



# Terästehtaan suodatinjärjestelmän hankinta ja asennus.

Roope Jokinen

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2019

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka

JOKINEN, ROOPE:

Terästehtaan suodatinjärjestelmän hankinta ja asennus

Opinnäytetyö 29 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
kesäkuu 2019

---

Teräsvalimo päätti syksyllä 2018 hankkia itselleen suodatinlaitoksen, jolla rajoitettaisiin tehtaalle ja sen ympäristöön päätyvien savukaasujen määrää merkittävästi.

Työssä esitellään tehtaan lähtö tilanne, joka on selvitetty suorittamalla hiukkas- ja raskasmetallimittaukset. Mittaustuloksien ja tehtaalta saatujen tietojen perusteella päädyttiin asentamaan kaksi erillistä suodatinlaitosta, jotka sijoitettaisiin tehtaan pihalle betonista valetuille laatoille.

Asennustyö suoritettiin ulkopuolisen asennusryhmän toimesta. Asennusta olivat valvomassa laitteiston valmistajan edustaja ja PME-Tradingin edustaja. Asennustyö suoritettiin tehtaan tuotannon ehdoilla niin, ettei siitä koituisi aiheutonta haittaa tuotannolle, eli tuotantoa ei keskeytetty asennuksien aikana, joka olisi tarkoittanut lisäkustannuksia tehtaalle.

Projekti eteni suunnitelman mukaisesti sovitussa aikataulussa, ilman yllätyksiä ja työtaturmia. Sekä suodatinlaitteistojen tilaaja, että niiden toimittaja olivat projektiin erittäin tyytyväisiä, sillä kaikki ennalta sovitut suunnitelmat hankkeen osalta onnistuivat.

---

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

JOKINEN, ROOPE:

Acquisition and installation of a filter plant for a steel factory

29 pages, 4 appendices pages  
June 2019

---

The steel foundry decided in the autumn of 2018 to acquire a filter plant that would significantly reduce the amount of flue gas entering the factory and its environment. The process was undertaken by the author of this thesis and number of companies.

The project started by a survey of the factory's starting point with appropriate measurements. On the basis of the measurement results and the information from the factory, the group decided to install two separate filtration plants at the factory, which would be placed on the concrete yard slabs at the factory yard.

The installation work was accomplished by an external installation team including a unit manufacturer's agent and a PME-Trading representative. The installation was carried out in such a way as to minimize the production burden.

The project progressed on schedule, without any unexpected problems or accidents. Both the filter equipment subscriber and their supplier were very contented with the project.

---

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	Yritys.....	6
3	Alustavat neuvottelut ja laitteen hankinnan päätös .....	7
4	Myynti ja myyntiprosessi .....	9
5	Suoritetut mittaukset .....	11
	5.1. Hiukkaspitoisuudet .....	12
	5.2. Puhdistamaton poistoilma .....	12
	5.3. Hiukkaspäästöt.....	14
	5.4.. Metallipitoisuudet.....	15
	5.5. Hiukkaspitoisuus .....	15
	5.6. Poistoilmavirta.....	15
	5.7. Metallit.....	16
	5.8. Mittausaikainen tuotanto .....	16
	5.9. Käytetyt mittalaitteet.....	16
	5.10. Mittaustulokset .....	16
6.	Järjestelmän valinta .....	17
7.	Suodatinlaitoksen asentaminen .....	19
8.	Laitteiston käynnistys ja käyttöönotto.....	22
9.	Pohdinta ja lopputulos.....	24
	LÄHTEET.....	25
	LIITTEET .....	26
	Liite 1. ....	26
	Liite 2. ....	29

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää syksyllä 2018 alkaneen suodatinlaitoksen hankinnan prosessi suunnittelusta sen asennukseen. Työ tehdään yhdessä Oy PME-Trading Ltd nimisen yrityksen sekä Tampereen ammattikorkeakoulun Kone- ja tuotantotekniikan oppilaan Roope Jokisen kanssa.

Syksyllä 2018 PME-Trading saa asiakkaaltaan toimeksiannon koskien terästehtaan valimossa syntyvien päästöjen suodattamista. Työ aloitetaan mittaamalla ja selvittämällä tehtaan nykyiset päästöt ilmakehästä ja ympäristöstä. Tämän jälkeen yrityksen tehtävä on kartoittaa suodatinlaitoksen tarve. Millaiselle tasolle päästöt halutaan laskea ja mitä muita reunaehtoja suodatinlaitokselle annetaan. Kuinka suuri laitos tarvitaan ja minne suodatinlaitos voidaan asentaa, miten laitos saadaan asennettua oikein ja turvallisesti. Pystytäänkö jo olemassa olevia ilmastolinjoja hyödyntämään ja aiheuttaako asennus ongelmia tehtaan tuotannossa.

## 2 Yritys

Oy PME-Trading Ltd on vuonna 2003 perustettu suomalainen korkea seostettuja teräs- ja rautavaluja, erilaisia puhalluskoneita, niiden kulutusosia sekä erilaisia laitteistoja myyvä ja maahantuova yritys. Yritys on pitkään tuonut markkinoille asiakkaiden tarpeiden mukaisia laitoksia ja kokonaisuuksia. Yrityksen erityisosaamiseen kuuluu ratkaisukeskeinen osaaminen, jossa asiakkaiden ongelmiin yritetään löytää ratkaisu, yhteistyössä tarkkaan valittujen yhteistyökumppaneiden kanssa. Yritys pyrkii aina parantamaan asiakkaidensa jo olemassa olevia teknisiä ratkaisuja sekä kehittämään jo olemassa olevaa tuotantoa tai rakentamaan kokonaan uutta.

(<https://pme-trading.com/2019>)

Kun PME-Trading perustettiin vuonna 2003 Suomen pääkaupunkiseudulle Järvenpäähän, oli sen tärkein päätuote puhallus laitteet ja niiden varaosat. Pian tämän jälkeen toiminta laajeni ja mukaan tulivat myös erilaiset suodatinjärjestelmät sekä korkea seostetut teräs- ja rautavalut. Yrityksen perustaja sekä entinen toimitusjohtaja Saarinen käytti paljon aikaa löytämällä yritykselle korkea laatuiset toimittajat, joiden ammattitaitoa ja palvelua on arvostettu PME-Tradingin asiakkaiden keskuudessa jo vuosia.

Vuonna 2018 PME-Trading siirsi pääkonttorinsa Järvenpäästä Pirkanmaalle, Kangasalle. Syynä muutolle oli halu keskittää toimintaa parempien kulkuyhteyksien päähän, ja näin lähemmäksi asiakkaita. Yrityksen varasto ja jakelu kuitenkin haluttiin säilyttää Vantaalla. Suurin syy tähän on sataman suhteellisen hyvä etäisyys ja kulkuyhteys. Samaan aikaan liiketoimintaa on kehitetty ja tehostettu entisestään. Lisäksi PME-Trading on tehnyt paljon työtä tuotekehityksen parissa, jonka tarkoituksena on laajentaa toimintaa huomattavasti. Suodatin laitoksen suunnittelu on yksi esimerkki tästä.

### 3 Alustavat neuvottelut ja laitteen hankinnan päätös

Projekti alkoi, kun suomalainen teräsvalimo päätti hankkia uuden suodatin järjestelmän ja otti yhteyttä suodatin järjestelmiä toimittaviin yrityksiin Suomessa ja muualta Euroopasta. Aikaisempaa kunnollista järjestelmään tehtaalla ei vielä tässä vaiheessa ollut. Yritys kuitenkin halusi pysyä mukana jatkuvasti koventuvassa maailmanlaajuisessa kilpailussa, jossa myös ympäristön ottaminen huomioon valmistuksessa on merkittävä kilpailuvaltti ja jopa edellytys tuotteiden myynnille.

Projekti aloitettiin kartoittamalla tehtaan toiminta ja sen tarve. Mitä haluttaisiin suodattaa ja kuinka paljon. Kuinka isosta tuotannosta oli kyse ja mitä savukaasuja tehtaan prosessista syntyisi ja kuinka haitallisia nämä partikkelit olisivat tehtaan henkilökunnalle ja sen ympäristölle. Minne mahdollinen suodatin laitos voitaisiin sijoittaa ja mitä mahdollisia ongelmia laitos voisi aiheuttaa tuotannolle tai tehtaalle. Myös suodatinlaitoksen taloudellinen puoli otettiin heti huomioon, sillä kustannuksien haluttiin pysyvän maltillisina, mutta tinkimättä toimintavarmuudesta ja laadusta sillä mahdolliset ylimääräiset huollot voisivat pysäyttää pahimmassa tapauksessa koko tehtaan tuotannon.

Tämän jälkeen päätimme suorittaa tahtaalla päästömittaukset, josta saisimme tietoon palokaasujen tarkan määrän ja kuinka kaasut vaikuttaisivat tehtaaseen ja sen ympäristöön normaalissa tuotannossa. Kun mittaukset oli saatu suoritettua, aloitettiin neuvottelut yhdessä tehtaan edustajan ja suodatinlaitoksia toimittavien yrityksiä kanssa, siitä millainen laitos palvelisi asiakasta parhaiten. Saatujen mittaustuloksien ja reunaehtojen perusteella PME-Tradingin ensimmäinen ehdotus oli hankkia yksi 90.000 m<sup>3</sup>/h, saksalaisvalmisteinen suodatinyksikkö, joka ohjattaisiin suoraan sulatusuuneille ja heilurihiomakoneelle ilmastointikanavia pitkin, jonka imutehoa voitaisiin säätää tuotannon mukaan.

Neuvotteluiden edettyä, päädyimme yhdessä asiakkaan kanssa ratkaisuun hankkia kaksi erillistä suodatinlaitosta yhden isomman yksikön sijaan niin, että toisella 60.000 m<sup>3</sup>/h laitoksella, suodatettaisiin ainoastaan sulatusuunien palokaasuja ja toisella pienemmällä 30.000 m<sup>3</sup>/h laitoksella, pääsääntöisesti heilurihiomakoneen synnyttämiä kaasuja ja pienhiukkasia. Laitokset suunniteltiin myös niin, että jos toinen laitos rikkoutuisi yllättäen tai sille suoritettaisiin huolto, voitaisiin kummankin laitoksen imuteho ohjata sekä sulatusuuneille, että heilurihiomakoneelle. Tämä mahdollistaa tuotannon jatkumisen myös vika- ja huoltotilassa.



## 4 Myynti ja myyntiprosessi

Myynti on ihmisten tai yritysten välinen luottamus, jossa kummankin osapuolen tarkoitus on hyötyä mahdollisesta kaupasta. Hyöty voi olla esimerkiksi materiaallinen, rahallinen tai jokin palvelu. Myynnin tarkoituksena voi myös olla tappioiden minimointi, kuten tappiollisen tuotteen myyminen, tarkoituksena estää lisätappioiden syntymisen tai kilpailevan yrityksen syrjäyttäminen.

(Yritysjohdon opas myyntiin ja markkinointiin B2B-markkinoinnin ja -myynnin pelikirja)

Yleisesti kuitenkin myynnin tarkoituksena on löytää asiakkaan tarpeisiin paras tuote tai palvelu, josta on myynnistä vastaavalle yritykselle ja ostavalle yritykselle konkreettista hyötyä. Myyntiprosessi alkaa yleensä teollisuudessa asiakkaan tarpeista, eli yrityksellä on jokin ongelma, joka halutaan ratkaista muuttamalla jokin jo olemassa oleva tuote toiseen, jonka ostohinta on edullisempi ja tuo täten säästöä yrityksen kassaan, tai jotain kohdetta halutaan mahdollisesti lisätä tai tehostaa.

(Alanen, V., Mäkelä, T., & Sell, H. 2005)

Tässä tapauksessa tehdas haluaa estää haitallisten savukaasujen päätyksen ympäristöön sekä tehtaan työntekijöiden hengitysilmaan. Yritys on päättänyt hankkia suodatinlaitoksen, joka pystyy laskemaan savukaasut ja pienhiukkaspäästöt riittävän alas. Prosessi aloitetaan ottamalla yhteyttä suodatinlaitoksia toimittaviin yrityksiin ja kartoittamalla tarjolla olevia vaihtoehtoja. Kukin toimittaja aloittaa tässä vaiheessa tilanteen kartoittamisen, millainen suodatin laitos tulisi kyseeseen? PME-Trading aloittaa työn selvittämällä nykyisen tehtaan tilanteen ja mitä työssä pitää ottaa huomioon parhaan tuotteen löytämiseksi asiakkaalle.

Kun riittävä määrä tietoa on saatu, tekee PME-Trading näiden tietojen perusteella valinnan, millaista suodatinjärjestelmää asiakkaalle kannattaa tarjota. Tuote, joka palvelisi asiakkaan toiveita ja tarpeita parhaiten ja on hinnaltaan kilpailukykyinen. Kun asiakas on saanut riittävän määrän tarjouksia eri laitteistoja toimittavilta yrityksiltä, aletaan tarjouksia tarkentamaan. Tätä kutsutaan kilpailuttamiseksi. Usein tässä vaiheessa osa laitteistojen toimittajista karsiutuu pois kilpailusta. Usein syynä on liian kallis hinta tai tuotteen sopimattomuus kilpailijoihin nähden.

Tässä vaiheessa myyntineuvottelut jatkuvat PME-Tradingin ja ostavan yrityksen kanssa. Tarjouksen ehtoja tarkennetaan esimerkiksi toimitusajan suhteen, huoltojen hintojen suhteen, mikä on laitteen takuu ja mikä on lopullinen ostohinta suodatinlaitokselle. Kun kaikista yksityiskohdista on saatu yhdessä asiakkaan kanssa neuvoteltua ja luottamus asiakkaan ja toimittajan kanssa on luotu, syntyy kaupallinen yhteistyö, joka on molemmille tahoille eduksi.

(Storbacka, K. & Lehtinen, J. 2002.)

## 5 Suoritetut mittaukset

Työt aloitettiin suorittamalla 10.–11.11.2018 valimolla ympäristölupapäätöksen Dnro ESAVI/201/04.08/2010 mukaiset päästömittaukset hiukkas- ja metallipäästöjen osalta.

(7valimotekniikka: foundry technology)

Laitoksen ympäristölupapäätöksessä Dnro ESAVI/201/04.08/2010 on hiukkaspäästöistä todettu seuraavaa:

*” Kunkin sulatusuunin poistoilman savukaasujen hiukkaspitoisuus saa olla korkeintaan 10 mg/Nm<sup>3</sup> ”*

*” Poistoilma tulee käsitellä erotinlaitteissa siten, että hiukkaspitoisuus muista pistemäisistä hiukkaspoistokohdista on korkeintaan 20 mg/Nm<sup>3</sup> ”*

Valimotekniikan BAT-referenssidokumentissa (1 on hiukkaspäästöjen osalta rautametallien sulatuksen BAT-tasoksi määritetty 5–20 mg/Nm<sup>3</sup>. Parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukainen päästötaso riippuu hiukkaspäästön sisältämisestä eri päästökomponenteista kuten raskasmetalleista tai dioksiineista sekä päästön massavirrasta. Mitattuja hiukkaspitoisuuksia on verrattu myös BAT-referenssiasiakirjassa määritettyihin parhaan käyttökelpoisen tekniikan mukaisiin pitoisuustasoihin.

(Reference document on best available techniques in the smitheries and foundries industry, 2005.)

## 5.1. Hiukkaspitoisuudet

Valujen purkuun, hiekan käsittelyyn ja –siirtoon, sekä valukappaleiden hitsaukseen ja hiontaan liittyvien toimintojen poistoilma puhdistetaan tekstiilisuodattimilla. Lisäksi maalauksen poistoilma puhdistetaan vesiverho-tekniikalla. Puhdistinlaitteilla varustetuissa kohteissa poistoilman keskimääräiset hiukkaspitoisuudet olivat pääosin hyvin pieniä  $< 1 \text{ mg/Nm}^3$ , mikä on tyypillinen pitoisuus hyvin toimivan tekstiilisuodattimen jälkeen.

Sinkopuhdistuksen poistoilman hiukkaspitoisuus vaihteli  $1,2 \dots 4,2 \text{ mg/Nm}^3$  välillä ollen keskimäärin  $2,3 \text{ mg/Nm}^3$ . Pitoisuus ei ole vielä korkea, mutta viittaa jo mahdollisiin pieniin vaurioihin suodatinmateriaaleissa. Puhdistuslaitteiden jälkeinen poistoilman pitoisuus alitti kaikissa mittauskohteissa ympäristölupapäätöksessä annetun raja-arvon  $20 \text{ mg/Nm}^3$ . Mitatut pitoisuudet olivat myös kaikilta osin hyvää BAT-tasoa.

## 5.2 Puhdistamaton poistoilma

Osassa laitoksen prosesseista poistoilma johdetaan ulos puhdistamattomana. Merkittävimmät kyseisen kaltaiset prosessit ovat sulatus- ja valutoiminta (yleispoistot ja induktiouunit), heilurilaikkaus ja polttoleikkaus. Induktiouunien 1 ja 2 poistoilman hiukkaspitoisuus mittausjaksoilla vaihteli  $9 \dots 30 \text{ mg/Nm}^3$  välillä, ollen keskimäärin noin  $16 \text{ mg/Nm}^3$ . Mittausepävarmuus huomioon ottaen pitoisuus ylittää ympäristölupapäätöksessä annetun raja-arvon  $10 \text{ mg/Nm}^3$ . Induktiouunin 3 poistoilman hiukkaspitoisuus mittausjaksoilla vaihteli  $7 \dots 25 \text{ mg/Nm}^3$  välillä ollen keskimäärin noin  $10 \text{ mg/Nm}^3$ . Mittausepävarmuus huomioon ottaen pitoisuuden voidaan katsoa olevan raja-arvossa.

Heilurilaikkauksen ja polttoleikkauksen poistoilman hiukkaspitoisuudet olivat kaikilla mittausjaksoilla suuria. Heilurilaikkauksen poistoilman hiukkaspitoisuus oli keskimäärin  $43 \text{ mg/Nm}^3$  ja polttoleikkauksen  $58 \text{ mg/Nm}^3$ . Mitatut pitoisuudet ylittävät ympäristölupapäätöksessä annetun raja-arvon selvästi. Polttoleikkauksen poistoilman hiukkaspitoisuus riippuu merkittävästi työstettävästä metalliseoksesta. Suurimmat hiukkaspäästöt vapautuvat haponkestäviä metalliseoksia työstettäessä. Mittausjaksoilla työstettävä metalliseos oli Mn-20-laatua.

Valimotekniikan BAT-referenssidokumentissa on hiukkaspäästöjen osalta rautametallien sulatuksen BAT-tasoksi määritetty  $5\text{--}20 \text{ mg/Nm}^3$ . Parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukainen päästötaso riippuu hiukkaspäästön sisältämisestä eri päästökomponenteista kuten raskasmetalleista tai dioksiineista sekä päästön massavirrasta.

Mitattujen hiukkaspitoisuuksien perusteella induktiouunien poistoilman voidaan katsoa edustavan BAT-tasoa. Raskasmetallien (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni ja Cr) osuus induktiouunien poistoilman hiukkasista on suhteellisen pieni ( $< 8 \%$ ). Heilurilaikkauksen ja polttoleikkauksen poistoilman hiukkaspitoisuudet eivät edusta BAT-tasoa. Poistoilman metallipitoisuuksia ei mittauksien yhteydessä selvitetty.

### 5.3. Hiukkaspäästöt

Hiukkaspäästöt on laskettu mitattujen hiukkaspitoisuuksien ja poistoilmavirtojen sekä prosessien vuosikäyntiaikojen perusteella. Valimon hiukkasten kokonaisvuosipäästö on noin 8,3 t/a. Hiukkaspäästöt vapautuvat odotetusti lähes kokonaan niistä kohteista, joissa poistoilmaa ei puhdisteta ennen ulos johtamista. Sulatus- ja valuhallin poistot, induktiouunit, heilurilaikkaus ja polttoleikkaus edustavat > 98 % valimon hiukkaspäästöistä.

Taulukko 1. Valimon hiukkasten vuosipäästöt mittauskohteittain.

Mittauskohde	Hiukkasten vuosipäästö
	<i>kg/a</i>
Yleispoistot	1960
Induktiouunit	1046
Keernojen valmistus	34
Hitsaus, hionta ja raepuhdistus	54
Valujen purku, hiekan käsittely ja -siirto	60
Maalaus, heilurilaikkaus ja polttoleikkaus	5168
<b>Yhteensä</b>	<b>8322</b>

#### **5.4. Metallipitoisuudet**

Induktiouunien poistoilmasta otetuista hiukkasnäytteistä analysoitiin IPC-MS ja IPC-AES-tekniikalla metallipitoisuudet, joiden avulla laskettiin uunien metallien vuosipäästö. Induktiouunien 1-3 metallipäästö on yhteensä noin 272 kg/a, joka on noin 26 % hiukkaspäästöstä. Suurin osa metallipäästöstä on rautaa (75 %) ja sinkkiä (17 %). Ympäristölupapäätöksessä mainittujen raskasmetallien (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni ja Cr) vuosipäästö on noin 71 kg/a ja osuus metalleista noin 26%.

#### **5.5. Hiukkaspitoisuus**

Poistoilman hiukkaspitoisuudet mitattiin standardia SFS-EN 13284-1 mittaustaikinan olosuhteisiin, prosessin luonteeseen ja mitattavaan pitoisuuteen soveltaen. Mittaus tehtiin ottamalla isokineettinen näytevirta sondin läpi näytesuodattimelle.

#### **5.6. Poistoilmavirta**

Poistoilmavirta mitattiin poistoilmakanavista monipistemenetelmällä mikromanometrin ja pitot-putken avulla standardin SFS 5512 mukaisesti. Maalaamon poistoilmavirtaa ei saatu luotettavasti mitattua ja ilmavirta on arvioitu puhaltimen koon ja moottorin perusteella. Sulatus- ja valuhallin yleispoistojen poistoilmavirta on laskettu nimellisilmavirtojen avulla olettaen puhaltimien olevan käyntiajasta 33 % tehostuksella ja 66 % normaalikäynnillä.

Ilman kosteus määritettiin kuiva/märkälämpötilamittausten avulla tai hiukkasnäytteenoton yhteydessä lauhdutukseen ja silika-adsorptioon perustuvalla menetelmällä.

## 5.7. Metallit

Metallipitoisuudet analysoitiin hiukkaspitoisuusnäytteistä ICP-MS tai ICP-AES–tekniikalla. Analyysimenetelmä on akkreditoitu. Kaasufaasin pitoisuuksia ei mitata, sillä kyseessä olevissa lämpötiloissa mitattavat metallit eivät esiinny kaasumaisessa muodossa.

## 5.8. Mittausaikainen tuotanto

Mittausaikainen tuotanto valimolla oli normaalia ja kaikki mitattavat tuotantoprosessit olivat toiminnassa. Mittauspäivien 10.–11.1.2019 kokonaissulatusmäärä oli yhteensä 72,35 t, josta suurin osa GS-20Mn5 laatua.

## 5.9. Käytetyt mittalaitteet

TTL-pumput + hiukkasnäytteenottolaitteisto + näytesuodattimet  
DPM-mikromanometri + pitot-putki  
Fluke 52 -lämpömittari

## 5.10. Mittaustulokset

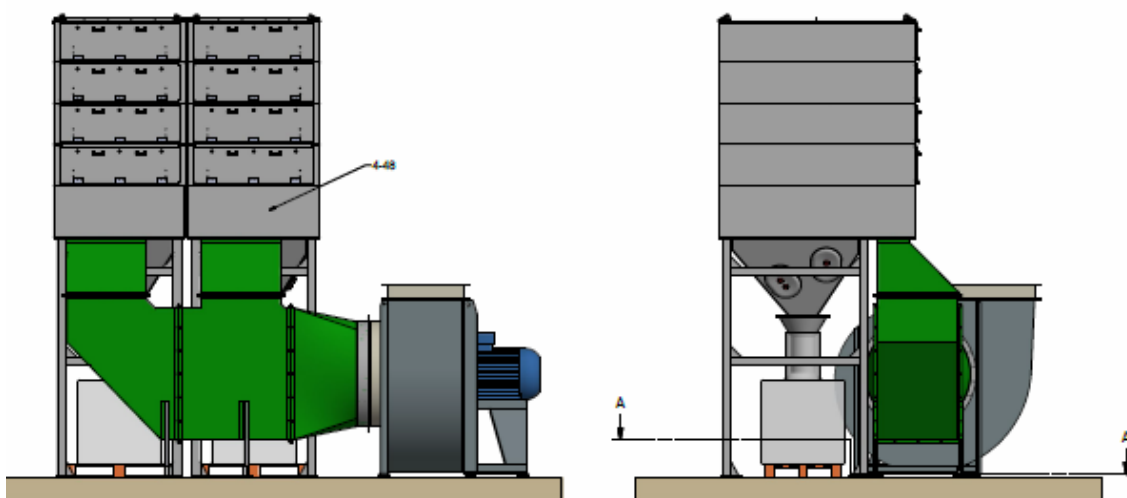
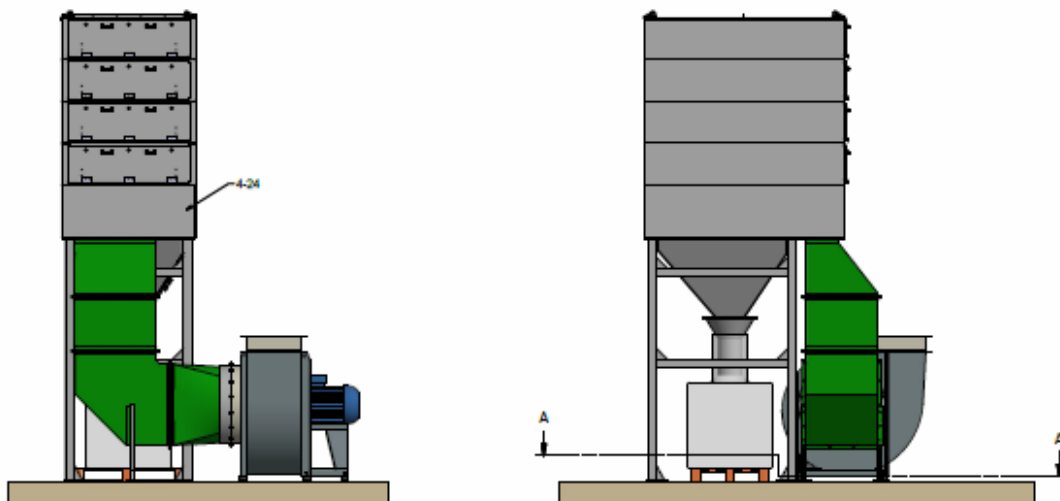
Suoritetut mittaukset ovat liitteenä taulukossa.



## 6. Järjestelmän valinta

Saatujen mittauksen perusteella päädytään valitsemaan kaksi erillistä suodatinjärjestelmää. Yksi isompi suodatinlaitos, jonka maksimi kapasiteetti on 60.000 m<sup>3</sup>/h, ja jonka tarkoituksena on suodattaa sulatusuunien aiheuttamien päästöjen riittävä suodatusteho (KUVA1). Toisen pienemmän yksikön maksimi suodatusteho on 30.000 m<sup>3</sup>/h (KUVA2). Tällä suodatinjärjestelmällä suodatetaan polttoleikkauspisteen sekä hiomakoneen synnyttämät haitalliset kaasut. Suuremman 60.000 m<sup>3</sup>/h suodatinjärjestelmän osalta piti ottaa myös huomioon savukaasujen suhteellisen korkea lämpötila. Sillä kaasut suodatettiin sulatusuunien aiheuttamista palokaasuista. Suoritetuissa mittauksissa ja laskelmissa havaittiin kaasujen lämpötilan olevan suodatinlaitoksen kohdalla jopa noin 50 °C. Tämä yhdistettynä mahdolliseen kipinän kulkeutumisesta järjestelmään, piti ottaa huomioon paloturvallisuuden osalta ja suodatin materiaalin osalta. Suodatinlaitoksen sekä kaikkien komponenttien mitoituksessa käytettiin jatkuvaa vähintään 60 °C palokaasujen lämpötilan kestoä.

Kumpikin laitos halutaan varustaa inverttori sähkömoottorilla, jolloin moottorin pyörimisnopeutta ja tehoa voidaan säätää portaattomasti, käyttötarkoituksen mukaan, riippuen siitä kuinka suuri suodattimien imuteho halutaan tuotannon kannalta saavuttaa, tai onko tuotannosta kuinka suuri osa käytössä milläkin hetkellä. Kumpaankin suodatinlaitokseen halutaan asentaa teflonpinnoitteiset patruunasuodattimet, joiden suodatinteho on 0,5p.p.m./3µm, riittävän suodatintehon saamiseksi. Lisäksi patruunasuodattimen saavuttama parempi energiahyötysuhde ja huoltovarmuuden takaavat pussimaiset suodatinvaihtoehdot halutaan korvata patruunamaisilla valmiilla suodatinkomponenteilla.

KUVA 1. suodatinyksikkö 60.000 m<sup>3</sup>/hKUVA 2. suodatinyksikkö 30.000 m<sup>3</sup>/h

## 7. Suodatinlaitoksen asentaminen

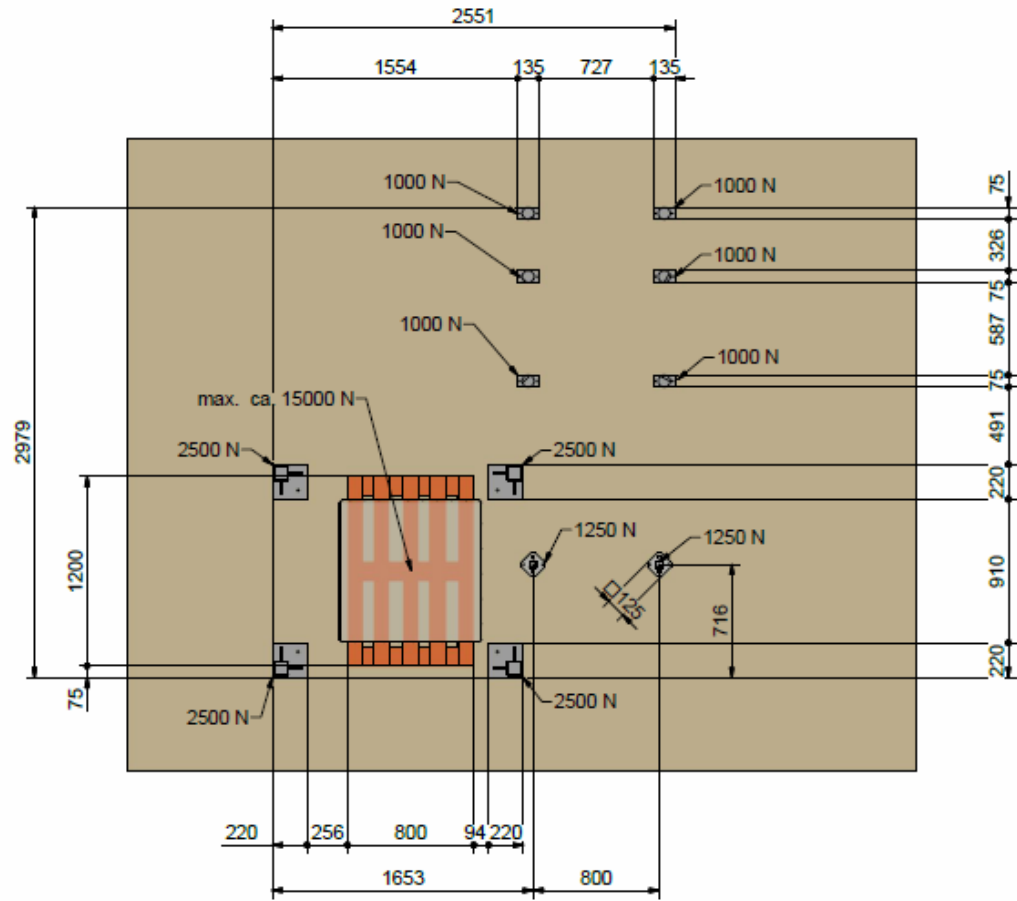
Asennustyöt aloitetaan maanrakennustöillä, joissa maa-aines kaivetaan pois ja levitetään riittävä routaeriste sekä hiekka, jonka päälle valetaan betoninen kansi, jolle suodatinlaitokset rakennetaan. Betoni laatat lasketaan kestäväksi suodatinlaitoksen aiheuttamat pistekuormat sekä lämpötilan aiheuttamat muutokset maa-aineksessa. (Kuva 3 ja Kuva 4)

Suodatinlaitokset saapuvat tehtaalle osavalmiina ja niiden asennusta varten tilataan erillinen asennusryhmä. Ryhmään kuuluu ulkopuolinen asentajaryhmä sekä erillinen valvoja, joka varmistaa, että asennus suoritetaan oikeaoppisesti ja että laitteistojen asennus sekä säätö tapahtuu suunnitelman mukaisesti. (kuva 5)

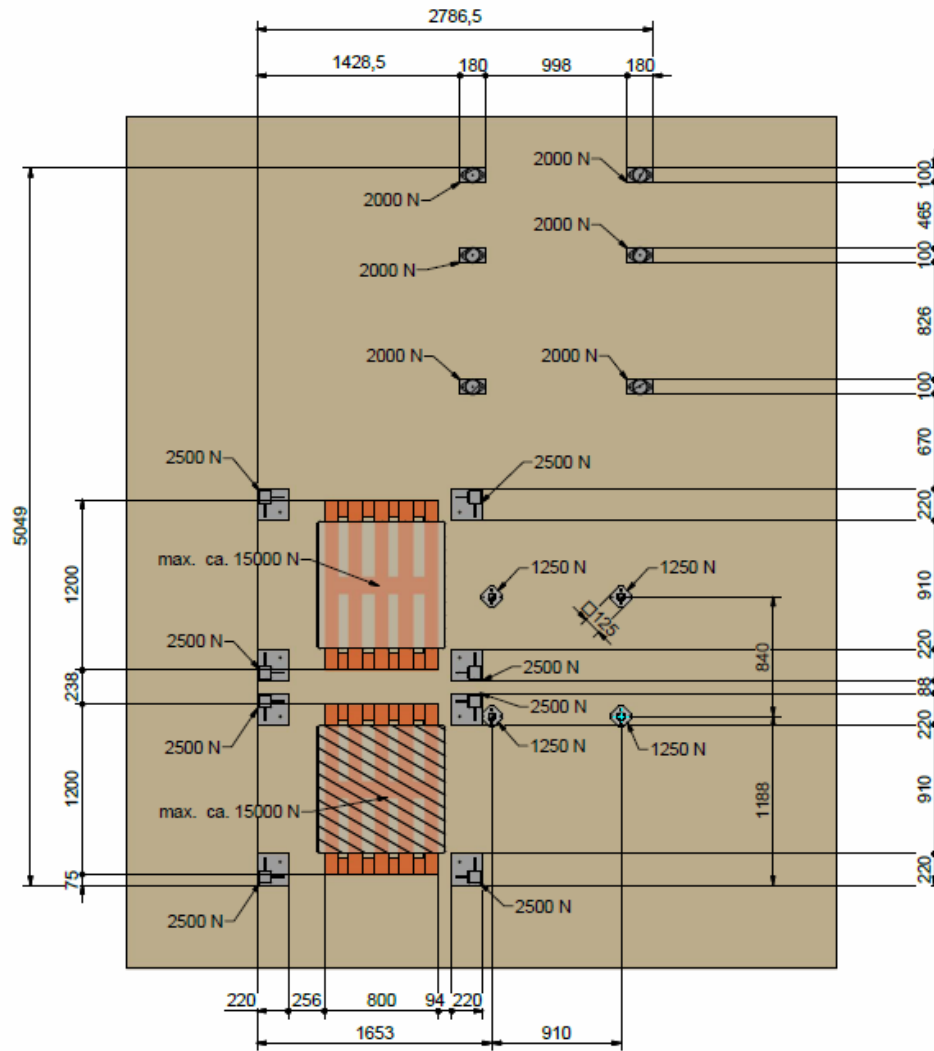
Asennustyöt aloitetaan palaverilla, jossa varmistetaan asennuksen aikataulu, tavoitteet ja turvallisuus. Työt aloitetaan kasaamalla suodatin yksiköt ennalta valituille paikoille, valettujen laattojen päälle. Asennusryhmän apuna on käytössä yleiset asennustyökalut, henkilöstö nostimet sekä erillinen vuokrattu pyöränostin, jolla suodatinyksikkö nostetaan paikalleen kiinnitystä varten.

Tämän jälkeen ryhmä suorittaa ilmastointiputkien liitännän jo tehtaalla olemassa oleviin ilmastointikanaviin, joista on yhteydet tahtaan sisällä oleviin sulatusuuneihin sekä polttoleikkauspisteelle, joiden puhdistaminen oli suoritettu tehtaan toimesta, ennen uuden järjestelmän liittämistä putkistoon.

(Koneenasennus ja kunnossapito, 2009.)

KUVA 3. Betonilaatta suodatinyksikölle 30.000 m<sup>3</sup>/h.

KUVA 4. Betonilaatta suodatinyksikölle 60.000 m<sup>3</sup>/h.



Kuva 5. Toimitetut osat valmiina asennukseen



## 8. Laitteiston käynnistys ja käyttöönotto

Välittömästi asennuksen jälkeen ryhmä aloitti tarkastuksen, jossa tarkistettiin kaikkien liitettävien komponenttien asianmukainen asennus, jotta kaikki kytkennät oli tehty oikein ja turvallisesti siten, että niistä ei voinut aiheutua vaaraa tehtaan tuotannolle tai sen käyttäjille.

(Sähkötyöturvallisuus, SFS-käsikirja 600-3)

Kun kaikki oli tarkastettu ja todettu laitteistojen turvallisuus, suodatinlaitokseen kytkettiin korkeajännite, jolla laitos käynnistettiin oikeaoppisesti. Tämän jälkeen suodatinjärjestelmien tehoa nostettiin vaiheittaan, kunnes maksimi imuteho oli saavutettu onnistuneesti. Mittauksien aikana ryhmä tarkkaili ja tarkisti liittimen pitävyyden ja että koneen tärinä ei aiheuttanut mitään ongelmia suodatinlaitokselle tai sen ympärillä oleville komponenteille.

KUVA 3. Valmis asennettu suodatinyksikkö



## 9. Pohdinta ja lopputulos

Projektin tavoitteena oli hankkia teräsvalimolle suodatinlaitos, joka muuttui projektin aikana kahteen erilliseen suodatinjärjestelmään. Tämä osoittautui tilaajan ja laitteistojen toimittajan kannalta parhaaksi ratkaisuksi, kun isoin painoarvo suodatinlaitoksilla oli niiden toimintavarmuus sekä saavuttaa riittävän hyvä suodatusteho ympäristön ja tehtaan työntekijöiden turvallisuudeksi.

Myös asennus onnistui odotetusti ja laitteiston toimivuus yhdistettynä suoritustehoon oli ennalta odotettu. Suodatinyksiköiden asennus onnistui aikataulussa, eikä siitä aiheutunut tehtaalle tai tuotannolle ylimääräistä haittaa. Myös kaikilta työtapaturmilta sekä onnettomuuksilta vältyttiin, joka oli projektin yksi tärkeimmistä oletuksista. Sekä tilaaja, että toimittaja olivat työhön erittäin tyytyväisiä ja kustannukset pysyivät budjetin sisällä koko hankkeen ajan.



## 10.LÄHTEET

7valimotekniikka: foundry technology. osa 2 = part 2, valuteräs. yleis- ja ainestandardit = steel castings. general and material standards

Foundry technology Valuteräs Steel castings, Helsinki; Suomen standardisoimisliitto 2009

Henriks-Eckerman, Suuronen, 2009

Asiakkuuden ehdoilla vai asiakkuuden armoilla, Storbacka, K. & Lehtinen, J. 2002.. 5. painos. Juva: Ws Bookwell.

Myyntityön käsikirja. Alanen, V., Mäkelä, T., & Sell, H. 2005. 1. painos. Jyväskylä: Gummerus.

Miten saan ystäviä, menestystä, vaikutusvaltaa? Dale Carnegie, Dorothy Carnegie, suom. Risto Mäenpää 2013

<https://lehti.mma.fi/Myynti//2019>

Koneenasennus ja kunnossapito. Helsinki: WSOY 2009. Tapani Harjula

<https://pme-trading.com/2019>

B2B-markkinoinnin ja -myynnin pelikirja, Helsinki: Kauppakamari 2016, Jarkko Kuivanen

Sähkötyöturvallisuus, Electrical installations, Safety at electrical work, SFS-käsikirja 600-3, Helsinki: Suomen standardisoimisliitto 2012.

## 11. LIITTEET

## Mitatut hiukkaspitoisuudet ja -päästöt

LIITE 1 1/3

## Sulatus ja valu

Nro	Mittauspiste	Pvm	Aloitus	Lopetus	Pitoisuus	Ilmavirta <sup>(1)</sup>	Päästö	Tuotanto-aika	Vuosi-päästö
			klo	klo	mg/Nm <sup>3</sup>				
<b>Yleispoistot</b>									
1.	Yleispoisto PF 5.7, sulatuksen yläpuolella	10.11.	9:09	11:52	9,1				
		10.11.	11:53	13:44	9,9				
		keskiarvo			9,4	3,3	113	5 280	597
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 11	± 15	± 26		± 26
2.	Yleispoisto PF 5.1, muottien valmistuksen yläpuolella	10.11.	9:13	11:49	7,0				
		10.11.	11:51	13:42	8,5				
		keskiarvo			7,6	1,3	34,9	5 280	184
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 13	± 15	± 28		± 28
3.	Yleispoisto PF 5.5, puhdistamon pääty	10.11.	9:19	11:55	2,5				
		10.11.	11:57	13:47	5,0				
		keskiarvo			3,5	1,3	16,0	5 280	84,4
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 29	± 15	± 44		± 44
4.	Muut yleispoistot <sup>(2)</sup>				6,9	8,4	207	5 280	1 095
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 15	± 15	± 30		± 30
<b>Induktiouunit</b>									
5.	Induktiouunit 1 ja 2 PF 5.10	10.11.	14:44	17:05	9,1				
		11.11.	7:09	8:53	17,9				
		11.11.	8:54	9:41	30,0				
		keskiarvo			15,9	2,2	124	5 280	656
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 13	± 5	± 18		± 18
6.	Induktiouuni 3 PF 5.11	10.11.	14:43	17:04	6,5				
		11.11.	7:11	8:54	8,9				
		11.11.	8:55	9:42	24,6				
		keskiarvo			10,4	2,0	73,8	5 280	390
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 19	± 5	± 24		± 24

Sulatus ja valu yhteensä 3 006

<sup>1)</sup> Ilmavirta on laskettu nimellisilmavirran avulla olettaen puhaltimien olevan käyntiajasta 33 % tehostuksella ja 66 % normaali käynnillä.

<sup>2)</sup> Sisältää poistoilmapuhaltimet PF 5.2, PF 5.3, PF 5.4, PF 5.6 ja PF 5.8. Hiukkaspitoisuus on mitattujen poistoilmapuhaltimien keskiarvo.

## Keernojen valmistus

Nro	Mittauspiste	Pvm	Aloitus	Lopetus	Pitoisuus	Ilmavirta	Päästö	Tuotanto-aika	Vuosi-päästö
			klo	klo	mg/Nm <sup>3</sup>				
7.	Kernaosaston kohdepoistot PF 5.12	11.11.	9:51	11:26	0,7				
		11.11.	11:28	14:24	3,2				
		keskiarvo			2,3	2,3	18,6	1 320	24,5
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 22	± 5	± 27		± 27
8.	Cold Box PF 5.13	11.11.	9:50	11:25	1,1				
		11.11.	11:26	14:23	1,6				
		keskiarvo			1,4	1,4	7,1	1 320	9,4
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 36	± 5	± 41		± 41

Keernojen valmistus yhteensä 34

## Mitatut hiukkaspitoisuudet ja -päästöt

LIITE 1 2/3

## Valujen puhdistus

Nro	Mittauspiste	Pvm	Aloitus	Lopetus	Pitoisuus	Ilmavirta	Päästö	Tuotanto-	Vuosi-
			klo	klo	mg/Nm <sup>3</sup>	Nm <sup>3</sup> /s	g/h	h/a	kg/a
<b>Hitsaus ja hionta kopit</b>									
9.	Koppi 5	11.11.	7:49	10:30	< 0,10				
		11.11.	10:31	14:05	< 0,10				
		keskiarvo			< 0,10	2,5	0,9	3 080	2,8
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 85	± 5	± 90		± 90
10.	Koppi 6	11.11.	7:41	10:27	0,40				
		11.11.	10:29	14:04	0,41				
		keskiarvo			0,41	2,3	3,4	3 080	10,6
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 57	± 5	± 62		± 62
11.	Koppi 7	11.11.	7:37	10:25	< 0,10				
		11.11.	10:27	14:03	0,15				
		keskiarvo			0,11	2,5	1,0	3 080	3,0
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 71	± 5	± 76		± 76
12.	Koppi 8	11.11.	7:34	10:23	< 0,10				
		11.11.	10:25	14:02	< 0,10				
		keskiarvo			< 0,10	2,6	0,9	3 080	2,9
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 82	± 5	± 87		± 87
13.	Koppi 9	10.11.	10:17	12:10	0,13				
		10.11.	12:11	14:08	< 0,10				
		keskiarvo			0,11	2,2	0,9	3 080	2,7
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 71	± 5	± 76		± 76
14.	Koppi 10	10.11.	9:52	12:08	< 0,10				
		10.11.	12:09	14:05	0,14				
		keskiarvo			0,11	2,1	0,9	3 080	2,6
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 70	± 5	± 75		± 75
15.	Koppi 11	10.11.	9:49	12:06	0,10				
		10.11.	12:07	14:02	0,13				
		keskiarvo			0,11	2,1	0,9	3 080	2,7
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 70	± 5	± 75		± 75
16.	Koppi 12	10.11.	9:46	12:03	0,18				
		10.11.	12:04	13:59	0,22				
		keskiarvo			0,20	2,3	1,7	3 080	5,3
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 62	± 5	± 67		± 67
<b>Raepuhdistus</b>									
17.	Sinko <sup>3)</sup>	11.11.	8:02	9:15	2,6				
		11.11.	9:16	9:35	4,2				
		11.11.	9:36	10:18	1,2				
		keskiarvo			2,3	2,5	21,0	1 027	21,6
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 24	± 10	± 34		± 34

Valujen puhdistus yhteensä 54

<sup>3)</sup> Singon käyntiasteeksi on arvioitu 33 % työajasta.

## Valujen purku ja hiekan käsittely sekä -siirto

Nro	Mittauspiste	Pvm	Aloitus	Lopetus	Pitoisuus mg/Nm <sup>3</sup>	Ilmavirta Nm <sup>3</sup> /s	Päästö g/h	Tuotanto- aika h/a	Vuosi- päästö kg/a
			klo	klo					
18.	Tärypöytä	10.11.	10:37	13:21	0,28				
		10.11.	13:22	15:56	0,45				
		keskiarvo			0,36	2,2	2,9	1 760	5,1
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 53	± 5	± 58		± 58
19.	Hiekan regenerointi, täryn alapuoli	10.11.	10:45	13:24	0,50				
		10.11.	13:25	15:58	1,9				
		keskiarvo			1,2	6,8	29,3	1 760	51,6
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 36	± 5	± 41		± 41
20.	Hiekkalinja	10.11.	15:13	16:08	0,15				
		10.11.	16:09	17:10	0,13				
		keskiarvo			0,14	1,5	0,8	1 760	1,4
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 66	± 5	± 71		± 71
21.	Mikseri, keernaosasto	11.11.	8:36	10:49	< 0,10				
		11.11.	10:50	13:24	0,15				
		keskiarvo			0,12	0,48	0,22	3 080	0,7
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 69	± 15	± 84		± 84
22.	Mikseri, puhdistamon pääty	11.11.	8:25	9:21	0,52				
		11.11.	9:27	11:33	0,23				
		keskiarvo			0,32	0,46	0,53	3 080	1,6
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 55	± 15	± 70		± 70

Valujen purku ja hiekan käsittely sekä -siirto yhteensä 60

## Muut kohteet

Nro	Mittauspiste	Pvm	Aloitus	Lopetus	Pitoisuus mg/Nm <sup>3</sup>	Ilmavirta <sup>(4)</sup> Nm <sup>3</sup> /s	Päästö g/h	Tuotanto- aika h/a	Vuosi- päästö kg/a
			klo	klo					
23.	Maalaamo	10.11.	10:08	12:12	0,32				
		10.11.	12:13	14:10	0,30				
		keskiarvo			0,31	2,0	2,2	1 320	3,0
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 53	± 5	± 58		± 58
24.	Heilurilaikkaus <sup>(5)</sup>	10.11.	15:02	15:18	36,0				
		10.11.	15:19	15:50	46,8				
		keskiarvo			43,0	3,9	609	1 760	1 071
		Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 13	± 15	± 28		± 28
25.	Polttoleikkaus <sup>(5)</sup>	11.11.	13:13	13:38	40,3				
		11.11.	14:48	15:20	90,9				
		11.11.	15:21	15:33	14,3				
		keskiarvo			57,5	11,2	2 326	1 760	4 094
Maksimipäivämuus mittausarvosta %			± 11	± 10	± 21		± 21		

Muut kohteet yhteensä 5 168

4) Maalaamon poistoilmavirtaa ei saatu mitattua luotettavasti. Ilmavirta on arvioitu puhaltimen koon ja moottorin perusteella.

5) Heilurilaikkauksessa mittauksen aikana työstettävänä 52 laadun terästä ja polttoleikkauksessa rakenneterästä (Mn-20)□

Valimon hiukkaspäästöt yhteensä 8 322 kg/a

## Liite 2.

Sulaton poistoilmasta mitatut metalli-  
pitoisuudet ja -päästöt

LIITE 2 1/1

## Induktiouunit 1 ja 2, PF 5.10

Mittauspiste	5.					
Mittauspäivä	11.11.18	Ilmavirta 2,2 Nm <sup>3</sup> /s				
Aloitus	7:09	Vuosikäyntiaika 5 280 h/a				
Lopetus	8:53					
Yhdiste	Pitoisuus	Pitoisuuden epävarmuus	Päästö		Vuosipäästö	Päästön epävarmuus
	mg/m <sup>3</sup>	%	mg/s	g/h	kg/a	%
Arseeni	<0,002	± 30	<0,003	<0,01	<0,1	± 35
Elohopea	<0,0001	± 30	<0,0002	<0,001	<0,003	± 35
Kadmium	0,001	± 35	0,001	0,004	0,02	± 40
Koboltti	0,001	± 30	0,002	0,01	0,04	± 35
Kromi	0,11	± 40	0,25	0,9	4,7	± 45
Kupari	0,01	± 30	0,03	0,1	0,6	± 35
Lyijy	0,02	± 30	0,04	0,1	0,8	± 35
Mangaani	0,27	± 30	0,58	2,1	11,1	± 35
Nikkeli	0,01	± 35	0,03	0,1	0,5	± 40
rauta	4,2	± 30	9,1	32,9	174	± 35
sinkki	0,84	± 35	1,8	6,6	34,8	± 40
Summa	5,5	± 32	11,9	42,9	227	± 37

## Induktiouuni 3, PF 5.11

Mittauspiste	6.					
Mittauspäivä	11.11.18	Ilmavirta 2,0 Nm <sup>3</sup> /s				
Aloitus	7:11	Vuosikäyntiaika 5 280 h/a				
Lopetus	8:54					
Yhdiste	Pitoisuus	Pitoisuuden epävarmuus	Päästö		Vuosipäästö	Päästön epävarmuus
	mg/m <sup>3</sup>	%	mg/s	g/h	kg/a	%
Arseeni	<0,002	± 30	<0,003	<0,01	<0,06	± 35
Elohopea	<0,0001	± 30	<0,0002	<0,001	<0,003	± 35
Kadmium	0,0002	± 35	0,0004	0,001	0,01	± 40
Koboltti	0,0001	± 30	0,0002	0,00	0,00	± 35
Kromi	0,03	± 40	0,06	0,21	1,1	± 45
Kupari	0,004	± 30	0,01	0,02	0,13	± 35
Lyijy	0,01	± 30	0,01	0,04	0,21	± 35
Mangaani	0,09	± 30	0,17	0,61	3,2	± 35
Nikkeli	0,004	± 35	0,01	0,03	0,17	± 40
rauta	0,77	± 30	1,5	5,4	28,7	± 35
sinkki	0,33	± 35	0,65	2,33	12,3	± 40
Summa	1,2	± 32	2,4	8,7	45,9	± 37

Uuneissa metalliseos GS-20Mn5. Mittausaika sisältää sulatusta, kuonauksen, kaadon sekä osittain myös uutta panostusta.

Induktiouunit 1-3 yhteensä	272	kg/a
----------------------------	-----	------

