

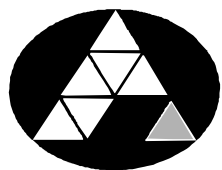
POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Metsä- ja puutalouden markkinoinnin koulutusohjelma

Mikko Puustinen

Tuorehalkaisu ennen kuivausta ja sen seuranta komponenttilaitok-
sella

Opinnäytetyö

Kevät 2011



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Helmikuu 2011
Metsä- ja puutalouden markkinoinnin
koulutusohjelma
Sirkkalantie 12 a
80100 JOENSUU
p. (013) 260 6900

Tekijä

Mikko Puustinen

Nimeke

Tuorehalkaisu ennen kuivausta ja sen seuranta komponenttilaitoksella

Toimeksiantaja

Stora Enso Wood Products oy, Uimaharjun saha

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, voidaanko tuorehalkaisun avulla parantaa tuotteen laatua, selvittää ongelmakohdat linjastolla sekä hankkia tarkempaa tietoa tuorehalkaisusta. Työn toimeksiantajana toimi Stora Enso Wood Products oy, Uimaharjun saha.

Työssä sahattiin kaksi koe-erää dimensioltaan 57x138 mm. Toinen eristä halkaistiin tuoreena Enon höyläämöllä ja toinen komponenttilinjastolla kuivauksen jälkeen. Eriä tutkittiin visuaalisesti, koneellisesti konenäön avulla sekä punnituskokein.

Opinnäytetyössä saatiin ennako-odotusten mukaisesti selville, että halkaistu sahatavara kuivuu tasaisemmin kuin halkaisematon. Komponenttilinjastolta löytyi ongelmakohtia, joita pienemmät dimensiot aiheuttavat. Halkaistu raaka-aine oli laadultaan parempaa mutta työteliäämpi työstää hyväksi ahioksi.

Opinnäytetyön tulosten perusteella yritys voi tehdä omat laskelmansa ja päätelmänsä kannattaako tuorehalkaisun kehittämiseen tulevaisuudessa investoida.

Kieli

suomi

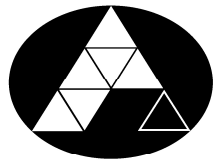
Sivuja 29

Liitteet 4

Liitesivumäärä 14

Asiasanat

tuorehalkaisu, kuivaus, sormijatkaminen



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
February 2011
Degree Programme in Forest Products
Marketing

Sirkkalankatu 12 a
FIN 80100 JOENSUU
FINLAND

Author(s)
Mikko Puustinen

Title
Fresh Splitting Before Drying and Its Follow- Up in Finger-Jointing Plant

Commissioned by
Stora Enso Wood Products Oy, Uimaharju Sawmill

Abstract

The aim of the thesis was to study if fresh splitting can improve the quality of product, to clarify problem points in the finger-jointing line and to get more accurate information on fresh splitting. The client of the thesis was Stora Enso Wood Products Oy, Uimaharju Sawmill.

In the work two trial lots of dimension x were sawed. One was split fresh at Eno Planing Mill and the other in the finger-jointing line after drying. Trial lots were examined visually, mechanically by machine vision and by weighing tests.

It was ascertained in the thesis, as expected, that split timber dries more evenly than the unsplit. During the study, problem points were found in the line that were caused by smaller dimensions. Split raw material was better in quality but harder to work with.

On the basis of the results of the thesis, the enterprise can make their own calculations and draw conclusions whether developing fresh splitting is worth investing in the future.

Language
Finnish

Pages 29
Appendices 4
Pages of Appendices 14

Keywords
fresh splitting, drying, finger-jointing

SISÄLTÖ	
TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
1 JOHDANTO	5
2 SAHATEOLLISUUS JA JATKOJALOSTUS.....	6
2.1 Sahatavaran valmistus	6
2.2 Sahauskoneistot.....	7
2.2.2 Kehäsahaus.....	7
2.2.3 Pyörösahaus.....	7
2.2.4 Moniteräpyörösahat	8
2.2.5 Vannesahaus.....	9
2.2.6 Pelkkahakkuri.....	9
2.3 Tuoreen sahatavaran käsittely	10
2.4 Sahatavaran kuivaus.....	10
2.4.1 Kuivausmenetelmät	12
2.4.2 Kuivausviat	14
2.5 Sormijatkaminen.....	15
3 TYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET	17
4 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	17
5 TULOKSET	19
5.1 Woodeye tiedot	22
6 TULOSTEN TARKASTELU	23
6.1 Woodeye tiedot	24
6.2 Käytännön testit.....	25
7 YHTEENVETO.....	27
LÄHTEET.....	29
LIITTEET.....	0

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Stora Enso Wood Products oy. Yritys valmistaa sahatavaraa, sahatavaran jatkojalosteita sekä tuotannossa syntyviä sivutuotteita. Stora Enso Wood Products Uimaharjussa valmistaa sahatavaraa, sormijatkettuja komponentteja sekä lämpöpuuta. Uimaharjun saha käyttää raaka-aineenaan mäntyä, jonka hankinnasta vastaa Stora Enso Metsä. Sahan vuosituotanto on n. 300 000 m³ sahatavaraa sekä 40 000 m³ jatkojalosteita. Saha työllistää noin 120 työntekijää.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voidaanko tuorehalkaisun avulla saada kustannussäästöjä sekä antaa tuotteelle lisäarvoa. Opinnäytetyössä tehtiin perustutkimus tuorehalkaisun eduista ja mahdollisista ongelmakohtista nykyisellä linjastolla. Tutkimuksen kautta toimeksiantaja saa tarvitsemaansa lisätietoa tuorehalkaisusta.

Opinnäytetyön aihe on lähtenyt toimeksiantajan aloitteesta ja tarpeesta tutkia tuorehalkaisua. Uimaharjun sahalla haluttiin tutkia mahdollisuutta parantaa tuotteen laatua sekä hakea kustannussäästöjä erilaisen prosessin kautta. Opinnäytetyö antaa myös muille Stora Enson komponenttilaitoksille mahdollisuuden hyödyntää tutkimuksen tuloksia.

2 SAHATEOLLISUUS JA JATKOJALOSTUS

Suomessa on valmistettu teollisesti sahatavaraa jo 1500-luvulta saakka. Sahateollisuus on ollut perinteinen vientiala. Vuonna 1930 sahatteollisuuden vienti on ollut 25–30 % koko suomen viennistä, josta se on laskenut nykyiseen 3 %. Tärkeitä vientimaita suomelle ovat EU-maat, erityisesti Iso-Britannia. (Sipi 2002, 19.) Suomi on maailman 10 suurin havusahatavaran tuottaja ja Euroopan neljänneksi suurin. Suomessa valmistettiin vuonna 2009 havusahatavaraa noin 8 miljoonaa kuutiota. Vuonna 2010 sahatavaran valmistus kasvaa arviolta 10 miljoonaan kuutioon. (Metsäteollisuus ry, 2010.)

2.1 Sahatavaran valmistus

Sahatavaran valmistus on nykyään melkein samantyyppistä jokaisella suurella sahalla. Sahatavaran valmistus alkaa tukkien kuorinnalla. Kuorinnan tarkoitus on poistaa kuori mahdollisimman pienellä puuhävikillä. Kuorinta suoritetaan, koska sahauksen sivutuotteena syntyvän hakkeen sekaan ei saa joutua kuorta sekä mahdolliset epäpuhtaudet poistuvat kuoren mukana. (Sipi 2002, 53.)

Tukit lajitellaan laadun sekä latvaläpimitan mukaan. Tukkiluokat ovat jokaisella sahalla omansa riippuen puulajista, sahausmenetelmästä ja tarvittavasta dimensiosta. Tukkiluokat voivat olla tasaiset tai epätasaiset. Epätasaisilla tukkiluokilla saadaan yleensä parempi tuotto tukeista. Tukkien laatulajittelu suoritetaan nykyisin röntgenin avulla entisen visuaalisen lajittelun sijaan. Röntgenlajittelu antaa tarkan tiedon tukista, jolloin se on mahdollista ohjata tiettyyn käyttötarkoitukseen. (Ojanperä 2007.)

Tukkien sahauksen tavoitteena on saada mahdollisimman paljon korkealaatuisia sahatavarakappaleita. Sahatavaralla on yleiset mitat, minkä lisäksi sahoilla voidaan sahata asiakaskohtaisia dimensioita. Jatkojalostukseen tulevat dimensiot ovat yleensä sahattu omista tukkiluokistaan sekä omiin dimensioihinsa huonon välttämiseksi. Tukit sahataan sahalaitoksella tuoremittoihin, joissa on di-

mensiosta riippuen kuivausvaraa puun kutistumisen takia. (Sipi 2002, 67–69.)

2.2 Sahauskoneistot

Yleisimmät sahausperiaatteet ovat skandinaavinen ja pohjoisamerikkalainen. Suomessa käytetään yleisesti skandinaavista sahausta sekä pienemmillä sahoilla myös jonkin verran läpisahausta. Skandinaavisessa sahaustavassa tukki sahataan sen keskilinjan mukaan kun taas pohjoisamerikkalaisessa tavassa tukki sahataan pinnan mukaan. (Sipi 2002, 70.)

Sahalaitoksissa käytössä olevat koneistot riippuvat laitoksen koosta. Sahauskoneistoissa perinteisimmät tavat ovat kesä-, pyörö- ja vannesahaus. Nykyisillä suursahoilla vannesahaus yhdistettynä pelkkahakkuriin on yleisin käytössä oleva metodi. Tämän tavan etuna on suuri sahausnopeus sekä nopea asetteen vaihto. (Sipi 2002, 74–75.)

2.2.2 Kehäsahaus

Kehäsahauksessa tukki sahataan pystysuunnassa liikkuvan teräkehyksen avulla. Sahatavaran asete määritetään kehäsahassa välipaloilla, jotka sijaitsevat terien välissä. Asete kootaan valmiiksi teräkehykseen ja sen vaihtaminen on yleensä melko työlästä. Sahaus tapahtuu terien mennessä alaspäin, joten syötönnopeutta ei voida kovin korkeaksi ilman että sahatavaran laatu kärsisi. (Sipi 2002, 75–77.)

2.2.3 Pyörösahaus

Yksiteräinen pyörösahaus on perinteinen kenttäsaheiden käyttämä menetelmä. Se on periaatteiltaan yksinkertainen ja halpa. Siinä sahattavaa kappaletta kier

rätetään samalla koneella edestakaisin, kunnes tukki on sahattu. Tämän tyyppiä sahakoneistoja käyttävät yleensä kenttäsaHurit. (Sipi 2002, 79.)

2.2.4 Moniteräpyörösahat

Useampien kappaleiden yhtäaikaiseen sahaukseen on kehitetty erilaisia moniteräisiä pyörösahoja. Näitä sahausjärjestelmiä löytyy kiinteäteräisiä 1- ja 2- akselisia sekä liikkuväteräisiä moniteräpyörösahoja. (Sipi 2002, 80.)

Kiinteäasetteisessä 1-akselisessa sahasa terät ovat suuria ja terät pyörivät akselilla teräohjainten varassa. Teräohjainten avulla voidaan parantaa sahatavaran mittatarkkuutta ja käyttää ohuempia teriä. Asete tehdään kiinteiden väli renkaiden avulla. Syöttönopeus 1-akselisilla sahoilla on 30–120 m/s. Pyörösaha soveltuu parhaiten pelkkahakkurin kanssa pienten sekä keskisuurten tukkien sahaukseen. (Sipi 2002, 80–81.)

Kiinteäasetteisessä 2-akselisessa on kaksi teräpakkaa, ala- ja yläakseli. Molemmissa akselissa on sama määrä teriä. Sahauskorkeus on näillä terillä pieni, jolloin teräohjaimia ei tarvita. Terät pyörivät vastakkaiseen suuntaan verrattuna sahatavaran syöttösuuntaan, jotta terien saumakohtaan ei synny porrastusta. Asete kootaan valmiiksi erilliselle teräpakalle, jolloin asetteen vaihto on melko nopeaa. Syöttönopeus on 50–160 m/s riippuen terien määrästä, pelkan korkeudesta ja sahattavien kappaleiden korkeudesta. (Sipi 2002, 81.)

Liikkuväteräisessä pyörösahassa jokaisen terän asento on mahdollista säätää erikseen jokaiselle leikkuulle. Teriä ohjataan servojärjestelmällä akselilta, jolloin asete on vaihdettavissa nappia painamalla. Osa teristä voi myös olla kiinteitä teriä. Nämä sahat voivat olla 1-, 2- tai 3-akselisia. (Sipi 2002, 82.)

2.2.5 Vannesahaus

Vannesahat jaetaan kahteen päätyyppiin, pystysuoriin ja vaakasuoriin. Vannesahan terä muodostuu teränauhasta, jonka toinen reuna on hammastettu. Terä on päätön, nauhamainen, melko kapea ja ohut. Terä kiertää jatkuvasti kahta teräpyörää tasaisella nopeudella ja sahauskulmalla. (Sipi 2002, 82.)

Pohjoismaissa käytetään pystysuoria vannesahalinjoja, joita on mahdollista sijoittaa useampia samaan ryhmään. Pystysuorissa vannesahalinjoissa leikkuusuunta on ylhäältä alaspäin. Pystysuorassa vannesahalinjassa alapyörä on voiman välittäjä terään. Yläpyörää voidaan kallistaa, laskea ja nostaa. Yläpyörällä terä säädetään oikeaan jännitykseen ja sahauskulmaan. Vannesahan teho riippuu näiden pyörien halkaisijasta. Vannesahalinjan nopeus vaihtelee välillä 30–90 m/min. Terää ohjataan teräohjaimilla, joita on joko yksi tai kaksipuolisia. Teräohjaimilla haetaan hyvää sahaustarkkuutta. (Sipi 2002, 83.)

Tukkivannesahan terät ovat yleensä 180 mm, tavallisesti 230 mm ja halkaisuvannesahan terän leveys on 75–180 mm. Terän paksuus on tukkivannesahalla 1,2–1,6 mm ja halkaisuvannesahalla 0,9–1,2 mm. Terän paksuus vaikuttaa sahatavaran hukkaan. Terän paksuus onkin kompromissi sahatavaran hukan ja syöttönopeuden välillä. Vannesahan asete on mahdollista tehdä jokaiselle tukille erikseen. Asete tehdään joko siirtämällä sahakoneistoa tai siirtämällä syöttölaitetta ja samalla tukkia pois sahan keskilinjasta. Asetteen muutto on täysin automatisoitu. Asete tehdään yleensä samalle tukkiluokalle, jonka jälkeen sitä muutetaan. (Sipi 2002, 84–85.)

2.2.6 Pelkkahakkuri

Pelkkahakkuria käytetään sahoilla pelkan tekemiseen. Pelkkahakkurilla haketaan tukin kaksi vastakkaista sivua, jotta saadaan kaksi sahapintaa. Hakettamisella vältetään hankalalta pintojen käsittelyltä. Pelkkahakkurin syöttönopeudet ovat yleensä suuria, joten ne eivät rajoita sahalinjan nopeutta. (Sipi 2002, 85–86.)

2.3 Tuoreen sahatavaran käsittely

Tuoreen sahatavaran käsittelyllä tarkoitetaan toimenpiteitä ennen kuivausta. Siihen sisältyvät dimensio- ja tuorelajittelu sekä rimoitus. Lajittelu sisältää yleensä sahatavaran esitasauksen sekä lajittelun lokeroihin laadun ja dimension mukaan. (Sipi 2002, 103.)

Sahausprosessissa sydäntavara ja sivulaudat erotellaan toisistaan. Sydäntavara lajitellaan yleensä suoraan omiin sydäntavaralokeroihinsa. Pintalaudat laatu lajitellaan ennen kuivausta sekä niille suoritetaan esitasaus latvapäästä. Esitasauksen tarkoituksena on poistaa vajaasärmä tuoreena, jolloin saadaan parempilaatuista haketta. (Sipi 2002, 103.)

Sahatavara lajitellaan dimension mukaan, koska kuivauksen onnistumisen kannalta on tärkeää, että kuivauskuorma on samaa dimensiota. Laatulajittelulla ennen kuivausta haetaan sitä, että huonolaatuisemmat sahatavarakappaleet voidaan kuivata nopeammin ja hyvälaatuiset hitaammin. Laatulajittelu mahdollistaa myös kuivauksen suoraan lopulliseen käyttökoosteuteen. (Sipi 2002, 103–104.)

Sahatavaran rimoituksen tarkoituksena on saada aikaan hallittu ja tasainen ilmankierto kuivattavassa sahatavarassa. Sahatavarakuorma muodostuu samaa dimensiota olevista kerroksista sekä niiden väliin tulevista välirimoista. Sahatavara kuorman molemmat päät tasataan siten, että joka toisen laudan pää tulee toiseen päähän kuormaa ja toinen pää toiseen päähän. Välirimojen tulee olla puhtaita ja ehjiä. Rimat asetetaan koko kuorman ajan samalle kohdalle ja niiden etäisyys toisistaan on noin 40–80 cm. (Sipi 2002, 108–109.)

2.4 Sahatavaran kuivaus

Sahatavaran kuivauksella tarkoitetaan raaka-aineen kosteuden alentamista tiettyyn kosteussuhteeseen. Kuivauksen tavoitteena on parantaa sahatavaran käytettävyyttä, säilyvyyttä ja ominaisuuksia. Puun kosteussuhde vaikuttaa puun ominaisuuksiin olennaisesti, kuten lujuuteen, jäykkyyteen, työstettävyyteen ja

liimattavuuteen. Alle 20 % kosteussuhteessa sinistäjä sienet ja homesienet eivät voi enää elää, kuivaaminen parantaa puun säilyvyyttä. Puu on hygroskooppinen aine, joka pyrkii asettumaan ympäröivään kosteuteen ja lämpötilaan (Sipi 2002, 113.)

Puu tarvitsee vettä elintoimintoihinsa. Vettä esiintyy puun soluissa sekä vapaana että soluseinämiin sitoutuneena. Ensimmäisenä puusta poistuu sen kuivaessa vapaa vesi. Kun vapaa vesi on poistunut puun soluonteloista, mutta soluseinämissä on maksimimäärä vettä, kutsutaan tätä tilaa puun syiden kyllästymispisteeksi (PSK). Tässä tilassa puu suhteellinen kosteus on noin 28–32 % riippuen puulajista ja lämpötilassa. Kosteuden laskiessa tämän alle puun kutistumaan alkaa. (Sipi 2002, 114.)

Puun kuivauksessa on tärkeää ottaa huomioon sen kutistuminen tuoremitoista kuivamittoihin. Kutistuminen vaihtelee suuresti riippuen puulajista. Puu kutistuu myös puun eri suunnissa eri tavoin. Kutistuminen on suurinta tangentin eli vuosirenkaan suunnassa joka vaihtelee välillä 5-12 %. Pituussuunnassa puun kutistuminen on vähäisintä eli noin 0,1-0,3 %. (Sipi 2002, 116–117.)

Puun kuivamiseen vaikuttavat monet tekijät. Kuivausta voidaan nopeuttaa nostamalla kuivausilman lämpötilaa tai alentamalla ilman suhteellista kosteutta. Molemmissa on kuitenkin ongelmansa, sillä jos kuivauslämpötila on liian suuri voi se aiheuttaa halkeamia sahatavaraan. Lämpötilan lasku taas hidastaa kuivausta, jolloin kuivauskustannukset nousevat. (Sipi 2002, 118–119.)

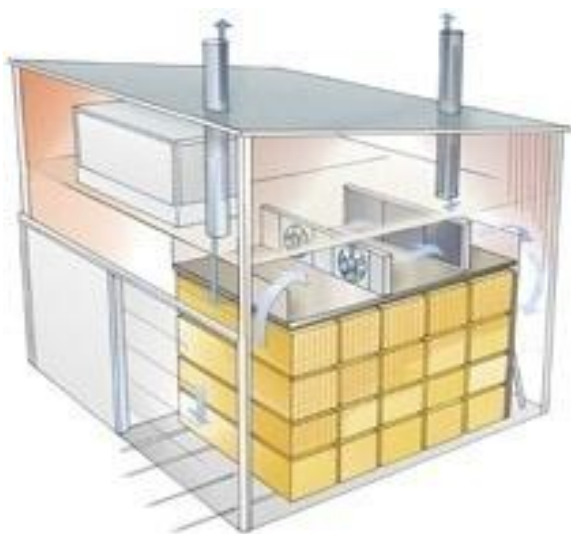
Oikeanlainen kuivauskaava on tärkein asia onnistuneelle kuivaukselle. Oikeanlaiset kuivauskaavat opitaan yleensä kokeilemalla ja kokemusten kautta. Nykyisillä sahoilla on myös tietokone ohjelmia, joilla oikeanlaista kuivauskaavaa voidaan mallintaa. Vesi täytyy saada siirtymään puun sisäosista yhtä nopeasti pintaan kohti kuin veden haihtumisnopeus on puun pinnalta. Jos tässä ei onnistuta syntyy helposti pintakovuutta ja muita kuivausvikoja. Kuivauskaavaa säädetään ilman- lämpötilalla, kosteudella sekä ilmankierrolla. Ilmankiertoa käytetään kuljettamaan kosteaa ilmaa pois puusta. Ilman kierron nopeudella on myös vaiku

tusta kuivamiseen, jotta kuivauskuormaan ei synny märkäpesäkkeitä. (Sipi 2002, 129–130.)

2.4.1 Kuivausmenetelmät

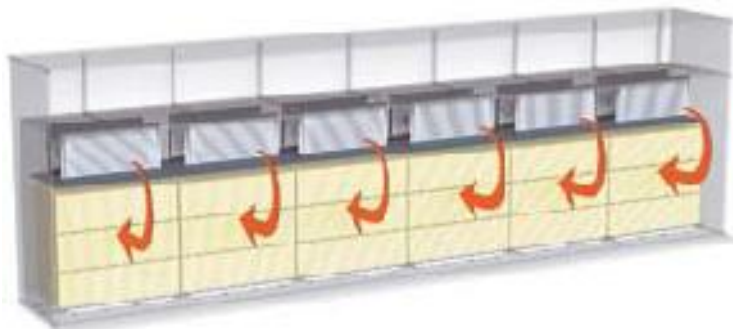
Nykyisin lähes kaikki sahatavara kuivataan keinokuivauksena eli koneellisesti lämmön ja puhaltimien avulla. Yleisimmät kuivaamotyypit ovat kamarikuivaamo, joka täytetään kerralla, ja kanavakuivaamo, joka on jatkuvatoiminen. Kanavakuivaamot voidaan jakaa ilmakierron suhteen poikittaisiin ja pitkittäisiin kuivaamoihin. Kamarikuivaamon etuina ovat alemmat kosteusprosentit sekä paremmin hallittavissa olevat kuivausprosessi. Kanavakuivaamo sopii taas kapasiteettinsa puolesta paremmin lautojen ja soirojen kuivaukseen, kun halutaan päästä 16–18:n % loppukosteuteen. (Sipi 2002, 123–127.)

Kamarikuivaamoissa olosuhteet pyritään pitämään mahdollisimman tasaisina kamarin eri osissa. Ilmankierto on yleensä poikittain kuormaa kohden, ja ilman kiertosuuntaa vaihdetaan 2-4 tunnin välein tasaisen kuivamisen aikaansaamiseksi. Kuivuminen saadaan aikaan lämmittämällä lämpöpattereita kamarissa kiertävää ilmaa. Kuivamista säädelään tarkkailemalla kuiva- ja märkälämpötilaa antureilla sekä muuttamalla näiden perusteella olosuhteita kuivaamossa. (Sipi 2002, 125.)



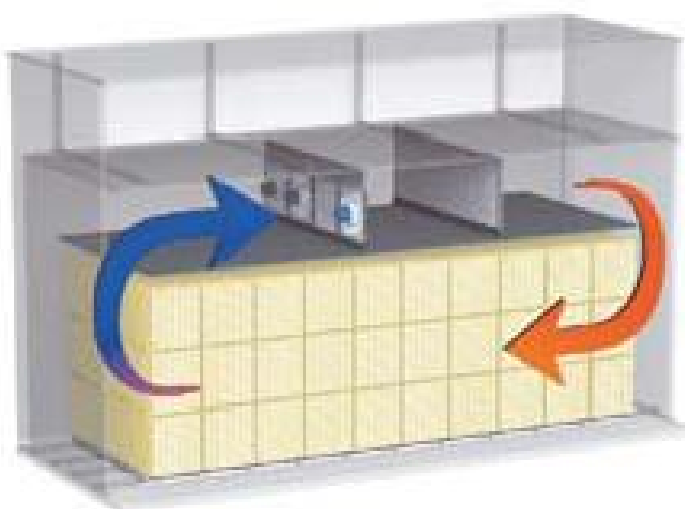
Kuva 1. Kamarikuivaamo. (Valutec 2010.)

Poikittaisella ilmankierrolla toimivassa kanavakuivaamossa lastit ovat pitkittäin kanavaan nähden. Tämä kuivaamo on periaatteessa sarja kamarikuivaamoita peräkkäin. Sen eri vyöhykkeitä ei kuitenkaan ole mahdollista säätää yhtä tarkasti kuin kamarissa, koska ilma pääsee sekoittumaan eri vyöhykkeissä. Poikittainen kanavakuivaamo on kallis sekä vaikea säätää. (Sipi 2002, 125–126.)



Kuva 2. Poikittaisella ilmankierrolla varustettu kanavakuivaamo. (Valutec 2010.)

Pitkittäisellä ilmankierrolla varustetuissa kanavakuivaamoissa lastit ovat poikittain kanavaan nähden. Tässä kuivaamossa ainoastaan viimeisen vaiheen olosuhteet ovat säädettävissä ja muuta vaiheet säätyvät kanavan pituuden, ilmanopeuden, siirtonopeuden ja sahatavaran koon mukaan. Tämä kuivaamotyyppi on suosituin isoissa sahalaitoksissa. (Sipi 2002, 126–127.)



Kuva 3. Pitkittäisellä ilmankierrolla varustettu kanavakuivaamo. (Valutec 2010.)

Kanavakuivaamot ovat jatkuvatoimisia eli toiseen päähän lisätään 1-2 märkää lastia ja toisesta päästä otetaan 1-2 kuivaa lastia pois. Kanavakuivaamoissa kuivausprosessi keskeytyy vain lastien lastauksen ajaksi. Kanavakuivaamot ovat yleensä lähes täysin automatisoituja. (Sipi 2002, 124–126)

2.4.2 Kuivausviat

Pintakovuus syntyy sahatavaran kuivauksen alkuvaiheessa johtuen puun pinnan liian nopeasta kuivamisesta verrattuna kappaleen sisäosiin. Tämä voi aiheuttaa kappaleen pintaan muodonmuutoksia. Pintakovuuden syntyyn vaikuttavat ilmankierron nopeus sekä ilman suhteellinen kosteus. Tätä voidaan estää höyryttämällä sahatavaraa ennen kuivausta. Voimakas pintakovuus aiheuttaa myös halkeamia. (Sipi 2002, 131.)

Halkeamat ovat suurin ongelma sahatavaran kuivauksessa ja johtavat sahatavaran laadun ja hinnan alenemiseen. Ne ovat varsinkin jatkojalostuksen kannalta haitallisia, koska tällöin kaikkia osia puusta ei voida hyödyntää. Sahatavaran paksuus vaikuttaa siihen, kuinka paljon halkeamia syntyy, eli mitä paksumpaa sahatavara on sitä, enemmän halkeamia. (Sipi 2002, 131–132.)

Kosteusgradientti tarkoittaa sahatavaran pinta- ja keskiosan välistä kosteuseroa. Tasainen kosteusgradientti on tärkeää varsinkin jatkojalostuksen kannalta. Epätasaiseen loppukosteuteen voi olla monia syitä kuten epätasainen alkukosteus sekä huono ilmankierto. (Sipi 2002, 134.)

Muodonmuutosviat puun sisällä eli vinosyisyys ja lily voivat johtaa kappaleen kieroutumiseen ja vääntymiseen. Tämä aiheuttaa syrjä ja lapevääräyttä. Huolellisella kuivauskuorman teolla voidaan vaikuttaa huomattavasti kuivauksen laatuun. (Sipi 2002, 132–133.)

2.5 Sormijatkaminen

Sormijatkos on liitos, jossa kiilamuotoiset sormet puristetaan toisiinsa kiinni liiman ja puristuspaineen avulla.



Kuva 4. Sormiliitos.

Sormijatkaminen voidaan jakaa kahteen kategoriaan: rakennesahatavaran jatkaminen sekä huonekalu- ja puusepänteollisuuteen raaka-aineeksi tulevan puun jatkaminen. Rakennesahatavaran jatkamisessa tärkeintä on saavutettu lujuus, kun taas huonekalu- ja puusepänteollisuudessa tuotteen ulkonäkö vaikuttaa enemmän. (Kananen 2004, 10.)

Rakennesahatavaran jatkaminen on standardisoitua ja näissä standardeissa on määritelty käytettävä liitostyyppi, liima ja tarkastustoimenpiteet. Rakennesahatavaran jatkamisessa käytetään yleensä normaaleja sahatavaradimensioita, jolloin muussa tuotannossa syntyvät hukkapalat voidaan hakettamisen sijaan käyttää hyödyksi. (Kananen 2004, 10.) Jatkettava sahatavara lajitellaan joko visuaalisesti tai koneellisesti. Standardeissa on määritelty raaka-aine vaatimukset, joita sormijatketululta rakennesahatavaralta vaaditaan. Raaka-aineen laatu vaikuttaa suoraan valmiiseen tuotteeseen ja yleensä virheet raaka-aineen suhteen tulevat myöhemmin esiin. Yksikin huono liitos voi pilata koko valmiin kappaleen. (Kananen 2004, 36.)

Huonekalu- ja puusepänteollisuuteen raaka-aineeksi valmistettavissa kappaleissa lujuutta tärkeämmäksi voi nousta ulkonäkö, maalattavuus, tasainen syy-

rakenne, oksattomuus ja tasainen laatu. Nämä tuotteet eivät ole niin tarkoin kontrolloituja kuin rakennesahatavara. Tuotteet valmistetaan yleensä asiakas-kohtaisilla dimensioilla ja laatuvaatimuksilla. Mahdolliset rajat ajettaville tuotteille antavat vain käytössä olevan laitteiston rajoitukset. Tuotteen hinta nousee tästä syystä huomattavasti kalliimmaksi verrattuna normaaliin sahatavaraan.

Sormijatkosprosessi koostuu tavallisesti aihion katkaisusta, sormien jyrinnästä, liiman levityksestä sormiin, aihoiden puristamisesta yhteen ja valmiin kappaleen kuivumisajasta. (Kananen 2004, 22.) Lisäksi varsinkin huonekalu- ja puusepänteollisuudessa apuna käytetään konenäköä, joka määrittelee katkaisusahoille sahauspisteet, jolloin saadaan tasalaatuista raaka-ainetta jatkettavaksi. Tämä työvaihe on tarpeellinen varsinkin kun halutaan oksatonta ja muuten virheetöntä lopputuotetta. Tämän lisäksi kappaleet on kuitenkin hyvä tarkastaa lisäksi visuaalisesti virheiden varalta.

Sormijatkaminen on erilaisista liitostyypeistä lujin. Sormijatkamisella saavutettavat lujuusarvot vastaavat lähes ehjää puuta vastaavia arvoja. Muita puun jatkamiseen käytettäviä liitostyyppisiä ovat puskuliitos ja vinojatkos. Näissä liitostyypeissä lujuusarvot eivät kuitenkaan vastaa lähellekään ehjän puun lujuuksia. Näitä käytetäänkin lähinnä vain kohteissa, joissa vain tuotteen ulkonäöllä on merkitystä. Sormijatkamisessa on käytössä monia erilaisia liitostyyppisiä ja niillä kaikilla on erilaisia ominaisuuksia. Erilaisilla sormityypeillä voidaan vaikuttaa tuotteen lujuuteen sekä siihen kuinka paljon raaka-aine hävikkiä syntyy sormien työstön yhteydessä.

Sormijatkamisella voidaan valmistaa tuotteita, joita normaalissa sahateollisuudessa ei ole järkevää tuottaa. Hyvän tyvitukin saatavuus ongelmia voidaankin korvata sormijatkamisen avulla.

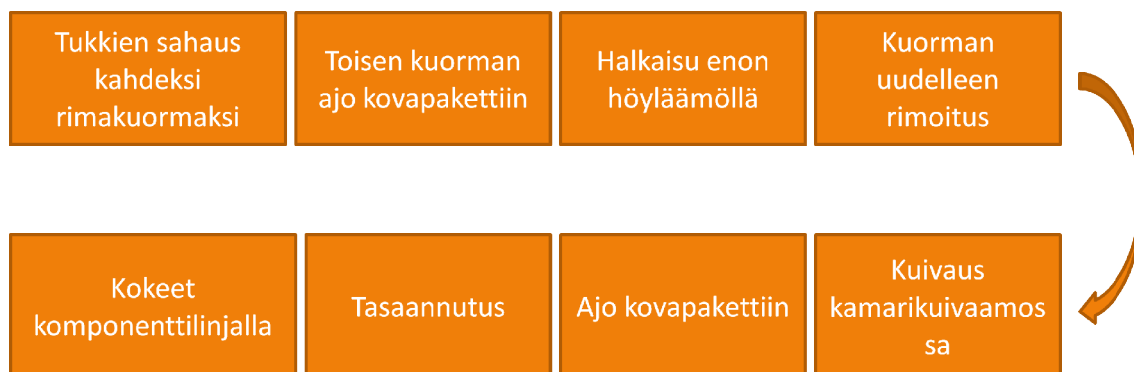
3 TYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia tuorehalkaisua vaihtoehtona nykyiselle toimintamallille, jossa sahatavara halkaistaan kuivauksen jälkeen Uimaharjun sahan komponenttilaitoksella. Tutkimuksen avulla yritys voi selvittää, onko tuorehalkaisu taloudellisesti kannattavaa ja voidaanko sen avulla saada lisäarvoa tuotteelle.

Tutkimuksessa tulevat selville myös mahdolliset ”pullonkaulat” nykyisessä linjastossa, jotka voisivat estää uudenlaisen tuotantoprosessin käyttöönoton. Opinnäytetyössä tutkitaan tuotteen laatua, suoruutta, kuivauksen onnistumista sekä mahdollisia kustannussäästöjä. Tutkimuksessa syntyvät tulokset ovat toimeksiantajan kannalta tärkeää tietoa, joten tarkat tulokset ovat piilotettu lopullisessa työssä.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

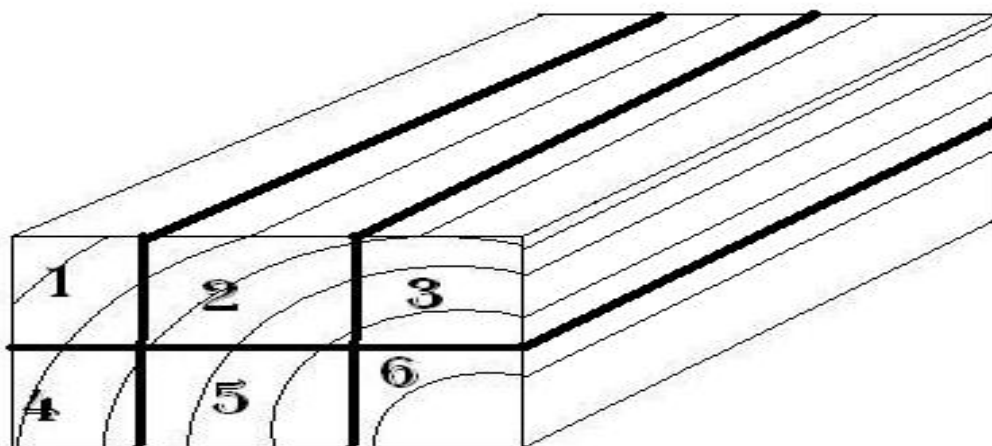
Aineisto kerättiin Uimaharjun sahan käyttämistä mäntytukeista, jotka sahattiin sahan vannesahalinjalla dimensioon x. Erät sahattiin samasta tukkiluokasta 19.11.2010, jonka jälkeen toinen kuivauskuorma ajettiin tasaamalla kovapakettiin ja odottamaan kuljetusta halkaisuun. Halkaisu tapahtui alihankintana Enon höyläämöllä 23.11.2010. Halkaisun jälkeen sahatavara kuljetettiin takaisin Uimaharjun sahalle, jossa erä rimoitettiin 24.11.2010. Kuivaamoon erät laitettiin 27.11.2010 ja erät sijoitettiin keskimmäisiksi kamarikuivaamoon, johon mahtuu 4 rimakuormaa. Puut kuivattiin dimension x kuivauskaavalla vertailtavuuden takia. Tämän jälkeen erät ajettiin tasaamosta läpi. Molemmat erät ajettiin kovapakettiin, minkä jälkeen erien annettiin tasaantua kaksi viikkoa ilmastoidussa hallissa.



Kuva 5. Työjärjestys.

Uimaharjun sormijatkoslinjasto on suunniteltu siten että sillä jatketaan melko pieniä dimensioita pääasiassa ikkuna- ja oviteollisuuden käyttöön. Tuotteet valmistetaan tilauksesta. Ne valmistetaan asiakkaan vaatimusten mukaan, kuten dimensio, laatu ja vuosikasvun maksimikasvu voidaan ilmoittaa tilauksessa. Linjasto on valmistunut vuonna 2007 ja sillä työskennellään kahdessa vuorossa. Siellä työskentelee jatkuvasti kuusi henkeä, joiden lisäksi päivävuorossa on teräsmies ja laatuvaastava.

Komponenttilinjalla suoritetuissa kokeissa tutkittiin visuaalisesti höyläyksen jälkeistä suoruutta. Kokeet suoritettiin 27.12.2010 komponenttilinjalla. Konenäön avulla kappaleista katsottiin saanto ja sitä kautta saatiin myös eri viat, jonka takia kappaleita joutui hakkuriin. Tämän lisäksi kappaleista tutkittiin satunnaisin otoksin läpi erien kosteutta ja kosteusgradienttia. Kuivauskuormat kuivattiin tavoitekosteuteen $x\%$. Molemmista eristä otettiin 50 koekappaletta. Kappaleet sahattiin puoliksi, toisesta päästä otettiin kosteus ja toisesta päästä kosteusgradientti. Kosteusgradientti kappaleet halkaistiin 6 osaan, jotta voitiin tutkia puun eri osien kosteutta. Nämä valmistettiin halkaisemalla puukolla, koska parempaa työvälinettä ei ollut saatavilla. Kosteusgradientti kappaleita tehtiin 300 kappaletta erää kohti. Otoksen suuruus oli noin 5% raaka-aine kappaleista.



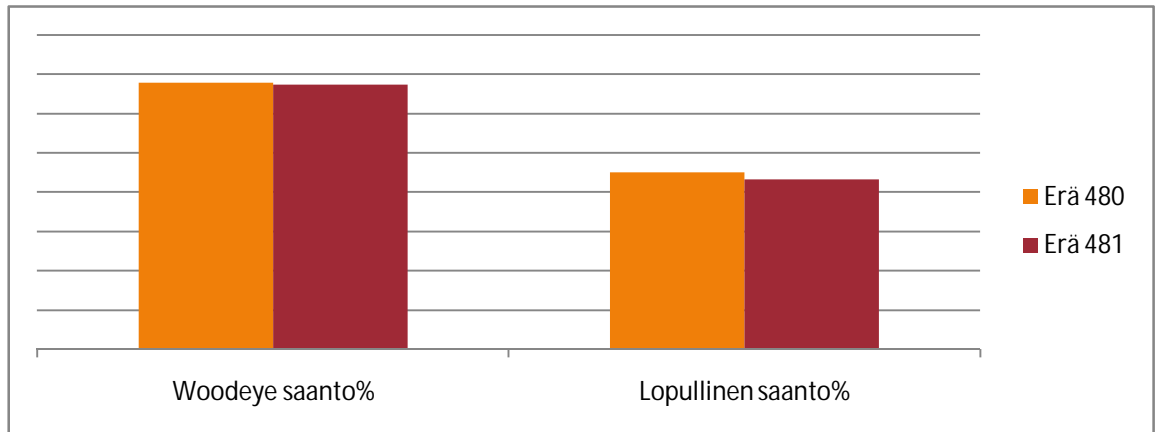
Kuva 6. Kosteusgradientkappaleet.

Raaka-aineen muodonmuutosta tutkittiin visuaalisesti. Muodonmuutoksen kriteerit täytyivät jos syrjäväyryys oli enemmän kuin $x \text{ mm} / 1000 \text{ mm}$ tai lapeväyryys $x \text{ mm} / 1000 \text{ mm}$ tai syrjäväyryys + lapeväyryys yhteensä $x \text{ mm} / 1000 \text{ mm}$.

Koekappaleiden kosteusprosentti saatiin mittaamalla niiden alkupaino kokeiden jälkeen ja kuivaamalla kappaleita noin vuorokauden ajan $103 \text{ celsiusasteessa}$. Kappaleiden ollessa absoluuttisen kuivia ne punnittiin uudelleen, ja näiden lukujen avulla laskettiin kosteussuhde. Kappaleet punnittiin sadasosagramman tarkkuudella, jotta tuloksista saatiin tarpeeksi tarkkoja. Koekappaleiden tulokset löytyvät liitteistä.

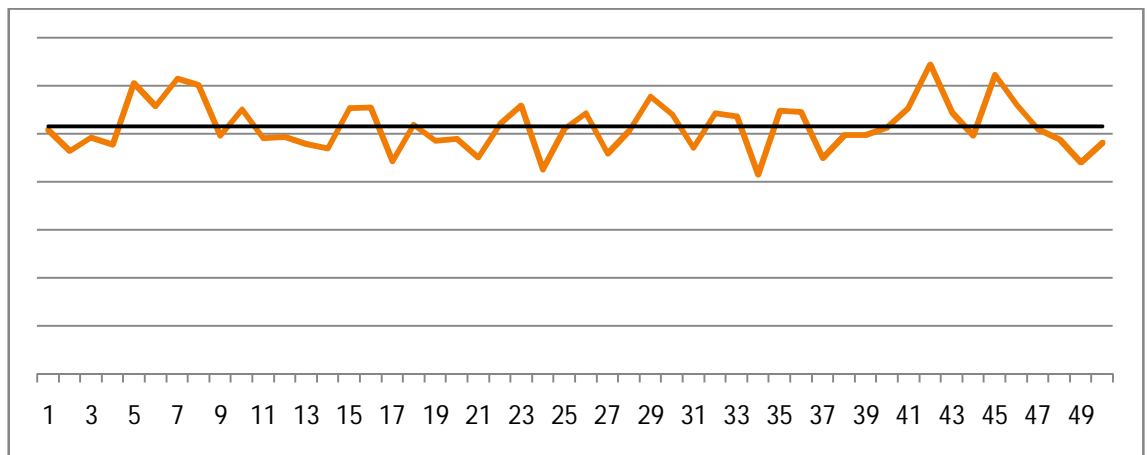
5 TULOKSET

Koe-erien koot olivat $13,24 \text{ m}^3$ erällä 480 ja $11,81 \text{ m}^3$ erällä 481. Lopullista tuotetta eristä saatiin $x \text{ m}^3$ ja $x \text{ m}^3$. Woodeye konenäön määrittämät saantoprosentit taas olivat erällä 480 $x \%$ ja erällä 481 $x \%$. Lopulliseksi saantoprosentiksi saatiin erällä 480 $x \%$ ja erällä 481 $x \%$.



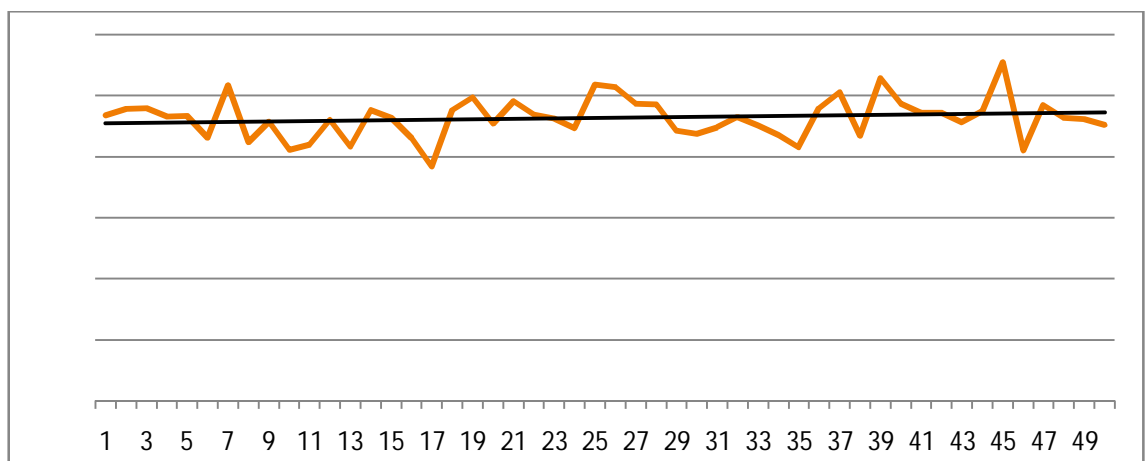
Kuvio 1. Saantoprosentit.

Erän 480 keskiarvo kosteus oli x % ja hajonta x %.



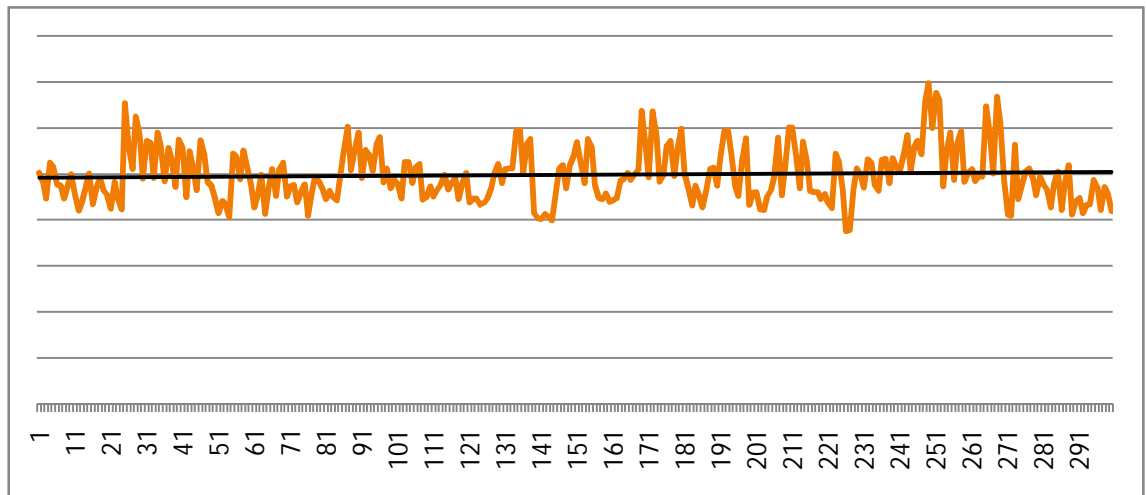
Kuvio 2. Erän 480 kosteusprosentti ja keskiarvo.

Erän 481 keskiarvo kosteus oli x % ja hajonta x %.



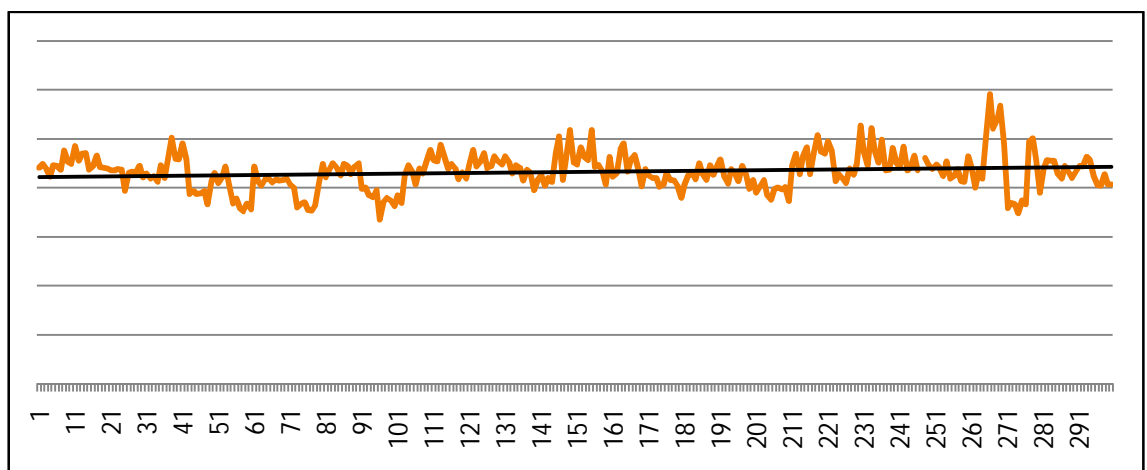
Kuvio 3. Erän 481 kosteusprosentti ja keskiarvo.

Erän 480 kaikkien kosteusgradientkappaleiden keskiarvokosteus oli x % ja hajonta x %. Jokaisen kuuden sarjan keskiarvokosteus oli x % ja hajonta x %. Jokaisen kuuden sarjan keskihajonnan keskiarvo oli x %.



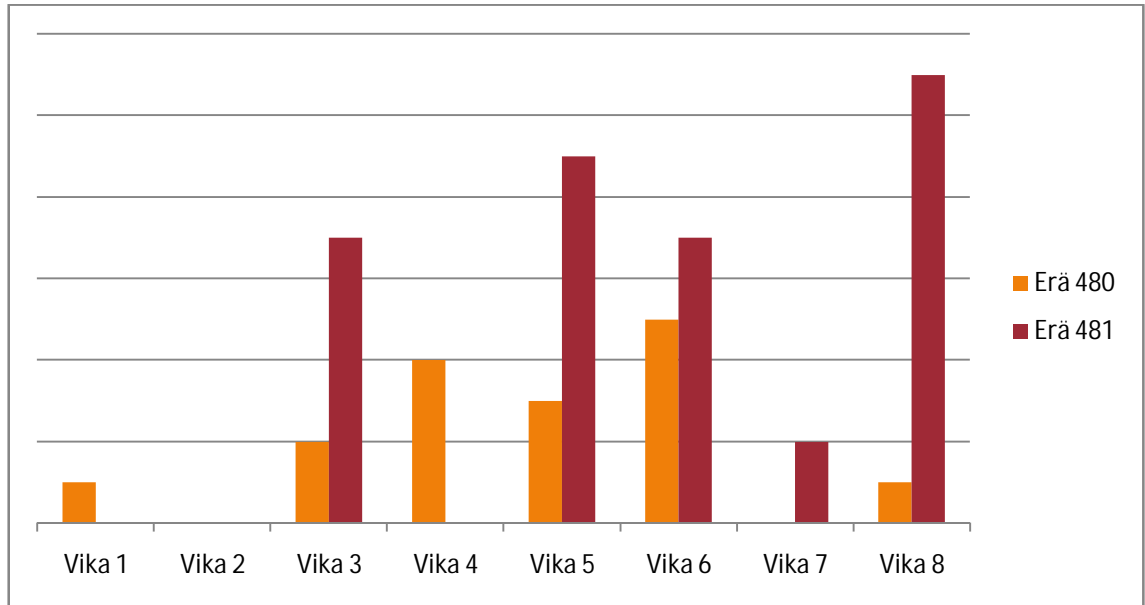
Kuvio 4. Erän 480 kosteusgradient ja keskiarvo.

Erän 481 kaikkien kosteusgradientkappaleiden keskiarvokosteus oli x % ja hajonta x %. Jokaisen kuuden sarjan keskiarvokosteus oli x % ja hajonta x %. Jokaisen kuuden sarjan keskihajonnan keskiarvo oli x %.



Kuvio 5. Erän 481 kosteusgradient ja keskiarvo.

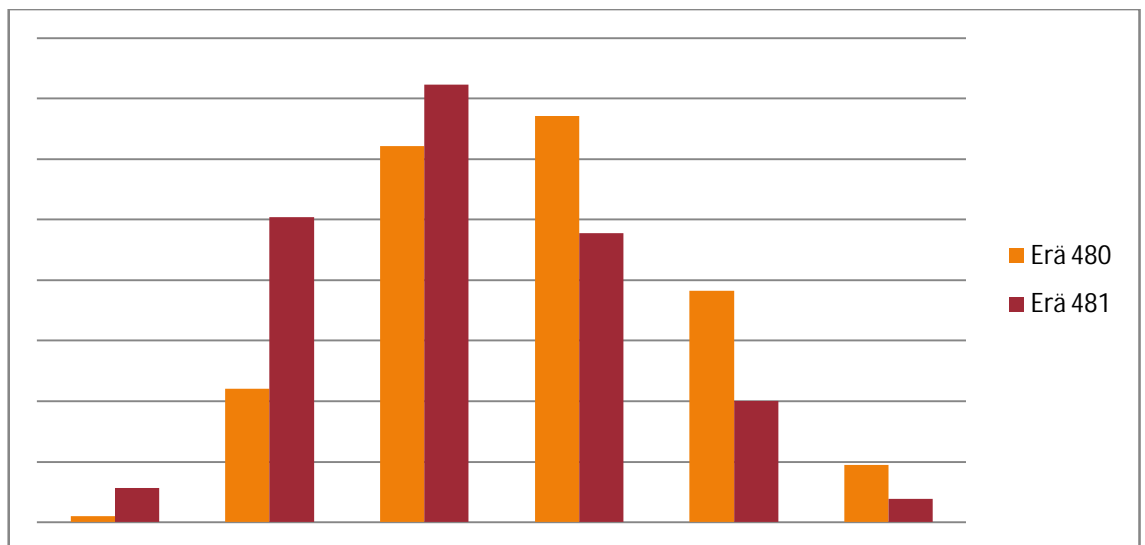
Erällä 480 uudelleen ajoon meni x kpl ja erällä 481 x kpl.



Kuvio 6. Uudelleenajot.

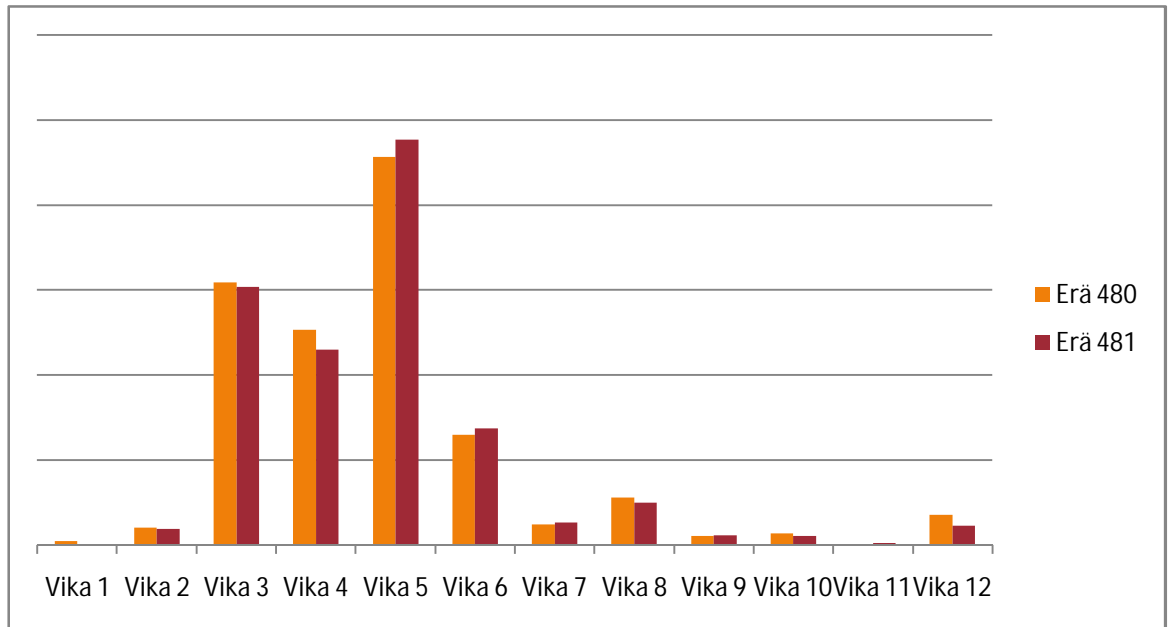
5.1 Woodeye tiedot

Kuvioista voidaan nähdä brookhuis laitteelta saadut tiedot kosteuksien jakautumisesta eri kategorioissa. Brookhuis laitteen ilmoittamat keskkosteudet ovat olleet erällä 480 x % ja erällä 481 x %. Suurin kategoria erällä 480 on ollut x % kosteusprosentissa olevat kappaleet x % osuudellaan. Suurin kategoria erällä 481 on ollut x % kosteusprosentissa olevat kappaleet x % osuudellaan.



Kuvio 7. Erät 480 ja 481, Woodeye kosteusjakaantumat.

Oheisesta kuvioista voidaan nähdä eri vikojen määrä woodeye raporteista molemmista koeajokeristä. Tämän lisäksi hakkuriin on mennyt kappaleita, jotka ovat muuten kriteerien mukaisia, mutta liian lyhyitä. Näitä on erässä 480 ollut x % ja erässä 481 x %.



Kuvio 8. Erät 480 ja 481, Viat.

6 TULOSTEN TARKASTELU

Kuivauksen osalta tulokset olivat odotetunlaisia, johtuen suurimmaksi osaksi kuivauskaavasta. Molemmat erät kuivattiin halkaisemattoman erän kuivauskaavalla. Erä 481 on kuivunut alempaan kosteusprosenttiin ja tasaisemmin verrattuna erään 480. Erällä 481 keskiarvo kosteus oli yli prosentin alempi ja hajontaakin oli lähes x % vähemmän.

Kosteusgradientin mittaustulokset tukevat kosteusmittausten tuloksia. Kosteusgradientin keskivaihtelu sarjojen välillä on x % pienempi halkaistulla erällä. Keskihajonta oli x % pienempi erällä 481. Tämä tarkoittaa puun eri osien kosteusvaihtelun olevan alempana verrattuna erään 480. Kun kosteuden vaihtelu eri puiden osien osalta on vähäisempää, syntyy myös lopulliseen tuotteeseen vä-

hemmän muodonmuutoksia. Nämä valmiin tuotteen muodonmuutokset eivät välttämättä tule ilmi lajittelussa vaan vasta asiakkaalla, jolloin vahinko on suurempi.

Kuviosta 7 voidaan todeta, että erällä 481 noin x % kappaleista oli x % kosteudessa, kun taas toisella erällä vain noin x %. Brookhuis laitteen tallentamien kosteusjakautumien avulla voidaankin huomata, että erässä 481 on ollut tasaisempaa kuivamista.

Raaka-aineen muodonmuutosta tutkittiin lähes kaikista kappaleista, jotka kulkiivat linjastolla. Muodonmuutoksella tarkoitetaan tässä tapauksessa puun suuruutta. Tätä tutkittiin visuaalisesti kappaleiden kulkiessa linjastolla. Muodonmuutos oli x % pienempi erällä 481. Muodonmuutosten suurempi pieneneminen olisi mahdollistanut höyläysvarojen pienentämisen. Tästä voitaisiin tehdä jatkotutkimuksia olisiko mahdollista pienentää tuoremittaa, jolloin sahatavaraa säästyisi. Tämä pienentäisi raaka-aine kustannuksia. Muodonmuutoksien väheneminen parantaa myös lopputuotteen laatua, koska jatkettavat kappaleet ovat suurempia.

6.1 Woodeye tiedot

Woodeye konenäöltä saadut vika tiedot eivät poikenneet huomattavasti toisistaan missään kategoriassa. Pienet heitot erien välillä pystytään selittämään raaka-aine eroilla. Erälle 481 aavisteltiin alun perin parempaa saantoa kuin erälle 480. Saantoprosentti erälle 481 oli woodeye konenäön jälkeen x % pienempi kuin erällä 480. Alkuperäisissä arvoissa palikan keskipituuden arveltiin kasvavan, joka olisi pienentänyt raaka-aine hävikkiä, koska jokaisessa sormien työstössä syntyy hukkaa. Tämä ei kuitenkaan toteutunut vaan palikan keskipituus oli x mm lyhyempi erällä 481. Vioista johtuvaa jätettä syntyi kuitenkin erällä 481 x % vähemmän kuin erällä 480. Erässä 481 syntyi kuitenkin x % enemmän sellaista hakkuri jätettä, joka oli muuten ok mutta liian lyhyttä jatkettavaksi. Lyhyimmäksi pätkän pituudeksi oli molemmissa erissä säädetty x mm johtuen työstölaitteiston rajoitteista.

Lopullinen saanto oli erällä 481 noin x % pienempi kuin erällä 480. (Kuvio 1) Saantoprosentit woodeye konenäöltä olivat lähes samat molemmilla erillä. Kuitenkin ennen sormijatkamista kappaleita tarkastellaan visuaalisesti ja lajitellaan huonot kappaleet hakkurikuoppaan. Tässä vaiheessa erästä 481 onkin lajiteltu hakkuriin x % enemmän kappaleita. Koska tämän lajittelun tekee aina eri henkilö on vaikea saada käsitystä siitä ovatko kappaleet olleet huonompia kuin toisessa erässä. Myöskin lopullisen tuotteen laadun tarkkailun suorittaa eri henkilö. Tässä vaiheessa voidaan vielä laittaa aihiot, joko uudelleen ajoon tai hakkuriin. Erässä 481 uudelleen ajoon menikin x kpl valmiita aihiota kun taas erässä 480 vain x kappaletta. Tässä onkin mahdollisuus, että hieman erilaiset lajittelukriteerit eri ihmisillä voivat vaikuttaa kokeen lopputulokseen. Jos lajittelija laskee läpi paljon laadun rajoilla olevia kappaleita ja laadunvalvoja taas ottaa pois nämä kappaleet voi tämä selittää osittain saatua tulosta. Tarkan tuloksen saamiseksi olisi näiden kahden henkilön täytynyt olla samat molempien erien testien ajan.

6.2 Käytännön testit

Opinnäytetyön käytännön työn ensimmäinen vaihe oli halkaisu, joka suoritettiin Enon höyläämöllä. Halkaisu kesti n. 6 tuntia. Laitteistot Enon höyläämöllä eivät olleet täysin soveltuvia tähän, koska puut täytyi lajitella käsin kahteen eri nip-puun. Tämä lajittelu johtui siitä, että sydänpuoli tulisi aina samansuuntaisesti komponenttilinjalla. Tämä hidasti huomattavasti halkaisua ja lisäsi mahdollisuutta siihen, että osa kappaleista menee väärin päin.

Seuraava työvaihe oli halkaistun puutavaran uudelleen rimoittaminen. Tarkas-taessa halkaistuja kappaleita oli havaittavista, että noin 10 % kappaleista oli kääntynyt halkaisuvaiheessa väärän suuntaisesti. Rimoitettavana kyseinen di-mensio ei ollut helpoimpia mahdollisia. Rimoituksessa dimensio vaatii ylimää-räistä tarkkuutta, koska kappaleet kääntyvät helposti syrjälleen. Tämä vaatikin yhden ylimääräisen henkilön, joka käänsi kappaleet takaisin lappeelleen ennen annostinta. Varsinkin pitkillä kappaleilla rimoitus sujui työntekijöiden mielestä

yllättävän hyvin. Kappaleita jäi rimoituksessa yli 50 kappaletta yli työteknisistä syistä. Tämä ei kuitenkaan vaikuttanut testin onnistumiseen.

Rimakuorman kuivaus sujui hyvin, eikä aiheuttanut ylimääräisiä toimenpiteitä. Kuivauksen jälkeen molemmat erät ajettiin kovapakettiin tasaamalla, jotta saataisiin tarkat tiedot eristä. Tämä työvaihe olisi normaalisti ylimääräinen, mutta tutkimustiedon kannalta välttämätön. Tasaamon aikana kappaleista oli myös päässyt pyörähtämään ympäri, joka vaikeutti ajoa komponenttilinjastolla. Tasaamon jälkeen kovapaketit siirrettiin ilmastoituun tilaan tasaantumaan kahden viikon ajaksi.

Testien tekeminen paljasti ongelmakohtia komponenttilinjastolla. Suurimman ongelman kyseisellä dimensiolla toivat kovapaketit, jotka aukaistessa levähtivät auki, jolloin alipainenostimen toiminta hidastui (kuva 7). Nämä kappaleet jouduttiin nostamaan käsin ketjukuljettimille. Kappaleet nostetaan ketjukuljettimelle alipaineen avulla ja johtuen tästä nostimen nostovoima ei riittänyt nostamaan kaikkia kappaleita kerralla, johtuen kappaleiden pienestä pinta-alasta.



Kuva 7. Alipainenostin ja raaka-aine paketti.

Osa kappaleista tuli syrjällään alipainenostimen jälkeisillä ketjukuljettimilla, jossa ne käännettiin takaisin lappeelleen. Tämä johtaa siihen, että työturvallisuussyistä koko alkulinja pysähtyy kääntämisen ajaksi. Normaalista poiketen kappaleita ei voitu kääntää kääntimellä, koska kääntimen toimintaa perustuu puun kuperuuteen ja näin pienillä kappaleilla antureiden tarkkuus ei riitä.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, olisiko tuorehalkaisu antanut parempaa laatua ja lisäarvoa tuotteelle. Kuitenkin testistä saadut tulokset eivät olleet kovin rohkaisevia. Kuivaustulokset olivat hyviä, ja muodonmuutokset ovatkin lopputuotteessa vähäisempiä. Kuitenkin ylimääräiset työvaiheet työn osalta nostaisivat lopputuotteen hintaa siinä määrin, että tuorehalkaisu ei ole taloudellisesti kannattavaa.

Erien välillä ei kuitenkaan ollut kovin suurta eroa. Lisätutkimuksia vaatisi myös kuivaus halkaistulle erälle omalla kaavallaan, jolloin kosteusgradient tulokset olisivat oikeanlaisia. Tällä tavoin varmistettaisiin myös, että kappaleista ei tulisi liian kosteita ja saataisiin selville tarkka aika kuinka pitkään kuivaus kestäisi. Tämä kuitenkin vaatisi noin 60 m³ erän ajamista. Halkaistuja kappaleita ajettaessa suurin kustannussäästö syntyy kuivausajan lyhentämisellä. Kuivausaikaa voidaan lyhentää ainakin vuorokaudella, jolloin vapautuu kuivauskapasiteettiä sekä kustannukset pienenevät, kun kappaleiden kuivausaika lyhenee.

Ylimääräisiä kustannuksia aiheuttivat edestakaiset kuljetukset Enon höyläämöille, Enon höyläämön työkustannukset, uudelleen rimoitus ja tasaamon läpi ajo. Halkaistujen kappaleiden ajaminen komponentti linjastolla on myös huomattavasti hitaampaa verrattuna normaaliin. Halkaistun kuorman ajo kesti lähes kaksi kertaa pidempään kuin halkaisemattoman.

Kaikki nämä ongelmat johtuivat linjaston alkupään tökkimisestä. Tällöin syntyy turhaa hukkaa, koska sormijatkoskone ei pyöri jatkuvasti. Tämä johtaa liiman

kuivamiseen osassa saumoista ennen puristusta, jolloin koko tanko joudutaan, joko heittämään hakkuriin tai ajamaan uudelleen linjastolla. Uudelleen ajettavilla tangoilla voidaan parantaa saantoa. Näissä testeissä ei laitettu linjaan uudelleen ajettavia tankoja, joten ne eivät vaikuta tuloksiin.

Normaalissa ajossa tasaamon läpiajo voitaisiin jättää välistä, jolloin kappaleet olisivat normaalissa rimakuormassa. Tämä todennäköisesti nopeuttaisi ajamista komponenttilinjastolla, koska rimakuormilla kappaleet eivät leviäisi niin helposti ketjukuljettimille. Tällöin linjaston alkupää toimisi jouhevammin ja ajaminen nopeutuisi. Tämä ei kuitenkaan poistaisi ongelmaa alipainenostimen alitehoisuudesta tälle dimensiolle ja tämä vaatisikin lisätestaamista.

LÄHTEET

Jussila, A., Kuikka, K., Mononen, M., Vuotilainen, M. & Vuorenmaa, M. 1999.

Puutekniikka 3: Tuotantotekniikka. Keuruu: Otava

Kananen, H. 2004. Tehokasta sormijatkamista. Jyväskylä: Suomen kone- ja terä oy.

Metsäteollisuus ry. 2010. <http://www.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu2/tilasto/taulukot/Vuositilastot/Forms/AllItems.aspx>, 10. 1.2010

Ojanperä, K. 2007. <http://www.tekniikkatalous.fi/metsa/article45757.ece>, 15.11.2010

Sipi, M. 2002. Sahatavaratuotanto. Helsinki: Opetushallitus

LIITTEET

Erä 480				Kosteusgradient
Kpl Numero	Lähtöpaino g	Loppupaino	Kosteus %	kosteus %
1	139	127	10	10
2	162	149	9	9
3	163	149	10	9
4	128	117	10	9
5	201	179	12	11
6	173	156	11	11
7	207	184	12	10
8	175	156	12	10
9	112	102	10	9
10	119	107	11	10
11	120	110	10	9
12	127	116	10	10
13	134	122	10	9
14	117	107	9	9
15	183	164	11	11
16	175	158	11	11
17	197	181	9	10
18	175	158	10	10
19	145	132	10	9
20	138	126	10	10
21	132	121	9	9
22	135	123	10	10
23	142	128	11	11
24	124	114	9	8
25	147	133	10	10
26	158	143	11	11
27	112	102	9	9
28	149	136	10	10
29	156	140	12	11
30	164	148	11	11
31	121	111	9	9
32	145	131	11	10
33	157	142	11	11
34	141	130	8	9
35	139	125	11	10
36	130	117	11	11
37	120	111	9	9
38	160	146	10	9
39	147	134	10	10
40	184	167	10	10
41	139	125	11	11
42	137	121	13	13
43	122	110	11	11
44	121	110	10	10
45	134	119	12	12
46	143	129	11	9
47	153	139	10	10
48	101	92	10	9
49	144	132	9	9
50	115	105	10	9
		Keskiarvo	10	10
		Keskihajonta	1	1

Erä 481				Kosteusgradient
Kpl Numero	Lähtöpaino g	Loppupaino g	Kosteus %	kosteus %
1	113	104	9	9
2	138	126	10	9
3	150	137	10	9
4	134	122	9	9
5	107	98	9	9
6	170	156	9	9
7	153	139	10	9
8	130	119	8	8
9	125	115	9	8
10	100	92	8	7
11	112	103	8	8
12	126	115	9	8
13	137	127	8	7
14	134	122	10	9
15	126	115	9	9
16	142	130	9	8
17	112	104	8	7
18	168	153	10	9
19	152	139	10	9
20	140	128	9	9
21	166	151	10	9
22	136	124	9	9
23	133	121	9	9
24	153	141	9	8
25	184	166	10	9
26	189	171	10	9
27	197	180	10	9
28	138	125	10	9
29	115	106	9	8
30	110	101	9	8
31	118	108	9	9
32	135	124	9	9
33	117	107	9	9
34	131	120	9	8
35	108	99	8	8
36	154	140	10	9
37	194	176	10	10
38	155	142	9	8
39	152	138	11	10
40	147	134	10	9
41	137	126	9	9
42	122	112	9	9
43	118	108	9	9
44	131	119	9	9
45	198	179	11	11
46	134	124	8	7
47	152	139	10	9
48	156	142	9	9
49	138	126	9	9
50	143	131	9	8
		Keskiarvo	9	9
		Keskihajonta	1	1

Kpl Nro		Märkápaino g	Kuivapaino g	Kosteus %	Joka sarjan keskiarvo	Keskihajonta joka sarjasta
1	1	21	19	10		
	2	20	18	10		
	3	26	24	9		
	4	23	21	10		
	5	29	26	10		
	6	29	27	10	10	1
2	1	27	24	9		
	2	21	20	9		
	3	17	16	10		
	4	22	20	10		
	5	29	27	9		
	6	38	35	8	9	1
3	1	33	31	9		
	2	19	18	9		
	3	30	27	10		
	4	20	19	9		
	5	32	29	9		
	6	24	22	10	9	1
4	1	24	22	9		
	2	27	25	9		
	3	27	25	8		
	4	26	24	10		
	5	19	18	9		
	6	20	18	8	9	0
5	1	27	24	13		
	2	38	34	11		
	3	35	31	10		
	4	29	26	13		
	5	30	27	12		
	6	30	27	10	11	1
6	1	26	23	11		
	2	30	27	11		
	3	30	27	10		
	4	26	23	12		
	5	26	24	11		
	6	26	24	10	11	1
7	1	36	32	11		
	2	36	33	11		
	3	31	29	9		
	4	36	32	11		
	5	43	39	11		
	6	44	41	9	10	1
8	1	31	28	11		
	2	42	38	10		
	3	34	31	9		
	4	20	18	11		
	5	32	29	11		
	6	35	32	10	10	1
9	1	38	35	10		
	2	28	26	9		
	3	29	26	8		
	4	27	25	9		
	5	28	26	9		
	6	26	24	8	9	0

10	1	33	30	11		
	2	30	27	11		
	3	35	32	10		
	4	30	27	11		
	5	33	30	10		
	6	24	22	10	10	1
11	1	20	18	9		
	2	24	22	9		
	3	20	18	10		
	4	16	15	8		
	5	22	20	9		
	6	17	15	10	9	1
12	1	20	18	9		
	2	22	20	10		
	3	24	22	11		
	4	20	18	9		
	5	18	16	9		
	6	20	18	10	10	1
13	1	29	26	9		
	2	20	18	9		
	3	20	18	10		
	4	27	25	8		
	5	28	26	9		
	6	29	26	10	9	1
14	1	21	19	10		
	2	22	20	9		
	3	26	23	9		
	4	18	16	9		
	5	21	20	9		
	6	24	22	9	9	0
15	1	28	25	10		
	2	33	29	11		
	3	26	23	12		
	4	31	28	10		
	5	29	26	11		
	6	31	28	12	11	1
16	1	24	22	10		
	2	25	23	11		
	3	29	26	11		
	4	25	23	10		
	5	27	24	11		
	6	29	26	12	11	1
17	1	27	25	10		
	2	31	28	10		
	3	37	34	9		
	4	31	28	10		
	5	35	32	10		
	6	32	29	9	10	0
18	1	22	20	11		
	2	28	25	11		
	3	29	27	10		
	4	22	20	10		
	5	26	24	10		
	6	27	24	9	10	1
19	1	23	21	9		
	2	24	22	9		
	3	23	21	9		
	4	25	23	9		
	5	31	28	10		
	6	27	24	10	9	0

20	1	23	21	9		
	2	22	20	10		
	3	22	20	10		
	4	21	20	9		
	5	22	20	10		
	6	20	19	10	10	0
21	1	25	23	9		
	2	25	23	9		
	3	21	20	9		
	4	31	28	9		
	5	25	23	9		
	6	19	18	9	9	0
22	1	25	22	9		
	2	21	19	10		
	3	23	21	10		
	4	31	28	10		
	5	26	23	10		
	6	29	26	10	10	0
23	1	31	28	10		
	2	29	26	12		
	3	20	18	12		
	4	28	25	10		
	5	34	31	11		
	6	32	28	12	11	1
24	1	25	23	8		
	2	17	15	8		
	3	28	26	8		
	4	20	18	8		
	5	15	14	8		
	6	22	21	8	8	0
25	1	31	29	9		
	2	29	26	10		
	3	23	21	10		
	4	33	30	9		
	5	24	22	10		
	6	23	21	11	10	1
26	1	19	17	11		
	2	25	23	10		
	3	25	23	10		
	4	27	25	12		
	5	25	23	11		
	6	26	24	10	11	1
27	1	15	13	9		
	2	17	16	9		
	3	26	23	9		
	4	21	19	9		
	5	23	21	9		
	6	24	22	9	9	0
28	1	31	28	10		
	2	28	26	10		
	3	22	20	10		
	4	26	24	10		
	5	27	25	10		
	6	27	25	10	10	0
29	1	29	26	13		
	2	32	28	11		
	3	30	27	10		
	4	25	22	13		
	5	30	27	12		
	6	26	24	10	11	1

30	1	30	27	10		
	2	27	24	11		
	3	24	22	11		
	4	31	28	10		
	5	30	27	11		
	6	23	21	12	11	1
31	1	15	14	10		
	2	19	17	9		
	3	20	18	9		
	4	15	14	10		
	5	18	16	9		
	6	18	16	9	9	1
32	1	17	15	9		
	2	25	23	10		
	3	21	19	10		
	4	25	23	9		
	5	24	21	11		
	6	29	26	12	10	1
33	1	25	22	12		
	2	27	25	11		
	3	30	27	9		
	4	21	19	9		
	5	31	28	11		
	6	24	21	12	11	1
34	1	27	25	9		
	2	22	20	9		
	3	28	25	9		
	4	22	21	8		
	5	24	23	8		
	6	19	18	9	9	0
35	1	22	20	9		
	2	17	15	10		
	3	18	16	12		
	4	29	27	9		
	5	28	26	10		
	6	41	37	12	10	1
36	1	28	25	12		
	2	25	23	11		
	3	23	21	9		
	4	30	27	11		
	5	28	25	11		
	6	30	27	9	11	1
37	1	16	15	9		
	2	17	15	9		
	3	20	18	9		
	4	17	15	9		
	5	15	14	9		
	6	17	15	9	9	0
38	1	33	30	11		
	2	31	28	11		
	3	32	29	9		
	4	23	22	8		
	5	25	23	8		
	6	27	24	9	9	1
39	1	25	23	10		
	2	21	19	10		
	3	21	19	9		
	4	21	19	11		
	5	28	26	10		
	6	28	26	10	10	0

40	1	26	24	9		
	2	18	17	11		
	3	17	15	11		
	4	34	31	10		
	5	29	26	11		
	6	24	22	10	10	1
41	1	22	20	10		
	2	27	25	11		
	3	24	22	12		
	4	25	23	10		
	5	25	23	11		
	6	25	22	11	11	1
42	1	20	18	11		
	2	24	21	13		
	3	21	18	14		
	4	23	21	12		
	5	23	20	14		
	6	17	15	13	13	1
43	1	20	19	9		
	2	26	24	11		
	3	24	21	12		
	4	24	22	10		
	5	29	26	11		
	6	24	21	12	11	1
44	1	26	24	10		
	2	27	24	10		
	3	19	17	10		
	4	30	28	10		
	5	33	30	10		
	6	22	20	10	10	0
45	1	36	32	13		
	2	36	32	12		
	3	29	26	10		
	4	23	20	13		
	5	26	23	12		
	6	25	23	10	12	1
46	1	32	29	8		
	2	36	33	8		
	3	34	30	11		
	4	25	23	9		
	5	33	30	10		
	6	34	30	10	9	1
47	1	22	20	10		
	2	21	19	10		
	3	31	29	9		
	4	23	21	10		
	5	31	28	10		
	6	25	23	9	10	0
48	1	21	19	9		
	2	24	22	10		
	3	20	18	10		
	4	20	19	8		
	5	24	22	10		
	6	27	25	10	9	1
49	1	20	18	8		
	2	26	24	9		
	3	20	19	9		
	4	21	19	8		
	5	24	23	9		
	6	26	24	9	9	0

50	1	20	19	10		
	2	27	24	9		
	3	25	23	8		
	4	19	17	9		
	5	20	19	9		
	6	21	20	8	9	1
		Keskiarvo		10	10	1
		Keskihajonta		1	1	

Kpl Nro		Märkäpaino g	Kuivapaino g	Kosteus %	Joka sarjan keskiarvo	Keskihajonta joka sarjasta
1	1	13	12	9		
	2	23	21	9		
	3	22	21	9		
	4	13	12	8		
	5	21	19	9		
	6	26	24	9	9	0
2	1	23	21	9		
	2	26	24	10		
	3	26	24	9		
	4	17	15	9		
	5	21	19	10		
	6	20	19	9	9	0
3	1	24	22	9		
	2	29	26	9		
	3	35	32	9		
	4	23	21	9		
	5	29	26	9		
	6	27	25	9	9	0
4	1	31	28	9		
	2	23	21	9		
	3	27	24	9		
	4	21	20	9		
	5	25	23	9		
	6	17	15	9	9	0
5	1	20	18	8		
	2	27	25	9		
	3	27	25	9		
	4	24	22	9		
	5	22	20	9		
	6	17	16	8	9	0
6	1	30	28	9		
	2	27	25	8		
	3	23	21	8		
	4	25	23	8		
	5	34	31	9		
	6	38	35	8	8	0
7	1	30	28	9		
	2	37	34	10		
	3	38	35	9		
	4	34	32	9		
	5	29	26	10		
	6	35	32	9	9	0
8	1	26	24	8		
	2	26	24	8		
	3	25	24	8		
	4	29	27	8		
	5	29	27	8		
	6	26	24	7	8	0
9	1	26	24	8		
	2	27	25	9		
	3	24	22	8		
	4	30	27	8		
	5	28	26	9		
	6	28	26	8	8	0

10	1	19	18	7		
	2	22	20	8		
	3	20	19	7		
	4	23	21	7		
	5	17	16	7		
	6	19	18	7	7	0
11	1	19	18	9		
	2	22	20	8		
	3	18	17	8		
	4	23	21	8		
	5	23	22	8		
	6	27	25	8	8	0
12	1	24	22	8		
	2	22	21	8		
	3	25	23	8		
	4	23	21	8		
	5	23	22	8		
	6	17	16	8	8	0
13	1	42	39	7		
	2	32	29	7		
	3	20	19	7		
	4	20	18	7		
	5	34	32	7		
	6	32	30	7	7	0
14	1	15	14	8		
	2	18	17	9		
	3	21	19	8		
	4	20	18	9		
	5	19	17	9		
	6	27	25	9	9	0
15	1	22	20	9		
	2	22	20	9		
	3	25	23	9		
	4	25	23	9		
	5	21	20	9		
	6	19	17	9	9	0
16	1	28	26	8		
	2	22	20	8		
	3	23	22	8		
	4	26	25	8		
	5	39	36	8		
	6	33	31	7	8	0
17	1	25	24	7		
	2	27	25	8		
	3	14	13	7		
	4	18	17	7		
	5	23	21	8		
	6	26	24	7	7	0
18	1	32	29	8		
	2	36	33	9		
	3	32	30	9		
	4	25	23	8		
	5	27	25	9		
	6	32	30	9	9	0
19	1	25	23	9		
	2	27	24	10		
	3	31	28	9		
	4	20	19	9		
	5	22	20	10		
	6	22	20	9	9	0

20	1	21	20	9		
	2	21	19	9		
	3	24	22	9		
	4	21	20	8		
	5	27	25	9		
	6	19	18	8	9	0
21	1	26	24	9		
	2	38	35	10		
	3	36	33	9		
	4	35	32	9		
	5	23	21	9		
	6	29	27	9	9	0
22	1	26	24	9		
	2	32	29	9		
	3	25	23	9		
	4	29	27	9		
	5	25	23	9		
	6	27	25	9	9	0
23	1	20	18	9		
	2	21	19	9		
	3	21	19	9		
	4	15	14	8		
	5	19	18	9		
	6	21	20	9	9	0
24	1	24	22	8		
	2	31	29	8		
	3	29	27	9		
	4	22	21	8		
	5	26	24	8		
	6	34	31	8	8	0
25	1	31	28	9		
	2	38	34	10		
	3	33	30	8		
	4	42	39	9		
	5	37	33	10		
	6	31	28	9	9	1
26	1	26	24	9		
	2	30	27	10		
	3	36	33	9		
	4	31	29	9		
	5	31	28	10		
	6	29	26	9	9	1
27	1	33	30	9		
	2	40	37	9		
	3	27	25	8		
	4	40	37	9		
	5	35	33	8		
	6	45	42	9	9	0
28	1	21	19	10		
	2	28	26	10		
	3	26	24	9		
	4	23	22	9		
	5	24	22	9		
	6	24	22	9	9	0
29	1	15	14	8		
	2	20	19	9		
	3	18	17	8		
	4	14	13	8		
	5	18	17	8		
	6	24	23	8	8	0

30	1	21	19	8		
	2	28	26	9		
	3	30	28	8		
	4	21	19	8		
	5	20	19	8		
	6	18	16	8	8	0
31	1	22	21	8		
	2	26	24	9		
	3	25	23	9		
	4	26	24	8		
	5	23	21	9		
	6	28	26	9	9	0
32	1	29	27	8		
	2	28	26	9		
	3	29	27	9		
	4	28	25	9		
	5	28	25	9		
	6	20	19	8	9	0
33	1	19	17	8		
	2	20	18	9		
	3	21	19	9		
	4	25	23	8		
	5	19	17	9		
	6	22	20	9	9	0
34	1	24	22	8		
	2	25	23	8		
	3	33	30	8		
	4	26	24	8		
	5	24	22	8		
	6	30	27	8	8	0
35	1	19	18	8		
	2	25	23	8		
	3	29	27	8		
	4	20	19	8		
	5	16	14	8		
	6	13	12	7	8	0
36	1	16	14	9		
	2	23	21	9		
	3	24	22	9		
	4	22	20	9		
	5	20	18	10		
	6	19	17	9	9	0
37	1	29	26	9		
	2	32	29	10		
	3	29	26	9		
	4	27	25	9		
	5	22	20	10		
	6	21	20	9	10	0
38	1	24	22	8		
	2	26	24	9		
	3	22	20	8		
	4	31	28	8		
	5	20	18	9		
	6	21	19	9	8	0
39	1	21	19	9		
	2	20	18	11		
	3	19	17	9		
	4	28	26	9		
	5	27	25	10		
	6	19	18	10	10	1

40	1	33	30	9		
	2	31	28	10		
	3	35	32	9		
	4	30	27	9		
	5	34	31	10		
	6	30	27	9	9	1
41	1	22	20	9		
	2	23	21	10		
	3	38	35	9		
	4	29	26	9		
	5	26	24	9		
	6	23	22	9	9	0
42	1					
	2	29	26	9		
	3	29	26	9		
	4	27	25	9		
	5	27	24	9		
	6	28	25	9	9	0
43	1	21	20	8		
	2	24	22	9		
	3	22	20	8		
	4	23	21	8		
	5	29	26	9		
	6	26	24	8	9	0
44	1	26	24	8		
	2	28	25	9		
	3	30	27	9		
	4	28	26	8		
	5	34	31	9		
	6	23	22	8	9	0
45	1	25	22	10		
	2	28	25	12		
	3	30	27	10		
	4	23	21	11		
	5	25	23	11		
	6	17	16	10	11	1
46	1	23	22	7		
	2	24	22	7		
	3	25	23	7		
	4	14	13	7		
	5	20	19	7		
	6	19	18	7	7	0
47	1	25	23	10		
	2	27	25	10		
	3	26	24	9		
	4	24	22	8		
	5	25	23	9		
	6	23	21	9	9	1
48	1	23	21	9		
	2	25	23	9		
	3	29	27	9		
	4	21	19	8		
	5	25	23	9		
	6	29	26	9	9	0
49	1	19	17	8		
	2	30	27	9		
	3	39	36	9		
	4	27	25	9		
	5	33	30	9		
	6	21	19	9	9	0

50	1	25	23	8		
	2	25	23	8		
	3	27	25	8		
	4	20	18	9		
	5	14	13	8		
	6	13	12	8	8	0
		Keskiarvo		9	9	0
		Keskihajonta		1	1	