

Arttu Hytönen

Lumivarastointiohje

Opinnäytetyö

Metsätalouden koulutusohjelma

Toukokuu 2012



KUVAILEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Opinnäytetyön päivämäärä
Tekijä(t) Arttu Hytönen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Metsätalouden koulutusohjelma Metsätalous	
Nimeke Lumivarastointiohje		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö käsittelee lumivarastointia ja muita puutavaran varastointikeinoja. Lumivarastointia käytetään yleisesti hiomokuusikuidun ja vanerikoivutukkien varastointiin. Sen avulla voidaan turvata tehtaiden toiminta hyvälaatuisella puulla loppukesän aikaan. Lumivarastoinnissa puut pinotaan suuriin aumamaisiin muodostelmiin alkutalven aikana. Pinojen päälle levitetään 30–100 cm paksuinen lumikerros. Lumikerroksen sulamista estetään lumen pinnalle levitettävällä 20–50 cm eristekerroksella, joka on yleensä purua tai puunkuorta.</p> <p>Lumivarastointia on kokeiltu puutavaralle jo 1990-luvun alkupuolella, tämän jälkeen varastointimenetelmä onkin yleistynyt. Nykyään menetelmä on käytössä kaikilla suurilla metsäyhtiöillä. Lumivarastoinnilla pystytään säilyttämään talvella kaadettu hyvälaatuinen jäänytynyt puu muuttumattomana loppukesään.</p> <p>Lumivarastoinnin tekokustannukset ovat yleensä noin 2,5–3,5 €/m³. Varaston purkamisesta aiheutuvat kustannukset ovat yleensä noin 1 €/m³. Lumivarastoa on tarkkailtava kesän aikana ja etsittävä mahdollisia kuoppia, jotka aiheutuvat, kun lumi putoaa pinojen väliin. Varaston eriste- ja lumikerrokseen ei saa muodostua reikiä, sillä ne tuhoavat varaston nopeasti.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Puun varastoiminen, puuaineen vioittajat, lumi		
Sivumäärä 32	Kieli Suomi	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn201283770
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Timo Leinonen	Opinnäytetyön toimeksiantaja Pekka Kopperoinen UPM	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 2.5.2012
Author(s) Arttu Hytönen	Degree programme and option Degree Programme in Forestry	
Name of the bachelor's thesis Snow storage instructions		
Abstract <p>The thesis deals with snow storage and the other wood storage methods. Snow storage is used with Spruce ground wood and birch plywood timber. It will help to ensure the mills with high-quality wood in late summer time. In snow store trees are piled in high piles formations early winter time. Piles are covered with a 30-100 cm thick layer of snow. To prevent the snow melting snow layer distributed on the surface of 20-50 cm thick dielectric layer that is generally sawdust or wood bark.</p> <p>After the first experiments of snow storage were done in early 90`s, this storage method has increased. In snow stores a good-quality frozen tree which has been cut in the winter, can be maintained unchanged until late summer.</p> <p>The costs of snow storage are between 2,5–3,5 €/m³. Releasing the storage cost generally around 1 € / m³. Storage should be monitored during the summer in order to find potential pitfalls arising when the snow falls between the stacks. The insulating layer and snow on the store must not be composed by holes, because they can rapidly destroy the store.</p>		
Subject headings, (keywords) Wood storage, wood damagers, snow		
Pages 32	Language Finnish	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn201283770
Remarks, notes on appendices The work related to snow storage instructions PowerPoint presentation		
Tutor Timo Leinonen	Bachelor's thesis assigned by	

1 JOHDANTO.....	1
2 VARASTOINTI.....	3
2.1 Miksi kannattaa varastoida?.....	3
2.2 Lumivaraston hyödyt ja haitat.....	5
2.3 Erilaiset varastointikeinot.....	5
2.3.1 Mihin eri varastointimenetelmiä tarvitaan?	5
2.3.2 Vesivarastointi	6
2.3.3 Kasteluvastointi.....	7
2.3.4 Vähähappinen varastointi	9
2.3.5 Puulajeittain eriytetty hakkuu	10
2.4 Tuhot varastoinnissa.....	10
2.4.1 Varastolaho.....	10
2.4.2 Puutavaran sinistymisen	11
2.4.3 Hyönteiset	12
2.4.4 Bakteerit	13
2.4.5 Halkeilu	14
2.4.6 Kuivuminen.....	14
3 LUMIVARASTOINTI YLEISESTI	15
3.1 Varastopaikka	15
3.2 Pinojen rakenne.....	16
3.3 Kustannukset	19
4 VARASTON TEKO JA YLLÄPITO.....	21
4.1 Lumettaminen	21
4.2 Lumitykit	23
4.2.1 Hybridilumitykki.....	23
4.2.2 Puhallinlumitykki	24
4.3 Eristäminen	24
4.3.1 Eristämisen tarkoitus.....	25
4.3.2 Sahanpuru.....	25
4.3.3 Puunkuori	26
4.3.4 Peitteet	27
4.4 Valvonta	27
5 POHDINTA	27
5.1 Aikaisemmat ohjeet.....	27

5.2 Lumivarastointi tänään	28
5.3 Lumivarastoinnin tulevaisuus	28

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö lähti liikkeelle UPM:n käytännöntarpeesta lumivarastointiohjeelle. Tarkoituksena oli koostaa ohje, jonka avulla voidaan tehdä hyvä lumivarasto, jossa puutavaran laatu säilyy riittävän pitkään. Ohjeesta tulisi selvitä varaston teon perusteet puutavara-autonkuljettajille ja varaston tekijöille. Tiedot työhön on kerätty kirjallisista lähteistä ja aikaisemmista aiheeseen liittyvistä tutkimuksista. Lisäksi työhön on haastateltu henkilöitä, jotka ovat olleet rakentamassa varastoja. Työ koostuu kirjallisesta osiosta, jossa käsitellään lumivarastointia yleisesti, varastojen rakennetta ja tekemistä. Lisäksi työ käsittelee vaihtoehtoisia varastointimenetelmiä ja puutavaran erilaisia vianaiheuttajia.

Lumivarastointi on kustannuksiltaan ja puunlaadun säilytyskyvyltään hyvä ratkaisu hiomokuusen ja vanerikoivujen pidempiaikaiseen varastointiin. Sen avulla voidaan ehkäistä puun kuivuminen, halkeilu, lahoaminen ja hyönteistuhot. Itse varastoinnista on kuitenkin vähän kirjallista materiaalia, eikä varastojen teosta ole juuri ohjeistusta.

Kylmävarastoinnilla pystytään säilyttämään talvella hakatun puun laatuominaisuudet pitkälle kesään, jolloin puuta tarvitaan enemmän kuin sitä voidaan hakata. Kylmävarastossa pystytään säilyttämään puun kosteus ja vaaleus. Lisäksi talvella kaadettua puuta olisi taloudellisesti järkevää varastoida loppukesään, mutta ilman järkeviä varastointikeinoja se on mahdotonta. (Metsäteho 2004a, 15.)

Varastoinnin tuloksiin ja kustannuksiin vaikuttavat työntekijöiden motivaatio, tunnollisuus ja osaaminen varastojen teosta. Esimerkiksi hyvällä pinon tiiviydellä voidaan ehkäistä lumen vajoaminen pinon sisään ja näin päästään vähemmällä lumetuksella. (Metsäteho 2004b, 5-7.)

Lumivarastoinnissa erityisesti varaston sijoittaminen ja koko vaikuttavat varastoinnin onnistumiseen ja kustannuksiin. Suurella varastolla ja hyvällä sijainnilla voidaan laskea varastoinnin kustannuksia huomattavasti.

On tärkeää, että varastot ovat sopivan kokoisia, jotta niiden riittävän nopea purkaminen onnistuisi. Varastojen purkaminen vaatii tarkkoja suunnitelmia, koska avatut lu-

mivarastot eivät säily pitkään ja puun laatu heikkenee kesällä nopeasti. Lumivarastointi on hyvä keino säilyttää hiomokuusen ja vanerikoivun laatu ja ehkäistä tehtaiden puupula kesäaikaan, kun puutavaraa on vähän saatavilla. Sen avulla talvikaatoisen puun hyvät laatuominaisuudet saadaan säilytettyä kesään. Ongelmana ovat hyvien varastopaikkojen puute, kustannukset, lyhyt varastojen tekoaika sekä varastojen nopea ja kontrolloitu purku. (Metsäteho 2004a, 15.)

Kaikki puutavaralajit eivät sovellu yhtä hyvin lumivarastointiin. Parhaiten soveltuu hiomokuusikuitu ja vanerikoivut. Lumivarastoa varten puiden tulisi olla mahdollisimman samanmittaisia, jotta varasto saadaan tehtyä mahdollisimman tiiviiksi, ettei varaston sisälle jäisi ilmaa ja lumi vajoaisi pinojen rakoihin. (Metsäteho 2004e, 2.)

Lumivarastointia käytetään yleisesti Suomessa hiomokuusikuidun ja osin vanerikoivujen varastointiin. Suomessa varastoidaan noin miljoona kuutiota puutavaraa vuosittain lumivarastoihin. Näillä varastoilla pyritään turvaamaan tuotantolaitosten puutarve keuhkaisiin. Yleisemmin varastot ovat käytössä Etelä- ja Keski-Suomessa. Nykyisin kaikki suuret yritykset ja osa pienemmistäkin turvaa kesän puun saantia lumivarastoilla. (Metsäteho 2004e, 3.)

Pidempiaikaisempaan varastointiin on kehitetty myös muita varastointimenetelmiä. Nämä keinot ovat vesivarastointi, kasteluvarastointi ja vähähappinen varastointi. Samat varastointimenetelmät eivät kuitenkaan sovellu kaikille puutavaralajeille. Esimerkiksi lumivarastointi on hyvä ja tehokas keino varastoida vanerikoivuja ja hiomokuusikuitua. (Metsäteho 2004a, 15.)

Lumivarastointia on kokeiltu puutavaralle jo 1990-luvun alkupuolella. Nykyään sitä käytetään lähinnä suurten paperi- ja vaneritehtaiden puun saannin turvaamiseksi. Varastointimenetelmänä lumivarastointia on kehitetty ja sitä on yritetty saada kustannustehokkaammaksi. Esimerkiksi eristekerroksina on kokeiltu erilaisia peitteitä. (Metsäteho 2004d, 3.)

Suomessa yleisimmin varastoidaan kuusikuitua lumivarastoissa. Varastoa aletaan rakentaa heti, kun hakkuut ylittävät talvella tehtaiden käytön. Puut ajetaan varastopaikalle, jonka pohja on hyvin jäätynyt. Puut kasataan korkeaan ja tiiviiseen aumaan.

Auman reunoille voidaan kasata suojapuukerros muusta puulajista. Aumassa olevien puiden sulaminen estetään 30–100 cm paksulla lumikerroksella. Lumen ja puiden väliin voidaan laittaa harsoa tai viiraa, millä estetään lumen vajoaminen pinon väleihin sen sulaessa. Lisäksi sillä helpotetaan lumen suojaksi levitettävän eristekerroksen pois keruuta ja vähennetään sen tehtaalle kulkeutumista. Lumen sulamista hidastetaan lumen päälle levitettävällä eristekerroksella, joka on yleensä sahanpurua, puun kuorta tai eristepeitto. (Metsäteho 2004a, 15.)

Lumivarastoinnilla pyritään säilyttämään puun talvella omaamat hyvät laatuominaisuudet kesään. Tämä onnistuu pitämällä puutavara jäässä kesän varastointiajan. Puutavara saadaan pidettyä jäässä kasaamalla puutavara suuriin aumamaisiin pinoihin tiiviisti ja peittämällä ne lumikerroksella. (Metsäteho 2004e, 4.)

Puun ollessa jäätyneenä varastoinnin ajan, säilyttää se kosteutensa ja vaaleutensa. Tämä helpottaa puun kuorintaa ja parantaa saatavan massan vaaleutta, kun puutavara ei pääse kuivamaan välttyään myös runkojen halkeilulta. Jäätynyt puutavara on myös suojassa hyönteisiltä sekä lahottaja- ja sinistäjäsieniltä. (Metsäteho 2004e, 5.)

Varastoitavaa puutavaraa voivat vioittaa useat tuhonaiheuttajat. Puutavaran yleisimpiä vioittajia ovat lahottajasienet, sinistäjäsienet, hyönteiset ja bakteerit. Edellä mainitut tuhon aiheuttajat voivat vioittaa puutavaraa etenkin kesäaikaan niin pahoin, ettei se kelpaa enää tuotantoon tai aiheuttaa siellä ylimääräisiä kustannuksia. Lisäksi talvihakkuista kertyvää puuta olisi taloudellisesti järkevää varastoida loppukesään, mutta ilman järkeviä varastointikeinoja on se mahdotonta. Puutavaran varastointiaikaiset muutokset voivat myös aiheuttaa puutavaran käytössä lisäkustannuksia tai jopa puun joutumisen raakiksi. (Metsäteho 2004a, 9-16.)

2 VARASTOINTI

2.1 Miksi kannattaa varastoida?

Suomessa puutavaran hakkuut ja käyttö eivät ole tasapainossa. Talviaikaan voidaan hakata enemmän kuin mitä käytetään, kun taas kesällä ei aina ole sopivia leimikoita

tarjolla. Koska hakkuut tehdään yleensä kalliimpien sahatukkien tarpeen mukaan, voi kesällä kuitupuusta muodostua pulaa. Tämän välttämiseksi on hyvä varastoida hyvälaatuista talvikaatoista kuitupuuta. (Metsäteho 2004a, 11.)

Eri puutavaralajeilla on myös erilaiset varastojen kiertoajat. Nopein varastojen kierto on kalliimmilla puutavaralajeilla. Esimerkiksi sahatukkien varastojen kierto on yli 20 kertaa vuodessa. Vanerikoivujen kiertonopeus vaihtelee kausittain ja laitoksittain, yleensä nopeus on noin 6–12 kertaa vuodessa. Myös kuusikuitupuun varastojen kiertonopeus on nopea, noin 12 kertaa vuodessa. Hitain kiertonopeus on koivu- ja mäntykuidulla, noin 4–6 kertaa vuodessa. (Metsäteho 2004a, 11.)

Liian pitkään varastossa olleen puutavaran laatu ja ominaisuudet muuttuvat siinä määrin, että se ei kelpaa muuhun kuin energiapuuksi. Vuonna 2003 pelkästään 700 000 m³ kuusikuitua jouduttiin siirtämään energiapuuksi laadunmuutosten takia. Varastossa kuitupuulle tapahtuva arvon alennus oli noin 10 €/ m³. Pelkästään kuivumisen takia hiomokuitupuuta siirretään vuosittain noin 7 miljoonan euron arvosta kemialliseen kuitupuuhun. Sellussakin kuivunut puu aiheuttaa arvon menetystä huonontuneen kuorinnan ja vaaleuden takia. Vanerikoivulla kesäaikaan menetetään arvokasta vanerin pintaviilua kuivumisen takia. Tämä viilu voidaan käyttää vanerin sisempiin kerroksiin, mutta arvon menetys on noin 1,3 miljoonaa euroa vuodessa. Sahatukeilla puulaadun muutoksista johtuvat arvon alennukset ovat vuodessa noin 5–10 miljoonaa euroa. (Metsäteho 2004d, 4-6.)

Talvisin pystytään hakkaamaan sellaisia kohteita, joihin ei kesäaikaan olisi mahdollista mennä. Esimerkiksi hakkuut voidaan suorittaa heikommin kantavilla maaperillä ilman vaaraa maastovaurioista. Talvisin suoritettavat harvennukset ovat myös puuston kannalta parempi ratkaisu, koska silloin puunjuuria suojaa lumi- ja routakerros. Lyhyt talvikausi pystytään hyödyntämään harvennusten osalta tehokkaammin, kun on keino varastoida puu kesäkäyttöä varten. (Ylönen 2011, 18–19.)

Etenkin nuorten kuusikoiden harvennuksia on pitkälti tehty vain talviaikaan. Tähän on syynä puiden suuri vaurioitumisriski kesähakkuissa. Puiden korjuuvaurioista puihin voi levitä sienitauteja tai hyönteisiä. Lisäksi talvihakkuissa ei leviä lahottajasieniä, kuten kuusenjuurikäppää tai mesisientä. Lumivarastoinnin ansiosta voidaan kuusikuitua

hakata talvisin hyvissä olosuhteissa niin paljon kun pystytään ja varastoida se kesään. (Tapio 2006, 38.)

2.2 Lumivaraston hyödyt ja haitat

Lumivarastoinnilla saavutetaan useita hyötyjä. Suurin hyöty saadaan, kun hyvälaatuisella talvikaatoisella puulla voidaan turvata tehtaiden toiminta loppukesästä. Varastointitapa on myös suhteellisen edullinen keino varastoida puuta. Hyvälaatuisella hio- mokuusikuitupuulla voidaan vähentää valkaisuntarvetta ja parantaa massan laatua. Tämä laskee taas tuotannon kustannuksia ja parantaa lopputuotteen laatua. Säästöjä syntyy myös puun riittävyydellä loppukesästä. (Metsäteho 2001a, 16–17.)

Lumivarastoinnin haittapuoliksi voidaan katsoa varastojen lyhyt tekoaika. Suomessa lumivarastoihin hakattava puu olisi kaadettava joului- maaliskuussa, jotta se ehditään ajaa varastoon ja lumettaa ennen kevättä. Varastojen lumetus ja sulkeminen tulisi tehdä riittävän kovilla pakkasilla lumitykkien paremman hyötysuhteen takaamiseksi ja sen takia, ettei varaston sisälle jää lämmintä ilmaa. Nämä tekijät saattavat rajata varastojen tekoajan hyvin lyhyeksi. Varastot on myös ehdittävä eristämään lumetuksen jälkeen ennen kevään suojakelejä. (Metsäteho 2004a, 15.)

2.3 Erilaiset varastointikeinot

2.3.1 Mihin eri varastointimenetelmiä tarvitaan?

Puutavaran pitkäaikainen varastointi on keino tasoittaa puunkorjuun ja käyttömäärän vaihtelua. Pitkäaikainen varastointi varsinkin kesäaikaan altistaa puutavaran kuitenkin muutoksille. Näitä ovat esimerkiksi lahoaminen, sinistymät, halkeamat ja hyönteistuhot. Yleensä korjuu tehdään kalliimman materiaalin eli tukkien tarpeen mukaan, kesäaikaan korjuuta ei tehdä aina kuitenkaan kalleimman tavaralajin mukaan. Syynä on usein se, ettei ole tuotantolaitoksia joille tukkeja kuljetettaisiin, vaan ne ohjataan paperin valmistukseen. Tämän takia kuitupuun varastojen kiertonopeus on selvästi hitaampi. Tosin koivuvaneritukilla saattaa olla myös pidempää varastointitarvetta tuotanto-

laitoksesta ja tilanteesta riippuen. Puutavaran pidempiaikaiseen varastointiin on kehitelty useita eri varastointikeinoja. Syy tähän on, etteivät samat keinot sovi kaikille puutavaralajeille joko ominaisuuksien tai kustannusten takia. (Metsäteho 2004a, 11.)

2.3.2 Vesivarastointi

Vesivarastointi on eräs vanhimpia puutavaran varastointikeinoja, koska uitolla on pitkät perinteet. Lisäksi vesivarastoinnin kustannukset ovat yleensä pienet. Vesivarastointia käytetään yleensä havukuitupuun ja vaneritukkien varastointiin. Vesivarastointi voidaan tehdä joko altaissa tai järvessä (kuva 1). Yleensä tehtaat sijaitsevat vesistöjen rannalla, joten vesivarastointi on ollut helppo toteuttaa. Lisäksi puutavaran uittoa tuotantolaitoksille voidaan pitää vesivarastointina. (Metsäteho 2004c, 2-6.)



KUVA 1. Havutukkien vesivarastointia.

Havukuitupuun niputetaan aina ennen varastointia. Varastopaikasta ja puiden kuljetuskalustosta riippuen ylimääräisistä kuormaamisista ja purkamisista aiheutuu aina lisäkustannuksia, joten ylimääräiset käsittelykerrat tulisi minimoida. Vesivarastointi onnistuu parhaiten, kun vedet ovat viileitä. Kesäaikaan puutavara tummuu nopeammin ja

on alttiimpana bakteereille. Esimerkiksi kuusihiomopuu tulee nostaa vesivarastosta ja käyttää ennen heinäkuun alkua. (Metsäteho 2004a, 14.)

Havusahatukeille vesivarastointi soveltuu huonosti. Mäntytukkeja voidaan varastoida enintään neljä viikkoa ja kuusitukkeja kuusi viikkoa, jos veden lämpötila on yli 15 °C. Syynä ovat tukkeihin tulevat väriviat ja bakteereiden aiheuttamat permealiteettivauriot. Sorvattaville havutukeille haitat ovat pienemmät. Väriviat laskevat saatavan viilun arvoa siirtämällä arvokasta pintaviilua alempaan laatu luokkaan. (Metsäteho 2004c, 2-6)

Vanerikoivulla vesivarastointi on pitkään käytössä ollut varastointikeino. Sen avulla voidaan ehkäistä puun kuivuminen ja siitä aiheutuva halkeilu. Tästä seurauksena voi kuitenkin olla puiden uppoaminen pidemmässä varastoinnissa. Tätä voidaan ehkäistä niputtamalla puut, jolloin ne ovat helpommin nostettavista tai lisäämällä nippuihin niin sanottuja korkkipuita kelluttamaan nippuja. Lisäksi näin voidaan ehkäistä puuhun tulevaa värivikaa. Toisaalta vesivarastointi voi lisätä puuta vioittavien bakteerien määrää. (Metsäteho 2004a, 18.)

Vesivarastoinnin kustannukset ovat yleensä noin 2 €/m³. Varaston tekeminen ja purkaminen sekä puutavaran kuljetukset aiheuttavat kustannuksia. Sen takia varaston tulisi olla mahdollisimman lähellä tehdasta, jotta puuta ei tarvitsisi ajaa pitkiä matkoja ja lastata useita kertoja. Paras paikka olisi tehdasalueella, josta puut voitaisiin ajaa suoraan tuotantoon. (Metsäteho 2004c, 9.)

2.3.3 Kasteluvarastointi

Kasteluvarastoinnissa vettä pumpataan yleensä järvestä sadettiin (kuva 2), jotka suihkuttavat sen varastoitavien puiden päälle. Tavoitteena on säilyttää puun riittävä kosteus sen varastointiaikana. Kasteluvaraston lähellä tulisi olla riittävästi viileää ja puhdasta vettä. Likainen ja lämmin vesi voi saada aikaan puutavaran laadun heikkenemistä. Alhaisella veden lämmöllä voidaan taas ehkäistä tanniinivärjäymiä puutavarrassa, mikä taas parantaa sellun vaaleutta. Kasteluvarastossa puut ei saa kuivua liikaa, koska silloin puutavaraan voi tulla sinistäjäsiementä. Varastoa ei saa kastella liika, eikä

liian pitkään, koska silloin havupuilla on suuri tanniinivärjäymän vaara. (Metsäteho 2004b, 2-9.)



KUVA 2. Kasteluvastoinnissa käytettävä sadetin.

Kasteluvastasto soveltuu hyvin hiomokuusikuidun, vanerikoivujen ja havutukkien varastointikeinoksi. Näiden puutavaralajien varastoinnissa se on myös hyvin yleinen. Vuonna 2004 on arvioitu Suomessa varastoitavan noin miljoona kuutiota puuta kasteluvastastossa. Kaksi kolmasosaa tästä määrästä on hiomokuusikuitua ja loput havutukkeja ja vanerikoivuja. Talvikaatonen puutavara, varsinkin hiomokuusikuitu säilyy usein parempilaatuisena kasteluvastastossa kuin keväällä ja kesällä hakattu puutavara. Tämän takia on välillä parempi käyttää tuoreempi puutavara ensin ja säästää talvikaatonen myöhempää käyttöön. (Metsäteho 2004b, 2-9.)

Kasteluvastastossa vettä käytetään yleensä 20–40 mm/päivä. Kustannukset ovat yleensä kasteluvastastolla noin 0,20 €/m³. Tähän hintaa lasketaan vesi ja sähkö. Kasteluvastastossa vettä kierrättämällä voidaan saada säästöjä. Ne voidaan helposti menettää, koska kastelussa kierrätetyn veden mukana voi levitä puutavaran laatua heikentäviä

bakteereita. Kun varastoinnin kiinteät kustannukset otetaan huomioon, ovat kustannukset noin 1,5 €/m³. Kustannukset ovat erittäin alkupainotteiset. Syynä tähän on kas-telulaitteisto hankinta. (Metsäteho 2004b, 10.)

2.3.4 Vähähappinen varastointi

Vähähappisessa varastoinnissa puutavara paketoidaan peitteellä, joka estää ilman pää-syn pakettiin. Paketin sisälle jäänyt ilma korvataan yleensä hiilidioksidilla tai typellä. Tehokkaampia tuloksia on kuitenkin saatu, kun on annettu puun itse kuluttaa happi pois varastosta. (Metsäteho 2004c, 18). Vähähappista varastointia on testattu useissa eri maissa. Suomessa on testattu vähähappista varastointia korvaamalla ilma suojakaa-suilla tai hiilidioksidilla. Tulokset eivät ole olleet kovin hyviä. Euroopassa on testattu menetelmää, jossa puu käyttää itse varastossa olevan hapen ja korvaa näin sen hiilidi-oksidiilla. Tämän menetelmän tulokset ovat olleet hyviä. (Metsäteho 2004a, 16.) Tär-keintä on, ettei varaston sisälle jää yhtään ilmaa. Tällä ehkäistään se, etteivät sinistä-jäsienet ja lahottajat pysty leviämään puutavaraan. Lisäksi vähähappisella varastoin-nilla pystytään säilyttämään puun kosteus, niin ettei pölkyt ala halkeilla. (Metsäteho 2004c, 18.)

Euroopassa on vähähappista varastointia testattu lähinnä myrskytuhopuiden säilömi-seen. Menetelmässä sulana kaadetut puut pakataan muovin sisälle ilmatiiviiseen pa-kettiin. Varaston ilma korvataan hiilidioksidilla joko luonnollisesti tai keinotekoisesti, esimerkiksi kuivajäällä. Varaston ilmasta tulisi olla vähintään 40 % hiilidioksidia ja enintään 3 % happea. Menetelmällä on saatu puun laatu ja ominaisuudet säilymään hyvänä pitkiä aikoja. Varastointi kuitenkin vaati enemmän työtä ja on kalliimpaa kuin muut menetelmät. Lisäksi varastot ovat herkkiä tuhoutumaan, jos pakkausmateriaali rikkoutuu esimerkiksi eläimen toimesta. (STODAFOR 2005, 63–66.)

Menetelmän yleistymistä rajoittaa varastoinnin korkea hinta. Peitemateriaaleista riip-puen hinta voi kohota jopa 10–35 €/m³. Osaa peitemateriaaleista voidaan käyttää uu-delleen, mutta nämä materiaalit ovat kalliimpia. Halvimmilla materiaaleilla varastoa on valvottava tarkemmin, mahdollisten peiterikkojen varalta. (STODAFOR 2005, 63–66.)

2.3.5 Puulajeittain eriytetty hakkuu

Nykyään on myös yleistynyt eteenkin vanerikoivujen osalla puiden säilyttämien pystyssä metsässä. Tällöin päätehakkuussa korjataan yleensä tarvittavat tukkipuut pois ja jätetään vanerikoivut tekemättä. Yleisimmin aukkoon jätetään korjaamatta vanerikoivut ja mäntytukkirungot. Pystyssä olevat rungot korjataan pois, kun tehtailla on tarvetta kyseiselle puulle. Tällä pystytään välttämään kaikki varastoinnin aikana aiheutuvat viat ja säilyttämään puu tuoreena. Haittana on että koneet joudutaan käyttämään samalla työmaalla ylimääräisen kerran, mikä lisää korjuukustannuksia. Koska hakkuukertymät ovat molemmilla hakkuilla pienet, lisää se kustannuksia myös koneurakoitsijoille. Lisäksi leimikolle pystyyn jääneet puut ovat alttiimpia myrskytuhoille kuin hakkaamaton metsä. Hakkuualueella pystyssä säilytetyn puun hinta on tehtaanportilla kuitenkin lähes sama, kuin lumivarastoidunpuun hinta. (Kopperoinen 2012.)

2.4 Tuhot varastoinnissa

2.4.1 Varastolaho

Varastolaholla tarkoitetaan puutavaraan varastoinnin aikana ilmestyvää lahottajien aiheuttamaa puutavaran kemiallista tai fyysistä muutosta. Lahottajat voidaan jakaa yleensä kolmeen eri luokkaan: valko-, rusko- ja katkolahottajiin. Valko- ja ruskolahottajat tarttuvat puuhun huonosti, mutta lahottaessaan ovat nopeita. Katkolahottajat ovat taas erittäin hitaita lahottajia, mutta ne kykenevät toimimaan huonommissa olosuhteissa. Ruskolahottajia tavataan yleensä ainoastaan havupuilla, kun valkolahottajat esiintyvät usein lehtipuilla. (Kärkkäinen 2007, 324.)

Varastolaho on puutavaraan varastoinnin aikana tullutta sienten aiheuttamaa lahoa, joka hajottaa arvokkaat pitkät sellukuidut. Aluksi puutavaraan tulevat värivikaa aiheuttavat sienet, jotka helpottavat itse lahottajasienien pääsemistä puuaineeseen. Kuitujen hajoaminen laskee havupuilla sellun laatua, lisäksi pitkälle edennyt laho voi laskea myös sellun saantoa. Lahon puutavaran toimituksissa tehtaalle ei ole yleensä kiirehditty, mutta pitkä varastointiaika edistää lahon syntymistä puuaineeseen. Varsinkin pintalaho voi edetä nopeasti tällaisissa puissa. (Metsäteho 2004a, 9-10.)

Sahatavarassa ei varastolahoa yleensä sallita, vaan ne ohjataan selluteollisuuteen. Sahatukkien varastointi on yleensä huomattavasti lyhyempikestoista kuin kuitupuulla, koska hakkuut tehdään usein sahojen tarpeen mukaan. Kalliiden sahatukkien ei anneta pilaantua varastossa niin pitkään, että ne eivät kelpaa sahattavaksi. Tukkiensa pilaantumista esiintyy yleensä tuotantolaitosten lomien aikaan, jolloin varastoihin jää pieniä määriä suojaamatonta puutavaraa. (Metsäteho 2004a, 17.)

Kuitupuu jossa on varastolahoa, voidaan käyttää sellun valmistukseen. Hiomopuuksi se ei kuitenkaan enää kelpaa. Puutavara jossa on varastolahoa, ohjataan usein menemään suoraan kuitupuuksi. Sellun valmistuksessa tällainen puutavara on tervettä puuta huonompi laatuista. Tämä johtuu hajonneista pitkistä kuiduista, jotka laskevat sellun laatua ja voivat aiheuttaa jopa sellun saantomenetystä. Lisäksi laho aiheuttaa sellussa suuremman valkaisutarpeen. Kuitupuussa varastolaho aiheuttaa suuremman puutavaran menetyksen kuin puussa oleva kasvuaikainen laho. Havupuussa varastolaho ilmenee alkuun laikkuina pintapuussa. Varsinkin kesäaikaan hakatussa havupuussa väriviivat voivat näkyä jo muutamassa viikossa. (Metsäteho 2004a, 10.)

Koivupölkkyt ovat erityisen arkoja värivioille ja lahottajasienille. Koivulla varastolahon etenemistä edistää yleensä bakteerien aiheuttamat väriviivat. Koivulla laho etenee yleensä pölkkyjen päiden kautta. Lahoja vanerikoivuja voidaan käyttää jossain määrin vanerin valmistukseen, mutta silloin niiden päissä olevat lahot osuudet joudutaan katkomaan pois. (Metsäteho 2004a, 20.)

2.4.2 Puutavaran sinistyminen

Sinistäjäsiementen lajimäärä on hyvin runsas. Puun sinistymisen aiheuttavat sienien rihmastot, jotka kasvavat puun solukkoon. Osa sienistä voi kasvaa myös terveisiin ja kasvaviin puihin. Nämä sienet ovat patogeenisiä, yksi näistä sienistä on kirjanpainajan avulla leviävä *Ceratocystis polonicum*. (Uotila & Kankaanhuhta 2003, 109.)

Puutavaran sinistystä aiheuttavat sienet leviävät yleensä joko itiöinä suoraan puunpinoille tai hyönteisten välityksellä. Hyönteisten levittämät sinistäjä sienet elävät symbioosissa niitä levittävän hyönteisen kanssa. Nämä hyönteiset käyttävät yleensä levittä-

mänsä sienen rihmastoja ravinnokseen. Ilmateitse tarttuvat sinistäjä sienet leviävät kesällä nopeasti vastahakattuun puuhun. Koneellinen hakkuu lisää puutavaran sinistymistä huomattavasti miestyönä tehtyyn hakkuuseen verrattua. Syynä tähän on se, että koneellisessa hakkuussa paljastuu enemmän puuainetta kuin manuaalisessa hakkuussa. (Kärkkäinen 2007, 321.)

Puutavarassa esiintyvä väri johtuu sienten rihmastojen aiheuttamasta värimuutoksesta. Sienet käyttävät ravinnokseen puussa olevia sokereita ja tärkkelystä. Sienet eivät heikennä puun rakennetta, vaan niiden aiheuttamat haitat ovat yleensä esteettisiä. Väri-
vatiat eivät heikennä puusta saatavan sellun laatua. (Kasanen 2009, 26.)

Sinistäjä sienien vaikutusta voidaan ehkäistä sahaamalla ja kuivaamalla puutavara, ennen kuin kaarnakuoriaisten kuljettama sieni alkaa levitä puussa. Kesäaikaan sahatavara tulee kuivata pian sahaamisen jälkeen, koska sahattu puutavara voi sinistyä jo parissa viikossa. Kesällä kaadettu puutavara voi sinistyä muutamassa viikossa, joten varsinkin tukkien toimituksissa on pidettävä kiirettä. (Uotila & Kankaanhuhta 2003, 109.)

2.4.3 Hyönteiset

Hyönteiset iskeytyvät puutavaraan yleensä lopputalvella tai keväällä. Yleisimmin kuorellista puutavaraa vioittavat erilaiset kaarnakuoriaiset, pysty- ja vaakanävertäjät, tähtikirjaajat, kärsäkkäät, pikakirjoittajat ja sarvijaakot. Osaa hyönteisistä esiintyy vain tietyissä puulajeissa. Esimerkiksi männyllä esiintyvät yleensä pysty- ja vaakanävertäjä, pikakirjoittaja, oksakaarnakuoriainen ja tähtikirjaaja. Kuusella esiintyvät yleensä kirjanpainaja, kuusentähtikirjaaja ja erilaiset kuusijäärät. Koivulla taas esiintyy yleisesti lehtitikaskuoriainen. (Metsäteho 2004a, 17.)

Hyönteiset munivat yleensä tuoreen hakatun puutavaran kuoren alle, jossa toukat alkavat kehittyä ja syödä joko puun nilaa tai itse puuainetta. Hyönteisten mukana puuhun leviää yleensä sinistäjä sieniiä, jotka elävät symbioosissa hyönteisen kanssa. (Metsäteho 2004a, 17.)

Itse puuainetta syövät kuoriaiset aiheuttavat puulle yleensä esteettisiä haittoja. Esimerkiksi havutikaskuoriainen (kuva 3) syö puuaineeseen käytäviä, joista leviää sinistäjäsiementä puuhun. Yleensä puun lujuusominaisuudet eivät juuri heikkene ja esteettisiä haittoista huolimatta sahatavara kelpaisi monenlaiseen käyttöön. Vientiin havutikaskuoriaisen vioittama sahatavara ei kuitenkaan kelpaa. Kuitupuulle suurin haitta on hyönteisten levittämä sinistäjäsiemi, joka aiheuttaa suuremman valkaisun tarpeen ja saattaa helpottaa lahottajasiementen pääsyä puutavaraan. (Uotila & Kankaanhuhta 2003, 50.)



KUVA 3. Havutikaskuoriainen

Hyönteistuhot ovat laajimmillaan myrskytuhojen jälkeen, jolloin on kaatunut tai vioittunut runsaasti tuoretta puuta. Myrskytuhoalueiden puut tulisi korjata pois metsästä riittävän pikaisesti, sillä Etelä-Suomessa sahapuu voi jo ensimmäisen kesän aikaan pilautua käyttökelvottomaksi. (Uotila & Kankaanhuhta 2003, 16.)

2.4.4 Bakteerit

Bakteerit voivat myös vaikuttaa puutavaran laatuun. Bakteereja voi elää jo terveissä ja kasvavissa puissa, mutta yleensä ne kuitenkin ilmestyvät puuhun vasta, kun se on kaa-

dettu. Bakteerit etenevät nopeasti puun kuoren alla olevassa jälsikerroksessa. Parhaiten bakteerit leviävät kosteissa ja lämpimissä olosuhteissa. Bakteerit hajottavat puuainetta, myös selluloosaa. Puun hajoaminen on kuitenkin hidasta ja suuremmat muutokset tapahtuvat, kun puun ominaisuudet muuttuvat. Nämä muutokset voivat näkyä puuaineessa jo parin viikon varastoinnin jälkeen. Lisäksi on epäilty, että vesivarastoitu bakteeripitoinen puuaines halkeilee normaalia enemmän kuivattaessa. On myös epäilty bakteerien helpottavan lahon syntymistä puutavarassa. (Kärkkäinen 2007, 338–339.)

Yleensä bakteerit elävät vain erittäin kosteissa puissa. Tällaisia puita ovat vasta kaadetut puut ja vesi- ja kasteluvarastoitu puutavara. Vesivarastointi on bakteereille otollisempi varastointimenetelmä kuin muut varastointimenetelmät. (Kärkkäinen 2007, 338–339.)

2.4.5 Halkeilu

Halkeilua esiintyy puutavaralla sen kuivumisen aikana. Siinä pölkkyjenpäät halkeavat pölkyn pituussuuntaan. Halkeilulle aroin puutavara on vanerikoivu, joka halkeilee herkästi kuivaessaan. Halkeilu aiheuttaa hankaluuksia etenkin vanerinvalmistuksessa, jossa halkeama siirtyy sorvattuun viiluun. Lisäksi halkeilu hankaloittaa pölkkyjen kiinnittämistä sorviin. Myös sahatukit halkeilevat kuivuessaan. Tämä voi aiheuttaa sahattaessa lankkujen halkeilemista, mikä taas laskee sahauksen taloudellista hyötyä. (Metsäteho 2004a, 17–21.)

2.4.6 Kuivuminen

Puun kosteudella ja sen alenemisella on useita eri vaikutuksia. Lisäksi puutavaran kuivuminen varastointiaikana voi aiheuttaa tuntuja kustannuksia tuotantolaitokselle. Tukeille kuivuminen aiheuttaa halkeilua, joka voi laskea sahatavaran laatua ja määrää. Etenkin hiomokuitupuulla kuivuminen aiheuttaa massan lujisuuden heikkenemistä ja tuotantokustannusten nousua. Puutavaralla kuivumisesta johtuvat muutokset alkavat yleensä, kun kosteus laskee alle 45 %. Kaatohetkellä puussa oleva runsaampi kosteus ehkäisee home-, sinistäjä- ja lahottajasienten kasvua. Lumivarastointi säilyttää puun kosteuden erittäin hyvin. (Metsäteho 2001a, 12.)

3 LUMIVARASTOINTI

3.1 Varastopaikka

Kuitupuubaraston on hyvä sijaita lähellä käyttökohdetta, mieluiten tehdasalueella (Metsäteho 2004a, 15). Vanerikoivutukkeja kannattaa varastoida suurissa varastoissa, joista ne ajetaan autolla tehtaille. Lisäksi vanerikoivut voidaan resurssien ja varastopaikan salliessa lajitella tehtaan vastaanottonauhalla. Tällöin ei tarvitse varastoida viällisiä puita ja varaston purku helpottuu (Kopperoinen 2012.) Varastopaikan läheisyydestä tulisi saada myös riittävästi viileää vettä lumitykeille. Tykit tarvitsevat vettä 60-100 m³ tunnissa. Veden tulisi olla mieluiten järvivettä, koska sen humuksen ansiosta tykkien lumentuotto on suurempi. (Pöntinen 2011.)

Varastopaikaksi tulee valita kaikkina vuodenaikoina hyvin kantava paikka. Parhaita pohjamateriaaleja ovat asvaltti- ja murskekentät. Varaston tulisi sijaita tuulilta suojaisassa ja varjoisassa paikassa. Varaston sulamisvesien johtaminen on myös hyvä huomioida, minkä vuoksi vanhat sorakuopat ovat huonoja paikkoja, koska sulamisvedet voivat päästä pohjaveteen. (Metsäteho 2004e, 7.) Kalliroleikkaukset ovat myös varteenotettava vaihtoehto lumivarastolle. Tällöin saadaan rakennettua helposti tukeva luiska varaston päälle suoraan leikkaus kohdasta. Lisäksi leikkausta vasten olevien sivujen eristämässä saadaan aikaan säästöjä. Tällaisissa varastoissa on kuitenkin huomioitava että kallion ja puiden väli on lumetettava huolella ja itse kallion tulisi olla mahdollisimman kylmä. (Kopperoinen 2012.)

Varaston pohjan tulisi antaa jäätyä mahdollisimman hyvin ennen kuin varasto tehdään, jotta saadaan pidennettyä varastointiaikaa (Metsäteho 2004e, 7). Varastopaikan auraus on aloitettava heti alkutalvesta, millä parannetaan sen jäätymistä. Varastopaikan auraus tulisi suorittaa aina, jos lunta on satanut yli 5 cm. Kustannussyistä auraus kannattaa kuitenkin suorittaa vasta sateen loputtua. Jos varasto sijaitsee lähellä tehdasaluetta, voidaan auraukseen hyödyntää tehtaan kalustoa. Joinain vuosina lämmin alkutalvi voi haitata varastopaikan jäädyttämistä. Tällöin pinojen alle voidaan laittaa aluspuita (kuva 4), joiden ansiosta kylmä ilma pääsee kiertämään pinon alle ja jäädyttää

sen. Niiden haittapuolena on se, että jos kesällä lumi- ja eristekerrokseen syntyy reikä ja lämmin ilma pääsee varaston alle, on varasto mennyttä ja se tulisi purkaa. (Kopperoinen 2012.)



KUVA 4. Varaston pohjan jäätymistä edistävät aluspuut.

Hyvät kulkuyhteydet ovat myös eduksi varastopaikkaa valittaessa. Hyvälle kuitupuuvastopaikalle on mahdollista tuoda ja viedä puuta junalla, autolla tai vesiteitse. Varastolle on kuitenkin tultava hyvä tie, joka kantaa kaikkina vuodenaikoina. (Metsäteho 2004a, 15.) Vanerikoivuvarastoille riittää hyvin kantava autotie. Syynä tähän on varastojen pienempi koko ja niiden nopeampi purku. (Kopperoinen 2012.)

3.2 Pinojen rakenne

Lumivarastoa tehdessä puutavara puretaan yleensä suoraan puuautosta varastoon. Tässä vaiheessa on tärkeää, että työ tehdään erityisen hyvin, sillä puiden tiiviillä pinoamisella pystytään saamaan säästöjä lumetusvaiheessa ja lisäämään varastoimisaikaa. Varastoitava puutavara on oltava ehdottomasti jäässä, kun se varastoidaan. (Metsäteho 2004a, 15.) Varaston paras muoto on neliö, jonka reunat on luiskattu. Tällöin varasto säilyy hyvin ja sen eristäminen on helppoa. (Kopperoinen 2012.)

Varastoitava puutavara kasataan tiiviisiin pinoihin. Lopuksi pinojen päälle tehdään erillinen päällyskerros (kuva 5), jolla peitetään pinonvälien raot. Tällä pyritään ehkäi-

semään lumen putoaminen pinojen väliin. Päälyskerroksessa on hyvä käyttää tasamittaisia puita tiiviin pinoamisen helpottamiseksi. (Metsäteho 2004e, 8.)



KUVA 5. Pinojen välipuut.

Varastoon ajettavan puutavaran olisi hyvä olla mahdollisimman samanmittaista (kuva 6), jotta se olisi helppo pinota tiiviisti. Purettaessa suoraan puutavara-autoista lumivarastoon on tärkeää varmistaa kuljettajien ammattitaito tehdä lumivarastoja, jotta varastot saadaan riittävän tiiviiksi. (Metsäteho 2004e, 8.) Varastoja voidaan lisäksi korottaa erillisellä nosturilla, samalla sillä voidaan myös tiivistää ja asetella pinojen välipuut (Kopperoinen 2012).



KUVA 6. Samanmittaiset puut pinotaan samaan pinoon.

Puutavara-autoilla tehtävien varastojen korkeus on yleensä 4,5 metriä. Jos varastopaikalla on käytössä erillisiä kuormaimia (kuva 7), voidaan niillä korottaa varastoa siinä vaiheessa, kun puutavara-autojen kuormaimilla ei enää yletetä varaston päälle. (Pöntinen 2011.) Tällaiset varastot voidaan kasata korkeammiksi, kuin puuautolla tehdyt varastot. Nosturilla korotetut varastot ovat yleensä noin 6-10 metriä korkeita. (Metsäliitto 2007, 5.)



KUVA 7. Puutavaranosturi on varaston korottamista varten.

Pääsääntö on kuitenkin, että kasataan mahdollisimman paljon puuta mahdollisimman pienelle alueelle. Varaston sivut on hyvä tehdä luiskamaisiksi (kuva 8), jotta varaston päälle voidaan ajaa kauhakuormaajilla tai kaivinkoneilla levittämään eristekerros (Pöntinen 2011.) Paras väline lumen ja eristeiden levittämiseen on rinnetamppari, joilla yleensä poljetaan laskettelurinteitä. Tampparilla on helppoa ja turvallista levittää tykkilumi ja eristekerros kasan päällä. Tällöin eristemateriaali on ajettava kuitenkin kauhakuormaajalla varaston päälle, josta se levitetään tampparilla. (Kopperoinen 2012.) Pinojen on myös oltava tukevia tiiviyn lisäksi, millä turvataan työntekijöiden turvallisuus varastoa tehdessä ja purettaessa (Pöntinen 2011).



KUVA 8. Varaston päälle johtava luiska.

Varastoitavan puutavaran pinojen päälle ja reunoille voidaan tehdä halvemmasta puutaveralajista suojapinot. Nämä pinot voidaan lisäksi vielä jäädyttää säilyvyyden parantamiseksi. Yleisimmin suojapinoissa käytetään mäntykuitua. Lehtikuitupuun soveltuvuus on huonoa sen mutkaisuuden takia. (Pöntinen 2011.)

3.3 Kustannukset

Lumivarastoinnista aiheutuvat kustannukset muodostuvat pääasiassa varaston rakentamisesta, valvonnasta, purkamisesta ja kuljetuksista. Varastojen tekemisessä suurimmat kustannukset syntyvät lumettamisesta ja eristävän kerroksen levittämisestä. Varastoinnin kustannukset laskevat, kun varastojen koko kasvaa. (Metsäteho 2004e, 12.)

Lumivarasto perustetaan aina hyvin kantavalle maaperälle. Varastopaikkojen perustamisesta voi aiheutua lisäkustannuksia paikasta riippuen. Samoilla varastopaikoilla voidaan varastoida puuta kuitenkin useita kertoja, joten kulut pienenevät pitkällä aikavälillä. (Metsäteho 2004a, 15.)

Lumivaraston perustamisesta muodostuu varastoinnin suurimmat kustannukset. Varaston tekokustannuksiin voidaan vaikuttaa varastojen käyttöönottoajankohdan mukaan. Aikaisemmin kesällä purettavia varastoja ei kannata eristää ja lumettaa yhtä hyvin kuin myöhemmin kesällä purettavia. Toisaalta myöhemmin purettavat varastot on eristettävä riittävän hyvin, ettei niitä tarvitse aukaista ennen kuin niitä tarvitaan. Varaston tekokustannukset ovat yleensä 2,5–3,5 €/m³. (Metsäteho 2001a, 9.)

Tekolunta tehdessä tarvitaan runsaasti sähköä ja vettä. Vettä kuluu noin 60–100 m³/h. Yleensä se saadaan suoraan vesistöistä, joten siitä ei tarvitse maksaa. Tykkilunta tehdessä kelillä on suuri vaikutus muodostuvan lumen määrään. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että mitä kovempi pakkanen sitä enemmän saadaan lunta samasta vesimäärästä. Sähköä kuluu tykkien käyttämiseen. On myös otettava huomioon, onko varastopaikalla mahdollista ottaa sähkö verkosta vai joudutaanko se tuottamaan aggregaatilla, jolloin kustannukset muodostuvat käytetystä polttoaineesta. Lumettamiskustannuksiin vaikuttavat vallitseva sähkön ja polttoaineen hinta. (Metsäteho 2004e, 12.)

Kuljetuskustannuksiin vaikuttaa eniten varaston sijainti. Varastopaikan ollessa tehdasalueella, eivät kuljetuskustannukset kohoa juurikaan siitä, jos puutavara toimitettaisiin suoraan tuotantoon. Kuitenkin ylimääräiset puutavaran kuormaukset ja purkamiset nostavat aina kustannuksia. (Metsäteho 2004e, 12.) Koivuvaneritukkien varastoinnissa on kuitenkin edullisempaa tehdä suuria varastoja, joista puut kuljetetaan autoilla tuotantolaitoksille (Kopperoinen 2012).

Lumivarastoa purettaessa on otettava huomioon avatun varaston puutavaran nopeat laadunmuutokset. Tämän takia varastot on purettava nopeasti. Varaston purkamiseen tulisi olla tarkka suunnitelma, jotta puuaineen mahdollinen muuttuminen vältetään. Purkamisesta aiheutuvat kustannukset ovat yleensä noin 1 €/m³. Kustannuksiin vaikuttaa varaston sijainti ja kalusto, jolla varasto puretaan. (Metsäteho 2004e, 12.) Purkamisessa lisäkustannuksia aiheutuu yleensä pinon alimpien puiden jääytymisestä. Puut jäätyvät kiinni toisiinsa ja maahan. Jos purkamista tehdään erillisellä nosturilla, on vaarana puiden katkeaminen, mikä aiheuttaa tappiota. Yhteen jäätyneiden puidensulamista joudutaan odottamaan, jotta puut saadaan purettua varastosta ehjinä. Tätä voidaan ehkäistä pinon aluspuilla. (Kopperoinen 2012.)

4 VARASTON TEKO JA YLLÄPITO

4.1 Lumettaminen

Lumivarastoinnissa pinot yleensä lumetetaan keinotekoisesti. Tähän on syynä suuri lumentarve (Ylönen 2011, 18–20). Tykkilumen etuna on myös sen rakeinen koostumus, se vajoaa helpommin pinon sisässä oleviin rakoihin ja täyttää ne. Tällä pystytään lisäämään pinojen säilymistä merkittävästi. (Kopperoinen 2012.) Varastojen lumetuksesta huolehtii yleensä ulkopuolinen urakoitsija, joka toimii laskettelukeskusten lumettajana. (Ylönen 2011, 18–20.) Lisäksi varaston tekoaikaista aurausta olisi hyvä tehdä traktorilla ja lumilingolla, joilla varastopaikan lumi lingottaisiin pinoihin. Tällä saadaan pinojen välejä lumetettua tiiviimmiksi ja rakoja täytettyä. Tämä ei kuitenkaan ole kaikilla varastoilla mahdollista. Tällä olisi kuitenkin mahdollista parantaa varaston säilyvyyttä. (Kopperoinen 2012.)

Lumitykit tuottavat lunta vedestä pakkasen ja paineilman avulla. Paineilma tykkeihin tuotetaan joko kompressorilla tai puhaltimella tykkimallista riippuen. Tekolunta syntyy, kun vesi puhalletaan ilmaan ohuena sumuna. Pakkanen kiteyttää veden ilmassa lumeksi ennen kuin se laskeutuu maahan. Lumetuksen onnistumiseksi tarvitaan pakasta. Mitä kovempi pakkanen on, sitä tehokkaammin tykit tuottavat lunta. (Pöntinen 2011). Lumitykeille vettä pumppaavan kompressoriasemanputket on hyvä suojata ko-

villa pakkasilla jäätymistä vastaan esimerkiksi lumikerroksella. Jos varastojen lumetus joudutaan tekemään useammassa vaiheessa, on putket tyhjennettävä huolella, etteivät ne pääse jäätymään. (Kopperoinen 2012.)

Pienempiä varastoja on kuitenkin mahdollista lumettaa talvella kerätyllä lumella (kuva 9). Kerätyllä luonnonlumella varastointi soveltuu pienten tuotantolaitosten tarpeisiin, koska yleensä lunta ei saada kerättyä riittävästi suurien varastojen peittämiseksi. Kerätyllä lumella varastoitaessa on pidettävä huoli, ettei lumen mukana varastoon kulkeudu hiekkaa tai kiviä. Joinakin talvina voi olla varsinkin Etelä-Suomessa ongelma saada kerättyä riittävästi lunta varastoja varten. Lumen siirtäminen ja kasaaminen tuo myös lisää kustannuksia, joita kohoavat polttoaineen hinnat nostavat. (Metsäteho 2004e, 7-8.)



KUVA 9. Luonnonlumella lumettaminen on hidasta ja kallista.

Lumivaraston lumikerroksen paksuus riippuu siitä, milloin puutavara on aiottu ottaa käyttöön. Aikaisemmin käyttöön otettavan puun suojaksi ei kannata tehdä niin paksua lumikerrosta, kuin myöhemmin kesällä käyttöön otettavalle puutavaralle. Yleensä varastojen peittämiseen käytetään noin 30–100 cm paksua tiivistettyä lumikerrosta. (Metsäliitto 2007, 9.)

Lumitykit käyttävät yleensä vettä 60–100 m³/h, joten varastojen lähellä tulisi olla riittävästi vettä. Veden tulee myös olla riittävän viileää, jotta siitä muodostuisi lunta.

Lumitykit voivat muodostaa yhdestä kuutiometristä vettä kolme kuutiometriä lunta. Eli yhteen kuutioon lunta tarvitaan noin 0,3 m³ vettä. (Metsäliitto 2007, 14.)

Lumivarasto on suljettava ehdottomasti pakkasten aikaan, koska sen sisälle jää aina ilmaa. Jos varastoa suljettaessa on liian lämmintä, ei varasto tule säilymään riittävän pitkään, vaan se joudutaan avaamaan aikaisemmin tai muuten puun laatu kärsii. (Kopperoinen 2012.)

4.2 Lumitykit

4.2.1 Hybridilumitykki

Keinolumella lumettaessa tykkeinä ovat yleensä hybriditykit tai yleisemmät puhallintykit. Hybriditykit toimivat vasta -5 °C lämpötilassa, kun puhallintykit ovat käyttökelpoisia jo -1–-2 °C. Lisäksi tuotto lisääntyy sitä enemmän mitä matalampi lämpötila on lumetusaikaan. Hybriditykit ovat lumentuotannossa huomattavasti perinteisiä potkuritykkeitä tehokkaampia. Varastoa lumettaessa voidaan tykeillä ampua lunta suoraan varastoon tai kasaan, josta sitä levitetään joko pyöräkuormaajalla tai rinnetamppareilla. Varastojen lumi levitetään vielä koneellisesti ennen kuin se peitetään eristeaineella. (Metsäliitto 2007, 9.)

Hybridilumitykki tuottaa lunta nopeammin ja tehokkaammin kuin normaali propellitukki, mutta vaatii kovempaa pakkasta toimiakseen. (Metsäliitto 2007, 14). Hybridilumitykkien heikkoutena on lumen vähäinen leviäminen. Lumi tuotetaan johtamalla vettä korkealla oleviin putkiin, josta se paineilman avulla sumutetaan suuttimista ilmaan. Vesi kiteytyy laskeutuessaan lumeksi. Hybridilumitykkeissä ei ole erillisiä puhallimia, vaan lumi leviää ainoastaan tuulen avulla. (Pöntinen 2011).

Hybridilumitykissä on kompressoriasema (kuva 10), josta vettä ja paineilmaa voidaan johtaa jopa seitsemään lumitykkiin. Tykeissä on putki, jonka päässä on suuttimet paineilmalta ja vedelle. Putki on yleensä pystyssä ja sen pää on muutaman metrin korkeudessa. Hybriditykeillä lumi ei kuitenkaan leviä yhtä tehokkaasti, vaan sitä on siirreltävä koneellisesti enemmän. Täydellä teholla se pystyy tuottamaan 200–250 m³ lunta tunnissa. Yhden työpäivän aikana lunta pystytään yleensä tuottamaan noin 4000 m³.

Viikossa laitos voi tuottaa noin 20 000 m³ lunta varastopaikalle. (Metsäliitto 2007, 14.)



KUVA 10. Lumitykkien kompressoriasema.

4.2.2 Puhallinlumitykki

Perinteiset puhallintykit koostuvat yleensä yhdestä pumppuasemasta, joka tuottaa vettä kahdelle tai kolmelle lumitykille. Vesisumu puhalletaan yleensä taivaalle sähkömoottorin pyörittämällä puhaltimella, jossa se pakkasenaikutuksesta kiteytyvät lumeksi. Tehokkaan puhaltimen ansiosta lumi leviää isommalle alueelle kuin hybridilumitykillä. Tällaiset tykit pystyvät tuottamaan noin 400 m³ lunta päivässä jokaista tykkiä kohden, joten päivässä saadaan 800–1200 m³ lunta varastopaikalle. 20 000 m³ lumentuottamiseen kuluu tällaisella kalustolla 3–4 viikkoa. (Metsäliitto 2007, 15.) Hyötynä puhallinlumitykeillä on, ettei niitä tarvitse siirrellä yhtä usein kuin hybridejä, lisäksi lunta ei tarvitse levittää niin paljoa koneellisesti. Puhallintykeillä voidaan myös tuottaa lunta lauhemmalla kelillä. Toisaalta niiden tuotto on heikompi. (Metsäliitto 2007, 15.)

4.3 Eristäminen

4.3.1 Eristämisen tarkoitus

Lumetettujen varastojen päälle on levitettävä sulamiselta suojaava eristekerros ennen kevään lämpöisiä kelejä. Eristeellä hidastetaan varastoa viilentävän lumikerroksen sulamista. Yleensä eristeenä on käytetty sahanpurua tai puunkuorta, mutta eristeenä on kokeiltu käyttää myös erilaisia eristepeitteitä. Lumen päälle levitettävän eristekerroksen paksuus on yleensä 20–50 cm, jos käytetään purua tai kuorta. Kevyemmät peittämissuodot, kuten kevyteristepeitteet ovat sopivia puutavaran lyhytaikaisempaan varastointiin. Kuori, puru ja paksut eristepeitteet soveltuvat hyvin pitkäaikaiseen varastointiin. Varastokasojen peittäminen suoritetaan lumetuksen jälkeen, mutta ennen kelien lämpenemistä. (Metsäteho 2004e, 6.)

4.3.2 Sahanpuru

Yleisimmin käytetty eristemateriaali on sahanpuru (kuva 11). Sitä voidaan käyttää monta kertaa varastojen peittämiseen. Puru kestää yleensä neljä vuotta tai 3–4 käyttökertaa. Varastojen peittämiseksi riittää yleensä 20–30 cm kerros purua. Purun tarpeen määrässä voidaan pitää nyrkkisääntönä, että jokaista puu kuutiometriä kohti tarvitaan noin 0,2–0,25m³ purua. (Metsäliitto 2007, 15.)



KUVA 11. Purua voidaan käyttää 3–4 kertaa varaston eristämiseen.

Sahanpurun haittapuolina voidaan pitää sen pölyämistä levittäessä, mitä ei kuitenkaan tapahdu pakkasella. Purun uudelleenkäyttäminen lisää purun seassa olevan kiviaineksen määrää, mikä heikentää sen eristeominaisuuksia. Näiden lisäksi purua on vaikea erotella puutavaran seasta ja tehtaalle kulkeutuessa siitä voi aiheutua ongelmia. Tätä voidaan kuitenkin ehkäistä käyttämällä viiraa tai harsoa lumen ja puutavaran välissä. (Metsäteho 2001a, 5.)

4.3.3 Puunkuori

Kuorella peitettäessä riittää sama määrä eristettä kuin purulla peitettäessä eli 0,2–0,25 m³. Kuorta ei voida käyttää eristeenä kuin yhden kerran. Kuorella on kuitenkin monia etuja puruun verrattaessa. Sen levittäminen on yleensä helpompaa, eikä se pölyä levittäessä. Kuoresta muodostuu yleensä lumenpinnalle kantava kerros, eikä se putoa pinonväleihin muodostuviin koloihin niin kuin puru. (Metsäteho 2001a, 6.) Puunkuoren heikkoutena on sen tumma väri. Tumman värin takia aurinko lämmittää sitä vaale-

aa purua enemmän, mikä taas nostaa varaston lämpötilaa ja heikentää puutavaran säilyvyyttä. (Kopperoinen 2012.)

4.3.4 Peitteet

Erilaisia eristepeitteitä on myös kokeiltu pinojen peittämisessä. Näillä testauksilla on pyritty löytämään edullisempia ja parempia ratkaisuja purun ja kuoren tilalle. Peitteiden käytöstä on saatu vaihtelevia tuloksia erilaisten peitteiden takia. Vuonna 2001 Metsäteho testasi polyesteri-PVC -peitettä, jonka sisällä oli 30 mm paksu vanukerros. Kokeilussa puunlaatu pysyi hyvänä ja lisäksi kosteus oli suurempi kuin purulla peitetäessä. Peitteiden käyttöä rajoittavat niiden investointikustannukset, vaikka niitä voitaisiin käyttää useammin kuin purua. Kevyet peitteet soveltuvat varastointiin, kun puutavara on tarkoitus käyttää jo alkukesästä. (Metsäteho 2001a, 4-17.)

4.4 Valvonta

Kesäaikaan on lumivarastoja valvottava säännöllisesti. Valvonnaksi riittää varaston silmämääräinen tarkastelu joka puolelta. Varastoa tulisi käydä tarkastelemassa viikoittain ja etsiä eristekerrokseen syntyviä kuoppia. Kuoppia syntyy kun lumi alkaa sulaa ja vajota pinojen väleihin. Kesäaikaan syntyviä reikiä voidaan yrittää korjata peittämällä ne lumella ja purulla. Varasto tulee kuitenkin pitää kesällä mahdollisimman koskemattomana, millä pystytään parantamaan varaston säilyvyyttä. Lumivarastoon voidaan myös sijoittaa lämpötilanantureita, mutta niiden hyöty jää yleensä heikoksi. Syy tähän on laitteiden tuomat lisäkustannukset ja niiden käytöstä saatavat vähäiset hyödyt, silmämääräiseen tarkasteluun verrattuna. (Kopperoinen 2012.)

5 POHDINTA

5.1 Aikaisemmat ohjeet

Lumivarastoinnista on saatavilla hyvin rajoitetusti tietoa. Varastointimenetelmänä sitä on kyllä tutkittu, mutta tutkimus tulokset ovat jääneet julkaisematta. Yleisin syy julkaisematta jättämiseen on, että tutkijoina ovat olleet suuret metsäyhtiöt. Heillä tulok-

set ovat jääneet yleensä yrityksen omaan käyttöön. Varastojen tekemisestä ei myöskään ole olemassa yleisiä oppaita, vaan ohjeet on tehty yrityskohtaisesti tai sitten taito on opetettu suoraan varaston tekijöille. Tämän takia on osalla uusista varaston tekijöistä saattanut olla virheellistä tietoa lumivarastojen teosta.

Koska lumivarastojen teko-ohjeistusta ei ole ollut saatavilla yleisesti, on varastojen teko ollut yleensä samoilla urakoitsijoilla ja työntekijöillä. Saataisiinko varastojen tekokustannuksia laskettua alemmas, jos töitä voitaisiin kilpailuttaa useampien urakoitsijoiden välillä? Esimerkiksi voidaanko lumettamisen aiheuttamia suuria kustannuksia laskea kilpailuttamalla? Toisaalta myös riskit kasvavat, jos tekijöillä ei ole ammattitaitoa tai kunnollista kalustoa. Esimerkiksi jos lumettaminen myöhästyy parilla viikolla, voi se merkitä koko varaston pilaantumista.

5.2 Lumivarastointi tänään

Muiden varastointimenetelmien ohella on lumivarastointi vakinaistanut paikkansa suomalaisessa metsäteollisuudessa. Sen avulla varastoidulla hiomokuusikuitupuulla ja vanerikoivuilla voidaan turvata paperitehtaiden puunsaanti loppukesän vaikeina korjuuaikoina, jolloin kelit ja työntekijöiden lomat ovat haitanneet korjuuta. Varastointimenetelmänä se ei sovellu kaikille puutavaralajeille.

Nykyisin talvihakkuilla kerättävää kuusikuitua voidaan ajaa lumivarastoihin vasta, kun puut ovat jäätyneet. Leutoina talvina varastojen tekoaika voi lyhetä merkittävästi. Lumettaminen tulisi suorittaa jo maaliskuun aikaan, jotta varastot ehditään eristämään ennen kevään lämpöisiä kelejä.

5.3 Lumivarastoinnin tulevaisuus

Tulevaisuudessa lumivarastoinnin yleisyys riippuu pitkälti kuusikoiden kesäharvennusten yleistymisestä. Jos kuusikoiden kesäharvennukset yleistyvät, voidaan niiden hakkuukertymillä korvata lumivarastoitua puuta.

Kesäkelpoisia kuusikonharvennuksia on kuitenkin rajallisesti tarjolla, lisäksi niiden puunhinta ja korjuukustannukset ovat korkeammat kuin talvella hakatulla kuusikuidul-

la. Toisaalta lumivarastointi nostaa myös talvella hakatun puun hintaa 2,5–3,5 €/m³. Yleensä talviharvennusten hinta on kuitenkin jo lähes saman verran edullisempaa. Myös kesähakkuissa on käytettävä juurikäävän torjuntaan harmaaorvakkaa tai ureaa. Tämän lisäksi kesähakkuissa kustannuksia nostaa ajourien havuttamisen tarve, jolla pyritään suojautumaan korjuuvaurioilta.

Tulevaisuudessa kerätyllä lumella peitettävien varastojen tekemiseen tulee vaikuttamaan ilmastonmuutos. Onko lunta Etelä-Suomessa riittävästi, jotta lumen kerääminen olisi kannattavaa? Lisäksi jos talvet lauhtuvat lyhenee myös lumivarastojen tekemiseen oleva aikakin. Mikäli varastojen tekeminen vaikeutuu tai niiden teko onnistuu ainoastaan Pohjois-Suomessa, on todennäköistä että silloin lumivarastoitavan puutavaran määrä romahtaa. Tällaisessa tapauksessa hakkuita tehtäisiin enemmän tuotantolaitoksien ehdoilla ja lisäksi kalliimpia tukkeja saatettaisiin ajaa enemmän kuituun.

LÄHTEET

Ylönen, Hannu Kuusikuitupuun lumivarastointi
http://www.upm.com/FI/TUOTTEET/Metsapalvelut/Ajankohtaista/Documents/Metsa_n_henki_1_11.pdf. Päivitetty 24.11.2011. Luettu 30.1.2012.

Pöntinen, Petri. 2011. Suomessa ei lasketella ilman tykkilunta - kuinka se syntyy?
<http://suomenkuvalehti.fi/jutut/kotimaa/suomessa-ei-lasketella-ilman-tykkilunta-kuinka-se-syntyy?> Päivitetty 24.11.2011. Luettu 30.1.2012.

Kopperoinen, Pekka 2012. Haastattelu 1.3.2012. puuhuoltopäällikkö koivutehtaat UPM Metsä.

STODAFOR 2005. State-of-the-Art paper LOG CONSERVATION

Uotila, Antti & Kankaanhuhta, Ville 2003. Metsätuhojen tunnistus ja torjunta. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

Kasanen, Risto 2009. Metsäpuiden sienitaudit.

Kärkkäinen, Matti 2007. Puun rakenne ja ominaisuudet. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

Hyvän metsänhoidon suositukset. 2007. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Helsinki: Lönnberg print.

Metsäliitto 2007. Building of Cold Storages Metsäliitto Osuuskunta, tehdasmitausyksikkö.

Metsäteho 2001a. Talvikaatoisen kuusikuitupuun kylmävarastointi. Helsinki: Käpylä Print Oy

Metsäteho 2001b. Wood quality preservation info pack: Economic significance of changes in wood quality. Helsinki: Käpylä Print Oy

Metsäteho 2004a. Puun laadun säilyttäminen. Helsinki: Käpylä Print Oy

Metsäteho 2004b. Wood quality preservation info pack: Wetting. Helsinki: Käpylä Print Oy

Metsäteho 2004c. Wood quality preservation info pack: Water storage. Helsinki: Käpylä Print Oy

Metsäteho 2004d. Kuusikuitupuun ja koivuvaneritukkien laadun säilyttäminen. Helsinki: Käpylä Print Oy

Metsäteho 2004e. Wood quality preservation info pack: Cold storage. Helsinki: Käpylä Print Oy

Metsäteho 2004d. Wood quality preservation info pack: Economic significance of changes in wood quality. Helsinki: Käpylä Print Oy

