

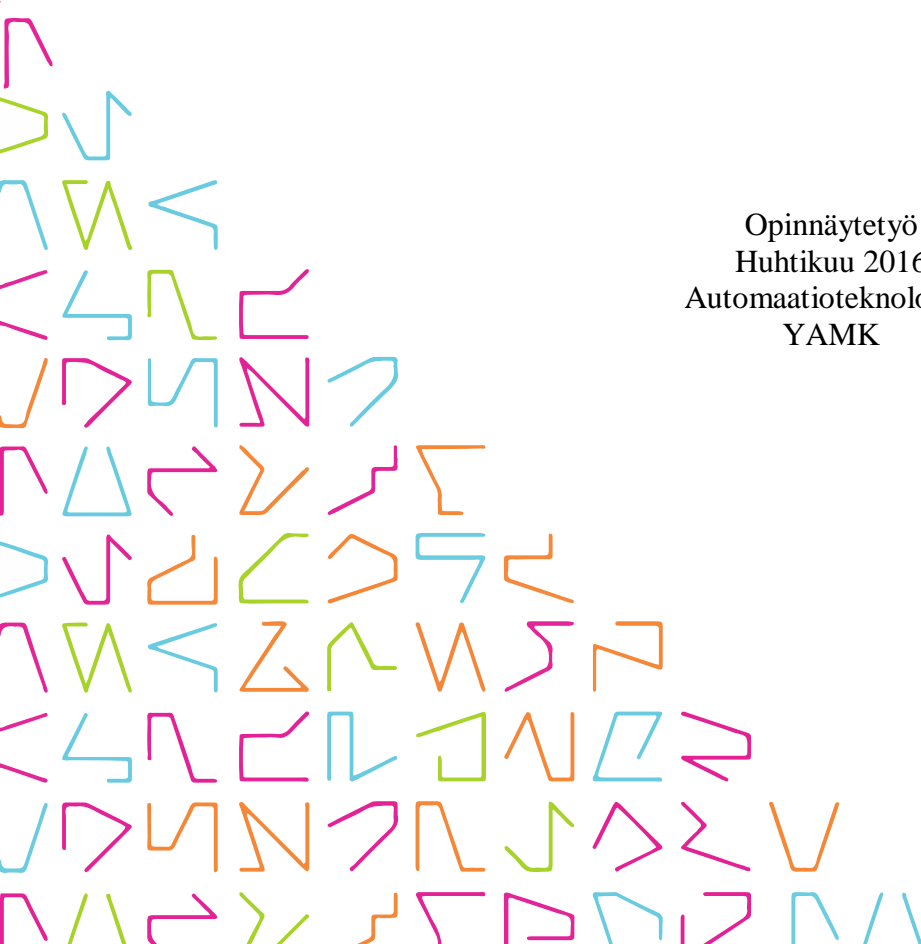


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

CASE: METSÄ WOOD LOHJAN ENERGIA- MITTAUSJÄRJESTELMÄN RAKENTAMINEN

Petri Nevalainen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2016
Automaatioteknologia,
YAMK



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tekniikan Ylempi ammattikorkeakoulututkinto
Automaatioteknologia

NEVALAINEN, PETRI:

CASE: Metsä Wood Lohjan energiamittausjärjestelmän rakentaminen

Opinnäytetyö 54 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Toukokuu 2016

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Metsä Wood Lohja Kerto. Metsä Wood on mekaanisen metsäteollisuuden yritys, jonka päätuotteena on Kertopuun tekeminen.

Metsä Wood kuuluu osana Metsäliittoon, jonka tärkeimmät tuotealueet ovat paperi, kartonki-puu-, vaneri- ja LVL -teollisuudessa. Työn käytännön osuus toteutettiin Lohjan Metsä Wood tehtaalla, vuosina 2013 - 2015.

Kehitystyön tarkoituksena oli kehittää Metsä Wood Lohjan energiamittausjärjestelmää ja suunnittelukäytäntöjä suuntaan, jonka tarkoituksena olisi jatkuva kehittäminen ja mittaaminen. Nykyisellään energiamäärien mittaamiset ovat osittain puutteellisia ja niitä haluttiin kehittää parempaan suuntaan.

Työn toivotaan parantavan Lohjan Metsä Wood tehtaan energiamittauksen tarkkuutta ja parantavan samalla energian hallintaa ja ennen kaikkea pienentävän energia kulutusta ja tehostavan tuotantoa. Työn tarkoituksena oli myös olla auttavana työkaluna sähkö- ja automaatiosuunnittelussa.

Työn tuloksena valmistui Siemens PCS7, jota voidaan käyttää pohjana energiamittauksen pohjana ja muiden vaatien mittausten ja säätöpiirien pohjana. Energiamittausta on jo käytetty yksittäisissä projekteissa. Työssä tutustutaan myös Metsäliiton tärkeimpiin toimialoihin eli vaneri- ja LVL- teollisuuteen. Työ käsittelee pintapuolisesti vanerin- ja LVL- valmistuksen eri vaiheita.

Asiasanat: PCS7, energiamittausjärjestelmät

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Automation Engineering

NEVALAINEN, PETRI::

CASE: Construction of Metsä Wood Lohja energy measurement system

Bachelor's thesis 54 pages, appendices 3 pages
May 2016

The client of this thesis was to Metsä Wood Lohja Kerto. Metsä Wood is the mechanical forest industry company whose main product is the multiplication of wood making. Metsä Wood is part of the Metsäliitto, whose main product ranges are paper, cardboard, wood, plywood and LVL industries. The practical part of the work carried out in the Lohja factory Metsä Wood, 2013-2015.

The purpose of this development was to develop Metsä Wood Lohja energy measurement systems and design practices in the direction of, the purpose of which would be the continuous development and measurement. At present, the measurements of quantities of energy are partially incomplete and they wanted to develop a better direction.

The work is expected to cure the Lohja plant in the forest Wood energy measurement accuracy and thus to better energy management and, above all, to reduce energy consumption and enhance production. The purpose was also to be a helping tool for electrical and automation design.

Result of the work was completed, Siemens PCS7, which can be used as a basis for energy measurement basis and the basis for the other, demanding measurement and control circuits. Energy measurement has already been used in proprietary projects.

The thesis also introduces the most important Metsäliitto domains of the plywood and LVL industry. The work deals with a superficial plywood and LVL manufacturing various stages.

Key words: pcs7, energy measurement system

ALKUSANAT

Tämä YAMK opinnäytetyö – kehittämistehtävä on toteutettu entiselle työnantajalleni Metsäliitto osuuskunta Metsä Wood Lohjan Kerto tehtaalle. Tahdon omalta osaltani kiittää entistä työntäjäni mahdollisuudesta tehdä tämä opinnäytetyö loppuun. Kiitos tästä kuuluu erityisesti kunnossapitopäällikkö Juha Korhoselle. Kiitos kuuluu myös entisille alaisilleni kehittämistyön ja hankkeen rakentamisessa ja toteuttamisessa vanhaan tehdasympäristöön – etenkin haluaisin kiittää Tero Siuvattia, Lari Rantalaa, Johannes Mäkeä ja Seppo Tallqvistiä vahvasta tuesta ja ahkerasta yhteistyöstä. Lisäksi haluaisin kiittää Petri Ukkosta Siemensiltä tarvittavasta suunnittelun, ohjelmoinnin avusta ja toteuttamisesta.

Tampereen ammattikorkeakoulun puolelta tahdon omalta osaltani osoittaa kiitokseni opinnäytetyöni ohjaajalleni ja tarkastajalle lehtori Matti Kivimäkeä. Opinnäytetyöprosessin aloituksen palaute on ollut varsin antoisaa, suuntaa antavaa sekä ohjaavaa.

Kiitos myös opiskeluryhmälleni 15YAT. Opiskeluaika on ollut erityisen mielenkiintoinen ja ajatuksia herättävä – kiitos kaikesta mahdollisesta tuesta sen matkan varrella.

Viimeisempänä ja tärkeimpänä kiitos kuuluu lähimmäiselleni. Kiitos, vaimolleni Merjalle, kaikesta tuesta opinnoissani ja kannustuksesta sekä perhe-elämän yhteen sovittamisesta. Kiitos, Helena-anoppini loistavista ruuista ja majoituksestani sekä poikani Niklaksen hoidosta.

Lohjalla 26.4.2016

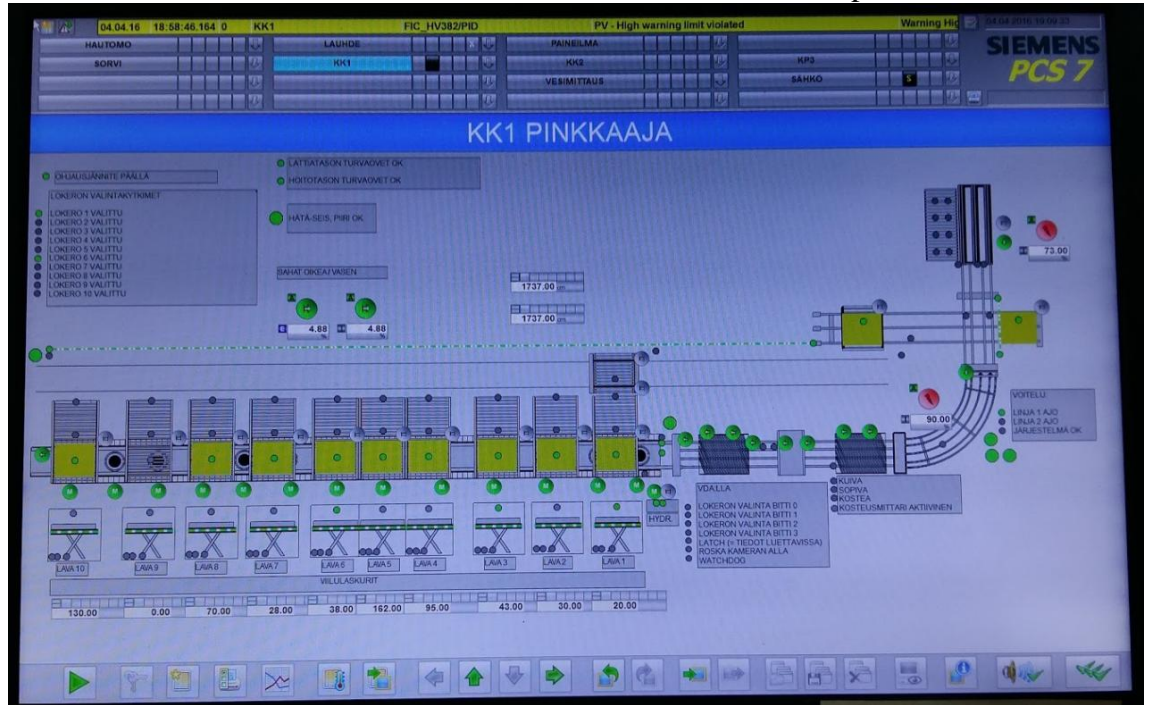
Petri Nevalainen

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	9
2	TYÖN TAUSTOJA.....	10
	2.1 Opinnäytetyön tilaaja	10
	2.2 Työn tavoite	10
	2.3 Projektin taustaa.....	10
	2.4 Henkilökohtaiset tavoitteet	11
	2.5 Tehtäväkentän rajaus.....	11
3	TUTKIMUSRAPORTIN RAKENNE	13
4	TUTKIMUSMENETELMÄ VALINTA JA ESITTELY.....	15
	4.1 Tutkimusongelma.....	15
	4.2 Tutkimuksen lähestymistapa	16
	4.3 Ongelman lähestymistapa.....	16
	4.4 Tutkimukset aiemmin ja niiden tulokset	17
	4.5 Aineistojen käyttö, koonti ja analysointi	18
	4.6 Tutkimustulosten raportointi	18
5	KAIZEN AJATTELUMALLI	20
	5.1 Kaizen kuusi kehitysaskelta.....	20
	5.2 Tunnista tavoite.....	20
	5.3 Analysoi nykytilanne.....	21
	5.4 Etsi ideoita	21
	5.5 Kehitä kehityssuunnitelma	21
	5.6 Toteuta kehityssuunnitelma	21
	5.7 Arvioi uudelleen uusi toimintatapa	22
6	PROSESSI KUVAUS	23
	6.1 Prosessin yleiskuvaus	23
	6.2 Haudonta.....	23
	6.3 Kuorinta.....	24
	6.4 Sorvaus	25
	6.5 Kuivaus.....	26
	6.6 Liimaus ja ladonta	27
	6.7 Muut	28
7	ENERGIAN KÄYTTÖKOHTEET.....	29
	7.1 Tehtaan energiajakauma.....	29
	7.2 Höyry.....	29
	7.3 Sähkö.....	30
	7.4 Vesi	30

8	ENERGIANMITTAUS	31
8.1	Tarve ja tavoite	31
8.2	Energiatehokkuus.....	31
8.3	Energianmittausjärjestelmät	32
8.4	Energianmittausjärjestelmän vaatimukset.....	33
8.5	Energianmittausjärjestelmän tavoitteet	34
8.6	Käyttövarmuuden parantaminen.....	34
8.7	Toimintavarmuuden parantaminen	36
8.8	Muita vaatimuksia.....	37
8.9	Energianmittausjärjestelmän valinta	37
9	SIEMENS JA PCS7	39
9.1	PCS7 yleistä.....	39
9.2	Höyrynjakohuoneen ja lauhdemittauksen alakeskus	41
9.3	Lauhde- ja höyryjärjestelmän rakenne	43
9.4	Kuituverkko ja OLM.....	46
9.5	DP-DP coupler profibus ja omron	47
10	MITTAUS JA PROSESSIN OPTIMOINTI.....	48
10.1	Prosessin mittaus.....	48
10.2	Lämpötila.....	48
10.3	Virtaus	49
10.4	Paine	49
11	POHDINTA	50
	LÄHTEET.....	52
	LIITTEET.....	56
	Liite 1. Kuivauskoneen 1 kuumaosa	56

Liite 2. Kuivauskone 1 pinkkari



57

Liite 3. Hautomon veden kierron yleiskuva..... 58

ERITYISSANASTO

PCS7	Process Control System 7
DTS	Dispatcher training simulator
EMS	Energy Management System
FEMS	Factory Energy Management System
SCADA	Supervisory control and data acquisition
Condition Monitoring	The continuous or periodic measurement and interpretation of data to indicate the condition of an item to determine the need for maintenance
PSM	Plant simulation model
LVL	Laminated Veneer Lumber
TPS	Toyota Production System
OLM	Optical Link Modules
DCS	Distributed Control System
MCC	Motor Control Center

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selittää millainen energianmittausjärjestelmä on mahdollista rakentaa käyttäen Lean - ajattelumalliin kuuluvaa Kaizen – tekniikkaa hyväksi tehdasympäristössä. Työn kohteena on Metsäliiton osuuskuntaan kuuluvan Metsä Wood Kerto Lohjan yksikön tehdas ja sen mittausjärjestelmän rakentaminen.

Nykypäivänä niin työympäristöissä ja lähiympäristöissä korostuu entistä enemmän tehokkuusajattelu. Nousevat energiakustannukset kiristävät kilpailua maailmanlaajuisesti ja tätä myötä eri yrityksille ja valtioille on yhä tärkeämpää parantaa kannattavuutta pääsemällä eroon kaikesta lisäarvoa tuottamattomasta ja kannattamattomasta toiminnasta. Myös yritykset ovat havahtuneet siihen, että lisäenergian voi tuoda lisäarvoa yritykselle kun sen voi myydä ulkopuoliselle yritykselle paremmalla katteella. Tarkoituksena on luoda samoja tuotteita pienemmillä resursseilla jopa paremmalla laadulla ja samalla saada lisäarvoa asiakkaille.

Kaizen - filosofiana kiteyttää tämän työn mallin tehdasympäristössä, joka sisältää isossa mittakaavassa eri-ikäistä ja erilaista tekniikkaa. Kaikkea ei tarvitse eikä tulisikaan tehdä valmiiksi yhdessä yössä vaan saatujen kokemuksen kautta tuotantoa tulee kokoajan kehittää. Tätä energianmittausjärjestelmää laadittaessa on mietitty jatkuvasti, että järjestelmän tulee olla mahdollisimman monipuolinen ja joustava omalta osaltaan. Mittausjärjestelmään on haettu vaikutteita muista kemian-, energia- ja kaivosteollisuuden aloilta, joissa vastaavia järjestelmiä on vuosikymmeniä, koska nykypäivän mekaaninen puunjalostustekniikan kehittyminen vaatii kokoajan tarkempaa mittausta ja sen käsittelemistä.

Mittausjärjestelmää valittaessa on myös kokemuseräisesti tiedetty ja tätä on kyselykin erialojen asiantuntijoilta, että jokaisen Mekaanisen metsäteollisuuden laitoksen vieressä on polttolaitos, joka tuottaa kyseiselle tehtaalle pääraakahöyryn. Tämä laitos usein sisältää varsin vanhentuneen Siemens PCS tai vastaavan käyttöjärjestelmän, joka pitää jossain vaiheessa varaosa saatavuuden takia päivittää, jolloin voidaan kyseinen energianmittausjärjestelmä helposti rakentaa päivityksen yhteydessä tai ainakin osa siitä.

2 TYÖN TAUSTOJA

2.1 Opinnäytetyön tilaaja

Tämä työ on tehty Lohjan Metsä Wood tehtaalle ja siinä käsitellään tehtaan oman energiamittausjärjestelmän rakentamista yleisellä tasolla. Metsä Wood on osa Metsä Group – metsäteollisuuskonsernia, jonka toimialaan kuuluvat pehmo- ja ruoanlaittopaperit, pakkauskartongit, sellu, mekaaniset puunjalosteet ja puunhankinta. Metsä Groupin liikevaihto oli vuonna 2015 5,016 miljardia euroa, josta Metsä Woodin osuus oli 852 miljoonaa euroa. Metsä Groupin emoyhtiö on Metsäliitto Osuuskunta (Metsägroup, 2016).

Lohjan tehdasyksikkö on perustettu vuonna 1916 Ab Venesta Oy:n nimiin. Pian tämän jälkeen nimi muutettiin Ab Faner Oy:ksi. Tehtaalla tuotettiin silloin aluksi pelkästään vaneria, mutta vuonna 1969 siirryttiin osittain lastulevyn tuotantoon. Vuonna 1965 tehdas siirtyi Metsäliiton omistukseen ja vuonna 1980 aloitettiin kertopuun valmistus (Breiling O. 2011). Lohjan Metsä Wood Kerto valmistavat vuodessa noin 110 000 m³ valmista kertopuuta. Tehtaan pääraaka-aineen käytettävän kuusitukin kulutus on noin 250 000m³/v (Ympäristölupa, 2008,8).

Kerto eli LVL on sorvatuista havupuuviiluista liimalla valmistettu järeä palkki- ja puulevytuote. Esimerkkejä käyttökohteista ovat tehtaalla valmistetut määrämittaiset palkit, pilarit, ristikot, kehät sekä ikkuna – ja oviteollisuuden komponentit (Metsäwood, 2016).

2.2 Työn tavoite

Tämän työn tavoitteena oli aloittaa energiamittausjärjestelmän rakentaminen tehtaalle ja kehittää samalla tuntemusta omasta energiankulutuksesta ja sen seurannasta pienemmällä ajanjaksolla ja samalla tehostaa tuotantoa.

2.3 Projektin taustaa

Suurimmat energialajit sorvaavassa puutuoteteollisuudessa eli viilutehtaissa ovat lämmitys ja sähkö. Energiaa kuluu puun lämmittämiseen eri prosessin osiossa, joista huomattavasti eniten energiaa kuluu puun kuivaamiseen. Tämän työn aikana rakennettiin Lohjan Kerto-tehtaalle uusi raakahöyryn tuottaja Lohjan biolämpölaite.

Lohjan biolämpölaitos oli noin 17 miljoonan euron yhteishanke, jonka rakennuttajana toimi Lohjan biolämpö Oy ja sen osakkaat Lohjan Energiahuolto Oy Loher (49%), Metsäliitto Osuuskunta (46%) ja Ääneseudun Energia(5%). Laitos vihittiin käyttöön 7.1.2013 ja tuottaa lämpöä Lohjan kaukolämpöverkkoon ja prosessihöyryä Kerto-tehtaalle yhteensä noin 160 000MWh vuodessa. Biolämpölaitos hyödyntää pääosin polttoaineena Kerto-tehtaan sivutuotteita (Lohjan biolämpölaitos, 01.7.2013).

Tässä uudesta voimalaitoksesta tuleva höyry ei ole enää tulistettua. Vanhassa laitoksessa, josta höyry tuli ennen tämän työn aloittamista, maksimi lämpötila oli 225 astetta ja 25 bar höyryn ollessa myös tulistettua. Uudessa voimalaitoksessa paine oli 20 bar ja lämpötila noin 210 astetta. Osa työstä liittyy höyryn toimittajan vaihdokseen ja niihin liittyviin ongelmiin ja osa tämän työn investointirahoista on tullut järjestelmien uudistamisen tarpeesta ja uudistamisprosessin eri vaiheessa havainnoiduista ongelmista.

Energianmittausjärjestelmä on toteutettu monen eri investoinnin yhteydessä ja vuosien 2013 - 2015 aikana tehtaan oman sähköosaston sekä aliurakoitsijoiden kanssa. Mittausjärjestelmä myös ohjaa käytännössä tehtaan omia päähöyry- ja lauhdejärjestelmiä. Mittausjärjestelmä on vain sen laajennus, jota oli tarkoitus laajentaa tehtaan omalla henkilöstöllä. Tehtaan koko oma sähköosaston henkilöstö ulkoistettiin vuonna 2015 ja sen jälkeen sen kehittäminen on jäänyt ulkopuolisen urakoitsijan vastuulle. Sitä ennen sähköosastolla työskenteli vakituisesti 5 henkilöä.

2.4 Henkilökohtaiset tavoitteet

Työn tavoitteena oli henkilökohtainen oppiminen PCS7-järjestelmästä ja tehdä tuleville investoinneille laskentapohjia ja saada selkeämpää kokonaiskuvaa eri järjestelmien ja tiettyjen prosessien välillä. Jatkossa järjestelmää voitaisiin kehittää antamaan käyttäjille eri tapoja esim. ajaa prosessia ja tutkia, mitä vaikutuksia sillä olisi kokonaisenergian kulutukseen ja itse lopputuotteisiin. Mielestäni tavoitteet saavutettiin oppimalla PCS7 järjestelmän rakenne ja järjestelmään pystyttiin tekemään tarvittavia muutoksia.

2.5 Tehtäväkentän rajaus

Järjestelmän laajuudesta johtuen koko järjestelmää on mahdotonta kuvata hyvin yksityiskohtaisesti opinnäytetyölle varatun ajan puitteissa. Siksi aihealueita on rajattu

tässä työssä koskemaan vain järjestelmän ydinalueita eikä aiheita käsitellä kovin syvä-
lisesti. Tarkoituksena on selittää asiat mahdollisimman käytännönläheisesti.

Aihealueet rajattiin karkeasti ottaen seuraavasti: prosessin kuvaus, energiamittausjärjes-
telmät, PCS7-rakenne tehtaalla, lauhteen ja höyryn mittausjärjestelmä sekä muut mitta-
ukset.

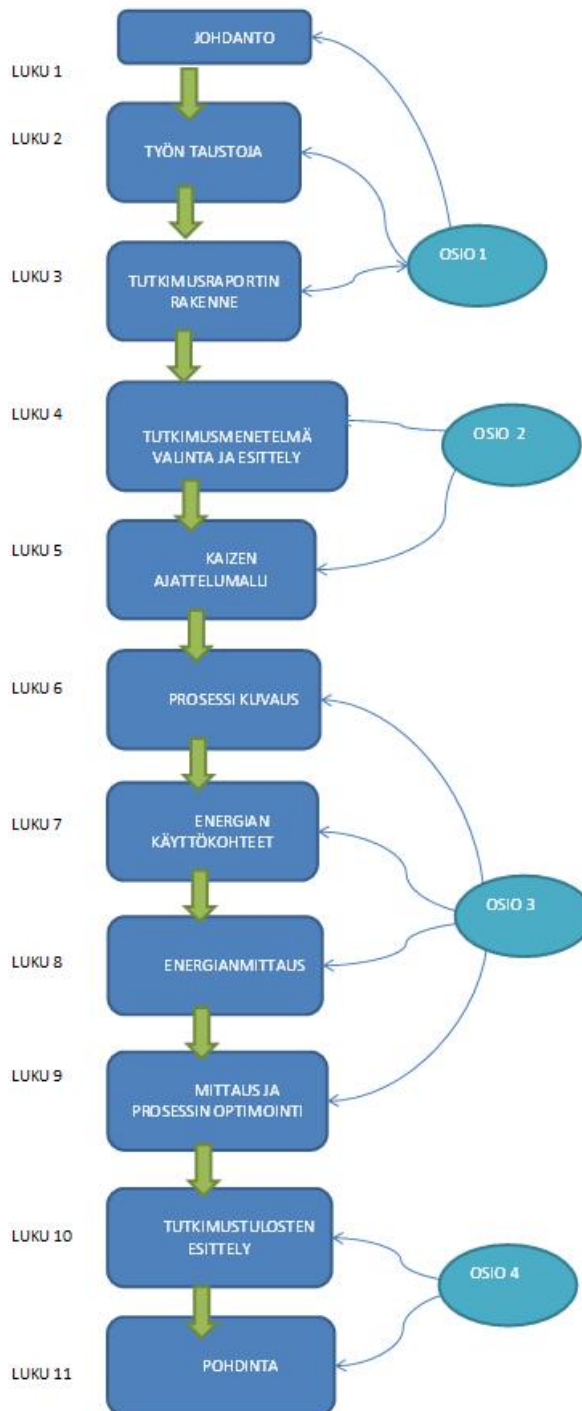
3 TUTKIMUSRAPORTIN RAKENNE

Tämä raportti muodostuu neljästä pääosiesta. Ensimmäinen osio (luvut 1 -4) sisältää yleisesti työtaustoja esittelevän osuuden, jossa käsitellään opinnäytetyön tilaajaa, työn tavoitteita, projektin taustoja, henkilökohtaisia tavoitteita ja tehtävä kentän rajauksen. Ensimmäinen osio sisältää myös johdannon ja kuvauksen tutkimusraportin rakenteesta.

Toisessa osiossa (luvut 4 – 5) käydään läpi kehittämistehtävän tutkimuksellinen osuus sisältäen tässä tutkimusmenetelmän valinnan ja sen esittelyn. Toiseen pääosioon sisällytetään myös tutkimuksen teoria osuus.

Kolmannessa osiossa (luvut 6 – 9) on tarkemmin käyty läpi tehtaan prosessia, energian käyttökohteita, energianmittausta ja projektissa toteutettua Siemens mittausjärjestelmää. Kolmannessa osiossa on käyty myös läpi erilaisia mittauksia, mitä järjestelmään on mahdollista liittää.

Raportin viimeinen osio (luvut 10 – 11) sisältää tutkimustulosten esittelyn ja raportin pohdinnan. Tutkimusraportin rakenteen jaottelu nähdään kuviosta 1.



KUVIO 1. Tutkimusraportin rakenteen jaottelu

4 TUTKIMUSMENETELMÄ VALINTA JA ESITTELY

4.1 Tutkimusongelma

Puutuoteteollisuuden Motivan sopimusyrityksistä selvästi yleisin energiankulutuksen ja – kustannusten seurantajakso on kuukausitason seuranta. Kaksi kolmasosaa sopimusyrityksistä (68%, 39 kpl) seuraa energiatehokkuutta ominaiskulutuksen avulla (Puutuoteteollisuuden toimenpideohjelman vuosiraportti 2014, 22-23). Metsä Wood on emoyhtiönä Metsä Group kautta sitoutunut omalta osaltaan ns. Motiva-sopimukseen (Ympäristölupapäätös, 2008, 12).

Miksi energiatehokkuutta seurataan ominaiskulutuksien avulla? Ominaiskulutus tarkoittaa suhteellista energiankulutusta tuoteyksikköä tai tiettyä palvelua kohti laskettuna. Se voidaan laskea esimerkiksi tuotetonnia (Mwh/tuotetonni) tai rakennuskuutiota (Kwh/m³) kohti (TEM, 2016).

Energiatehokkuuden indikaattorit ovat jaettavissa selittäviin ja deskriptiivisiin indikaattoreihin. Deskriptiivinen kuvaa toteutuneita arvoja ja sijaintia kuten arvot, trendit, indeksit ja hyötysuhteet. Selittävät indikaattorit voivat olla arvoja, hyötysuhteita, trendejä ja indeksejä, mutta ne kuvaavat deskriptiivisten arvojen muutosten syitä. Näitä syitä voivat olla esimerkiksi ympäristön tilan muutokset, prosessin lämpötila, kapasiteetin käyttöaste, tuotelajien ja laatujen vaihtelut, prosessimuutokset, kierrätysaste ja tuotanto- ja energiateknologiat (Energiatehokkuus). Nämä indikaattorit voidaan jaotella seuraavasti:

termodynaamisiin (W, J, %)

fyysis-termodynaamisiin (J/kg, MWh/t, W/kg)

taloudellis-termodynaamisiin (e/Wh, e/J)

taloudellisiin (e/t, e/a)

ympäristötekniisiin (CO₂/kg, CO₂/J) (Energiatehokkuus)

On huomioitavaa, että energiatehokkuus on hyvin staattinen suure, joka edustaa tietyn hetken olosuhteita ja ajanhetki t voi olla eripituinen kuten sekunti, minuutti, tunti, vuorokausi tai jopa vuosi ja siihen vaikuttaa eniten kapasiteetin käyttöaste. Tehtaan energia on näin ollen maksimissaan kun tehdasta ajetaan maksimi kapasiteetilla (Energiatehokkuus).

On kuitenkin huomioitavaa, että ominaiskulutuksien tilastovertailusta ei voida suoraan tehdä johtopäätöksiä kohteiden energiatehokkuudesta tai niiden säästöpotentiaaleista, koska kohteet ovat toiminnoiltaan ja teknisiltä ratkaisuiltaan yksilöllisiä ja eri tilastojen vertailuryhmät voivat pitää sisällään monentyypisiä kuluttajia ja muuttujia (Motiva, ominaiskulutuksia 2015).

4.2 Tutkimuksen lähestymistapa

Tämän työn lähestymistapa empiirinen case- eli tapaustutkimus, joka käyttää monipuolisesti ja monilla eri tavoilla hankittua tietoa analysoimaan tiettyä nykyistä tapahtumaa tai toimintaa rajatussa ympäristössä kuten Yin (1987, 23) tiivistää (amk-virtuaalikoulu).

4.3 Ongelman lähestymistapa

Tämä kappale selittää miksi kyseistä ongelmaa on mielekäs tutkia valitulla lähestymistavalla. Tässä työssä on aloitettu käyttämään Kaizen tekniikkaa ja sen avulla on haluttu luoda pohjaa myöhemmille tutkimuksille ja niiden mittauksille ja on haluttu parantaa olemassa olevaa prosessia. Tavoitteena on mitata ja tunnistaa prosessissa olevia ”heikkoja” kohtia ja luoda perustaso ns. energian mittaamisen parantamiselle.

Koska edellisessä kappaleessa mainittujen indikaattorien määrittämiseen liittyy seuraavia haasteita:

- Nimittäjän määrittämisen haaste
- Laskennan taserajan haasteet
- Energian allokoimiseen liittyvät haasteet
- Vaikeus määrittää kaikkia energiatehokkuuteen liittyviä tekijöitä
- Käytäntöjen yhdenmukaistaminen
- Tiedonsaanti, tarkkuus, laskentakapasiteetti ja tietojärjestelmien yhteensopivuus (Energiatehokkuus)

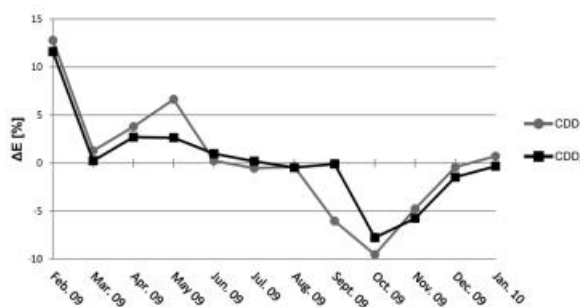
Tämän työn pohjalta pitäisi pystyä laatimaan mittausjärjestelmä, missä voidaan käyttää yhden mukaistamalla laskea tai aloittaa energiamittausjärjestelmän rakentaminen.

4.4 Tutkimukset aiemmin ja niiden tulokset

Tämä kappale selittää miten tämä työ eroaa aiemmista ja mitä merkitystä odotetuilla tuloksilla voi olla. Ominaiskulutuksista on myös tehty monenlaisia tutkimuksia, jossa on vertailtu eri kotitalouksien lämmityksen ja sähkön energiakulutuksia kuten kirja *Actual Energy Consumption Dwellings: The Effect of Energy Performance Regulations and Occupant Behaviour* (Olivia Guerra Santin 2010) esittää Hollannin tutkimustuloksia aina 2000 -luvulta, näitä tuloksia voidaan hyödyntää myös suuremmissa mittakaavassa teollisuudessa. Tutkimuksessa tullaan siihen tulokseen kun vertaillaan kotitalouksien käyttämää lämmitysten energiamäärää keskenään, se aiheuttaa eri kohteiden välillä 42% variaation, johtuen rakennusten teknisistä ominaisuuksista ja käyttäjillä on 4,2% variaatio vaikutus käytettyihin energia määriin. Myös uudemmilla rakennuksilla on huomattava vaikutus energian kulutuksen laskemiseen.

Tästä tutkimuksesta voidaan tehdä karkea johtopäätös, että kotitalouksia suuremmissa mittakaavassa olevat tehtaot, jotka ovat hyvin eri-ikäisiä ja kokoisia ja ovat silti hyvin yksilöllisiä teknisiltä ominaisuuksiltaan. Koska ne sisältävät osin samaa tai samankaltaista tekniikkaa vaan suuremmissa mittakaavassa.

Tästä syystä kuukausitason mittauksen ajanjakso antaa hyvin karkean kuvan varsinkin vanhempien tehdaslaitoksien energian käytöstä. Eri kuukausien päivien erimäärät vaikuttavat myös energiaraportteihin kulutuksen laskentaan, joten todellinen seuranta ajanjakso pitäisi olla rakennuskohtaisesti päivä tasolla (Prek, Krese, Butala, 2012).



KUVA1. Prosentiaalinen ero todellinen välillä ennustettava sähkön kulutus

Kuvasta 1 nähdään prosenttialinen arvio todellisen ja ennustetun sähkönkulutuksen avulla, kun energiankulutus on laskettu ominaiskulutuksen avulla kuukausitasolla ja miten päivien eri määrät vaikuttavat erään toimistorakennuksen ilmastointilaitteen sähkötukukseen. Helmikuun energian kulutus on kuvassa vähiten aliarvostettu, koska helmikuussa on vähiten päiviä ja loka- ja marraskuu ovat yliarvostettuja. Tästä syystä energian ominaiskulutus laskenta, joka sää- ja lämpötilariippuvaisia voi aiheuttaa jopa 5 % eroja kuukausitasolla, koska näiden energian laskentaan käytetään astepäivälukuja (Prek, Krese, Butala, 2012). Tämä viiden prosentin ero kannattaa ottaa huomioon varsinkin suuren kokoluokan kannattavuus laskelmissa.

Kuukausitason mittauksen ajanjakson oltaessa mittaus mielessä hyvin pitkä ajanjakso mittauksen todelliseen arvioimiseen pitäisi ajanjaksoa pyrkiä pienentämään ja jakamaan pienempiin osamittauksiin. Toisin sanoen kaikki mittauksien mittaamisesta saatu mittaus tuo meille lisäarvoa. Tällä tiedolla voidaan tehdä oikeita päätöksiä ja kehittää ja ennen kaikkea voidaan kehittää johtamista (Crowson R., 2005, 156).

4.5 Aineistojen käyttö, koonti ja analysointi

Tämä kappale selittää, mitä aineistoja aiotaan käyttää, miten ne kootaan ja miten niitä analysoidaan. Aineistoja kootaan jatkossa rakennettuun energianmittausjärjestelmään, josta ne voidaan tarvittaessa ottaa tarkasteltavaksi tietokannasta. Tietojen tallennusväli on 6 kk, jonka jälkeen ne arkistoituvat automaattisesti. Tietoja voidaan jatkossa analysoida helposti mittausjärjestelmästä skaalausta muuttamalla esimerkiksi päivätasolle ja tuntitasolle tai jopa pienemmälle kuin sekunnin tasolle. Perusvaatimuksena mittauksille on, että järjestelmään on tulee laatia hälytystasot alataso ja ylätaso. Järjestelmä hälyttää näin ollen poikkeavasta tapahtumasta automaattisesti kun tiedetään ns. perustason tai normitaso lähtökohta. Normitaso määritellään viikon ajanjaksolla ja muutetaan prosessin edetessä.

4.6 Tutkimustulosten raportointi

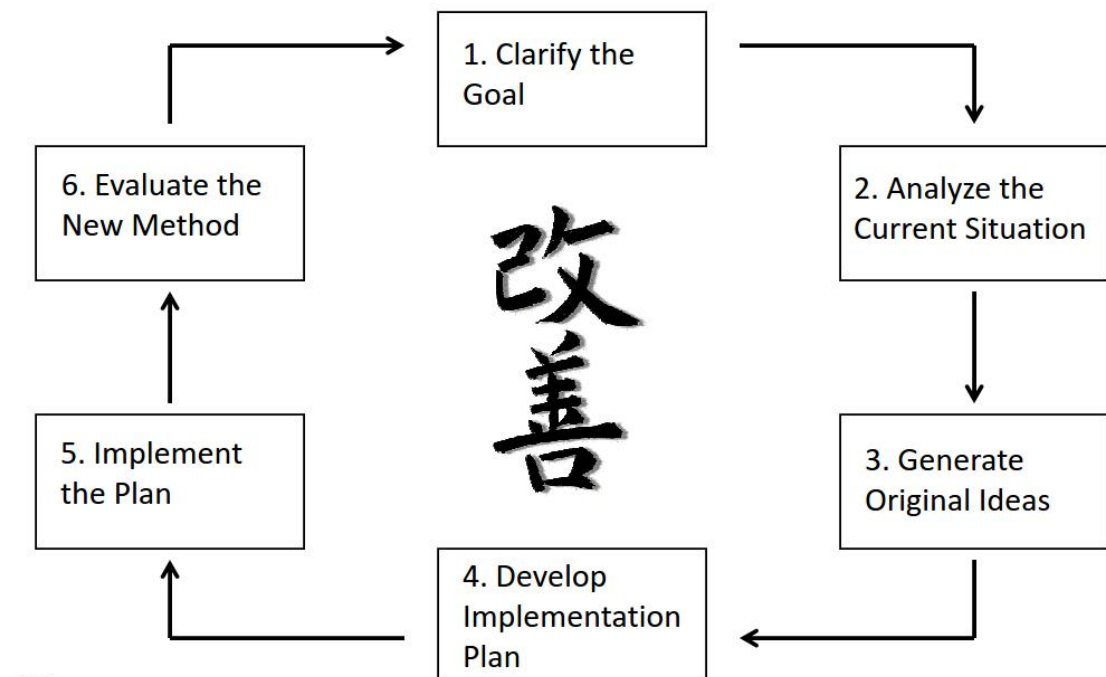
Tutkimustulokset raportointi tapahtuu tästä lähin ns. automaattisesti seuraamalla poikkeuksia päivätasolla ja tarkempi koontiraportti tehdään kuukausittain. Mittausjärjestelmän tietokanta mahdollistaa vanhan jo mitatun materiaalin hakemisen tietokannasta. Tietokannan avulla voidaan laskentatyökalujen avulla automaattisesti määritellä mini-

mi-, maksimi- ja normaalikulutukset tietyllä ajanjaksolla. Muu raportointi tapahtuu vuosittain, raportit emoyhtiölle ja Motivalle.

5 KAIZEN AJATTELUMALLI

5.1 Kaizen kuusi kehitysaskelta

Kaizen on aluperin kiinan kielestä Japanin kieleen lainattu sana. Siinä yhdistyy kaksi käsitettä: Kai (muutos) ja Zen (tarkoittaa parannusta). Ajan myötä parannukseen on lisätty päivittäisin pienin askelin tapahtuva muutos. Lean-tekniikkana Kaizen kehitettiin toisen maailman sodan jälkeen kun Japanin talous koki suurimman lamansa ja monen yrityksen piti parantaa tuottavuutta. Tämän myötä Toyota Motor Corporation pyrki tehostamaan valtavasti omaa tuotantoaan ja etsi tekniikoita, joilla tehdasjohtajien osaamista voitaisiin kehittää jatkossa. Ihmisten kehittäminen kohdistui heissä niin, että voisivat analysoida työskentelytapoja ja tehdä niihin tärkeimpänä edistysaskeleena parannuksia. (Kato, Smalley, 2013, 8-9). Yleisesti Kaizen jaetaan kuuteen kehitysaskeleeseen kuten kuva 2 esittää.



KUVA2. Kaizen 6 kehitysaskelta (www.artoflean.com)

5.2 Tunnista tavoite

Tämä askel on tärkein. Sen määritellään tehtävästä työstä kolme asiaa: hukkatyö, esteet ja kehittymisen mahdollisuudet. Toyotalla Ohno määritteli ”seitsemän kuolettavaa hukkaa” (Alukal, Manos 2006, 9). Hukkatyö voi olla esim. inventaario, ihmiset, odotusajat, kuljetusajat, turhat liikkeet, uudelleen työstettävät kappaleet ja ylituotanto. (Kato, Smalley, 2013, 20-25). Kaizenin mukaan kaikkea voi parantaa jatkuvasti ja mahdollisuuk-

sia on loputtomasti. Kaizen ei ole laadittu niinkään ohjelueteloksi vaan enemmänkin filosofiaksi, jota pitää kyseisen tehtävän mukaan soveltaa ja kehittää. (Bisiani, 2016, 8).

5.3 Analysoi nykytilanne

Toyotalla kehitettiin TPS yhteydessä monia eri analysointi malleja. Yksi tunnetuimmista niistä on tuotantoprosessin optimointiin käytetty malli, viisi miksi-kysymystä (5-why). Soveltaen sitä voidaan käyttää monenlaisten ongelmien perimmäisten syiden selvittämiseen. Mallin idea on aina kysyä miksi ja seuraavaan kysymyksen tulisi perustua edellisen vastaukseen niin, että viimeisen vastauksen tulisi osoittaa prosessi, joka ei toimi tai sitä pitää parantaa (Bisiani, 2016, 8-9).

5.4 Keksi ideoita

Tässä askeleessa keskitytään luovaan ajatteluun. Se voi tapahtua ryhmässä tai yksilö tasolla. Päätaavoite on rohkaista ihmisiä luovaan ajatteluun ja herätellä ihmisiä, voiko jotain tehdä prosessissa toisin. Usein ryhmässä on ideaali tapauksessa seitsemän ihmistä ja hyvin monelta tehtaan työntekijä ja työnjohtaja tasolta. Usein näissä käytetään ryhmätöiden aivoriihiä apuna, mutta alkuperäinen Kaizen mahdollistaa, että ihminen saa valita itselleen sopivamman lähestymistavan (Alukal, Manos, 2006).

5.5 Kehitä kehityssuunnitelma

Suunnitelman voi laatia monella eri toteutus tavalla joskus paras vaihtoehto voi olla ryhtyä suoraan toimeen ilman minkäänlaista suunnitelmaa. Sitoutuminen tilanteen parantamiseen on tärkeintä ja muutokseen ei pitäisi pyrkiä vaan muutoksen vuoksi vaan tilanteen parantamiseksi, vaikka parannus olisi kuinka pieni (Bisiani, 2016, 9).

5.6 Toteuta kehityssuunnitelma

Tässä suunnitelmaa toteutetaan ja toimenpiteiden tulisi olla pieniä. Näin vältetään stressiltä tai ahdistukselta, Kaizen- tekniikassa on nimenomaan kyse myös muutosjohtamisesta pienten muutoksien avulla. Tekniikan pääidea on, että lopulliseen tavoitteeseen päästään pienten muutoksien avulla (Bisiani, 2016, 13). Tähän sisältyy myös mahdollisimman tarkka muutoksien dokumentointi ja mahdollinen videointi (Alukal, Manos, 2006).

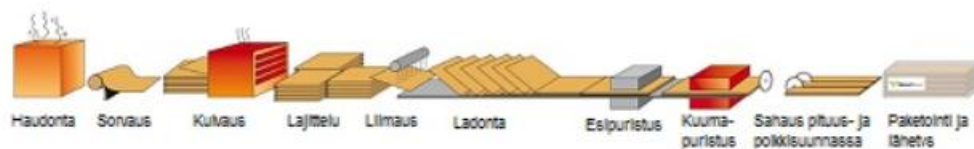
5.7 Arvioi uudelleen uusi toimintatapa

Tässä vaiheessa pyritään arvioimaan omien toimien muutosta mahdollisimman tarkasti ja rehellisesti. Muutos ei sinänsä riitä vaan prosessi onnistuu vasta kun huomaamme tilanteen parantuneen muutoksen seurauksena (Bisiani, 2016, 13). Jos et ole tuottanut lopputuloksia, mitä prosessia olet kehittämässä, et ole todellisuudessa toteuttanut Kaizen tekniikkaa. Yksi tärkein kohta Kaizen tekniikassa on käyttää standardeja mittaamiseen (Obara, Wilburn, 2012, 109)

6 PROSESSI KUVAUS

6.1 Prosessin yleiskuvaus

Oheinen KUVA1 esittää yksinkertaistettua mallia Kerto tuotantoprosessista ja puun etenemistä valmiiksi tuotteeksi. Kertopuun prosessi on pitkälti samankaltainen prosessi kuin vanerin valmistusprosessi. Ainoastaan tuotteiden valmiit leveydet, pituudet ja paksuudet erottavat tuotteen valmistusprosessin, mikä vaikuttaa omalta osaltaan laitteiden pituuksiin Kerto tuotannossa vrt. vanerintuotantoon. Suomessa yleisin viilutuotantokoneiden valmistaja on Raute Oyj (Raute, 2016).



KUVA3. Tuotantoprosessi (www.metsawood.com)

6.2 Haudonta

Puun tultessa sisälle Lohjan tehdasalueelle se ensin punnitaan ja sitten tarvittaessa väli-varastoidaan ja mitataan kuormittain sekä lopuksi kuoritaan. Kuorinnan jälkeen kuoritut puut laitetaan haudontaan ns. haudonta ammeisiin +40 - +70 asteiseen veteen noin 15h tunniksi, jotta siitä voidaan sen jälkeen sorvata halutun paksuista viilua. Mitä pidempään puu on haudonnassa ja rungon keskilämpötila nousee haudonnan seurauksena korkeammaksi, sitä helpompaa puusta on saada aikaan hyvää viilua. Yleensä haudonnassa tavoitellaan puussa yli +30 asteen keskilämpötilaa (Koponen 1995, 30-33).

Yleisesti ottaen haudontalämpötila ja – aika riippuvat ennen kaikkea puulajista, vuodenaikasta ja sorvaus nopeudesta. Sorvaus nopeus vaikuttaa suoraan vaadittavaan haudonta kapasiteettiin. Lohjan tehtaassa hautomon rakenne eroaa muiden tehtaiden hautomoista, joissa hautomo on ns. jatkuva toimiva allas, jossa toisesta päästä laitetaan puita sisään ja ketjut vetävät jo haudottuja puita toisesta päästä ulos. Tämän tyyppisten hautomoiden

vesi on yleensä maksimissaan 45 - asteista kunnossapidettävyyden ja työturvallisuuden takia.

Lohjan tehtaassa hautomo sisältää 12 kappaletta yksittäisiä noin 100m³ altaita, joihin puut voidaan laittaa omina eräkokoina. Hautomojärjestelmän yhteisvesitilavuus on noin 3300m³ (Ympäristölupapäätös, 2008, 12). Kun puut ovat sisällä altaassa, hautomoallas suljetaan edessä olevalla luukulla ja noin 50 - 70 asteinen lämminvesi laitetaan puiden päälle. Kun puut halutaan pois altaasta, kyseinen allas pitää erikseen tyhjentää. Tyhjentävä vesi laitetaan suljetussa järjestelmässä erilliseen vara-altaaseen lämpiämään ja otetaan taas tarvittaessa käyttöön. Liitteestä 3 voidaan nähdä hautomon periaatteellinen veden kierto, palatessaan hautomolta ”kylmänä” vetenä, vesi pumpataan kuivauskoneiden LTO:n torneihin suodattimien kautta, josta se palaa taas yläammeeseen, josta se voidaan ottaa uudestaan hautomon kiertoon mukaan. Järjestelmä näyttää toimivan, koska palaavan veden lämpötila on alempi ja lähtevän veden lämpötila korkeampi. Tosin LTO:n palaavan veden lämpötila on alhaisempi kuin yläammeen lämpötila, joten sen lämpiää vielä lisäksi höyryllä. Tästä voitaisiin päästä eroon LTO:n hyötysuhdetta tai muulla tavalla.

6.3 Kuorinta

Lohjan tehtaalla kuorinta on tehtävä ennen haudontaa, koska tämä ei ole koneiden sijoittelun ja tarvittavan kuoritun puun varaston vuoksi olisi muuten mahdollista. Puun kuorinnan tehtävänä ennen sorvia on pienentää sorvilla olevien terien vaihtoväliä ja tämän lisäksi sorvilta jäävästä selluhakkeesta saadaan parempi hinta, kun se ei sisällä kuorta.

Yleensä käytetään puun kuorimisen lopputuloksesta ns. kämmenkäsisääntöä eli jos kuorittu puu sisältää alle kämmenlevyisen pinta-alan kaarnaa, lopullisen puun kuorinta tulos on hyvä. Lohjan kuorimakone on paineilmatoiminen, joka toimii yhdellä roottorilla ja neljällä valssilla. Kuorintapainetason säätäminen tapahtuu kuorinnan aikana ilmatiivisterakenteen (Air Seal) avulla. Yleensä Suomessa olevat kuorimakoneet ovat hydraulisia (Valonkone, 2016).

Toisaalta puun haudonta vasta kuorinnan jälkeen vaikeuttaa varsinkin pakkaskaudella puun kuorintaa. Sillä yleensä Suomessa tukit kuoritaan haudonnan jälkeen, sillä jäätyneen puun kuorinta ei onnistu helposti (Koponen 1995).

6.4 Sorvaus

Haudonnan jälkeen tukit menevät tukinkatkaisuun, jossa niistä sahataan noin halutun viilun 2150mm:n levyisiä tukkeja. Kukin tukki on katkaistava niin, että saatavista pöleistä saadaan mahdollisimman paljon kuivauskelpoista ehjää viilua (Juvonen, Kariniemi 1985, 61). Lohjan tapauksessa sorvatun viilun paksuus on noin 3,25mm. Lohjan tehtaalla käytetään sen päätuotteeseen Kerto-puuhun pääasiassa havupuuta, kuusta ja mäntyä ja nykyisin myös koivua pintaviiluina. Lohjan Kerto-puutehtaalla on vain tuotannossa yksi kappale sorveja, joka pitää yllä tarvittavaa märkäviilu määrää. Tavoitteena on, että jokaisesta esikeskitetystä pölistä saadaan pölliä pyörittämällä ja ajamalla sitä kohti liikkuvaa teräkelkkaa, saadaan terällä spiraalimaisesti leikaten mahdollisimman pitkä ja yhtenäinen viilumatto (Lahtinen O. 2009, 4).



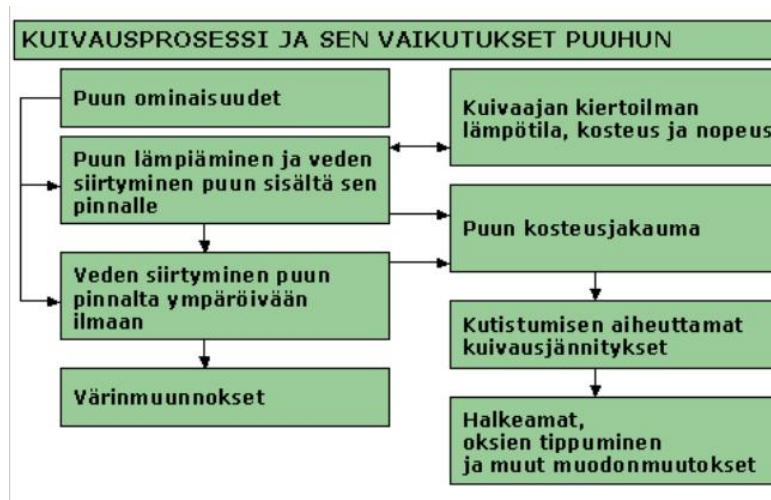
KUVA4. Viilun sorvaus malli (Lahtinen O. 2009, 4)

Pyörästysjäte ajetaan märkäviiluhakkurin kautta selluhakkeeksi tai mikäli selluhakkeen laatu ei ole riittävällä tasolla, se poltetaan. Pyörästysjätteen tuoton minimoimiseksi, pitää ennen sorvia tapahtuva puun esikeskitys tapahtua mahdollisimman hyvin ja tarkasti. Tämän on mahdollista vain jos jokainen puu otetaan erikseen esikeskittäjän karoille ja pyöritetään kerran 360 astetta ympäri ja lasermittaus muodostaa skaalauksesta kuvitteellisen lieriön ja tämän jälkeen pölliin asentoa muutetaan niin, että hakusorkat vievät pölliin kuvitteellisessa ihanteellisessa asennossa sorvin karoille (Koponen 1995). Ihanteellisen asennon ja maksimi viilun saaminen tarkoittaa sitä, että esikeskitys, siirtokarat ja hakusorkat pitävät olla mahdollisimman välyksettömiä (Raute).

Myös epäonnistunut puiden haudonta voi aiheuttaa viilumaton menemisen selluhakkeeksi, koska ehjä viilumatto katkeaa liian aikaisin ja siitä ei enää voi saada halutun 2200mm pituista viilua. Myös sorvattavan puun jääminen karoihin kiinni, voi aiheuttaa viilumaton ennen aikaisen katkeamisen ja puun korkkaamisen.

6.5 Kuivaus

Sorvilta tullessaan viilu on vielä kosteudeltaan ns. märkää, minkä jälkeen se pitää vielä kuivata kuivauskoneessa. Märät viiluniput siirretään trukilla Lohjalla kahteen eri telakuivauskoneeseen. ”Puu on hygroskooppinen materiaali, jonka kosteus asettuu ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan määräämään kosteustilaan eli tasapainokosteuteen (Koponen H., 1990)”. Tämä tapahtuu termodynamiikan perussäännön mukaisesti.



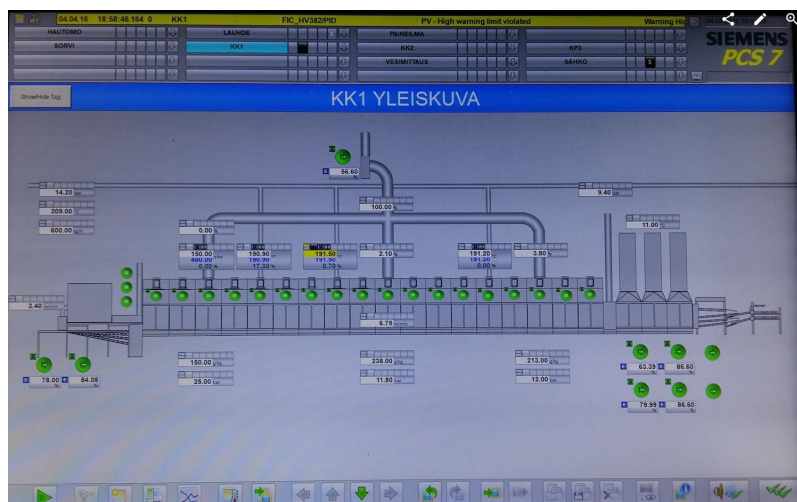
KUVA 6. Kuivausprosessin eteneminen (edu.fi)

Oheinen kuva 6, esittää kuivausprosessin etenemistä viilussa kun viilu etenee kuivauskoneen sisällä. Lajittelu tapahtuu nykyään automaattisesti kameroilla ja kosteusmittaria hyväksi käyttäen (Lahtinen O. 2009).

Yleensä sydänpuu ja pintapuu kuivataan erikseen, koska niiden kosteusprosentit eroavat havupuulla suuresti toisistaan. Sydänpuu eli ns. s-viilu on yleensä havupuilla, puun rakenteesta johtuen paljon kuivempaa kuin pintapuu eli p-viilu. Tästä syystä s-viilua voidaan kuivata kuivauskoneessa paljon pienemmillä lämpötiloilla ja suuremmilla nopeuksilla kuin p-viilua. Yleensä s-viilua kuivataan noin 175 asteessa ja p-viilua noin 200 asteessa. Jotta viilun käyttö lopputuotteeseen onnistuisi, pitäisi loppukosteuden olla noin alle kuusi prosenttia. Puun kosteus ilmoitetaan puutuoteteollisuudessa puussa olevan veden määränä prosenteissa puun kuiva-aineen painosta (Koponen H., 1990).

Mikäli viilun kosteusprosentti on kuivauksen jälkeen liian korkea tästä seuraa prosessin myöhäisemmässä vaiheessa liimaukseen epäonnistuminen ja tältä kohdin lopputuote menetetään. Lopputuotteen menetys voi pahimmassa tapauksessa johtaa koko valmistuotteen hylkäämiseen siltä osin, kun prosessin laatuksiteerit niin vaativat. Lopputuotteen hylkääminen voi tarkoittaa koko lopullisen valmiin tuotteen murskaamista polttokakkeeksi. Tästä syystä, viilun lopullisen kosteusprosentin ollessa liian korkea, tämä tarkoittaa usein, että liian kosteat viilut kuivataan uudestaan.

Viilun uudelleen kuivaus voi aiheuttaa prosessiin hukatun ajoajan lisäksi rikkoutuneita viiluja, ja saumattavien viilujen määrän kasvua. Tästä syystä myös uudelleen kuivatut viilut olisi syytä kuivata erikseen omassa lämpötilassaan, jotta vältytään yli kuivumiselta (Koponen 1995).



KUVA7. Kuivauskone PCS7 malli

Kuvasta 7 voidaan todeta projektissa piirretyn kuivauskoneen malli. Viilu kulkee koneessa vasemmalta oikealle. Kuvasta voidaan myös todeta Lohjan kuivauskoneen monia kuivauksessa olleita parametreja ajan hetkelle t ja näistä voidaan tarvittaessa tutkia kuivauksen tilaa trendeillä. Oheisesta kuvasta nähdään myös kunnossapito mielessä esim. onko moottori käynnissä (vihreä väri) ja kuvassa ylhäällä olevan poistoilmapuhaltimen taajuusmuuttajan taajuusohje. Liite 1 voidaan nähdä kuivauskoneen kuumaosa ja liitteestä 2 kuivauskoneen pinkkari eli se osa joka pinkkaa valmiit viilut nippuihin kriteerien mukaan.

6.6 Liimaus ja ladonta

Tähän asti prosessi on hyvin samanlaista kuin vanerin tekeminen. Ladonta vaihe on poikkeava tapahtuma vanerin ja Kertopuun valmistuksessa. Kertopuu palkin valmistuksessa viilut ladotaan pitkässä ladontalinjassa limittäin jopa 26m pitkäksi aihioiksi. Alla olevasta kuvasta nähdään sinisellä värillä periaatekuva kertopuu linjasta. Linjan kuvassa oikealla ylhäällä on viilun lähtöpaikka, josta viiluja nostetaan kulloisenkin ladontareseptin mukaan. Ennen niin kutsuttua risteysasemaa, viilut ajetaan mittatarkoiksi ja niihin sahataan viisteet ladosta varten. Risteysaseman jälkeen viilut tarvittaessa liimoi-
tetaan ja tämän jälkeen ne ladotaan. Liimana toimii sama fenoliformaldehydiliima kuin vanerissakin. LVL viilut ovat usein syysuunnaltaan samoin päin kuin vanerissa ne ovat ristikkäin (Raute, 2012).

Osassa Kertopuu tuotteita viiluja kuitenkin lisätään myös ristikkäin tuomaan lujuutta ja muita ominaisuuksia. Ladonnan jälkeen valmis ladon menee vielä kylmäpuristimeen, jotta haluttu aihio pysyy kasassa ennen sen sahaamista määrämittäiseksi. Määrämitta katkaisun jälkeen halutut aihiot menevät moni väliseen puristimeen, jossa tuote puristetaan tarvittavassa lämpötilassa ja paineessa, jotta fenoliformaldehydiliima alkaa reagoi-
da. Aika, lämpötila ja paine määräytyvät Kerto-
tuotteen paksuuden mukaan. Tämän jälkeen aihio annetaan jäähtyä, jonka jälkeen siitä sahataan sahalla tarvittavan pituisia ja levyisiä palkkeja tai levyjä (Raute, 2012).



KUVA8. Kertopuu linjan rakennekuva ja puun rakenne ladonnassa (Raute)

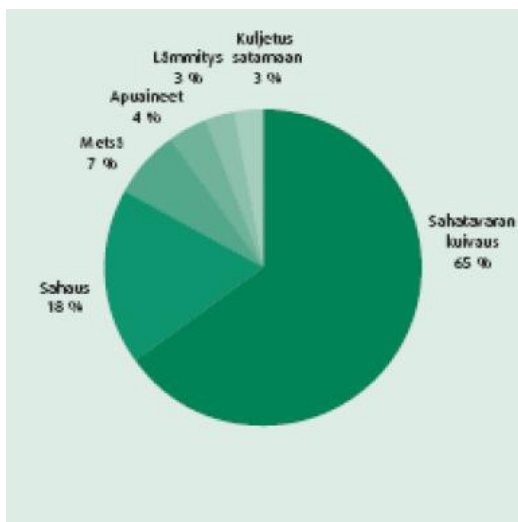
6.7 Muut

7 ENERGIAN KÄYTTÖKOHTEET

7.1 Tehtaan energiajakauma

Tehtaan eri käytintuodot ja asteet vaikuttavat suuresti tehtaan kokonaisenergian kulu-
tukseen. Tällä hetkellä tehtaan toimintamuoto on jatkuvatoiminen ja vuorokausi on jaet-
tu kolmeen kahdeksan tunnin vuoroon viikon jokaisena päivänä. Tämän lisäksi vuoden
ajankohdalla on suuri merkitys kokonaisenergian kulutukseen varsinkin talvikaudella
(Energiansäästötoimet energiatehokkuussopimuksissa, 2012, 11).

Sahatavaran prosessi ei juuri eroa energiakulutuksen jakauman suhteen Lohjan tehtaan
jakaumasta. Kuivauksen osuus valmiin sahatavaran valmistuksessa on 65 %, kuten ku-
viosta 1 voidaan havaita (Heino 2003, 6).



Kuvio 1. Laivauskuivan sahatavaran elinkaaren energiakulutuksen jakauma

7.2 Höyry

Suurin energiansuus menee puun kuivaamiseen höyryllä ja se vie myös eniten sähköä,
koska siinä suurilla aksiaalipuhaltimilla siirretään kuivauskoneen sisällä olevaa lämpöä
lamellilevypattereista puun pintaa kohti. Lamellipattereita lämmitetään Lohjan tapauk-
sessa noin 15bar ja 200 asteisellä primäärihöyryllä, joka tulee uudesta Lohjan biolämpö-
laitoksesta.

Muita tärkeimpiä lämmön käyttökohteita kuivauksen lisäksi ovat tukkihautomo 10-20%, liimaus n.10% sekä rakennustenlämmitys ja muu kulutus. Sähköä käytetään eniten yhdessä kuivauksen kanssa sorvauksessa n. 50 %, muut työvaiheet kuten haketus ja kuorinta n. 20% ja liimaus ja viimeistely 20%. (Juvonen R. 1985, 174).

7.3 Sähkö

Kertopuutehtaan sähkönkulutus on n. 20 GWh/a (Ympäristölupapäätös 2008, 9). Tätä voitaisiin verrata nykyiseen kulutukseen. Tosin koneet ovat välillä uusiutuneet ja osa jopa poistettu käytöstä ja mikä on ollut koneiden kapasiteetti vuonna 2008 ja verrata sitä lukua vuoteen 2009-2016.

7.4 Vesi

Lohjan kertotehdas on käyttänyt talousvettä, sekä prosessivettä liimanvalmistukseen yhteensä n. 14 000 m³/v ja se otettu Lohjan kaupungin vesijohtoverkosta (Ympäristölupapäätös 2008, 9). Tämä tarkoittaa 1,28 €/m³ alv vuodessa 17 920€kulua. Huomioitavaa on, että vesijohtoverkosta otetusta vedestä menee myös jätevesimaksu 1,99 €/m³, jonka kulut ovat vuodessa noin 27 860 €/v. Yhteen lasketut kulut ovat siis vuodessa noin 45 780€/v. Tästä summasta puuttuvat vielä vesilaitoksen perimät mittari maksut ja perusmaksut (Lohja vesi- ja viemärlaitoksen taksa, 2015, 2). Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että todelliset kulut ovat 3,5 € 1000m³.

Kohonnut vedenkulutus on hyvin paljon riippuvainen verkoston painetasosta ja isoissa tehdasjärjestelmissä jo pienikin vuotava hana saattaa aiheuttaa esim. lämmitysjärjestelmissä suuria energian kulutuksia, koska vaihtuva hapellinen vesi aiheuttaa putkistojen korroosioaurioiden kasvua, jolloin se aiheuttaa niiden käyttöiän lyhenemistä ja suuria investointeja. (Vedensäästöopas Oras)

8 ENERGIANMITTAUS

8.1 Tarve ja tavoite

Energiatehokkuudella tarkoitetaan tuotteen valmistamista entistä pienemmällä energiamäärällä. Toisaalta energiatehokkuuden lisääminen vaatii prosessien suunnittelua, ajallista resurssia sekä osaamista ja joskus rahallistakin investointia. Toisin sanoen energian mittaaminen voi tuoda erittäin suuria säästöjä (Energiamittausjärjestelmän hankintaopas ammattikeittiöille). Säästöt voivat vaikuttaa paljon yhtiön tulokseen ja sitä kautta tuleviin investointeihin. Mitä tarkemmin tulevat investoinnit on perusteltu ja laskettu sitä helpompi niitä toteutetaan eri yrityksissä. Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että metsäalalla alle kahden vuoden takaisin maksuajalla olevat investoinnit menevät usein läpi hyvillä perusteluilla ja osaan investointeihin voi mennä jopa vuosia (Energian kuluttajien aseman vahvistaminen 2015, 3).

Kuten taulukko1 esittää vuoden 2014 toteutettujen energiatehokkuustoimenpiteiden ja niiden säästöjen jakautumista takaisinmaksuajan mukaan. Yhteensä vuonna 2014 tehtyjä energiainvestointeja on tehty puutuoteteollisuuden toimenpideohjelman Motivan 18 sopimusyrityksissä noin 1,4 miljoonan euron edestä ja 34 kappaletta (Energiatehokkuussopimukset, puutuoteteollisuuden toimenpideohjelman vuosiraportti 2014).

Takaisinmaksuaika	Toimenpit. lkm	Sähkön säästö	Osuus säästetystä sähköstä	Lämmön+pa säästö	Osuus säästetystä lämmöstä+pa
		GWh/a	%	GWh/a	%
TMA = 0	9	0,4	14 %	5,4	19 %
0 vuotta < TMA < 1 vuotta	4	0,5	17 %	3,8	13 %
1 vuotta ≤ TMA < 3 vuotta	10	0,4	16 %	9,0	32 %
3 vuotta ≤ TMA < 6 vuotta	4	0,9	32 %	0,8	3 %
TMA ≥ 6	7	0,6	21 %	9,3	33 %

TAULUKKO1. 2014 toimenpiteiden jakautuminen takaisinmaksuaikojen suhteen (Puutuoteteollisuuden toimenpideohjelman vuosiraportti 2014, www.motiva.fi)

8.2 Energiatehokkuus

Energiatehokkuus tarkoittaa energian käytön vähentämisen lisäksi myös käytön tehostamista. Energiankulutuksen vähentäminen on yksi Euroopan unionin päätavoitteista ja sen tavoitteena on ollut vuodesta 2007 lähtien leikata unionin vuosittaista energiankulu-

tusta 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä. (Euroopan parlamentti, energiatehokkuus) Energian käytön tehostamisessa keskeisiä osa-alueita ovat prosessien suunnittelu sekä koneiden ja laitteiden oikeaoppinen käyttö ja niiden monipuolisten ominaisuuksien hyödyntäminen. Vuoden 2015 alussa voimaan astunut energiatehokkuuslaki velvoittaa suuren yrityksen tekemään energiakatselmuksen neljän vuoden välein. Suureksi yritykseksi katsotaan toimialasta riippumatta kaikki yritykset, joiden palveluksessa on yli 250 henkilöä tai jonka vuosiliikevaihto on yli 50 miljoonaa euroa ja taseen loppusumma on yli 43 miljoonaa euroa (Energiatehokkuuslaki 1429/2014). Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) voi hankekohtaisesti myöntää yrityksille, kunnille ja muille yhteisöille energiatukea sellaisiin ilmasto – ja ympäristömyönteisiin investointi – ja selvityshankkeisiin, jotka edistävät

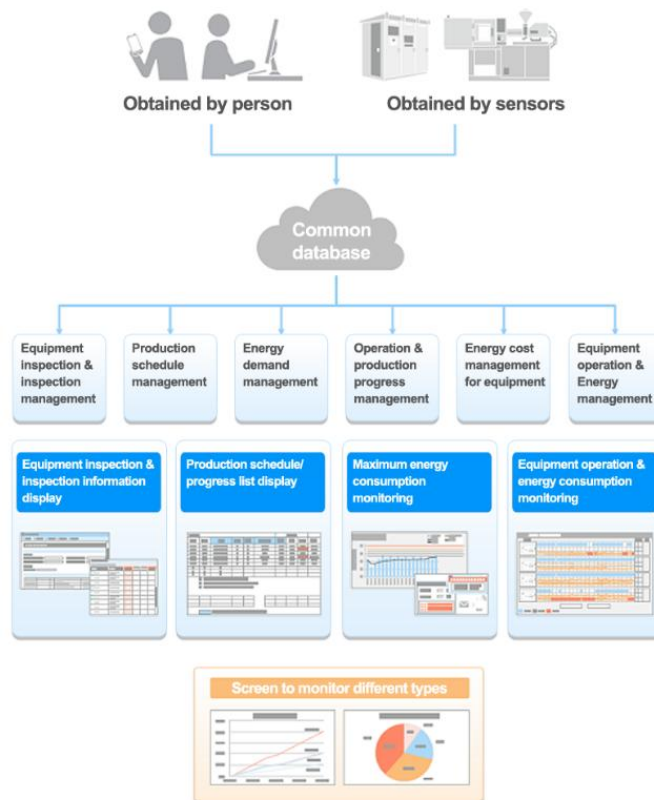
- 1) uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä
- 2) energiansäästöä tai energiantuotannon tai käytön tehostamista
- 3) vähentävät energian tuotannon tai käytön ympäristöhaittoja

Näillä energiatuella pyritään ensisijaisesti edistämään uusien tekniikoiden käyttöönottoa ja tuen määrä määräytyy haettavan energiahankkeen mukaan (<http://www.tem.fi/energia/energiatuki>). Jotkin yritykset kuten Motiva ja Siemens ovat erikoistuneet energiakatselmuksiin, mutta usein tämän laskelman tekee ulkopuolinen konsultti, joka tarvitsee silti avukseen paikallisen prosessin tuntemuksen (www.motiva.fi).

8.3 Energiamittausjärjestelmät

Erilaisia tehtaan energiamittausjärjestelmiä eli FEMS järjestelmiä on markkinoilla useita, mutta jokainen järjestelmä on erilainen ja suunniteltu tiettyyn tarkoitukseen alun perin ja niissä on tiettyjä rajoituksia esim. ohjelmointien ja toteutuksien suhteen (FEMS, 2012, 1). Osaan järjestelmistä pystytään itse tekemään hyvin rajallisesti muutoksia tai sitten muutoksien tekeminen maksaa huomattavasti ajan kuluessa. Teollisuuden näkökulmasta tärkeimpiä EMS valmistajia ovat yleensä perinteisesti olleet myös logiikoiden tai näyttöjärjestelmien valmistajia kuten Mitsubishi Electric, Toshiba, Omron, Siemens ja Hitachi. Nämä järjestelmät on tehty alun perin voimalinjojen ja kytkinkenttien valvontaa, ohjaukseen ja optimointiin (EMS, wikipedia) Sitten on myös olemassa pienempiä järjestelmiä esim. pienten tai yksittäisten kohteiden mittaamiseen. Hyvän järjestelmän tärkein ominaisuus on visualisoida mitattavat kohteet käyttäjien tarpeisiin. Visuali-

sointi ja sen hallinnointi järjestelmää kutsutaan nimellä SCADA, johon voidaan saada optiona eri lisäominaisuuksia (Operator training simulator, s.1493).



KUVA1. NEC periaatekaavio FEMS järjestelmän visualisoinnista (www.nec-solutioninnovators.co.jp)

8.4 Energiannmittausjärjestelmän vaatimukset

Mittausjärjestelmän perusvaatimukset olivat tehtaan suurimpien energian tarpeiden tunnistaminen kokonais- ja osakulutuksen kautta kuten esim. puhtaan veden, prosessiveden, höyryn-, sähkönmäärän ja laadunmittaaminen, jäteveden ja paineilman määrämittaukset. Myös mahdollisten muiden mittauksien lisääminen jälkikäteen pitäisi olla mahdollista. Energianjärjestelmän kriteeri vaatimuksien pohjana käytettiin Motivan verkkosivuilta löytyvää valmista prosessiteollisuuden energia-analyysia (www.motiva.fi) ja tämän avulla tehtiin seuraava lista mitattavista asioista:

1. Järviveden mittaus
2. Puhtaan vedenmittaus
3. Jäteveden mittaus
4. Höyryn lämpötila, paine ja määrämittaus
5. Lauhteen lämpötila, paine ja määrämittaus
6. Laitteiden energiakulutus, laatu

7. Verkoston meno ja paluulämpötilat
8. Paineilman määrittäminen
9. muut valitut kohteet

Nämä edellä mainitut kohteet sopisivat hyvin myös Metsä Group kestävän kehityksen teemaan, jonka tavoitteena on energian vähentäminen tuotannossa (Kestävän kehityksen raportti 2015).

8.5 Energiämittausjärjestelmän tavoitteet

Energiämittausjärjestelmän tavoitteiksi määriteltiin:

Käyttövarmuuden parantaminen
 Tehokkuuden kasvattaminen
 Kunnossapitokulujen vähentäminen
 Kunnossapidettävyyden kasvattaminen
 Tuotannon suunnittelemisen avustaminen
 Huippu energian vähentäminen
 OFF / ON - line monitorointi
 Prosessin vaikutusten kuvaaminen käyttäjille
 Seisokki jaksojen ja taajuuksien tallentaminen
 Lyhyiden pysähdys jaksojen tallentaminen
 Energian kulutuksen seuranta ja laskenta
 Tulevien investointien laskenta

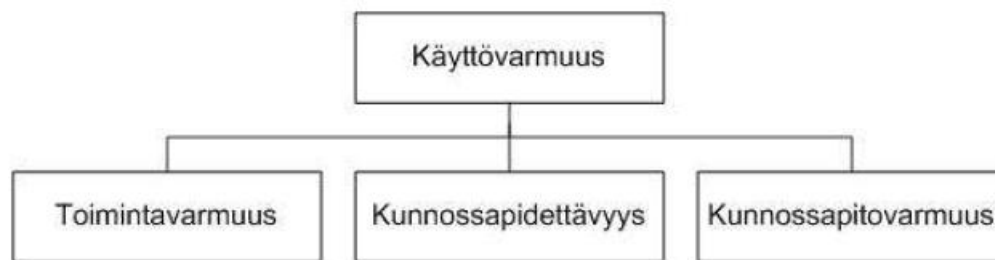
Määritelmät ovat hyvin pitkälle samoja, joita on tullut ilmi Ruotsissa tehdyssä kyselytutkimuksessa teollisuuden parissa (Cost Effective Maintenance for Competitive Advantages 2004, 36-37).

8.6 Käyttövarmuuden parantaminen

Tehtaan energiämittausjärjestelmää perustamista mietittäessä tavoitteena oli, että varsinainen koneiden omiin ohjausjärjestelmiin tehtäisiin varsin vähän ohjelmamuutoksia. Tällä voitaisiin välttää se, että tulevilla muutoksilla olisi mahdollisimman vähän haittaa

tuotannolle, koska mitä tahansa järjestelmää tehtäessä, joudutaan laitteisiin aina tekemään joitain pieniä ohjelmointi muutoksia. Muutoksien näkyminen tuotannossa voi kestää jopa vuosia ja tämä voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa pidemmän kone seisakin, sillä kaikki ohjelmointivirheet eivät välttämättä tule näkyviin testauksessa tai käyttäjälle, koska ne voivat kumoutua jonkin toisen toimenpiteen seurauksesta (Haikala, I, 2002).

Ehkäisevän kunnossapidon toimet on suunniteltava todella tarkasti, koska sen kustannukset ovat merkittävästi pienemmät kuin suunnittelemattoman toiminnan. (Järviö ym. 2007, 77-79). Teollisuudessa koneen tai laitteen äkillinen pysähtyminen on todella kallista, joten niiden käyttövarmuus ei saa laskea vaan niitä tulee jatkuvasti tietoisesti pyrkiä parantamaan. Korjaavan kunnossapitotyön tehokkuudeksi on laskettu noin 35%, tämä tarkoittaa sitä, että todellista korjaustyötä tehdään kahdeksan tunnin työpäivästä vain 2 tuntia ja 48 minuuttia. Käyttövarmuudella tarkoitetaan kohteen eli laitteen tai koneen kykyä olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa ja tietyllä ajan hetkellä tai tietyn ajanjakson aikana olettaen, että prosessissa vaadittavia ulkoisia resursseja on saatavilla (Järviö, J 2006).

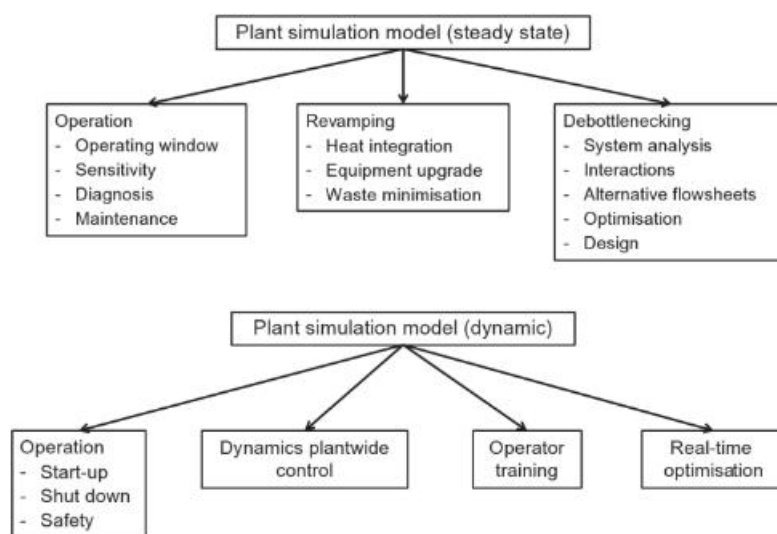


KUVA2. Käyttövarmuus ja sen osa-alueet (Järviö 2006)

Käyttövarmuus voidaan ymmärtää toimintavarmuuden, kunnossapitovarmuuden ja kunnossapidettävyyden osa-alueiden kokonaisuutena kuten kuvassa 2 on esitetty. Yleensä käyttövarmuudesta puhutaan kirjallisuudessa mallina, jossa käytettävyyden on tuotannon nopeus suhteessa kapasiteetin mahdollistamaan nopeuteen ja laadullinen määrä kerrotaan keskenään. Laadullisesta määrästä vähennetään hylkyjen määrä. Näin on määritelty tuotannon kokonaistehokkuus. Puutavaran ja tuotteiden valmistuksessa kokonaistehokkuus on ollut keskimäärin 72 % ja käytettyys 89 % (Komonen 2002). Mekaanisen puunjalostuksen varsin alhainen kokonaisuustehokkuuden prosentti, selittyy osin raaka-aineen erilaisesta käyttäytymisestä prosessissa, jos sitä verrataan massa – ja paperiteollisuuden lukuun 78,3 % (Komonen 2002).

8.7 Toimintavarmuuden parantaminen

Toinen tärkeä kriteeri jatkuvatoimisessa tuotannossa olevalle järjestelmälle oli, että sitä voitaisiin myös kehittää jatkossakin ilman turhia koneseisokkeja ja niin, että siitä olisi mahdollisimman paljon hyötyä kunnossapidolle ja se mahdollistaisi myös kunnossapidon muut lajit kuten CM (Cost Effective Maintenance for Competitive Advantages 2004, 25). Vaan, että järjestelmää tulisi voida testata ilman vaikutuksia tuotantoon ja ilman, että se vaikuttaisi koneiden liikkuviin osiin, joka on usein mahdotonta tuotantoaikana (PSK 6201).



KUVA3. Tehtaan simulointi malli

Tehtaan simulointi malli mahdollistaa vaikeiden prosessien ymmärtämisen osaluottain kuten kuva3 esittää (Integrated Design and Simulation of Chemical Processes, 2014, 40). Järjestelmässä tulisi siten olla myös simulointi mahdollisuus eli DTS ja petrokemian prosessiteollisuudesta tuttu PSM, jossa simulointia käytetään vähentämään energiaa ja materiaalia, ylös - ja alasajojen apuna, parantamaan prosessia ja havainnoimaan pullonkauloja ennen kaikkea suunnittelun apuna. Simulointi mahdollistaa tiettyjen prosessien simuloinnin ja testauksen ilman, että muutoksia tarvitsisi fyysisesti testata tuotannossa ja se mahdollistaisi prosessin optimoinnin ilman hävikkiä. Simulointi mahdollistaa myös operaattori koulutuksen myöhäisemmässä vaiheessa kun operaattoreiden tekemien muutoksien näyttäminen olisi mahdollista (Integrated Design and Simulation of Chemical Processes, 2014, 35).

8.8 Muita vaatimuksia

Mittausjärjestelmässä tulisi olla mahdollisimman paljon jo valmiita ohjelmia tai ohjelmointikirjastoja, joihin pystyisi mahdollisimman monipuolisesti tekemään itse tarvittavia muutoksia ja ohjelmoinnin pitäisi olla mahdollisimman standardoitua (Karl-Heinz J, MT 2010). Standardoidulla ohjelmoinnilla haettiin tässä tapauksessa sitä, että muidenkin olisi pystyttävä tulkitsemaan ohjelmaa mahdollisimman hyvin pitkän ajan kuluttua ja vähentämään ohjelmointi virheiden määrää.

Standardoidun ohjelmoinnin lisäksi järjestelmässä tulisi olla mahdollisimman laaja valmis trendi-, komponentti- ja ohjelmointikirjasto ja mahdollisuus saada siirrettyä valmista mitattua dataa eri ohjelma muotoihin esim. Exceliin myöhempää analysointia varten. Valmiit ohjelmointikirjastot vähentäisivät myös huomattavasti ohjelmointikustannuksia kun kaikkea ei tarvitse alusta asti ohjelmoida vaan kun voidaan käyttää jo valmiiksi ohjelmoituja ja testattuja ohjelmointikomponentteja tai -kirjastoja. (Case Studies in Control: Putting Theory to Work, 2013, 404). Järjestelmään vaatimuksia mietittäessä yhdeksi vaatimukseksi muodostui, että siihen tulisi olla mahdollista myöhemmin lisätä huoltojen raportointityökalu.

8.9 Energianmittausjärjestelmän valinta

Yksi tärkein valinta kriteeri oli se, että tehtaalla jo olemassa olevia varaosia tai ennestään käytössä olevia samoja komponentteja tulisi käyttää mahdollisimman paljon ja järjestelmä tulisi pystyä liittämään myös toisiin logiikoihin mahdollisimman monipuolisesti ja mieluummin väylän avulla. Tämän takia työaikana suoritettiin tehtaalla ensin vertailu logiikoiden varaosien ja jo olemassa olevien käytettyjen komponenttien välillä. Koko tehtaan osakannan perusteella ja tulevan biolaitoksen osien kannalta, energianmittausjärjestelmässä päädyttiin Siemens PCS7-järjestelmään.

Tämä tukisi hyvin myös Lohjan biolämpölaitoksen tulevaa vian etsintää tai pienien muutoksien tekoa kun järjestelmät olisivat samanlaisia. Komponenttien vähyydellä pyrittiin estämään tulevien kunnossapitokulujen nouseminen ja varaosakannan kasvu (Maintenance and spare parts management 2013, 60). Mittausjärjestelmän tuli olla erillinen järjestelmä, koska järjestelmän haluttiin olevan mahdollisimman itsenäinen ja riippumaton muista järjestelmistä, jotta mahdollisissa vikatilanteista toipuminen aiheut-

taisi mahdollisimman vähäisiä ongelmia kriittiselle tuotannolle. Toinen tehtaan suurin päävalmistaja logiikka komponenteissa oli Omron, mutta heillä vastaavaa järjestelmää ei ollut saatavilla vaan järjestelmä on ennemminkin näyttö perusteinen ja valmiita ohjelmointikirjasto komponentteja ei ollut saatavilla.

9 SIEMENS JA PCS7

9.1 PCS7 yleistä

PCS7 järjestelmä on Siemensin valmistama järjestelmä, joka yleensä luetaan korkeamman tason automaatiojärjestelmäksi eli DCS-järjestelmäksi. PCS7 jakaantuu kolmeen eritasoon: field layer, control layer and operation layer, mitkä ovat yhteydessä toisiinsa Profibus-väylän tai Ethernetin välityksellä. Tässä tapauksessa Metsä Wood energianmittarointijärjestelmä päätettiin toteuttaa PCS- järjestelmällä, koska siihen käytettiin tehtaan omasta varastosta jo löytyneitä varaosia.



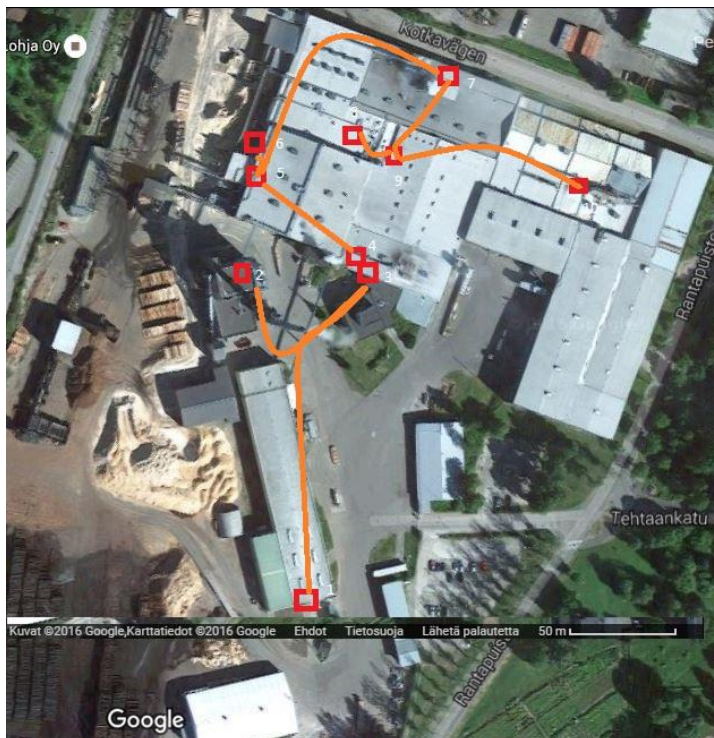
KUVA Kuvassa oikealla nähdään päälogiikkakortit ja vasemmalla yleiskuva kaapista.

PCS7 pääjärjestelmän logiikan jännitelähteeksi valittiin Siemensin luettelosta 10A PS 407 -jännitelähdekortti, 407-0KA00-0AA0, jota oli siis jo käytössä tehtaan muissa järjestelmissäkin. Logiikan CPU:ksi valittiin sama CPU kuin Lohjan biolämpölaitoksella, joten CPU kävisi jatkossa myös varaosaksi sinne, CPU tyyppi 416 -5HS06-0AB0. CPU:n tyyppin määrittely varmistettiin vielä lopuksi Siemensin teknisen tukihenkilön Petri Ukkosen avustuksella, jotta CPU:n muistivaatimukset riittäisivät reilusti myös järjestelmän nykyiset ja tulevaisuuden laajentumisvaatimukset huomioon ottaen.

CPU:n valinnassa vaikuttivat myös, että kortti sisälsi jo valmiina 2 kpl profibus väyläliitintä ja 2 kpl ethernet-liitintä, joten näille ei vaadittu omia lisäkortteja. Toiseen profibus

-liittimeen kytkettiin tehtaan kuiturengasverkko ja toiseen päämuuntamolta tuleva profibusväylä, jossa oli Siemensin valmistamia verkkoanalysaattoreita Sentron PAC3200, jolla suoritettiin tehtaan sähkömittauksia ja laadunmittauksia.

Sähköanalysaattoreita oli asennettu jo valmiiksi muuntamolle osaan lähdoistä, koska verkkoanalysaattori ei ollut hinnaltaan kovin kallis, noin 250 euroa, ja suurimmassa osassa muuntamon lähdoissä oli jo valmiina virtamuuntajat, joita tarvittiin analysaattorin virtamittauksiin. Analysaattorin asennuksiin oli päädytty, koska haluttiin luotettavampaa kwh- mittaustulosta pidemmältä ajan jaksolta ja osittain.



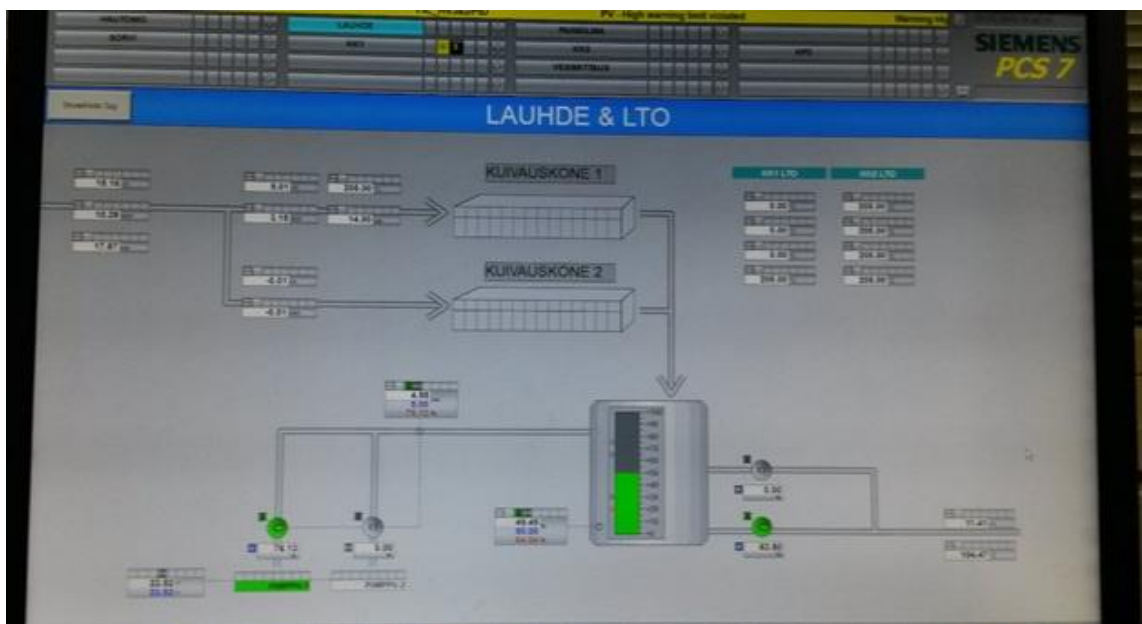
PCS7 järjestelmän fyysinen kuiturakenne, pääasemat ja ala-asemat

Kuvasta voidaan nähdä Lohjan tehtaan PCS7 järjestelmän pääkuiturakenne, pääasemat ja niiden ala-asemat. 1. Järvivesipumppaus alakeskus, 2. Lohjan Biolämpölaite, 3. PCS7 operointiaseman AS, 4. Kuivauskone 2 alakeskus, 5. PCS7 päälogiikka keskus, 6. Päämuuntamo alakeskus, 7. Kuivauskone 1 alakeskus, 8. Höyrynjakohuoneen ja lauhdemittauksen alakeskus, 9. Kompressorihuoneen alakeskus ja 10. Vedenjäähdytysjärjestelmä alakeskus.

9.2 Höyrynjakohuoneen ja lauhdemittauksen alakeskus

Tässä osassa kerrotaan Lohjan tehtaan höyrynjakohuoneen ja lauhdemittauksen alakeskuksen rakentamisesta ja järjestelmän taustoista. Puuttuvat osat tilattiin lauhdejärjestelmän uusinnan yhteydessä, jossa vanha Honeywell XL25 säädin poistettiin käytöstä. Pääsyynä tähän uusintaan oli, ettei kukaan enää tiennyt, miten järjestelmän olisi kuulunut toimia ja sen hallinnointi oli siis käytännössä mahdotonta. Samalla vanhat vakio-ohjeella toimineet taajuusmuuttajat purettiin ja ne vaihdettiin uusiin ABB:n valmistamiin ACS-550 taajuusmuuttajasarjoihin, jotka kytkettiin omalla etäyhteyspisteellä osaksi PCS7 järjestelmää profibus-väylän avulla. Uudet taajuusmuuttajat laitettiin vakiotaaajuusohjeen sijaan seuraamaan Lohjan biolaitokselle saapuvaa lauhteen määrää biolaitoksen oman määrämittauksen perusteella. Tämä toteutettiin niin, että tehtaan omasta sisäverkosta tehtiin biolaitoksen verkkoon linkki ja biolaitoksen omaan PCS7 järjestelmään vastaava ohjelma, joka lähetti tietoa tehtaan omaan PCS7 järjestelmään. Taajuusmuuttajassa otettiin käyttöön vakiotaaajuusparametrit niille tilanteille, joissa yhteys biolaitoksen ja tehtaan välillä tai PCS7 ja taajuusmuuttajien välillä menisi mahdollisesti poikki. Taajuusmuuttajien vaihto ja kytkentä järjestelmään toteutettiin osana lauhdejärjestelmän pumppujen uusintaa.

Tehtaan PCS7 järjestelmään määriteltiin omat pääsivut tutkittaville kohteille, jossa ajateltiin suurimmat potentiaalit löytyvän energiasäästö- tai kunnossapitomielessä. Nämä pääsivut näkyvät kuvassa 3: hautomo, lauhde, kuivauskone1, kuivauskone 2, vesimittaus, kp3 ja paineilma.



Lauhdesivua klikkaamalla aukeaa oma alasivu, jossa näkyy fyysisesti lauhdepumput ja lauhdesäiliö sekä niiden oloarvot. Kuvasta huomataan, että kun järjestelmästä valittu moottorikuvake on värjäytynyt vihreällä värillä, taajuusmuuttaja-moottori -yhdistelmä on käynnissä kuvan osoittamalla prosenttilukemalla.

Kun määritellyt kuvakkeet ovat harmaita ja prosenttilukema nollassa, kyseiset yhdistelmät ovat seis-tilassa. Punainen väri tarkoittaa, että yhdistelmässä on virhe tai jumitilassa. Jumitila voi aiheutua esim. etukojeen laukeamisesta, moottorin palamisesta tai oikosulusta. Sivulle määriteltiin lauhdesäiliölle ylä- ja alarajat, hälytysrajat sekä haluttu tasopinta, mitä lauhdepumput pyrkivät pitämään.

Kuvassa alhaalla olevat MCC- piirit ennen lauhdesäiliötä ovat järvivesipumput, jotka pumppaavat vettä prosessin käyttöön. Sivuston yläosassa nähdään Lohjan biolämpölaitokselta lähtevän höyryn putkisto, jossa näkyy lukuarvona lämpötila, paine ja virtaus. Tämän jälkeen tuleva putkisto jaettiin yksinkertaisuuden vuoksi kahdelle kuivauskoneelle, joista nähdään koneelle menevän höyryn lämpötila, paine, virtaus ja säätöventtiilin tai venttiileiden aukeamat. Lauhdesäiliöön määriteltiin myös trendisivusto, joka pitää yllä noin 6 kuukautta haluttuja trendejä. Myös lauhdepumpuille määriteltiin vastaavanlainen trendisivusto, josta kävi ilmi virta, kierrosluku, taajuus, pumpun oloarvo, taajuusmuuttajan lämpötila ja jaksottelu.

Tämän työn aikana huomattiin myös, että lauhdepumput, jotka oli mitoitettu huomattavasti kauempana uutta biolämpölaitosta sijaitsevan vanhan Pitkäniemen lämpölaitoksen perusteella, olivat liian suuria tuotoltaan. Lauhdepumppujen liian suuri tuotto huomattiin uuden biolaitoksen käyttöönottovaiheessa siitä, että palautuspumpuille ei saatu käytännössä riittävän pientä taajuutta. Niiden käyntijaksoja tutkimalla jo rakennetusta PCS7- järjestelmästä sen todettiin olevan liian jaksottaista. Liian suuri tuotto aiheutti lauhdesäiliön liian nopean tyhjenemisen ja pumppujen pysähtymisen säiliön alarajan vuoksi ja taas pumppujen käynnistymisen, kun lauhdetta tuli lauhdesäiliöön.

Vanhojen pumppujen tuottoista oli myös hieman epäselvyyksiä, koska siipipyöriä oli ajan saatossa vaihdettu ja niistä ei ollut mitään merkintää. Pumppujen tuotto todettiin ultraäänimittauksella. Mittauksen toteutti Labkotec -niminen yritys, mikä on perehtynyt erilaisiin virtausmittauksiin esim. lauhteella. Lauhdepumput päätettiin uusia ajan tasal-

le: vanhat radiaalipumput vaihdettiin KOJA:n aksaalipumppuihin, joihin kytkettiin 5 kW:n moottori vanhan 15 kW:n moottoreiden sijasta.

ABB-moottorikäsi kirja määrittelee, että vakio valurautamoottorille, joka toimii taajuusmuuttajaohjattuna, olisi syytä pitää noin 20-70 Hz taajuusohjetta jatkuvassa käytössä. Liian pieni taajuus saattaa aiheuttaa moottorin palamisen pidemmässä käytössä, kun moottori ei saa riittävästi jäähdytystä moottorin tuuletussiiveltä alhaisen kierrosnopeuden vuoksi. Tämä korostuu varsinkin moottorin ympäristön lämpötilan noustessa tai ollessa jatkuvasti yli 65 astetta. Jatkuva liian suuri taajuusohje taas saattaa toisaalta vaurioittaa moottorin laakereita.

Näistä syistä johtui, että lauhdepumppuja ja niiden moottoreita jouduttiin korjaamaan useasti eikä lauhdesäiliön pintaa pystytty käytännössä säätämään kunnolla. Edellä mainituista syistä johtui, että uudelle biolaitoksella lauhde palautui käytännössä liian nopeasti. Tämä aiheutti sen, että uuden biolaitoksen oma lauhdesäiliö täyttyi liian täyteen ja ylimääräinen lauhde meni biolaitoksen lauhteen paluusäiliön varoventtiilin kautta viemäriin. Taas kun lauhteen pinta vajosi biolaitoksella, tämä viemäriin poistunut lauhde piti korvata uudella prosessivedellä. Vesihävikkiin vaikutti myös putkimatkojen pituus. Prosessin muutosten vaihtelevuuksien vuoksi järjestelmä ei ollut stabiili vaan aiheutti suljetussa prosessissa ns. pumppausilmiön (lähde Motiva lämmitysjärjestelmän säätö).

Pumppausilmiö on erittäin vaarallinen ilmiö, koska suljetussa järjestelmässä uusiutuvan veden tarve kasvaa ja kun uutta käsiteltyä vettä tuodaan lisää järjestelmään tuo se aina samalla happea suljettuun järjestelmään, mikä kuluttaa prosessiputkistoa ja sen komponentteja ennen aikaisesti. Ja tämä saattaa johtaa yllättävänkin nopeasti putkiston tai koko järjestelmän uusimiseen ennen kuin suojaavaa kalvoa pystyy putkistoon muodostumaan.

9.3 Lauhde- ja höyryjärjestelmän rakenne

Tuotantoprosesseissa käytettävän höyryn kulutus n. 70 GWh/a. Prosessihöyryn suurimmat käyttökohteet ovat 2 kappaletta viilunkuivauskoneita, haudonta ja kolme kappaletta valmiin tuotteen kuumapuristimia. Tällöin Lohjan kertopuutehtaan tarvitsema prosessihöyry on ostettu vanhalta toimittajalta Fortum Power and Heat Oy:n Lohjan lämpölaitokselta (Ympäristölupa, 2008, 9).

Tässä luvussa kerrotaan, miten höyry ja lauhdejärjestelmä on rakennettu Lohjan tehtaalla. Tehtaaseen tulee höyryä 20 bar paineella, noin 200 asteisena höyrynpääjakotukkiin, josta se jaetaan eri käyttökohteisiinsa tarpeen mukaan. Lohjan tehtaalla on käytössä kaksi kappaletta kuivauskoneita, jotka ovat höyryn suurimmat kuluttajat ja näin ollen ne myös tuottavat eniten lauhdetta. Tässä työssä tehtiin myös fyysinen selvitys ja merkkkaus höyry- ja lämmitysputkistoihin edellä mainittujen dokumentointien ja merkkausten puutteiden vuoksi.

Kuivauskoneiden pattereiden jälkeen molemmilta kuivauskoneilta lauhde palaa numero 51 välisäiliön kautta lauhdejärjestelmän paluusäiliöön, jonka jälkeen noin 140- 170 asteinen paluulauhde pumpataan takaisin voimalaitokselle. Lauhdejärjestelmän uusinnan ja fyysisten lämpötilamittausten ja putkistoselvitysten perusteella lauhdejärjestelmän paluu putkistosta huomattiin. Hautomon menoveden lämmityksen kiertovaihtimen putkenpää oli otettu väärästä putkistosta. Putkenpää oli kytkettynä kiinteistönlämmitysputkistoon eikä lauhteen paluulinjaan.

Edellä mainitun seurauksena hautomon vesi ei itse asiassa lämminnyt lämmönvaihtimella vaan jäähdytti sitä ja hautomon lämmitykseen ajettiin lisäksi suoraan sekundaarihöyryä, jotta vesi pysyisi noin 70 asteisena. Lisäksi kiinteistöjen lämmitysjärjestelmän vesi oli liian kuumaa lämmitysjärjestelmien kuten ilmastointien ja patteriverkostojen toimilaitteille. Tämä oli aiheuttanut jo useampana vuotena ongelmia lämmityskaudella, kun säätöventtiilien muoviosia ei ollut mitoitettu yli sadankahdenkymmenen asteen lämpötiloihin - muoviosat hapertuivat ennen aikaisesti ja aiheuttivat venttiilien vikatilanteita.

Lämmitysjärjestelmän liian lämmin vesi aiheutti myös, että eri järjestelmiä oli erittäin vaikeata säätää, koska venttiilin vaste oli liian suuri. Hautomon lämmönvaihtimen kytkentä väärään paikkaan oli ilmeisesti tehty vaihtimen uusinnan mukana vuonna 2005. Kytkentävirhe oli inhimillinen, koska vanhoja putkistoja ei ollut mitenkään merkattu ja ne menivät osittain kahden eri osaston seinän takana ja eri kerroksissa.

Tämän työn aikana hautomon lämmönvaihtimen menovesi otettiin lauhteen paluuputkistosta lauhdesäiliön ja pumppujen jälkeen ja kytkettiin uudestaan lauhteen paluuseen niin, että pumput pystyivät painamaan lauhteen uudelle voimalaitokselle. Tällä kytken-

tämuutoksella oli parhaimmillaan 20 lämpötila-asteen vaikutus lauhteenpaluun lämpötilaan uudelle voimalaitokselle. Tehtaan kokonaisuusenergia kulutusta ajatellen parempaan hyötysuhteeseen kuitenkin päästäisiin, jos hautomon lisälämmön vaihtimen tuloveden putkiyhde otettaisiin ennen päälauhdesäiliötä. Tällöin päälauhdesäiliönkin lämpötila tippuisi saman 20 lämpötila-asteen verran, koska säiliötä voidaan tässä tapauksessa ajatella vain putkiston laajentumana.

Edellä kerrotun seurauksena päälauhdesäiliön lisävesijäähdytys voitaisiin sulkea tarpeen tullen, koska lauhdesäiliön paine vastaavasti pienenesi. Tällä hetkellä lauhdesäiliötä jäähdytetään läpivirtaavalla järvivedellä, joka on 7,5 l/s. Se ohjataan hautomon ylävesisäiliöön, josta se pumpataan pumpuilla kuivauskoneiden LTO:n ottamaan poisto-kaasuista energiaa talteen. Tämän jälkeen vettä vielä lämmitetään lisäksi sekundaari- tai primäärihöyryllä halutun lämpötilan tarpeen mukaan.

Tämän jälkeen lauhdesäiliön lisävesijäähdytys otettiin pois käytöstä, mutta se jouduttiin palauttamaan, koska lauhdesäiliön liian korkean lämpötilan vuoksi myös säiliön kokonaispaine oli liian suuri, joten lauhdesäiliön paineensäätöpiiri ajoi ylijäämäpaineen katolle. Liiallinen paineen purkaus katolle aiheutti tehdasympäristössä ajoittain liian kovan metelin - varsinkin yöaikaan, mistä tuli tehtaalle valituksia kaupunkiympäristöstä johtuen.

Jos säiliön painetta ei saatu poistettua ja säädettyä katolle tai lämpötilaa saatu muilla keinoin laskemaan alaspäin säiliössä, liiallinen ylipaine ajoi lauhteen painovoimaisesti biolaitokselle, vaikka lauhteenpalautuspumput olivat seis-tilassa. Lisävedenjäähdytystä ei voitu vain sulkea vaan lämmönvaihdin piti ohittaa sulkemalla lämmönvaihtimen kiertohanat ja päästämällä vesi pois venttiilien välistä, koska seisova vesi olisi saattanut kiehuessaan aiheuttaa paineiskuja putkistoon ja sitä kautta putkistorikkoja. Toisaalta välillä vettä tarvittiin lisää paikkaamaan hautomon vesihävikkiä, joten putkistoa ei voitu kokonaan vaan sulkea. Hävikki muodostui pääosin vuodoista, jotka pumpattiin jätevesilaitokselle. Tästä syystä lauhdesäiliön lisävesijäähdytys päätettiin palauttaa, vaikka energiaa kului järviveden pumppaamiseen ja järviveden lämmittämiseen sekä ylimääräisen hautomon veden pumppaamiseen jätevesilaitokselle. Ohessa laskelma lauhteen lisävedenjäähdytyksen energiakulutukselle vuorokaudessa (LIITE 1).

Vieläkin parempaan lopputulokseen päästäisiin, jos tehtaan lämmitysjärjestelmän lämmityksen menoputki otettaisiin näiden muutoksien jälkeen hautomon paluuputkesta, jolloin lauhdesäiliön lämpötila alenisi lämmityskaudella vielä. Nyt tehtaan lämmitysjärjestelmän vesi on otettu noin 145-155 asteisesta vedestä. Kun kiinteistöjen päälämmitysjärjestelmän säätöventtiili ja säätöjärjestelmänohjaus uusittiin, siitä aiheutui myös omia ongelmia: tässä tapauksessa liian kuuma höyry aiheutti lämmitysjärjestelmän pääventtiilin kiinni menemisen asetusarvolla 70 sekä äkillisiä rikkoutumisia.

Höyry muuttui hetken kuluttua sulkeutumisen vuoksi lauhteeksi tai vedeksi. Tällöin venttiilin karassa tai venttiilin laippojen välissä muodostui pääventtiiliä seuraavan keran avattaessa putkistoon jääneen veden ja tulohöyryn uudelleen kohdatessa niin kovia paineiskuja edellä mainittuihin kohtiin, että putkisto tai venttiili rupesi heti vuotamaan. Yksi ratkaisu olisi ollut pitää lämmitysjärjestelmän pääventtiiliä aina auki x- prosenttia ja hoitaa tarvittava säätöosa venttiilin loppuaukeamalla. Tätä kokeiltiin, mutta todettiin, että venttiilin perusosa oli liian suuri, jolloin kiinteistöjen lämmitysjärjestelmän veden lämpötila nousi liian korkeaksi.

9.4 Kuituverkko ja OLM

Tässä työssä tehtaan PCS7-järjestelmän energiamittauksen pääväylä tehtiin käyttämällä kuitu-kuparimuuntimia (OLM G12 Siemens), joita käytetään häiriöille alttiissa kohteissa sekä pitkillä etäisyyksillä. Sähköiset häiriöt eivät tällöin pääse vaikuttamaan signaaliin, koska tässä kuparikaapeli muutetaan valokuituun. (Profibus DP/PA -kenttäväyläkoulutus 2009.)

Kuitumuuntajiin päädyttiin, koska tehtaan iso koko ei vaikuta kuituihin ja väylämuuntimelta väylää on helppo jatkaa eteenpäin tarvittaviin kohteisiin. Näistä kuitumuuntimista oli hyviä kokemuksia myös toisen kuivauskoneen väylän modernisoinnista. Siinä profibus-väyläkaapeli oli laitettu koneen muiden vahvavirtakaapeleiden sekaan yhteen nippuun ja maadoitukset olivat jääneet tekemättä. (Profibus guideline assembling 2006, 28.)

Profibus Profibus väylän datalehdessä kerrotaan, että ennen ja jälkeen väylälaitetta profibusväylä tulisi aina maadoittaa. Tämä myös todettiin paikan päällä haastattelemalla silloista Siemensin erityisasiantuntijaa Petri Ukkosta. Profibus-väylä mitattiin Siemen-

sin toimesta ennen ja jälkeen modernisointia, jotta tiedettiin lähtötulos ja lopputulos. Ennen modernisointia väylälaitteet välillä vain tippuivat ”pois” väylästä tai aiheuttivat rikkoutuneita väylälaitteita ja tällä tavalla ns. turhia koneseisokkeja. Myös päätevastuksien äkillinen katoaminen väylästä aiheutti välillä turhia pysäytyksiä koneeseen.

Kuivauskoneen Profibus-väylää parannettiin kolmessa vaiheessa. Ensin lisättiin väylään puuttuvia maadoituksia sähköisten häiriöiden eliminoimiseksi. Kun tämä ei auttanut tarpeeksi lisättiin väylään muutama toistin, jotta saatiin väylän jännitetasoa nostettua väylän viimeisissä laitteissa ja saatiin aikaan galvaaniset erottimet. Väylän pituus todettiin tässä vaiheessa mittaamalla Siemensin toimesta ja tästä syystä väylätoistimet lisättiin.

Kun tämäkään ei auttanut halutulla tavalla, väylään lisättiin viimeisessä vaiheessa Siemens kuitumuuntimet OLM G12, joilla väylä rakennettiin uudestaan renkaan muotoon, jossa pisimmät matkat tehtiin kuidulla. Tämän jälkeen enää muutamia väyläpäätelaitteita jouduttiin uusimaan. Niiden rikkoutuneisuus voitiin todeta pidempiaikaisessa tarkastelussa johtuneen väärin rakennetusta väylästä ja siitä, että niiden elinikä oli laskenut huomattavasti väylään heijastuneiden häiriösignaaleiden vuoksi.

9.5 DP-DP coupler profibus ja omron

DP/DP-muuntimia käytetään, kun liitetään kaksi isäntälaitetta samaan väylään, kuten esimerkiksi kaksi logiikkaa. DP/DP-muuntimen avulla saadaan galvaaninen erotus eri segmenttien välille. Lisäksi DP-väylään on saatavana muuntimia joiden avulla DP-väylä saadaan liitettyä johonkin toiseen väylään, kuten esimerkiksi Modbus, CAN ja Asi. (Procentec products 2011.)

10 MITTAUS JA PROSESSIN OPTIMOINTI

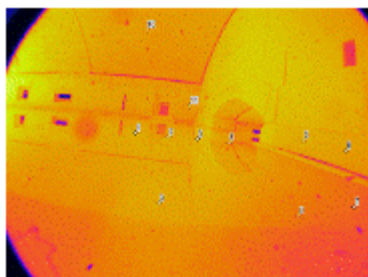
10.1 Prosessin mittaus

Mittaustiedon yksittäinen paikallinen mittaus on helpoin, mutta ei luotettavin tapa, koska mittauksen luotettavuudesta ja luettavuudesta ei ole takeita ajoittaisesta käytöstä. Prosessin mittauksilla ja mittausten seurannalla on merkitystä vain, jos mittaamalla tuotetut lopputulokset jalostetaan loppukäyttäjille helppokäyttöiseen muotoon esim. prosessin operaattorille hyödylliseen ja ymmärrettävään muotoon. (Motiva 10/2013).

Yleensä mittaukset tuodaan automaatiojärjestelmiin prosessinäytöille niin, että prosessi voidaan säätää online-seurannassa. Parhaimmissa automaatiojärjestelmissä on myös simulointimahdollisuus, joka mahdollistaa prosessin seurannan ilman, että prosessin varsinaisia arvoja muutetaan: arvoja voidaan muuttaa taustalla ja tutkia historiasta esim. jakauman perusteella, miten arvon muuttaminen vaikutti mittaukseen. Online-seurannan lisäksi korkeamman tason automaatiojärjestelmissä on myös raportointimahdollisuus, jolla voidaan tallennettua dataa tutkia sql-tietokannasta. Raportoinnit voivat vaihdella käyttäjäkohtaisesti ja niitä voidaan varsin vapaasti muokata tunnuslukujen suhteen.

10.2 Lämpötila

Lämpötilan mittaamiseen on olemassa erilaisia antureita: PT100 platinasta vastuslämpötila anturi, jonka resistanssi vaihtelee lämpötilan mukaan, termoelementtianturit eli termoparianturit lämpötilasta johtuvaan jännitteeseen, infrapuna-anturit sekä lämpökamerat, joita käytetään esim. uuneissa. Radiotaajuinen lämpötilamittaus sopii pyöriville rakenteille esim. laakereiden lämpötilan valvontaan. Lämpötilatarrat sopivat hyvin liikkuvien tuotteiden varastoinnin lämpötilan hallintaan. Yleensä eri tekniikoille riippuen mittaustavasta löytyy useita eri valmistajia ja erihintaisia tuotteita kuten SKS, Sarlin, Omron, Konwell, ja Danfoss. Yleensä mittari ja valmistaja valitaan halutun kohteen ja tarkkuuden mukaan.



KUVA1. Uunin kameran kuva

10.3 Virtaus

Magneettisia virtausmittareita käytetään sähköä johtaville nesteille ja mittaukset ovat luotettavan tarkkoja ja riippumattomia väliaineen tiheydestä, lämpötilasta ja paineesta. Lämpötila-alue, -20 jopa +150 asti, mahdollistaa mittaria ennen ja jälkeen lyhyen suoran putken osuuden. Mekaanisia virtausmittareita käytetään nesteille ja ne sisältävät usein paikallisen näytön. Niiden etuja ovat halpa hinta ja pieni huoltotarve. Ultraäänivirtausmittarit perustuvat äänen etenemään putkessa. Niitä voi olla kannettavia tai kiinteästi asennettavia. Yleensä ultraäänivirtausmittareita käytetään nesteille, joihin ei haluta suoraa kosketusta, esim. putken päältä tai voidaan mitata virtausta avokanavasta. Niitä käytetään yleisesti väyläliitännällä voimalaitoksilla, kemianteollisuudessa ja kaukolämmössä. Ne sopivat hyvin myös jätevesille. Valmistajia ovat Sarlin, Labkotec, Siemens ja Metso-Endress hauser. Vortex-virtausmittari eli pyörrekanavamittari soveltuu hyvin puhtaille väliaineille. Laajapintaisen värähtelyanturinsa takia mittari on tärinälle tunnoton. Vortex mittareita käytetään mm. höyrylle. Eräillä paineilmaille suunnitelluista virtausmittareista, esim. Sarlin-mittareilla, voi mitata samanaikaisesti virtausta, painetta ja lämpötilaa.

10.4 Paine

Paine (tunnus p) on suure. Se ilmaisee pinta-alayksikköön kohdistuvaa kohtisuoraa voimaa. Paine on siis $P = F/A$. Nesteille hydrostaattinen paine johtuu painovoiman kohdistumisesta nesteeseen. $p = \rho gh$, jossa ρ on nesteen tiheys, g on 9,81 N/kg putoamiskiihtyvyys ja h on nesteen syvyys metreinä. Normaalisti teollisuudessa nesteissä baareista eli 1 bar = 100 000 Pa.

11 POHDINTA

Kuten edellä on jo mainittu, energian säästämisen pääperiaate on, että jos haluaa säästää, pitää ensin mitata ja mittaamisen kautta laskea mahdollinen säästöpotentiaali teoriassa. Toinen vaihtoehto on kokeilu tai prosessin muuttaminen. Muuten mahdollinen säästölaskenta perustuu suurilta osilta arvioihin tai jopa mielipiteisiin. Mittaamalla eri energiankulutukset voidaan käsittää, miten koko tehtaanenergian kulutus jakaantuu. Jakamalla tätä osakokonaisuuden kulutuksen jakaamaa pienempiin osiin prosesseihin, voidaan prosessia ymmärtää paremmin ja esim. sammuttaa tai karsia turhia laitteita pois tai vähentää energian kulutusta huomattavasti tarkastelemalla laitteiden käyntijaksoja.

Energiaa voidaan mitata monella eri tavalla, mutta luotettavin on ns. online mittaus, joka toimii jatkuvasti tietyllä halutulla aikasyklillä ja tallentaa mittausdataa jatkuvasti järjestelmään. Mittauslaitevalmistajia on mitattavan suureen mukaan erittäin paljon. Tämän lisäksi on erikseen valmistajia, jotka valmistavat kokonaisjärjestelmiä, joihin voi rajallisesti laittaa haluttuja mittapisteitä. Rakentaessa itse tiedonkeruujärjestelmää eri osakomponenteista on valmistajien määrä periaatteessa paljon suurempi.

Vanhoissa tämän tyyppisissä tehtaissa on usein ongelmana, että pieniltäkin tuntuvat muutokset voivat vaikuttaa koko prosessiin hyvin paljon ja kokonaisuuden oppimiseen voi mennä useita vuosia. Tämä voi tuottaa ongelmia pitkänkin ajan kuluttua prosessiin. Tästä syystä prosessin kokonaisuuden hahmottaminen ja yksityiskohtien muistaminen on tärkeää etenkin silloin, kun tehdään muutoksia prosesseihin, jotka vaikuttavat toisiinsa. Kuten Lohjan tehtaan tapauksessa, tehdasta on rakennettu hyvin monissa eri investoinnissa ja olosuhteet ja prosessit ovat saattaneet muuttua sillä välillä kokonaan; tehdas on erittäin vanha ja ollut välillä hyvin pitkällä oma varainen ja välillä ulkopuolisen Lohjan Pitkäniemen Voimalaitoksen höyryntuottajan varassa. Tästä syystä osasta putkistoja ja lämmitysverkostoa ei löytynyt kuvia tai dokumentteja vaan niiden, reitit, koot ja käyttötarkoitus piti itse selvittää ennen työnetenemistä.

Osa putkistoista ja sen komponenteista sisälsi tästä johtuen myös aivan selkeitä kytkentävirheitä ja vikoja, jotka korjattiin työn edetessä ja korjauksien osittaiset vaikutukset nähtiin järjestelmästä. Osa ongelmista voitiin todeta noin kymmenen vuoden omakohtaisella kunnossapidon taustakokemuksella. Vanhoissa tehtaissa investointipäätöksiä hankaloittaa se, että kovinkaan tarkkaa tehdasmittarointijärjestelmää ei ole olemassa tai

rakennettu. Tämä johtuu usein siitä, että eri järjestelmiä on erittäin paljon ja niissä oleva data pitäisi jollain järjestelmällä linkittää yhteen järjestelmään, josta sen saisi helposti ja luotettavasti. Järjestelmien määrää selittää osaltaan se, että aina ei eri investointeja tehtäessä mietitä tehtaan kannalta suurempaa kokonaisuutta vaan pyritään mahdollisimman alhaiseen investointikustannukseen. Tämän takia investoinneissa tulisi aina miettiä pidemmän aikavälin vaikutusta ja tehdasstandardin käyttöönottamista. Lohjan Kerto tehtaalla laitteet toimivat kaikki omina koneinaan ja ne ovat hyvin pitkälle mekaanisesti samanlaisia kuin jo 1990-luvun lopussa.

LÄHTEET

Santin O. 2010. Actual Energy Consumption in Dwellings: The Effect of Energy Performance Regulations and Occupant Behaviour, Luettu 26.3.2016
https://books.google.fi/books?id=73obPmrrq0wC&dq=energy+consumption&hl=fi&source=gbs_navlinks_s

Smalley A. Toyota Kaizen Patterns & Basic Stability. Luettu 24.4.2016
<http://artoflean.com/documents/pdfs/monterreyfile09.pdf>

Lohjan Biolämpölaitos. Luettu 17.3.2016 www.farmit.net/metsa/

Metsägroup yhtiö tausta. Luettu 17.3.2016
<http://www.metsagroup.com/fi/yhtio/Pages/default.aspx>

Metsä Wood. Tuotteet. Luettu 17.3.2016
<http://www.metsawood.com/fi/tuotteet/kerto>

Breiling, O. 2011. Höyrynkulutuksen hallinta viilunkuivauksessa. Puutekniikan koulutusohjelma. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. LUETTU 19.3.2016

EU. 2015 Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. S.3-8 Luettu 25.3.2016
<http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2015/FI/1-2015-339-FI-F1-1.PDF> S.3

Rautiainen T. 2012. Energianmittausjärjestelmän hankintaopas ammattikeittiöille. Mikkelin ammattikorkeakoulu Vapaamuotoisia julkaisuja 17. LUETTU 19.3.2016
<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/64221/URNISBN9789515883827.pdf?sequence=3>

Raute. 2012. Vuosikertomus 2011. Luettu 29.4.2016
http://www.raute.fi/c/document_library/get_file?uuid=b85a85be-b9c9-4788-809b-2a7168eec862&groupId=24746

Energiatehokkuuslaki 1429/2014, Luettu 2.4.2016.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141429>

Työ- ja elinkeinoministeriö, energiatuki. Luettu 2.4.2016.
<http://www.tem.fi/energia/energiatuki>

Ominaiskulutuksia <http://www.motiva.fi/>

Faktatietoja Euroopan unionista. Energiatehokkuus. Luettu 2.4.2016.
http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/fi/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.3.html

Juvonen R. & Kariniemi J. 1985. Mekaaninen metsäteollisuus 1: Vaneriteollisuus Luettu 1.2.2016.

Prosessiteollisuuden energia-analyysi. Julkaistu 2004 päivitetty 2015 syyskuu. Luettu 1.4.2016 http://www.motiva.fi/files/10971/Prosessiteollisuuden_energia-analyysi.pdf

Puun kuivaaminen, teoria. Edu, puutuoteprosessit Luettu 16.1.2016
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/ensijalostus/puutavaran_kuivaus/etusivu.html

Puutuoteteollisuuden toimenpideohjelman vuosiraportti 2014, Luettu 1.4.2016
http://motiva.fi/files/10565/Energiatehokkuussopimukset_-_Puutuoteteollisuuden_toimenpideohjelman_vuosiraportti_2014.pdf

Kato I. & Smalley A., 2013, 8-9. Toyota Kaizen Methods: six steps to Improvement. Luettu 25.4.2016

Alukal G. & Manos A., 2006. Lean Kaizen: A Simplified Approach to Process Improvements. Luettu 25.4.2016

Bisiani B., 2016. Kaizen – tekniikalla hiljaa hyvä tulee. Genesta Magazine. Luettu 1.4.2016
<http://mag.genesta.eu/fi/kaizen-tekniikalla-hiljaa-hyv%C3%A4-tulee>

EMS https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_management_system Luettu 17.3.2016

Energiansäästötoimet energiatehokkuussopimuksissa – Säästölaskennan yleisiä pelisääntöjä 2012, S.11. Luettu 21.3.2016
http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/midcom-serveattachmentguid-1e2750c7d3c4a0a750c11e2b7be4586ac9baa38aa38/saastolask_pelisaannot_final.pdf

Crowson R., 2005. s.156. Factory Operations: Planning and Instructional Methods Luettu 28.4.2016

Kachi M. & Yoshimoto Y & Makita H. & Nozue N. & Shida Y. & Kitagami & Sawamoto J. 2013. FEMS: Factory Energy Management System based on Production Information. Mitsubishi Electrical Corporation. Luettu 22.3.2016.
<http://www.wseas.us/e-library/conferences/2013/Morioka/ISMA/ISMA-05.pdf>

FEMS. Luettu 22.3.2016 <http://www.nec-solutioninnovators.co.jp/en/sl/fems/index.html>

Dorf R. 1997. The Electrical Engineering Handbook, Second edition. Luettu 19.3.2016
 kappale: Operator training simulator, s.1482
https://books.google.fi/books?id=qP7HvuakLgEC&pg=PA1482&dq=%22Operator+training+simulator%22&redir_esc=y&hl=fi#v=onepage&q=%22Operator%20training%20simulator%22&f=false

Kestävän kehityksen raportti 2015. Luettu 1.4.2016
<http://www.metsagroup.com/en/Documents/Sustainability/Metsa-Group-Sustainability-Report-2015.pdf>

Juvonen R., Pekkinen P. 1987, Suomen puuteollisuusinsinöörien yhdistys ry, Mekaaninen metsäteollisuus 3, ISBN 951-860-055-4. Luettu 5.4.2016

Järviö, J. 2006. Kunnossapito. 3. painos. Helsinki. KP-Media Oy. 223 s. ISBN 952-

99458-2-5 Luettu 5.4.2016

Komonen 2002 Luettu 10.4.2016

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/symposiums/2005/s236.pdf>

Koponen H., 1995.s.212. Puulevytuotanto. Opetushallitus, Saarijärvi. Luettu 1.2.2016

Koponen, H., 1990 Puutuotteiden liimaus. Luettu 1.3.2016

Lohja vesi- ja viemärlaitoksen taksa, 2015, 2

http://www.lohja.fi/Liitetiedostot/Kaupunkisuunnittelu/Hallinto_ja_talous/vesi_ja_viemarilaitoksen_taksa_palvelumaksuh.pdf

Kuorimakoneet pneumaattisella teräpaineella, 2016. Luettu 1.4.2016

<http://www.valonkone.com/tuotteet/kuorimakoneet-pneumaattisella-terapaineella/vk8000-pneumaattinen-suurille-tukeille/>

Pellinen M. 1996. Mekaanisen metsäteollisuuden energianhankinnan vaihtoehdot. Teknillinen korkeakoulu. Konetekniikan osasto. Energiatekniikan laitos. Diplomityö

<https://www.sll.fi/mpe/di/di.pdf> LUETTU 19.4.16

Alsyouf I. 2004. Cost Effective Maintenance for Competitive Advantages Luettu

1.4.2016 <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:206693/FULLTEXT01.pdf>

Obara S. & Willburn D. 2012. Toyota by Toyota: Reflections from the Inside Leaders on the Techniques That Revolutionized the Industry LUETTU 25.4.2016

P. Gopalakrishnan & Banerji A.K 2013, Maintenance and spare parts management. Luettu 15.4.2016

https://books.google.fi/books?id=FZ0LudKUcJgC&pg=PA59&lpg=PA59&dq=spare+parts+number+maintenance+cost&source=bl&ots=-thbCOKnTk&sig=6zTzO6oHdftBKq8HsiK79upZOtQ&hl=fi&sa=X&ved=0ahUKEwjj29e_0JDMAhVDgg8KHdQ8BJYQ6AEIKTAC#v=onepage&q=spare%20parts%20number%20maintenance%20cost&f=false

https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/86860/Kunnossapidon%20kustannusten%20optimointi_kandi_nikohamalainen.pdf?sequence=1

Muita katso nämä:

http://www.energiavirasto.fi/documents/10179/132665/gd4_guidance_uncertainty_fi_e_mv.pdf/23a453ac-be8d-4b3a-9326-eb44a3a010e1

Järviö J. & Piispa T. & Parantainen T & Åström T. 2007. Kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja N:o 10. 4. uud. p. Helsinki: KP-Media Oy.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/52890/Paloniemi_Jesse.pdf?sequence=1

Haikala I. & Märijärvi J. 2002 Ohjelmistotuotanto. Talentum Media Oy.

Karl-Heinz J. & Tiegelkamp M. IEC 61131-3 Programming Industrial Automation Systems: Concepts and Programming Languages, Requirements for Programming Systems, Decision-Making Aids Luettu 15.3.2016

Dimian A & Bildea C. & Kiss A. 2014, Integrated Design and Simulation of Chemical Processes. Luettu 16.3.2016

Vanerinteko www.raute.fi Luettu 20.3.2016

Lahtinen O. 2009. Vaneritehtaan kustannustehokkuuden arvioimiseen käytettävän simulaatiojärjestelmän kehittäminen. Konetekniikka. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Diplomityö 2009. Luettu 20.3.2016

<https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/50561/nbnfi-fe200910262285.pdf?sequence=3>

Tuotantotehokkuuden kehittäminen, Promaint 11.12.2013. Luettu. 19.4.16

[http://www.promaintlehti.fi/Tuotantotehokkuuden-kehittaminen/Kohti-energiatehokasta-tuotantotilaa/\(offset\)/2](http://www.promaintlehti.fi/Tuotantotehokkuuden-kehittaminen/Kohti-energiatehokasta-tuotantotilaa/(offset)/2)

Motiva Ominaiskulutuksia. Luettu 17.4.2016

http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/tilastotietoa_katselmuksista/palvelusektorin_ominaiskulutuksia

Vedensäästöopas Oras. Luettu 17.4.2016

http://www.oras.com/fi/professional/products/producttypes/Documents/watersavingguide_oras_FI.pdf

Estola M. & Viitanen J. 2002 Ohjeita tutkimuksen tekemiseen, opponointiin ja arviointiin. Joensuun yliopisto. Taloustieteiden osasto. Kansantaloustiede. Luettu 1.4.2016

https://www2.uef.fi/documents/16189/1381083/kansis_graduohjeet.pdf/9e2c1984-2cf2-49d0-a9fa-14a57b18bde6

Krese G. & Prek M. & Butala V. 2012, Analysis of Building Electric Energy Consumption Data Using an Improved Cooling Degree Day. University of Ljubljana. Faculty of Mechanical Engineering. Slovenia. Luettu 19.4.2016

Method, http://en.sv-jme.eu/data/upload/2012/02/05_2011_160_Krese_05.pdf

Yin 1987, 23 amk-virtuaalikoulu, Case tutkimus. Luettu 25.4.2016

<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/0709019/1193463890749/1193464144782/1194348546586/1194356433452.html>

Ympäristölupa, 2008, 8. Luettu 22.4.2016

<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BB1A0CD4C-2A4F-4BD5-BECD-BA4D52513931%7D/90843>

Energiatehokkuus. Mitä se on? Luettu 25.4.16.

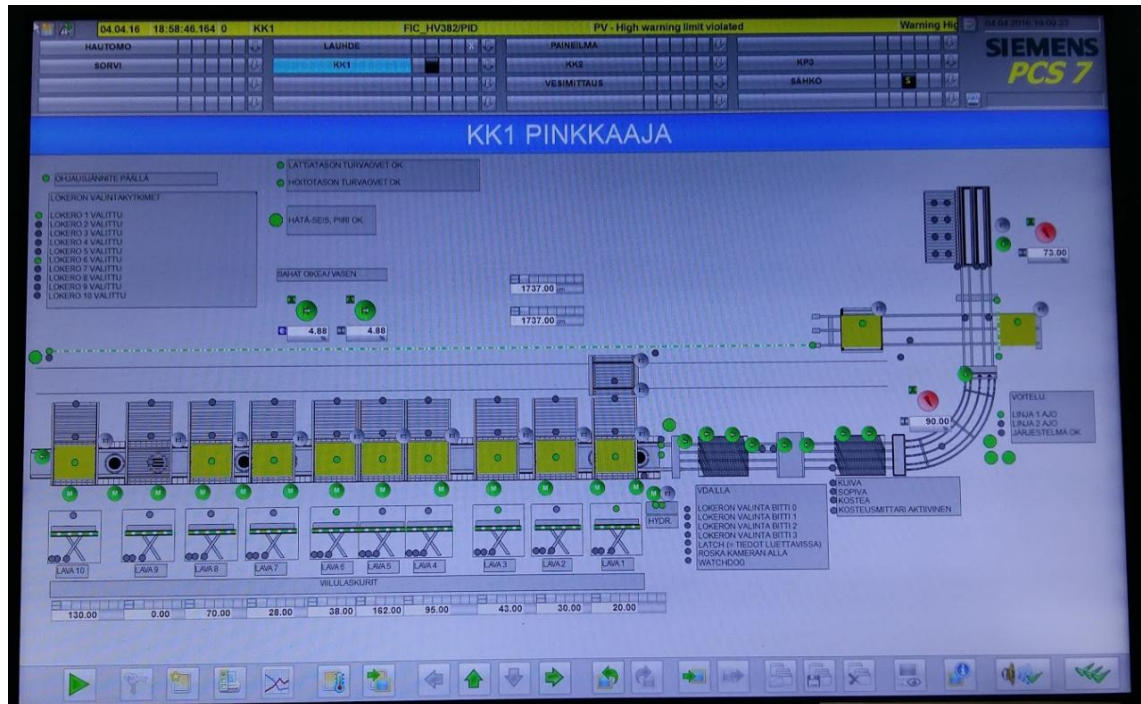
<http://www.prssystem.fi/energitehokkuus-mita-se-on/>

LIITTEET

Liite 1. Kuivauskoneen 1 kuumaosa



Liite 2. Kuivauskone 1 pinkkari



Liite 3. Hautomon veden kierron yleiskuva

