



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

COMPOUND-PUTKIEN PITUUDEN OPTIMOINTI

Andritz Oy, KRP-Divisioona, Varkaus

TEKIJÄ: Lari Vänttinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Lari Vänttinen	
Työn nimi Compound-putkien pituuden optimointi	
Päiväys 15.03.2017	Sivumäärä/Liitteet 16+2
Ohjaaja(t) Ville Niskanen (Andritz Oy), Seppo Ryyänen ja Markku Halttunen (Savonia AMK)	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Andritz Oy Varkaus	
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö on tehty Andritz Oy:n Varkauden KRP-divisioonan suunnitteluosastolle. Opinnäytetyössä oli tarkoituksena selvittää varastoon tilattavien compound-putkien optimaallinen pituus. Tällä pyritään vähentämään kustannuksia hukkaputken ja jatkohitsauksien osalta. Optimaalista pituutta, joka sopisi kaikkiin projekteihin, compound-putkille ei voitu määrittää. Opinnäytetyötä tehdessä nousi esille paljon hyödyllisiä kehitysideoita, joita viedään eteenpäin.</p>	
Avainsanat Soodakattila, compound-putki, optimointi	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author(s) Lari Vänttinen			
Title of Thesis Length Optimization of Composite Tubes			
Date	15.03.2017	Pages/Appendices	16+2
Supervisor(s) Ville Niskanen (Andritz Oy), Seppo Ryyänen ja Markku Halttunen (Savonia AMK)			
Client Organisation /Partners Andritz Oy Varkaus			
Abstract This thesis was made for the KRP-division of the design department of Andritz Oy in Varkaus. The purpose of the thesis was to find the optimal length for composite tube materials which are ordered to the warehouse. This aims at decreasing costs of waste tubes and additional butt-weldings. The optimum length for composite tubes suitable for all projects could not be defined. Many useful ideas for future development were raised during this thesis.			
Keywords Recovery boiler, composite tube, optimization			

ESIPUHE

Opinnäytetyöni ohjaajina toimivat Savonia AMK:sta Seppo Ryyänen, Markku Halttunen sekä toimeksiantaja ANDRITZ Oy:n puolelta Ville Niskanen.

Haluan kiittää heidän lisäksi projektissa mukana olleita Jorma Huttusta, Jorma Peiposta, Asta Aalia, Jarmo Koposta, Antti Hakkarasta ja Matti Taskista.

Varkaudessa 15.03.2017

Lari Vänttinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	ANDRITZ OY.....	7
2.1	KRP-divisioona	7
3	SOODAKATTILA	8
3.1	Mustalipeä.....	8
3.2	Mustalipeän poltto	9
3.3	Viherliepeäjärjestelmä	10
3.4	Palamisilmajärjestelmä	11
3.5	Savukaasujärjestelmä.....	11
3.6	Apupolttoainejärjestelmä	11
3.7	Soodakattilan rakenne.....	12
4	COMPOUND-PUTKI.....	13
4.1	Compound-putken valmistus.....	13
5	COMPOUD-PUTKIEN OPTIMOINTI	14
5.1	Tulokset	14
5.2	Mahdolliset kehitykset	15
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT.....	16
	LIITE 1: LASKELMAT	17
	LIITE 2: LASKELMAT	18

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään ANDRITZ Oy:n soodakattiloiden seinien alaosien valmistuksessa käytettävän compound-putken optimaalista varastoon tilattavaa pituutta.

Opinnäytetyön alussa on yritysesittely ANDRITZ Oy:stä ja KRP-divisioonasta. Seuraavana esitellään soodakattila ja sen toiminta. Tämän jälkeen kerrotaan compound-putkesta ja sen valmistuksesta. Lopuksi käsitellään opinnäytetyön tuloksia ja sen pohjalta esille tulleita kehitysideoita.

Opinnäytetyö sisältää salassa pidettäviä tietoja ja dokumentteja, joita ei voida esittää julkaistavassa versiossa.

2 ANDRITZ OY

ANDRITZ Oy on yksi johtavia sellu- ja paperteollisuuden järjestelmien, laitteiden ja palveluiden toimittajista. Sen tuotealueita ovat puunkäsittely, kuituprosessit, kemikaalien talteenotto ja massankäsittely. Sen lisäksi ANDRITZ Oy tarjoaa erilaisia biomassakattiloita ja kaasutuslaitoksia energian tuotantoon. Tampereella sijaitseva ANDRITZ HYDRO Oy, joka toimittaa järjestelmiä, laitteita ja palveluita vesivoimateollisuudelle. Suomessa ANDRITZ Oy:llä on kuusi toimipistettä, jotka sijaitsevat Kotkassa, Lahdessa, Savonlinnassa, Varkaudessa (Kuva 1.), Tampereella ja pääkonttori Helsingissä. Henkilöstömäärä on noin 1200. ANDRITZ Oy:n hallituksen puheenjohtajana toimii Wolfgang Leitner (ANDRITZ AG) ja toimitusjohtajana Kari Tuominen. ANDRITZ Oy:n omistaa itävaltalainen ANDRITZ AG. (ANDRITZ AG, 2017.)

2.1 KRP-divisioona

KRP-divisioona toimittaa haihuttamoita sekä voima- ja soodakattiloita ympäri maailmaa. Koko KRP-divisioonassa työskentelee 223 henkilöä, joista 166 Varkaudessa.



Kuva 1. ANDRITZ Oy, Varkauden toimipaikka (Andritz intranet)

3 SOODAKATTILA

Soodakattila on tärkeä osa sulfaattisellulosan suljetussa kemikaalikierrrossa. Sillä on kaksi tärkeää tehtävää. Kemikaalien talteenotto ja palamisprosessissa syntyvän lämmön talteenotto. Soodakattilassa sellunkeiton kemikaalit rikki ja natrium vapautuvat mustalipeästä. Ne otetaan talteen jatkokäyttöön sopivina yhdisteinä. Mustalipeän palamisesta syntyvää lämpöenergiaa käytetään höyryn tuottamiseen. Nämä kaksi tehtävää johtaa siihen, että kattilan käyttö on huomattavasti monimutkaisempaa, kun perinteisen voimakattilan. Sulfaattisellun keitossa käytetyt natriumyhdisteet ovat kallista, joka johti kemikaalien kierrätykseen heti prosessin kehityksen alkuvaiheessa.

Soodakattilan tulipesä on malliltaan pystysuora. Sen pohjalla on pelkistävä vyöhyke kemikaalien regeneraatiota varten ja ylempi hapettava vyöhyke palamista varten. Kattilan pohjalla olevaan kekkoon syötetään primääri-ilmaa, jolla keon lämpötila saadaan 1000–1100 °C. Tavoitteena on natriumsulfaatin (Na_2SO_4) pelkistäminen natriumsulfidiksi (Na_2S). Hyvällä soodakattilalla natriumsulfidista saadaan talteen 98–99 %, joten uusien kemikaalien lisäys on melko vähästä. (Knowpulp, 2017; Motiva, 2017.)

3.1 Mustalipeä

Mustalipeä syntyy valkolipeän reagoidessa puun ligniinin ja joissain määrin myös muiden orgaanisten aineiden kanssa. Mustalipeä on nimensä mukaan väriltään mustaa. Se koostuu puun ligniinistä, natrium- ja rikkipohjaisista kemikaaleista. Mustalipeä erotetaan sellusta keiton jälkeisessä pesuvaiheessa. Pesun jälkeen se johdetaan haihduttamoon, jossa siitä poistetaan ylimääräinen vesi. Kuiva-ainepitoisuuden saavuttaessa 65–85 %, mustalipeä on valmis poltettavaksi. (Knowpulp, 2017.)

3.2 Mustalipeän poltto

Mustalipeän syöttäminen soodakattilaan tapahtuu erityisten lipeäruiskujen kautta. Kuvassa 2. on esitelty tyypillinen lipeäruiskun suutin. Mustalipeä pisaroituu tasaisesti ympäri kattilaa. Pisaroiden tulisi olla muutaman millimetrin kokoisia, jotta ne ennättäisivät kuivua ja pyrolysoitua matkalla suuttimesta kattilan pohjalla olevaan kekoon. Pisan koon ollessa liian pieni, syntyy ongelmia. Liian pienet pisarat kohoavat savukaasujen mukana ylöspäin ja tarttuvat tulistimiin kiinni. Kattilan likaantumisen lisäksi, lipeän sisältämä rikkivety syövyttää voimakkaasti tulistinputkia. Liian suuresta pisarasta neste ei ehdi höyrystyä pois, eikä kiintoaines kaasuunnu. (Knowpulp, 2017.)



KUVA 2. Tyypillinen soodakattilan lipeäruiskun suutin. (Andritz Oy)

3.3 Viherlipeäjärjestelmä

Viherlipeäjärjestelmään kuuluvat sulakourut, liotussäiliö, viherlipeäpumput ja hönkäpesuri.

Sulakourut sijaitsevat kattilan pohjalla. Niiden tehtävänä on johtaa kemikaalisula (800–1000 °C) liotussäiliöön. Sulan valuminen liotussäiliöön on esitetty kuvassa 3. Sula syövyttää kouruja, ellei kourun jäähditys ole riittävän tehokasta. Kourut ovat vesijäähdytteisiä. Kattilan koosta riippuen sulakouruja on kahdesta seitsämääntoista kappaletta. Kemikaalisula pyritään hajottamaan höyrystyksellä liotussäiliössä tapahtuvan paukkumisen vähentämiseksi.

(Lehtinen 2009, 36.)

Sulan koostumus:

-Natriumkarbonaatti	Na_2CO_3	(65 ... 75 %)
-Natriumsulfidi	Na_2S	(20 ... 25 %)
-Natriumsulfaatti	Na_2SO_4	(0.5 ... 1.5 %)



KUVA 3. Sula valuu sulakourua pitkin liotussäiliöön (Andritz Oy)

Liotussäiliö vuorataan yleensä betonilla. Betoni toimii äänieristeenä. Liuottimeen juokseva sula aiheuttaa pieniä räjähdyksiä höyrystyshajoituksesta huolimatta. Sula liuotetaan heikkovalkolipeään, jolloin syntyy viherlipeä. Säiliössä liuoksen sisältämät suolat aiheuttavat saostumia. Tästä syystä säiliössä on sekottimet. (Lehtinen 2009, 33.)

Viherlipeäpumppu pumpaa viherlipeän kaustistamolle. Kaustistamolta tuleva paluulinja tuo valkoli-peää liuotussäiliöön. Kiertosuuntaa vaihdetaan välillä, koska viherlipeällä on taipumusta tukkia putki. Putket ja pumput varusteineen on valmistettu haponkestävästä teräksestä. (Lehtinen 2009, 33.)

Kun kemikaalisula sekoittuu heikkovalkoli-peään, syntyy hönkää. Lipeän sisältämä vesi höyrystyy. Hönkä sisältää mm. rikkivety-yhdisteitä ja kiintoainesta. Hönkä imetään hönkäpesuriin puhaltimella. Hönkäpesuri pesee epäpuhtaudet pois ja puhdas hönkä johdetaan polttoon. Siitä on kuitenkin haih-dutettava ylimääräinen kosteus pois ennen kuin se johdetaan polttoilmajärjestelmään. Toinen vaih-toehto on johtaa puhdas hönkä katolle tai savupiippuun hönkätorvea pitkin. (Lehtinen 2009, 35.)

3.4 Palamisilmajärjestelmä

Palamisilma imetään tavallisesti ulkoilmasta tai kattilarakennuksen yläosasta. Kylmissä olosuhteissa ilmanottokanava varustetaan ilmanesilämmittimellä. Kattilaan ilma johdetaan primääri-, sekundääri- ja tertiärikanavien kautta. (Lehtinen 2009, 42.)

3.5 Savukaasujärjestelmä

Palamisessa syntyvät savukaasut imetään kattilasta ulos savukaasupuhaltimilla. Savukaasut kulkevat sähkösuodattimen kautta savupiippuun ja sitä kautta ulkoilmaan. Puhaltimet sijaitsevat sähkösuoti-mien jälkeen. Puhaltimien pyörimisnopeudella säädetään kattilan vetoa. Savukaasujen korkeaa läm-pötilaa voidaan käyttää hyödyksi palamisilman tai veden esilämmityksessä. (Lehtinen 2009, 51–53.)

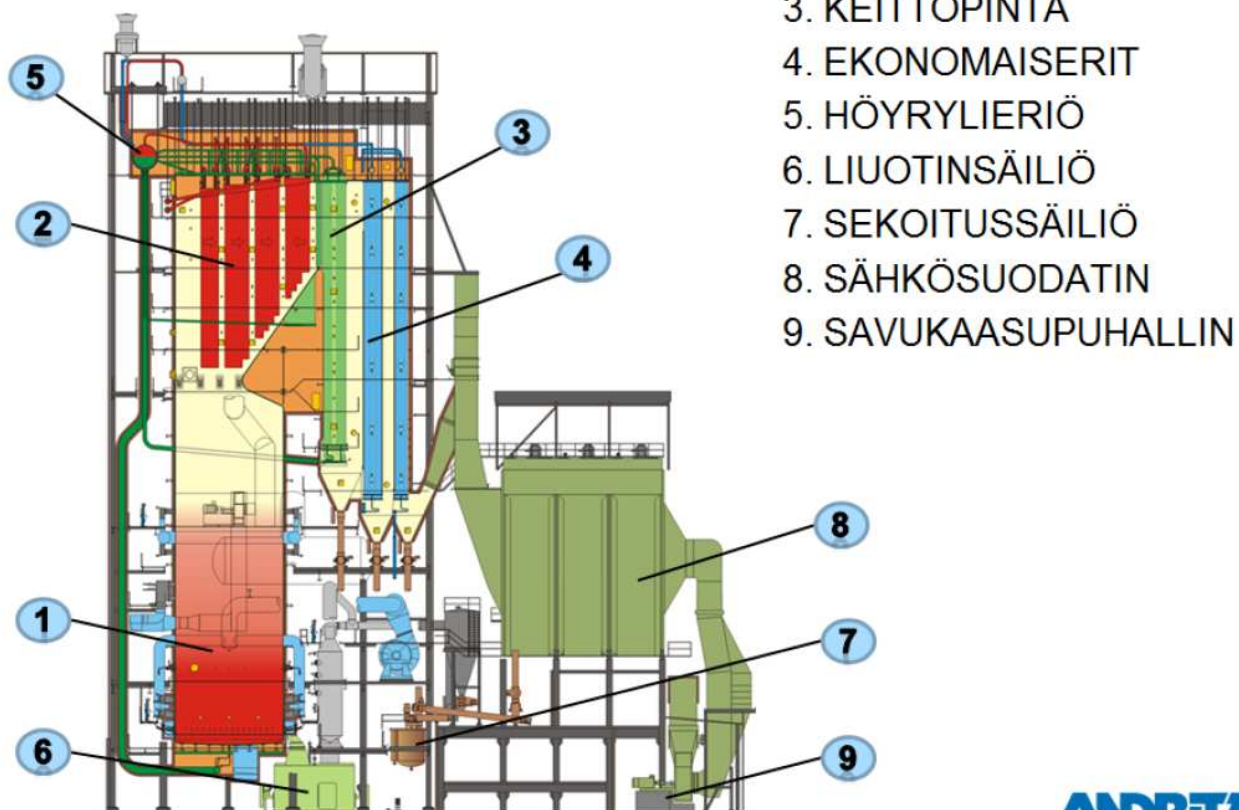
3.6 Apupolttoainejärjestelmä

Soodakattila tarvitsee myös apupolttoainetta. Yleensä se on raskasta polttoöljyä, mutta myös maa-kaasua ja kevyttä polttoöljyä käytetään. Apupolttoainetta käytetään kattilan ylösajossa, alasajossa ja mahdollisissa häiriötilanteissa. Apupolttoainejärjestelmään kuuluu pumppuasema, esilämmittimet, putkistot ja polttimet. Kuormapolttimia käytetään yksinään tai lisäpolton tukena. Kuormapolttimella on tarkoitus lisätä höyryntuottoa. Käynnistyspolttimia käytetään käynnistyksen lisäksi, lipeäpolton tukena, keon muotoilussa ja loppupoltossa. Väkevien hajukaasujen polttimella poltetaan prosessissa syntyviä hajukaasuja. (Lehtinen 2009, 37–41.)

3.7 Soodakattilan rakenne

Kuvassa 4 on esitelty soodakattilan rakenne.

SOODAKATTILAN RAKENNE



1. TULIPESÄ
2. TULISTIMET
3. KEITTOPINTA
4. EKONOMASERIT
5. HÖYRYLIERIÖ
6. LIUOTINSÄILIÖ
7. SEKOITUSSÄILIÖ
8. SÄHKÖSUODATIN
9. SAVUKAASUPUHALLIN

ANDRITZ

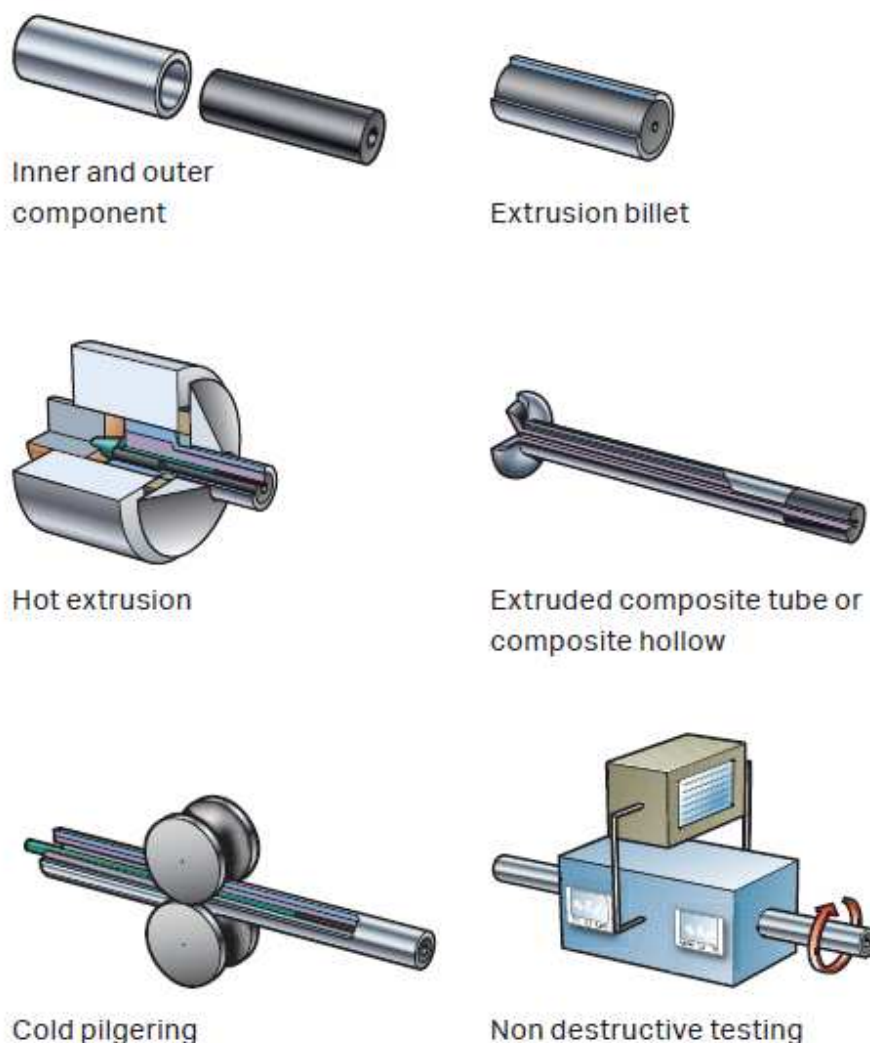
Kuva 4. Soodakattilan rakenne (Andritz Oy)

4 COMPOUND-PUTKI

Compound-putki koostuu kahdesta eri kerroksesta, jotka on metallurgisesti sidottu toisiinsa. Tällaista rakennetta tarvitaan haastavissa olosuhteissa, kuten soodakattilan alaosassa. Ruostumaton (1.4306) ulkokuori takaa korroosion kestävyuden ja sisällä oleva hiiliteräs (P265GH) takaa mekaaniset ominaisuudet. Ruostumaton pintakerros on paksuudeltaan noin 1.5 mm ja sisällä olevan hiiliteräsputken seinämä on 4-5 mm riippuen putkikoosta. (Sandvik, 2017.)

4.1 Compound-putken valmistus

Compound-putkien valmistus on haastavaa. Ruostumaton teräsputki ja hiiliteräsputki kuumapursoteaan yhteen. Putkien välille syntyy metallurginen sidos. Putkelle tehdään NDT-tarkastus eli rikkomaton aineen koetus. Tässä vaiheessa putkesta etsitään mahdolliset virheet ja virheellinen alue putkesta leikataan pois. Putkelle ei tässä vaiheessa suoriteta jatkohitsausta, joten tämä määrittää putken kokonaispituuden. Tästä johtuen toimitettavat putket eivät ole tasamittaisia, ellei niin erikseen tilata. Kuvassa 5. on esitelty compound-putken valmistuksen vaiheet. (Sandvik, 2017.)



Kuva 5. Compound-putken valmistus. (Sandvik 2017)

5 COMPOUND-PUTKIEN PITUUDEN OPTIMOINTI

Optimointia lähdettiin suorittamaan edellisten projektien perusteella. Mukaan otettiin erikokoisia soodakattiloita, jotta voitiin havaita kattilan koon tuomat vaikutukset. Alkuun koottiin Excel-taulukkoon seinäkuvista mitat compound-alueesta ja asennuslohkojen saumoista. Seuraavana selvitetiin varastosta otetut putkimäärät kyseiselle projektille. Tähän laskettiin myös mahdollisen konepajajatkosauman aiheuttama kustannus jatkoautomaatilla sekä käsin hitsattuna. Hitsauksen hinta sisältää NDT-tarkastuksen. Automaatilla hitsattu yhden sauman hinta on XXX € ja käsin hitsattuna XXX €.

Putken hintaan vaikuttavat tilauspituudet. Tasamittaisena tilattuna hinta on 15–20 % korkeampi kuin vaihteluvälillä tilatuissa putkissa. Esimerkkinä 20 % tilauksesta alle kymmenen metrin putkea ja 80 % tilauksesta kymmenen metriä tai pidempiä päästään noin XXX € metrihintaan.

5.1 Tulokset

Laskelmista (LIITTEET 1 ja 2) käy ilmi, että yhtä oikeaa mitta putkille ei ole olemassa. Useimmissa tapauksissa compound-putken pitkä toimitusaika ja projektin aikataulu eivät anna mahdollisuutta tilata putkia tietyille projekteille. Näin ollen putket joudutaan tilaamaan ennen seinäkuvien jäädyttämistä. Pitkän aikataulun projekteissa ennakkon tilaamiselle voisi olla mahdollisuus. Tämä vaatisi heti projektin alkuun esisuunnittelua seinien osalta.

Toinen vaikuttava seikka on, että projektin sisällä heittoa putkipituuksissa voi olla useampi metri. Esimerkiksi projektissa 4 paneelin pituudet vaihtelivat 10600 mm ja 13300 mm välillä.

Esille nousi myös hukkaputken määrä. Esimerkkinä projektissa 1 varastosta otetun ja todellisen me-
nekin ero oli 5189,2 metriä eli 40 %. Projekteissa pyritään pitämään hukka 7 % paikkeilla.

Optimaalisinta olisi tehdä seinät jatkuvalla menetelmällä. Tämän kuitenkin ei ole mahdollista useimmissa tapauksissa asiakkaan vaatimusten takia. Huoltoseisokin tarkastuksesta tulisi huomattavasti työläämpi verrattuna siihen, että saumat olisivat yhdessä rivissä. Tämä vaatisi huoltotasojen rakentamisen useampaan kerrokseen.

5.2 Mahdolliset kehitykset

Opinnäytetyötä tehdessä nousi esille muutamia kehitettäviä asioita, joden kehitystä jatketaan opinnäytetyön tekemisen jälkeen.

Compound-putkien varastointi on yksi isoimmista asioista. Putkiniput täytyisi varastoida siten, että päästäisiin aina haluttuun nippuun käsiksi. Tällä pyritään varmistamaan se, että varastosta otetaan mahdollisimman lähelle oikean pituinen putki. Putken valmistajalta jatkossa saadaan lista, josta ilmenee putkinipun sisältämien putkien pituudet.

Putkiniput olisi myös hyvä saada suojaan säältä. Halli mahdollistaisi putkien paremman lajittelun pituuden mukaan, kun putkiniput olisi mahdollista avata ilman korroosio-ongelmaa. Edullisempi vaihtoehto olisi rakentaa putkinipuille katettu hylly. Hyllyn rakentamisessa on otettava huomioon putkinippujen taipuma nostettaessa, jotta niput mahtuvat hyllyyn.

Putken valmistajalta olisi hyvä selvittää saako putket paremmin lajiteltuna jo lähetysvaiheessa. Tällä hetkellä on ongelmana, että nipu sisältää useita erimittaisia putkia. Eroa putkien pituuksissa nipun sisällä saattaa olla usempi metri. Jos putket tulisivat lajiteltuna esimerkiksi metrin välein, tämä helpottaisi varastointia ja oikean mittaisen putken löytämistä. Tämä mahdollistaisi varastossa olevien putkien tehokkaamman käytön.

Varastomiehiä tulisi ohjeistaa oikean putken valinnasta ja sen tärkeydestä. Heille pitäisi toimittaa lista varastossa olevista putkista, pituuksista ja niiden sijainnista. Tarkemmalla putkien valikoinnilla pystytään pienentämään syntyvää hukkaa.

Automaattihitsauksen kehityksellä olisi joissakin tapauksissa mahdollista säästää yksi käsin hitsattava jatkosauma. Tällä hetkellä paneelin maksimimita on 15500 millimetriä. Kahden seinälohkon automaattijatkohitsaus vaatisi maksimimitan kasvattamista 25000 millimetriin. Kuitenkin tilan puute rajoittaa tätä toimenpidettä tällä hetkellä.

Myös suunnittelussa olisi hyvä ottaa huomioon varastossa olevat putkipituudet. Konepajajatkosauman paikan määrittämisellä olisi joissakin tapauksissa mahdollista vähentää hukkaa.

LÄHTEET

ANDRITZ OY Intranet [Viitattu 16.02.2017]

<https://connect.andritz.com/loc/0235/Pages/homepage.aspx>

Knowpulp [Viitattu 20.02.2017]

http://www.knowpulp.com/suomi/demo/suomi/pulping/recovery_boiler/1_general/fr_text.htm

Lehtinen, M. 2009. Soodakattilat peruskurssi opetusmateriaali. Varkaus: ANDRITZ Oy. [Viitattu 02.03.2017]

Motiva [Viitattu 01.03.2017]

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_tuotantotekniikka/polttotekniikka_nestemaisille_polttoaineille/soodakattila

Sandvik esite [Viitattu 27.2.2017]

LIITE 1: LASKELMAT

LIITE 2: LASKELMAT