



Mika Vierimaa

JÄTTEENPOLTTOKAPASITEETIN NOSTO

JÄTTEENPOLTTOKAPASITEETIN NOSTO

Mika Vierimaa
Opinnäytetyö
Syksy 2013
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, energiatekniikka

Tekijä: Mika Vierimaa

Opinnäytetyön nimi: Jätteenpolttokapasiteetin nosto

Työn ohjaaja: Jukka Ylikunnari

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2013

Sivumäärä: 33 + 3 liitettä

Työ on tehty CABB Oy:n toimeksiannosta Kokkolan tehtaan polttolaitokselle. Polttolaitoksella ollaan nostamassa jätteenpolttomäärää, jolloin poltosta syntyvät emissiot nousisivat. Lisäksi aiempaa suurempi jätteenpolttomäärä nostaisi savukaasupesureissa lämpötilan liian korkealle vahingoittaen pesureita. Aikaisemmin suoritettujen testiajojen perusteella on todettu, että jätteen syöttölaitteistolle suurempi syöttömäärä ei ole ongelma, joten sitä ei tässä työssä käsitellä.

Työssä pyydettiin tarjouksia laitteistosta, jonka avulla syntyvät emissiot saadaan pidettyä annetuissa raja-arvoissa. Lisäksi työssä pyydettiin tarjouksia lämmönsiirtimestä, jolla pesukierron vedestä saadaan siirrettyä lämpöä lisävedeen viilentäen pesukierron veden lämpötilaa ja sitä kautta savukaasupesurin lämpötilaa. Työssä suunniteltiin ja piirrettiin PI-kaavioihin tulevat muutokset. Lisäksi tehtiin kustannusarvio laitteiden ja komponenttien hankinnasta ja asennuttamisesta.

Suunnitelmien ja laitetoimittajilta saatujen tarjousten perusteella valittiin laitteet, jotka asennetaan keväällä 2014. Työn aikataulun vuoksi ei voitu todeta jätteenpolttokapasiteetin nousua käytännössä, mutta laskelmien ja aikaisempien ajojen analysoinnin perusteella jätteenpolttokapasiteetin nostaminen asennusten jälkeen on mahdollista. Asennusten merkittävyyttä kuvaa hyvin se, että takaisinmaksuaika on noin vuosi kustannusarvion ollessa 766 800 €.

Asiasanat: savukaasu, pesuri, lämmönsiirrin

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
MERKKIEN SELITYKSET JA SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tavoitteet	7
1.2 CABB-konserni	7
1.2.1 CABB Oy Kokkolan tehtaat	7
1.2.2 Polttolaitos	8
2 PALAMINEN	9
2.1 Palamisen emissiot ja rajoitukset	9
2.1.1 CO	11
2.1.2 NO _x	11
2.1.3 SO ₂	12
2.1.4 Dioksiinit ja furaanit	12
2.1.5 Hiukkasten kokonaismäärä	13
2.1.6 HF	13
2.1.7 TOC	14
2.2 Päästöjen kontrollointi	14
2.2.1 Polttoon syötettävät ainevirrat	14
2.2.2 Palamisen lämpötila	15
2.2.3 Neutralointi	15
3 LAITTEISTO	16
3.1 Savukaasupesurit	16
3.2 Sähkösuodin	17
3.3 Selkeytin	18
3.4 Savupiippu	18
4 LÄMMÖNSIIRRIN	19
4.1 Lämmönsiirtimen tyylin valinta	19
4.2 Lämmönsiirtimen mitoitus	21
4.3 Lämmönsiirtimen sijoitus	21
5 PI-KAAVIO JA LASKELMAT	23

5.1 PI-kaavio	23
5.2 Energiatarkastelu	23
5.3 Tarjousmenettely	28
5.4 Kustannusarvio	28
5.5 Takaisinmaksuaika ja hyöty vuodessa	29
6 YHTEENVETO	30
LÄHTEET	31
LIITTEET	
Liite 1 Lähtötietomuistio	
Liite 2 Polttolaitoksen PI-kaavio	
Liite 3 Polttolaitoksen PI-kaavio muutoksineen	

MERKKIEN SELITYKSET JA SANASTO

- Dioksiinit Yhteisnimitys monille kemikaaleille, joihin kuuluu polykloorattuja dibentso-p-dioksiineja, polykloorattuja dibentsofuraaneja ja muutamia dioksiinin kaltaisia polykloorattuja bifenyylejä (PCB-yhdisteitä).
- TOC Orgaaninen kokonaishiili (Total Organic Carbon). Orgaaniseen aineeseen kemiallisesti sitoutunut hiili.
- VNA Valtioneuvoston asetus.

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty CABB Oy:n Kokkolan tehtaiden polttolaitokselle. Työn tarkoituksena on saada polttolaitoksen jätteenpolttokapasiteettia nostettua ja palamisesta syntyviä emissioita vähennettyä. (Liite 1.)

1.1 Työn tavoitteet

Työssä sijoitetaan ja mitoitetaan laitteistoa, jonka tarkoituksena on pienentää palamisesta syntyviä emissioita ja mahdollistaa aiempaa suurempi jätteenpolttomäärä. Kokonaisuuteen liittyen myös savukaasujen energiamäärä kasvaa, jolloin energiaa on poistettava savukaasuista enemmän, jotta nykyisten laitteiden mitoituservot eivät ylittyisi. Työssä suunnitellaan lisälämmönsiirrin nykyisten pesuvesien jäähdyttämiseksi ja lämmönsiirtämiseksi lisäveteen. Työssä tehdään myös muutokset PI-kaavioihin ja kustannusarvio.

1.2 CABB-konserni

CABB on osa kansainvälistä konsernia, jolla on noin 1 000 työntekijää neljässä maassa. CABB valmistaa sekä välituotteita että hienokemikaaleja keskeisille maailmanlaajuisille toimialoille. Välituotteita käytetään maatalouskemikaalien sekä lääke-, kosmetiikka-, vitamiini- ja puhdistusaineiden valmistukseen. Yhtiöllä on tehtaita Saksassa, Sveitsissä, Suomessa ja Intiassa. (1.)

1.2.1 CABB Oy Kokkolan tehtaot

CABB Oy:llä on hienokemikaalitehdas sekä siihen liittyvä polttolaitos Kokkolassa. Tehtaalla valmistetaan orgaanisia hienokemikaaleja kuten erilaisia kasvinuojeluaineita sekä välituotteita esimerkiksi muovi-, lääke- ja väriaineteollisuuden raaka-aineiksi. Laitoksen tuotteet vaihtelevat ja toiminta on jaksottaista tilauskannan ja tuotantomäärien mukaan. Erilaisia loppu- tai välituotteita voi olla tuotannossa vuosittain 15. (2.)

1.2.2 Polttolaitos

Tehtaan polttolaitoksella poltetaan nestemäisiä ja kaasumaisia jätteitä. Nestemäiset jätteet ovat hienokemikaalitehtaan jätevesiä, orgaanisia liuotinainejätteitä sekä tislusjäännöksiä ja jätelietteitä. Kaasumaiset jätteet ovat prosesseista tai varastosäiliöistä vapautuvia hönkäkaasuja. Poltettavista jätteistä jätevesiä on 60 - 70 %, liuotinjätteitä 10 - 20 % ja kaasumaisia jätteitä 15 - 30 %. Liitteenä 2 on laitoksen PI-kaaviot, joista on nähtävissä laitoksen rakenne ja laitteisto. (2.)

Tehtaan ympäristölupa mahdollistaa jätevesiin 44 % noston nykyisin vuodessa poltettavasta 20 000 t:sta 28 800 t:iin. Ympäristölupa mahdollistaa liuotinjätteisiin 36 %:n noston nykyisestä 5 000 t:sta 6 800 t:iin. Laitoksen ympäristölupa määrittää, että polttolaitoksella on mitattava taulukon 1 mukaisia emissioita. (2.)

TAULUKKO 1. Polttolaitoksella mitattavat emissiot (2)

AINE	KEMIALLINEN KAAVA TAI LYHENNE
hiukkasten kokonaismäärä	
orgaanisen hiilen kokonaismäärä	TOC
suolahappo	HCl
fluorivety	HF
rikkidioksidi	SO ₂
typen oksidit	NO _x
kadmium ja tallium	Cd ja Tl
elohopea ja sen yhdisteet	Hg
Antimoni, arseeni, lyijy, kromi, koboltti, kupari, mangaani, nikkeli, vanadiini	Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V
dioksiinit ja furaanit	
hiilimonoksidi	CO

2 PALAMINEN

Palaminen on aineen kemiallista sitoutumista happeen. Melkein kaikki palamisreaktiot ovat lämpöä luovuttavia eli eksotermisiä, mutta typen ja hapen välinen reaktio on lämpöä sitova eli endoterminen reaktio. Polttoaineessa palavia komponentteja ovat hiili, vety, rikki ja typpi. (3, s. 79 - 80.)

Kun polttoaineen ja hapen reaktio on kiihtynyt niin, että se pitää itseään yllä, sanotaan, että polttoaine on syttynyt. Voima- ja polttolaitoksissa kattiloiden polttimissa käytetään sytytyspoltinta, jolla yleensä lämmitetään osa polttoaineilmaseoksesta syttymislämpötilaan. Tämän jälkeen se sytyttää koko polttoaineseoksen palamaan. (3, s. 79 - 80.)

2.1 Palamisen emissiot ja rajoitukset

Lait määrittävät tarkasti, mitä palamisen emissioita laitoksen pitää mitata ja mitkä ovat päästörajat kyseisille emissioille. Taulukosta 2 selviää kattilalaitoksella mitattavien emissioiden raja-arvot. (2.)

TAULUKKO 2. Kattilalaitoksella mitattavat emissiot ja niiden raja-arvot (2)

Epäpuhtaus	Vuorokausi keskiarvot	Puolen tunnin keskiarvot (100%)	Puolen tunnin keskiarvot (97%)
Hiukkasten kokonaismäärä	10 mg/m ³	30 mg/m ³	10 mg/m ³
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)	10 mg/m ³	20 mg/m ³	10 mg/m ³
Suolahappo (HCl)	10 mg/m ³	60 mg/m ³	10 mg/m ³
Fluorivety (HF)	1 mg/m ³	4 mg/m ³	2 mg/m ³
Rikkidioksidi (SO ₂)	50 mg/m ³	200 mg/m ³	50 mg/m ³
Typen oksidit (NO _x)	400 mg/m ³	-	-

Metalli ja raskasmetalli päästöille on annettu taulukon 3 mukaiset raja-arvot. Arvot ovat vähintään 30 minuutin ja enintään kahdeksan tunnin näytteenottoajan kuluessa mitatut keskiarvot. (2.)

TAULUKKO 3. Kattilalaitoksella mitattavat metallit ja raskasmetallit sekä niiden raja-arvot (2)

Epäpuhtaus	Raja-arvo
Kadmium (Cd) ja tallium (Tl) ja niiden yhdisteet	0,05 mg/m ³
Elohopea (Hg) ja sen yhdisteet	0,05 mg/m ³
Antimoni (Sb), arseeni (As), lyijy (Pb), kromi (Cr), koboltti (Co), kupari (Cu), mangaani (Mn), nikkeli (Ni) ja vanadiini (V) sekä niiden yhdisteet yhteensä	0,5 mg/m ³

Polyklooratuille dibentsodiodiokseeneille ja -furaaneille on määritetty taulukon 4 mukainen raja-arvo. Näytteenotto tapahtuu vähintään kuuden ja enintään kahdeksan tunnin aikana. (2.)

TAULUKKO 4. Kattilalaitoksella mitattavat polykloorattujen dibentsodioksiinin ja -furaanien raja-arvo (2)

Epäpuhtaus	Raja-arvo
Dioksiinit ja furaanit	0,1 ng/m ³

Hiilimonoksidille on määritetty taulukon 5 mukainen raja-arvo. Hiilimonoksidia mitataan jatkuvatoimisella mittarilla. (2.)

TAULUKKO 5. Kattilalaitoksella mitattava hiilimonoksidin raja-arvot (2)

Epäpuhtaus	Vuorokausi keskiarvo	10 min keskiarvo	30 min keskiarvo
Hiilimonoksidi (CO)	50 mg/m ³	150 mg/m ³	100 mg/m ³
		vähintään 95 %:ssa kaikista 10 minuutin keskiarvoina määritetyistä mittauksista	kaikissa puolen tunnin keskiarvoina määritetyissä mittauksissa

2.1.1 CO

Mikäli palamisreaktiossa ei ole happea tarpeeksi, se on epätäydellinen ja reaktiotuotteena syntyy CO:ta. Epätäydellisessä palamisreaktiossa lämpöä vapautuu vain noin neljäsosa siitä määrästä, mitä täydellisessä palamisreaktiossa vapautuisi. CO-päästöjä voidaan pienentää pitämällä palamisprosessissa riittävän suurta ilmaylimäärää, mikä lisää palamisprosessiin osallistumatonta ilmavirtaa lisäten sitä kautta savukaasuhäviöitä. Mikäli polttoaineen ja ilman sekoittuminen on huonoa, häkää voi muodostua riittävästä ilmaylimäärästä huolimatta. Kattilalaitosten nykytasoisten CO-päästöjen ei katsota olevan haitallisia ympäristölle, vaikka CO on ihmiselle vaarallista. (3, s. 91.)

2.1.2 NO_x

Palamisessa syntyviä typen oksideita kutsutaan NO_x-päästöiksi. NO_x-päästöt happamoittavat ympäristöä, minkä takia niitä pyritään rajoittamaan. Suomessa voimalaitokset ja teollisuus eivät ole merkittävä NO_x-päästöjen tuottaja vaan liikenteestä aiheutuu noin 75 % NO_x-päästöistä. (3, s. 93.)

2.1.3 SO₂

Polttoaineessa oleva rikki hapettuu palamisreaktiossa SO₂:ksi. Tästä noin 1,25 - 2,5 % hapettuu SO₃:ksi, joka veden kanssa reagoi muodostaen rikkihappoa. Kattilan pintojen syöpyminen estetään pitämällä kattilan lämpötila yli 135 - 143 °C eli happokastepisteen yläpuolella, jolloin kaasumainen SO₃ ei tiivisty kattilan pinnoille. (3, s. 92, 100.)

SO₂-päästöt happamoittavat ympäristöä, vaikka kattila saadaankin suojattua siltä. Ympäristön happamoituessa kalakannat häviävät ja havupuista tippuu neulaset. SO₂ aiheuttaa suurina pitoisuuksina ihmisille ylähengitysteiden ja suurien keuhkoputkien ärsyyntymistä. SO₂ myös lisää hengitystieinfektioita sekä astmaatikkojen kohtauksia. Tyypillisiä äkillisiä SO₂:n altistumisen oireita ovat yskä, hengenahdistus ja keuhkoputkien supistuminen. Näiden syiden takia SO₂-päästöjä pyritään vähentämään. (3, s. 92, 100; 4.)

Suurin osa SO₂-päästöistä Suomessa on peräisin teollisuudesta ja voimalaitoksista. Kattilalaitoksissa käytettävistä polttoaineista rikkipitoisia ovat polttoöljyt ja hiilet. CABB:lla on polttolaitoksella savukaasupesuri, joka poistaa rikin. Tällöin siellä voitaisiin käyttää pääpolttouunissa runsasrikkistä polttoöljyä, jossa on yli 1,00 painoprosenttia rikkiä. Varakattiloina toimivissa höyrykattiloissa ei kuitenkaan ole rikinpoistojärjestelmää, joten niissä on käytettävä vähärikkistä polttoöljyä. Kahta eri raskasöljylaatua ei kuitenkaan nykyään ole mielekästä käsitellä ja säilyttää, joten pää- ja varakattilat käyttävät samaa vähärikkistä polttoöljyä. (2; 3, s. 92, 100.)

2.1.4 Dioksiinit ja furaanit

Dioksiinit on yhteisnimitys useille kemikaaleille, joihin kuuluu polykloorattuja dipentso-p-dioksiineja (PCDD-yhdisteitä), polykloorattuja dibentsofuraaneja (PCDF-yhdisteitä) ja muutamia dioksiininkaltaisia polykloorattuja bifenyylejä (PCB-yhdisteitä). Dioksiineja on 210 erilaista johdosta, joista 17 on erityisen myrkyllisiä. PCB-yhdisteiden muotoja on 209, joista 12 on erityisen myrkyllisiä. Yleensä dioksiineista puhuttaessa tarkoitetaan näitä erityisen myrkyllisten yhdisteiden summaa. (5.)

Furaaneilla on hyvin samankaltainen rakenne ja ominaisuudet dioksiinien kanssa. Molempia myös muodostuu epätäydellisen palamisprosessin tuloksena. Samankaltaisen rakenteen, ominaisuuksien ja muodostumistavan takia VNA 151/2013 määrittää nämä yhdeksi savukaasuista mitattavaksi ryhmäksi. (5; 6; 7.)

Dioksiinit ja furaanit aiheuttavat erittäin suuren altistumisen seurauksena ihmiselle hankalaa ja pitkäkestoista klooriaknea. Lisäksi suurelle annokselle työperäisesti altistumalla on näiden yhdisteiden todettu lisäävän syöpäriskiä. (5.)

Dioksiinit ovat erittäin kestäviä kemiallista ja mikrobiologista hajoamista vastaan, minkä takia ne säilyvät ympäristössä pitkään. Nykyisin yksi merkittävimmistä dioksiinien leviämistavoista on polttoprosessista ilmaan ja ympäristöön tapahtuva leviäminen. (5.)

2.1.5 Hiukkasten kokonaismäärä

Polttoprosessista syntyvät kiintoainehiukkaset ovat peräisin polttoaineessa olleesta palamattomasta tuhkasta ja tulipesässä palamatta jääneistä hiukkasista. Kattilatuhkaa eli kiintoainehiukkasia analysoimalla voidaan selvittää palamattomien kiintoaineiden kattilahyötysuhdetta huonontava vaikutus. Mikäli tuhkassa on paljon palamattomia aineita, polttimia tai polttoaineen syöttölaitteita on säädettävä tai huollettava. Kiintoainehiukkasten leviämistä voidaan ehkäistä erilaisilla pesureilla ja suodattimilla. (3, s. 92.)

2.1.6 HF

Huoneenlämmössä fluorivety on väritön kaasu ja alemmissa lämpötiloissa saavuava neste, joka muodostaa helposti höyryjä. Fluorivety aiheuttaa ihmiselle hitaasti paranevia ja kivuliaita haavaumia sekä ärsyttää silmiä ja hengitysteitä. Fluorivety voi aiheuttaa myös hengitysteiden syöpymiä, keuhkopöhön ja sydämen rytmihäiriöitä. (8.)

Ympäristössä fluorivety ei pysy alkuperäisessä muodossaan vaan muuntuu helposti erilaisiksi fluoriyhdisteiksi. Ilmassa fluorivety muodostaa ilman kosteu-

den kanssa fluorivetyhappoa. Maaperässä fluorivety muodostaa alumiinifluorosilikaattia ja kalsiumfluoridia. Vedessä fluorivety hajoaa fluorideiksi. (8.)

2.1.7 TOC

Aineen sisältämää orgaanisen aineksen määrää ilmaistaan TOC-pitoisuudella. TOC sisältää teoriassa kaikki orgaaniset yhdisteet, ja tästä syystä se on yksi tärkeimmistä veden laatua määrittävistä tekijöistä. Orgaaniseen kokonaishiileen kuuluvat kaikki orgaaniset hiilyhdisteet, jotka ovat sitoutuneet kovalenttisesti. TOC sisältää haihtuvan, partikkelimuodossa olevan sekä liunneen orgaanisen hiilen. Vesilaitoksien veden TOC-pitoisuus on noin 1,9 mg/l kun prosessiperäisessä väkevässä jätevedessä se voi olla jopa yli 100 000 mg/l. (2; 9; 10.)

2.2 Päästöjen kontrollointi

Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013 määrittää vähimmäisrajoituksia voimalaitoksen polttoprosessiin. Valtioneuvoston asetus määrittää, että tulipesän lämpötila on oltava yli 850 °C vähintään kahden sekunnin ajan ennen kuin sinne saadaan syöttää jätettä. Lisäksi laitoksen ympäristölupa voi määrittää muita rajoituksia polttoprosessille. (7.)

Valtioneuvoston asetus jätteenpolttamisesta 151/2013 määrittää myös mitattavat emissiot ja niiden raja-arvot. Asetuksen mukaan päästöjen mittaustulokset on tallennettava, jotta valvontaviranomainen voi tarvittaessa tarkastaa raja-arvojen noudattamisen. Asetus myös määrää, että valvontaviranomaiselle on vuosittain tehtävä selvitys, josta ilmenee päästöt veteen ja ilmaan verrattuna VNA 151/2013 ja ympäristöluvan määrittämiin raja-arvoihin. (7.)

2.2.1 Polttoon syötettävät ainevirrat

CABB:lla kattilaan syötetään tukipolttoainetta, ilmaa, happea, kaasu- ja neste-mäisiä jätteitä. Tukipolttoaineen tehtävä on riittävän lämpötilan- ja palamista-pahtuman varmistaminen. Ilman ja hapen tehtävänä on varmistaa palamisen täydellisyys, jotta palamisessa ei muodostuisi raja-arvoja ylittäviä määriä häkää, dioksiineja eikä furaaneja. Jätteiden syötöllä saadaan jätteet käsiteltyä ja niistä

saatava lämpöarvo otettua talteen, jolloin tukipolttoainetta ei tarvitse syöttää suuria määriä. (2.)

2.2.2 Palamisen lämpötila

Palamisen lämpötila on tärkeä tekijä jätteenpoltossa. Lämpötilan ollessa liian alhainen palamisessa muodostuu haitallisia yhdisteitä merkittävästi enemmän kuin poltettaessa riittävällä lämmöllä. Palamisen lämpötila pidetään yli 850 °C, jotta orgaaniset yhdisteet palavat täydellisesti ja epäorgaaniset sulavat. Kattilan lämpötilaa ei kuitenkaan kannata nostaa liian suureksi, koska tällöin on vaarana kattilan rikkoutuminen. Kattilan lämpötila on kattilan mallin ja käytettävän polttoaineen mukaan tyypillisesti 850 - 1 300 °C. (2; 3, s. 185.)

2.2.3 Neutralointi

Polttolaitoksen prosesseissa hyödynnetään neutralointia. Tällöin happamia savukaasuja pestään vedellä käyttäen lisäksi kalkkikivijauhetta CaCO_3 tai märässä rikinpoistossa yleensä käytettyä sammutettua kalkkia Ca(OH)_2 . CABB:lla savukaasut neutraloidaan hyödyntämällä sulasuolan alkalisuutta ja lipeää. (2; 10.)

Neutraloinnin voi myös suorittaa kaksivaiheisena. Ensimmäisessä vaiheessa pH:ta nostetaan kalsiumkarbonaatilla. Tämän jälkeen toisessa vaiheessa lisätään sammutettu kalkki, jolloin happamat komponentit saostuvat. Saostuneet komponentit sidotaan flokkulantin avulla suuremmiksi hiutaleiksi, jotka laskeutuvat säiliön tai altaan pohjalle, josta ne pumpataan lietesiiloon. Syötteiden laadun perusteella säädetään tarvittava neutralointikemikaalien määrä neutralointitarpeen mukaisesti. (11.)

3 LAITTEISTO

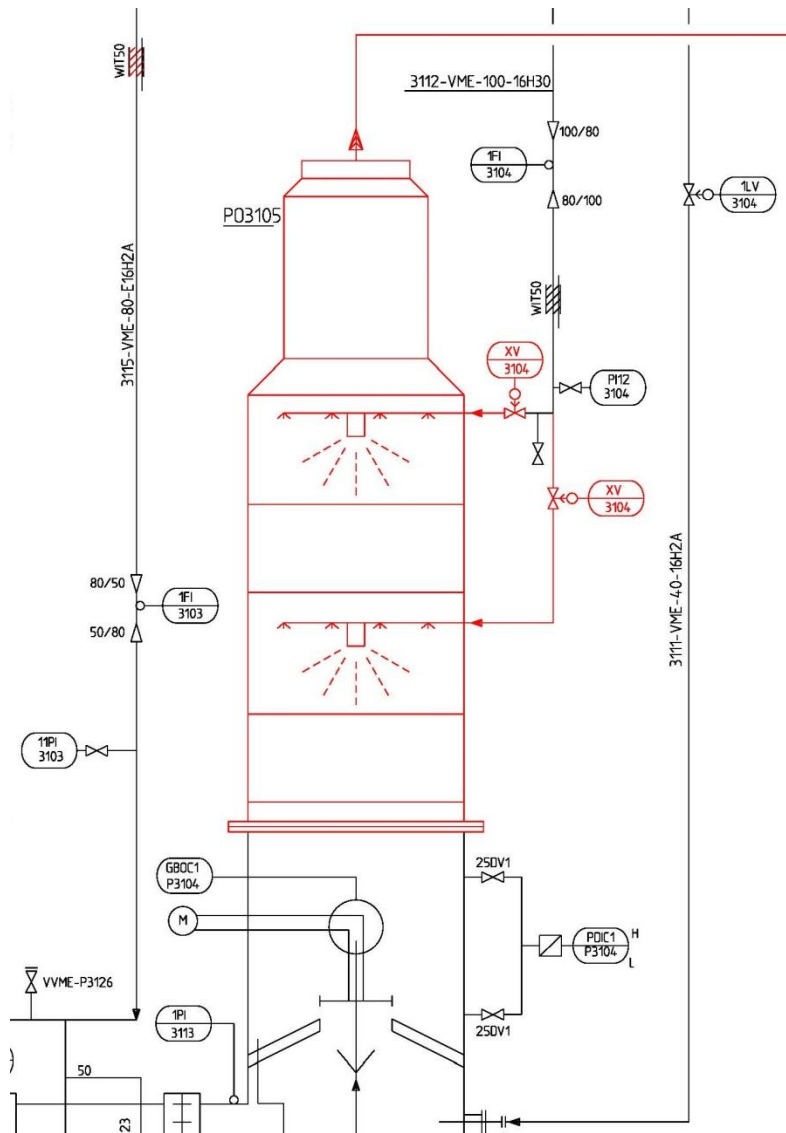
Polttokattilan perään on CABB:lla asennettu runsaasti laitteita, joiden tehtävä on estää emissioiden pääsyä ympäristöön. Laitteiston yksityiskohdat näkyvät liitteestä 2. Puhdistuslaitteita ovat savukaasupesurit, sähkösuodin, selkeytin ja savupiippu.

3.1 Savukaasupesurit

Pesurissa epäpuhtaat savukaasut ja pesurivesi joutuvat kosketuksiin keskenään. Pesuriin ruiskutetun veden tai savukaasun nopean virtauksen vaikutuksesta vesi hajoaa pieniksi pisaroiksi ja agglomeroituu savukaasussa olevien pölyhiukkasten kanssa. Näin syntyneet vesi-pölypisarat erotetaan pisaranerotimessa. Pesureiden käyttö pölynerottamiseen edellyttää usein kalliita vedenpuhdistimia, minkä takia niitä käytetään vain harvoin tähän tarkoitukseen. (3, s. 255 - 256.)

Pesureita käytetään pölynerottamiseen vain silloin, kun lietteet voidaan palauttaa takaisin prosessiin tai savukaasujen lämpötila on niin korkea, että pölyä ei voida muilla laitteilla erottaa. CABB:lla on kaksi eri pesuria, venturi- ja radiaalivirtauspesurit. Venturipesurissa savukaasuista poistetaan osa kiintoaineesta sekä happamia kaasumaisia yhdisteitä. Nykyisin CABB:lla radiaalipesuritornissa savukaasuista poistetaan SO₂. (2; 3, s. 255 - 256.)

Tämän työn aiheena olevien muutosten jälkeen radiaalipesuritornissa poistetaan myös dioksiinit ja furaanit. Tämä tapahtuu katkaisemalla nykyinen torni ja asentamalla siihen jatkopala. Muutokset näkyvät kuvassa 1 punaisella värillä. Uudesta tornista tulee näin ollen korkeampi, jolloin tornin sisälle mahtuu kaksi täytekappalekerrosta, jotka absorboivat dioksiinit ja furaanit savukaasusta. Vuosihuoltoseisakin yhteydessä täytekappalekerroksesta lähetetään näyte analysoitavaksi laitetoimittajalle. Analyysien osoittaessa täytekappaleiden imukyvyyn heikentyneen täytekappaleet vaihdetaan. (12.)



KUVA 1. Radiaalipesuriin tulevat muutokset (liite 3)

3.2 Sähkösuodin

Yleisin hiukkaserotinlaite kiinteitä polttoaineita käyttävissä laitoksissa on sähkösuodin. Sähkösuodin pystyy käsittelemään korkeita pölypitoisuuksia, ja sillä on kohtalainen erotuskyky jopa alle yhden mikrometrin kokoisille hiukkasille. Kuivien hiukkasten lisäksi sähkösuotimella voidaan puhdistaa myös märkiä pisaroita, räjähtäviä kaasuja tai hehkuvia hiukkasia sisältäviä kaasuja, jolloin laitetta kutsutaan märkäsähkösuotimeksi. CABB:lla käytetään märkäsähkösuodinta, jolla poistetaan savukaasussa mahdollisesti olevat aerosolimaiset jakeet. (2, 13.)

3.3 Selkeytin

Selkeyttimellä erotetaan kiinteä aines nesteestä. Selkeytin on iso allas, jonne pumpataan kiintoainetta sisältävää nestettä. Painovoiman ansiosta kiintoaine laskeutuu pohjalle ja puhdas vesi menee ylivuotona selkeyttimen reunan yli kouruun, josta se CABB:lla johdetaan mereen. Selkeyttimen pohjalta kiintoaine eli pesuriliete poistetaan ja vietään CABB:n jätealueelle. (2.)

3.4 Savupiippu

Savupiipun tehtävä on synnyttää tarpeellinen veto ja ohjata emissiot laajalle alueelle. Savupiippu tehdään joko teräksestä tai liukuvaletusta teräsbetonista. Pienissä kattilalaitoksissa käytetään teräspiippua, jolla voi olla kantava sisävaippa. Suurilla laitoksilla on liukuvalettu teräsbetonipiippu, jolla on kantava ulkovaippa. Savupiipun korkeus määräytyy syntyvien emissioiden pitoisuuden, päästökomponenttien sallitun rajapitoisuuden tuntikeskiarvon ja lähistöllä sijaitsevan korkeimman rakennuksen perusteella. (3, s. 248.)

4 LÄMMÖNSIIRIN

Lämmönsiirrin on komponentti, jonka avulla lämpöenergia siirretään aineesta toiseen. Kattilalaitoksessa tulipesän lämpötila on 850 - 1 300 °C kattilan mallin ja käytettävän polttoaineen mukaan. Lämmönsiirtimien tehtävä on siirtää tämä lämpömäärä veteen ja höyryyn. Savukaasun lämpötilan ei tule kuitenkaan alittaa happokastepistettä eli lämpötilaa, jolloin savukaasusta alkaa tiivistyä happoa kattilan pinnoille. (3, s. 184 - 185.)

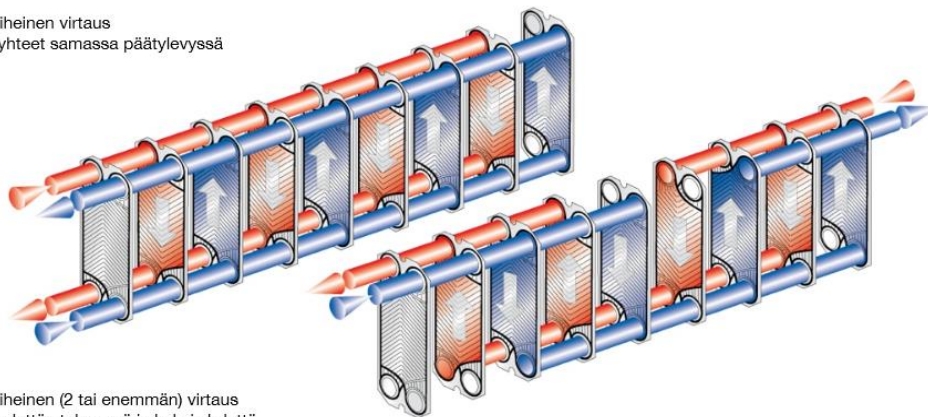
Jätteenpolttokattilassa on useita lämmönsiirtimiä, jotka voidaan jakaa käyttötarkoituksen mukaan keittoputkistoon, tulistimeen, välitulistimeen, vedenesilämmittimeen ja ilmanesilämmittimeen. Lämmönsiirtimet voidaan jakaa myös toimintaperiaatteen mukaan vastavirta-, myötävirta- ja ristivirtalämmönsiirtimiin. (3, s. 184 - 208.)

4.1 Lämmönsiirtimen tyyppin valinta

Kattilan ulkopuolella olevia lämmönsiirtimiä ovat myös putki- ja levylämmönsiirtimet. Levylämmönsiirrin on valmistettu sarjasta levyjä, joiden välissä on kaksi kanavaa, joista toisessa kulkee kylmä neste ja toisessa lämmin neste. Levylämmönsiirtimen toimintaa havainnollistaa kuva 2. Levylämmönsiirtimen etu on sen pieni kompakti koko. Haittana levylämmönsiirtimessä on sen tukkeutuminen ja lämpöpintojen likaantuminen, mikäli fluidissa on pieniä kiintoainepartikkeleita. (14; 15.)

Virtaus

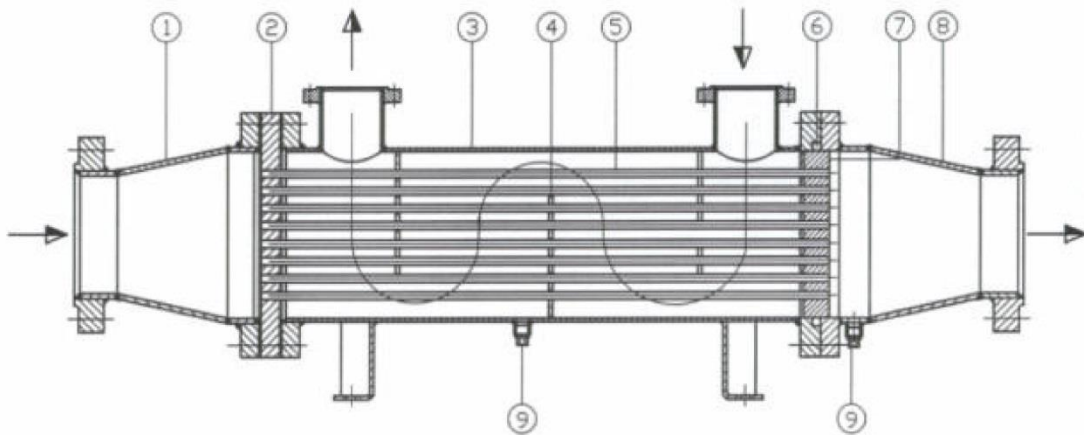
Yksivaiheinen virtaus
kaikki yhteen samassa päätylevyssä



Monivaiheinen (2 tai enemmän) virtaus
kaksi yhdettä etulevyssä ja kaksi yhdettä
takalevyssä

KUVA 2. Levysiirtimen toimintaperiaate (16)

Putkilämmönsiirtimessä on kuori, jonka sisällä on putkinippuja. Toinen virtaava aine kulkee putkinipuissa ja toinen putkinippujen ulkopuolella. Putkilämmönsiirtimeen yksi ratkaisuvaihtoehto on kuvassa 3. Putkilämmönsiirtimeen etu on, ettei se tukkeudu niin helposti kuin levylämmönsiirrin. Haittana on putkilämmönsiirtimeen suurempi koko. (15.)



KUVA 3. Putkilämmönsiirrin (17)

Työssä lämmönsiirrintarjouksia pyydettiin levy- ja putkilämmönsiirtimistä. Koska toinen lämmönsiirtimeen menevistä vesistä on lämmintä suolapitoista vettä, levylämmönsiirtimeessä levyt olisi tehtävä titaanista. Putkilämmönsiirtimeessä putkien olisi oltava titaania. Koska lämmönsiirtimeessä on oltava titaania, se tulee olemaan yksittäisenä komponenttina kallis.

Levylämmönsiirrin olisi pienemmän kokoinen, sen asennuttaminen helpompaa ja hinta olisi noin kolmanneksen putkilämmönsiirrintä pienempi. Putkilämmönsiirrin olisi paljon suurempi, kalliimpi ja vaikeammin asennutettavissa. Putkilämmönsiirtimeen etuna on kuitenkin, ettei se tukkeudu kuten levylämmönsiirrin. Tällöin laitosta ei tarvitse ajaa alas tai syöttöjä pienentää siirtimeen toimimattomuuden takia. Hyöty-haittavertailun tuloksena työssä päädyttiin putkilämmönsiirtimeen.

4.2 Lämmönsiirtimen mitoitus

Lämmönsiirtimen mitoitusta varten on tiedettävä siirtimellä siirrettävä lämpöteho joko lämmitettävän tai jäähdytettävän ainevirran puolelta. Lisäksi on tiedettävä fluidien lämpötilat ennen siirrintä sekä siirtimen jälkeen. (3, s. 184 - 208.)

Siirtimellä siirrettävä teho lasketaan kaavalla 1 (3, s. 202).

$$\Phi = \dot{m}c_p(t_2 - t_1)$$

KAAVA 1

Φ = teho (kW)

\dot{m} = massavirta ($\frac{kg}{s}$)

c_p = ominaislämpökapasiteetti ($\frac{kJ}{kgK}$)

t_1 = lämpötila ennen siirrintä (K)

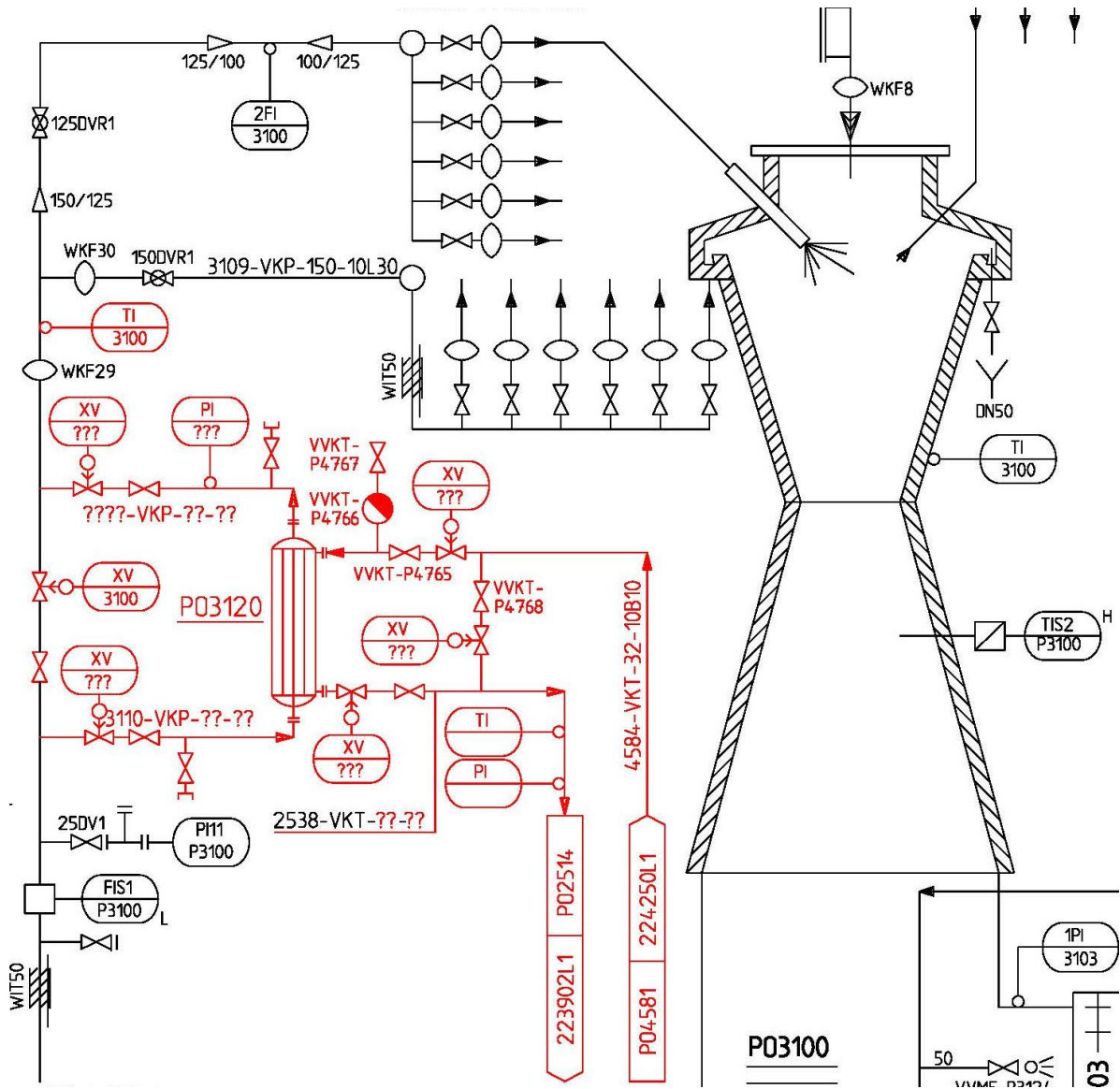
t_2 = lämpötila siirtimen jälkeen (K)

Työssä 12 m³/h virtaava lisävesi lämmitetään 5 celsiusasteesta 63-celsiusasteiseksi. Veden ominaislämpökapasiteettina käytetään 4,19 $\frac{kJ}{kgK}$.

$$\Phi = 3,33 \frac{kg}{s} * 4,19 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} (63 - 5)^{\circ}C = 809 kW = 0,8 MW$$

4.3 Lämmönsiirtimen sijoitus

Työssä sijoitettavalla lämmönsiirtimellä lämpö siirretään savukaasupesurin vedestä lisäveteen. Siirtimen sijoittelulla on pyrittävä minimoimaan uusien putkien asentaminen. Toisaalta on huomioitava, että siirtimelle on päästävä mahdollisiin huoltotoimenpiteisiin ja siirrin on saatava asennettua valitulle paikalle. Näiden reunaehtojen tuloksena paikka valikoitui lisävesilinjaan syöttövesisäiliön läheisyyteen. Lämmönsiirtimen paikan näkee kuvasta 4, joka on osasuurennus liitteenä 3 olevasta PI-kaaviosta.



KUVA 4. Tulevan putkilämmönsiirtimen PO3120 paikka (liite 3)

5 PI-KAAVIO JA LASKELMAT

PI-kaavion päivittäminen on tärkeää, koska sitä käytetään apuna monissa toiminnoissa. Suunnittelujen jälkeen PI-kaavioihin piirrettiin tulevat muutokset, jotka näkyvät kuvissa 1 ja 4 sekä liitteessä 3 punaisella värillä.

Energiatarkastelu oli tarpeen toteuttaa, jotta varmistuttiin suunnitelmien toivuudesta. Energiatarkastelussa huomioitiin jätteenpolttomäärän noston ja asennettavan lämmönsiirtimeen vaikutukset.

Kustannusarvion tekeminen on tärkeä osa projektia, koska sen avulla investoinnille haetaan resurssit. Kustannusarvio on laskettu laitetoimittajien tarjousten perusteella. Lisäksi aikaisempien asennustöiden kustannuksien avulla on arvioitu asennuskustannukset.

5.1 PI-kaavio

PI-kaavio on lyhenne prosessi- ja instrumentointikaaviosta. Kaavion tarkoituksena on antaa tietoa varsinaisista prosessilaitteista, linjoista, instrumentoinnista ja säädöistä. PI-kaavio tehdään suunnittelua, käyttöä, kunnossapitoa ja viranomaisia varten (18). Tarkoituksena PI-kaaviolla on antaa tietoa prosessin teknisistä ratkaisuista ja olla apuna jatkosuunnittelussa. (18; 19.)

5.2 Energiatarkastelu

Energiatarkastelulla määritellään suuntaviivoja, miten aiempaa suurempi jätteenpolttomäärä mahdollisesti tulisi näkymään. Lisäksi tarkastelussa hyödynnetään kolmen mittaustapahtuman tietoja ajanjaksolta 23.10.2012 - 15.5.2013. Laskelmat on laskettu sen mukaan, että kattilaan syötettäisiin 1 000 kg/h enemmän jätevetä ja 1 000 kg/h enemmän syöttövetä. Todellisuudessa jätteenpolttomäärää nostetaan tuo 1 000 kg/h ja syöttövetä lisätään niin paljon, että kattilan lämpötila pysyy noin 1 000 °C:ssa. Lisäksi palamisilmaa ja happea syötetään niin paljon, että palaminen tapahtuu täydellisesti.

Polttolaitoksella poltetaan usean eri linjan jätevesiä, joilla on erilainen hyötylämpöarvo. Laskuissa käytetään keskimääräistä lämpöarvoa, joka on 5 MJ/kg. Kaavalla 2 saadaan laskettua syötettävän jäteveden energia. (2.)

$$Q = H_u * m$$

KAAVA 2

Q = polttoaineesta saatava energia (MJ)

H_u = hyötylämpöarvo (MJ/kg)

m = massa (kg)

$$Q = 5 \frac{MJ}{kg} * 1\,000\,kg = 5\,000\,MJ$$

Kattilaan syötettävä syöttövesi tulee syöttövesisäiliöstä. Tähän säiliöön syötetään lisävettä, joka on 5-celsiusasteista. Tämä vesi on höyrystettävä lähtevän höyryn lämpötilaan, joka on 202 celsiusastetta. Työssä sijoitettava lämmönsiirrin nostaa lisäveden lämpötilan viidestä kuuteenkymmeneen kolmeen asteeseen. Kattilassa tapahtuu veden lämpötilan muutos 63 - 202.

Luvussa 4.1 on laskettu asennettavan lämmönsiirtimen tehoksi 0,8 MW. Tämä saadaan muutettua energiaksi kaavan 3 avulla.

$$Q = Pt$$

KAAVA 3

Q = lämmönsiirtimessä siirrettävä energia (MJ)

P = lämmönsiirtimen teho (MW)

t = tarkastelujakson aika (s)

$$Q = 0,8\,MW * 3\,600\,s = 2\,880\,MJ$$

Veteen tuotava energia kattilassa lasketaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa vettä lämmitetään väli 63 - 202. Toisessa vaiheessa vettä höyrystetään. Ensimmäinen vaihe lasketaan kaavalla 4 (20, s. 120). Toinen vaihe lasketaan kaavalla 5 (21). Höyrytaulukosta (21) katsotaan veden höyrystämiseen tarvittava energia 16 bar:n paineessa.

$$Q = c_p m \Delta T$$

KAAVA 4

Q = lämmittämisessä tarvittava energia (kJ)

c_p = aineen ominaislämpökapasiteetti ($\frac{kJ}{kg^\circ C}$)

m = lämmitettävän aineen massa (kg)

ΔT = lämpötila ero ($^\circ C$)

$$Q = 4,19 \frac{kJ}{kg^\circ C} * 1\,000\,kg * (201 - 63)^\circ C = 578\,220\,kJ \approx 578,2\,MJ$$

$$Q = \Delta h_{nh} m$$

KAAVA 5

Q = höyrystämisessä tarvittava energia (kJ)

Δh_{nh} = aineen höyrystämiseen tarvittava energia ($\frac{kJ}{kg}$)

m = lämmitettävän aineen massa (kg)

$$Q = 1\,934,27 \frac{kJ}{kg} * 1\,000\,kg = 1\,934\,270\,kJ \approx 1\,934,3\,MJ$$

Laskettujen lukujen avulla saadaan laskettua, kuinka paljon energiaa siirtyy savukaasuihin sen sijaan, että se kuluisi veden höyrystämiseen. Polttoaineen nosto lisää energiaa ja veden lämmittäminen ja höyrystäminen vievät energiaa.

$$Q = 5\,000\,MJ - 2\,880\,MJ - 578,2\,MJ - 1\,934,3\,MJ = -392,5\,MJ$$

Tuloksen perusteella syötettävä vesi vie enemmän energiaa kuin polttoaineen lisäyksestä tulee energiaa. Tällöin savukaasut jäähtyvät 392,5 MJ vastaavan energian verran, mikä saadaan celsiusasteina kaavalla 4. Savukaasuvirtana käytetään 12 000 m³/h ja tiheytenä 1,2 kg/m³.

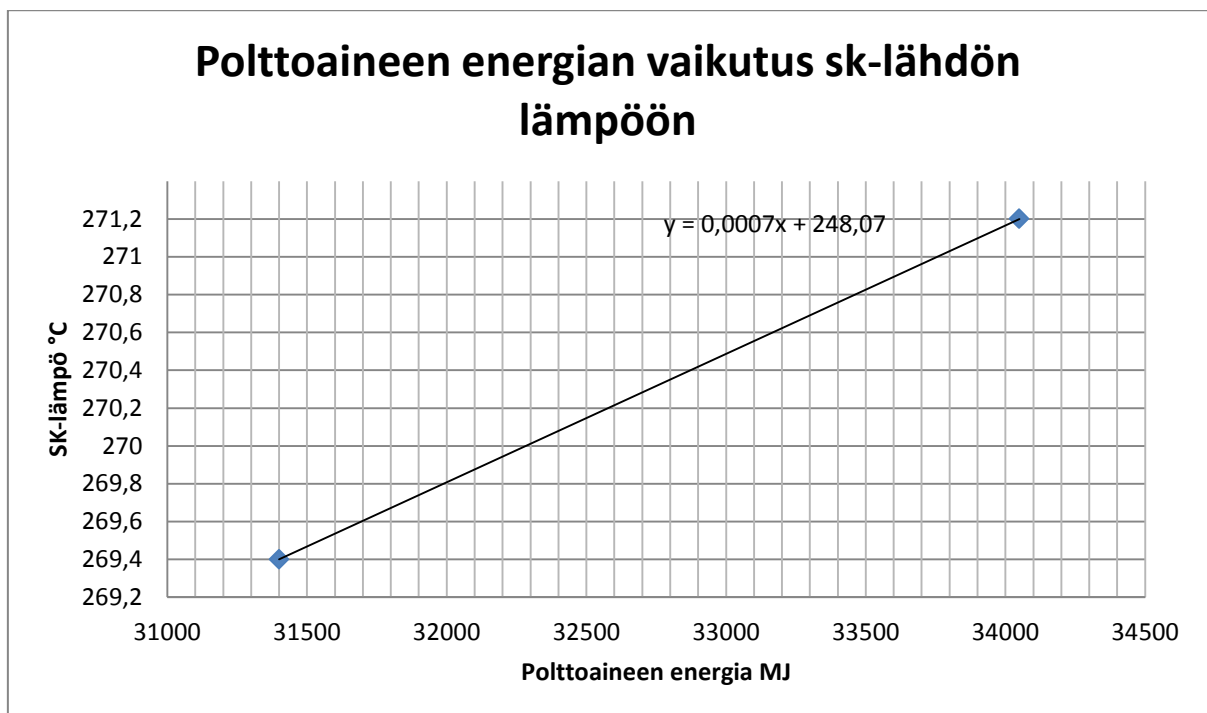
$$\Delta T = \frac{Q}{c_p m} = \frac{392\,500\,kJ}{1,00 \frac{kJ}{kg^\circ C} * 12\,000\,m^3 * 1,2 \frac{kg}{m^3}} = 27,3\,^\circ C$$

Laskun perusteella savukaasujen lämpötila tippuisi 27,3 celsiusastetta. Todellisuudessa näin ei kävisi, koska kattilaan syötetään jätevettä, reg-jätettä ja raskasta polttoöljyä. Näiden aineiden syöttö tullaan säätämään siten, että jätevettä palaa 3 500 kg/h ja reg-jätettä niin paljon kuin pystytään ja raskasta polttoöljyä sen verran, että pienet vaihtelut reg-jätteen laadussa ei sammuta laitosta. Polt-

toaineiden syötössä otetaan lisäksi huomioon kattilan lämpötila ja päästöjen muodostuminen. Kattilan lämpötila pyritään pitämään noin 1 000 °C:ssa ja päästöt pidetään raja-arvojen alapuolella.

Tarkastelun kannalta olennaista on se, ettei savukaasun lämpötila nousisi. SK-lähtölämpö on sen takia tärkeä, että tämän jälkeen savukaasu menee venturipesuriin, jonka kumiointi kestää vain 75 °C:n lämpötilan. Nykyisin ajettavilla polttoainemäärillä lämpötila saadaan pysymään vaadituissa rajoissa ruiskuttamalla noin 100 m³/h vettä venturipesuriin. Vettä ruiskutetaan pesuriin, jotta kaasussa olevat kiintoainehiukkaset erottuisivat kaasusta ja laskeutuisivat venturin pohjalle. Tämän lisäksi vesi suojaa venturin kumiointia venturiin tulevalta kuumalta savukaasulta.

Kuvasta 5 nähdään todellisessa ajossa tapahtunut savukaasulämmön muutos, kun polttoaineen energiaa on muutettu. Koemittaukset on suoritettu vuosien 2012 ja 2013 aikana.

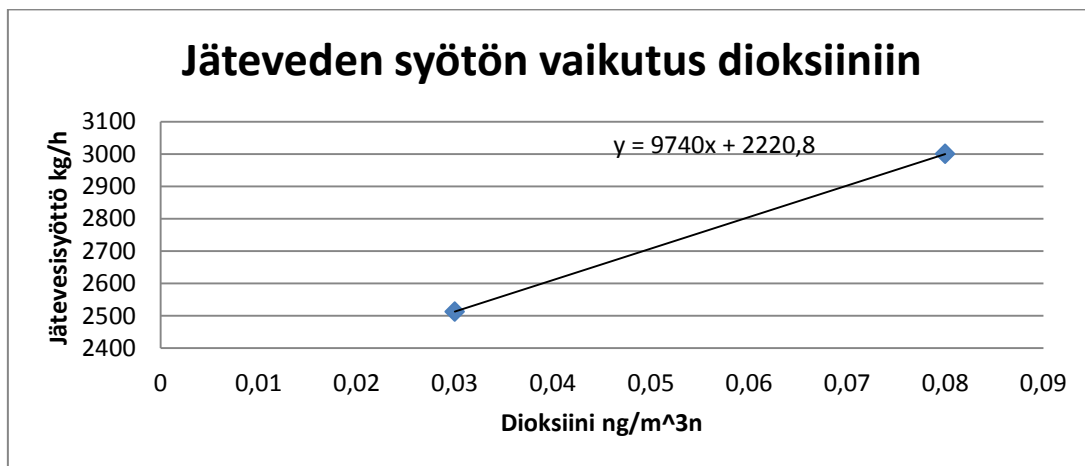


KUVA 5. Polttoaineen energian vaikutus sk-lähdön lämpöön

Kuvaajan perusteella polttoaineen energian muuttuessa 3 000 MJ savukaasun lämpötila nousee vain 2 celsiusastetta. Kun kattilaan syötetään 310 kg/h raskasta polttoöljyä, 300 kg/h reg-jätettä ja 3 500 kg/h jätevettä, kattilaan menee noin 36 500 MJ energiaa. Trendiviivan mukaan savukaasun lämpö olisi tällöin 273,6 °C.

Mikäli jätevettä poltettaisiin 1 000 kg/h enemmän nykyisillä laitteilla, oltaisiin laitteiden suorituskykyjen ylärajoilla. Ylärajoilla oleminen olisi etenkin kesäkuukausina iso ongelma. Venturin kaulan lämpötilan ollessa yli 75 °C automatiikka ajaa laitoksen alas. Turhia alasajoja voidaan välttää ruiskuttamalla venturiin nykyistä kylmempää tai enemmän vettä. Suurempi vesimäärä aiheuttaa myöhemmässä vaiheessa prosessia ongelmia, ja tästä syystä laitokseen asennetaan lämmönsiirrin, jolla viilennetään ruiskutettavaa vettä.

Mittaustuloksien analysoinnissa on myös tutkittu jätevesisyötön nostamisen vaikutusta dioksiinin muodostumiseen. Jätevesisyötön vaikutus dioksiinin muodostumiseen näkyy kuvassa 6.



KUVA 6. Jätevesisyötön vaikutus dioksiinien muodostumiseen

Kuvasta on selkeästi nähtävissä voimakas nousu dioksiinien määrässä, kun jätevettä lisätään. Kuvan mukaan VNA 151/2013:n asettama 0,1 ng/m³n raja menisi nykyisellä laitteistolla rikki 3 200 kg/h syötöllä. Dioksiinit on otettava kiinni, joten jätteenpolttokapasiteetin nostamiseksi dioksiiniadsorberin asentaminen on perusteltua.

5.3 Tarjousmenettely

Työssä pyydettiin tarjous dioksiinin puhdistuslaitteistosta Götaverken miljö Ab:ltä, jonka kehittämää dioksiinin puhdistusmenetelmää käytetään noin sadassa laitoksessa yli kahdessatoista maassa. Götaverken miljö Ab:ltä saatiin avaimet käteen tarjous 340 000 € hintaan.

Lämmönsiirtimistä tarjouksia pyydettiin useilta toimittajilta. Toimittajaksi valikoitui Viafin, jonka tarjous toimitettavasta titaanisesta putkilämmönsiirtimestä oli 72 000 €.

Muutoksiin tarvittavat putket ja instrumentit tilattiin yrityksen vakiotavarantoimittajalta. Tilattavia osia olivat muun muassa lujitemuoviputkea, paine-, virtaus- ja lämpötilamittareita sekä venttiilejä.

5.4 Kustannusarvio

Asennettaville laitteille, instrumenteille ja asennustöille laskettiin kustannusarvio. Kustannusarvio on taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Asennettavien laitteiden, osien ja asennusten kustannusarvio

Dioksiini adsorberi	340 000 €
Lämmönsiirrin	72 000 €
Suunnittelu	16 000 €
Rakennustekniset työt	5 000 €
Koneosaston laitteet	26 000 €
Koneosasto muut	88 000 €
Sähköosasto	36 000 €
Automaatio-instrumenttiosasto	56 000 €
Varaus 20 %	127 800 €
Yhteensä	766 800 €

5.5 Takaisinmaksuaika ja hyöty vuodessa

Takaisinmaksuaika kuvaa, kuinka kauan kestää, että investointi alkaa tuottaa voittoa tai saaduilla säästöillä investointi on maksettu. Teoriassa tässä tapauksessa on kyse siitä, kuinka kauan 1 000 kg/h suurempaa jätteenpolttomäärää pitää polttaa, että investointiin käytetyt rahat on saatu maksettua. Lisäksi otetaan huomioon, että asennusten takia laitos on pois ajosta viikon. Jätteiden vieminen muualle käsiteltäväksi maksaa 330 €/1 000 kg. Takaisinmaksuaika lasketaan kaavalla 6.

$$T = \frac{I}{24 * k} + \frac{s * 24 * 7}{u * 24} \quad \text{KAAVA 6}$$

T = takaisinmaksuaika (d)

I = investoinnin suuruus (€)

k = kustannus jätetonnista, jota ei itse ole pystytty käsittelemään (€)

s = jätteen syöttömäärä normaalissa ajossa ($\frac{kg}{h}$)

u = jätteen syöttömäärän kasvu ($\frac{kg}{h}$)

$$T = \frac{766\,800 \text{ €}}{24 * 330 \text{ €}} + \frac{2\,500 \frac{kg}{h} * 24 * 7}{1\,000 \frac{kg}{h} * 24} = 114,3 \text{ d eli } 3 \text{ kk } 24 \text{ vrk}$$

Käytännössä takaisinmaksuaika on pidempi, kun huomioidaan laitoksen käyttönottoaika eli koetuotanto, lisääntyneet laitoksen käyttökustannukset ja mahdollisten lisämuutosten tarve. Näiden tekijöiden vaikutuksesta takaisinmaksuajaksi on arvioitu noin vuosi.

Mikäli päästään tavoitteeseen, että jätevesien polttomäärää saadaan nostettua 1 000 kg/h, niin teoriassa vuodessa saatava hyöty investoinnille lasketaan kaavalla 7. Laskussa käytetään apuna tietoa, että keskimäärin vuodessa on poltettu 20 000 t jätevetä ja investoinnin avulla se saataisiin nostettua 28 800 t:iin.

$$H = k * 8\,800 \quad \text{KAAVA 7}$$

H = hyöty investoinnista (€)

k = kustannus jätetonnista, jota ei itse ole pystytty käsittelemään (€)

$$H = 330 \text{ €} * 8\,800 = 2\,904\,000 \text{ €}$$

6 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli nostaa polttolaitoksen jätteenpolttokapasiteettia. Asennettavilla laitteilla saadaan haitallisia emissioita kontrolloitua. Tämä oli yksi tiedossa oleva este kapasiteetin nostolle. Osa jätteenpolttokapasiteetin nostosta syntyvästä lämmöstä siirtyy savukaasuihin, jolloin venturipesurin lämpötila voi nousta liian korkeaksi. Tämä ennakoitu ongelma ratkaistiin lisäämällä lämmönsiirrin pesurikiertoon, jolloin pesuriin ruiskutetaan aiempaa viileämpää vettä. Laskelmien mukaan tämä ratkaisu riittää pitämään pesurin oikeassa lämpötilassa.

Työn aikataulun vuoksi tilattavia komponentteja ei nähty asennettuina. Tästä syystä ei voida todeta käytännössä, saatiinko jätteenpolttokapasiteettia nostettua tavoitetasolle. Kun asennuksien jälkeen jätteenpolttokapasiteettia aletaan nostaa, voidaan huomata joitakin yllättäviä ongelmia, joita ei osattu ennakoida. Polttoprosessi on savukaasupesuiheen kokonaisuus, jossa kaikki palaset on kytköksissä toisiinsa. Ongelma jossakin prosessin vaiheessa näkyy äkkiä muuallakin, ja pahimmillaan tämä estää prosessia toimimasta halutulla tavalla.

Laskelmien ja aikaisempien ajojen analysoinnin mukaan asennettavilla laitteilla saadaan nostettua jätteenpolttokapasiteettia. Tehtävä investointi on hyvä, koska investoinnin arvioitu takaisinmaksuaika käytännössä on noin vuosi. Lisäksi investoinnilla on ympäristöä huomioiva vaikutus kun maantiekuljetukset vähenevät.

LÄHTEET

1. CABB. Company, About us. Saatavissa: <http://www.cabb-chemicals.com/en/about-us.html>. Hakupäivä 24.10.2013.
2. LSU-2004-Y-1228. 2008. Ympäristölupa. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
3. Huhtinen, Markku – Kettunen, Arto – Nurminen, Pasi – Pakkanen, Heikki 2000. Höyrykattilatekniikka. Helsinki: Edita.
4. HSY Rikkidioksidi. 2011. Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Saatavissa: <http://www.hsy.fi/seututieto/ilmanlaatu/tietoa/terveys/so2/Sivut/default.aspx>. Hakupäivä 27.10.2013.
5. Dioksiinit ja PCB-yhdisteet. 2013. Helsinki: Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. THL. Saatavissa: http://www.thl.fi/fi_FI/web/fi/aiheet/tietopakettit/ymparistomyrkyt/tarkemmin/dioksiinit_pcbt. Hakupäivä 13.10.2013.
6. Seppälä, Timo – Munne, Päivi 1.10.2013. Dioksiinit ja furaanit, PCDD/F-yhdisteet. Haitallisten aineiden yksikkö. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/pop>. Hakupäivä 7.12.2013.
7. VNA 14.2.2013/151. Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta.
8. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet: Fluorivety ja fluorivetyhappo. 2013. Työterveyslaitos. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/ova/flurvet.html>. Hakupäivä 27.11.2013.
9. Malinen, Tiina 2008. TOC-analysaattorin käyttöönotto ja validointi. Espoo: Metropolia ammattikorkeakoulu, laboratorioalan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
10. Ahonen, Merja – Kaunisto, Tuija – Mäkinen, Riikka – Hatakka, Tarja - Vesterbacka, Pia – Zacheus, Outi – Keinänen-Toivola, Minna 2008. Suomalaisen talousvedenlaatu raakavedestä kuluttajan hanaan vuosina 1999 – 2007. Vesi-instituutin julkaisu 4. Turku: Vesi-Instituutti/Prizztech Oy. Saatavissa:

- http://www.samk.fi/download/27075_VI-julkaisu4.pdf. Hakupäivä 27.11.2013.
11. Prosessiveden neutralointi. Nordkalk. Saatavissa: <http://www.nordkalk.fi/neutralointi>. Hakupäivä 28.11.2013.
12. Setterstig, Henrik 2013. Project Manager - Sales, Götaverken Miljö. Haastattelu 3.9.2013.
13. Ohlström, Mikael – Tsupari, Eemeli – Lehtilä, Antti – Raunemaa, Taisto 2005. Pienhiukkaspäästöt ja niiden vähentämismahdollisuudet Suomessa. VTT tiedotteita 2300. Espoo: VTT. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2300.pdf>. Hakupäivä 29.10.2013.
14. Levylämmönsiirtimet, lämmönsiirto, tärkeimmät tekniikat. Alfa Laval. Saatavissa: <http://local.alfalaval.com/fi-fi/tarkeimmat-tekniikat/lammonsiirto/levylammonsiirtimet/pages/levylammonsiirtimet.aspx>. Hakupäivä 19.11.2013.
15. Lyytikäinen, Mikko 2010. Sisäisen vuodon paikallistaminen juotetussa levylämmönsiirtimessä. Varkaus: Savonia ammattikorkeakoulu, tietotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
16. Tiivisteelliset levylämmönsiirtimet. ViFlow Finland Oy. Helsinki. Saatavissa: <http://www.viflow.fi/uploads/tiivisteelliset.pdf>. Hakupäivä 30.11.2013.
17. Shell & Tube heat exchangers. Frigotherm. Saatavissa: http://www.frigotherm.co.za/shell_tube_heat_exchangers.htm. Hakupäivä 7.12.2013.
18. PSK 3603. 2012. PI-kaavion esitystapa ja merkitsemisohje. Prosessiteollisuuden Standardoimiskeskus.
19. Miettunen, Katja 2012. PI-kaavion piirtäminen Vertex PI -kaaviosuunnittelutyökalulla. Kemi/Tornio: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

20. Seppänen, Raimo – Kervinen, Martti – Parkkila, Irma – Karkeala, Lea - Meriläinen, Pekka 2006. Maol taulukot. Keuruu: Otava.
21. Marttila, Seppo 2010. T350106 Tekninen termodynamiikka 6 op. Opintojaksojen luennot lukukautena 2011 - 2012. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

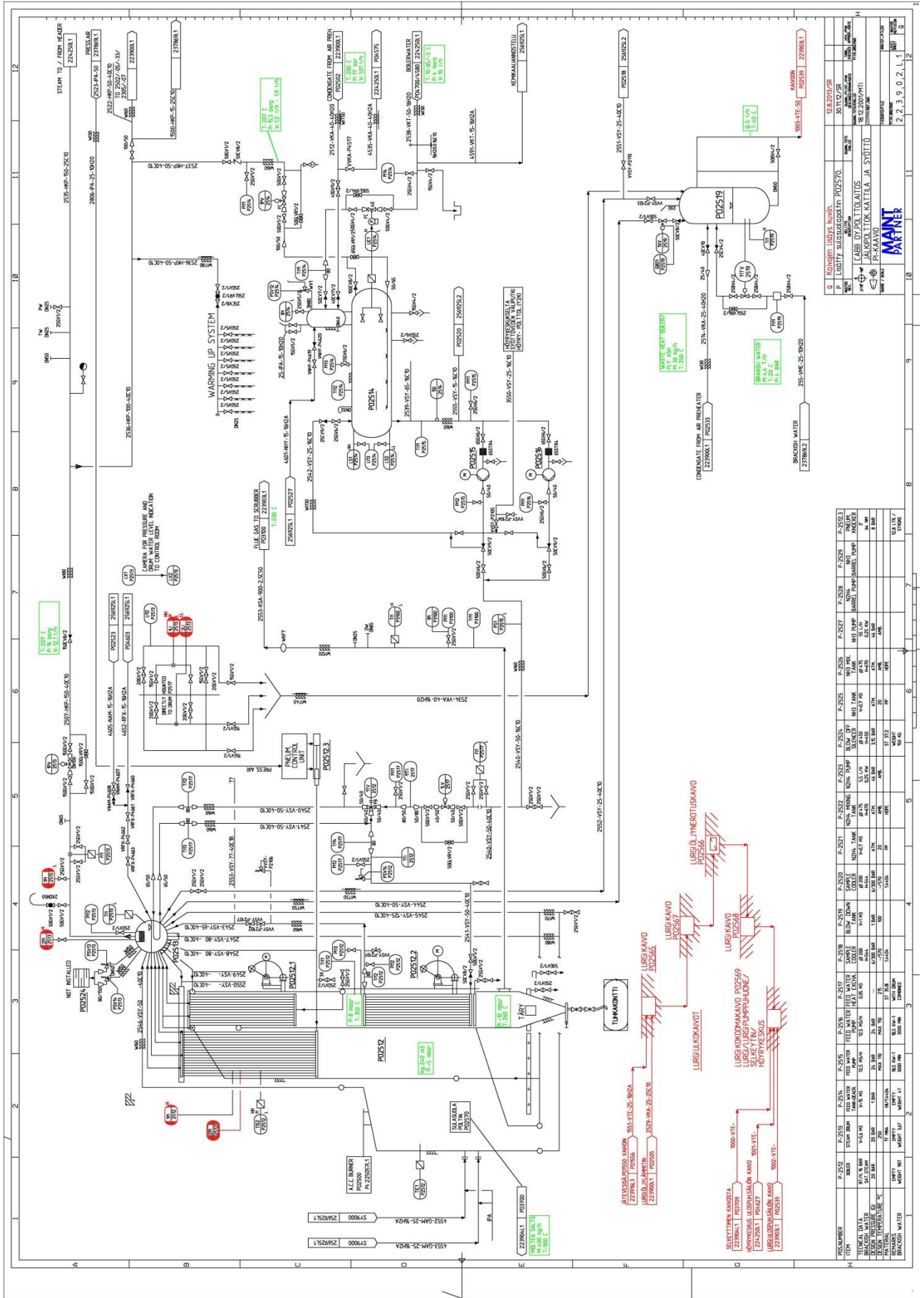
OULUN SEUDUN
AMMATTIKORKEAKOULU



TEKNIKAN YKSIKKÖ
KOIKANTIE 1, 90250 OULU
www.oamk.fi

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä ¹ Mika Vierimaa	Tilaaaja ² CABB Oy
	Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³ Veli-Matti Sorvisto _____, Ismo Lehto _____, Reijo Partanen _____	
	Työn nimi ⁴ Jätteenpolttokapasiteetin nosto	
	Työn kuvaus ⁵ CABB Oy:n Kokkolan tehtaille ollaan suunnittelemassa polttolaitoksen savukaasujen puhdistamiseksi lisäkapasiteettia, jolla mahdollistetaan polttokapasiteetin nostaminen. Kokonaisuuteen liittyen myös savukaasujen energia määrä kasvaa ja jotta pysytään nykyisten laitteiden mitoitusarvoissa täytyy energiaa poistaa savukaasuista enempi. Työssä suunnitellaan lisälämmönvaihdin nykyisten pesuvesien jäädyttämiseksi ja lämmön siirtämiseksi höyryn tuotannon ns. lisäveteen. Työhön kuuluu myös kustannusarvion tekeminen. <i>Kontra 21.5.2013 allekirjittelijän vastine</i>	
	Työn tavoitteet ⁶ Työn tavoitteena on mahdollistaa jätteenpolttokapasiteetin nosto ja adsorberien toiminta.	
	Tavoiteaikataulut ⁷ 1.9.2013 - 31.12.2013	
	Päiväys ja allekirjoitukset ⁸ 1 / 9 / 2013 <i>Mika Vierimaa</i> 1 / 9 / 2013 <i>Reijo Partanen</i> Tekijän allekirjoitus Tilaaajan allekirjoitus	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite. 2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi. 3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta. 4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan. 5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat. 6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet. 7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa. 8. Lähtötietomuuisto päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö 		



9	Käsitöiden lisäykset	02.03.2019
8	LEHTI YMPÄRISTÖN POISTO	
7	LABB DYKALITIOS	
6	JÄLKELIUK KATTILA JA SYÖTÖ	
5	PIKKAVID	
4	PIKKAVID	
3	PIKKAVID	
2	PIKKAVID	
1	PIKKAVID	
0	PIKKAVID	

9	02.03.2019
8	
7	
6	
5	
4	
3	
2	
1	
0	

9	02.03.2019
8	
7	
6	
5	
4	
3	
2	
1	
0	

9	02.03.2019
8	
7	
6	
5	
4	
3	
2	
1	
0	

9	02.03.2019
8	
7	
6	
5	
4	
3	
2	
1	
0	

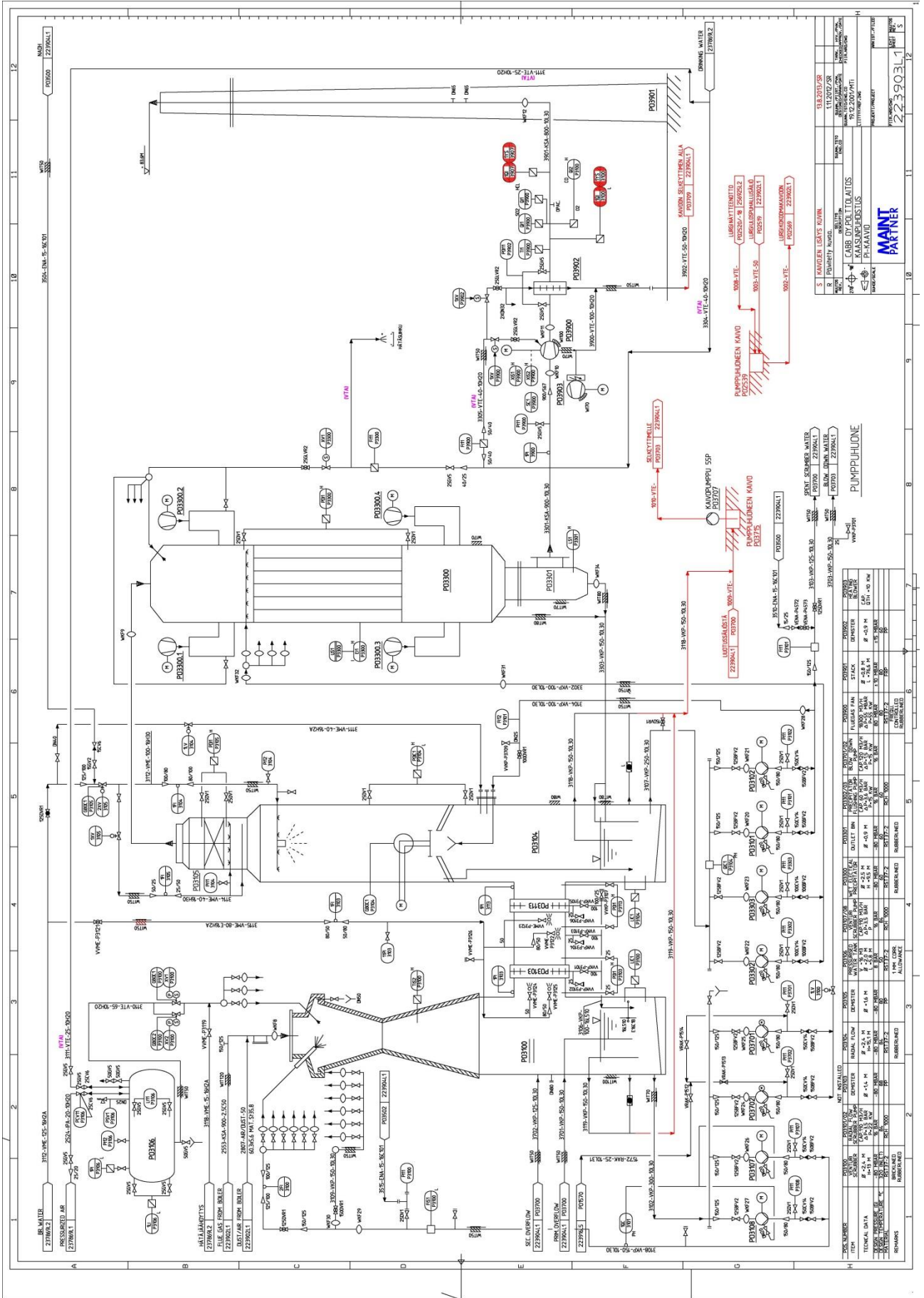
9	02.03.2019
8	
7	
6	
5	
4	
3	
2	
1	
0	

9	02.03.2019
8	
7	
6	
5	
4	
3	
2	
1	
0	

PIKKAVID

PIKKAVID

PIKKAVID



5	KAVOPUMPU SPP	15.8.2015/RS
6	PUMPUJÄRJEN KAVO	11.12.02/RS
7	PUMPUJÄRJEN KAVO	19.12.2007/MTI
8	PUMPUJÄRJEN KAVO	11.11.2010/RS
9	PUMPUJÄRJEN KAVO	11.11.2010/RS
10	PUMPUJÄRJEN KAVO	11.11.2010/RS
11	PUMPUJÄRJEN KAVO	11.11.2010/RS
12	PUMPUJÄRJEN KAVO	11.11.2010/RS

1	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
2	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
3	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
4	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
5	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
6	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
7	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
8	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
9	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
10	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
11	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
12	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30

ITEM	DESCRIPTION	UNIT	QTY	REMARKS
P03300	COMBUSTION CHAMBER	1	1	
P03301	GAS TURBINE	1	1	
P03302	PUMP	1	1	
P03303	PUMP	1	1	
P03304	PUMP	1	1	

1	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
2	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
3	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
4	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
5	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
6	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
7	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
8	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
9	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
10	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
11	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
12	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30

1	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
2	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
3	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
4	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
5	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
6	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
7	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
8	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
9	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
10	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
11	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
12	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30

1	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
2	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
3	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
4	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
5	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
6	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
7	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
8	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
9	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
10	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
11	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
12	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30

1	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
2	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
3	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
4	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
5	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
6	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
7	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
8	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
9	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
10	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
11	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30
12	318-VTE-55-30.30	318-VTE-55-30.30

