



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SOODAKATTILAN SEKUN- DÄÄRI- JA TERTIÄÄRI-IL- MAREKISTERIEN TUOT- TEISTAMINEN

TEKIJÄ/T: Henri Kamppuri

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Henri Kamppuri	
Työn nimi Soodakattilan sekundääri- ja tertiääri-ilmarekisterien tuotteistaminen	
Päiväys	21.5.2019
Sivumäärä/Liitteet	24/9
Ohjaaja(t) Lehtori Seppo Ryyänen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) UKKO-STEAM Oy / Janne Kolehmainen	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä opinnäytetyö toteutettiin UKKO-STEAM Oy:lle. Opinnäytetyössä toteutettiin sekundääri- ja tertiääri-ilmarekisterien tuotteistaminen. Opinnäytetyössä keskityttiin soodakattiloissa käytettäviin ilmarekistereihin.</p> <p>Opinnäytetyössä tarkoituksena oli saada tuotteistettua ilmarekisterit suunnittelu- ja valmistusprosessin nopeuttamiseksi ja ilmarekisterien elinkaaren hallinnan optimoimiseksi. Tuotteistamalla parannetaan myös valmistuksen jälkeistä huoltoa ja varaosien valmistusta. Sekundääri- ja tertiääri-ilmarekisteistä tehtiin 3D-suunnittelun avulla perusmalli, jota voidaan helposti muokata asiakkaan tarpeiden mukaan räätälöidyksi. Työkaluina tuotteistamisessa käytettiin Vertexin 3D-suunnitteluohejelma G4:ä, sekä Vertexin Flow tuotetiedonhallintajärjestelmää.</p> <p>Kehitystyö onnistui odotetusti ja tuotteistus onnistui. Tarvittaessa tuotteistamisprosessia voidaan hyödyntää myöhemmin myös muihin yrityksen tuotteisiin.</p>	
<p>Avainsanat</p> <p>Ilmarekisteri, Tuotteistaminen, Soodakattila, 3D-suunnittelu, PDM, PLM</p>	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering			
Author(s) Henri Kamppuri			
Title of Thesis Productization of Secondary and Tertiary Air Registers in Recovery Boilers			
Date	21.5.2019	Pages/Appendices	24/9
Supervisor(s) Lecturer Seppo Ryyänen			
Client Organisation /Partners UKKO-STEAM Oy / Janne Kolehmainen			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was commissioned by UKKO-STEAM Oy. The thesis focused on the productization of secondary and tertiary air registers used in recovery boilers.</p> <p>The aim of the productization process is to make the designing and the manufacturing time shorter and more cost-efficient. The productization process helps to manage the life cycle of the air register for better maintenance and after sales service. A basic 3D-model of the secondary and tertiary air register was made to a product lifecycle management system and that model can easily be modified for customer's needs. The program used for the 3D-modeling was Vertex G4 Plant which is a device and plant designing program. The product lifecycle management program Flow was provided by Vertex</p> <p>In the end the development project was completed successfully. Productization can be applied to other products in the future if needed.</p>			
<p>Keywords Air register, Productization, Recovery boiler, 3D-modeling, PDM, PLM</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
1.1	Työn taustat ja tavoite	5
1.2	Toimeksiantajan esittely	5
1.3	Lyhenteet ja määritelmät.....	6
2	SOODAKATTILA	7
2.1	Soodakattilan tehtävät	7
2.2	Soodakattilan rakenne.....	8
2.3	Tulipesäprosessi	9
2.4	Ilmanjako	9
2.5	Hajukaasujen poltto	12
2.5.1	Laimeat hajukaasut.....	12
2.5.2	Väkevät hajukaasut.....	13
3	TUOTTEISTAMINEN.....	14
3.1	Modulaarisuus ja tuotteen modularisointi.....	14
4	ILMAREKISTERIEN MODULAARISUUS	16
4.1	Ilmarekisterien osiin jako ja tuotepuu.....	16
4.2	Ilmarekisterin vakioitavat ja muokattavat osat	16
5	ILMAREKISTERIEN SUUNNITTELU	18
5.1	Suunnittelun valinnat	17
5.2	Tuotekonfiguraattori vai yksilörakenne?.....	18
5.3	Geneerinen nimike ja yksilörakenteen käyttö	19
5.4	Geneerisen nimikkeen ja nimikerakenteen testausta.....	20
6	PERUSMALLISTA ASIAKKAALLE RÄÄTÄLÖIDYKSI	21
7	OHJEET JA KEHITYSMAHDOLLISUUDET	22
8	YHTEENVETO.....	23
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	24
	LIITE 1: ILMAREKISTERIN TUOTEPUU	25

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustat ja tavoite

Opinnäytetyön toimeksiantaja UKKO-STEAM Oy toimii suunnittelijana ilmarekistereitä valmistavalle yritykselle ja yrityksen on tarkoitus tulevaisuudessa tarjota asiakkaalle ilmarekistereitä valmiina tuotteina. Opinnäytetyö liittyy yrityksen tarpeeseen saada tuotteistettua ilmarekisterit suunnittelu- ja valmistusprosessin nopeuttamiseksi ja ilmarekisterien elinkaaren hallinnan optimoimiseksi.

Tavoitteena opinnäytetyössä on saada sekundääri- ja tertiääri-ilmarekistereistä rakennettua valmis malli Vertex Flow tuotetiedonhallintajärjestelmään.

Opinnäytetyössä olevat sekundääri- ja tertiääri-ilmarekisterit valmistetaan selluteollisuuden käytössä olevaan kattilalaitokseen soodakattila käyttöön. Sekundääri- ja tertiääri-ilmarekistereitä käytetään myös voimalaitoskattiloissa ja rakenteeltaan ne ovat osin samanlaisia kuin soodakattiloissa käytettävät.

1.2 Toimeksiantajan esittely

Toimeksiantajana opinnäytetyössä on UKKO-STEAM Oy. Yritys tarjoaa asiakkailleen markkinoiden asiantuntevimpia suunnittelu- ja projektinhoitopalveluita sellu- ja energiateollisuuteen sekä höyrykattiloiden- ja järjestelmien valmistukseen. Yritys on vuonna 2014 perustettu globaalisti toimiva suomalainen perheyritys. Toimeksiantaja UKKO-STEAM Oy:llä on ollut Suomessa, Ruotsissa, Puolassa, Espanjassa, Uruguayssa ja Egyptissä. (UKKO-STEAM Oy, 2019)

Yritys tarjoaa asiakkailleen apua laitos- ja laitesuunnittelussa uudistus- ja modernisointiprojekteissa. Lisäksi yritys tarjoaa myös projektien myynti- ja hoitopalveluja. UKKO-STEAM Oy toimii osana asiakkaan projektiorganisaatiota, tukemalla projektien myynti- ja ostoprosesseja niin asennusta kuin käyttöönottoa varten huolehtimalla projektin johdosta, valvonnasta ja laadunvarmistuksesta sopimuksen mukaisesti. (UKKO-STEAM Oy, 2019)

UKKO-STEAM Oy tarjoaa myös kansainvälisesti pätevää IWE-hitsauskoordinointia ja hitsausosamista suunnittelun ja tuotannon avuksi. (UKKO-STEAM Oy, 2019)

1.3 Lyhenteet ja määritelmät

CNCG (Concentrated Non-Condensable Gas) = Väkevät hajukaasut

DNCG (Diluted Non-Condensable Gas) = Laimeat hajukaasut

PDM (Product Data Management) = Tuotetiedonhallinta

PLM (Product Lifecycle Management) = Tuotteen elinkaaren hallinta

Vertex Flow = Vertexin tuottama PDM/PLM ohjelma

Vertex G4 Plant = Vertexin tuottama 3D mekaniikka- ja laitossuunnitteluohjelma

Perusmalli = Malli ilmarekisteristä, johon voidaan tehdä asiakaskohtaisia räätälöintejä

2 SOODAKATTILA

Soodakattilaksi kutsutaan kattilaa, joka on suunniteltu kemiallisen puunjalostuksen sivutuotteena syntyvän mustalipeän polttoon. Soodakattila on sellutehtaan kallein ja myös tärkein yksittäinen osa. Soodakattilan toimintavarmuus on koko tehtaan ja sellunvalmistusprosessin kannalta tärkeää, ja soodakattilan oikealla toiminnalla on myös suuri merkitys päästöihin. Soodakattilan kaksoisrooli tekee sen suunnittelusta ja käyttämisestä monimutkaisempaan kuin tavallisempia polttoaineita käyttävien kattiloiden. (Suomen soodakattilayhdistys, 2019)

Soodakattiloissa käytettävä polttoaine on erikoislaatuista. Myös kemikaalien talteenotto sekä halutut kemialliset reaktiot vaativat soodakattiloihin erikoisratkaisuja, jollaisia muissa kattiloissa ei ole. (Huh-tinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2013, 70)

2.1 Soodakattilan tehtävät

Soodakattilalla päätehtävät ovat mustalipeän sisältämien keittokemikaalien talteenotto ja regenerointi, ja mustalipeän orgaanisen aineen poltto, sekä poltossa syntyvän lämmön talteenotto. Syntynyttä lämpöä käytetään tuottamaan soodakattilalla höyryä ja tällöin soodakattila toimii höyrykattilana. (Suomen soodakattilayhdistys, 2019)

Mustalipeän keittokemikaaleista natrium ja rikki otetaan talteen. Natriumin ja rikin erottaminen mustalipeästä tapahtuu polttamalla mustalipeän kuiva-aine soodakattilan tulipesässä. Mustalipeän poltossa syntyy lämpöenergiaa, joka otetaan talteen soodakattilan vesi/höyryjärjestelmässä kattilalaveteen. Höyryä voidaan myös käyttää prosessissa lämmittämiseen ja puhdistamiseen nuohoimissa. (KnowPulp, 2019)

Mustalipeän rikki pelkistetään natriumsulfidiksi ja pelkistyneen natriumsulfaatin määrän kertoo reduktioaste. Muu mustalipeään jäänyt natrium muodostaa poltossa syntyvän hiilidioksidin kanssa natriumkarbonaattia. Kattilan sulakourujen kautta pois valuvassa kemikaalisulassa on natriumsulfidia, natriumkarbonaattia ja natriumsulfaattia. Kemikaalisula liuotetaan laihavalkolipeään, jolloin syntyy viherliperiä, joka vuorostaan johdetaan kaustistamoon prosessoitavaksi keitossa käytettävään muotoon. (KnowPulp, 2019)

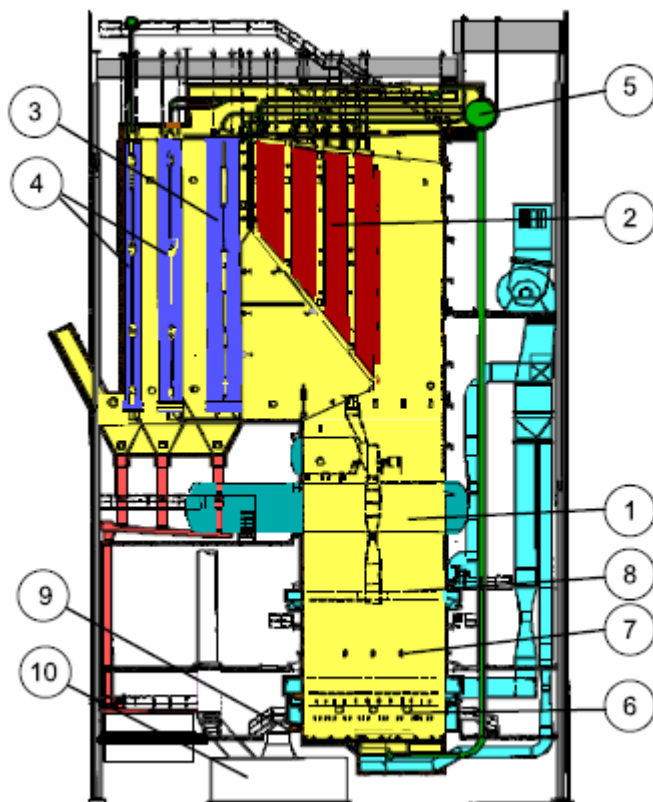
Näin ollen soodakattilan päätehtävät, eli sähkön ja höyryn tuottaminen, sekä kemikaalien talteenotto ovat täysin erillisiä prosesseja, koska kemikaalit voitaisiin erotella mustalipeästä myös ilman lämmön talteen ottamista.

2.2 Soodakattilan rakenne

Nykyaikainen soodakattila on suurtehosäteilykattila, jonka toiminta perustuu veden ja höyryn luonnonkiertoon. Soodakattila on päätehtävältään kemikaalien talteenottolaitos, joten tuotannon suuruus ilmaistaan arvolla t_{ka}/vrk , eli kuinka monta tonnia mustalipeän kuiva-ainetta poltetaan vuorokauden aikana. (KnowPulp, 2019)

Soodakattilat ovat luonnonkiertokattiloita, koska tyypilliset höyryn arvot ovat 85 baria ja 480°C. Modernit soodakattilat ovat rakenteeltaan yksilieriökattila. Yksilieriörakenne otettiin käyttöön 1985 kaksilieriörakenteen tilalle. Yksilieriörakenteen hyödyt kaksilieriörakenteeseen verrattuna ovat käyttöturvallisuus ja saatavuus. Yksilieriökattilat voidaan rakentaa toimimaan korkeammilla lämpötiloilla ja suuremmilla kapasiteeteilla. Myös kustannuksissa säästetään, koska yksilieriörakenteessa on vähemmän putkien liitossaumojia, joten pystytysaika on lyhyempi (Sebastian T., 2003. 204-205).

Kuvassa 1 näkyy soodakattilan rakenne. Soodakattila muodostuu teräsputkista rakennetuista lämmönsiirtopinnoista, joita on tulipesä (1), tulistimet (2), keittopinnat (3) ja ekonomaiserit (4). Ilmaa kattilaan syötetään primääri- ja sekundääri-ilmaohituksista (6) ja tertiääri-ilmaohituksesta (8). Mustalipeä ruiskutetaan kattilaan lipeäsuuttimesta (7) ja palamisesta jäänyt sula valuu kattilasta sulaohituksen (9) kautta liuotussäiliöön (10) (Sebastian T., 2003. 205).



KUVA 1. Yksilieriöisen soodakattilan rakenne (Sebastian T., 2003. 205)

2.3 Tulipesäprosessi

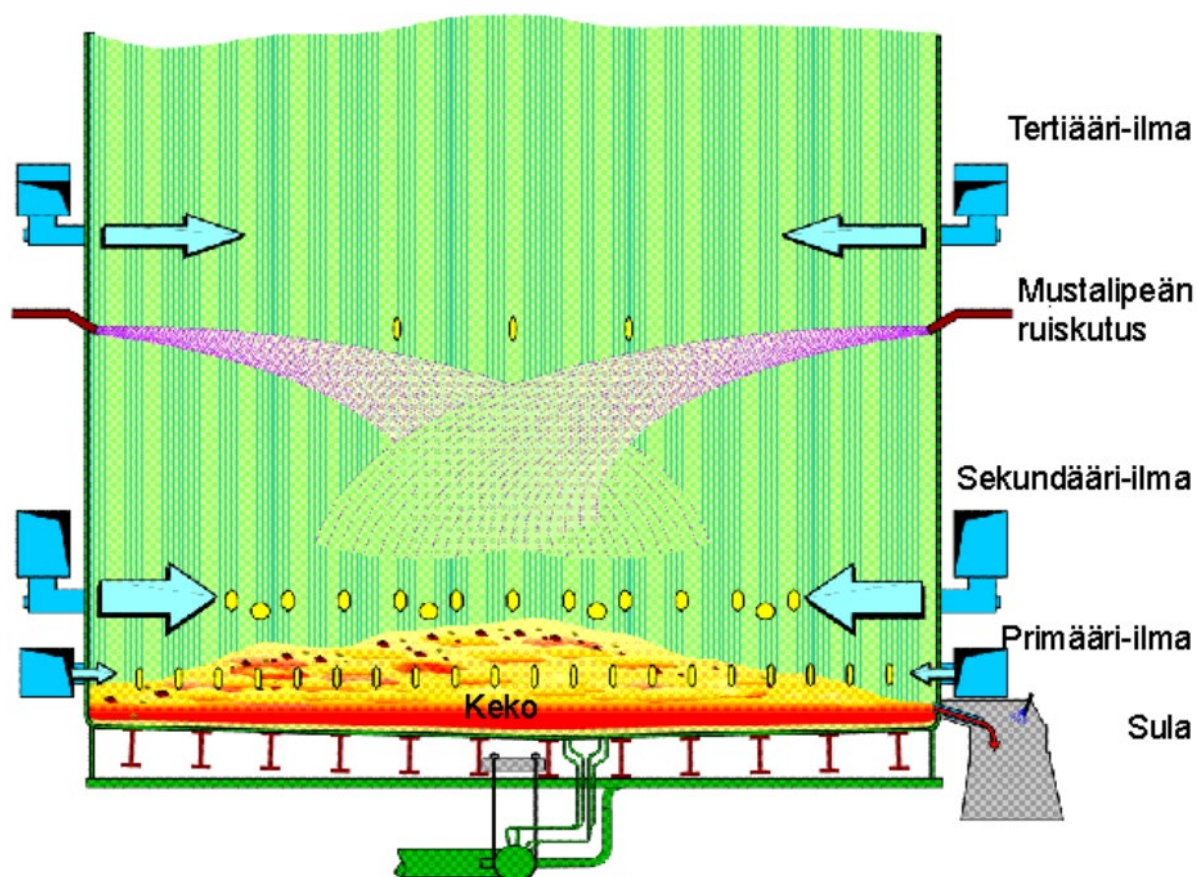
Polton aikana soodakattilan tulipesään syötetään suuttimien avulla mustalipeää, sekä palamista varten tarvittavaa ilmaa. Mustalipeä lämmitetään 115-130°C asteiseksi, jolloin sen viskositeetti on riittävä hyvän hajotuksen aikaansaamiseksi suuttimessa. Lipeä ruiskutetaan tulipesään käyttämällä lusikkasuutinta, joka hajottaa mustalipeän pieniksi pisaroiksi. Pisanan kokoon vaikuttaa mustalipeän viskositeetti, suutin ja syöttöpaine. Optimaalinen pisarakoko on 1-3 mm, jolloin pisarat ehtivät osittain kuivua ja pyrolysoitua. Kuitenkin pisanan koossa voi olla vaihtelua 0,5-5 mm välillä. Liian pienet pisarat pääsevät kulkeutumaan savukaasujen mukana ylöspäin kattilassa. Palamattomat tai vain osittain palaneet pisarat voivat tarttua lämpöpinnoille ja tukkia kattilaa, sekä syövyttää tulistinputkia. Pisanan kokoa tarkkaillaan seuraamalla tulipesän pohjalle syntyvää kekoa. Keon kokoon vaikuttavat ruiskutettavan mustalipeän lämpötila ja ruiskun asento ja sijainti, sekä tulipesään tuotavan ilman määrä. (KnowPulp, 2019)

Lipeä palaa tulipesässä kolmessa vaiheessa. Ensin ruiskutetusta lipeäpisarasta haihtuu kaikki vesi ja tapahtuu kuivuminen. Pyrolyysivaiheessa orgaanisesta aineesta osa hajoaa ja muodostuu hiilivetyjä ja muita palavia yhdisteitä. Haihtuessa aineet palavat ja lipeäpisara paisuu 20-30 -kertaiseksi. Samalla vapautuu suuri osa rikistä, natriumista ja typestä. Tässä vaiheessa paisunut pisara voi ajautua savukaasujen mukana ylemmäs. Pyrolyysin jälkeen jäänyt koksijäännös koostuu huokoisesta hiilirakenteesta. Viimeinen vaihe palamisessa onkin koksen palaminen, jonka aikana tapahtuu rikin pelkistyminen natriumsulfaatista natriumsulfidiksi. Koksi palaa hapen avulla hiilidioksidiksi ja hiilimonoksidiksi. Pyrolyysi ja koksen palaminen tapahtuvat osittain samaan aikaan, ja palamista kutsutaan orgaanisen palamisen vaiheeksi. Palamisen hallintaan vaikuttaa, kuinka nopeasti pyrolyysi ja koksi palavat. (KnowPulp, 2019)

2.4 Ilmanjako

Palamisreaktio tarvitsee happea ja tämän takia soodakattilaan syötetään ilmaa palamisen aikaansaamiseksi. Ilmajärjestelmän avulla happea syötetään tulipesässä sinne, missä happea tarvitaan tulipesäreaktioihin. Happea tulisi syöttää koko tulipesän pohjalla olevan keon pinta-alalle ja myös niille alueille kattilassa, jossa on palavia kaasuja. Ilmansyötön avulla palamisprosessi saadaan tapahtumaan kattilassa alhaalla. (KnowPulp, 2019)

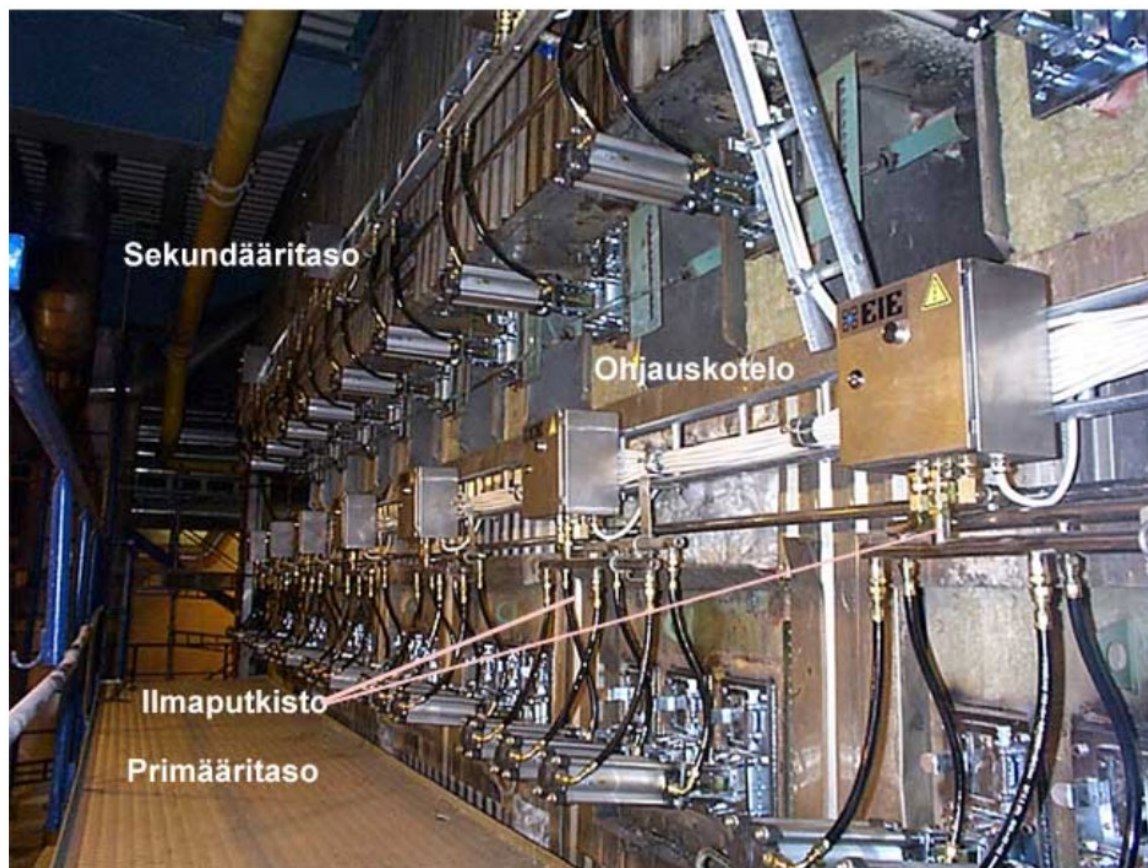
Kattilaan syötetään polttoilmaa ilmarekisterien kautta, jotka sijaitsevat yleensä kolmella eri tasolla. Ilmanjakoa soodakattilassa on havainnollistettu kuvassa 2. Primääri- ja sekundääri-ilma ovat lämmitettyä ilmaa, joka helpottaa tulipesän alaosassa palamista, kun taas tertiääri-ilma on kylmää suuren tunkeutuvuuden aikaansaamiseksi. (KnowPulp, 2019)



KUVA 2. Ilmanjako soodakattilan tulipesässä (KnowPulp, 2019)

Primääri-ilmarekisteri on rekistereistä alimmaisena, noin 1-1,5 m korkeudessa kattilan pohjasta. Primääri-ilmarekisterit syöttävät kattilan pohjalla sijaitsevan keon reuna-alueille. Primääri-ilmaa syötetään niin, että keon lämpötila pysyy 1000-1100°C asteisena. Primääri-ilman määrällä säädetään myös keon muotoa ja paikkaa. Jos primääri-ilmaa syötetään liian paljon, voi se aiheuttaa kattilan alaosassa pystysuuntaisia pyörteitä, mikä heikentää lipeän laskeutumista keoon. Liian suuri primääri-ilmamäärä aiheuttaa myös huonon natriumsulfaatin reduktion. Liian vähäinen primääri-ilma taas jäähdyttää kekoa, mikä voi aiheuttaa sulan nousuna primääri-ilman tuloaukkoihin. Primääri-ilman määrä on 30-40 % koko kattilan ilmamäärästä. Primääri-ilmarekisterien sijoitus kattilan ulkopuolella ilmenee kuvassa 3. (KnowPulp, 2019; Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2013, 73)

Sekundääri-ilmarekisterit sijaitsevat 1-2 m primääri-ilmarekisterien yläpuolella. Sekundääri-ilmarekisterit tuovat happea keon keskiosaan ja tuotu ilma polttaa keossa muodostuneita pyrolyysikaasuja, sekä sätelee keon yläosan paikkaa. Jos ilmaa tuodaan liikaa, voi lipeäpisaroiden nousu tulistinaluuelle lisääntyä. Liian heikko tunkeutuvuus taas aiheuttaa keon koon kasvua ja keskiosan jäähtymistä. Sekundääri-ilma kattaa normalisti 50-60 % koko järjestelmän ilmamäärästä. Sekundääri-ilmarekisterien sijoitus kattilan ulkopuolella ilmenee kuvassa 3. (KnowPulp, 2019; Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2013, 73)



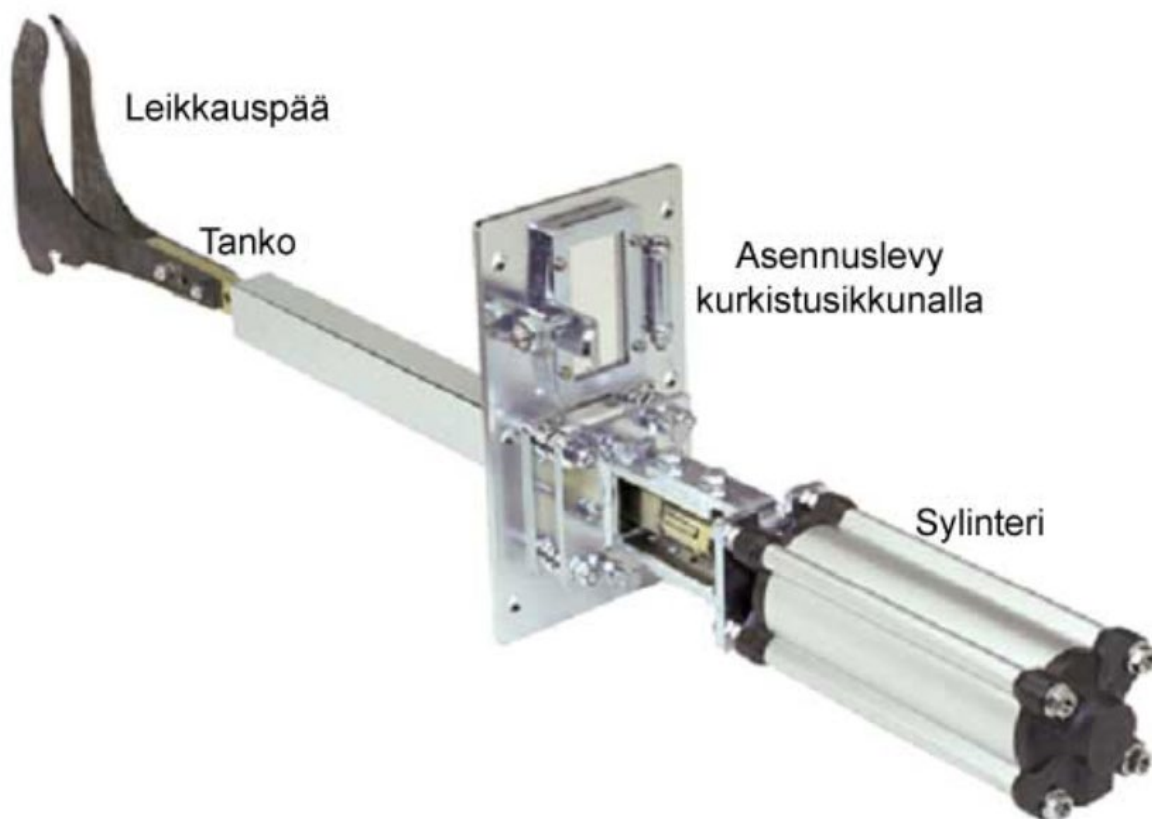
KUVA 3. Primääri- ja sekundääri-ilmarekisterien sijoitus, kattilan ulkopuolella (KnowPulp, 2019)

Tertiääri-ilmarekisterit sijaitsevat normaalisti kattilan etu- ja takaseinällä noin 8 metrin korkeudessa. Ilma-aukot on sijoitettu lomittain, jotta virtaukset eivät törmäisi tulipesän keskellä aiheuttaen nopeuspiikkejä ja jotta kattilaan saadaan tasainen virtausjakautuma sivusuunnassa. Tertiääri-ilmalla varmistetaan palavien kaasujen täydellisen loppuun palaminen kattilassa. Palamisilman ja palavien kaasujen on sekoitettava täydellisesti, jotta polttoaine palaa kokonaan loppuun. Tätä varten kattilaan tuotavan palamisilman on edettävä tarpeeksi nopeasti (65-80 m/s), oltava paineeltaan tarpeeksi suuri (2000-3000 Pa) ja tertiääri-ilmarekisterien täytyy olla oikein suunnattuja. Tertiääri-ilma on normaalisti noin 10 % koko ilmamäärästä. (KnowPulp, 2019; Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2013, 73)

Ilmarekisterien kautta syötettävän ilman määrää säädetään ilmarekisterin sisällä olevan säätöpellin avulla. Säätöpeltiä käytetään prosentti arvoilla, joka määrää kuinka paljon säätöpelti on auki. Säätöpeltiä voidaan käyttää joko toimilaitteella, tai käsikahvalla. Opinnäytetyössä olevissa ilmarekistereissä on käytössä käsikahva. Ilmarekistereissä on myös erillinen sulkupelti, jonka avulla ilmavirta voidaan sulkea myös kokonaan.

Ilmarekisterien puhtaus on tärkeää, jotta palamisilman virtaus saadaan pidettyä tasaisena, ja kattilan palamiselle saadaan optimaaliset olosuhteet. Näin ollen ilmarekistereihin kuuluu automaattiset puhdistuslaitteet, jotka puhdistavat ilmasuuttimeen ajautuneet epäpuhtaudet. Ilma-rekisterien puhdistuslaite toimii paineilmalla ja laite puhdistaa ilma-aukon yhdellä iskulla. Puhdistuslaite sijoitetaan

asennuslevyn kohdalta ilmarekisterin takaseinään. Puhdistuslaitteen leikkauspää räätälöidään kattilassa olevan ilmaohituksen koon mukaan ja leikkauspään käyttöikä on noin yhden vuoden. Ilmarekisterin puhdistuslaitteen osia kuvassa 4. (KnowPulp, 2019)



KUVA 4. Ilmarekisterin puhdistulaite (KnowPulp, 2019)

2.5 Hajukaasujen poltto

Hajukaasuja syntyy kaikissa prosessin laitteissa, joissa lipeää käsitellään. Hajukaasut lajitellaan laimeisiin ja väkeviin hajukaasuihin ja ne erotetaan toisistaan ennen polttoa. Hajukaasuista väkevät ovat räjähdysherkkiä. Nykyään hajukaasuja poltetaan pääasiassa soodakattilassa. Hajukaasujen polttoa varten tarvittava laitteisto on nykyään yksinkertainen ja sen avulla pystytään poistamaan erillisen hajukaasukattilan, -pesurin ja SO₂-veden jatkokäsittelyn tarve. (KnowPulp, 2019)

2.5.1 Laimeat hajukaasut

Nykyään laimeiden hajukaasujen (DNCG) polttaminen soodakattilassa on selkeää ja yleistä tekniikkaa. Laimeat hajukaasut kerätään prosessin aikana erilaisista säiliöistä, kanaaleista ja pesuista, toisin sanoen erilaisista atmosfäärisistä lähteistä. Kaasut johdetaan ensin kondensoivaan pesuriin, jossa kaasuista poistetaan vesihöyryä ja tärpättiä. Kaasuista poistetaan vesi, jotta sulavesiräjähdyksen mahdollisuus saadaan poistettua. Vesi poistetaan jäähdyttämällä kaasu ja tämän jälkeen lämmittämällä kaasu kuivalle alueelle. Pesurin jälkeen kylmät kaasut esilämmitetään ennen soodakattilaan johtamista. Laimeat hajukaasut tuodaan kattilaan joko tertiäritasolla sijaitsevilla omilla suuttimillaan, tai sekoittamalla ne polttoilman kanssa. Laimeiden hajukaasujen ja ilman happipitoisuus on

lähes sama, joten palamisilmaa voidaan vähentää lähes sama määrä, kuin laimeita hajukaasuja lisätään. Happipitoisuus kaasulla on 18-20 %. Syöttöpaine kaasulle täytyy asettaa samaksi, kuin polttoilmalle, jotta optimaalinen kaasun tunkeutuvuus saavutetaan. Laimeissa hajukaasuissa rikkiyhdisteiden määrä on alemman räjähdysrajan alapuolelle. Näin varmistetaan, että kaasuseoksen konsentraatio ei nouse milloinkaan räjähdysrajalle. (KnowPulp, 2019)

2.5.2 Väkevät hajukaasut

Nykyään myös väkeviä hajukaasuja poltetaan soodakattiloissa. Aiemmin väkevät hajukaasut on poltettu meesauuneissa, tai erillisissä polttolaitoksissaan. Väkeviä hajukaasuja kerätään haihduttamolta, strippereiltä, sellun keittimeltä ja sellun väkevöittimeltä. Väkevien hajukaasujen polttaminen soodakattilassa ei ole yhtä yksinkertaista kuin laimeiden hajukaasujen, koska väkevät hajukaasut ovat myrkyllisiä ja räjähdysherkempiä. Väkevät hajukaasut kerätään suljetuista säiliöistä ja keräilyputkistoista ilman että niihin pääsee vuotoilmaa. Kaasu kuljetetaan normaalisti höyryejektoreille, ettei puhaltimista tulevat mahdolliset kipinät pääse tekemään räjähdystä keräilysystemissä. Turvallisuuden takaamiseksi putkistot on varustettu pisanan erottimilla, liekinestimillä, vesityksillä ja maadoituksilla staattisen sähkön varalle, sekä myös muilla mahdollisilla turvallisuuslaitteilla. Väkevät hajukaasut poltetaan omalla hajukaasupolttimellaan, joka sijaitsee lipeäruiskun tasolla, tai sen alapuolella. (KnowPulp, 2019)

3 TUOTTEISTAMINEN

Tuotteistaminen on palveluiden paketointia asiakkaalle vakioimalla käytettäviä ratkaisuja ja komponentteja. Mitä enemmän tuotetta voi vakioida ja monistaa, sitä pienempiä ovat tuotanto- ja myyntikulut, ja näin ollen tuotteistaminen ei ole pelkkää markkinointia.

Tällä hetkellä UKKO-STEAM Oy:n valmistamat tuotteet ovat uniikkeja tuotteita ja täysin asiakkaan toiveiden mukaan räätälöityjä tuotteita. Asiakkaan toiveesta täysin räätälöitävät tuotteet työllistävät enemmän suunnittelua ja valmistusta, kuin olisi tarpeen. Tuotteistusprosessissa ilmarekistereistä tehdään vakiomalli, joka olisi osa yhtä tuoteperhettä, eli ilmarekistereistä tehdään valmis perusmalli, josta löytyy valmiiksi yleistiedot ja dokumentit. Mallia voidaan pienillä muutoksilla, kuten mittojen tai materiaalien muokkauksella, myydä asiakkaalle. Perusmallin avulla valmistettavissa ilmarekistereissä voitaisiin käyttää mahdollisimman paljon yhteisiä osia ja ratkaisuja. Näin esimerkiksi materiaalien käyttöä ja varastosaldoja voitaisiin optimoida ja valmistukseen saataisiin rutiinia.

Perusmallista löytyisi valmiit yleistiedot ja dokumentit elinkaaren ajalle, joten asiakkaalle voitaisiin myydä valmista mallia. Projektin toteutus helpottuisi, koska suunnittelulla olisi jo valmis malli ja valmistus nopeutuisi, kun osasta löytyy valmiit kuvat, joihin päivittyisi esimerkiksi taivutussäteet tai mitatoleranssit. Valmistuksen jälkeen mallille löytyisi varastosta valmiita varaosia, joita myydä asiakkaalle ja varaosiin löytyisi valmiiksi dokumentit ja käyttöohjeet.

3.1 Modulaarisuus ja tuotteen modularisointi

Modulaariset tuotteet ovat avainasemassa integroidun PLM:n kehityksessä, sillä ne helpottavat tuotekomponenttien standardisointia sallimalla suuren valikoiman. Tuote, jolla on modulaarinen arkkitehtuuri, voidaan pilkkoa vakioituihin osiin ja niitä järjestelemällä saadaan uusia kokoonpanoja ja variantteja. Tuotteen modulaarisuuden määrää komponenttien "itsenäinen" toiminnallisuus ja tuoterakenteen eri osien välisen rajapinnan standardoinnin taso. Käytännössä modulaarinen tuoterakenne voi siis olla mitä vain täysin moduloitavan ja täysin yhtenäisen rakenteen väliltä. Tuotteen modulaarisesta rakenteesta on monia hyötyjä valmistajalle, joita ovat yksinkertaisempi rakenne, vähemmän virheitä sisältävä ja kustannustehokkaampi suunnittelu ja valmistus, sekä valmistettavien variaatioiden vähäisempi määrä, verrattuna räätälöityihin tuotteisiin. (Golfmann, J., Thorsten, L., 2015, 56-59.)

Modularisointiin voidaan hyödyntää nelivaiheista lähestymistapaa:

1. Tavoitteiden asettaminen
 - Selvitetään yrityksen tarpeet modularisointiin.
2. Tuotearkkitehtuuri
 - Määritellään tuotteen toiminnot ja alitoiminnot purkamalla toiminnot "osiin"
 - Ensin mietitään tuotteen yleinen tehtävä
 - Mietitään alitoimintojen rakenne

- Sen ilmaiseen tietty määrä osatoimintoja
- Näiden alifunktioiden välinen looginen vuorovaikutus tarjoaa teknisen järjestelmän toiminnallisen rakenteen.
- Toiminnallista erittelyä käytetään sitten teknisten ratkaisujen määrittelyyn.
- Määrittää teknisten tietojen ja osajärjestelmien väliset suhteet hierarkkiseen järjestykseen.
- Järjestelmä, jolla tuotteen toiminta jaetaan fyysisiin komponentteihin.

3. Modularisointi

- Optimoidaan tuote ja tarkennetaan mahdolliset moduulit.
 - Tuotearkkitehtuuri vaiheessa kerätty tieto voidaan hyödyntää moduulien määrittelyyn.
- Kokonaisliitettävyyden hallinta on tärkeää tuotteiden modulaation kannalta.

4. Toteutus

- Toteuta modulaarinen tuotearkkitehtuuri
- Tuloksena on selkeästi jäsenneilty tuote, jossa on määritelty valikoima moduuleja
- Tuote voidaan kuvata tiettyjen moduulivarianttien kokoonpanojen perusteella
- Tämä voi olla staattinen määritelmä tai joka luodaan dynaamisesti asiakkaalle (Golfmann, J., Thorsten, L., 2015, 59-63.)

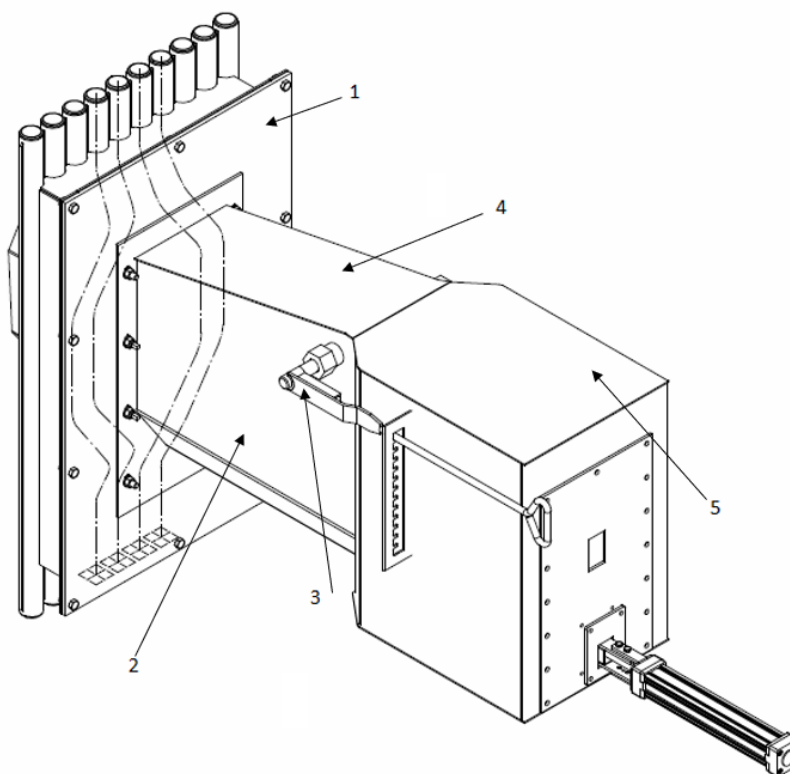
4 ILMAREKISTERIEN MODULAARISUUS

Ilmarekisterien tuotteistamista tutkitaan ja toteutetaan opinnäytetyössä pääasiassa suunnittelu- ja valmistusprosessien näkökulmasta.

4.1 Ilmarekisterien osiin jako ja tuotepuu

Tuotteistamista ja tuotteen modulaarisuuden selvittämiseksi ilmarekisterien rakenteesta erotellaan selviä kokonaisuuksia. Opinnäytetyössä ilmarekisteri jaetaan kuuteen kokonaisuuteen. Osat on nimetty järjestyksessä soodakattilan seinästä ulospäin.

Kuvan 5 mukaan, soodakattilan seinää vasten on etulevy (1), suutin (2), suuttimen sisällä oleva säätöpelti, joka kiinnittyy käsikahvaan (3), kansilevy (4) ja laatikko (5), joka sisältää pohjalevyn ja sivulevyt. Samaa numerointia on hyödynnetty liitteessä 1, jossa on tuotepuuta hyödyntäen purettu ilmarekisterin rakennetta ja osia.



KUVA 5. Ilmarekisterin osat

4.2 Ilmarekisterin vakioitavat ja muokattavat osat

Jakamalla ilmarekisteri osiin voidaan paremmin tutkia mahdollista modulaarisuutta ja etsiä osia tai osakokoonpanoja, joiden muoto tai malli voidaan vakioida tuotantoerästä riippumatta.

Ilmarekisterin rakenteessa on muutamia vakioitavia osakokoonpanoja, joilla ei ole geometrisesti eroa eri tuotantoerien välillä, vaan muuttujana on vain fyysiset mitat ja koko. Vakioitaviksi osakokoonpanoiksi lasketaan etulevy, suutin, säätöpelti ja takalevy. Vakioitavien osakokoonpanojen kokoa muutetaan sen mukaan, minkä kokoiseen soodakattilaan ne asennetaan.

Asiakaskohtaista tuotetta varten täytyy ilmarekisteristä tiettyjä osia tai osakokoonpanoja muokata aina asiakkaan tarpeiden mukaan. Muokattavia osakokoonpanoja ovat laatikko, kansilevy ja käsikahva. Näiden rakenteeseen vaikuttaa soodakattilan ilmakehän sijainti, ja mistä suunnasta se kiinnittyy ilmarekisteriin.

4.3 Suunnittelun valinnat

Ilmarekisterin suunnittelussa tulee ottaa huomioon muutamia rakenteellisia valintoja asiakkaan ja käyttökohteen prosessin kannalta. Näistä suunnitteluvaihtoista tehty vuokaavio löytyy Liitteen 1 viimeiseltä sivulta.

Suunnittelun alkaessa otetaan käsittelyyn Flow-järjestelmästä löytyvä ilmarekisterin perusmalli. Asiakkaan lähtötietojen perusteella valitaan rekisterissä virtaava aine, joka määrää ilmarekisterin valmistusmateriaalin. Jos virtaava aine on puhdas ilma, on valmistusmateriaali musta teräs ja jos virtaava aine on laimeat hajukaasut, on valmistusmateriaali kirkasta terästä.

Ilmarekisterin mitoituksessa otetaan huomioon asiakkaan antamista lähtötiedoista sekundääri- tai tertiäriohituksen aukon koko, jonka mukaan ilmarekisterin etulevy mitoitetaan. Mitoituksessa huomioon täytyy ottaa myös ilmakehän koko, jonka mukaan laatikon aukko ja sulkupelti mitoitetaan, sekä ilmakehän suunta, joka määrää laatikon sivulevyjen ja pohjalevyn osalta ilmakehään liitettävän aukon suunnan.

Ilmakehän suunta määrää osittain säätöpellin käsikahvan kätisyyden ja sijainnin. Jos ilmakehä sijaitsee vasemmalla, käsikahva jää oikealle ja jos ilmakehä sijaitsee oikealla, käsikahva jää vasemmalle. Jos ilmakehä sijaitsee ylä- tai alapuolella, käsikahvan sijainti voi olla oikealla tai vasemmalla.

5 ILMAREKISTERIEN SUUNNITTELU

Ilmarekisterien suunnittelu ja piirustus tehdään Vertexin G4 Plant laite- ja laitossuunnittelu ohjelmalla, joka on yhteydessä Vertexin Flow tuotetiedonhallintajärjestelmään. Flow-järjestelmän puolella ilmarekisterille rakennetaan nimikerakenne, eli hierarkkinen kuvaus tuotteen kokoonpanosta, toisin sanoen tuoterakenne. Flow-järjestelmässä nimikkeet ovat yksilöityjä tuotteita tai komponentteja, kuten tuotteita, osakokoonpanoja, osia tai raaka-aineita.

Flow-järjestelmään rakennetaan ilmarekistereistä nimikerakenne liite 1 mukaisesta tuotepuusta. Ylimmällä tasolla on nimikkeenä ilmarekisteri, jonka alta löytyvät kuvassa 5 jaotellut ilmarekisterin osakokoonpanot, joihin liittyy niiden osat. Alimmalla tasolla nimikerakenteessa ovat materiaalinimikkeet.

5.1 Tuotekonfiguraattori vai yksilörakenne?

Nimikkeiden hahmottelun ja suunnitteluvalintojen erittelyn jälkeen täytyy tehdä ilmarekisteristä perusmalli Flow-järjestelmään. Tätä varten selviteltiin projektin alkuvaiheessa kahta erilaista lähestymistapaa Flowissa, tuotekonfiguraattoria ja nimikerakenteesta tuotettavaa yksilörakennetta.

Tuotekonfiguraattori on Flow-järjestelmään lisättävä maksullinen lisäosa. Se on suunniteltu käytettäväksi myynnin apuvälineenä ja edellyttää tuotteelta modulaarisuutta. Tuotekonfiguraattorin avulla voidaan rakentaa ainutkertaisia ja uniikkeja loppukokoonpanoja tuotteista, jotka on räätälöity asiakkaan toiveiden mukaan. Tuotekonfiguraattorin suurin hyöty saadaan, jos tuote on massaräätälöitävä ja siinä on monia valinnaisia vaihtoehtoja ja jos nämä vaihtoehdot vaikuttavat tuotteen perusrakenteeseen tai ne sulkevat pois toisia valintoja. Hyviä esimerkkejä tuotteita olisi autot, joita valmistettaisiin todella suuria eriä, mutta joissa perusmalli on yhtenäinen. Esimerkiksi autovalmistaja valmistaisi kolmea mallia A, B ja C, jotka ovat keskenään erilaisia. Kaikkiin näihin olisi omia lisävarusteitaan ja kosmeettisia valintoja, sekä mallien välillä olisi yhteisiä valintoja. Tuotteet olisivat uniikkeja, mutta kuitenkin massatuotantoa.

Ilmarekisterien tapauksessa tuotekonfiguraattorista ei saada kaikkea hyötyä irti, johtuen rekistereille tarvittavan räätälöinnin määrästä ja kaikkiaan vähäisestä modulaarisuudesta. Soodakattilat joihin ilmarekistereitä valmistetaan voivat olla keskenään erilaisia siltä osin, että suuria eriä massatuotantoa ei voida valmistaa. Tuotantoerät tietyn koon ja valintojen malliin ovat suhteellisen pieniä, muutamia kymmeniä. Johtuen soodakattiloiden seinien erilaisesta rakenteesta ja ilmaohitusten eroavista mitoista, myös ilmarekisterien kokoa täytyy räätälöidä soodakattilan seinän ilmaohitukseen kiinnittyvän etulevyn ja suuttimen osalta tarkkaan asiakkaan tarpeisiin. Muuten ilmarekisterin kokoa voidaan järjestelmään suunnitella muutama eri, koska soodakattilan prosessin kannalta ilmarekisteri voi olla ylimitoitettu.

Johtuen tuotekonfiguraattorin sopimattomuudesta ilmarekisterien tuotteistamiseen, päädyttiin hyödyntämään Flow-järjestelmän nimikerakennetta ja siitä tehtävää yksilörakennetta. Tuotteen perusmallille tehdään valmis nimikerakenne Flow-järjestelmään ja sille piirretään valmiit geometriat ja mallit G4 Plant -suunnitteluohjelmassa. Näin saadaan yhdelle mallille valmis nimikerakenne, josta löytyy tarvittavat vaihtoehdot, jotka on kasattu geneeriseen malliin.

5.2 Geneerinen nimike ja yksilörakenteen käyttö

Muokattavissa osissa, kuten laatikossa ja kansilevyssä hyödynnetään geneeristä nimikerakennetta. Geneerinen rakenne on tuoterakenne, josta muodostetaan yksilörakenne. Geneerinen rakenne sisältää kaikki rakenteelliset optiot ja valinnat. Laatikon sivu- ja pohjalevyissä, sekä rekisterin kansilevyssä rakenteellisia valintoja on kaksi. Valintana on levyosa ilman aukkoa ja levyosa aukolla. Aukon olemassa olon määrää ilmanava, eli se sivu johon ilmanava kiinnittyy, on aukollinen, muiden ollessa aukottomia. Käsikahvassa rakenteellisena vaihtoehtona on kätisyys, eli kummalle puolelle ilmarekisteriä käsikahva sijoitetaan.

Kuten kuvassa 6, geneerisenä nimikkeenä on tässä tapauksessa oikea sivulevy, jonka alla on valittavissa sivulevy ilman aukkoa, nimike VX150103 ja aukolla, nimike VX150101. Taulukkonimike G0014 kerää molemmat optiot niin sanotusti ”yhden katon alle” ja näin ollen nimike G0014 ei vielä kuvaa mitään todellista tuotannossa olevaa nimikettä, vaan molemmat sen alla olevat nimikkeet, sivulevy ilman aukkoa ja aukolla, ovat oikea fyysinen vaihtoehto. Flow-järjestelmässä nimikkeet VX150103 ja VX150101 merkataan varianttivalintoiksi yksi ja kaksi. Näin ollen geneerisen nimikkeen G0014 alle voidaan tehdä 3D-mallit molemmista varianteista ja valinta tehdä asiakkaan pyynnön mukaan.

- ▲ **i** G0014, Oikea Sivulevy
 - ▲ **i** VX150103, Oikea Sivulevy, Ilman aukkoa
 - i** VX124540, Teräslevy, kuumavalssattu
 - ▲ **i** VX150101, Oikea Sivulevy, Aukolla
 - i** VX124540, Teräslevy, kuumavalssattu

KUVA 6. Laatikon oikean sivulevyn nimikerakenne

Tuotteen perusmallille tehty nimikerakenne luodaan uudeksi yksilörakenteeksi, josta saadaan näin asiakkaalle tilauskohtainen malli. Yksilörakenne jää myös järjestelmään talteen ja siihen ei vaikuta muutokset joita perusmallin nimikerakenteeseen tehdään. Näin ollen talteen jää tilauskohtainen malli. Näin asiakkaalle toimitettuun yksilöllisen tuotteen rakenteeseen voidaan helposti palata jälkeen päin ja sitä voidaan hyödyntää. Perusmallin nimikerakenteeseen voidaan tehdä muutoksia, jotka seuraavat kaikkiin tuleviin toimituksiin, jos ilmarekisterien rakenteeseen tulee muutoksia valmistuksen tai prosessin näkökulmasta.

5.3 Geneerisen nimikkeen ja nimikerakenteen testausta

UKKO-STEAM Oy:llä on suunniteltu tertiääri-ilmarekistereitä jo aiemmin ja näitä ilmarekisterin osia oli tehty Vertex G4 Plant -suunnitteluohjelmalla ja nimikerakenne oli muodostunut näiden valmiiden osien perusteella. Opinnäytetyössä ensin rakennettiin nimikerakenne Flow-järjestelmään hyödyntämällä liitteessä 1 olevaa ilmarekisterin tuotepuuta. Tuotepuun avulla rakennettiin haluttu hierarkia ja toteutettuun tarvittavat geneeriset mallit modulaarisille osille. Materiaalinimikkeet lisättiin hierarkian alimmalle tasolle.

Rakennettuun nimikerakenteeseen hyödynnettiin valmiiksi tehtyjä ilmarekisterin osia. Valmiiden osien 3D-mallit lisättiin niille sopiviin nimikkeisiin ja näin ilmarekisterin kokoonpanoon saatiin lisättyä nimikkeiden mukaiset osat. Osia, jotka liittyivät geneerisiin malleihin, täytyi muokata lisäämällä niihin ilmiasujen avulla variantit.

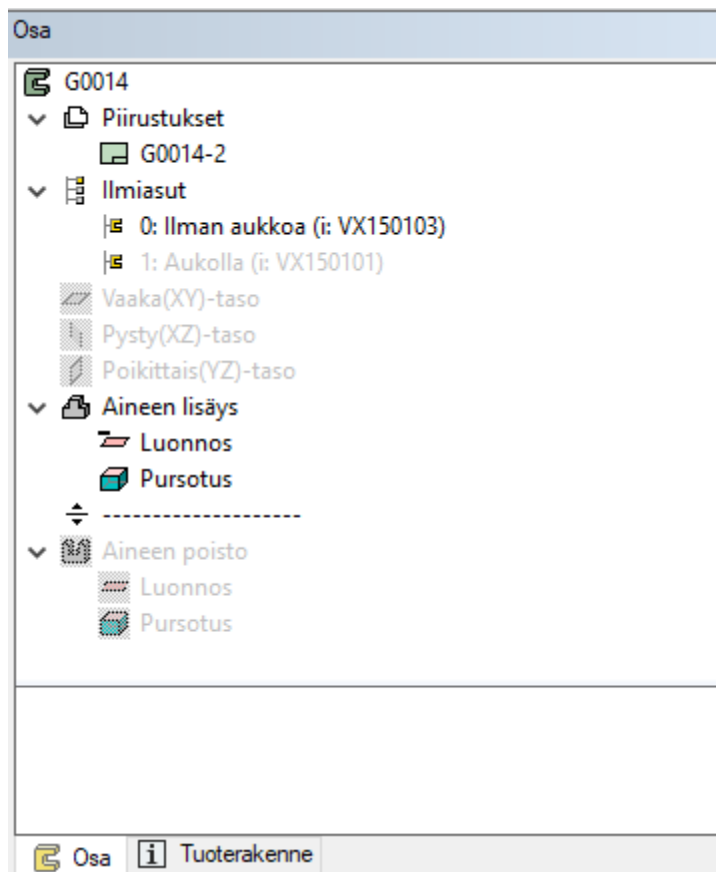
Valmiille ilmarekisterille ja sen osille täytyi testata myös 2D-piirustusten tekoa. Vakioitaville osille ja ilmarekisterin kokoonpanolle piirustusten teko onnistui ongelmitta. Piirustuksille saatiin myös materiaalitiedot ja mitat hierarkiaan lisättyjen materiaalinimikkeiden ansiosta, joita ei aiemmissa tuotteissa ollut käytetty. Geneerisien mallien kohdalla piirustusten tekeminen täytyi tehdä suoraan halutun variantin nimikkeelle, jolloin tarvittavat mitat ja materiaalit saatiin näkyviin kuvalle. Geneeriselle nimikkeelle piirustuksen teko ei onnistunut.

6 PERUSMALLISTA ASIAKKAALLE RÄÄTÄLÖIDYKSI

Kun asiakas tilaa ilmarekisterin saadaan prosessin ja mitoituksen kannalta tarvittavat tiedot ja mitat suunnittelua ja valmistusta varten. Vertex Flow-järjestelmään tehdään uusi projekti, johon linkitetään ilmarekisterille perusmallista luotu yksilörakenne. Yksilörakenteelle kirjataan tarvittavat lähtötiedot, kuten materiaali. Yksilörakenteen malli avataan Vertex G4 Plant suunnitteluohjelmaan, jossa sitä päästään muokkaamaan.

Geneeristen nimikkeiden avulla saadaan ilmarekisterin muoto muokattua nopeasti. Ilmarekisterin geometria on valmis perusmallista ja siihen täytyy vain muokata haluttu ilmakanavan suunta ja aukko, sekä käsikahvan kätisyys. Suunnitteluohjelmassa geneerisiä nimikkeitä voi hyödyntää jo kokoonpanon mallissa. Esimerkiksi luvussa 5.3 käsitelty oikea sivulevy voidaan muokata aukolliseksi tai aukottomaksi vaihtamalla geometrisen nimikkeen ilmiäsuu. Mallin geometria muodostaa kokoonpanon perusesityksen. Mallille voi lisäksi tehdä ilmiäsuuja, joissa kokoonpanosta on piilotettu yksi tai useampi osa tai alikokoonpano, tai työvaihe. Tällöin kokoonpanosta näkyvä geometria on erilainen perusesitykseen verrattuna. Sivulevyssä perusesitys on ilmiäsuu 0, joka on sivulevy ilman aukkoa.

Kuvassa 7 näkyy suunnitteluohjelmassa oleva sivulevyn rakenne. Ilmiäsuu 0 on ilman aukkoa, ja siihen kuuluu kuvassa näkyvä aineen lisäys. Aineen lisäyksen avulla on tehty levyosa, oikea sivulevy. Ilmiäsuu 1 on sama levy, mutta siihen kuuluu aukko ilmakanavaa varten. Suunnitteluohjelmassa on siis ensin rakennettu levyosa ja sen jälkeen otettu muokattavaksi varianttiniemike 2. Varianttiniemikeeseen 2 on lisätty aukko poistamalla materiaalia halutulta alueelta. Kuvassa 7 on valittuna ilmiäsuu 0 eli sivulevy ilman aukkoa. Tässä tapauksessa aineen poisto on työvaihe, joka on piilotettu näkyvistä ja jos ilmiäsuua vaihdettaisiin, tulisi työvaihe näkyviin. Käsikahvassa ilmiäsuu 0 on oikean kätinen kahva ja ilmiäsuussa 1 työvaiheena on muodon peilaus. Näin saadaan ilmiäsuuksi 1 vasemman kätinen kahva. Kaikille geneerisille nimikkeille tehdään samalla tavalla valinnat varianttiniemikeistä ja näin tuote saadaan muokattua asiakkaan käyttökohteeseen sopivaksi.



KUVA 7. Osan rakenne Vertex G4 Plantissa

Seuraavaksi mallista voidaan tehdä 2D-valmistuspiirustukset ja niiden tueksi Vertex Flow-järjestelmän kautta ajaa osalistat. Osalistat saadaan järjestelmästä Excel-raporttina, joka rakentuu nimikerakenteen avulla. Raportti valitaan hakemaan vain materiaalit, jolloin järjestelmä hakee nimikerakenteesta vain materiaalinimikkeiksi merkatut nimikkeet listaan. Materiaalinimikkeen tiedoista löytyy materiaalitiedot ja mallin mukaan päivittyneet mittatiedot.

7 YHTEENVETO

UKKO-STEAM Oy:lle tehdyn opinnäytetyön aiheena oli sekundääri- ja tertiääri-ilmarekisterien tuotteistaminen. Tavoitteena työssä oli rakentaa ilmarekistereille perusmalli, jota voidaan räätälöidä asiakkaalle mahdollisimman helposti. Työssä hyödynnettiin samaan aikaan toteutettua projektia, jossa tertiääri-ilmarekistereitä suunniteltiin ja valmistettiin.

Kehitystyö onnistui hyvin ja tuote saatiin toteutettua PDM-järjestelmään. Kun ilmarekistereihin liittyviä projekteja tulee lisää, voidaan perusmallia päivittää ja mahdollisia kokotietoja lisätä malliin ja myöhemmässä vaiheessa hyödyntää olevassa olevaa asiakastoimituksen mallia varaosa toimituksia varten.

7.1 Kehitysmahdollisuudet

Sekundääri- ja tertiääri-ilmarekisterien tuotteistamista voidaan hyödyntää tulevaisuudessa myös mahdollisesti muihin valmistettaviin tuotteisiin. Primääri-ilmarekistereihin voidaan rakentaa vastavalla nimikerakenteella ja samoilla menetelmillä tuote, jota markkinoida asiakkaalle. Uusia nimikerakenteita on myös mahdollista rakentaa muita valmistettavia osia varten.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Golfmann, J., Thorsten, L., 2015. Performance, Volume 7, Issue 1. Modular product design: reducing complexity, increasing efficacy. [Viitattu 27.3.2019]. Saatavissa: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-modular-product-design-reducing-complexity-increasing-efficacy/\\$FILE/ey-modular-product-design-reducing-complexity-increasing-efficacy.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-modular-product-design-reducing-complexity-increasing-efficacy/$FILE/ey-modular-product-design-reducing-complexity-increasing-efficacy.pdf)

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P., Pakkanen, H. 2000. Höyrykattilatekniikka. 6 painos. Helsinki: Edita

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2013. Voimalaitostekniikka. 2. tarkistettu painos. Tampere: Opetushallitus

KnowPulp [Viitattu 04.03.2019] Saatavissa: <http://www.knowpulp.com/>

Prodman [Viitattu 06.03.2019] Saatavissa: <http://www.prodman.fi/mita-on-tuotteistus>

Suomen soodakattilayhdistys [Viitattu 25.02.2019] Saatavissa: <http://www.soodakattilayhdistys.fi/soodakattila>

Sebastian T., 2003. Steam Boiler Technology, 2nd Edition. Espoo: Helsinki University of Technology Department of Mechanical Engineering

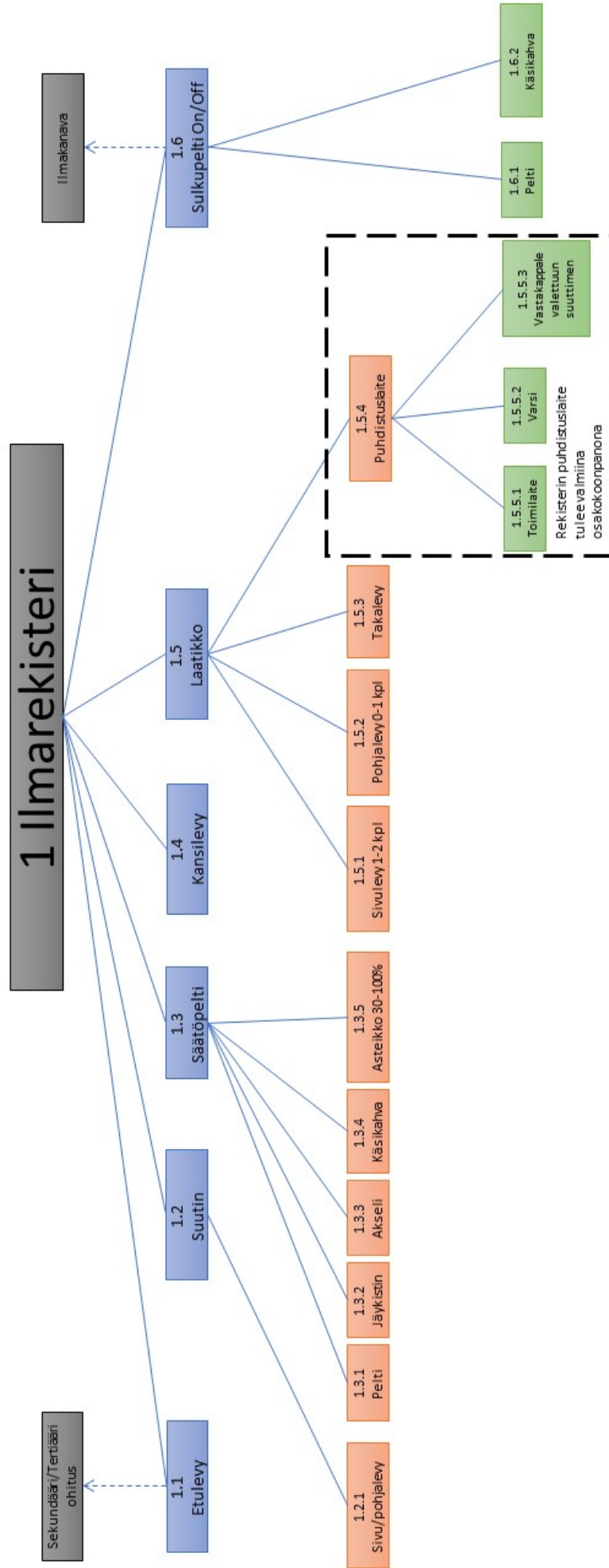
Tuominen, T., Järvi, K., Lehtonen, M.H., Valtanen, J., Martinsuo, M. 2015. Palvelujen tuotteistamisen käsikirja - Osallistavia menetelmiä palvelujen kehittämiseen. Helsinki: Unigrafia Oy

UKKO-STEAM Oy [Viitattu 27.03.2019] Saatavissa: <http://ukkosteam.com/>

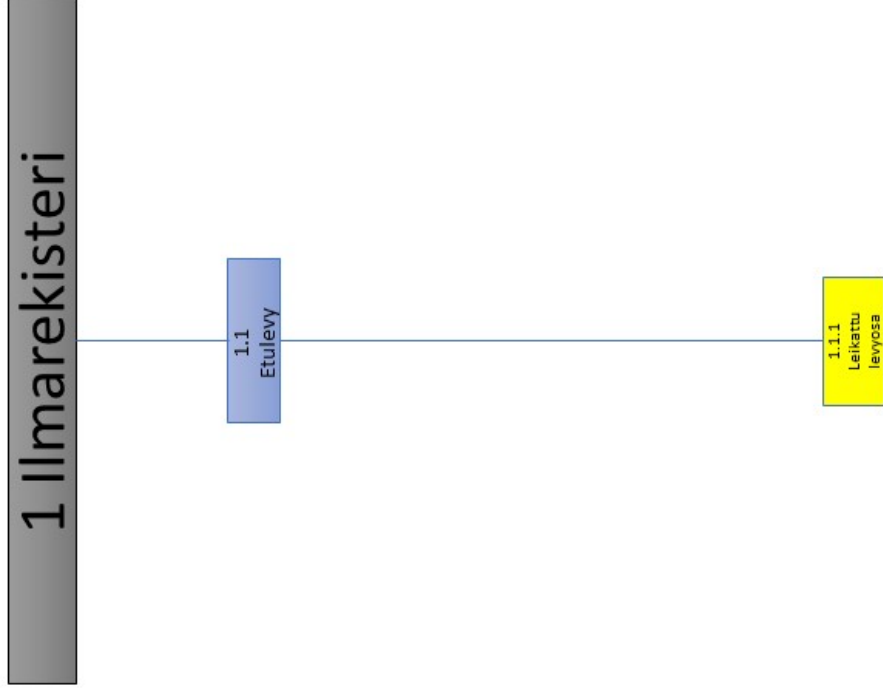
Sisällysluettelo

- Dia 2, Ilmarekisterin yleistason tuotepuu
- Dia 3, Etulevyn tuotepuu materiaaleilla
- Dia 4, Suuttimen tuotepuu materiaaleilla
- Dia 5, Säätöpellin tuotepuu materiaaleilla
- Dia 6, Kansilevyn tuotepuu materiaaleilla
- Dia 7, Laatikon tuotepuu materiaaleilla
- Dia 8, Sulkupellin tuotepuu materiaaleilla
- Dia 9, Vuokaavio ilmarekisterin suunnitteluvaihtoista

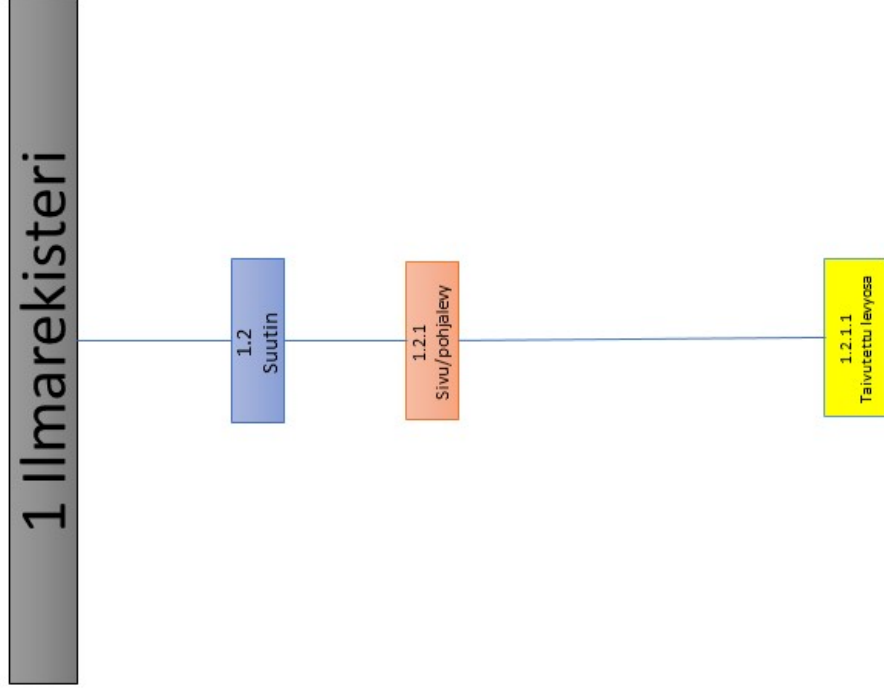
1 Ilmarekisterin tuotepuu



1.1 Etulevyn materiaalit

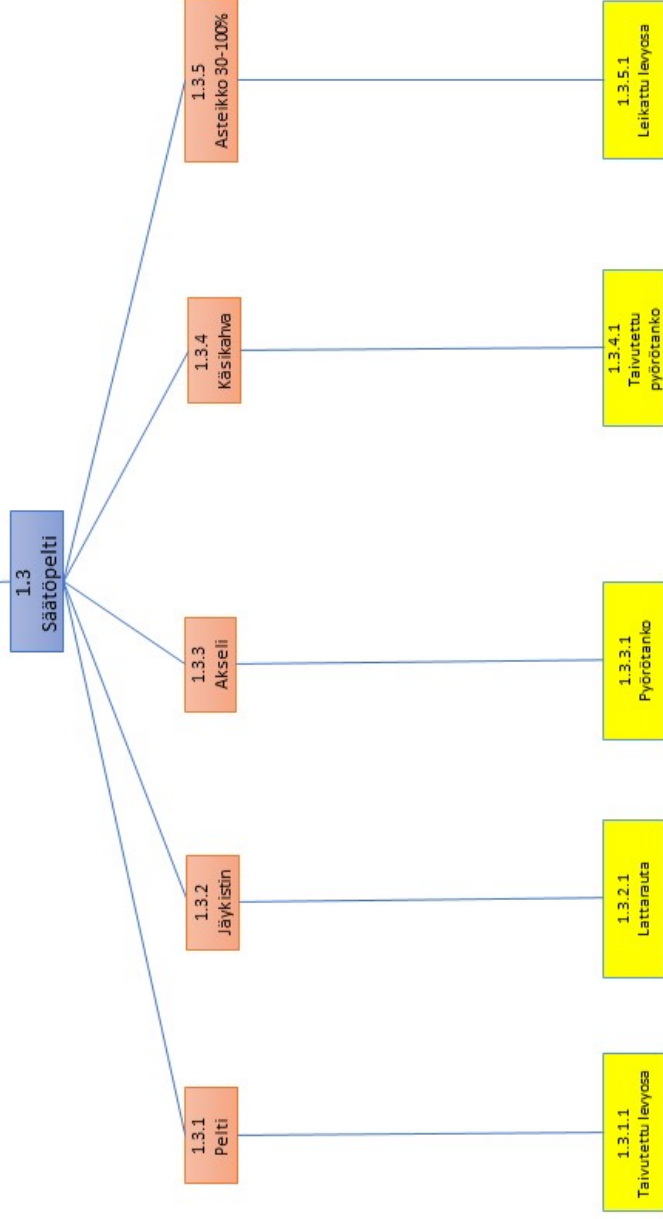


1.2 Suuttimen materiaalit

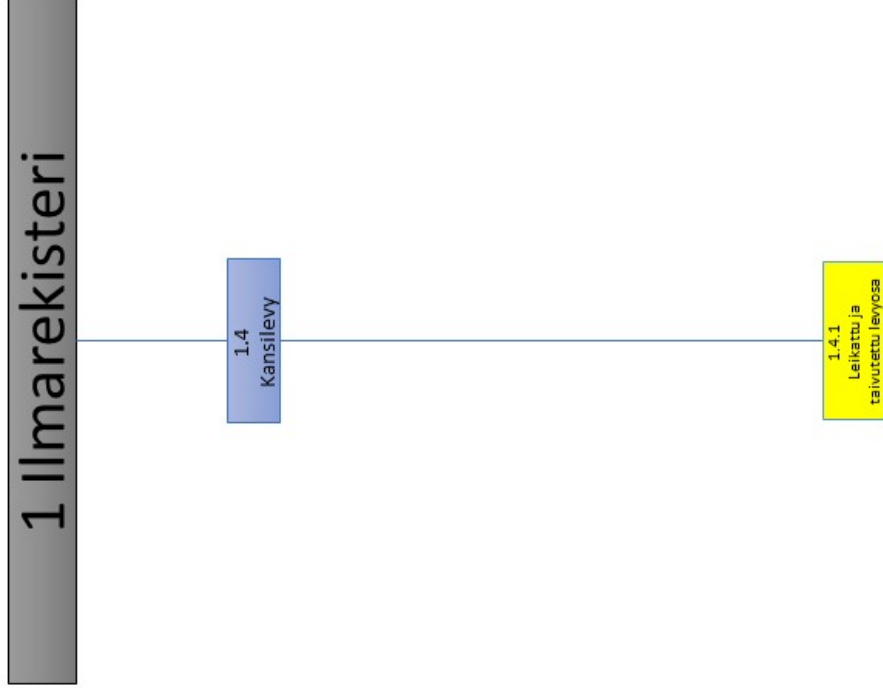


1.3 Säätöpöellin materiaalit

1 Ilmarekisteri

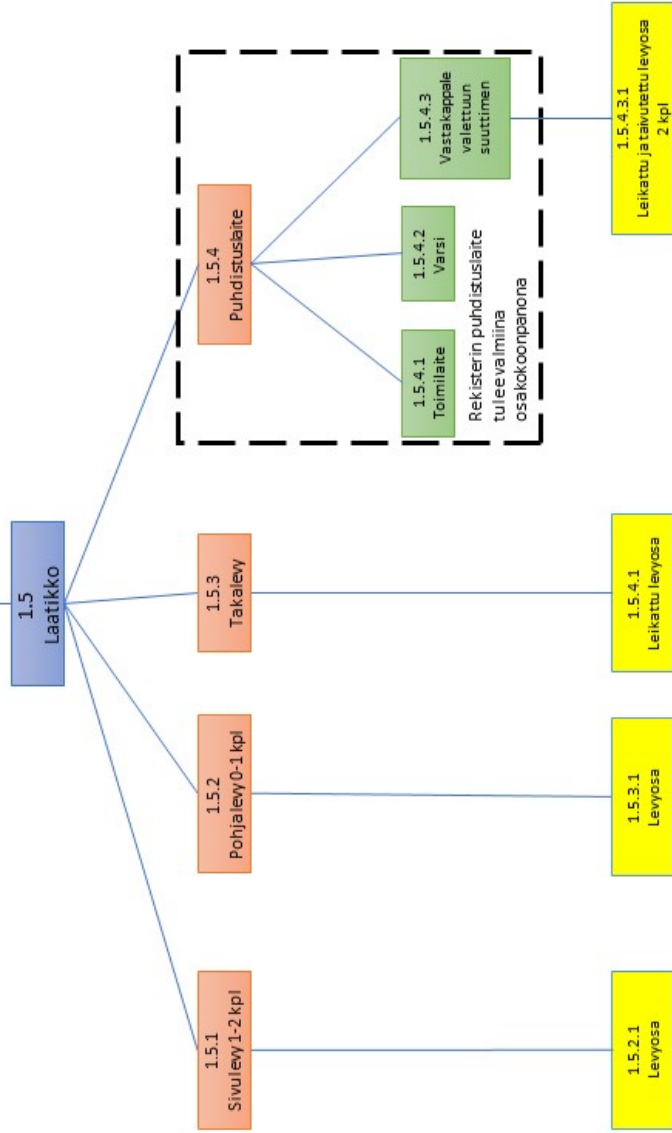


1.4 Kansilevyn materiaalit

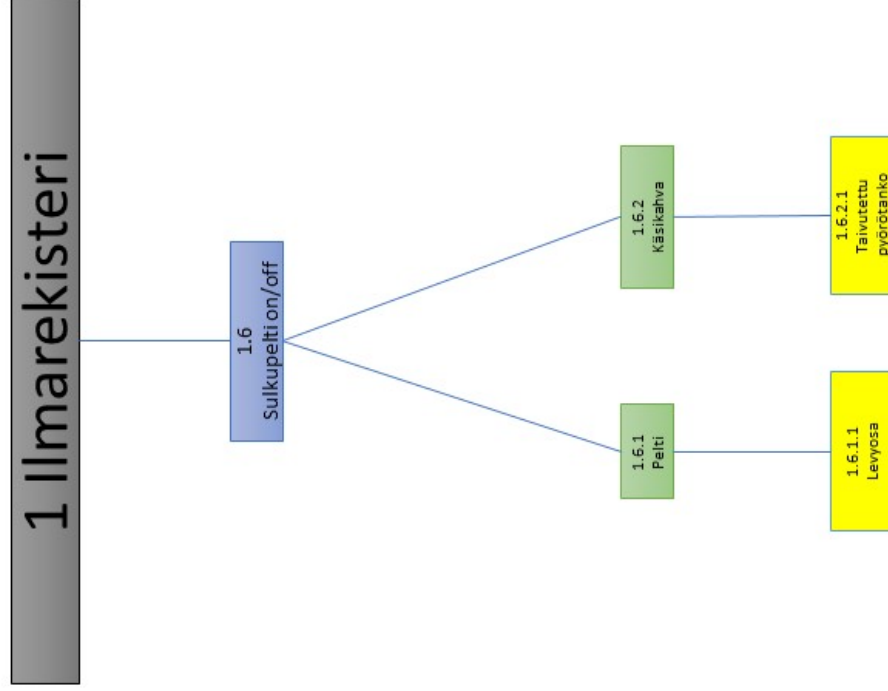


1.5 Laatikon materiaalit

1 Ilmarekisteri



1.6 Sulcupellin materiaalit



Suunnittelu valinnat ilmarekistereille

- Suunnittelun alkaessa otetaan käsittelyyn Flowsta löytyvä ilmarekisterin 0-malli. Asiakkaan lähtötietojen perusteella valitaan rekisterissä virtaava aine, joka määrää ilmarekisterin valmistusmateriaalin. Jos virtaava aine on puhdas ilma, on valmistusmateriaali musta teräs ja jos virtaava aine on laimeat hajukaasut, on valmistusmateriaali kirkasta teräs.
- Mitoituksessa otetaan huomioon asiakkaan antamista lähtötiedoista sekundääri/tertiäriohituksen aukon koko, jonka mukaan ilmarekisterin etulevy (1.1) mitoitetaan. Mitoituksessa huomioon täytyy ottaa myös ilmakanan koko jonka mukaan laatikon (1.4) aukko ja sulkupelti (1.4.1) mitoitetaan, sekä ilmakanan suunta, joka määrää laatikon sivulevyjen (1.4.2) ja pohjalevyyn (1.4.3) lukumäärän.
- Ilmakanan suunta määrää osittain säätöpellin käsikahvan (1.2.2.4) sijainnin. Jos ilmakana sijoitsee vasemmalla, käsikahva jää oikealle ja jos ilmakana sijoitsee oikealla, käsikahva jää vasemmalle. Jos ilmakana sijoitsee ylä- tai alapuolella, käsikahvan sijainti voi olla oikealla tai vasemmalla.

