

Varastoinnin vaikutus kuitupuuhun

**Markku Mäkelä
Kari Korhonen
Katriina Lipponen**

**Metsätehon raportti 91 B
25.5.2000**

Varastoinnin vaikutus kuitupuuhun

Markku Mäkelä
Kari Korhonen
Katriina Lipponen

Metsätehon raportti 91 B
25.5.2000

Konsortiohanke: Metsäliitto Osuuskunta, Stora Enso Oyj,
UPM-Kymmene Oyj

Asiasanat: puutavaran varastointi, lahopuu, sellunkeitto

© Metsäteho Oy

Helsinki 2000

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	4
Tulokset	4
Kosteusmuutokset.....	4
Kuivatuoretiheyden muutokset	5
Laho- ja väriviat.....	5
Lahon leviäminen pölkyissä.....	6
Lahon määrään vaikuttavat tekijät suomalaisessa kuitupuussa	6
Lahoamisen eteneminen Suomessa ja Baltiassa	7
1 JOHDANTO	8
2 TOTEUTUS	8
3 PUUAINEEN MUUTTUMINEN VARASTOINNISSA	9
3.1 Aineisto ja menetelmät.....	9
3.1.1 Varastoitu puutavara	9
3.1.2 Näytepuut	10
3.1.3 Puun kosteuden ja kuivatuoretiheyden määritykset.....	10
3.1.4 Varastolahon kehittymisen mallittaminen	12
3.2 Tulokset.....	12
3.2.1 Pölkyjen mitat ja laatu	12
3.2.2 Kosteusmuutokset.....	14
3.2.3 Kuivatuoretiheyden muutokset	17
3.2.4 Laho- ja väriviat.....	19
3.2.5 Lahon leviäminen.....	25
3.2.6 Lahon määrään vaikuttavat tekijät suomalaisessa kuitupuussa.....	29
3.2.7 Lahoamisen eteneminen Suomessa ja Baltiassa	32
3.3 Tulosten tarkastelu	33
3.3.1 Lahon aiheuttajat ja synty	33
3.3.2 Kosteuden merkitys lahon synnyssä ja leviämisessä	33
3.3.3 Lahon leviäminen.....	34
3.3.4 Varastolahon aiheuttama puun hävikki.....	34
3.3.5 Vertailu aiemman tutkimuksen tuloksiin	35
KIRJALLISUUS	37
LIITTEET 1 - 3	

TIIVISTELMÄ

Hankkeessa selvitettiin eri kausina hakatussa kuitupuussa tapahtuvia puuainemuutoksia sekä näiden vaikutuksia sellun valmistukseen ja puun käyttöarvoon. Hanke on jatkoa vuonna 1999 valmistuneeseen tutkimukseen Varastolaho, esiintyminen ja vaikutukset.

Suomeen, Viroon ja Latviaan perustettiin tutkimusvarastot, jossa säilytettiin eri vuodenaikoina pääosin päätehakkuista koneella hakattua kuitupuuta. Varastopinojen tavoitekoko oli Suomessa 50 - 60 m³ ja Baltiassa 25 - 30 m³.

Suomessa varastoitiin viitenä ajankohtana hakattua koivu-, kuusi- ja mäntykuitupuuta. Puut hakattiin elo- ja lokakuussa 1998 sekä helmi-, huhti- ja kesäkuussa 1999. Varastointi jatkui lokakuun 1999 puoliväliin. Pisimmät varastointiajat olivat näin noin 14 kuukautta ja lyhimät neljä kuukautta. Virossa ja Latviassa varastoitiin elo-syyskuussa 1998 ja talvella 1999 hakattua koivu- ja mäntykuitua (talvella hakattu mänty puuttui Latviasta). Varastointi jatkui Baltiassa marras-joulukuun vaihteeseen 1999, joten varastointiaikojen pituudet olivat noin 15 tai yhdeksän kuukautta.

Suomen pinot tutkittiin kuutena ajankohtana: syyskuussa 1998 sekä tammi-, touko-, kesä-, elo- ja lokakuussa 1999. Baltian pinot tutkittiin kolme kertaa: joulukuussa 1998 sekä kesä- ja marraskuussa 1999.

Tulokset

Kosteusmuutokset

Kaikkien puulajien kuivuminen oli hakkuuajankohdasta riippumatta nopeinta alkukesän aikana. Kuivinta puutavara oli elokuussa, minkä jälkeen kosteus alkoi hitaasti lisääntyä syksyä kohti. Havupuilla kosteus aleni toukokuun loppupuolen ja elokuun puolenvälin välisenä ajanjaksona noin 20 %-yksikköä. Koivulla vastaava aleneminen oli runsaat 10 %-yksikköä. Kaikkien puulajien loppukosteus oli syksyllä lähes samalla tasolla, 30 - 32 %.

Viron ja Latvian koivu- ja mäntypölkkyjen alku- ja loppukosteudet eivät poikenneet juurikaan Suomessa varastoitujen pölkkyjen kosteuksista. Eri aikoina hakattujen puuerin välillä ei myöskään ollut suuria eroja. Sekä koivu- että mäntypinoissa loppukosteus vaihteli hakkuuajankohdasta riippuen välillä 27 - 33 %.

Kuivatuoretiheyden muutokset

Suomessa kuivatuoretiheyden muutoksia seurattiin samoista pölkyistä, Baltiassa eri pölkyistä. Tutkimuksessa mitatut kuivatuoretiheydet olivat kuitupuulle melko korkeita, vastaten lähinnä sahanhakkeen tiheyksiä. Kuivatuoretiheyden aleneminen puolen vuoden tarkkailujakson aikana oli puulajista riippuen Suomessa 0 - 6 % ja Baltiassa 1 - 8 %.

Laho- ja väriviat

Koivu

Varastoiduissa koivupölkyissä näkyi ensiksi vaaleanruskeaa värivikaa, joka erottui yleensä selvärajaisena vaaleammasta terveestä puusta. Lahottajasienirintama eteni jonkin matkaa värivian takana.

Elokuussa hakatussa koivuerässä värivika alkoi edetä jo samana syksynä. Osa kovasta lahosta alkoi muuttua pehmeäksi jo heti kesän alusta alkaen ja muutos nopeutui loppukesällä.

Loka- ja helmikuussa hakatuissa erissä värivika alkoi edetä erittäin nopeasti alkukesällä, mutta pysähtyi myöhemmin. Kovan lahon osuus lisääntyi nopeasti alkukesällä hidastuen syksyä kohti. Pehmeää lahoa alkoi kehittyä kesäkuusta lähtien.

Huhtikuussa hakatussa puuerässä lahovika eteni nopeasti ja tasaisesti koko kesän. Laho ei kuitenkaan ehtinyt muuttua pehmeäksi lokakuuhun mennessä.

Kesäkuussa hakatuissa koivupinoissa oli lähinnä vain värivikaa ja sen eteneminen oli nopeaa.

Pärnussa ja Riikassa varastoiduissa koivuissa värivian ja kovan lahon eteneminen oli jokseenkin samanlaista kuin Suomessa, mutta pehmeän lahon osuus lisääntyi loppukesällä selvästi nopeammin kuin vastaavissa suomalaisissa pinoissa.

Kuusi

Elo- ja lokakuussa hakattu kuusi säilyi lähes terveenä toukokuun puoliväliin asti.

Helmikuussa hakattu kuusi säilyi hyvin kesäkuun puoliväliin. Sen jälkeen laho ja sinistymä alkoivat levitä mutta - päinvastoin kuin männynsä - aluksi verrattain hitaasti ja nopeutuen syksyä kohti.

Huhtikuussa hakattuun kuuseen ilmaantui sinistymää ja kovaa lahoa kesäkuun puolenvälin jälkeen. Ne levisivät kesän aikana verrattain hitaasti.

Kesäkuussa hakattu erä sai sinistymää ja lahovikaa pian hakkuun jälkeen. Syksyä kohti sekä sinistymä että lahovika levisivät kesäkuussa hakatussa kuudessa hiukan nopeammin kuin huhtikuussa hakatussa.

Pärnussa ja Riikassa ei kuusipinoja tutkittu.

Mänty

Elo-, lokakuussa ja talvella hakatuissa mäntyerissä oli toukokuun puolivälissä hieman sinistymää ja erittäin vähän kovaa lahoa. Tämän jälkeen sinistymän levisi nopeasti, kunnes tasaantui elokuussa. Kova laho levisi hiukan sinistymää hitaammin. Pehmeää lahoa ei esiintynyt.

Huhtikuussa hakattuun mäntyyn ilmaantui merkittäviä vikoja vasta kesäkuun puolenvälin jälkeen: Sinistymä ja kova laho levisivät puissa lokakuulle asti, sinistymä nopeammin kuin laho.

Kesäkuussa hakattuun mäntyyn kehittyi hiukan enemmän lahoa kuin huhtikuussa hakattuun.

Pärnussa ja Riikassa varastoitu mänty ei lahonnut nopeammin kuin suomalainen.

Lahon leviäminen pölkyissä

Syksyllä ja talvella hakatuissa koivuissa laho lähti nopeasti leviämään pölkköjen päistä ja hitaammin kyljistä. Keväällä ja kesällä hakatuissa koivuissa laho alkoi levitä nopeasti myös kyljistä, ilmeisesti voimakkaan kuoriutumisen takia. Havupuupölkyissä laho levisi melko tasaisesti päistä ja kyljistä hakkuuajankohdasta riippumatta.

Lahon määrään vaikuttavat tekijät suomalaisessa kuitupuussa

Hakkuuaika

Hakkuuajankohta ja varastointiajan pituus vaikuttivat eniten lahomäärän kehitykseen. Lahon määrä lisääntyi varastointiajan pidentyessä. Poikkeuksen muodosti havupuilla keväällä ennen puun elintoimintojen alkamista (huhtikuussa) hakatut erät, jotka säilyivät paremmin kuin myöhemmin kesäkuussa hakatut puut.

Pölkyn järeys, pituus ja kartiokkuus

Havupuilla pölkyn järeytyminen vähensi lahon kokonaismäärää. Koivulla järeyden vaikutus oli päinvastainen.

Havupuilla lyhyet pölkkyt lahosivat nopeammin kuin pitkät pölkkyt, koivulla päinvastoin.

Paljon kapenevat pölkkyt ovat yleensä peräisin rungon runsasoksaisista osista. Niissä lahoa esiintyi normaalia enemmän.

Kosteus ja kuivatuoretiheyspaino

Koivulla paljon tervettä puuta sisältäneet pölkkyt olivat kosteampia ja painavampia kuin vähän tervettä puuta sisältävä puu. Pehmeän lahon lisääntyminen alensi merkitsevästi sekä kuivatuore- että tuoretiheyttä.

Havupuilla paljon tervettä puuta sisältäneet pölkkyt olivat kuivempia kuin vähän tervettä puuta sisältäneet. Mäntypölkkyistä runsaasti kovaa lahoa sisältäneet olivat kosteampia kuin vähän kovaa lahoa sisältäneet pölkkyt. Männyllä runsaasti tervettä puuta sisältäneiden pölkkyjen kuivatuoretiheys oli alhaisempi kuin paljon sinistymää sisältäneiden.

Lahoamisen eteneminen Suomessa ja Baltiassa

Kerätyistä aineistoista lasketuilla malleilla määritettiin muutokset hakkuuajankohdiltaan vertailukelpoisissa varastopinoissa. Koivulla kesän alussa pehmeän lahon määrä oli jokseenkin samalla tasolla Suomessa ja Baltiassa. Kesän ja syksyn aikana pehmeä laho lisääntyi Baltiassa huomattavasti nopeammin kuin Suomessa. Mäntykuidulla varastopaikkojen välillä ei ollut johdonmukaista eroa.

1 JOHDANTO

Puunkorjuu suunnitellaan pitkälti arvokkaimpien ja huonosti säilyttämistä kestävien puutavaralajien ehdoilla. Tällöin joudutaan monesti korjaamaan liikaa vähempiarvoisia puutavaralajeja, kuten mänty- ja koivukuitupuuta. Näiden puutavaralajien liiallinen hakkuu johtaa varastointiin, joka on ajoittain pitkäaikaistakin. Sellun raaka-aineeksi tarkoitettujen puiden varastointitarvetta ja -määriä lisää myös saapumisajaltaan hallitsematon tuontipuu.

Hanke on jatkoa vuonna 1999 valmistuneeseen tutkimukseen Varastolaho, esiintyminen ja vaikutukset. Siinä selvitettiin erilaista alkuperää olevien, erilailla hakattujen ja varastoitujen kuitupuiden varastolahoja talvella ja syksyllä kaadetuissa puissa. Tutkimuksessa saatiin selville eri tekijöiden vaikutukset lahon syntyyn ja lisääntymiseen. Jatkotutkimus tarvittiin lisähavaintojen saamiseksi eri vuodenaikoina hakatuista ja käyttöön otetuista puista. Hankkeessa keskityttiin selvittämään mahdollisimman vakioidussa puutavarassa tapahtuvia puuainemuutoksia ja näiden vaikutuksia sellun valmistukseen ja sitä kautta puuraaka-aineen käyttöarvoon.

Hankkeiden tuloksista voidaan laatia laskentamenetelmä varastoinnin aiheuttamien puuraaka-aineen käyttöarvomutosten laskemiseen.

2 TOTEUTUS

Tutkimus kuuluu Metsätehossa ja Metsäntutkimuslaitoksessa tehtyjen lahoaiheisten tutkimusten sarjaan. Suunnittelussa ja toteutuksessa ovat olleet mukana Metsäliitto Osuuskunta, Stora Enso Metsä, Sunila Oy sekä UPM-Kymmene Metsä ja sekä UPM-Kymmene Pulp Center. Tutkimukseen on saatu Metsätehon ja Metsäntutkimuslaitoksen rahoituksen lisäksi osarahoitusta TEKESiltä.

Tutkimuspuiden hankintaan ja varastointiin osallistuivat Metsäliitto, Stora Enso Metsä, UPM-Kymmene Metsä sekä Virossa Stora Enso Mets ja Latviassa Stora Enso Mezs. Puun muuttumista koskeneet selvitykset teki Metsäntutkimuslaitos Metsätehon avustamana. Sellunkeittokokeet teki UPM-Kymmene Pulp Center.

3 PUUAINEEN MUUTTUMINEN VARASTOINNISSA

3.1 Aineisto ja menetelmät

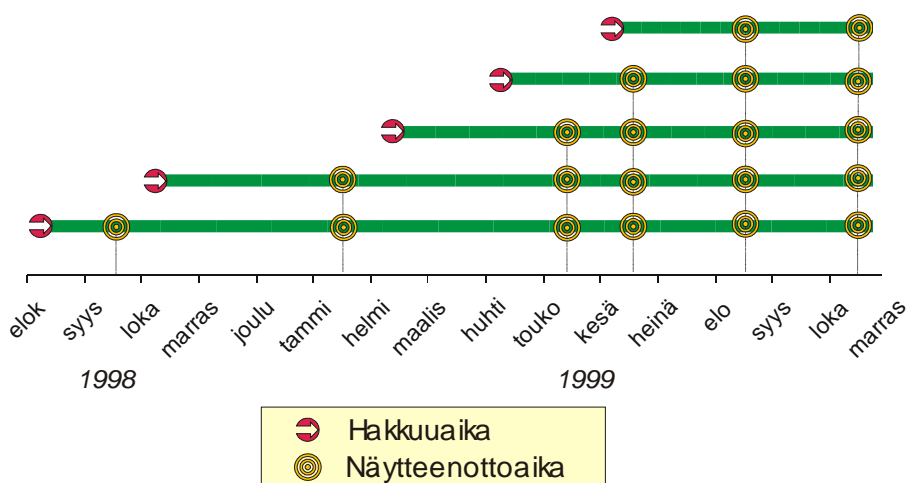
3.1.1 Varastoitu puutavara

Suomeen, Viroon ja Latviaan perustettiin tutkimusvarastot, jossa säilytettiin eri vuodenaikoina pääosin päätehakkuista koneella hakattua kuitupuuta. Suurin osa pölkkyistä oli viisimetrisiä, mutta joukossa oli myös kolme- ja neljämetristä puutavaraa. Suomessa varasto sijaitsi tien varressa Iitin Tillolassa Kouvolan lähellä. Virossa ja Latviassa puut varastoitiin Suomeen laivattavan puutavaran välivarastoihin Pärnussa ja Riikassa.

Varastopinojen tavoitekoko oli Suomessa 50 - 60 m³ ja Baltiassa 25 - 30 m³, mikä ei kaikissa erissä toteutunut. Tutkimusaineisto käsitti 15 kuitupuupinoa Suomessa, neljä Virossa sekä kolme Latviassa eli yhteensä 22 pinoa.

Suomessa varastoitiin viitenä ajankohtana hakattua koivu-, kuusi- ja mäntykuitupuuta. Puut hakattiin elo- ja lokakuussa 1998 sekä helmi-, huhti- ja kesäkuussa 1999. Varastointi jatkui lokakuun 1999 puoliväliin. Pisimmät varastointiajat olivat näin noin 14 kuukautta ja lyhimät neljä kuukautta.

Virossa ja Latviassa varastoitiin elo-syyskuussa 1998 ja talvella 1999 hakattua koivu- ja mäntykuitua (talvella hakattu mänty puuttui Latviasta). Varastointi jatkui Baltiassa marras-joulukuun vaihteeseen 1999, joten varastointiaikojen pituudet olivat noin 15 tai yhdeksän kuukautta.



Hakkuu- ja näytteidenottoajankohdat

3.1.2 Näytepuut

Puutavaran varastoinnin aikana tapahtuvaa puuaineen muuttumista tutkittiin pinojen eri osista satunnaisesti valitusta erikokoisista näytepölkkyistä. Erää kohti oli tavoitteena tutkia Suomessa 20 ja Baltiassa 10 pölkkyä. Alkuvaiheessa lahovikojen vähäisyyden vuoksi oli kappalemäärä Suomen aineistossa tavoitetta pienempi.

Suomen pinot tutkittiin kuutena ajankohtana: syyskuussa 1998 sekä tammi-, touko-, kesä-, elo- ja lokakuussa 1999. Baltian pinot tutkittiin kolme kertaa: joulukuussa 1998 sekä kesä- ja marraskuussa 1999.

Näytepölkkyistä määritettiin ensin silmämääräisesti kuoriutumisen ja sijainti rungossa (tyvi- vai muu pölkky). Puuaineessa tapahtuneiden muutosten tarkastelemista varten pölkkyt sahattiin 10, 60 ja 100 cm:n etäisyydeltä molemmista päistä sekä keskeltä. Kosteus- ja kuivatuoretiheyden määrittämiseksi sahattiin noin viiden senttimetrin paksuinen kiekko 60 cm:n päästä pölkyn tyvestä. Lisäksi mitattiin pölkkyjen tyvi-, latva- ja keskiläpimitat sekä männyllä ja kuusella myös sydänpuun läpimitat.

Väri- ja sinistymän sekä kovan ja pehmeän lahon osuudet arvioitiin silmämääräisesti prosentteina sahauskohdan pinta-alasta. Havupuilla arviointi tehtiin mantopuun pinta-alasta, koska sydänpuu oli käytännöllisesti katsoen aina tervettä. Valtaosan arvioinneista teki sama henkilö koko tutkimuksen ajan.

3.1.3 Puun kosteuden ja kuivatuoretiheyden määritykset

Laboratoriossa näytekiekot punnittiin tuoreena ja tilavuudet määritettiin veteen upottamalla. Sen jälkeen näytteet kuivattiin lämpökaapissa. Kosteusprosentti laskettiin näytteen sisältämän veden ja kokonaismassan suhteena.

Kosteuden ja erityisesti kuivatuoretiheyden muutoksista ei saa oikeaa kuvaa, jos määritykset tehdään eri pölkkyistä. Tämä johtuu ko. ominaisuuksien suuresta pölkkykohtaisesta vaihtelusta. Tässä tutkimuksessa muutoksia selvitettiin seuraamalla samassa pölkkyssä tapahtuvia muutoksia.

Jokaisesta Tillolan pinosta otettiin erilleen satunnaisesti kymmenen pölkkyä, joista seurattiin kosteuden ja kuivatuoretiheyden muutoksia. Pölkkyt varastoitettiin erilliseen pinoon tutkimusvaraston läheisyyteen. Aineisto käsitti 50 koivu-, mänty- ja kuusipölkkyä eli yhteensä 150 pölkkyä.

Puunäytteet otettiin kasvukairalla touko-, kesä-, elo- ja lokakuussa -99. Jokaisesta pölkystä kairattiin viisi lastua. Ensimmäiset näytteet toukokuussa otettiin 10 ja 120 cm:n etäisyydeltä pölkyn molemmista päistä ja keskeltä. Seuraavilla näytteenottokerroilla kairaukset tehtiin aina noin viiden senttimetrin päästä edellisestä kairauskohdasta. Viimeisen kairauksen jälkeen lokakuussa 1999 kairauskohdista sahattiin kiekot, joista tehtiin samat määritykset.



Näytteiden ottoa litissä. Varastopinoista (oikealla) puut otettiin esille puuaineen laadussa tapahtuneiden muutosten määrittämiseksi. Valokuvat Metsäteho Oy



Kosteus- ja kuivatuoretiheyden määrytykset tehtiin eri kerroilla samoista erilleen otetuista pölkkyistä.

Erillispölkkyistä saatujen tulosten pohjalta testattiin pölkkyjen fysikaalisten (kosteus, kuiva-ainepitoisuus sekä tuore- ja kuivatuoretiheys) ominaisuuksien sekä terveen puun, värivikojen ja eri laholaatujen määrän välisiä riippuvuuksia Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla (Vasama ja Vartia 1973).

3.1.4 Varastolahon kehittymisen mallittaminen

Varastolahon kehittyminen mallitettiin SPSS-ohjelmiston yleiseen lineaariseen malliin rakentuvalla mallilla (Marija J. Norusis/SPSS Inc. 1993). Mallin avulla selvitettiin, miten puutavaran ominaisuudet (kosteus, pituus ja järeys) vaikuttavat lahon kehittymiseen varastoinnin aikana. Mallilla pystyttiin myös poistamaan puutavarasta johtuva vaihtelu hakkuuajankohtien vertailussa.

Aluksi testattiin malli, jossa vaihtelua selittäviksi muuttujiksi otettiin kaikki tutkitut muuttujat; pölkyn pituus, tyvi- ja latvaläpimitta, kosteus, kuoriutuminen, näytteenotto- ja hakkuuajat ja lisäksi kahden edellä mainitun ristitulo. Malli laadittiin erikseen terveelle puulle ja värivioille sekä kokonaislahomäärälle ja pehmeälle laholle.

Puutavaran pituuden ja järeyden vaikutusta lahomäärän kehitykseen tutkittiin mallilla, josta pölkyn kuoriutuminen ja kosteusprosentti jätettiin selittävinä muuttujina pois. Vastaavanlainen malli laadittiin myös terveen puun ja värivikojen määrän laskemiseksi.

3.2 Tulokset

3.2.1 Pölkkyjen mitat ja laatu

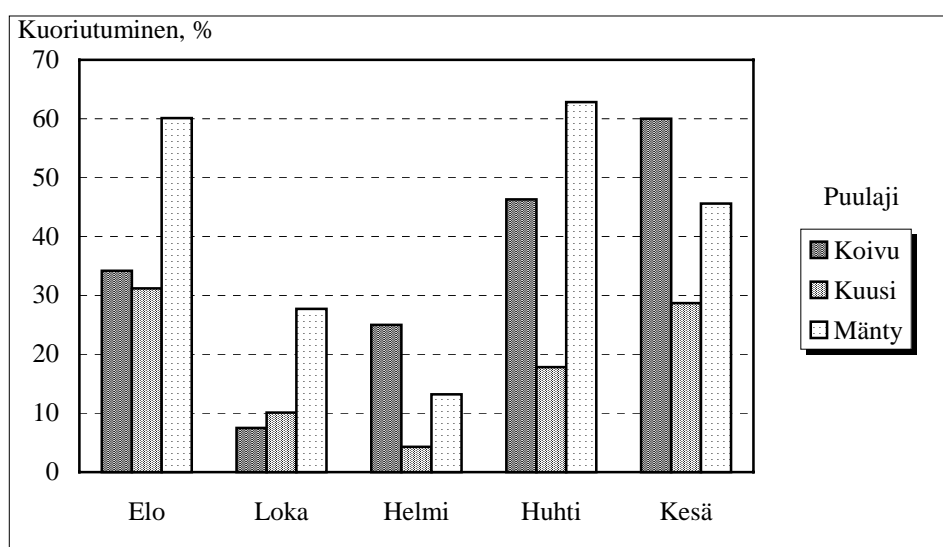
Järeys. Keskimääräisissä järeyksissä ei suomalaisessa aineistossa ollut suurta vaihtelua kahta muita järeämpää koivuerää lukuun ottamatta. Eniten poikkesi kokonsa puolesta muista Pärnun aineiston syksyllä hakatut pölkkyt (taulukko 1).

TAULUKKO 1 Tutkittujen pölkkyjen keskimääräiset tyvi- ja latvaläpimitat sekä tilavuudet eri hakkuuerissä. Sydänpuun osuus on näytepölkkyjen yhteenlasketun sydänpuun tilavuuden ja kokonaistilavuuden suhde.

Puulaji	Hakkuu-aika	Tyviläpim., cm	Latvaläpim., cm	Tilavuus, l	Sydänpuu, %
TILLOLA					
Koivu	Elok. 98	14,2	10,5	63,3	
	Lokak. 98	16,3	11,9	84,4	
	Tammik.99	16,8	12,9	87,4	
	Huhtik. 99	13,7	8,8	50,2	
	Kesäk.99	13,0	8,6	46,7	
	Keskiarvo	14,8	10,5	66,0	
	Mänty	Elok. 98	16,6	11,6	84,3
Lokak. 98		17,1	11,5	79,0	15,2
Tammik.99		15,2	11,3	70,6	25,5
Huhtik. 99		16,3	10,8	73,2	17,3
Kesäk.99		14,8	9,9	66,0	16,5
Keskiarvo		16,0	11,0	74,6	20,4
Kuusi		Elok. 98	13,4	9,1	51,6
	Lokak. 98	15,7	10,5	68,9	13,6
	Tammik.99	13,3	9,6	53,7	2,8
	Huhtik. 99	14,2	9,9	59,0	7,6
	Kesäk.99	14,5	9,7	53,6	1,9
	Keskiarvo	14,2	9,8	57,4	6,4
	PÄRNU				
Koivu	Elok. 98	17,0	12,4	91,0	
	Helmik. 99	14,8	12,3	44,9	
	Keskiarvo	15,9	12,4	68,0	
Mänty	Elok. 98	19,0	12,2	101,8	40,7
	Helmik. 99	15,8	12,1	47,3	22,7
	Keskiarvo	17,4	12,2	74,6	35,0
RIIKA					
Koivu	Elok. 98	14,5	11,7	42,3	
	Helmik. 99	12,6	9,3	31,2	
	Keskiarvo	13,6	10,5	36,8	
Mänty	Elok. 98	13,9	11,0	38,9	10,5

Sydänpuu. Sydänpuun määrä vaihteli melko paljon eri hakkuuerissä. Virolaisessa mäntykuidussa sydänpuuta oli enemmän ja latvialaisessa vähemmän kuin suomalaisessa (taulukko 1). Sydänpuun suuri määrä virolaisessa puussa johtui pääasiassa elokuussa 1998 hakatun erän järeydestä.

Kuoriutuminen. Kuusi oli kuoriutunut vähiten. Kesäaikana hakatut pölkyt olivat kuoriutuneet selvästi enemmän kuin myöhäissyksyllä ja talvella hakatut pölkyt (kuva 1). Baltiassa tehdyissä hakkuissa koivu- ja mäntykuidun kuoriutuminen oli vähäisempää kuin Suomessa. Viron loppukesällä hakatut koivupölkyt olivat kuoriutuneet erittäin vähän, vain 3,3 %. Syynä lienee se, että osa puutavarasta oli peräisin metsurihakuista.

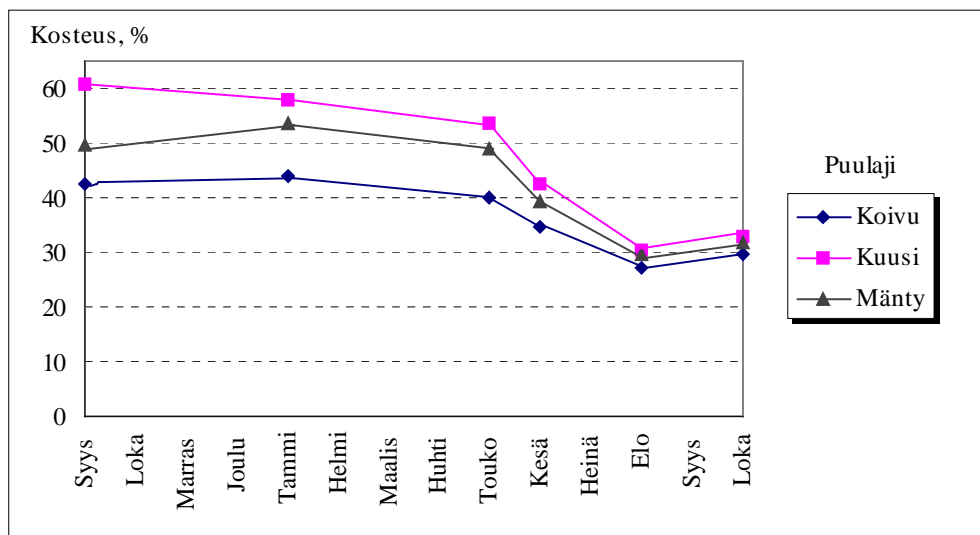


Kuva 1. Keskimääräinen koivu-, kuusi- ja mäntykuitupuupölkkyjen kuoriutuminen eri aikoina hakatuissa erissä Suomessa.

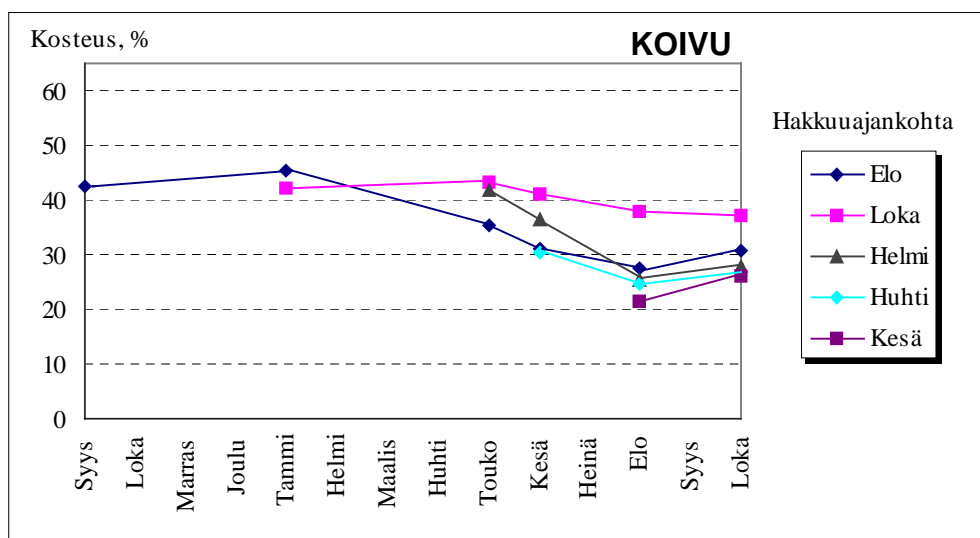
3.2.2 Kosteusmuutokset

Kaikkien puulajien kuivuminen oli hakkuuajankohdasta riippumatta nopeinta alkukesän aikana. Kuivinta puutavara oli elokuussa, minkä jälkeen kosteus alkoi hitaasti lisääntyä syksyä kohti. Havupuilla kosteus aleni toukokuun loppupuolen ja elokuun puolenvälin välisenä ajanjaksona noin 20 %-yksikköä. Koivulla vastaava aleneminen oli runsaat 10 %-yksikköä. Kaikkien puulajien loppukosteus oli syksyllä lähes samalla tasolla, 30 - 32 % (kuva 2).

Syksyllä ennen talvikauden alkua hakattu koivukuitu säilyi varastoinnin aikana selvästi kosteampana kuin muina ajankohtina hakattu koivukuitu (kuva 3). Erä oli tosin muita vähemmän kuoriutunut ja järeämpi. Eri ajankohtina hakattujen havupuuerien välillä ei ollut samana tarkasteluajankohtana huomattavia kosteuseroja (kuvat 4 ja 5, s. 16). Havupuilla kosteuserot eri hakkuuerien välillä olivat pienemmät kuin koivulla.

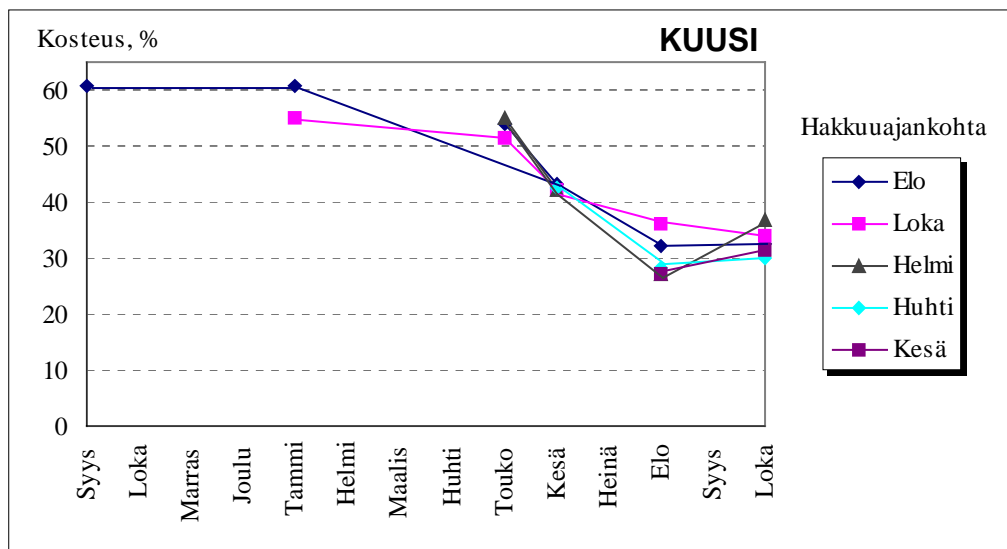


Kuva 2. Puun kosteuden keskimääräiset muutokset eri puulajeilla. Kuivissa kosteus ilmoitetaan näytepölkkyjen keskimääräisen veden massan ja kokonaismassan suhteena.

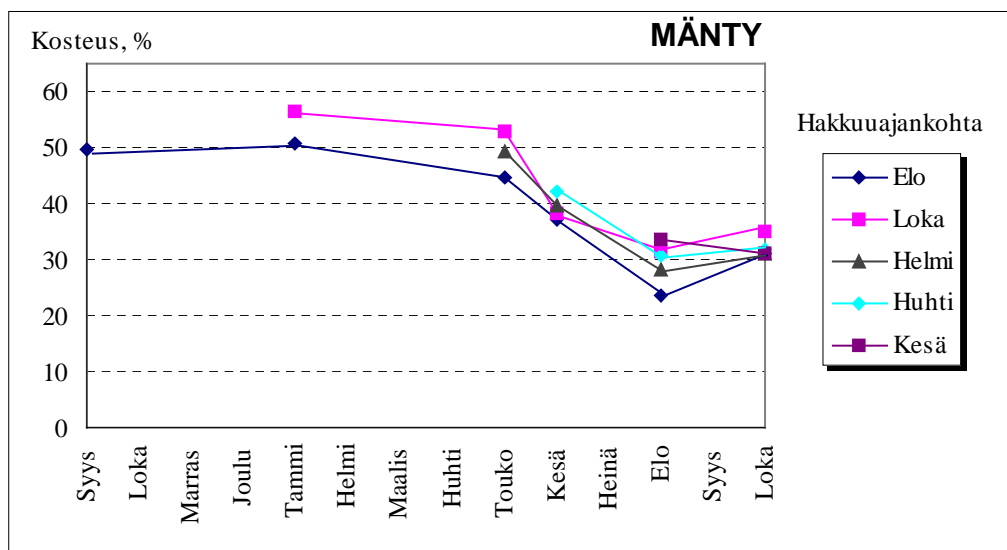


Kuva 3. Puun kosteuden muutokset eri ajankohtina hakatussa koivukuidussa Suomessa.

Rinnakkaisaineistossa, jossa seurattiin kosteuden muutoksia samoissa pölkkyissä, olivat tulokset kaikilla puulajeilla hyvin samansuuntaiset kuin tutkimuspinoista saadut. Kosteudet olivat kuitenkin keskimäärin 3 - 4 prosenttiyksikköä alhaisempia. Ero saattoi johtua pienten lastunäytteiden kuivumisesta ennen punnitusta tai pölkkyjen kuivumisesta lämpimänä kesänä pienissä pinoissa nopeammin kuin isoissa. Loppusyksyllä hakatun koivuerän muita eriä hitaampi kuivuminen ilmeni myös tässä kokeessa samoin kuin kaikkien puulajien keskimäärin noin parin prosenttiyksikön kosteuden nousu elokuun jälkeen.



Kuva 4. Puun kosteuden muutokset eri ajankohtina hakatussa kuusikuidussa Suomessa.



Kuva 5. Puun kosteuden muutokset eri ajankohtina hakatussa mäntykuidussa Suomessa.

Viron ja Latvian koivu- ja mäntypölkkyjen alku- ja loppukosteudet eivät poikenneet juurikaan Suomessa varastoitujen pölkkyjen kosteuksista. Eri aikoina hakattujen puuerin välillä ei myöskään ollut suuria eroja. Sekä koivu- että mäntypinoissa loppukosteus vaihteli hakkuuajankohdasta riippuen välillä 27 - 33 %.

3.2.3 Kuivatuoretiheyden muutokset

Suomalaisesta rinnakkaisaineistosta voitiin seurata samoissa pölkyissä tapahtuvia kuivatuoretiheyden muutoksia. Baltian aineisto oli peräisin eri pölkkyistä. Hakkuuerien vertailua vaikeuttaa se, että vanhimpia eriä oli varastoitu sekä Suomessa että Baltiassa usean talvikuukauden ajan ennen kuivatuoretiheyden määrittystä. Myös viimeiset koepuut, alkukesällä -99 hakatut olivat olleet varastossa pari kuukautta ennen ensimmäistä näytteenottoa.

Lahoamisen edetessä kairanlastujen tilavuuden määrittäminen osoittautui epäluotettavaksi. On syytä epäillä määrittämissä kolmessa erässä, joissa kuivatuoretiheys aleni yli 10 %. Tillolan kuivatuoretiheyden loppuarvona on käytetty kairauskohdista saatuista kiekkoista määritettyjä kuivatuoretiheyksiä, alkukuivatuoretilavuudet perustuvat kairanlastuista tehtyihin määrittäksiin. Baltian pinoista määrittäykset tehtiin 50 - 150 cm³ :n suuruisesta palasesta kiekkoa, joka sahattiin näytepölkkyistä 60 cm:n päästä tyvestä.

Kuivatuoretiheydet ovat kauttaaltaan melko korkeita kuitupuulle, ja ne vastaavat paremmin sahanhakkeiden kuivatuoretiheyksiä (Lindblad ja Verkasalo 1999). Kuivatuoretiheyden aleneminen puolen vuoden tarkkailujakson aikana oli puulajista riippuen Suomessa 0 - 6 % ja Baltiassa 1 - 8 %.

TAULUKKO 2 Hakkuuerien kuivatuoretiheyden muutokset (\pm hajonta) eri varastopaikoissa toukokuun 1999 puolesta välistä kokeiden loppuun (Tillola 13.10, Pärnu 30.11 ja Riika 29.11.1999).

Puulaji	Hakkuu-aika	Alkutiheys, kg/m ³	Lopputiheys, kg/m ³	Tiheyden alenema, %
TILLOLA				
Koivu	Elok. 98	514 \pm 35	484 \pm 47	6
	Lokak. 98	535 \pm 26	531 \pm 19	1
	Helmik. 99	513 \pm 42	498 \pm 23	3
	Huhtik. 99	492 \pm 20	494 \pm 38	0
	Kesäk. 99	574 \pm 37	517 \pm 40	10
	Keskiarvo	526 \pm 32		
Kuusi	Elok. 98	400 \pm 43	396 \pm 39	1
	Lokak. 98	409 \pm 24	406 \pm 18	1
	Helmik. 99	398 \pm 45	389 \pm 29	2
	Huhtik. 99	446 \pm 58	421 \pm 31	6
	Kesäk. 99	414 \pm 35	403 \pm 35	3
	Keskiarvo	413 \pm 41		
Mänty	Elok. 98	447 \pm 55	424 \pm 34	5
	Lokak. 98	441 \pm 82	433 \pm 38	2
	Helmik. 99	439 \pm 51	416 \pm 27	5
	Huhtik. 99	433 \pm 38	417 \pm 32	4
	Kesäk. 99	464 \pm 30	411 \pm 30	11
	Keskiarvo	445 \pm 51		
PÄRNU				
Koivu	Elok. 98	517 \pm 43	494 \pm 24	4
	Helmik. 99	467 \pm 21	460 \pm 31	1
	Keskiarvo	492 \pm 35		
Mänty	Elok. 98	408 \pm 42	403 \pm 31	1
	Helmik. 99	428 \pm 72	415 \pm 47	3
	Keskiarvo	418 \pm 14		
RIIKA				
Koivu	Elok. 98	502 \pm 15	480 \pm 43	4
	Helmik. 99	519 \pm 23	457 \pm 41	12
	Keskiarvo	511 \pm 12		
Mänty	Elok. 98	438 \pm 39	405 \pm 42	8

3.2.4 Laho- ja väriviat

Koivu

Varastoidussa koivussa ei juurikaan tavattu sinistymää. Sen tilalla oli vaaleanruskeaa värivikaa, joka erottui yleensä selvärajaisena vaaleammasta terveestä puusta. Lahottajasienirintama eteni jonkin matkaa värivian takana.

Elokuussa -98 hakatussa koivuerässä värivika alkoi edetä jo samana syksynä (kuva 6, s.21). Sen ja kovan lahon osuus puusta oli seuraavan vuoden tammikuussa 34 % ja toukokuun puolivälissä 65 % (värivika ja kova laho yhdistettiin, koska niitä oli vaikea erottaa toisistaan). Osa kovasta lahosta alkoi muuttua pehmeäksi jo heti kesän alusta alkaen, ja muutos nopeutui loppukesällä. Lokakuussa tervettä puuta oli 5 %, värivikaista ja kovaa lahoa 73 % sekä pehmeää lahoa 22 %.

Lokakuussa -98 hakatussa erässä oli värivikaa tammikuussa 2 % ja toukokuussa 12 %. Kovaa lahoa ei vielä esiintynyt. Värivika eteni erittäin nopeasti alkukesällä, mutta pysähtyi myöhemmin, ja kesäkuun jälkeen tutkituissa puissa terveen puun määrä säilyi suurin piirtein ennallaan. Syy tähän on epäselvä. Kovan lahon osuus lisääntyi nopeasti alkukesällä hidastuen syksyä kohti. Pehmeää lahoa alkoi kehittyä kesäkuusta lähtien. Tervettä puuta oli lokakuussa jäljellä 27 %, pehmeän lahon osuus oli 8 %, ja loppu oli värivikaista tai kovaa lahoa.

Helmikuussa -99 hakatussa koivuerässä lahovian kehitys oli hyvin samanlainen kuin lokakuun hakkuuerässä. Värivika eteni myös näissä puissa nopeasti alkukesällä, mutta hidastui sitten jatkaen kuitenkin etenemistä lokakuulle asti.

Huhtikuussa -99 hakatussa puuerässä lahovika eteni nopeasti ja tasaisesti koko kesän. Lokakuussa tervettä puuta oli jäljellä jopa vähemmän (3 %) kuin syksyllä ja talvella hakatuissa koivuerissä. Laho ei kuitenkaan ehtinyt muuttua pehmeäksi.

Kesäkuussa -99 hakatussa koivupinossa värivian eteneminen oli vielä nopeampaa, ja lokakuussa tervettä puuta oli jäljellä 7 %. Lähes koko muu osa puusta luokiteltiin värivikaiseksi; kovaksi lahoksi luokiteltua oli vain 3 %.

Pärnussa ja Riikassa varastoiduissa koivuissa värivian ja kovan lahon eteneminen oli jokseenkin samanlaista kuin Suomessa, mutta pehmeän lahon osuus lisääntyi loppukesällä kaikissa neljässä tutkitussa pinossa selvästi nopeammin kuin vastaavissa suomalaisissa pinoissa (kuva 7, s. 22).

Kuusi

Elo- ja lokakuussa -98 hakattu kuusi säilyi lähes terveenä toukokuun puoliväliin asti; lahovikaisen puun osuus oli alle 3 % (kuva 8, s. 23).

Helmikuussa -99 hakattu kuusi säilyi hyvin kesäkuun puoliväliin. Sen jälkeen laho ja sinistymä alkoivat levitä mutta - päinvastoin kuin männynssä - aluksi verrattain hitaasti ja nopeutuen syksyä kohti. Lokakuussa 30 - 50 % puusta oli kovaa lahoa. Pehmeää lahoa oli vain elokuun hakkuuerässä ja siinäkin alle 1%.

Huhtikuussa -99 hakattuun kuuseen ilmaantui sinistymää ja kovaa lahoa kesäkuun puolenvälin jälkeen. Ne levisivät kesän aikana verrattain hitaasti.

Kesäkuussa -99 hakattu erä sai sinistymää ja lahovikaa ilmeisesti pian hakkuun jälkeen. Elokuussa lahoa oli kuitenkin vielä alle 4 %. Syksyä kohti sekä sinistymä että lahovika levisivät kesäkuussa hakatussa kuudessa hiukan nopeammin kuin huhtikuussa hakatussa.

Pärnussa ja Riikassa ei kuusipinoja tutkittu.

Mänty

Elokuussa, lokakuussa -98 ja talvella -99 hakatuissa mäntyerissä oli toukokuun puolivälissä sinistymää alle 10 % ja kovaa lahoa alle 2 % (kuva 9, s. 24). Tämän jälkeen alkoi sinistymän nopea leviäminen, jota jatkui hidastuen elokuulle asti. Kova laho levisi hiukan sinistymää hitaammin. Elokuun puolivälissä vain pieni osa mantopuusta oli enää tervettä, lopusta noin puolet oli sinistynyttä ja puolet kovaa lahoa. Syksyllä sinistymä ei enää levinnyt. Laho jatkoi etenemistään, mutta pysyi kovana; lokakuussa sen osuus puusta oli 33-50 %. Pehmeää lahoa ei mäntyyn ilmaantunut vielä ensimmäisenä kesänä.

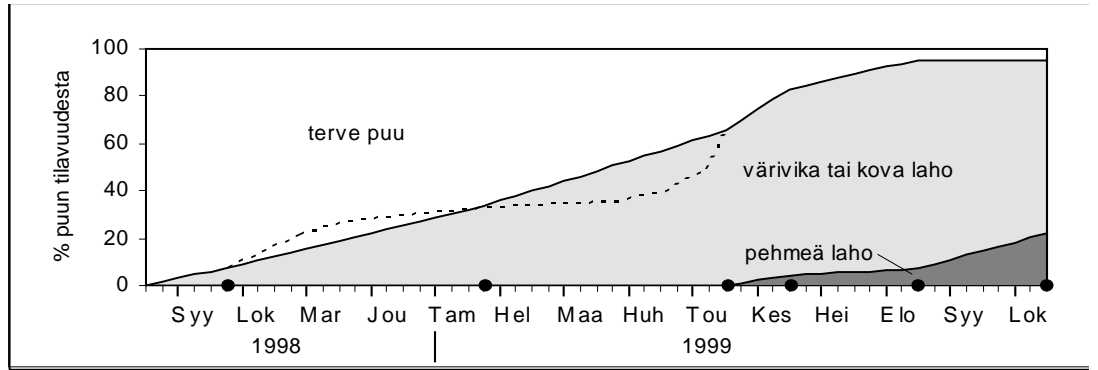
Huhtikuussa -99 hakattuun mäntyyn ilmaantui merkittäviä vikoja vasta kesäkuun puolenvälin jälkeen: sinistymä ja kova laho levisivät puissa lokakuulle asti, sinistymä nopeammin kuin laho.

Kesäkuussa -99 hakattuun mäntyyn kehittyi hiukan enemmän lahoa (18 %) kuin huhtikuussa hakattuun (12 %).

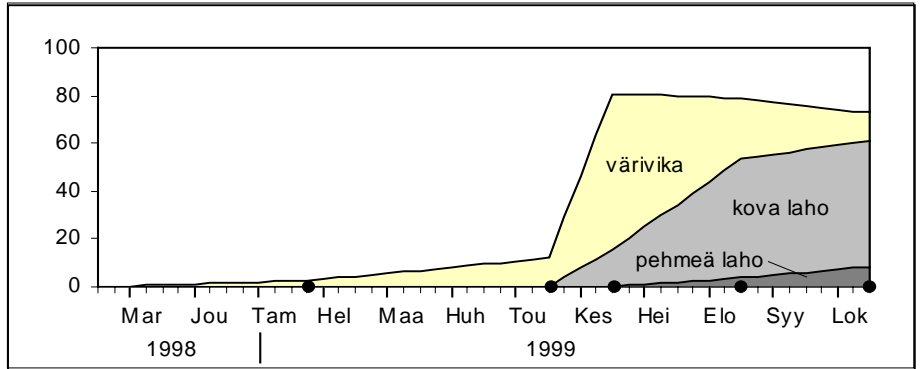
Pärnussa ja Riikassa varastoitu mänty ei lahonnut nopeammin kuin suomalainen (kuva 10, s. 25). Pärnun pinossa, joka oli hakattu elokuussa -98, lahoaminen oli itse asiassa hiukan hitaampaa kuin vastaavassa suomalaisessa pinossa. Pärnun pölkyt olivat tavallista järeämpiä ja sisälsivät paljon sydänpuuta.

Lahon kokonaismäärän kehitys oli talven hakkuuerässä Baltiassa hitaampaa kuin Suomessa ja elokuussa hakatussa jonkin verran nopeampaa.

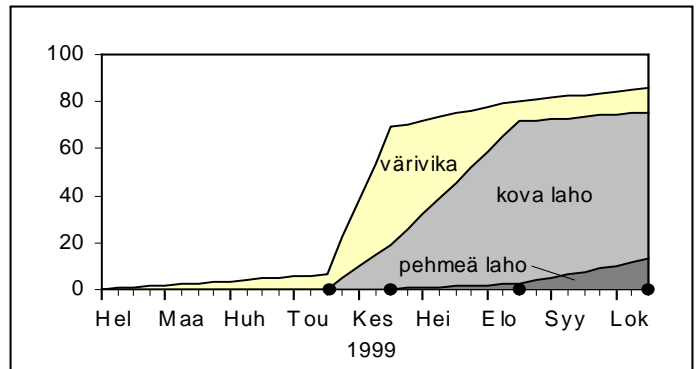
Elokuu
1998



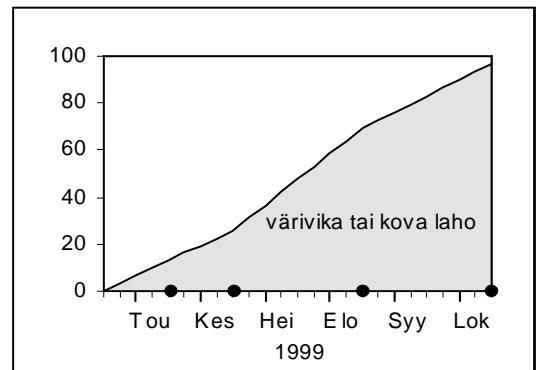
Lokakuu
1998



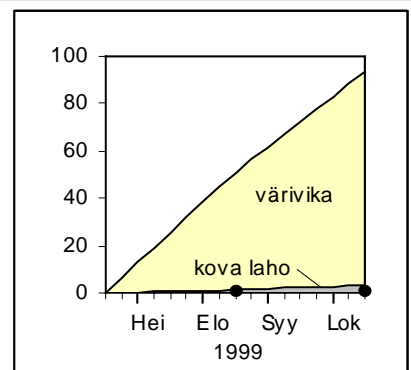
Helmikuu 1999



Huhtikuu 1999



Kesäkuu 1999

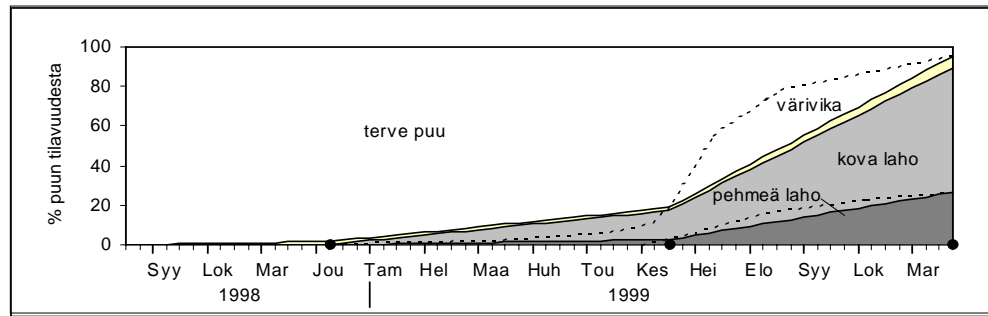


Kuva 6. Lahovian kehitys eri aikoina hakatuissa koivupinoissa. Kuvien aika-akseli alkaa hakkuuajankohdasta, ja tutkimusajankohdat on merkitty akselille. Elokuun hakkuuerässä katkoviiva osoittaa värivian todennäköisemmän kehityksen talven aikana puun ollessa jäätyneenä. Tulkintavaikeuksien takia värivika ja kova laho on yhdistetty elokuun ja huhtikuun hakkuuerissä.

KOIVU

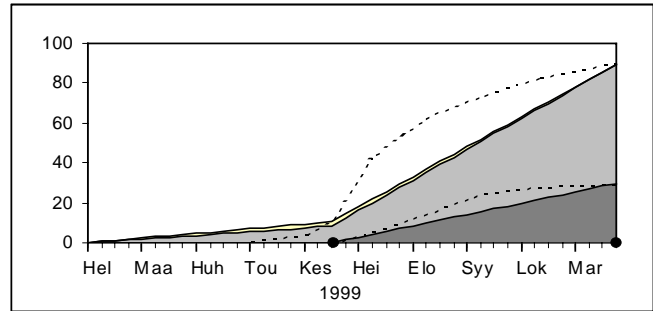
PÄRNU

Elokuu
1998



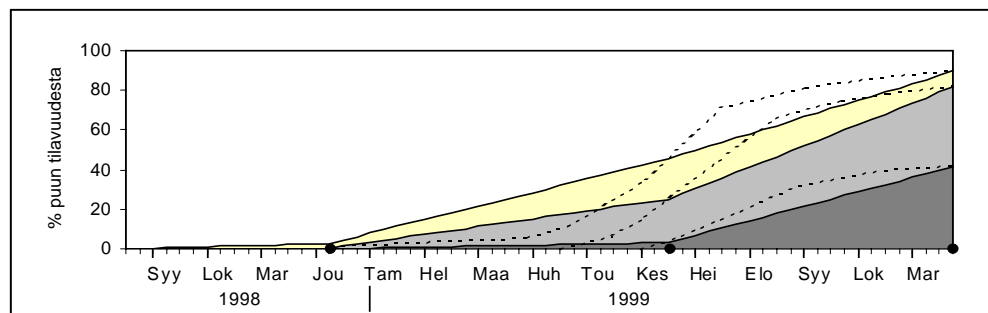
PÄRNU

Helmikuu
1999



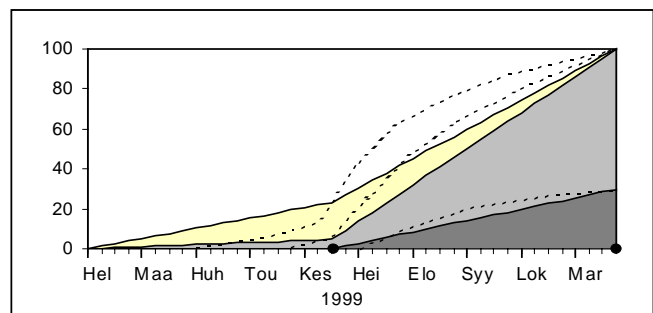
RIIKA

Elokuu
1998



RIIKA

Helmikuu
1999

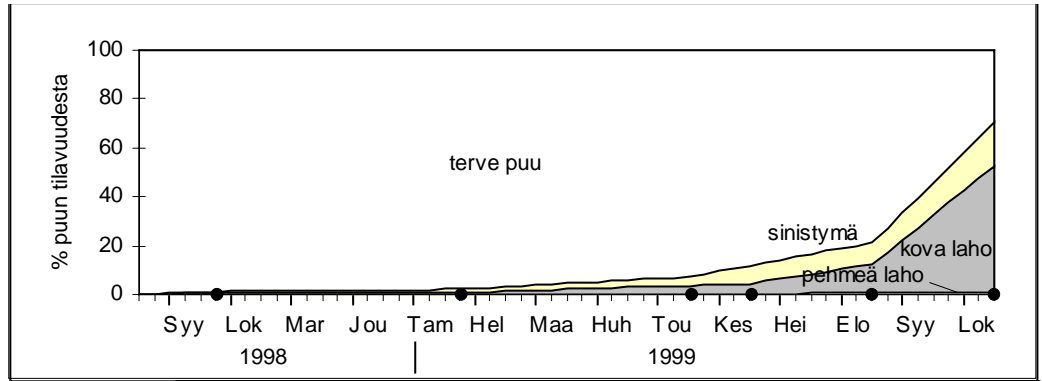


Kuva 7. Lahovian kehitys elokuussa -98 ja helmikuussa -99 hakatuissa koivupinoissa Virossa ja Latviassa. Kuvien aika-akseli alkaa hakkuuajankohdasta ja tutkimusajankohdat on merkitty akselille. Tutkimusajankohtien vähyden vuoksi kuvaajien kulku poikkeaa todellisesta ja katkoviivat osoittavat kuvaajien todennäköisempää kulkua.

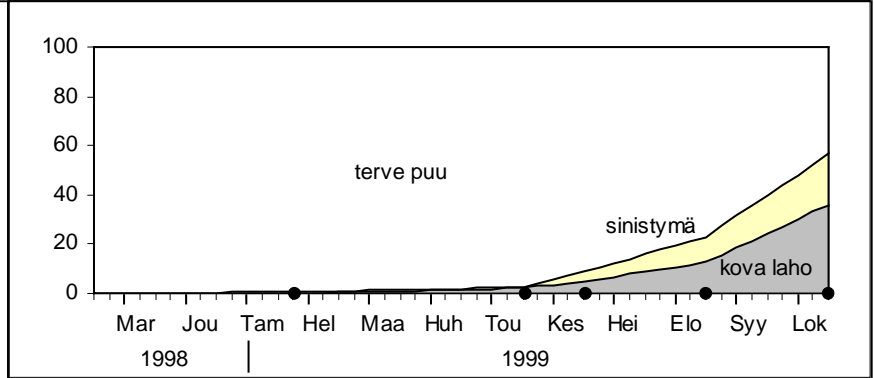
KUUSI

TILLOLA

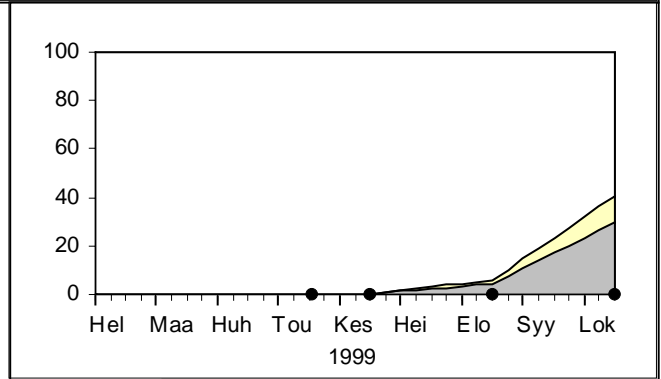
Elokuu
1998



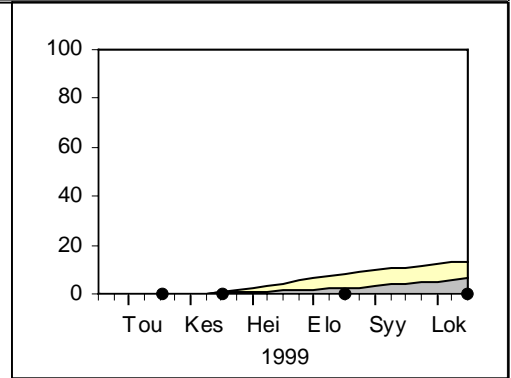
Lokakuu
1998



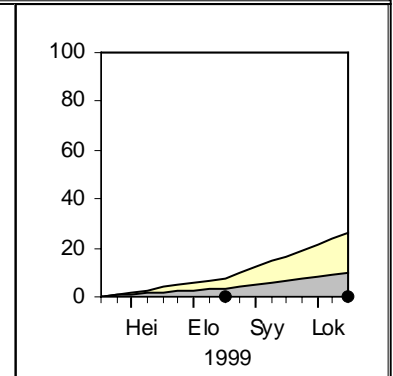
Helmikuu 1999



Huhtikuu 1999



Kesäkuu 1999

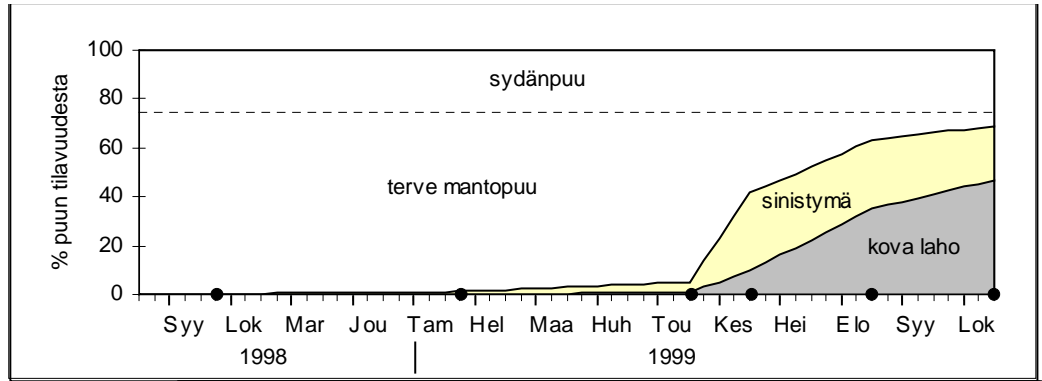


Kuva 8. Lahovian kehitys eri aikoina hakatuissa kuusipinoissa. Kuvien aika-akseli alkaa hakkuuajankohdasta, ja tutkimusajankohdat on merkitty akselille.

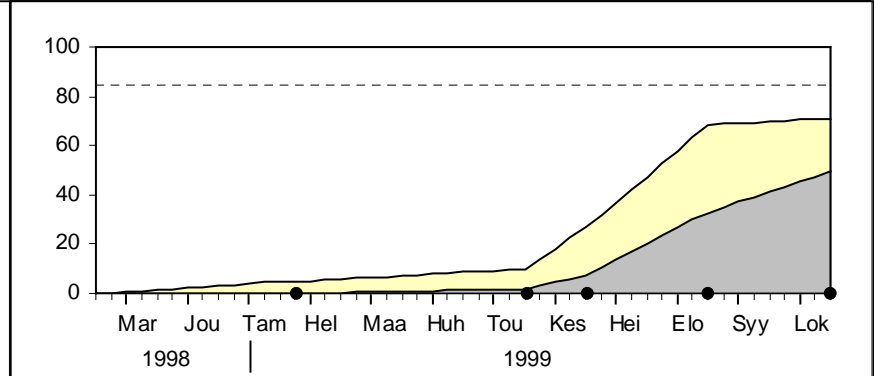
MÄNTY

TILLOLA

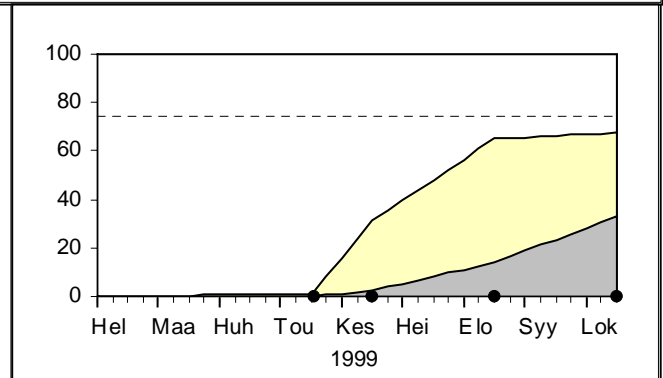
Elokuu
1998



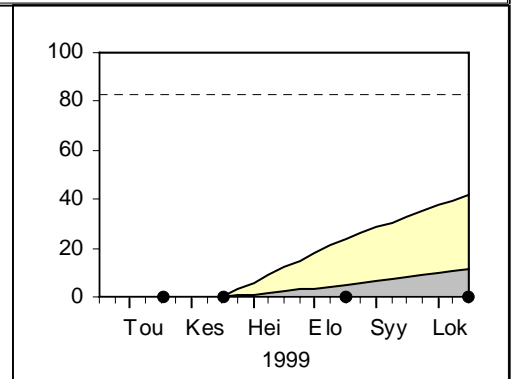
Lokakuu
1998



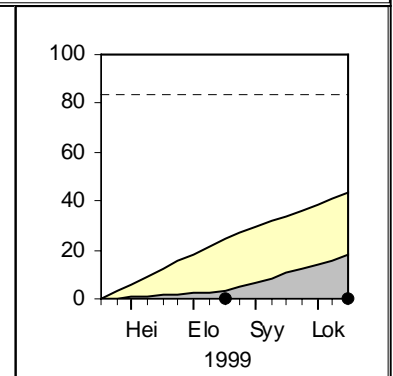
Helmikuu 1999



Huhtikuu 1999

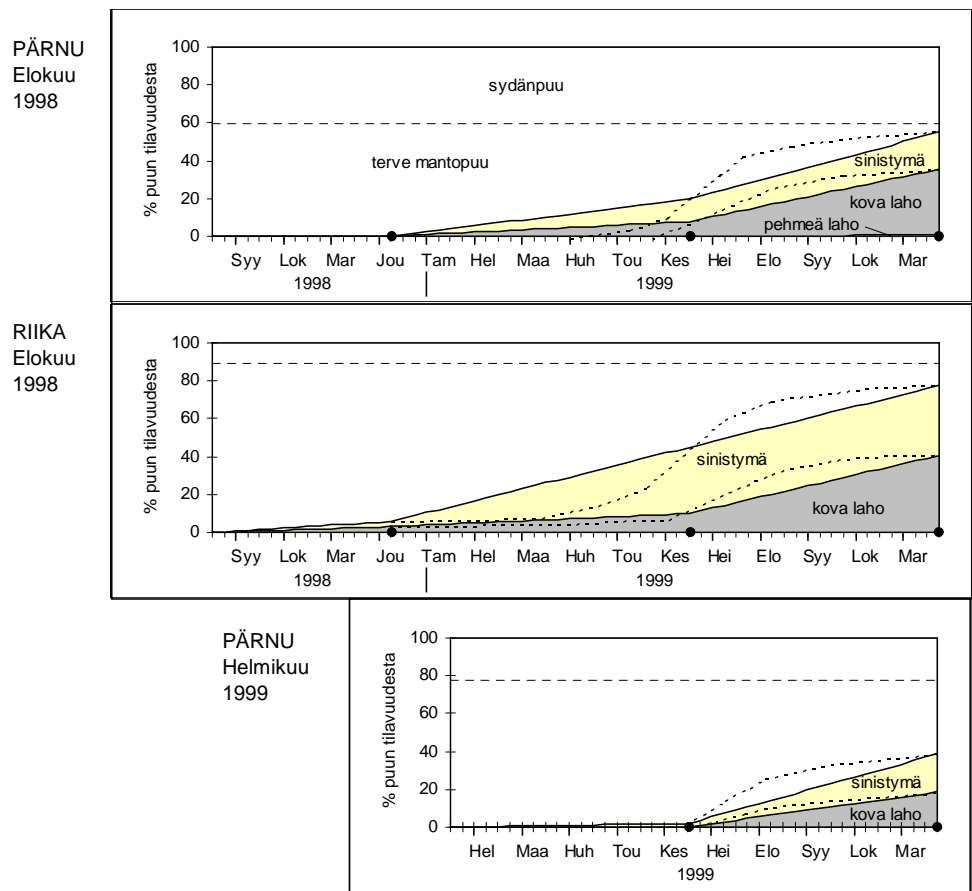


Kesäkuu 1999



Kuva 9. Lahovian kehitys eri aikoina hakatuissa mäntypinoissa. Kuvien aika-akseli alkaa hakkuuajankohdasta, ja tutkimusajankohdat on merkitty akselille. Vaakasuora katkoviiva erottaa sydänpuun ja mantopuun keskimääräisessä pölkyssä.

MÄNTY



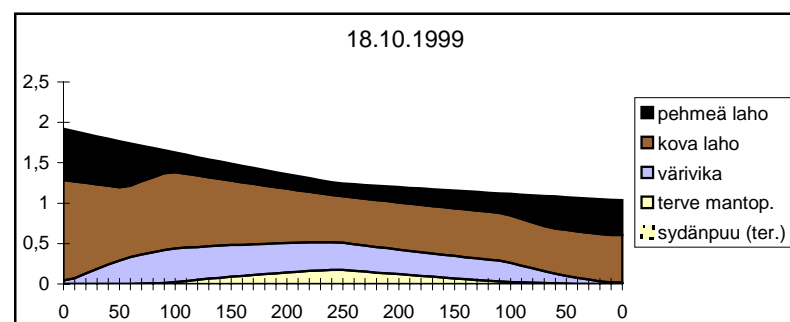
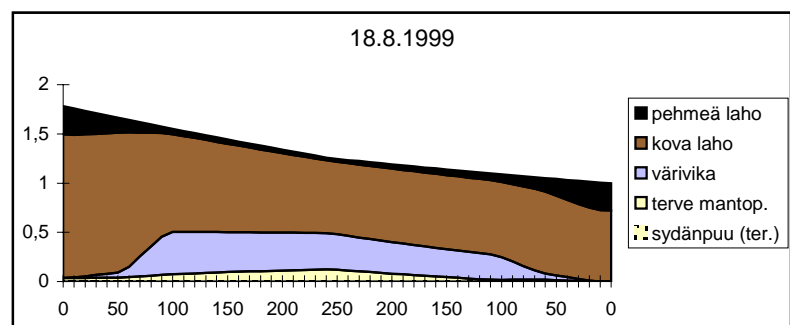
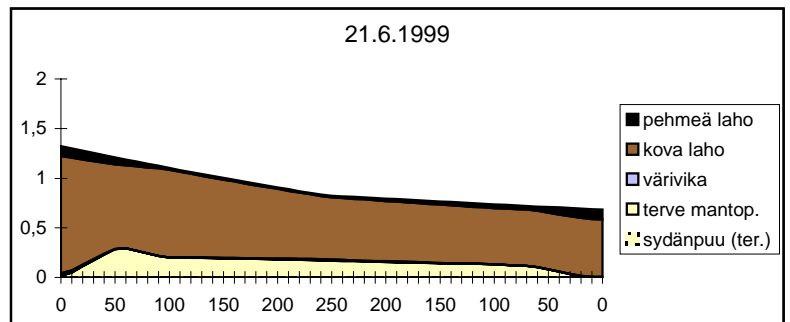
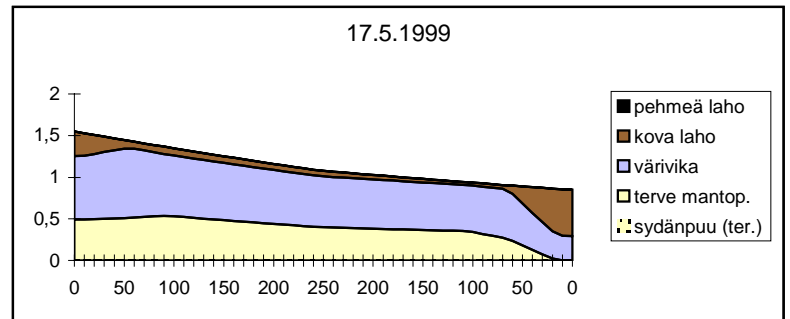
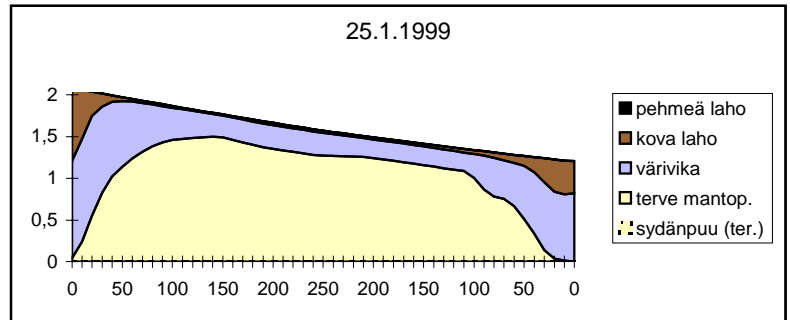
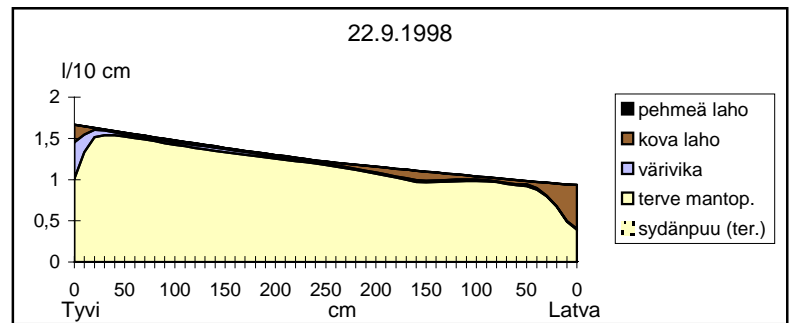
Kuva 10. Lahovian kehitys Viron ja Latvian mäntypinoissa. Aika-akseli alkaa hakkuuajankohdasta, ja tutkimusajankohdat on merkitty akselille. Tutkimusajankohtien vähyiden vuoksi kuvaajien kulku poikkeaa todellisesta. Katkoviivat osoittavat kuvaajien todennäköistä kulkua. Vaakasuora katkoviiva erottaa sydänpuun ja mantopuun keskimääräisessä pölkysässä.

3.2.5 Lahon leviäminen

Kuvat 11 - 13 esittävät lahovikojen leviämistä elokuussa 1998 hakatuissa keskimääräisissä koivu-, kuusi- ja mäntypölkkyissä tutkimusjakson aikana. Syksyllä ja talvella hakatuissa koivuissa laho lähti nopeasti leviämään pölkkyjen päistä ja hitaammin kyljistä (kuva 11). Keväällä ja kesällä hakatuissa koivuissa laho alkoi levitä nopeasti myös kyljistä, ilmeisesti voimakkaan kuoriutumisen takia. Havupuupölkkyissä laho levisi melko tasaisesti päistä ja kyljistä hakkuuajankohdasta riippumatta (kuvat 12 ja 13). Syynä saattoi olla kuiva ja lämmin kesä 1999, joka mahdollisesti aiheutti havupuupölkkyjen päiden nopean kuivumisen ja rajoitti sienten kasvua päissä.

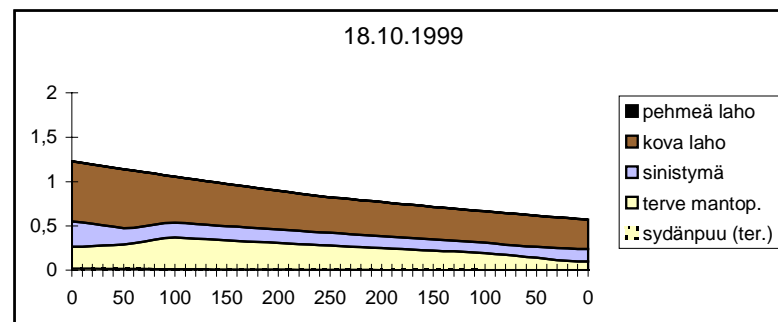
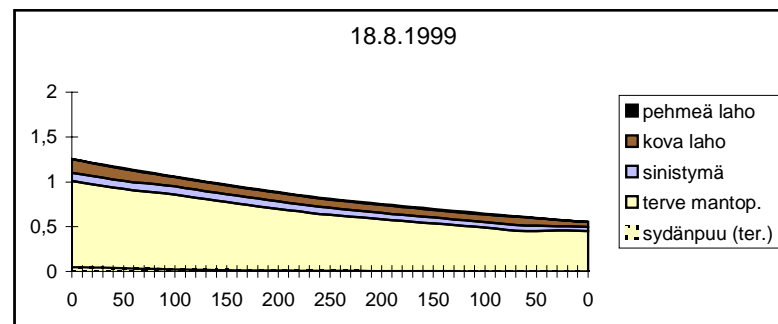
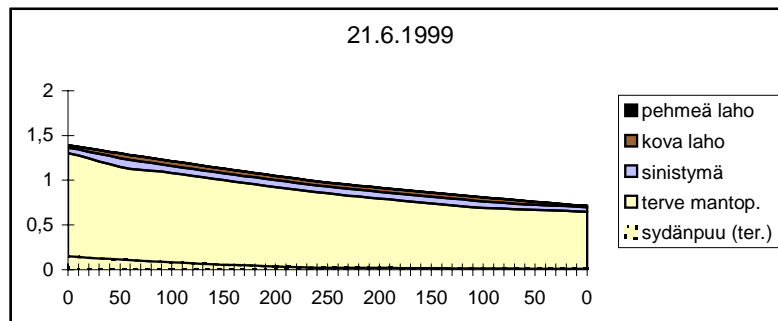
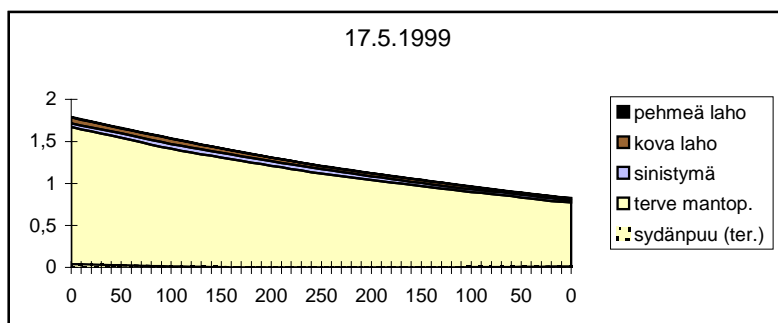
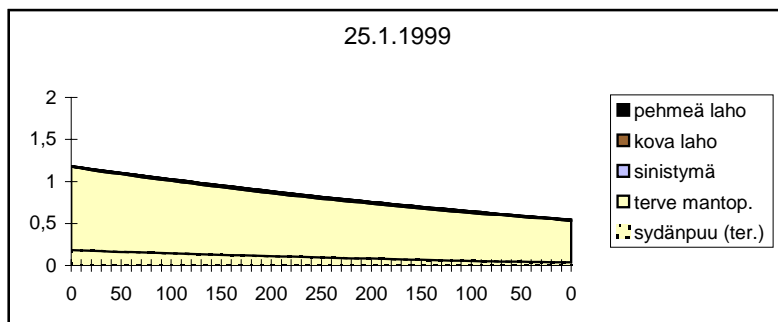
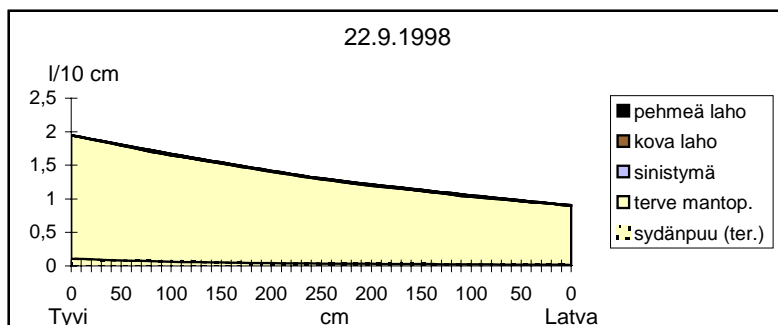
Kuoriutuminen ei selittänyt millään puulajilla merkitsevästi ($p < 0,05$) terveen puun tai lahomäärien vaihtelua.

KOIVU



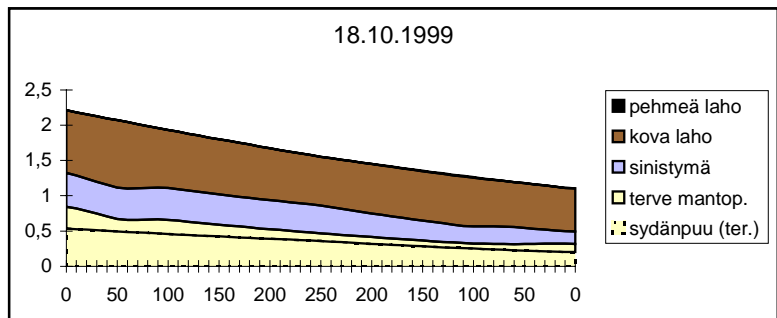
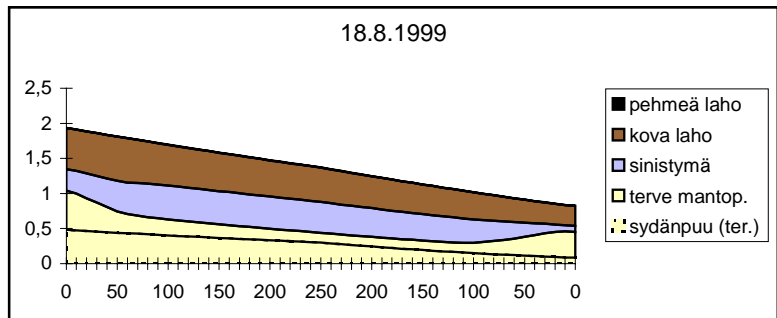
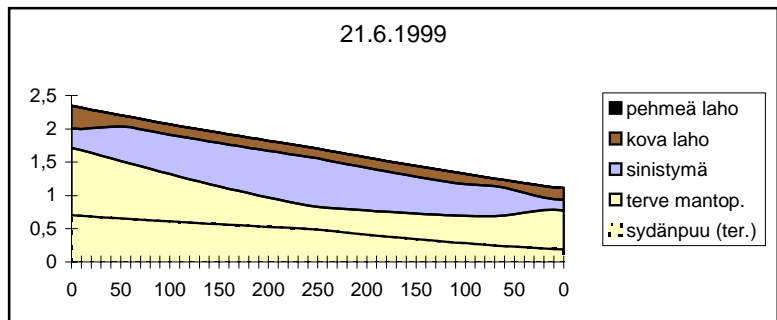
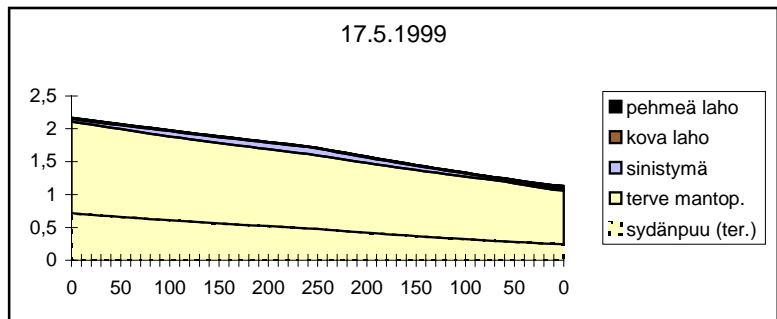
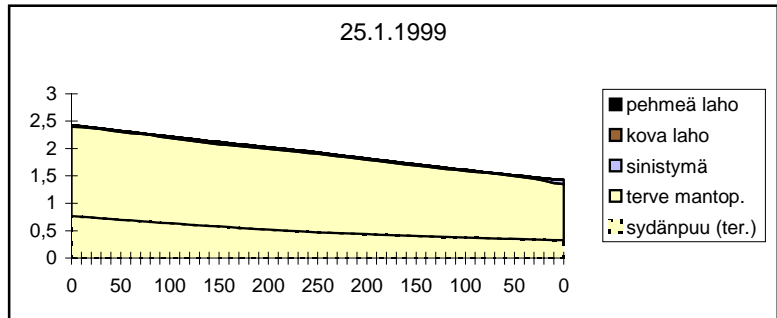
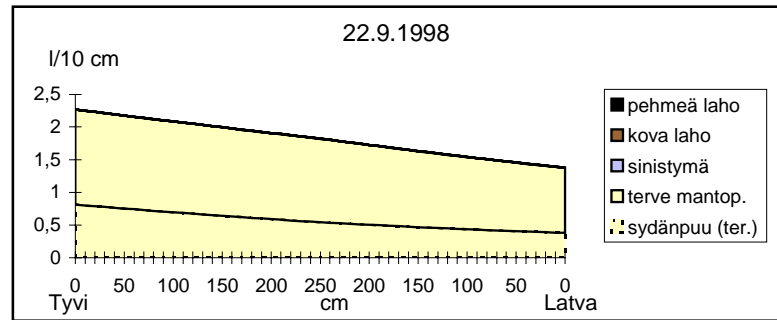
Kuva 11. Lahovikojen kehitys elokuussa 1998 hakatussa koivupinossa. Vaaka-akselilla on etäisyys pölkyn päistä senttimetreinä, pystyakselilla tilavuus litroina 10 cm:ä kohti.

KUUSI



Kuva 12. Lahovikojen kehitys elokuussa 1998 hakatussa kuusipinossa. Vaaka-akselilla on etäisyys pölkyn päistä senttimetreinä, pystyakselilla tilavuus litroina 10 cm:ä kohti.

MÄNTY



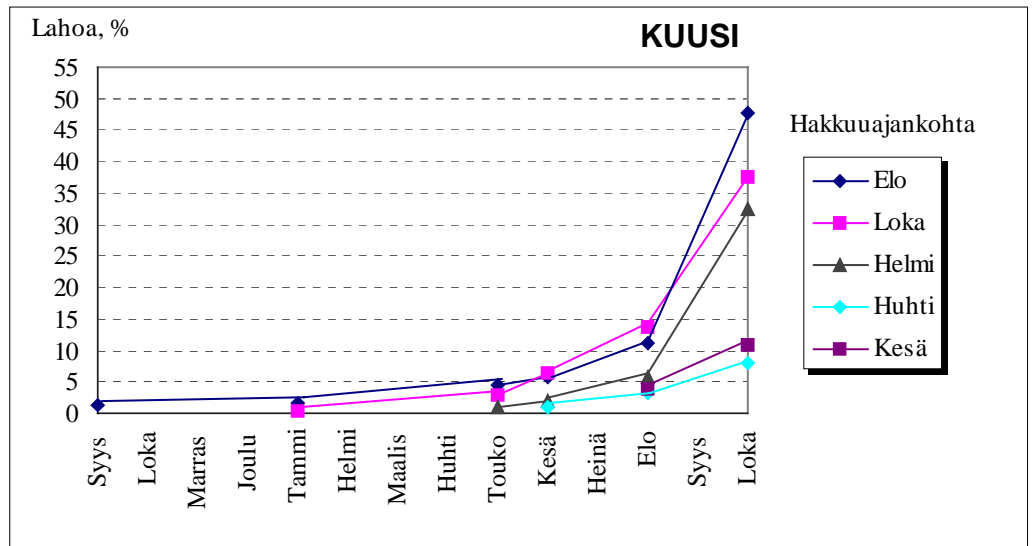
Kuva 13. Lahovikojen kehitys elokuussa 1998 hakatussa mäntypinos-
sa. Vaaka-akselilla on etäisyys pölkyn päistä
senttimetreinä, pysty-
akselilla tilavuus litroina
10 cm:ä kohti.

3.2.6 Lahon määrään vaikuttavat tekijät suomalaisessa kuitupuussa

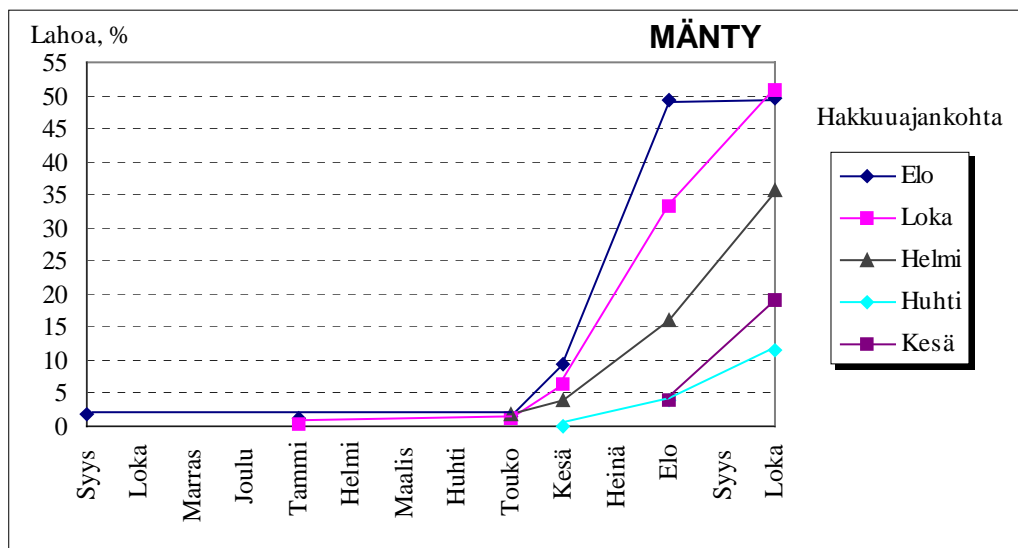
Hakkuuaika

Hakkuuajankohta ja varastointiajan pituus vaikuttivat lahomäärän vaihteluun enemmän kuin muut tekijät. Kokonaislahomäärän kehitys Suomen aineistossa eri ajankohtina hakatuissa samankokoisissa kuusi- ja mäntypölkkyissä laskettiin aineistoa kuvaavalla mallilla (kuvat 14, 15). Koivulla vastaava kuva esittää pehmeän lahon määrää (kuva 16).

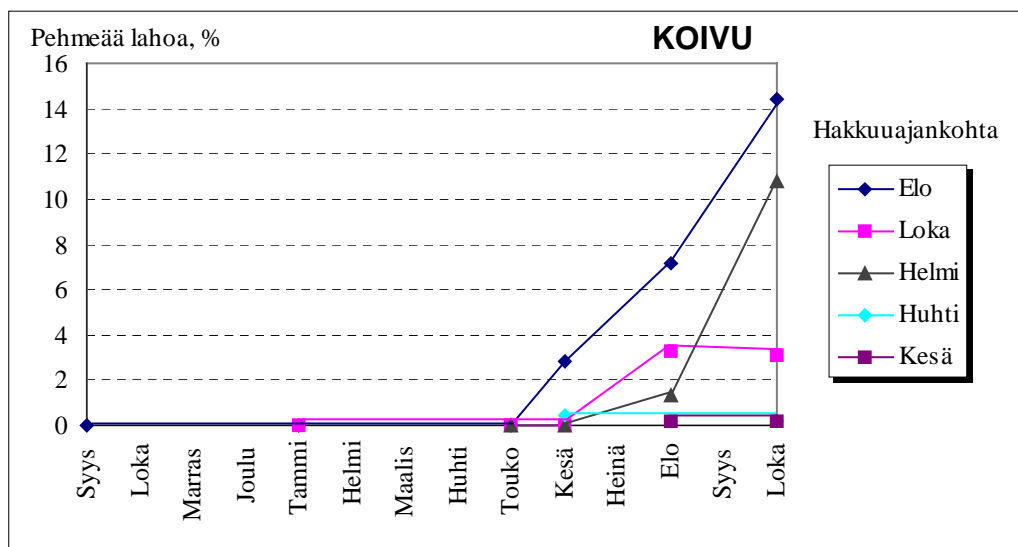
Lahon määrä lisääntyi varastointiajan pidentyessä. Poikkeuksen muodosti havupuilla keväällä ennen puun elintoimintojen alkamista (huhtikuussa) hakatut erät, jotka säilyivät paremmin kuin myöhemmin kesäkuussa hakatut puut.



Kuva 14. Lahon kokonaismäärän kehitys eri ajankohtina hakatussa suomalaisessa kuusikuitupuussa (pölkyn pituus 5 m, tyvi 12 cm, latva 8 cm).



Kuva 15. Lahon kokonaismäärän kehitys eri ajankohtina hakatussa suomalaisessa mäntykuitupuussa (pölkyn pituus 5 m, tyvi 13 cm, latva 8 cm).



Kuva 16. Pehmeän lahon kehitys eri ajankohtina hakatuissa suomalaisessa koivukuitupuussa (pölkyn pituus 5 m, tyvi 11 cm, latva 8 cm).

Pölkyn järeys

Havupuilla pölkyn järeytyminen vähensi lahon kokonaismäärää. Senttimetrin lisäys alensi lahoprocenttia 0,3 %-yksikköä. Koivulla järeyden vaikutus oli päinvastainen.

Pölkyn pituus

Pölkyn pituuden vaikutus lahon määrään oli suurinta kuusella. Pituuden lyhentyessä yhden metrin, lahoprocentti suureni 1,2 %-yksikköä. Männyllä lahoprocentti vastaavasti kasvoi 0,7 %-yksikköä. Koivulla pituudenkin vaikutus oli havupuista poikkeava. Metrin lyhentyminen aiheutti lahon määrän vähentymisen 0,4 %-yksikköä.

Pölkyn kartiokkuus

Pölkkyjen kartiokkuus vaikutti lahomääriin. Paljon kapenevat pölkkyt ovat yleensä peräisin rungon runsasoksisista osista. Niissä lahoa esiintyi normaalia enemmän. Runsaasti kapenevissa pölkkyissä lahoprocentti oli havupuilla suurempi kuin muissa pölkkyissä. Ero oli männyllä suurempi kuin kuusella. Koivulla kartiokkuuden vaihtelu ei ollut johdonmukaista.

Kosteus ja kuivatuoretiheyspaino

Koivulla paljon tervettä puuta sisältäneet pölkkyt olivat kosteampia ja painavampia kuin vähän tervettä puuta sisältävä puu. Väriastian suhteen oli päinvastoin, joten väriastian leviäminen ilmeisesti edellytti puun kuivumista. Kovan lahon määrä ei selittänyt merkittävästi kosteuden ja kuivatuoretiheyspainon muutoksia puussa. Pehmeän lahon lisääntyminen alensi merkittävästi sekä kuivatuore- että tuoretiheyttä.

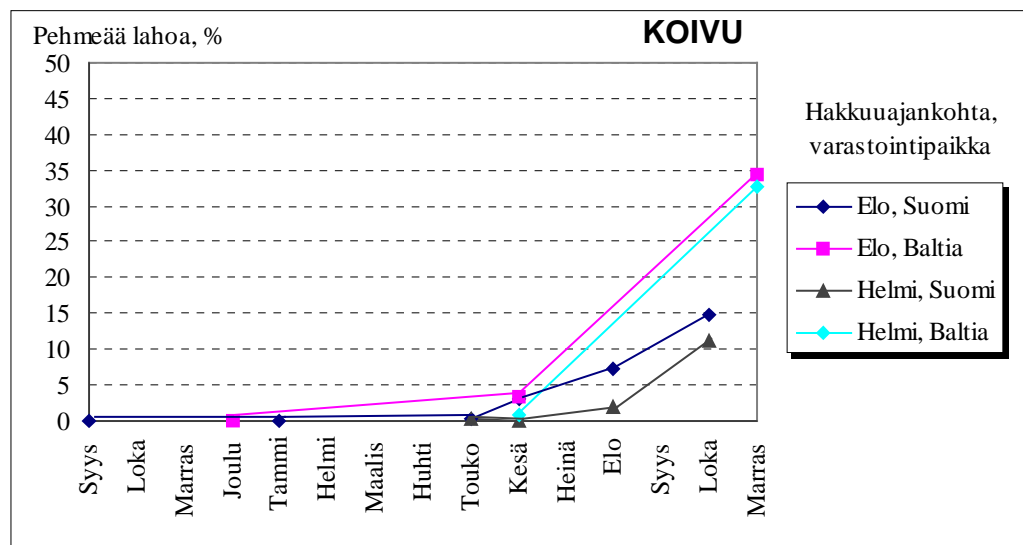
Havupuilla, päinvastoin kuin koivulla, paljon tervettä puuta sisältäneet pölkkyt olivat kuivempia kuin vähän tervettä puuta, mutta paljon sinistymää sisältäneet pölkkyt. Mäntypölkkyistä runsaasti kovaa lahoa sisältäneet olivat kosteampia kuin vähän kovaa lahoa sisältäneet pölkkyt. Kuivana ja lämpimänä kesänä 1999 havupuupölkkyjen kuivuminen eteni ilmeisesti avoimella paikalla varastoidussa, pienessä pinossa niin pitkälle, että se alkoi rajoittaa sienten kasvua.

Männyllä oli runsaasti tervettä puuta sisältäneiden pölkkyjen kuivatuoretiheys alhaisempi kuin paljon sinistymää sisältäneiden. Tämä ristiriitaiselta näyttävä tulos lienee seuraus sydänpuun määrän vaihtelusta koepölkkyissä. Paljon tervettä puuta sisältävissä pölkkyissä on todennäköisesti ollut paljon sydänpuuta, jonka kosteus ja kuivatuoretiheys ovat alhaisempia kuin mantopuun. Runsaasti sinistyneissä pölkkyissä mantopuun osuus oli todennäköisesti ollut suuri.

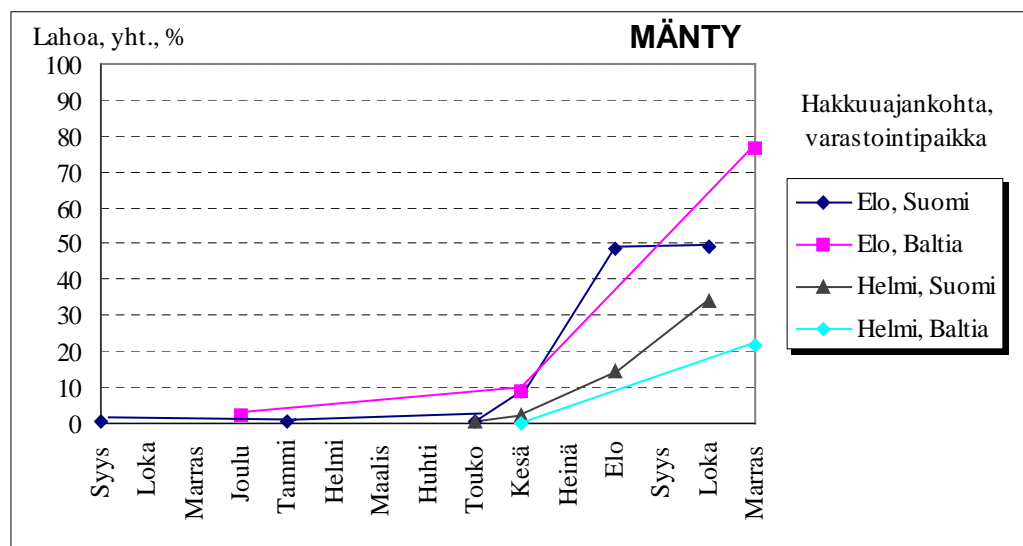
Kuusella lahon määrän ja puun fysikaalisten ominaisuuksien välillä ei todettu riippuvuutta.

3.2.7 Lahoamisen eteneminen Suomessa ja Baltiassa

Kerätyistä aineistoista lasketuilla malleilla määritettiin muutokset hakkuuajankohdilta vertailukelpoisissa varastopinoissa Suomessa ja Baltiassa. Koivulla kesän alussa pehmeän lahon määrä oli jokseenkin samalla tasolla kummassakin varastopaikassa. Kesän ja syksyn aikana pehmeä laho lisääntyi Baltiassa huomattavasti nopeammin kuin Suomessa (kuva 17). Mäntykuidulla varastopaikkojen välillä ei ollut johdonmukaista eroa (kuva 18). Lahon kokonaismäärän kehitys oli talven hakkuuerässä Baltiassa hitaampaa kuin Suomessa, mutta elokuussa hakatussa jonkin verran nopeampaa.



Kuva 17. Pehmeän lahon määrän kehitys elokuussa -98 ja talvella -99 hakatussa koivukuitupuussa Suomessa ja Baltiassa. Lahoprosenttien laskennassa on käytetty hakkuuerien pölkkyjen todellisia keskiarvoja (taulukko 1, s. 13).



Kuva 18. Kokonaislahomäärän kehitys elokuussa -98 ja talvella -99 hakatussa mäntykuitupuussa Suomessa ja Baltiassa. Lahoprosenttien laskennassa on käytetty hakkuuerien pölkkyjen todellisia keskiarvoja (taulukko 1, s. 13).

3.3 Tulosten tarkastelu

3.3.1 Lahon aiheuttajat ja synty

Puuraaka-aineen lahoamisen aiheuttavat lähes yksinomaan sienet, erityisesti käävät ja niiden lähisukulaiset. Sienitartunta leviää puutavaraan itiöiden välityksellä. Puuhun keväällä iskeytyvät hyönteiset edistävät kuoren läpi tulevaa tartuntaa erityisesti talvella hakatussa puussa alkukesän aikana. Sienirihmasto leviää puussa nopeimmin pituussuunnassa. Koska itiötartunta on yleensä runsasta, hakattuun puuhun kehittyy tavallisesti suuri joukko pienehköjä sienikolonioita, jotka kauan varastoidun puun poikkileikkauksessa näkyvät tyypillisesti säteen suuntaisina juotteina.

Havupuissa erilaisten homeiden aiheuttamat sinistymät ovat yleensä ensimmäiset näkyvät merkit puun saamasta sienitartunnasta (homeilla tarkoitetaan tässä sieniä, jotka eivät hajota selluloosaa tai ligniiniä). Ensimmäiset ruskeansävyiset merkit lahosta ilmaantuvat pian sinistymän jälkeen. Koivussa sinistymät ovat harvinaisempia. Koivulle on tyypillistä ruskea värivika, joka etenee lahorintaman edellä. Värivian aiheuttajasta ei ole tarkkaa tietoa; syyinä voivat olla homeet, bakteerit tai pelkästään solujen kuoleamisen aiheuttamat biokemialliset muutokset. Tässä työssä värivikaisesta koivupuusta eristettiin vain homeita (*Phialophora*, *Libertella*, *Trichoderma* ym.) tai näytelastuista ei kasvanut mitään sienirihmastoja.

3.3.2 Kosteuden merkitys lahon synnyssä ja leviämisessä

Lämpötilan ohella puun kosteus kuuluu tärkeimpiin tekijöihin, jotka vaikuttavat varastoidun puun lahoamisnopeuteen. Lahottajasienillä on selvät rajat puun kosteuden suhteen; liian kosteassa puussa sienet eivät kasva. Parhaiten useimmat sienet kasvavat puun kosteuden ollessa 30 - 60 %. Puun kuivuttua 20 - 22 %:n kosteuteen sienten kasvu lakkaa. Sienille liian kuiviksi pölköt kuivuvat ulko-varastossa vain harvoin, eikä tällöinkään pinojen sisä- ja alaosissa.

Kasvavien puiden kosteus vaihtelee eri puuyksilöissä ja saman rungon eri osissa. Havupuilla sydänpuun muodostumiseen liittyy huomattava kosteuden aleneminen. Nuoret puut ovat yleensä kosteampia kuin sydänpuuta sisältävät vanhat puut. Koivulla rungon sisäinen vaihtelu on epäsäännöllisempää kuin havupuilla eikä puun iän vaikutus ole yhtä selvä. Kosteus vaihtelee myös eri vuodenaikoina, korkeimmillaan se on yleensä kevättalvella ja alimmillaan heinä-syyskuussa (Nylinder ja Rennerfelt 1954). Säätekijät, lähinnä sademäärä ja lämpötila aiheuttavat lyhytaikaisempaa kosteuden vaihtelua.

Tuore mantopuu on useimmille sienille liian märkää. Kaadon jälkeen puu alkaa kuivua pölkyn päistä ja kuoren vioittumakohdista, jolloin sienirihmastot pääsevät tunkeutumaan puuhun. Pölkyn kuivumisnopeus riippuu säätekijöistä sekä kuoriutumuksesta, järeydestä ja pituudesta (Nylinder ja Rennerfelt 1954). Ehjä kuori suojaa puuta sienitartunnalta ja kosteuden haihtumiselta.

Kuoriutuminen on vähäisintä talvella tehdyissä hakkuissa ja suurinta nilaikaan kesällä. Tässä tutkimuksessa koneella hakatun puun kuoriutumisen ei vaikuttanut varastolahon etenemiseen.

3.3.3 Lahon leviäminen

Suomessa varastoidussa elokuussa 1998 hakatussa koivussa värivika yhdessä kovan lahon kanssa valtasi jo samana syksynä n. 35 % puusta. Tässä sekä lokakuussa ja seuraavana talvena hakatuissa koivuissa värivika eteni nopeasti seuraavan kesän alussa. Kesäkuun loppupuolella jo 60 - 80 % puusta oli värivikaista tai kovaa lahoa. Kesäkuusta alkaen osa lahosta alkoi muuttua pehmeäksi. Myös huhti- ja kesäkuussa 1999 hakatuissa koivuissa värivika levisi nopeasti kesän ja alkusyksyn aikana, mutta pehmeää lahoa ei ilmaantunut. Lokakuussa tervettä puuta oli jäljellä vain 3 - 7 %. Baltian koivuun kehittyi pehmeää lahoa nopeammin kuin suomalaiseseen.

Männnyssä lahovika levisi hitaammin kuin koivussa. Syksyllä ja talvella hakatussa männnyssä kova lahovika alkoi levitä merkittävästi kesäkuun puolivälin jälkeen. Kasvukauden päättyessä noin puolet mantopuusta oli kovaa lahoa ja suurin osa lopusta mantopuusta sinistynyttä. Pehmeää lahoa ei tullut ensimmäisenä varastointikesänä. Baltian männnyssä varastolaho eteni suunnilleen samaa vauhtia.

Kuusessa oli lahon leviäminen kesäaikaan selvästi hitaampaa kuin männnyssä ja koivussa, joskin edellisenä syksynä ja talvella hakatussa puussa se nopeutui loppukesällä. Kasvukauden lopussa kovaa lahoa oli 30 - 50 %; pehmeää lahoa oli alle 1 %. Huhti- ja kesäkuussa hakattuun kuuseen tuli ensimmäisenä kesänä kovaa lahoa keskimäärin alle 10 %.

3.3.4 Varastolahon aiheuttama puun hävikki

Tämän tutkimuksen tuloksia varastolahon vaikutuksesta puun kuivatuoretiheyteen voitaneen pitää suuntaa antavina: Keskimääräinen kuivatuoretiheyden aleneminen puolen vuoden tarkkailujakson aikana olivat puulajista riippuen Suomessa 0 - 6 % ja Baltiassa 1 - 8 %.

Tulokset ovat samalla tasolla kuin Ruotsissa tehdyissä selvityksissä. Björkman (1946) tutki kuorittua ja kuorimatonta mänty- ja kuusipuuta, jossa valitsevana lahottajana oli verinahakka (*Stereum sanguinolentum*; eräs tärkeimmistä havupuun lahottajista). Varastopaikka oli Etelä-Norrlannissa. Kuiva-aineen menetys yhden vuoden varastoinnin jälkeen oli 1-3 %. Kahden vuoden kuluttua vastaava menetys oli n. 5 % ja sellun saannon menetys koekeitossa n. 10 %. Henningssonin (1973) mukaan koivupuun ainemenetys yhden vuoden varastoinnin jälkeen oli Pohjois-Ruotsissa n. 3 %, Keski-Ruotsissa n. 5 % ja Etelä-Ruotsissa ja n. 10 %. Kahden vuoden jälkeen vastaavat luvut olivat n. 5, 9 ja 17 % ja kolmen vuoden varastoinnin jälkeen n. 12, 22 ja 32 %. Henningsson (1962) selvitti asiaa myös lahoamiselle opti-

maalisissa oloissa laboratoriossa. Kolmen kuukauden kuluttua kuivatuoretiheyspainon alenema oli koivupölkyissä 8 %, mäntypölkyissä 1 % ja kuusipölkyissä 0 %. Seitsemän kuukauden kuluttua vastaavat alenemat olivat 20, 5 ja 2 %.

Tutkimukset osoittavat varsin yhdenmukaisesti, että puun hävikki ensimmäisen kesän aikana on havupuilla pieni, vaikka varastolaho saattaa olla jo varsin näkyvää. Lahoamisen alkuvaiheessa useimmat lahottajat ovat sekä havu- että lehtipuilla valkolahottajia, jotka pilkkovat ensisijaisesti puun ligniiniä, joskin myös selluloosakuidut alkavat pilkkoutua vähitellen (esim. Henningsson 1962, 1967). Vasta pehmeäksi kehittynyt laho aiheuttaa tuntuvan menetyksen itse saantoon. Tässä työssä saatujen tulosten perusteella pehmeää lahoa alkaa ensimmäisenä kesänä kehittyä lähinnä vain koivuun. Pölkkyjen pituudella ja järeydellä oli verrattain pieni vaikutus lahon määrään, eikä puiden kuoriutumisen aste ainakaan kuivana kesänä vaikuttanut oleellisesti lahon etenemiseen.

3.3.5 Vertailu aiemman tutkimuksen tuloksiin

Kaksi vuotta aikaisemmin tehdyssä esitutkimuksessa varastoitu koivu lahosi selvästi hitaammin kuin Tillolassa kesällä 1999 (taulukko 3). Tähän lienee kaksi syytä: 1) koivuerä vuonna 1996 hakattiin hiukan myöhemmin kuin elokuun 1998 koivuerä, 2) aikaisemman tutkimuksen koivut varastoitiin suurissa pinoissa tehtaan varastossa Pietarsaareissa, tässä tutkimuksessa pienissä pinoissa lämpimällä Salpausselän harjulla. Männyn ja kuusen suhteen ei ollut yhtä selviä eroja näiden kahden tutkimuksen välillä. Sään suhteen kesä 1997 ja kesä 1999 olivat melko samanlaisia, tavallista lämpimämpiä.

TAULUKKO 3

Lahovikojen esiintyminen hakkuuta seuraavana kesänä aikaisempaan tutkimukseen (Metsätehon raportti 71,1999) ja tähän työhön sisältyvissä vertailukelpoisissa pinoissa. Aikaisemmassa tutkimuksessa koivu varastoitettiin Pietarsaareissa, mänty ja kuusi pääasiassa Etelä-Suomessa.

Hakkuuajankohta	Lahoviat hakkuuta seuraavana kesänä					
	Kesäkuussa			Lokakuussa		
	Sinis- tymä	Kova laho	Pehmeä laho	Sinis- tymä	Kova laho	Pehmeä laho
	Osuus, % tilavuudesta					
KOIVU						
Elo-syysk. -96 (Pietarsaari)	3	0	0	4	49	18
Elokuu -98 (Tillola)	1	78	4	20	53	22
Talvi -97 (Pietarsaari)	2	0	0	38	32	0
Talvi -99 (Tillola)	50	19	0	10	63	13
MÄNTY						
Elo-syysk. -96 (E-Suomi)	24	3	0	27	39	2
Elokuu -98 (Tillola)	32	10	0	22	47	0
Talvi -97 (E-Suomi)	9	1	0	21	36	0
Talvi -99 (Tillola)	29	2	0	35	33	0
KUUSI						
Elo-syysk. -96 (Valkeala)	4	11	0	12	29	5
Elokuu -98 (Tillola)	7	4	0	18	52	0
Talvi -97 (Luumäki)	1	0	0	5	45	0
Talvi -99 (Tillola)	0	0	0	11	30	0

KIRJALLISUUS

- Björkman, E.** 1946. Om lagringsröta i massavedgårdar och dess förebyggande. Meddel. Statens Skogsforskningsinstitut 35 (1), 174 pp.
- Henningsson, B.** 1962. Studies in fungal decomposition of Pine, Spruce and Birch pulpwood. Medd. Skogsforsk. Inst. Stockholm 52 (3), 32 pp.
- Henningsson, B.** 1967. Microbial decomposition of unpeeled birch and aspen pulpwood during storage. Studia For. Suecica 54, 32 p.
- Henningsson, B.** 1973. Lövmassaveden och lagringsskadorna. II. Skogen 60: 46-47.
- Lindblad, J. ja Verkasalo, E.** 1999. Teollisuushakkeen kuivatuoretiheys ja painomittauksen muuntokertoimet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 747. 48 s.+ liitteet
- Norusis, M.J.** 1993. SPSS for Windows. Base System User's Guide. SPSS Inc. USA. 828 s.
- Nylinder, P. ja Rennerfelt, E.** 1954. Investigations on decay damage to completely barked sulphite pulpwood in different felling and storage conditions. Medd. Skogsforsk. Inst. Stockholm 44 (10), 122 pp.
- Pechmann, H. von, Aufsess, H. von, Liese, W. ja Ammer, U.** 1967. Untersuchungen über die Rotstreifigkeit des Fichtenholzes. Forstwissenschaftliche Forschungen, Beihefte zum Forstw. Cbl, Heft 27, 112 p.
- Vasama, P.-M. ja Vartia, Y.** 1973. Johdatus tilastotieteeseen. Osa II Helsinki. 725 s.