



## SISÄLLYS

	Sivu
<b>TIIVISTELMÄ</b> .....	3
<b>1 JOHDANTO</b> .....	4
<b>2 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA TUTKIMUSAINEISTO</b> .....	4
<b>3 TULOKSET</b> .....	5
3.1 Tukkien halkeamat .....	5
3.1.1 Halkeamien määrä .....	5
3.1.2 Halkeamien mitat .....	8
3.2 Sahatavaran halkeamat .....	8
3.2.1 Halkeamien määrä .....	8
3.2.2 Halkeamien aiheuttajat .....	9
3.2.3 Halkeamien mitat .....	12
3.2.4 Halkeamien muodot .....	17
3.2.5 Sahatavaran paksuuden vaikutus halkeamiin ....	17
3.2.6 Tukin tyvi-/latvapään vaikutus halkeamien määrään .....	17
3.2.7 Yhteenveto halkeamien esiintymisistä .....	22
3.3 Halkeamien taloudellinen merkitys .....	22
3.4 Kova pakkanen ja kuivaus .....	22
3.5 Halkeamat solukkotasolla .....	23
<b>4 HALKEAMIEN VÄLTÄMISMAHDOLLISUUDET</b>	26
<b>5 TULOSTEN HYÖDYNTÄMINEN</b> ... ..	27

## TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitettiin sahatavaraan tulevien halkeamien määrää ja aiheuttajia. Mittaukset tehtiin kahdella sahalla talvella, keväällä ja syksyllä 1996. Tukkipöntällä olevista tukeista mitattiin halkeamia kolmena ajankohtana sekä sydänsahatavarasta ennen kuivausta ja kuivauksen jälkeen. Samalla määritettiin halkeamien aiheuttajat. Lisäksi tehtiin laboratoriomittakaavainen erillisselvitys kovan pakkasen vaikutuksesta kuivaushalkeamiin sekä selvitettiin solukkotasolla erilaisten halkeamien rakennetta.

Eniten halkeamia tukkeihin aiheutti puuaineen luontainen kuivuminen. Halkeamia syntyi eniten keväällä ja vähiten talvella. Korjuussa syntyneitä halkeamia oli selvästi vähemmän. Mitoiltaan kuivaushalkeamat olivat pienempiä kuin korjuun aiheuttamat.

Sahatavarassa eniten halkeamia aiheutti talvella ja syksyllä kuivaus sekä keväällä luontainen kuivuminen. Kuivaushalkeamat olivat kuitenkin matalampia kuin tukkien katkonnan ja sahalla tapahtuneen käsittelyn aiheuttamat halkeamat. Lyhyimpiä halkeamia olivat kuivauksen aiheuttamat ja pisimpiä käsittelyvaurioiden aiheuttamat.

Halkeamien määrän vähentäminen parantaa sahauksen taloudellista tulosta. Kuivauksen ja luontaisen kuivumisen aiheuttamia halkeamia on hyvin vaikea vähentää. Tukkien katkonnassa ja sahalla tapahtuvassa käsittelyssä syntyviä halkeamia voidaan puolestaan vähentää toimintatapoja ja laitteita kehittämällä.

## 1 JOHDANTO

Sahatavarassa olevat halkeamat pienentävät sahatavarasaantoa ja aiheuttavat siten taloudellisia menetyksiä. Sahamiesten havaintojen mukaan halkeamat sahatavarassa ovat viime aikoina lisääntyneet. Syitä tähän ei tiedetä eikä myöskään sitä, missä vaiheessa halkeamat tulevat: puun kasvaessa, korjuussa, varastoinnissa, sahauksessa vai kuivauksessa.

Jotta halkeamia voitaisiin vähentää, tulisi niiden rakenne, synty ja niihin vaikuttavat olosuhteet tuntea (esim. puulaji, vuodenaika ja sahatavaran koko). Vaurioiden syntymekanismien ja määrien tuntemus mahdollistaa halkeamien ja niiden aiheuttamien taloudellisten menetysten vähentämisen.

## 2 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA TUTKIMUSAINEISTO

Tutkimus toteutettiin yhteistyössä Enso Timber Oy:n Tolkkisten sahan ja Yhtyneet Sahat Oy:n Seikun sahan kanssa. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää halkeamien määrät ja aiheuttajat sekä taloudellinen vaikutus. Tutkimusaineistot kerättiin talvella, keväällä ja syksyllä 1996.

Halkeamia tutkittiin tukeista ennen sahausta sekä sahatavarasta ennen ja jälkeen kuivauksen. Mänty- ja kuusitukeista mitattiin halkeamia läpimittaluokista 20, 24 ja 28 cm. Halkeamista mitattiin syvyys tukin päästä (ks. piirros kohdassa 3.2). Halkeamien pituutta ei mitattu eikä arvioitu. Halkeaman sijaintivaihtoehdot olivat ytimen kautta kulkeva, säteen suuntainen, tangentin suuntainen sekä rengashalkeama. Halkeaman aiheuttajat olivat kaatolohkeama ja -repeämä, katkaisulohkeama sekä muu (tuntematon) aiheuttaja, joka yleensä oli tukin luontainen kuivuminen.

Sahatavarasta mitattiin halkeamia 32 - 38 mm:n, 50 mm:n ja 75 mm:n paksuisista sahatavarakappaleista. Sahatavarakappaleen leveys vaihteli eri mittauserissä. Halkeamamittaukset tehtiin kuivauksen jälkeen. Ennen kuivausta oli mitattavaan erään merkitty silloin siinä olleet halkeamat, jotta mittausvaiheessa voitiin määrittää, olivatko halkeamat tulleet ennen kuivausta vai sen aikana. Halkeamista mitattiin syvyys kappaleen päästä ja arvioitiin halkeaman pituus, koska ei ollut mahdollista katkoa sahatavarakappaleita todellisten halkeamapiituuksien määrittämiseksi. Mittojen ja halkeamien syntyajankohdan lisäksi määritettiin halkeaman sijainti: menikö halkeama ytimen kautta, säteen tai tangen-

tin suunnassa, lustoja myötäillen vai oliko se rengashalkeama. Halkeaman aiheuttajiksi määritettiin joko kuivaus, katkaisu korjuussa, käsittely sahalla tai tuntematon syy.

Tutkimuksen yhteydessä selvitettiin järjestetyllä kokeella alhaisen lämpötilan vaikutus halkeamisiin kuivauksen aikana, sekä solukkotasolla erilaisten halkeamien rakenne.

Tutkimusaineisto käsitti yhteensä 6 759 tukkia ja 6 958 sahatavarakappaletta.

## 3 TULOKSET

### 3.1 Tukkien halkeamat

#### 3.1.1 Halkeamien määrä

Tukkien päiden halkeamien määrät vaihtelivat aiheuttajittain, puulajeittain ja vuodenaajoittain. Kaatolohkeamat aiheutuvat yleensä puun liian voimakkaasta työntämisestä kaatovaiheessa. Tällöin tyvitukin tyvipäähän tulee useita tangentin suuntaisia halkeamia. Niitä oli noin kahdessa prosentissa tukeista. Kaatolohkeamat olivat hieman yleisempiä kuusella kuin männyllä. Kevätkautena lohkeamia oli 3 - 4 %:ssa tukeista, mikä oli selvästi enemmän kuin talvella tai syksyllä.

Kaatorepeämällä tarkoitetaan kaadossa syntyneitä vaurioita, joissa puuainesta on revennyt lohkeamista poiketen tukeista. Kaatorepeämiä oli varsin vähän. Enimmillään niitä oli yhdessä erässä joka sadannessa tukissa. Kahdessa kolmesta mitatusta tukkierästä ei ollut lainkaan kaatorepeämiä.

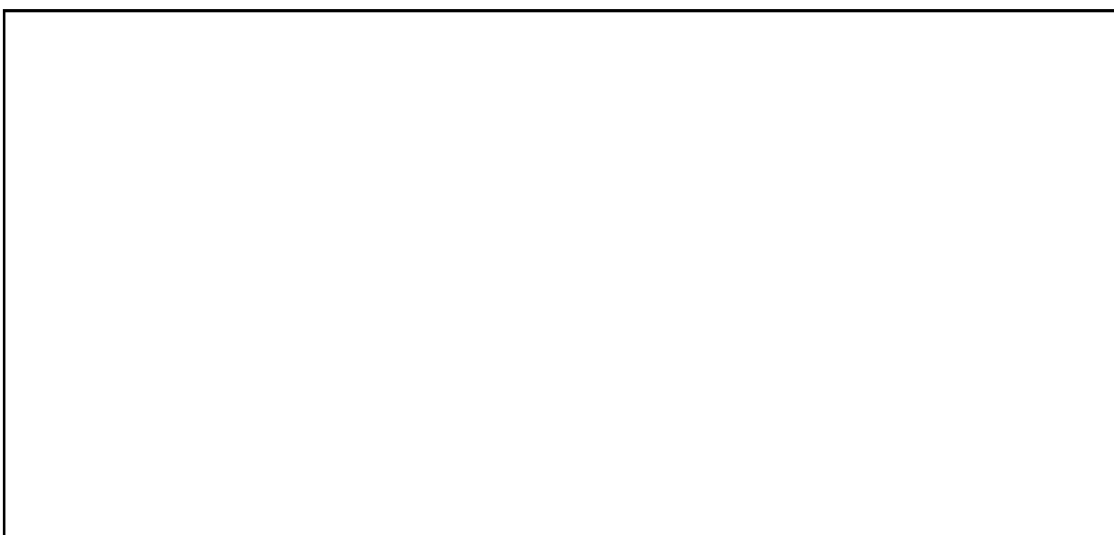
Katkaisulohkeamia aiheuttaa hakkuuvaiheessa katkaisusahausta ilman asianmukaista tukemista tai ”heijaamista”. Tällöin syntyy yleensä useita tangentin suuntaisia lohkeamia, jotka saattavat tulla näkyviin vasta tukin hieman kuivuesssa. Katkonnasta aiheutuneita lohkeamia oli 1 - 2 %:ssa tukeista. Kevätkaatoisissa mäntytukeissa lohkeamia oli selvästi muita eriä enemmän; niitä oli 9 - 15 %:ssa tukeista. Muutoin ei ajankohta tai puulaji aiheuttanut selkeitä eroja.

Selvästi korjuuta enemmän halkeamia aiheutti tukkien luontainen kuivuminen. Vähiten kuivumisesta aiheutuneita halkeamia oli talvella kovalla pakkasella, jolloin niitä oli 6 - 7 %:ssa tukeista. Myöhemmin talvella ja syksyllä kuivumishalkeamia oli 9 - 25 %:ssa tukeista. Keväällä kuivumishalkeamat olivat huomattavasti yleisempiä kuin muina ajankohtina. Tällöin niitä oli 32 - 49 %:ssa tukeista. Puulajien kesken ei ollut eroja kuivumishalkeamien määrässä.

***Kuivuminen aiheutti eniten halkeamia tukeissa. Vähiten niitä oli talvella joka kahdennessakymmenennessä tukissa ja eniten keväällä joka toisessa tukissa. Korjuus-  
sa syntyneitä halkeamia oli selvästi näitä vähemmän.***



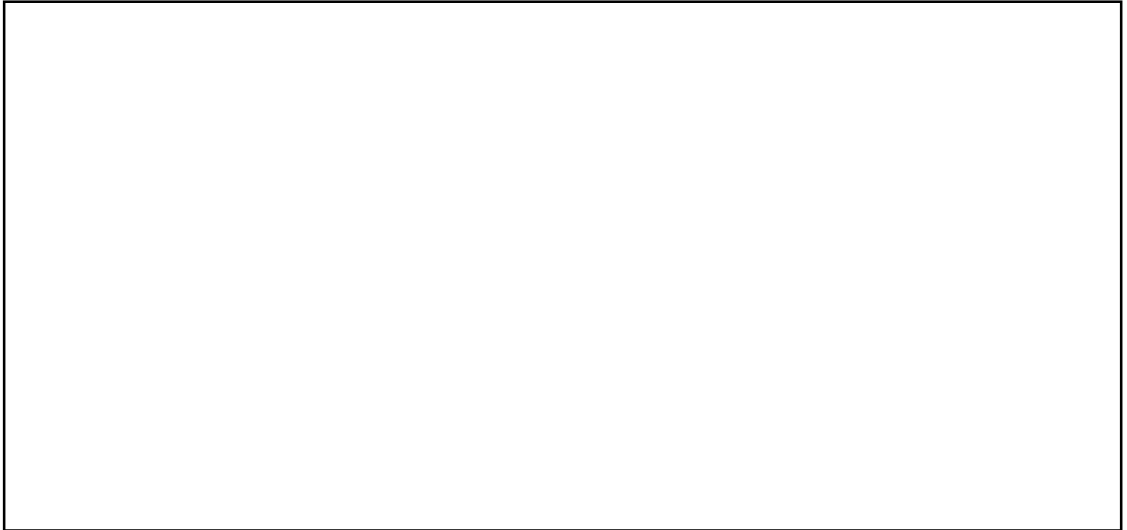
Kuivumis- ja kaatohalkeamia talvella. Kaikki valok. Metsäteho



Kuivumishalkeamia keväällä



Kuivumishalkeamia syksyllä



Kuivauksen ja tukkien katkonnan aiheuttamia halkeamia talvella



Kuivumisen ja tukkien katkonnan aiheuttamia halkeamia keväällä



Kuivauksen aiheuttamia halkeamia syksyllä

### 3.1.2 Halkeamien mitat

Kaikkina tarkastelukausina tukeissa oli eniten kuivumisen aiheuttamia halkeamia. Mitoiltaan kuivumishalkeamat olivat kuitenkin muiden aiheuttajien halkeamia pienempiä. Ne olivat keskimäärin 5 - 10 cm syviä ja kulkivat ytimen kautta. Halkeamat olivat matalimpia talvella kovalla pakkasella ja syvimpiä keväällä. Puulaji ei vaikuttanut halkeamien syvyyteen. Halkeamien pituutta ei mitattu, mutta arvion mukaan kuivumishalkeamat vain harvoin ylsivät 10 cm:n syvyyteen.

Kaatolohkeamat ja -repeämät olivat selvästi kuivumishalkeamia harvinaisempia mutta toisaalta suurempia. Keskimäärin kaadosta aiheutuneet halkeamat (suurin/tukin pää) olivat 15 - 25 cm:n syvyisiä. Ajankohta ja puulaji eivät vaikuttaneet halkeamien pituuteen. Niiden arvioitiin ulottuneen pahimmillaan jopa 30 cm:n päähän tukin päästä.

Tukeissa oli katkaisun aiheuttamia lohkeamia useammin kuin kaadossa syntyneitä. Katkaisuhalkeamien keskimääräiset syvyydet vaihtelivat 10 - 25 cm:n välillä. Ajankohta sen enempää kuin puulaji eivät vaikuttaneet syvyyksiin. Katkontahalkeamien pituutta ei mitattu. Arvioiden ja aiempien mittausten perusteella voidaan niiden olettaa ulottuneen pahimmillaan 30 - 40 cm tukin sisään.

Tutkimuksessa tarkasteltiin myös halkeamien syvyyksien riippuvuutta puun kasvunopeudesta mittaamalla jokaisen halkeamia sisältäneen tukin säteen suuntainen kasvu kymmenen vuoden aikana. Tulosten perusteella kasvunopeus ei vaikuttanut halkeamien pituuteen missään olosuhteissa.

*Korjuun aiheuttamat halkeamat olivat suurempia kuin kuivumisesta aiheutuneet halkeamat.*

## 3.2 Sahatavaran halkeamat

### 3.2.1 Halkeamien määrä

Sahatavaran halkeamat mitattiin kuivauksen jälkeen. Halkeamien osuudet kaikista sahatavarakappaleista vaihtelivat paljon vuodenajoittain ja sahoittain (kuvat 1a ja 1b, s. 10 - 11). Yleisimpiä halkeamat olivat keväällä sahatuissa saha-



tavarakappaleissa osuuden vaihdellessa 60 - 85 %:ssa kaikista sahatavarakappaleista. Talviaineisto jakaantui lämpötilojen puolesta kahteen osaan; pitkään jatkuneen kovan pakkasen aikana sahattuun erään (saha 1) sekä myöhemmin pikkupakkasten aikana sahattuun erään. Kovan pakkasen aikana syntyi enemmän halkeamia (31 - 36 %) kuin syksyllä samalla sahalla (17 - 25 %). Pikkupakkasten aikaisen talviaineiston ja syysaineiston halkeamien määrät eivät puolestaan poikenneet systemaattisesti toisistaan .

*Sahatavaraan synty halkeamia eniten keväällä ja vähiten syksyllä.*

### **3.2.2 Halkeamien aiheuttajat**

Halkeamien aiheuttajat määritettiin kuivauksen jälkeen. Apuna tässä olivat ennen kuivausta sahatavarakappaleiden päihin tehdyt merkinnät niissä jo silloin olleista halkeamista. Aiheuttajiksi määritettiin kuivaus, katkaisu korjuuvaiheessa, käsittely sahalla ja tuntematon aiheuttaja, joka lähes aina johtui puun luontaisesta kuivumisesta.

Männyllä kovan pakkasen aikana sahatuissa kappaleissa eniten halkeamia aiheutti kuivaus. Seuraavaksi eniten, kuitenkin selvästi kuivausta vähemmän, oli luontaisesta kuivumisesta aiheutuneita halkeamia. Lauhempaan aikaan sahatussa mäntyaineistossa oli eniten luontaisen kuivumisen aiheuttamia halkeamia ja hieman niitä vähemmän kuivauksessa syntyneitä halkeamia. Kuusen talviaineistossa kaksi eniten halkeamia aiheuttanutta syytä olivat samat kuin männyllä.

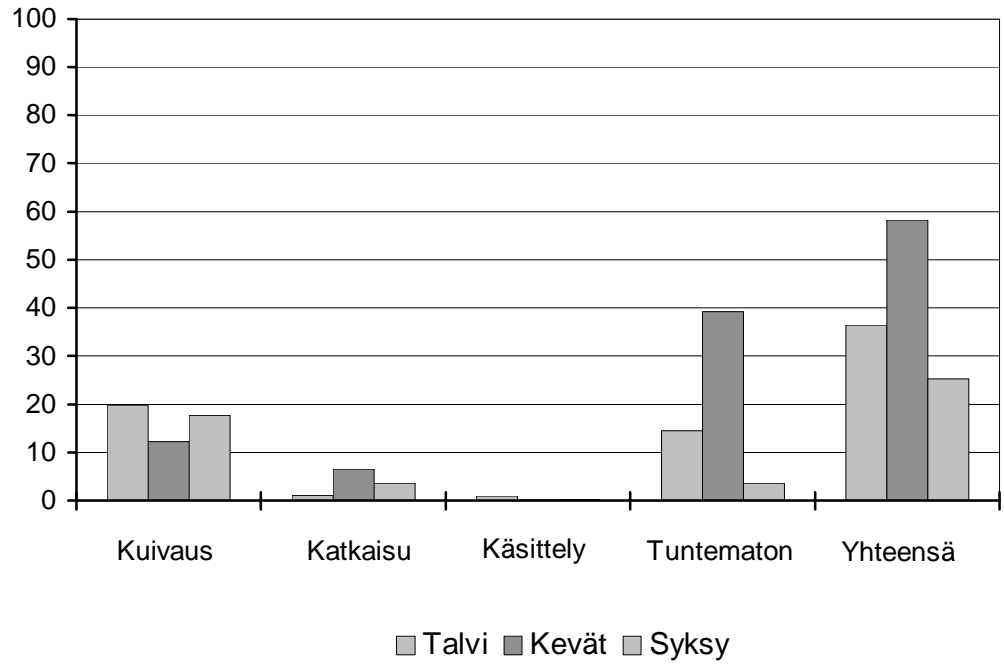
Keväällä männyllä ja kuusella selvästi eniten halkeamia aiheutti puun luontainen kuivuminen. Seuraavaksi yleisin aiheuttaja oli kuivaus. Keväällä oli myös korjuussa tehdyssä katkonnassa syntyneitä halkeamia melko runsaasti ja kuusella enemmän kuin muina kausina eli 7 - 8 %:ssa kaikista sahatavarakappaleista.

Syksyllä aiheutti männyllä eniten halkeamia kuivaus. Seuraavaksi yleisin aiheuttaja oli joko katkonta tai luontainen kuivuminen. Männyllä katkaisuhalkeamia oli lähes yhtä paljon kuin keväällä, 4 - 6 %:ssa kaikista sahatavarakappaleista. Kuusella aiheutti toisella sahalla eniten halkeamia kuivaus ja toisella luontainen kuivuminen. Katkonnan aiheuttamia halkeamia oli kuusella vajaat 5 % kaikista sahatavarakappaleista. Kuivauksen yllättävän suureen osuuteen halkeamien synnyssä syksyllä saattaa vaikuttaa, ettei puun elintoimintojen nopeaa muutosta otettu riittävän nopeasti huomioon kuivauskaavoissa.

*Talvella ja syksyllä kuivaus oli merkittävä halkeamien aiheuttaja. Keväällä yleisimpiä olivat puun luontaisen kuivumisen aiheuttamat halkeamat.*

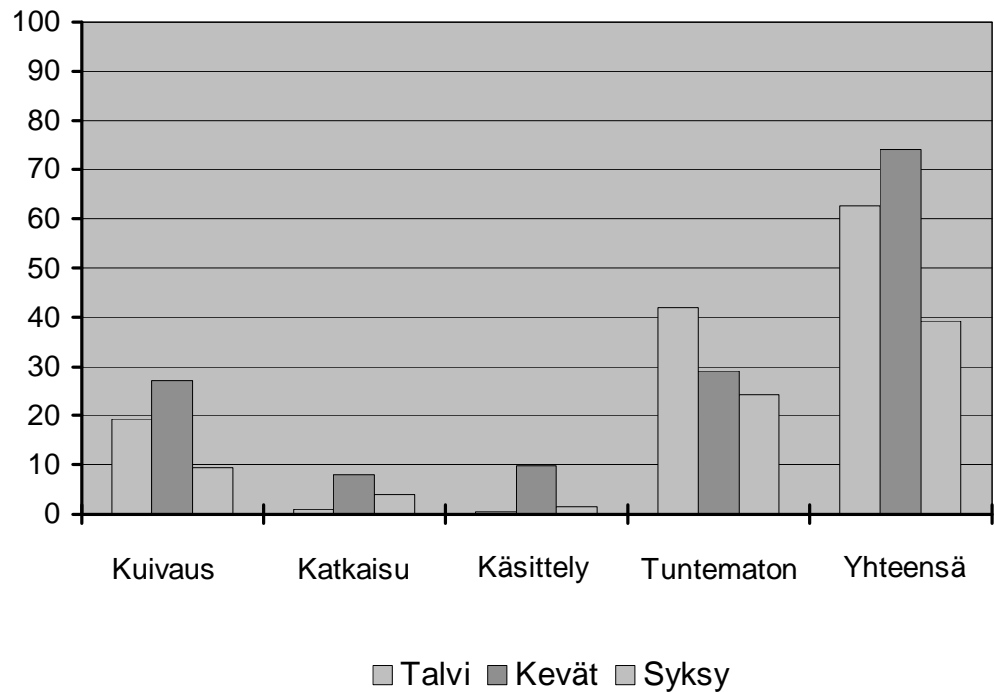
### Seikku, kuusi

Osuus kaikista kappaleista, %



### Tolkkinen, kuusi

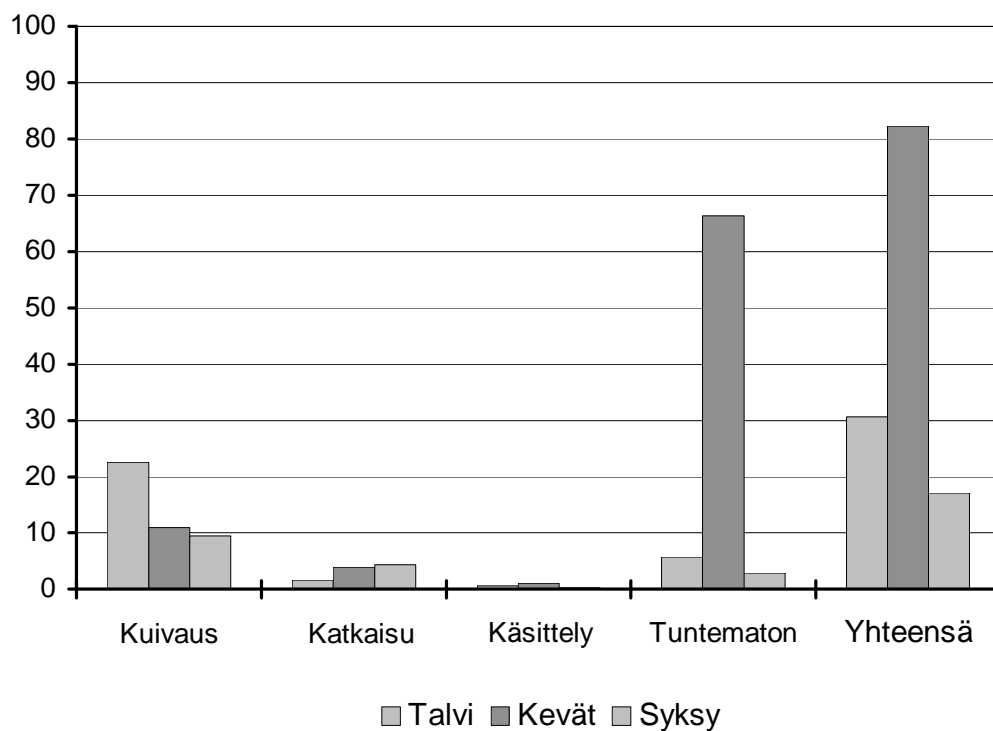
Osuus kaikista kappaleista, %



**Kuva 1b.** Halkeamien määrät vuodenajoinnain. Kuusi.

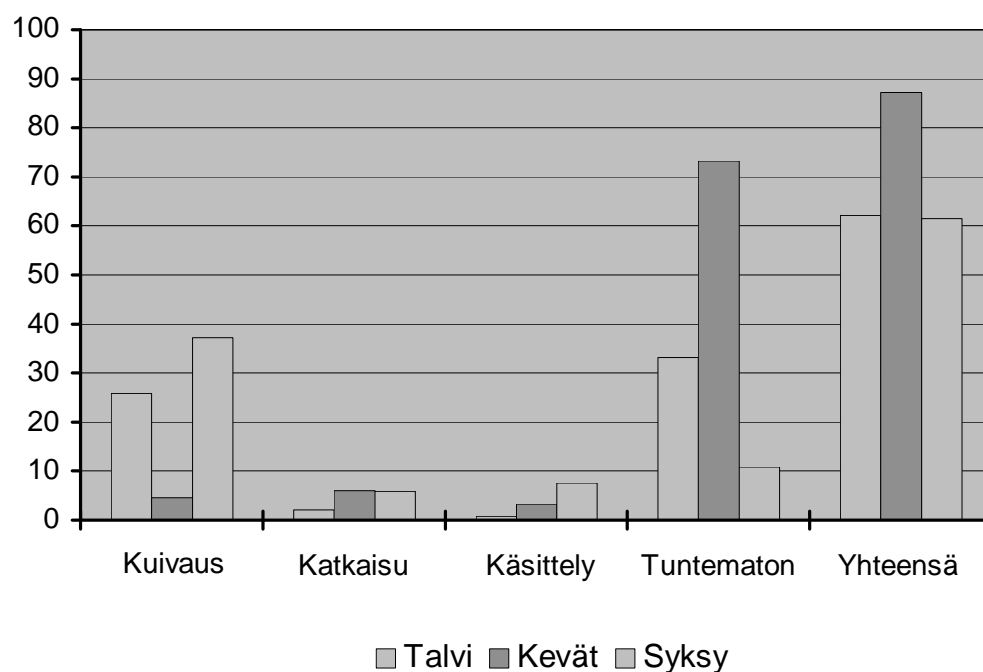
### Seikku, mänty

Osuus kaikista kappaleista, %



### Tolkkinen, mänty

Osuus kaikista kappaleista, %



**Kuva 1a.** Halkeamien määrät vuodenajoittain. Mänty.

### 3.2.3 Halkeamien mitat

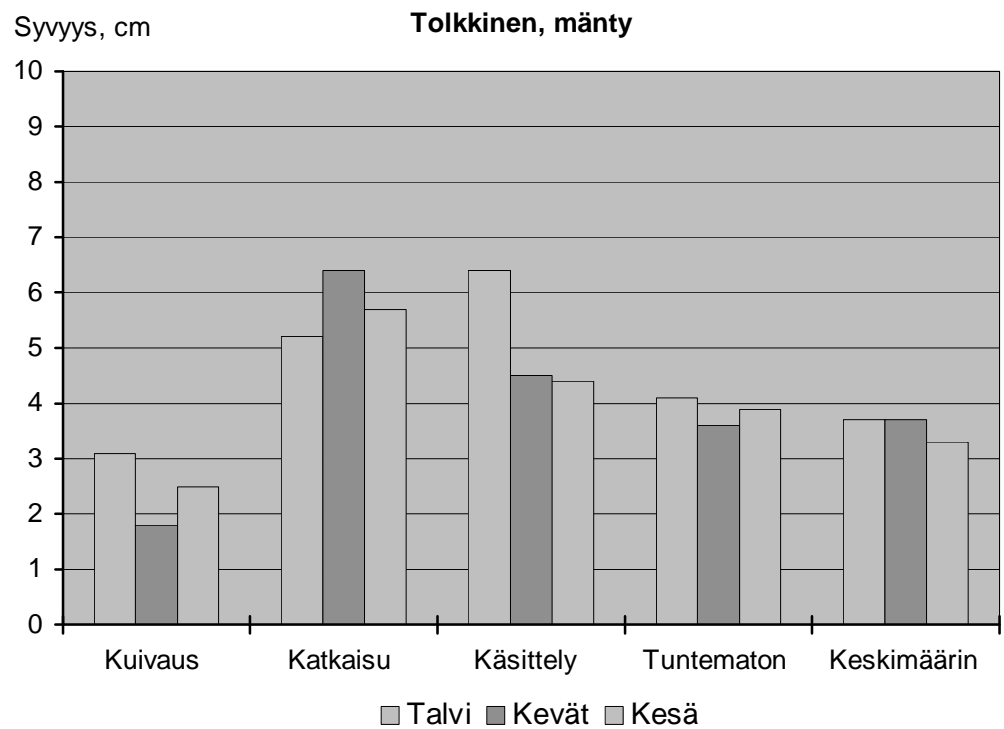
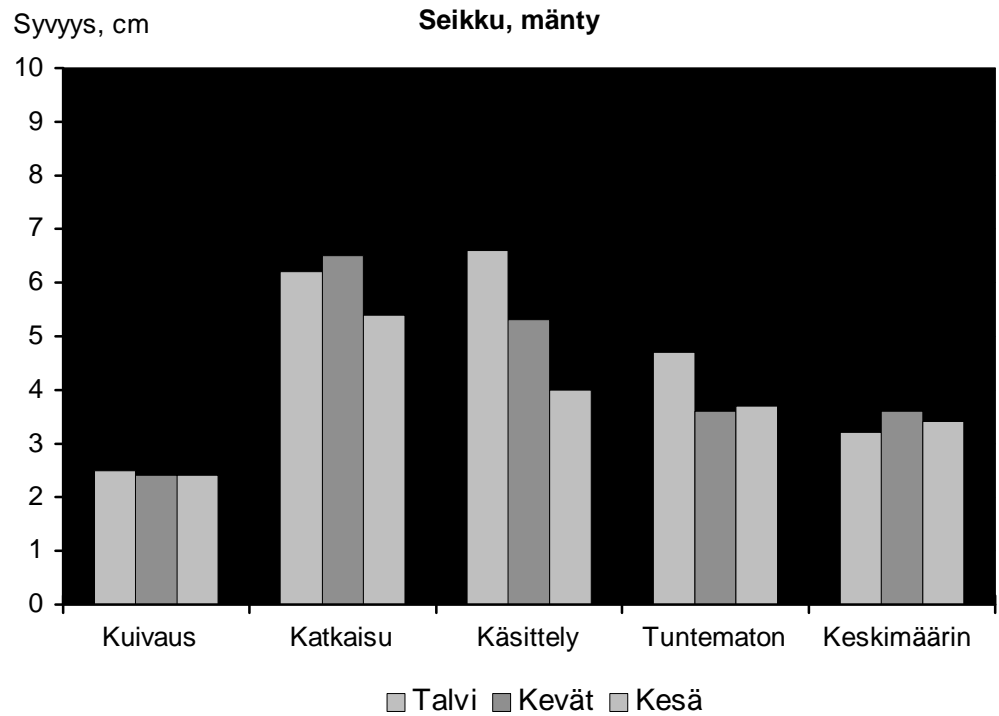
Kuivauksesta tai luontaisesta kuivumisesta aiheutuneita vikoja oli monesti saman sahatavarakappaleen molemmissa päissä. Mekaanisesti aiheutuneet eli katkaisussa ja sahakäsittelyssä syntyneet halkeamat olivat lähes yksinomaan sahatavarakappaleen toisessa päässä.

Sahatavarakappaleissa olleista halkeamista mitattiin syvyys ja arvioitiin pituus. Halkeamien keskimääräiset syvyydet vaihtelivat 2:sta 8:aan senttimetriin (kuvat 2a ja 2b). Mittoihin vaikutti selkeästi niiden aiheuttaja. Matalimpia olivat kuivauksesta aiheutuneet halkeamat, yleisimmin 2 - 3 cm. Luontaisen kuivumisen tai puuaineen jännitteiden laukeamisen aiheuttamat halkeamat olivat hieman kuivauksen aiheuttamia halkeamia syvempiä, keskimäärin 3 - 4 cm. Syvimmät halkeamat olivat tukkien kaadosta tai katkonnasta aiheutuneita eli keskimäärin 5 - 8 cm. Sahatavaran käsittelystä aiheutuneet halkeamat olivat 4 - 8 cm eli vain hiukan korjuussa syntyneitä halkeamia matalammat. Eri sahausajankohtina oli halkeamien keskimääräisissä syvyyksissä jonkin verran satunnaista vaihtelua.

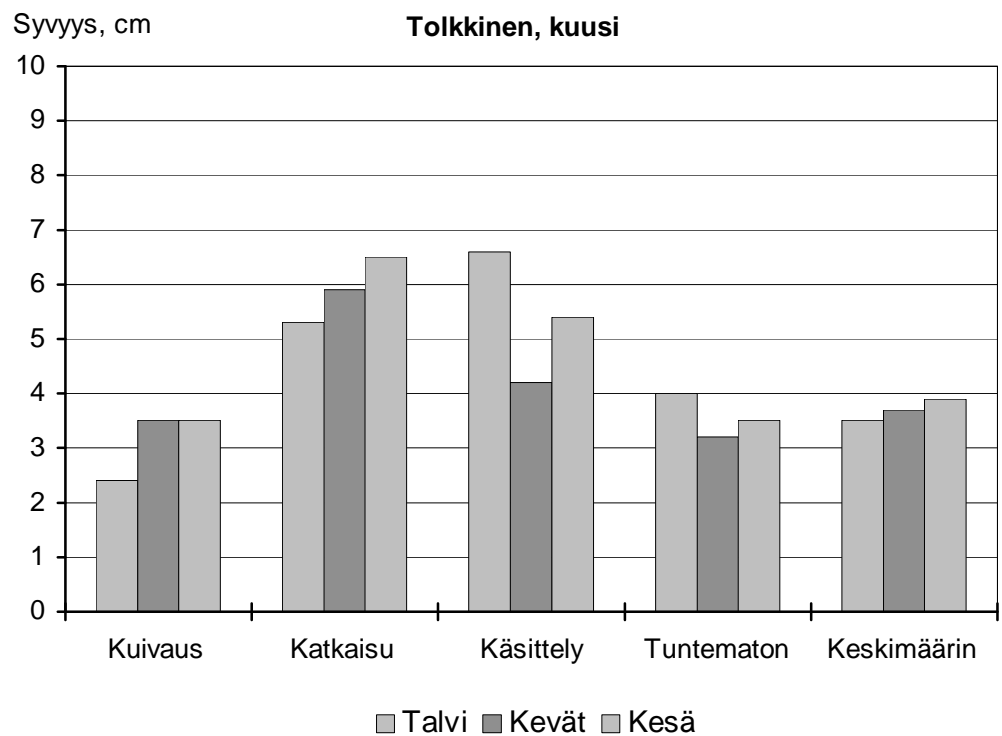
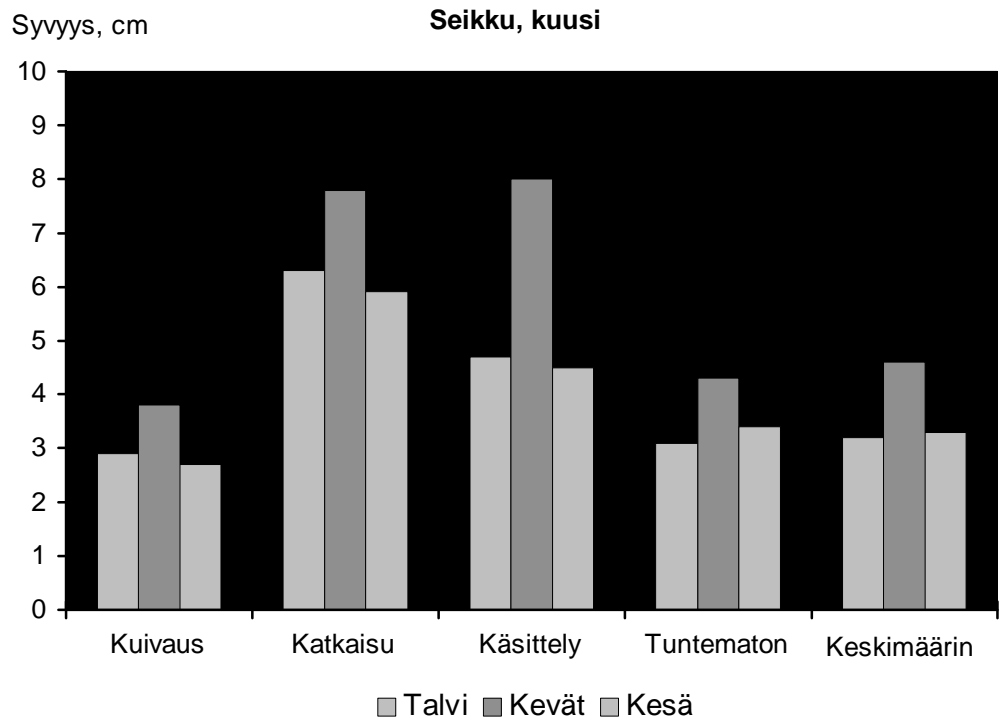
Halkeamien pituuksien arvioinnissa käytettiin hyväksi sahoilla toimivan laadunvalvontahenkilöstön kokemukseräistä tietämystä. Halkeamien keskimääräiset pituudet olivat 8 - 38 cm (kuvat 3a ja 3b, s. 15 - 16). Pituuksiin vaikutti aiheuttaja sekä sahauksen ajankohta. Lyhyemmät halkeamat olivat yleensä kuivauksen aiheuttamia, pituudeltaan 8 - 17 cm. Sahausajankohdalla ei ollut selvää vaikutusta kuivaushalkeamien pituuksiin. Luontainen kuivuminen aiheutti eri ajankohtina lähes vakiopituisen, yleisimmin 8 - 14 cm:n halkeaman. Korjuussa tapahtuneet katkaisun aiheuttamat halkeamat olivat yleisimmin ajankohdasta riippumatta keskimäärin 9 - 14 cm:n pituisia. Käsittelyvaurioiden pituudet vaihtelivat ajankohdittain. Lyhimpiä (10 - 15 cm) ne olivat kevätaikaisessa sahauksessa. Muina ajankohtina halkeamien pituudet vaihtelivat puulajeittain ja sahoittain ollen keskimäärin 13 - 38 cm.

Jokaisesta halkeamia sisältäneestä sahatavarakappaleesta mitattiin halkeamakohtan läheisyydestä kymmenen vuoden aikainen kasvu. Kasvunopeuden ja eri syistä aiheutuneiden halkeamien välillä ei ollut selvää riippuvuutta. Muutamassa tapauksessa sahalla tulleita käsittelyvaurioita sisältäneet sahatavarakappaleet olivat olleet hieman muita nopeakasvuisempia.

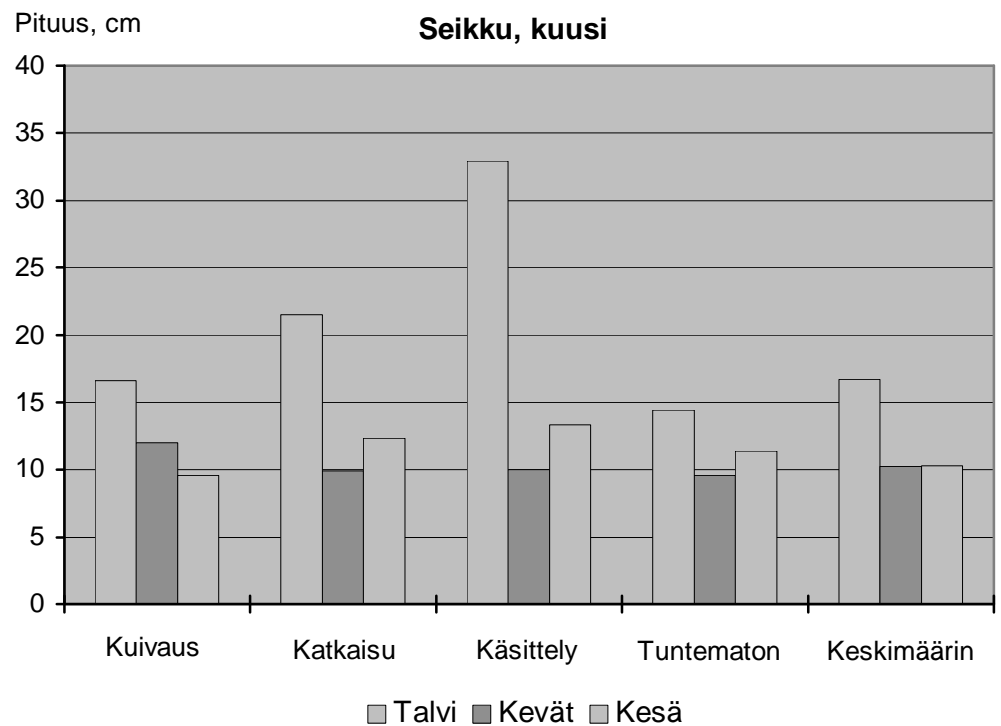
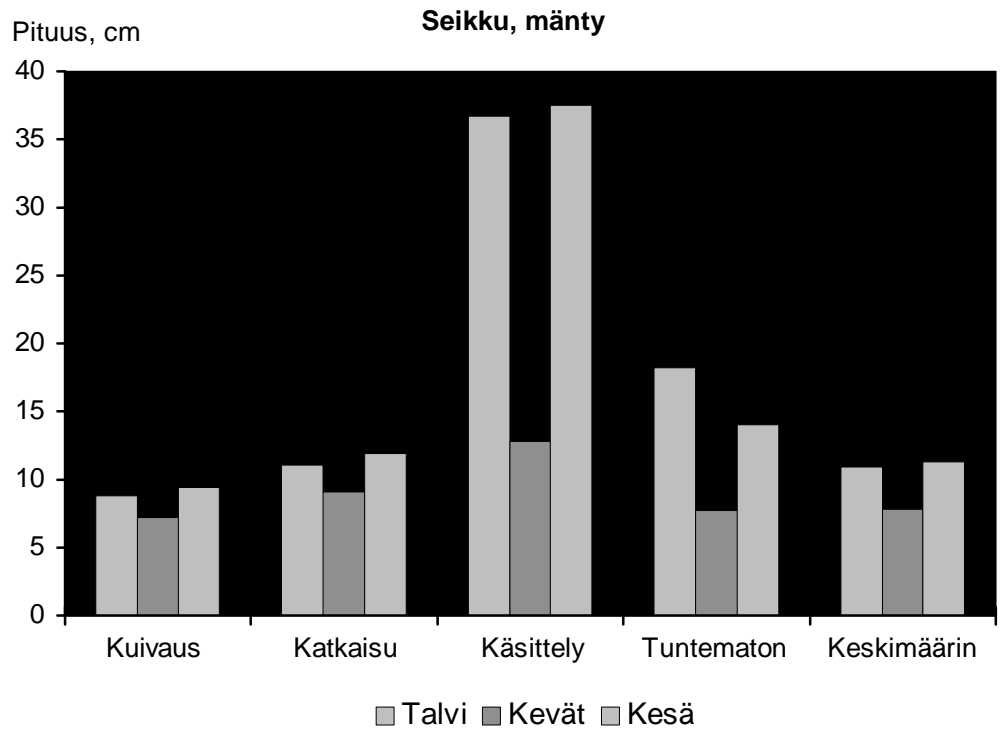
***Kuivaus aiheutti matalimmat halkeamat. Syvimpiä olivat katkonnan ja sahalla tapahtuneen käsittelyn aiheuttamat. Pisimpiä halkeamia aiheutti sahatavaran käsittely talvella.***



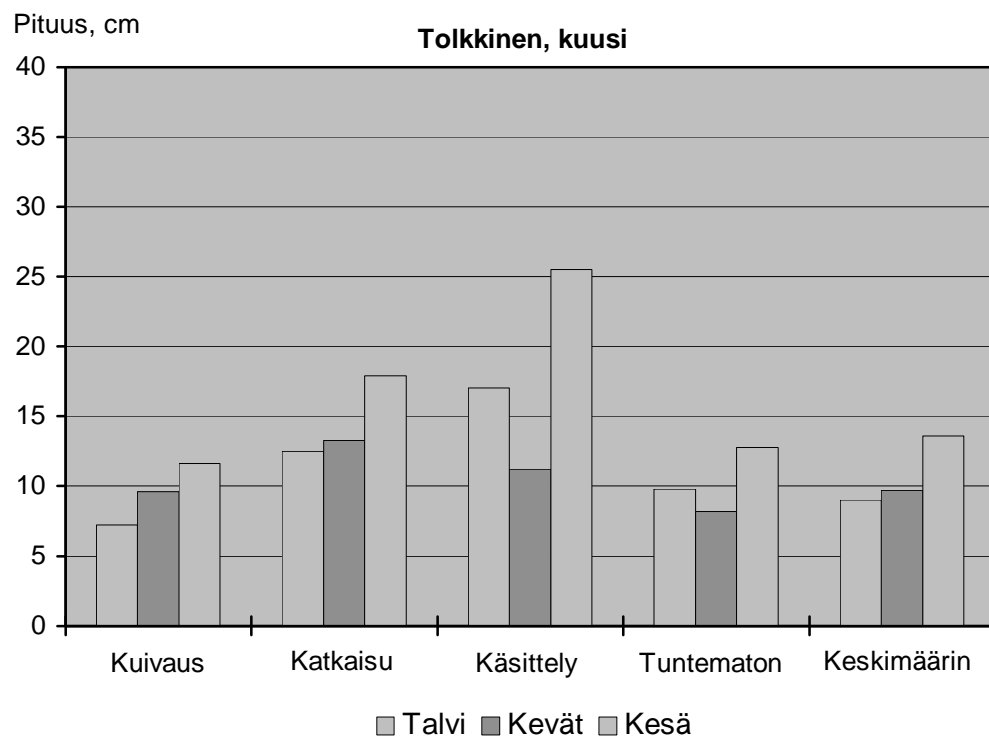
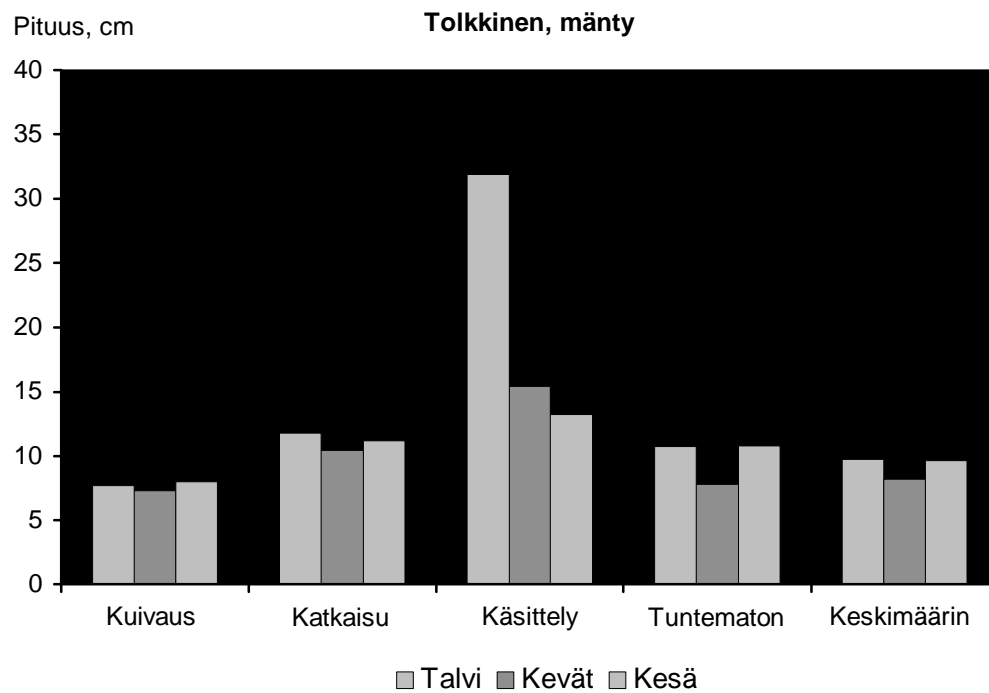
**Kuva 2a.** Halkeamien keskimääräiset syvyydet. Mänty.



**Kuva 2b.** Halkeamien keskimääräiset syvyudet. Kuusi.



**Kuva 3a.** Halkeamien keskimääräiset pituudet. Seikku.



**Kuva 3b.** Halkeamien keskimääräiset pituudet. Tolkkinen.



### 3.2.4 Halkeamien muodot

Mittauksissa määritettiin kunkin vian muoto. Vaihtoehtoja olivat: ytimen kautta menevä, rengashalkeama, säteen suuntainen, lustoja myötäilevä, tangentin suuntainen halkeama sekä tähtikuvion muotoinen halkeamaparvi.

Männyllä ja kuusella oli talvella eniten säteen suuntaisia halkeamia (kuvat 4a, 4b ja 4c, sahalla 1). Seuraavaksi eniten oli ytimen kautta meneviä halkeamia. Keväällä männyllä oli eniten tähtikuvion muotoisia halkeamia ja seuraavaksi eniten säteen suuntaisia halkeamia. Kuusella puolestaan oli eniten säteen suuntaisia halkeamia ja seuraavaksi tähtikuvioita. Syksyaineistossa sekä männyllä että kuusella oli eniten säteen suuntaisia halkeamia. Männyllä seuraavaksi eniten oli tangentin suuntaisia, kuusella myös ytimen kautta kulkevia halkeamia.

*Talvella ja syksyllä oli eniten säteen suuntaisia tai ytimen kautta meneviä halkeamia. Keväällä säteen suuntaisten lisäksi oli paljon tähtikuvion muotoisia halkeamaparvia.*

### 3.2.5 Sahatavaran paksuuden vaikutus halkeamiin

Sahatavaran paksuuden vaikutusta halkeamiin selvitettiin mittaamalla halkeamat 32 - 38, 50 ja 75 mm:n paksuisista sahatavarakappaleista. Mitattujen erien leveys vaihteli.

Talvella männyllä oli eniten halkeamia 75 mm:n paksuisessa sahatavarassa (kuva 5, s. 21). Seuraavaksi eniten niitä oli 32 - 38 mm:ssä ja vähiten 50 mm:ssä. Kuusella tulokset vaihtelivat sahoittain. Toisella sahalla oli eniten halkeamia 75 mm:n ja toisella 32 - 38 mm:n sahatavarakappaleissa. Keväällä saha- ja dimensiokohtainen vaihtelu oli siksi suurta, ettei sahatavaran paksuuden vaikutusta saatu selville. Syksyllä tilanne oli sama kuin talvella. Eniten halkesivat paksut kappaleet ja vähiten yleensä 50 mm:set. Halkeamien aiheuttajien ja eri paksuisten sahatavarakappaleiden välillä ei ollut riippuvuutta.

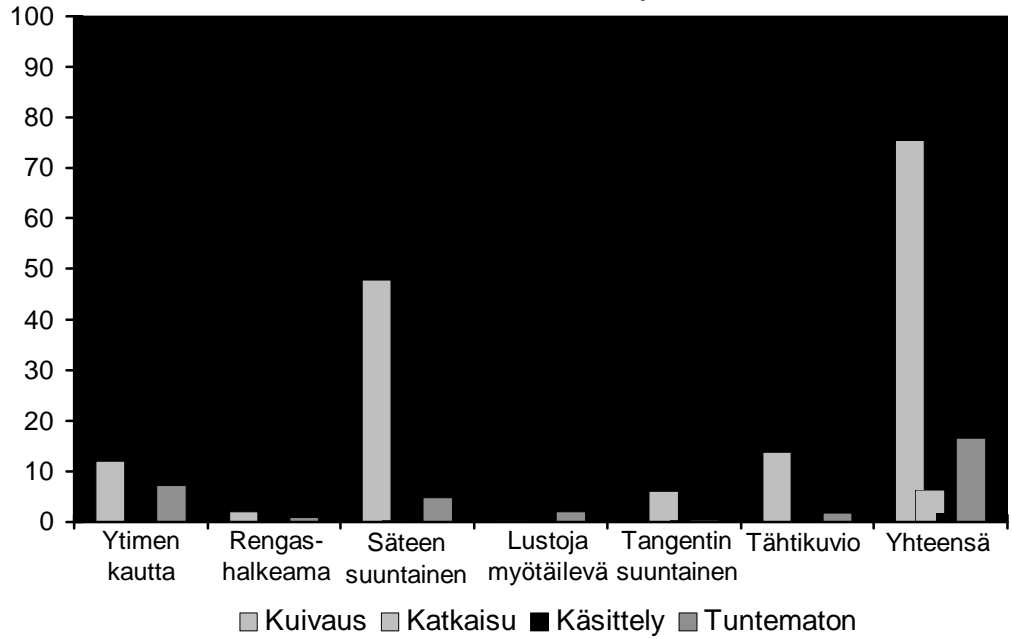
*Talvella ja syksyllä eniten halkesivat paksuimmat eli 75 mm paksut kappaleet. 50 mm:n kappaleissa oli halkeamia harvemmin kuin 32 - 38 mm:ssä.*

### 3.2.6 Tuki- ja latvapään vaikutus halkeamien määrään

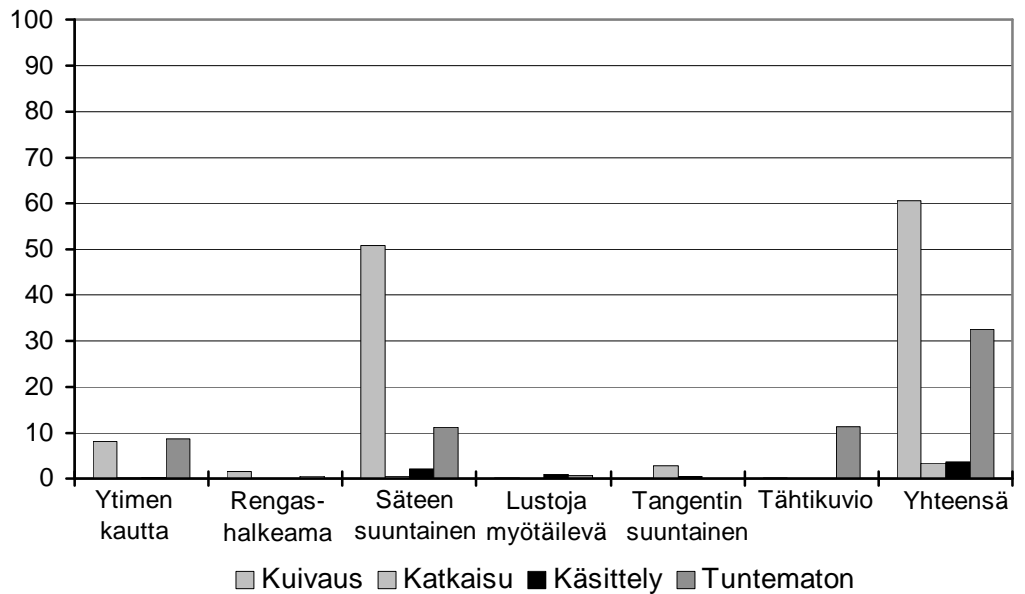
Jokaisesta mittauserästä mitattiin halkeamat saman erän tyvi- ja latvapäistä. Halkeamien määrissä ei yleensä ollut eroja päiden välillä.

*Tyvi- ja latvapäiden halkeamien määrissä ei ollut eroja.*

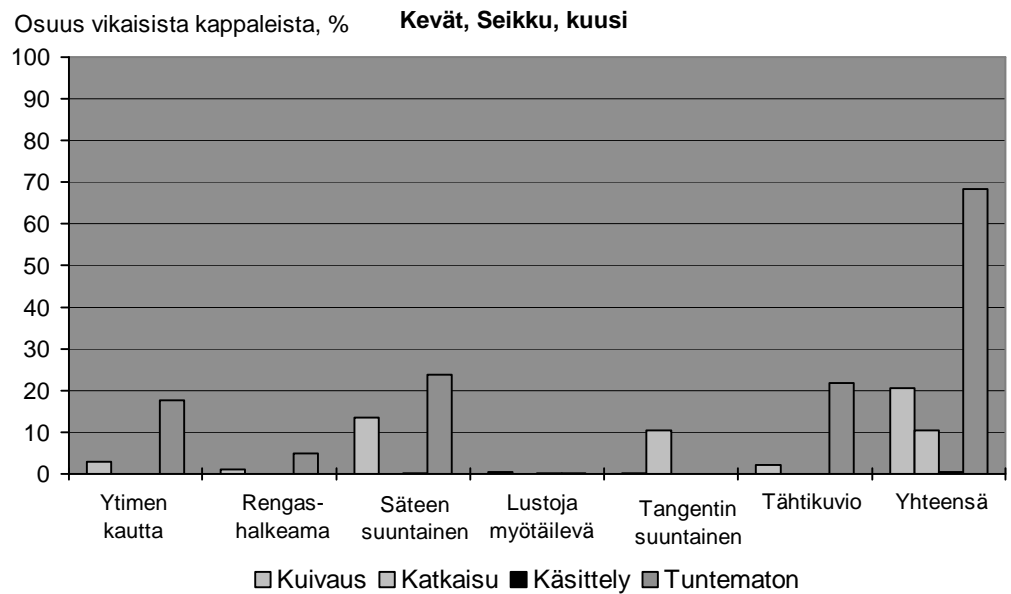
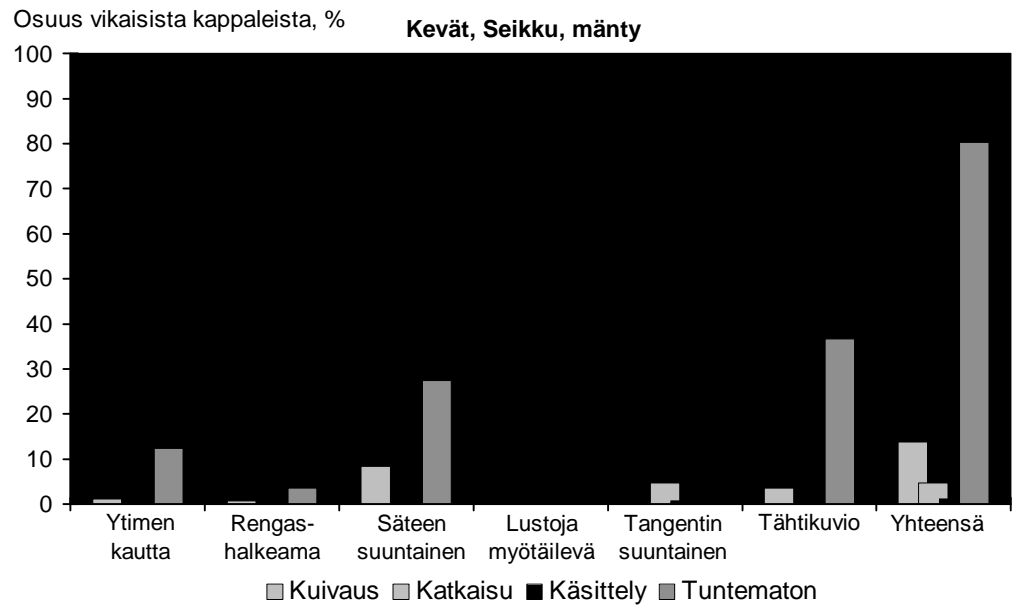
Osuus vikaisista kappaleista, % **Talvi, Seikku, mänty**



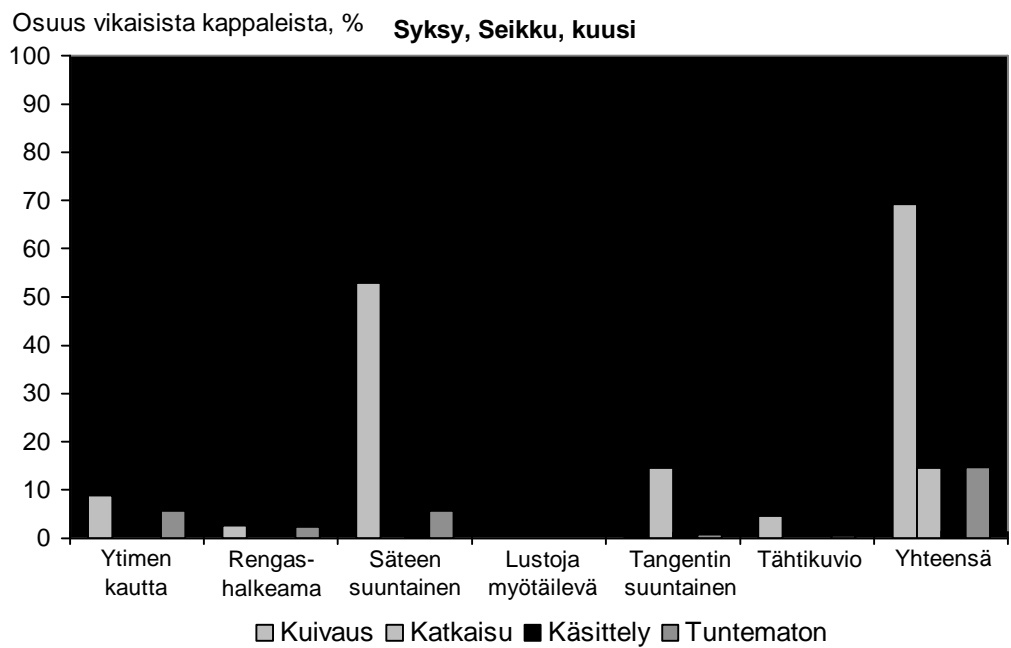
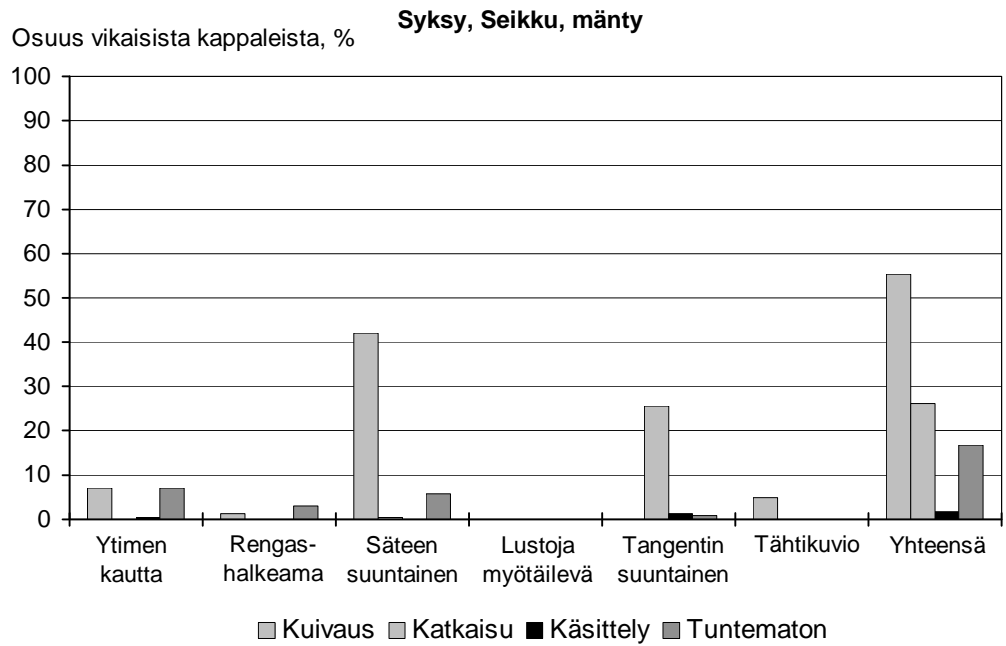
Osuus vikaisista kappaleista, % **Talvi, Seikku, kuusi**



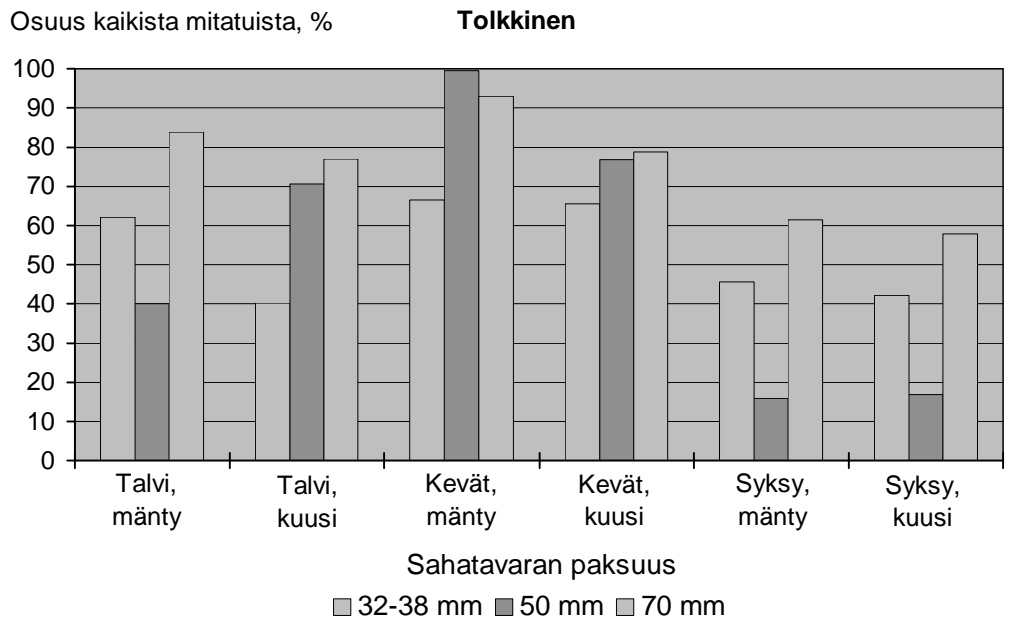
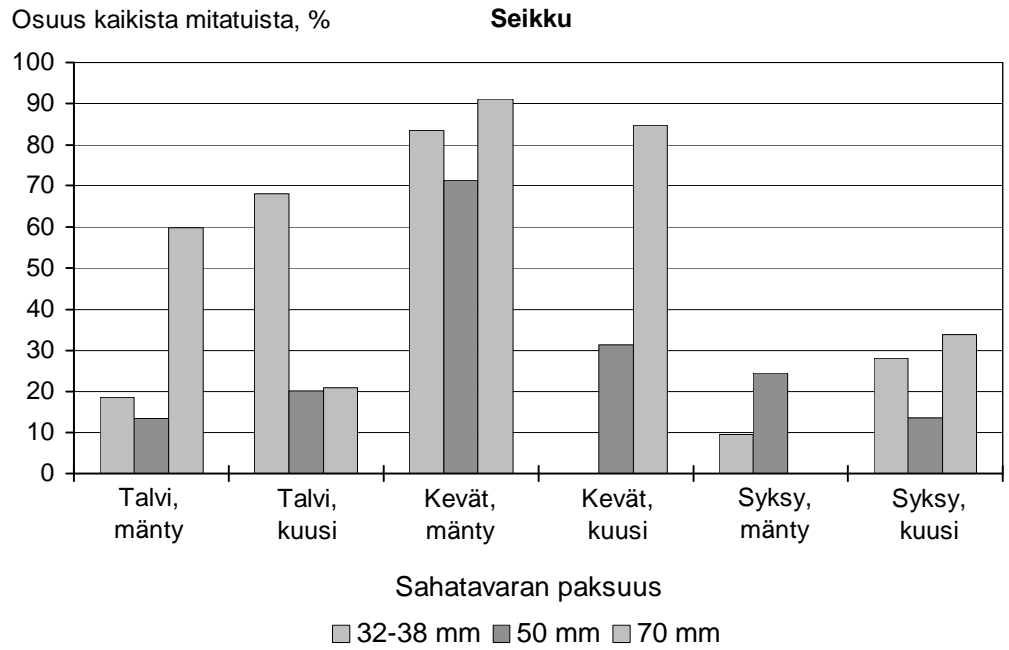
**Kuva 4a.** Halkeamatyyppäinen jakauma. Talvi.



**Kuva 4b.** Halkeamatyyppittäinen jakauma. Kevät.



**Kuva 4c.** Halkeamatyyppittäinen jakauma. Syksy.



**Kuva 5.** Sahatavaran paksuuden vaikutus halkeamien määriin.

### 3.2.7 Yhteenveto halkeamien esiintymisistä

Sahatavarassa oli eniten kuivauksen ja luontaisen kuivumisen aiheuttamia halkeamia. Tulokset antavat viitteitä, että näiden yhteismäärä saattaa olla lähes vakio, eli tukin katkaisu vapauttaa tiettyjä voimia ja jännityksiä, jotka sitten aiheuttavat katkaistuun päähän halkeamia joko tukkien kuivaessa luontaisesti tai sahatavaran keinollisessa kuivauksessa.

Kuivauksen ja luontaisen kuivumisen aiheuttamat halkeamat olivat mitoiltaan varsin pieniä. Niitä on monasti kuitenkin sahatavarakappaleen molemmissa päissä, eli halkeamien yhteispituus sahatavarakappaleissa oli kaksinkertainen mitattuun nähden. Suuri osa niistä todennäköisesti poistuu luontaisesti kuivauksen jälkeen tehtävän tasauksen yhteydessä.

Katkaisusta aiheutui useita tangentin suuntaisia, melko syviä ja pitkiä halkeamia sahatavarakappaleen toiseen päähän. Niitä ei tasauksessa helposti huomata, joten silloin kun sahatavarakappaleen päässä ei ole muita vikoja, niitä jää valmiiseen sahatavarakappaleeseen.

Sahalla tapahtuvassa käsittelyssä syntyvät halkeamat ovat usein melko syviä ja muilla lailla aiheutuneita halkeamia pitempiä. Ne aiheuttavat monesti tasauksessa sahatavarakappaleen lyhentämisen yhdellä tai kahdella modulilla.

*Kuivauksessa ja luontaisessa kuivumisessa syntyy halkeamia, joilla ei ole mainittavaa merkitystä. Harvemmin esiintyvät katkaisu- tai käsittelyhalkeamat saattavat vaikuttaa saantoon ja sahausarvoon.*

### 3.3 Halkeamien taloudellinen merkitys

Halkeamista aiheutuvat taloudelliset menetykset riippuvat halkeamien mitoista, laadusta, sijaintikohdasta ja halkeamien kokonaislukumäärästä. Tutkimuksessa mitattuja halkeamien pituuksia tarkasteltaessa on muistettava, että kuivauksesta ja luontaisesta kuivumisesta aiheutuneet halkeamat ovat usein kappaleen molemmissa päissä. Osa halkeamista näkyy selvästi, joten ne voidaan poistaa sahatavaran tasauksessa. Tällöin yhden pituusmodulin katkaiseminen halkeaman takia pienentää kappaleen arvoa noin 6 % ja kahden modulin poisto 12 - 13 %. Osa halkeamista on sellaisia, ettei niitä pystytä erottamaan tasauksessa. Tällöin sahatavaran arvo ei muutu, mutta asiakkaalle toimitetun haljenneita päitä sisältävän sahatavaran arvo voi alentua reklamaatioiden jälkeen. Halkeamat saattavat pudottaa sahatavarakappaleen myös alempaan laatuluokkaan.

### 3.4 Kova pakkasen ja kuivaus

Tutkimuksen suunnitteluvaiheessa tuli esille vallinneista kovista pakkasista ja niiden aikana tapahtuneesta runsaasta sahatavaran halkeamisesta johdettu oletus, että sahatavaraa halkeaa poikkeuksellisen paljon kuivauksessa kovan pakkasen aikana.

Selvitys kovan pakkasen vaikutuksesta kuivatun sahatavaran halkeamiin tehtiin laboratoriomittakaavassa VTT:n puulaboratoriossa. Sahatavarakappaleet jäädytettiin noin -20 asteen lämpötilaan, jonka jälkeen ne kuivattiin eri menetelmillä halkeamaerojen selvittämiseksi. VTT:n toteuttamassa suppeassa koekelussa ei havaittu käytetyn alkulämpötilan aiheuttaneen kuivaustulokseen poikkeavaa määrää halkeamia. Tätä tulosta tukevat varsinaisesta tutkimuksessa saadut tulokset, joissa olosuhteet vastasivat melko hyvin laboratorio-olosuhteita.

*Hyvin kylmänä kuivaukseen menneeseen sahatavaraan ei tullut poikkeuksellisen paljon kuivaushalkeamia.*

### 3.5 Halkeamat solukotasolla

Halkeamien rakenteen ja niiden todennäköisen syntyminen selvittämiseksi valittiin erityyppisiä halkeamaesimerkkejä, joista katsottiin, miltä niiden solukko näyttää halkeamakohdassa.

Tutkimuksen tämä osa toteutettiin Metsäntutkimuslaitoksen välineistöllä. Näytteistä tehtiin jäämikrotomilla leikkeitä, joita voitiin värjäämisen jälkeen tarkastella mikroskoopissa. Havainnot, joista seuraavassa kerrotaan, tehtiin näytteitä mikroskoopilla tutkittaessa. Näin kaikki havainnot eivät välttämättä ole nähtävissä niistä otetuista valokuvista.

#### **Näyte 1:**

Lohkeama: Halkeama on kevätpuussa luston suuntaisena. Halkeamaan rajoittuvat solut ovat ehjiä. Lisäksi on havaittavissa heti kesäpuun ja kevätpuun rajalla aukkoja, joissa joitakin kevätpuun soluja on rikkoutunut. Kevätpuussa on kahtia repeytyneiden solujen linjoja.

#### **Näyte 2:**

Kaatolohkeama: Halkeama kulkee mutkitellen kohti rungon keskustaa. Lähes kaikki halkeamaan rajoittuvat solut ovat ehjiä, erityisesti kesäpuun solut.

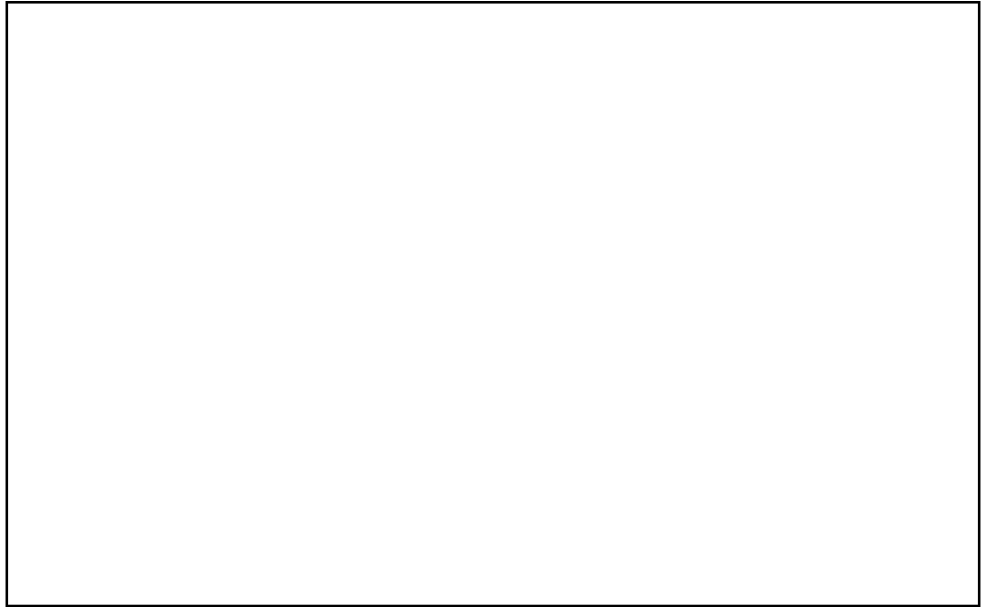
#### **Näyte 3:**

Katkaisulohkeama: Halkeama kulkee vinosti lustoihin nähden. Halkeamaan rajoittuvat solut ovat suurimmaksi osaksi ehjiä, mutta joitakin yksittäisiä rikkinäisiä soluja on sekä kevät- että kesäpuussa.

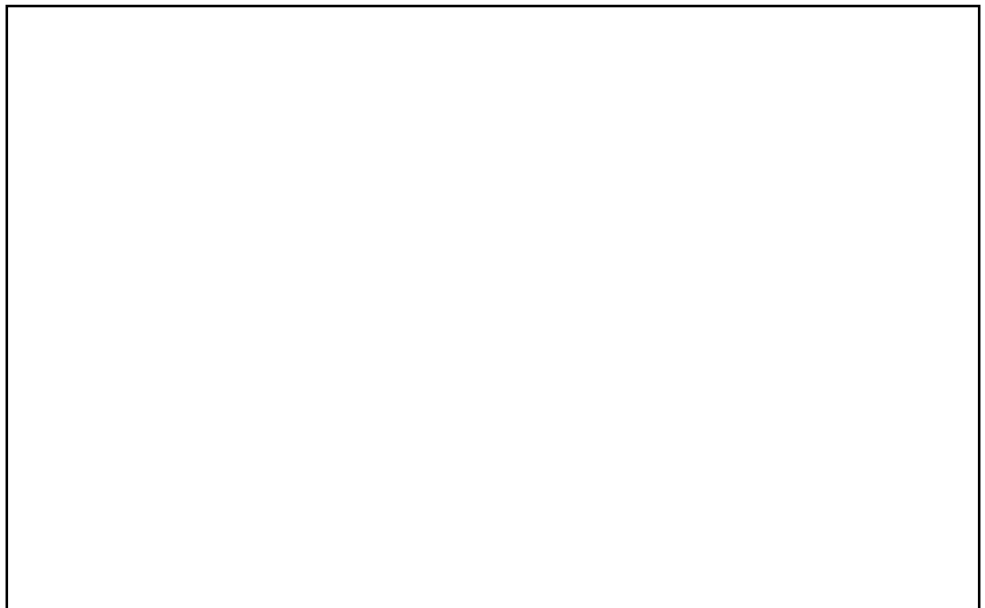
**Näyte 1**



**Näyte 2**

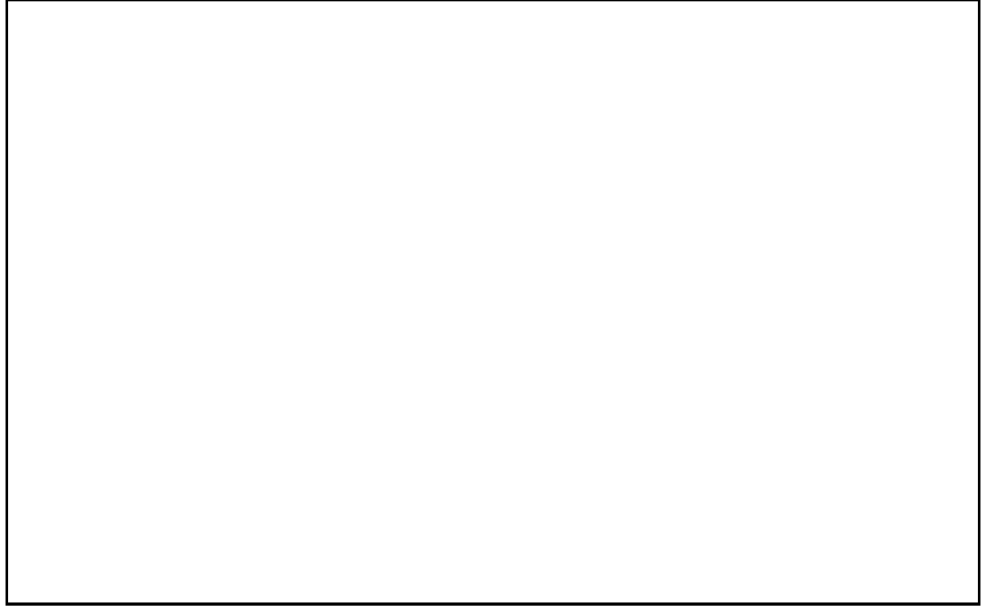


**Näyte 3**

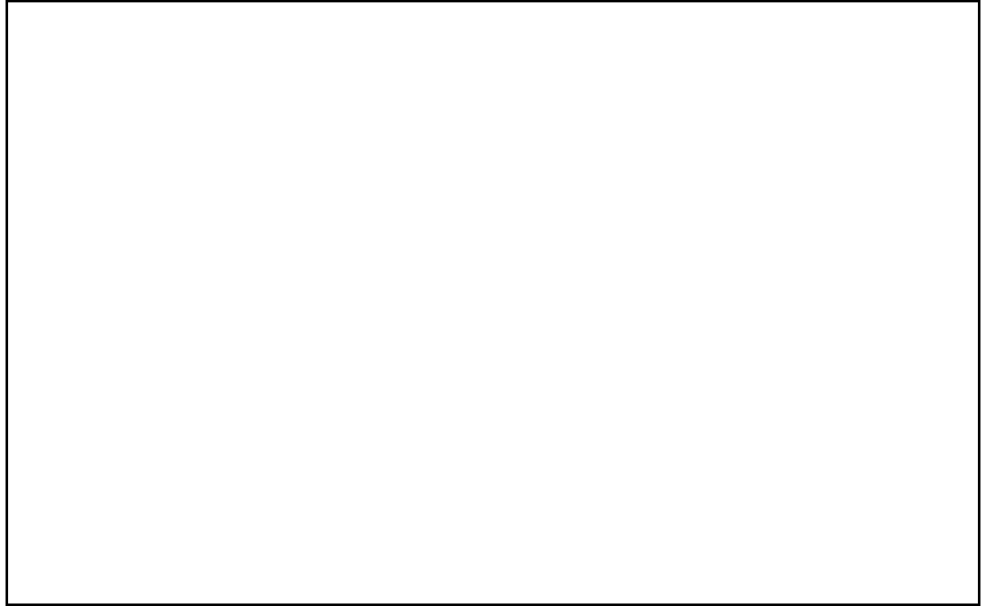




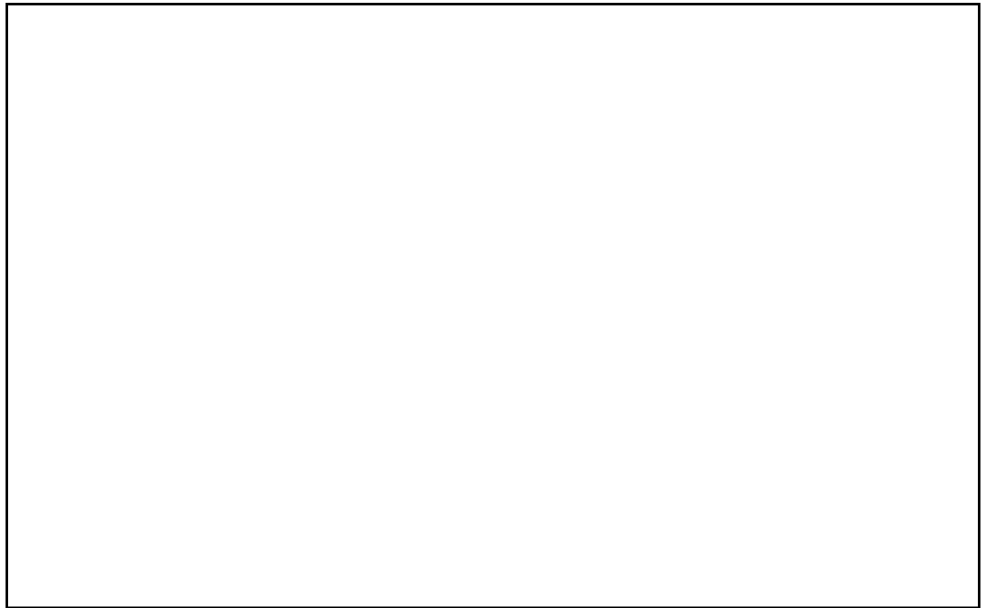
**Näyte 4**



**Näyte 5**



**Näyte 6**



**Näyte 4:**

Kuivumishalkeama: Halkeama kulkee rungon ytimen kautta, mutta ytimessä kulkee myös pienempiä rakoja varsinaista halkeamaa vastaan. Suurista ytimen soluista osa on rikki, mutta pienemmät solut ovat ehjiä. Pienempien rakojen solut ovat ehjiä.

**Näyte 5:**

Rengashalkeama: Halkeama kulkee vinosti kohti rungon ydintä. Kevätpuusolut ovat repeytyneet halkeaman suuntaisesti, mutta kesäpuusolut ovat säilyneet ehjinä.

**Näyte 6:**

Rengashalkeama (umpeenmennyt): Halkeama kulkee lustojen suuntaisesti kevätkuussa. Kevätkuussa halkeama kulkee epäsäännöllisesti jättäen erivahvuisia solukerroksia kesäkuuhun kiinni. Halkeamaan rajoittuvat solut ovat pääosin ehjiä.

Halkeamien rakenteesta voidaan havaita, että kesäpuun solut ovat pienempiä ja paksuseinäisempiä kuin kevätkuun solut, joten ne kestävät paremmin rikkoutumatta.

## 4 HALKEAMIEN VÄLTÄMISMAHDOLLISUUDET

Kuivauksen ja luontaisen kuivumisen aiheuttamia halkeamia oli määrällisesti eniten. Niitä ei luultavasti voida missään olosuhteissa kokonaan poistaa. Luontaisen kuivumisen aiheuttamia halkeamia voidaan vähentää nopeuttamalla puun käsittelyaikaa kaadon ja sahauksen välillä, erityisesti kevätaikaan. Kuivauksessa syntyvien halkeamien vähentäminen lienee mahdollista kuivauskaavojen kehittämällä sekä puun ominaisuuksissa tapahtuvien muutosten (erityisesti syksyllä) tarkalla seuraamisella ja huomioon ottamisella kuivauksen ohjauksessa.

Tukkien katkonnassa tapahtuvia halkeamia on hakkuukoneen kuljettajan mahdollista vähentää työtekniikkaa parantamalla. Vähentymistä edesauttavat myös toimenpiteet, jotka nopeuttavat hakkuukoneen katkaisusahausta.

Sahalla tapahtuvassa tukkien ja sahatavaran käsittelyssä syntyviä halkeamia voitaneen vähentää huolellisella työllä ja halkeamia aiheuttaneiden vaiheiden etsimisellä ja löytyneiden ongelmakohtien korjaamisella. Käsittelyssä syntyvien halkeamien vähentäminen on tärkeää, koska nämä halkeamat ovat monasti melko syviä ja muita pitempiä.

*Kuivauksesta ja luontaisesta kuivumisesta aiheutuneita halkeamia on vaikea vähentää. Katkongan ja käsittelyn aiheuttamien halkeamien määriin voidaan puolestaan vaikuttaa.*

## **5 TULOSTEN HYÖDYNTÄMINEN**

Tutkimuksen tulokset antavat sahoille viitteitä halkeamien määristä ja aiheuttajista. Tietojen perusteella on mahdollista ryhtyä sahakohtaisiin toimenpiteisiin halkeamien määrän vähentämiseksi. Suositeltavaa on myös seurata tarkkaan syksyllä tapahtuvaa kuivausta aikana, jolloin puun elintoiminnot pysähtyvät.

Korjuuorganisaatioissa on syytä tiedostaa katkaisuvaiheen merkitys halkeamisen vähentämisessä. Tässä oma osuutensa on myös hakkuukoneiden valmistajilla.

XX

XX