

Olli Junkkari

# Leijupetikattilan hiekansiirtojärjestelmän kehittäminen

Opinnäytetyö  
Merenkulun koulutus

2019



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä/Tekijät</b> Olli Junkkari	<b>Tutkinto</b> Merenkulkualan In- sinööri (AMK)	<b>Aika</b> Marraskuu 2019
<b>Opinnäytetyön nimi</b> Leijupetikattilan hiekansiirtojärjestelmän kehittäminen		28 sivua 5 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b> Stora Enso Publication Papers Ltd		
<b>Ohjaaja</b> Tuomo Pimiä		
<b>Tiivistelmä</b> <p>Leijupetikattiloissa hiekka toimii lämpöä tasaavana ja varastoivana materiaalina, ja erinäisistä syistä johtuen sen vaihtotarve on jatkuva. Tutkimuksen kohteena olevassa laitoksessa on hiekansiirrolle jo olemassa oleva järjestelmä, jossa on useita ongelmakohtia. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella uusi hiekansiirtojärjestelmä leijupetikattilan leijutushiekan siirtoa ja varastointia varten, jolla vältetään vanhan järjestelmän haittapuolet. Työ tehtiin Anjalankosken tehtaiden höyryvoimalaitokselle. Työtä ohjaavina tekijöinä olivat kustannustehokkuus ja vanhojen rakenteiden hyödyntäminen.</p> <p>Projekti aloitettiin nykyisen hiekansiirtojärjestelmän ongelmakohtien kartoituksella ja muiden laitosten vastaaviin järjestelmiin tutustumalla. Näiden tietojen pohjalta päätettiin aloittaa kokonaan uuden polttoaineensyötöstä erillään olevan järjestelmän suunnittelu. Hiekan varastointiin päätettiin käyttää jo olemassa olevaa vanhaa hiilisiiloa, jonka kapasiteetti on reilusti nyt suunniteltua hiekan varastointimäärää suurempi. Tutkimus piti sisällään eri laitteistojen vertailua ja soveltuvuuksien arviointia järjestelmän eri osa-alueille.</p> <p>Tehtyjen tutkimusten, havaintojen ja haastattelujen perusteella koostettiin suunnitelma uuden hiekansiirtojärjestelmän valmistamiseksi. Siiloon menevä hiekantäyttöputki tehtiin mahdollisimman lyhyeksi. Itse siiloon esitettiin vähimmäismäärä korjauksia ja muutoksia, jolla prosessi pysyy toimivana. Hiekansiirto siilosta kattilaan suunniteltiin mahdollisimman yksinkertaisesti olemassa olevat rakenteet huomioiden, sekä yhteensopivaksi laitoksen automaatiojärjestelmään. Uusi hiekansiirtojärjestelmä toteutettiin yhdessä toimeksiantajan kanssa opinnäytetyön pohjalta ja vanhan järjestelmän ongelmista päästiin eroon.</p>		
<b>Asiasanat</b> leijupetikattila, kuljetin, siilo, putkisto		

Author (authors)	Degree	Time
Olli Junkkari	Bachelor of Engineering	November 2019
<b>Thesis Title</b>		
Development of the sand transfer system for fluidized bed boiler		28 pages 5 pages of appendices
<b>Commissioned by</b>		
Stora Enso Publication Papers Ltd		
<b>Supervisor</b>		
Tuomo Pimiä		
<b>Abstract</b>		
<p>In fluidized bed boilers, sand acts as a heat equalizing and storing material and, for various reasons, has a constant need for replacement. The power plant under research has an existing system for sandblasting, which has several problem areas. The aim of this thesis was to design a new sand transfer system for the transfer and storage of fluidized sand in the fluidized bed boiler to avoid the disadvantages of the old system. The object of this thesis study was the steam power plant at the Anjalankoski mills. The study was guided from the aspects of cost-efficiency and utilization of old structures.</p>		
<p>The thesis started by defining the problems in the current sand conveyor system and exploring similar systems in other power plants. Based on this data, it was decided to start designing a completely new system separate from the fuel supply. Also, it was decided to use an existing old coal silo for storage of sand since it has a capacity well above the planned amount of sand storage. The study involved comparing different hardware and evaluating the suitability of different parts of the system.</p>		
<p>Based on the study, observations, and interviews, a plan was prepared for the construction of a new sand transfer system. The sand fill pipe to the silo was made as short as possible. As for the silo itself, a minimum number of repairs and changes was suggested to keep the process running. The transfer of sand from the silo to the boiler was designed to be compatible with the plant's automation system and as simple as possible considering the existing structures. The new sand transfer system was implemented together with the commissioner based on the results of this thesis study, and the problems of the old system were eliminated.</p>		
<b>Keywords</b>		
fluidized-bed boiler, conveyor, silo		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	STORA ENSO ANJALANKOSKEN TEHTAIDEN HÖYRYVOIMALAITOS .....	6
3	LÄHTÖTILANNE.....	7
3.1	Leijupetikattila K2.....	7
3.2	Nykyinen hiekansiirtojärjestelmä.....	9
4	HIEKANSIIRTOJÄRJESTELMÄN UUSIMINEN PROJEKTINA .....	11
5	UUDEN HIEKANSIIRTOJÄRJESTELMÄN OSA-ALUEET .....	12
5.1	Siilon täyttöputkisto.....	12
5.2	Siilon muutokset .....	13
5.3	Kuljetin siilolta kattilaan.....	15
5.4	Pikatäyttö autosta kattilaan .....	17
5.5	Sähkö-automaatio.....	17
6	TUTKIMUKSEN TULOKSET JA KEHITYSKOhteET .....	18
7	YHTEENVETO .....	25
	LÄHTEET.....	26
	KUVALUETTELO .....	28
	LIITTEET	

Liite 1. Petihiekan tekniset tiedot

Liite 2. Hiilisiilo

Liite 3. Hiilisiilon paksuusmittauksen tulokset

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tutkimuskysymyksenä on, miten siirtää ja varastoida kattilalaitoksen petihiekka purkupaikalta kattilan tulipesään. Tutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa nykyisen järjestelmän ongelmakohdat ja niiden ohjaamana suunnitella uusi leijupetikattilan hiekansiirtojärjestelmä. Opinnäytetyö tehdään Stora Enson Anjalankosken tehtaiden voimalaitokselle.

Hiekansiirtojärjestelmä vaatii uusimista, koska nykyisessä järjestelmässä on lukuisia kattilan käyttöä haittaavia ominaisuuksia. Suurimpina nykyisen järjestelmän heikkouksina on liian pienikapasiteettinen hiekan varostosiilo sekä järjestelmän polttoainekuljettimia kuluttava reitti kattilan tulipesään. Edellä mainitut haasteet vaikeuttavat kattilalaitoksen operointia, hiekkakuljetusten koordinaointia ja lisäävät huoltokustannuksia. Opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella uusi hiekansyöttöjärjestelmä edellä mainittujen haasteiden poistamiseksi.

Suunniteltavan hiekansiirtojärjestelmän suorituskykyvaatimukset annettiin työn tilaajan toimesta. Aihetta hahmoteltaessa keskusteltiin uuden järjestelmän käyttäjien, huoltajien ja laitetoimittajien kanssa. Myös muiden laitosten vastaavista järjestelmistä hankittiin tietoja ja kokemuksia.

Työssä käytettiin pääasiassa kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Kvalitatiivista tutkimusmenetelmää käytetään usein silloin kun ilmiö on vielä tuntematon ja siitä halutaan saada syvällistä tietoa. Kvalitatiivisen tutkimuksen tarkoituksena on ilmiön ja sen merkityksen ymmärtäminen. (Kananen 2014,18.)

Tutkimuksen tiedonkeruussa on käytetty vapaamuotoisia haastatteluja ja kirjoituspöytätyöskentelyä. Hiekansiirtoprosessin eri osa-alueiden vaatimaa teoretietoa haettiin kirjallisista lähteistä, laitevalmistajien kotisivuilta sekä hiekan toimittajalta. Prosessista vastaavia prosessinhoitajia haastateltiin ja heidän mielipiteensä otettiin suunnittelussa huomioon. Myös hiekan toimittavia autonkuljettajia haastateltiin heitä koskevin osin prosessia.

## 2 STORA ENSO ANJALANKOSKEN TEHTAIDEN HÖYRYVOIMALAITOS

Stora Enso on pörssinoteerattu pakkaus-, biomateriaali-, puu ja paperituotteiden valmistaja. Yhtiön liikevaihto vuonna 2018 oli 10,5 miljardia euroa ja henkilöstöä on yli 30 eri maassa yhteensä noin 26 000. Yhtiö syntyi vuonna 1998 Suomalaisen Enso Oy:n ja ruotsalaisen Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolag:n fuusioituttua. (Stora Enso 2019.)



Kuva 1. Stora Enson Anjalankosken tehtaat (Stora Enso 2018)

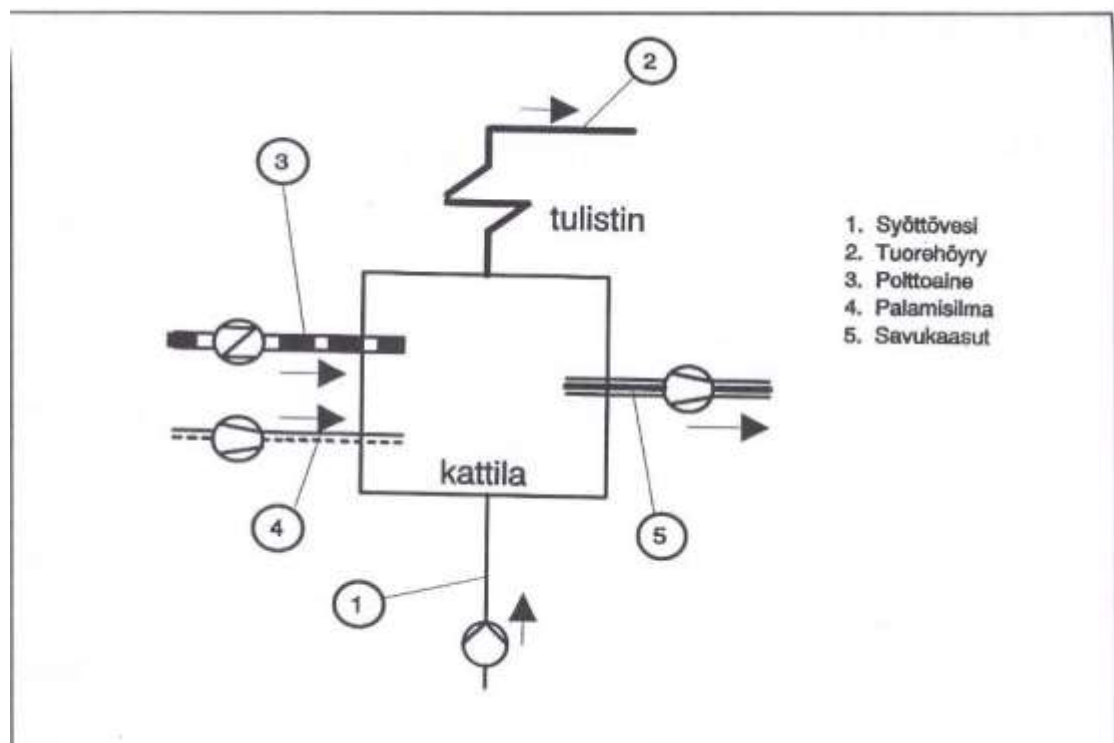
Stora Enson Anjalankosken tehtaat sijaitsevat Kouvolan Inkeröissä Kymijoen varrella. Kokonaisuus koostuu Anjalan paperitehtaasta ja Inkeröiden kartonkitehtaasta. Anjalan paperitehtaalla on kaksi paperikonetta, PK2 ja PK3, jotka tekevät kirja-, erikoissanomalehti- ja aikakauslehtipaperia. Inkeröiden kartonkitehdas tekee yhdellä kartonkikoneella, KK4:llä, päällystettyä taivekartonkia. Tehdaskokonaisuuden yhteenlaskettu vuosikapasiteetti on noin 715 000 tonnia paperia ja kartonkia liikevaihdon ollessa noin 452 miljoonaa euroa vuodessa. Tuotteista vientiin menee yli 90 %, päämarkkina-alueena Eurooppa. Henkilöstöä tehtailla on noin 500. (Stora Enso 2019.)

Anjalankosken tehtaiden höyryntuotannosta vastaa pääasiassa leijupetikattila K2, josta tarkemmin kappaleessa 4.1. Sääto- ja varakattiloina toimivat Kombivoimalaitoksen kattila K4 raitisilmapoltolla ja säätokattilat K5 ja K6.

### 3 LÄHTÖTILANNE

#### 3.1 Leijupetikattila K2

Höyrykattila on laite, jonka tarkoitus on tuottaa siihen syötetystä vedestä höyryä. Voimalaitoskäytössä höyrystämiseen tarvittava energia tuotetaan yleensä palamisreaktiolla. Palamisreaktioon tarvitaan palamisilmaa ja polttoainetta, jotka ovat pääasiassa fossiilisia tai biopohjaisia. Opinnäytetyön kohteena olevan K2-kattilan tuottamaa höyryä käytetään paperinvalmistuksessa tarvittavan lämmön tuotantoon. (Huhtinen ym. 2000, 7–9.)



Kuva 2. Kattilan ainevirrat (Huhtinen ym. 2000, 8)

Leijukerroskattila tai leijupetikattila on biopolttoaineiden polttoon kehitetty kattilatyyppe. Leijupetikattilassa tulipesän alaosasta syötetään ilmavirta, joka saa tulipesässä pidettävän hiekan, tuhkan ja polttoaineen leijumaan. Palaminen tapahtuu näin muodostuvassa pedissä. Polttoaineen jatkuva sekoittuminen tehostaa lämmön ja kaasujen siirtoa. (Huhtinen ym. 2000, 157–159.)

Leijukerrostekniikka ei aseta polttoaineen laadulle mainittavia laatuvaatimuksia. Polttotekniikan etuna on mahdollisuus käyttää myös kosteita ja matalan lämpöarvon omaavia polttoaineita. Biopolttoaineet kuten kuori, hake, sahaus-

jäte ja turve sopivat erityisen hyvin juuri leijukerrospolttoon. Lisäksi seospolttoaineena voidaan käyttää muun muassa kierrätyspolttoainetta, yhdyskuntajätettä tai lietettä. Poltettava materiaali pitää kuitenkin murskata niin pieneksi, että leijutus onnistuu. (Huhtinen ym. 2000, 157–159.)

Myös päästöjen hallinta leijukerrostekniikalla helpottuu. Koska palamislämpö on helposti hallittavissa ja tarpeeksi matala, pysyy typen oksidipitoisuus savukaasuissa matalalla. Myös savukaasujen rikkipitoisuus on neutraloitavissa syöttämällä kalkkikiveä petiin. (Vakkilainen 2017, 212.)

Leijupetikattiloiden inerttinä petimateriaalina käytetään yleensä luonnonkvartsihiekkaa. Leijupetikattilassa polttoaine sekoittuu jatkuvan palamisreaktion kuumentaman leijutushiekan kanssa, jolloin lämmönsiirto hiekan ja polttoaineen välillä on tehokasta. Polttoaineen kosteuden ja lämpöarvon vaihdellessa hiekka tasaa tulipesän lämpötiloja sekä varastoi lämpöenergiaa itseensä. (Fescon Oy 2019.)

Tällä hetkellä Anjalankosken tehtaiden höyryntarve katetaan pääosin K2-kattilalla. K2-kattila on alun perin ollut arinakattila, joka on vuonna 1995 muutettu leijukerrospolttoon sopivaksi. Kattilassa poltetaan teollisuuden erilliskerättyä jätettä, kuorta, kierrätyspuuta, lietettä, metsähaketta, sekä pienissä määrin tehdasintegraatin omia polttokelpoisia jätteitä oman murskan kautta ajettuna. Edellä mainittuja polttoaineita käytettäessä haasteena ovat petihiekan alkalisoituminen ja karkeneminen. Alkalisoitumista pyritään ehkäisemään vaihtamalla petihiekkaa ja syöttämällä rikkiä tulipesään. Säättö- ja varapolttoaineena käytetään maakaasua. Koska kattilan tulipesäratkaisu on leijukerrostekniikan perustuva, tarvitaan siellä leijukerroksen muodostamiseksi hienojakoista hiekkaa. Tätä jäljempänä petihiekaksi kutsuttua hiekkaa kuluu pohjatuhkan poistamisen sekä hiekan alkaliteettimuutoksen aiheuttaman vaihtotarpeen takia. Petihiekan vaihtamisella on tällä hetkellä haasteita, joita tässä työssä pyritään ratkaisemaan.

### 3.2 Nykyinen hiekansiirtojärjestelmä

Tällä hetkellä K2 kattilan petihiekan lisääminen hoidetaan 30 tonnin säiliöstä sulkusyöttimen avulla painovoimaisesti putkea pitkin polttoaineen kolakuljettimelle, mistä se jakaantuu kattilan vasemman puolen polttoainetaskuille. Ne tiputtavat seoksen sulkusyöttimille joista se päättyy polttoaineeseen sekoittuneena tulipesään.



Kuva 3. Vanha hiekkasiilo, sulkuluukku, sulkusyötin ja purkuputki (Junkkari 2019)

Nykyisen hiekkasiilon täyttöputkisto on uusittu vuonna 2016. Putkistossa on käytetty Kalenbornin valmistamaa vuorattua putkea, joka on kestänyt kohteessa hyvin. Suorilla putkiosuuksilla käytetty vuoraus sisältää zirkoniumia ja korundia ja on tuotenimellä Kalcor-S. Kovuus tälle on Moshin asteikolla yli 8. Käyrissä on käytetty hieman kovempaa ja kulutuskestävämpää alumiinioksidia sisältävää vuorausta, kaupanimeltään Kalocer. (Impomet 2019.)



Kuva 4. Hiekkaputken poikkileikkaus (Junkkari 2019)

Toinen hiekansiirtoreitti alkaa varakasalta voimalaitoksen pihalta kuoren vastaanottotaskun vierestä. Kasasta kauhakuormaaja kuormaa hiekan kuoritas-kuun, jossa se osin sekoittuneena kuoren sekaan kulkeutuu tankopurkainten, hihnakuljettimen, kolakuljettimen, polttoainesilojen ja vielä vähintään kahden kolakuljettimen kautta polttoainetaskuille, joista ruuvien siirtämänä sulkusyötinten kautta tulipesään.

Edellä kuvatut reitit eivät ole millään tavoin optimaaliset. Hiekka kuluttaa polttoaineen kuljetinlaitteistoja huomattavasti lisäten niiden korjaus ja uusimistarvetta, ja täten lisäävät myös häiriöseisokkien riskiä K2-kattilalla. Lisäksi tulipesän hiekkapedin korkeuden säätäminen onnistuu ainoastaan huomattavalla viiveellä, mikäli hiekkasiilo on tyhjä ja joudutaan turvautumaan varakasaan. Ainoa hyvä asia nykyisessä hiekansyötössä on sen halpa ja helppo toteutus.

Nykyisen hiekkasiilon on kuitenkin ajateltu jäävän varasiiloksi petihiekalle mahdollisten vikaantumisten tai toimituskatkosten varalle. Nykyistä hiekkasiiloa on suunniteltu käytettäväksi myös kuona- ja hiekkapuhallushiekan varastointiin ja jakeluun puhdistusseisokkeja varten.

#### 4 HIEKANSIIRTOJÄRJESTELMÄN UUSIMINEN PROJEKTINA

Projektiksi kutsutaan tekijöiden ja resurssien kokonaisuutta, joka kootaan tiettyä päämäärää varten, joka tulisi saavuttaa kiinteällä budjetilla ja aikataululla. Projektilla on selkeä asiakkaan ilmoittama tavoite, johon pyritään varta vasten koostetulla ryhmällä. Se on myös jatkuva oppimisprosessi, jota voidaan hyödyntää niin projektin aikana kuin tulevaisuuden hankkeissa. Projekti koostuu vaiheista jotka seuraavat toisiaan ja myös vaikuttavat toisiinsa. Nämä vaiheet ja niiden eteneminen riippuvat lukuisista muuttujista. Kaikkeen edellä mainittuun liittyy eritasoisia riskejä, jotka kuuluvat projektien luonteeseen ja niitä voi pyrkiä välttämään huolellisella suunnittelulla. (Ruuska 2007, 19–20.)



Kuva 5. Projektisuunnitelman rakenne (Silfverberg)

Projektit jaetaan yleensä oman toiminnallisen kokonaisuuden sisältäviin osaprojekteihin. Osaprojekteista vastaa kustakin oma totutustiiminsä, jotka pyrkivät asetettuihin osatavoitteisiin. (Silfverberg, P.) Projekti jaettiin myöhemmin esiteltyihin viiteen osaan, johon kuhunkin haettiin tarkoituksenmukainen alihankkija toteuttamaan kyseinen osa-alue.

Hiekkasiiloprojekti käynnistettiin syksyllä 2017, kun tämä opinnäytetyön aihe annettiin tekijälleen tehtäväksi. Syksyn aikana projektiin tarvittavat laitteet ja niiden toimitusajat selvitettiin ja ensimmäiset tarjoukset pyydettiin alihankkijoilta. Näin muodostui karkeasti projektiin tarvittava budjetti ja aika.

Hiekansiirtoprojekti ei kuitenkaan mahtunut vielä vuoden 2018 budjettiin, joten se jäi hautumaan loppuvuoteen asti, jolloin projekti sisällytettiin vuoden 2019 budjettiin. Rahoituksen varmistuttua alkuvuodesta 2019 projekti päätettiin käynnistää uudelleen. Alihankkijoiden tarjoukset päivitettiin ja pieniä muutoksia tehtiin käyttäjien kuulemisen ja palautteen perusteella. Uuden hiekansiirtojärjestelmän on määrä olla käytettävissä lokakuun 2019 alkuun ajoitetun vuosi-  
huollon jälkeisessä K2-kattilan ylösajossa.

Koska projektiin liittyvät työt eivät vaikuta kattilan K2 käytettävyyteen, töitä voitiin tehdä seisokkiaikojen ulkopuolella. Töiden yhteensovittamisessa ei ole haasteita, koska projektin eri osa-alueita pystyy tekemään samanaikaisesti. Tämä alentaa kustannuksia, koska alihankkijoiden ei tarvitse käyttää omia alihankkijoitaan, vaan työt pystytään suorittamaan, kun se heille työtilanteen puolesta sopii. Ainoana määräävänä tekijänä on takaraja, lokakuun vuosi-  
huolto.

## **5 UUDEN HIEKANSIIRTOJÄRJESTELMÄN OSA-ALUEET**

### **5.1 Siilon täyttöputkisto**

Hiekka tuodaan voimalaitokselle säiliöautolla, jossa lähetystapana on läpipuhaltava periaate. Säiliöauton koko rajoittaa purkupaikan valintaa. Hiekkaa tuodaan voimalaitokselle useita kertoja viikossa, joten purkupaikan valinnassa pitää ottaa huomioon kattilaprosessin häiriöttömyys ja hiekka autojen kulkureitien suunnittelu.

Ensimmäisenä vaihtoehtona on hyödyntää vanhaa putkistoa aina kuudenteen kerrokseen asti, mistä se kääntyisi uuteen suuntaan. Tästä putkisto jatkuisi samassa korossa käyttöön otettavan hiilisiilon keskivaiheille tai sen katolle. Putkiston loppupäähän asennetaan samankaltainen törmäyslevy kuin nykyiseen siiloon. Tällöin myös tarvittava nostokorkeus pienenee, jolloin teoriassa

siilo täyttyy nopeammin vähemmällä energialla. Näin saadaan säilytettyä hyväksi havaittu auton purkupaikka ovi numero yhdeksän edustalla, missä hiekka-auto ei ole muun prosessille tärkeän liikenteen tiellä. Haasteena tässä vaihtoehdossa on uuden ja vanhan putkiston yhdistäminen, jonka joutuisi tekemään joko useammalla putkikäyrällä, tai sitten siirtämällä vanhaa putkistoa osittain tai kokonaan kannakkeita muuttamalla. Myös huomattavan pitkä vaakaveto pneumaattisessa hiekansiirtojärjestelmässä aiheutti selvitystarvetta.

Toisena vaihtoehtona on asentaa kokonaan uusi putkilinja ovi numero yhden vierestä ulkokautta suoraan uudelle hiekkasiilolle. Suurimpina haasteina tässä on ulos sijoitetun putken kesto luonnonolosuhteissa, mahdollisesti asbestia sisältävän kattilalaitoksen ulkoverhouksen läpiviennit kannakkeita varten, sekä ovi numero yhdellä sijaitseva pohjatuhkalava, jota pitää päästä tyhjentämään mahdollisesti jopa hiekkakuorman purun aikana.

Kokonaan uutta putkilinjaa vahvasti puoltavia puolia taas edustaa putkilinjan vapaampi sijoittelu paremman suorituskyvyn ja asennuksen helppouden saavuttamiseksi. Putkilinja voidaan sijoittaa vapaammin, koska kattilahuoneen ulkoseinässä on vain vähän esteitä, ja näin voidaan putken pituus ja käyräosuudet minimoida. Kokonaan uusi putkilinja ovelta numero yksi olisi jopa lyhyempi kuin suunniteltu jatko vanhaan putkilinjaan. Tällöin kuluneet osat putkilinjaa jäisi kokonaan pois ja käyrien määrä putkistossa pienenesi. Tuleva putki ei myöskään vie tilaa jo nyt paikoin ahtaasta kattilahuoneesta.

Putkimateriaalina olisi tarkoitus käyttää hyväksi todettua vuorattua putkea, jota on käytetty myös vanhassa hiekantäyttöputkilinjassa. Putken paino on otettava huomioon haalauksen ja kannakoinnin suunnittelussa.

## **5.2 Siilon muutokset**

Hiilisiilo muodostuu kahdesta suppilosta, jotka ovat ylhäältä yhtenäistä tilaa. Hiilisiilot ovat tuettu ulkoisella tukirakenteella ja ne roikkuvat kattilarakennuksen rakenteissa. Siilot ovat suunniteltu noin 500 tonnin hiilikuormalle. Siilojen purkuaukot sijaitsevat alle 10 metrin päässä K2-kattilan tulipesästä kattilahuoneen kolmannessa kerroksessa. Suunniteltu hiekkamäärä siiloon olisi noin 150 tonnia, joka on dokumenttien mukaista hiekan ominaispainoa käyttäen

noin 107 m<sup>3</sup> (Liite 1.) Tällä tilavuudella hiekan pinnankorkeus olisi noin tassossa 52.100 (Liite 2.)

Siilon soveltuvuutta käytettävälle petihiekalle tarkasteltiin hiekan ominaisuuksiin tutustumalla. Hiekalle saatiin eri lähteistä hakemalla sekä itse hiekkänäytteestä selvittämällä lepokulmaksi n. 30–35° (Geotechdata.info 2019 ja Texas Geosciences 2019). Täältä osin siilo todettiin toimivaksi, kun siilon kartion kaltevuuskulma todettiin suuremmaksi kuin hiekan vierintäkulma lisättynä 15° (Richardson ym. 2002, 1229).

### **Siilojen erottaminen**

Siilo on katettu teräslevyillä yläosastaan, eikä se ole ilmatiivis. Ja koska kahdella pohjakartiolla varustetun siilon toinen kartio jää käyttämättä, tilattiin alustava suunnitelma ja budjettitarjous pölykannelle. Näin saadaan hiekan pölyn leviäminen muihin tiloihin paremmin hallittua, kun toinen puoli siiloa jää tarpeen tullen käytettäväksi ja viidenteen kerrokseen saadaan väliaikaista varastotilaa kevyille tavaroille, esimerkiksi seisokkien ajaksi.

Pölykannelle asetettiin vaatimuksiksi kohtuullinen ilmatiiveys ja kantavuudeksi noin 200 kilogrammaa neliömetrille. Varsinainen rakennesuunnittelu sisällytettiin budjettitarjoukseen.

Vaihtoehtona tälle on nykyisen katon tiivistäminen tarkoituksenmukaiseksi ja väliseinän tekeminen toisen siilon erottamiseksi. Hinta verrattuna erilliseen pölykattoon olisi merkittävästi alempi. Väliseinä tehtäisiin putki- tai palkkirunkoiseksi ja katettaisiin profiilipellillä. Liimamassalla tiivistettyjen saumojen kanssa tällä saavutetaan riittävä tiiveys, jottei hiekkapöly pääse leviämään viereiseen siilon. Viereiseen siilon leviävä pöly pääsisi edelleen leviämään muualle kattilahuoneeseen sekä laskeutumaan tämän toisen siilon pohjalle aiheuttaen mahdollisen ylikuormituksen siilon suppilon peitelevylle. Hiekan suunniteltu ylin pinnankorkeus on noin kuusi metriä seinän alareunan tason alapuolella, joten seinää ei tehdä rakenteeltaan hiekan kuormaa kantavaksi. Hiekan pinnan nousu tämän kevytrakenteisin seinän tasalle on estettävä.

## **Pölynpoisto**

Pölynpoistolla tavoitellaan mittauksen häiriöttömyyttä sekä estetään pölyn leviäminen siilon ulkopuolelle. Nykyisen siilon pölynpoisto on ratkaistu vetämällä siilon pinnasta putkilinja kattilan takavetoon. Takavedossa on pölynpoistolle riittävä alipaine aina kun savukaasupuhallin on käynnissä. Ainoastaan jos siiloa halutaan täyttää seisokin aikana, pölyämisestä voi aiheutua haittaa. Tälle ei pitäisi olla tarvetta siilon koon vuoksi, sillä tarvittavat täytöt pystytään tekemään jo hyvissä ajoin ennakoiden. Edellä mainittu järjestely voidaan toteuttaa myös uudessa siilossa hyödyntämällä osittain samaa putkilinjaa, joka menee vanhalle siilolle. Suunnitelmana on jatkaa uudella putkella siilon katolta liittyen vanhaan putkilinjaan. Myös erillinen pölynpoistolaite on myös mahdollinen, ja niitä on jo laitoksella kuljettimilla käytössäkin.

### **5.3 Kuljetin siilolta kattilaan**

Tällä hetkellä kattila täytetään suoraan autosta, jolloin auto voi joutua odottamaan useita tunteja ennen kuin pääsee lastiaan purkamaan. Tämä asettaa kuitenkin hiekansiirtojärjestelmälle nopeusvaatimuksen, koska kattilan täyttö ei saisi kestää paljoa kauempaa kuin täyttö suoraan autoista, joita tarvitaan 2–3 kappaletta. Kattilaan menee ylösajovaiheessa noin 120 tonnia hiekkaa, joka pitäisi saada tulipesään vähintään nopeudella 20 tonnia tunnissa. Autoista purkaen tähän menee normaalisti noin neljästä kuuteen tuntia autojen määrästä ja purkulaitteistoista riippuen.

Huippunopeuden lisäksi hiekkaa ajetaan kattilaan noin 15 tonnia päivässä. Tämä asettaa vaatimuksia myös laitteiston kulutuskestävyydelle ja huollettavuudelle, kun hiekkaa liikkuu laitteiston läpi noin 5000 tonnia vuodessa.



Kuva 6. Hiilisiilon alaosa ja kuljettimen tuleva reitti kattilaan (Junkkari 2019)

Kuljettimelle asettaa vaatimuksia myös sijainti kolmannessa kerroksessa kattilahuoneessa. Kuljetinratkaisun tulisi mahdollistaa tavaroiden ja ihmisten liikkuminen sen alitse, eli siilon purkuaukko kuljettimiseen on sijoitettava mahdollisimman ylös.

Hiekalle sopivina kuljetintyyppeinä lähdettiin tutkimaan pneumaattista järjestelmää ja ruuvikuljetinta. Petihiekka tulee voimalaitokselle autokuljetuksena, ja autoista hiekka siirretään pneumaattisesti läpipuhaltavalla periaatteella nykyiseen siiloon. Pneumaattisia järjestelmiä hiekan siirtoon suuremmissa mittakaavassa on käytössä myös muun muassa valimoteollisuudessa. Muissa lähi-seudun leijupetikattiloissa hiekka siirretään kattilaan ruuvikuljettimilla.

#### 5.4 Pikatäyttö autosta kattilaan

Nykyinen ylösajovaiheen täyttöputki suoraan autosta kattilaan kulkee ovi numero yhdeksältä viistosti yhden noin 130 asteisen mutkan kautta kattilan miesluukusta tulipesään. Hiekkaputken molemmissa päissä on noin kahden metrin irrotettavat osat. Alapää oven 9 luona jää muuten kulkuväylälle ja kattilan puoleinen pää on puoliksi tulipesän puolella, estäen miesluukun sulkemisen, sekä miesluukun käytön huoltotöiden aikana. Lisäksi varsinkin kattilan pään jatkon liittäminen putkistoon on putken painon johdosta hankalaa. Tämä pää täytyy myös erikseen sitoa täytön ajaksi auton pneumaattisen purkujärjestelmän paineenvaihteluiden aiheuttaman liikkeen vuoksi. Nykyisin putken kiinnittäminen paikoilleen toteutetaan varsin vaihtelevilla metodeilla.

Hiekan virtausta ulos putkesta on pyritty hidastamaan ja jakamaan tasaisemmin tulipesän pohjalle erilaisten nokkien avulla. Nämä ovat kuitenkin herkkiä kulumiselle, ja kestävät korkeintaan muutaman täytön. Ilman ohjausta hiekka päätyy tulipesän oikeaan etunurkkaan, ja tasaaminen leijutusilmalla vie aikaa. Myös tulevan uuden hiekansyöttöreitin purkupaikka olisi samassa nurkassa, joten tästä olisi päästävä eroon. Ratkaisuna on tarkoitus kokeilla vielä nykyisellä täyttöputkella laajenevaa loppuosaa, joka hidastaa hiekka–ilma–seoksen liikenopeutta (Mills 2007, 109-110).

#### 5.5 Sähkö-automaatio

Pinnankorkeuden mittaaminen on tässä tapauksessa ainoa hiekkamäärän määrittämisen takaava toiminto. Siilon rakenteesta johtuen painoon perustuvat ainemäärän mittaukset ovat poissuljettuja. Siilo on tuettu niin monesta pisteestä, että esimerkiksi nykyisessä hiekkasiilossa olevan venymäliuska-anturin käyttö ei ole tarkoituksenmukaista. Valittavana on kuitenkin useita pinnan korkeuden mittaamiseen liittyviä sovelluksia.

Kiintoaineen pinnanmittauksessa suurimpia haasteita, verrattuna nesteiden mittaukseen, ovat pölyäminen ja pinnan epätasaisuus. Pölyämisen aiheuttamia haasteita pystytään vähentämään pölynpoistolla sekä valitsemalla mittausmenetelmä, joka sietää kyseisiä olosuhteita. Pinnan epätasaisuus on huo-

mioitava pinnanmittausanturin sijaintia päättäessä, sekä itse pinnanmittausmenetelmää valittaessa. Siilossa toimivia pinnanmittausmenetelmiä ovat esimerkiksi radioaktiiviseen säteilyyn perustuva pinnanmittaus, pintaluotain, heilahduskytkin ja kaikuluotaus (Halko ym. 1996, 85).

Koska hiekkaruuvien tulee toimia kattilan ylösajovaiheen alkutäytön ja käynnin aikaisen hiekanlisäyksen takia eri nopeuksilla, on suunnitelmissa asentaa hiekansiirtolaite todennäköisesti invertterikäyttöisenä. Sähköasennukset ja laitteiden yhdistäminen DCS-järjestelmään tarkentuvat kuljetintyyppin valinnan ratkettua.

## 6 TUTKIMUKSEN TULOKSET JA KEHITYSKOhteet

### Hiekkaputki

Hiekansyöttöpaikka valikoitui ovelle numero yhdeksän. Kyseiseen paikkaan pääse riittävän vaivattomasti ajoneuvoyhdistelmällä. Itse putkisto toteutettiin kulkemaan lyhintä mahdollista reittiä, sekä vähimmällä mahdollisella määrällä käyriä, joka tässä tapauksessa jäi yhteen 90° käyrään. Vanhan hiekantäyttöpaikan hyödyntämisestä luovuttiin, koska pitkä vaakaveto pneumaattisessa hiekansiirtoputkistossa osoittautui niin toimivuuden kuin kulumisen suhteen ongelmalliseksi. Myös investointi- kuin oletettavasti elinkaarikustannuksetkin osoittautuivat tällä valinnalla edullisemmiksi.

Uusi putkisto toimii hyvin sekä aistinvaraisesti havainnoimalla, että vertaamalla kuorman purkamiseen käytettävää painetta ja tarvittavaa aikaa vanhaan siiloon, sekä muihin hiekka-auton kuljettajan tiedossa oleviin paikkoihin. Hiekantäyttöpaikan etukäteen tiedetty ongelma oli sijainti pohjatuhkalavan tyhjennysreitillä oven yhdeksän vieressä. Haasteita tuottaa hiekkatoimitusten aikataulujen epämääräisyys, jolloin ennakoiva pohjatuhkalavan tyhjennyksen ajoitus on haastavaa. Normaalitylanteessa tästä ei koidu suurempia haasteita, mutta jos jostain syystä pohjatuhkalavan tyhjennysväli on paljon normaalia tiheämpi, on hiekansyöttöä siiloon mahdollisesti tauotettava lavan tyhjennysten ajaksi. Suunnitelmissa on myös tarvittaessa hankkia laitokselle omaa hiekkalietkua sen verran, että siilon täyttö onnistuu sulkematta kulkureittiä ovelle numero yhdeksän.



Kuva 7. Hiekkaputki purkupaikalta siiloon ja ovi numero yhdeksän (Junkkari 2019)

### **Hiekkasiilo**

Siilolle suoritettujen paksuusmittausten jälkeen siilon vuoraus päätettiin aloittaa mahdollisimman nopeasti, jotta päästiin hyödyntämään jo tehtyjä telineitä (Liite 3). Telineitä ei kannattanut purkaa suuren kokonsa vuoksi, ja toisaalta vuokratustannusten minimoimiseksi työ oli hyvä saada nopeasti valmiiksi.



Kuva 8. Siilon telineet (Junkkari 2019)

Siilon paksuusmittaustulosten perusteella ruostumattomalla teräksellä vuorattu osuus siilosta päätettiin hyödyntää sellaisenaan. Tästä saumasta ylöspäin siilo vuorattiin kuuden millimetrin levyillä aina suunniteltuun pinnankorkeuteen, joka on korossa + 52,1, asti. Tällä alueella hiekan aiheuttama kuluminen on voimakkainta. Ylempää siilon seinämiä vahvistettiin hitsaamalla tarvittaviin kohtiin neljän millimetrin paksuista levyä. Irtoosteet poistettiin mekaanisesti, jonka jälkeen vuorattava osuus hiekkapuhallettiin, jotta ruostetta ei jäisi liitoksen väliin. Siilon kulumista tullaan tulevina vuosina seuraamaan. Siilon alaosa jää purkaustavan vuoksi osin tasaiseksi, koska muuten se olisi vaahtanut huomattavia muutoksia. Siilo ei purkaudu alaosastaan tasaisesti, vaan pohjalle muodostuu holvaantumista. Nykyisissä määrin holvaantuminen ei aiheuta prosessille ongelmia, koska siilo purkautuu tarpeeksi tyhjäksi. Kuiva hiekka ei myöskään varastoitaessa muuta muotoaan tai mene pilalle. Siilon pohjan reunoille jäätyään siitä ei ole haittaa, vaan se muodostaa vierintäkulumansa mukaisen kartion.

Kuljetinlaitteiston huoltoa ajatellen siilon alaosaan aiotaan lisätä ilmayhde, jotta siilon pohja saadaan ajettua tyhjäksi ennen pohjan aukaisua kokonaan. Siilon pölynpoisto todettiin riittämättömäksi. Raskas hiekkapöly laskeutuu erityisesti kolmanteen kerrokseen, jossa hiekkasiilon täytön aikana työskennellessä on käytettävä hengityksensuojainta. Pidemmällä aikavälillä kertyvä hiekkapöly vaurioittaa mahdollisesti kattilahuoneen laitteita ja lisää siivoustarvetta.

Koska siiloa ei ole mitoitettu merkittävälle yli- tai alipaineille, on siilon tiivistä- mistä tärkeämpää saada siilosta poistettua suurempi määrä ilmaa, kun sinne hiekka-autosta hiekanpurun yhteydessä puhalletaan. Myös varman paineenta- sausjärjestelmän tarve siiloa tiivistettäessä tulee selvittää.

### **Kuljetin siilolta kattilaan**

Siilon pohjalevyn ja siilon ja kuljettimen välisen sulkuluukku sisältyivät kuljetin- toimitukseen, jotta nämä toimisivat optimaalisesti kuljettimien kanssa yhteen. Sulkuluukku on ”lekaluukku” – tyyppinen ratkaisu, joka vastaa toiminnaltaan levyluistiventtiiliä ilman toimilaitetta. Sulkuluukun luistia liikutetaan lekalla lyö- mällä sekä taljalla vetämällä. Toimilaitteen puuttuessa se ei voi vioittua, eikä käyttäjälle hankalampi toimintaperiaate ole suuri ongelma, koska sulkuluukkuu- ta tarvitaan todennäköisesti harvoin. Tähän kohteeseen se sopi myös hyvin pie- nen tilantarpeen vuoksi.



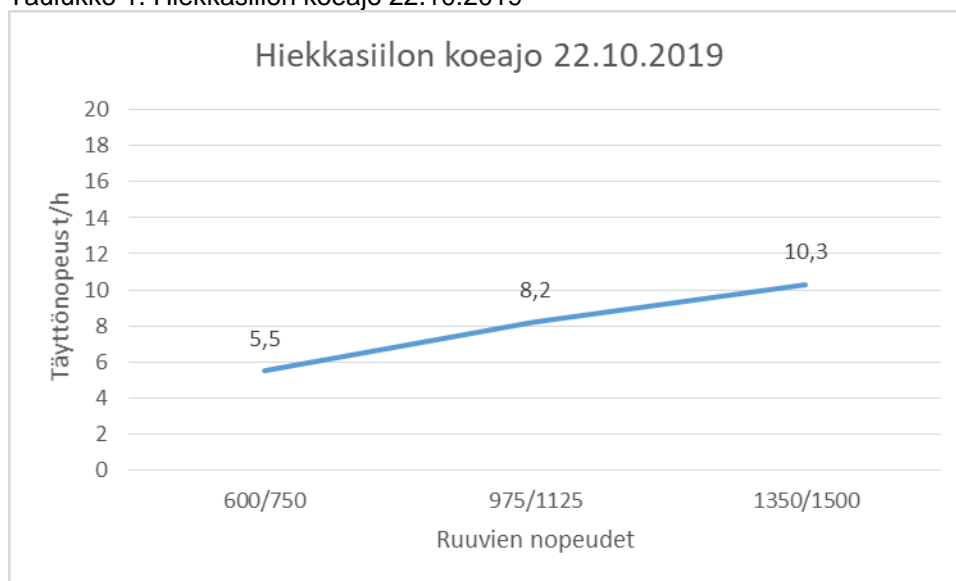
Kuva 9. Syöttöruuvit ja lekaluukku (Junkkari 2019.)

Kuljetinratkaisuksi valikoitui kaksiosainen ruuvikuljetin. Pneumaattiseen järjes- telmään tutustuminen loppui, kun asiaan tutustuttiin pneumaattisiin siirtolaittei- siin perehtyneen yrityksen edustajan kanssa käytyjen keskusteluiden jälkeen. Siirtomatkan todettiin olevan pneumaattisen järjestelmän kannalta lyhyt ja siir- rettävä materiaalin määrä taas liian suuri. Ruuvikuljetin valikoitui koteloidun ra- kenteen tuoman pölyämättömyyden sekä yksinkertaisen ja varman toiminta- periaatteen takia. Se on myös kustannustehokas hankkia, käyttää ja huoltaa.

Kuljettimien paikat suunniteltiin ja kuljettimet mitoitettiin etukäteen. Kuljetettava matka on noin 10 metriä kutakuinkin vaakasuoraan. Tästä hiekka valuu painovoimaisesti kattilaan kattilan alipaineen avittaessa ainevirtaa. Kuljettimen ja kattilan väliseen putkeen tarvittiin myös palje kattilan lämpölaajenemisen sekä käytön aikaisen huojunnan vuoksi. Muussa tapauksessa kattilan liike vaurioittaisi kuljetinlaitteistoa tai kattilan läpivientä.

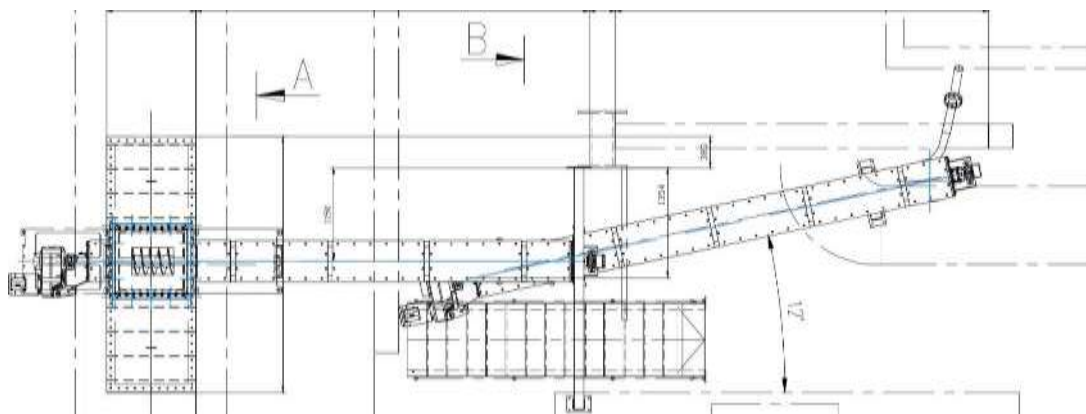
Valmiiden piirrosten pohjalta kuljettimet valmistettiin alihankkijalla ja asennettiin pienin muutoksin paikalleen. Siilon alapuolisen ruuvikuljettimen matalimman kohdan korkeudeksi jäi noin kaksi metriä, joten kulkukorkeus riittää tavanomaisissa tässä kerroksessa tehtävissä huolto- ja käyttötehtävissä. Kuljettimet ovat invertterikäyttöiset, joten niillä voidaan ajaa kattilan ylösajovaiheessa hiekkaa sisään tällä hetkellä laskennallisesti noin 10 tonnia tunnissa (Liite 8) ja kattilan ollessa normaaliajossa noin viisi tonnia tunnissa. Selvitys siitä minkä takia lähtötiedoissa annetusta 20–40 tonnin tuntinopeudesta jäätettiin, on vielä kesken laitetoimittajan ja tilaajan välillä. Hiekan pudotessa kattilaan yhdestä kohdasta on ollut huomattavissa kyseisen nurkan lämpötilan hetkellistä putoamista, mutta pidempiaikaisia vaikutuksia ei vielä ole ilmennyt. Mikäli edellä mainittu aiheuttaa jatkossa haasteita, on hiekkaputken läpiviennin muokkaaminen ja jonkinlaisen heittoilmajärjestelmän rakentaminen mahdollista.

Taulukko 1. Hiekkasiilon koeajo 22.10.2019

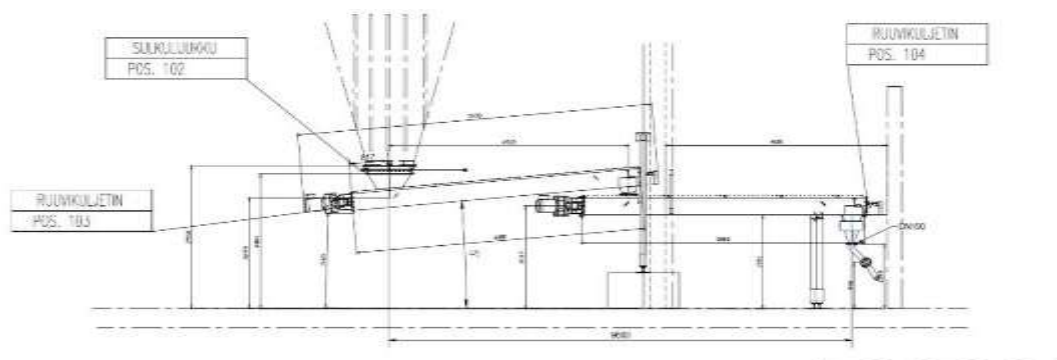


Ruuvikuljettimen huoltoa varten päätettiin lisätä siilon ja ruuvin väliin sulkume-  
kanismi, jolla hiekan valuminen siilon syöttöaukosta voidaan estää kun kulje-  
tinruuvi ei ole esimerkiksi huollon takia paikoillaan.

Lekaluukku valikoitui yksinkertaisen ja varmatoimisen toimintaperiaatteensa ja  
huokean hankintahintansa takia. Sulkuluukun suunniteltu käyttötarve on myös



Kuva 10. Syöttöruuvi ylhäältä kuvattuna (Osa lay-out piirroksesta, BMH 2019)



Kuva 11. Syöttöruuvi sivulta kuvattuna (Osa lay-out piirroksesta, BMH 2019)

hyvin pieni, mutta suunnittelemattoman korjaustarpeen tullessa eteen sen toi-  
minta on ensiarvoisen tärkeää. Näin ruuvin korjaus onnistuu purkamatta siilon  
sisältöä muuta kautta.

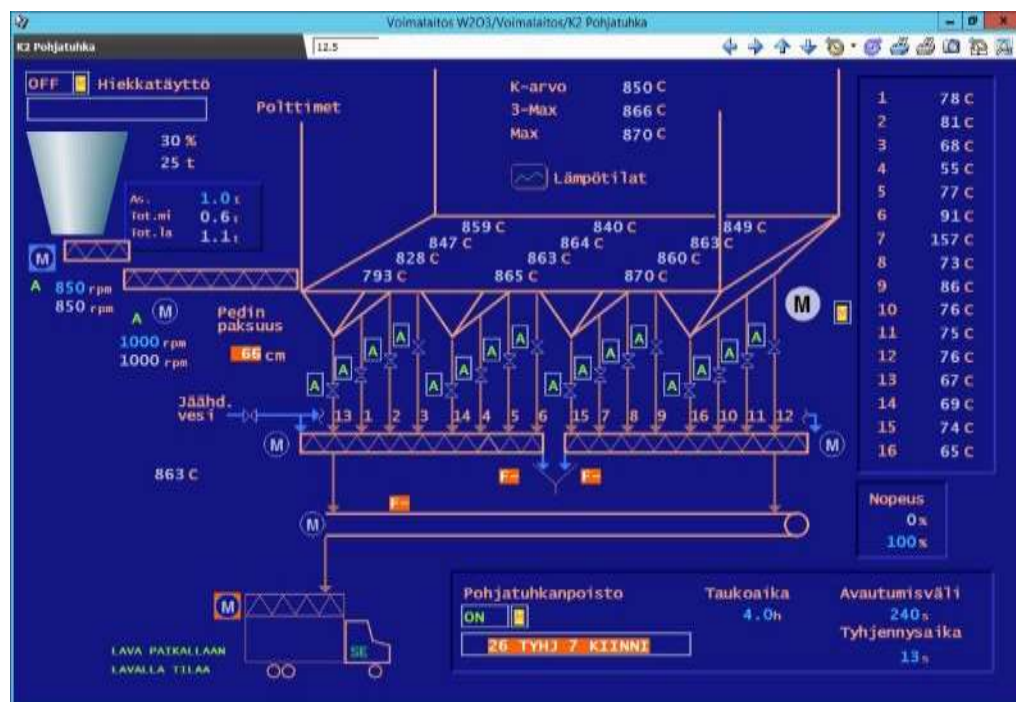
### Pikatäyttö

Kattilan ylösajovaiheessa käytettävän pikatäyttöputken päivittäminen loppu-  
osastaan laajenevaan helpotti kattilaan päätyvän hiekan leviämistä. Kuitenkin  
pääosa hiekasta päätyy samaan nurkkaan mihin tippuu uudesta siilosta tuleva  
hiekkä, jolloin hiekan leviäminen kattilan ylösajovaiheessa ei ole riittävän ri-  
peää ilman leijutusilmapuhaltimen rasittamista. Jatkoa ajatellen putken uudel-  
leensuuntaamisella tämä ongelma helpottaisi.

## Sähkö-automaatio

Pinnanmittaukseen laitteeksi valikoitui tilaajan edustajan valitsema mikroaaltotutka. Se on kustannustehokas ja varmatoiminen, sekä helposti yhdistettävissä voimalaitoksen automaatiojärjestelmään. Pinnanmittauksessa kiintoaineella on haasteena se, ettei pinta ei ole koskaan aivan tasainen. Tällä mitausmenetelmällä päästään kuitenkin riittävän tarkkaan lopputulokseen. Hiekkapöly ei toistaiseksi ole vaikuttanut laitteen toimintaan. Hiekkaruuvien moottoreille asennettiin invertterikäytöt.

Laitteistojen toimittajat toimittivat tilaajalle sekä urakoitsijalle laitteistojen töiden tekniset tiedot ja toimintakuvaukset. Näiden pohjalta suunniteltiin dokumentointi ja työselostukset asentajille. Asennukset ja käyttöönotto suoritettiin suunnitellusti ja uudet laitteet liitettiin laitoksen automaatiojärjestelmään ja kunnossapitojärjestelmään.



Kuva 12. Hiekkasiilo DCS:ssä (Junkkari 2019)

## Työturvallisuus

Kaikista töistä laadittiin asiaankuuluvat työluvat ja vaaranarvioinnit, tarvittaessa myös tilityö- ja nostotyöluvat. Lisäksi työvaiheiden toteutus aikataulutettiin niin, ettei töitä tehty samaan aikaan samassa paikassa kuin yksi aliurakoit-

sija kerrallaan, jolloin töiden päällekkäisyyksistä ei päässyt aiheutunut vaaratilanteita. Projektissa kiinnitettiin huomiota työympäristön siisteyteen tapaturmien välttämiseksi. (Työturvallisuuskeskus 2019.)

## 7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella Stora Enson Anjalankosken tehtaiden voimalaitokselle toimivampi hiekansyöttöjärjestelmä. Opinnäytetyössä suunnitellun hiekansyöttöjärjestelmän uusimisella tavoitteena oli vähentää polttoaineen kuljetinlaitteiston kulumista ja varmistaa hiekan mahdollisimman häiriötön syöttö kattilaan. Opinnäytetyössä tutustuttiin hiekansyöttöjärjestelmän kaikkiin osa-alueisiin, ja pyrittiin valitsemaan kuhunkin kohteeseen parhaiten toimiva ja kustannuksiltaan tarkoituksenmukainen laite tai osa. Erityispiirteenä tässä projektissa oli jo olemassa olevien laitteiden ja rakenteiden hyväksikäyttö kustannusten hillitsemiseksi. Myös laitoksen muiden toiminnot ja voimalaitosympäristön erityispiirteet vaativat huomioon ottamista. Näihin tavoitteisiin päästiin, joskin hiekan polttoaineenkuljetinlaitteistoja kuluttavan vaikutuksen häviäminen näkyy vasta pidemmällä aikajänteellä. Suurimmaksi kehityskohteeksi jäi hiekkasiilon täytönaikaisen pölynpoiston kehittäminen.

Opinnäytetyö toimi tekijälleen myös ensikosketuksena projektimuotoiseen työskentelyyn tässä mittaluokassa. Projektityöskentelyn jokaiseen aihealueeseen tuli tutustuttua ja niiden huomioimisen tarpeellisuus tuli todettua. Toiminta tilaajan ja aliurakoitsijoiden kanssa kehittyi ja alan vaatimat kommunikointitaidot kehittyivät. Suurimpana yllätyksenä tuli

## LÄHTEET

BMH Technology Oy. 2019. Käyttö- ja huolto-ohjeet. Hiekan siirto vanhalta hii-  
lisiilolta kattilaan. Rauma: BMH technology.

Fescon Oy. s.a. Leijupetimateriaalit. WWW-dokumentti. Saatavissa:  
<https://www.fescon.fi/ratkaisut/voimalaitos-ja-suodatinhiekat/leijupetimateriaalit>  
[viitattu 21.10.2019].

Geotechdata.info. 2013. Typical values of soil friction angle for different soils  
according to USCS. WWW-dokumentti. Saatavissa: [http://www.geotech-  
data.info/parameter/angle-of-friction.html](http://www.geotech-data.info/parameter/angle-of-friction.html) [viitattu 21.10.2019].

Halko, P., Härkönen, S., Lähteenmäki, I. & Välimaa, T. 1996. Teollisuuden  
Mittaustekniikka. 6. painos. Helsinki: Edita.

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2000. Höyrykattila-  
tekniikka. 5. painos. Helsinki: Edita.

Impomet OY. s.a. Kulumisen kestävät tuotteet ja pinnoitteet. WWW-doku-  
mentti. Saatavissa: [https://www.impomet.com/tuotteet/kulumisen-kestavat-  
tuotteet-ja-pinnoitteet](https://www.impomet.com/tuotteet/kulumisen-kestavat-tuotteet-ja-pinnoitteet) [viitattu 15.9.2019].

Kananen, J. 2014. Laadullinen tutkimus opinnäytetyönä. Miten kirjoitan kvali-  
tatiivisen opinnäytetyön vaihe vaiheelta. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikor-  
keakoulu.

Mills, D. 2004. Pneumatic Conveying Desing Guide. 2. painos. Burlington:  
Elsevier Butterworth-Heinemann.

Richardson, J., Harker, J. & Backhursts, J. 2002. Chemical Engineering Vol-  
ume 2, Technology & Separation Processes. 5. painos. Oxford: Butterworth-  
Heinemann.

Ruuska, K. 2007. Pidä projekti hallinnassa. 6. painos. Helsinki: Talentum.

Silfverberg, P. s.a. Ideasta projektiksi. PDF-dokumentti. Saatavissa:  
[http://www.helsinki.fi/urapalvelut/materiaalit/liitetiedostot/ideasta\\_projek-  
tiksi.pdf](http://www.helsinki.fi/urapalvelut/materiaalit/liitetiedostot/ideasta_projek-tiksi.pdf) [viitattu 21.10.2019].

Stora Enso. 2019. Tietoja yrityksestä. WWW-dokumentti. Saatavissa:  
<https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso> [viitattu 14.9.2019].

Texas Geosciences. s.a. Some Useful Numbers on the Engineering Properties of Materials (Geologic and Otherwise). PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.jsg.utexas.edu/tyzhu/files/Some-Useful-Numbers.pdf> [Viitattu 21.10.2019].

Työturvallisuuskeskus. s.a. Turvallinen ja terveellinen työympäristö. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://ttk.fi/tyoturvallisuus\\_ja\\_tyosuojelu/tyoturvallisuuden\\_perusteet/tyoymparisto](https://ttk.fi/tyoturvallisuus_ja_tyosuojelu/tyoturvallisuuden_perusteet/tyoymparisto) [viitattu 1.11.2019].

Vakkilainen, E. 2017. Steam generation from biomass: construction and desing of large boilers. 1. painos. Amsterdam: Butterworth-Heinemann.

**KUVALUETTELO**

Kuva 1. Stora Enson Anjalankosken tehtaat (Stora Enso 2018)

Kuva 2. Kattilan ainevirrat (Huhtinen, Kettunen, Rastas & Nurminen 2000, 8.)

Kuva 3. Vanha hiekkasiilo, sulkuluukku, sulkusyötin ja purkupuutki (Junkkari 2019)

Kuva 4. Hiekkaputken poikkileikkaus(Junkkari 2019)

Kuva 5. Projektisuunnitelman rakenne (Silfverberg, P.)

Kuva 6. Hiilisiilon alaosa ja kuljettimen tuleva reitti kattilaan (Junkkari 2019)

Kuva 7. Hiekkaputki purkupaikalta siiloon ja ovi numero yhdeksän (Junkkari 2019)

Kuva 8. Siilon telineet (Junkkari 2019)

Kuva 9. Syöttöruuvit ja lekaluukku (Junkkari 2019)

Kuva 12. Syöttöruuvi ylhäältä kuvattuna (Osa lay-out piirroksesta, BMH 2019)

Kuva 13. Syöttöruuvi sivulta kuvattuna (Osa lay-out piirroksesta, BMH 2019)

Kuva 14. Hiekkasiilo DCS:ssä (Junkkari 2019)



## Harjavallan hiekka 0,5-1,5mm

Tekniset tiedot

## Tyypillinen kemiallinen koostumus

SiO <sub>2</sub>	87,30 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,20 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,87 %
K <sub>2</sub> O	1,83 %
Na <sub>2</sub> O	1,12 %
CaO	0,43 %
MgO	0,45 %

## Mineraalikoostumus

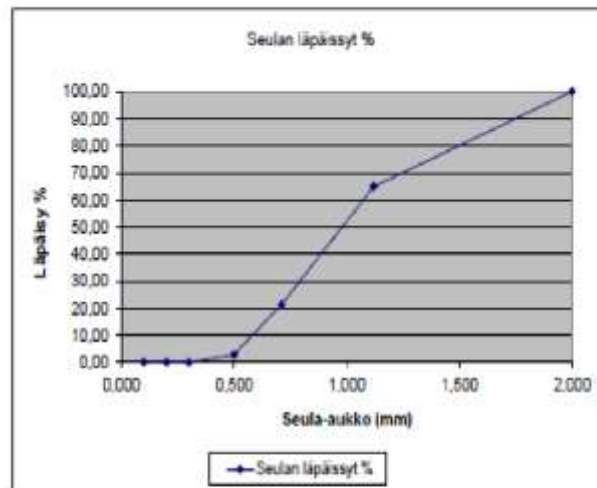
Kvartsi	84 %
Massilpä	15 %
Muut	1 %

Irtoheys	kg/m <sup>3</sup>	1400
Sintz.piste		1200°C

## Tyypillinen raekokojakauma

Huom! Tulokset perustuvat tuotteen analyysin pitkä-aikaiseen keskiarvoon

Seula-aukko	Seulalle jäänyt	Seulan läpäissyt
mm	g	%
2,000	0	0,00
1,120	74	35,07
0,710	92	43,60
0,500	39	18,48
0,300	6	2,84
0,200	0	0,00
0,100	0	0,00

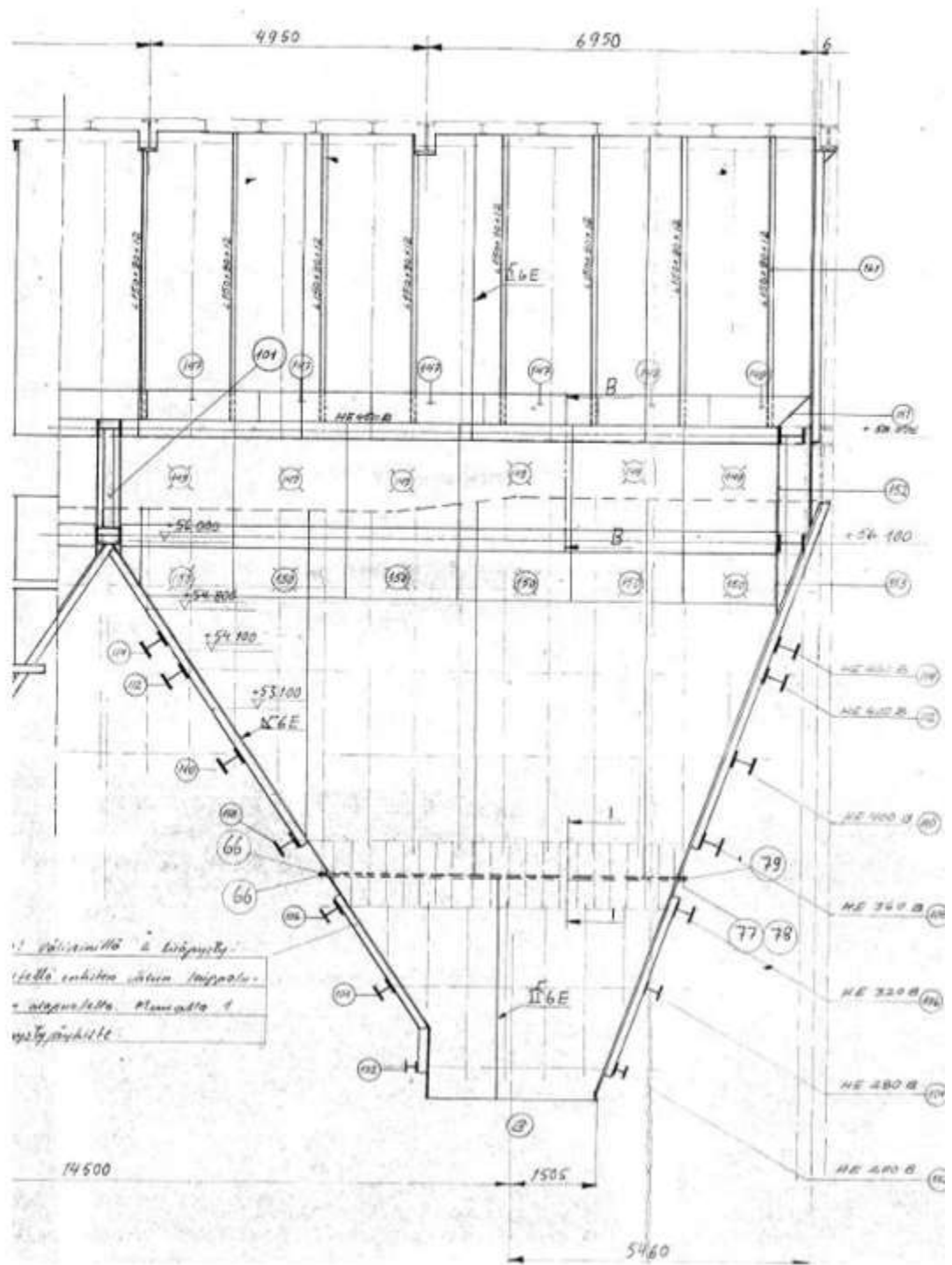


Puhelin +3588283478 E-Mail hiikkaajat@hiikkaajat.fi Web www.hiikkaajat.fi Fax 08283484  
Kakkinkatu 6, 62150 Raahel

## Varoitukset

Hiekka sisältää kvartsiä (< 5µm), jonka pitkäaikainen altistus aiheuttaa silkkosia.





**DEKRA Industrial Oy**

Tuuppakarukuja 1  
01740 VANTAA  
Tel. (09) 878 020 Fax: (09) 878 6663

**Paksuusmittauspöytäkirja****Thickness Measurement Report**

Pöytäkirjan nro Report No.  
**D75376**

Tilaaaja Contractor <b>Empower IN Oy</b>	Työnro Work No.	Asiakas Customer <b>Stora Enso Anjalankoski</b>	Työnro Work No.
Laitos Station <b>Stora Enso Inkeroinen K2</b>		Valmistaja, asentaja Manufacturer, installed by	Työnro Work No.
Tarkastuskohde Inspection object <b>Hilisiilo</b>		Piirustus nro Drawing No.	

Hitsin tunnus Weld identification <b>Perusaine</b>		Perusaine Base material <b>CS</b>	
Pinnan laatu Surface condition <b>Hiottu</b>	Lämpötila Temperature <b>16°C</b>	Lämpökäsittely Heat treatment <b>Ei lämpökäsittelyä</b>	

Tarkistuskappale Calibration block <b>V2</b>	Tunnus ID <b>PT196</b>	Tarkastuslaite Equipment	Tunnus ID
Vertailukappale Reference block <b>porraspala 2-20 mm</b>	Tunnus ID <b>-</b>	Luotainkulma Probe angle	
Mittausmenetelmä Measurement method <b>Kahden peräkkäisen takaseinäkalun erotus</b>		Tunnus ID	
Muut tiedot Other information <b>Mittaus kalun huipusta</b>		Taajuus Frequency [MHz]	
Mitta-alue Time base range <b>0-50 mm</b>	Kytentäaine Couplant <b>Liisteri</b>	Koko Size	
Tarkastuspvm Insp. date <b>08.04.2019</b>	Tarkastuspaikka Place <b>Inkeroinen</b>	Perusvahvistus	
		Basic ref. level	
		Sirtymäkorjaus	
		Transfer correction	
		Muut tiedot Other information	

Tarkastusohje Inspection procedure <b>SFS-EN ISO 17640</b>	Tarkastustaso Inspection level <b>B</b>	Tarkastuslaajuus Extent of inspection <b>pistokoemainen/taso</b>
Laadunmääritysasiakirja Quality document <b>SFS-EN ISO 5817 C</b>		Laatuvaatimus Quality requirement <b>SFS-EN ISO 5817 C</b>

Mittausjärjestelyt tai tulokset Measurement arrangement or results

Hilisiilon seinämää mitattu tasoitain pistokoemaisesti.  
**Kirkas/ musta rajasta ja siitä ylöspäin n. 5m on siilon ohkaisimmat kohdat.**  
Minimikohdissa on läpireiät ( kts. Liite )

Liitteet Appendix **1** sivua pages

Tarkastustulokset Results of inspection	<input checked="" type="checkbox"/> Täyttävät vaatimukset Comply with the requirements	<input type="checkbox"/> Eivät täytä vaatimuksia Do not comply with the requirements
--	---	---

Tarkastaja Inspector <b>Kari Karjalainen, Nordtest 6073</b>	Pätevyys Qualification <input checked="" type="checkbox"/> EN ISO 9712/Nordtest Level 2 <input checked="" type="checkbox"/> SNT-TC-1A Level 2 <input type="checkbox"/> STUK	 FINAS FINAS Accreditation Service 1000 JEN ROAD, #11-02/03 Singapore 437673
Pvm ja allekirjoitus Date and signature <b>23.4.2019 Kari Karjalainen</b>		

Rev. 4

