöskirjassaan haavan lukuisia hyviä ominaisuuksia - valittaen samalla sen hyljeksimistä metsätaloudessa (Kärkkäinen 1981). Sama ajatus on tuotu vuosikymmenten mittaan esiin lukuisissa ammatillisissa kirjoituksissa (esim. Tikka 1944, 1955, Haapa, nopeakasvuisin... 1970, Vuokila 1977, Kärkkäinen 1981, Ekström 1989). Niinikään luonnonsuojelupiirit (Linkola 1956, Hågvar & Sörensen 1976, Vuokko 1978) ovat todenneet mielipiteiden kahtalaisuuden: haapa on tärkein kololintujen pesäpuu, mutta silti sitä vainotaan metsänhoidossa. Nykyisin haapavaltaisia metsiä on vain 0,3 % Suomen metsämaan pinta-alasta, mutta puuston kokonaismäärästä osuus on kuitenkin 1,3 % (Kuusela ym. 1986).

Itse asiassa haapa oli ensimmäinen lehtipuu, jonka varaan Pohjoismaissa syntyi merkittävää teollisuutta, tulitikkujen valmistusta (Lundberg 1916, Börset 1952, Tulitikku... 1958, Langhammer 1980). Nykyisin haapapuuta käyttävä tulitikkuteollisuus on kuihtunut lähes olemattomiin. Muu mekaaninen puunjalostus on käyttänyt haapaa vain satunnaisesti (esim. Vesterinen 1956, Kärkkäinen 1981). Massateollisuudessaakin haapa on osaksi hyvistäkin ominaisuuksistaan huolimatta jäänyt vähäarvoiseksi, koivun joukossa kuidutettavaksi sekapuuksi (Kärkkäinen 1981). Orastavaa arvostuksen paranemista osoittaa kuitenkin halukkuus käyttää haapaa hiokkeen ja erityisesti kemitermohiirteen (CTMP) valmistuksessa (Ranua 1987, BCTMP Special... 1989, Ekström 1989, Fast growth... 1990, Genombrott för... 1990, Haapa kelpaa... 1990). Erityisesti teollisuuden taholta on kehoitettu jopa panostamaan haavan ja Ruotsissa myös sen jalostetun muodon, hybridihaavan (Populus tremula * Populus tremuloides) viljelyyn

(esim. Haapa, nopeakasvuisin... 1970, Arvopuuta... 1974, Grönlund 1990, Elfving 1990, Kettunen 1990) antamatta kuitenkaan takuita haapapuutavaran kysynnästä ja varsinkaan metsätalouden kannalta kilpailukykyisestä hinnasta.

Pohjois-Amerikassa, erityisesti Yhdysvalloissa, on pitkät perinteet sikäläisten koivu- ja haapalajien käytössä eri metsäteollisuuden aloilla. Käsillä olevassa tutkimuksessa selvitetään amerikkalaisten koivu- ja haapalajien puuteknologisia ominaisuuksia, samalla niitä eurooppalaisiin koivu- ja haapalajeihin vertaillen sekä niiden nykyistä ja suunniteltua käyttöä mekaanisessa puunjalostuksessa. Tältä pohjalta pyritään edelleen päättämään, mitä sovellusmahdollisuuksia kyseisillä käyttömuodoilla voisi olla Suomessa ja mitä vaikutuksia tällä mahdollisesti olisi metsänkasvatukseen. Muut kuin haavoiksi luokitellut Populus-suvun edustajat rajataan käsittelyn ulkopuolelle, koska parhaat johtopäätökset suomalaiselta näkökannalta voidaan tehdä niidenomaan varsinaisten haapalajien perusteella (Kärkkäinen 1981).

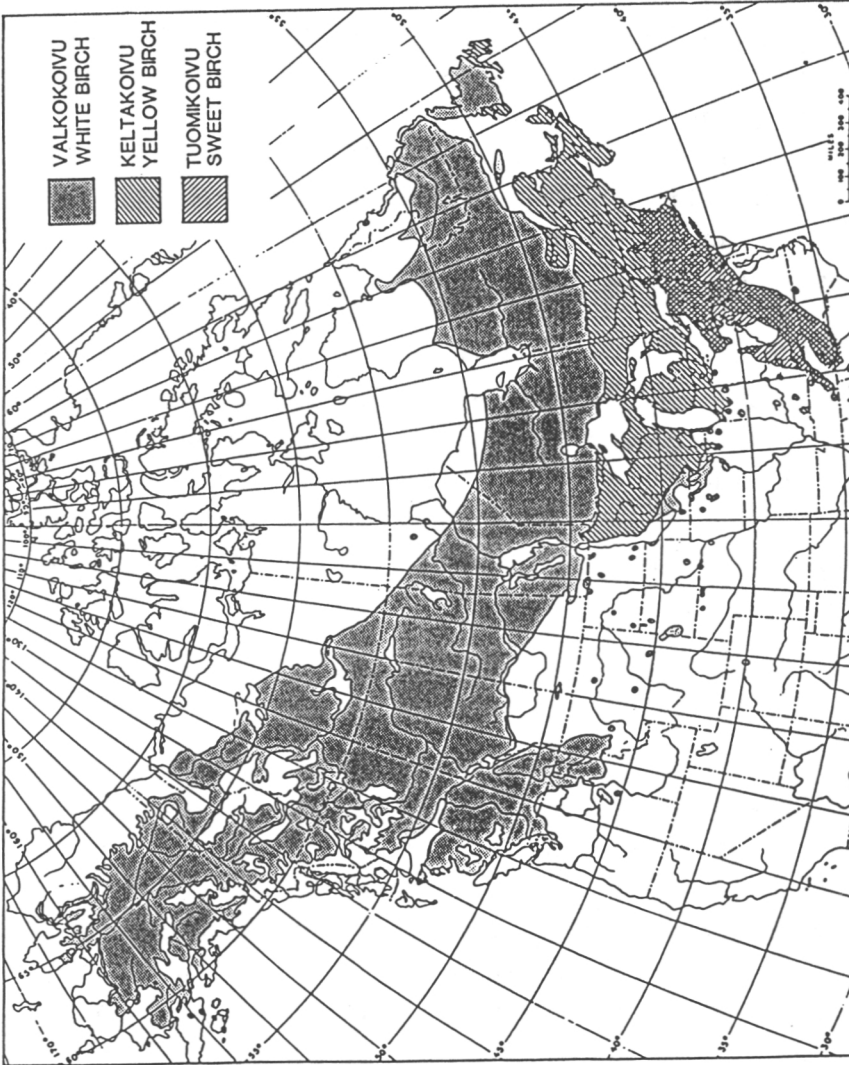
Tutkimuksen lähdemateriaalina on käytetty alan kirjallisuutta sekä kokemuksia Yhdysvaltain pohjois- ja keskiosiin syksyllä 1989 tehdyiltä tutustumismatkalta, jonka aikana kirjoittaja vieraili useissa lehtipuun käytön tutkimusta harjoittavissa korkeakouluissa ja tutkimuslaitoksissa sekä lehtipuuta käyttävissä teollisuuslaitoksissa. Käsikirjoituksen viimeistelyssä ovat avustaneet Pirkko Kinnanen ja Maija Tuuri ja kuvien piirtämisessä Ritva Parviainen. Englanninkielisten tekstien oikeellisuuden tarkasti Elva Nurmi. Venäjänkielisten lähteiden kääntämisessä avusti Pentti Sairanen. Käsikirjoituksen ovat lukeneet ja siihen parannusehdotuksia tehneet professorit Pentti Hakkila, Risto Juvonen, Matti Kärkkäinen ja Olli Uusvaara, tohtori Ari Ferm sekä metsänhoitaja Juhani Salmi. Esitän parhaat kiitokset saamastani avusta ja mielenkiinnosta.

2. AMERIKKALAISET KOIVULAJIT

21. Taksonomia ja levinneisyys

Koivu (Betula) on Betulaceae-heimoon kuuluva kasvisuku, joka käsittää 30-40 lajia yksikotisia puita ja pensaita pohjoisen pallonpuoliskon lauhkeissa ja kylmissä osissa (Salmi 1977). Näistä eurooppalaiset ja pohjoisamerikkalaiset kuuluvat Eubetula -ryhmään. Pohjois-Amerikassa kasvaa yleisenä kaikkiaan kuusi puumaista koivulajia (Little 1980). Taloudellisesti tärkeitä näistä on lähinnä kolme, **keltakoivu** (Betula alleghaniensis Britton, yellow birch), **valko- eli paperi- tai amerikanhieskoivu** (Betula papyrifera Marsh; white birch, paper birch) sekä **tuomikoivu** (Betula lenta L.; sweet birch) (Brisbin & Sonderman 1973). Muita vähemmän tärkeitä koivulajeja ovat **mustakoivu** (Betula nigra L., river birch), **harmaakoivu** (Betula populifolia Marsh, gray birch) sekä valkokoivun alalajit, **lännenvalkokoivu** (Betula papyrifera var. occidentalis, western white birch) ja **alaskanvalkokoivu** (Betula papyrifera var. humilis, Alaskan white birch). Koivulajien tärkeydestä esiintyy eri lähteissä jossain määrin erilaisia arvioita - ilmeisestikin puumarkkinatilanteen ja puuvarojen laadun erilaisen painottamisen vuoksi (Miller & Cahow 1989).

Keltakoivu kasvaa Kanadassa koko suurten järvien itäpuolisella metsäalueella ja Yhdysvalloissa Uudesta Englannista aina Appalakkien vuoriston eteläosiin ja lännessä Minnesotaan ja Iowaan (kuva 1). Puulajisuknessiossa se on useimmista muista koivulajeista poiketen kliimaksilaji, joka kasvaa lähinnä sekapuuna kanadanhemlokin, sokerivaahteran, amerikanpyökin ja amerikanpunamännyn kanssa (Brisbin & Sonderman 1973). Vanhoissa pohjoisissa lehtipuumetsissä keltakoivua on vain harvoin yli 12 % metsikön runkoluvusta (Regional variation... 1935, Perala suull.) ja kanadanhemlokkivaltaisissa metsissä korkeintaan 25 % (Forest Cover... 1954). Puhtaita keltakoivikoita voi esiintyä vain kulo-, myrskytuho- ja hylätyillä hakkuualueilla ja silloinkin lähinnä pienialaisina kuvioina (Godman & Krefting 1960).



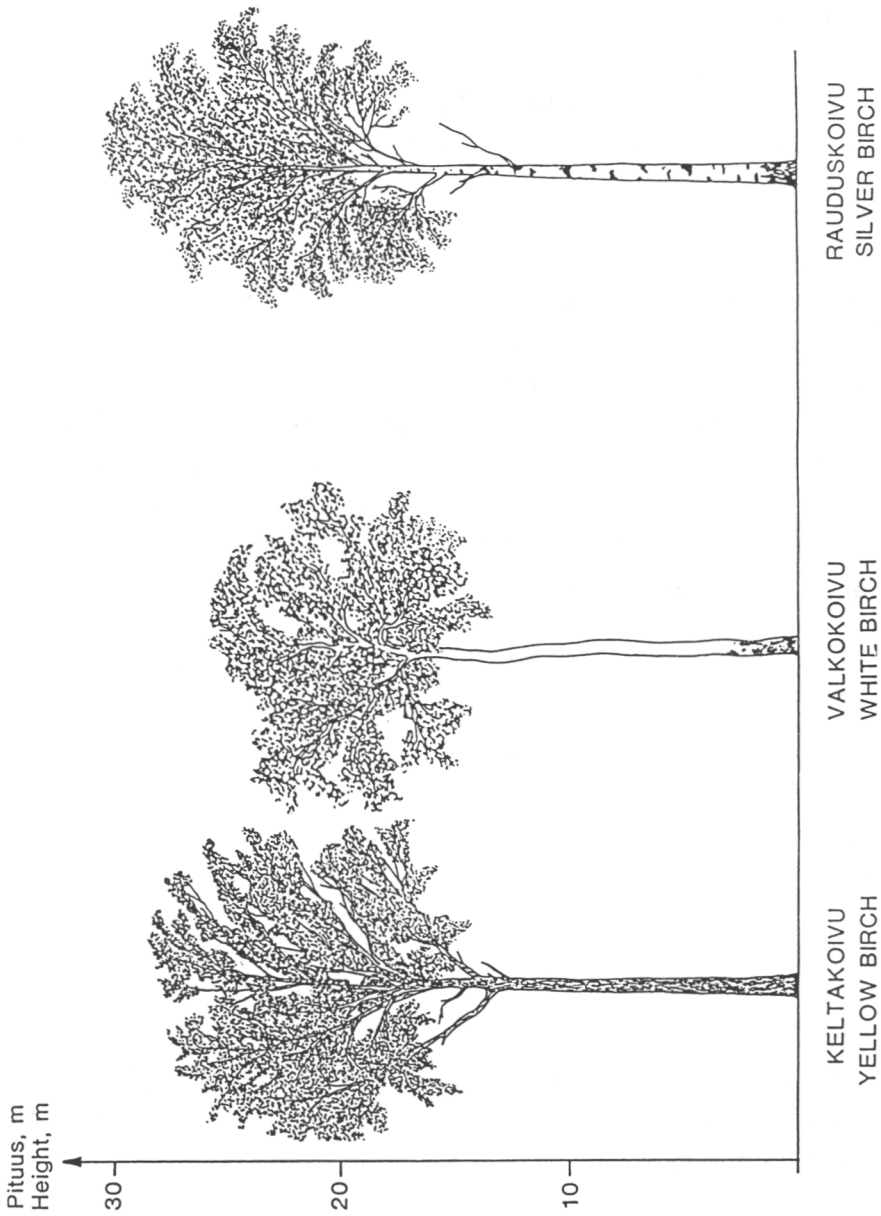
Kuva 1. Keltakoivun (Betula alleghaniensis), valkokoivun (Betula papyrifera) ja tuomikoivun (Betula lenta) luontaiset levinneisyysalueet (Brisbin & Sonderman 1973).
 Figure 1. The natural distribution ranges of yellow birch (Betula alleghaniensis), white birch (Betula papyrifera) and sweet birch (Betula lenta) (Brisbin & Sonderman 1973).

Laajimmalle levinnyt koivulaji Pohjois-Amerikassa on valkokoivu (kuva 1). Yhdysvalloissa sen pääesiintymisalueet ovat koillis- ja järvivaltiot, kun taas Kanadassa sitä esiintyy koko metsäalueella aina Luoteisterritorioon ja Yhdysvaltoihin kuuluvaan Alaskaan asti. Yhdysvalloissa paikallisia esiintymiä on myös luoteisvaltioissa ja Keski-Lännessä. Lännenvalkokoivua kasvaa pääasiassa Länsi-Kanadassa ja osittain myös Yhdysvaltain pohjoisosissa, alaskanvalkokoivua nimensä mukaisesti Alaskan metsäisillä seuduilla. Puulajisuknessiossa valkokoivu on tyypillinen pioneeripuu (Perala suull.). Puhtaita metsiköitä se muodostaa kuitenkin harvoin. Tyypillisesti valkokoivu kasvaa sekapuuna joko amerikanhaavan, amerikanpunamännyn ja balsamikuusen tai kelta-koivun ja valkosaarnen kanssa (Brisbin & Sonderman 1973).

Tuomikoivua esiintyy selvästi rajoitetummalla alueella kuin kelta- ja valkokoivua (kuva 1). Sen tyypillisiä esiintymisalueita ovat Uuden Englannin ja Appalakkien vuoriston rehevät, suojaisat rinnemaat (Brisbin & Sonderman 1973). Mustakoivua esiintyy paikoitellen koko Yhdysvaltain itäosassa ja Keski-Lännessä, erityisesti jokien varsilla, harmaakoivua vastaavasti Kanadan kaakkois- ja Yhdysvaltain koillisosissa.

22. Yleispiirteitä

Keltakoivu on suurikokoisin ja arvokkain Pohjois-Amerikan koivulajeista (Luukkanen 1981). Brisbinin ja Sondermanin (1973) mukaan se kasvaa hyvällä kasvupaikalla normaalisti 19-21 m pitkäksi ja rinnankorkeudeltaan 60-80 cm paksuksi. Täten se suomalaiseseen rauduskoivuun verrattuna on yleensä lyhyempi mutta kuitenkin paksumpi puulaji (kuva 2). Suurin tavattu keltakoivu on ollut 28 m pitkä ja 140 cm paksu. Keltakoivu on varsin hidaskasvuinen mutta samalla pitkäikäinen koivulaji: kasvu jatkuu aina 120-150 vuoden ikään saakka. Runko on tyviosastaan normaalisti oksaton, suora ja sylinterimäinen. Keltakoivu onkin haluttua viilu- ja puusepänteollisuuden raaka-ainetta. Kuori on oljenkeltainen, mistä puulajin nimi juontaa juurensa.



Kuva 2. Tyypillinen keltakoivun (*Betula alleghaniensis*), valkokoivun (*Betula papyrifera*) ja eurooppalaisen rauduskoivun (*Betula verrucosa*) runko hakkuukypsässä iässä.
Figure 2. A typical stem of a mature yellow birch (*Betula alleghaniensis*), white birch (*Betula papyrifera*) and European silver birch (*Betula verrucosa*).

Valkokoivu on nopeakasvuinen mutta samalla lyhytikäinen koivulaji: kasvu loppuu jo 70-80 vuoden iässä. Yleensä valkokoivu jää selvästi keltakoivua pienemmäksi, 15-21 m pitkäksi ja rinnan- korkeudeltaan 30-60 cm paksuksi (Brisbin & Sonderman 1973). Suurimmat tavatut yksilöt ovat olleet 29 m pitkiä ja 110 cm paksuja. Valkokoivun runko on yleensä mutkainen ja tuohi kauliin valkoinen, sitkeä ja ohut. Valkokoivu muistuttaa sekä kooltaan, ulkonäöltään että myös käyttöarvoltaan varsin paljon kotimaista hieskoivua (kuva 2), mistä johtuukin sen suomenkielinen rinnakkaisnimi, amerikanhieskoivu (Salmi 1977).

Suomessa valkokoivua ja alaskanvalkokoivua on kokeilumielessä istutettu prof. Olli Heikinheimon johdolla Elimäelle Mustilan arboretumiin. Lajit ovat osoittautuneet pakkasenkestäviksi, mutta viljelmillä on kotimaisten koivulajien lailla ilmennyt hirvi- tuhoja, ja suurin osa puista on 28 vuoden iässä ollut mutkarun- koisia ja oksikkaita (Heikinheimo 1957). Valkokoivun pituuskas- vu on tähän ikävaiheeseen asti ollut rauduskoivun luokkaa, mutta alaskanvalkokoivu on jäänyt selvästi hieskoivustakin:

	Ikä, a	Valtاپituus, m
Valkokoivu	28	15,0
Alaskanvalkokoivu	27	10,5
Rauduskoivu	26	15,0
Hieskoivu	30	13,0

Valkokoivua on alustavasti kokeiltu metsäpuuna myös Keski-Euroo- passa kokemusten ollessa myönteisiä: esim. Itävallassa valko- koivut ovat kasvaneet jopa 40 m pitkiksi (Günzl 1989).

Tuomikoivu on tyypillisen keskikokoinen lehtipuu Pohjois-Ameri- kassa. Hyvällä kasvupaikalla se kasvaa keltakoivun pituiseksi puuksi, jossa on pitkä, suora ja puusepänteollisuudessa arvokas tyviosa. Normaalisti tuomikoivu kasvaa kuitenkin vain 15-18 m

pitkäksi ja 30-60 cm paksuksi (Brisbin & Sonderman 1973). Tyyppillistä on erittäin syvä, laajalle levinnyt juuristo. Tuomikoivu voi juuriston maanpinnan myötäisen leviämiskyvyn ansiosta kasvaa myös kalliomailla ja kivikoissa.

Mustakoivu saattaa kasvaa 40 cm:n paksuiseksi, mutta sen käyttöarvoa heikentää tyviosan lenkous ja jo 4-5 m:n korkeudelta alka-va haaroittuminen (Lutz 1972). Harmaakoivu puolestaan on pienin pohjoisamerikkalaisista koivulajeista, rinnankorkeudeltaan korkeintaan 30 cm paksu, ja sen tyviösa on yleisesti mutkainen ja oksainen (Lutz 1972). Musta- ja harmaakoivu yltyvät käyttöarvoltaan tuskin valkokoivun tasolle.

23. Puuaine

Kaikki koivulajit ovat hajaputkiloisia lehtipuita (CRC Handbook... 1980). Putkilot jakautuvat tasaisesti yli koko vuosiluston, eikä niitä voi havaita paljain silmin. Putkiloiden läpimita on 50-200 um, keltakoivulla hieman valko- ja tuomikoivua suurempi (CRC Handbook... 1980). Kuidut ovat eurooppalaisten koivulajien lailla ohuita. Kuidun pituus on 1,1-1,7 mm (Panshin & de Zeeuw 1980, Miller & Cahow 1989) eli hieman enemmän kuin eurooppalaisten koivulajien 1,0-1,3 mm (Holzeigenschaftstafeln: Birke 1939, Kujala 1946, Ollinmaa 1955, Bruun & Slungaard 1959, Wagenführ & Scheiber 1974, Lönnberg 1975, Sachsse 1988). Ydinsäteet ovat keltakoivulla pieniä ja näkymättömiä, valkokoivulla näkyviä ja väriltään ruskeanpunertavia ja tuomikoivulla hyvin ohuita ja aaltomaisia (Salmi 1977). Vanhoilla tuomikoivuilla esiintyy lisäksi ydinpilkkuja. Eri solulajien osuus rungon puuaineen tilavuudesta lienee amerikkalaisilla koivulajeilla (Panshin & de Zeeuw 1980) samaa luokkaa kuin eurooppalaisilla (kuituja 60-75%, putkiloita 10-30 %, ydinsäteitä 10-15 % (Holzeigenschaftstafeln: Birke 1939, Thunell & Perem 1952, Ollinmaa 1955, Wagenführ & Scheiber 1974).

Keltakoivua lukuun ottamatta kevät- ja kesäpuu ja näin ollen myös vuosilustot ovat selvästi toisistaan erotettavissa (Salmi 1977). Erityisesti tuomikoivulla kesäpuu muodostaa selvän, ohuen viivan. Kelta- ja varsinkin tuomikoivun puuaine on kauliskuvioista - jonkin verran mahonkia muistuttavaa - ja usein voimakkaasti välkehtivää ja silkinkiiltoista, jolloin siitä Englannin puutavarakaupassa käytetään nimitystä "Canadian silky wood". Myös visamuotoja tunnetaan (Wood Handbook 1987). Kelta- ja tuomikoivu ovatkin suosittuja viilu-, vaneri-, huonekalu- ja koriste-esinetehtaiden raaka-aineita (Salmi 1977). Valkokoivua käytetään vähäarvoisempien tuotteiden, kuten vaatimattomien huonekalujen, pakkausten sekä ennen kaikkea sellun ja edelleen kartongin valmistukseen. Sekä kelta-, valko- että tuomikoivun puuaine on kauttaaltaan hyvin suorasyistä ja ulkonäöltään varsin hienoa, tiivistä ja yhtäläistä.

Pohjoisamerikkalaisilla koivulajeilla sydänpuu on - päinvastoin kuin eurooppalaisilla - tummasävyistä, mikä aiheuttaa tiettyjä vaikeuksia tuotteiden markkinoinnissa valkoiseen koivuun tottu-neille markkina-alueille. Toisinaan pinta- ja sydänpuusta tehty sahatavara markkinoidaankin erikseen kauppanimillä "white birch" ja "red birch", jolloin edellinen saatetaan virheellisesti ymmärtää valkokoivutavaraksi (Wood Handbook 1987).

Koivulajien välillä on selviä eroja sekä pinta- ja sydänpuun osuuksissa että niiden värisävyissä (Panshin & de Zeeuw 1980). Keltakoivussa on tukkipuukoossa vain 7 - 13 cm paksu, vaalea, usein aavistuksen verran kerman värinen pintapuukerros (Lutz 1972). Se erottuu vain heikosti vaalean- tai punertavanruskeasta sydänpuusta. Tuomikoivun pintapuuta on vielä keltakoivun pintapuuta ohuempi ja väriltään punertavanvalkoinen ja sen erottaminen punertavanruskeasta sydänpuusta on vielä vaikeampaa kuin keltakoivulla (Salmi 1977). Valkokoivussa pintapuuta on enemmän kuin muissa amerikkalaisissa koivulajeissa: vielä 25 cm paksun, nopeasti kasvaneen valkokoivun puuaine voi olla kokonaan pintapuuta (Lutz 1972). Pintapuuta on väriltään lähellä valkoista, sydänpuu taas vaaleanruskeaa ja punertavansävyistä.

Kaikki pohjoisamerikkalaiset koivulajit ovat eurooppalaisten tavoin alttiita erilaisille sydänlahoa aiheuttaville sienitaudeille (Panshin & de Zeeuw 1980). Lahoviat lienevät kuitenkin harvinaisempia kuin esim. suomalaisella hieskoivulla (vrt. Kujala 1946, Heiskanen 1958, Ferm 1990). Vaarallisin patogeeni on lehtipuunkorosieni (Nectria galligena), joka altistaa koivuja jopa myrskytuhoille (Brisbin & Sonderman 1973). Muita koivujen lahotajia ovat Suomessakin tutut arinakääpä (Fomes igniarius) ja juurikääpä (Heterobasidion annosum). Sahattuna sydänpuu on huonosti lahonkestävää ja todennäköisesti varsin vaikeasti kyllästettävää (huokoisuus 59 %, Mali 1980). Kaikkien koivulajien heikkoutena on rajoitettu sään- ja erityisesti vesikosketuksenkestävyys (Salmi 1977). Kollmanin (1951) kolmiluokkaisessa asteikossa koivut kuuluvat huonoimpaan säänkestävyysluokkaan (kestoiä ulkoilmassa alle 20 vuotta).

Puuainetta pilaavat hyönteistuhot ovat amerikkalaisilla koivulajeilla harvinaisia (Lutz 1972). Bucculatrix canadensisella (birch skeletonizer) ja Fenusa pusilla -tuholaisten heikentämät koivut saattavat kuitenkin joutua koivunjalosoukon (Agrius anxius, birch bronze borer) iskeytymän kohteeksi, jonka toukat kaivavat puuaineeseen purulla täyttyviä käytäviä (Coulson & Witter 1984). Kanadan Newfoundlandissa on myös Coleophera fuscedinella (birch casebearer) -kovakuoriainen varsin yleinen valkokoivun puutuholainen (Raske & Bryant 1977). Toisinaan pinta- ja sydänpuussa esiintyy ruskotäpläkärpäsien (Dendromyza betulae) toukkien syömäjälkiin syntyneitä, korkkisolukon täyttämiä hyönteisvaurioita, ruskotäpliä (Wood Handbook 1987). Esim. Kankaan (1942) ja Schulmanin (1989) Suomessa tekemistä havainnoista päätellen ruskotäpläviat lienevät kuitenkin Suomessa selvästi yleisempiä kuin Pohjois-Amerikassa. Amerikkalaisista koivuista tehdyt puutuotteet ovat alttiita puunkaivajien (Anobiidae), eivät kuitenkaan kuolemankellon (Anobium pertinax) vioituksille (Brisbin & Sonderman 1973).

Koivut luokitellaan yleisesti keskiraskaiksi puulajeiksi (Salmi 1977). Valkokoivua lukuun ottamatta pohjoisamerikkalaiset koivulajit ovat jonkin verran eurooppalaisia raskaampia:

	Kuiva-tuore- tiheys	Tiheys 15 %:n kosteuspitoisuudessa kg/m ³
Keltakoivu	550 (3)	680 (2)
Valkokoivu	480 (3)	560 (2)
Tuomikoivu	600 (3)	710 (2)
.....		
Rauduskoivu	497 (1)	630 (2)
Hieskoivu	482 (1)	610 (2)

Lähteet: (1) Hakkila 1966
 (2) Salmi 1977
 (3) Wood Handbook 1987

Koivujen lujuusominaisuudet ovat yleisesti ottaen hyvät, selvästi paremmat kuin esim. suomalaisen männyn ja kuusen (esim. Jala-va 1945, Siimes 1967). Puuaineen painoon suhteutettuna ero kuitenkin pienenee olennaisesti (Kärkkäinen 1979). Koivujen puuaine on myös kimmoisaa ja hyvin kovaa (Salmi 1977). Amerikkalais-ten käsitysten mukaan koivulajit ovat lujuudeltaan verrattavissa eurooppalaiseen punapyökkiin ja kovuudeltaan amerikkalaiseen valkosaarneen (Wood Handbook 1987).

Taulukossa 1 on lueteltu eräitä kelta- ja valkokoivun puuaineen keskimääräisiä mekaanisia ominaisuuksia eurooppalaisiin koivula-jeihin verrattuna. Keltakoivu näyttää olevan keskimäärin jonkin verran lujempaa kuin valkokoivu ja eräissä suhteissa hiukkasen lujempaa kuin eurooppalainen koivu. Kovuudessa keltakoivu näyt-täisi voittavan selvästi muut koivulajit.

Taulukko 1. Pohjoisamerikkalaisten koivulajien mekaanisia ominaisuuksia eurooppalaiseen verrattuna. Pienet virheettömät koekappaleet 12 %:n kosteudessa.

Table 1. Mechanical properties of North American and European birch species. Small clear specimens in 12 % moisture content.

Mekaaninen ominaisuus Mechanical property	Koivulaji - Birch species			
	Kelta-koivu Yellow birch	Valko-koivu White birch	Eurooppalaiset koivulajit European birch species	
	1	1	2	3
Taivutuslujuus, MPa Bending strength, MPa	114	84,5	133	105
Taivutuskimmomoduuli, GPa Modulus of elasticity in bending, GPa	13,9	11,0	13,3	15,1
Puristuslujuus puusyiden suunnassa, MPa Compression strength parallel to grain, MPa	56,4	39,2	59,9	53,0
Vetolujuus kohtisuoraan puusyitä vastaan, MPa Tensile strength perpendicular to grain, MPa	6,3	...	...	7,5
Leikkauslujuus puusyiden suunnassa, MPa Shear strength parallel to grain, MPa	13,0	8,4	...	10,2
Janka-kovuus, sivukuormitus, kN Janka-hardness, side load, kN	5,6	4,0	...	4,3
Iskutaivutuslujuus, täydellisen murtuman aiheuttava vasaran pudotuskorkeus, cm Impact bending - height of drop causing complete failure, cm	140	86	...	...

Lähteet - References:
 (1) CRC Handbook... 1980
 (2) Wood Handbook 1987
 (3) Jalava 1945

Kaikkien pohjoisamerikkalaisten koivulajien puuaine kutistuu kuivattaessa voimakkaasti (Brisbin & Sonderman 1973, Panshin & de Zeeuw 1980), voimakkaammin kuin eurooppalaisten koivujen (taulukko 2). Kutistumisen sekä vetopuun aiheuttamien kasvujännitysten vuoksi puuaine kieroilee ja halkeilee helposti kuivauksen aikana, kelta- ja tuomikoivun puuaine valkokoivun puuainetta helpommin (Brisbin & Sonderman 1973). Täten kuivaus on suoritettava erittäin hitaasti ja varovaisesti. Vaarana on myös esim. huonekalujen "eläminen" ts. vuorottainen kutistuminen ja paisuminen ympäristön kosteuden vaihdellessa (Salmi 1977).

Kaikkien taloudellista merkitystä omaavien koivulajien puuaine on työstettävyydeltään - erityisesti sorvattavuudeltaan - erinomaista (Salmi 1977). Halkaisu saattaa kuitenkin olla vaikeaa. Höylätyt pinnat ovat sileitä ja niiden pintakäsittely on helppoa, joskin polyesterilakkavaurioita voi esiintyä (Mali 1980). Liima-, ruuvi- ja naulaliitokset ovat lujia, mutta puuaineen halkeamisvaara on ruuveja ja nauvoja asennettaessa suuri. Puu on haponkestävää, mutta höyrytys aiheuttaa siihen keltatai punavärjäytymistä ja metallikorrosio mahdollisesti sinistymää (Mali 1980).

Taulukko 2. Pohjoisamerikkalaisten ja eurooppalaisten koivulajien puuaineen kutistuma kaatotuoreesta absoluuttisen kuivaksi kuivattaessa (CRC Handbook... 1980, Mali 1980).
Table 2. Shrinkage of North American and European birch wood when drying from green to absolutely dry (CRC Handbook... 1980, Mali 1980).

Koivulaji Birch species	Kutistuma - Shrinkage		
	Tangentin suuntainen Tangential % tuoremitoista	Säteen suuntainen Radial - % of green dimension	Tilavuus Volume
Keltakoivu - Yellow birch	9,5	7,3	16,8
Valkokoivu - White birch	8,6	6,3	16,2
Mustakoivu - Black birch	9,2	4,7	13,5
..... Eurooppalaiset koivut European birches	7,8	5,3	13,7-14,2

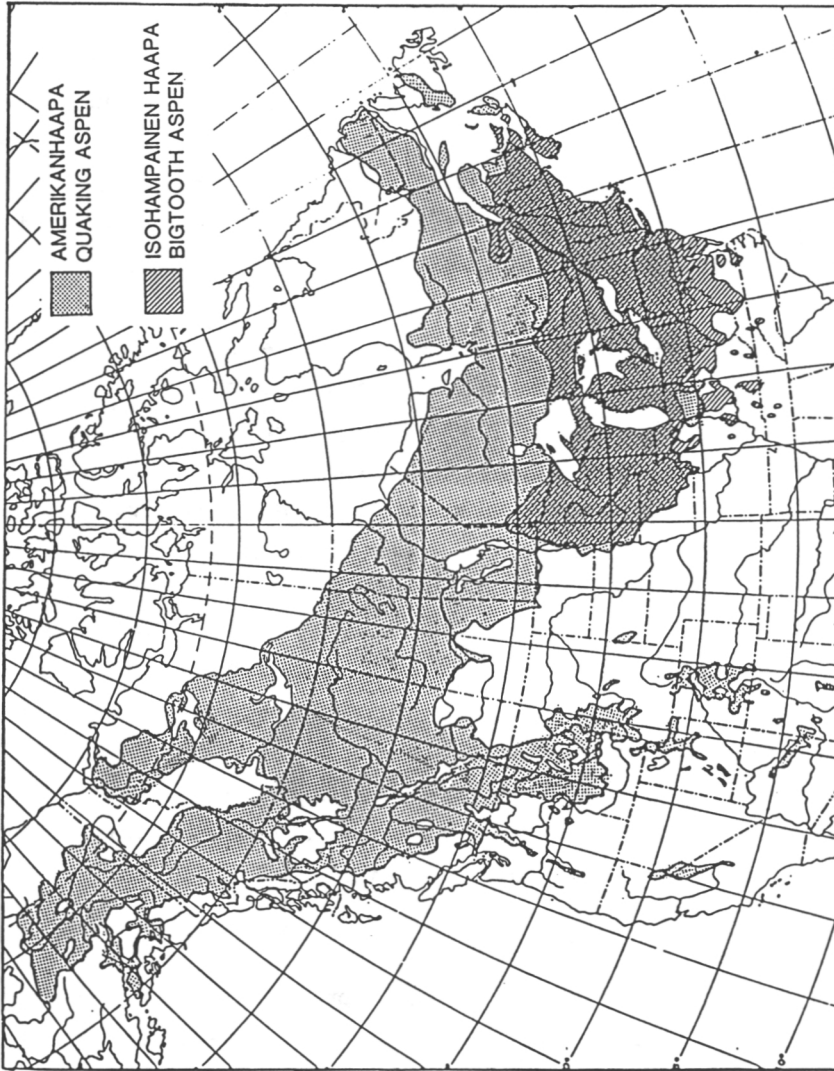
3. AMERIKKALAISET HAAPALAJIT

31. Taksonomia ja levinneisyys

Amerikkalaiset haapalajit, **amerikanhaapa** (Populus tremuloides Michx., quaking aspen) ja **isohampainen haapa** (Populus grandidentata Michx., bigtooth aspen) kuuluvat eurooppalaisen haavan lailla Populus-suvun valkopoppeleiden (Leuce) alasukuun. Siellä missä amerikanhaavan ja isohampaisen haavan levinneisyysalueet yhtyvät, ne kasvavat yleisesti samassa metsikössä. Kuten eurooppalainen haapa, ne viihtyvät kasvu- ja sopeutumiskykyisen juuriston ja hyvän haihdunnan säätelyn ansiosta paitsi tuoreilla myös karuhkoilla kasvupaikoilla (Pronin & Lassen 1970, Kärkkäinen 1981, Perala suull.).

Amerikanhaapa, Pohjois-Amerikan laajimmalle levinnyt puulaji, kasvaa Alaskasta halki koko Kanadan ja Yhdysvalloissa aina Kalliovuorille, järvivaltioihin ja Uuteen Englantiin asti (kuva 3). Lännessä sitä esiintyy jopa Meksikon keskiosissa siellä, missä kosteutta on riittävästi ja kesät ovat sopivan viileitä. Keski-Kanadassa sekä Minnesotassa, Wisconsinissa ja Utahissa haapametsiköitä on pinta-alallisesti enemmän kuin mitään muita metsikkötyyppejä (Perala & Carpenter 1975). Pioneeripuuna amerikanhaapa kasvaa puhtainakin metsikköinä, mutta yleisempiä ovat kuitenkin haapaa sisältävät sekametsät (Perala & Carpenter 1985). Kanadan ja Minnesotan prekambriksen laatan alueella tavataan amerikanhaavan, banksinmännyn ja valkokoivun muodostamia, runsaspuustoisia sekametsiä. Yksittäiset haavat ja haaparyhmät ovat tavallisia Kalliovuorten engelmänninkuusi- ja jalokuusivaltaisissa metsissä.

Isohampaisen haavan levinneisyysalue on huomattavasti suppeampi kuin amerikanhaavan rajoittuen Etelä-Kanadaan ja Yhdysvaltain Atlantin rannikolta preerialle ulottuvaan pohjoisosaan (kuva 3). Yleensä isohampainen haapa kasvaa sekametsinä palsamipoppelin kanssa, jota se muutenkin muistuttaa huomattavasti ulkonäöltään ja ominaisuuksiltaan (Salmi 1978).



Kuva 3. Amerikanhaavan (*Populus tremuloides*) ja isohampaisen haavan (*Populus grandidentata*) luontaiset levinneisyysalueet (Perala & Carpenter 1985).

Figure 3. The natural distribution ranges of quaking aspen (*Populus tremuloides*) and bigtooth aspen (*Populus grandidentata*) (Perala & Carpenter 1985).

Mainittakoon, että pohjoisamerikkalaisista haapalajeista tunnetaan eurooppalaisen haavan lailla diploidisen muodon lisäksi triploidiset muodot, joita tosin esiintyy vain erittäin harvinaisina (Perala suull., vrt. esim. Nilsson-Ehle 1939, Sarvas 1950, 1958, Oksala 1953, Kallio & Mäkinen 1975, Lapista... 1975). Unohtaa ei sovi myöskään erilaisia hybridihaapoja. Euroopassa viljelymittakaavaan asti yltänyt eurooppalaisen haavan ja amerikanhaavan risteytys Populus tremula * tremuloides on Pohjois-Amerikassa vasta kokeiluasteella (Perala suull.).

32. Yleispiirteitä

Amerikanhaapa jää normaalisti pieneksi tai keskisuuiseksi, eurooppalaista haapaa hieman pienemmäksi puuksi. Pituus on tavallisesti vain 12-18 m ja rinnankorkeusläpimitta 20-25 cm. Vain poikkeuksellisesti se kasvaa 30 m pitkäksi ja saavuttaa 80 cm:n rinnankorkeusläpimitan (Salmi 1978). Amerikanhaapa pystyy kasvamaan lähes kaikenlaisilla pohjoisamerikkalaisilla kasvupaikoilla vetisiä rannikkoalankoja lukuun ottamatta (Zak 1990). Keskiviljavilla ja viljavilla mailla se kasvaa kuitupuun mittoihin nopeammin kuin mikään muu pohjoisamerikkalainen puulaji. Tämän, edullisen hinnan ja menestyksekkään tuotekehitystyön ansiosta se on nykyisin pääasiallinen raaka-aine wafer- ja OSB-levyteollisuudelle.

Pienen sahatukin koon amerikanhaapa saavuttaa 45 vuodessa (Salmi 1978). Järvivaltioissa amerikanhaapa alkaa rappeutua jo 60 vuoden iässä. Kalliovuorilla ovat 100-vuotiaatkin metsiköt yleisiä, ja jopa 200-vuotiaita on löydetty (Perala & Carpenter 1985). Geneettiset syyt aiheuttavat huomattavaa vaihtelua rungon laatuun. Yleensä tyviosa on suora, vähän kapeneva ja hyvin karsiutunut, mutta rungon pienen läpimitan vuoksi itse puuaine on varsin oksaista (Lutz 1972). Kun lisäksi yli 30 cm paksut puut ovat yleisesti sydänlahoisia (Lutz 1972), on käyttöarvo saha- ja vanneriteollisuudessa alhainen. Tässä suhteessa amerikanhaapa on verraten paljon eurooppalaisen haavan kaltainen (Muhle Larsen 1970, Karhu 1978, Kärkkäinen 1981).

Isohampainen haapa kasvaa jonkin verran amerikanhaapaa kookkaamaksi, parhaimmilla kasvupaikoilla 30 m pitkäksi ja rinnankorkeudeltaan 90 cm paksuksi. Huonoilla mailla se elää vain 40-45 ja hyvillä 60-70 vuotiaaksi. Runko ja puuaine ovat laadultaan verrattavissa amerikanhaapaan (Salmi 1978).

33. Puuaine

Myös haavat ovat hajaputkiloisia lehtipuita. Putkilot ovat pieniä ja putkilo-osien väliseinistä on jäljellä vain renkaat. Ydinsäteet ovat aivan ohuita, vain yhden solukerroksen vahvuisia (Salmi 1978). Kuidun pituus on amerikanhaavalla keskimäärin 1,2 mm ja isohampaisella haavalla 1,1 mm, kun se eurooppalaisella haavalla on vain 0,95 mm (Bruun & Slungaard 1959, Ollinmaa 1959, Lönnberg 1975, Salmi 1978, Panshin & de Zeeuw 1980). Kuidut soveltuvat tasaista pintaa ja hyviä painatusominaisuuksia vaativien paperilaatujen valmistukseen: kuitujen pituus-läpimittasuhte on sopiva ja soluseinät ovat ohuita (Perala & Carpenter 1985). Rungon tilavuudesta on kuituja 55-65 %, putkiloita 25-35 % ja ydinsäteitä noin 10 % (Thunell & Perem 1952, Ollinmaa 1959, Panshin & de Zeeuw 1980). - Haavan hybridimuodoilla on havaittu lyhyempiä kuituja ja ohuempia soluseiniä kuin tavallisilla haapalajeilla (Bendtsen ym. 1981).

Amerikanhaavassa kevät- ja kesäpuun raja ja vuosilustot erottuvat heikosti, isohampaisessa haavassa taas selvästi toisistaan (Salmi 1978, Perala & Carpenter 1985). Kummankin haapalajin puuaine on suora- ja pitkäsyistä, ulkonäöltään usein nukkaista ja karkeahkoa, mutta tasalaatuista (Lutz 1972, Salmi 1978). Tavanomaisia puuaineen perinnöllisiä poikkeavuuksia, kuten mukuraisuutta ja visaa, esiintyy paikka paikoin (Perala suull.).

Sydän- ja pintapuun välillä ei pohjoisamerikkalaisilla haavoilla ole havaittavissa selkeää rajakohtaa, vaan kermankeltainen tai

vaaleahkon harmaa sydänpuu muuttuu vähitellen vaaleammaksi pintapuudeksi (Lutz 1972, Perala & Carpenter 1985). Pintapuuta on vanhalla iällä vain 5-10 cm puun pinnassa (Lutz 1972).

Kaikille haapalajeille on tyypillistä puuaineen epätasainen kosteus. Pahin kosteuden vaihtelua aiheuttava tekijä on sydänpuussa esiintyvä, vesisiloksi katsottava vika, joka on ilmeisesti bakteereiden aiheuttama kosteuden, happamuuden ja kaasun paineen muutos puuaineessa (Göhre & Götze 1959/1960, Tiedemann ym. 1977). Puuta kuivattaessa vesisilo aiheuttaa helposti halkeamia, varsinkin rengashalkeamia sydän- ja pintapuun raja-kohtaan (Kemp 1959, Haygreen & Wang 1966, Horsky 1970, Maisenbacher 1970, Huffman 1972, Lutz 1972, Bailey 1973a, 1973b, Neilson 1975, Mackay 1975, 1976, Kärkkäinen 1981, Perala & Carpenter 1985, Ekström 1989). Lisäksi yleisenä esiintyvistä vetopuusta saattaa aiheutua kieroutumista ja pinnan epätasaisuutta (Wahlgren 1957, Clark 1958, Haskell 1958).

Haavat ovat erittäin arkoja erilaisten kääpien aiheuttamille lahovioille. Päinvastoin kuin havupuilla ja koivulla, laho lähtee yleensä liikkeelle oksantygistä kehittyen vähitellen sydänlahoksi (esim. Schmitz & Jackson 1927, Blumenthal 1942, Thomas 1968, Kärkkäinen 1978, Salmi 1978). Täten oksien kuolemisella ja karsiutumisen kanssa on suuri merkitys lahoutumisprosessissa. Myös tyvilaho on yleistä (Kärkkäinen 1978, Salmi 1978), ja sen taloudellinen merkitys lienee parasta tyvitukkia pilaavan vaikutuksen vuoksi suurempi kuin sydänlahon.

Lahoisten haaparunkojen tunnistamista on tutkittu varsin runsaasti eri maissa. Eklundin ja Wennmarkin (1925) mukaan niiden makroskooppisia tuntomerkkejä ovat korot, vanhat, kuivat oksantygät, keltainen tai tummanharmaa, epätasainen kuori sekä haaraisuus. Terveet haavat puolestaan tunnistaa edellisten tuntomerkkien puuttumisesta sekä vihreästä, tasaisesta kuoresta, hyvästä kasvusta ja korkealle rungossa ulottuvista Physica ciliaris -jäkälän aiheuttamista harmaista laikuista kuoren pinnalla.

Samanlaisia käsityksiä erityisesti rungon värin merkityksestä ovat esittäneet esim. Ojamaa (1961), Lamb (1967), Demidenko (1973) sekä Perala & Carpenter (1985).

Sekä sydän- että pintapuu kestävät sahatussa haapatavarassa heikosti lahoa. Kollmanin (1951) kolmiluokkaisessa asteikossa haavat kuuluvat koivujen lailla huonoimpaan säänkestävyysluokkaan. Dickinsonin ja Grayn (1986) mukaan haapapuulla on kuitenkin vielä huomattavasti koivupuuta heikompi kestävyys maakosketuksessa. Toisaalta Salmen (1978) mukaan haapapuu on muuten kestävää voittaen tässä suhteessa mm. koivun. Norjalaisten käsitysten mukaan haapa kestää merivedessä sikäläisistä puulajeista lähinnä parhaiten laivamadon iskeytymiä vastaan (Ekström 1989). Etelä-Ruotsissa ei haapa eikä muuten mikään muukaan ruotsalainen puulaji ole ollut kyllästämättömänä riittävän kestävää laivamatotuhoja vastaan (Norman 1976).

Haapapuun kyllästyvyys on suuren huokoisuuden (noin 70 %, Mali 1980) ja permeabiliteetin ansiosta yleisesti ottaen hyvä (Mayer-Wegelin 1958, Dickinson & Gray 1986) ja erilaisin käsittelyin sitä voidaan edelleen parantaa (esim. Schulz 1956). Erityisesti kuiva haapasahatavara kyllästyy hyvin (Cooper 1976). Pohjoisamerikkalaisten haapalajien kyllästyvyydestä on esitetty myös epäileviä kannanottoja (Perala & Carpenter 1985): edes tehokkaaksi havaittua CCA-kyllästettä ei ole aina saatu imeytymään sydänpuuhun asti (Cooper 1976, Butcher & Drysdale 1978). Kanadalaisissa kokeissa on haavasta onnistuttu valmistamaan luonnonpuuta selvästi homogeenisempaa, lujuudeltaan - erityisesti puristuslujuudeltaan - parempaa, elämättömämpää ja kestävämpää muovipuuta kyllästämällä se vinyylimuovilla (Ekström 1989, vrt. myös Korotkija & Berzhin'sh 1977). Muitakin mahdollisuuksia tunnetaan haapapuun käyttöominaisuuksien parantamiseksi (esim. Ovcharenko 1972, Cop 1974, Shamaev ym. 1975, Perehozhih & Kulinicev 1976, Kosik ym. 1977, Stevens & Schalck 1977, Shamaev 1978). Lupaavimpana näistä pidetään puun asetylointia, jossa puuaine kyllästetään etikkahappoanhydridillä (Rowell ym. 1986, 1987, Tillman 1986, Youngquist ym. 1986, Mahlberg 1988, 1989).

Haapojen puuaine on kohtalaisen keveää. Tiheys on 15 %:n kosteuspitoisuudessa amerikanhaavalla keskimäärin 450, isohampaisella haavalla 400 ja eurooppalaisella haavalla 440 kg/m³ (Salmi 1978). Kuiva-tuoretiheydet ovat vastaavasti 390 ja 380 (Wood Handbook 1987) sekä 400 kg/m³ (Kärkkäinen 1979). Keveys on etu käyttökohteissa, joissa lujuus ei ole ratkaiseva tekijä. Oleellista on, että haapapuu on tiheydeltään varsin homogeenista, minkä ansiosta tuotteet ovat tasalaatuisia eikä tarvita erityisen suuria varmuustoleransseja mitoitettaessa haapapuisia rakenteita. Haavan hybridimuodot ovat puuaineeltaan yleensä tavallista haapaa keveämpiä (esim. Paul 1956, Janin & Keller 1976, Bendtsen ym. 1981).

Haapojen puuaineen keveys johtaa luonnollisesti varsin alhaiseen lujuuteen, erityisesti vetolujuusarvot ovat suhteellisen heikot (taulukko 3). Lujuudeltaan haapapuu on Euroopassa totuttu rinnastamaan useimmiten kuuseen: esim. Jalava (1945) on todennut suomalaisen haavan taivutus- ja puristuslujuuden olevan ilmakuivana vain muutaman prosentin alhaisempia kuin kuusen ja eräiden muiden lujuusominaisuuksien jopa parempia. Pohjoisamerikkalaisilla haapalajeilla useimmat lujuusominaisuudet ovat kuitenkin 15-20 % huonompia kuin eurooppalaisella haavalla. Poikkeuksena on iskutaivutuslujuus, jonka suhteen pohjoisamerikkalaiset haapalajit näyttävät voittavan kuusenkin.

Haapojen etuna havupuihin verrattuna on vähäisestä puuaineen ominaisuuksien, mm. vuosiluston sisäisestä tiheyden vaihtelusta (Ahlborn 1964, Götze 1964, 1965) johtuva lujuuden korkea minimitaso. On myös olemassa näyttöä siitä, että vaikka pienillä, virheettömillä koekappaleilla saadut haapojen lujuusarvot olisivatkin alhaisempia kuin mänty-kuusi-jalokuusiryhmän lujuusarvot, erot saattavat tasoittua testattaessa täysimittaisia sahatavarakappaleita (Kennedy 1974).

Moniin varsinaisiin poppelilajeihin verrattuna haapojen puuaine on lujempaa (Wood Handbook 1987). Toisaalta päinvastaisiakin tapauksia tunnetaan (esim. Götze 1964). Janinin ja Kellerin (1976)

Taulukko 3. Pohjoisamerikkalaisten haapalajien mekaanisia ominaisuuksia eurooppalaiseen haapaan ja kuuseen verrattuna. Pienet, virheettömät koekappaleet 12 %:n kosteudessa (Jalava 1945, Kollman 1951, Wood Handbook 1987).

Table 3. Mechanical properties of North American and European aspen species compared with Norway spruce. Small, clear specimens in 12 % moisture content (Jalava 1945, Kollman 1951, Wood Handbook 1987).

Mekaaninen ominaisuus Mechanical property	Puulaji - Species			
	Amerikanhaapa Quaking aspen	Isohampainen haapa Bigtooth aspen	Eurooppalainen haapa European aspen	Kuusi Norway spruce
Taivutuslujuus, MPa Bending strength, MPa	68	65,5	82	84
Taivutuskimmoduuli, GPa Modulus of elasticity in bending, GPa	11,2	9,9	13,5	13
Puristuslujuus puusyiden suunnassa, MPa Compression strength parallel to grain, MPa	36	33	42	44
Vetolujuus kohtisuoraan puusyitä vastaan, MPa Tensile strength perpendicular to grain, MPa	1,8	...	1,8	3,3
Leikkauslujuus puusyiden suunnassa, MPa Shear strength parallel to grain, MPa	5,9	7,4	7,4	6,5
Janka-kovuus, sivukuormitus, kN Janka-hardness, side load, kN	1,9	...	2,6	2,3
Iskutaivutuslujuus, kJ/m ² Impact strength, kJ/m ²	52	53	35	50

mukaan hybridihaapa olisi tavallista haapaa lujempaa, mutta esim. Kärkkäinen (1981) pitää tuloksen yleistettävyyttä kyseenalaisena hybridihaavan tavallista haapaa alhaisemman tiheyden vuoksi.

Amerikanhaavan puuaine on erittäin pehmeää, vielä noin 25 % pehmeämpää kuin eurooppalaisen haavan puuaine (taulukko 3). Niinpä haapapuu ei sovellukaan käyttökohteisiin, joissa vaaditaan hyvää kulutuksen- tai iskunkestokykyä. Huomautettakoon lisäksi i, että eurooppalaisen haavan puuaine on jonkin verran kovempaa kuin kuusen puuaine.

Taulukko 4. Pohjoisamerikkalaisten haapalajien puuaineen kutistuma eurooppalaiseen haapaan ja kuuseen verrattuna kaatotuoreesta absoluuttisen kuivaksi kuivattaessa (Kollman 1951, Thunell & Perem 1952, Wood Handbook 1987).

Table 4. Shrinkage of the wood of North American and European aspen species compared with Norway spruce when drying from green to absolutely dry (Kollman 1951, Thunell & Perem 1952, Wood Handbook 1987).

Puulaji - Species	Kutistuma - Shrinkage		
	Tangentin	Säteen	Tilavuus
	suuntainen	suuntainen	
	Tangential	Radial	Volume
% tuoremitoista - % of green dimension			
Amerikanhaapa			
Quaking aspen	3,5	6,7	11,5
Isohampainen haapa			
Bigtooth aspen	3,3	7,9	11,8
.....			
Eurooppalainen haapa			
European aspen	4,5	8,5	13,5
Kuusi - Norway spruce	3,6	7,8	12,0

Haapapuu kutistuu kuivattaessa verraten vähän (taulukko 4). Amerikanhaavan ja isohampaisen haavan puuaine kutistuu jonkin verran vähemmän kuin eurooppalaisen haavan puuaine ja suunnilleen yhtä paljon kuin kuusen puuaine. Kevät- ja kesäpuu kutistuvat suunnilleen yhtä voimakkaasti (Ekström 1989). Kuivauksessa usein syntyvät kieroumat ja halkeamat johtuvatkin ensisijaisesti epätasaisesta kosteudesta ja vetopuun esiintymisestä. Erityisesti kieroutuminen on vakava ilmiö haavan kuivauksessa, minkä takia tuoreen haapasahatavaran käsittely on olennaisesti havupuita vaikeampaa. Teknisiä vaikeuksia ei kuitenkaan pidetä täysin ylipääsemättöminä (Erickson & Demaree 1972, Mackay 1974a, 1974b, Bramhall & Wellwood 1976, Huffman & Cech 1976).

Haapapuu on sahattavuudeltaan, sorvattavuudeltaan ja halkaistavuudeltaan erinomaista. Repeily- ja halkeiluvaaran vuoksi työvälineiden on kuitenkin oltava teräviä (Salmi 1978, Ekström 1989). Puuaineen kiteiset piiyhdisteet ja työstettäessä mahdollisesti syntyvä staattinen sähkö tylsyttävät nopeasti työvälineitä (Salmi 1978). Höylätyt haapapinnat ovat yleensä tasaisia ja himmeäkiiltoisia, mutta vetopuun leikkuu- ja höyläysjälki saattaa olla huopamaisen karhea pintakuitujen irtoilemisen vuoksi (Mali 1980, Ekström 1989). Myös liimattavuus ja pintakäsiteltävyys ovat erinomaisia, kiillotettavuus kuitenkin huono (Mali 1980). Naulattaessa syntyy vain harvoin halkeamia. Naulanpitokyky on puuaineen pehmeiden vuoksi korkeintaan tyydyttävä (Perala & Carpenter 1985, Wood Handbook 1987, Ekström 1989), ruuvipitokyky kuitenkin yhtä hyvä kuin kuusella (Ekström 1989).

4. KOIVU JA HAAPA YHDYSVALTAIN METSÄTALOUDESSA

41. Puuvarat

Yhdysvalloissa on Neuvostoliiton, Brasilian ja Kanadan jälkeen neljänneksi eniten metsiä koko maailmassa, kaikkiaan 294,6 milj. ha eli 32,2 % koko maapinta-alasta (Past, present... 1987). Tästä on kuitenkin peräti 99,1 milj. ha erilaisia suojelualueita sekä vajaatuottoista metsämaata, joksi lasketaan alueet,

joilla teollisuuspuun nettotuotos on alle $1,4 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{a}$. Puuntuotannon piirissä olevien metsien käyttöpuuvarastoksi on viimeisimmässä arvioissa (Past, present... 1987) saatu $21,4 \text{ mrd. m}^3$ eli keskimäärin $110 \text{ m}^3/\text{ha}$. Tähän lasketaan vain ne elävät puut, joiden läpimitta $1,4 \text{ m}$:n korkeudelta on vähintään $12,7 \text{ cm}$.

Tukkipuuston osuus on vanhojen metsien voimakkaista hakkuista huolimatta edelleen yli 60% . Tukkipuustoon lasketaan vain järeät, kaupallista puulajia olevat rungot - havupuut vähintään $22,9$ ja lehtipuut $27,9 \text{ cm}$ $1,4 \text{ m}$:n korkeudelta. Lisävaatimuksena on, että rungosta on saatava vähintään yksi $3,7 \text{ m}$:n tai kaksi $2,4 \text{ m}$:n kaupalliset laatuvaatimukset täyttävää tukkia. Puuston nettovuosikasvu on $634 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ eli $3,2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{a}$ (Past, present... 1987). Kun tästä hakataan vain 482 milj. m^3 , syntyy hakkuusäästöä periaatteessa vuosittain 148 milj. m^3 eli 23% kaikkista hakkuumahdollisuuksista.

Yhdysvaltain metsätaloudellisen käytön piirissä olevat koivu- ja haapavarat keskittyvät järvi- ja koillisvaltioihin (kuvat 1 ja 3). Keltakoivua kasvaa vain sokerivaahtera- ja amerikanlehmusvaltaisissa sekametsissä, joita lienee näillä alueilla yhteensä $8-9 \text{ milj. ha}$ (Brisbin & Sonderman 1973). Puhtaita valkokoivikoita on alle 2 milj. ha mutta valkokoivun sekametsiä mahdollisesti jopa 30 milj. ha (Brisbin & Sonderman 1973, Safford 1983). Haavikoita on noin 8 milj. ha , ja haapaakin esiintyy suhteellisen runsaasti sekapuustoissa (Perala & Carpenter 1985). Koivu- ja haapavarojen keskittyminen yhtenäiselle alueelle on ollut edullista sekä metsätaloudelle että -teollisuudelle, koska näin on ollut olemassa edellytykset huomattavan, näihin puulajeihin perustuvan puunjalostuskeskittymän luomiselle lähelle itärannikon ja Keski-Lännän tärkeitä markkina-alueita. Mainittakoon, että valkokoivikoita on yllämainittujen alueiden lisäksi runsaasti Alaskassa (Brisbin & Sonderman 1973) ja haapaa mm. Alaskassa sekä Coloradossa ja Utahissa (Perala & Carpenter 1985).

Yhdysvaltain koivu- ja erityisesti haapapuusto on runsas, mutta ainoastaan keltakoivusta on huomattava osa tukkipuuksi kelpoista (Brisbin & Sonderman 1973, Perala & Carpenter 1985). Met-

sien pinta-ala huomioonottaen koivua on Suomeen verrattuna (Kuusela ym. 1986) odottamattoman vähän, joskin tukkiosuus on Yhdysvalloissa korkeampi:

	Puusto, milj. m ³	Tukkia, %
Keltakoivu	102	42
Valkokoivu	198	15
Haapa	481	31
.....		
Koivu, Suomi	240	
	)	12
Haapa, Suomi	21	

Runsaimmin keltakoivutukkia on Yhdysvalloissa Mainen, Michiganin ja New Yorkin osavaltioissa. Tukkipuuston laatu on kuitenkin alhainen: 1960-luvun loppupuolen inventoinneissa esim. New Yorkissa ja Vermontissa vain 15-20 % keltakoivutukista täytti sikäläisen laatuluokka I:n vaatimukset (Quigley & Babcock 1969). Järeä keltakoivu on koko ajan vähentynyt runsaiden hakkuiden ja heikon luontaisen uudistumisen seurauksena (Zillgitt & Eyre 1945, Lin-teau 1948, Jarvis 1957, Jensen 1950, Cunningham 1953, Burton 1956). Keltakoivun luontainen uudistaminen onnistuu tyydyttävästi vain pieniä hakkuuaukkoja tai suojuspuustoa sekä maanpinnan laikutusta apuna käyttäen (Godman & Krefting 1960, Perala 1988).

Valkokoivutukista peräti 42 % on Alaskassa, 34 % koillisvaltioissa ja 23 % järvivaltioissa, ja sen laatu on huomattavasti keltakoivutukia huonompi (Brisbin & Sonderman 1973). Avohakkuun tai metsäpalon jälkeen valkokoivu uudistuu luontaisesti hyvin. Suurille, kesäkuukausien aikana hakattaville alueille on syytä jättää siemen- ja suojuspuita tai käyttää kaistalehakkuuta (Saf-ford 1983, Perala 1988, Perala & Alm 1989).

Haapatukista on järvivaltioissa 50 %, Kalliovuorilla ja Alaskassa 38 % ja koillisvaltioissa 8 % (Perala & Carpenter 1985). Haavan vallitseva uudistamismenetelmä on avohakkuu ja luontainen

uudistaminen juurivesoista, jolloin hehtaarille saattaa syntyä 5000 - 30 000 ensimmäisenä vuonna jopa 1,5 m:n pituuskasvuun yltävää tainta (Perala & Carpenter 1985). Yhdestä emopuusta voi syntyä 6000 juurivesaa jopa 30 m:n etäisyydelle kannosta (Zak 1990). Parhaiden haapojen hakkaamista suositellaan ensin hyvälaatuisten vesojen synnyttämiseksi ja huonojen vasta myöhemmin, kun uudet vesat tukehtuvat entisten varjostukseen (Steneker 1974, Brinkman & Roe 1975, Jones 1976, Zak 1990). Kiintoisaa on, että vesasyntyisten puiden lahoherkkyyttä ei tunnuta pelättävän. Viime vuosina eräät metsäyhtiöt ovat alkaneet perustaa lyhytkiertoviljelmiä hyväkasvuisista haapaklooneista. Esim. Minnesotassa arvioidaan ensimmäistä puusukupolvea seuraavassa vesa-metsässä päästävän parhaimmillaan 15-20 m³:n vuotuisen keski- kasvuun hehtaarilla 20-25 vuoden kiertoajalla (Perala suull.). Haavan siemensyntyinen uudistuminen on runsaasta siemensadosta huolimatta epätavallista (Perala & Carpenter 1985).

Mainittakoon, että Kanadassa on vielä huomattavasti runsaammat koivu- ja haapavarat kuin Yhdysvalloissa: keltakoivutukkia on kolme, valkokoivutukkia lähes kuusi ja haapatukkia kaksi kertaa enemmän kuin Yhdysvalloissa (Keays 1972, Brisbin & Sonderman 1973). Hajanainen sijainti haittaa kuitenkin olennaisesti niiden hyödyntämistä (Neilson 1975).

Koivun ja haavan metsätaloudellista asemaa Yhdysvalloissa voidaan parhaiten arvioida Michiganin, Minnesotan ja Wisconsinin muodostaman suurten järvien alueen puitteissa. Se on täällä koivun ja haavan päälevinneisyysaluetta, ja sieltä on saatavissa hyvät metsätilastot (Martodam 1982a, White birch... 1984, Gray ym. 1986, Minnesota aspen... 1986, Grow with... 1987). Rajaus myös helpottaa vertailua Suomeen (Metsätilastollinen... 1989), koska ilmasto-olosuhteet ovat alueilla samankaltaiset.

Metsätaloudella ja -teollisuudella on runsaiden metsävarojen ansiosta merkittävä asema järvivaltioden talouselämässä. Puuntuotannon piirissä on kaikkiaan 19 milj. ha metsää eli vajaat 3 milj. ha vähemmän kuin Suomessa. Lehtipuuvaltaisia näistä on 14 milj. ha, eli suhteellisesti enemmän kuin missään muualla Yhdys-

valloissa, kun niitä Suomessa on vain vajaat 2 milj. ha. Haapa- ja valkokoivuvaltaisia metsiä on yhteensä 6,0 milj. ha ja vaah- tera-keltakoivu-lehmussekametsiä 4,4 milj. ha. Niiden puuvaras- to on 342 ja 382 milj. m³ - siis vain 61 ja 87 m³/ha - kun vas- taavat luvut ovat Suomen lehtipuuvaltaisissa metsissä 122 milj. m³ ja 78 m³/ha. Luvut antavat selvän kuvan järvivaltioiden leh- timetsien tilasta: harvennuksia ei ole tehty, puut ovat pieniä ja varsinkin haapa-valkokoivumetsien ikäluokkarakenne painottuu nuoriin metsiin. Erityisesti metsäpaloalueille syntyneet haavi- kot ja valkokoivikot ovat saaneet kehittyä luonnontilaisina.

42. Hakkuumäärät

Yhdysvalloissa hakataan vuosittain enemmän puuta kuin missään muussa maassa. Vuonna 1986 kokonaishakkuut olivat 508,5 milj. m³ (kuoretta), josta ainespuuta oli 77 % ja polttopuuta 23 % (Past, present... 1987). Hakatusta lehtipuusta polttopuuta oli lähes puolet. Lähes kaikkien puulajien käyttöpuun hakkuut ovat olleet pääsääntöisesti kasvua pienempiä (luku 41). Esim. järvival- tioissa lehtipuun nettokasvu ylitti vuonna 1979 hakkuupoistuman lähes 40 %:lla ja havupuun nettokasvu vastaavasti 30 %:lla (Ja- kes 1981).

Hyvälaatuinen, järeä keltakoivu on haluttua viilu-, vaneri- ja huonekaluteollisuuden raaka-ainetta. Myös järeän valkokoivunkin käyttö saha- ja huonekalupuuna on laajenemassa. Parasta lehti- puutukkaa myös viedään amerikkalaisten saha- ja vaneriteollisuu- den yhteistyöjärjestöjen estelypyrkimyksistä huolimatta Kauko- Itään, etupäässä Indonesiaan, Thaimaahan ja Singaporeen. Koko Yhdysvalloissa hakattiin koivua 1960-luvun lopulla 440 000 m³ sahatukeiksi ja 340 000 m³ vaneritukeiksi, joista molemmista ryhmistä valtaosa oli keltakoivua (Brisbin & Sonderman 1973). Vaneritukeista 85 % tuli koillis- ja 15 % järvivaltioista.

Koivukuitupuulle, joka kaikki menee sellu- ja kartonkiteollisuu- den käyttöön, ei ole riittävästi kysyntää. Esimerkkeinä mainit- takoon, että vuonna 1960 koivukuitupuun hakkuut olivat koko Yh-

dysvalloissa vain 900 000 m³ (Brisbin & Sonderman 1973) ja vielä vuonna 1985 esim. Minnesotassa käytettiin vain vajaat 30 % kaikista koivun hakkuumahdollisuuksista (Minnesota aspen... 1986). Kuvaavaa on, että haapa-valkokoivumetsien hakkuissa on edelleen yleistä jättää koivut kokonaan korjaamatta (Perala suull.). Merkkejä koivun kysynnän vilkastumisesta on kuitenkin havaittavissa (Interesting times... 1990). Erityisesti haapapulan uhkaama wafer- ja OSB-levyteollisuus tutkii aktiivisesti mahdollisuuksia käyttää mm. valkokoivua sekapuuna haavan joukossa (Creating a new... 1982, Gertjejansen & Hedquist 1982). Alaskan runsaat valkokoivuvarat ovat toistaiseksi hyödyntämättä syrjäisen sijainnin ja jalostuskapasiteetin puutteen vuoksi. Tietävästi ainakin eräs suomalainen vanerin valmistaja on tutkinut tuotantomahdollisuuksia täällä.

Haapaa hakattiin teollisuuskäyttöön koko Yhdysvalloissa 1980-luvun alkupuolella 8 milj. m³/a, josta kuitupuuta oli 6,5 ja saha- ja vaneripuuta 1,5 milj. m³ (Perala & Carpenter 1985). Tämän lisäksi huomattava määrä haapaa on käytetty vuosittain poltto- puuna (Perala suull.). Viimeisen 10 vuoden aikana haavan, aikaisemmin erään hyljeksityimmän puulajin, käyttö jatkuvasti laajenevassa wafer- ja OSB-levyteollisuudessa on johtanut alati laajeneviin hakkuisiin ja jopa pelkoon raaka-aineen niukkuudesta viimeistään vuonna 2010 (Einspahr 1974, Shands & Dawson 1984, Perala suull.). Minnesotassa käytettiin vuonna 1985 jo 84 % haavan hakkuumahdollisuuksista (Minnesota aspen... 1986) ja järvivaltioissa hakattiin haapakuitupuuta jo lähes 9 milj. m³ vuonna 1987 (Blyth & Smith 1989). Toisaalta kehityksestä on ollut seurauksena saha- ja vaneripuuksi kelvollisen haavan lisääntyvä käyttö kuitupuuna. Esim. vuonna 1975 kahden minnesotalaisen kokorunkoterminaalin haapatuotannosta sahatukkeja oli vain 13 % - minkä osuuden arvioidaan 1980-luvulla edelleen alentuneen - , vaikka puutavaran järeys ja laatu olisivat antaneet mahdollisuuden 22-30 %:n osuuteen (Sibal & Bowyer 1983).

43. Puun hinta

Raakapuun hinnanmuodostuksen periaatteet ovat Yhdysvalloissa olennaisesti erilaiset kuin Pohjoismaissa. Ratkaiseva tekijä sekä pitkällä että lyhyellä aikavälillä on kysynnän ja tarjonnan todellinen suhde, koska ankara kartellilainsäädäntö kieltää puunhintaneuvottelut ostajien ja myyjien yhteistoimintajärjestöjen välillä. Tämän takia puun hinta vaihtelee nopeasti ja voimakkaasti markkinatilanteen mukaan. Puukauppa on yleensä kaksivaiheista: korjuusta ja kuljetuksesta vastaava urakoitsija ostaa leimikon omiin nimiinsä pystykaupalla ja myy ja toimittaa puun edelleen mahdollisesti useille eri tehtaille. Tämän takia metsäteollisuus käsittelee kirjanpidossaan ja tilastoissaan lähinnä vain tehdashintoja.

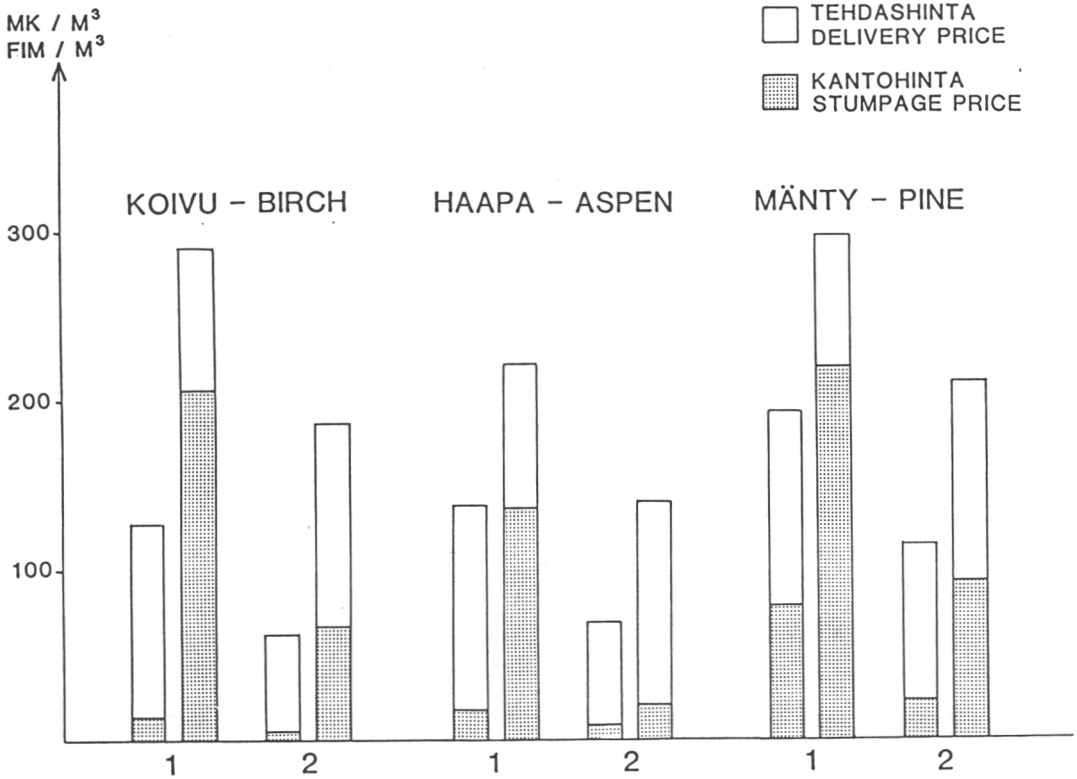
Taulukko 5. Koivun ja haavan tehdashintoja Yhdysvalloissa (Wisconsin) ja Etelä-Suomessa vuonna 1987 (1 US\$ = 4.404 mk) (Pölkki 1986, Metsätilastollinen... 1989, U.S. Forest... 1988, Suomen Pankki suull.).

Table 5. Delivery prices of birch and aspen timber in the United States (Wisconsin) and in Southern Finland in 1987 (1 US\$ = 4.404 FIM) (Pölkki 1986, Metsätilastollinen... 1989, U.S. Forest... 1988, Suomen Pankki suull.).

Puulaji - Tree species Puutavaralaji - Assortment	Yhdysvallat United States	Etelä-Suomi Southern Finland
	Tehdashinta, mk/m ³ Delivery price, FIM/m ³	
Koivu - Birch		
Vaneritukit (keltakoivu) Veneer logs (yellow birch)	330	305
Sahatukit (keltakoivu) Saw logs (yellow birch)	135	305
Kuitupuu Pulpwood	60	190
Haapa - Aspen		
Vaneritukit Veneer logs	215	220
Sahatukit Saw logs	105	220
Kuitupuu Pulpwood	70	190

Puun hintataso on Yhdysvalloissa tunnetusti huomattavasti alhaisempi kuin Suomessa (esim. Heikkerö 1986, Eeronheimo 1987, Jaakko Pöyry Oy 1990). Taulukossa 5 on esitetty arvio tärkeimpien koivu- ja haapapuutavaralajien tehdashinnoista Wisconsinissa ja Etelä-Suomessa vuonna 1987. Wisconsinin tehdashinnat ovat tehtaiden todellisia puukustannuksia tehtaan portilla (U.S. Forest Facts 1988), kun taas Etelä-Suomen tehdashinnat on määritetty laskemalla yhteen ko. puutavaralajin keskimääräinen hankintahinta, välittömät kuljetuskustannukset metsäteollisuuden omissa kotimaisen raakapuun kaukokuljetuksissa ja arvioidut hankinnan yleiskustannukset, 20 mk/m³ (Pölkki 1986, Metsätilastollinen ... 1987). Erityisesti keltakoivulla tukkien laatu ja käyttötarkoitus vaikuttavat paljon maksettavaan hintaan, mikä selittää vaneritukkien korkean tehdashinnan jopa keskimäärin laskettuna. Valkokoivu on keskimäärin puolet keltakoivua halvempaa (Perala suull.). Haapa on kysynnän vilkastumisesta huolimatta edelleen kohtalaisen halpaa metsäteollisuuden raaka-ainetta, joskin ero muihin puutavaralajeihin kaventuu koko ajan.

Useimmilla tuotantolaitoksilla on kiinteät tehdashinnat, mutta osa tehtaista on porrastanut hinnat kaukokuljetusmatkan mukaan. Kantohinta määräytyy korostetusti jäännöserähinnoittelun mukaisesti. Kuvassa 4 on esitetty koivun, haavan ja männyn tukkien ja kuitupuun tehdas- ja kantohinnat Minnesotassa ja Etelä-Suomessa vuonna 1985 samalla periaatteella laskettuna kuin tehdashinnat taulukossa 5. Amerikkalaisen puunmyyjän koivusta ja haavasta saama kantohinta on laadukkaita vaneri- ja sahatukkeja lukuun ottamatta vain 10-15 % tehdashinnasta. Männyllä osuus on 25-40 %, sekin joka tapauksessa olennaisesti alhaisempi kuin Suomessa. Useimmissa tapauksissa amerikkalaiset tehdashinnat ovat suomalaisia kantohintoja alhaisempia. Suomen ja Yhdysvaltain välisiä puun hintavertailuja kuvan 4 perusteella tehtäessä on huomattava tarkasteltavan vuoden poikkeuksellisen korkea valuuttakurssi Suomen markan ja US-dollarin välillä. Nykyisellä valuuttakurssilla (alle 4 mk/US\$) erot Suomen ja Yhdysvaltain välillä ovat vielä huomattavasti esitettyjä suuremmat.



Kuva 4. Koivun, haavan ja männyn keskimääräiset tehdas- ja kantohinnat Yhdysvalloissa (Minnesota) (vasemmanpuoleiset pylväät) ja Etelä-Suomessa (oikeanpuoleiset pylväät) vuonna 1985, 1 = tukit, 2 = kuitupuu. (Yksi US\$ = 6.206 mk). (Metsätilastollinen... 1986, Minnesota... 1986, Pölkki 1986, Suomen Pankki, suull.).

Figure 4. The average delivery and stumpage prices of birch, aspen and redpine timber in Minnesota (pillars at left) and in 1985, 1 = saw and veneer logs, 2 = pulpwood. (One US\$ = 6.206 FIM). (Metsätilastollinen... 1986, Pölkki 1986, Finland's National Bank, a personal communication).

1980-luvulla useimpien puutavaralajien hinnat ovat kysynnän vilkastuttua kääntyneet selvään nousuun. Esim. haapakuitupuun kantohinta on Minnesotassa viisinkertaistunut vuosina 1984-89 (Perala suull.) poljettuaan paikallaan koko 1960- ja 1970-luvun (Lothner ym. 1982). Valkokoivutukkien ja -kuitupuun tehdashinta puolestaan nousi Minnesotassa vain 5-7 % vuosina 1980-85 (Minnesota aspen... 1986). Liittovaltion metsähallinto on saanut Wisconsinissa sahatukeistaan 60 % ja kuitupuustaan 75 % paremman kantohinnan vuonna 1989 kuin vuonna 1987 (Interesting Times ... 1990).

5. JÄREÄN KOIVU- JA HAAPAPUUN KÄYTTÖ

51. Viilu- ja vaneriteollisuus

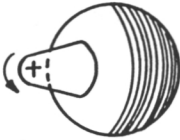
Viilu- ja vaneriteollisuudella on Yhdysvalloissa, kuten muualakin maailmassa, paras puustamaksukyky. Tämä metsäteollisuuden ala on myös eniten riippuvainen hyvälaatuisen raaka-aineen saannista. Tuotanto käsittää runsaasti kalliita, varsinkin lehtipuista valmistettavia erikoistuotteita, minkä takia hyvälaatuisista tukeista maksetaan jopa monikymmenkertainen hinta keskilatuisiin tukkeihin verrattuna.

Vaneritukkien mitta- ja laatuvaatimukset ovat Pohjois-Amerikassa huomattavasti ankarammat kuin Suomessa. Tämä johtuu jopa tuhlaamiseen asti riittäneistä raaka-ainevaroista, pyrkimyksestä välttää huonolaatuista viilua tuottavia rungonosia sekä vanhanaikaisesta ja massiivisesta tuotantotekniikasta. Ankarat laatuvaatimukset ovat taanneet hyvän raaka-aineen käytön hyötysuhteen. Esim. eräällä wisconsinilaisella viilutehtaalla keskimääräinen kuivan viilun saanto on amerikanpunatammaa ja kelta- ja valko-koivua sorvattaessa noin 60 %, kun se suomalaisilla koivuvaneritehtailla on 40-45 % (esim. Verkasalo 1987). Ihanteellisena vaneritukin läpimittana pidetään viilun sorvauksessa 35 cm, tangentin suuntaisessa leikkauksessa 45 cm ja säteensuuntaisessa leikkauksessa 60 cm (Lutz 1978). Muita ihannetukin ominaisuuksia ovat sylinterimäinen muoto, täysin keskinen ydin, kaikista

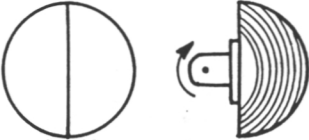
SORVAUS - LATHE



A. Rotary
Keltakoivu-Yellow birch



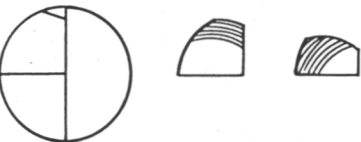
B. One-half round
Punatammi-Red oak



C. One-half round
Kiiltotuomi-Black cherry



D. Back cut
Palsanteri-Rosewood



E. Rift cut
Valkotammi-White oak

LEIKKAUS - SLICER



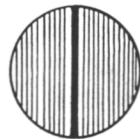
F. Flat sliced
Mustapähkinäpuu-Walnut



G. Quarter sliced
Primavera



H. Rift sliced
Valkotammi-White oak



I. Whole log (flat sliced)
Haapa-Aspen



J. 1. Flat sliced
2. Back cut
3. Quarter sliced

Kuva 5. Viilun valmistuksen perusmenetelmät ja niille tyypillisiä lehtipuulajeja (Lutz 1978).

Figure 5. The basic veneer manufacturing methods and typical hardwood species used (Lutz 1978).

vioista ja vioituksista vapaat vaippa- ja katkaisupinnat, suora-
syinen puuaine sekä tasaisen ohuet, vähäisen puuaineen tiheyden
ja syykuvion vaihtelun mahdollistavat vuosilustot.

Periaatteelliset erot viilun valmistusmenetelmien välillä sekä
esimerkkejä niissä tyypillisesti käytetyistä lehtipuulajeista
ilmenevät kuvasta 5. Kaikkein arvokkain ja erityisen syykuvion
vaatima viilu, kuten paras kelta- ja tuomikoivuviilu, pyritään
valmistamaan leikkaamalla mikrohalkeamien ja pintakarkeuden
välttämiseksi ja mahdollisimman ohueksi kalliin raaka-aineen
säästämiseksi. Vähäarvoisemmat ja paksummat viilut esim. haa-
vasta ja valkokoivusta valmistetaan yleensä sorvaamalla.

Vaneritukkien minimimitta- ja laatuvaatimukset vaihtelevat puu-
lajin, tukkien alueellisen saatavuuden ja viime kädessä tehtaan
valmistustekniikan ja viilun käyttötarkoituksen mukaan. Koivu-
ja haapatukkien laatuluokittelua ja laatumaksutapaa varten ovat
ohjeita julkaisseet paitsi liittovaltion puuntutkimuslaboratorio
(A guide... 1965) myös koillis- ja järvivaltioiden vaneriteolli-
suuden yhteistoimintajärjestö Northern Hardwood and Pine Manu-
facturers Association (Official grading... 1968). Koivu- ja haa-
paviilun sorvauksessa tukin minimiläpimitta on nykyisin yleensä
noin 28 cm (Lutz 1978), kun se Suomessa on koivutukeilla 18 cm.
Tangentin- ja säteensuuntaisessa leikkauksessa minimiläpimitat
ovat suuremmat, 38 cm ja 53-56 cm, koska tukin kuoreton läpimit-
ta määrää täysin suurimman mahdollisen viilun leveyden. Pölkyn
pituus, jonka mukaan tukin vähimmäispituus määräytyy, on viilun
sorvauksessa yleensä 2,44 m, joskus 3,05 m (Suomessa koivupöl-
leillä 1,3 ja 1,6 m) ja viilun leikkauksessa 3,66 tai 4,88 m.
Lisäksi on rajoituksia tukin lenkouden ja kapenemisen, oksikkuu-
den, korojen, halkeamien sekä laho- ja hyönteisvikojen esiinty-
misen sekä puuaineen värin suhteen. Yleissuuntauksena viimeisten
20 vuoden aikana on ollut vaneritukkien laatuvaatimusten lieven-
tyminen.

Esimerkkinä koivuvaneritukkien laatuluokittelusta viilun sorva-
usta varten mainittakoon seuraava, erään wisconsinilaisen vane-
ritehtaan käyttämä kolmiluokkainen asteikko:

Laatu- luokka	Läpimitta, cm	Sallitut pintaviat (oksat, korot, halkeamat)
A	35,6+	Ei sallita
B	33,0 - 35,5	Yksi sallitaan, kuitenkin kahden samalla keskiakselin suuntaisella suoralla sijaitsevan pintavian katsotaan vastaavan vaikutukseltaan yhtä pintavikaa.
C	27,9 - 32,9	Kaksi sallitaan

Taulukossa 6 on vertailtu amerikkalaisten ja suomalaisten koivu- ja haapavaneritukkien viilun saantoon vaikuttavia ulkoisen laadun tunnuksia ja taulukossa 7 viilun laatuun vaikuttavia sisäisen laadun tunnuksia. Kelta- ja tuomikoivutukit ovat sekä järeydeltään että runkomuodoltaan ylivertaista viilun raaka-ainetta sekä muiden pohjoisamerikkalaisten että suomalaisten koivulajien tukkeihin verrattuna. Mielenkiintoista on, että alaskanvalkokoivutukit katsotaan vähäisestä järeydestään huolimatta riittävän hyvämuotoisiksi viilun sorvausta varten. Harmaa- ja varsinkin mustakoivutukit ovat paitsi pieniä myös mutkaisia, lähes aina viilun valmistukseen kelvottomia. Suomalaisten koivutukkien keskimääräinen järeys ja muoto ovat kelta- ja valkokoivutukkien välillä. Rauduskoivutukit lienevät lähellä keltakoivusta saatavia ja hieskoivutukit lähellä valkokoivusta saatavia (vrt. esim. Heiskanen 1958, Verkasalo 1987, 1990).

Koivulajien paremmuusjärjestys on vaneritukkien puuaineen laadun suhteen suunnilleen sama kuin niiden ulkoisen laadun suhteen. Kelta- ja tuomikoivutukkien ainoita merkittäviä vikoja ovat rungon katkonnan jälkeen tapahtuvasta kasvujännitysten laukeamisesta aiheutuvat päähalkeamat ja vaihtelevissa määrin esiintyvä runkolaho. Valkokoivulla ja alaskanvalkokoivulla varsinkin oksaviat mutta myös sydänpuun lahoviat heikentävät oleellisesti viilun laatua. Tukin sisäisen laadun suhteen suomalainen rauduskoivu lienee paremmin rinnastettavissa keltakoivuun kuin tukin ulkoisen laadun suhteen. Sama rinnastus voitaneen tehdä hies- ja valkokoivun välillä. Amerikkalaisten ja suomalaisten haapatukkien järeys- ja muotoerot ovat merkityksettömiä viilun valmistuk-

Taulukko 6. Keskimääräisiä koivu- ja haapavaneritukkien ulkoisen laadun tunnuksia Yhdysvalloissa ja Suomessa (Lutz 1975, Heiskanen & Salmi 1976, Kärkkäinen & Salmi 1978).
 Table 6. Average external quality factors of birch and aspen veneer logs in the United States and Finland (Lutz 1975, Heiskanen & Salmi 1976, Kärkkäinen & Salmi 1978).

Puulaji Tree species	Läpimitta, cm Diameter, cm	Suhteellinen laatu Relative quality		
		Ytimen keskisyys Eccentricity	Lenkous Sweep	Kape- neminen Taper
Keltakoivu Yellow birch	30 - 60	A	A	A
Valkokoivu White birch	25 - 35	B	B	B
Tuomikoivu Sweet birch	30 - 45	A	A	A
Mustakoivu River birch	30 - 40	B	C	B
Harmaakoivu Gray birch	20 - 25	A	C	B
Alaskanvalkokoivu Alaskan white birch	20 - 25	A	A	A
Amerikanhaapa Quaking aspen	25 - 35	A	B	A
Isohampainen haapa Bigtooth aspen	25 - 35	A	B	A
.....				
Suomalainen koivu Finnish birch	22	A	B	A
Suomalainen haapa Finnish aspen	25	A	B	A

Laatu: A = hyvä - good
 Quality: B = tyydyttävä - satisfactory
 C = heikko - poor

sen kannalta. Myös runsaanpuoleinen oksaisuus ja lahoisuus, samoin kuin tukin päiden vähäinen alttius halkeilla, lienee suunnilleen samalla tasolla molemmissa maissa.

Kirjallisuudesta löydettävät tiedot Yhdysvaltain viilu- ja vaneriteollisuuden tuotevalikoimasta ja puuraaka-aineista ovat suhteellisen vanhoja, ollen peräisin 1940-70-luvuilta. Ottaen huomioon tämänjälkeinen tuotekehitystyö, mitä lienee tehty lähinnä metsäyhtiöiden omaan käyttöön, tässä esitettävät tiedot saattavat olla puutteellisia, jopa hieman vanhahtavia.

Taulukko 7. Eri-laisten vikojen esiintyminen koivu- ja haapavaneritukeissa Yhdysvalloissa ja Suomessa (Heiskanen 1966, Lutz 1975, Kärkkäinen ja Salmi 1978).
 Table 7 Occurrence of different defects in birch and aspen veneer logs in the United States and Finland (Heiskanen 1966, Lutz 1975, Kärkkäinen ja Salmi 1978).

Puulaji Tree species	Päähäl- keamat End splits	Runko- laho Decay	Oksikkuus Knottiness	SYY- kuvio Seams	Reaktio- puu wood Reaction	Vika - Defect Hyönteis- viiat Insect attacks	Linnun- silmat Bird pecks	Kuori- taskut Bark pockets	Vesi- silo Wet- wood	Väri- vika Stain
Keltakoivu Yellow birch	B	B-C	B	B	A	B	A	A	A	
Valkokoivu White birch	B	C	B	B	B	B	A	A	A	
Tuomikoivu Sweet birch	B	B	B	B	A	B	A	A	A	
Alaskanvalkokoivu Alaskan white birch	B	C	C	B	B	B	A	B	B	
Mustakoivu River birch	B	B	B	B	B	..	..	B	B
Harmaakoivu Gray birch	..	B	C	B	B	B	B	A	C	
Amerikanhaapa Quaking aspen	A	C	B-C	A	C	B	B	A	C	
Isohampainen haapa Bigtooth aspen	A	C	B-C	A	C	B	B	A	C	
Suomalainen koivu Finnish birch	B	B	B	B	A	B	A	A	A	
Suomalainen haapa Finnish aspen	A	C	B	A	C	B	A	A	C	

Vian esiintyminen - Occurrence of defect:
 A = puulaji sopii hyvin viilun valmistukseen - species property very suitable for veneer manufacture
 B = puulaji sopii tyydyttävästi viilun valmistukseen - rating, intermediate
 C = puulaji sopii huonosti viilun valmistukseen - rating, less desirable for veneer

Lutz (1975) luokittelee viilu- ja vanerituotteet, joita pohjois-amerikkalaisista lehtipuulajeista voidaan valmistaa, seitsemään ryhmään tuotteen arvon ja raaka-aineen laatuvaatimusten mukaan:

1. Puusepänteollisuuden koristepinnoitusviilu
2. Esiviimeistellyt seinäpaneelit
3. Huonekalut
4. "Suomalainen" ristivaneri ("Finn-ply")
5. Rakennevanerit
6. Kuormalavat
7. Pakkauslaatikot

Koristepinnoitusviilu on näistä ehdottomasti arvokkainta. Eri-tyisen haluttuja puulajeja tähän tarkoitukseen ovat mustapähkinäpuu, kiiltotuomi, sokerivaahtera, pekaani ja punasävyiset tammilajit. Koivulajeista ainoita kelvollisia - mutta sitäkin haluttomia - ovat kelta- ja tuomikoivu, joiden luontainen väri ja syykuvio ovat selvä etu näkyvissä pinnoissa. Koristepinnoitusviilu valmistetaan halkeilun välttämiseksi aina leikkaamalla (Holmes 1949, Fleischer & Lockard 1955, Haskell 1957, Lutz 1978). Viilupaksuus on vielä nykyisinkin yleensä 0,5-0,9 mm, joskin uusimmilla japanilaisvalmisteisilla koneilla on mahdollista päästä jopa 0,3 mm:n viilupaksuuteen. Motiivina on luonnollisesti raaka-aineen säästäminen. Tukeilta vaaditaan yleensä vähintään 38 cm:n läpimitta ja täysin virheetön vaippapinta (Lutz 1975). Tällaista koivuraaka-ainetta on yhä vähemmän Yhdysvaltain metsissä, minkä vuoksi tuotanto on raaka-aineen käytön tehostumisesta sekä Kanadasta tapahtuvasta tuonnista huolimatta lievässä laskussa. Koristepinnoitusviilun käyttökohteita ovat mm. huonekalut, säleövet ja keittiökalusteet.

Esiviimeistellyt seinäpaneelit ovat suurin lehtipuuviilun käyttökohde. Viilua valmistetaan tähän tarkoitukseen paitsi leikkamalla myös sorvaamalla, jolloin tosin päästään vain 0,8 mm:n viilupaksuuteen (esim. Feihl 1964). Pintaviiluun käytetään kelta- ja tuomikoivun lisäksi parasta valkokoivua. Pintaviilutu-keissa sallitaan jonkin verran pieniä oksia, pintakyhmyjä, pihkavuotoja sekä hyönteis- ja värivikaa pieninä juovina (Lutz

1975). Väliwiiluun käytetään ulkonäöltään ja lujuudeltaan vaatimattomampia puulajeja, esim. Coloradossa ja Minnesotassa haapaa. Raaka-aineelta vaaditaan hyvän liimattavuuden lisäksi keveyttä, vähäistä kutistumista kuivattaessa, suorasyisyyttä ja homogeenista syykuviota. Kilpailu Yhdysvaltain seinäpaneelimarkkinoilla tulee lähinnä trooppisten puulajien, kuten lauanin, ja halvasta kotimaisesta raaka-aineesta tehdyn, pintakuvioidun ja päällystetyn vanerin sekä muiden puulevyjen taholta (Lutz 1975).

Huonekaluvanerissa käytettävät viilut tehdään yleensä sorvaamalla. Raaka-aine ja sen laatuvaatimukset ovat muuten samat kuin seinäpaneeleissa, mutta tukin vaippapinnasta on enää kolmen neljäsosan oltava virheetöntä (Lutz 1975). Erikoisuutena voidaan mainita haavasta ja muusta vähäarvoisesta lehtipuusta valmistettavat, esim. koulujen ja lastentarhojen vanerihuonekalut, joiden käyttöiän ei tarvitse olla pitkä. Sorvauksessa jäävistä, yleisesti 15 cm paksuista purilaista voidaan sahata huonekalujen massiivipuuosien aihioita (Coastland mill... 1989). Riittävän laadukasta haapatukkia on ainakin järvi- ja järvialueilla saavutavissa, ja siitakin vaneritehtaat joutuvat kilpailemaan sahojen kanssa (Leach & Gillies 1972).

"Suomalaiseksi" kutsutun ristivanerin tuotanto on Yhdysvalloissa tuskin alkuvaiheessaan. Tähän tuotantomuotoon sopivia, nykyisin vähän hyödynnettyjä raaka-ainevaroja on mm. järvi- ja järvialueiden ja Alaskan valkokoivumetsissä sekä etelävaltioiden tammia, vaahteroita, pyökkiä, hikkoria, tulppaanipuuta ja amerikanambrapuuta kasvavissa lehtisekametsissä (Lutz 1975). Ristivanerilla ymmärretään Yhdysvalloissa suhteellisen automatisoiduilla tuotantolinjoilla totuttua pienemmistä ja lyhyemmistä, huonolaatuisista pölkkyistä sorvattavista viiluista (paksuus 1,58 mm) oksaiset paikkaamalla ja liimaamalla valmistettavaa paksua vaneria (Lutz 1972, 1975). Suomalaisesta näkökulmasta katsottuna tällöinkin työskennellään vielä varsin järeän raaka-aineen kanssa: tukin vähimmäispaksuudeksi mainitaan 28 cm (Lutz 1975), kun se Suomessa on 18 cm. Muuten tukin ei amerikkalaisten käsitysten mukaan tarvitsisi olla laadullisesti juuri suomalaisia vaneritukkeja

parempaa: tukissa oletetaan voitavan hyväksyä 2,5-3 cm paksuja kuolleita oksia, kyhmyjä ja värivikaa ja tukin pinnasta vain 20 % tulee olla vapaata vioista.

Yhdysvalloissa pidetään "suomalaisen" ristivanerin pääkäyttökohteenä keittiö- ym. kalusteita. Lehtosen (1988) arvion mukaan suomalaistyyppisen koivuvanerin suurimmat potentiaaliset markkinat Yhdysvalloissa ovat kuitenkin kuljetusvälineteollisuudessa konttien ja perävaunujen lattioissa. Huomautettakoon, että nykyisin Suomen vaneriteollisuuden tuotannosta menee 45 % rakennusteollisuudelle betonointi- ja yleislevyiksi, 30 % kuljetusvälineteollisuudelle ja 25 % muille käyttöaloille (Suonranta 1989). Viime vuosikymmenen vilkas sorvaus- ja kuivaustekniikan parantamiseen tähtäävä tutkimustoiminta (mm. Fronczak 1980, Loehnertz 1982, Wellons ym. 1983, Robinson 1984, Thompson 1985, Baldwin 1987, Bole 1987, Himaya 1987, Spelter & Sleet 1989) on merkinä siitä, että Yhdysvaltain vaneriteollisuudessa varaudutaan pienten ja huonolaatuisten pölkkyjen sorvaukseen.

Rakennevanerille asetettavia vaatimuksia ovat hyvä lujuus ja jäykkyys, kohtuullinen paino ja hyvä liimattavuus. Nämä ominaisuudet saavutetaan käytettäessä douglaskuusta tai useita etelänmäntylajeja, joista valtaosa Yhdysvaltain rakennevanerista tehdään. Keskiraskaita lehtipuita, joiden tiheys on vähintään 410 kg/m³, voidaan käyttää havupuun korvikkeena. Nykyinen käyttö, joka käsittää mm. amerikanambrapuuta ja haapaa, on vähäistä varsinkin raaka-ainevaroihin nähden. Ongelmana haavan käytössä on pohjoisamerikkalaisia havupuita huonompi sorvaussaanto sekä osin lujuusominaisuuksien riittämättömyys (Lutz 1975). Yhdysvaltain viisiluokkaisessa, levyrakenteen lujuuden ja jäykkyyden mukaisessa rakennevaneristandardissa haapa kuuluu luokkaan IV, kun kelta- ja tuomikoivu kuuluvat luokkaan I ja valkokoivu luokkaan III (Industrial plywood... 1974). Riittävä lujuus ja kohtuullinen paino voidaan saavuttaa tekemällä keskiviilut haavasta ja pintaviilut esim. tammesta tai hickorista (Lutz & Jokerst 1974, Jokerst 1985). Rakennevaneritukilta edellytetään 28 cm:n pak-

suutta ja siinä voidaan hyväksyä jopa 8 cm:n paksuisia oksia, halkeamia, värivikaa ja lisäksi kovaa lahoa, kunhan pölkky pysyy sorvin karojen välissä (Lutz 1975).

Rakennevanerin käyttökohteita ovat ennen kaikkea pohjalattiat ja -katot, väliseinät, betonivalumuotit ja päällystetyt seinäpaneelit. Sorvatuista haapaviiluista tehtyä vaneria käytetään jonkin verran väliseinissä (Perala & Carpenter 1985) sekä erityisesti joustavien vinyylimuovi-, kumi- ja linoleumlattiapäällysteiden pohjarakenteena (Lutz 1972). Haapaviilua voidaan käyttää menestyksellisesti myös muiden materiaalien, kuten lastu- ja kovalevyn ja kartongin yhteydessä (Plywood's future... 1974, Lutz 1975, Heyne 1976). - Yhdysvaltain tapaan myös Kanadassa ja Keski-Euroopassa haavasta valmistetaan rakennevaneria (Maisenbacher 1970, Armson & Smith 1977). Suomessakaan haapavaneri ei ole täysin tuntematonta: esim. vuonna 1938 sitä tehtiin noin 1 300 m³ (Vesterinen 1944) ja nykyisinkin ainakin yksi vaneritehdas tekee pieniä määriä kuusi-haapa-rakennevaneria, jossa haapaväliviilujen tarkoituksena on parantaa rakenteen joustavuutta (Ekström 1989). Itse asiassa järeä, lahoton haapa voi Suomessakin olla varteenotettava vaneripuuhin suhteellisen hyvän viilusaantonsa (esim. Feihl 1958) ja kuuseen verrattavien lujuusominaisuuksiensa ansiosta, joskin epätasainen kosteus voi olla ongelmallista viilun kuivauksessa.

Uusista rakennevanerituotteista, joissa voidaan käyttää haapaa, ansaitsevat maininnan viilupuupalkki (LVL), joka Suomessa tunnetaan kertopuuna, COFI-kattolevy ja useat yhdistelmävanerit. Viilupuupalkki valmistetaan liimaamalla jopa 6 mm paksuja kuivattuja ja viiluja päällekkäin puusyyt samassa suunnassa jopa 8 cm paksuksi levyksi (Ekström 1989). Rakenteella saavutetaan erittäin hyvä vetolujuus, jota tarvitaan rakennuspalkeissa (esim. pitkät kaarihallien kattokannat). Muita käyttökohteita ovat rakennustelineet ja liimapuupalkkien vahvisteet. Viilupalkkien valmistustekniikkaa ja lujuusarvoja alettiin Yhdysvalloissa tutkia 1960-luvun lopulla suurten sahatavaradimensioiden valmistukseen sopivien järeiden, hyvälaatuisten tukkien tarjonnan vähenemisen vuoksi. Ensimmäinen, tuotenimellä MICRO-LAM markkinoitavaa vii-

lupupalkkia valmistava kaupallinen yritys aloitti toimintansa Yhdysvalloissa vuonna 1972, Metsä-Serla Oy:n kertopuutehdas Suomessa puolestaan vuonna 1978 (Konkola 1986). Huonekaluteollisuudessa viilupuuta on käytetty jo vuosia taivutettujen huonekalunosien valmistukseen (Konkola 1986).

COFI-kattolevyt ovat 11 mm paksuja kolmikerrosvanerilevyjä, joista pohjakatto kootaan liittämällä levyt yhteen nuolenkärki-saumalla (COFI high... 1988). COFI-kattolevyrakenteen sanotaan olevan 60 % lujemman ja jäykemmän kuin amerikkalaisten rakennusstandardien mukaisen 9,5 mm paksun havuvanerirakenteen. Lisäksi pohjakaton rakentaminen COFI-levyistä on nopeaa ja levyjen paikallaanpysyvyys erinomainen. Yhdistelmävanerilevyjä, joiden keskiosa koostuu lastuista ja pinnat viiluista, on valmistettu jo 1950-luvulta lähtien. Fyysisiltä ominaisuuksiltaan lähellä vaneria olevan viilupinnoitetun OSB-yhdistelmälevyn, Plystranin, valmistus alkoi Yhdysvalloissa vuonna 1975 (Konkola 1986).

Suurin osa haapavanerista käytetään Yhdysvalloissa edelleen vähäarvoisempiin kuormalavoihin ja pakkauslaatikoihin. Erityisesti jälkimmäiseen tarkoitukseen se on keveytensä, vaalean värinsä, kellertymättömyytensä sekä hyvien pintapainatusominaisuuksiensa ansiosta haluttua (Lutz 1972). Kuormalavamarkkinoiden enustetaan kasvavan tulevaisuudessakin (The wooden pallet's... 1988), joten haapavanerilla on tässä suhteessa mahdollisuus säilyttää asemansa. Käyttö pakkauslaatikoihin on sen sijaan taantunut viimeiset 20 vuotta sekä Yhdysvalloissa että muualla maailmassa (Lutz 1975). Raaka-aineen käytännössä ainoat laatukriteerit ovat tyydyttävä suoruus ja niin paljon pehmeästä lahosta vaapaat sorvipölkyn päät, että pölkky pysyy sorvauksen ajan karojen välissä. Lutz (1975) on suositellut rakennusvaneritehtaille erityisiä kuormalavavanerilinjoja, joissa sorvattaisiin rakennusvanerin tuotantoon liian vikaiset ja lyhyet pölkkyt. Hannin ym. (1971) mukaan vähintään 40 cm paksuista ja 1,2 m pitkistä pölkkyistä on kannattavaa valmistaa laminaattikuormalavoja. Tämä "Press-Lam"-prosessi käsittää pölkkyjen sorvaamisen 0,6-1,3 mm paksuksi viiluksi, viiluarkkien kuivauksen kuumapuristimessa, liiman puristamisen kuumien viiluarkkien väliin ja viilupinkan

Taulukko 8. Pohjoisamerikkalaisten ja suomalaisten koivu- ja haapalajien soveltuvuus viilun ja vanerin raaka-aineeksi (Salmi 1977, 1978, Lutz 1978).

Table 8. Suitability of North American and Finnish birch and aspen for veneer and plywood timber (Salmi 1977, 1978, Lutz 1978).

Puulaji Tree species	Lopputuote - End product			
	Koriste- pinnoitus- viilu Decorative face veneer	Koriste- paneelien väliviilu Inner ply of deco- rative panels	Rakennus- vaneri Construc- tion plywood	Pakkaus- viilu ja -vaneri Container veneer and plywood
	Suhteellinen soveltuvuus Relative suitability			
Keltakoivu Yellow birch	A	B	B	B
Valkokoivu White birch	A-B	B	B	B
Tuomikoivu Sweet birch	A	B	B	B
Mustakoivu River birch	B	B	B	B
Harmaakoivu Gray birch	B	B	C	B
Alaskanvalkokoivu Alaskan white birch	A-B	B	B	B
Amerikanhaapa Quaking aspen	B	A	C	A
Isohampainen haapa Bigtooth aspen	B	A	C	A
.....				
Suomalainen koivu Finnish birch	A-B	B	B	B
Suomalainen haapa Finnish aspen	B	A	C	A

Suhteellinen soveltuvuus: A = Hyvin sopiva
Relative suitability: Well suited
B = Kohtalaisen sopiva
Intermediate
C = Yleensä huonosti sopiva
Generally not well suited

*

Sopii hyvin pohjalattiavaneriksi
Well suited for underlayment plywood (floors)

puristamisen laminaattilevyksi. Etuna on jopa 60 %:n vanerin saanto ja puuaineen vikojen jakaantuminen tasaisesti koko levyn alueelle, jolloin levy on lujuudeltaan homogeenista.

Taulukossa 8 on lopuksi tarkasteltu ylläolevan perusteella, miten hyvin pohjoisamerikkalaiset koivu- ja haapalajit soveltuvat erilaisiin viilu- ja vanerilopputuotteisiin. Kalleimpiin viilulaatuihin sopivat hyvin kelta- ja tuomikoivu, hyvälaatuinen valkokoivu ja alaskanvalkokoivu kuten myös hyvälaatuinen suomalainen koivu (lähinnä raudus). Normaalilaatuinen valkokoivu ja alaskanvalkokoivu sekä valtaosa suomalaisesta koivusta on parhaimmillaan kuljetusvälineteollisuudessa. Amerikkalaiset ja suomalaiset käsitykset koivun soveltuvuudesta rakennevaneriksi poikkeavat jonkin verran toisistaan. Päinvastoin kuin Suomessa, koivua ei Yhdysvalloissa pidetä erityisen hyvänä tähän tarkoitukseen, ilmeisestikin lähinnä painavuuden ja kilpailevien materiaalien, kuten eräiden havuvanerien ja puukomposiittilevyjen (luku 61) halpuuden vuoksi. Haavan oikea käyttökohde on paneelien ja rakennevanerien väliviiluna, pohjalattiavanerissa ja pakkausvanerissa.

52. Sahateollisuus

Yhdysvaltain sahatavaran tuotannosta on lehtipuutavaran osuus noin 15 % (Yearbook of... 1986). Osuus vaihtelee erittäin paljon alueittain: länsivaltioissa lehtipuuta sahataan vähän suhteessa ennen kaikkea järvi- ja koillisvaltioihin. Havupuuvarojen vähentyessä - jo nyt 20 % Yhdysvalloissa käytetystä havusahatavarasta tuodaan ulkomailta (Creating a New... 1982) - ja havusahatavaran hinnan noustessa koetaan koko Yhdysvalloissa tarpeelliseksi kehittää lehtipuun sahausta ja käyttöä eri tarkoituksiin (Loferski suull.). Mainittakoon, että Yhdysvaltain sahateollisuus suuntautuu vahvasti kotimarkkinatuotantoon. Vientin osuus on vain noin 5 % (Leppävuori 1984). Arvokkaimpia laatuja viedään suhteessa eniten.

Pääosa Yhdysvaltain sahatavaratuotannosta käytetään rakennuspuuna (Leppävuori 1984). Varsinkaan suhteellisen pieniläpimittaisia, keskiraskaita ja keveitä lehtipuita ei ole tällä käyttöalueella suosittu. Syynä ei ole niinkään lujuusominaisuuksien riittämättömyys kuin mitta- ja muotopysyvyysongelmat kuivauksessa. Lankkujen kieroutumistaipumuksesta aiheutuneet ongelmat on sittemmin pystytty ratkaisemaan "Saw-dry-rip"- eli SDR-tekniikan ansiosta, johon palataan tuonnempana.

Toiseksi tärkein sahatavaran loppukäyttäjä on - eurooppalaisesta näkökulmasta katsottuna varsin yllättäen - kuormalavateollisuus, jossa huonolaatuinen lehtipuutavara on halpuutensa ansiosta suosittua. Arvokkainta lehtipuutavaraa käyttävä huonekaluteollisuus ja vastaavasti kaikkein halvinta käyttävä pakkausteollisuus ovat määrällisesti vasta kolmannella ja neljännellä sijalla (Leppävuori 1984). Viime vuosina kolme sahatavaran käyttösektoria on kasvanut voimakkaasti Yhdysvalloissa: kuormalavat, keittiökalusteet ja kantavat rakenteet (Leppävuori 1984).

Koivulajeista ovat sahateollisuudessa suosituimmat kelta- ja tuomikoivu. Keltakoivu on eräs Yhdysvaltain tärkeimmistä huonekalu- ja puusepänteollisuuden raaka-aineista, josta valmistetaan mm. massiivipuisia huonekaluja, keittiökalusteita, ovenkahvoja, sisäverhoilupaneeleita ja säleovia (Brisbin & Sonderman 1973). Tuomikoivua käytetään lisäksi erityisesti mahongin ulkonäön jäljittelyssä, parketeissa, laivojen sisustuksessa ja soitimissa (Salmi 1977). Laadultaan huonommasta keltakoivusta tehdään esim. kaivospölkkyjä ja pakkauslaatikoita, aikaisemmin myös tynnyrilautoja (Brisbin & Sonderman 1973, Stone ym. 1984).

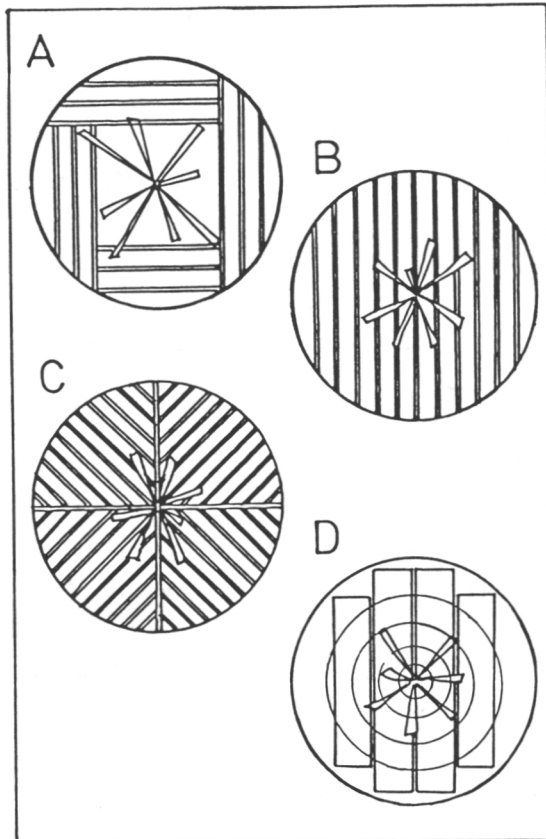
Esimerkin varsin kehittyneestä keltakoivun laatulähtöisestä lajittelusta sahaukseen tarjoaa eräs ylämichiganilainen laitos. Yhtiö hankkii kaiken tarvitsemansa raaka-aineen omista metsistään, jolloin sahalle voidaan ainakin periaatteessa hankkia juuri halutunlaatuista tukkia. Korjuu tapahtuu runkometelmää vähemmän käytetyllä tavaralajimenetelmällä tukit 3,66-5,49 m:n pituisiksi katkoen. Tukin vähimmäislatvaläpimitta on rungon laa-

dusta riippuen 25-33 cm. Tukit lajitellaan sahan varastoalueella kolmeen, määrältään suunnilleen yhtä suureen laatuluokkaan. Parhaat tukit myydään viilu- ja vaneritehtaille, keskilaatuiset tukit sahataan itse ja huonot tukit kuljetetaan seulotun sahanhakkeen - jossa kuorta sallitaan 2 % - lailla yhtiöön kuuluvalle massatehtaalte kuitutettavaksi. Sahattavat tukit lajitellaan edelleen käytettäväksi huonekaluteollisuuden sahatavaran, huonekaluaihioiden sekä kuormalava- ja lattialautojen valmistuksessa.

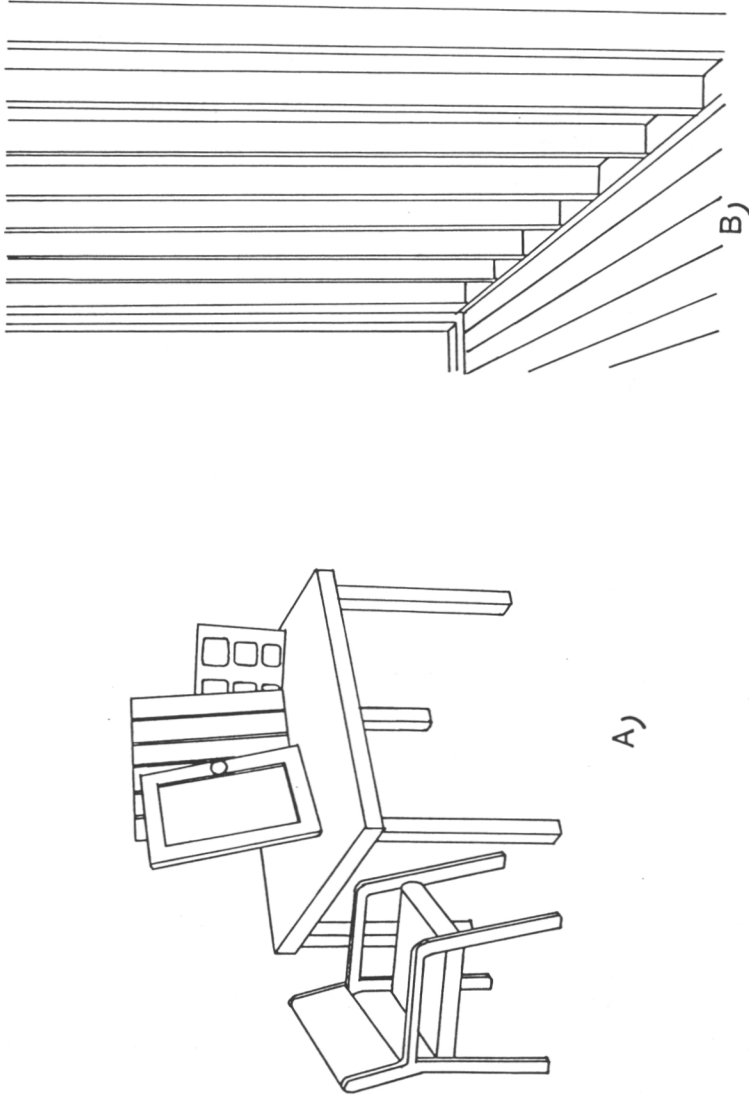
Perussahausmenetelmä on läpisahaus (kuva 6) vannesahalla. Tukin ympärisahauksella virheettömimmältä puolelta aloittaen ei koivulla katsota voitavan parantaa sahatavaran laatujaakamaa niin paljoa, että tuotteiden arvon kohoaminen riittäisi arvokkaampien ja järeämpien lehtipuulajien lailla kattamaan sahausken hidastumisesta aiheutuvat korkeammat tuotantokustannukset. Parhaimmista lehtipuutavaralaaduista saadaan silti kymmenkertainen hinta huonompiin verrattuna, kun havupuutavaralla vastaava suhde om 3:1. Sahatavaran saanto on lehtipuuksi erittäin hyvä, 65-66 %, kun se esim. eräällä suomalaisella koivua sahaavalla kehäsahalaitoksella on vain noin 40 % (Ekström 1990). Koko tuotanto käsinsärmätään, tasataan ja laatulajitellaan silmämääräisesti. Huonekalu- ja huonekaluaihiotavara esikuivataan ilmastoiduissa halleissa puuaineen tasapainokosteuteen ja edelleen kanaalikuivaamossa 8 %:n loppukosteuteen. Kuormalava- ja lattialaudat myydään kuivamattomina. Sahan yhteydessä on aihiointilaitos, jossa tavara tasohöylätään ja tavarasta valmistetaan särmistään yhteenliimattuja massiivipuupaneeleita ja -listoja sormi- ja tappijatkettuina, muotohöylättyinä ja muovilaminaateilla pinnoitettuina. Eri lehtipuulajeista tehdään myös yhdistelmäpaneeleja halutun värisävyn aikaansaamiseksi.

Valkokoivu ei sovellu sahapuuksi yhtä hyvin kuin kelta- ja tuomikoivu. Valkokoivusahatavaran pääkäyttäjiä ovatkin vaatimattomampia tuotteita, kuten tuolien istuimia ja pieniä koriste-esineitä valmistava puusepänteollisuus sekä pakkausteollisuus (Salmi 1977). Tarve laajentaa järvivalttioiden runsaiden valkokoivuvarejen käyttöä myös sahteollisuuteen on saanut aikaan vilkkaan tutkimus- ja kehitystyön 1980-luvulla (Bowyer suull.).

"System 6" -sahausmenetelmä on alunperin kehitetty Itä-Appalakkien pienten, mutkaisten ja oksaisten lehtipuutukkien jalostamiseen suoraan oksattomiksi aihioiksi huonekaluteollisuuden tarpeisiin. Sittemmin menetelmää on sovellettu menestyksellisesti 20-30 cm:n valkokoivun sahaukseen (Creating a New... 1982).



Kuva 6. Neljä tapaa sahata lehtipuuta: A = tukin ympärisahaus parhaalta puolelta aloittaen ja kääntäen tukkia 90 astetta kohdattaessa vika, B = tukin läpisahaus, C = neljännessahaus, D = pelkkahaketus ja pelkkasahaus (Hoadley 1980).
 Figure 6. Four ways to saw hardwood lumber: A = Sawing around the log the best face first and turning the log 90 degrees when a defect is encountered, B = Round cut, C = Quarter cut, D = Cant chipping and pattern cut (Hoadley 1980).



Kuva 7. Sahatuotteita valkokoivusta ja haavasta: "System 6" -menetelmällä valmistettuja koivupaneeleja ja -kalusteita (A), "Saw-dry-rip"-menetelmällä (SDR) valmistettuja 2x4-tuuman runkotolppia haavasta (B) (Creating a new... 1983, Wood Handbook 1987).

Figure 7. Lumber products of birch and aspen: Panels, cabinet doors and furniture of white birch manufactured by the "System 6" process (A), Aspen 2x4-inched studs manufactured by the "Saw-dry-rip" (SDR) process (B) (Creating a new... 1982, Wood Handbook 1987).

Sahattava pölkky voi olla niinkin lyhyt kuin 180 cm (Martodam 1982b). Aluksi siitä sahataan pois pelkat kahdelta sivulta kasvujännitysten laukaisemiseksi ja sydäntavarakappale läpisaahaan 7,6-10,2 cm leveiksi laudoiksi. Laudat kuivataan särmäämättöminä, kuivatut laudat halkaistaan ja tasataan määrämittäihin poistaen samalla vikaiset kohdat aihioista. Virheettömät kappaleet pituuslajitellaan, liimataan särmistään yhteen halutunkokoisiksi kappaleiksi, hiotaan ja pakataan käytettäväksi huonekaluteollisuudessa ja "tee-se-itse" -rakentamisessa (Bowyer ym. 1986). "System 6" -menetelmällä valmistetuista valkokoivuaihioista voidaan tehdä mm. seinä- ja keittiökälistepaneeleja, jotka ovat 30 % halvempia kuin nykymerkkinöitä hallitsevat valkotammipaneelit, tuoleja, pöytiä, kirjahyllyjä, kaiverrettuja ovia, taulunkehkyksiä ja leikkikaluja (kuva 7).

SDR-sahausmenetelmä (Erickson ym. 1986) on periaatteeltaan pitkälti samantyyppinen kuin "System 6". Tuotteen loppukäyttö on huonekalujen sijasta lähinnä rakennusten runkotolppina (kuva 7). Valkokoivun lisäksi menetelmä soveltuu myös haavalle (Haygreen 1970, Wood Handbook 1987) ja useille etelävaltiöiden lehtipuulle, kuten tulppaanipuulle (Ince 1987, Maeglin & Boone 1988). Perusajatuksena on säilyttää lankku suorana kuivauksen jälkeen läpisaahaamalla tukit noin 4,5 cm paksuiksi, särmäämättömiksi lankuiksi, kuivaamalla ne - usein kuumakuivauksella - 10-12 %:n kosteuteen ja sahaamalla niistä vasta tämän jälkeen tarvittavat 2x2-, 2x3- ja 2x4-tuumaiset lankut (Larson ym. 1966). Näin sekä puuaineen kasvujännitysten laukeamisesta että syynsuuntaisesta kutistumisesta aiheutuva kieroutuminen on ratkaisevasti vähäisempää kuin särmättyjä lankkuja kuivattaessa.

Valtaosa haapasahatavarasta menee vähäarvoisiin tarkoituksiin, kuten puu- ja sälelaatikoiden, isojen korien sekä kuormalavojen valmistukseen, joskin haavan sydäntavaraista tiedetään tehtävän myös eräitä rakennuspuusepän teollisuuden tuotteiden osia korvaamaan kalliimpia puulajeja, kuten ponderosamäntyä (Perala & Carpenter 1985). Erityisesti elintarvikepakkauksissa haapa on suosittu materiaali hajuttomuutensa, mauttomuutensa, keveytensä sekä vaalean, hyvät painatusominaisuudet omaavan pintansa ansi-

osta (Salmi 1978). Haapakuormalavojen etuna on hyvä naulattavuus - hyvin suunniteltuina ne ovat lisäksi kestävämpiä kuin havupuusta tehdyt (Stern & Wallin 1975). Kuormalava- ja pakkausteollisuuden lautojen sahaukseen käytettävien, aina vakiopituisten (2,44 tai 3,05 m) pölkkyjen läpimitta voi olla sahateollisuuden yleislinjasta poiketen lähellä Suomessa totuttua 20 cm:ä. Kun rungot ovat lisäksi usein mutkaisia ja lahoisia, sahaussaanto saattaa jäädä jopa 20 %:iin (Robichaud ym. 1974, Bowyer suull., vrt. Arato ym. 1977). Haavasta tehdään myös jonkin verran runkotoilppia SDR-menetelmällä, jolloin kieroutuminen pysyy kurissa (Haygreen 1970, Thompson 1974). Kieroutumatonta tavaraa saadaan kuitenkin vain rungon pintapuuosasta. Sydäntavarakappaleesta on tehtävä esim. kuormalavalautaa. Haapasahatavaran koneellisessa lujuuslajittelussa käyvät samat säätöarvot kuin havupuilla (Littleford & Roff 1975).

Huonekaluteollisuudessa hyvälaatuista haapasahatavaraa käytetään vaalean, kellertymättömän pinnan takia esim. kirjahyllyjen ja huonekalujen näkyvissä osissa ja keveyden takia myös näkymättömissä osissa (Robichaud ym. 1974, Ekström 1989). Huonekaluaihioiden valmistusta haavasta pidetään taloudellisesti kiintoisana, mutta ongelmina ovat laadukkaan raaka-aineen vähyys ja korkeat sahauskustannukset (Leach & Gillies 1972). Koska korkeat sahauskustannukset edellyttävät nopeaa sahausprosessia, haaparaaka-aineen hankinta-alueen on riittävän käyttöasteen takaamiseksi oltava hyvin laaja tai sahan pääraaka-aineen on oltava jotain toista puulajia.

Lehtipuun sahauksen kehittäminen on nykyisin useiden amerikkalaisten yliopistojen ja puuntutkimuslaboratorioiden keskeisimpiä tutkimusaiheita. Runkojen katkonnan ohjaukseen on kehitetty sekä puuaineen sisäisiä vikoja havainnoivaan röntgentomografiaan (Taylor ym. 1983, Griffin 1985, Funt & Bryant 1987, Wagner ym. 1989) että rungon muotoa havainnoivaan monikamerakuvaukseen (Lewis 1985, Wang 1986, Hoffman ym. 1987, Porter 1988, Wang & Giles 1989) perustuvia, mikrotietokonepohjaisia optimointijärjestelmiä. Menetelmien käyttöönotto on vasta suunnitteluasteella. Sahaussaannon optimoimiseksi tutkitaan monikamera- ja laser-

tekniikan (Steele & Wengert 1987, Usenius 1988, Darwin 1989, Wiese & Flemstrom 1989) sekä käyräsahauksen (Curve sawing... 1988) käyttöä tukin suuntauksessa. Myös automaattisten sahatavaran valmistusjärjestelmien kehittäminen laserleikkausta hyväksikäyttämällä on ajankohtaista (Usenius 1988). Tämä ALPS-järjestelmä on hahmoteltu periaatteellisella tasolla lehtipuulautojen optimaaliseksi "leikkaamiseksi" kysynnän mukaisiksi, virheettömiksi huonekalujen osiksi. Värikameralla tapahtuvaan vikojen mittaukseen perustuen kehitellään lehtipuusahatavaran automaattista, tietokoneohjattua lajittelujärjestelmää, jonka pohjana ovat kansalliset NHLA-lajittelunormit (Wengert ym. 1987, Usenius 1988, Huang & Sparrow 1989). Myös akustisen emission ja akustisen ultraäänitekniikan soveltaminen puuaineen vikojen etsintään on työn alla. Kuormalavateollisuuden tärkeyttä huonolaatuisten lehtipuun hyödyntämisessä osoittaa, että eri tarkoituksiin soveltuvien kuormalavojen suunnittelua varten on tehty erityinen tietokoneohjelmisto (Loferski & McLain 1987).

Sahateollisuuden jatkojalosteista on Yhdysvalloissa ajankohtainen ennen kaikkea kasvavat markkinat omaava I-palkki, jossa uumana on vaneri ja paarteena kertopuu (Loferski suull.). Rakente on täten järeämpi kuin pohjoismaisessa kevytuumapalkissa. Palkkimaisia tuotteita ovat myös hieman kertopuuta lujempi, viilujätteeseen perustuva kanadalainen Parallam (Parallam ready... 1987) ja keskinkertaisen sahatavaran korvike, puurouheeseen perustuva australialainen Scrimber (Loferski suull.). Dimensioiltaan nämä sijoittuvat järeimmän sahatavaran ja pienen liimapuun luokkaan. Perinteisistä jatkojalosteista kehitellään innokkaasti mm. haavasta tehtävää liimapuuta ja sen sormijatkamista, samoin kuin suomalaisen Wisawood-mäntylevyn tapaisia täyspuulevytuotteita (Loferski suull.).

53. Muu puuteollisuus

Järeän haavan perinteinen käyttäjä on tulitikkuteollisuus. Tähän tarkoitukseen haapa sopiikin erinomaisesti vaaleuden, suorasyisyyden, hyvän kyllästävyyden ja erityisesti sopivan huokoisuus-

den ansiosta, joka takaa tikun moitteettoman syttymisen ja taiseisen palamisen (Mayer-Wegelin 1958, Götze 1964a, Ekström 1989). Valmistuksessa on kokeiltu menestyksellisesti hybridihaapaa ja poppelilajeista amerikanmustapoppelia (Populus deltoides). Raskaammat lehtipuulajit, kuten koivu, sopivat tulitikkusäleiksi haapaa huonommin (Väyrynen 1970).

Tätä nykyä Pohjois-Amerikassa on enää kaksi toimivaa tulitikkutehdasta, joista toinen on Yhdysvalloissa ja toinen Kanadassa. Tulitikkumarkkinoiden supistuessa tehtaot ovat ottaneet tuotanto-ohjelmaansa myös jäätelö-, cocktail-, hammas- ja lääkärintikkuja sekä riisipuikkoja. Näiden valmistus vaatii kohtalaisen lujaa ja samalla vaaleaa, hajutonta ja mautonta raaka-ainetta. Jäätelö- ja lääkärintikut sekä riisipuikot tehdään ensisijaisesti koivusta haavan ja pyökin ollessa myös käyttökelpoista raaka-ainetta (Björken blir... 1989). Erityisesti hammas- ja cocktailtikkuja valmistettaessa puuaineen liiallinen kovuus on pelkästään haittatekijä. Pehmeät puulajit, kuten haapa ja lehmus, jopa balsa, soveltuvatkin kovia puulajeja, kuten koivua ja pyökkiä paremmin tähän tarkoitukseen. Hohkaiset tikut voidaan lisäksi helposti käsitellä jollain antiseptisellä aineella, joka hieman myös parantaa tikun kestävyyttä.

Koska tikkusäleiden valmistuksessa viilumaton sorvaus on keskeinen tuotantovaihe, muistuttavat raaka-aineen laatuvaatimukset hyvin paljon vaneriteollisuudessa käytettyjä. Tehtaalle hankittavien haapapölkkyjen pituus on Yhdysvalloissa 2,54 m (Suomessa 1,9-7,0 m) ja vähimmäispaksuus noin 20 cm (Suomessa 18 cm). Koivupölkkyt voivat olla 18 cm paksuja. Pölkkyjen täytyy olla kuorellisia, tuoreesta puusta tehtyjä, kohtalaisen suorina ja täysin vapaita lahosta, pintavioista ja rengashalkeamista. Suomalaisesta käytännöstä poikkeava pölkkyjen lahottomuusvaatimus johtuu sorvauksessa käyttämättä jäävien purilaiden käytöstä aitatolppina. Pölkkyjen täytyy olla hyvin karsittuja. Oksikkuiden tunnuksena käytetään oksaläpimittojen summaa, jonka enimmäisarvo on 12 % pölkyn pituudesta laskettuna. Tulitikkusäleiden saanto haaparaaka-aineesta on noin 30 % ja muiden tikkusäleiden saanto koivuraaka-aineesta vastaavasti 10-15 %.

6. PIENIKOKOISEN KOIVU- JA HAAPAPUUN KÄYTTÖ

61. Lastulevyteollisuus

Pienikokoisen lehtipuun laajin teollinen käyttö on massan valmistuksen ohella kuitu- ja varsinkin lastu- ym. puukomposiittilevyjen valmistuksessa. Raaka-aineeksi kelpaa periaatteessa mikä hyvänsä puuraaka-aine, pyöreän puun lisäksi sahojen ja vaneritehtaiden puujäte sekä kokopuuhaake. Pyöreän lastulevyyn minimiläpimitta vaihtelee Yhdysvalloissa tehtäittäin 10-20 cm ja lahon esiintymiselle on rajoituksia, mutta muita laatuvaatimuksia ei sitten juuri olekaan (Gertjejansen suull.). Puuraaka-aineen lisäksi myös eräiden ruohovartisten kasvien, maissin ja aurin gonkukan jätteiden käyttöä on harkittu vakavissaan (esim. Gertjejansen ym. 1972, Gertjejansen 1977, Haataja suull.).

Suomessa on lastulevyteollisuudessa käytetty yleensä koivua, lähinnä sen hyvän saatavuuden vuoksi. Tilavuuden mukaan puutavaraa ostettaessa koivu on lisäksi suuremman tiheydensä ansiosta ollut mm. haapaa ja leppää edullisempaa raaka-ainetta tehtäessä määrätiheyden omaavaa levyä (Kärkkäinen 1981). Lisäksi suomalaisessa haavassa yleinen lahovikaisuus lisää liima-aineen kulutusta (Ekström 1989) ja muiden poppelilajien lailla tavanomaista suurempi paksuusturpoaminen rajoittaa levyjen käyttöä ulkoilmassa ja kosteissa olosuhteissa (esim. Arsenault 1964, Gertjejansen ym. 1973, Geimer & Crist 1980).

Toisaalta tiettyyn taivutuslujuuteen pyrittäessä haapalastulevy voidaan puuaineen keveyden ansiosta tehdä vähemmän tiheäksi kuin koivulastulevy ja haapalevyn lujuusarvot ovat saman tiheyden omaavan koivulevyn lujuusarvoja parempia (Klauditz 1952, 1958, Liiri 1960). Lisäksi kevyen puulajin käyttöä puoltaa vähäinen liima-aineen tarve, joka on yleensä määräosuus puun kuivasta massasta (Vaajoensuu 1961). Haapalastujen liimaus on hartsiaineiden puuttumisen vuoksi myös helpompaa kuin useimmilla muilla lehtipuilla (Ekström 1989). Koska haavan kuoresta ei ole tyvio-san kaarnaa lukuunottamatta haittaa lastulevyn valmistuksessa

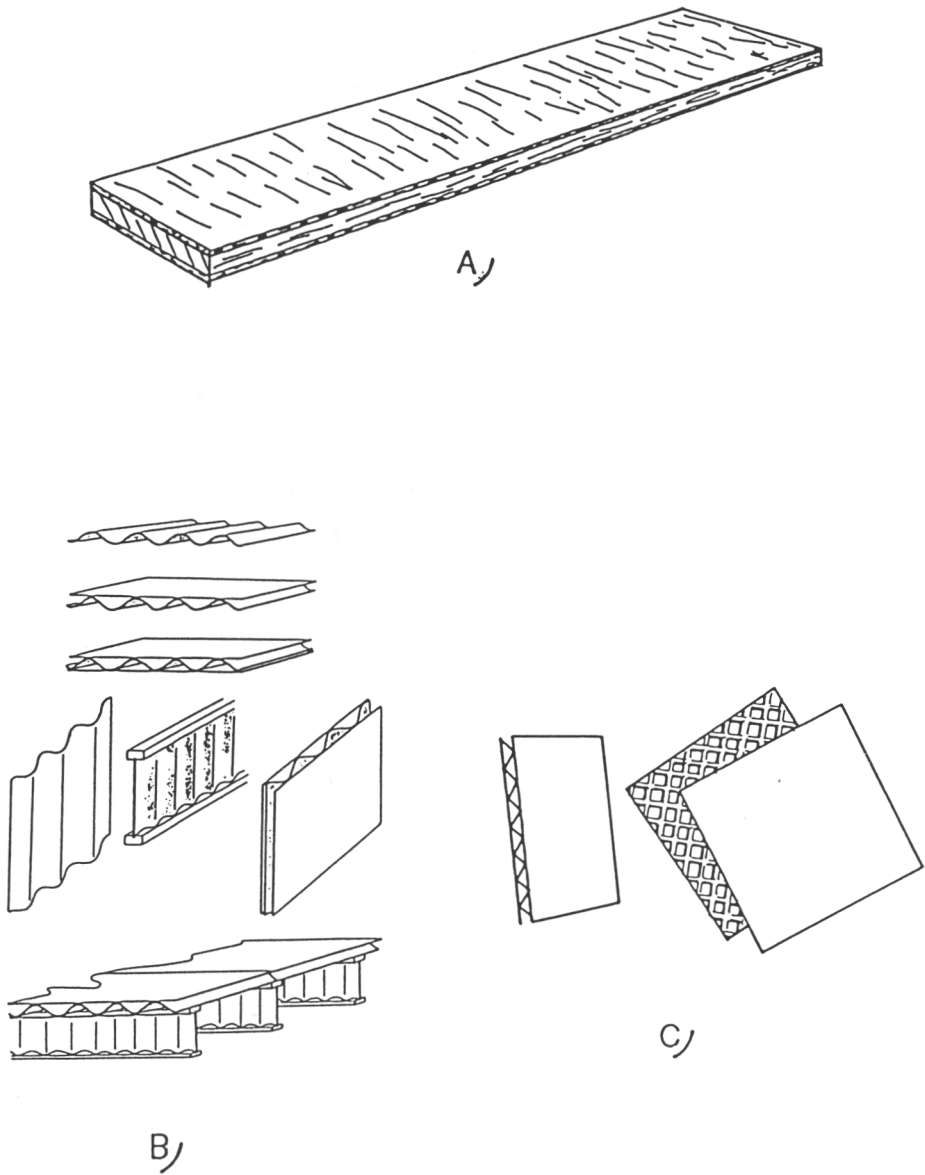
(Gertjejansen & Haygreen 1973), voi jopa puolet puuraaka-ainees- ta olla kokopuu- tai hakkuutähdehaketta (Boehner & Gertjejansen 1975, Hakkiila 1976). Pohjois-Amerikassa ja Keski- ja Itä-Euroo- passa haapa ja muut poppelilajit ovatkin tärkeitä lastulevyn raaka-aineita : 1970-luvun alkupuolella arvioitiin noin 7 % maa- ilman lastulevytuotannosta olevan poppelipohjaista (Keays ym. 1974). Sittemmin poppelilajien käytön arvioidaan vähentyneen (Ekström 1989).

62. Wafer- ja OSB-levyteollisuus

Pohjois-Amerikan tärkeimmät ja edelleen laajenevat puukomposiit- tilevymarkkinat ovat wafer- ja OSB (oriented strand board) -le- vyillä (kuva 8). Wafer-tuotenimi rekisteröitiin Yhdysvalloissa vuonna 1949, ja ensimmäinen, TenEx-nimistä tuotetta valmistanut linja käynnistyi vuonna 1953 (Konkola 1986). Markkinointimenes- tys oli tuolloin kuitenkin kehno.

Varsinainen wafer-levyn valmistus alkoi vuonna 1974 Minnesotassa tuotenimellä Blandex. Ensimmäinen OSB-levytehdas puolestaan aloitti toimintansa vuotta myöhemmin. Sittemmin tuotanto on laajentunut niin paljon, että vuonna 1987 Yhdysvalloissa oli käynnissä 24 ja Kanadassa 14 tehdasta, joiden tuotantomäärät olivat vastaavasti 4,0 ja 1,7 milj. m³/a (Ekström 1989). Ensimmäinen wafer-levytehdas Pohjois-Amerikan ulkopuolella val- mistui Skotlantiin vuonna 1985 (Konkola 1986).

Lastulevylastuista poiketen wafer- ja OSB-levylastut voidaan tehdä vain pyöreästä puusta tai isokokoisesta palahakkeesta (esim. Haataja ym. 1984), koska lastukoon on oltava selvästi suurempi: wafer-lastujen pituus on 30-75 mm, leveys 10-30 mm ja paksuus 0,5-1,0 mm; OSB-lastut ovat hieman pitempiä ja kapeam- pia (Ekström 1989). Lastukoon suurentamisella pystytään lii- ma-aineen menekkiä pienentämään olennaisesti. Nykyisin käytetään pulveroitua tai nestemäistä fenoliformaldehydiliimaa 3 % levyn kuivamassasta (Haataja suull.). Tutkimuksen alla on esim. poly- meerinen isosyanaattiliima, jota käytettäessä levy voidaan pu-



Kuva 8. Puulevytuotteita haavasta: OSB-levy (A), Aallotuswafer-levyjä (B), FPL-spaceboard (C) (Setterholm 1985, Konkola 1986, Bach 1989).

Figure 8. Wood panel products of aspen: Oriented strand board (OSB) (A), Corrugated waferboards (B), FPL spaceboard (C) (Setterholm 1985, Konkola 1986, Bach 1989).

ristaa nykyistä kosteampana ja puristuslämpötilaa voidaan huomattavasti laskea (Laks. ym. 1988, Palardy ym. 1989). Periaatteellinen ero wafer- ja OSB-lastujen valmistuksessa on sirottelussa: wafer-lastuja ei suuntaissirotella, kun taas OSB-lastut sirotellaan 1-3 ristikkäissuuntaiseksi kerrokseksi puun hyvien syynsuuntaisten lujuusominaisuuksien hyödyntämiseksi (Konkola 1986).

Wafer- ja OSB-levyteollisuus on alunperin kehitetty ja perustettu vailla markkinoita olleiden haapareservien hyödyntämiseksi. Kanadassa ja Yhdysvaltain järvi- ja koillisvaltioissa lähes yksinomainen raaka-aine onkin haapa (Ekström 1989). Sen eduksi mainitaan keveyden, vaalean värin ja haitallisten hartsiaineiden puuttumisen lisäksi vähäinen tiheys ero kevät- ja kesäpuun välillä. Osa tehtaista käyttää haavan joukossa korkeintaan 20 %:n seossuhteella tiheydeltään haavan luokkaa olevia havu- ja lehtipuulajeja, kuten banksinmäntyä, amerikanpunamäntyä, kanadantuijaa ja punaleppää (Springate 1980, Pagano & Gertjejansen 1989, Haataja suull.). Eräs tehdas tekee jopa puhdasta kanadantuijalevyä. Etelävaltioissa käytetään sikäläisiä mänty- ja eräitä lehtipuulajeja (Ince 1987).

Koillis- ja järvivaltioiden wafer- ja OSB-levyteollisuutta uhkaava haapapula pyritään välttämään aloittamalla valkokoivun käyttö (Gertjejansen suull.). Erityisesti järvivaltioiden haapametsiköissä on useimmiten 15 %:n koivusekoitus, joka nykyisin jätetään yleensä metsään (Creating a new... 1982). Tämä loisi uusia markkinoita koivulle ja alentaisi haapavaltaisten leimikoiden korjuukustannuksia. Koivun 15-20 %:n paino-osuus ei vielä heikennä wafer-levyn lujuus- ja jäykkyysominaisuuksia (Creating a new... 1982, Gertjejansen ja Hedquist 1982). Kolmikerroksisen OSB-levyn välikerros voidaan tehdä kokonaan koivusta, kunhan lastut ovat leveyteensä nähden normaalia ohuempia (Gertjejansen ym. 1987).

Wafer- ja OSB-levyt on suunniteltu korvaamaan kalliimpi havuvarneri rakennuslevynä. Yleisiä käyttökohteita ovat sisäseinät ja -katot, lattiat, valumuotit, maakaapelitunnelit, varastohyllyt

ja asuntovaunut (Perala & Carpenter 1985, Ekström 1989, Performance oriented... 1989, A Sturdi solution... 1990). Levyn tiheys on normaalisti 650 kg/m^3 . Varsinkin OSB-levy on lujuudeltaan ja jäykkyydeltään lähellä havuvaneria, mutta voimakkaan kosteusturpoamisen vuoksi se ei sellaisenaan kelpaa ulkokäyttöön (Ekström 1989). Turpoamista on kokeissa voitu vähentää vettähytkivien kemikaalien sekä eräiden väri- ja kyllästysaineiden avulla (Haygreen & Gertjejansen 1972, Hall & Gertjejansen 1974, Ekström 1989). Levyjen stabiliteettia voidaan niinkään parantaa asetyloimalla lastut ennen puristusta etikkahappoanhydridillä (Rowell ym. 1986, 1987, Tillman 1986, Youngquist ym. 1986, Mahlberg 1988, 1989), joskin menetelmä lienee kalleutensa vuoksi kannattava vain arvokkaimpien puulevytuotteiden valmistuksessa. Palonkestävää levyä voidaan valmistaa käsittelemällä lastut boraa-teilla tai ammoniumfosfaateilla, joista jälkimmäisten arvellaan kuitenkin muodostavan auringonvalossa levyjen lujuutta alentavia happoja (Draganov 1968, Schmidt ym. 1983, Laks ym. 1988).

Wafer-levyjen valmistustekniikalla voidaan tehdä myös erilaisia muotopuristeita. Tyypillisiä muotopuristeiden käyttökohteita voisivat olla kuormalavat ja huonekalujen osat (Haataja ym. 1986, Opportunities in... 1989). Tuotannon kannattavuutta rasittaa kuitenkin pitkä puristusaika. Tekemällä kolmikerroswafer-levyn keskikerros aallotetusta wafer-arkista saadaan 28 kertaa paremmat jäykköysarvot ja 7 kertaa paremmat taivutuslujuusarvot kuin tavallisessa wafer-levyssä (Bach 1989). Levyjen käyttöalue voi rakennusteollisuudessa olla huomattavan laaja (kuva 8). Tulevaisuudessa tällä tekniikalla lienee mahdollista valmistaa lujuudeltaan massiivipuun veroisia mutta silti kohtuullisen keveitä rakenteita (Ince 1987).

63. Muu puuteollisuus

Peruslastulevyn jälkeen on wafer- ja OSB-levyn lisäksi kehitetty useita muitakin puulevytyyppejä, jotka valmistetaan liimalla tai jollakin muulla sideaineella käsitellyistä puulastuista purista-

malla. Nämä kaikki on alunperin keksitty Yhdysvalloissa, joskin menetelmien jatkokehittely on tapahtunut paljolti Euroopassa, lähinnä Saksan liittotasavallassa.

Lastulevyn kovimpana kilpailijana lähivuosina pidetään MDF-levyä (medium density fibreboard) siitä huolimatta, että sen valmistuskustannukset ovat 30-35 % lastulevyä korkeammat (Pitkänen 1989). MDF-levy on kuivamenetelmällä tehtävä puolikova kuitulevy, jonka valmistus alkoi New Yorkin osavaltiossa vuonna 1965 (Konkola 1986). Levyä käytettiin aluksi pääasiassa rakennusten ulkoverhoilussa, mutta myöhemmin se on tunkeutunut myös rakennelevymarkkinoille. Esim. Uudessa Seelannissa MDF-levyä käytetään lattialevynä. Levyjen pääkäyttäjäksi tuli 1970-luvun alussa huonekaluteollisuus, jossa kasvupotentiaalia on varsin paljon.

Mineraalien, lähinnä magnesiitin, sopivuutta puulevyjen sideaineeksi on tutkittu 1920-luvulta lähtien (Konkola 1986). Haapa-lastuvillasta ja magnesiitista tehtyjä levyjä käytettiin lähinnä lämmön- ja ääneneristykseen. Varsinaisen sementtilastulevyn tuotantotekniikka esiteltiin Yhdysvalloissa vuonna 1962. Ensimmäinen kaupallinen tuotantolinja käynnistyi kuitenkin Sveitsissä vuonna 1973. Sementtilastulevyjen markkinat ovat pienet, ja niitä käytettäneen jatkossa lähinnä sellaisissa kohteissa, joissa vaaditaan palonkesto- ja lujuusominaisuuksien lisäksi kosteuden- ja termiitinkestokykyä (Pitkänen 1989).

Kipsin käyttöä lastulevyjen sidosaineena on tutkittu innokkaasti 1970-luvun alusta lähtien. Kipsilastulevyjen valmistuksessa käytettävä puolikuivamenetelmä kehitettiin Yhdysvalloissa vuonna 1972, ja edelleenkehittely on tapahtunut Saksan liittotasavallassa (Konkola 1986). Ensimmäinen tuotantomittakaavainen tehdas on kuitenkin rakennettu Suomeen vuonna 1985. Tuote saavuttanee etenkin pinnoitettuna merkittävän aseman julkisen rakentamisen alueella, jossa palonkesto-ominaisuuksien lisäksi vaaditaan kulutuskestävyyttä ja rakenteellista lujuutta (Pitkänen 1989). Kannattava tuotanto lienee mahdollista vain lähellä markkina-alueita ja sillä edellytyksellä, että kipsiä on saatavissa edullisesti tehtaasta läheltä.

Uusi puulevy rakenne, johon haapa ja monet muut lehtipuut ovat sopivaa raaka-ainetta, on FPL-spaceboard (kuva 8). Se on muoto-puristettu kuitulevy, jonka pintaosat ovat tasaisia ja keskiosa "vohvelimainen", levyn pintaa kohti tihenevä (Setterholm 1985, Hunt & Gunderson 1988). Etuna esim. aallotuskuitulevyyn (corrugated fibreboard) verrattuna on tasainen lujuus rakenteen molemmissa pääsuunnissa. Lujuutta voidaan vielä parantaa puristuskuivauksella tai hartsikäsittelyllä (Setterholm 1985). Huolimatta eräistä valmistusteknisistä haittapuolista (Hunt & Gunderson 1988) keksintöä pidetään lupaavana erilaisten kuitupohjaisten tuotteiden valmistukseen.

7. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Koivun ja haavan mekaaninen puunjalostus on Yhdysvalloissa perinteikästä ja monipuolista, kokonaisuutena mitä todennäköisimmin laajinta ja vaihtelevinta koko maailmassa. Lähtökohtana käytön laajuudelle on puun hallitseva asema talonrakennuksessa, suuria liiketaloja lukuun ottamatta, ja huonekaluteollisuudessa.

Koivun käyttö Yhdysvaltain mekaanisessa metsäteollisuudessa keskittyy järeään puutavaraan. Valmistusmenetelmät ovat Suomeen verrattuna ilmiselvästi vanhanaikaisia, työvoimavaltaisia ja puuta tuhlaavia. Koivutukin pääkäyttäjiä ovat laadukkaasta kelta- ja tuomikoivusta arvokkaita tuotteita valmistavat viilu- ja vaneritehtaat. Parhaista valkokoivutukeista sahataan huonekalu- ja puusepänteollisuuden tavaraa ja huonommista pakkaus- ja kuormalavalautaa. "Pienikokoisen", 15-30 cm:n valkokoivun ja alaskanvalkokoivun käytön odotetaan 1990-luvulla laajenevan liimapuusekä wafer- ja OSB-levyteollisuudessa. On myös mahdollista, että vaneriteollisuus ryhtyisi valmistamaan keskilaatuisesta valkokoivusta suomalaisen koivuvanerin kaltaisia tuotteita.

Haavan käyttö on kasvanut alati laajenevan, teknisesti erittäin nykyaikaisen wafer- ja OSB-levyteollisuuden ansiosta koko 1980-luvun ajan. Haapakuitupuun kysynnän kasvu on eräillä alueilla

johtamassa jo raaka-aineen niukkuuteen ja hinnan kohoamisen. Tämä on heijastunut myös haapaa sahaavan ja sorvaavan teollisuuden raaka-ainetilanteeseen. Toisaalta taas haapasahojen ja -vaneritehtaiden päätuotteiden, kuormalavalautojen ja pakkausvaneriden, markkinat ovat jo vuosia osoittaneet kypsymisen merkkejä.

Suomessa kotimaista koivua käytetään vuosittain vaneriteollisuudessa 1,3-1,4 milj m³, sahatteollisuudessa 0,1-0,2 milj. m³ ja selluteollisuudessa yli 5 milj. m³ (Kärkkäinen 1989). Lisäksi selluteollisuus käyttää tuontikoivua lähes kotimaisen koivun verran. Suunnitellut laajennushankkeet huomioon ottaen koivuvarojemme voidaan sanoa olevan täyskäytössä viimeistään 1990-luvun lopulla. Kun mahdollisuuksia lisätä koivuraaka-aineen tuontia pidetään varsin rajallisina, ei lyhyellä tähtäyksellä ole varsinaista tarvetta keksiä koivulle uusia käyttömuotoja. - Tämä ajattelutapa sopii hyvin yhä pahenevasta koivutukkipulasta kärsivälle vaneriteollisuudelle, joka - ainakin ennen 1960- ja 1970-luvun koivuviljelmien kypsymistä hakkuuikään - joutuu sorvaamaan tarvitsemansa koivuviilun yhä niukentuvammasta ja huonolaatuisemmasta raaka-aineesta.

Jo tällä hetkellä olisi nykyistä suurempi osuus koivusta saatava kulkemaan vaneritehtaiden kautta, jotta tämä parhaan puustamaksukyvyn omaava koivuteollisuuden haara pääsisi hyödyntämään kaiken sille valmistusteknisesti sopivan raaka-aineen. Niin ikään olisi kiinnitettävä huomiota nykyisin vielä yleisen tukkien pilaantumisen estämiseen metsävarastoissa. Vaneriteollisuuden koivuhuollosta huolehtimisen tärkeyttä kuvaa hyvin se, että koivuvaneri ja koivu-kuusi-sekavanerit ovat ulkomaisia kilpailijoita parempien ominaisuuksiensa ansiosta pystyneet säilyttämään markkinajohtajuuden ja korkean hintatason vientimarkkinoilla.

Koivusta on tulossa niukkuustekijä myös Suomen selluteollisuudessa, sillä tulevaisuudessa vuotuisen koivukuitupuun käytön arvioidaan kohoavan pysyvästi yli 10 milj. m³:iin (Kärkkäinen 1989). Niinpä selluteollisuudenkin etujen mukaista on periaatteessa vastustaa koivun käytön laajenemista uusille alueille.

Runsaat koivukuitupuun harvennushakkuut johtavat luonnollisesti havupuuvaltaisuuden lisääntymiseen metsissämme. Tämä on itse asiassa pitkällä tähtäyksellä edullista - sikäli kun Suomen kohdalainen kilpailuasema havupuupohjaisissa tuotteissa säilyy. Koivusellun teko on viime vuosina ollut tyydyttävän kannattavaa, itse asiassa kannattavampaa kuin mäntysellun teko.

Pitkällä aikajänteellä toimivan metsätalouden kannalta kaikkien uusien, hyvän puustamaksukyvyn omaavien koivutuotteiden valmistuksen aloittaminen olisi eduksi. Amerikkalaiset kokemukset suomalaista hieskoivua vastaavan valkokoivun sahauksesta huonekaluaihioiden valmistukseen ovat lupaavia. Myös rakennuspuusepäntuotteiden, massiivipuuhuonekalujen ja parketin valmistuksessa saattaisi järeällä koivulla olla käyttömahdollisuuksia. Kun tällainen tuotanto on kuitenkin työvoimavaltaista ja juuri tästä tuotantopanoksesta aiheutuvat kustannukset ovat Suomessa korkeat, kilpailukyky mm. vähän teollistuneissa maissa tapahtuvaan tuotantoon verrattuna saattaa olla heikko.

Olennaista koivuhuonekaluaihioiden valmistuksessa on, että pystytään valmistamaan täsmälleen huonekalutehtaan tarpeen mukaisia laadukkaita komponentteja heikkolaatuisesta raaka-aineesta erotettuja tasalaatuisia paloja yhteen liimaamalla, sormijatkamalla jne. Koivun kieroutumis- ja halkeiluongelmat kuivauksessa ja myös epätasaisen oksaisuuden aiheuttamat ulkonäköongelmat on Yhdysvalloissa onnistuttu ratkaisemaan System 6 -valmistusmenetelmällä. Suomalaisilla koivulajeilla kuivausongelmat ovat pienempiä kuin pohjoisamerikkalaisilla.

Ruotsissa tehdyt selvitykset osoittavat, että sikäläinen saha-teollisuus on kiinnostunut vain parhaista oksattomista koivutuk-kilaaduista huonekalukomponenttien raaka-aineeksi (Elowsson 1989, Globalt sug... 1990). Vain maalattavissa tuotteissa ja huonommassa parkettiaihioalaadussa hyväksytään pieniä oksia. Komponenttien valmistusta pidetään vaativana tuotantomuotona, jossa tarvitaan tarkkaa koivuraaka-aineen ja markkinoiden tunte-musta. Kysyntää tuotteille lienee joka tapauksessa runsaasti.

Suomalainen vaneriteollisuus kilpailee Ruotsissa paikallisten sahojen kanssa koivutukeista ja pystyy maksamaan niistä huomattavasti paremman hinnan.

Tilanne on sama Suomessa, missä vanerikoivun hankinta-alue kattaa nykyisin maan koko eteläosan Keski-Pohjanmaata myöten. Koivun sahauksen laajenemiselle saattaisi olla sijaa korkeintaan Kainuussa ja eräillä muilla alueilla Pohjois-Suomen eteläosassa (Oulun läänin länsiosa, Lapin kolmio), missä kaikki metsäteollisuuden ostama koivu menee sellutehtaille. Täältä saatava koivutukki on tosin pienikokoista ja yleisesti lahovikaista, joten kunnollisen sahakoivun hankinta lienee käytännössä vaikea tehtävä.

Koivukuitupuuta voitaisiin periaatteessa käyttää MDF-levyjen valmistukseen, mutta käytännössä vain sahojen ja vaneritehtaiden puujäte voisi Suomen oloissa olla järkevää raaka-ainetta näin vähäarvoisen tuotteen valmistukseen. Viime kädessä MDF-levytehdashankkeet ovat Suomessa kariutuneet tuotteen korkeisiin valmistuskustannuksiin suhteessa sen hintaan sekä epävarmaan kilpailuasemaan ulkomaisen tuotannon kanssa.

Haavan kysyntä on Suomessa olennaisesti heikompaa kuin koivun. Viime aikoina metsäteollisuudessa on kuitenkin esitetty mielipiteitä, joiden mukaan tulevaisuudessa oltaisiin periaatteessa valmiita lisäämään haavan käyttöä - ilmeisesti edellyttäen, että haavan hinta ei nouse nykyisestä (kuitupuu 20 mk/m³, tukit 120-150 mk/m³). Itse asiassa haavan ominaisuudet ovatkin valtaosin hyviä ja tyydyttäviä moniin käyttötarkoituksiin. Pohjois-Amerikassa sekä Keski- ja Etelä-Euroopassa haapa- ja poppelilajeja käytetään moniin metsäteollisuustuotteisiin, joihin Pohjoismaissa käytetään kuusta tai mäntyä. Kun eurooppalainen haapa on kaikista haapa- ja poppelilajeista ominaisuuksiltaan parasta luokkaa eivätkä tekniset vaikeudet tuotannossa ole ylipääsemättömiä, voisi haavan nykyistä suurempi käyttö olla hyvinkin perusteltua myös Suomessa. - Joka tapauksessa haavalle, kuten

lepälle tulisi saada lisäkayttöä, jotta niiden osuutta voitaisiin harvennuksissa vähentää ja näin saada tilaa mm. järeän koivun tuotannolle.

Järeän haavan entinen pääkäyttäjä, tulitikkuteollisuus, on kuihtunut eikä haavan sorvausta ja sahaustakaan harjoiteta Suomessa kuin satunnaisesti. Kiinnostusta haavan sorvaukseen kuusi- vanerin väliviiluksi on kyllä jossain määrin, mutta lahottomien haapatukkien hankinta on osoittautunut vaikeaksi. Haapatukkien käyttömahdollisuuksia saattaisi olla havuvanerin tekoon keskittyvillä tehtailla, jollaisia esim. Kettunen (1990) ennustaa syntyvän Suomeenkin 1990-2000-luvuilla. Haapasahatavaran perinteinen - joskaan ei lautojen kieroutumisen kannalta paras - käyttö on ollut saunanlauteina. Tämä, kuten eräät muutkin käyttöalat, lienee lähinnä teoreettinen vaihtoehto haavan kysynnän lisäämiseksi. Mainittakoon kuitenkin huonekalut ja seinäpaneelit, joissa haavan hyvin säilyvä, vaalea värisävy saattaisi olla esteettinen etu ja sellaiset halvat huonekalut, joissa puuaineen pehmeys ei ole haittatekijä. Pinnoitettu lastulevy lienee nykyisin lähin kilpailija ja myös halvin ratkaisu näissä käyttökohteissa. Haavasta tehtäviä viilupuupalkkeja ja muita liimapuurakenteita pidetään jo yleisestikin lupaavina tuotteina.

Metsäteollisuuden hahmottelemat toiveet haavan käytöstä tulevaisuudessa suuntautuvat halpaan kuitupuuhun. Haapa soveltuu mainiosti kemitermohiirteen (CTMP) ja hiokkeen valmistukseen pehmo- ja hienopapereiden raaka-aineeksi. Etuja ovat hyvä massan saanto, hyvät kuitutekniset ominaisuudet, massan kellertymättömyys sekä - eräiden lähteiden mukaan - mahdollisuus valkaista massa luontoystävällisillä happikemikaaleilla korkeaan vaaleustasoon. Mainitut haapamassalajit sopivat pehmo- ja hienopapereiden valmistukseen paremmin kuin koivusellu.

Wafer- ja OSB-levyjen valmistusta ei Suomessa liene ajateltu vakavasti. Kannattava tuotanto edellyttää varsin suurta tehdaskokoa, joka puolestaan edellyttää runsaita raaka-ainevaroja kohtuuetäisyydellä tehtaasta ja huomattavia tuotannon vientimah-

dollisuuksia. Tavanomainen wafer-levytedhas Yhdysvalloissa käyttää vuodessa 0,3-0,5 milj. m³ puuraaka-ainetta, minkä määrän hankkiminen edellyttäisi Suomessa kohtuuttoman laajaa hankinta-aluetta. Vaikka tuote sinänsä on erinomainen havuvanerin korvike talonrakennuksessa, suomalaisen tuotannon kilpailumahdollisuuksia Länsi-Euroopan markkinoilla on syytä epäillä. Iso-Britanniassa ja Ranskassa on jo omaa, kasvavaa tuotantoa. Lisäksi kilpailumahdollisuuksia haittaavat haapakuitupuun kysynnän kasvun mukana kohoavat puukustannukset sekä levyjen korkeat rahtikustannukset suhteessa niiden arvoon.

Kaiken kaikkiaan amerikkalaiset koivulajit ja koivunkäyttömallit eivät tarjoa perusteita eivätkä merkittäviä etuja kotimaisiin verrattuna, lukuun ottamatta ehkä keltakoivun käyttöä kaikkein arvokkaimman viilu- ja huonekaluraaka-aineen tuottamiseksi. Koivun sahauslaajeneminen saattaisi lisätä perusteita tukkipuun tuottamiseen sielläkin, missä tukkirunkojen koko jää pieneksi eikä vanerikoivulle ole kysyntää. Koivun lopputuotteista johdettu puustamaksukyky on joka tapauksessa hyvä sekä tukkeja että kuitupuuta ajatellen.

Haavan kasvatusta sopii parhaiten maihin, joissa voidaan edullisesti hyödyntää sen nopeakasvuista. Menestyksekkäintä haapa- ja poppelilajien kasvatusta on ollut Välimeren maissa (Italia, Jugoslavia), kun taas vastoinikäymisiä on ilmennyt erityisesti pohjoisessa (Iso-Britannia, Puola). Monista eduista huolimatta haavan viljely ja käyttö onkin monissa tapauksissa jopa taantunut. Suomessa lienee bioottisten ja abioottisten tuhojen kestävyys ratkaiseva tekijä haavan kasvatuksessa. Tämä on tullut näkyvästi esiin suurin toivein istutettujen, rehevillä mailla sinänsä erittäin hyväkasvuisten (15-20 m³/ha/a) hybridihaapataimikkojen kohdalla, jotka nisäkäs-, sien- ja pakkastuhojen sekä geneettisten sairauksien vuoksi ovat osoittautuneet melkoiseksi pettymykseksi. Tätä taustaa vasten tietty varovaisuus on paikallaan otettaessa kantaa mm. Ruotsissa yleiseen optimismiin hybridihaavan metsätaloudellisista mahdollisuuksista.

Haavan tietoista kasvatusta on nykyisessä puun kysyntätilanteessa pidettävä varsin epävarmana vaihtoehtona Suomen metsätaloudessa. Esimerkiksi 1970-luvulla perustettuja hybridihaavikoita on muun kysynnän puuttuessa jouduttu markkinoimaan halkopuuna. Periaatteessa järeän haapapuun tuottaminen voisi olla perusteltua kaikkein viljavimmilla, esim. maatalouden käytöstä vapautuvilla mailla. Epävarmuustekijöinä ovat tällöinkin haavan säilyminen terveenä tukkipuukoon saavuttamiseen asti sekä tukista maksettava hinta. Pohjoisamerikkalaisen mallin mukainen juurivesomisen sekä puun kloonaustekniikan hyödyntäminen haavan uudistamisessa on herättänyt mielenkiintoa erityisesti puuta kuittavassa teollisuudessa. Myös hyväkasvuisista klooneista istutettavan, avohakkuun ja juurivesomisen jälkeen korkeat hehtaarisadot tuottavan haavikon aikaansaamisen on esitetty olevan mahdollista. Kuitenkin, haavan kasvatusta voidaan pitää perusteltuna pääsääntöisesti vain sekapuuna kuusen ja koivun joukossa sekä siellä, missä haavalla katsotaan olevan selvää arvoa luonnon monipuolisuuden säilyttäjänä. Huonommilla mailla ja erityisesti mäntytaimikoissa haapa on lähinnä metsätaloudellinen haittatekijä.

KIRJALLISUUS - REFERENCES:

- Ahlborn, M. 1964. Zur Kenntnis der Festigkeitsausbildung des Festigungsgewebes einheimischer Laubhölzer (Populus robusta). Holzforschung 18(5): 129-139.
- Arato, I., Szabo, K. & Vamos, R. 1977. Versuche zur Verarbeitung von Pappelholz mit dem Kreissägeaggregat VTR. Holztechnologie 18(2): 120-125.
- Armson, K.A. & Smith, J.H.G. 1977. Management of hybrid poplar. Canadian Forest Service, Environment, Case study 5. 27 s.
- Arsenault, R.D. 1964. Fire-retardant particleboard from treated flakes. Forest Products Journal 14(1): 33-39.
- Arvopuuta alle 40 vuodessa. 1974. Metsäliiton Viesti 25(7-8): 2-3.
- Bach, L. 1989. Manufacture of corrugated waferboard. Forest Products Journal 39(10): 58-62.
- Bailey, G.R. 1973 a. Lumber grade recovery from straight aspen logs. Forest Products Journal 23(4): 47-54.
- 1973 b. Aspen: framing lumber yields high, but drying a problem. Canadian Forest Industries 12: 43, 45, 47-49.
- Baldwin, R.F. 1987. New developments in plywood green ends. Forest Industries, April: 18-22.
- BCTMP Special Report. 1989. Pulp & Paper International 31(5): S1-S32.
- Bendtsen, B.A., Maeglin, R.R. & Denece, F. 1981. Comparison of mechanical and anatomical properties of eastern cottonwood and Populus hybrid NE-237. Wood Science 14(1): 1-14.
- Björken blir glassticka. 1989. Skogsbruket 6: 24-25.
- Blumenthal, B.-E. 1942. Studier angående aspens förekomst och egenskaper i Finland. Referat: Untersuchungen über das Vorkommen und die Eigenschaften der Espe in Finnland. Silva Fennica 56. 63 s.
- Blyth, J.E. & Smith, W.B. 1989. Pulpwood production in the North-Central region by county, 1987. USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station. Resource Bulletin NC-111. 30 s. St. Paul, Minnesota.
- Boehner, A. & Gertjensen, R.O. 1975. Effect of the three species of logging slash on the properties of aspen planer shavings particleboard. Forest Products Journal 25(12): 36-42.
- Bole, B.P. 1987. Veneer production today with the spindleless lathe. Forest Industries Clinic and Machinery Show, Portland, Oregon. Moniste. 6 s. Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, California.
- Bowyer, J.L., Kallio, E., Monson, C.R. & Nicholls, D.L. 1986. Standard blanks: a new alternative to hardwood lumber. Forest Products Journal 36(2): 67-73.
- Bramhall, G. & Wellwood, R.W. 1976. Kiln drying of western Canadian lumber. Canadian Forest Service, Information Report VP-X-159. 112 s.
- Brinkman, K.A. & Roe, E.I. 1975. Quaking aspen: silvics and management in the Lake States. USDA Forest Service. Agricultural Handbook 486. 52 s. St. Paul, Minnesota.
- Brisbin, R.L. & Sonderman, D.L. 1973. Birch .. an American

- wood. USDA Forest Service. FS-221. 11 s. Washington, D.C.
- Bruun, H.H. & Slungaard, S. 1959. Investigation of porous wood as pulp raw material. Paperi ja Puu 41(2): 31-34.
- Burton, D.H. 1956. Yellow birch regeneration. Sylva 12: 17-21.
- Butcher, J.A. & Drysdale, J. 1978. Soft-rot control in hardwood treated with chromated copper arsenate preservatives. IV. Toxic thresholds for Chaetomium globosum in twelve hardwoods. Material und Organismen 13(3): 187-196.
- Börset, O. 1952. Undersökelse over aspetömmar. Summary: Investigations on aspen logs. Meddelande av Norska Skogforsöksvesen 39: 355-423.
- Clark, W.P. 1958. Effect of tension wood on seasoning and machining of eastern cottonwood. Forest Products Journal 8(3): 109-112.
- Coastland mill - a model of modern management. 1989. Canadian Forest Industries, February: 6-11.
- COFI, high on new ply. 1988. Logging & Sawmilling Journal, September: 10-11.
- Cooper, P.A. 1976. Pressure-preservative treatment of poplar lumber. Forest Products Journal 21(3): 53-56.
- Cop, D. 1974. Die Permeabilität und kapillarporöse Struktur des Holzes der Pappel Populus marilandica L. Holztechnologie 15(3): 176-183.
- Coulson, R.N. & Witter, J.A. 1984. Forest Entomology - Ecology and Management. A Wiley-Interscience Publication. 669 s. John Wiley & Sons, New York.
- CRC Handbook of Materials Science. 1980. Volume IV, Wood. Edited by Summit, R. & Sliker, A. CRC Press, Inc. 620 s. Boca Raton, Florida.
- Creating a new image for paper birch. 1982. Minnesota Science 37(2&3): 16-18.
- Cunningham, G.C. 1953. Research in tolerant hardwoods. Canada Report on the Symposium of Birch Dieback: 52-56. Canada Department of Agriculture, Forest Biology Division, Science Service.
- Curve sawing could increase output of Canadian mills. 1988. Canadian Forest Industries, November: W1-W2.
- Darwin, W.N. Jr. 1989. How to estimate impact of target set changes. Forest Industries, March: 20-22.
- Demidenko, V.P. 1973. (Trace elements in the wood of Aspen of different morphological forms). Izvestija Sibirskogo Otdelenija Akademii Nauk SSSR No. 15 (Biol. Nauk. No. 3): 122-123. Novosibirsk.
- Dickinson, D.J. & Gray, S.M. 1986. Hardwood field experiments: progress report 1977-1986. The International Research Group on Wood Preservation. Document N:o IRG/WP/3991. IRG Sekretariat. Stockholm.
- Draganov, S.M. 1968. Fire retardants in particle boards. Teoksessa: Second Symposium on Particleboard, Washington State University, Pullman, Washington, s. 75-121.
- Eeronheimo, O. 1987. Puunkorjuu Yhdysvalloissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 277. Metsäteknologian tutkimusosasto, metsätyötieteen tutkimussuunta. 59 s.
- Einspahr, D.W. 1974. The future supply of aspen and other hardwoods in the Lake States region. Tappi 57(8): 93-95.

- Eklund, S. & Wennmark, G. 1925. Några undersökningar av aspskog. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift 23: 80-104, 125-142.
- Ekström, H. 1989. Aspvirke - egenskaper och användning. Summary: Aspen (*Populus tremula*) - wood properties and utilization. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära. Rapport nr 207. 104 s. + liitteet.
- 1990. Nordisk björkträff i Finland 12.-14.11.1989. Matkakertomus. 6 s. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära.
- Elfving, B. 1990. Investera i hybridasp ? Skogen 4: 25.
- Elowsson, T. 1989. Förutsättningar för tillverkning av björkkomponenter - en tillverkningsgran med goda framtidsutsikter. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära. Rapport nr 206. 69 s. + liitteet.
- Erickson, R. & Demaree, L. 1972. The drying of predrilled aspen lumber. Forest Products Journal 22(11): 48-50.
- , Petersen, H.D., Larson, T.D. & Maeglin, R.L. 1986. Producing studs from paper birch by saw-dry-rip. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Research Paper FPL-465. 13 s. Madison, Wisconsin.
- Fast growth ahead for aspen CTMP. 1990. Pulp & Paper International, March: 36-37, 55.
- Feihl, A.O. 1958. Veneer and plywood from aspen poplar. Reprinter from Canadian woodworker Jan. 1958. 4 s.
- 1964. Rotary cutting of curly yellow birch. Department of Forestry, Canada. Forest Products Research Branch. Publication No. 1086. 18 s. Ottawa, Ontario.
- Ferm, A. 1990. Nuorten vesasyntyisten hieskoivikoiden kehitys ja lahoisuus turvemaalla. Summary: Development and decay of young *Betula pubescens* coppice stands on peatland. Folia Forestalia 744. 17 s.
- Fleischer, H.O. & Lockard, C.R. 1955. A study of the production of yellow birch veneer for the American Seating Company. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Moniste. 76 s. Madison, Wisconsin. Julkaisematon.
- Forest cover types of North America (exclusive of Mexico). 1954. Report of Commission on Forest Types. Society of American Foresters. 67 s. Washington, D.C.
- Fronczak, F. 1980. Auxiliary torque back-up roll. Teoksessa: North American sawmill and plywood clinic, Portland, Oregon. Proceedings Vol I, s. 133-139. Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, California.
- Funt, B.V. & Bryant, E.C. 1987. Detection of internal log defects by automatic interpretation of computer tomography images. Forest Products Journal 37(1): 56-62.
- Geimer, R.L. & Crist, B. 1980. Structural flakeboard from shortrotation intensively cultured hybrid *Populus* clones. Forest Products Journal 30(6): 42-48.
- Genombrott för aspmassa? 1990. Skogen 4. s. 27.
- Gertjejansen, R.O. 1977. Properties of particleboards from sunflower stalks and aspen planer shavings. University of Minnesota, Agricultural Experiment Station. Forestry Series No. 24, Technical Bulletin 311. 8 s. St. Paul, Minnesota.
- & Haygreen, J. 1973. The effect of aspen bark from butt and upper logs on the physical properties of wafer-type

- and flake-type particleboards. *Forest Products Journal* 23(9): 66-71.
- , Haygreen, J.G. & French, W.D. 1972. Particleboard from aspen flakes and sunflower hulls. University of Minnesota, Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin No. 290. 6 s. St. Paul, Minnesota.
 - & Hedquist, D. 1982. Influence of paper birch on the properties of aspen waferboards: a mill trial. *Forest Products Journal* 32(11/12): 33-34.
 - , Hyvarinen, M., Haygreen, J.G. & French, W.D. 1973. Physical properties of phenolic bonded wafer-type particleboard from mixtures of aspen, paper birch, and tamarack. *Forest Products Journal* 23(6): 24-28.
 - , Riter, D., Popowitz, P. & Chen, Y. 1987. Paper birch as a core material for aspen oriented strandboard and waferboard. Paper No. 17254 of the contribution series of the Minnesota Agricultural Experiment Station. 4 s. St. Paul, Minnesota.
- Globalt sug efter lövvirke ökar efterfrågan i Sverige. 1990. *Skogen* 1: 6-7.
- Godman, R.M. & Krefting, L.W. 1960. Factors important to yellow birch establishment in Upper Michigan. *Ecology* 41(1): 18-28.
- Gray, G.J., Ellefson, P.V. & Lothner, D.C. 1986. Production and consumption of major wood products in the Lake States: perspective and trends. USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC-108. 82 s. St. Paul, Minnesota.
- Griffin, G. 1985. Hardwood scanning headrig improves recovery and output. *Forest Industries* 119(9): 31-33.
- Grow with the Lake States forests. 1987. The Lake States Forestry Alliance. St. Paul, Minnesota.
- Grönlund, S. 1990. Haviseva haapakin hyvä hyötöpuu. *Puutekniikka* 2: 15-16.
- A Guide to Hardwood Log Grading. 1965. USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. Handbook (revised). Upper Darby, Pennsylvania.
- Günzl, L. 1989. Hat die Birke Zukunft? *Österreichische Forstzeitung* 11: 45-47.
- Göhre, K. & Götze, H. 1959/1960. Grösse und Verteilung der Feuchtigkeit im Pappel- und Rotbuchenstamm. *Wissenschaftliche Zeitschrift von Humboldt Universität Berlin* 9(1): 109-119.
- Götze, H. 1964a. Untersuchungen über einige verwertungskennzeichnende Eigenschaften des Pappelholzes (I). Abbrand-, Schneid-, Abriebwiderstand und Härte des Pappelholzes. *Holzindustrie* 17(7): 187-190.
- 1964b. Untersuchungen über einige verwertungskennzeichnende Eigenschaften des Pappelholzes (II). Scher-, Spalt-, Schlagbiege- und Dauerfestigkeit des Pappelholzes. *Holzindustrie* 17(8): 224-227.
 - 1965. Über Struktur, physikalische Eigenschaften und Verwendung des Pappelholzes (III). Elastizität, Festigkeit und Verwendung. *Holzindustrie* 18(11): 315-318.
- Haapa kelpaa Rottnerosille. 1990. *Paperi ja Puu - Paper and Timber* 72(3): 226.
- Haapa, nopeakasvuisin puulajimme ... 1970. Haapatoimikunta.

- Moniste. 6 s.
- Haataja, B.A., Adams, R.D. & Arola, R.A. 1984. Total tree chunkwood as raw material for flake products. Teoksessa: Corcoran, T.J. & Gill, D.R. (toim.) A proceedings of COFE/IUFRO, University of Maine at Orono, USA & University of New Brunswick at Fredericton, Canada, 11-12 August 1984, s. 157-163.
- , Sandberg, L.B. & Palardy, R.D. 1986. A wood-based alternative to molded plastic pallets. Pallet Enterprise, July/August: 31-34.
- Hakkila, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 61(5). 98 s.
- 1976. Kokopuuhakkeen lajittelu. SITRAn lyhytkiertopuun kasvatusta ja käyttö -projektiin liittyvä matkakertomus. 39 s. Helsinki.
- Hall, H. & Gertjejansen, R.O. 1974. Improving the properties of commercial phenolic bonded, structural-type particleboards by oil tempering. Forest Products Journal 24(3): 40-42.
- Hann, R., Jokerst, R., Kurtenacker, R., Peters, C. & Tschernitz, J. 1971. Rapid production of pallet deckboards from low-grade logs. USDA Forest Service Research Paper FPL 154. Forest Products Laboratory. Madison, Wis. 16 s.
- Haskell, H.H. 1957. The longitudinal slicing of redwood and yellow birch veneer. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Moniste. 20 s. Madison, Wisconsin. Julkaisematon.
- 1958. Strength properties of tension wood and typical wood in a leaning eastern cottonwood tree. Forest Products Journal 8(1): 17-22.
- Haygreen, J.G. 1970. The strength of aspen studs. Minnesota Forest Research Note 221. 4 s.
- & Gertjejansen, R.O. 1972. Influence of the amount and type of phenolic resin on the properties of a wafer-type particle board. Forest Products Journal 22(12): 30-34.
- & Wang, S.-S. 1966. Some mechanical properties of aspen wetwood. Forest Products Journal 16(9): 118-119.
- Heikinheimo, O. 1957. Tuloksia ulkomaisten puulajien viljelystä Suomessa. Deutsches Referat: Ergebnisse von einigen Anbauversuchen mit fremländischen Holzarten in Finnland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 46(3). 129 s.
- Heikkerö, T. 1986. Puukustannusten osuus tuotantokustannuksista ja tuotteiden hinnoista. Julkaisussa: Sellu- ja paperiteollisuus kehittyä - kehittykö puuholto. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus INSKO. Moniste. 12 s.
- Heiskanen, V. 1958. Raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla. Summary: Quality of the common birch and the white birch on different sites. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 48(6). 99 s.
- 1966. Tutkimuksia koivujen vikaisuuksista, niiden vaikutuksesta sorvaustulokseen sekä niiden huomioonottamisesta laatuluokituksessa. Summary: Studies on the defects of birch, their influence on the quality and quantity of ro-

- tary cut veneer, and their consideration in veneer birch grading. *Acta Forestalia Fennica* 80(3). 128 s.
- & Salmi, J. 1976. Koivutukkien latvamuotoluvut ja yksikkökuutiot. Summary: Top form factors and unit volumes of birch logs. *Folia Forestalia* 287. 38 s.
- Heyne, D. 1976. Verbundwerkstoffe aus Karton und Furnier. *Holzindustrie* 29(3): 78-79, (6): 171.
- Himaya, K. 1987. Aristo-lathe. Plywood manufacturing short course, Oregon State University, Corvallis, Oregon. Moniste. 12 s.
- Hoadley, R.B. 1980. Understanding wood. A craftsman's guide to wood technology. A Time Woodworking Book. The Taunton Press, Inc. Newtown, Connecticut. 256 s.
- Hoffman, H.J., Kuhlmann, R. & Rauh, P. 1987. Three-dimensional curvature optimization. *World Wood*, April: 24-25.
- Holmes, P. 1949. Cutting yellow birch veneer at various temperatures and lathe settings. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Moniste. 10 s. Madison, Wisconsin. Julkaisematon.
- Holzeigenschaftstafeln: Birke. 1939. Holz als Roh- und Werkstoff 2: 375-376.
- Horsky, D. 1970. (Natural drying of poplar sawn timber). Zborn. Ved. Prac. Drev. Fak. Vysoke Skoly Lesn. Drev. Zvol. Ref. FA 35(6) N:o 3252: 13-39.
- Huang, S.S.L. & Sparrow, F.T. 1989. A computer-aided instruction tool for grading hardwood lumber. *Forest Products Journal* 39(10): 39-42.
- Huffman, D.R. 1972. Kiln-drying aspen studs. *Forest Products Journal* 22(10): 21-23.
- & Cech, M.Y. 1976. Kiln-drying 1-inch aspen. *Canadian Forest Industries* 96(8): 27-35.
- Hunt, J.F. & Gunderson, D.E. 1988. FPL spaceboard development. Teoksessa: TAPPI Proceedings of the 1988 Corrugated Containers Conference, October 24-27, Orlando, Florida, Atlanta, Georgia, s. 11-17.
- Hågvar, S. & Sörensen, O.J. 1976. Vi kan gjöre noe for "hullrugerne". *Norsk Skogbrug* 22(9): 3-6.
- Ince, P.J. 1987. Technology development for increased use of hardwoods. Teoksessa: Proceedings of the 4th Biennial Southern Silvicultural Research Conference, Atlanta, Georgia, November 4-6 1986. USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. General Technical Report SE-42: 3-7. Asheville, North Carolina.
- Industrial Plywood. 1974. U.S. Department of Commerce. Vol.Prod.Stand. 1-74. Washington, D.C.
- Interesting times in the Lake States timber industry. 1990. *The Northern Logger & Timber Processor* 1: 6-7, 26-28.
- Jaakko Pöyry Oy. 1990. Julkaisemattomia tietoja puukustannuksista tehtaalla Suomessa ja kilpailijamaissa vuodenvaihteessa 1989/90.
- Jakes, P. 1981. Lake States' resource trends. Teoksessa: Proceedings of 1980 Minnesota Forest Resources Inventory Conferences. USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC-64: 10-25.
- Jalava, M. 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan lujuusominaisuuksista. Summary: Strength properties of

- Finnish pine, spruce, birch and aspen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 33(3). 66 s.
- Janin, G. & Keller, R. 1976. Propriétés physiques, mécaniques et papetières du bois de deux hybrides entre *Populus tremula* et *Populus tremuloides*. INRA Document 1976-1. 22 s. Nancy.
- Jarvis, J.M. 1957. Cutting and seedbed preparation to regenerate yellow birch, Haliburton County, Ontario. Canada Department of Afforestation and Natural Resources, Forest Research Division. Technical Note 53. 17 s. Ottawa, Ontario.
- Jensen, V. 1950. Northern hardwood regeneration studies. Northern Hardwoods Research Centre. Quarterly Report, March. USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. Brocmall, Pennsylvania.
- Jokerst, R.W. 1985. Performance of oak-cottonwood plywood bonded with a softwood plywood phenolic during 10 years of exterior exposure. *Forest Products Journal* 35(4): 27-30.
- Jones, J.R. 1976. Aspen harvesting and reproduction. Teoksessa: Utilization and marketing as tools for aspen management in the Rocky Mountains. USDA Forest Service. General Technical Report RM-29: 30-34.
- Kallio, P. & Mäkinen, Y. 1975. Vascular flora of Inari, Lapland. 3. Salicaceae. Reports of Kevo Subarctic Research Station 12: 66-105.
- Kangas, E. 1942. Forstentomologische Studien an einigen Laubhölzern. *Annales Entomologis Fenniae* 8: 142-163.
- Karhu, N. 1978. Kokonaiskuva poppelin suvusta. *Dendrologisen Seuran Tiedotuksia* 9(4): 127-129.
- Keays, J.L. 1972. The resource and its potential in North America. Teoksessa: Aspen Symposium Proceedings. USDA Forest Service. General Technical Report NC-1: 4-9. Washington, D.C.
- , Hatton, J.V., Bailey, G.R. & Neilson, R.W. 1974. Present and future uses of Canadian poplars in fibre and wood products. Canadian Forestry Service Information Report VP-X-120: 1-49.
- Kemp, A.E. 1959. Factors associated with the development of collapse in aspen during kiln drying. *Forest Products Journal* 9(3): 124-130.
- Kennedy, R.W. 1974. Properties of poplar affect utilization. Teoksessa: Neilson, R.W. & McBride, C.F. (toim.) Poplar utilization symposium. Canadian Forest Service. Information Report VP-X-127: 51-64.
- Kettunen, J. 1990. Metsäteollisuustuotteiden raaka-ainevaatimukset. *Metsä ja Puu* 3: 14-15.
- Klauditz, W. 1952. Untersuchungen über die Eignung von verschiedenen Holzarten, insbesondere von Rotbuchenholz zur Herstellung von Holzspanplatten. Institut für Holzforschung, Braunschweig. Bericht 25.
- 1958. Zum Cellulose- und Zugholzgehalt des Holzes von Pappeln. *Holzforschung* 11(5/6): 158-169.
- Kollman, F. 1951. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Erster Band. Nördlingen.
- Konkola, J. 1986. Puulevytuotteiden kehitys. *Paperi ja Puu - Papper och Trä* 10: 714-715.
- Korotkija, G.JA. & Berzhin'sh, G.V. 1977. Povyshenie bio-

- stojkosti i snizhenie vozgoranosti plastificirovannoj drevesiny. Lesnoi Zhurnal 20(40): 157-160.
- Kosik, M., Repka, J., Reiser, V., Grman, D. & Hrdlichka, L. 1977. Modifikation der Eigenschaften von Holz mit Hilfe der Derivate des Polyäthylenglykols. Holztechnologie 18(1): 29-33.
- Kujala, V. 1946. Koivututkimuksia. Summary: Some recent research data on birches. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 34(1). 47 s.
- Kuusela, K., Mattila, E. & Salminen, S. 1986. Metsävarat piirimetsälautakunnittain Pohjois-Suomessa 1982-1984. Summary: Forest resources in North Finland by forestry board districts. Folia Forestalia 655. 86 s.
- Kärkkäinen, M. 1978. Haapatukkien lahoisuus. Summary: Occurrence of decay in aspen logs. Silva Fennica 12(3): 217-221.
- 1979. Puu, sen rakenne ja ominaisuudet. Helsingin yliopiston monistuspalvelu. 442 s.
 - 1981. Haapa- ja poppelilajien (Populus) käyttö. Summary: Utilisation of aspen and poplar (genus Populus) species. Silva Fennica 15(2): 156-179.
 - 1989. Industriell användning av björk i Finland. Skogskonferensen 1989, Ultuna 5.12.-6.12., Björk och Asp. Moniste. 13 s.
 - & Salmi, J. 1978. Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista. Summary: Studies on the measurement and technical properties of aspen logs. Folia Forestalia 355. 45 s.
- Laks, E., Haataja, B., Palardy, R.D. & Bianchini, R.J. 1988. Evaluation of adhesives for bonding borate-treated flakeboards. Forest Products Journal 38(11/12): 23-24.
- Lamb, F.M. 1967. Aspen woods characteristics, properties and uses; a review of recent literature. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Research Paper NC-13. 15 s. Madison, Wisconsin.
- Langhammer, A. 1980. Ospa i skogbruket. Norsk Skogbrug 26(1): 12-13.
- Lapista löytyi uusi haapa. 1975. Metsälehti 43(3): 6.
- Larson, T.D., Erickson, R.W. & Boone, R.S. 1986. Comparison of drying methods for paper birch SDR flitches and studs. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Research Paper FPL-465. 13 s. Madison, Wisconsin.
- Leach, H.A. & Gillies, G.B. 1972. An economic study of the manufacture of aspen lumber for panels, dimension stock and pallets. Canada Department of Industry, Trade & Commerce, Wood Products Branch. 30 s. Ottawa, Ontario.
- Lehtonen, A. 1988. Vanerin käyttö kuljetusvälineiteollisuudessa. Diplomityön tiivistelmä. 1 s. Teknillinen korkeakoulu, puunjalostusosasto, puun mekaanisen teknologian laboratorio. Otaniemi.
- Leppävuori, E. 1984. Sahatavara Yhdysvaltain markkinoilla. Suomen Puutalous 3: 24, 27-28.
- Lewis, D.W. 1985. Yield losses from sawmill scanner error. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Research Paper FPL-459. 12 s. Madison, Wisconsin.
- Liiri, O. 1960. Tutkimuksia lastulevyteollisuuden puuraaka-aineista I. Suomalaiset puulajit lastulevyn raaka-ai-

- neina. Summary: Investigations on the wood raw material in particle board industry I. Finnish tree species as a raw material of particle board. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. Tiedotus. Sarja I - Puu 17. 41 s.
- Linkola, P. 1956. Luonnonsuojelu ja haapa, lintujen puu. Suomen Luonto 15(3): 6-10.
- Linteau, A. 1948. Factors affecting germination and early survival of yellow birch in Quebec. Forestry Chronology 24: 27-86.
- Little, E.L., Jr. 1980. Check list of United States trees (native and naturalized). Revised. USDA Agricultural Handbook No. 541. 375 s. Washington, D.C.
- Littleford, T.W. & Roff, J.W. 1975. Evaluation of structural grades of northern aspen. Canadian Forest Service, Information Report VP-X-148. 19 s. Ottawa, Ontario.
- Loehnertz, S.P. 1982. Industrial performance of powered back-up roll for peeling veneer. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Research Paper FPL-430. Madison, Wisconsin.
- Loferski, J.R. & McLain, T.E. 1987. Development of reliability-based design of wood pallets. Forest Products Journal 37(7-8): 7-14.
- Lothner, C.D., Kallio, E. & Davies, T.D. 1982. 1950-1980, Minnesota and Wisconsin forest products prices: a historical review. USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station. Duluth, Minnesota.
- Lundberg, G. 1916. Om virke för tändsticksfabrikation. Norrlands Skogsvårdsförbundets Tidskrift (1): 1-37.
- Lutz, J. 1972. Veneer species that grow in the United States. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Research Paper FPL 167. 127 s. Madison, Wisconsin.
- 1975. Manufacture of veneer and plywood from United States hardwoods with special reference to the south. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Research Paper FPL 255. 8 s. Madison, Wisconsin.
 - 1978. Wood veneer: log selection, cutting and drying. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Technical Bulletin No. 1577. 137 s. Madison, Wisconsin.
 - & Jokerst, R.W. 1974. If we need it - construction plywood from hardwoods is feasible. Plywood and Panel Magazine 14(9): 18-20.
- Luukkanen, O. 1981. Dendrologian kurssi. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja N:o 17. 181 s.
- Lönnerberg, B. 1975. Short-rotation hardwood species as whole-tree raw material for pulp and paper. 2. Wood raw material. Paperi ja Puu 57(8): 507-516.
- Mackay, J.F.G. 1974a. Drying dimension lumber sawn from trembling aspen (*Populus tremuloides*) and balsam poplar (*P. balsamifera*). Teoksessa: Neilson, R.W. & McBride, C.F. (ed.). Poplar utilization symposium. Canadian Forest Service, Information Report VP-X-127: 84-95. Ottawa, Ontario.
- 1974b. High-temperature kiln drying of northern aspen 2- by 4-inch light-framing lumber. Forest Products Journal 24(10): 32-35.
 - 1975. Properties of northern aspen discolored wood related to drying problem. Wood & Fiber 6(4): 319-326.

- 1976. Delayed shrinkage after surfacing of high-temperature kiln-dried northern aspen dimension lumber. *Forest Products Journal* 26(2): 33-36.
- Maeglin, R.R. & Boone, R.S. 1988. Saw-dry-rip improves quality of random-length yellow-poplar 2 by 4's. USDA Forest Service, Forest Products laboratory. Research Paper FPL-490. 15 s. Madison, Wisconsin.
- Mahlberg, R. 1988. Puun asetylointi etikkahappoanhydridillä. Abstract: Acetylation of wood with acetic anhydride. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tiedotteita 878. 42 s.
- 1989. Asetyloinnin vaikutukset puulevyjen ominaisuuksiin. Abstract: Effect of acetylation on the properties of woodbased boards. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tutkimuksia 652. 26 s.
- Maisenbacher, H. 1970. Möglichkeiten der industriellen Verwertung und wirtschaftlichen Erzeugung von Pappelholz. *Forstarchiv* 41(8): 150-154.
- Mali, J. 1980. Kotimaisten puulajien ja tuontipuulajien tekniset ominaisuudet ja käyttö. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, puulaboratorio. Tiedonanto 3. 43 s. + liitteet.
- Martodam, D. 1982a. Evaluation of Minnesota white birch for potential use in a System 6 manufacturing process - White birch resource analysis. Minnesota DNR - Division of Forestry. 21 s. + liitteet. Grand Rapids, Minnesota.
- 1982b. Evaluation of Minnesota white birch for potential use in a System 6 manufacturing process - White birch bolt volume and quality yield assessment. Minnesota DNR - Division of Forestry. 12 s. + liitteet. Grand Rapids, Minnesota.
- Mayer-Wegelin, H. 1958. Die Verwendbarkeit des Pappelholzes auf Grund seines Aufbaues und seine kennzeichnenden Eigenschaften. *Holzforschung* 11(5/6): 130-139.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1986. Yearbook of forest statistics 1986. 1987. *Folia Forestalia* 690. 235 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1988. Yearbook of forest statistics 1988. *Folia Forestalia* 730. 243 s.
- Miller, R.B. & Cahow, E. 1989. Wood identification of commercially important North American species of birch (*Betula*). *IAWA Bulletin, new series* vol. 10(4): 364-373.
- Minnesota aspen and birch. 1986. Forest Products Industrial Development Opportunities Meeting, July 31. St. Paul, Minnesota. Moniste. 27 s.
- Muhle Larsen, C. 1970. Recent advances in poplar breeding. Teoksessa: Romberger, J.A. & Mikola, P. International review of forestry research 3. 67 s. Academic Press. New York - London.
- Neilson, R.W. 1975. Poplar utilization: a problem analysis. Canadian Forest Service, Information Report VP-X-149. 65 s. Ottawa, Ontario.
- Nilsson-Ehle, H. 1939. Jätteaspen. *Skogsbruket* 9(3): 65-70.
- Norman, E. 1976. Natural resistance of different species of Swedish timbers to attack by marine wood-boring molluscs. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära. Rapport nr 98. 24 s.
- Official Grading Rules for Northern Hardwood and Softwood, Logs and Tie Cuts. 1968. Northern Hardwood and Pine Manufacturers Association. Green Bay, Wisconsin.

- Ojamaa, M.M. 1961. Biologicheskie formy osiny v lesak juzhnoj chasti Estonii. (Biological forms of *Populus tremula* in S. Estonia). Lesn. Hoz. 14(2): 4-11.
- Oksala, T. 1953. Jättiläishaapoja Uhtualla. Luonnon Tutkija 56(2): 56-59.
- Ollinmaa, P.J. 1955. Koivun vetopuun anatomisesta rakenteesta ja ominaisuuksista. Summary: On the anatomical structure and properties of the tension wood in birch. Acta Forestalia Fennica 64(3). 263 s.
- 1959. Reaktiipuututkimuksia. Summary: Study on reaction wood. Acta Forestalia Fennica 72(1). 54 s.
- Opportunities in molded wood technology from Michigan Technological University. 1989. Michigan Technological University, Institute of Wood Research. Moniste. 7 s. Houghton, Michigan.
- Ovcharenko, V.P. 1972. (The effectiveness of producing panel parquet faced with compressed wood of softwooded broadleaved species) Nauchn. Trud. Leningr. Lesotekh. Akad. 153: 56-60. Ref. FA 34(8) N:o 4831.
- Pagano, K.J. & Gertjejenen, R.O. 1989. The effect of mixing high and low density hardwoods on bond development in waferboard. Forest Products Journal 39(2): 45-48.
- Palardy, R.D., Haataja, B.A., Shaler, S.M., Williams, A.D. & Laufenberg, T.L. 1989. Pressing of wood composite panels at moderate temperature and high moisture content. Forest Products Journal 39(4): 27-32.
- Panshin, A.J. & de Zeeuw, C. 1980. Textbook of Wood Technology. McGraw-Hill Series in Forest Products. 722 s.
- Parallam ready for market. 1987. Logging & Sawmilling Journal (October): 12.
- Past, present and future trends in the U.S. timber sector: 1952-2040. 1987. USDA Forest Service. General Technical Report. 35 s. Washington, D.C.
- Paul, B.H. 1956. Specific gravity of *Populus* species and hybrids. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Report 2060. 17 s. Madison, Wisconsin.
- Perala, D.A. 1988. Regenerating the birches: Ecology and cultural requirements. Reprint from Dissertation Abstracts International 49(4). 2 s.
- & Alm, A.A. 1989. Regenerating paper birch in the Lake States with the shelterwood method. Northern Journal of Applied Forestry, December: 00-00. Käsikirjoitus.
- & Carpenter, M. 1985. Aspen, an American wood. USDA Forest Service. FS-217. 8 s. Washington, D.C.
- Perehoshih, I.V. & Kulinicev, A.F. 1976. Fizikomehanicheskie svojstva drevesiny povyshennoj stabil'nosti. Lesnoi Zhurnal (5): 140-142.
- Performance oriented ... across the board. 1989. Blandin Wood Products, Grand Rapids, Minnesota. Esite. 4 s.
- Pitkänen, M. 1989. Lastulevyteollisuus tänään ja sen tulevaisuus. Esitelmä Puu'89-messujen levyteollisuuskongressissa Jyväskylässä 22.8. Moniste. 9 s.
- Plywood's future assured by product revolution. 1974. Southern Lumberman 7 (August): 6.
- Porter, A.W. 1988. Optimizing log bucking. Logging & Sawmilling Journal, May: 31-38.
- Pronin, D. & Lassen, L.E. 1970. Evaluating quaking aspen of

- Wisconsin for a site-quality relationship. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Research Paper FPL-141. 8 s. Madison, Wisconsin.
- Pölkki, V. 1986. Puuraaka-aineen tehdashinnan osatekijät. Julkaisussa: Sellu- ja paperiteollisuus kehittyä - kehittykö puuholto. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus INSKO. Moniste. 12 s.
- Quigley, K.L. & Babcock, H.M. 1969. Birch timber resources of North America. Teoksessa: Birch Symposium Proceedings. Northeastern Forest Experiment Station. Brocmall, Pennsylvania.
- Raske, A.G. & Bryant, D.G. 1977. Distribution, survival, and intra-tree movement of late-instar birch casebearer larvae on white birch (Ledidoptera: Coleophoridae). Canadian Entomology 109: 1297-1306.
- Ranua, J. 1987. Suomalainen mekaaninen kuitu on maailman parasta puupitoisen paperin raaka-ainetta. Metsä-Serla 9: 8.
- Regional variation in composition of old-growth northern hardwood forests. 1935. USDA Forest Service, Lake States Forest Experiment Station. Technical Note 95. 1 s. St. Paul, Minnesota.
- Robichaud, Y., Petro, P.J. & Kingsley, M.C.S. 1974. Aspen lumber and dimension stock recovery in relation to sawing pattern. Forest Products Journal 24(3): 26-30.
- Robinson, J.W. 1984. A new veneer dryer control system. American Institute of Chemical Engineer Meeting, San Francisco, California. Moniste. 7 s.
- Rowell, R.M., Wang, R.H.S. & Hya, J.A. 1986. Flakeboards made from aspen and southern pine wood flakes reacted with gaseous ketene. Journal of Wood Chemistry and Technology 6(3): 449-471.
- , Youngquist, J.A. & Sachs, J.B. 1987. Adhesive bonding of acetylated aspen flakes, Part I. Surface changes, hydrophobicity, adhesive penetration and strength. International Journal of Adhesion and Adhesives 7(4): 183-188.
- Sachsse, H. 1988. Holzqualität von Birken. Die Baumart Birke und ihre anatomischen Holzeigenschaften. Holz als Roh- und Werkstoff 46: 441-446.
- Safford, L.O. 1983. Silvicultural guide for paper birch in the Northeast (revised). USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. Research Paper NE-535. 29 s. Brocmall, Pennsylvania.
- Salmi, J. 1977. Suomalaisia ja ulkomaisia puulajeja. Osa II: Lehtipuut A ... N. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos. Tiedonantoja n:o 35. 282 s.
- 1978. Suomalaisia ja ulkomaisia puulajeja. Osa III: Lehtipuut O ... Ö. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos. Tiedonantoja n:o 38. 298 s.
- Sarvas, R. 1950. Jättiläishaapa Helsingin kaupungissa. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 67(2): 68-100.
- 1958. Kaksi triploidista haapaa ja koivua. Summary: Two triploid aspens and two triploid birches. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 49(7). 25 s.
- Schmidt, E.L., Hall, H.J., Gertjeansen, R.O., Carll, C.G. & DeGroot, R.C. 1983. Biodeterioration and strength reductions in preservative treated aspen waferboard.

- Forest Products Journal 33(11/12): 45-53.
- Schmitz, H. & Jackson, L.W.R. 1927. Heartrot of aspen with special reference to forest management in Minnesota. University of Minnesota, Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin 50. 43 s. St. Paul, Minnesota.
- Schulman, E. 1989. Koivun ruskotäpläkärpäsen (Dendromyza betulae E. Kang.) esiintymisestä koivuissa ja sen vaneriteollisuudelle aiheuttamista menetyksistä. Moniste. 5 s. Pietarsaari.
- Schulz, G. 1956. Exploratory tests to increase preservative penetration in spruce and aspen by mold infection. Forest Products Journal 6(2): 77-80.
- Setterholm, V.C. 1985. FPL Spaceboard - A new structural sandwich concept. TAPPI Journal, June: 40-42.
- Shamaev, V.A. 1978. Ispol'zovanie nedelovoi drevesiny dlja proizvodstva podshipnikov skol'zhenija. Lesnoi Zhurnal (2): 80-83.
- , El'kov, L.V. & Samodurov, I.S. 1975. Nekotorye svojstva plastificirovannoj mochevinoj pressovannoj drevesiny. Lesnoi Zhurnal (1): 92-94.
- Shands, W. & Dawson, D. 1984. Policies for the Lake States forests. The Conservation Foundation. 33 s. Washington, D.C.
- Sibal, P.V. & Bowyer, J.L. 1983. The quality of aspen bolts delivered to two concentration yards in Northern Minnesota. University of Minnesota, Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin 337. 20 s. St. Paul, Minnesota.
- Siimes, F.E. 1967. The effect of specific gravity, moisture content, temperature and heating time on the tension and compression strength and elasticity properties perpendicular to the grain of Finnish pine, spruce and birch wood and the significance of these factors on the checking of timber at kiln drying. Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos. Julkaisuja 84. 86 s.
- Spelter, H. & Sleet, G. 1989. Potential reductions in plywood manufacturing costs resulting from improved technology. Forest Products Journal 39(1): 8-15.
- Springate, N.C. 1980. The use of different species in the production of waferboard. Teoksessa: Proceedings of 1980 Canadian Waferboard Symposium, Forintek Canada Corporation, Ottawa, Ontario, ss. 118-124.
- Steele, P.H. & Wengert, E.M. 1987. Influence of hardwood edging and trimming practices yield by the best opening face method. Forest Products Journal 37(4): 24-26.
- Steneker, G.A. 1974. Factors affecting the suckering of trembling aspen. Forestry Chronology 50(1): 32-34.
- Stern, E.G. & Wallin, W.B. 1975. Design of aspen pallet deckboard-stringer joints. Forest Products Journal 25(2): 51-54.
- Stevens, M. & Schalck, J. 1977. Einfluss von Verfahrensbedingungen auf chemische Wechselwirkungen in Holz-Kunststoff-Kombinationen. Holz als Roh- und Werkstoff 35(8): 301-306.
- Stone, R.N., Risbrudt, C. & Howard, J. 1984. Wood product use by coal mines. Forest Products Journal 35(6): 45-52.
- A Sturdi Solution. 1990. Timber Trades Journal 10: 15.

- Suonranta, A. 1989. Vaneriteollisuus nyt ja tulevaisuuden näkymät. Esitelmä Puu '89 -messujen levyteollisuuskongressissa Jyväskylässä 22.8. Moniste. 10 s.
- Taylor, F.W., Wagner, F.G., McMillin, C.W., Morgan, I.L. & Hopkins, F.F. 1983. Locating knots by industrial tomography - a feasibility study. Forest Products Journal 35(5): 42-46.
- The wooden pallet's back. 1988. Logging & Sawmilling Journal, September: 20-22.
- Thomas, G.P. 1968. Decay as a limiting factor on poplar utilization. Teoksessa: Maini, J.S. & Cayford, J.H. (toim.): Growth and utilization of poplars in Canada. Forestry Branch Department Publications 1205: 145-148. Ottawa, Ontario.
- Thompson, E. 1985. Speco veneer dryer. Plywood and Panel World, February - March: 22-24.
- Thompson, R.D. 1974. Marketability of aspen studs. Forest Products Journal 24(12): 23-27.
- Thunell, B. & Perem, E. 1952. Svenskt trä. Strömbergs förlag, Stockholm.
- Tiedemann, G., Bauch, J. & Bock, E. 1977. Occurrence and significance of bacteria in living trees of *Populus nigra* L. Eur. Journal of Pathology 7(6): 364-374.
- Tikka, P.S. 1944. Haapa arvokkaampia metsäpuitamme. Maa 29(11): 449-45, (12): 499-501.
- 1955. Haapametsiköiden rakenteesta ja laadusta. II. Laatu. Summary: Structure and quality of aspen stands. II. Quality. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 45(3). 54 s.
- Tillman, A.-M. 1986. Dimensional stability of flakeboards made from acetylated softwood and hardwood flakes. Institutionen för teknisk kemi II. Chalmers tekniska högskola, Göteborg. 52 s.
- Tulitikki toi haapapuun teollisuuteen. 1958. Metsälehti 26 (15-16): 8.
- U.S. Forest Facts. 1988. United States Department of Agriculture. Forest Service. PA-1384-M. Washington DC.
- Usenius, A. 1988. Pohjois-Amerikan puuntutkimukseen tutustumassa. Paperi ja Puu - Paper and Timber 1: 14-17.
- Vaajoensuu, A. 1961. Lastulevyn puuraaka-aineiden vertailua. Paperi ja Puu - Papper och Trä 6: 407-408.
- Verkasalo, E. 1987. Hies- ja rauduskoivutukit vaneriteollisuuden raaka-aineena. Puumies 5: 36-39.
- 1990. Tuloksia hies- ja rauduskoivutukkien koesorvauksesta Metsä-Serla Oy:n Hämeen tehtailla. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 40 s. Julkaisematon.
- Vesterinen, E. 1944. Haapapuun käyttö puunjalostusteollisuudessa. Suomen Puu 19(5): 51-52.
- 1956. Kelpaavatko koivu ja haapa rakennuspuuksi? Suomen Puutalous (2): 63.
- Vuokila, Y. 1977. Hyvän kasvupaikan haavikon kasvukyvyistä. Abstract: On the growth capacity of aspen stands on good sites. Folia Forestalia 299. 11 s.
- Vuokko, S. 1978. Havinaa haavan ympärillä. Suomen Luonto 37(7): 322-327.
- Väyrynen, O. 1970. Tulitikkuteollisuus ja haapa tulitikki-

- teollisuuden raaka-aineena. Puumies 16(1-2): 3.
- Wagenführ, R. & Scheiber, D. 1974. Holzatlas: 266-268. VEB Fachbuch-Verlag. Leipzig.
- Wagner, F.G., Taylor, F.W., Ladd, D.S., McMillin, C.W. & Roder, F.L. 1989. Ultrafast CT scanning of an oak log for internal defects. Forest Products Journal 39(11/12): 62-64.
- Wahlgren, H.E. 1957. Effect of tension wood in a leaning eastern cottonwood. Forest Products Journal 7(6): 214-219.
- Wang, S.J. 1986. The effect of scan spacing on trimming efficiency. Forest Products Journal 36(9): 29-32.
- & Giles, D.R. 1989. Effect of various factors on computer-optimized bucking system performance. Forest Products Journal 39(11/12): 33-36.
- Wellons, J.D., Kraemer, R.L., Sandoe, M.D. & Jokerst, R.W. 1983. Thickness loss in hot-pressed plywood. Forest Products Journal 33(1): 27-34.
- Wengert, E.M., Rice, R.W. & Schroeder, J.G. 1987. Development of grading systems for short-length lumber. Proceedings of 15th Hardwood Symposium: 120-141. Hardwood Research Council, Memphis, Tennessee.
- White birch in Minnesota. 1984. Minnesota DNR - Division of Forestry. 19 s. Grand Rapids, Minnesota.
- Wiese, D.R. & Flemstrom, U. 1989. New sensor technology for headrig scanning. Forest Industries, March: 16-18.
- Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. 1987. USDA Forest Service, Agricultural Handbook 72. 466 s. Forest Products Laboratory. Madison, Wisconsin.
- Yearbook of forest products. 1986. FAO. Rome.
- Youngquist, J.A., Rowell, R.M. & Krzysik, A. 1986. Mechanical properties and dimensional stability of acetylated aspen flakeboard. Holz als Roh- und Werkstoff 44: 453-457.
- Zak, J.B. 1990. Changing our views on aspen acceptance. Canadian Forest Industries (March): 46-49.
- Zillgitt, W.M. & Eyre, F.H. 1945. Perpetuation of yellow birch in Lake States forests. Journal of Forestry 43: 658-661.

Total of 272 references

SUULLISET TIEDONANNOT - Personal communications:

- Bowyer, J.L. Professori, Ph.D. University of Minnesota, Department of Forest Products, St. Paul, Minnesota. 27.10.1989.
- Gertjejansen, R.O. Professori, Ph.D. University of Minnesota, Department of Forest products, St. Paul, Minnesota. 27.10.1989.
- Haataja, B.A. Ph.D. Michigan Technological University, Institute of Wood Research, Houghton, Michigan. 17.10.1989.
- Loferski, J.R. Apulaisprofessori, Ph.D. Virginia Polytechnic Institute and State University, Department of Wood Science

and Forest Products. Blacksburg, Virginia. 31.10.1989.
Perala, D.A. Ph.D. USDA Forest Service, North Central Forest
Experiment Station, Grand Rapids, Minnesota.
19.-20.10.1989.
Suomen Pankki. Suullisia valuuttakurssitietoja. 2.2.1990.

SUMMARY

Birch and aspen as a raw material for mechanical
forest industries in the United States

Introduction

In recent years active discussion on the possibilities of birch (Betula sp.) and aspen (Populus tremula) in Finnish forestry and the forest industry has begun. North American countries, especially the United States, have much experiences in the utilization of their birch and aspen species in various sectors of the forest industry. This study deals with the wood technological properties of these species, also comparing them with the corresponding European species, and their current and planned use in mechanical wood processing. On this basis, the study aims to deduce the possibilities to apply these forms of utilization in Finland and estimate the effect this would have on forest management. The study material comprises literature, and experiences gained during a study tour to the Northern and Mideastern United States in autumn 1989.

North American birch species

There are three economically important birch species in North America, **yellow birch** (B. alleghaniensis Britton), **white or paper birch** (B. papyrifera Marsh) and **sweet birch** (B. lenta L.). Their main distribution areas are the Eastern parts of Canada and the Northeastern and Great Lake States of the United States (Fig. 1). Other less important birch species comprise **river birch** (B. nigra L.), **gray birch** (B. populifolia Marsh) and the subspecies of white birch, such as **western white birch** (B. papyrifera var. occidentalis) and **Alaskan white birch** (B. papyrifera var. humilis).

Yellow birch is the longest-living (120 to 150 years), the biggest (height 19 to 21 meters, DBH 60 to 80 cm) and the most valuable of the North American birch species. The butt part of the stem is knotfree, straight and cylindrical, which make it a desired raw material for veneer, plywood and joinery. White birch is shorter-living (70 to 80 years), smaller (height 15 to 21 meters, DBH 30 to 60 cm), of lower quality by the stem form and of poorer value, closest in comparison to Finnish white birch (B. pubescens). Sweet birch grows to about the same dimensions as white birch but is of considerably better quality than white birch: thanks to its silky-glittering and occasionally curly-grained wood it is even more desired than yellow birch as a raw material for furniture.

The wood of the North American birch species is extremely straight-grained throughout, appearing rather fine and tight. Yellow birch excluded, early wood, late wood, and the year rings can be clearly distinguished. Contrary to the European birch species, heartwood is dark-hued. The stems are often slightly heart rotten. When sawn, even the heart wood has a bad resistance to decay and it is, very evidently, difficult to impregnate. Yellow and sweet birch wood is clearly heavier and white birch wood is slightly lighter than the wood of the European birch species. These differences are also evident in the strength properties (Table 1). Regarding wood hardness, yellow birch clearly surpasses the other birch species. When drying, the wood of the North American birch species shrinks much more (Table 2), and gets warp and checkings more easily than the wood of the European birch species. All the birch species with an economic importance have wood with excellent machining, especially rotary-cutting, gluing and surfacing properties. The only important disadvantages are the difficult splitting properties and the danger for checking when screwed or nailed.

North American aspen species

Quaking aspen (*P. tremuloides*) is the most widely distributed tree species in North America (Fig. 3). **Bigtooth aspen** (*P. grandidentata* Michx.) grows in a considerable area. Triploid and hybrid forms of both aspen species occur, too. Quaking aspen, with a height of 12 to 18 meters and a DBH of 20 to 25 cm, normally remains smaller than European aspen. Nevertheless, on moderately fertile and fertile sites it reaches the pulpwood dimensions more rapidly than any other North American species. Bigtooth aspen normally grows somewhat bigger than quaking aspen. The quality of the aspen stems has a considerable variation, usually due to genetic reasons. In most cases the butt part is straight, well self-pruned and with a small taper, but the wood in itself is knotty due to the small stem diameter.

Aspen wood is straight- and long-grained, homogeneous, and often with a rough nap. The unclear limit between early and late wood, year rings, and sap and heartwood is typical. The uneven moisture content, mainly due to the wetwood occurring in the heartwood, causes checking, and the occurrence of tension wood warp and unsatisfactory surface quality when drying. Stem rot, most often originating from dry knot stubs, and also butt rot are usual in aspen stems. Both heart and sap woods have a poor resistance to rot after sawing, in particular when in contact with the ground. After drying aspen wood is more durable than birch wood, for example. Thanks to its high porosity and permeability, aspen wood has a good impregnability. The wood properties can be further improved by impregnation with vinyllic plastics and by acetylation. Aspen wood is very soft, light-weighted and poor in tensile strength, but the other strength properties are nearly comparable with those of Norway spruce (Table 3). The uniform density and small variation and high minimum level of strength properties are great advantages. The shrinkage when drying is insignificant (Table 4). Aspen wood has excellent machining, gluing and surfacing properties.

However, it dulls the tools rapidly, the print when machining tension wood feels rough and, the screw holding ability is unsatisfactory. With regard to nearly all wood properties, European aspen is somewhat better than North American aspen species.

Utilization of big-dimensioned birch and aspen timber

The dimension and quality requirements for veneer and plywood raw material are considerably stricter in the United States than in Finland. This is due to the formerly abundant reserves of large-dimensioned timber, the deliberate avoidance of low quality stem parts and, from the Finnish point of view, old-fashioned and massive production technology. The properties of large-dimensioned birch make it primarily suitable for the most valuable veneer and plywood (Tables 6 to 8). The best quality yellow and sweet birch are sliced for decorative face veneer for the furniture and joinery industry (chairs, tables, bookshelves, flush doors, kitchen cabinets). Yellow, sweet and white birch with minor defects are sliced for face veneer for prefinished wall panels and rotary-cut for furniture plywood. White and Alaskan white birch logs, which can be considered abnormally small for plywood in American circumstances, are planned to be rotary-cut for a product resembling Finnish birch plywood, called "Finn-ply". Research dealing with this form of hardwood utilization is active nowadays. Contrary to Finnish practice, birch is not recommended for construction plywood. Large-dimensioned aspen is used for less valuable plywood, such as inner plies for wall panels and construction plywood, flooring and, in particular, for pallets and containers (Tables 6 to 8). New areas of aspen utilization are for LVL (laminated veneer lumber), COFI roof panels and different combination plywood panels for construction purposes.

The saw mill industry in the United States manufactures raw material from yellow and sweet birch especially for furniture

and joinery, to be delivered either as edged or unedged lumber or as dimensions. The raw material is used in the same finished products as the decorative face veneer. Yellow birch of a lower quality and also white birch of normal quality are used, for example, for mine props and boxes. Production technology development (System 6 and Saw-Dry-Rip techniques) has made it possible to manufacture dimensions for furniture, panels and studs from white birch of smaller dimensions than used earlier for sawmilling. Good quality aspen is sawn to some extent for simple furniture, but mainly for pallets and containers. Different glued lumber constructions seem to be promising aspen products in the near future. When impregnated, aspen is used quite often for corral poles. Research in production technology and further processing in hardwood sawmilling is currently very intensive.

In addition to use for veneer, plywood and lumber, large-dimensioned birch is used in some amounts for ice cream sticks and chopsticks, tooth picks, tongue depressors and small turned and rived products. The traditional use of large-dimensioned aspen for matches has dropped to an unimportant amount, but new use has grown in the manufacture of, for example, ice cream and cocktail sticks, hockey sticks, artificial limbs and some instruments.

Utilization of small-dimensioned birch and aspen timber

The particle board industry in the United States, contrary to Finland, has not used large amounts of birch. Instead, aspen has been preferred thanks to its high strength in relation to its density, which makes it possible to build light-weight constructions, and to its minute glue consumption. However, the wafer and OSB (oriented strand board) industry is a much more important aspen user than the particle board industry. Due to increased consumption, aspen pulpwood is nowadays one of the timber assortments for which there is the greatest

demand, especially in the Great Lake States. For example, birch can be mixed with aspen at a proportion of 15 to 20 % without any deterioration of strength properties. Wafer and OSB boards are used primarily as a substitute for softwood plywood in construction (inner roofs and walls, flooring, storage shelves, casting molds, etc.). Molded products can be manufactured for pallets and furniture dimensions. Poor dimensional stability due to considerable moisture swelling is a weak point in exterior use for wafer and OSB boards. An intensive research programme exists which aims to solve this problem. Of the "new" wood panel industries, aspen and birch are used to some extent for MDF (medium density fibreboard), and cement, gypsum and gypsum-paper-board chipboards. FPL spaceboard, which is a molded fibreboard product with a waffle-resembling structure, is regarded as a rather promising product, too.

Conclusions

In Finland in the 1980s the consumption of domestic birch timber has been 1.3 to 1.4 mill. m³ for plywood, 0.1 to 0.2 mill. m³ for lumber and more than 5 mill. m³ for pulp. The American experiences of sawmilling white birch, which highly corresponds to Finnish white birch (B. pubescens), for furniture dimensions are interesting from the Finnish point of view. Large-dimensioned birch could also be used for joinery, furniture of solid wood and parquet more than is done nowadays. In Finland the plywood industry can pay such a good price for birch logs that it is not worth weakening their availability for rotary-cutting. At the very most, there might be place for a bigger birch sawmilling in Kainuu and in certain regions of Ostrobothnia, where all the industrial birch timber goes to pulp mills nowadays. Nonetheless, birch saw logs from these regions are small-dimensioned and generally with decay at the saw timber size, which makes it difficult to procure proper saw logs on a sufficiently big scale.

In principle, birch pulpwood could be used for MDF. However, the manufacturing costs of MDF are, for example, 30 to 35 % higher than of particle board, which makes only industrial chips an economic raw material in Finnish conditions, and the competitiveness status with foreign industries is questionable. In addition, a shortage of birch for pulping is predicted in the near future, due to the increasing production.

In Finland, the demand of aspen is considerably poorer than that of birch. It is used only occasionally for lumber and plywood and as an undesired by-species when pulping hardwoods. In principle, the forest industries have a positive attitude to increase the use of aspen - probably with a provision of maintaining the price at the current level (pulpwood 20 FIM/m³, saw logs 120 to 150 FIM/m³). In fact, most of the properties of aspen wood are good or satisfactory for many purposes. There is a slight interest to rotary-cut aspen for inner plies of spruce-based plywood, but the procurement of sound aspen logs has proved a difficult task. In addition to the small current use for sauna platforms, aspen lumber could be used for such furniture and wall panels, where light wood colour with a good resistance to become darker is an aesthetic advantage and where the soft wood structure is not harmful. In construction, LVL and other glued wooden structures are more promising uses of aspen than solid lumber.

Nevertheless, the hopes for aspen supply outlined by the forest industries are concentrated on low-priced pulpwood, because the laboratory experiments have proved the excellent properties of aspen wood for CTMP (chemithermomechanical pulp) and groundwood to be used for tissue and fine papers. A good recovery, good fibre properties, the possibility to bleach the pulp to a high brightness level with oxygen and the negligible yellowing are the advantages presented for aspen pulp. There are remarkable drawbacks for wafer and OSB board production in Finland, despite the inherently good

properties of the products. Profitable production at a mill would require such a big production volume that the timber should be procured from an unreasonably large region and that a big share of the production would have to be exported, where competition from domestic production would make it unfeasible for the Finnish forest industries. As well, the probably rising price of aspen pulpwood and the high freight cost in relation to the value of the product would be harmful for Finnish competition.

As a whole, the American birch species and their utilization patterns do not present any special advantages compared with the current Finnish ones. The only exception might be yellow birch for the production of the most valuable raw material for veneer and furniture. Thus, in accordance with the silvicultural instructions of the National Board of Forestry and the Central Forestry Board in Finland, planted and naturally regenerated common birch (B. verrucosa) stands can be grown on fertile mineral soils and naturally regenerated white birch (B. pubescens) stands should be grown only on peatlands and swampy mineral soils with an adequate fertility, and especially where the regeneration for Scots pine and Norway spruce is insecure. In addition, birch can be grown as an admixed tree species in softwood dominated stands with a moist upland forest site. The possible expansion of birch sawmilling might strengthen the arguments to produce sawtimber also where the sawtimber stems remain relatively small and where there is currently no demand for birch veneer logs.

With the present demand for wood, deliberate aspen production cannot be considered a sensible alternative in the Finnish forestry. In principle, large-dimensioned aspen timber could be grown on the most fertile sites, for example on abandoned agricultural lands. Still, the uncertainty of the aspen stems remaining sound and the price expectations of the saw and veneer logs are questionable. It is worth remembering that, for example, hybrid aspen (P. tremula *

tremuloides) timber from the plantations of the 1960s and 1970s had to be marketed as firewood due to the lack of industrial demand. The North American patterns of regenerating aspen by modern clone techniques and root sprouting, by which the rotation period when growing pulpwood has been evaluated to be shortened to maybe 20 years in Southern Finland, has caused a growing interest in the pulp industry. However, in the current situation it is usually reasonable to let aspen grow only as an admixed tree species in Norway spruce and birch stands with a fertile soil, and to retain the versatility in the forest milieu. Aspen should be annihilated from the sites with a poorer fertility than moist upland soil, especially from young Scots pine stands.

ISBN 951-40-1128-7
ISSN 0358-4283

HAKAPAINO OY, HELSINKI 1990