

Koivuvaneritehtaan viilunkuivaajien höyryjärjestelmän dokumentointi

likka Kurtti

Opinnäytetyö
Marraskuu 2018
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), energiatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Kurtti, Iikka	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Marraskuu 2018
	Sivumäärä 45	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Koivuvaneritehtaan viilunkuivaajien höyryjärjestelmän dokumentointi		
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Kari Hytönen, Antti Henell		
Toimeksiantaja(t) Metsä Wood Oy, Suolahden koivuvaneritehdas		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Suolahden koivuvaneritehtaan lähes satavuotisen toiminta-ajan seurauksena ei tehtaan höyryjärjestelmästä ollut olemassa ajan tasalla olevaa PI-kaaviota. Ilman PI-kaaviota oli pärjätty, koska kunnossapito henkilöstö oli tuntenut höyryjärjestelmän käytännön kokeuksen kautta. Kunnossapidon ulkoistamisen jälkeen koettiin tarpeelliseksi laatia koivuvaneriitehtaan viilunkuivaajien höyryjärjestelmästä PI-kaavio, jotta tieto saataisiin dokumentoituun muotoon. Tehtävän oli laatia koivuvaneriitehtaan viilunkuivaajien PI-kaavio sekä laiteluettelo, joka sisältäisi laitepositiionin. Lisäksi piti laatia putkilinjaluettelo ja määrittää kuivaajien höyrypatteriston lämpöteho ja vuosittainen energiankulutus. Havaittujen puutteiden ja vikojen pohjalta tuli myös esittää kehitysehdotuksia.</p> <p>PI-kaavion laatiminen toteutettiin Autodesk'in valmistaman AutoCAD Plant 3D – ohjelmiston avulla tehdasseisakkien aikana. Tietoa kerättiin viilunkuivaajien höyryjärjestelmästä koivuvaneriitehtaan, voimalaitoksen ja kunnossapidon henkilöstöltä sekä koivuvaneriitehtaan toiminnanohjausjärjestelmästä. Tietoperustana toimivat koti- ja ulkomaiset kirjalliset ja digitaaliset lähteet sekä PSK – standardit.</p> <p>Tuloksena koivuvaneriitehtaan viilunkuivaajille saatiin laadittua PI-kaaviot ja laskettua niiden höyrypatteriston lämpöteho sekä vuosittainen energiankulutus 3-viilunkuivaajaa lukuun ottamatta. Lisäksi lauhdejärjestelmän ja dokumentaation osalta syntyi kehitysehdotuksia.</p> <p>Laaditun viilunkuivaajien PI-kaavion- ja laiteluettelon avulla huoltojen ja investointien suunnittelu tarkentui. Kehitysehdotusten avulla osoitettiin tuotantoa ja dokumentointia parantavia ratkaisuja.</p>		
Avainsanat (asiasanat) höyry, kuivaus, lauhde, vaneri, viilu		
Muut tiedot Liitteet ovat salassa pidettäviä ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.		

Author(s) Kurtti, Iikka	Type of publication Bachelor's thesis	Date November 2018
	Number of pages 45	Language of publication: Finnish
		Permission for web publication: X
Title of publication Documenting the steam system of the veneer dryers in a birch plywood factory		
Degree programme Degree Programme in Energy Technology		
Supervisor(s) Hytönen, Kari Henell, Antti		
Assigned by Metsä Wood Oy, Suolahti birch plywood mill		
<p>Description</p> <p>In the nearly one-hundred-year-long operation time of Suolahti Birch Plywood Mill there has never been an up-to-date piping and instrumentation diagram of the steam system of the mill. Because the maintenance staff had known the steam system through practical experience, there had been no need for a piping and instrumentation diagram. After outsourcing the maintenance, it was noticed that a piping and instrumentation diagram was needed for veneer dryer to get the data in a documented form. Task was to compose a piping and instrumentation diagram and a device catalogue that would include the device positions for the veneer dryers in the factory. Additionally, a pipeline catalogue was to be composed and the thermal power and annual consumption for the heat exchanger of the dryer was to be determined. Suggestions for improvement were to be given based on the detected flaws and deficiencies.</p> <p>The piping and instrumentation diagram were executed with Autodesk's AutoCAD Plant 3D software during factory stoppages. The information on the veneer dryer's steam system of the veneer dryer was gathered from the staffs at the plywood mill, the power plant and in the maintenance, and from the operation system of the birch plywood mill. Information was gathered from both Finnish and foreign, written and digital sources, and PSK standards.</p> <p>As a result, a piping and instrumentation diagram was composed for the veneer dryers and the thermal power and annual energy consumption was calculated of their steam heat exchanger, excluding veneer dryer number 3. Additionally, improvement suggestions were given regarding to condensate system and documentation.</p> <p>The piping and instrumentation diagram and the device catalogue helped make the, maintenance and investment planning more precise. Improvement suggestions indicated improving solutions in the production and documentation.</p>		
<p>Keywords (subjects) drying, condensate, plywood, steam, veneer</p>		
<p>Miscellaneous Appendixes are confidential and have been removed from the public thesis. Grounds for secrecy: Act on the Openness of Government Activities 621/1999, Section 24, 17: business or professional secret.</p>		

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Opinnäytetyön tausta, tavoitteet ja rajaukset	4
1.2	Metsä Group.....	5
2	Koivuvaneri ja sen valmistus.....	6
3	Viilunkuivaaja.....	9
3.1	Rakenne ja toiminta	9
3.2	Höyryjärjestelmä	12
4	Viilunkuivaajien höyryjärjestelmän dokumentointi	14
4.1	Lähtökohta ja tutkimusasetelma.....	14
4.2	Aineisto ja tietoperusta	15
4.3	Käytetyt standardit ja ohjelmistot.....	15
4.3.1	PSK-standardit	15
4.3.2	AutoCAD-suunnitteluohjelma	17
4.4	Toteutus.....	18
4.4.1	PI-kaavion laatiminen	18
4.4.2	Laitepositointi	23
4.4.3	Laitelistaus	24
4.5	Viilunkuivaajien energialaskenta.....	24
4.6	Lauhdehäviöt.....	26
5	Kehitysehdotukset.....	27
5.1	4- ja 5-kuivaajan laudeputken takaiskuventtiilit	27
5.2	Suolahden tehdasalueen PI-kaavioiden yhdenmukaistaminen	28
5.3	PI-kaavioiden päivittäminen.....	28
6	Pohdinta.....	29
	Lähteet	31
	Liitteet	33
	Liite 1. 1-kuivaajan PI-kaavio.....	34

Liite 2.	3-kuivaajan PI-kaavio.....	35
Liite 3.	4-kuivaajan PI-kaavio.....	36
Liite 4.	5-kuivaajan PI-kaavio.....	37
Liite 5.	Instrumentoinnin ja höyrylinjojen nimeämisen perusteet	38
Liite 6.	Laiteluettelo.....	39
Liite 7.	Putkilinjaluettelo	42
Liite 8.	Viilunkuivaajien energialaskennan lukuarvot.....	44
Liite 9.	1-kuivaajan energialaskennan lähtöarvot	45
Liite 10.	3-kuivaajan energialaskennan lähtöarvot	45
Liite 11.	4-kuivaajan energialaskennan arvot.....	46
Liite 12.	5-kuivaajan energialaskennan lähtöarvot	46

Kuviot

Kuvio 1. Metsä Group organisaatiokaavio (Metsästä maailmalle n.d., muokattu)	5
Kuvio 2. Vanerin rakenne (Vanerikäsikirja 2005, 9, muokattu)	6
Kuvio 3. Kuumapuristimen toimintaperiaate.....	8
Kuvio 4. Viilunkuivaajan rakenne	10
Kuvio 5. Telakuivaajan toimintaperiaate jäähdytysosasta päin kuvattuna	11
Kuvio 6. Koivuvaneritehtaan 1-kuivaajan lämmöntalteenotto.....	12
Kuvio 7. Rikkoutunut 4- ja 5-kuivaajan lauhdeputken eriste	19
Kuvio 8. Pihkan kertyminen kuivaajan sisäosiin 5-kuivaajalla	19
Kuvio 9. Kuivaajien ja putkilinjojen asetteleminen PI-kaavion versioon 1	20
Kuvio 10. Kuivaajien ja putkilinjojen asetteleminen PI-kaavion versioon 2	21
Kuvio 11. Putkiluokan nimeäminen (PSK 4201:2017, 2).....	22
Kuvio 12. Putkilinjatunnuksen nimeäminen PI-kaaviossa (PSK 3603:2012, 17)	23
Kuvio 13. Lauhdejärjestelmän vikatilanne	27
Kuvio 14. Korjausehdotus 4-kuivaajan lauhdelinjaan	28

Taulukot

Taulukko 1. Viilunkuivaajien höyrypatteriston määritetyt tehon ja energiankulutuksen arvot	26
--	----

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta, tavoitteet ja rajaukset

Hallittavan tiedon määrän kasvaessa kaikilla teollisuuden aloilla ja suurten ikäluokkien siirtyessä eläkkeelle korostuu entisestään tarve dokumentoida prosessien kanalta oleellista tietoa. Työntekijöiden oppima ja eteenpäin siirtämä tieto sekä fyysisinä dokumentteina arkistoitu tieto on siirtynyt yhä enemmän digitaaliseen muotoon. Dokumentoinnin laatu ja yhdenmukaisuus taataan standardeilla.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimineen Metsä Wood Suolahden koivuvaneri- tehtaalla kunnossapitoon ja tuotannon laitteisiin liittyvät asiat ovat vuosien varrella ovat henkilöstön omaksumaa tietoa, josta suurta osaa ei ole siirretty dokumentoituun muotoon. Sama asia pätee koivuvaneri- tehtaan höyryjärjestelmään, josta ei tehtaan lähes vuosisadan mittaisen toiminta-ajan takia ole viilunkuivaajien osalta säilynyt PI-kaaviota.

Tämä opinnäytetyö pyrkii osaltaan korjaamaan näitä puutteita,

- Metsä Wood Suolahden koivuvaneri- tehtaan viilunkuivaajien höyryjärjestelmän PI-kaavion laatiminen laiteluetteloineen ja -positioineen
- koivuvaneri- tehtaan viilunkuivaajien energialaskennan ja höyryjärjestelmän lauhdehäviiöiden selvittäminen
- kehitysehdotukset edellisiin kohtiin.

Opinnäytetyön aihe rajattiin niin, että PI-kaavio tuli laatia ainoastaan koivuvaneri- tehtaan viilunkuivaajien osalta, joita on kolme kappaletta sekä yhdestä havuvaneri- tehtaan viilunkuivaajasta, joka on kytkettynä koivuvaneri- tehtaan höyryjärjestelmään. Lauhdehäviiöiden selvittämiseen käytettäisiin apuna jo olemassa olevia höyryjärjestelmän mittauksia. Viilunkuivaajien energialaskennan osalta päätettiin määrittää kuivaajien höyryjärjestelmän teho ja vuosittainen energiankulutus.

Suolahden vaneritehtaiden kuivaajista on laadittu opinnäytetöitä aiemminkin, mutta ne ovat keskittyneet pääosin tuotannon tehostamiseen, eivätkä dokumentoinnin kehittämiseen. Voimalaitoksen höyryjärjestelmän osalta höyryputkistoa ja sen kunnan määritystä on tutkittu aiemmin.

1.2 Metsä Group

Metsä Group on kansainvälisesti toimiva suomalaisomistuksessa oleva metsäteollisuuskonserni, joka työllistää yli 9000 henkilöä. Metsä Group toimii 30:ssä maassa, joista seitsemässä sillä on myös tuotantoa. Konsernin emoyrityksenä toimii Metsäliitto osuuskunta, jonka omistavat n. 104 000 suomalaista metsänomistajaa. Kokonaisuudessaan Metsä Groupiin kuuluvat Metsäliitto osuuskunnan omistamat Metsä Wood ja Metsä Forest sekä osuuskunnan tytäryhtiöt Metsä Fibre, Metsä Board ja Metsä Tissue (ks. kuvio 1). Metsä Groupin liikevaihto oli vuonna 2017 noin viisi miljardia euroa ja liiketulos 566 miljoonaa euroa. (Metsästä maailmalle n.d.)



Kuvio 1. Metsä Group organisaatiokaavio (Metsästä maailmalle n.d., muokattu)

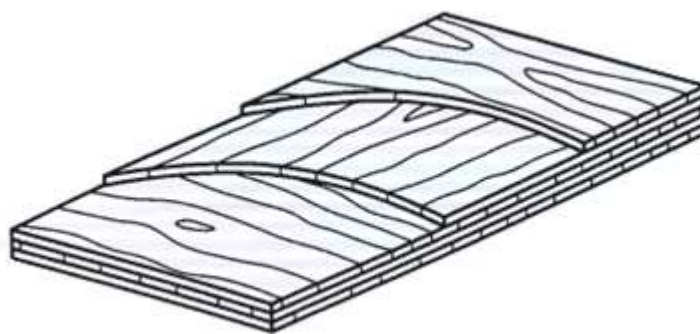
Metsä Wood

Metsä Wood Suolahden vaneritehtaat ovat osa Metsä Woodia, joka valmistaa vaneria, Kerto LVL-liimapuutuotteita, elementtejä sekä sahatavaraa. Tuotteita käytetään esimerkiksi ajoneuvojen peräkärriihin ja rakennusten elementteihin ja kattoparruihin. Metsä Wood työllistää noin 1400 henkilöä 8:lla tuotantolaitoksella kolmessa maassa, joista uusimpana käynnistyi koivuvaneritehdas Pärnussa. Metsä Woodin liikevaihto oli noin puoli miljardia euroa vuonna 2017, jolloin liiketulos oli 33,5 miljoonaa euroa. (Metsä Wood lyhyesti n.d.)

Metsä Wood Suolahden vaneritehtaat koostuvat kolmesta tehtaasta: koivu- ja havu- vaneritehdas sekä jatkojalostetehdas. Näistä havuvaneritehdas on keskittynyt tuottamaan havuvaneria, koivuvaneritehtaalla valmistetaan käsittelemättömän koivu- vanerin lisäksi filmivaneria ja jalostetehdas keskittyy puhtaasti jalostamaan valmiista le- vyistä erikoisvanerituotteita. Jatkojalostetehtaan toiminta tullaan siirtämään Pärnun koivuvaneritehtaan yhteyteen vuosien 2018 ja 2019 aikana.

2 Koivuvaneri ja sen valmistus

Vaneri on ohuista ristiin liimatuista viiluista valmistettu puulevytuote. Viilulla tarkoi- tetaan puusta valmistettu arkkia, jonka nimellispaksuus on koivuvaneria valmistetta- essa 1,4 millimetriä. Viilujen ristiin liimaaminen on viilujen liimaamista päällekkäin niin että puiden syykuviot ovat suorassa kulmassa toisiinsa nähden (ks. kuvio 2.). Koi- vuvanerilevyssä viilujen määrä on yleensä pariton. Vanerin liimaukseen käytetään yleisimmin fenoliformaldehydiliimaa, jonka ansiosta liimaus kestää kosteissakin olo- suhteissa. Ominaisuuksiltaan koivuvaneri on tasaista sekä lujaa. Lisäksi suomalaisessa ilmastossa kasvanut koivu on tiheäsyistä hitaan kasvun ansiosta. (Vanerikäsikirja 2005, 5-9)



Kuvio 2. Vanerin rakenne (Vanerikäsikirja 2005, 9, muokattu)

Koivuvanerit lajitellaan laatuluokkiin suomalaisen standardin SFS 2413 mukaan, joka käsittelee kotimaisen koivuvanerin laatuluokittelua. Eurooppalainen vaatimuksiltaan

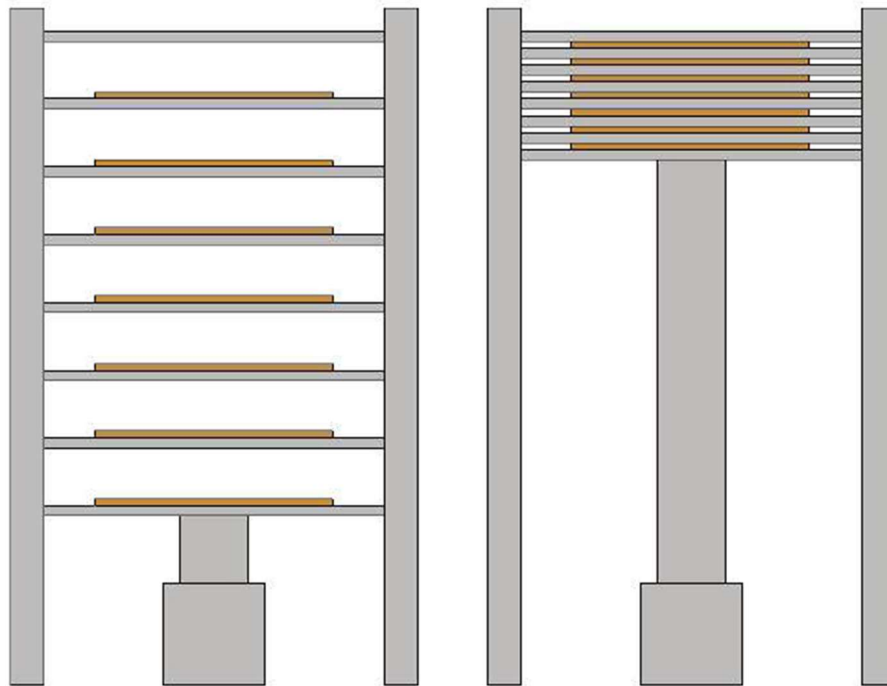
löyhempi vastine suomalaiselle standardille on EN 635. SFS 2413:n mukaan laatuluokat ovat seuraavat: A (virheetön erikoislaatu), B (lakattaville ja vahattaville pinnoille), S (maalattaville pinnoille), BB (päällysteen pohjana sekä rakenteet) ja WG, joka on paikkaamaton laatu vähemmän vaativiin kohteisiin. (Vaneri n.d.)

Koivuvanerin valmistus alkaa siitä, kun metsästä kaadetaan koivuja. Jo puita kaadettaessa määritetään puun laatu ja käyttötarkoitus, minkä jälkeen tukit lastataan tukkirekkaan ja kuljetetaan Suolahden koivuvaneritehtaalle. Tehtaalla tukit nostetaan hautoma-altaaseen, jossa tukkeja pehmitetään n. 60-asteisessa vedessä, jota lämmitetään viilunkuivaajien poistoilman lämmöntalteenotolla. Pehmenneet koivutukit nostetaan tukkinosturilla tuotantolinjalle. Ensin tukit sahataan määrämittaen, sen mukaan, kuinka leveää koivuvaneria halutaan valmistaa. Sahatut tukit sorvataan 1,4 mm paksuksi viilumatoksi, joka katkotaan halutun valmiin vanerin pituuden mukaan määrämittäisiksi arkeiksi. Samalla poistetaan vanerin valmistukseen kelpaamattomat osat viilumatosta. Seuraavaksi viilut kuivataan viilunkuivaajassa. Esimerkiksi Suolahden koivuvaneritehtaalla on käytössä telaviilunkuivaajia, joissa viilut kuljetetaan telojen päällä kuivausosan lävitse. Kuivausosassa viilujen pintaan puhalletaan kohtisuorasti n. 180-asteista ilmaa, jolla saadaan viilujen kosteus laskettua noin 0 – 10 prosenttiin. Kuivaajan loppupäässä viilut lajitellaan laadun ja kosteuden mukaan automaattisesti pinkkaajalla. Liian kosteat viilut menevät uudelleen kuivattaviksi.

Muita viilujen laatuluokkia uudelleen kuivattavan lisäksi ovat muun muassa leikattava, liimavälimäinen ja paikattava. Leikattavat viilut käsitellään saumurilla, joka koostuu pienistä viilunpalasista kokonaisia ladontaan kelpaavia viiluja. Liimavälimäiset jatketaan, eli kahdesta tai useammasta viilusta tehdään viistesauman ja liiman avulla viilu, jossa syiden suunta on suorassa kulmassa sorvaamalla valmistettuun viiluun nähden. Liimavälimäisistä viiluista saadaan aikaan yhdessä sorvattujen tai saumattujen viilujen kanssa vanerin ristiin liimattu rakenne. Osa pintaviiluista (valmiin vanerin päällimmäisistä viiluista) on luokiteltu paikattavaksi sen takia, että niissä on reikiä ja oksankohtia, jotka tulee poistaa. Paikkauskone poistaa vialliset kohdat ja kiinnittää tilalle viilusta valmistetun paikan, jolloin useammat viilut saadaan hyödynnettyä pintaviiluina.

Lajittelun jälkeen viilut siirtyvät ladontalinjalle, jossa viiluja ladotaan päällekkäin, joko käsin tai automaattisesti ladontakoneella. Yksinkertaisimmillaan vanerin rakenne on

seuraava: alimmaksi tulee pintaviilu, sen päälle liimavalssin läpi käytetty liimavälimäinen viilu ja päällimmäiseksi taas pintaviilu. Vanerin paksuutta saadaan lisättyä kerrosten määrää lisäämällä siten, että joka toinen välikerrosten viiluista on liimavälimäinen ja joka toinen kuivavälimäinen. Ladotut viilut siirretään esipuristimeen, jossa niitä puristetaan, kunnes ladotut niput pysyvät paikoillaan toistensa suhteen kuumapuristimelle asti. Esipuristetut viilut siirretään kuumapuristimen päällekkäisten lämpölevyjen väliin. Lämpölevyt puristetaan yhteen, jolloin viilut jäävät niiden väliin puristukseen (ks. kuvio 3). Lämpö ja paine kovettavat liiman ja saavat viilut tarttumaan toisiinsa. Lopuksi koivuvanerin reunat leikataan ja pinta hiotaan, minkä jälkeen vanerin laatu tarkastetaan vielä käsinlajittelussa. Käsinlajittelun jälkeen vaneri on valmiina pakattavaksi ja tarpeen vaatiessa jatkojalostettavaksi. (Koivuvanerin valmistus n.d.)



Kuvio 3. Kuumapuristimen toimintaperiaate

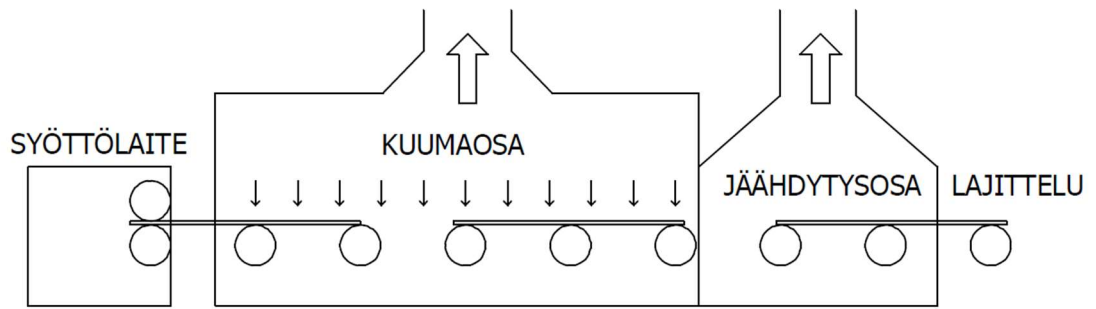
Koivuvanerista valmistetaan lukuisia jatkojalosteita. Yleisin jatkojaloste on niin sanottu filmivaneri eli fenolikalvolla, joko yhdeltä tai molemmilta puolin, pinnoitettu vanerilevy. Fenolipinnoite saadaan aikaan kiinnittämällä fenolikalvo väliaikaisesti sähkövarauksen avulla valmiin vanerilevyn pintaan, jonka jälkeen kokonaisuus siirretään kuumapuristimeen, jossa paine ja yhdessä korkean lämpötilan kanssa sulattaa fenolikalvon kiinnittäen sen vanerilevyn pintaan. Pinnoite saadaan myös liukuestekuivoitua

lisäämällä puristettaessa lämpölevyn ja vanerin väliin mantteli (kuvioitu metallilevy) tai viira (kuvioitus teräsverkko), jonka kuvio siirtyy puristuksen yhteydessä pinnoitteeseen. Levyjen reunat suojataan yleensä pinnoitteen värisellä maalilla, joka yhdessä pinnoitteen kanssa suojaa levyä kosteudelta. Muita jatkojalostuksessa käytettäviä pinnoitteita ovat muun muassa palosuojakalvo sekä erilaiset muovipinnoitekalvot. (Vaneri n.d.)

3 Viilunkuivaaja

3.1 Rakenne ja toiminta

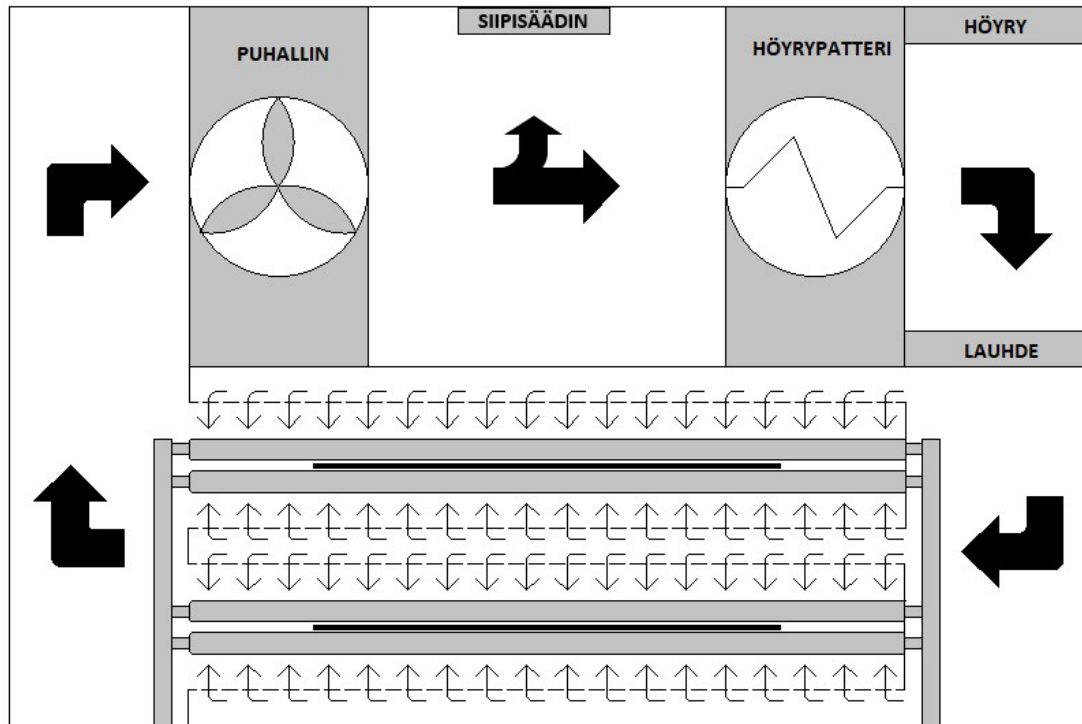
Viilunkuivauksella pyritään siihen, että märät viilut saadaan kuivattua samaan kosteuteen niin, että myös jokainen arkki olisi kosteuspitoisuudeltaan tasainen. Kuivamiseen on kehitetty erilaisia koneita, joista yleisimpiä ovat tela- ja verkkokuivaajat. Verkkokuivaajassa sorvattu viilumatto voidaan kuivata kokonaisuutena ja leikata vasta kuivaajan jälkeen. Telakuivaajassa puolestaan viilumatto tulee leikata jo ennen kuivaamista. Tapa on näistä kahdesta nopeampi. Tässä raportissa keskitytään käsittelemään telakuivaajia, koska se on ainoa kuivaajatyyppeistä, joka Suolahden vaneritehtailla on käytössä. Suolahden vaneritehtaan viilunkuivaajat ovat Raute Oy:n valmistamia telakuivaajia, jotka ovat kaikki perusrakenteeltaan samanlaisia. Suurimmat erot ovat syöttölaitteiston kuljettimissa ja lajittelun toteutuksessa. Viilunkuivaajan hallinta on toteutettu mikroprosessoripohjaisella ohjausjärjestelmällä (4-viilunkuivaajan käyttöohje 2001, 3). Viilunkuivaaja voidaan jakaa rakenteensa perusteella neljään osaan (ks. kuvio 4).



Kuvio 4. Viilunkuivaajan rakenne

Syöttölaite siirtää viilut leikkurilta saapuneista pinkeistä kuivaajan sisälle. Syöttölaite koostuu tarvittavasta määrästä kuljettimia ja nostimesta, jolla leikkurilta saapuvat märät viilupinkat saadaan siirrettyä imulaatikoiden alle. Imulaatikot nostavat alipaineen avulla viilunipun päällimmäisen viilun tai viilut mikäli syötetään useampaa pinkkaa kerrallaan. Sen jälkeen viilu siirtyy heittotelan avulla rullastolle, joka kuljettaa sen kuivaajan sisälle.

Kuumaosa on viilunkuivaajan osa, jossa viilut kulkevat yhdessä tai useammassa tasossa metallisten telaparien välissä. Kiertoilmapuhaltimet kierrättävät ilmaa höyrypatteriston lävitse kuumentaen sen noin 170-180 asteen lämpötilaan (koivuviiluilla), minkä jälkeen ilma kulkeutuu niin sanottuihin laatikoihin. Laatikot ovat lähes koko kuivaajan levyisiä onttoja kärkeä kohden kapenevia metallilaatikoita, jotka on rei'itetty ylä- ja alapinnaltaan. Laatikoiden reikien kautta kuuma ilma puhalletaan kohtisuorasti viilujen pintaan, minkä ansiosta ne alkavat luovuttaa kosteutta. Viilujen kosteus siirtyy ilman mukana takaisin kiertoilmapuhaltimelle, josta alkaa uudelleen sama kierto (ks. kuvio 5). Kuviossa 5 ilmavirrat ja niiden suunnat on kuvattu mustilla nuolilla.



Kuvio 5. Telakuivaajan toimintaperiaate jäähdytysosasta päin kuvattuna

Kuivausilman lämpötilaa säädellään höyrypatteriston massavirtaa säätämällä ja ylimääräinen kosteus poistuu kuivausilmasta kuivaajan katossa olevien siipisäätimien kautta. Kuivaajassa olevan ilman kosteus pyritään pitämään korkeana paremman lämmönsiirron saavuttamiseksi, halkeilun vähentämiseksi ja syttymisvaaran minimoimiseksi. Kuivaajasta poistetun kuuman ilman lämpöenergia hyödynnetään lämmöntalteenotossa, jossa kuuma ilma kulkee suihkutornissa ylöspäin vastaan hienoksi sumuksi suihkutettua vettä ja lämmittää sen. Lämmitetty vesi valuu suihkutornin alareunan putkistoon, josta se johdetaan tukkien hautoma-altaaseen, josta myös suihkutornin syöttövesi otetaan. Talven kovimpia pakkasia lukuun ottamatta kuivaajien hukkaenergia riittää pitämään hautoma-altaat tavoitelämpötilassa.



Kuvio 6. Koivuvaneritehtaan 1-kuivaajan lämmöntalteenotto

Jäähdytysosa on, kuumaosasta erotettu, todella voimakkaalla ilmanvaihdolla varustettu tila, jossa viilut jäähtyvät nopeasti kulkiessaan sen läpi. Jäähdyttyään viilut kulkevat valvomon ohitse, jossa työntekijä poistaa huonot viilut. Tarkastuksen läpäisseet viilut kulkevat kosteuslajittelijan ja sitten lajittelukameran lävitse. Yhdessä näistä saatujen tulosten perusteella määräytyy, onko viilu uudelleen kuivattava ja minkä laatu-
luokan pinkkaan pinkkari sen lajittelee.

Viilun kuivumisnopeuteen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa itse viilusta ja kuivausprosessista johtuviin tekijöihin. Viilusta johtuvia tekijöitä ovat viilun paksuus, puun tiheys ja kosteus sekä puulaji. Kuivauksen perustuessa konvektioon saadaan kiertoilmapuuhaltimien tehoa lisäämällä ja kuivauslämpötilaa nostamalla lisättyä kuivausnopeutta. Kuivausnopeutta ei kuitenkaan voida nostaa rajattomasti, sillä muuten puun pinta alkaa tummumaan ja kosteuden liian nopea poistuminen viilusta heikentää laatua ja lisää loppukosteuden hajontaa. (4-viilunkuivaajan käyttöohje 2001, 2)

3.2 Höyryjärjestelmä

Viilunkuivaajan höyryjärjestelmä on käytännössä höyrypatteristo ja siihen liittyvät höyry- ja lauhdeputkisto sekä niiden toimintaa mittaavat ja säätelevät instrumentit. Kuivaajalla käytettäviä instrumentteja ovat lämpötila- ja paineanturit, virtausmittarit,

venttiili sekä lauhteenpoistimet. Tarvittavat prosessisuureet ovat operaattorin nähtävissä ja hallittavissa valvomon prosessitietokoneen kautta.

Suolahden koivuvaneritehtaan höyryputket saapuvat Kumpuniemen voimalaitoksen höyryverkoston jakotukilta, jonka nimelliskoko on DN 300 ja nimellispaine PN 25. Jakotukin käyttölämpötila on 250 °C (Rentola 2016, 17). Vepsäläisen (2016, 21) mukaan, voimalaitoksen höyryn jakotukin laajennusten takia, tuorehöyryn todellinen lämpötila onkin vain noin 220 °C ja käyttöpaine 16 bar. Koivuvaneritehtaan viilun-kuivaajille lähtee jakotukilta kaksi höyrylinjaa, joista ensimmäinen menee 1-, 4- ja 5-kuivaajille ja sen nimelliskoko on DN 200. Höyrylinjan nimelliskoko kuitenkin muuttuu kooksi DN 150 sen haarautuessa 1- ja 4-kuivaajalle. Toinen höyrylinja menee ainoastaan 3-kuivaajalle, sen nimelliskoko ollessa DN 125. Kuivaajien höyrylinjat on mitoitettu paineluokan PN 16 mukaan ja toimilaitteet sekä laipat paineluokan PN 40 mukaan.

Jokaisen kuivaajan höyryjärjestelmä sisältää höyry- ja lauhdeventtiilit sekä tarvittavat vesitykset prosessiputkille. Kuivaajakohtaisesti on ollut käytössä kalvotoimiset ruiskutusventtiilit/paineenalennusventtiilit, joiden avulla tulistuneen, voimalaitokselta saapuneen höyryn lämpötilaa on saatu laskettua. Höyryn kyllästäminen nostetaa höyryn lämmönsiirtokerrointa ja siten tehostaa lämpöpatteriston hyötysuhdetta (Huhtinen, Korhonen, Pimiä, Urpalainen 2013, 80). Kuivaajan höyrymäärää säädellään moottorihöyryventtiilillä eli sähköisellä asennon mittauksella varustetulla säätöventtiilillä. Lisäksi sekä höyry-, että lauhdelinjassa on kahdennetut lämpötilan ja paineen mittaukset. Moottorihöyryventtiililtä höyry jatkaa matkaansa höyrytukille, josta se jaetaan tasaisesti höyrypatteristolle.

Kuljettuaan höyrypatteriston lävitse nyt lauhteeksi muuttunut höyry kulkee lauhteenpoistimien kautta lauhdetukkiin. Lauhteenpoistimet ovat lauhdejärjestelmän toimilaitteita, jotka päästävät lävitseen veden, mutta eivät höyryä. Suolahden vaneritehtaan kuivaajien höyryjärjestelmässä käytetään lähes yksinomaan termisiä lauhteenpoistimia. Muita lauhteenpoistimien tyyppejä ovat biteräs- ja uimurilauhteenpoistimet sekä suurille höyrymäärille käytettävät suurteholauhteenpoistimet (Lauhteenpoisto n.d.). Termisten lauhteenpoistimien toiminta perustuu monokalvosäätimeen, jota ohjataan alkoholi-vesiseoksen avulla. Alkoholi-vesiseoksen höyrystymis-

lämpötila on muutaman asteen matalampi kuin täysin kylläisen lauhdeveden lämpötila. Kun höyryvesiseos pysyy nestemäisenä, niin lauhteenpoistin pysyy avonaisena, jolloin lauhdevesi pääsee virtaamaan sen lävitse. Höyryn lämmittäessä alkoholi-vesiseosta alkaa se höyrystymään ja aiheuttaa monokalvosäätimeen paineen, jonka seurauksesta lauhteenpoistin sulkeutuu eikä höyry pääse sen lävitse. Tällä tavalla toteutettu lauhteenpoistin toimii tarkasti kylläisen höyryn kanssa eri paineilla ja lämpötiloilla. (Steam trap MK25/2 n.d., 8) Lauhteenpoistimien jälkeen lauhde kulkee lauhdetukin kautta takaisin voimalaitoksen lauhdevesisäiliöön palaavaan lauhdeputkeen.

4 Viilunkuivaajien höyryjärjestelmän dokumentointi

4.1 Lähtökohta ja tutkimusasetelma

Koivuvaneritehtaan viilunkuivaajien höyryjärjestelmän dokumentoinnin tavoitteena oli laatia PI-kaavio, joka sisältäisi laitepositioiden. Lisäksi tuli laatia laiteluettelo, joka sisältäisi lyhyet selitteet höyryjärjestelmän laitteiden toiminnan tarkoituksesta. Esimerkiksi venttiilin V-1401 selite olisi: 4-kuivaajan höyryventtiili. PI-kaaviot toteutettiin PSK-standardien mukaisesti ja ne laadittiin Autodeskin ohjelmistoilla. Laiteluettelon muokkaukseen käytettiin Microsoftin valmistamaa Excel-ohjelmistoa. Paikan päällä suoritettava dokumentointi suoritettiin kokonaisuudessaan voimalaitoksen ja koivuvaneritehtaan neljän seisakkiviikon aikana.

Opinnäytetyö toteutettiin kehittämistutkimuksena, jossa tutkijan rooli oli ulkopuolinen havainnoija. Tutkimuksen tarkoituksena oli parantaa ja luoda edellytykset uudelle ja tutkimuksen luonne oli lisäksi ongelmalähtöinen. Tutkimukselle oli määritetty tarkat tavoitteet, joilla pyrittiin aikaansaamaan ratkaisu ongelmaan. Suurin osa tutkimuksesta oli luonteeltaan kvalitatiivista eli laadullista, mutta myös kvantitatiivista eli määrällistä esimerkiksi energialaskennan osalta.

4.2 Aineisto ja tietoperusta

Opinnäytetyöhön kerättiin aineistoa empiirisellä tutkimuksella haastatteleamalla Suolahden koivuvaneritehtaan viilunkuivaajien henkilöstöä, voimalaitoksen henkilökuntaa sekä keräämällä tarkasteltaviin kuivaajiin liittyvää aineistoa. Aineistoa kerättiin kunnossapidon arkistosta ja tehtaan toimintajärjestelmästä käyttöohjeiden ja prosessisuureiden muodossa. Lisäksi suoritettiin paikan päällä tapahtuvaa havainnointia PI-kaavioiden laatimisen ja putkiston ja toimilaitteiden kunnan tarkastelun osalta.

Tietoperustana käytettiin höyryprosessiin liittyviä oppikirjoja, joista saatiin tietoa höyryjärjestelmän rakenteesta ja toiminnasta. Höyryprosessin ja sen osien tunte-
musta syvennettiin englanninkielisellä ammattikäyttöön tarkoitetulla opaskirjalla. Muina lähteinä käytettiin Metsä Groupin verkkosivuja sekä vanerin valmistukseen ja sen laatuluokitteluun liittyviä internetlähteitä. PI-kaavion laatimista varten materiaalina toimivat PSK-standardit. Lisäksi muita aihepiiriin liittyviä ja samalle tehdasaluelle laadittuja opinnäytetöitä käytettiin lähdemateriaalina.

4.3 Käytetyt standardit ja ohjelmistot

4.3.1 PSK-standardit

Holopaisen (2018, 1) mukaan Suomen Standardisoimisliiton (SFS) esite (n.d.) määrittelee sanan standardi seuraavasti: ”Standardisointityön tuloksena syntyvä standardi on asiakirja, jonka kansalliseksi, alueelliseksi tai kansainväliseksi tunnustettu elin on hyväksynyt. Se perustuu tieteen tuloksiin, teknologiaan ja kokemukseen.”. PSK-standardisointi on suomalainen standardisointiyhdistys, joka laatii standardeja teollisuuden ja sitä palvelevien yritysten käyttöön. Yhdistys on perustettu vuonna 1973, ja sen tavoitteena on tukea jäseniensä toimintaa sekä Suomessa että kansainvälisesti luomalla standardeja ja kouluttamalla. Yhdistyksen jäsenyritysten määrä on noin 180 ja niiden liikevaihto on 60 miljardia euroa. Standardit laaditaan työryhmissä, jotka on koottu noin 200:sta asiantuntijasta, minkä lisäksi yhdistyksen piirissä toimii noin 500 asiantuntijaa, joita konsultoidaan tarvittaessa. PSK-standardit laaditaan kotimaisten (SFS), eurooppalaisten (CEN) ja kansainvälisten (ISO sekä IEC) standardien pohjalta.

Standardien sisältö painottuu käytännönläheisyyteen ja menetelmiin. (PSK-standardisointi n.d.)

PSK 3601

PSK 3601-standardissa on määritetty prosessiteollisuuden virtauskaavioiden piirto-merkit, joita käytetään virtaus- ja PI-kaavioiden laadinnassa. Standardin pohjana on käytetty SFS-EN-ISO 10628:aa, jonka liiteosaa C PSK 3601 täydentää. (PSK 3601:2007, 1-2.) PSK 3601:n symboleita tulee käyttää ensisijaisesti, mutta mikäli käyttötarkoitukseen sopivaa symbolia ei löydy voidaan standardin PSK 3603 (2012, 6) mukaan käyttää laitteelle yleiseen käyttöön vakiintunutta symbolia tai laatia symboli, joka kuvaa hyvin kyseistä laitetta.

PSK 3602

PSK 3602 määrittelee PI-kaavion tietosisällön ja erittelee, mikä siitä on PI-kaaviossa nähtävissä olevaa tietoa ja mikä on ohjelmistolla PI-kaaviota tarkastellessa tai laiteluettelossa näkyvää tietoa. PSK 3602:ssa määritetään myös toimilaittekohtaisesti mitä tietoja minimissään tulee esittää. PSK 3602 ottaa kantaa ainoastaan perussuunnitteluun, joka määritellään siten, että sen perusteella voidaan hankkia suunnittelukohteen yksityiskohtainen suunnittelu ja laitteet. Esisuunnittelu, joka toimii kohteen investointiesityksen perustana ei kuulu standardin piiriin. (PSK 3602:2012, 1-2.)

PSK 3603

PI-kaavioiden esitystapa ja merkitsemisohjeet on määritetty standardissa PSK 3603. Standardia sovelletaan PI-kaavion laitteiden, instrumenttien ja putkistojen merkitään ja sen pohjana on käytetty muita PSK-standardeja sekä Euroopan standardoimiskomitean (CEN) että kansainvälisen standardoimisjärjestön (ISO) tunnustamia standardeja. Standardin mukaan PI-kaavio on suunnittelua, käyttöä, kunnossapitoa ja viranomaisia varten laadittu dokumentti, joka antaa perustiedot prosessista ja esittää prosessin linjojen ja komponenttien sijainnit toisiinsa nähden. PI-kaavio on myös pohjana kustannusarviolle ja asennus- sekä jatkosuunnittelulle. (PSK 3603:2012, 1-2.)

PSK 4201

PSK 4201 määrittelee putkiluokat, niiden merkinnät ja materiaalit. Standardin mukaan putkiluokalla tarkoitetaan: ”samaan putkilinjaa soveltuvien putkien ja putkenosien valikoimaa, jossa mitat ja materiaalit on määritelty”. Myös standardia PSK 4021 vastaavat SFS-EN-viitestandardit ja niiden putken materiaalia kuvaavat nimikkeet on esitetty taulukoidussa muodossa. (PSK 4201:2017, 1.)

PSK 0901

Standardissa PSK 0901 on listattu virtaavien aineiden nimet, lyhenteet ja siinä myös opastetaan, kuinka lyhenteet muodostetaan. Lyhenteiden käyttökohteita ovat suunnittelu ja putkistojen merkintä, josta säädetään lisää standardissa SFS-3701: ”Putkistojen merkintä virtaavien aineiden tunnuksin”. PSK 0901:ssä määritetään myös ehdot siinä listaamattomien aineiden nimeämiseksi. (PSK 0901:2001, 1-3.)

4.3.2 AutoCAD-suunnitteluohjelma

Opinnäytetyössä käytettiin PI-kaavioiden piirtämiseen AutoCAD Plant 3D laitossuunnitteluohjelmaa. AutoCAD on Autodeskin vuonna 1982 julkaisema tietokoneavusteiseen suunnitteluun kehitetty ohjelma (Hurley 2018). Ohjelmisto on kehitetty alun perin 2-ulotteiseen mallinnukseen ja myöhemmin sitä on laajennettu kattamaan myös 3-ulotteinen mallinnus. Ohjelmistolla laaditaan vektorigrafiikkaa erilaisten graafisten objektien, kuten viivojen, kaarien ja tekstien, avulla malliavaruuteen, jossa objektien sijainti ja koko voidaan määrittää x- ja y-koordinaatistoon. 3-ulotteista mallinnusta tehtäessä voidaan 2-ulotteiselle grafiikalle määrittää myös z-koordinaatti, jolloin kappaleesta tulee kolmiulotteinen. Mallinnetuista piirustuksista ja kappaleista saadaan ohjelmiston avulla suoraan laadittua mittapiirustuksia ja kuvantoja. Autodesk on kehittänyt AutoCAD:in pohjalta monia suunnittelualakohtaisia ohjelmistoja, jotka on myöhemmin liitetty osaksi AutoCAD-tuoteperhettä. Näitä lisäosia on tehty muun muassa arkkitehtuurin ja mekaniikkasuunnittelun tarpeisiin. (AutoCAD 2017.)

Laitossuunnittelua varten on laadittu lisäosa nimeltä Plant 3D. Se sisältää työkalut, joiden avulla saadaan laadittua PI-kaavioita ja 3-ulotteisia kuvauksia prosesseista. Ohjelmisto perustuu yhteiseen projektitiedostoon, johon kaikki projektin suunnitteli-

jat ovat yhteydessä. Jokainen suunnittelija pääsee siis käsiksi suoraan projektin tiedostoihin, jonne myös tehdyt muokkaukset saadaan tallennettua suoraan. Ohjelmiston avulla saadaan syötettyä suuri määrä tietoa PI-kaavioihin, josta se saadaan tuotua ulos koottuna esimerkiksi Excel-tiedostoksi. (AutoCAD Plant 3D – työkalut n.d.)

4.4 Toteutus

4.4.1 PI-kaavion laatiminen

PI-kaavion laatiminen aloitettiin, sillä että toimeksiantajan edustajan kanssa kierrettiin koivuvaneritehtaan höyryjärjestelmä lävitse ja samalla sovittiin tarkat rajat laadittavalle PI-kaavioille. Sovittiin, että PI-kaavio aloitetaan 1-kuivaajan ja voimalaitoksen seinän välisestä läpiviennistä, josta eteenpäin se kattaa koivuvaneritehtaan viulun-kuivaajien höyry- ja lauhdeputkistot toimilaitteineen. 1-kuivaajan ja voimalaitoksen välinen seinä valikoitui rajaksi, koska voimalaitoksen oma PI-kaavio oli piirretty tarkasti siihen asti. Voimalalaitoksen PI-kaaviossa oli piirretty 1- ja 4-kuivaaja, mutta selvitystyön aikana osoittautui, että näiden kuivaajien höyryjärjestelmiin oli tehty muutoksia, jotka oli jätetty päivittämättä PI-kaavioon. Lisäksi muiden kuivaajien osalta PI-kaavio oli pelkistetty ja puutteellinen.

Seuraavaksi putkilinja kierrettiin ja kuvattiin. Kuvia otettiin reilusti höyry- ja lauhdelinjan kulusta ja toimilaitteista. Kuvat toimivat myöhemmin helppona ja nopeana tapana tarkistaa yksityiskohtia. Valokuvauksen aikana tutkittiin myös silmämääräisesti putkilinjojen ja kuivaajien höyrypatterien kuntoa. Putkilinjat olivat pääsääntöisesti hyvässä kunnossa paria yksittäistä eristeiden rikkoutumista lukuun ottamatta. Katon kautta kulkevien höyry- ja lauhdelinjojen putkien eristeet olisi hyvä korjata, sillä kattolla putket altistuvat suuremmille lämpötilavaihtelulle ja sääolosuhteille, kuten lumelle ja sateelle (kts. kuvio 7). Putkien jatkuvat altistuminen kosteudelle lisää niiden ulkoista ruostumista. Kuivaajien sisäiset höyrypatterit olivat siistissä kunnossa ja merkittävin huomio oli niiden suhteen 5-kuivaajalla niihin kertynyt pihka, jota höyrystyy kuivaajan ilmaan havua kuivatessa (kts. kuvio 8).



Kuvio 7. Rikkoutunut 4- ja 5-kuivaajan lauhdeputken eriste

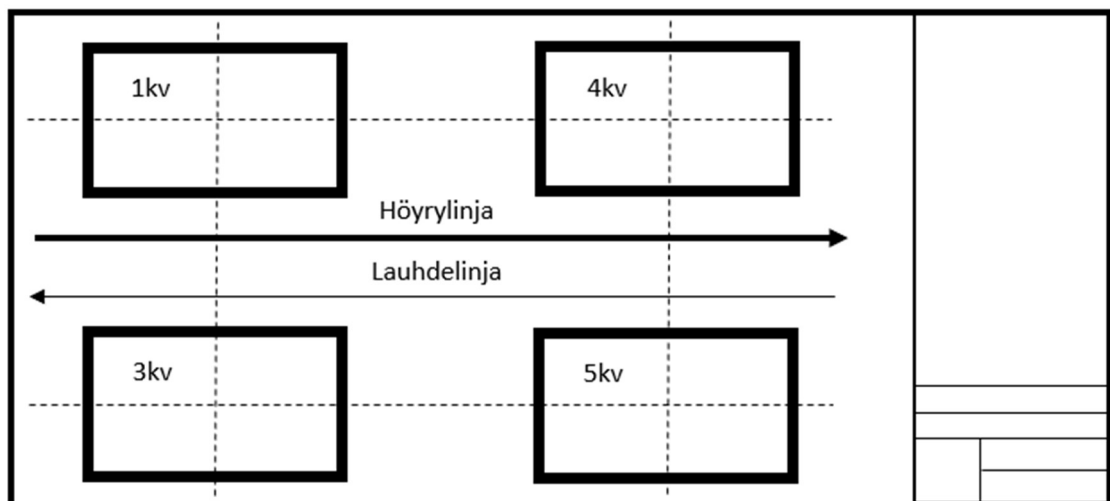


Kuvio 8. Pihkan kertyminen kuivaajan sisäosiin 5-kuivaajalla

Viilunkuivaajien höyryjärjestelmän kuvaamisen jälkeen aloitettiin PI-kaavion ensimmäisen version laatiminen, joka toteutettiin käsin paperille. Käsin laatimisen etuja olivat paperilehtiön helppo kuljetettavuus kiipeiltäessä hankalissa paikoissa sekä se, että höyryputkien pinnat olivat monelta osin puupölyn peitossa, mikä olisi ollut haitallinen ympäristö tarkoitukseen suunnittelelemattomalle kannettavalle tietokoneelle. PI-kaavion laatimisessa lähdettiin liikkeelle siten, että jokainen koivuvaneritehtaan kuivaaja piirrettiin omaksi kaaviokseen. Näistä osakuvista laadittiin yhdistämällä vielä käsin piirretty PI-kaavio, joka kattoi koivuvaneritehtaan kuivaajien höyryjärjestelmän kokonaisuudessaan. Koottuun kaavioon lisättiin putkikoot, jotka määritettiin höyry-

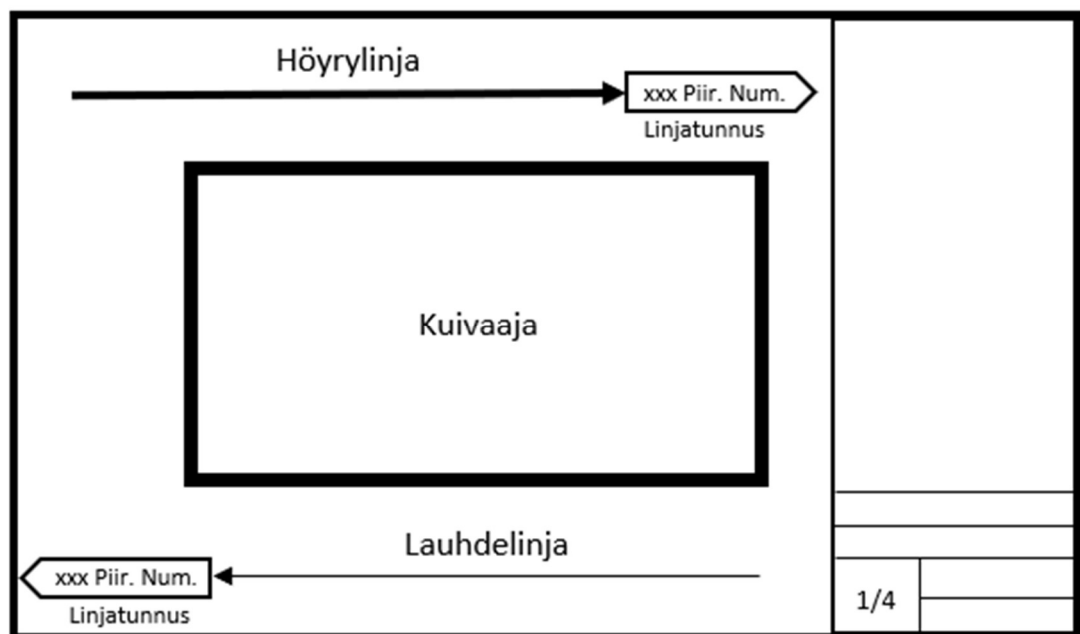
ja lauhdeputkiston laippojen koon perusteella ja lisäksi varmistettiin mahdollisuuksien mukaan työntömitan avulla. Koiden määrittämiseen käytettiin PN 40 laippojen paineluokan mukaista kokotaulukkoa. Kaikkien putkien ulkohalkaisijaa ei ollut mahdollista varmistaa eristekerroksen takia.

Kun kaikki tarvittava tieto oli kerätty, aloitettiin PI-kaavion piirtäminen AutoCAD:n lisäosan Plant 3D:n avulla. Plant 3D valikoitui käytettäväksi koulun kautta saatavan lisenssin ja sen monipuolisten PI-kaavion laatimiseen suunniteltujen työkalujen ansiosta, joihin kuului muun muassa eri standardien mukaisia symbolikirjastoja. PI-kaavio päädyttiin toteuttamaan PSK 3603 – standardin mukaisesti, sillä aikaisemmin laaditut havuvaneritehtaan ja voimalaitoksen PI-kaaviot olivat ulkoasultaan pitkälti saman standardin mukaisia. PSK-standardeihin käsiksi pääseminen oli todella helppoa, sillä niitä pääsi lukemaan ja lataamaan PDF-formaatissa PSK-standardisoinnin verkkosivustolta. Ensimmäinen versio laadittiin hyvin pitkälti niin, että käsin tehty koko koivu- vaneritehtaan viilunkuivaajien höyryjärjestelmä siirrettiin sähköiseen muotoon. Piirustuksen pohjana käytettiin standardin (PSK 3630:2012, 5) mukaista A0-kokoista pohjaa, jolle laitteisto tulisi sijoittaa kahteen tai kolmeen vaakalinjaan. Voimalaitoksesta tulevat ja sinne menevät höyry- ja lauhdelinjat oli sijoitettu keskelle piirustusta ja kuivaajakohtaiset höyrylauhdekierrot oli sijoitettu kahteen vaakalinjaan, joissa kummassakin oli kaksi kuivaajaa (kts. kuvio 9). Näin toteutettuna PI-kaaviosta tuli sekava ja se sisälsi runsaasti risteäviä linjoja ja mutkia, joita tulisi välttää. Lisäksi piirrettyjen saman suuntaisten putkilinjojen väli olisi osiltaan jäänyt alle standardin vaatiman 10 millimetrin. (PSK 3603:2012, 10-11.)



Kuvio 9. Kuivaajien ja putkilinjojen asetteleminen PI-kaavion versioon 1

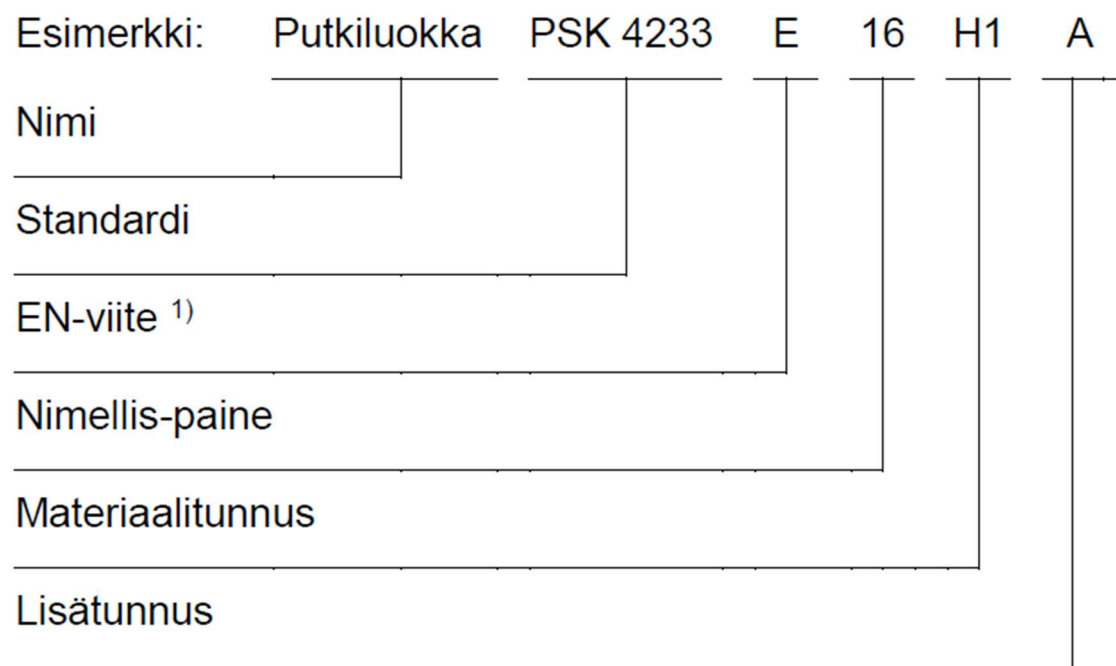
PI-kaavion toista versiota lähdettiin toteuttamaan siten, että jokainen kuivaaja piirrettiin omaan A1-kokoiseen piirustukseensa, jossa voimalaitoksen höyrylinja lähtisi piirustuksen vasemmasta yläreunasta ja lauhdelinja palaisi vasempaan alareunaan (kts. kuvio 10). Näin saataisiin putkilinjat ja komponentit sijoitettua harvemmin eikä niitä tarvitsisi skaalata niin pieneksi, että tulosten lukeminen saattaisi mennä hankalaksi. Johtuen siitä, että kuivaajat oli piirretty omiin PI-kaavioihinsa, tarvitsee piirustukset merkitä niin, että otsikkotaulussa näkyy piirustuksen numero ja kokonaissivujen lukumäärä. Myös PI-kaavioiden väliset putkilinjat tuli jatkaa sivulta seuraavalle osoitelaatikon avulla. Osoitelaatikkoon merkittiin sen kolminumeroinen tunnus, piirustuksen numero johon putkilinja on menossa sekä liittyvän putkilinjan tai toimilaitteen tunnus.



Kuvio 10. Kuivaajien ja putkilinjojen asetteleminen PI-kaavion versioon 2

Putkilinjojen piirtämiseen käytettiin Plant 3d:n prosessiputkistotyökalua, jonka avulla saatiin putkilinjoja lisättäessä päätettyä virtaava aine ja sen myötä ohjelma osasi valita putkilinjalle oikean värin ja viivapaksuuden. Putkilinjojen kanssa tuli kuitenkin myöhemmin opinnäytetyön edetessä ongelmia, sillä ohjelmisto ei tuntenut PSK-standardeja vaan piirtäminen oli suoritettava ISO-standardin mukaan. Tämän takia esimerkiksi putkilinjojen ja toimilaitteiden merkinnät olivat erilaiset kuin mitä PSK

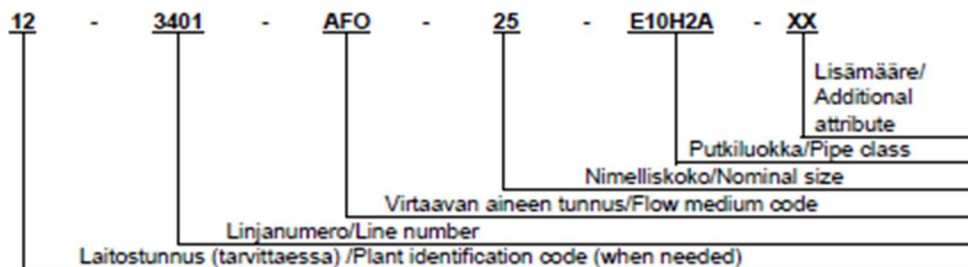
vaatii. Toisaalta symboleissa PSK on käyttänyt mallina ISO:n virallistamia symboleja, joiden näiden osalta ei ollut tarvetta muokkauksille. Putkilinja- ja laitetunnukset olisi ollut helppo korjata, mutta ohjelmistovian takia ei päästy muokkaamaan projektin asetuksia, minkä takia korjaukset piti tehdä manuaalisesti AutoCAD-ohjelman perusversion avulla. Rentola (Rentola 2016, 15) on määrittänyt opinnäytetyössään kuuma-lujan seostamattoman teräksen (St 35.8) yhdeksi putkilinjojen materiaaliksi, joka tiedettiin koivuvaneritehtaan kuivaajien höyryjärjestelmän materiaaliksi. SFS-standardin mukaan määritetyn St. 35.8/1:n EN-standardin mukainen vastine on P235GH (Materials Comparison n.d.). PSK-standardin mukainen putkiluokka on ”Putkiluokka PSK 4208 E25C1B”, putkistojen paineluokan ollessa PN 16 (kts. kuvio. 11). PI-kaaviossa putkiluokasta käytetään lyhennettyä versiota: E25C1B. (PSK 4201:2017, 2-6.)



Kuvio 11. Putkiluokan nimeäminen (PSK 4201:2017, 2)

Virtaavina aineina PI-kaaviossa olivat höyry, lauhde sekä prosessivesi, jota käytettiin ruiskutusventtiileissä. Virtaavien aineiden nimeämisessä noudatettiin PSK- standardin 0901 periaatteita. Standardin mukaiset lyhenteet virtaaville aineille olivat seuraavat: HOY (höyry), LAU (lauhde) ja VRA (raakavesi) (PSK 0901:2001, 3; 6). Höyryjärjes-

telmästä kerättyjen tietojen ja putkiluokan avulla laadittiin putkilinjatunnus, joka antaa tarvittavat tiedot putkilinjasta. Laitostunnusta ja lisämäärettä ei otettu käyttöön vaan tieto tehtaasta ja kuivaajasta sisällytettiin linjanumeroon (kts. Laitepositiointi).



Kuvio 12. Putkilinjatunnuksen nimeäminen PI-kaaviossa (PSK 3603:2012, 17)

Toimilaitteiden ja instrumenttien piirrosmerkkeinä käytettiin PSK-standardin 3601 symboliluetteloa, jonka symbolit ovat suurilta osin vastaavia, kuin Plant 3D:stä valmiina löytyvät ISO-standardin mukaiset PID – objektit. Varusteet ja laitetunnukset nimitään standardin PSK 3603 mukaan niin, että ensin tulee tarvittaessa kaksinumeroisen laitostunnus, sitten varustetyyppi joko yhdellä tai kahdella kirjaimella ja viimeiseksi kaksinumeroinen juokseva järjestysnumero. PI-kaavioon tulee myös laatia jokaiselle laitteelle laitetietotaulukko, joka sijoitetaan PI-kaavion oikeaan laitaan niille varattuun tilaan. Mikäli laitoksella on käytössä jo jokin vakiintunut merkitsemisjärjestelmä, voidaan sitä käyttää standardin mallin sijasta. (mts. 14-18)

4.4.2 Laitepositiointi

Laitepositioinnin ideana on määrittää prosessin laitteille ja varusteille yksilölliset tunnukset, joilla ne merkitään PI-kaavioon ja toimilaitteille, jolloin PI-kaavion lukeminen ja laitteiden tunnistaminen helpottuu. Suolahden vaneritehtailla ei ole laadittuna ajan tasalla olevaa PI-kaaviota tai -kaavioita, joiden laitepositioinnissa tai putkilinjojen merkinnässä olisi noudatettu yhteistä linjaa. Sekä havuvaneritehtaan, että voimalaitoksen putkistot sisältävät siis samoilla tunnuksilla varustettuja putkilinjoja ja laitteita. Laitepositiointia varten kehitettiin uusi järjestelmä, jonka käyttöä voisi harkita, mikäli tehdasalueen PI-kaavioiden merkinnät ja ulkoasu joskus yhdistettäisiin. Tämä voisi olla hyvä aihe tulevaisuuden opinnäytetyölle. Laitepositioinnissa noudatettiin aikaisemmin mainittuja (5.2.1 PI-kaavion laatiminen, 21) merkintätapoja. Laitepositioinnin tueksi myös laadittiin nimeämisohje (kts. Liite 5).

4.4.3 Laitelistaus

Laitelistaus laadittiin siten, että PI-kaavioiden laatimisen aikana putkilinjoille, laitteille ja varusteille merkatut tiedot noudettiin Excel-tiedostona Plant 3D:n Data Manager – komennon avulla. Komennon avulla pystyy noutamaan, joko projektin kattavia tai yksittäisen piirustuksen listoja käytetyistä putkilinjoista, komponenteista ja niiden ominaisuuksista. Listoja joutui kuitenkin muokkaamaan Excel:ssä niin, että ne täyttivät toimeksiantajan vaatimukset sekä sisälsivät tarvittavat standardin (PSK 3602:2008, 2-18.) laite- ja varustekohtaisesti määrättyt tiedot. Jatkokehitysideana laiteluettelon tietosisällön voisi täydentää ja laatia kuivaajien höyryjärjestelmälle kunnossapitosuunnitelman.

4.5 Viilunkuivaajien energialaskenta

Viilunkuivaajien energialaskennassa tarkoituksena oli määrittää kuivaajille lämpöteho sekä energiankulutus. Lämpöteho saadaan määritettyä, kun tiedetään kuivaajaan menevän tulistetun höyryn massavirta, paine ja lämpötila sekä lauhteen paine. Näiden tietojen perusteella määritettiin tulistetulle höyrylle, lauhteelle ja lauhteesta muodostuvalle hönkähöyrylle entalpia-arvo, joiden avulla saatiin kaavojen 1 ja 2 avulla laskettua lämpöteho, kun massavirta tiedettiin. Lämpötehon määrittäminen toteutettiin Vepsäläisen (Vepsäläinen 2016, 20) opinnäytetyössä käytetyn menetelmän mukaan olettaen, että hönkähöyryn määrä on 20 prosenttia. Hönkähöyry on lauhteesta, eli kylläisestä vedestä, lauhteen paineen laskiessa muodostuvaa höyryä (Merritt 2015, luku 2). Vepsäläisen menetelmää ja oletusta hönkähöyryn määrästä käytetään, sillä hänen opinnäytetyönsä mitoitus toteutettiin Suolahden havuvanertehtaan kuivaajalle, jolloin samaa menetelmää käytettäessä koivuvanertehtaan kuivaajille laskettu lämpöteho on vertailukelpoinen havuvanertehtaan kuivaajalle lasketun lämpötehon kanssa. Lämpötehojen ja energioiden laskentaan käytettiin viikon 38 ajalta mitattuja lukuarvoja (Liitteet 8-12). 3-kuivaajalle ei saatu määritettyä lämpötehoa, automaatiojärjestelmän puutteellisten mittausten takia. Lisäksi kuivaajien lauhteen lämpötila jouduttiin arvioimaan puuttuvien mittauksien takia.

$$\dot{Q} = \dot{m} * \Delta h \quad (1)$$

$$\Delta h = h_{g,in} - 0,8 * h_{f,out} + 0,2 * h_{g,out} \quad (2)$$

\dot{m} = Höyryn massavirta (kg/s)

$h_{g,in}$ = Tulistetun höyryn entalpia (kJ/kg)

$h_{f,out}$ = Lauhteen kylläisen veden entalpia (kJ/kg)

$h_{g,out}$ = Lauhteen kylläisen vesihöyryn entalpia (kJ/kg)

Lisäksi kuivaajien höyrypatteristolle määritettiin energian kulutus kaavan 3 mukaisesti. Kuivaajakohtainen lämpöenergiankulutus laskettiin kuivaajalle vuosi tasolla. Laskennassa tehona käytettiin jo määritettyä lämpötehoa. Aika on määritetty siten, että kuivaajat ovat käytössä vuodessa noin 45 viikkoa. Eri kuivaajilla käytössä olevien vuorojärjestelmien tuomat erot käyttötunteihin on otettu huomioon siten, että työaikamuodon TAM 35 kuivaaja (1-kuivaaja) on ajossa vain 5 vuorokautta viikossa, eikä ole toiminnassa juhlapyhinä. Tuotantoon vaikuttavia viikolle osuvia juhlapyhiiä, jotka eivät eivät ole vapaapäiviä TAM 36:ssa on 6 kappaletta. Työaikamuodon TAM 36 kuivaajat puolestaan ovat ajossa 6 vuorokautta viikossa.

$$E = \dot{Q} * t \quad (3)$$

Viilunkuivaajien höyrypatteriston määritetyt tehon ja energiankulutuksen arvot (kts. taulukko 1):

Taulukko 1. Viilunkuivaajien höyrypatteriston määritetyt tehon ja energiankulutuksen arvot

Viilunkuivaajat	Lämpöteho MW	Energiankulutus GWh/a	Arvio vuosittaisista käyttötunneista
1-kuivaaja	3,2	17,2	5400
3-kuivaaja			
4-kuivaaja	3,6	23,6	6480
5-kuivaaja	3,5	22,6	6480

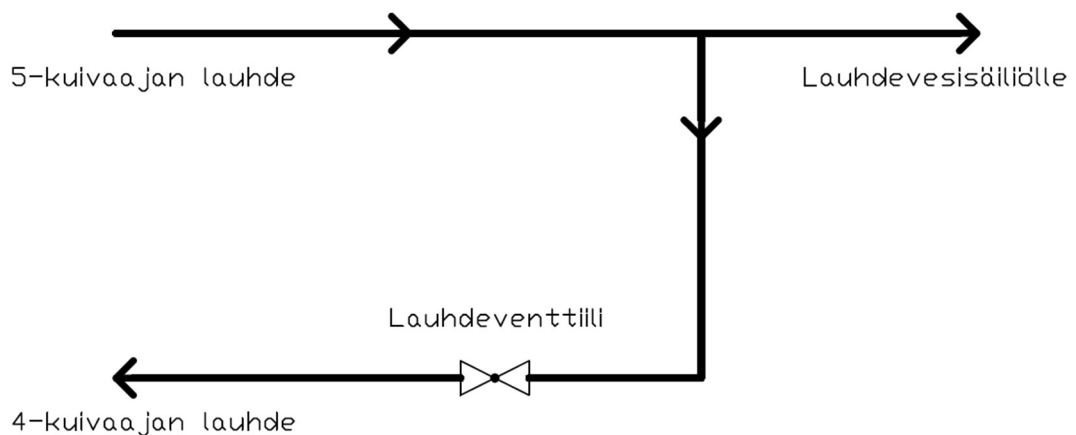
4.6 Lauhdehäviöt

Viilunkuivaajien höyryjärjestelmän lauhdehäviöt tuli määrittää olemassa olevia mittauksia avuksi käyttäen. Kuivaajien lauhdejärjestelmässä lauhdehäviöitä muodostuu pääasiassa kuivaajien lämmityksen ja jäähdytyksen aikana. Tällöin avataan vesitysventtiili, jonka kautta lauhdevesi pääsee virtaamaan putken kautta kuivaajan sivussa oleviin kanaaleihin ja niiden kautta viemäriin. Kuivaajilla ei kuitenkaan mitata kuin tulohöyryn massavirta. Lauhteen massa- tai tilavuusvirran mittausta ei ole kuivaajakohteisesti eikä edes piirikohtaisesti voimalaitoksella. Voimalaitoksella tiedetään ainoastaan vesimittarin mittauksen perusteella koko järjestelmän lisäveden määrä, joka on noin 100 m³ vuorokaudessa. Näin ollen kuivaajien lauhdehäviöiden määrää ei voida mittausten perusteella määrittää. Muita lauhdehäviöiden aiheuttajia ovat mm. vuodot, mutta selvitystä tehtäessä ei havaittu merkittäviä vuotoja. Ainoat havaitut vuodot olivat määrällisesti merkittömiä ja lähinnä lämmityksen aikana tapahtuvia toimilaitteiden vuotoja.

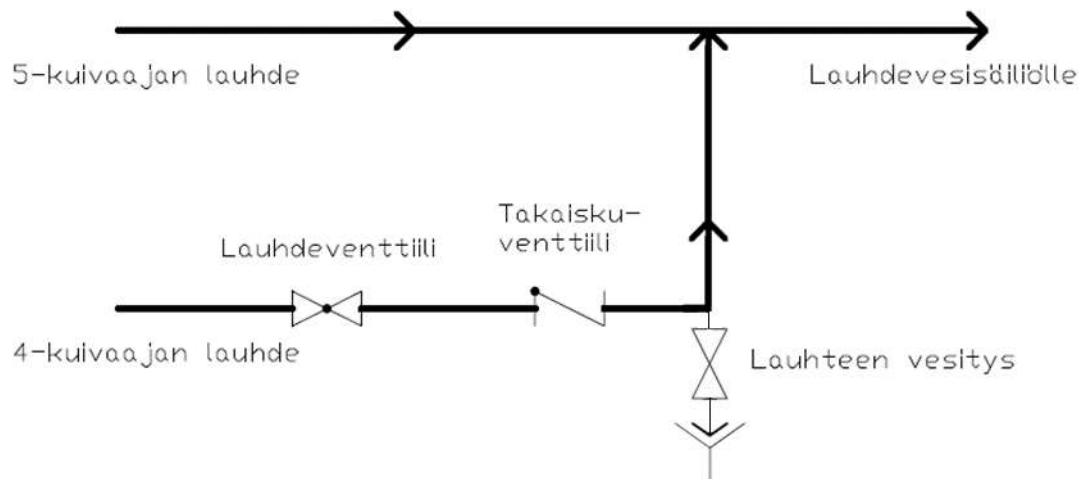
5 Kehitysehdotukset

5.1 4- ja 5-kuivaajan lauhdeputken takaiskuventtiilit

Kuivaajien käyttöhenkilökunnan kanssa keskustellessa tuli ilmi ongelma, joka koskee 4- ja 5-kuivaajan lauhdejärjestelmää. Molemmat kuivaajat liittyvät samaan lauhdelinjaan, joka palaa 1-kuivaajan kautta voimalaitoksen lauhdevesisäiliöön. Normaalisti työviikkoa aloitettaessa 5-kuivaaja on jo täydessä tuotannossa silloin, kun 4-kuivaajaa aletaan lämmittämään. Tämä johtaa siihen, että 4-kuivaajaa lämmitettäessä kuivaajan sisäinen paine jää pienemmäksi kuin lauhdeputken paine ja lauhde pääsee virtaamaan väärään suuntaan. Tämä aiheuttaa voimakkaita paineiskuja kuivaajan lauhdeputkistoon ja höyrypattereihin (kts. kuvio 13). Lisäksi jos 5-kuivaaja lämmitetään 4-kuivaajan jälkeen, joudutaan 4-kuivaajan moottorihöyryventtiili sulkemaan siksi aikaa paineiskujen välttämiseksi. Ongelma saataisiin ratkaistua lisäämällä 4-kuivaajan lauhdelinjaan lauhdeventtiilin ulosvirtauspuolelle takaiskuventtiili ja johtuen putkilinjan noususta myös vesityslinja (kts. kuvio 14). Vesityslinjan avulla saadaan takaiskuventtiin päälle jäänyt lauhdevesipatsas poistettua putkistosta. Takaiskuventtiin ja vesityksen tarkka mitoitus olisi hyvä aihe, mikäli kuivaajista tehdään lähiaikoina uusia opinnäytetöitä. Muutoksen avulla saataisiin lämmityksen yhteydessä lisää aikaa tuotannolle ja sitä kautta säästöä, sillä ongelma hidastaa merkittävästi 4-kuivaajan lämmitystä.



Kuvio 13. Lauhdejärjestelmän vikatilanne



Kuvio 14. Korjausehdotus 4-kuivaajan lauhdelinjaan

5.2 Suolahden tehdasalueen PI-kaavioiden yhdenmukaistaminen

Suolahden tehdasalueelle laaditut PI-kaaviot on toteutettu ilman yhteistä nimeämisperiaatetta. Tämän takia putkilinjoissa ja laitetunnuksissa on päällekkäisyyksiä eri PI-kaavioiden välillä. Kaikista olemassa olevista PI-kaavioista tulisi laatia koko tehdasalueen kattava PI-kaavio, missä olisi määritetty yhteinen nimeämisperiaate laitteille ja putkilinjoille ja laadittu PI-kaavio tulisi myös päivittää säännöllisesti, jotta se pysyisi ajan tasalla. Yhteisellä PI-kaaviolla saataisiin parannettua kunnossapidon suunnittelua ja tarkkuutta sekä vältettäisiin PI-kaavioiden merkintöjen päällekkäisyyksistä aiheutuvia sekaannuksia.

5.3 PI-kaavioiden päivittäminen

Laadittujen ja jo olemassa olevien PI-kaavioiden tietosisältö tulisi tarkastaa ja päivittää säännöllisesti. Jokaisen prosessiin liittyvän muutoksen yhteydessä tulisi PI-kaavio päivittää ajan tasalle jo muutosten suunnitteluvaiheessa. PI-kaaviot tulisi myös tarkastaa määräajoin, esimerkiksi vuosittain, jotta ne tulisi läpikäytyä säännöllisesti. Päivittämisen varmistamiseksi tulee määrätä vastuhenkilö, joka vastaa PI-kaavioiden päivittämisestä sekä vuosittaisten katsauksien järjestämisestä.

6 Pohdinta

Valitsin tarjotun opinnäytetyön aiheen, koska halusin kehittyä PI-kaavioiden laatimisessa ja hyödyntää samalla mahdollisuuden tutustua teolliseen höyryjärjestelmään käytännössä. Aihe oli tutkimisen arvoinen, koska PI-kaavion laatiminen mahdollistaa tarkemmat investointi- ja huoltosuunnitelmat, joiden seurauksena syntyy rahallisia säästöjä. Kuivaajien lauhdehäviöiden ja tehon määrittämisellä voidaan arvioida kuivaajakohtaisesti höyryjärjestelmän kuntoa ja löytää mahdollisia vikoja.

Tavoitteista saavutettiin PI-kaavio koivuvaneritehtaan viilunkuivaajien höyryjärjestelmälle laitepositioineen, jolle laadittiin lisäksi laite- ja putkilinjaluettelot. Viilunkuivaajakohtaiset lämpöteho ja vuosittainen energiankulutus saatiin myös määritettyä, lukuun ottamatta 3-kuivaajaa. 3-kuivaajan tehon ja vuosittaisen energian kulutusta ei saatu määritettyä, kuten ei myöskään kuivaajakohtaisia lauhdehäviöitä, koska niiden selvittämiseen tarvittavia mittauksia ei ollut tai ne olivat epäkunnossa. Koko tehdasalueen PI-kaavioille laadittiin lisäksi PSK-standardien mukainen nimeämisperiaate, jota suosittelen käytettäväksi pohjana koko tehdasalueen PI-kaavioiden merkintöjen yhdistämiselle.

Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttivat tutkijan vähäinen kokemus PI-kaavioiden laatimisesta ja se, että tutkimukseen käytettävien standardien määrä oli suuri, jolloin väärin ymmärtämisen riski on olemassa. Lisäksi höyryputkien hankala sijainti ja likaisuus vaikuttivat ajoittain havainnointiin ja lisäsivät virheen mahdollisuutta. Viilunkuivaajien tehon osalta laskennan otannan lisäämisellä olisi saatu luotettavampi lopputulos, mutta jo käytettyä otantaa tarkastelemalla saatiin hyvin prosessin keskimääräistä kulkua vastaavaa mittaustulosta. Mittareiden kalibrointijankohdastakaan ei ollut täyttä varmuutta, mikä osaltaan vaikuttaa mittaustulosten luotettavuuteen. Lopputulokset olivat kuitenkin johdonmukaisia keskenään, kuivattuun viilumäärään nähden sekä aikaisemman opinnäytetyön tuloksiin verrattuna. Tehtaan henkilökunnan haastattelemisen tapahtui työn kautta ja ilman haastattelupöytäkirjaa, joten kirjallista näyttöä kaikista väitteistä ei ole olemassa vaan ne ovat niin sanottuja yleisesti tiedossa olevia faktoja. On myös mahdollista, että aineistona käytetyissä Suolahden vaneritehtaan tehdyissä opinnäytetöissä on asiavirheitä. Laajuudeltaan opinnäyte-

työ oli sopiva, joten aiheen rajaamisessa oli onnistuttu, jolloin opinnäytetyön aiheisällöt pystyttiin käsittelemään kyllin laajasti, jotta lukijalle muodostuu hyvä kuva tutkituista asioista.

Opinnäytetyössä saavutettuja tuloksia voidaan hyödyntää jatkossa koivuvaneritehtaan viilunkuivaajien höyryjärjestelmää ja sen energiatehokkuutta kehitettäessä, tai laadittaessa investointi- tai kunnossapitosuunnitelmia. Kehitysehdotusten avulla voidaan parantaa viilunkuivaajien toimintavarmuutta ja tuotannon tehokkuutta. Yhteinäistämällä koko tehdasalueen PI-kaaviot voitaisiin välttää sekaannuksia ja helpottaa kunnossapidon työskentelyä. Tuloksien avulla lukijan tulisi saada hyvä käsitys siitä, kuinka PI-kaavio tulee laatija ja mitä asioita tulee ottaa huomioon, kun laadintaan sovelletaan PSK-standardeja.

Lähteet

4-viilunkuivaajan käyttöohje. 2001. Raute:n käyttöohje Suolahden koivuvaneritehtaalle toimittamalleen 4-viilunkuivaajalle. Raute Oy.

Autocad. N.d. Artikkelit vapaassa verkkosanakirjassa Wikipediassa. Viitattu 15.10.2018. <https://fi.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>

AutoCAD Plant 3D:n ominaisuudet. N.d. AutoCAD Plant 3D-ohjelmiston esittely Autodeskin verkkosivuilla. Viitattu 15.10.2018. <https://www.autodesk.fi/products/autocad/included-toolsets/autocad-plant-3d>

Huhtinen M. 2004. Höyrykattilatekniikka. Helsinki: Edita.

Huhtinen M., Korhonen R., Pimiä T., Urpalainen S. 2013. Voimalaitostekniikka. Opetushallitus.

Hurley S. 2018. AutoCAD Release History. Blogikirjoitus. Viitattu 16.10.2018. http://autodesk.blogs.com/between_the_lines/autocad-release-history.html

Holopainen V. 2018. Teollisuusstandardeja 40 vuotta. Artikkelit PSK-yhdistyksen historiasta PSK-standardisoinnin sivustolla. Viitattu 15.10.2018. <https://janet.finna.fi/>, PSK.

Kestävästi metsästä. 2018. Metsä Groupin esite 2017 yrityksen verkkosivuilla. Viitattu 1.10.2018. <https://www.metsagroup.com/en/Documents/Publications/Metsa-Group-kestavasti-metsasta-2017.pdf>

Koivuvanerin valmistus. N.d. Koivuvanerin valmistuksesta kertova video Metsä Woodin verkkosivuilla. Viitattu 9.10.2018. <https://www.metsawood.com/fi/media/videot/Pages/Koivuvanerin-valmistus-video.aspx>

Lauhteenpoisto. N.d. Gestra-lauhteenpoistimien esittely Konwell-yrityksen verkkosivuilla. Viitattu 14.10.2018. <https://www.konwell.fi/fi/tuotteet/hoyry-ja-lauhde/teollisuusventtiilit/lauhteenpoisto>

Materials comparison. N.d. Metallien muunnostaulukko Nantong Industrial Products yrityksen verkkosivuilla. Viitattu 18.10.2018 http://www.nipchina.com/en/images/nip_material_comparsion.pdf

Merritt C. 2015. Process Steam Systems : A Practical Guide for operators, maintainers, and designers. John Wiley & Sons, incorporated.

Metsästä maailmalle. N.d. Metsä Groupin organisaatioesittely yrityksen verkkosivuilla. Viitattu 1.10.2018. <https://www.metsagroup.com/fi/yhtio/Pages/default.aspx>

Metsä Wood lyhyesti. N.d. Metsä Woodin esittely yhtiön verkkosivuilla. Viitattu 1.10.2018. <https://www.metsawood.com/fi/yritys/Pages/Yritys.aspx#Mets-Wood-lyhyesti>

Nebitt B. 2007. Handbook of Valves and Actuators. Butterworth-Heinemann.

PSK Standardisointi N.d. Yleistä tietoa PSK standardisoinnista yhdistyksen verkkosivuilla. Viitattu 15.10.2018. <https://janet.finna.fi/>, PSK.

PSK 0901:2001. Virtaavien aineiden nimet, lyhenteet ja lyhenteiden muodostaminen. 4. painos. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys. Viitattu 15.10.2018. <https://janet.finna.fi/>, PSK.

PSK 3601:2007. Prosessiteollisuuden virtauskaavioiden piirrosmerkit. 2. painos. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys. Viitattu 15.10.2018. <https://janet.finna.fi/>, PSK.

PSK 3602:2012. Prosessiteollisuuden virtauskaavioiden piirrosmerkit. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys. Viitattu 17.10.2018. <https://janet.finna.fi/>, PSK.

PSK 3603:2012 PI-kaavion esitystapa ja merkitsemisohje. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys. Viitattu 15.10.2018. <https://janet.finna.fi/>, PSK.

PSK 4201:2017. Putkiluokat. Määrittely. 4. painos. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys. Viitattu 15.10.2018. <https://janet.finna.fi/>, PSK.

Rentola M. 2016. Höyry-, lauhde- ja kuumavesiputkistojen kunnonvalvonta. Opinnäytetyö AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulun tekniikan ja liikenteen ala, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 19.6.2018

<http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/114051/Hoyry-+lauhde-+ja+kuumavesiputkistojen+kunnonvalvonta.pdf;jsessionid=7F71015BB4F118D1FCE7E1384A8813B9?sequence=1>

Steam trap 25/2. N.d. Gestran valmistaman lauhteenpoistimen asennusopas.

Vaneri. N.d. Artikkelin Puuinfo:n verkkosivuilla. Viitattu 8.10.2018. <https://www.puuinfo.fi/puutieto/levytuotteet/vaneri>

Vanerikäsikirja. 2005. Metsäteollisuus Ry. Viitattu 7.10.2018. <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Vanerik%C3%A4sikirja.pdf>

Vepsäläinen J. 2016. Viilunkuivaimen kuivausilman lämpötilan nostaminen. Opinnäytetyö AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulun tekniikan ja liikenteen ala, energiatekniikan koulutusohjelma. Viitattu 19.6.2018

<http://www.theseus.fi/handle/10024/116310>

Wacker R. 2016. Metsä Woodin Suolahden vaneritehtaille tulevan vierastoimittajien toimittaman havusorvitukin laatuvertailu. Opinnäytetyö AMK. Seinäjoen ammattikorkeakoulun elintarvike ja maatalousala, Metsätalouden koulutusohjelma. Viitattu 19.6.2018 http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/108493/Wacker_Rik-hard.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Liitteet