

Metsätehon raportti 140
25.11.2002

Kylmävarastointitekniikan kehittäminen

Markku Mäkelä

Kylmävarastointitekniikan kehittäminen

Markku Mäkelä

Metsätehon raportti 140
25.11.2002

Ryhmähanke: Järvi-Suomen Uittoyhdistys, Koskitukki Oy, Metsä-
hallitus, Metsäliitto Osuuskunta, Metsäteollisuus ry,
Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj, Visuvesi Oy

Asiasanat: puun laadun säilyminen, varastointi, kylmävarastointi,
kuusikuitupuu

© Metsäteho Oy

Helsinki 2002

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	4
1 TAUSTA	5
2 TAVOITE	5
3 TOTEUTUS	5
4 TULOKSET	9
4.1 Eristepeite laadun säilyttäjänä.....	9
4.1.1 Lämpötilat.....	9
4.1.2 Kosteudet	11
4.1.3 Puuaineen säilyminen	12
4.2 Matalaemissiopitteiden eristämiskyky	12
4.2.1 Lämpötilat.....	12
4.2.2 Lumen sulaminen	15
4.3 Eristepeitteen käsittely	15
5 ERISTEPEITTEEN KÄYTÖN KUSTANNUKSET	20
6 PÄÄTELMIÄ	20
7 PUUN LAADUN HALLINNAN KEINOT	21
LIITTEET: 1. Yhteistyökumppanina Suojasauma Oy	
2. Kylmävaraston eristepeitteen kustannuslaskelma	
3. Kylmävarastointi talvella 2001 - 2002, seurantatuloksia	

TIIVISTELMÄ

Hankkeessa kehitettiin ja tutkittiin kylmävarastomenetelmiä. Tavoitteena oli löytää ja kokeilla yleisimmin käytetylle lumi-purumenetelmälle vaihtoehtoja.

Kokeiltavaksi vaihtoehdoksi valittiin lumen päälle levitettävä Suojasauma Oy:n valmistama eristepeite, jossa päällinen on polyesteri-PVC:tä ja välissä on 30 mm polyesterivanua. Lisäksi testattiin kahta erilaista matalaemissiopinnoitettua peitevaihtoehtoa.

Eristeiteitä kokeiltiin Kaipolassa kuusikuitupuun kylmävarastossa, johon sijoitettiin myös autokuorma mänty- ja koivutukkeja. Varasto valmistui huhtikuun alkupuolella ja se purettiin elokuun alkupuolella. Matalaemissiopinnoitteiden eristämiskykyä tutkittiin noin 100 m³:n lumikasojen peittämisessä.

Varastoinnin aikana seurattiin lämpötiloja puiden välissä eri korkeuksilla sekä mahdollisia lämpövuotoja. Puukasan lämpötilat säilyivät lähellä nollaa heinäkuun alkuun asti. Sen jälkeen lämpötilat nousivat puukasan yläosissa. Peitteiden poistamisen jälkeen puuaine vastasi laadultaan samanaikaisesti toteutetun lumi-purumenetelmän kuusikuitupuun laatua. Ainoa ero oli eristepeiton alla olleiden puiden suurempi kosteus. Mänty- ja koivutukit säilytivät laatunsa hyvin.

Matalaemissiopinnoitekokeilussa vaihtoehdot olivat toiselta puolelta pinnoitettu Suojasauman eristepeite ja molemmilta puolilta pinnoitettu pressu. Vertailuna oli 30 - 40 cm:n purukerros. Eristävyydeltään parhaaksi osoittautui puru, sitten eristepeite ja viimeiseksi jäi kaksipuolisesti pinnoitettu pressu.

Kokeilu osoitti, että eristepeite on varteenotettava vaihtoehto kylmävarastoinnin toteutuksessa. Sillä saadaan puun laatu säilymään vähintään loppukesään asti.

Eristeiteimenetelmä on myös kustannuksiltaan käyttökelpoinen. Sen käyttöönoton yleistymistä saattaa hidastaa kuitenkin suurehko alkuinvestointi. Perinteisissä menetelmissä vuotuiset kustannukset ovat lähes samansuuruisia.

Eristeitteet tulee mitoittaa tarkkaan varaston koon ja muodon mukaan. Näin ne ovat käytännössä järkeviä vain vuosittain samanlaisina toistuvissa varastoissa.

Kokeilussa mukana olleista matalaemissiopinnoitteisten peitteiden toimimisesta ei todennäköisesti saatu oikeaa kuvaa. Tämä johtui siitä, ettei niitä kokeiltu puupinojen, vaan pelkästään pienien lumikasojen eristäjinä.

1 TAUSTA

Kylmävarastointi on vakiintunut hakatun puun laadunsäilyttämiskeinoksi. Sitä käytettäessä talvella hakattujen kuusikuitupuiden sekä vaneri- ja sahatukkien laatu saadaan säilymään kesäaikaisessa varastoinnissa.

Kylmävarastoinnin toteutusmenetelmä kopioitiin aikanaan maataloudessa käytetystä jäiden säilytystekniikasta. Puuvaraston peittäminen lumella ja purulla on osoittautunut toimivaksi menetelmäksi. Purun käytöllä on kuitenkin tiettyjä huonoja puolia; pölyäminen levityksen, varastoinnin ja purkamisen aikana, kulkeutuminen prosessiin pölkkyjen mukana sekä uusiokäytön hankaluus, varsinkin jos puruun on päässyt sekoittumaan vieraita aineita. Nämä antoivat aiheen selvittää vaihtoehtoisia peittämismateriaaleja ja niiden toimivuutta puiden laadun säilyttäjänä.

Kokeiltavaksi peitemateriaaliksi valittiin kuopiolaisen Suojasauma Oy:n valmistama eristepeite. Peitteestä oli aiempia kokemuksia lumen kesäaikaisesta varastoinnista. Kokeilussa selvitettiin myös matalaemissiopinnoitteiden eristämiskykyä kesäaikaisessa varastoinnissa.

2 TAVOITE

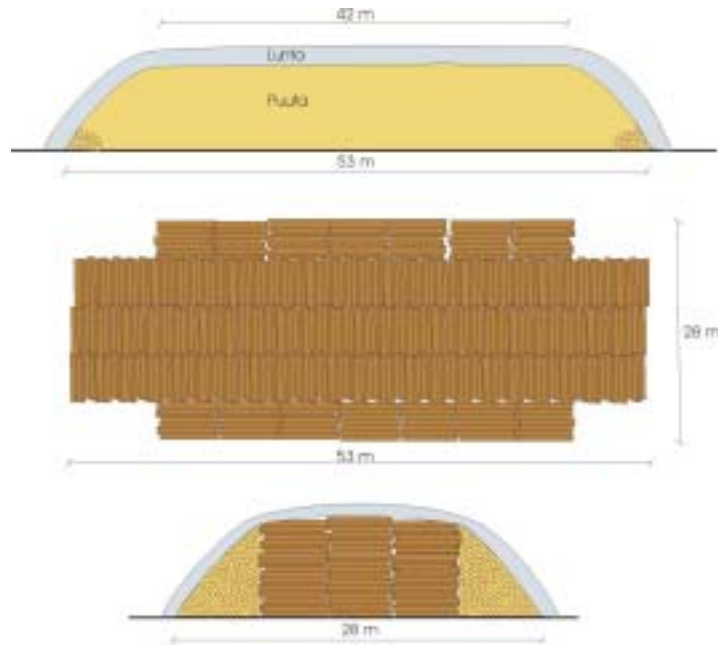
Hankkeen tavoitteena oli kehittää ja tutkia menetelmiä ja materiaaleja, joiden avulla talvella hakatun puutavaran laatu saadaan säilymään kesäaikana riittävän hyvänä eripituisia aikoja. Vaihtoehtoisia menetelmiä tarvitaan, koska varastoidun puun käyttöajankohta vaihtelee juhannuksen ja lokakuun alkupuolen välillä.

Kehitettävien menetelmien ja materiaalien tulisi olla varmatoimisia (talviolosuhteiden vaihtelu), kustannustehokkaita, helppokäyttöisiä sekä ympäristöystävällisiä.

Kehittämistyön yhteydessä haluttiin myös selvittää kylmävarastointiin liittyviä fysikaalisia ilmiöitä ja tapahtumia. Kylmävarastoinnin fysiikan tunte-musta tarvitaan kustannustehokkaan kylmävarastoinnin suunnittelussa ja toteutuksessa.

3 TOTEUTUS

Aluksi hankittiin tietoa eristepeitteen käytöstä lumen kesäaikaisessa säilyttämässä. Peitteen valmistajan, Suojasauma Oy:n kanssa määriteltiin tarvittavan peitteen ominaisuudet ja rakenne. Peitteen päällyspintoihin valittiin valkoinen polyesteri-PVC ja sisällykseksi 30 mm:n paksuinen polyesterivanu. Suurin osa peitteistä oli kooltaan 6 x 33 metriä. Tämän jälkeen suunniteltiin kokeilukylmävarasto ja tilattiin siihen tarvittavat peitteet.



Kuva 1. Eristepeitteellä katetun kokeilukasan rakenne.

Kokeilu toteutettiin UPM-Kymmene Oyj:n Kaipolan tehtaalla Jämsässä. Eristepeitteillä peitettäväksi tehtiin 2 200 m³:n kuusikuitukasa. Kasaan sijoitettiin myös autokuormallinen koivuvaneri- sekä mäntysahatukkeja. Huhtikuun alkupuolella puut peitettiin noin metrin paksuisella tykki- ja luonnonlumikerroksella ja sen päälle laitettiin eristepeitteet, jotka kiinnitettiin tiiviisti toisiinsa.

Varastoinnin aikana seurattiin lämpötiloja puiden väliin kasan sisään asennetuista lämpötila-antureista sekä lämpökameralla mahdollisia lämpövuotoja. Varastoinnin päättyessä elokuun alkupuolella selvitettiin puiden kosteudet ja vaaleudet sekä mahdolliset puuainemuutokset. Lisäksi Metsäntutkimuslaitos selvitti varastoitujen pölkyjen päiden sienikasvustoa.

Rinnan eristepeitekokeilun kanssa testattiin myös muiden materiaalien eristämiskykyä. Koska kokeilun siinä vaiheessa ei ollut enää mahdollista käyttää puuvarastoa, tyydyttiin lumikasojen peittämiseen kokeiltavilla vaihtoehdoilla. Näitä olivat Suojasauman matalaemissiopinnalla pinnoitettu eristepeite, molemmilta puolin matalaemissiopinnoitettu pressu sekä vertailuksi purukerros lumen päällä.

Hankkeeseen tilattiin lisäksi kylmävarastoinnin fysiikkaa koskeva opinnäytetyö Helsingin Yliopiston Fysiikaalisten tieteiden laitokselta. Opinnäytetyön tekijä seurasi ja teki mittauksia kokeilukasoista koko toteutuksen ajan. Hankkeen fysiikkaosasta on tehty oma raportti (Sari Luhtakanta, Puun kylmävarastointi metsäteollisuudessa, opinnäytetyö, Helsingin yliopisto, Fysiikaalisten tieteiden laitos, Helsinki).

Hankkeessa kerättiin myös seuranta-aineistoa talvella 2001 - 2002 toteutetuista kylmävarastoista. Seurantaosuuden tulokset on esitetty liitteessä 3.



Eristeitteet kuljetuspakkauksissa. Taustalla tykitettyä lunta kokeilukasassa. Kaikki valokuvat Metsäteho Oy.



Kokeilukasan lumikerrosta täydennetään tehdasalueelta kerätyllä lumella.



Eristebeitettä levitetään lumella peitetyn puukasan päälle.



Matalaemissiopinnoitekokeilun lumikasaa peitetään.

4 TULOKSET

4.1 Eristepeite laadun säilyttäjänä

4.1.1 Lämpötilat

Lämpötilanmittauspisteitä oli kokeilukasassa 12 kappaletta. Ne oli sijoitettu kolmeen eri kohtaan kasaa neljälle eri korkeudelle (0,5, 1,5, 3 ja 4 metriä maasta). Kaksi anturia meni epäkuuntoon kokeen aikana.

Lämpötilamittaukset tehtiin viikon välein. Lähtötilanteessa puiden ajon aikana lämpötila oli -3 - -4 °C. Kun varasto lumetettiin ja peitteet levitettiin, nousi lämpötila vähitellen 0 °C:een huhtikuun alussa. Tämän jälkeen lämpötila säilyi alle $+1$ °C:n kasan alaosissa. Yläosassa kasaa lämpötila alkoi nousta selvästi heinäkuun alussa nousten yli 10 °C:een elokuun alussa. Varastokasan yläosan nopea lämpötilan nousu ja korkeat loppuajan lämpötilat johtuivat siitä, että anturit oli asennettu puiden väliin. Näin ne lumen suluttua mittasivat puiden välissä olevan ilman, eivätkä puuaineen lämpötilaa, mikä oli mittauksen tarkoitus. Vastaisuudessa anturit tulee sijoittaa puuaineen sisään oikean tuloksen saamiseksi. Virheellinen tieto aiheutti myös kylmävarastokasan enneaikaisen purkamisen.



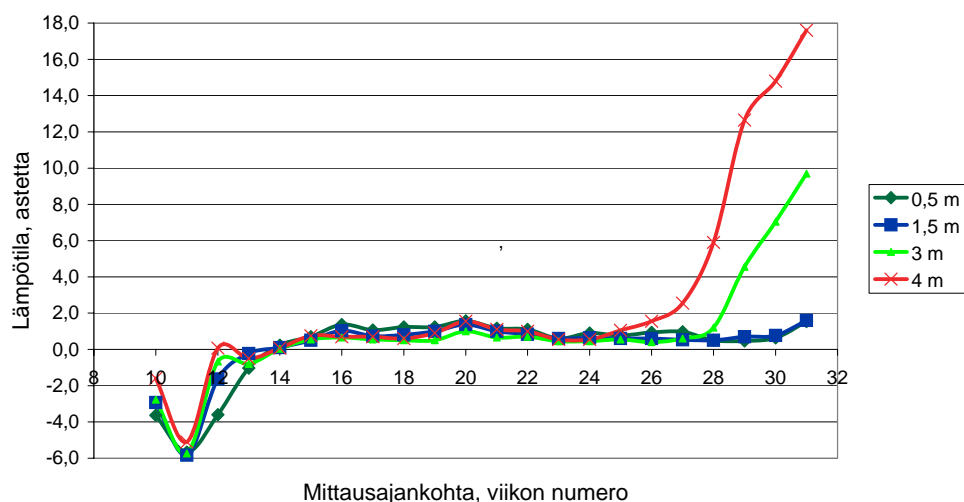
Puukasan lämpötilatietoja otetaan talteen.



Kokeilukasat valmiina huhtikuussa. Etummaisena matalaemissiopinnoitettu lumikasa, keskimmäisenä purulla peitetty lumikasa, takimmaisena eristepeitteellä peitetty puukasa.



Samat kasat kesäkuun lopulla.



Kuva 2. Eristepeitekasas lämpötilojen kehitys.

Vertailuksi seurattiin samoina aikoina tehtyä ja purettua perinteisellä lumi-purumenetelmällä toteutettua kylmävarastokasaa Myllykoskella. Siellä lämpötilat olivat purkamisvaiheessa elokuussa noin +0,5 °C, tosin siellä anturit oli asennettu puun sisälle porattuun reikään.

Purkamisvaiheessa elokuun 8. päivänä lumi oli kokeilukasassa sulanut puiden päältä tiivistyen alaosassa jääksi. Lunta oli pinojen välissä noin 0,5 - 1,0 metrin korkeudelle. Myllykosken vertailukasassa lunta oli säilynyt sulamattomana purun alla. Alempana pinojen välissä ei ollut lunta. Pinojen pohjalle oli muodostunut jääkerros.

4.1.2 Kosteudet

Puuaineen kosteuksia ei voitu seurata kasoista varastoinnin aikana. Mittaukset tehtiin purkamisvaiheessa sekä kokeilukasasta että Myllykosken puruluvvertailukasasta.

Kosteusmittaukset tehtiin kannettavalla GANN RTU 600 -merkkisellä kosteusmittarilla. Se mittaa kosteussuhdetta ja on tarkimmillaan kosteuksien ollessa alhaisia. Mittaria testattaessa sen on kuitenkin todettu näyttävän melko tarkasti myös suuria kosteuksia.

Eristepeitteen alla olleet puut olivat varastoinnin päätyttyä selvästi kosteampia kuin puru-lumimenetelmän puut. Eristepeitteen alla olleiden puiden kosteusprosentti oli keskimäärin 47, kun lumi-purumenetelmässä se oli 36. Selvä ero johtuu siitä, että kosteutta pääsee haihtumaan purukerroksen lävitse, kun taas kaasutiivis eristepeite pitää kaiken kosteuden peitteen sisällä.

4.1.3 Puuaineen säilyminen

Varastoinnin päätyttyä puuaineen säilymisestä tehtiin silmävaraisia havain- toja pölkkyjen päistä ja sisäosista. Kun peitteet poistettiin, oli päällimmäis- ten (0,5 - 1 metriä pinnasta) kuusipölkkyjen päissä mantopuussa tummen- tumia. Alemmat pölkkyt olivat päistään puhtaita.

Tummentumaa oli vain pölkkyjen päiden pinnassa. Sitä olivat aiheuttaneet sinistäjäsienet, pintahomeet ja bakteerit. Tunnistettuja sinistymistä aiheutta- via sieniä olivat *Sydowia polysporan* *Hormonema* -aste, *Phialophora* sp se- kä *Verticicladiella procera* sekä *Graphium* sp, joka on sinistäjäsiienenä tun- netun *Ceratocystis piceae* -sienen kuroma aste. Näytteiden pinnalla (pölkky- jen päissä) kasvava rihmasto oli *Hormonema*- tai *Verticicladiella*-sientä. Myllykosken näytteistä eristettiin lisäksi myös lahottajia: verinahakkaa (*Ste- reum sanguinolentum*) ja pehmikkää (*Cylindrobasidion evolvens*). Kaikki tunnistetut lajit ovat yleisiä puiden mikrobeja. Lisäksi päällimmäisessä ker- roksessa oli pölkkyjen vaipassa harmaata homerihmastoja. Tämä kuitenkin katosi hyvin nopeasti puiden joutuessa tekemisiin ulkoilman kanssa. Kysei- nen kasvusto on yleinen kylmävarastoissa, joissa on lumen ja purun välissä käytetty ilmaa ja kosteutta huonosti läpäisevää harsoa tai viiraa.

Varastossa olleiden koivuvaneri- ja mäntysahatukkien päät olivat suurim- malta osin puhtaita, muutamassa oli yksittäisiä homepesäkkeitä. Tukki- en sisäosissa ei havaittu minkäänlaisia puuainemuutoksia.

Puuaineen laatua kuusikuitupuupölkkyjen sisäosista tarkasteltiin sahaamalla pölkkyt poikki päistä ja keskiosista. Puuaine oli säilynyt varastoinnissa vir- heettömänä ja vaaleana. Myllykosken puru-lumimenetelmällä toteutetussa vertailukylmävarastossa puun laatu oli säilynyt yhtä hyvin kuin eristepeite- kasassa. Ainoa ero oli eristepeitteen alla olleen puun suurempi kosteus.

Kokeilukasa purettiin suunniteltua aikaisemmin pinon yläosan lämpötilan nousun perusteella. Kun eristepeitteet oli poistettu, nähtiin puun laatu sekä säilyminen. Vallitseva käsitys oli, että kokeilukasan puun laatu olisi säilynyt samanlaisena eli muuttumattomana selvästi pitempään, todennäköisesti syk- syyn asti.

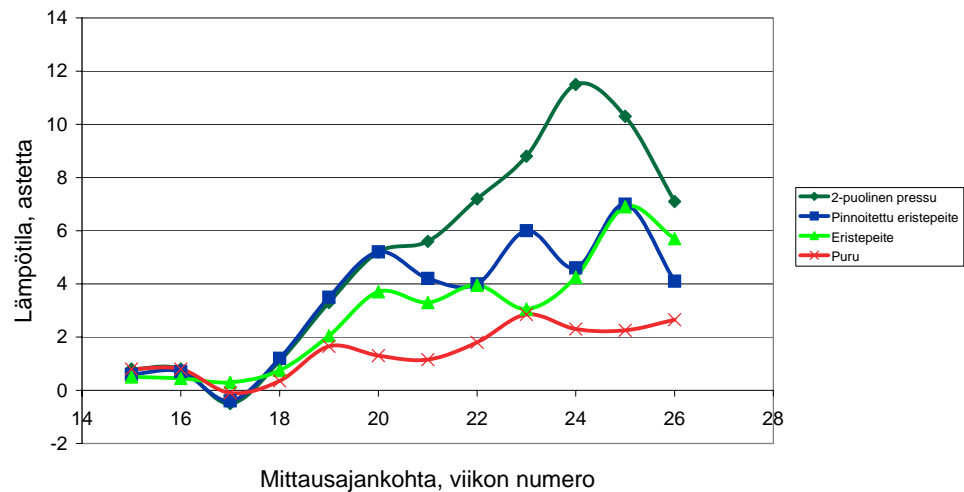
4.2 Matalaemissiopeitteiden eristämiskyky

4.2.1 Lämpötilat

Matalaemissiopinnoitteiden eristekykää selvitettiin peittämällä kaksi lumi- kasaa kokeiltavilla materiaaleilla. Kasat olivat aumanmuotoisia kooltaan 95 ja 110 m². Ensimmäisen kasan toinen puoli peitettiin molemminpuolisella matalaemissiopinnoitetulla pressulla ja toinen puoli matalaemissiopinnoite- tulla Suojasauman eristepeitolla. Toinen kasa peitettiin 30 - 40 cm paksulla purukerroksella. Käytetty lumi oli märkää tehdasalueelta kerättyä lunta, joka peitettiin välittömästi kasojen teon jälkeen peitteillä.

Lämpötila-anturit sijoitettiin kumpaankin lumikasaan noin 10 cm:n syvyyteen. Varsinaisessa kokeilukasassa käytetyn eristepeitteen vastaavat lämpötilatiedot saatiin sijoittamalla anturit puukasaan lumen päälle.

Lämpötilamittaukset lumikasoista tehtiin viikon välein seurannan loppuun eli 25. kesäkuuta asti. Lämpötilat pysyivät lähellä nollaa huhti-toukokuun vaihteeseen asti. Tämän jälkeen lämpötilat alkoivat nousta kaikissa menetelmissä. Toukokuun puolivälissä alkoivat lämpötilat eriytyä. Matalimmat lämpötilat olivat tämän jälkeen purun alla. Seuraavana olivat molemmat eristepeitteet ja korkein lämpötila oli kaksipuoleisen matalaemissiopinnoitteisen pressun alla. Matalaemissiopinnoitetun ja pinnoittamattoman eristepeitteen epälooginen käyttäytyminen saattaa johtua erilaisista koejärjestelyistä. Teoreettisesti laskien matalaemissiopinnoitteisen Suojasauman eristepeitteen oli pitänyt olla 10 - 15 % tehokkaampi kuin pinnoittamaton peite.



Kuva 3. Peitettyjen lumikasojen lämpötilojen kehitys



Vertailuna käytetty Myllykosken lumi-purumenetelmällä toteutettu kylmävarasto.



Myllykosken kylmävaraston puita elokuussa.



Eristepeitekasan puita elokuussa.

4.2.2 Lumen sulaminen

Eri peitteiden eristämiskyky selvitettiin mittaamalla kokeen lopussa jäljellä olevan lumen määrä ja vertaamalla sitä alkutilanteeseen. On muistettava, että eristämiskyky ja puuaineen laadun säilyminen eivät ole suorassa riippuvuudessa toisiinsa. Puuaineen laadun säilymiseen vaikuttavat lämpötilan lisäksi mm. kosteuden säilyminen ja hapen määrä puiden lähiympäristössä.

Lämpötilojen kehittyminen kuvasi hyvin lumen sulamista kasoista. Kasoja avattaessa kesäkuun 25. päivänä poikkesivat lumimäärät selvästi toisistaan. Parhaiten säilyneessä, purulla peitettyssä kasassa oli lunta jäljellä 52 %. Matalaemissiopinnoitteisen eristepeitteen alta löytyi lunta 25 % ja kaksipuolisen matalaemissiopinnoitteisen pressun alta vain 6 %.

On kuitenkin muistettava, että kesä 2002 oli poikkeuksellisen lämmin ja saateeton. Sade olisi saattanut vaikuttaa purun eristysominaisuuksiin.

4.3 Eristepeitteen käsittely

Eristepeite on tarkoitettu monivuotiseen käyttöön. Siksi käsittelyn jokaisessa vaiheessa tulee ottaa huomioon seuraavan käsittelyvaiheen vaatimukset. Peitteitä levitettäessä niiden tulee olla hyvin pinkatut ja merkityt (sijainti kasassa). Isojenkin peiteyksikköjen levitys onnistuu kohtalaisen helposti, kun alla on liukasta lunta. Peitteiden saumat tulee kiinnittää huolellisesti lämpövuotojen eliminoimiseksi. Mikäli peittolumi on kostea, kannattaa harkita eristepeitteiden laittamisen ajankohtaa. Mahdolliset yöpakkaset on hyvä hyödyntää ”kylmäakun” lataamisessa.

Kasan purkamisvaiheessa eristepeitteiden käsittely on huomattavasti hankalampaa kuin peittämisvaiheessa. Kun lumi on sulanut puiden päältä, peitteiden siirtely vetämällä saattaa rikkoa ne. Peitteiden poistamiseen tarvitaan tällöin mobiilinosturia. Nostettaessa peitteitä kasan päältä tulee samalla puhdistaa peitteet epäpuhtauksista ja pinkata sellaiseen muotoon kuljetustai säilytysalustoille, että ne voidaan siirtää kesäaikaiseen säilytykseen. Erilisenä työvaiheena tehtävä peitteiden puhdistaminen ja pinkkaminen on erittäin työläs tehtävä.

Käytetyissä eristepeitteissä on ilmaa vanukerroksen sisällä. Ilma saadaan peitteiden sisälle avaamalla ilmakorkit. Peitteiden levittämisvaiheessa tämä on syytä tehdä peitteiden levittämisen jälkeen ja muistaa sulkea korkit vuorokauden kuluttua, ettei peitteen sisällä olevaan vanuun pääse kosteutta. Purkamisvaiheessa korkit on syytä avata vuorokausi ennen peitteiden poistamista. Mikäli ilma ei mene sisälle tai poistu itsestään, voidaan ilmankulkua tehostaa puhallin/imurilaitteella.

Kokeilussa peitteiden levittäminen, poistaminen sekä puhdistaminen ja pinkkaus oli opettelua, jolloin niihin kului huomattavasti enemmän aikaa kuin rutiinistyössä. Eräs arvio eristepeitteen käsittelyn työmääristä esitetään liitteessä 2: kylmävaraston eristepeitteen kustannuslaskelma. Käytäntö tulee kuitenkin lopullisesti osoittamaan työhön kuluvat työmäärät.



Eristeitteellä katettu kasa ennen purkamisen alkamista.



Eristeitteitä poistetaan nosturilla.



Eristepitteen poiston eri vaiheita.



Poistetut eristepeitteet kasattiin putsaamatta ja jatkokäsittelyä ajattelematta.



Eristepeite kuljetetaan puhdistukseen ja pinkkaukseen.



Eristepeite puhdistetaan ja ilma poistetaan.



Puhdistetut eristeitteet pinkataan kuljetuskuntoon.

5 ERISTEPEITTEEN KÄYTÖN KUSTANNUKSET

Yksi tavoite eristepeitekokeilussa oli selvittää, onko eristepeitteiden käytön avulla mahdollista alentaa kylmävarastoinnin kustannuksia. Tehdystä kokeilusta saatiin tietoja, joiden avulla kustannusvertailu on mahdollista tehdä. Ensimmäisen kauden kokemusten perusteella tehtäviin laskelmiin jää väkisin olettamuksia, joten tuloksia on syytä pitää suuntaa-antavasti oikeina.

Kylmävarastopeitteen eristepeitteen kustannuslaskelman teki Olof Thesslund Tehdasmittaus Oy:stä. Vertailtavana olivat kustannukset 35 000 m³:n kuusikuitupuun kylmävarastossa. Vaihtoehtoiset menetelmät olivat eristepeite viiden vuoden käyttöajalla ja lumi-harso-purumenetelmä. Vertailulaskelman tulos oli, että eristepeitteen käyttämisellä olisi saavutettavissa kuutiometriä kohti 0,25 €:n kustannussäästö eli 8 800 €vuodessa (liite 2).

6 PÄÄTELMIÄ

Tehty kokeilu osoitti, että eristepeite on vartenotettava vaihtoehto kylmävarastoinnin toteutuksessa. Eristepeitemenetelmässä puun laatu säilyy ja lisäksi puuaineksen kosteus on jonkin verran suurempi kuin perinteisissä menetelmissä. Eristepeitemenetelmä on myös kustannuksiltaan käyttökelpoinen.

Eristepeitteen käyttöönoton yleistymistä saattaa hidastaa etupainotteiset kustannukset eli suurehko alkuinvestointi. Eristepeitteiden hankintaan kuluu suurin osa tulevien vuosien kylmävarastointikustannuksista, kun taas perinteisissä menetelmissä vuotuiset kustannukset kertyvät vuosittain.

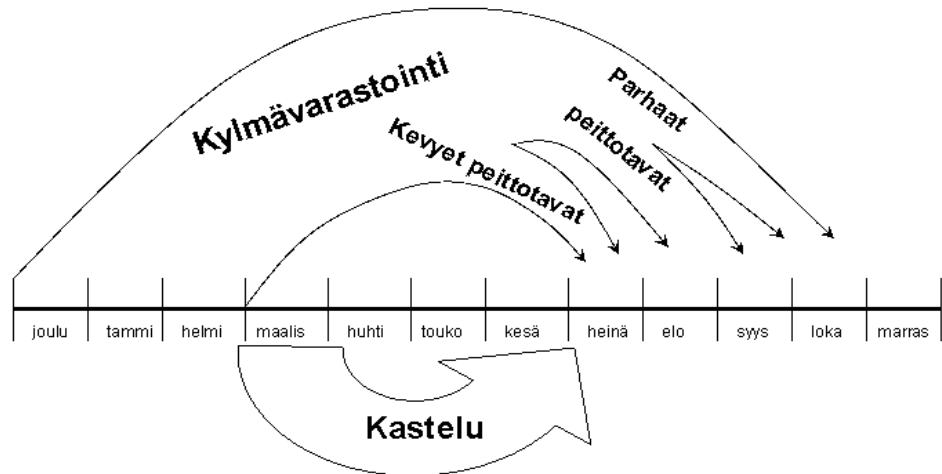
Eristepeitteet tulee mitoittaa tarkkaan varaston koon ja muodon mukaan. Näin ne ovat käytännössä järkeviä vain vuosittain samanlaisina toistuvissa varastoissa. Toisaalta tällaiset varastot ovat suurimpia ja niihin on mahdollista tarvittaessa myös tehdä kiinteitä rakenteita, joita voidaan hyödyntää eristepeitteiden levittämisessä, poistamisessa ja säilyttämisessä.

Eristepeitteiden yleisimmän vaihtoehdon, purun, käyttöön kylmävarastoinnissa saattaa esimerkiksi lähellä asutusta sijaitsevissa varastoissa tulla käytörajoituksia pölyämisen johdosta. Tällainen on omiaan jouduttamaan eristepeitteiden yleistymistä.

Kokeilussa mukana olleiden matalaemissiopinnoitteisten peitteiden toimimisesta ei todennäköisesti saatu oikeaa kuvaa. Tämä johtui siitä, ettei niitä kokeiltu puupinojen, vaan pelkästään pienien lumikasojen eristäjinä.

7 PUUN LAADUN HALLINNAN KEINOT

Puun laadun säilyttämisessä ovat kyseessä suuret taloudelliset arvot. Kylmävarastointi on tärkeä menetelmä talvikaatoisen puun laadun säilyttämisessä. Sen avulla saadaan pakkasaikana varastoidun puun laatu säilymään loppukesään tai jopa syksyyn. Tämän selvityksen tuloksia voidaan käyttää apuna valittaessa kylmävarastointimenetelmiä eri aikoina käyttöön otettaville puille (ks. alla olevaa kuvaa).



Kuva 4. Puun laadun säilyttäminen.

Suuren ongelman muodostaa kuitenkin kylmävarastointikauden jälkeen tulevan puun laadun säilyttäminen. Kun kylmävarastoinnilla saadaan talvikaatoisen puun käyttöönotto siirtymään loppukesään, tulisi maaliskuu-toukokuussa kertyvä puu saada säilyttämään laatunsa kesän alkupuolella tapahtuvaan käyttöön asti. Ongelmaan toivotaan ratkaisua oikealla tavoin toteutetusta kastelusta, jota mahdollisesti vesivarastointi tukisi.

YHTEISTYÖKUMPPANINA SUOJASAUMA OY

Kylmävarastointihankkeessa oli yhteistyökumppanina ja peitekehittäjänä kuopiolainen Suojasauma Oy. Yritys on perustettu 1989 ja sen toimialaa on muovitettujen kankaiden jatkojalostus. Yrityksen asiakkaita ovat olleet mm. puolustusvoimat, sisä- ja ulkoasianministeriö, useat kaupungit, kunnat ja yritykset.



Hankkeessa käytettävää eristepeitettä valmistetaan Suojasauma Oy:ssä.

Yhteystiedot: Suojasauma Oy
Kiveläntie 5
70460 Kuopio
Puhelin (017) 261 3355
Faksi (017) 263 2455
www.suojasauma.fi

KYLMÄVARASTON ERISTEPEITTEEN KUSTANNUSLASKELMA

Materiaali ja valmistaja : Suojasauma Oy:n eristepeite, modulit 6 x 33 m = 200 m²

Peite:	2-kertainen PVC-pinnoitettu 1100 dtex -polyesterikangas, ilmapatja välissä, lohkojen koko 2,4 x 3,0 m paino 600 g/m ² x 2 repimislujuus 450 N
Eriste:	polyesterivanu 30 mm 30 kg/m ³ lambda 0,054 W/mK ei ime vettä
Kiinnikkeet:	naaras/koiraskiinnikkeet peitteen reunoissa saumat päällekkäin ja nailonnaru koiraslenkin läpi.

Kustannukset: 35 000 m³ kuusikuidun varastointiin 4,5 - 5 m korkeana tarvitaan noin 15 000 m² peitettä

a) Eristepeite

Pääoma	Peitteen hinta; n. 12,60 €/m ² (75 mk/m ²) x 15 000 m ²	189100 € alv. 0 %
	Narut, tarvikkeet ja betonipainot:	3000 "
	Kuljetus Kuopio-Myllykoski	1000 "
	Yhteensä	193100 € alv. 0 %
	Viiden (5) vuoden käyttöiällä	38620 €/vuosi
		"
	Pääomakustannukset / vuosi	38620 €/vuosi
Työ	Levitys, purku sekä varastointi	
	levitys 120 miestyötuntia (3 miestä) + etukuormaaja 40 h	4040 €/vuosi
	purku 64 miestyötuntia (2 miestä) + mobilenosturi 32 h	4608 "
	pesu ja varastointi	3000 "
	Työ- ja varastointi / vuosi	11648 €/vuosi
	Kustannukset yhteensä pääoma + työ + varastointi	50268 €/vuosi
	Kustannukset per puukuutio 35000 m³ kuk	1,44 €/m³

b) Puru/harsopeite

			€/i-m ³
Puru	0,27 i-m ³ purua / m ³ kuusikuitua käyttöikä 50 % 1 vuosi 50 % 2 vuotta	9450 i-m ³ purua	5,35
			33705 €/vuosi
harso		15000 m ² harsoa	0,40
harson levitys			900 "
purun levitys ja poisto 0,50 €/puu-m ³		35 000 m ³ kuk	17500 "
purun jälkityöt		4725 i-m ³ purua	1000 "
	Puru- ja harsoaineet ja työt yhteensä		59105 €/vuosi
	Kustannukset per puukuutio	35000 m³ kuk	1,69 €/m³

Säästö

0,25 €/m³
8837 €/vuosi

**KYLMÄVARASTOINTI TALVELLA 2001 - 2002
SEURANTATULOKSIA****1. Aineisto**

Keräysmenetelmä

Seuranta-aineisto kylmävarastoinnista talvella 2001 - 2002 kerättiin kylmävarastointitekniikan kehittäminen -hankkeessa. Tavoitteena oli saada kerättyä kokemuksia varastoinnin onnistumisesta, puun laadusta varastoinnin jälkeen sekä purkamisen ajankohdista ja tavoista.

Määrät

Aineistoa saatiin Metsäliiton (Tehdasmittaus), UPM-Kymmenen ja Koskitukin kylmävarastoista yhteensä noin 170 000 m³:n kuusikuitupuuvarastoista.

Menetelmät

Yleisin kylmävarastointimenetelmä oli lumi-purumenetelmä. Myös kuorta, haketta ja katkaisujätettä käytettiin eristeenä lumen päällä muutamassa varastossa. Käytetyn purukerroksen yleisin paksuus oli 30 cm. Kuorikerroksen paksuus vaihteli 20:stä 40 cm:iin, hakkeen paksuus oli 40 cm ja katkaisujätteen 50 cm. Toteutuksessa oli pieniä eroja. Tehdasmittauksen tekemisissä varastoissa käytettiin yleensä lumen ja purun välissä harsoa tai viiraa. Muilla eristekerros oli suoraan lumen päällä.

Yhdessä kohteessa käytettiin ns. mökkimenetelmää, jossa kuusikuitu sijoitetaan mäntykuitupölkkyjen keskelle. Kuusikuidun päällä oli 60 cm lunta ja 0,5 metrin koivukuitupuukansi.

Ajankohdat

Puut ajettiin varastoihin 14.12.2001 - 2.4.2002. Lumetus tapahtui tammi-kuun ja huhtikuun alun välillä. Valmiina ensimmäinen varasto oli 27. maaliskuuta ja viimeinen 8. huhtikuuta.

Ensimmäinen kylmävarasto avattiin 25. heinäkuuta ja viimeinen 3. lokakuuta. Yksittäisen varaston purkamisaika vaihteli kuukaudesta kahteen. Purkamisen keston vaikutti enemmän käyttötarve kuin varaston koko.

2. Lämpötilakehitys

Kaikista varastoista ei kerätty lämpötilatietoja. Lisäksi mittauskohdat vaihtelivat. Tehdasmittauksen varastoissa lämpötila-anturit oli porattu pölkyn sisälle, jolloin ne mittasivat puun lämpötilaa. Muissa kohteissa anturit olivat pinojen välissä, mitaten lähinnä kasan sisällä olevan ilman lämpötilaa.

Purkamisajan lämpötilat olivat lähes kaikissa varastoissa hieman plussan puolella, hyvin lähellä nollaa. Suurin poikkeama oli ”mökkimenetelmällä” toteutetussa heinä-elokuun aikana puretussa varastossa. Siinä ylimpien puiden lämpötila oli noussut ennen purkamista yli kymmeneen asteeseen.

Näyttäisi siltä, että jo rutiiniksi muodostuneella kylmävarastointitekniikalla pystytään varastoitavan puun lämpötila pitämään hyvin lähellä nolla-astetta.

3. Kokemukset varastoista

Pääsääntöisesti kylmävaraston toteutukseen oltiin tyytyväisiä. Työn organisointi on nähtävästi löytänyt toimivan mallin, ja tekijät ovat löytäneet oikeat toteutustavat. Viime talvena pakkaset loppuivat aikaisin ja yllättäen. Tämä aiheutti ongelmia joidenkin kohteiden lumetuksessa, mikä huononsi ainakin yhden varaston onnistumista. Kokeillulla mökkimenetelmällä ei myöskään päästy hyvään lopputulokseen. Osasyyn tähän on varmaan liian myöhään eli heinä-elokuussa tapahtunut varaston avaus. Menetelmä on tarkoitettu alkukesästä käyttöön otettavalle puulle eli mökki tulisi avata ja tyhjentää heti juhannuksesta ensimmäisten varastojen joukossa.

Varastoinnin loppuvaiheessa kylmävaraston kanteen syntyy monesti aukkoja, joista pintakerroksen puut näkyvät. Aukot johtuvat yleisimmin siitä, että lumikerros sulaa pois joistakin kohdista ja lumen päällä ollut puru tippuu syntyneeseen koloon. Lumen ja purun väliin laitettu suojakangas (harso tai viira) estää tai ainakin vähentää aukkojen syntymistä.

Syntyneitä aukkoja pyritään peittämään varastointiaikana. Miestyönä tai koneella tehdyssä paikkauksessa käytetään yleensä suojakangasta tai levyjä, joilla estetään purun putoaminen syntyneeseen koloon. Lämpökameramittauksissa kuitenkin havaittiin, että kasan kylmyys ei poistu aukkojen kautta, ellei synny vetoa kasan alaosissa olevista aukoista.

Kylmävarastoinnin toteutus osataan tehdä käytännössä hyvin. Paikallisesti ongelmia voivat aiheuttaa talven säävaihtelut ja pituus. Liian myöhäinen lumetus johtuu yleensä aikataulun peittämisestä lumetusyrittäjän aiemmilla kohteilla. Niihin ei voi vaikuttaa eikä varautua.

Kylmävarastoon syntyviä aukkoja voidaan vähentää käyttämällä suojakangasta lumen ja purun välissä. Kuorella ongelma on pienempi, koska siitä muodostuu purua kantavampi eristekerros. Toisaalta kaikkien vähäisten aukkojen paikkaaminen ei ole tarpeen.

4. Puun laadun säilyminen – vaaleus ja kosteus

Puun laatu säilyi suurimmassa osassa varastoista hyvin tai oikein hyvin. Mökkimenetelmässä sekä myöhästyneestä lumetuksesta kärsineessä varastossa oli puuaineessa sellaisia tummumia, jotka vaativat lisävalkaisua.

Kylmävarastojen purkamisen aikana on tyypillistä, että ylimmän kerroksen puiden päiden mantopuuhun tulee tummentumia. Tämä on yleisimmin home- ja sinistäjäsiementen aiheuttamaa ja se ulottuu tavallisesti vain muutaman millimetrin syvyyteen. Lisäksi aivan purkamisen alkuvaiheessa pölkkyjen vaippa saattaa olla harmaan homekerroksen peitossa. Kasvusto häviää kuitenkin näkyvistä hyvin nopeasti, monesti jo saman päivän aikana. Kummallakaan ei ole merkitystä kuusikuidun jalostusominaisuuksiin. Homeet kuitenkin saattavat aiheuttaa oireita herkille ihmisille, joten hometapauksessa olisi hyvä käyttää hengityssuojaimia.

Nyky menetelmillä kuusen laatu saadaan säilymään loppukesään tai syksyyn ilman jalostukseen vaikuttavia puuainemuutoksia.

5. Päätelmiä ja kehittämistarpeita

Kylmävarastointi on vakiinnuttanut paikkansa talvikaatoisen kuusikuitupuun kesäaikaisena laadun säilytysmuotona. Sen toteutus osataan ja hallitaan nykyisin käytettävällä lumi-purumenetelmällä. Mikäli puru ei sovi käytettäväksi eristeeksi, on sille toimivia vaihtoehtoja - kuori, hake ja eristepeite.

Toistaiseksi tutkimattomia tai vähän tutkittuja vaihtoehtoja ovat viileyteen ja vähähappisuuteen perustuvat menetelmät. Niitä voidaan käyttää maaliskuussa hakatun puun varastointiin.

Maalis-toukokuussa kertyvälle kuusikuitupuulle tulisi löytää varastointimenetelmä, joka säilyttää laadun muutaman kuukauden. Siten kylmävarastointikauden lopettamista voitaisiin aientaa ja näin varmistaa kylmävarastojen onnistuminen kaikkina talvina.