



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# ILMAREKISTERIJÄRJESTELMÄN PÄIVITYS

Andritz Oy, KRP-divisioona, Varkaus

TEKIJÄ: Lauri Tiihonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Lauri Tiihonen			
Työn nimi Ilmarekisterijärjestelmän Päivitys			
Päiväys	4.6.2019	Sivumäärä/Liitteet	26/1
Ohjaajat Tero Vauhkonen (Andritz Oy), Jukka Huttunen (Savonia AMK)			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Andritz Oy			
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön aihe oli kehittää Andritz Oy:n ilmarekisterijärjestelmää. Työn päätavoitteeksi rajattiin ilmarekisterien laakerimuutos kuulalaakereista liukulaakereihin.</p> <p>Aluksi perehdyttiin soodakattilaan, ilmarekisterijärjestelmään ja Inventor-mallin ja ohjainexcelin toimintaan. Työn tavoitteena oli pohtia, miten laakerimuutos toteutetaan, ja kuinka se saadaan toimimaan Inventorissa ja ohjainexcelissä, joka ohjaa 3D-mallia. Tämä vaati paljon tutkimustyötä liittyen ilmarekisterien Inventor-mallien ja ohjainexcelien toimintaan.</p> <p>Laakerimuutos toteutettiin rekisterin kulmavaihteen laakereihin ja säätöpellinakselin laakereihin. Tämä vaati muutoksia Inventormalliin, esimerkiksi uusien laakerin mallintamista ja muiden osien muokkaamista. Uudet laakerit lisättiin ohjainexceliin ja tehtiin kaavat, jotta päivitys saatiin toimimaan oikealla tavalla Excelin ja Inventorin välillä.</p> <p>Työtä tehdessä tuli esille uusia ideoita rekisterimallin kehittämisestä, joita jatketaan opinnäytetyön tekemisen jälkeen.</p>			
Avainsanat Soodakattila, ilmarekisteri			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering			
Author Lauri Tiihonen			
Title of Thesis Upgrading Of Air Register System			
Date	4.6.2019	Pages/Appendices	26/1
Supervisors Tero Vauhkonen (Andritz Oy), Jukka Huttunen (Savonia AMK)			
Client Organisation /Partners Andritz Oy			
<p>Abstract</p> <p>The subject of this thesis was to develop Andritz Oy:s air register system. The main focus of the thesis was in the update of air register systems bearings from ball bearings to slider bearings.</p> <p>At first research on recovery boiler, air register system and the functioning of the Inventor model and the Driver Excel was made. The goal was to contemplate how to accomplish the bearing update and how to make it work In the Inventor and in the Excel that drives the 3D-model. This included a lot of work and research referring to the functioning of the air register system in Inventor model and Excel.</p> <p>The bearing update was made to the bevel gear bearings and to the adjusting damper bearings. This required changes to the Inventor model, for example modelling new bearings and making modifications to other parts. New bearings were added to the Driver Excel, and correct formulas were made so that the upgrade worked properly between Excel and Inventor.</p> <p>While doing the thesis, new ideas about upgrading the register model were raised. This work will be continued after the thesis is finished.</p>			
Keywords Recovery boiler, air register			

## ESIPUHE

Opinnäytetyö tehtiin Andritz Oy:lle Varkauteen. Ohjaajanani toimeksiantajan puolelta toimi Tero Vauhkonen ja Savonia AMK:sta Jukka Huttunen. Haluan kiittää heitä ja myös projektissa mukana olleita Jokke Jantusta, Kari Osmalaa ja Lari Vanttistä.

Varkaudessa 29.4.2019

Lauri Tiihonen

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Tausta.....	6
1.2	Ongelma .....	6
1.3	Tavoitteet.....	6
1.4	Rajaukset .....	6
2	ANDRITZ OY .....	7
3	SOODAKATTILA .....	8
3.1	Soodakattilan toiminta.....	8
3.2	Rakenne.....	9
3.3	Palamisilmajärjestelmä .....	10
3.4	Mustalipeä ja sen poltto .....	11
3.4.1	Viherlipeä .....	12
3.5	Savukaasujärjestelmä.....	12
3.6	Vesi- ja höyryjärjestelmä .....	12
4	ILMAREKISTERIJÄRJESTELMÄ .....	13
4.1	Rekisterin rakenne .....	13
4.2	Inventor-mallit ja ohjainexcelit.....	15
4.3	Rekisterien taulukointi .....	15
5	LAAKERIMUUTOKSET .....	16
5.1	Laakereiden päivitys ohjainexceeliin.....	17
5.2	Tarvittavat muutokset Inventor-malliin .....	18
5.2.1	Kulmavaihteen laakerit .....	18
5.2.2	Säätöpellinakselin laakerit.....	20
5.3	Hinta.....	21
6	PIIRUSTUKSET .....	22
7	MAHDOLLISET JATKOKEHITYSIKDEAT .....	23
8	YHTEENVETO.....	24
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	25

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Tässä opinnäytetyössä perehdytään ANDRITZ Oy:n soodakattilan ilmarekisterijärjestelmään ja sen parantamiseen ja kehittämiseen. Opinnäytetyön aiheen sain oltuani kesätöissä ANDRITZ Oy:llä Varkaudessa kesällä 2018.

## 1.2 Ongelma

Pohjana opinnäytetyölle oli tarve ilmarekisterijärjestelmän kehittämiseksi. Järjestelmää ei oltu päivitetty ja se kaipasi muutoksia ja kehittämistä. Ongelma, johon opinnäytetyössä keskityttiin, oli ilmarekisterin kulmavaihteen laakereiden ja säätöpellin akselin laakereiden muuttaminen kuulalaakereista liukulaakereihin. Laakerit olivat ruostuneet ja jumittuneet, jonka takia ne täytyi vaihtaa.

## 1.3 Tavoitteet

Tutkimustyön tavoitteena oli saada päivitettyä ja kehitettyä rekisterijärjestelmää haluttuun suuntaan ja saada lisättyä siihen suunnittelun kannalta hyödyllisiä asioita. Pää tavoite oli saada rekisterin laakerimuutos tehtyä 3D-malliin. Tavoitteena oli myös käydä läpi muita rekisterijärjestelmässä olevia ja työtä tehdessä vastaan tulevia ongelmia.

## 1.4 Rajaukset

Työn päätavoitteeksi rajattiin laakerimuutoksen tutkiminen ja sen toimivaksi saaminen rekisterijärjestelmässä. Tämä osoittautui käytettävissä olevan ajan kannalta hyväksi ratkaisuksi.

## 2 ANDRITZ OY

ANDRITZ Oy on yksi maailman johtavista sellu- ja paperiteollisuuden järjestelmien, laitteiden ja palvelujen toimittajista. Sen tuotealueita ovat puunkäsittely, kuituprosessit, kemikaalien talteenotto ja massankäsittely. Lisäksi ANDRITZ Oy tarjoaa erilaisia biomassakattiloita ja kaasutuslaitoksia energian tuotantoon. Tampereella sijaitseva ANDRITZ HYDRO Oy toimittaa järjestelmiä, laitteita ja palveluja vesivoimateollisuudelle. Suomessa ANDRITZ-yhtiöiden henkilöstön määrä on noin 1 300. Osaamiskeskukset ovat Kotkassa, Lahdessa, Lappeenrannassa, Savonlinnassa, Tampereella ja Varkaudessa. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Helsingissä. ANDRITZ Oy:n hallituksen puheenjohtajana toimii Wolfgang Leitner (ANDRITZ AG) ja toimitusjohtajana Kari Tuominen. Yhtiön omistaa itävaltalainen ANDRITZ AG. (Andritz Oy intranet).

### 3 SOODAKATTILA

Soodakattila on osa sellunkeittoprosessia, ja se on sellutehtaan kallein osa. Soodakattilalla on kolme päätehtävää, ensimmäinen niistä on polttaa mustalipeän orgaaninen aines höyryntuottoa varten. Toinen on kierrättää ja regeneroida mustalipeän kemikaaleja. Kolmas on ottaa talteen palamisessa syntyvä lämpö ja tuottaa höyryä. Nykyaikaiset soodakattilat ovat paljon suurempia kuin muutama vuosikymmen sitten. Vuonna 1980 isoimpien soodakattiloiden nimelliskoko oli 1700 kuiva-ainetonna päivässä. Vuoteen 2000 mennessä oli rakennettu jo kymmenen 2500-3500 tonniin yltyviä kattiloita. Vuonna 2004 soodakattilan nimelliskapasiteetti saattoi olla jo 4450 tonnia. Suunta on ollut koko ajan ylöspäin ja nykyaikaiset kattilat ovat koko ajan suurempia, ja ne pystyvät käsittelemään jopa 12000 tonnia kuiva-ainetta päivää kohden, kuten Andritzin toimittama kattila Okissa Indonesiassa. Nykyaikaisessa soodakattilassa höyryn lämpötila on yleensä n. 480°C ja höyrynpaine n. 85 bar. Kuiva-ainetta kattila pystyy käsittelemään n. 1700 tonnia per vuorokausi. (Vakkilainen, 2005, 2-1.)

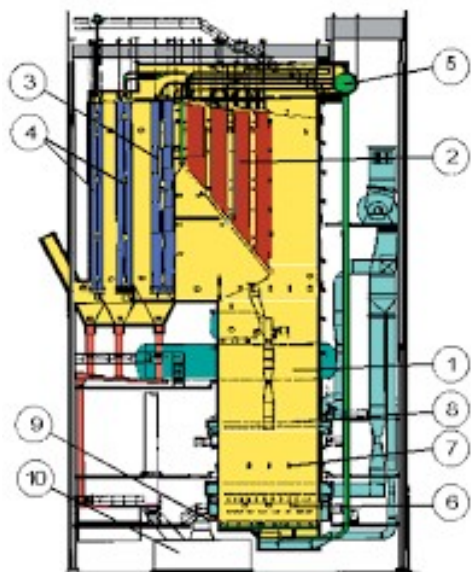
#### 3.1 Soodakattilan toiminta

Nykyaikaiset soodakattilat ovat yleensä yhdellä lieriöllä varustettuja luonnonkiertokattiloita, eli veden ja höyryn seos kiertää kattilassa lämpötilaerosta johtuvan painoeron vuoksi. Seos kiertää lieriön ja höyrystimen välillä painovoimaisesti. Soodakattilan päätehtäviä ovat mustalipeän poltto, sellunkeitossa syntyvien keittokemikaalien talteenotto ja regenerointi, sekä poltossa syntyvän lämmön talteenotto. Soodakattilassa poltetaan mustalipeää. Mustalipeä sisältää orgaanista, eli palavaa ainetta ja epäorgaanista, eli keittokemikaalit sisältävää. Nämä aineet täytyy erotella toisistaan. (Vakkilainen, 2005, 2-1.)

Lipeän poltosta vapautuvalla lämmöllä tuotetaan höyryä, jota käytetään pyörittämään turbiineja, jotka tuottavat sähköä. Seuraavaksi käsitellään soodakattilan rakennetta, polttoaineen polttamista ja tapahtumia kattilan sisällä. (Vakkilainen, 2005, 2-5.)



## 3.2 Rakenne



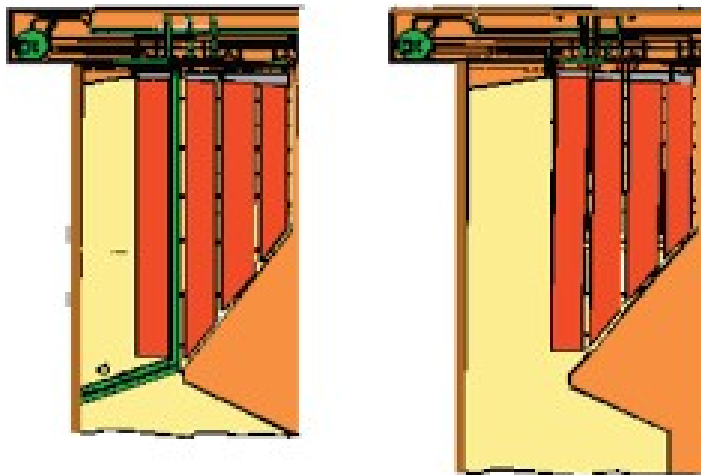
KUVA 1. Soodakattilan osat kuvassa: 1. Tulipesä, 2. Tulistimet, 3. Keittoputket, 4. Syöttöveden esilämmitin, 5. Lieriö, 6. Primääri- ja sekundääri-ilma-aukot, 7. Lipeäruiskut, 8. Tertiääri ilma-aukot, 9. Sulakourut, 10. Liuosäiliö.  
(Vakkilainen, 2005, 2-5.)

Nykyaikaiset soodakattilat ovat toteutettu yhden lieriön tekniikalla. Vanhemmissa kattiloissa käytettiin kahden lieriön tekniikka ja yhteen lieriöön siirryttiin vuonna 1985. Kuitenkin suurin osa nykypäivänä käytössä olevista kattiloista on edelleen kahdella lieriöllä varustettuja. Yhdellä lieriöllä varustettu kattila voidaan rakentaa isommalle kapasiteetille ja kestävämmän kovempia paineita. (Vakkilainen, 2005, 2-7.)

Soodakattila voi olla varustettu verholla (screen) tai ilman verhoa. Verho on kattilassa oleva lämmönsiirtopinta. Verhon käyttämisestä saadaan tiettyjä hyötyjä. Se suojaa tulistimia liialta tulipesästä tulevalta lämpösäteilyltä. Verho estää palamattomien lipeäpisaroiden kulkeutumisen tulistimiin ja näin ollen tulistimien korroosio vähenee huomattavasti. Kun verhoa käytetään, etummainen tulistin on heti verhon takana, jolloin se on alttiimpana lämpösäteilylle kuin ollessaan nokan takana verhottomassa mallissa. Verhon käyttämisestä voi kuitenkin olla myös haittaa, historian aikana on sattunut tapauksia, jolloin verho on revennyt siihen tarttuneen tuhkan painosta ja täten aiheuttanut kattilaräjähdyksen. Verho myös sitoo lämpöä itseensä, jolloin tulistimien toiminta ei ole välttämättä niin tehokasta, kuin se olisi ilman verhoa. (Vakkilainen, 2005, 2-3.)

Tulistimet ovat yksi päälämmönsiirtopinnoista. Niitä on kattilassa neljästä kuuteen kappaletta. Nykyisissä kattiloissa tulistimien paneelit ovat pystyssä ja niiden välimatkaa on kasvatettu 300-400 millimetriin, joka vähentää tulistimien likaantumista, ja näin ne pystyvät toimimaan tehokkaammin. Tämä ratkaisu myös vähentää korroosiota. Myös materiaalivalinnoilla pystytään vaikuttamaan korroosioon.

Tulistimien takana sijaitsevat ekonomaiserit eli syöttöveden esilämmittimet. Nykyisin ekonomaiserit on sijoitettu pystysuoraan. Vanhoissa kattiloissa ne olivat vaakatasossa mikä lisäsi niiden likaantumista. (Vakkilainen, 2005, 2-2, 2-3.)



KUVA 2. Kuvassa vasemmalla verhollinen rakenne ja oikealla ilman verhoa (Vakkilainen, 2005, 2-3).

### 3.3 Palamisilmajärjestelmä

Tässä kappaleessa käsitellään soodakattilan ilmajärjestelmää, johon myös opinnäytetyön aihe liittyy. Mustaliipeä koostuu palavasta orgaanisesta aineesta, ja palaakseen se tarvitsee paljon palamisilmaa. Mitä enemmän orgaanista ainesta lipeässä on, sitä enemmän ilmaa tarvitaan. Palamisilman tavoitteen on ylläpitää tasaisen korkea lämpötila kattilassa, sekä sekoittaa kattilan pohjalla olevaa lipeäkekoa ja pitää sen muoto halutunlaisena ilmasuihkun avulla. Oikeanlaisella ilmansyötöllä kattilan päästöjä pystytään pienentämään ja reduktion tehokkuutta parantamaan. (Vakkilainen, 2005, 7-2.)

Ilma johdetaan kattilaan yleensä kolmessa eri tasossa, primääri-, sekundääri- ja tertiääri-ilmatasossa. Primääri ja sekundääri-ilmasuuttimet ovat lähellä tulipesän pohjaa, lipeäruiskujen alapuolella. Tertiääri-ilma syötetään kattilaan lipeäruiskujen yläpuolelta. Palamisilmasta 80-90% syötetään kattilaan primääri ja sekundääri-ilmasuuttimista ja loput tertiäärisuuttimista. Jokaisella ilmatasolla on oma ilmapuhaltimensa. Pienissä kattiloissa voidaan käyttää vain kahta puhallinta. Primääri-ilmalle voi olla oma puhaltimensa ja sekundäärille ja tertiäärille yhteinen. Jokaisella ilmatasolla on omat ilmakehanavansa, jotka ovat symmetrisesti kattilan tulipesän ympärillä. Primääri-ilma-aukot on jaettu tasaisesti jokaiselle kattilan seinälle. Primääri-ilmaa syötetään tasaisesti, jotta saadaan ylläpidettyä tasaista palamista tulipesässä. Aukkojen oikeilla väleillä pystytään estämään lipeän kertyminen tulipesän nurkkiin. Sekundääri-ilmalla on suurin vaikutus tulipesän tapahtumiin. Sen päätehtävä on polttaa keosta nousevat kaasut mutta se myös estää pedin nousemista liian korkeaksi. Tertiääri-ilma polttaa loput palavat tulipesästä nousevat aineet.

Tertiärisuuttimet sijaitsevat yleensä etu- ja takaseinällä ja niiden väli voi olla jopa 3,5 metriä. Porttien lukumäärä voi olla pariton ja ne sijoitetaan vastakkaisen seinän suuttimiin nähden limittäin, jotta sekoittuminen parantuisi. (Vakkilainen, 2005, 7-3, 7-4, 7-5.)

### 3.4 Mustalipeä ja sen poltto

Soodakattila jaetaan siellä tapahtuvien prosessien mukaan pelkistysvyöhykkeeseen ja hapetusvyöhykkeeseen. Polttoaine, eli mustalipeä syötetään pelkistysvyöhykkeeseen nestemäisenä, esilämmitettynä n. 100-120°C:n lämpötilaan. Kattilaan syötettäessä lipeä hajotetaan pisaroiksi suuttimessa olevan lanssin avulla, jolloin se suihkuu kattilaan leveänä suihkuna. Kun lipeä on ruiskutettu ulos suuttimesta, se kuivuu matkallaan tulipesän pohjalla olevaan kekkoon. (Vakkilainen, 2005, 4-2.)

Lipeän palaminen tapahtuu kolmessa osassa. Ensimmäinen vaihe eli kuivuminen alkaa, kun pisara tulee ulos suuttimesta. Kuivumisessa lipeäpisara paisuu ja sen lämpötila nousee n. 150°C:een ensimmäisten millisekuntien aikana, samalla kun siinä oleva vesi höyrystyy pois. Toinen vaihe on nimeltään pyrolyysi. Tämän vaiheen aikana lipeästä vapautuu kaasuja ja lipeäpisaran koko kasvaa, ja siihen syttyy näkyvä liekki. Kolmas ja viimeinen vaihe on koksen palaminen. Koksi on jäljelle jäänyt palamaton aine, eli lähinnä epäorgaanisia yhdisteitä. Koksijäännös sulaa ja se johdetaan pois kattilasta sularännejä pitkin liuotussäiliöön, jossa se sekoitetaan veteen tai heikkoon valkolipeään. (Vakkilainen, 2005, 4-2, 4-3, 4-4, 4-5, 4-6, 4-7.)

Lipeässä olevien kemikaalien regeneroituminen ja puuaineksen palaminen vaativat erilaiset olosuhteet. Lipeän kemikaalien regeneroiminen tapahtuu keossa kattilan pohjalla, ja se vaatii pelkistäviä olosuhteita. Jotta tällaiset olosuhteet saataisiin aikaan, syötetään kattilan pohjalle primääri-ilmaa sen verran, että lämpötila pysyy halutussa eli n. 1000-1100°C:ssa. Primääri-ilmamäärä on yleensä n. 30-40 % koko kattilaan syötettävästä ilmamäärästä. Tällöin lipeässä oleva hiili palaa epätäydellisesti lähinnä kaasuuntuen hiilimonoksidiksi (CO). Jos ilmamäärä on liian pieni, keon lämpötila jää liian alhaiseksi. Jos ilmamäärä on liian suuri, natriumsulfaatin (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) reduktio saattaa olla huono. (Huhtinen *et al.*, 2008, Voimalaitostekniikka, s. 72.)

Hyvissä soodakattiloissa päästään jopa 98-99 %:n reduktioasteeseen. Lipeäpolttimien lisäksi kattilassa on öljy- tai kaasukäyttöisiä käynnistyspolttimia, joita käytetään kattilan ylös- ja alasajossa ja apuna lipeän poltossa. (Huhtinen *et al.*, 2008, Voimalaitostekniikka, s. 72.)

### 3.4.1 Viherlipeä

Viherlipeää syntyy, kun kattilasta tuleva sula johdetaan sularänniä pitkin liuotussäiliöön, jossa se sekoitetaan heikkoon valkolipeään ja veteen. Viherlipeä saa nimensä rautaoksidin epäpuhtauksista, jotka värjäävät sen vihreäksi. Sulan sekoittaminen veteen synnyttää paljon lämpöä. 3000 tds/d kokoluokan kattilassa lämpöä voi tulla jopa 10MW. (Vakkilainen, 2005, 7-16.)

### 3.5 Savukaasujärjestelmä

Savukaasujärjestelmä kuljettaa kattilassa syntyvät savukaasut tulipesästä ulkoilmaan. Matkalla ulos kaasut kulkevat lämmönsiirtopintojen läpi, joiden avulla savukaasulla voidaan lämmittää esimerkiksi vettä ja näin tuottaa höyryä. Tämän jälkeen kaasut menevät savukaasukanavia pitkin damperien kautta savukaasupuhaltimelle, joka muodostaa vedon kattilaan. Näiden jälkeen tulevat sähkösuodattimet ja mahdolliset savukaasupesurit, joiden tehtävänä on vähentää päästöjä. Viimeisenä on piippu, josta kaasut vapautuvat ulkoilmaan. (Vakkilainen, 2005, 7-7, 7-8.)

### 3.6 Vesi- ja höyryjärjestelmä

Veden- ja höyrynkierro alkaa syöttövesitankista, josta vesi pumpataan ensimmäisenä syöttövesipumpulla ekonomaisereille eli syöttöveden esilämmittimille. Esilämmittimissä savukaasut lämmittävät veden lähelle kiehumispistettä. Seuraavaksi vesi menee höyrylieriölle, jossa höyry erotetaan vedestä painovoimaisesti ja erottimien avulla. Lieriöltä vesi menee laskuputkia pitkin höyrystinpinnoille jotka ovat yleensä tulipesän seinämät. Kattilan paineesta riippuen 10-25% höyrystämisestä tapahtuu keittoputkistossa. Osittain höyrystynyt vesi menee nousuputkia pitkin takaisin lieriöön. Kylläinen höyry lähtee lieriöstä kohti tulistimia, jotka lämmittävät höyryn yli kylläisen rajan, jotta se on sopivaa turbiinien pyörittämiseen. (Vakkilainen, 2005, 7-8, 7-9.)

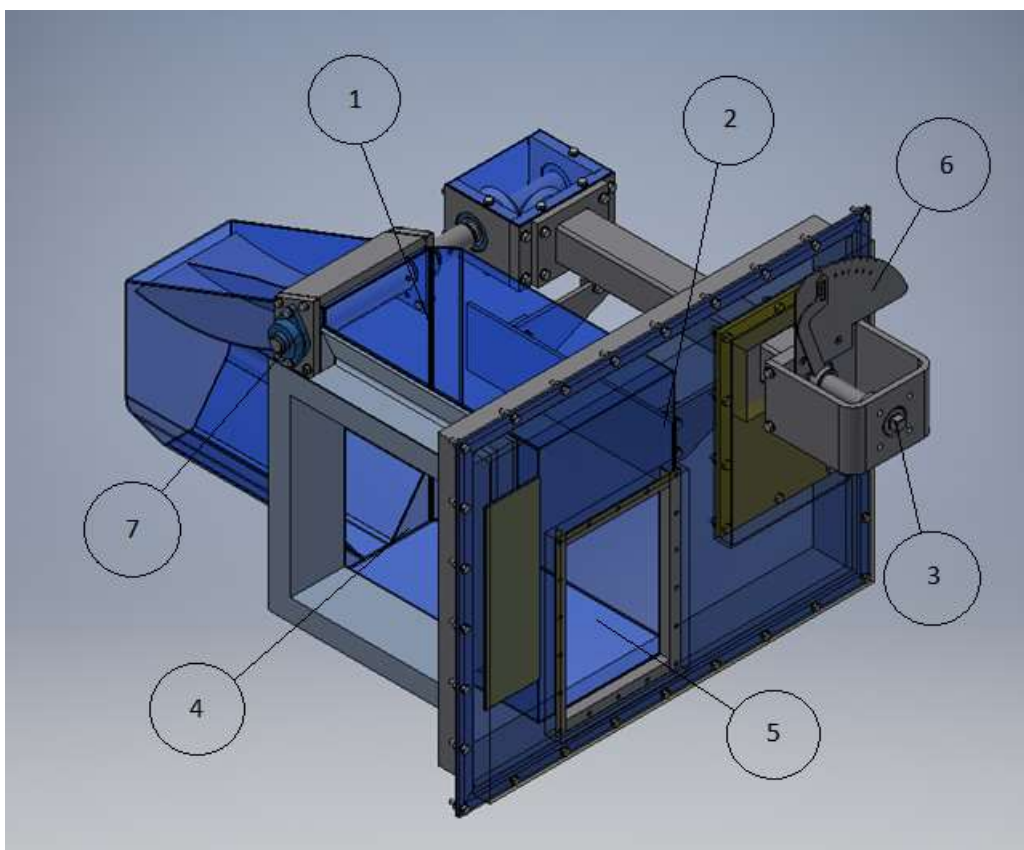
Soodakattila on aina varustettu hätätyhjennysjärjestelmällä, jotta vesi ja höyry saadaan tarvittaessa tyhjennettyä nopeasti pois kattilasta estäen mahdollisen kattilaräjähdyksen. (Vakkilainen, 2005, 7-9.)

## 4 ILMAREKISTERIJÄRJESTELMÄ

Jokaisessa soodakattilassa on ilmarekisterijärjestelmä. Ilmarekisteri on laite, joka ohjaa ilmakehän pitkin tulevaa palamisilmavirtaa kattilan tulipesään. Rekisteri on kiinni tulipesän seinässä. Koko vaihtelee sen perusteella, onko se primääri-, sekundääri-, vai tertiärirekisteri. Koko ilmoitetaan neliösentteissä, joka tarkoittaa suuttimen aukon pinta-alaa.

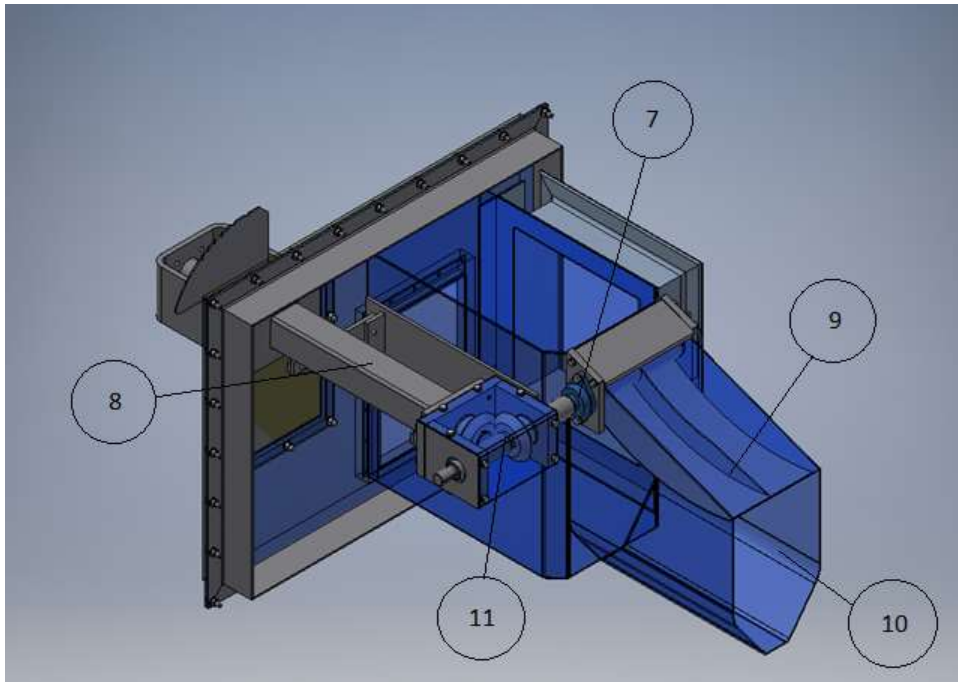
Ilmansyöttö rekisteriin voi olla joko oikealta, vasemmalta (kuvassa 3.), ylhäältä tai alhaalta, riippuen mikä on tilan kannalta sopivin. Ilmasuihkua säädetään halutunlaiseksi säätöpellin asentoa portaittain muuttamalla. Ilmasuihkulla vaikutetaan mm. lipeäkeon muotoon ja palamiseen. Joissain rekistereissä on pneumaattisesti toimiva rassain, jolla suuttimesta voidaan puhdistaa siihen tarttunut lipeä. Rassain on kiinni naamalevyssä rekisterin pituussuuntaisesti. Asennettuna varsinkin sivusyöttöisestä rekisteristä on yleensä näkyvillä vain naamapelti ja käyttölaite (Kuva 5.). Rekisterin käyttölaite voi olla toteutettu voimasiirotinjalla ja kulmavaihteella (kuvat 3 ja 4), sivukäyttölaitteella tai vipusäädöllä. Jos ilmantulo on sivulla, käyttölaitteen puoli on yleensä aina vastakkaisella puolella kuin ilmantulo. Ilmantulon ollessa ylhäältä tai alhaalta, käyttölaite voidaan valita sille puolelle, jossa se on sopivampi. Käyttölaitteen tyyppi riippuu siitä, mikä on sopivin kyseiselle rekisterille esimerkiksi tilan kannalta.

### 4.1 Rekisterin rakenne

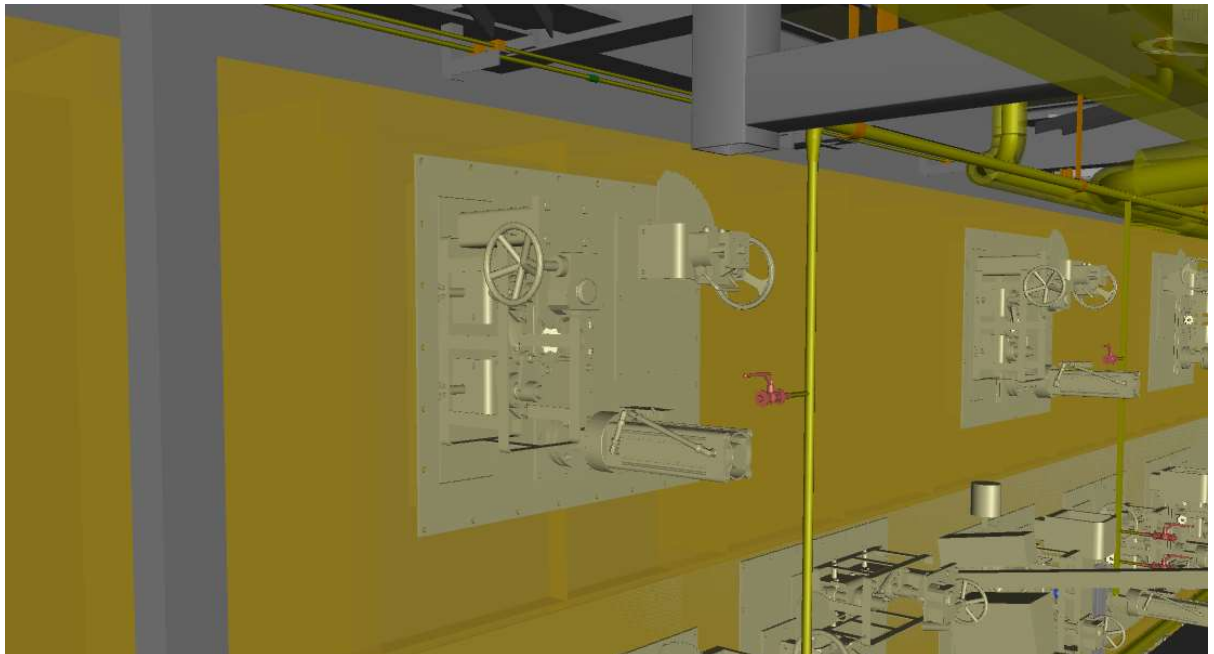


KUVA 3. 1000cm<sup>2</sup> ilmarekisteri Ruzomberokin projektista. Ilmansyöttö vasemmalta ja käyttölaite oikealla puolella. (ANDRITZ Oy, Autodesk Inventor.)

Rekisterin osat ovat seuraavat: 1. Ilmakaappi, 2. Naamalevy, 3. Toimilaite, 4. Ilmantuloaukko, 5. Rassaimen aukko, 6. Osoitintaulu, 7. Laakeripesä, 8. Voimansiirtolinja, 9. Säätopelti, 10. Ilmasuutin, 11. Kulmavaihte/hammasrattaat.



KUVA 4. Rekisteri kattilasta päin katsottuna (ANDRITZ Oy, Autodesk Inventor).



KUVA 5. Sekundäärirekesterejä Ruzomberokin kattilasta (ANDRITZ Oy, Autodesk Navisworks).

## 4.2 Inventor-mallit ja ohjainexcelit

Andritzilla ilmarekisterit on mallinnettu Inventoriin. Inventorissa on master-malli, jossa on kaikki eri versiot rekistereistä ja klikkaamalla rekisterin mallin saa valittua halutunlaiseksi. Esimerkiksi toimilaitteen tai ilmansyötön puolen voi valita haluamakseen ja projektiin sopivaksi. Inventor-malleja ohjataan ohjainexcelillä. Excelissä muutetaan haluttuja parametrejä, se tallennetaan, avataan Inventor-malli ja päivitetään se, jolloin malli muuttuu Excelin arvoja vastaavaksi. Exceliin ja malleihin tutustuttiin aluksi tekemällä muutoksia yhteen Nettingsdorfin projektiin rekisterimalliin. Muutoksiin kuului rassaimen aukon koon muuttaminen suuremmaksi, jonka jälkeen täytyi myös muuttaa säätölevyn muotoa sopivammaksi.

## 4.3 Rekisterien taulukointi

Ensimmäisenä tehtävänä oli rekisterien taulukointi Exceliin. Taulukkoon kerättiin menossa olevien ja vanhojen projektien rekisterien tiedot. Taulukossa on tärkeimmät tiedot rekistereistä, eli rekisterin tyyppi, koko, ilmasuuttimen tyyppi, ilmantulosuunta, käyttölaitteen puoli, säädön tyyppi ja onko rekisterissä rassain vai ei. Tämä helpottaa suunnittelijoiden työtä jatkossa, kun aletaan suunnittelemaan uusia rekisterejä uuteen projektiin. Taulukosta voidaan katsoa, onko jossain projektissa jo olemassa tarvittavan kokoista ja mallista rekisteriä, jollaista uuteen projektiin tarvittaisiin. Näin suunniteltaessa voidaan hyödyntää jo olemassa olevaa rekisteriä joko suoraan tai muokkaamalla sitä. Tarkoituksena on, ettei suunnittelua ja mallintamista aina tarvitsisi aloittaa nollasta, mikä säästää huomattavasti aikaa. Taulukko on suunnittelijoiden käytössä ja sitä voidaan päivittää aina tarvittaessa. (Liite 1)

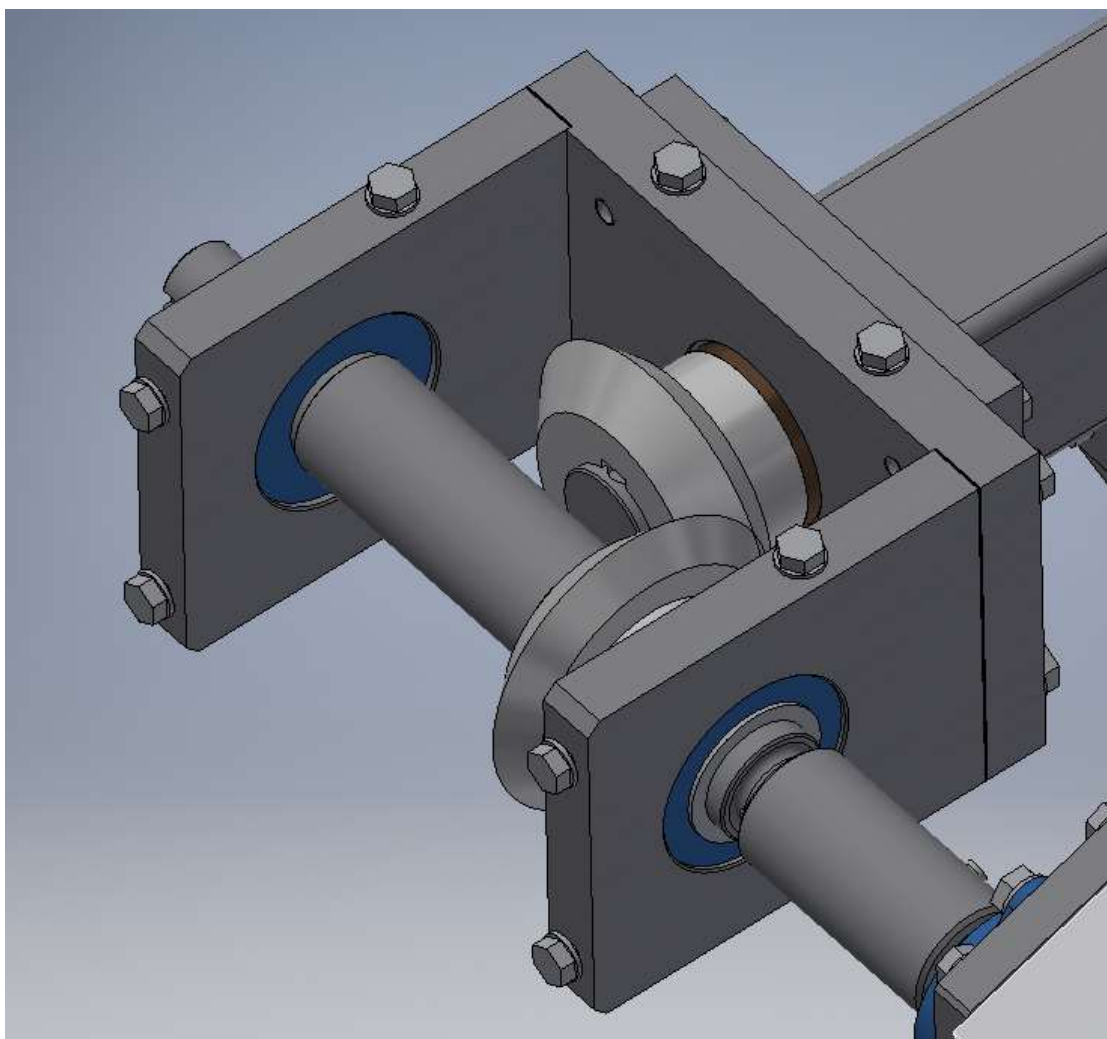
## 5 LAAKERIMUUTOKSET

Seuraava tehtävä oli rekisterin laakerien muuttaminen kuulalaakereista liukulaakereihin.

Muutoksessa keskityttiin kulmavaihteen ja säätöpellin akselin laakereihin. Kuvassa esimerkkinä kulmavaihde, laakerointi on toteutettu kolmella kuulalaakerilla, yksi pituussuuntaisella akselilla ja kaksi poikittaisakselilla. Tässä rekisterissä laakereiden tyyppi on SKF 6210 ZZ VA228, eli yksirivinen urakuulalaakeri, jossa on suojalevy molemmin puolin.

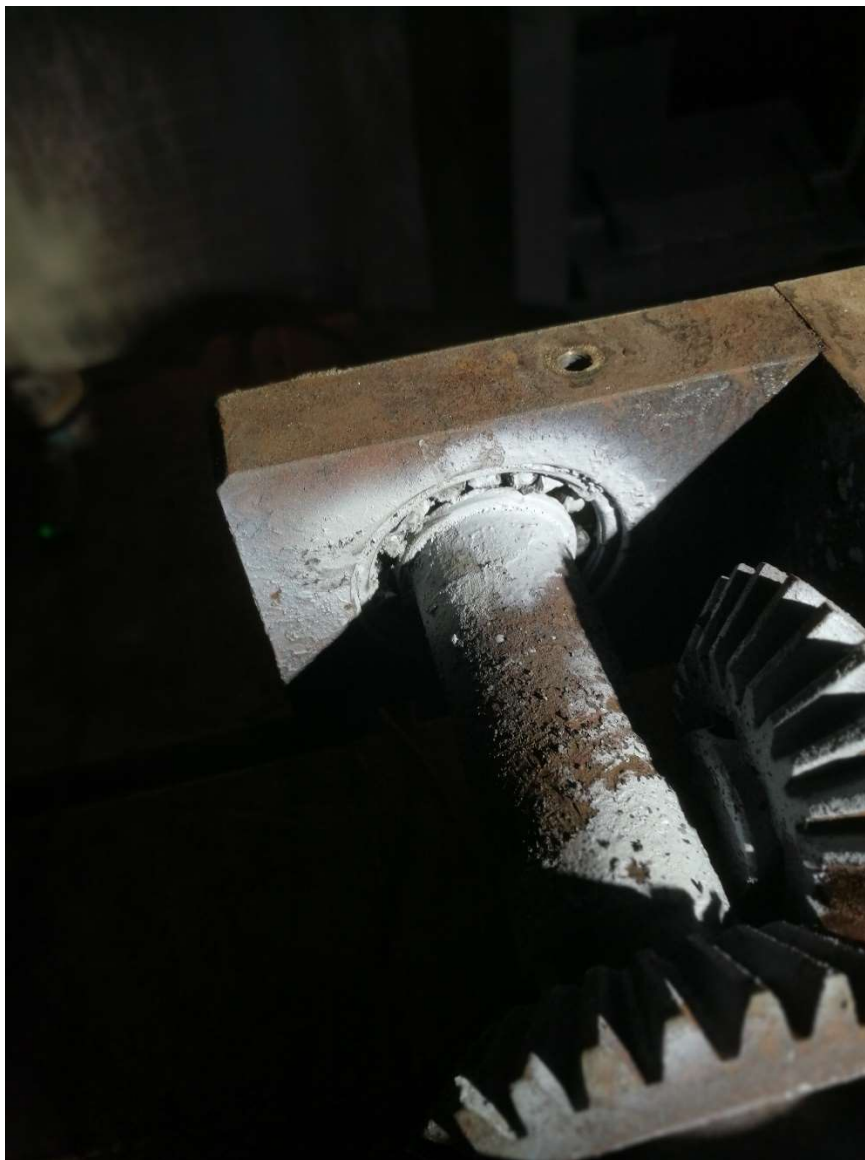
Joissain tapauksissa savukaasua sekoitetaan palamisilman sekaan. Syynä laakerimuutokseen on se, että joissakin rekistereissä laakerit ovat alkaneet korrodoitua savukaasun vaikutuksesta, jonka jälkeen ne ovat jumittuneet. Tämän takia tilalle vaihdetaan liukulaakerit, jotka ovat paremmin suojatut ja niiden voitelu on parempi ja tähän käyttötarkoitukseen sopivampi. Myös nämä ovat SKF:n valmistamia. Liukulaakerit ovat myös hinnaltaan hieman halvempia. Kuvassa 7 näkyy, kuinka kuulalaakerit ovat ruostuneet ja lopulta jumittuneet savukaasun vaikutuksesta.

Sopiva laakeritoimittaja ja laakerimalli oli valittu aiemmin muiden suunnittelijoiden toimesta ja tässä työssä tehtävänä oli lisätä laakerit ohjainexceeliin ja tehdä tarvittavat muutokset Inventoriin. Muutos tehtiin ensimmäisenä Ruzomberokin projektin uuteen sekundäärirekisteriin.



KUVA 6. Rekisterin kulmavaihde vanhoilla kuulalaakereilla (ANDRITZ Oy, Autodesk Inventor).





KUVA 7. Ruostunut ja jumittunut laakeri kulmavaihteessa (Andritz Oy).

### 5.1 Laakereiden päivitys ohjainexceeliin

Laakerimuutoksen tekeminen aloitettiin kulmavaihteen laakereista. Olemassa olevista kulmavaihteen kuulalaakereista on Exceeliin taulukoitu valmistaja, sisähalkaisija, ulkohalkaisija, leveys, staattinen kantavuusluku, kokotunniste ja paino.

Jotta mukaan saatiin lisättyä liukulaakerit, täytyi Exceeliin lisätä parametrit liukulaakereiden laipan halkaisijalle ja paksuudelle. Laakereihin vaikuttavat sivut ohjainexcelissä ovat Sheet 1, Bearings ja Selection- välilehdet. Sheet 1:lle tehtiin kaava, joka lukee vanhojen parametrien lisäksi laakerin uudet parametrit bearings- välilehdeltä. Bearings-välilehdelle lisättiin kaikki tarvittavan kokoisten liukulaakerin tiedot eli merkki, kokotunniste, sisä- ja ulkohalkaisija, kantavuusluku, laipan halkaisija ja laipan paksuus. Nämä tiedot saatiin laakerivalmistajan laakerimanuaalista. Kun tarvittavat tiedot riittävän monesta eri kokoisesta laakerista ovat bearings-välilehdellä, pystytään selection-välilehdeltä valitsemaan alavetovalikosta haluttu laakeri, jonka jälkeen malli päivittyy valinnan mukaan. Tämän

jälkeen Excel piti linkittää uudestaan Inventoriin, jotta se tunnistaisi uudet päivitykset ja toimisi oikein.

Työvaiheena tämä oli työläs, koska parametrejä on paljon ja moni asia vaikuttaa toisiinsa. Kokemusta ei myöskään ollut ennestään kyseisenlaisesta ohjainexcelistä, joten vaadittiin paljon perehtymistä ja kokeilemista ennen kuin toiminnan ymmärsi. Kun ensimmäisen muutoksen tekeminen onnistui, seuraavat olivat helpompia.

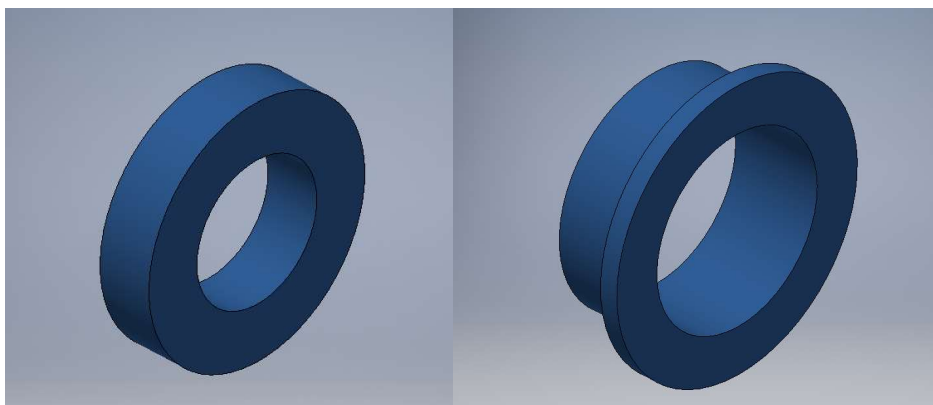
## 5.2 Tarvittavat muutokset Inventor-malliin

Excelin muutoksien jälkeen tarvittavat muutokset tehtiin Inventoriin. Kun laakerin tiedot ovat Excelissä, se täytyy linkittää uudestaan Inventoriin. Kun tämä on tehty, uusien Exceliin lisättyjen parametrien pitäisi näkyä Inventorissa parameters-kohdassa. Jos näin on, tiedetään että päivitys toimii. Tämän jälkeen parametrit yhdistetään osaan, jotta ne ohjaavat oikeaa osaa ja oikeaa kohtaa, esimerkiksi liukulaakerin laipan halkaisijaa tai paksuutta. Tämän jälkeen laakeria pystyy muuttamaan Excelistä käsin halutunlaiseksi.

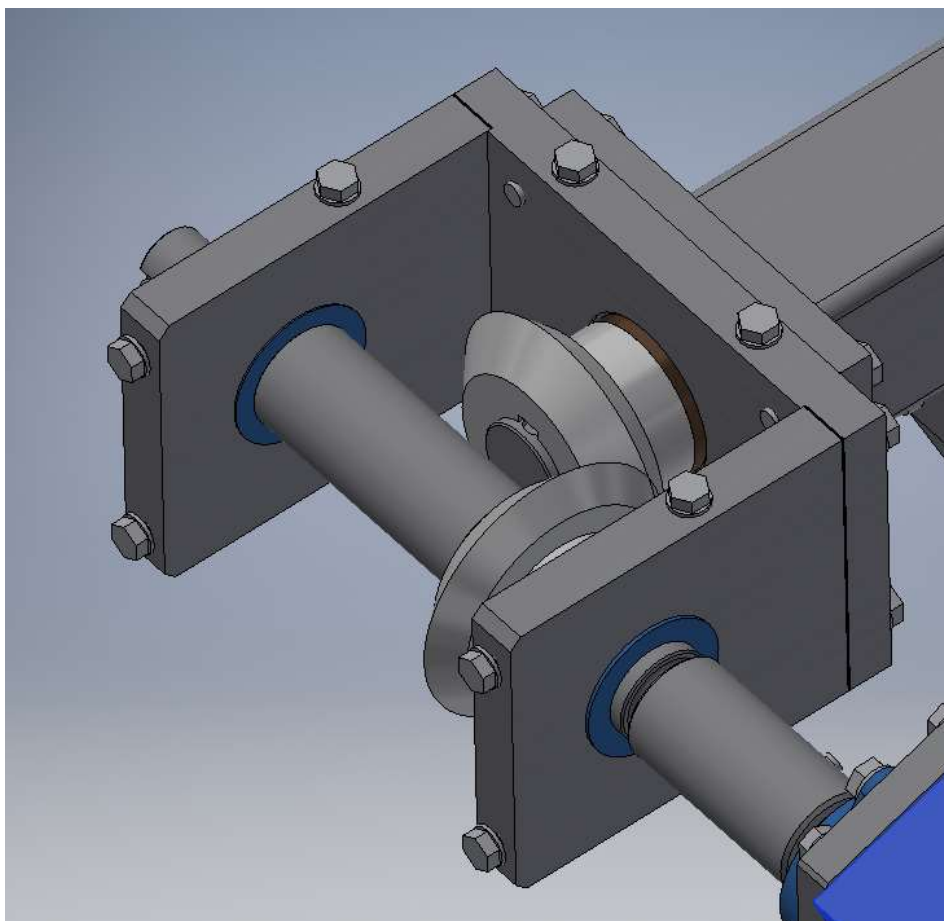
### 5.2.1 Kulmavaihteen laakerit

Koska kuulalaakerit on mallinnettu ilman kuulia mallin keventämiseksi, niitä pystyttiin käyttämään pohjana. Laakeriin lisättiin laippa, jonka mitat tehtiin muuttujaohjatuiksi, jotta se saataisiin muuttumaan halutun kokoiseksi ohjainexcelistä käsin. Laakerin leveyden, sisä- ja ulkohalkaisijan sain toimimaan vanhoja parametrejä hyödyntämällä. Samat muutokset täytyi tehdä kaikille kolmelle kulmavaihteen laakerille, yksi laakeri on pituussuuntaisella eli ensioakselilla ja kaksi laakereista on poikittaissuuntaisella toisioakselilla.

Laakereille on tehty upotukset vaihdelaatikon levyihin. Levyssä oleva aukko seuraa laakerin ulkohalkaisijaa ja muuttuu sen mukaan. Koska liukulaakerissa on laippa, ilman muutoksia se olisi mennyt mallissa levyn "sisälle", koska laipan halkaisija on suurempi kuin laakerin ulkohalkaisija. Tämä taas olisi näkynyt osien päällekkäisyyksinä piirustuksissa. Vaihdelaatikon levyihin täytyi tehdä uusi upotus laakerin laipalle ja tehdä kaava joka seuraa laipan halkaisijaa ja paksuutta, ja näin muuttuu aina sopivaksi laakerin koon mukaan. Muutos tehtiin kaikille kolmelle vaihdelaatikon levyille. Myös akseli vaati muutoksia, koska liukulaakeri tulee laipan paksuuden verran pitemmälle vaihdelaatikon sisälle. Tämä aiheutti sen, että laakeri meni akselin paksumman osan päälle. Ongelma saatiin korjattua jatkamalla akselin ohuemman osan "koneistusta" rekisteriin päin, jolloin laakerille tuli tilaa levyn ja akselin paksumman kohdan väliin.



KUVA 8. Vasemmalla kuulalaakeri ja oikealla uusi laipallinen liukulaakeri kulmavaihteeseen (Andritz Oy, Autodesk Inventor).



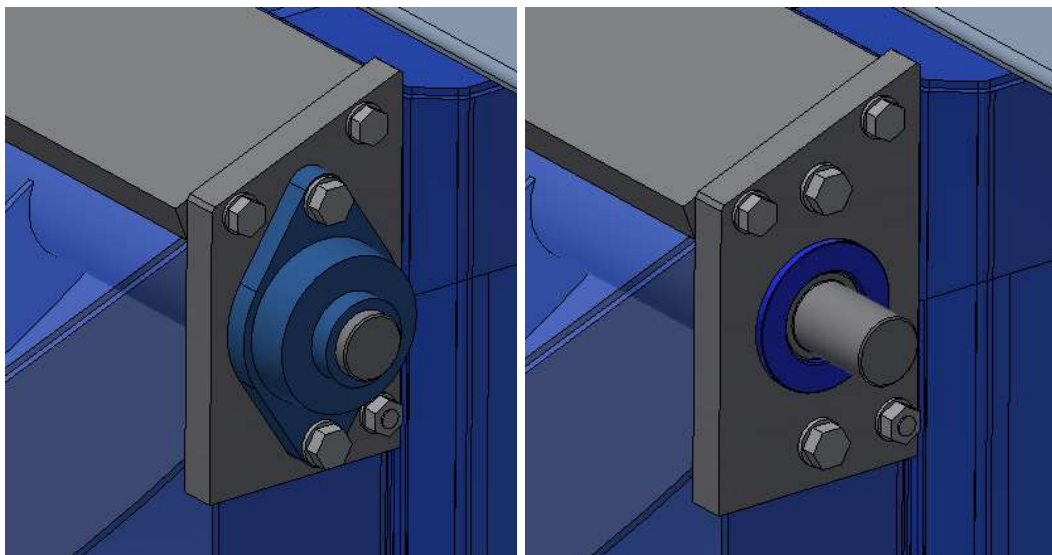
KUVA 9. Kulmavaihteen laakerit päivitetty liukulaakereihin (Andritz Oy, Autodesk Inventor).

## 5.2.2 Säätopellin akselin laakerit

Seuraava vaihe olivat säätopellin akselin laakerit, joita on kaksi kappaletta. Nämä ovat myös kuulalaakereita, mutta malliltaan täysin erilaisia kuin kulmavaihteen laakerit. Säätopellin akselin laakerit ovat pulttikiinnitteisiä laakeriyksiköitä, ne ovat SKF:n valmistamia ja tässä rekisterissä tyypiltään FYT 35 TF/VA 228. (kuva 10.) Koska laakerimalli on kokonaan erilainen, ei sitä pystynyt käyttämään pohjana uusiin liukulaakereihin.

Muutos toteutettiin lisäämällä Excelin Bearings-välilehdelle uuden rivin, jossa osalle laakeriyksikön mitoista täytyi antaa arvo nolla, jotta se saatiin pois näkyvistä mallissa. Laakeria ei voinut poistaa, koska, haluttiin säilyttää mahdollisuus vaihtaa laakereiden välillä. Samalle Excelin riville laakeriyksikön mittojen kanssa lisättiin uuden liukulaakerin mitat, ja Sheet 1:lle piti tehdä kaava, joka lukee bearings-välilehdeltä liukulaakerin leveyden, sisä- ja ulkohalkaisijan, ja laipan halkaisijan ja paksuuden. Eli kyseisen laakerin ollessa valittuna alusvetovalikosta, laakeriyksikkö vaihtuu mallissa liukulaakeriin.

Uusi liukulaakeri täytyi tehdä kokonaan alusta lähtien, koska vanhaa laakeria ei voinut käyttää pohjana. Uudet liukulaakerit lisättiin malliin säätopellin akselin molempiin päihin, ja mitat tehtiin muuttujaohjatuiksi, jotta koon muuttaminen Excelin kautta onnistuu.



KUVA 10. Säätopellin akselin laakeriyksikkö ja uusi liukulaakeri (Andritz Oy, Autodesk Inventor).

### 5.3 Hinta

Hinnaltaan laakerimuutos ei ole kallis, mutta päivittäminen liukulaakereihin on kuitenkin halvempaa kuin vaihtaa uudet kuulalaakerit. Yksi kuulalaakeripukki säätöpellinakselille maksaa koosta riippuen n. 100 euroa ja sen korvaava liukulaakeri noin puolet siitä. Myös kulmavaihteeseen tulevat liukulaakerit ovat entisiä kuulalaakereita halvempia, koosta riippuen 20-50 euroa kappale. Vaihdeettavia laakereita rekisterissä on yhteensä viisi kappaletta.

Lisähintaa tulee hieman koneistuksista, joita joudutaan tekemään kulmavaihteen levyille ja säätöpellinakselin levyille, jotta liukulaakerit saadaan sopimaan niihin.

## 6 PIIRUSTUKSET

Kun laakerimuutos oli valmis, rekisteristä tehtiin piirustukset. Piirustukset tehtiin Inventorilla käyttäen piirustustemplaatteja, eli piirustusohjia jotka päivittyvät rekisterimallin mukaan. Piirustukset täytyy aina viimeistellä manuaalisesti varsinkin, jos rekisteriin on tehty isompia muutoksia kuten tässä tapauksessa. Rekisterin tyyppistä riippuen piirustusten määrä ja tyyppi voivat vaihdella. Tässä tapauksessa tehtiin viisi eri piirustusta, pääkuva on main assembly ja sen alapiirustuksia ovat dimensional drawing, plate parts, machined plates ja shaft parts. Lopuksi kun piirustukset oli viimeistelty Inventorissa, ne muutettiin Autocad-muotoon.

## 7 MAHDOLLISET JATKOKEHITYSIDEAT

Työtä tehdessä esiin nousi rekisterijärjestelmään liittyviä kehitysideoita ja tarpeellisia muutoksia, joihin paneudutaan ja joiden parissa tullaan tekemään töitä tulevaisuudessa opinnäytetyön tekemisen jälkeen. Näistä esimerkkinä rekisterejä valmistavalta konepajalta tulleet kehitysideat rekisterin valmistukseen liittyen. Rekisteriä voitaisiin muuttaa esimerkiksi joidenkin rungon hitsauksien osalta, jotta se olisi sopivampi hitsausrobotille. Näin valmistusaikaa saataisiin lyhennettyä huomattavasti. Myös joitakin levyosia voitaisiin valmistaa valmiina saatavilla olevasta levystä, jolloin turhia koneistuksia ei tarvitsisi tehdä. Nämä vaativat myös muutoksia Inventor-malliin.

Esille nousi myös Inventor-mallin muokkaaminen. Nykyisellään malli on melko raskas käsitellä ja joissain tilanteissa hankala käyttää. Malli pilkottaisiin osiin esimerkiksi rekisterityypeittäin, jolloin sitä saataisiin selkeämmäksi ja kevyemmäksi käsitellä.

Tehtäväksi otetaan myös piirustustuotannossa tarvittavat templaattien eli piirustus pohjien läpikäyminen. Nykyisellään piirustukset vaativat jonkin verran manuaalista työtä ennen kuin ne ovat käyttökelpoisia. Myös osalistojen oikeanlainen toiminta ja päivittyminen Inventorin ja Excelin välillä otettaisiin työn alle.

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aihe oli soodakattilan ilmarekisterijärjestelmän laakerimuutoksen pohtiminen ja sen toteuttaminen Inventor-malliin. Syy työn tekemiseen oli päivitystä vaativa ilmarekisterijärjestelmä, tarkemmin tarve vaihtaa rekisterin kuulalaakerit liukulaakereihin. Laakerit olivat käyttötarkoitukseensa vääränlaisia ja olivat korrodoituneet savukaasun vaikutuksesta, jonka takia ne täytyi vaihtaa. Työssä vaadittiin muutoksia Inventor-malliin, joihin lukeutuivat esimerkiksi uusien laakerin mallintaminen, niiden tekeminen parametriohtajatuiksi ja lisääminen malliin. Myös ohjainexceliin vaadittiin muutoksia, jotta malli saatiin toimimaan oikein.

Työssä onnistuttiin halutulla tavalla ja tavoitteeseen päästiin. Aikaa meni hieman enemmän kuin aluksi oletettiin, jonka takia muita kehitysideoita ei opinnäytetyöhön keretty lisäämään, mutta niitä jatketaan opinnäytetyön tekemisen jälkeen. Opinnäytetyötä tehdessä saatiin myös uusia hyödyllisiä kehitysideoita rekisterijärjestelmään liittyen, esimerkiksi valmistajalta tulleet muutosehdotukset rekisterin valmistukseen. Näiden kehitystä jatketaan työn valmistumisen jälkeen.



## LÄHTEET

OSMALA Kari, JANTUNEN Jokke, VÄNTTINEN Lari, ANTIKAINEN Jonna, 18.1.2019. [Aloituspalaveri.] Varkaus: ANDRITZ Oy.

VAKKILAINEN, Esa K. 2005. Kraft recovery boilers – Principles and practise.

HUHTINEN, Markku, KORHONEN, Risto, PIMIÄ, Tuomo, URPALAINEN, Samu, 2008. Voimalaitostekniikka.

VAUHKONEN, Tero 2019-01-15. Engineering Manager, Mechanical. [Haastattelu.] Varkaus: ANDRITZ Oy.

JANTUNEN, Jokke 2019-01-15. Product Engineer. [Haastattelu.] Varkaus: ANDRITZ Oy.

OSMALA, Kari 2019-01-15. Product Engineer. [Haastattelu.] Varkaus: ANDRITZ Oy.

VÄNTTINEN, Lari 2019-01-15. Design Engineer. [Haastattelu.] Varkaus: ANDRITZ Oy.

OSMALA, Kari, VAUHKONEN, Tero, 12.3.2019. [Palaveri.] Varkaus: ANDRITZ Oy.

ANDRITZ Oy, Intranet.

ANDRITZ Oy, Autodesk Navisworks Freedom 2018.

ANDRITZ Oy, Autodesk Inventor 2018.

