

# 3-KUIVAAJAN UUDEN KOSTEUSANALY- SAATTORIN HYÖDYT

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Materiaalitekniikka  
Puutekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Jonne Hintsanen

## Kuvailulehti

Tekijä	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika kevät 2018
Hintsanen Jonne	Sivumäärä 40, 19 liitesivua	
Työn nimi <b>3-kuivaajan uuden kosteusanalysaattorin hyödyt</b>		
Koulutusohjelma Prosessi- ja materiaalitekniikka		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö tehtiin Koskisen Oy:n vanerituotannolle. Työn tavoitteena oli selvittää Koskisen Oy:n 3-kuivaajalle hankkiman uuden kosteusanalysaattorin tuomia hyötyjä verrattuna vanhaan. Tämän ohella tutkittiin myös, kuinka hyvin laskettu investointi on toteutunut sekä onko investointilaskelmassa jotain kehitettävää.</p> <p>Puu on hygroskooppinen materiaali, jonka kuivaus vaatii oikeat fysikaaliset ominaisuudet, jotta kuivattavasta puutavarasta saadaan mahdollisimman laadukasta. Viilun kuivaus on nopea prosessi, joka tapahtuu Rauten viilun kuivauslinjalla.</p> <p>Uuden mikroaalloilla toimivan Mecano MVA -kosteusanalysaattorin ja kuivauslinjan muun modernisoinnin asennus tehtiin 19.-21. helmikuuta. Uusi kosteusanalysaattori tuo paljon uusia ominaisuuksia ja paljon tarkemman kosteusmittauksen viiluille kuin vanha Mecano DMA -kosteusanalysaattori.</p> <p>Uuden kosteusanalysaattorin asentamisen jälkeen uudelleen kuivattavien viilujen määrä on pudonnut yli 46 % ja liian kuivien viilujen määrä on myös vähentynyt selkeästi. Kuivaajassa liikkuvien viilujen nopeus on kuitenkin pudonnut noin 0,6 prosenttiyksikköä, mutta kasvaa koko ajan. Sukkamittauksen arvot ovat tasaantuneet ja höyrynkulutus on vähentynyt. Tuotantomäärät ovat vielä tavoitteen alapuolella, mutta kasvua on odotettavissa.</p> <p>Investointilaskelman toteutumista on vielä vaikea arvioida. Koskisen Oy:n investointilaskelma on yksinkertainen ja selkeä. Laskelman tukemiseksi voisi käyttää myös muita investointilaskelmamalleja sekä lisätä mahdollisesti muita investoinnin myötä muuttuvia arvoja.</p>		
Avainsanat viilu, kosteusanalysaattori, kuivaus		

## Description

Author	Type of publication Bachelor's thesis	Published spring 2018
Hintsanen Jonne	Number of pages 40, 19 pages of appendices	
Title of publication <b>Advantages of the new moisture analyzer of a veneer drying line</b>		
Degree programme Process and Materials Technology		
Abstract  <p>The thesis was made for Koskisen Oy and deals with their plywood production. Main objective of the thesis was to study how Koskisen Oy's new moisture analyzer, which is placed to the third veneer drying line, works compared to the old one. In addition to this, the realization of the investment was analyzed to see if there are any improvements that can be made to investment calculation.</p> <p>Wood is a hygroscopic material and wood drying requires the right physical properties to obtain the highest possible quality of dried material. The drying and sorting of the veneer is carried out in Raute's veneer drying line. Veneer drying is a fast but precise process.</p> <p>The new Mecano MVA moisture analyzer uses microwave technology. It was installed to the drying line on 19-21 February. The new moisture analyzer brings a lot of new features and a much more accurate moisture measurement for veneers than the old Mecano DMA moisture analyzer.</p> <p>After the installation of the new moisture analyzer the number of the veneers that need to be redried has fallen over 46 % and the number of overly dried veneers has nearly halved. However, the speed of the veneers that are moving in the dryer has dropped about 0,6 percentage points, but it is increasing constantly. The values of sock measurements have stabilized and steam consumption has decreased. Production volumes are still below the target, but growth is to be expected.</p> <p>It is difficult to estimate the realization of the investment calculation yet. Koskisen Oy's investment calculation is simple and functional but some other calculations could be used to support the investment. there may also be other potential values that may change after the line modernization that could be added to the calculation.</p>		
Keywords veneer, moisture analyzer, drying		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	PUUN KUIVAUKSEN FYSIOLOGIA.....	2
2.1	Puun kuivuminen .....	2
2.2	Puutavaran kuivumiseen vaikuttavat tekijät .....	4
2.3	Kuivauksen vaikutus puutavaraan .....	4
3	VANERIN VALMISTUS .....	5
3.1	Tukeista viiluksi.....	5
3.2	Viilujen saumaus, jatkaminen ja paikkaus.....	6
3.3	Liimauksesta puristukseen .....	6
3.4	Vanerilevyjen käsittely .....	7
4	VIILUN KUIVAUSLINJAN TOIMINTA .....	8
4.1	Viilun kuivaus.....	8
4.1.1	Telakuivauskone.....	8
4.1.2	Viiluihin tulevat virheet.....	10
4.2	Viilun laadun analysointi ja lajittelu .....	10
4.3	Koivuviilun laatuluokat .....	11
4.4	Kuivauslinjan hallinta .....	12
5	INVESTOINTIHANKKEET .....	13
5.1	Investoinneista ja niiden laskemisesta .....	13
5.1.1	Kustannusohjaus.....	13
5.1.2	Investointilaskelmat.....	13
5.2	Kosteusanalysointilaskelma .....	15
6	KOESUUNNITELMA.....	16
7	KUIVAUSLINJAN TILANNE ENNEN UUTTA KOSTEUSANALYSAATTORIA.....	18
7.1	Vanha kosteusanalysointilinja.....	18
7.2	Laatujärjestelmä .....	19
8	UUSI KOSTEUSANALYSAATTORI JA LINJAN MODERNISOINTI .....	21
8.1	Rauten Smart Mill -konsepti.....	21
8.2	Uuden kosteusanalysointilinjän toimintaperiaate .....	21
8.3	Linjan muu modernisointi.....	23
8.4	Hyödyt .....	24

8.4.1	Vaikutus viilun saantiin ja laatuun .....	26
8.4.2	Automaattiohjaus.....	26
8.4.3	Sandwich -menetelmä osittain märille viiluille .....	27
9	TULOKSET .....	28
9.1	Viilun kosteus ja laatu.....	28
9.1.1	Viilun kosteus ja kuivaajan nopeus .....	28
9.1.2	Sukkamittaus .....	30
9.1.3	Viilun laatu .....	30
9.2	Tuotantomäärät .....	31
9.3	Tehollinen käynti .....	34
9.4	Energiankulutus .....	35
9.5	Investoinnin toteutuminen .....	36
10	YHTEENVETO .....	37
	LÄHTEET .....	39
	LIITTEET .....	41

## 1 JOHDANTO

Koskisen Oy teki päätöksen uudesta investoinnista vanerin valmistuksessa ja hankki uuden kosteusanalysointilinjalle kolmannelle viulun kuivauslinjalle. Uusi kosteusanalysointilinja on tämän sukupolven malli, jonka toimittaa Raute ja Mecano. Sen tulisi olla tarkempi kuin vanha kosteusanalysointilinja, tuoda uusia ominaisuuksia sekä automatisoida linjastoa, parantaen tuotannon laatua ja tehokkuutta ja näin ollen kasvattaa tuotantomäärää ja vähentää hukkatuotantoa. Uusi kosteusanalysointilinja asennettiin 19.-21. helmikuuta. Kosteusanalysointilinjasta asennuksen yhteydessä linjaan tehtiin myös muita modernisointeja.

Työn kirjallisessa osassa syvennyttään puun kuivaukseen ja vanerin valmistuksen eri vaiheisiin, etenkin viulun kuivaukseen syvennyttään tarkemmin. Ohessa tutkitaan myös investointilaskelmia.

Kokeellisessa osassa taas tutkitaan linjan toimintaa ennen uutta kosteusanalysointilinjaa ja sen jälkeen. Tutkimustuloksia kerätään eri osa-alueilta, jotka vaikuttavat viulun saantiin ja laatuun sekä kuivauslinjan toimintaan. Vanhasta ja uudesta kosteusanalysointilinjasta saatuja tuloksia verrataan keskenään.

Työn päätavoitteita ovat uuden kosteusanalysointilinjasta tulosten vertailu vanhaan ja tehdyn investointilaskelman kannattavuuden arviointi. Työssä tutkitaan kuinka hyvin laskelma pitää paikkansa ja onko investointilaskelmassa jotain parannettavaa. Selvitetään, toimiiko uusi kosteusanalysointilinja linjassa niin kuin on suunniteltu, minkälaisia hyötyjä se tuo ja minkälaisia mahdollisuuksia uuden kosteusanalysointilinjasta ominaisuudet tuovat mukanaan muun muassa laatulajittelun suhteen.

## 2 PUUN KUIVAUKSEN FYSIOLOGIA

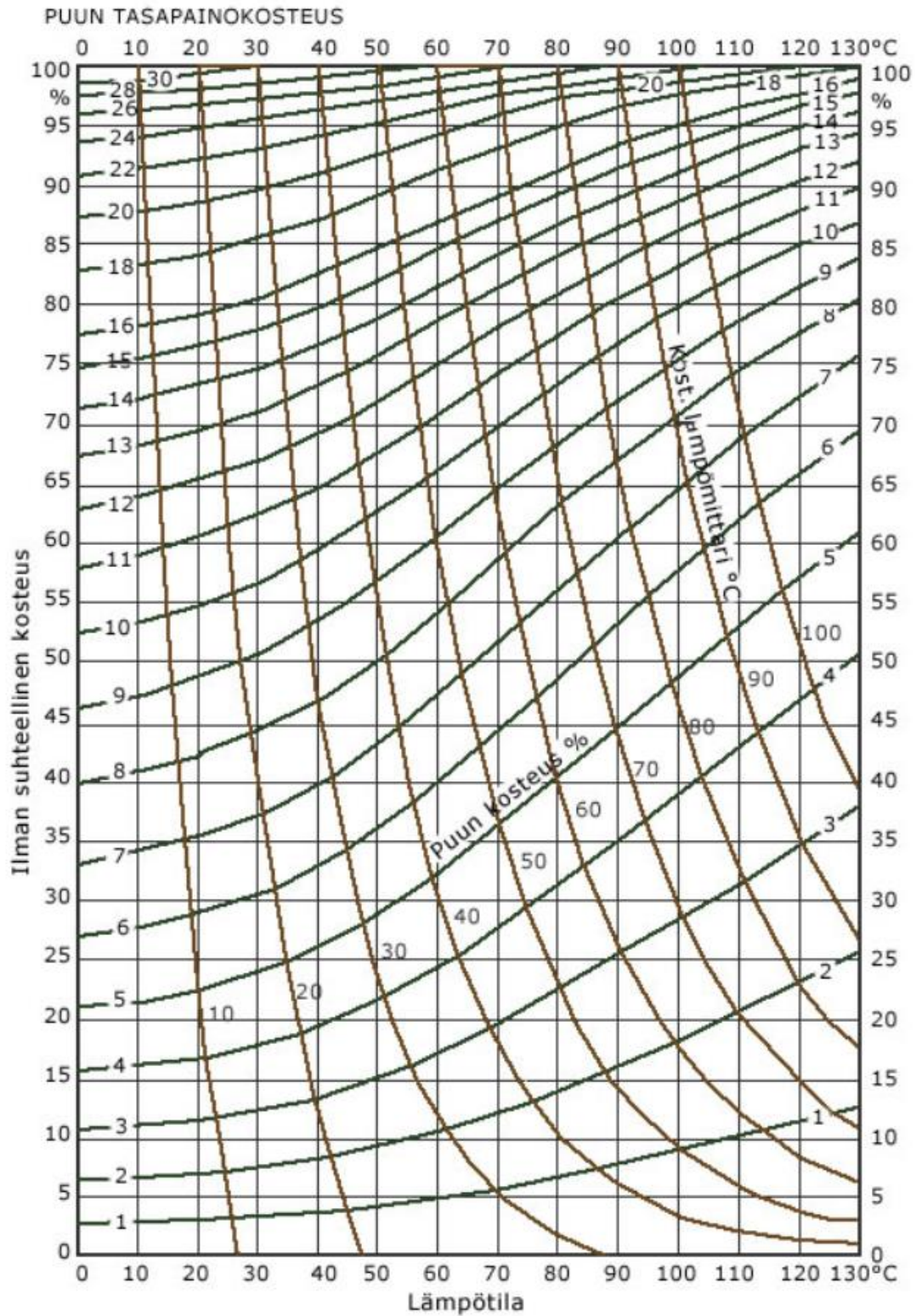
### 2.1 Puun kuivuminen

Puutavara täytyy kuivata ennen käyttöä, koska märkää puuta ei voida käyttää juuri mihinkään. Puu on hygroskooppinen materiaali, eli sen kosteus on verrannollinen ympäröivän ilman kosteuteen. Näin ollen puun kosteus tasapainottuu ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mukaisesti. Puun kosteus esitetään prosentteina suhteuttamalla puussa olevan veden määrä puun absoluuttiseen kuivapainoon. Luonnossa puuhun on varastoitunut runsaasti vettä sen soluonteloihin ja soluseinämiin. Puun kosteus voi tällöin olla 40 %:sta jopa 200 %:iin. (Edu, oppimateriaalit 2018.)

Puuta kuivataan tavallisesti lämmön avulla. Ensimmäisessä vaiheessa puu kuivuu pyrkimällä säilyttämään tasapainokosteutensa vallitsevan ympäristön mukaisesti. Puun keski-osasta, joka on puun kosteinta osaa, lähtee vesi siirtymään kapillaarisesti kohti puun pintaa. Kun puun kosteus laskee alle puun syiden kyllästymispisteen, joka on kaikilla puulajeille noin 30 %, alkaa kosteuden siirtyminen tapahtua diffuusion avulla. Diffuusiossa kosteus liikkuu kohti puuta ympäröivää ilmaa, vuoroin tiivistyen soluseinään ja haihtuen soluonteloon. Puun pinnalle päästyään kosteus haihtuu puusta ilmavirran mukana. (Laitinen 2008.)

Puun kuivaamiseen on kehitetty monia eri menetelmiä, eikä parasta menetelmää ole olemassa. Kuivausmenetelmän valinta perustuu täysin siihen, mitä puumateriaalilta halutaan ja minkälaisia laadullisia vaatimuksia sen käyttökohteet sille asettavat. Hidas ja pitkäaikainen kuivaus takaa tavallisesti paremman laadun, mutta nopea kuivaus on edullisempää. (Puuproffa 2012.)

Alla olevasta kuviosta (kuvio 1) näkyy, kuinka lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus vaikuttavat puun tasapainokosteuteen.



Kuvio 1. Puun tasapainokosteus (Puuproffa 2012)



## 2.2 Puutavaran kuivumiseen vaikuttavat tekijät

Puutavaran kuivumisnopeuteen vaikuttaa useampi tekijä. Mitä tiheämpää ja paksumpaa kuivattava puu on, niin sitä pidemmän ajan sen kuivaus vaatii. Kuivaukseen vaikuttaa myös kuivattavan puumateriaalin puulaji. Suomalaiset puulajit ovat yleisesti ottaen suhteellisen helppoja kuivata. Kuivausaikaan vaikuttaa paljon myös puun alkukosteus ja haluttu loppukosteus. Kuivausaika voi tosin vaihdella kymmenistä sekunneista jopa moniin kymmeneen päivään, riippuen täysin kuivaustavasta, kuivattavasta puusta ja halutusta lopputuloksesta. Oleellisesti kuivumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat vielä kuivausilman lämpötila ja ilmavirran nopeus kuivauksessa. (Edu 2018.)

## 2.3 Kuivauksen vaikutus puutavaraan

Puun kuivaus vaikuttaa puutavaraan paljon. Yleisesti ottaen se kevenee kosteuden poistuessa, siitä tulee kestävämpää ja sitä on helpompi työstää. Oikein kuivattu puu ei ole laho eikä käyristy tai halkeile liikaa. (Puuproffa 2012.)

Kun kuivattavan puutavaran kosteus alittaa puun syiden kyllästymispisteen (noin 30 %), alkaa kuivattava puutavara kutistua. Puun kutistuminen voi aiheuttaa puussa helposti käyristymistä, halkeilua oksakohtien tippumista ja muita muodonmuutoksia. Mitä suuremmalla kuivausvoimalla puuta kuivataan, sitä helpommin kuivattavaan puuhun tulee kuivausvirheitä. (Puuproffa 2012.)

Puun kuivauksessa helposti ongelmia aiheuttaa veden saaminen puun sisäosista puun pinnalle. Puun pinnalta vesi siirtyy helposti pois, mutta veden siirtyminen sisäosista puun pinnalle ja pinnalta ympäröivään ilmaan tulisi tapahtua yhtä nopeasti. Mikäli puun pinta kuivuu merkittävästi kuivemmaksi kuin sisäosat, niin kuivattavassa puussa alkaa esiintyä erilaisia kuivausvirheitä, kuten sisäistä jännitystä ja halkeamia. (Puuproffa 2012.)

### 3 VANERIN VALMISTUS

#### 3.1 Tukeista viiluksi

Koskisen Oy valmistaa vaneria Järvelän vaneritehtaalla. Vanerin raaka-aineena käytetään suomalaista koivua. Vanerin valmistus lähtee liikkeelle puunhankinnasta, jonka hoitaa Koskisen Oy:n emoyhtiö Koskitukki Oy. Seuraavaksi hankitut tukit saapuvat tehtaalle, josta käynnistyy koko vanerin valmistusprosessi.

Ensin tukit lajitellaan ja siirretään tämän jälkeen hautomoaltaaseen. Hautomo on tavallisesti katettu rakennus, jossa on betonista valettu lämminvesihautomoallas. Hautomoaltaassa tukkien haudontalämpötila on noin 40-50 °C. Haudonnan tarkoitus on pehmittää tukkia, niin että sorvauksessa pöllistä saatava viilu leikkautuu hyvin ja on mahdollisimman laadukasta. (Varis 2017, 48-51.)

Seuraavaksi edessä on tukkien kuorinta. Tukit kuoritaan puhtaaksi jälsikerrokseen asti. Kuorinnassa tukeista poistuu samalla tukkien pinnalla olevia ylimääräisiä epäpuhtauksia. Tukkien kuorinnan hoitaa roottorimenetelmällä toimivat kuorimakoneet. Koneet toimivat automaattisesti syöttötelojen ohjatessa tukkeja kuorimakoneen läpi. Kuorimakoneen sisällä on kuorimarootoreita 1-2 kpl, joiden roottoripyöriin on asennettu tavallisesti kuusi kuorimateriaa. Tukin kulkiessa kuorimakoneen läpi, terät kaapivat kuoren pois tukista jälsikerrosta myöten. (Varis 2017, 52-53.)

Kuorinnan jälkeen tukit katkotaan pölleiksi ja niiden katkaisussa käytetään tavallisesti heilurisahoja tai ketjusahoja. Tukit täytyy katkoa sorvipölleiksi, jotta ne ovat oikeissa mitoissa sorvausta varten. (Varis 2017, 54.)

Pöllit siirtyvät seuraavaksi sorvaukseen. Sorvauslinja koostuu viilusorvista, kamera ja leikkauspisteestä sekä leikattujen viilujen pinkkauksesta. Kun pöllä saapuu sorvaukseen, niin ensimmäiseksi se täytyy keskittää mahdollisimman tarkasti sorvin karoihin, jotta pöllistä saatava viilusaanto on mahdollisimman hyvä. Pöllin keskittämisen hoitaa automaattinen XY-keskittäjä. (Varis 2017, 55-57.)

Viilusorvin karoihin keskitetty pöllä sorvataan viilusorvissa. Karat alkavat pyörittää pöllä samalla kun teräpenkki liikkuu kohti pöllin keskiötä. Teräpenkissä on leikkaava terä ja yläpuolella oleva vastaterä, joiden muodostamasta raosta pöllistä saatava viilu sorvataan. Sorvauksen loppuvaiheessa karojen pyörimisnopeus voi nousta 600-1000 rpm. Sorvattu viilumatto etenee viiluradalle noin 100-350 m/min nopeudella. (Varis 2017, 58-60.)

Seuraavaksi viilut leikataan ja pinkataan. Viilujen leikkausta ohjaa konenäköön perustuva automaattinen menetelmä. Viiluille tehdään myös automaattinen kosteusmittaus ja pinkkaus, jossa viilut jaetaan pinkkauslokeroihin arkkipinoiksi. Pinkkaustarkkuus on tärkeää, koska pinkkojen tulee olla tasareunaisia sekä pituus- että leveysuunnassa, jotta pinkkojen siirrot ja viilujen syöttö kuivaajaan onnistuvat optimaalisesti. (Varis 2017, 60-62.)

Pinkat kuljetetaan seuraavaksi viilunkuivaajalle, jossa viilut kuivataan. Viilujen kuivaus ja lajittelu on käsitelty erikseen tarkemmin luvussa 4.

### 3.2 Viilujen saumaus, jatkaminen ja paikkaus

Viilun saumauksen tarkoitus on hyödyntää viiluaines mahdollisimman tarkasti. Pääperiaatteenä on yhdistää erilevyisiä viilukappaleita eli jointteja täyslevyisiksi arkeiksi. Jointteja syntyy, kun viiluista poistetaan vikaisuuksia. Samauksessa viilukappaleiden liittämiseen käytetään liimalankaa ja tarvittaessa liimapisaroita. (Varis 2017, 71-73.)

Viiluja täytyy myös jatkaa, sillä koivuvanerin valmistuksessa sorvipölliin mitat eivät riitä vanerin ristikkäisyysuunnassa rakentuviin, valmiin levyn leveysmitan mukaisiin keskiviiluihin, joita käytetään niin sanottuina liimaviiluina. Koko viilumäärästä jatkettuja viiluja tarvitaan noin 45 %. Viilua jatkettaessa jatkettaviin viiluarkkeihin tehdään viistosahalla viiste molempiin päihin. Tämän jälkeen viisteisiin levitetään liima ja ne puristetaan yhteen kuumapuristinpalkkien välissä. Sitten jatkettu arkki leikataan tarvittavaan mittaan. (Varis 2017, 74-75.)

Viilun paikkauksessa korvataan viiluarkeissa olevia vikoja ehjillä viilupakoilla. Reilu kymmenesosa koko viiluvirrasta joudutaan paikkaamaan. Paikkauslinjat ovat automaattisia, ja ne hyödyntävät kameratekniikkaa paikattavien kohtien paikantamiseen. Kun kamera on tunnistanut paikattavat kohdat, niin yläpuolinen terätyökalu lyö viiallisen kohdan pois ja alapuolinen terä lyö tilalle paikan. Tärkeintä paikkauksessa on, että viallinen kohta pystytään korjaamaan ja että paikka pysyy kiinni. (Varis 2017, 76-79.)

### 3.3 Liimauksesta puristukseen

Vaneri rakentuu ristikkäin toistensa syysuuntaan ladotuista viiluista. Ristikkäinen rakenne antaa vanerille tarvittavat lujuusominaisuudet. Koivuvanerin pintaviilut ovat poikkisuuntaisia. Vanerin pinnat ovat aina samaa syysuuntaa, joten täytyy viilujen määrä vanereissa olla pariton.

Liimauksessa käytetään tavallisesti fenoliformaldehydi- tai ureaformaldehydipohjaisia hartseja. Liiman levitysmenetelminä käytetään telalevitystä, verholevitystä ja juovalevitystä. Telalevitys on perinteisin menetelmä, jossa viilu kulkee liimaa levittävien telojen läpi. Mikäli viilut ovat koppuraisempia, saattaa telat painaa viiluja hajalle tai viilujen kuoppiin jäädä alueita, joille liimaa ei levity. Verholevitys ja juovalevitys ovat yksipuolisia menetelmiä. Verholevityksessä viilu kulkee liimaverhon läpi. Juovalevityksessä liima valuu viilun päälle rinnakkaisina juovina. (Varis 2017, 81-84.)

Liiman levityksen jälkeen on vuorossa viilujen ladonta. Ladonta täytyy tapahtua määrätyn ajan sisään, jotta viilulle levitetty liima säilyy käyttökelpoisena. Ladonnan jälkeen on vuorossa esipuristus, joka parantaa liiman tartuntaa viiluihin ja pidentää liiman kuivumisaikaa ennen kuumapuristusta. Kuumapuristuksessa esipuristetut vanerilevyt puristetaan monivälisessä kuumapuristimessa vanerilevyiksi korkean lämpötilan ja paineen avulla. (Varis 2017, 84-88.)

### 3.4 Vanerilevyjen käsittely

Puristuksen jälkeen levyt pinotaan nipuiksi. Niput viedään sahauslinjalle, jossa vanerilevyt saavat lopullisen mittansa. Viimeistelyvaiheessa voidaan tarkastaa, paikata ja korjata levyissä esiintyviä vikoja kittaamalla. (Varis 2017, 90-91.)

Sahauksen ja mahdollisen kittauksen jälkeen on aika hioa levyt. Levyt hiotaan leveänauhahiomakoneilla. Levyjen hionnan tarkoituksena on saada levyille siisti ja tasainen pinta sekä kalibroida levyn paksuus mittaansa. Tämän jälkeen levyt lajitellaan ja mahdollisesti pinnoitetaan ja reunasuojataan. Lopuksi levyt pakataan niin, että ne ovat suojassa mahdolliselta liialta, kosteudelta, vääntymiseltä ja käsittelyvaurioilta. (Varis 2017, 93-98.)

## 4 VIILUN KUIVAUSLINJAN TOIMINTA

### 4.1 Viilun kuivaus

Viilun kuivaus on nopea prosessi. Ensin viilut kulkevat kuivaajan läpi, jonka jälkeen ne etenevät linjassa ja kone lajittelee ne laadun mukaan. Yhdellä viilun kuivauslinjalla työskentelee kaksi työntekijää samanaikaisesti, kolmessa eri vuorossa. Koskisen Oy:llä on käytössään useita telakuivauskoneita viilujen kuivaamiseen. Tässä kerrotaan 3-kuivaajan toiminnasta, vaikkakin pääperiaate kaikissa on sama.

Ensimmäiseksi viilulehdet sorvataan ja leikataan arkeiksi, jonka jälkeen on aika kuivata ne kuivauslinjalla. Arkit pinotaan ja pinot on pääsääntöisesti lajiteltu mittojen mukaan. Kaksi arkkipinoa saapuu aina samanaikaisesti telakuivaajan suulle, jossa alipainenostimet nostavat arkkeja rinnakkain heittoalustalle ja aina telakerrosten syöttötasolle. Täältä ne siirtyvät tilan vapautuessa rullaston työntäminä sisään eri kerroksille. Syöttöpäässä oleva henkilö valvoo, että viilut menevät kuivaajaan niin kuin on tarkoitus. Hän oikoo viilujen asentoja, poistaa huonoja viiluja ja tekee tarvittavia säädöksiä kuivaajaan ja kuivaajan syöttölaitteeseen. Viilut syötetään kuivauskoneeseen aina syynsuuntaisesti.

#### 4.1.1 Telakuivauskone

Telakuivaaja rakentuu kolmesta eri osasta, syöttölaitteesta, kuivauskoneesta sekä purkulaitteesta. Koskisella on käytössään Rauten toimittama telakuivauskone, jossa viilut kulkevat kuudessa eri tasossa koneen läpi. Viiluilla kestää noin kuusi minuuttia kulkea kuivauskoneen läpi, kun ne etenevät noin 5 m/min nopeudella. Viilut liikkuvat telojen kuljettamina ensin kuivausvyöhykkeeseen, jossa ne ensin lämpenevät ja tapahtuu vapaan veden haihtumista. Vapaan veden haihtumisen jälkeen tulee sidotun veden haihtuminen, jonka jälkeen kuivauskoneen loppupuolella ne saapuvat jäähdytysvyöhykkeelle ennen kuin tulevat ulos kuivaajasta.

Viiluja kuivataan puhaltamalla kuumaa höyryä viilujen pinnoille. Niiden kuivaus perustuu oikeanlaiseen lämpöön, kosteuteen ja ilmankiertoon, joiden avulla vesi poistetaan viiluista, yrittäen kuitenkin olla vahingoittamatta viilujen rakennetta. Lämpötila kuivauksessa on tavallisesti noin 175-180 °C. Kuivaajan lämpötila saattaa olla korkeampi ihan kuivaajan alkupäässä, jossa viilut ovat vielä märkiä. (Koskisen 2018.)

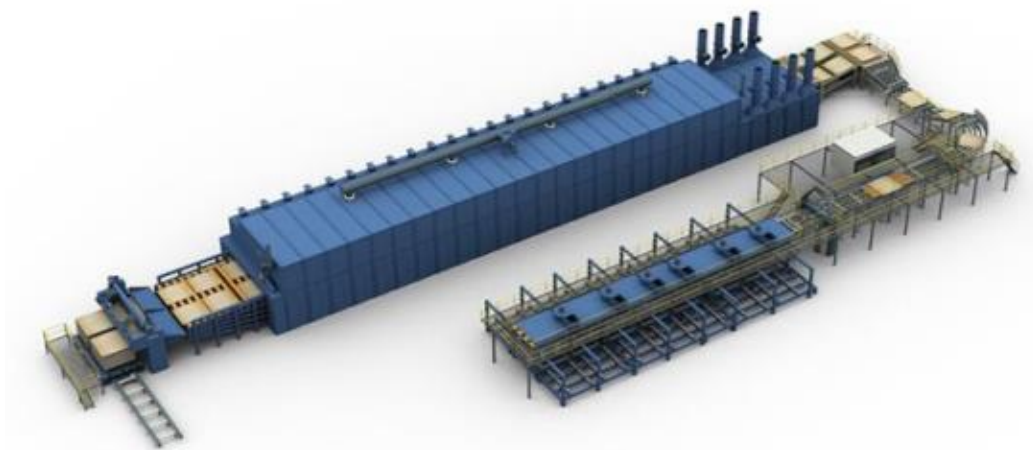
Viilun kuivaus vie todella paljon energiaa, joten sen tulisi olla mahdollisimman tehokasta tuotannon kannalta. Koskisella on oma voimalaitos, jonka lämmöntuotannosta 50-60 % menee telakuivauskoneiden käyttöön. Viilujen jäähdytykseen käytetään ulkoilmaa, joka puhalletaan viiluja vasten. (Koskisen 2018.)

Telakuivauskoneen sisällä vallitsevia kuivausolosuhteita ja viilujen kosteutta täytyy valvoa jatkuvasti, jotta taataan viiluille tasainen kuivauslaatu. Mitä korkeampi lämpötila kuivaajan sisällä on, sitä nopeammin viilut kuivuvat. Kuivausilman puhallusnopeus sekä kuivaajassa vallitseva suhteellinen kosteus täytyvät olla viilujen kuivauksen kannalta optimiarvoissaan. Myös viilujen nopeudella on suuri vaikutus. Hyvän kuivauslopputuloksen aikaansaamiseksi tulisi näiden kuivaukseen vaikuttavien tekijöiden olla tasapainossa keskenään. Viiluille on olemassa tavoitekosteus, johon kuivauksessa pyritään pääsemään. Tällöin viilut ovat oikeassa kosteudessa liimausta varten. Tasaisen loppukosteuden lisäksi viiluista halutaan sileitä, tasapintaisia ja ehjiä. (Koskisen 2018.)

Vuodenajat ovat myös yksi olosuhteisiin vaikuttava tekijä. Kovat pakkaset ja kovat helteet tuovat mukanaan aina omat ongelmansa. Kuitenkin vuoden ajalta taulukoituja arvoja tarkastellessa, ei vuoden ajoilla ole merkittävää merkitystä viilujen keskikosteuksiin tai märkäkuormien osuuksiin.

Telakuivauskoneen kuivassa päässä viilujen jäähdytyksen jälkeen viilut saapuvat purkulaitteelle, joka ohjaa viilut risteysasemalle. Risteysasemalta viilut jatkavat matkaansa hihnakuljettimelle, joka vie ne kohti lajittelupistettä. Mikäli viilut laskeutuvat hihnakuljettimelle vinossa, niin ne saattavat kääntyä satunnaisesti viilun kulman ensin osuessa vetäviin kuljetushihnoihin. (Varis 2017, 66.)

Kuvassa 1 on esitetty Rauten viilun kuivauslinja. Koskisella linja on suunnattu hieman erilailla, mutta ajatus linjassa on sama.



Kuva 1. Viilun kuivauslinja (Raute 2018d)

#### 4.1.2 Viiluihin tulevat virheet

Tavanomaisimpia viiluihin tulevia virheitä ovat pinnan koppuraisuus ja aaltoilu, halkeilu sekä kauttaaltaan vaihteleva kosteus. Mikäli viilut jäävät kuivauksen jälkeen liian kosteiksi, joudutaan ne uudelleen ajamaan kuivaajan läpi. Liian kostean viilun käyttö vaikeuttaa liimausta ja aiheuttaa höyryn muodostumista, joka rikkoo vanerin rakennetta. Viilujen koppuraisuus taas johtuu yleensä siitä, että viilu on liian kuiva, koska viilua on kuivattu liian korkeassa lämpötilassa tai se on ollut liian kauan kuivaajassa. Liiallinen kuumuus aiheuttaa yleensä puun sisäisten jännitteiden liian äkillistä purkautumista. Se että viilu on ollut liian kauan kuivauskoneessa, johtuu yleensä siitä, että kuivauslinja on jouduttu syystä tai toisesta hetkeksi aikaa pysäyttämään. (Koponen 2002, 51.)

#### 4.2 Viilun laadun analysointi ja lajittelu

Kuivauksen jälkeen viilut lajitellaan lopullisiin laatuluokkiinsa. Viilujen lajittelu perustuu automaattiseen kosteusmittaukseen ja konenäköön, joka luokittelee viiluja visuaalisen ulkonäön perusteella. Käytössä on Mecano VDA -konenäkö, joka analysoi viiluista vikaisuuksia, kuten halkeamia, oksia, lahoa, pinnan karheutta ja kohoumia sekä värivikaisuutta. Haasteena konenäössä voi olla siinä syntyvät konenäön tekemät virheet. Erilaiset heijastukset viilun pinnasta tai kupruileva viilu voivat hämätä konenäön kameraa, niin ettei se lue viilun pintaa oikein. Kuvassa 2 näkyy Mecanon VDA -kone-näkölaite. (Varis 2017, 67.)



Kuva 2. VDA -koneäkö

Mitattaessa viilun kosteus kuivauksen jälkeen voidaan varmistaa, että on päästy tavoitekosteuteen. Kosteusmittauksen laskenta perustuu saatuihin keskiarvoihin ja piikkiarvoihin. (Varis 2017, 67.)

Viilut lajitellaan pintaviiluiksi ja keskiviiluiksi sekä näiden alla vielä tarkempiin laatuluokkiin. Viilujen ominaisuuksien tulee täsmätä niiden käyttökohteiden vaatimuksiin. Ensimmäiseen pinoon tulee liian kosteat viilut, jotka joudutaan kuivaamaan uudelleen. Loput pinot on lajiteltu laadun mukaan, ja ne siirtyvät seuraavaan vaiheeseen.

#### 4.3 Koivuviilun laatuluokat

Viilujen laaduille on annettu erilaiset luokitukset, jotka jakavat viilut laatuluokkiin. Viilujen laatuluokkien ominaisuuksia ja käyttökohteita on esitetty alla olevassa taulukossa (taulukko 1). Taulukko kuvaa yleistä viilujen laatuluokitusta eikä kuivaajalta tulevien viilujen lokeroittaista luokitusta.



Taulukko 1. Laatuluokkien ominaisuudet ja käyttökohteet (Koponen 2002, 19-20)

B	Korkealaatuinen viilu, joka soveltuu hyvin lakattaviin tai sävytettäviin pintoihin. Sallitaan korkeintaan 6 mm:n oksia ja hieman värivikoja.
S	Soveltuu ohuiden pinnoitteiden alustaksi tai korkealuokkaiseen maalaukseen. Saliitaan maksimissaan 20 mm:n läpimittaisia terveitä oksia. Muitakin vikoja sallitaan enemmän kuin B-laadussa
BB	Yleislaatu, joka soveltuu hyvin rakenteisiin ja maalaukseen tai pinnoitteiden alustaksi. Sallitaan viat, jotka eivät haittaa levyn pinnan saantia tasaiseksi paikkaamalla.
WG	Käytetään rakenneosissa, vanerituotteiden takapintoina ja pakkauksissa. Laadulta vaaditaan tärkeimpänä liimauksen kestävyyttä.

#### 4.4 Kuivauslinjan hallinta

Ennen uuden kosteusanalysointilaitteen saapumista kuivaajan olosuhteita ja linjaa hallitaan paljon manuaalisesti. Kuivaajan perussäädökset, kuten telojen nopeus, säädetään käsin. Uuden kosteusanalysointilaitteen saavuttua suuri osa ominaisuuksista automatisoituu. Työntekijöiden määrä linjalla säilyy kuitenkin samana. Linjaa valvotaan koko ajan, ja se pysäytetään tarpeen vaatiessa. Laadunvalvonta tapahtuu koneellisesti konenäön avulla ja laite itse lajittelee viilut pinkkoihin. Viilujen laatulajittelu muuttuu hieman uuden kosteusanalysointilaitteen saavuttua, sillä sen saa kommunikoida konenäön kanssa.

## 5 INVESTOINTIHANKKEET

### 5.1 Investoinneista ja niiden laskemisesta

Koskisen Oy teki uuden investoinnin hankkimalla Rautelta uuden, tämän sukupolven, kosteusanalysointilaskurin. Kosteusanalysointilaskurin on oletettu tehostavan tuotantoa ja näin ollen pienentävän hukkatuotantoa, eli hankinnan tulisi vähentää myös ympäristön kuormitusta. Uuden kosteusanalysointilaskurin pitäisi myös helpottaa työn tekemistä.

#### 5.1.1 Kustannusohjaus

Investoinneilla on liiketalouden kannalta merkittävä rooli. Investointihanke on luonteeltaan projekti. Ennen investointilaskelman tekemistä on hyvä tehdä kustannusohjaus investoinnista. Sen tehtävänä on saada itse investointiprojektista mahdollisimman edullinen toteutus. Kustannusohjauksessa arvioidaan tulevat kustannukset ja asetetaan projektille jokin budjetti. Sitten optimoidaan aikataulu ja kustannukset sekä tehdään kassavirtalaskenta, kustannusraportointi ja näistä ohjauspäätökset. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 211.)

Suurien investointiprojektien kanssa kannattaa käyttää myös projektiositusta. Sekä kustannusarvioiti että -seuranta nojaavat projektiositukseen. Projektiositus on mahdollista tehdä useammalla tapaa. Tässä yksi vaihtoehto sen vaiheista; selvitysvaihe, soveltuvuustutkimusvaihe, suunnitteluvaihe, yksityiskohtainen suunnittelu ja toteutusvaihe. (Neilimo 2005, 211-212.)

#### 5.1.2 Investointilaskelmat

Investointilaskelmalla pyritään selvittämään investointihankkeen edullisuus ja laskennalliset hyödyt. Investointilaskelma edellyttää lähtötietoja, joiden avulla investoinnin edullisuutta pystytään arvioida. Ensimmäiseksi selvitetään perushankintakustannus, joka on lähimmäksi päätöksentekoa ajoittuva meno. Tämän jälkeen selvitetään juoksevasti syntyvät tuotot ja kustannukset, joita tarkastellaan vuositasona. (Neilimo 2005, 213-215.)

Investoinnin pitoaika, eli investoinnin taloudellinen käyttöaika, on myös syytä arvioida. Käyttöaikaan ja sen arviointiin vaikuttaa moni tekijä. Käyttöaikaa voidaan laskea investoinnin fyysisellä iällä, ajalla, jonka kone tai laite on käyttökelpoinen määrättyssä tarkoituksessaan. Joidenkin investointien fyysistä käyttöikää on kuitenkin periaatteessa mahdollista pitkittää loputtomiin tarvittavilla korjauksilla ja modernisoinneilla. Investointien pitoaikaa

kuitenkin yleensä määrittää niiden teknistaloudellinen ikä, joka on ajanjakson, jonka jälkeen investointi on taloudellisesti vanhentunut uudempiin versioihin nähden. Pitoaikaa voi olla joskus vaikeaa arvioida etukäteen. (Eklund & Kekkonen 2011, 114.)

Investoinnista viimeinen selvitettävä asia on sen mahdollinen jäännösarvo, eli myyntituloarvo, joka investoinnilla on sen jälkeen, kun sitä ei enää käytetä alkuperäisessä tarkoituksessaan. Kuitenkin jäännösarvion määrittelemine voi olla usein hyvin vaikeaa, mikäli kone tai laite on pitkään käytössä. Joissakin tapauksissa jäännösarvo voi olla myös negatiivinen, eli on maksettava, jotta hyödykkeestä päästään eroon. (Neilimo 2005, 218.)

Investointien laskentaan on kehitetty erilaisia menetelmiä. Nykyarvomenetelmä on menetelmä, jossa kaikki investoinnista johtuvat tuotot tai kustannukset diskontataan nykyhetkeen valitulla laskentakorkokannalla. Mikäli saatu nykyarvojen summa on positiivinen, niin investointi on kannattava. Tällöin investoinnista saatavien nettotuottojen nykyarvo on suurempi kuin investoinnista syntyneet peruskustannukset. (Neilimo 2005, 219-220.)

Annuiteettimenetelmässä investoinnin hankintamenot jaetaan pitoajalle vuosieriksi eli annuiteeteiksi. Investointi on taloudellisesti edullinen, jos vuotuiset nettotuotot ovat suuremmat kuin lasketut annuiteetit. Annuiteettimenetelmän käyttö voi osoittautua ongelmalliseksi, mikäli vuotuiset nettotuotot vaihtelevat enemmän. (Neilimo 2005, 220-221.)

Sisäisen korkokannan menetelmässä sisäinen korkokanta määritetään niin, että investoinnin nettonykyarvo on nolla. Investointi on kannattava, jos sisäinen korkokanta on suurempi kuin sille tavoitteeksi asetettu pääoman tuotto prosentti. (Neilimo 2005, 221.)

Pääoman tuottoastemenetelmä on yksinkertaistettu menetelmä sisäisen korkokannan menetelmästä. Investoinnin tuotto saadaan laskettua jakamalla tyypillisen vuoden investoinnin nettotuotto keskimääräisellä investoinnilla. Pääoman tuottoastemenetelmässä jätetään suoritusten eriaikaisuus pois laskelmista. (Neilimo 2005, 222.)

Viimeisenä viidentenä menetelmänä on Koskisen Oy:n itsekin käyttämä takaisinmaksuajan menetelmä, jossa lasketaan aika, jonka kuluttua investoinnin nettotuotot ylittävät sen aiheuttamat perushankintakustannukset. Menetelmä on yksinkertainen ja helppo. Puutteena siinä on se, ettei se ota huomioon korkoa laskelmissa, mutta sekin saadaan mukaan diskonttaustekijän avulla. Takaisinmaksulaskelmat ovat hyviä varsinkin silloin, kun investointi maksaa itsensä suhteellisen nopeasti takaisin. Se on kuitenkin hyvä menetelmä myös tukemaan muiden menetelmien rahoitusvaikutuksia. (Eklund 2011, 120-121.)

## 5.2 Kosteusanalysoijan investointilaskelma

Koskisen Oy:n investointi on melko suuren kertamenon uhraaminen. Investointi ei ole yritykselle pakollinen, mutta laskelmien mukaan kannattava. Investoinnin onnistuminen kertoo myös sen, kannattaako muille viilun kuivauslinjoille myöhemmin hankkia uudet kosteusanalysoijat.

Koskisen Oy:n investointilaskelman kannattavuutta mitataan takaisinmaksuajan menetelmällä, mikä on yksinkertaistettu menetelmä. Laskelmassa erilaisia parametrisioita liittyen tehokkuuteen ja laatuun, joita painotetaan eri lailla. Osaa näistä ei ole kuitenkaan huomioitu lopullisessa laskelmassa perusteltaessa investoinnin kannattavuutta.

Investoinnin pitoaika eli uuden kosteusanalysoijan taloudellinen käyttöaika tulee kuitenkin luultavasti olemaan aika pitkä ja näin ollen vuosien kuluessa sen tulisi maksaa itsensä takaisin useampaan otteeseen.

Takaisinmaksulaskelma on hyvä vaihtoehto kosteusanalysoijan investointilaskelmaksi. Myöskään investoinnin pitoaikaa ei voida tarkkaan tietää etukäteen. Koskisen Oy:n toteutus takaisinmaksulaskelman teossa on mielestäni yksinkertainen ja selkeä. Takaisinmaksulaskelmaan voisi kuitenkin huomioida vielä enemmän asioita, kuten energiankulutuksen, jonka tulisi uuden kosteusanalysoijan jälkeen pienentyä. Ymmärrän kuitenkin, että tällaisten arvojen lisääminen on haastavaa ilman todellista näyttöä siitä, miten esimerkiksi energiankulutus tulisi muuttumaan. Laadun parantumiselle ei ole laskettu muutosta, vaikka uuden kosteusanalysoijan tulisi sitä parantaa, joten sille olisi voitu antaa edes varovainen hyötyarvio, koska sen oletetaan muuttuvan.

Takaisinmaksuajan menetelmän ohella investoinnin kannattavuutta voisi todentaa myös muilla investointien laskentaan käytettävillä menetelmillä tukemaan alkuperäistä laskelmaa. Investointilaskelmaan saadut prosentuaaliset kasvuarviot voisivat olla paremmin perusteltuja.

## 6 KOESUUNNITELMA

Ensimmäiseksi perehdytään puun kuivaukseen ja kuivauslinjan toimintaan sekä opetellaan kuivauslinjan eri toimintavaiheet. Puun kuivauksessa hyödynnetään siitä kirjoitettua materiaalia, sekä omaa pohjatietoa asiasta.

Kuivauslinjan toimintaan syventyessä tarkkaillaan ensin kuivauslinjaa, linjassa meneviä viiluja ja työntekijöitä. Linjasta kerättyjä tietoja kirjataan ylös sekä otetaan kuvia eri vaiheista ja käytettävistä laitteista. Kuivaajaan liittyvät fysikaaliset arvot ja niiden optimaalinen suuruus selvitetään. Työntekijöiltä kysellään linjan toimintatavoista ja heidän omista tehtävistään.

Perehdytään tarkemmin laadunvalvontaan, ja kosteusanalyysointin toimintaan ja sen nykytilanteeseen. Viilujen laatua ja keskikosteuksia kartoitetaan edelliseltä vuodelta uuden kosteusanalyysointin saapumiseen. Selvitetään myös uudelleen kuivattavien viilujen määrää ja liian kuivien ja koppuraisten viilujen määrää

Uuden kosteusanalyysointin saapumista ja asennusta linjalle seurataan ja kosteusanalyysointista hankitaan syventävää pohjatietoa. Osallistutaan Rauten ja Mecanon järjestämiin koulutuksiin, koskien linjan modernisointia ja uutta kosteusanalyysointia. Uuden kosteusanalyysointin toimintaa linjassa tutkitaan, etenkin sen tuomia hyötyjä niin viilujen laadun, tehokkaamman tuoton kuin automaattiohjauksen suhteen. Vertaillaan myös eroa energiankulutuksessa vanhan ja uuden kosteusanalyysointin välillä.

Kun on saatu kerättyä vertailukelpoinen määrä tuloksia uudesta kosteusanalyysointista, niin on aika verrata sitä vanhaan. Tutkitaan kuinka hyvin arvioidut hyödyt toteutuvat käytännössä ja kuinka hyvin investointilaskelma pitää paikkansa.

Ohessa perehdytään myös tarkemmin investointilaskelmaan. Tutkitaan ja vertaillaan sitä, sekä koitetaan keksiä parannusehdotuksia investointien laskemiseen, mikäli niitä on löydettävissä. Lopuksi kasataan tutkimuksista saamat tiedot yhteen ja tehdään niistä johtopäätökset.

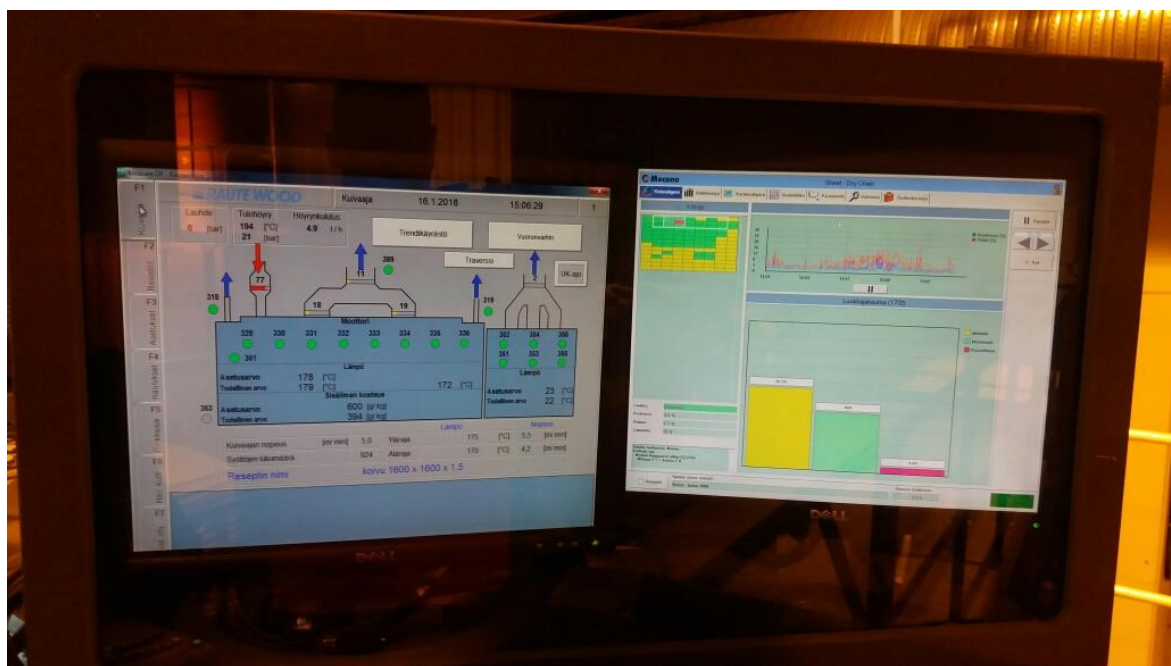
Ongelmana tutkimuksessa on varsin rajattu aika. Aikaa uuden kosteusanalyysointin saapumisesta lopputyön valmistumiseen ei ole paljon, joten analyysointin tuomista tuloksista ei saa näyttöä kovinkaan pitkältä ajalta. On mahdollista, että uusi kosteusanalyysointia ei heti

vaikuta tuotantoon samalla tavalla kuin sitten, kun sitä on keretty hieman sisään ajaa. Uudistukset tuovat mukanaan aina muutoksia ja muutokset totuttelua uuteen, vaikkakin uuden kosteusanalyysointilaitteen myötä ei linjan toiminnan tulisi ainakaan vaikeutua.

## 7 KUIVAUSLINJAN TILANNE ENNEN UUTTA KOSTEUSANALYSAATTORIA

### 7.1 Vanha kosteusanalysointilaite

Vanha kosteusanalysointilaite on Mecano DMA -kosteusanalysointilaite, jossa on visuaaliset kosketusanturit. Kosteusanalysointilaitteen valmistaa Mecano, joka on osa Rautea. Vanha analysointilaite on perusmalli, joka mittaa kosteutta viulun pinnasta. Kosteusanalysointilaite piirtää keräämiensä tietojen perusteella jokaisesta kuivatusta viulusta kosteuskartan, jossa näkyy viulun kosteustasot viulun eri osissa. Siihen kuuluu myös kosteuden raja-asetus, jonka avulla voidaan asettaa kosteusrajat viululevyjen eri alueille. Kuvasta 3 nähdään oikean puoleiselta Mecanon näytöltä kosteuskartan sekä saatujen viulujen kosteudet prosentuaalisesti tuotannosta. Kuvassa keltainen kuvaa matalaa, vihreä normaalia ja punainen liian kosteaa. DMA -kosteusanalysointilaitteen tarkkuus kuitenkin heikkenee mitattaessa alle 10 %:n kosteuksia. (Raute 2018a.)



Kuva 3. Rauten ja Mecanon näytöt

Alla olevassa kuvassa (kuva 4) näkyy, kuinka hihnakuljettimet tuovat viilua ja DMA -kosteusanalysointilaitteen vispilämäiset kosketusanturit mittaavat kosteuden viilun pinnalta.



Kuva 4. DMA -kosteusanalysointilaitteen toiminnassa

Ennen uutta kosteusanalysointilaitetta kuivaajan olosuhteita ja linjaan vaikuttavia suureita, kuten nopeutta, säädetään manuaalisesti.

## 7.2 Laatulajittelu

Vanha kosteusanalysointilaitte ei kommunikoi konenäön kanssa, joten viilujen kosteuslajittelu ei ole laatukohtaista. Kaikki liian kosteat viilut menevät laatulajittelun ensimmäiseen pinoon, loput pinot lajittelee konenäkö. Viilujen tavoitekosteudelle on tietty arvo. Liian märkiä viilut ovat silloin kun, ne ylittävät niille asetetut sallitut keskikosteudet tai viiluissa on pieni yksittäinen alue, jonka kosteus on tiettyä arvoa enemmän. Näitä pieniä yksittäisiä kosteusalueita kutsutaan piikeiksi. Viilujen loppukosteuksien hajontaa pyritään minimoimaan, jotta laatu olisi mahdollisimman tasaista. Hajontaa ei kuitenkaan voida eliminoida täysin viilujen alkukosteuden jakautuneisuuden vuoksi.



Viilut lajitellaan pinoihin pintaviiluihin ja keskiviiluihin ja näiden alla eri alaluokkiin. Pintaviiluja jaetaan leikattaviin, lajiteltaviin ja paikattaviin viiluihin sekä keskiviiluja pinnanlaadun ja viiluissa olevien virheiden mukaan. Yhteen pinoista tulee niin sanotut päätyraakit, jotka ovat keskiviiluja, jotka katkaistaan päädyistä tai päädyistä.

Näiden peruslajittelupinkkojen lisäksi laatulajittelun perältä löytyy vielä kolme lisäpinkkaa, jotka ovat varattu lakanoille. Lakanat ovat viiluja, jotka ovat sorvattu normaalia leveämmiksi. Niitä käytetään hyvälaatuisina pintaviiluina vanereissa, joissa ei sallita saumoja pintaviiluissa. Lakanapinkat jakautuvat lajiteltaviin, paikattaviin ja leikattaviin viiluihin.

Lakanat kuivataan normaaleja viiluja kuivemmiksi ja täten ne laskevat tilastollista keskiarvokosteutta. Ne kuivataan kuivemmiksi, koska niitä ei uudelleen kuivata. Liian kosteaksi jääneet lakanat menevät kuivien sekaan ja kosteudet tasoittuvat.

Seuraavassa kuvassa (kuva 5) näkyy, kuinka eri laatuluokkiin lajiteltuja viiluja on pinottu lajittelulinjassa.



Kuva 5. Viilujen lajittelu

## 8 UUSI KOSTEUSANALYSAATTORI JA LINJAN MODERNISOINTI

### 8.1 Rauten Smart Mill -konsepti

Uuden kosteusanalyysointilaitteen Koskiselle toimitti Raute, joka on maailman suurimpia vene-, viulun ja LVL-teollisuuden tehdaskokonaisuuksien toimittajia. Raute on myös kone-, sähkö- ja kosteusmittausjärjestelmissä alansa teknologiajohtaja. (Raute 2018c.)

Raute suoritti kosteusanalyysointilaitteen asennuksen ja linjan muun modernisoinnin Mecanon kanssa 19.-21. helmikuuta. Asennuksen jälkeen he pitivät työntekijöille myös koulutuksen linjaan tehdyistä muutoksista.

Vuonna 2016 Raute toi markkinoille uuden G5-sukupolven viulu- ja levyanalyysointilaitteet. Ne ovat osa Rauten Smart Mill -konseptia, jolla yritetään taata tehtaalla maksimaalinen tehokkuus. Uuden kosteusanalyysointilaitteen pitäisi olla nopeampi ja tarkempi sekä mahdollistaa digitaalisten palvelutuotteiden käytön. Uuden sukupolven kosteusanalyysointilaitteen suorituskyky ja arkkitehtuuri mahdollistavat sen, että analyysointilaitteet pystyvät yhdistellä ja analysoida useampaa mittaussuuretta yhtäaikaaisesti. Analyysointilaitteet voidaan myös kytkeä toisiinsa, niin että niillä on tieto edellisestä ja seuraavasta työvaiheesta, jolloin nämä voidaan hyödyntää viulun analysoinnissa ja laadutuksessa. (Raute 2016.)

### 8.2 Uuden kosteusanalyysointilaitteen toimintaperiaate

Uusi kosteusanalyysointilaitte on Mecano MVA -kosteusanalysointilaitte (kuva 6), joka ei toimi kosketuksellisesti vaan mikroaalloilla. Viulun yläpuolella olevat lähettimet, jotka ovat myös vastaanottimia, lähettävät signaaleja, jotka kulkevat viulun lävitse viulun alapuolella oleville heijastimille. Mikroaallot kimpoavat heijastimista takaisin lähettimeihin. Analyysointilaitte analysoi saadun tiedon, joka perustuu mikroaallon taajuuden muutoksiin. Toisin kuin vanha kosteusanalyysointilaitte, se mittaa kosteuden myös viulun sisältä.

Uusi kosteusanalyysointilaitte tarjoaa tämän hetken tarkimman mittaustavan viulujen kosteuksien mittaamiseen. Se on tarkka 0-40 %:in, mutta suunniteltu nimenomaan alle 15 %:n kosteuksien mittaamiseen. Näin ollen sen tulisi olla huomattavasti tarkempi kuin vanha kosteusanalyysointilaitte. (Raute 2018b.)



Kuva 6. Koskisen Oy:n uusi Mecano MVA -kosteusanalysointilaitteisto

Kosteusanalysointilaitteistossa on neljä valokennoa, jotka tunnistavat, kun viilu saapuu ja lähtee mitta-alueelta. Näin analysointilaitteisto tietää milloin mitata. Analysointilaitteistossa on ruuhkapsakuri, joka suojaaa laitetta, jos viilut tulevat laitteelle väärällä tavalla. Varustukseen kuuluu myös paineilmapuhaltimet, jotka suojaavat mittalaitteita roskalta tai muulta sellaiselta. Paineilmapuhaltimet toimivat säännöllisin väliajoin, mutta niitä voidaan puhalluttaa tarpeen tullen myös napista. Alla näkyy, kuinka viilu kulkee kosteusanalysointilaitteiston lävitse sen mitattaessa viilun kosteutta (kuva 7).



Kuva 7. MVA -kosteusanalysaattori toiminnassaan

### 8.3 Linjan muu modernisointi

Siipisäätimet automatisoitiin ja ne ohjautuvat kuivaajan sisäilman kosteuden mukaan vyöhykekohtaisesti. Kosteus pyritään pitämään asetusarvossa siipisäätimien avulla. Asetusarvo löytyy ajo-ohjelmasta. Kuivaajan pysähtyessä siipisäätimet sulkeutuvat automaattisesti, jotta sisäilman kosteus olisi mahdollisimman suuri. Siipisäätimet alkavat sulkeutua kuitenkin vasta määritetyn sulkeutumisaian jälkeen, sillä lyhyisiin pysähdyksiin niitä ei tarvitse sulkea. Korvausilmaventtiilit sulkeutuvat kuivaajan pysähtyessä aina samaan tahtiin siipisäätimien kanssa.

Kuivaajan sisäinen kosteusanalysaattori vaihdettiin kahdeksi happianturiksi. Kuivaajan sisälle asennettiin myös uusi kostutusjärjestelmä koko kuivaajan pituudelle. Kostutusjärjestelmällä kuivaajan sisällä vallitseva kosteus voidaan pitää vakiona kuivaajan jostain syystä pysähtyessä, esimerkiksi ruuhkan vuoksi.

Jäähdytyskennoon on lisätty paineanturi, joka luo tarvittavan paine-eron, ettei kuuma ilma pääse jäähdytysilman sekaan. Jäähdytysilman säätö tapahtuu viilun lämpötilan mukaan.

Uusi ohjausjärjestelmä asennettiin, Siemens S7 -logiikka, joka ohjaa uusia toimintoja.

Vanha ohjausjärjestelmä ohjaa vielä osan toiminnoista. Myös uusi käyttöliittymä asennet-

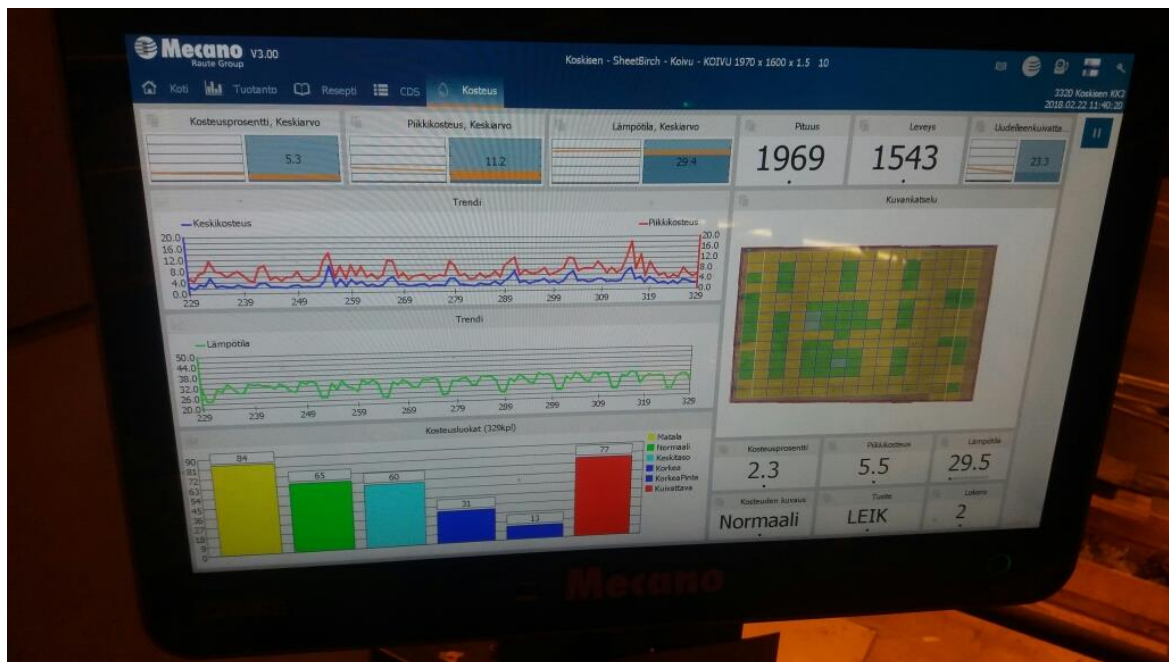
tiin, siemens HMI paneeli, joka ohjaa myös uusia toimintoja. Käyttöliittymän ajo-ohjelmista löytyy diagrammit viilujen kosteuksista ja kuivumisesta. Ohjaukseen syötetään resepti, jolla annetaan ylä- ja alapisteet lämpötilalle ja nopeudelle. Näiden pisteiden välille määrittyy lämpötilaa vastaavan nopeuden kulmakerroin.

#### 8.4 Hyödyt

MVA -järjestelmä toimii yhdessä VDA-konenäön kanssa. Tämä mahdollistaa uudenlaisen laatulajittelun, jossa muun muassa viilujen kosteus huomioidaan muun laadituksen ohella. Tämän taas tulisi parantaa kuivauksen kapasiteettia ja saatavan viilun laatua. Viilut lajitellaan edelleen samaan tapaan samoihin luokkiin, sillä erolla, että kosteusanalyysointori on mukana koko laadutuksessa. Kosteusmittauksen lisäksi mittaus tuottaa tiedon puun ominaispainosta. Ominaispaino taas korreloi puun lujuuden kanssa ja näin saadaan myös viilun lujuus määritettyä.

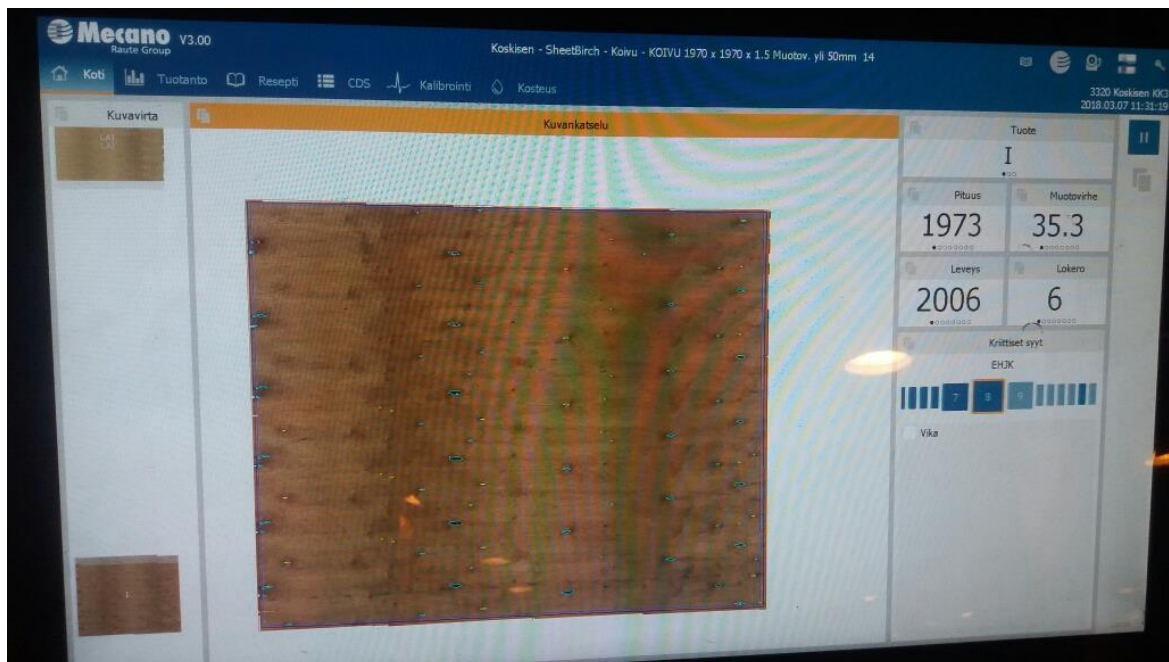
Viiluille on edelleen käytössä kosteuskartat, jotka kone viiluista piirtää, ja niiden alueille asetetut raja-arvot. Kosteuskartat ja konenäön havaitsemat viat ovat kuitenkin nyt tarkemmin tutkittavissa. Kuvasta 8 näkyy uudelta Mecanon näytöltä tarkemmat kosteuskartat ja kosteusjakaumat ja jokaisesta viilusta näkee yksityiskohtaisesti paljon tietoa. Kosteusanalysointori tekee viiluista myös läpivalaisukuvat. Viiluista jää myös paljon enemmän tietoa eri viiluluokkien ja viilujen osalta kuin ennen. Viilun reuna-alueilla sallitaan hieman suurempi kosteus kuin keskellä viilua.





Kuva 8. Uuden kosteusanalysointin tiedonkeruun näyttö

Seuraavaksi näemme kuvan 9, jossa vikaisuuksia on analysoitu. Kuvasta saamme tarkat tiedot viilun mitoista ja vioista.



Kuva 9. Viilun koneellista laadutusta

#### 8.4.1 Vaikutus viilun saantiin ja laatuun

Viilun saannin ja laadun tulisi parantua kosteusanalyysointilaitteen optimaalisen olosuhteiden säätelyn, häiriöiden vähenemisen ja tarkemman laatulajittelun myötä. MVA -järjestelmä on myös nopeampi kuin vanha. Uuden kosteusanalyysointilaitteen tulisi Rauten mukaan hoitaa viilun kuivauslinja niin, että uudelleen kuivattavaa ei tulisi juuri ollenkaan. Tämä taas pienentäisi riskiä siihen, että tulee liian kuivaa viilua, kun viiluja joudutaan kuivaamaan kahteen kertaan. Koppuraisten viilujen osuus pitäisi muutenkin vähentyä merkittävästi. Laatulajittelu erottaa pintaviiluja keskiviiluista myös kosteuden mukaan niin, että pintaviiluissa sallitaan suurempia kosteuksia kuin keskiviiluissa. Se ei ole ongelma, sillä kosteammat pintaviilut eivät vahingoita lopullista tuotetta samalla lailla kuin kosteammat keskiviilut. Keskiviilujen ollessa liian kosteita, syntyy levyn sisällä liiallista höyryn painetta kuumapuristuksen aikana. Tällöin liiallinen paine rikkoo levyn liimasaumaa ja levy voi jäädä ontoksi.

#### 8.4.2 Automaattiohjaus

Modernisoinnin myötä monet asiat linjassa ovat muuttuneet automaattisiksi. Kaikki linjaan lisätyt uudet toiminnot toimivat automaattisesti uuden ohjausjärjestelmän ja käyttöliittymän ohjaamina. Kosteusanalyysointilaitteet säätelevät paljon olosuhteita kuivaajan sisällä ja ohjaa nopeutta automaattisesti kuivaajan lämpötilan, viilujen keskikosteuden ja märkien arkkien määrän mukaan. Kuivaajaan tulevien viilujen kosteus vaihtelee, joten kosteusanalyysointilaitteet ei tee muutoksia linjaan yksittäisten viilujen, vaan suuremman otannan mukaan. Sääntösyklillä tarkoitetaan määrää, kuinka monen viilun jälkeen automatiikka tekee säädön. Nyrkisääntönä sääntösyklivälille on noin kuivaajan kuumaan osaan samanaikaisesti mahtuvat viilut, jotka saadaan laskettua kaavalla 1.

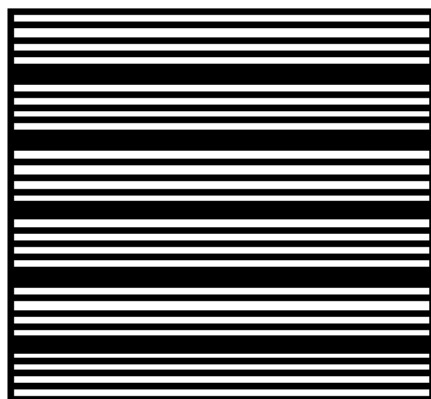
Kaava 1. Kuivaajaan kerralla mahtuvat viilut

$$\frac{a \times b}{c} \times d = x$$

jossa  $a$  on kuivaajan kuuman osan pituus,  $b$  on kuivaajan tasojen lukumäärä,  $c$  on viilujen pituus ja  $d$  on pinkkojen lukumäärä syötössä.

### 8.4.3 Sandwich -menetelmä osittain märille viiluille

Järjestelmällä on edellytys hyödyntää sandwich stacking -menetelmää eli voileipäpinkkausta, jossa se pinoaa liian kosteita viiluja kuivien viilujen sekaan, niin että viilujen kosteus tasaantuu optimaaliseksi (kuva 10). Menetelmä pienentää uudelleen kuivattavan määrää entisestään. Tätä ominaisuutta ei kuitenkaan otettu kunnolla käyttöön asennuksen jälkeen, mutta sitä on hyödynnetty lajiteltavien pintaviilujen kanssa, jolloin joka kymmenes viilu on ollut liian kostea. Lajiteltavien pintaviilujen kanssa ominaisuuden testaaminen on melko turvallista, sillä niiden siirtymisessä kuivauksesta puristukseen menee tavallisesti useampi päivä, joten kosteuden tasaantumiseen on aikaa. Pintaviiluissa voidaan muutenkin sallia keskiviiluja hieman korkeampi kosteus. Rauten nykyisessä tehdaskokonaisuudessa viilun kuivauslinjaan kuuluu myös refeed -laite, jolla pinkattujen viilujen kosteus on helppo mitata uudelleen syöttämälle ne pelkästään kosteusanalysointilaitteen läpi (Raute 2018b). Refeed -laitetta ei kuitenkaan asennettu linjaan ja tämän takia sandwich -menetelmän kanssa lähdetään varovaisesti ja kokeillen liikkeelle, kunnes on saatu enemmän tietoa siitä, kuinka kauan ja miten hyvin menetelmällä pinkatut viilut kuivuvat.



Kuva 10. Sandwich -menetelmän periaate



## 9 TULOKSET

### 9.1 Viilun kosteus ja laatu

Vaikeuksia tulosten analysointiin ja niiden luotettavuuteen tuo varsin lyhyt mittausaika uuden kosteusanalysointilaitteen saapumisen jälkeen. Tuloksia uudesta kosteusanalysointilaitteesta linjassa on vain noin kuukauden ajalta ja sen saaminen toimimaan linjassa optimaalisella tavalla ottaa kuitenkin aikansa.

Vanhan kosteusanalysointilaitteen tuottamissa kosteusmittauksissa täytyy muistaa, ettei tuloksiin voi täysin luottaa vanhan kosteusanalysointilaitteen epätarkkuuden takia.

#### 9.1.1 Viilun kosteus ja kuivaajan nopeus

Koskisen Oy pitää itse kirjaa viilujen kosteuksista taulukoimalla keskiarvokosteuksia, märkäkuormien osuuksia sekä telakuivaajassa olevien viilujen etenemisnopeuksia päivittäin. Näitä kyseisiä taulukoita hyödynnetään koko 2017 vuoden ja 2018 vuoden alkuvuoden ajalta. Märkäkuormien osuutta ei ole jätetty liitteiden taulukointeihin, mutta sen kuukausittaiset keskiarvo-osuudet on merkitty indeksilukuina taulukkoon 2.

Liitteiden (Liite 1-Liite 16) taulukoista ja kuvioista nähdään 3-kuivaajan viilujen keskiarvokosteudet. Taulukoissa on esitetty myös kuivaajassa etenevien viilujen keskiarvonopeudet. Taulukon kahdelle alimmalle riville on laskettu keskiarvosarakkeiden keskiarvot ja keskihajonnat. Kuvioissa näkyy viilujen päivittäiset keskiarvokosteudet kuukauden ajalta viivadiagrammina. Kuvioihin on eritelty aamu-, ilta- ja yövuorojen keskiarvot ja diagrammin viiva seuraa näiden keskiarvoa.

Liitteiden taulukoihin on valittu vuoden 2017 tammikuun, maaliskuun, huhtikuun, kesäkuun ja lokakuun taulukot, jotka sisältävät vähemmän mittausvirheitä. Vuodelta 2018 taulukot ovat tammikuulta, helmikuulta ja maaliskuulta. Taulukot ja kuvat ovat liitteissä aikajärjestyksessä vanhimmasta alkaen, niin että saman kuukauden taulukoinnit ja kuvioinnit ovat aina peräjälkeen. Helmikuun taulukossa (Liite 13) keskiarvot ja keskihajonnat ovat laskettu erikseen ennen ja jälkeen uuden kosteusanalysointilaitteen asennuksen.

Seuraavaksi näemme taulukon (taulukko 2), johon on koottu tietoja yhteen vertailun ja tulosten analysoinnin helpottamiseksi. Taulukossa esitettyssä helmikuun sarakkeessa on huomioitu arvoja vain siltä ajalta, kun vanha kosteusanalysointilaitte on ollut käytössä (1.-18. helmikuuta). Tämä sen takia, koska helmikuun loppu uuden kosteusanalysointilaitteen asennuksen

jälkeen oli lähinnä uuden laitteen hienosäätämistä, joten tältä ajalta saadut tulokset heittelevät paljon. Uuden kosteusanalysointilaitteen osalta vertailu tapahtuukin pelkästään maaliskuun osalta.

Taulukko 2. Viilujen kosteus

Kuivaus 3				
Kuukausi	Viilun keskikosteus %	Viilun keskikosteuden keskihajonta	uudelleen kuivattavan keskiarvoinen prosenttimäärä indeksiarvona	Kuivaajan nopeuden keskiarvo m/min
<b>2017</b>				
Tammikuu	3,8	0,2	1,00	5,03
Maaliskuu	3,8	0,2	1,04	5,03
Huhtikuu	3,8	0,1	1,04	5,06
Kesäkuu	3,7	0,2	1,09	4,88
Lokakuu	3,8	0,2	0,97	5,00
<b>2018</b>			0,00	
Tammikuu	3,8	0,5	1,03	4,59
Helmikuu	3,8	0,1	1,11	4,61
<b>keskiarvo</b>	3,79	0,21	1,04	4,89
Maaliskuu	4,1	0,3	0,56	4,27

Lähdettäessä tarkastelemaan keskikosteutta niin huomataan siinä noin 0,3 prosenttiyksikön nousu. Suurta muutosta ei ole tapahtunut ja haluttuun kosteuteen on päästy uudella analysointilaitteella. Kosteusmittaukset, jotka on tehty ennen uutta kosteusanalysointilaitetta, ovat enemmänkin suuntaa antavia kuin luotettavia mittauksia, sillä vanha kosteusanalysointilaitte ei ole enää niin tarkka alle 10 %:n kosteuksia mitattaessa.

Viilun päivittäisten keskikosteuksien keskihajonta on suurimmalta osin ollut noin 0,2, eikä keskihajonnassa havaita suurempia muutoksia uuden kosteusanalysointilaitteen saapumisen jälkeen.

Märkäkuormien osuuden osoittamisessa käytetään indeksiarvoja. Sen osuus on pudonnut selkeästi keskimääräisestä 1,04:stä noin 0,56:een, joka tarkoittaa yli 46 %:n pudotusta liian kosteiden viilujen osuuteen. Ennusteiden mukaan uudelleen kuivattavan määrä tulee tulevaisuudessa olemaan alle puolet alkuperäisestä.

Kuivaajassa etenevien viilujen nopeus on kuitenkin laskenut selkeästi noin 0,6 m/min vauhdilla ja nopeus on ollut uuden kosteusanalysointilaitteen kanssa noin 4,3 m/min, kun sen tulisi olla noin 5 m/min. Kuivaajan nopeuden säätö johtuu resepteistä, joita ohjaukselle

syötetään. Kuivaaja saadaan nopeammiksi, kun reseptit saadaan optimoitua. Nopeus on tavallisesti suhteellinen kuivaajan lämpötilaan ja siellä vallitsevaan kosteuteen, ja näin ollen ne täytyisikin saada optimoitua. Kuivaajan nopeus on kuitenkin maaliskuun lopulla ollut jo lähempänä 5 m/min ja se tullaan saamaan samoihin lukemiin, missä aiemmin on oltu.

### 9.1.2 Sukkamittaus

Telakuivauskoneen sisällä vallitsevaa suhteellista kosteutta mitataan muutaman kerran kuukaudessa. Mittaustoimenpide suoritetaan niin sanottuna sukkamittauksena, jossa mitausanturi laitetaan sukan sisään ja sukka työnnetään kuivaajan sisään kuivaajan kyljessä olevasta pienestä mittaukseen tarkoitettuun reiästä.

Sukkamittauksista saatujen tuloksien ja niistä tehtyjen kuvaajien (Liite 17-liite 19) perusteella nähdään, että suhteellinen kosteus on pysynyt modernisoinnin jälkeen tasaisempana, eikä ole päässyt laskemaan. Liitteissä esitetyt mittaustulokset ovat kuitenkin vain 2018 alkuvuoden ajalta, joten suhteellisen kosteuden parantumisen todistaminen vaatii tuloksia pidemmältä ajalta. Kuivaajassa vallitseva suhteellinen kosteus on noin 80 %.

### 9.1.3 Viilun laatu

Viilun kuivauksessa syntyvästä koppuraisuudesta ja aaltoilusta järjestettiin kysely, jossa kierreltiin ja kyseltiin viilun kuivaus-, saumaus-, jatkos- ja ladontalinjan työntekijöiltä arvioita siitä, kuinka suuri osa kuivatuista viiluista on heidän mielestään liian koppuraista. Ennen uuden kosteusanalysointilaitteen asennusta työntekijöiltä saadut arviot vaihtelivat 5-20 %:n välillä ja niiden keskiarvo oli noin 10 %. Työntekijöille tuotti kuitenkin suuria vaikeuksia arvioida asiaa ja monet eivät osanneet sanoa mitään. Uuden kosteusanalysointilaitteen asennuksen jälkeen arvioiden antaminen liian koppuraisen viilun osuudesta oli edelleen haastavaa, mutta kaikki olivat sitä mieltä, että koppuraisuus on vähentynyt ja luultavasti puolittunut alkuperäisestä. Eli ainakin visuaalisesti viilut näyttävät parempilaatuisille. Näin ollen arvioiden mukaan sekä liian kosteiden että liian kuivien viilujen osuus tulee tulevaisuudessa olemaan noin puolet siitä mitä se oli ennen modernisointia.

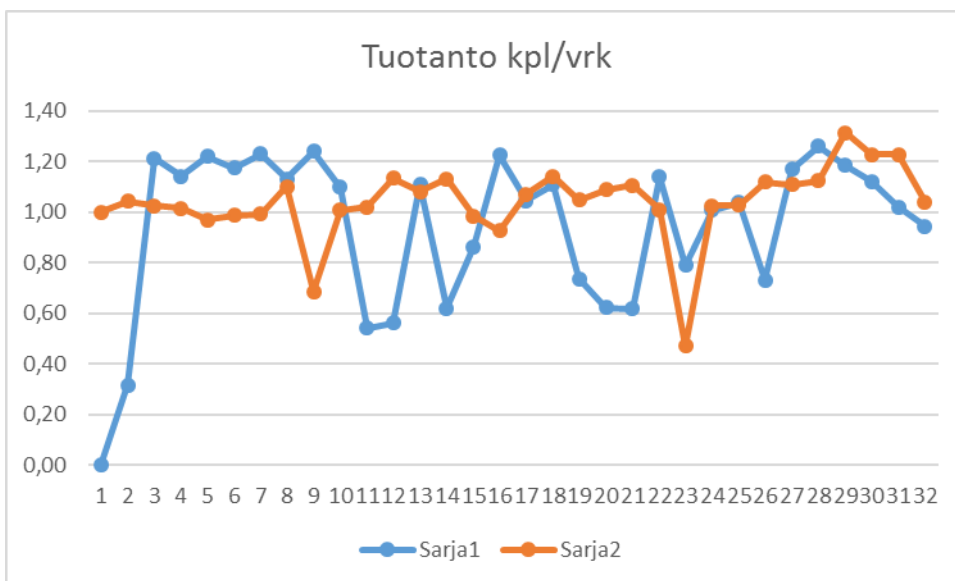
Viilujen mitoissa on kuitenkin huomattu pientä heittoa, joka on herättänyt esille epäilyksiä siitä, että kuivaajaan sisällä olevan uuden kostutusjärjestelmän takia viilujen kutistuma kuivauksen aikana olisi pienempi. Tästä ei kuitenkaan ole vielä mitään konkreettista näyttöä.

Viilun laadun muuttumisen saisi parhaiten esille tutkimalla laatulajittelun laatujaumia. Uusi kosteusanalysointilinja kirjaa ylös, kuinka viilut ovat laadultaan jakautuneet. Valitettavasti vanhan kosteusanalysointilinjalta ei samanlaista kirjaintietoa ole olemassa. Uusi kosteusanalysointilinja kerää tietoa viiluluokittain. Laatujaumien lisäksi kosteusanalysointilinja tekee myös kosteusjaumat.

## 9.2 Tuotantomäärät

Tuotantomäärien tutkimisessa hyödynnettiin Koskisen Oy:n omaa sekä Mecanon tiedonkeruujärjestelmää. Kappaletuotantoon liittyen olennaisena esiin nousee tieto siitä, kuinka monta viilua on kuivattu yhden tunnin aikana keskimäärin. Kun lasketaan keskimääräiset kappaletuotannot tuntia kohden 2017 tammikuulta 2018 helmikuulle ja verrataan näistä saatua keskiarvoa 2018 maaliskuun arvoon, niin huomataan, että kappaletuotanto/tunti on pudonnut 4,54 %. Arvo on tippunut, mutta uuden kosteusanalysointilinjalta mittausolosuhteita on vielä niin lyhyeltä ajalta, että muutosta ylöspäin tapahtuu varmasti. Kuivaajan tuntikäyttö vuoroa kohti on kuitenkin noussut keskimääräisestä yli 0,3 tuntia/vuoro. Mikäli tuntikäyttöä verrataan vain 2017 alkuvuoteen, niin ei ole kehitystä tapahtunut. Vuorojen määrä 2018 maaliskuussa on ollut poikkeuksellisen korkea ylittäen keskiarvon 20:llä vuorolla.

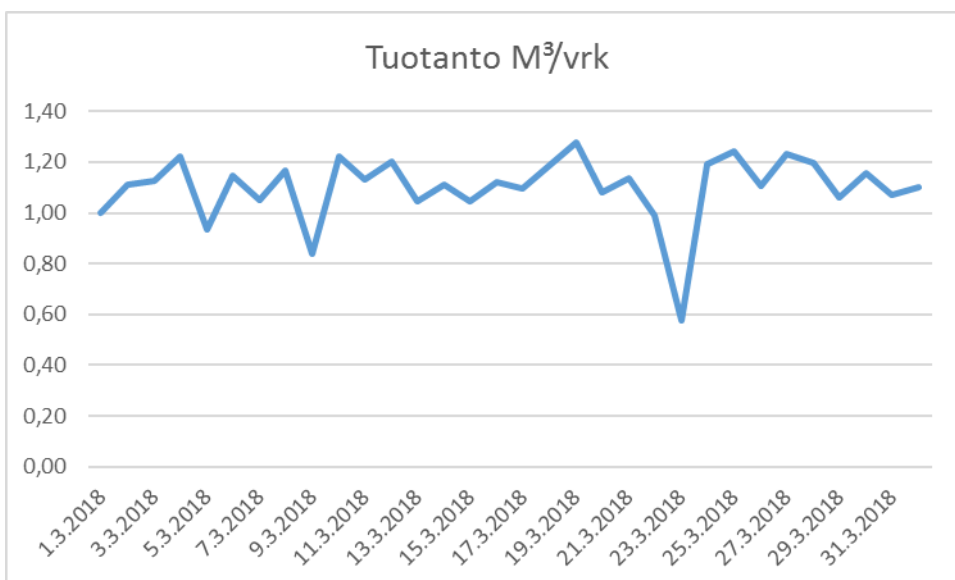
Seuraavaksi on esitetty kaksi kuviota (kuvio 1, kuvio 2), joista ensimmäisessä on esitetty 2018 tammikuun ja maaliskuun kappalemääriä ja toisessa 2018 maaliskuun kuutiomääriä. Kuutiomäärät esitetään vain maaliskuulta, sillä ajalta ennen uutta kosteusanalysointilinjaa ei kuutiomääriä löytynyt tai ne olivat virheellisiä. Kuviot on tehty liitteen 21 taulukon perusteella. Liitteen 21 taulukon tiedot on kerätty suoritetaulukoista ja Mecanon tiedonkeruusta. Liitteen taulukossa ja alla olevissa kuvioissa käytetään indeksiarvoja, eikä luvut kuvaa todellisia kappale- tai kuutiomääriä. Indeksien pohja-arvona käytetään maaliskuun ensimmäisen päivän tuotantojen indeksiksi merkittyä 1,0:a ja muut indeksiarvot vertautuvat siihen. Viilujen kappale- ja kuutiomääriin vaikuttaa paljon, minkä kokoisia viiluja on kuivattu. Kuivaussuhdanteet eri viilukokojen kuivauksessa ovat kuitenkin melko samanlaisia koko ajan. Ensimmäisessä kuviossa (kuvio 2) sininen käyrä kuvaa tammikuuta ja oranssi käyrä kuvaa maaliskuuta.



Kuvio 2. Tammi- ja maaliskuun kappaletuotanto indekseinä vuorokaudessa

Yllä olevasta kuvaajasta näemme, että kappaletuotanto tammikuussa heitellyt paljon, mutta tämä johtuu siitä, ettei kuivaajalla ole, käyrän ollessa matalalla, kuivattu koko aikaa. Tammikuun kappaletuotanto kuivaajan käyttötunteihin nähden on kuitenkin ollut suurempi.

Uuden kosteusanalysoijan kappaletuotantomäärä on ollut tasaisempaa. Käyrät vaihtelevat kuitenkin huomattavasti kuukaudesta riippuen.



Kuvio 3. Maaliskuun kuutiotuotanto indekseinä vuorokaudessa

Maaliskuun vuorokausittainen kuutiotuotantomäärä kuvaava diagrammi näyttää vain, kuinka kuutiotuotanto on jakautunut kuukauden aikana.

Tarkasteltaessa vuorokausittaisen kappaletuotannon ja kuutiotuotannon arvoja (Liite 25), niin huomataan, että ne korreloivat melko vahvasti keskenään, mikä on ymmärrettävää viilun tuotannon eri viilukokojen kuivausosuuden säilyessä melko samanlaisena. Korrelointia laskettaessa huomioidaan sekä kappale- että kuutiotuotantomäärän arvot koko kuukaudesta. Näiden perusteella korrelaation arvoksi saadaan 0,75, mikä tarkoittaa melko vahvaa korrelaatiota. Korrelaatio on laskettu alkuperäisistä luvuista, eikä taulukon indekseistä.

Kappale- ja kuutiotuotannossa on kuitenkin tapahtunut selkeää laskua. Kuivauslinjan kuukausikohtainen kuutiotuotantomäärä tunnissa saadaan laskettua Koskisen Oy:n suoritekirjanpidosta saatavien tietojen ja maaliskuun kokonaiskuutiotuotannon avulla kaavalla 2.

Kaava 2. Kuutiotuotanto tunnissa  $m^3/h$

$$\frac{a}{b \times c} = x$$

jossa  $a$  on maaliskuun kokonaiskuutiotuotanto,  $b$  on maaliskuun aikana olleiden vuorojen lukumäärä ja  $c$  on, kuinka monta tuntia kuivaaja on ollut käytössä keskimäärin yhtä vuoroa kohden maaliskuussa.

Investointilaskelmassa esitettyä tuntikohtaista kuutiotuotantoa kuvataan indeksiluvulla 100,00. Maaliskuun 2018 osuudeksi saadaan tällöin 71,76, joka on suhteellisesti hyvin vähän. Se tarkoittaisi yli 28 %:n laskua kuutiotuotannossa tuntia kohden.

Ennen investointia on myös laskettu vanhan kosteusanalyysointilaitteen ajalta keskimääräinen vuorokausikohtainen kuutiotuotanto, jota kuvataan indeksiluvulla 100,00. Maaliskuun 2018 osuudeksi saadaan tällöin 78,78. Vuorokausittaisessa tuotannossa ero ei ole niin suuri kuin tuntikohtaisessa, sillä maaliskuussa kuivaajan käyttöaste on kuitenkin ollut keskimääräistä parempi. Tämä tarkoittaa kuitenkin yli 21 %:n laskua vuorokausittaisessa tuotannossa.

Näiden tulosten analysoinnissa on kuitenkin otettava huomioon, että kyseessä on vain yhden kuukauden ajalta tehdyt mittaukset ja uusi kosteusanalyysointilaitteisto on ollut käytössä vasta vähän aikaa ja sen tuotanto on vasta noususuhdanteessa. Kuvioistakin nähdään uuden kosteusanalyysointilaitteen osalta pientä nousua maaliskuun loppua kohden mentäessä.

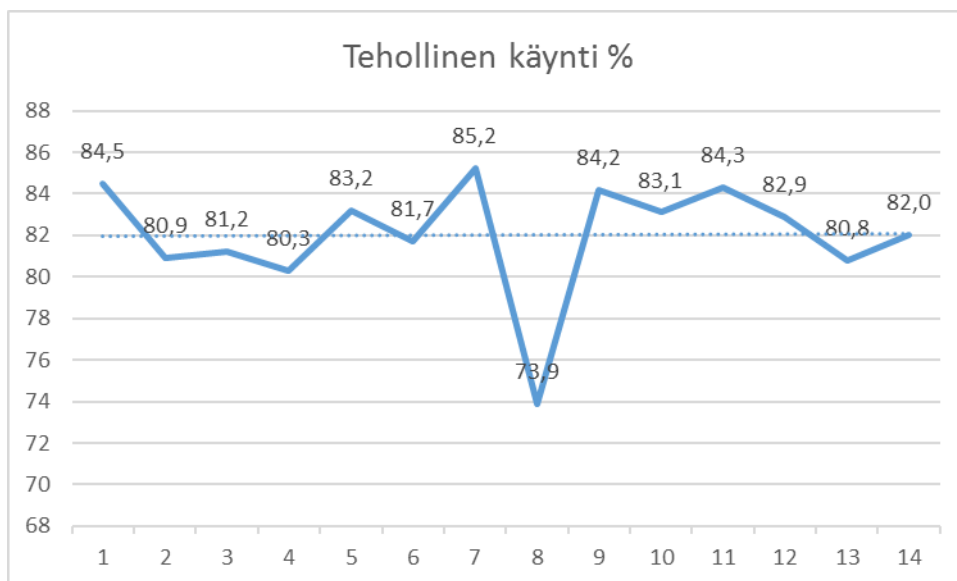
### 9.3 Tehollinen käynti

Kolmannen viulun kuivauslinjan tehollista käyntiaikaa tutkittaessa ei huomattu suurempia muutoksia. Häiriöiden määrästä ei löytynyt vertailukelpoista tietoa

Taulukko 3. Tehollinen käynti

Tehollinen käynti	
Viikko	3-kuivaus tehollinen käynti %
2018	
1	84,5
2	80,9
3	81,2
4	80,3
5	83,2
6	81,7
7	85,2
8	73,9
9	84,2
10	83,1
11	84,3
12	82,9
13	80,8
Keskiarvo	82,0

Tehollisen käynnin arvot on kirjattu taulukkoon (taulukko 3) ja näistä on tehty viivadiagrammi (kuvio 4). Tehollisen käynnin keskiarvo on ollut noin 82 %, eikä se ole muuttunut uuden kosteusanalysointilaitteen asennuksen jälkeen. Kun uusi kosteusanalysointilaitte on saatu optimoitua täydellisesti, saadaan tehollinen käyntikin mahdollisesti vielä nousemaan



Kuvio 4. Tehollinen käynti

#### 9.4 Energiankulutus

Energiankulutuksessa menee sähköä ja lämpöenergiaa. Sähkönkulutuksesta ei ollut olemassa mitään tietoa, joten se jouduttiin jättämään pois laskuista. Sähkönkulutuksen osalta ei kuitenkaan odotettu tapahtuvan muutosta vanhan ja uuden kosteusanalyysointilaitteen välillä.

Telakuivauskoneelle lämpöenergian tuottaa Koskisen oma voimalaitos. Kuivaajan lämmitys tapahtuu höyryllä. Höyrynkulutuksesta on olemassa dataa, joka on kasattu kuvaajaksi 1.11.2017 - 15.3.2018 väliseltä ajalta (Liite 20). Kuvaajassa sininen käyrä kuvaa höyrynkulutusta. Höyrynkulutus tapahtuu kuvaajassa jaksoittain ja kuvaajasta nähdään, että uuden kosteusanalyysointilaitteen asentamisen jälkeen on höyrynkulutus näennäisesti vähentynyt, sillä höyrynkulutuksen huippuarvojen välit ovat harventuneet.

Kuuman osan lämpötilaa kuvaava käyrä nähdään kuvaajassa punaisella. Käyrästä havaitaan, että kuuman osan lämpötila on pysynyt selkeästi paremmin ylhäällä uuden kosteusanalyysointilaitteen tultua.

Alimpana kuvaajassa näkyy vihreä käyrä, joka kuvaa tulohöyryksen lämpötilaa. Tulohöyryksen lämpötilassa ei näy niin selkeää muutosta, mistä voisi vetää johtopäätöksiä siihen, että uuden kosteusanalyysointilaitteen asennuksen jälkeen se olisi muuttunut.



## 9.5 Investoinnin toteutuminen

Tulosten perusteella oletetaan, että viilun talteenotto tulee paranemaan. Uudelleen kuivatavan määrä ja liian kuivien viilujen osuus tuotannosta on selkeästi pienentynyt ja näiden osalta investointi on onnistunut hyvin. Laadullisesti viilut ovat ainakin näennäisesti parempia kuin ennen, mutta tarkkaa tietoa laatuajakauman muutoksesta parempaan suuntaan ei ole saatavilla.

Tuotantomäärä ei ole vielä muuttunut laskelmassa osoitettuun suuntaan, pikemminkin päinvastoin. Painotetaan kuitenkin sanaa vielä, sillä uusi kosteusanalysointilaitteisto on vasta otettu käyttöön ja sen tuotantomäärä kasvaa koko ajan suhteutettuna käyttöaikaan. Tuotantomäärän kasvamisesta on kuitenkin takaisinmaksulaskelmassa laskettu valmiin vanerin lisääntymisen perusteella, eikä viilun lisääntymisen. Ottaen huomioon muita tuloksia uuden kosteusanalysointilaitteiston suhteen, niin tuotantomäärä valmiin vanerin suhteen oletettavasti paranee verrattuna viilun saantiin.

Tuloksia on vasta niin lyhyeltä ajalta, ettei tarkkaa arviota investointilaskelman toteutumisesta voi vielä tehdä. Se, missä ajassa investointi maksaa itsensä takaisin, hahmottuu paremmin, kun on saatu kerättyä enemmän tuloksia pidemmältä ajalta.

Investointilaskelmassa ei huomioitu energiankulutusta ja laadun parantumiseen ei otettu kantaa. Laadun on oletettu kuitenkin parantuvan ja tulevaisuus näyttää miten paljon. Höyrynkulutus on vähentynyt hieman. Laskelmassa on kuitenkin ollut vain arvioita kasvusta ja höyrynkulutuksen muuttumiselle on hyvin vaikea antaa rahallista arviota ilman vertailupohjaa.

## 10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ja vertailla Koskisen Oy:n 3-kuivaajalle investoidun uuden kosteusanalysointilaitteen tuomia hyötyjä ja vertailla sen toimintaa vanhan kuivauslinjan kanssa. Osa työn tavoitteesta oli myös selvittää takaisinmaksulaskelman toteutumista ja luoda parannusehdotuksia laskelmaan.

Uusi kosteusanalysointilaitteisto on Mecano MVA -kosteusanalysointilaitteisto, joka tuli vanhan Mecano DMA -kosteusanalysointilaitteiston tilalle. Uudelta kosteusanalysointilaitteistolta oli suuret odotukset, ja Rauten lupaukset laitteesta olivat kovat. Raute ja Mecano suorittivat Uuden kosteusanalysointilaitteiston ja samalla linjaan tehtävien muiden modernisointien asennukset 19.-21. helmikuuta. Tuloksia tarkasteltaessa helmikuun loppuosa jätettiin suurilta osin pois laskuista, sillä uuden kosteusanalysointilaitteiston kanssa oli tänä aikana vielä paljon hienosäätöä ja totuttelua.

Uusi kosteusanalysointilaitteisto automatisoi kuivauslinjan suurilta osin ja ennen linjassa tapahtuneet työntekijöiden tekemät fyysiset muutokset kuivauksen kannalta oleellisiin fysikaalisiin arvoihin muuttuivat automaattisiksi toiminnoiksi, joita kosteusanalysointilaitteisto ja uudet ohjausjärjestelmät hallitsevat. MVA -järjestelmä toimii mikroalloilla ja on huomattavasti tarkempi kuin edeltäjänsä. Uusi kosteusanalysointilaitteisto kykenee myös kommunikoidaan koneen kanssa, joten viilujen laatuajittelu muuttui siten, että kosteusanalysointilaitteisto ja kone näkö hoitavat laatuajittelun yhdessä. Vanha kosteusanalysointilaitteisto osallistui laatuajitteluun osoittamalla vain liian kosteat viilut ja lopun laatuajittelun hoiti tällöin kone.

Saatujen tulosten perusteella liian kosteiden ja liian kuivien viilujen määrä on melkein puolittunut. Sandwich-ominaisuuden käyttö on vielä kokeiluasteella, mutta sen avulla uudelleen kuivattavan määrä tulee laskemaan entisestään. Laatu on näennäisesti parantunut, mutta vaikea sanoa varmaksi ilman kunnollista vertailupohjaa. Energiankulutus on pienentynyt hieman höyrynkulutuksen tehostuessa. Tuotantomäärät ovat laskeneet, mutta mittaus-tuloksia on uuden kosteusanalysointilaitteiston osalta hyvin lyhyeltä ajalta ja tuotantomäärät ovat hienoisessa kasvussa.

Investointilaskelman toteutumista on tässä vaiheessa vielä hyvin vaikea arvioida tulosten puutteellisuuden vuoksi. Viilun kosteuden osalta näyttää kuitenkin laskelman kannalta hyvältä. Tuotantomäärän suhteen ollaan vielä reilusti odotuksia alemmalla, mutta kasvun myötä ne on mahdollista saavuttaa.

Investointilaskelma on toteutettu takaisinmaksulaskelmana, ja sen tueksi olisi mahdollista asettaa myös muita laskelmia. Laskelmaan voisi lisätä myös muita mahdollisesti muuttuvia arvoja. Investointilaskelmassa olevia prosentuaalisia kasvuarvioita olisi myös hyvä perustella enemmän.

## LÄHTEET

Painetut lähteet:

Eklund, I. & Kekkonen, H. 2011. Toiminnan kannattavuus. Helsinki: WSOYpro

Koponen, H. 2008. Puulevyteollisuus. Puutuoteteollisuus. Helsinki: Opetushallitus

Neilimo, K. & Uusi-Rauva, E. 2005. Johdon laskentatoimi. Helsinki: Edita Prima Oy

Varis, R. 2017. Puulevyteollisuus. Jyväskylä: Kirjakaari Oy.

Elektroniset lähteet:

Edu, oppimateriaalit. 2018. Puutavaran kuivaus [viitattu 18.1.2018]. Saatavissa:

[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/ensijalostus/puutavaran\\_kuivaus/index.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/ensijalostus/puutavaran_kuivaus/index.html)

Koskisen Oy. 2018. Viilut kuivaksi liimausta varten [viitattu 19.1.2018]. Saatavissa:

<https://omistautunutpuulle.koskisen.fi/fi/puunjalostus/viilut-kuivaksi-liimausta-varten>

Laitinen, M. 2008. Puun modifiointimenetelmät. Lahden ammattikorkeakoulu [viitattu

18.1.2018]. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/11742/2008-04-30-02.pdf?sequence=1>

Puuproffa. 2012. Kuivaus. Propuu Ry [viitattu 18.1.2018]. Saatavissa: [http://www.puu-proffa.fi/PuuProffa\\_2012/7/kuivaus/kuivaus](http://www.puu-proffa.fi/PuuProffa_2012/7/kuivaus/kuivaus)

Raute Oyj. 2016. Vuosikertomus [viitattu 24.1.2018]. Saatavissa: [http://www.raute.fi/documents/10157/875281/Raute+Oyj\\_Vuosikertomus+2016.pdf/25930083-0aab-465f-a1b8-](http://www.raute.fi/documents/10157/875281/Raute+Oyj_Vuosikertomus+2016.pdf/25930083-0aab-465f-a1b8-06afd2bce468)

[06afd2bce468](http://www.raute.fi/documents/10157/875281/Raute+Oyj_Vuosikertomus+2016.pdf/25930083-0aab-465f-a1b8-06afd2bce468)

Raute Oyj. 2018a. Moisture analysis [viitattu 31.1.2018]. Saatavissa:

<http://www.raute.fi/fi/moisture-analysis>

Raute Oyj. 2018b. Moisture volume analyzer [viitattu 31.1.2018]. Saatavissa:

[http://www.raute.com/documents/10157/866270/MVA+\\_Mecano+analyzers.pdf/9f9a6900-0bf5-4303-ad54-90b72cb2947b](http://www.raute.com/documents/10157/866270/MVA+_Mecano+analyzers.pdf/9f9a6900-0bf5-4303-ad54-90b72cb2947b)

Raute Oyj. 2018c. Tietoa Rautesta [viitattu 24.1.2018]. Saatavissa:

<http://www.raute.fi/fi/tietoa-rautesta>

Raute Oyj. 2018d. Veneer drying [viitattu 19.1.2018]. Saatavissa:

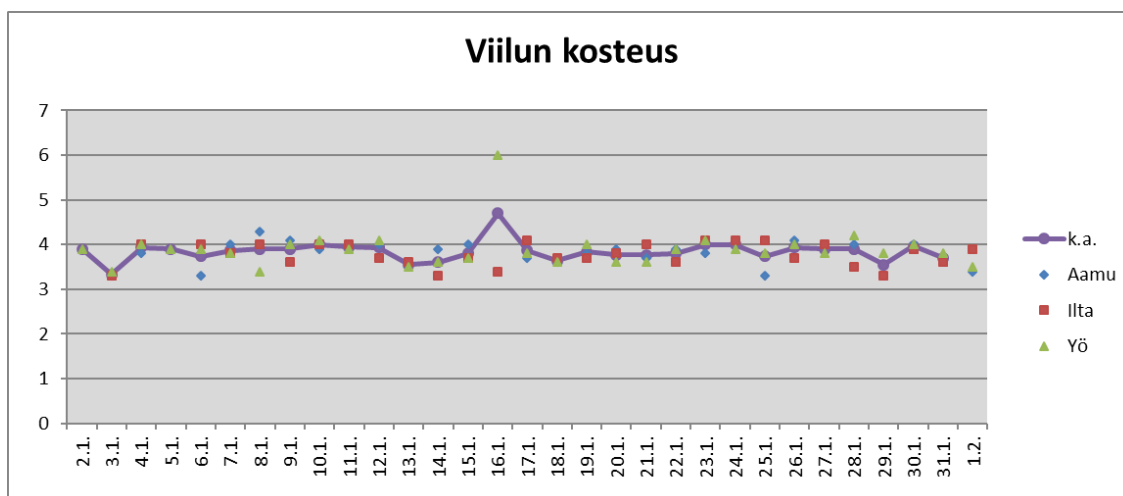
<http://www.raute.fi/fi/veneer-drying>

## LIITTEET

## Liite 1

<b>Kuivaus 3</b>								
pvä.	<b>Viilun kosteus</b>				<b>Kuivaajan nopeus m/min</b>			
	vuoron kesikosteus %				aamu	ilta	yö	ka
	aamu	ilta	yö	ka.	nop.	nop.	nop.	nop.
2.1.			3,9	3,9			5,0	5,00
3.1.	3,3	3,3	3,4	3,3	5,1	5,2	5,4	5,23
4.1.	3,8	4	4	3,9	5,3	4,9	4,7	4,97
5.1.			3,9	3,9			5,1	5,10
6.1.	3,3	4	3,9	3,7	5,1	5,4	5,1	5,20
7.1.	4	3,8	3,8	3,9	4,7	4,8	4,3	4,60
8.1.	4,3	4	3,4	3,9	4,9	4,7	4,8	4,80
9.1.	4,1	3,6	4	3,9	4,8	5,1	5,1	5,00
10.1.	3,9	4	4,1	4,0	4,7	5,3	5,3	5,10
11.1.		4	3,9	4,0		4,9	4,8	4,85
12.1.	4	3,7	4,1	3,9	5,0	5,0	5,0	5,00
13.1.		3,6	3,5	3,6		5,1	4,8	4,95
14.1.	3,9	3,3	3,6	3,6	4,9	5,1	5,2	5,07
15.1.	4	3,7	3,7	3,8	5,5	4,9	5,1	5,17
16.1.		3,4	6	4,7		5,0	5,0	5,00
17.1.	3,7	4,1	3,8	3,9	4,8	5,0	5,0	4,93
18.1.	3,6	3,7	3,6	3,6	4,9	5,2	4,9	5,00
19.1.	3,8	3,7	4	3,8		5,3	5,3	5,30
20.1.	3,9	3,8	3,6	3,8	5,2	5,2	5,1	5,17
21.1.	3,7	4	3,6	3,8	5,0	5,1	5,2	5,10
22.1.	3,9	3,6	3,9	3,8	5,0	4,9	5,4	5,10
23.1.	3,8	4,1	4,1	4,0	5,3	4,8	5,0	5,03
24.1.		4,1	3,9	4,0		5,2	5,1	5,15
25.1.	3,3	4,1	3,8	3,7	4,6	4,7	5,1	4,80
26.1.	4,1	3,7	4	3,9	4,7	5,1	4,9	4,90
27.1.		4	3,8	3,9		4,8	5,2	5,00
28.1.	4	3,5	4,2	3,9	5,3	5,0	5,0	5,10
29.1.		3,3	3,8	3,6	5,2		5,0	5,10
30.1.	4	3,9	4	4,0	5,2	5,3	4,7	5,07
31.1.	3,7	3,6	3,8	3,7	5,0	5,2	5,3	5,17
1.2.	3,4	3,9	3,5		5,1	5,1	5,2	5,13
Keskiarvo				3,8				5,03
Keskihajonta				0,2				0,14

Liite 2

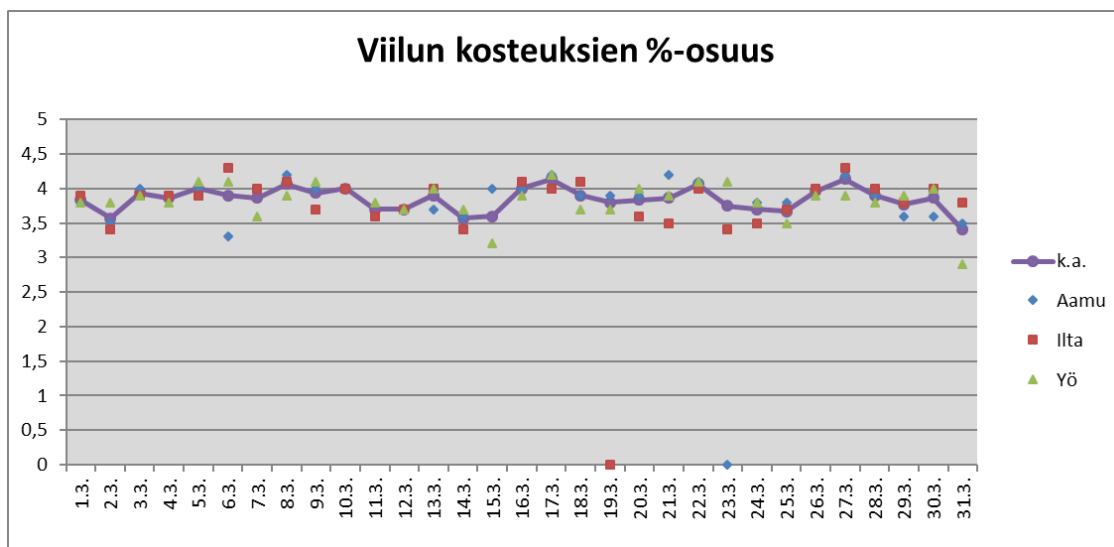


## Liite 3

<b>Kuivaus 3</b>								
pvä.	<b>Viilun kosteus</b>				<b>Kuivaajan nopeus m/min</b>			
	vuoron kesikosteus %				aamu	ilta	yö	ka
	aamu	ilta	yö	ka.	nop.	nop.	nop.	nop.
1.3.	3,8	3,9	3,8	3,8	4,8	5,0	5,1	4,97
2.3.	3,5	3,4	3,8	3,6	5,1	5,1	5,4	5,20
3.3.	4	3,9	3,9	3,9	5,0	4,9	5,0	4,97
4.3.	3,9	3,9	3,8	3,9	5,2-5,3	5,0	4,8	4,90
5.3.	4	3,9	4,1	4,0	5,3	5,0	5,0	5,10
6.3.	3,3	4,3	4,1	3,9	5,0	5,0	4,9	4,97
7.3.	4	4	3,6	3,9	3,7	4,8	5,4	4,63
8.3.	4,2	4,1	3,9	4,1	4,9	4,9	5,4	5,07
9.3.	4	3,7	4,1	3,9	4,8	5,3	4,9	5,00
10.3.		4		4,0		4,9		4,90
11.3.		3,6	3,8	3,7		4,9	4,9	4,90
12.3.	3,7	3,7	3,7	3,7	5,0	5,0	5,1	5,03
13.3.	3,7	4	4	3,9	5,0	5,0	5,0	5,00
14.3.	3,6	3,4	3,7	3,6	5,0	5,3	5,0	5,10
15.3.	4		3,2	3,6	4,8		5,0	4,90
16.3.	4	4,1	3,9	4,0	4,8	5,1	5,4	5,10
17.3.	4,2	4	4,2	4,1	5,3	5,2	4,8	5,10
18.3.	3,9	4,1	3,7	3,9	5,0	5,1	5,3	5,13
19.3.	3,9	4,2	3,7	3,8	5,1	5,0	5,0	5,03
20.3.	3,9	3,6	4	3,8	4,9	5,0	5,1	5,00
21.3.	4,2	3,5	3,9	3,9	4,8	5,2	5,4	5,13
22.3.	4,1	4	4,1	4,1	5,4	4,9	4,9	5,07
23.3.	S	3,4	4,1	3,8	S	5,0	4,8	4,90
24.3.	3,8	3,5	3,8	3,7	4,9	5,0	5,3	5,07
25.3.	3,8	3,7	3,5	3,7	5,3	5,1	5,4	5,27
26.3.	4	4	3,9	4,0	5,3	5,0	5,4	5,23
27.3.	4,2	4,3	3,9	4,1	5,1	4,6	5,0	4,90
28.3.	3,9	4	3,8	3,9	5,0	5,1	5,0	5,03
29.3.	3,6	3,8	3,9	3,8	5,2	5,1	5,1	5,13
30.3.	3,6	4	4	3,9	5,2	5,0	5,0	5,07
31.3.	3,5	3,8	2,9	3,4	5,2	5,3	5,2	5,23
Keskiarvo				3,8				5,03
Keskihajonta				0,2				0,13



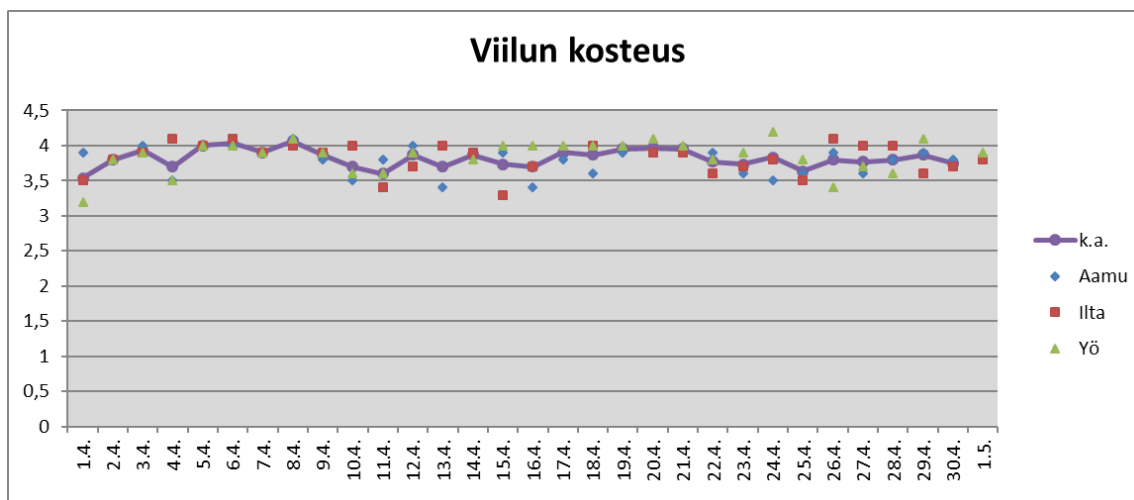
Liite 4



## Liite 5

<b>Kuivaus 3</b>									
pvä.	<b>Viilun kosteus</b>				<b>Kuivaajan nopeus m/min</b>				
	vuoron kesikosteus %				aamu	ilta	yö	ka	
	aamu	ilta	yö	ka.	nop.	nop.	nop.	nop.	
1.4.	3,9	3,5	3,2	3,5	4,9	4,9	5,3	5,03	
2.4.	3,8	3,8	3,8	3,8	4,9	4,9	5,4	5,07	
3.4.	4	3,9	3,9	3,9	5,1	5,4	5,2	5,23	
4.4.	3,5	4,1	3,5	3,7	5,0	5,3	4,9	5,07	
5.4.	4	4	4	4,0	5,0	4,8	5,3	5,03	
6.4.	4	4,1	4	4,0	5,3	5,0	5,1	5,13	
7.4.		3,9	3,9	3,9		5,1	4,9	5,00	
8.4.	4,1	4	4,1	4,1	5,2	5,3	5,2	5,23	
9.4.	3,8	3,9	3,9	3,9	5,0	5,4	5,3	5,23	
10.4.	3,5	4	3,6	3,7	5,0	4,8	5,0	4,93	
11.4.	3,8	3,4	3,6	3,6	4,7	5,0	5,3	5,00	
12.4.	4	3,7	3,9	3,9	5,0	5,0	5,0	5,00	
13.4.	3,4	4		3,7	5,3	4,4		4,85	
14.4.	3,9	3,9	3,8	3,9	4,9	5,0	5,0	4,97	
15.4.	3,9	3,3	4	3,7	5,1	5,1	4,9	5,03	
16.4.	3,4	3,7	4	3,7	3,8	5,3	5,0	4,70	
17.4.	3,8		4	3,9	5,0		4,9	4,95	
18.4.	3,6	4	4	3,9	5,2	5,1	5,2	5,17	
19.4.	3,9		4	4,0	5,3		5,0	5,15	
20.4.	3,9	3,9	4,1	4,0	5,3	5,4	5,2	5,30	
21.4.		3,9	4	4,0		5,0	4,9	4,95	
22.4.	3,9	3,6	3,8	3,8	4,9	4,9	4,8	4,87	
23.4.	3,6	3,7	3,9	3,7	4,9	5,2	5,1	5,07	
24.4.	3,5	3,8	4,2	3,8	5,1	5,3	5,0	5,13	
25.4.	3,6	3,5	3,8	3,6	4,9	5,0	4,9	4,93	
26.4.	3,9	4,1	3,4	3,8	4,9	5,0	5,2	5,03	
27.4.	3,6	4	3,7	3,8	5,2	5,3	5,1	5,20	
28.4.	3,8	4	3,6	3,8	5,2	5,1	5,4	5,23	
29.4.	3,9	3,6	4,1	3,9	5,1	5,2	5,1	5,13	
30.4.	3,8	3,7		3,8	4,9	5,3		5,10	
1.5.	3,8	3,8	3,9		5,0	4,9	5,1	5,00	
Keskiarvo				3,8				5,06	
Keskihajonta				0,1				0,13	

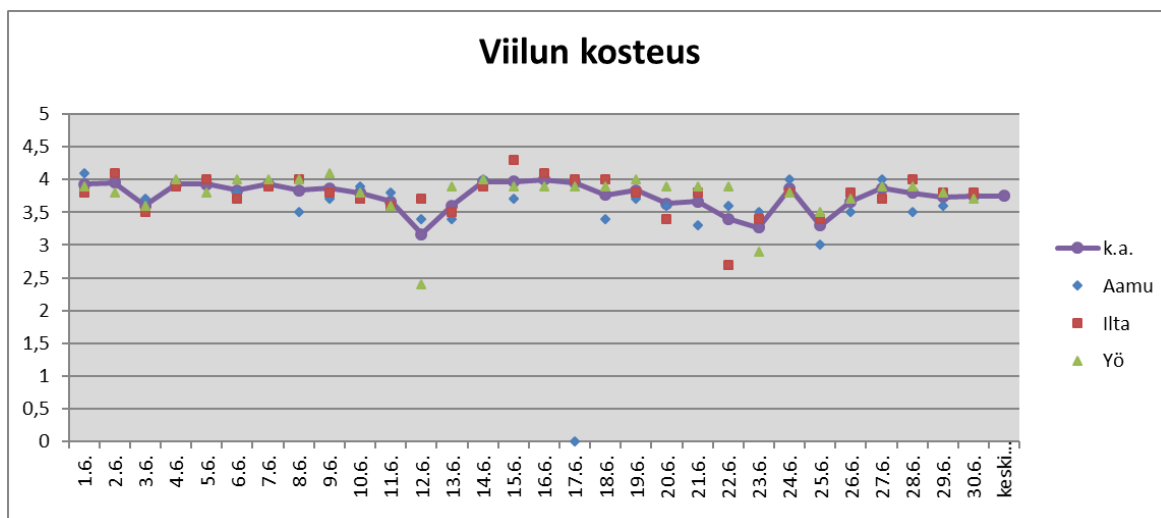
## Liite 6



## Liite 7

<b>Kuivaus 3</b>								
pvä.	<b>Viilun kosteus</b>				<b>Kuivaajan nopeus m/min</b>			
	vuoron keskiarvo %				aamu	ilta	yö	ka
	aamu	ilta	yö	ka.	nop.	nop.	nop.	nop.
1.6.	4,1	3,8	3,9	3,9	4,7	4,7	4,9	4,77
2.6.		4,1	3,8	4,0		4,9	4,9	4,90
3.6.	3,7	3,5	3,6	3,6	4,9	5,3	5,1	5,10
4.6.	3,9	3,9	4	3,9	4,9	4,8	4,6	4,77
5.6.	4	4	3,8	3,9	5,3	5,2	4,7	5,07
6.6.	3,8	3,7	4	3,8	4,6	4,9	5,2	4,90
7.6.	3,9	3,9	4	3,9	5,1	5,1		5,10
8.6.	3,5	4	4	3,8	4,9	4,9	5,4	5,07
9.6.	3,7	3,8	4,1	3,9	4,8	5,0	4,5	4,77
10.6.	3,9	3,7	3,8	3,8	4,8	4,8	5,3	4,97
11.6.	3,8	3,6	3,6	3,7	4,9	5,2	5,1	5,07
12.6.	3,4	3,7	2,4	3,2	4,8	4,9	3,5	4,40
13.6.	3,4	3,5	3,9	3,6	4,8	4,9	4,9	4,87
14.6.	4	3,9	4	4,0	5,3	5,3	4,8	5,13
15.6.	3,7	4,3	3,9	4,0	4,9	5,2	4,9	5,00
16.6.		4,1	3,9	4,0		4,8	4,7	4,75
17.6.	4,0	4	3,9	4,0	4,8	5,3	4,9	5,00
18.6.	3,4	4	3,9	3,8	4,8	4,9	4,6	4,77
19.6.	3,7	3,8	4	3,8	4,5	4,5	4,8	4,60
20.6.	3,6	3,4	3,9	3,6	4,5	4,5	5,0	4,67
21.6.	3,3	3,8	3,9	3,7	4,8	4,6	4,8	4,73
22.6.	3,6	2,7	3,9	3,4	4,7	4,7	5,0	4,80
23.6.	3,5	3,4	2,9	3,3	4,8	4,9	5,1	4,93
24.6.	4	3,8	3,8	3,9	4,7	4,7	4,8	4,73
25.6.	3	3,4	3,5	3,3	4,6	4,4	4,6	4,53
26.6.	3,5	3,8	3,7	3,7	5,1	4,8	4,8	4,90
27.6.	4	3,7	3,9	3,9	5,0	5,2	5,0	5,07
28.6.	3,5	4	3,9	3,8	5,0	4,8	4,8	4,87
29.6.	3,6	3,8	3,8	3,7	5,0		5,3	5,15
30.6.		3,8	3,7	3,8		5,0	4,9	4,95
keskiarvo				3,7				4,88
keskihajonta				0,2				0,18

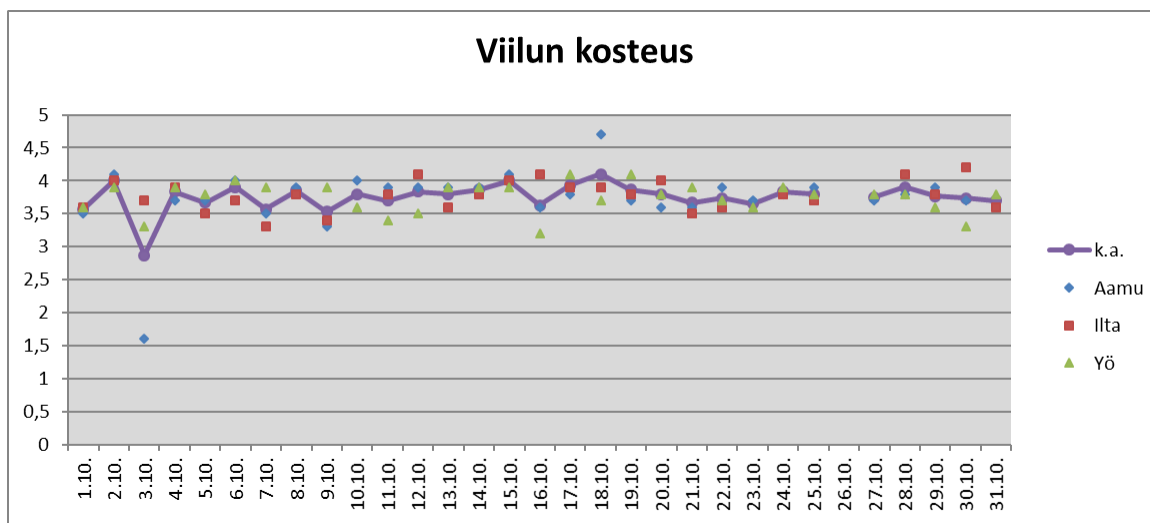
Liite 8



## Liite 9

<b>Kuivaus 3</b>								
pvä.	Viilun kosteus				Kuivaajan nopeus m/min			
	vuoron keskipistekosteus %				aamu	ilta	yö	ka
	aamu	ilta	yö	ka.	nop.	nop.	nop.	nop.
1.10.	3,5	3,6	3,6	3,6	4,9	4,8	5,2	4,97
2.10.	4,1	4	3,9	4,0	4,9	4,8	5,2	4,97
3.10.	1,6	3,7	3,3	2,9	4,6	5,1	5,2	4,97
4.10.	3,7	3,9	3,9	3,8	5,0	5,0	4,8	4,93
5.10.	3,7	3,5	3,8	3,7	5,3	4,3	5,0	4,87
6.10.	4	3,7	4	3,9	5,0	5,4	5,3	5,23
7.10.	3,5	3,3	3,9	3,6	5,3	5,0	5,0	5,10
8.10.	3,9	3,8		3,9	5,4	4,5		4,95
9.10.	3,3	3,4	3,9	3,5	4,9	4,9	5,5	5,10
10.10.	4		3,6	3,8	5,1		4,4	4,75
11.10.	3,9	3,8	3,4	3,7	5,1	4,7	5,0	4,93
12.10.	3,9	4,1	3,5	3,8	5,1	5,2	4,7	5,00
13.10.	3,9	3,6	3,9	3,8	5,2	5,0	5,2	5,13
14.10.	3,9	3,8	3,9	3,9	5,2	5,2	5,2	5,20
15.10.	4,1	4	3,9	4,0	4,8	4,9	4,7	4,80
16.10.	3,6	4,1	3,2	3,6	5,0	4,7	4,6	4,77
17.10.	3,8	3,9	4,1	3,9	4,7	5,2	4,9	4,93
18.10.	4,7	3,9	3,7	4,1	4,7	4,7	4,8	4,73
19.10.	3,7	3,8	4,1	3,9	4,9	4,9	5,0	4,93
20.10.	3,6	4	3,8	3,8	5,1	4,8	4,9	4,93
21.10.	3,6	3,5	3,9	3,7	5,1	5,0	5,1	5,07
22.10.	3,9	3,6	3,7	3,7	5,0	4,9	5,1	5,00
23.10.	3,7		3,6	3,7	4,8	4,8	5,0	4,87
24.10.	3,8	3,8	3,9	3,8	5,0	5,1	5,1	5,07
25.10.	3,9	3,7	3,8	3,8	5,0	5,0	5,1	5,03
26.10.								
27.10.	3,7		3,8	3,8	4,9		5,0	4,95
28.10.	3,8	4,1	3,8	3,9	4,8	4,6	5,0	4,80
29.10.	3,9	3,8	3,6	3,8	5,2	5,2	5,0	5,13
30.10.	3,7	4,2	3,3	3,7	5,2	4,6	5,0	4,93
31.10.		3,6	3,8	3,7		5,1	4,9	5,00
Keskiarvo				3,8				5,00
Keskihajonta				0,2				0,13

## Liite 10

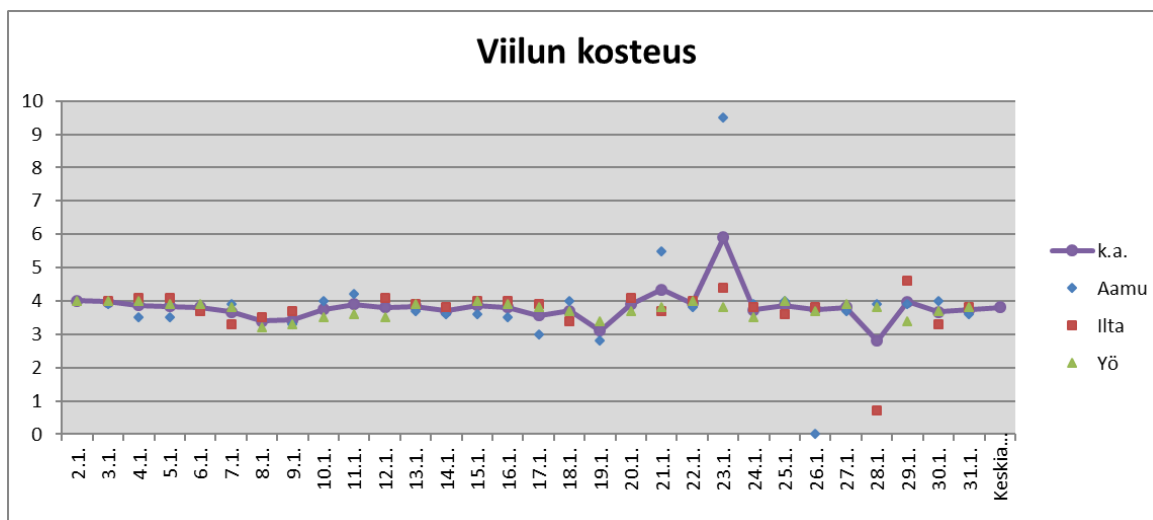


## Liite 11

<b>Kuivaus 3</b>								
pvä.	<b>Viilun kosteus</b>				<b>Kuivaajan nopeus m/min</b>			
	vuoron keskipisteus %				aamu	ilta	yö	ka
	aamu	ilta	yö	ka.	nop.	nop.	nop.	nop.
2.1.			4	4,0			4,5	4,50
3.1.	3,9	4	4	4,0	4,5	4,3	4,6	4,47
4.1.	3,5	4,1	4	3,9	4,7	4,5	4,4	4,53
5.1.	3,5	4,1	3,9	3,8	4,5	5,0	4,5	4,67
6.1.	3,8	3,7	3,9	3,8	4,7	4,7	4,7	4,70
7.1.	3,9	3,3	3,8	3,7	4,4	4,7	4,8	4,63
8.1.	3,5	3,5	3,2	3,4	4,6	4,6	3,0	4,07
9.1.	3,3	3,7	3,3	3,4	4,7	4,6	4,8	4,70
10.1.	4		3,5	3,8	5,2		4,3	4,75
11.1.	4,2		3,6	3,9	4,9		4,6	4,75
12.1.		4,1	3,5	3,8		4,5	4,6	4,55
13.1.	3,7	3,9	3,9	3,8	4,6	4,5	4,7	4,60
14.1.	3,6	3,8		3,7	4,6	4,9		4,75
15.1.	3,6	4	4	3,9	4,5	4,6	4,4	4,50
16.1.	3,5	4	3,9	3,8	4,8	5,2	4,5	4,83
17.1.	3	3,9	3,8	3,6	4,7	4,4	4,4	4,50
18.1.	4	3,4	3,7	3,7	4,4	4,6	4,8	4,60
19.1.	2,8		3,4	3,1	4,6		4,9	4,75
20.1.		4,1	3,7	3,9		4,5	4,6	4,55
21.1.	5,5	3,7	3,8	4,3	4,3	4,6	4,4	4,43
22.1.	3,8	4	4	3,9	5,2	5,1	4,5	4,93
23.1.	9,5	4,4	3,8	5,9	3,7	4,5	4,5	4,23
24.1.	3,9	3,8	3,5	3,7	4,4	4,5	5,0	4,63
25.1.	4	3,6	4	3,9	4,4	4,5	4,5	4,47
26.1.		3,8	3,7	3,8		4,5	4,5	4,50
27.1.	3,7		3,9	3,8	4,6		4,7	4,65
28.1.	3,9	0,7	3,8	2,8	4,9	4,5	4,8	4,73
29.1.	3,9	4,6	3,4	4,0	4,8	5,2	4,7	4,90
30.1.	4	3,3	3,7	3,7	4,7	4,3	4,4	4,47
31.1.	3,6	3,8	3,8	3,7	4,4	4,5	4,5	4,47
Keskiarvo				3,8				4,59
Keskihajonta				0,5				0,18



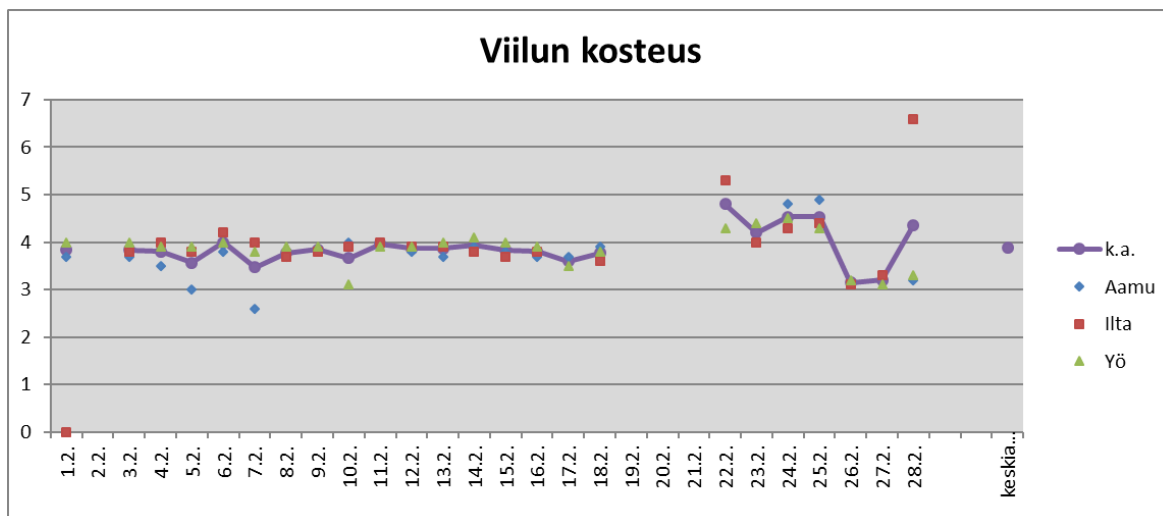
Liite 12



Liite 13

Kuivaus 3								
pvä.	Viilun kosteus				Kuivaajan nopeus m/min			
	vuoron kesikosteus %				aamu	ilta	yö	ka
	aamu	ilta	yö	ka.	nop.	nop.	nop.	nop.
1.2.	3,7	4,0	4	3,9	4,7	4,8	4,4	4,63
2.2.								
3.2.	3,7	3,8	4	3,8	4,9	4,8	4,6	4,77
4.2.	3,5	4	3,9	3,8	4,4	4,4	5,0	4,60
5.2.	3	3,8	3,9	3,6	4,6	4,5	4,6	4,57
6.2.	3,8	4,2	4	4,0	3,2	4,4	4,5	4,03
7.2.	2,6	4	3,8	3,5	4,4	4,4	4,5	4,43
8.2.	3,7	3,7	3,9	3,8	4,5	5,0	4,5	4,67
9.2.		3,8	3,9	3,9		4,5	4,6	4,55
10.2.	4	3,9	3,1	3,7	4,5	4,5	4,5	4,50
11.2.	4	4	3,9	4,0	4,5	4,6	4,9	4,67
12.2.	3,8	3,9	3,9	3,9	4,6	4,6	4,6	4,60
13.2.	3,7	3,9	4	3,9	4,5	5,1	4,9	4,83
14.2.	3,9	3,8	4,1	3,9	4,5	4,8	4,8	4,70
15.2.	3,8	3,7	4	3,8	4,6	4,8	4,9	4,77
16.2.	3,7	3,8	3,9	3,8	4,7	4,5	4,5	4,57
17.2.	3,7		3,5	3,6	4,7		4,7	4,70
18.2.	3,9	3,6	3,8	3,8	4,6	5,0	4,6	4,73
keskiarv.				3,8				4,61
keskihaj.				0,1				0,17
21.2.								
22.2.		5,3	4,3	4,8		4,5	4,7	4,60
23.2.		4	4,4	4,2		4,3	4,4	4,37
24.2.	4,8	4,3	4,5	4,5	4,1	4,2	4,3	4,20
25.2.	4,9	4,4	4,3	4,5	4,2	4,1	4,5	4,27
26.2.		3,1	3,2	3,2		3,3	3,3	3,28
27.2.		3,3	3,1	3,2		4,0	3,9	3,95
28.2.	3,2	6,6	3,3	4,4	autom.	autom	autom	
keskiarvo				4,1				4,11
keskihajonta				0,7				0,46

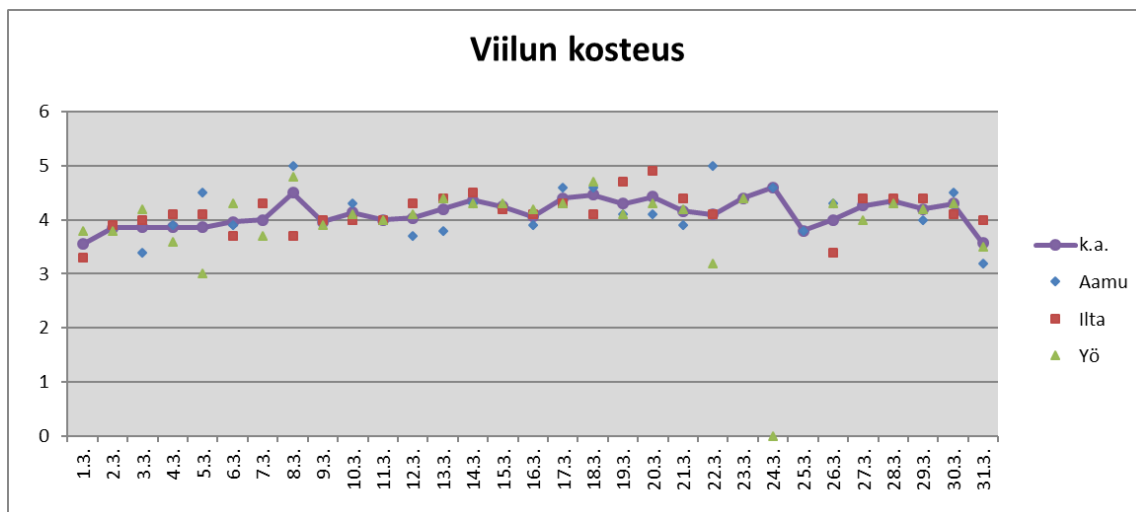
Liite 14



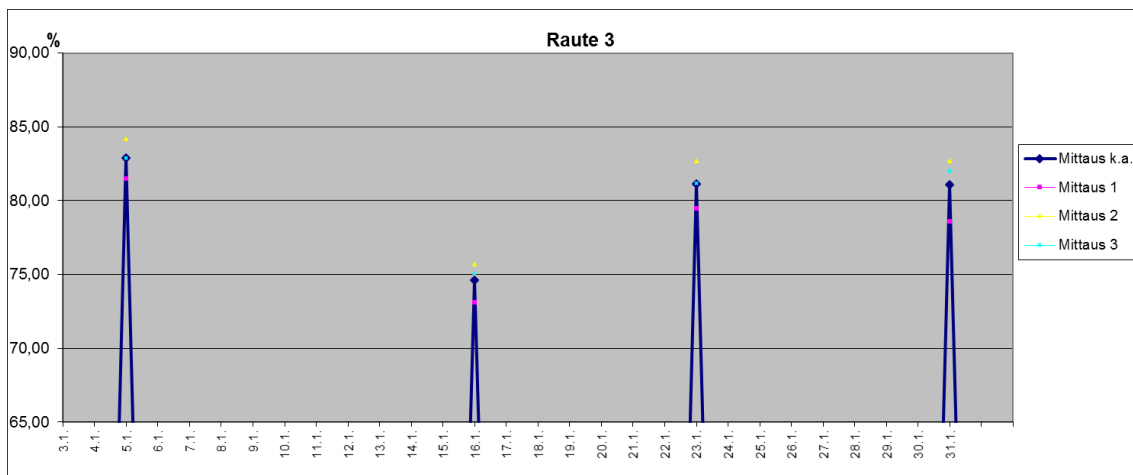
Liite 15

Kuivaus 3								
pvä.	Viilun kosteus				Kuivaajan nopeus m/min			
	vuoron kesikosteus %				aamu	ilta	yö	ka
	aamu	ilta	yö	ka.	nop.	nop.	nop.	nop.
1.3.		3,3	3,8	3,6		4,0		4,02
2.3.		3,9	3,8	3,9		4,2?	3,7	3,72
3.3.	3,4	4	4,2	3,9	4,0	4,6	4,5	4,37
4.3.	3,9	4,1	3,6	3,9	3,8	3,8	3,8	3,80
5.3.	4,5	4,1	3	3,9	4,5	4,2	4,2	4,30
6.3.	3,9	3,7	4,3	4,0	4,1	3,8	3,8	3,90
7.3.		4,3	3,7	4,0		4,1	4,2	4,15
8.3.	5	3,7	4,8	4,5	4,2	3,8	4,2	4,08
9.3.	4	4	3,9	4,0	4,0	4,0	3,9	3,96
10.3.	4,3	4	4,1	4,1	4,2	3,8	4,0	3,99
11.3.	4	4	4	4,0	4,4	3,8	4,7	4,30
12.3.	3,7	4,3	4,1	4,0	4,5	3,9	3,8	4,07
13.3.	3,8	4,4	4,4	4,2	4,6	3,9	4,2	4,23
14.3.	4,3	4,5	4,3	4,4	4,1	4,6	4,4	4,37
15.3.		4,2	4,3	4,3		4,1	4,6	4,35
16.3.	3,9	4,1	4,2	4,1	3,9	4,0	4,9	4,28
17.3.	4,6	4,3	4,3	4,4	3,8	3,9	4,5	4,07
18.3.	4,6	4,1	4,7	4,5	3,8	4,0	4,5	4,10
19.3.	4,1	4,7	4,1	4,3	3,7	3,9	4,1	3,88
20.3.	4,1	4,9	4,3	4,4	4,4	4,4	4,4	4,40
21.3.	3,9	4,4	4,2	4,2	4,0	4,0	4,3	4,10
22.3.	5	4,1	3,2	4,1	4,0	4,0	4,1	4,03
23.3.			4,4	4,4			4,6	4,60
24.3.	4,6		3,8	4,6	4,5		4,7	4,60
25.3.	3,8			3,8	4,3			4,30
26.3.	4,3	3,4	4,3	4,0	4,5	4,9	4,9	4,77
27.3.	4,4	4,4	4	4,3		4,5	4,7	4,60
28.3.		4,4	4,3	4,4		4,6	4,6	4,60
29.3.	4	4,4	4,2	4,2	5,0	4,7	4,9	4,87
30.3.	4,5	4,1	4,3	4,3	4,9	4,8	5,3	5,00
31.3.	3,2	4	3,5	3,6	4,6	4,8	4,3	4,57
Keskiarvo				4,1				4,27
Keskihajonta				0,3				0,31

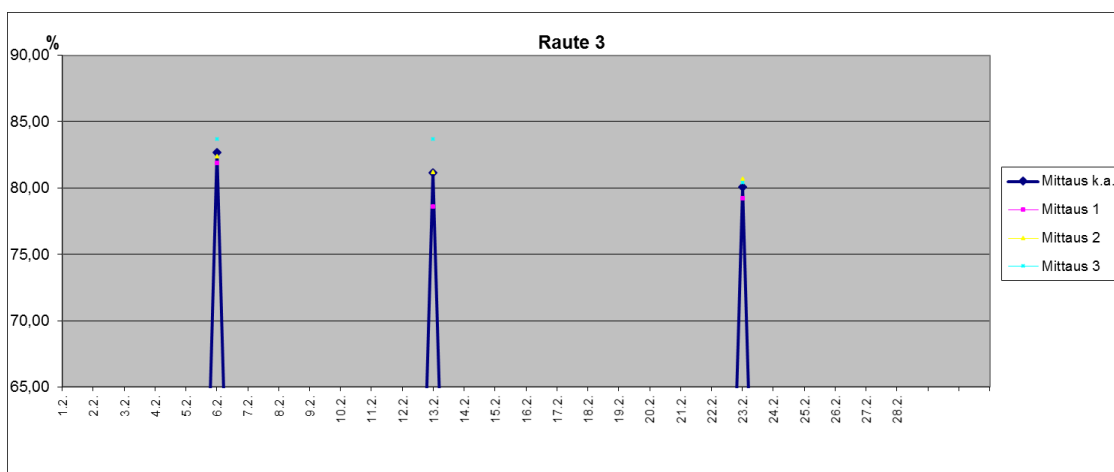
Liite 16



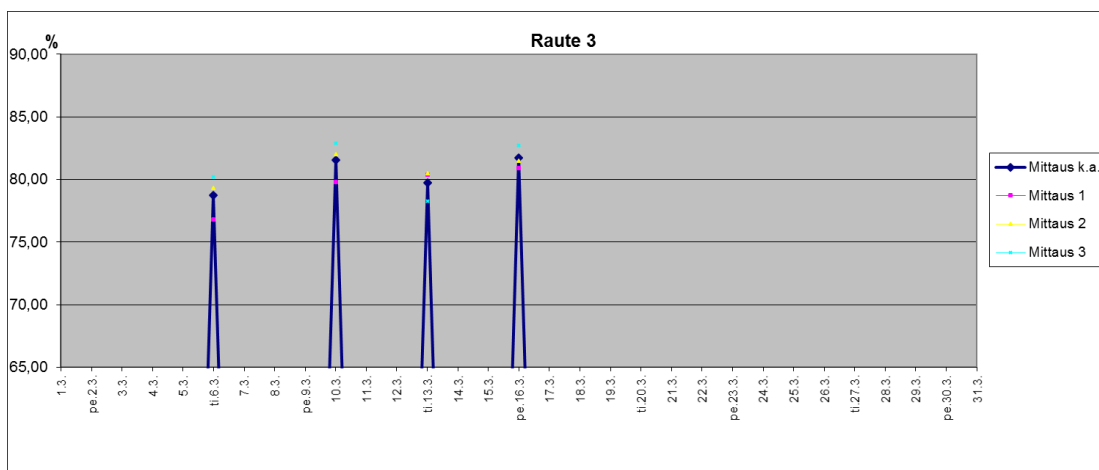
Liite 17



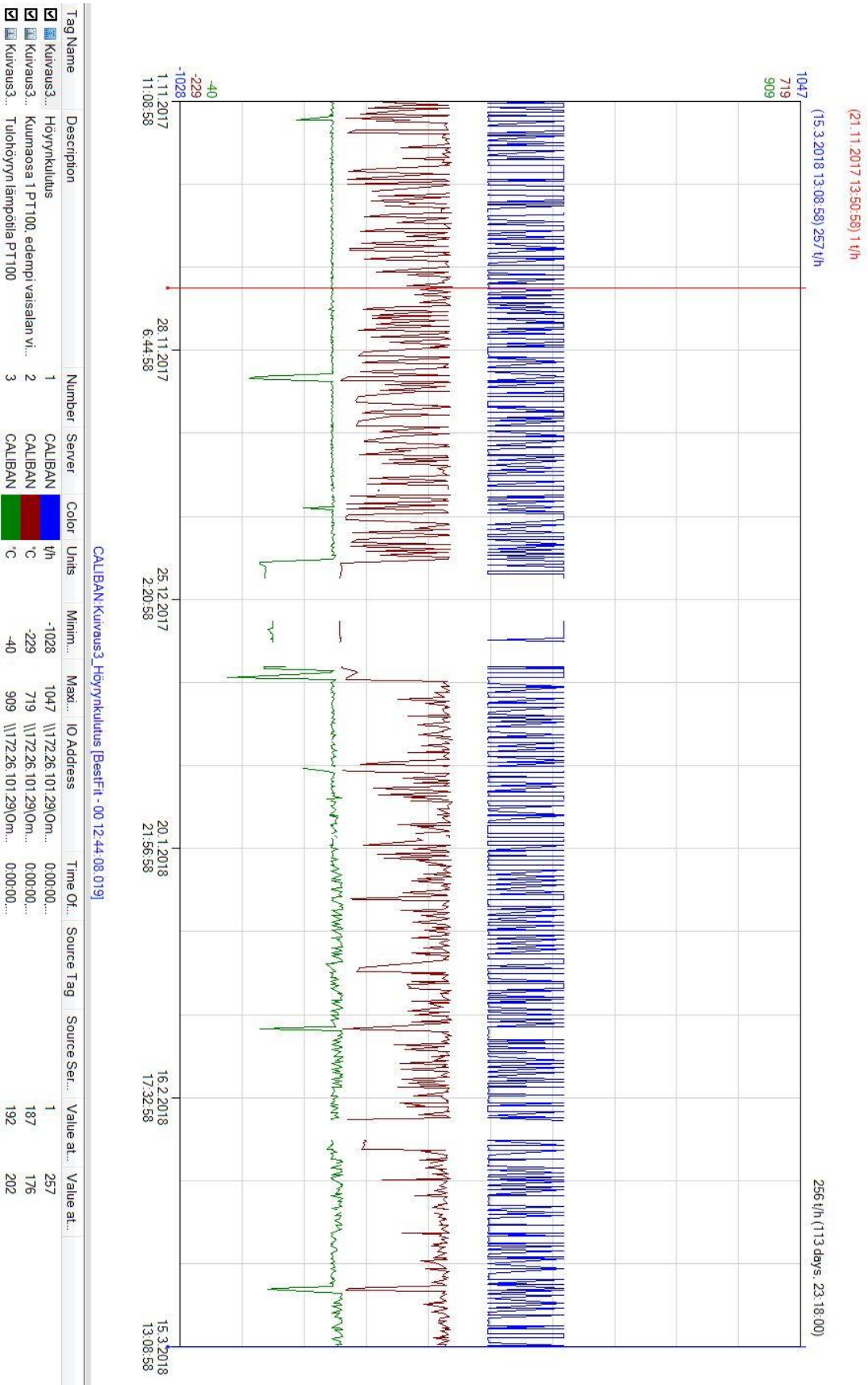
Liite 18



Liite 19



Liite 20



## Liite 21

PVM	Kpl/vrk	PVM	Kpl/vrk	M <sup>3</sup> /vrk
1.1.2018	0,00	1.3.2018	1,00	1,00
2.1.2018	0,32	2.3.2018	1,04	1,11
3.1.2018	1,21	3.3.2018	1,02	1,13
4.1.2018	1,14	4.3.2018	1,02	1,22
5.1.2018	1,22	5.3.2018	0,97	0,94
6.1.2018	1,17	6.3.2018	0,99	1,15
7.1.2018	1,23	7.3.2018	0,99	1,05
8.1.2018	1,13	8.3.2018	1,10	1,17
9.1.2018	1,24	9.3.2018	0,69	0,84
10.1.2018	1,10	10.3.2018	1,01	1,22
11.1.2018	0,54	11.3.2018	1,02	1,13
12.1.2018	0,56	12.3.2018	1,13	1,20
13.1.2018	1,11	13.3.2018	1,08	1,05
14.1.2018	0,62	14.3.2018	1,13	1,11
15.1.2018	0,86	15.3.2018	0,98	1,05
16.1.2018	1,22	16.3.2018	0,93	1,12
17.1.2018	1,04	17.3.2018	1,07	1,10
18.1.2018	1,11	18.3.2018	1,14	1,19
19.1.2018	0,74	19.3.2018	1,05	1,28
20.1.2018	0,62	20.3.2018	1,09	1,08
21.1.2018	0,62	21.3.2018	1,10	1,14
22.1.2018	1,14	22.3.2018	1,01	0,99
23.1.2018	0,79	23.3.2018	0,47	0,58
24.1.2018	1,01	24.3.2018	1,03	1,19
25.1.2018	1,04	25.3.2018	1,03	1,24
26.1.2018	0,73	26.3.2018	1,12	1,11
27.1.2018	1,17	27.3.2018	1,11	1,23
28.1.2018	1,26	28.3.2018	1,12	1,20
29.1.2018	1,18	29.3.2018	1,31	1,06
30.1.2018	1,12	30.3.2018	1,23	1,16
31.1.2018	1,02	31.3.2018	1,23	1,07
Keskiarvo	0,94	Keskiarvo	1,04	1,10
Yhteensä	29,26	Yhteensä	32,20	34