



Annika Saari

Savukaasulauhduttimen käyttö- ja huoltosuunnitelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

7.3.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Annika Saari
Otsikko: Savukaasulauhduttimen käyttö- ja huoltosuunnitelma
Sivumäärä: 67 sivua + 1 liite
Aika: 7.3.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine: Energiantuotantomenetelmät
Ohjaajat: Prosessiturvallisuuspäällikkö Taneli Varjus
Lehtori Juha Kotamies

Tämän insinööriyön aihe on luoda Fortum Kibion hakelaitokselle savukaasulauhduttimen käyttö- ja huoltosuunnitelma. Huolto-osuudessa on käsitelty kokonaisuudessaan vuosihuollon toimenpiteet sekä lyhyesti ennakkohuoltoa ja varaosia. Käytön osuudesta löytyvät savukaasulauhduttimen sähköiset erotukset, tyhjennykset ja vesitäytöt sekä ohjeet kuiva- ja märkäsäilöntään.

Työ toteutettiin hyödyntäen laitostoimittajan luomia, olemassa olevaa käyttöohjetta ja oppeja, joita insinööriyön tekijä on kerännyt kesällä vuoden 2023 vuosihuollossa mukana ollessaan. Työssä on pohdittu eteenpäin tiettyjä tutkimustarpeen alaisia asioita, kuten märkätuhkajärjestelmän toimintaa ja saostuskemikaalien hyötyjä. Työssä tarkasteltiin seisakkeja vaativien huoltotoimenpiteiden lisäksi myös käytönaikaisia toimia, joilla voidaan parantaa savukaasulauhdutuksen toimivuutta, kuten esimerkiksi hiekkasuodattimien elvytystä ja letkusuodattimien vaihtoa ajon aikana.

Valmista käyttö- ja huoltosuunnitelmaa voivat hyödyntää esimerkiksi käynnissäpitäjät, valvomonhoitajat ja työsuunnittelijat. Valmis insinööriyö julkaistaan sähköisessä muodossa työntekijöiden saataville yhteiseen ohjejärjestelmään.

Avainsanat: lauhde, pesuri, kostutin, lauhteenkäsittely, lämmönvaihdin, saostuskemikaali

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Annika Saari
Title: Flue Gas Condenser's Operation and Maintenance Instructions
Number of Pages: 67 pages + 1 appendix
Date: 7 March 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Energy and Environmental Technology
Professional Major: Energy Production Methods
Supervisors: Taneli Varjus, Process Safety Manager
Juha Kotamies, Senior Lecturer

The purpose of this thesis was to create an operation and maintenance plan for the flue gas condenser of Fortum's biomass power plant. Information of annual maintenance, preventive maintenance and spare parts can be found in the Maintenance section. The Operation section discusses process separation measures, presents instructions for preservation when the flue gas condenser is not in use and explains how to start and stop the flue gas condenser.

The thesis was conducted by utilizing the suppliers existing operating and maintenance instructions and the knowledge which I gathered while participating in the annual maintenance actions in the summer of 2023. In the thesis, some issues requiring development are discussed further, for example, how the wet ash system works and consider if there is any use for the precipitation chemicals which can be used in the process. In addition, some operations which can prolong and maintain cleanliness of the system are discussed, such as the revitalization of sand filters and changing filter bags of the hose filter system while the boiler is operating.

The thesis can be used by work planners, control room operators and field operators. The complete operating- and maintenance instruction will be published in the corporate shared system as an PDF-document.

Keywords: condensate, scrubber, humidifier, condensate treatment, heat exchanger, precipitation chemical

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kibio	1
3	Savukaasulauhduttimen toimintaperiaate	2
3.1	LTO-kierto	4
3.2	Kostutuskierto	6
3.3	Lauhteenkäsittely	8
3.4	Kemikaalien annostelu	11
3.4.1	pH-arvon säätäminen	11
3.4.2	Kemiallinen saostaminen	12
4	Savukaasulauhduttimen sähköiset erotukset	14
5	Savukaasulauhduttimen säilöntä	15
5.1	Kuivasäilöntä	15
5.2	Märkäsäilöntä	19
5.3	Savukaasulauhduttimen täyttö	19
6	Vuosihuolto	20
6.1	Telineet	20
6.2	Savukaasupesuri	21
6.2.1	Nesteenjakokourujen säätö	21
6.2.2	Täytekappaleiden kunnan tarkastus	23
6.2.3	Pisaranerotuksen kunnan tarkastus	24
6.2.4	Vesilinjojen suuttimien tarkastus	25
6.3	Palamisilman kostutin	26
6.4	Lauhteenkäsittelyn säiliöt	28
6.4.1	Selkeytystankki	28
6.4.2	Lamelliselkeytin	29
6.4.3	Pumppaussäiliö	32
6.4.4	Hiekkasuodattimet	32
6.5	Lämmönvaihtimet	36

6.5.1	LTO-lämmönvaihdin	36
6.5.2	Kostuttimen lauhteen lämmönvaihdin	38
6.5.3	Lauhteen lämmönvaihdin	39
6.5.4	Lämpöpumput	41
7	Ennakkohuolto ja varaosat	41
8	Savukaasulauhduttimen alas- ja ylösajo	44
9	Kehitysideat	46
9.1	Miesluukut pisaranerottimille	46
9.2	Märkätuhkalinjan virtaus	47
9.3	Hiekkasuodattimien elvytys	50
9.4	Letkusuodattimien tarkastus	53
9.5	Lämmönvaihtimien pesu	59
9.6	Saostuskemikaalien annostelu	62
10	Yhteenveto	66
	Lähteet	67

Liite 1: pH-antureiden säilöntä

Lyhenteet

Kibio: Kivenlahden biolämpölaitos

Kipe: Kivenlahden pellettilämpölaitos

SRF: *Solid Recovered Fuel*. Kiinteä kierrätyspolttoaine, joka sisältää kierrätyskelpaamatonta jätettä, kuten muoviva, puuta ja pahvia.

BFB: *Bubbling fluidized bed*. Tulipesän kupliva leijupeti, jonka leijutilaa pidetään yllä leijutusilmalla. Leijupedissä polttoaine palaa hiekan seassa.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksen on luoda Fortum Kivenlahden lämpölaitoksen hakekattilan K4 savukaasulauhduttimelle käyttö- ja huoltosuunnitelma. Insinööriyötä voivat käyttää hyödyksi esimerkiksi Kivenlahden lämpölaitoksen käynnissäpitäjät, valvomonhoitajat ja työsuunnittelijat. Työ toimii lisämateriaalina EHOX Tuote Oy:n luomiin laitoksen käyttöohjeisiin. Insinööriyössä on ohjeet muun muassa savukaasulauhduttimen piirin tyhjennyksille ja vesitäytöille, märkä- ja kuivasäilönnälle, sähköisille erotuksille ja vuosihuollon toimenpiteille.

2 Kibio

Kibio eli Kivenlahden biolämpölaitos on Fortumin vuonna 2020 toimintansa aloittanut lämpölaitos, jossa on yksi leijupetikattila K4. Laitos sijaitsee Espoon Kivenlahdessa. Samalla laitosalueella sijaitsee Kipe eli Kivenlahden pellettilämpölaitos, jossa on kaksi pellettipölykattilaa K1 ja K2. Pellettikattilat ovat vanhoja öljykattiloita, jotka on muutettu puupelletille soveltuviksi vuosien 2015 ja 2016 aikana. [1.]

Kibiolla käytetään polttoaineena puuperäistä biomassaa, kuten sahanpurua, kuorta, rankahaketta ja -mursketta, metsätähdehaketta ja -mursketta, kokopuu-haketta ja kierrätyspuuta. Biolämpölaitoksella on käynnissä kiinteän kierrätys-polttoaineen soveltuvuuden testijakso (Solid Recovered Fuel, SRF). SRF sisältää pääasiassa kierrätyskelpaamatonta muovia ja biohajoavaa ainesta, kuten puuta, pahvia ja paperia [2]. Kokeilujakson tarkoituksena on testata kierrätys-polttoaineen soveltuvuus kattilalle ja polttoaineen kuljetuslaitteistolle.

Kibion leijupetikattilan K4 kattilateho on 44,2 MW [3]. Kattilateho kertoo, kuinka paljon lämpöenergiaa saadaan talteen kaukolämpöveden savukaasuista. Kattilalaitoksen toimittaja on KPA Unicon ja polttoaineen vastaanoton laitteiden toimittaja on BMH Technology Oy. Kibion polttoaineteho on 49 MW [4]. Polttoaineteho kertoo, kuinka paljon energiaa polttoaineen poltossa syntyy, ja se on

riippuvainen polttoaineen massavirrasta ja polttoaineen alemmasta lämpöarvosta [5]. Polttoaineteho siis vaihtelee, ja 49 MW on mitoitus-teho mitoitus-polttoaineella.

Kibion kattilan hyötysuhde on noin 90 %. Kattilan hyötysuhde saadaan laskettua jakamalla kattilateho polttoaineteholla. Hyötysuhteeseen vaikuttaa esimerkiksi palamisen olosuhteet, lämmönsiirtopintojen puhtaus ja polttoaineen laatu. Kattilan hyötysuhde lasketaan seuraavasti:

$$\eta = \frac{Q_{kattila}}{Q_{polttoaine}} = \frac{44,2 \text{ MW}}{49 \text{ MW}} = 0,902 \approx 90 \%$$

Savukaasulauhduttimella saadaan parhaimmillaan jopa 13,2 MW lisää kaukolämpötehoon [3] riippuen esimerkiksi kaukolämpökuormasta, savukaasujen kosteudesta ja lämmönsiirtimen puhtaudesta.

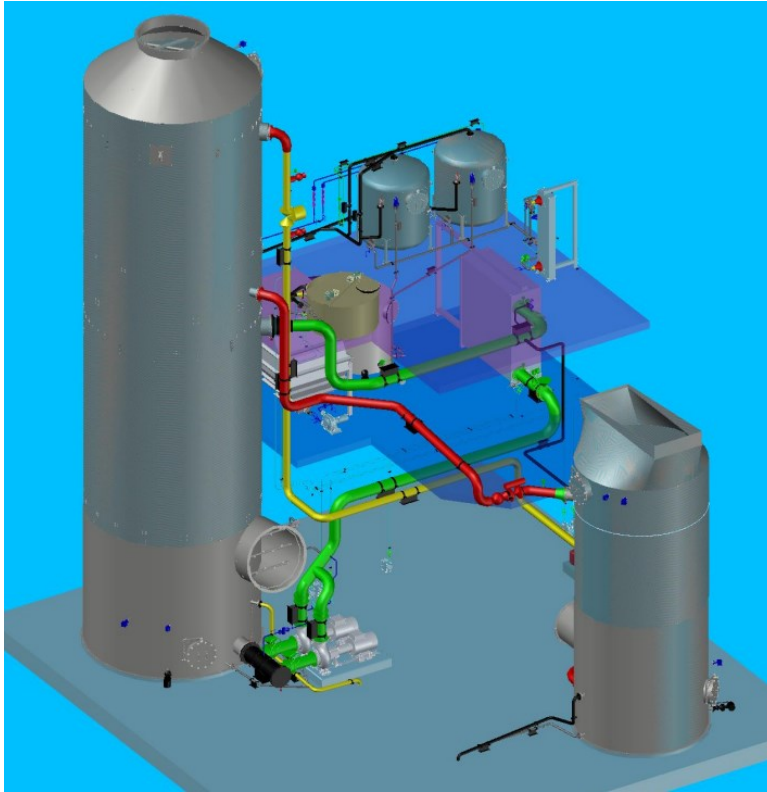
Kibion kattila on BFB-kattila (Bubbling fluidized bed), jossa polttoaine palaa kuplivan hiekkapedin seassa. Polttoaineen jatkuva sekoittuminen kantoilman puhaltamana tehostaa palamista, ja hiekka tasoittaa ja ylläpitää pedin lämpötilaa polttoaineen kosteuden ja lämpöarvon vaihdellessa [6]. Kupliva leijupeti soveltuu hyvin Kibiolla käytettävien polttoaineiden polttamiseen, sillä leijupetitekniikalla voidaan käyttää kosteita ja matalamman lämpöarvon polttoaineita [7]. Kattilan käynnistyspolttimessa käytetään polttoaineena kevyttä polttoöljyä.

3 Savukaasulauhduttimen toimintaperiaate

Kibion savukaasulauhduttimella siirretään kuumien savukaasujen lämpöä veteen. Lämpöä siirretään suoraan lämmönvaihtimilla tai epäsuorasti lämpöpumpuilla kaukolämmön paluuveteen. Kaukolämpöveden lisäksi savukaasulauhteella lämmitetään Kibion omakäyttölämmityksen vettä.

Savukaasujen lauhdutukseen kuuluu savukaasupesuri ja palamisilman kostutin, joissa lauhdevesi kiertää suljetusti ja lämpöä otetaan talteen eri kohdissa kiertoa lämmönvaihtimilla. Kuvassa 1 vasemmalla on savukaasupesuri ja oikealla

palamisilman kostutin. Kierrosta poistuva lauhdevesi käsitellään lauhteenkäsittelyssä. Veden kulkukierro on jaettu prosessin selkeytyksen vuoksi kolmeen osaan luvuissa 3.1 LTO-kierto, 3.2 Kostutuskierto ja 3.3 Lauhteenkäsittely.



Kuva 1. Kokonaiskuva savukaasulauhduttimen piiriin kuuluvista komponenteista [8].

Savukaasulauhteella kostutetaan palamisilmaa palamisilman kostuttimessa. Palamisilman kostutuksella saadaan nostettua savukaasujen absoluuttista kosteutta ennen niiden saapumista savukaasupesuriin. Kun savukaasujen absoluuttinen kosteus on korkeampi, savukaasut saavuttavat kastepisteen korkeammassa lämpötilassa. Tällöin savukaasuja ei tarvitse jäähdyttää niin paljon pesuriin saapuessaan. Faasinmuutos kaasusta vedeksi saavutetaan korkeammassa lämpötilassa, ja lämpö voidaan ottaa talteen korkeammalla lämpötilatasolla [9].

Palamisilman kostumisen lisäksi palamisilma lämpenee kostuttimessa. Palamisilman lämmitys ennen kattilaa nostaa laitoksen hyötysuhdetta. Palamisilmaa

lämmitetään myös höyryllä palamisilman esilämmittimessä, joka sijaitsee suoraan kostuttimen yläpuolella.

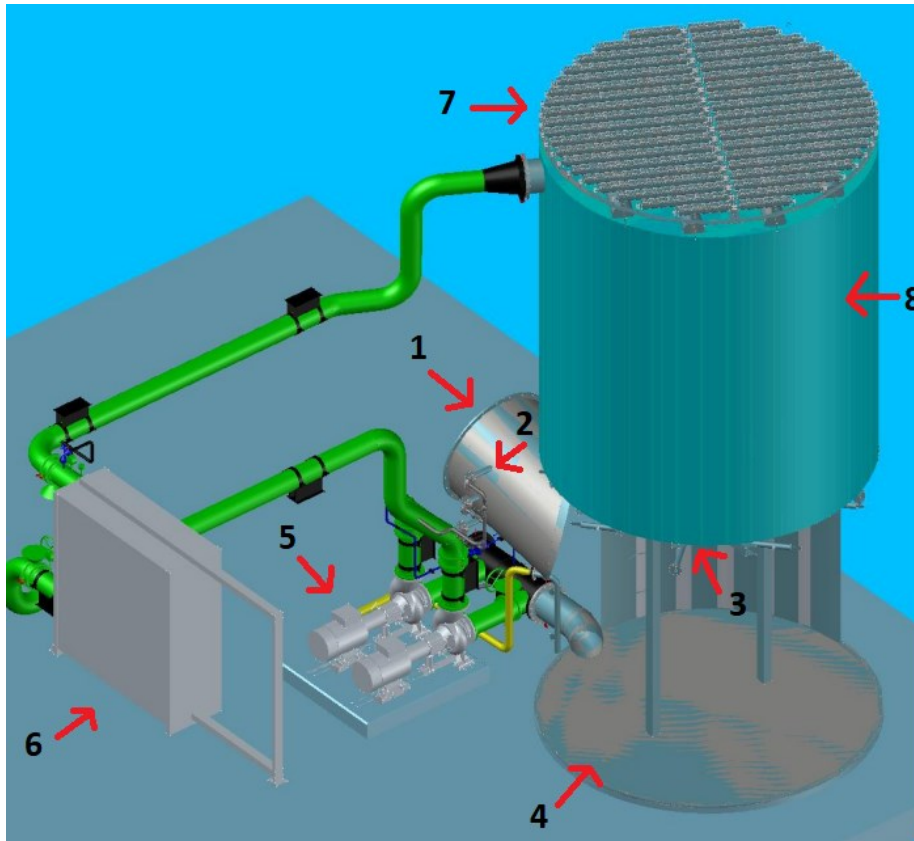
Savukaasut tulevat savukaasupesuriin alaosassa olevasta tuloyhteestä, josta ne lähtevät virtaamaan ylöspäin. Matkalla savukaasut ovat kosketuksissa ylhäältä nesteenjakkokouruista alaspäin tippuvan veden kanssa, jolloin savukaasujen lämpöenergiaa siirtyy veteen. Nesteenjako- ja pesuri-kierrossa yhteensä kolme kappaletta: kaksi savukaasupesurissa ja yksi palamisilman kostuttimessa.

Suurin osa lämmöstä savukaasujen ja lauhdeveden välillä siirtyy nesteenjakkokourujen alla täytekappalepatjassa. Savukaasut ja lauhdevesi ovat tehokkaassa kosketuksessa keskenään, jolloin savukaasujen lämpöenergiaa siirtyy lauhdeveteen. Täytekappaleet lisäävät lämmönsiirron pinta-alaa ja hidastavat veden virtausta, jolloin vedelle jää enemmän aikaa lämmitä. Tämän vuoksi täytekappalepatjan omaava lauhdutusprosessi on lämmönsiirron kannalta tehokkaampi kuin perinteinen suihkupesuriprosessi. Täytekappalepatjat ovat noin 3–4 metriä korkeita. [8; 10.]

Vesi kiertää suljetusti pesuri-kierrossa, ja vettä poistuu pesurin alemman vesitilan pinnanmittauksen perusteella lauhteenkäsittelyyn. Lauhteenkäsittelyssä lauhteesta poistetaan tuhkaa ja pH-arvo säädetään halutuksi. Kun lauhde on kulkenut lauhteenkäsittelyn läpi, se ajetaan joko ojaan tai viemäriin.

3.1 LTO-kierto

Alla olevassa kuvassa 2 on kuvattu veden kierto savukaasujen lauhdutuksen ensimmäisessä vaiheessa, LTO-kierrossa.



Kuva 2. LTO-kierto. Muunneltu kuva toimittajan käyttöohjeesta [8].

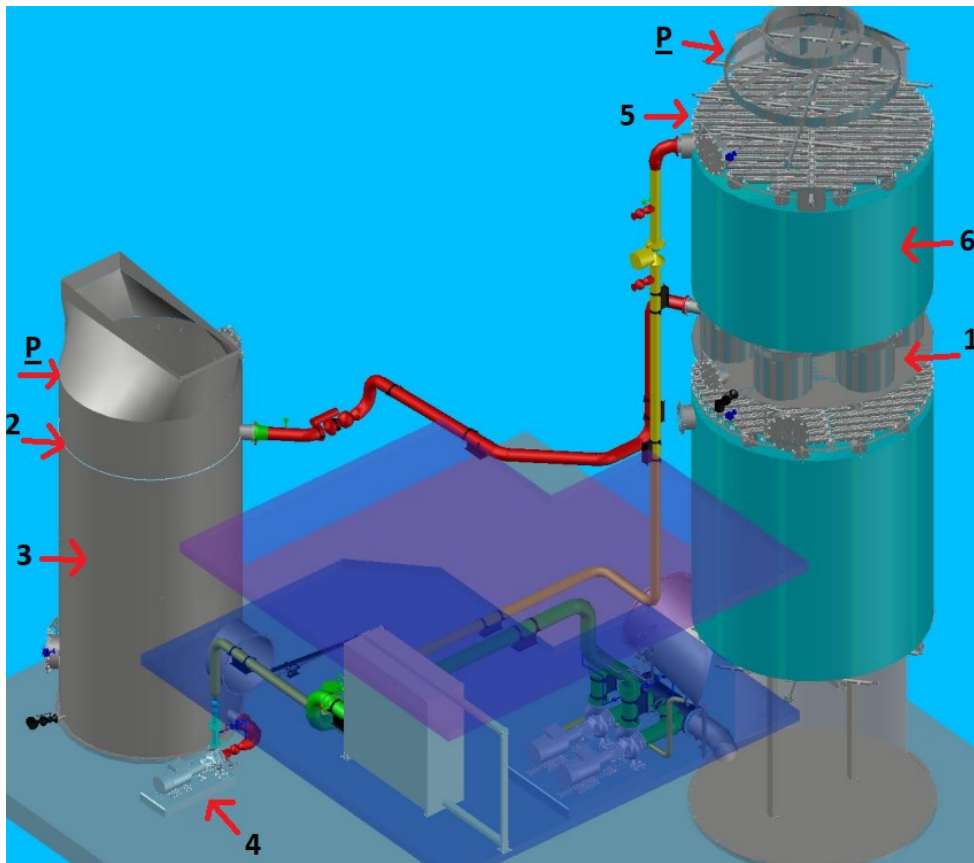
1. Tuloyhde. Savukaasut kulkevat tuloyhteen kautta pesurin alimpaan vesitilaan. Savukaasujen pääsyä pesuriin säädetään sulkupellillä.
2. Tuloyhteen jäähdytysputket. Pieni osa LTO-pumppujen vedestä menee tuloyhteen jäähdytysputkille, jossa savukaasuja jäähdytetään ennen pumppaustilaa. Tuloyhteen jäähdytysputkien tehtävä on jäähdyttää savukaasut kastepisteeseen. Kastepisteessä haihtuminen ja tiivistyminen on yhtä suurta [11], jolloin haihtuva savukaasu jatkaa ylöspäin pesurissa ja tiivistyvä lauhdevesi jää pumppaustilaan.
3. Lisävesiputkisto. Lisävesiputkiston tehtävä on ajaa pesuri-kostutinkiertoon lisää vettä, mikäli pumppaustilan pinta 2KIV4HTD10CL002 laskee raja-arvon alapuolelle. Lisävesilinja laukeaa myös, mikäli pesurin hätäjäähdytysventtiili 2KIV4GAC31AA501 aukeaa pesurin lämpötilamittaus-ten ylittäessä hälytysrajan ≥ 80 °C.

4. LTO-pumppaustila. LTO-pumppaustilasta pumput imevät lauhdeveden.
5. LTO-pumput 2KIV4HTD21AP001 ja 2KIV4HTD21AP002. Pumput pump-
paavat lauhdevedettä LTO-lämmönvaihtimelle. Vain toinen pumpuista
käy ajon aikana.
6. LTO-lämmönvaihdin 2KIV4HTD31AC001. Lämmönvaihdin on vesi–vesi-
levylämmönvaihdin, jossa savukaasulauhteen lämpöä siirretään kauko-
lämmön paluuveteen. Neste virtaa vaihtimessa levyjen väliin muodostu-
vissa kanavissa: toisella puolella virtaa kaukolämpövesi ja toisella puo-
lella pesurilta saapuva lauhdevesi.
7. Nesteenjakokourut. LTO-lämmönvaihtimelta lauhdevesi virtaa pesurin
nesteenjakkouruihin, jotka jakavat veden tasaisesti pesurin poikkipinta-
alalle. Vesi tippuu alas täytekappalepatjaan.
8. Täytekappalepatja. Täytekappalepatjassa tapahtuu lauhdeveden ja savu-
kaasujen välinen lämmönsiirto. Lauhdevesi valuu täytekappalepatjan läpi
takaisin LTO-pumppaustilaan, ja kierto alkaa alusta. [8.]

Savukaasut jatkavat ylöspäin kostutusvaiheeseen.

3.2 Kostutuskierto

Alla olevassa kuvassa 3 on kuvattu veden kierto kostutuskierrrossa.



Kuva 3. Kostutuskierto. Muunneltu kuva toimittajan käyttöohjeesta [8].

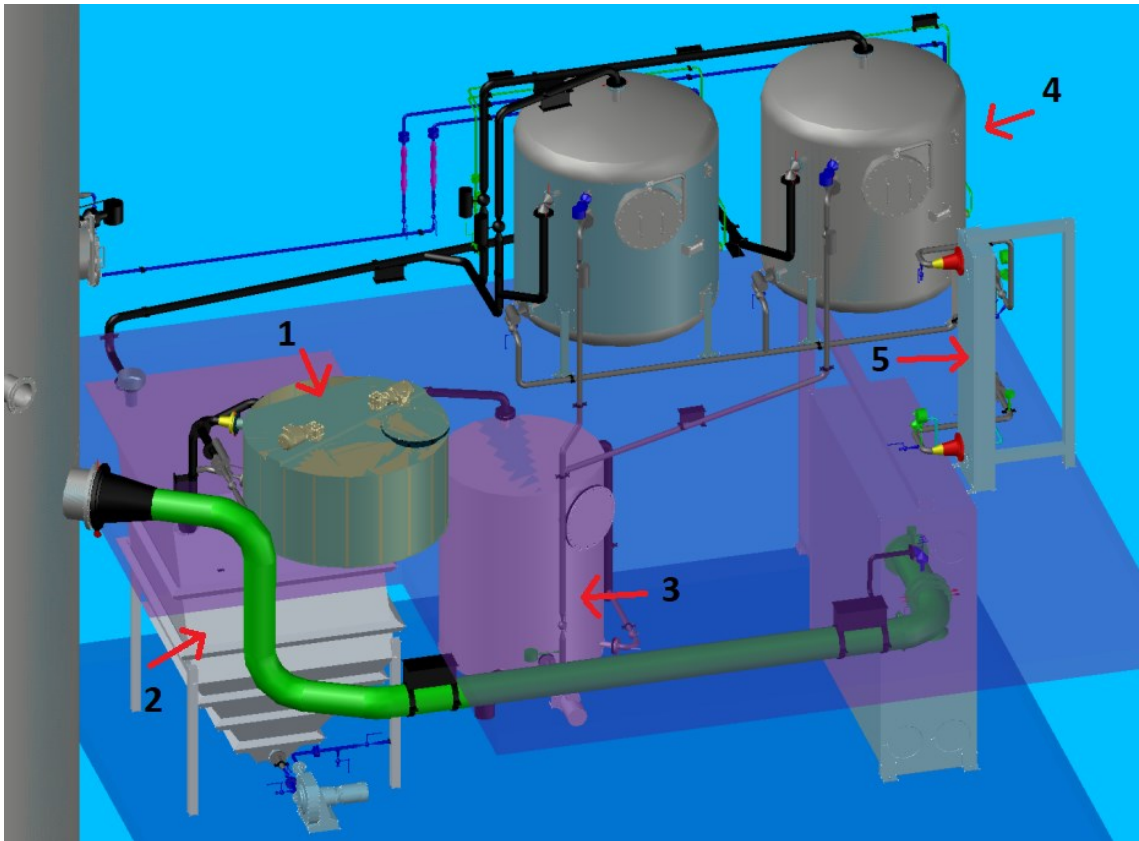
1. Kostutuskierron vesitila. Vesi valuu kostutuskierron vesitilasta kostuttimen nesteenjakoön. Veden kulkua säädetään säätöventtiilillä 2KIV4HTD40AA001.
2. Nesteenjajokourut. Kostuttimen nesteenjajokouruista vesi jakaantuu taiseisesti kostuttimen poikkipinta-alalle. Vesi tippuu alaspäin kohdaten ylöspäin virtaavan palamisilman.
3. Täytekappalepatja. Kostuttimen täytekappalepatjassa tapahtuu lauhdeveden ja palamisilman välinen lämmönsiirto. Samalla palamisilma kostuu.
4. Kostuttimen pumppu 2KIV4HTD50AP001. Pumppu pumppaa lauhdeveden takaisin pesuriin. Vesi voi kulkea kostuttimen lauhteen lämmönvaihtimen 2KIV4SBH12AC001 läpi tai ohituksen kautta suoraan pesuriin.

5. Nesteenjakkourut. Kostutuskierron nesteenjakkouruista lauhdevesi ja kaantuu tasaisesti pesurin poikkipinta-alalle ja tippuu alaspäin täytekappalepatjaan.
6. Täytekappalepatja. Kostutuskierron täytekappalepatjassa tapahtuu savukaasujen ja lauhdeveden välinen lämmönsiirto. Täytekappalepatjasta vesi valuu takaisin kostutuskierron vesitilaan, ja kierto alkaa alusta. Mikäli vesitila on täynnä, ylijokseva vesi tippuu pesurin pohjalle LTO-pumppaustilaan.

P on pisaranerotin. Kostuttimen pisaranerotin estää pisaroiden päätyksen palamisilman esilämmittimelle, ja savukaasupesurin pisaranerotin estää pisaroiden päätyksen savupiippuun. Pisaranerotin lamellien muoto pakottaa pienet pisarat osumaan seinämään, jossa ne muodostavat vesifilmin. Lamellin pinnalta painovoima pakottaa veden putoamaan alas kaasuvirtausta vastaan. [12.] Pisaranerotimet pienentävät korroosioriskiä palamisilman esilämmittimellä ja savukaasukanavassa.

3.3 Lauhteenkäsittely

Lauhteenkäsittelyssä prosessista poistettavan lauhteen ominaisuudet säädetään halutuiksi. Lauhteenkäsittelyssä lauhteeseen syötetään tarvittaessa erilaisia kemikaaleja, joita ovat natriumhydroksidi, muurahaishappo, ferrisulfaatti ja polymeeri. Poistuva lauhde jäädytetään noin 20 °C:seen, jonka jälkeen vesi lasketaan ojaan tai viemäriin. Kuvassa 4 on nähtävissä lauhteenkäsittelyn säiliöt ja lauhteen lämmönvaihdin.



Kuva 4. Lauhteenkäsittely. Muunneltu kuva toimittajan käyttöohjeesta [8].

1. Saostussäiliö. Lauhdetta poistuu pinnansäätöventtiiliin 2KIV4GNB10AA201 kautta saostussäiliöön. Lauhdetta poistuu pinnanmittaussäädön 2KIV4HTD10CL002 mukaan. Saostussäiliössä lauhteeseen voidaan lisätä ferrisulfaattia ja polymeeria. Saostuskemikaalien syöttö edesauttaa tuhkan erottelua vedestä.
2. Lamelliselkeytin. Lamelliselkeyttimessä tuhka valuu lamellilevyjä pitkin lamelliselkeyttimen pohjalle, josta märkätuhkaa pumpataan takaisin kattilaan letkupumpulla 2KIV4GNB30AP001.
3. Pumppaussäiliö. Pumppaussäiliöstä kirkastettu lauhde pumpataan hiekkasuodattimille kirkastepumpuilla. Samalla positiolla 2KIV4GNB41AP001 on kaksi kirkastepumpua, joilla on sama sähkönsyöttö. Vain yhtä pumpua käytetään ajon aikana. Valintakytkin pumpuille sijaitsee kirkastepumpujen vieressä.

4. Hiekkasuodattimet. Hiekkasuodattimilla lasketaan edelleen lauhteen kiintoainepitoisuutta. Lauhde kulkee suodattimessa hiekkapedin läpi, jolloin lauhteen kiintoainesta kiinnittyy hiekkaan. Hiekkasuodattimet elvytetään määräajoin suodatuskyvyn ylläpitämiseksi. Elvytysprosessista lisää luvussa 9.3 Hiekkasuodattimien elvytys.

5. Lauhteen lämmönvaihdin 2KIV4GNB70AC001. Lämmönvaihdin on vesi-vesi-levylämmönvaihdin, jossa prosessista poistuvan lauhdeveden lämpötilaa lasketaan. Lämpö otetaan talteen lämpöpumpuille menevään raakaveteen.

3.4 Kemikaalien annostelu

Pesuri-kostutinkiertoon ja lauhteenkäsittelyyn syötetään erilaisia kemikaaleja, jolla pyritään pitämään lauhdeveden laatu haluttuna. Lauhdevedestä mitataan jatkuvatoimisesti pH, johtokyky ja hiukkaspitoisuus. Lauhteenkäsittelyssä käytettyjen kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteet löytyvät iChemistrystä: Osastot - Suomenojan voimalaitos – Espoon lämpökeskukset – LK375 Kivenlahden lämpökeskus. Alla olevassa taulukossa 1 on listattuna prosessissa käytetyt kemikaalit.

Taulukko 1. Savukaasulauhdutuksen prosessissa käytävät kemikaalit.

Kemikaali	Tehtävä	Pumppu	Syöttö
Natriumhydroksidi (NaOH 50 %)	Nostaa pH:ta	2KIV4HTS20AP001	LTO-kierto
Natriumhydroksidi (NaOH 50 %)	Nostaa pH:ta	2KIV4HTS40AP001	Kostutus-kierto
Natriumhydroksidi (NaOH 50 %)	Nostaa pH:ta	2KIV4HTS30AP001	Lauhteenkäsittely
Muurahaishappo (85–90 %)	Laskee pH:ta	2KIV4GNE10AP001	LTO-kierto
Ferrisulfaatti (PIX-105)	Tehostaa tuhkan erottelua lauhdeesta	2KIV4GND11AP001	Lauhteenkäsittely
Polymeeri (Superfloc A-1820)	Tehostaa tuhkan erottelua lauhdeesta	2KIV4GND11AP001	Lauhteenkäsittely

3.4.1 pH-arvon säätäminen

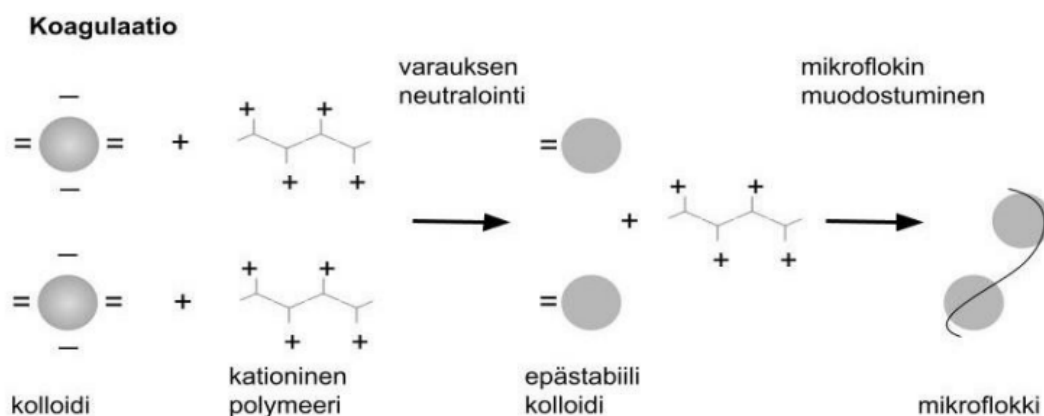
Lauhdeveden pH-arvoa nostetaan prosessissa 50-prosenttisella natriumhydroksidilla. Kyseessä on vahva emäs. Tarvittaessa pH-arvoa voidaan laskea 85–90-prosenttisella muurahaishapolla. Kyseessä on vahva happo. Muurahaishappoa tarvitaan erittäin harvoin, sillä usein pH-arvoa tarvitsee prosessissa nostaa eikä laskea.

Poistuvan lauhteen pH-arvo pyritään pitämään noin 6–7:ssä, ennen kuin se lasketaan ojaan tai viemäriin. pH:n asetusarvot on asetettu kirjoitushetkellä savukaasulauhduttimen kierrossa seuraavasti: LTO-kierto 6, kostutuskierto 6,2 ja lauhde 6,25.

3.4.2 Kemiallinen saostaminen

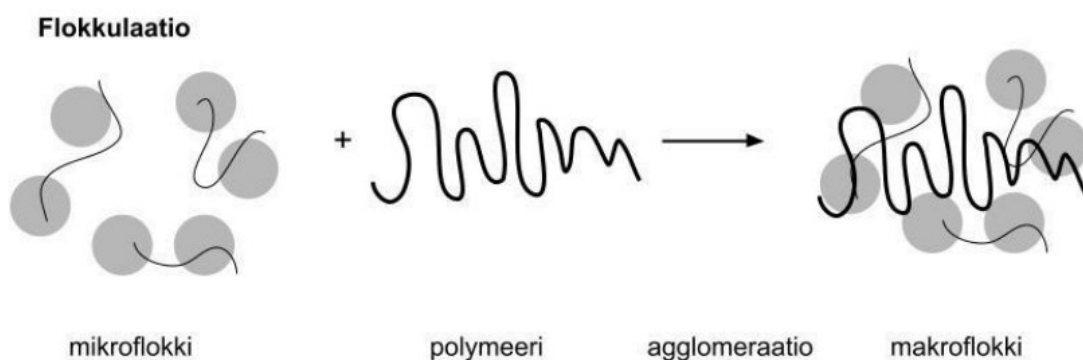
Savukaasulauhteen kemiallisessa saostuksessa erotetaan epäpuhtauksia lauhdevedestä ferrisulfaatin ja polymeerin avulla. Lauhteen kemiallisessa saostuksessa veden liukoista ja kolloidaalisista epäpuhtauksista syntyy niukkaliukoisia ja erottumiskykyisiä saostumia. Kemiallisen saostuksen vaiheet voidaan jakaa koagulaatioon ja flokkulaatioon. [13.]

Veden epäpuhtauksilla on sähköinen pintavaraus, jonka vuoksi ne luonnollisessa tilassa hylkivät toisiaan. Tästä syystä vedellä on hyvin stabiili olomuoto, jossa vedessä ei herkästi muodostu kertymiä. Ferrisulfaatti (PIX-105) muodostaa vedessä hapettuessaan epäorgaanisia positiivisia rautahydrokseja, jotka neutraloivat veden epäpuhtauksien negatiiviset pintavaraukset. Tämän jälkeen epäpuhtaudet eivät enää hyljeksi toisiaan ja voivat alkaa muodostaa kertymiä, mikroflokkeja. Tätä mikroflokkien muodostumisvaihetta kutsutaan koagulaatioksi, jossa ferrisulfaatti toimii koagulanttina. Koagulaation vaiheet on esitetty kuvassa 5. [13; 14.] Kibiolla käytettävä ferrisulfaatti (PIX-105) on ulkomuodoltaan tummanruskeaa nestettä, jonka pH-arvo on noin 1 [15].



Kuva 5. Tuhkapartikkeleiden pintavaraukset neutraloidaan syöttämällä veteen ferrisulfaattia (PIX-105) [13]. Tämän jälkeen varaukset eivät hyljeksi toisiaan ja partikkelit liittyvät yhteen muodostaen mikroflokkeja.

Koagulaation jälkeen seuraa flokkulaatio, jossa mikroflokkit liittyvät yhteen muodostaen yhä suurempia partikkeleita, makroflokkeja. Mikroflokkien yhteenliittymistä kutsutaan agglomeraatioksi. [13.] Agglomeraatiota voidaan tehostaa apukemikaalilla, flokkulantilla, joka Kibion prosessissa on polymeeri (Superfloc A-1820). Flokkulaatiota edesautetaan hitaalla sekoituksella saostussäiliössä [16]. Flokkulaation vaiheet on esitetty alla olevassa kuvassa 6. Käytettävä polymeeri on ulkomuodoltaan maidonvalkoista. Polymeeri on kemialliselta luonteeltaan anioninen polyakryyliamidi, ja sen pH-arvo on 6–6,5 [17].



Kuva 6. Mikroflokkit yhdistyvät makroflokeiksi polymeerin (Superfloc A-1280) tehostamana [13]. Makroflokkit vajoavat lamelliselkeyttimen pohjalle.

Polymeeria sekoitetaan ennen sen pumppaamista saostussäiliöön (kuva 7). Polymeerin säiliö on varustettu yhdellä sekoittimella. Jatkuva sekoittaminen estää polymeerin jähmettymisen.



Kuva 7. Polymeeri sekoituksessa.

4 Savukaasulauhduttimen sähköiset erotukset

Savukaasulauhdutuksen piiriin kuuluvien kaikkien moottoreiden kytkimet löytyvät Kibion kattilahallin sähkötilasta K103-1: 2KIV4BHA10, 2KIV4BHE10. Turva-kytkimet löytyvät moottoreiden läheisyydestä. Savukaasulauhduttimen erotuspaketti löytyy Maximosta: Suunnittelu – Turvallisuus – Erotussuunnitelmat – EP: savukaasupesuri. Erotuspaketti löytyy myös erillisestä Excel-tiedostosta Suomenojan valvomon tietokoneelta. Savukaasulauhduttimen sähköiset erotukset ovat listattuna seuraavasti:

- Kostuttimen pumppu 2KIV4HTD50AP001
- Lauhduttimen kiertopumppu 1 2KIV4HTD21AP001
- Lauhduttimen kiertopumppu 2 2KIV4HTD23AP001
- Flokkisäiliön sekoitin 2KIV4GND10AM001
- Kirkastepumppu 2KIV4GNB41AP001
- Märkätuhkapumppu 2KIV4GNB30AP001
- Sekoitusaltaan sekoitin 2KIV4GNB10AM001
- Veden pumppu lauhteen lämmönvaihtimelta 2KIV4SBH36AP001

- KL-veden pumppu lämpöpumpulle 2KIV4NDA30AP001
- Lämpöpumppu 2KIV4NDD10AC001
- Omakäytön kiertopumppu 2KIV4SBH50AP001.

Seuraavista kemikaalipumpuista otetaan pistotulpat irti ja laitetaan sulkuventtiilit kiinni:

- Muurahaishappo happopumppu 2KIV4GNE10AP001
- NaOH-pumppu 2KIV4HTS20AP001
- NaOH-pumppu 2KIV4HTS40AP001
- NaOH-pumppu 2KIV4HTS30AP001
- Polymeeripumppu 2KIV4GND20AP001
- Ferrisulfaattipumppu 2KIV4GND11AP001.

5 Savukaasulauhduttimen säilöntä

Tästä luvusta löytyvät savukaasulauhduttimen säilönnän ohjeet. Säilöntätapa valitaan yleensä käytöstä poiston keston perusteella. Mikäli käytöstä poisto on lyhyempi, märkäsäilöntä valitaan usein säilöntätavaksi ja vastaavasti käytöstä poiston ollessa pidempi kuivasäilöntä valitaan säilöntätavaksi. Käytännössä tyhjennys tehdään vain vuosihuoltoa varten, koska kuivasäilöntä edellyttää tuhkalietteen imurointia järjestelmästä, ja tällöin tarvitaan imuauto paikalle.

5.1 Kuivasäilöntä

Säiliöitä tyhjentäessä voi käydä ilmi, että säiliöiden pohjalle on kertynyt reilusti tuhkaa (kuva 8). Tällöin tuhkaa ei saa huuhdella painevedellä tyhjennyksistä eteenpäin, vaan se tulee imeä pois lietteenä imuautolla. Huuhteluvesi säiliöiden puhdistusta varten otetaan esimerkiksi palovesilinjasta.

Vesitilojen miesluukkujen avaamisessa tulee noudattaa erityistä varovaisuutta, sillä pinnanmittauksiin ei voi täysin luottaa. Tämän vuoksi jätetään yhden pultin vara aina, kun avataan luukkuja. Jos vesi alkaa ryöppyämään luukun raoista,

niin luukun saa nopeasti takaisin kiinni kiristämällä varopultin. Savukaasulauhdutin kuivasäilötään seuraavasti:

- Pysäytetään palamisilman kostutuksen sekvenssi. Sekvenssin alarajo varmistaa, että lauhdetta ei enää poistu enempää lauhteenkäsittelyyn.
- Kun palamisilman kostutuksen sekvenssi on pysähtynyt, elvytetään hiekkasuodattimet.
- Pysäytetään pesurin sekvenssi, kun hiekkasuodattimien elvytysohjelma on valmis. Sammutetaan erikseen näytöltä märkätuhkapumppu. Märkätuhkapumppu ei sammu sekvenssistä. Koska märkätuhkalinjassa virtaa tuhkapitoista lietettä, putkilinja tulee huuhdella raakavedellä pumpun pysäyttämisen jälkeen, katso luku 9.2 Märkätuhkalinjan virtaus. Huuhtelemalla vältetään tilanne, jossa tuhka kuivaa kiinni putkilinjaan.
- Avataan saostussäiliön tyhjennys 2KIV4GNB11AA201. Kun säiliö on tyhjä, huuhdellaan se. Jos pohjalle on kertynyt tuhkaa, imetään se pois ennen huuhtelua.
- Suljetaan raakavesi hiekkasuodattimelle käsiventtiili 2KIV4GAC33AA201. Avataan hiekkasuodattimien tyhjennykset 2KIV4GNB60AA801 ja 2KIV4GNB50AA801. Odotetaan ainakin tunti ennen hiekkasuodattimien luukkujen avaamista. Hiekkasuodattimissa ei ole pinnanmittauksia, mutta säiliöiden vesimäärää voi arvioida painemittausten perusteella. Luukkujen avaamisen jälkeen tarvittaessa poistetaan pinnalta tuhkaista hiekkaa niin kauan, kunnes puhdasta hiekkaa tulee esiin. Jos hiekka on kauttaaltaan likaista, vaihdetaan koko hiekka suodattimeen.
- Imetään lamelliselkeytin tyhjäksi selkeyttimen päältä. Kansi on kahdessa osassa, joten sen saa pois käsin nostamalla. Lamelliselkeyttintä ei saa tyhjentää omaa tyhjennystä avaamalla, koska lamelliselkeyttimen vesi on aina liian tuhkapitoista ja sitä ei sen vuoksi voida laskea sellaisenaan viemäriin. Lietteen poiston jälkeen avataan lamelliselkeyttimen tyhjennykset 2KIV4GNB30AA801 ja 2KIV4GNB30AA803 ja huuhdellaan lamelliselkeytin.
- Avataan pumppaussäiliön tyhjennys 2KIV4GNB40AA202. Kun säiliön pinta 2KIV4GNB40CL001 < 1300 mm, avataan miesluukku. Kun säiliö on tyhjä, huuhdellaan se. Jos pohjalle on kertynyt tuhkaa, imetään se pois ennen huuhtelua.
- Suljetaan raakavesilinjan käsiventtiilit hätäjähdytys ja lisävesi 2KIV4GAC32AA201 ja 2KIV4GAC31AA201.
- Avataan palamisilman kostuttimen tyhjennys 2KIV4HLC11AA801 ja kostuttimen pumpun tyhjennys 2KIV4HTD45AA801.

- Tyhjennetään pesurin ylempi vesitila avaamalla näytöltä venttiiliä vesi kostuttimelle 2KIV4HND40AA001, kunnes kostuttimen pinta on pudonnut lähelle nollaa. Vesi menee kostuttimen pohjalle, jossa on tyhjennys avattu edellisessä vaiheessa. Avatessa venttiiliä tulee olla tarkkana, ettei kostuttimen pinta nouse liikaa, sillä mikäli vesi ei mahdu ulos kostuttimen ylijuoksusta, se menee suoraan palamisilmapuhaltimeen. Pesurin ylemmän vesitilan miesluukku voidaan avata, kun pinnanmittaus 2KIV4HTD10CL001 \approx 0. Huuhdellaan vesitila. Jos pohjalle on kertynyt tuhkaa, imetään se pois ennen huuhtelua.
- Avataan pesurin alemman nesteenjaon miesluukku ja imuroidaan nesteenjakkourut tuhkasta.
- Avataan kostuttimen miesluukku, kun kostuttimen pinta 2KIV4HLC11CL001 < 800 mm. Huuhdellaan vesitila. Jos pohjalle on kertynyt tuhkaa, imetään se pois ennen huuhtelua.
- Tyhjennetään pesurin alempi vesitila avaamalla tyhjennysventtiili 2KIV4HTD11AA801. Avataan LTO-pumppujen tyhjennysventtiilit 2KIV4HTD21AA801 ja 2KIV4HTD23AA801. Kun pesurin alemman vesitilan pinnanmittaus 2KIV4HTD10CL002 < 800 mm, avataan miesluukku. Kun vesitila on tyhjä, huuhdellaan se. Jos pohjalle on kertynyt tuhkaa, imetään se pois ennen huuhtelua.
- Avataan kostuttimen nesteenjaon miesluukku ja imuroidaan nesteenjakkourut tuhkasta.
- Avataan pesurin ylemmän nesteenjaon miesluukku ja imuroidaan nesteenjakkourut tuhkasta.
- Polymeerisäiliön sekoitin 2KIV4GND10AM001 jätetään päälle, mikäli säiliötä ei ole aikeissa tyhjentää.
- Suljetaan kaikki avatut tyhjennysventtiilit. Suljetaan kaikki avatut miesluukut.
- Jos kattila jää päälle, kun savukaasulauhdutin on säilönnässä, avataan aiemmin suljetut raakaveden käsiventtiilit 2KIV4GAC32AA201 ja 2KIV4GAC31AA201 sekä varmistetaan, että magneettiventtiilit 2KIV4GAC31AA501 ja 2KIV4GAC32AA501 jäävät automaatile. Mikäli yksikin pesurin lämpötilamittauksista nousee yli 80 °C:n, nämä venttiilit avautuvat ja vesi jäähtyy pesurin.
- Poistetaan pH-mittausten analysaattorien elektrodit ja laitetaan ne säilöntäputkeen suojaliuokseen (kuva 9). Säilöntäputkia ja KCl-suojaliuosta löytyy Kivenlahden laboratoriosta. Tarkemmat ohjeet pH-mittareiden säilönnästä löytyy liitteestä 1. pH-mittauksia on kolme kappaletta: LTO-kierto 2KIV4HTD20C001, kostutuskierto 2KIV4HTD45CQ001 ja lauhteenkäsittely 2KIV4GNB70CQ001.



Kuva 8. Pesurin vesitilan pohjalla tuhkapitoista vettä, joka täytyy imuroida pois tyhjennyksen yhteydessä.



Kuva 9. pH-mittauksen analysaattorien elektrodit laitetaan suojaliuokseen säilönän ajaksi. Suojataan antureiden kupit teipeillä.

5.2 Märkäsäilöntä

Mikäli käytöstä poisto on lyhyt ja piiriin halutaan jättää vedet, tehdään seuraavat märkäsäilöntää edeltävät toimenpiteet:

- Pysäytetään palamisilman kostutuksen sekvenssi. Sekvenssin alasaajo varmistaa, että lauhdetta ei enää poisteta lauhteenkäsittelyyn.
- Kun palamisilman pysäytysohjelma on mennyt läpi, elvytetään hiekkasuodattimet.
- Pysäytetään pesurin sekvenssi, kun hiekkasuodattimien elvytysohjelma on valmis. Sammutetaan erikseen näytöltä märkätuhkapumppu. Märkätuhkapumppu ei sammutta sekvenssistä. Koska märkätuhkalinjassa virtaa tuhkapitoista lietettä, putkilinja tulee huuhdella raakavedellä pumpun pysäyttämisen jälkeen, katso luku 9.2 Märkätuhkalinjan virtaus, Huuhtelemalla vältetään tilanne, jossa tuhka kuivuu kiinni putkilinjaan.
- Varmistetaan näytöltä, että pesurin varo/lisävesi magneettiventtiilit 2KIV4GAC31AA501 ja 2KIV4GAC32AA501 ovat automaattilla. Häätäjäähdytys laukeaa, mikäli yksikin pesurin lämpötilamittauksista nousee yli 80 °C:n.
- Poistetaan pH-mittausten analysaattorien elektrodit ja laitetaan ne säilöntäputken suojaliuokseen (kuva 9). Säilöntäputkia ja KCl-suojaliuosta löytyy Kivenlahden laboratoriosta. Tarkemmat ohjeet pH-mittareiden säilönnästä löytyy liitteestä 1. pH-mittauksia on kolme kappaletta: LTO-kierto 2KIV4HTD20C001, kostutuskierto 2KIV4HTD45CQ001 ja lauhteenkäsittely 2KIV4GNB70CQ001.

Mikäli pesuriin ja/tai kostuttimeen tarvitsee lisätä pintaa märkäsäilönnän aikana, ohjeet täyttöön löytyvät luvusta 5.3 Savukaasulauhduttimen täyttö.

5.3 Savukaasulauhduttimen täyttö

Kun pesuria halutaan täyttää vuosihuollon jälkeen, helpoin tapa täyttää vesitilat on avata näytöltä varo/lisävesilinjojen raakavesiventtiilit. LTO-pumppaustilaan saadaan pintaa venttiin 2KIV4GAC32AA501 kautta, sopiva pinta ≈ 29 %. Kostutinkierron vesitilaan saadaan pintaa venttiin 2KIV4GAC31AA501 kautta, sopiva pinta ≈ 28 %.

Kostuttimen vesitilaan saadaan vettä avaamalla venttiiliä vesi kostuttimelle 2KIV4HTD40AA001. Tällöin vesi valuu pesurin ylemmästä vesitilasta kostuttiin. Kostuttimen täyttövaiheessa täytetään pinta enintään 15 %:iin asti, sillä kokonaisilmapuhaltimen tuoma ilmavirtaus luo mittaukseen noin 10 % pintaa. Pinta syntyy ilmavirtauksen luomasta paineesta. Täyttämällä vain 15 %:iin asti vältetään puhaltimen tuomalta piikiltä mittaukseen, ja varmistetaan, ettei kostutinta täytetä liikaa. Mikäli pinta nousee kostuttimessa liikaa, vesi menee kokonaisilmapuhaltimeen.

Jos savukaasulauhdutinta märkäsäilötään kattilan ollessa päällä, kostutinta ei voida täyttää vesi kostuttimelle säätöventtiilin 2KIV4HTD40AA001 kautta. Autoomaatiossa on esto; venttiiliä ei saada avattua kunnes kokonaisilmapuhallin on ollut pois päältä tietyn ajan. Tämän vuoksi märkäsäilönnässä kostuttimen vesitila pitää tarpeen tullen täyttää kostuttimen pumpun tyhjennyksen kautta vesilet-kulla. Märkäsäilönnän aikana täytetään kostuttimeen enintään 15 % pintaa.

Lauhteenkäsittelyn säiliöistä saostussäiliö, lamelliselkeytin ja pumppaussäiliö täytetään ennen pesurin käynnistämistä. Säiliöt saa täytettyä esimerkiksi saostussäiliön kautta. Vesi valuu tällöin saostussäiliöstä lamelliselkeyttimeen ja lamelliselkeyttimestä pumppaussäiliöön. Vesi täyttöön voidaan ottaa palovesilin-jasta. Täyttö on riittävä, kun pumppaussäiliön pinta on $\approx 50\%$.

6 Vuosihuolto

Ennen vuosihuoltotöitä savukaasulauhdutinpiiri tyhjenetään ja tehdään tarpeelliset sähköiset erotukset. Sähköiset erotukset löytyvät listattuna luvusta 4 Savukaasulauhduttimen sähköiset erotukset. Savukaasulauhduttimen tyhjennyksen ohjeet revisiota varten löytyvät luvusta 5.1 Kuivasäilöntä.

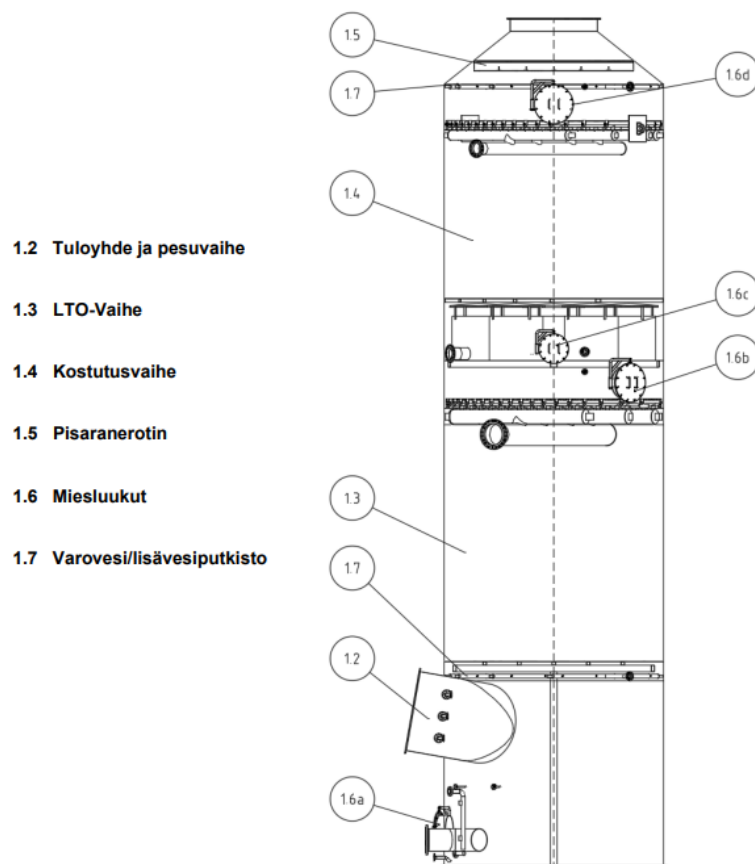
6.1 Telineet

Telineet tulee teettää huoltotöitä varten seuraaviin paikkoihin:

- Kostuttimen miesluukku, 1. krs
- Hiekkasuodattimien miesluukut, 2. krs
- Pesurin vesitila ja nesteenjako miesluukut, 2. krs
- Pesurin nesteenjako miesluukku, 4. krs.

6.2 Savukaasupesuri

Tästä luvusta löytyvät savukaasupesurin vuosihuollon huolto- ja tarkastustoimenpiteet. Alla olevassa kuvassa 10 on pesurin huoltopiirustus.

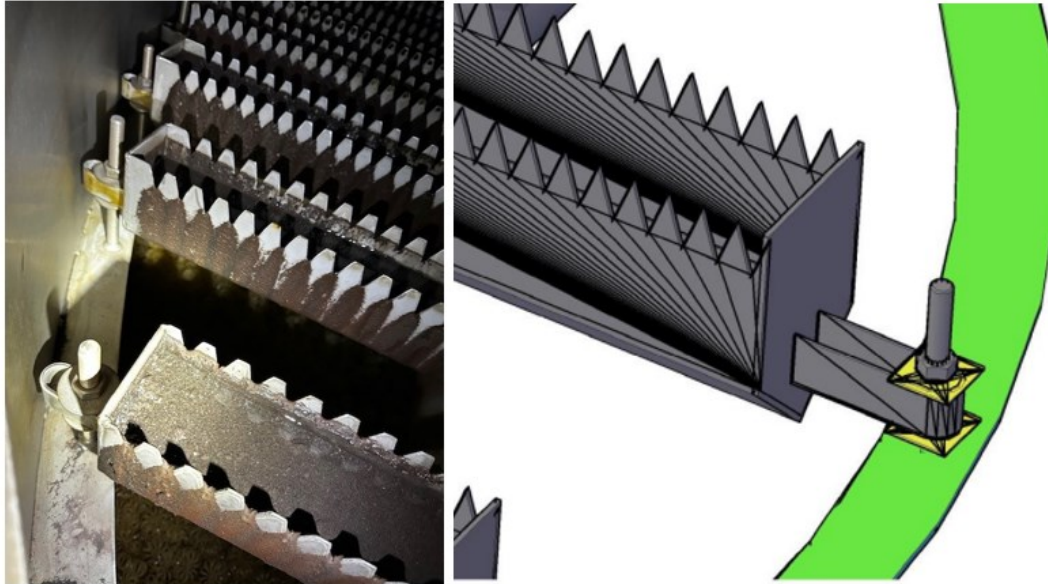


Kuva 10. Savukaasupesurin 2KIV4HTD10AT001 huoltopiirustus [8].

6.2.1 Nesteenjajokourujen säätö

Savukaasulauhduttimessa on nesteenjajokouruja, joiden toiminta tulee tarkastaa vuosihuollossa. Nesteenjajokouruja säädetään päissä olevista

säätöruuveista (kuva 11) lenkkiavaimella. Nesteenjaon tulee olla vaakasuorassa kourujen suunnassa sekä kourujen tulee olla vaakasuorassa keskenään. Säätöjen jälkeen vaakasuoruus voidaan tarkistaa vesivaa'an avulla.



Kuva 11. Säätöruuvit.

Lopullinen tarkastus tehdään kierrättämällä vettä kaukaloihin, jotta voidaan nähdä nesteenjaon tasapuolisuus säätöjen jälkeen. Nesteenjakoja seurataan katsomalla säiliön sisään miesluukusta. Tarkastuksessa olisi suotavaa, että vettä kierrätettäisiin mahdollisimman lähelle normaalin ajotilanteen mukaisilla arvoilla.

LTO-kierron nesteenjaon tarkastus: Toinen LTO-pumpuista laitetaan manuaalille ja käyntiin, sopiva pumpun asetusarvo on noin 80 %. Kun vettä kierrätetään LTO-kierrossa, tulee kostuttimen täyttöventtiiliin 2KIV4HTD33AA001 ja lauhteenpoistoventtiiliin 2KIV4GNB10AA201 olla kiinniasennossa. Nesteenjako on hyvä testata erilaisilla pumpun kierroksilla. Seurataan pesurin alemman vesitilan pintaa, ettei se laske liikaa; muuten lasketaan pumpun kierroksia.

Kostutuskierron nesteenjaon tarkastus: Kostutinpumppu laitetaan manuaalille ja käyntiin, sopiva pumpun asetusarvo on noin 75%. Kostuttimen lauhteen

säätöventtiin 2KIV4HTD50AA001 ja vesi kostuttimelle säätöventtiin 2KIV4HTD40AA001 tulee olla aukiasennossa. Nesteenjako on hyvä testata erilaisilla pumpun kierroksilla. Seurataan kostuttimen vesitilan pintaa, ettei se laske liikaa, muuten lasketaan pumpun kierroksia ja/tai kuristetaan venttiiliä 2KIV4HTD40AA001.

Alla olevassa taulukossa 2 on lauhdeveden kierron ajotilanteita eri päiviltä. Päivät on valittu satunnaisesti tasaisista ajotilanteista ajalta joulukuu 2023–tammi-kuu 2024. Taulukosta voi katsoa, millä kierroksilla pumput ovat käyneet eri päivinä ja missä asennossa venttiilit ovat tällöin olleet. Alimmassa sarakkeessa punaisella korostetulla on näiden ajoarvojen keskiarvo.

Taulukko 2. Savukaasulauhduttimen vesikierto eri päivinä

LTO-pumppu	Lauhteenpoistoventtiili	Vesi kostuttimelle säätöventtiili	Kostuttimen pumppu	Kostuttimen lauhteen säätöventtiili
82,12 %	42,50 %	56,00 %	90,70 %	58,40 %
82,42 %	42,90 %	43,30 %	75,48 %	50,00 %
82,63 %	40,00 %	46,10 %	79,81 %	50,00 %
82,57 %	52,80 %	56 %	90,79 %	57,90 %
≈ 82 %	≈ 45 %	≈ 50 %	≈ 84 %	≈ 54 %

Mikäli nesteenjaon tasaisuus ei parane tarpeeksi säätöruuvien säätöjen jälkeen, virtaukseen voidaan yrittää vaikuttaa kuristuslevyjen avulla. Kuristuslevyt asennetaan hitsaamalla kouruun tuloputken yläpuolelle. Levy putken päällä pakottaa veden virtaamaan nesteenjako kouruissa sivuille päin, jolloin vesi tippuu kouruista tasaisemmin.

6.2.2 Täytekappaleiden kunnan tarkastus

Savukaasupesurissa on kaksi täytekappalepatjaa. Täytekappaleiden (kuva 12) kunto tarkastetaan pistokokeilla; hyväkuntoiset täytekappaleet ovat elastisia,

eivätkä ne halkea puristaessa. Täytekappaleet ovat materiaaliltaan muovia, ja kuumat tai kuivat olosuhteet voivat haurastuttaa muovia ajan saatossa. Täytekappaleiden elinikä on toimittajan mukaan noin 6–8 vuotta. Täytekappaleet ovat pohjaverkon päällä, täytekappalepatjan korkeus on noin 3–4 metriä. Tarkastetaan silmämääräisesti täytekappaleiden pohjaverkon kunto.



Kuva 12. Täytekappaleet kellastuvat ajan saatossa. Värjäntyminen ei kuitenkaan haittaa, vaan kunto testataan puristamalla.

6.2.3 Pisaranerotin kunnan tarkastus

Savukaasulauhduttimen yläosassa on muoviset pisaranerotimet, joiden kunto tarkastetaan vuosihuollossa. Ollessaan likaiset pisaranerotimet pestään vedellä, esimerkiksi painepesurilla. Pisaranerotimet ovat materiaaliltaan muovia. Tarkastetaan ettei muovissa ole halkeamia. Pisaranerotinlevyjien elinikä on noin 6–8 vuotta toimittajan mukaan. Pisaranerotimia asentaessa tulee levyt asentaa nuolet osoittamaan ylöspäin (kuva 13).



Kuva 13. Pisaranerottimet makaavat kannattimien päällä. Levyt tulee asentaa osoittamaan nuolet ylöspäin.

6.2.4 Vesilinjojen suuttimien tarkastus

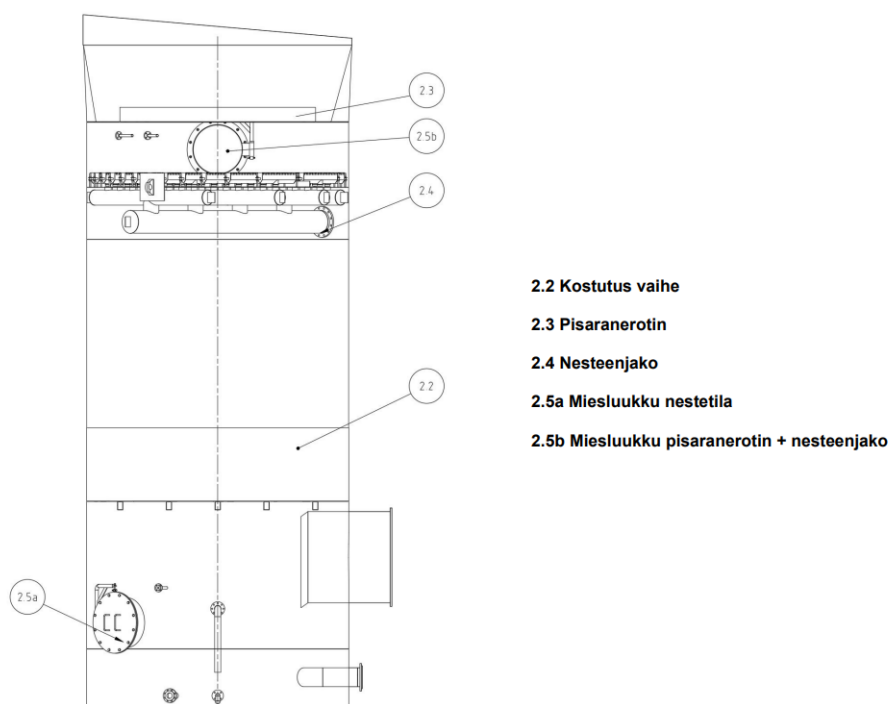
Savukaasulauhduttimessa on vesisuuttimia (kuva 14), joiden kunto tarkastetaan. Suuttimet irrotetaan ja puhdistetaan paineilmalla. Suuttimet vaihdetaan uusiin, mikäli suuttimen reikä on selvästi kulunut (halkaisija yli 8 mm). Suuttimia löytyy savukaasulauhduttimen tuloyhteen jäähdytyksestä 15 kpl happoisia, ja lisäksi varovesi/lisävesiputkistosta kummassakin 16 kpl suuttimia, eli suuttimia koko järjestelmästä löytyy yhteensä 47 kpl. [8.]



Kuva 14. Suuttimia löytyy Kivenlahden lämpölaitoksen varastosta.

6.3 Palamisilman kostutin

Alla olevassa kuvassa 15 on palamisilman kostuttimen huoltopiirustus.



Kuva 15. Palamisilman kostuttimen 2KIV4HLC11AT001 huoltopiirustus [8].

Palamisilman kostuttimesta löytyvät samat komponentit kuin pesurin kostutuskierron nestejaoista: nestejakokourut, täytekappalepatja ja pisaranerotin. Nestejakokourujen, täytekappaleiden ja pisaranerotimien huolto- ja tarkastustoimenpiteet löytyvät luvusta 5.1 Savukaasupesuri. Kostuttimen nestejako tarkastetaan samalla vesikierrolla kuin pesurin kostutuskierron nestejako. Ohjeet löytyvät luvusta 6.2.1 Nestejakokourujen säätö.

Mikäli palamisilman esilämmitin vaihdetaan vuosihuollon yhteydessä, pisaranerotimet ja täytekappaleet tulee poistaa kostuttimesta paloriskin vuoksi. Täytekappaleet imuroidaan säkkeihin imuautolla. Imurointia varten tulee poistaa yksi nestejakokouru tikkaiden edestä ja suojata nousuputki (kuva 16).



Kuva 16. Täytekappaleiden imurointi kostuttimesta.

Täytekappaleet palautetaan kostuttimeen säkeistä esimerkiksi miesluukusta kourun kautta (kuva 17).



Kuva 17. Täytekappaleiden palautus kostuttimeen.

6.4 Lauhteenkäsittelyn säiliöt

6.4.1 Selkeytystankki

Selkeytystankissa (kuva 18) lauhteeseen voidaan lisätä saostuskemikaaleja, polymeeria ja ferrisulfaattia. Sekoitin 2KIV4GNB10AM001 hämmentää lauhdetta saostuksen parantamiseksi.



Kuva 18. Selkeytystankki 2KIV4GND30BB001.

Puhdistetaan säiliö vesihuuhtelulla. Tarpeen mukaan vaihdetaan luukun tiiviste. Tarkastetaan sekoittimen kunto.

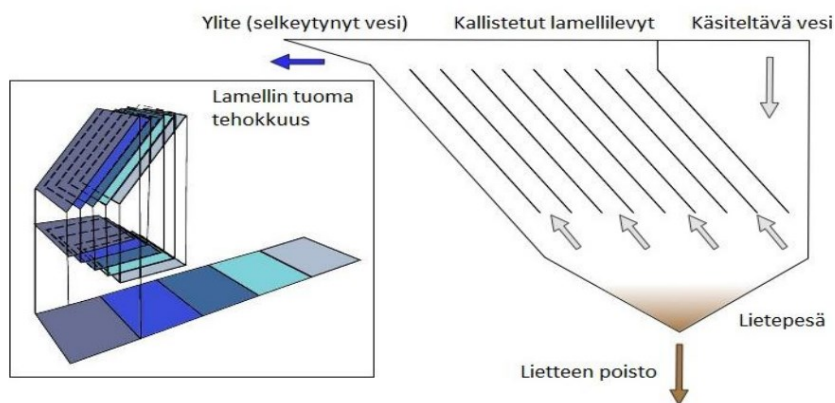
6.4.2 Lamelliselkeytin

Lauhde johdetaan lamelliselkeyttimeen (kuva 19) tuloaukon kautta alas tulokanavaan, josta se lähtee virtaamaan ylöspäin. Nesteen virratessa ylöspäin kiintoaine laskeutuu vinoille samansuuntaisille levyille ja liukuu lamelliselkeyttimen pohjassa olevaan lietetaskuun. [8.]



Kuva 19. Lamelliselkeytin 2KIV4GNB20BB001.

Veden virtausta lamelliselkeyttimessä on havainnollistettu alla olevassa kuvassa 20.



Kuva 20. Veden virtaus lamelliselkeyttimessä [18]. Kallistuneet lamellilevyt tuovat lisää laskeutumisalaa tuhkapartikkeille.

Poistetaan lamelliselkeyttimen levyt ja puhdistetaan ne pehmeällä harjalla ja vedellä (kuva 21). Levyn puhdistus tulee tehdä hellävaraisesti, ettei muovipinnoite naarmuunnu. Muovipinnoitteen hyvänä pitäminen pitää levyn liukkaana, jolloin tuhka valuu paremmin lietetaskuun.



Kuva 21. Puhdistettu levypakka.

Puhdistetaan lamelliselkeytin vesihuuhtelulla. Tarkistetaan, että märkätuhkan putkilinja kattilalle on auki työntämällä vettä linjaan, luku 9.2 Märkätuhkalinjan virtaus. Alla olevassa kuvassa 22 on lamelliselkeytin levyjen kanssa ja ilman levyjä.



Kuva 22. Lamelliselkeytin vasemmalla puolella levyjen kanssa ja oikealla puolella ilman levyjä.

6.4.3 Pumppaussäiliö

Lamelliselkeyttimessä selkeytynyt vesi valuu pumppaussäiliöön (kuva 23), josta kirkaste pumpataan hiekkasuodattimille.



Kuva 23. Pumppaussäiliö 2KIV4GNB40BB001.

Puhdistetaan pumppaussäiliö vesihuuhtelulla. Tarvittaessa vaihdetaan luukun tiiviste.

6.4.4 Hiekkasuodattimet

Hiekkasuodattimet (kuva 24) poistavat lauhteen kiintoainesta. Kiintoainesta, kuten tuhkaa, jää kiinni hiekkasuodattimen hiekkaan lauhteen kulkiessa sen läpi.



Kuva 24. Hiekkasuodattimet 2KIV4GNB50AT001 ja 2KIV4GNB60AT001.

Hiekkasuodattimien hiekka likaantuu ajan myötä. Kun hiekkasuodattimien painemittaukset hälyttävät yhä useammin ja elvytysväli muuttuu tiheäksi, hiekkapeti ei enää suodata hyvin vettä. Tässä tapauksessa tulee hiekka vaihtaa suodattimiin. Hiekkapedin kunto nähdään miesluukuista (kuva 25).



Kuva 25. Hiekan tarkastus revisiossa 2023. Hiekka oli puhdasta, joten hiekkaa ei vaihdettu.

Hiekkasuodattimen pohjassa on vesisuuttimia. Kuvassa 26 putkiston ylimmästä linjasta lähtee hiekkasuodattimesta poistuva lauhde, keskimmäisestä linjasta tulee elvytyksen paineilma ja alimmasta linjasta tulee elvytysvesi. Ilmalinjassa ei ole suuttimia, vaan putkien pohjissa on ilmareiät.



Kuva 26. Hiekkasuodattimen suuttimet ennen ja jälkeen tarkastuksen. Hiekkasuodattimien hiekka vaihdettiin viimeksi vuosihuollossa 2022, jolloin hiekka oli hyvin likaista. Tuhkaa oli päätynyt normaalia enemmän pesuriin letkusuodattimen pölyvuodon vuoksi.

Koska suuttimet sijaitsevat hiekkasuodattimen pohjalla, suuttimien kunto voidaan tarkastaa vain silloin, kun hiekka vaihdetaan suodattimeen. Hiekan vaihdon yhteydessä tarkastetaan, että suuttimet ovat ehjiä, ja tarvittaessa vaihdetaan rikkiäiset suuttimet ehjiin. Suuttimet tulee asentaa suoraan; jos suutin jää vinoon niin hiekkaa pääsee niiden läpi. Kuvassa 27 on hiekkasuodattimen vesisuutin. Tarvittaessa vaihdetaan miesluukkujen tiivisteet.



Kuva 27. Vesisuuttimia löytyy Kivenlahden lämpölaitoksen varastosta.

6.5 Lämmönvaihtimet

Savukaasujen lauhdutuspiirissä on useampi lämmönvaihdin, joita ovat LTO-lämmönvaihdin, kostuttimen lauhteen lämmönvaihdin, lauhteen lämmönvaihdin ja kaksi lämpöpumppua. Lämmönvaihtimien lämmönsiirtokykyä ylläpidetään pesemällä vaihtimia. Lämmönvaihtimien pesua on käsitelty kappaleessa 9.5 Lämmönvaihtimien pesu.

6.5.1 LTO-lämmönvaihdin

LTO-lämmönvaihtimella otetaan suurin osa savukaasulauhteen lämpöenergiasta talteen kaukolämpöveeten. Vaihdin sijaitsee 1. kerroksessa (kuva 28).



Kuva 28. LTO-lämmönvaihdin 2KIV4HTD31AC001.

Lämmönvaihtimen KL-veden puoli tyhjennetään tyhjennysventtiileistä 2KIV4NDB20AA801 ja 2KIV4NDB21AA801. Lauhdepuolelle löytyy myös tyhjennykset vaihtimen vierestä ilman tunnuksia.

Lämmönvaihtimessa on pesuyhteet lauhdepuolella, joita ei olla käytetty, sillä sulkuventtiilien epäillään päästävän liikaa läpi. Vuosihuoltoon 2024 on tulossa lämmönvaihtimeen uusi päätylevy ja pesuyhteet, minkä ansiosta pesu voidaan jatkossa suorittaa turvallisesti asentamalla sokealevyt toisella puolella vaihtimen tuloyhteisiin. Alla olevassa taulukossa 3 on LTO-lämmönvaihtimen teknisiä tietoja.

Taulukko 3. LTO-lämmönvaihtimen teknisiä tietoja [19].

Valmistaja	Malli	Vuosi	Tyyppi	Max. paine (bar)	Max. lämpötila (°C)	Tilavuus (l)
Sondex A/S	S188-IS-16	2019	vesi-vesi	16/16	120	2332,35/2332,35

6.5.2 Kostuttimen lauhteen lämmönvaihdin

Kostuttimen lauhteen lämmönvaihtimella lämmitetään Kibion omakäyttölämmityksen vettä, joka on vesi-glykoliseosta. Glykoli estää nesteen jäätyksen ulkona putkistoissa. Omakäyttölämmityksen vettä lämmitetään kostuttimelta pesuriin palaavalla lauhdevedellä. Vaihdin sijaitsee 3. kerroksessa (kuva 29).



Kuva 29. Kostuttimen lauhteen lämmönvaihdin 2KIV4SBH12AC001.

Kostuttimen lauhteen lämmönvaihdin voidaan ohittaa sekä lauhdepuolella että glykolipuolella. Lauhdepuolen ohitus tapahtuu sulkemalla venttiilit 2KIV4HTD55AA201 ja 2KIV4HTD57AA201. Tällöin kostuttimelta pesurille palaava vesi virtaa suoraan takaisin pesuriin magneettiventtiin 2KIV4HTD50AA001 ollessa auki asennossa. Glykolipuoli ohitetaan avaamalla venttiilit 2KIV4SBH10AA201 ja 2KIV4SBH10AA202 ja sulkemalla venttiilit 2KIV4SBH12AA201 ja 2KIV4SBH13AA201.

Kostuttimen lauhteen lämmönvaihtimesta löytyy pesuyhteet lauhdepuolella. Lauhdepuoli tyhjenetään joko kostuttimen pumpun tyhjennyksen kautta 2KIV4HTD45AA801, tai vaihtoehtoisesti vaihtimen voi tyhjentää pesuyhteiden kautta letkuilla. Vaihtimen glykolipuoli tyhjenetään avaamalla venttiili 2KIV4SBH13AA801, jolloin glykolivesi valuu takaisin glykolin annostelusäiliöön. Alla olevassa taulukossa 4 on kostuttimen lauhteen lämmönvaihtimen teknisiä tietoja.

Taulukko 4. Kostuttimen lauhteen lämmönvaihtimen teknisiä tietoja [19].

Valmistaja	Malli	Vuosi	Tyyppi	Max. paine (bar)	Max. lämpötila (°C)	Tilavuus (l)
Sondex A/S	S100TY-IS-16	2019	vesi-glykoli	16/16	120	89/56,18

6.5.3 Lauhteen lämmönvaihdin

Lauhteen lämmönvaihtimessa otetaan lämpöä talteen prosessista poistuvasta lauhdevedestä. Lauhdevedellä lämmitetään lämpöpumpuille menevää vettä. Lauhteen lämmönvaihdin sijaitsee 2. kerroksessa (kuva 30). Lauhteen lämmönvaihtimelle ei ole ohitusta. Vaihtimelle päätyvä lauhde on yleensä noin 40-asteista, ja lauhteen lämpötila laskee vaihtimen jälkeen noin 20 °C:seen.



Kuva 30. Lauhteen lämmönvaihdin 2KIV4GNB70AC001.

Lauhteen lämmönvaihtimessa on pesuyhteet lauhdepuolella. Lauhdepuoli tyhjennetään venttiilien 2KIV4GNB70AA801 ja 2KIV4GNB50AA802 kautta. Raaka- vesipuoli saadaan tyhjennettyä venttiilistä 2KIV4SBH35AA801. Alla olevassa taulukossa 5 on lauhteen lämmönvaihtimen teknisiä tietoja.

Taulukko 5. Lauhteen lämmönvaihtimen teknisiä tietoja [19].

Valmistaja	Malli	Vuosi	Tyyppi	Max. paine (bar)	Max. lämpötila (°C)	Tilavuus (l)
Sondex A/S	S100SE-IS-16	2019	vesi-vesi	16/16	120	22,90/22,90

6.5.4 Lämpöpumput

Savukaasujen lauhdutukseen kuuluu kaksi lämpöpumppua (kuva 31), joilla lämmitetään kaukolämmön paluuvettä lauhteen lämmönvaihtimessa lämmenteellä vedellä. Lämpöpumppujen kylmäaineena on tetrafluoropropeenina R1234ze. LP1 on lämpöteholtaan 840 kW, ja LP2 on lämpöteholtaan 470 kW. Lämpöpumpuilla saadaan parhaimmillaan siirrettyä > 1 MW kaukolämpövedeen riippuen prosessista poistuvan savukaasulauhteen virtauksesta ja lämpötilasta. Lämpöpumppujen tehon näkee näytöltä kuvasta Kaukolämpö, mittaus 2KIV4NDB20CE902. Kibion lämpöpumpuille tehdään kerran vuodessa määräaikaistarkastus ja -huolto, johon kuuluu esimerkiksi kylmäainevuotomittaukset.



Kuva 31. Lämpöpumput 2KIV4SBH37AP001.

7 Ennakkohuolto ja varaosat

Kostuttimen pumpun ja LTO-pumppujen laakerit ja moottoreiden laakerit rasvataan kahdesti vuodessa. Laakereita rasvataan, jotta vältetään laakerien kitkaa ja kulumista. Laakereita kuluttaa esimerkiksi väärä asennus, puutteellinen

voitelu, pumpun suuret kierrokset, lika, lämpö ja värinä [20]. Alla olevassa taulukossa 6 on sopiva määrä yhdelle rasvauskerralle. Rasvaukset tehdään puolen vuoden välein.

Taulukko 6. Kostuttimen pumpun ja LTO-pumppujen voitelu 6 kuukauden välein.

	Pumpun laakerit	Moottorin laakerit
Kostuttimen pumppu	15 g	10 g
LTO-pumput	20 g	15 g

Rasvaukset tehdään annostelijaprässillä laakereille rasvausnipoista, voiteluun on käytetty SKF LGHP 2/0.4 -voitelurasvaa (kuva 32).



Kuva 32. Rasvaukset tehdään annostelijaprässillä.

Voiteluiden lisäksi kostuttimen pumpulle ja LTO-pumpuille tehdään käytön aikaiset värähtelymittaukset kerran vuodessa. Värähtelymittausten perusteella voidaan tehdä päätelmiä akselin pyörimiseen liittyvien vikojen olemassaolosta ja laakerien kunnosta. Korkeataajuisten värähtelyjen on havaittu kasvavan selvästi, kun voitelu häviää vierintälaakerista tai jokin laakerivika pääsee syntymään. [21.]

Omakäytön kiertopumppu, veden pumppu lauhteen lämmönvaihtimella ja kir- kastepumppu on varusteltu kestovoitelulla. Märkätuhkapumppu on tyypiltään let- kupumppu, johon tarvittaessa lisätään glyseriiniä.

Pumppujen kuntoa on hyvä seurata päivittäin kuuntelemalla. Jos pumppu pumpkaa hyvin, se ei pidä outoa ääntä ja moottori ei kuumene, jolloin voidaan päätellä pumpun yleiskunnon olevan hyvä. Yksi tyypillisin huollon tarve pum- puilla on poksivuoto. Mekaanisessa liukurengastiivisteessä tiivistyspinnat liuku- vat pyörimällä toisiaan vasten. Syy tiivisteiden hajoamiseen voi olla tärinä ja kulu- minen, lämpö tai joissain tiivisteissä käytettävän tiivisteveden epäpuhtaus, joka kuluttaa tiivisteiden liukupinnat käyttökelvottomiksi. [22.]

Taulukossa 7 on savukaasulauhduttimeen kuuluvia varaosia. Toimitusajat ovat suuntaa antavia. Joitain varaosia löytyy osittain valmiiksi Kivenlahden varas- tosta, mutta määrä tulee tarkastaa.

Taulukko 7. Varaosatilanne 1/2024.

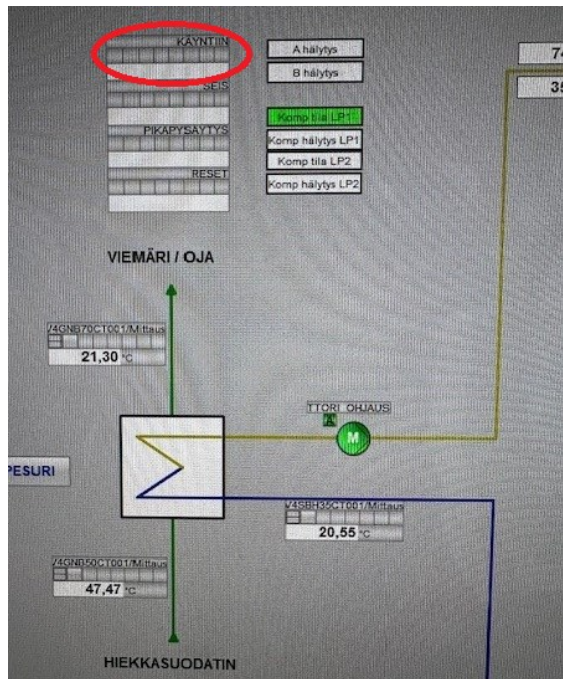
Varaosa	Toimittaja	Toimitusaika	Varastossa
Täytekappaleet	Ehox Tuote Oy	12–14 vk	Ei
Pisaranerottimet	Ehox Tuote Oy	12–14 vk	Ei
Vesilinjojen suuttimet	Ehox Tuote Oy	6–8 vk	kyllä
Hiekkasuodattimien suuttimet	Ehox Tuote Oy	4–6 vk	kyllä
Hiekkasuodattimien hiekka	Sibelco Nordic Oy AB	≥ 2 vk	kyllä
Letkusuodattimet	F.O.S	≥ 2 vk	kyllä
Pumppujen mekaaniset tiivisteet (LTO-, kostutin- ja kirkastepumput)	Sulzer Pumps Finland Oy	≥ 6 vk	kyllä

8 Savukaasulauhduttimen alas- ja ylösajo

Ennen savukaasulauhdutuksen sekvenssin käynnistämistä varmistetaan, että pesurissa, kostuttimessa ja lauhteenkäsittelyn säiliöissä on riittävästi pintaa. Ohjeet täyttöön löytyy luvusta 5.3 Savukaasulauhduttimen täyttö.

Savukaasulauhdutin otetaan käyttöön kattilan ylösajossa, kun ollaan tasaisesti kiinteällä polttoaineella. Tämä tarkoittaa, että kattilan pedin lämpötilat ovat saavuttaneet normaalin 800–870 °C ja lieriön paine on noussut käyttöpaineeseen 8–10 bar. Tämän jälkeen KL-teho voidaan asettaa haluttuun tasoon, minkä jälkeen käynnistetään pesurin sekvenssi. Ohjeet Kibion ylösajoon löytyy Canea Heatista – KIBIO Kattilan käyttö- ja huolto-ohje. [3.]

Kostuttimen sekvenssi otetaan käyttöön, kun LTO-kierto on rauhoittunut ja lauhdetta on alkanut syntyä. Toimittajan ohjeiden mukaan kostutus käynnistetään, kun lauhteen virtausmittaus 2KIV4GNB50CF001 näyttää arvoa $> 2 \text{ m}^3/\text{h}$ [23]. Käynnistetään lämpöpumput (kuva 33), kun lauhdetta alkaa syntyä. Lämpöpumput ovat sarjassa: ensimmäisenä käynnistyy LP1 ja lauhteen virtauksen kasvaessa käynnistyy myös LP2.



Kuva 33. Lämpöpumppu käynnistetään näytöltä kuvasta Lämpöpumppu. Viereistä näkee kompressoreiden tilan. Kuvan tilanteessa LP1 on käynnissä.

Kun savukaasulauhdutin ajetaan alas, ensimmäiseksi kostuttimen sekvenssi painetaan pysäytykselle. Kun kostuttimen pysäytysohjelma on mennyt läpi, elvytetään hiekkasuodattimet. Elvytysohjelman valmistuttua pysäytetään pesurin sekvenssi. Sammutetaan lämpöpumput, kun lauhteen tulo lakkaa pesurilta. Mikäli kattila ajetaan alas savukaasulauhduttimen alasajon yhteydessä, tehot lasketaan ensin minimiin ennen kuin käynnistetään pesurin sekvenssin pysäytysohjelma [3].

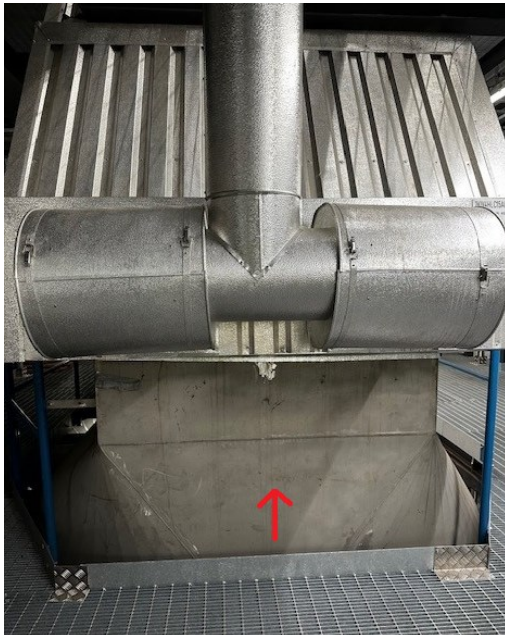
Mikäli letkusuodattimeen tulee pölyvuoto, tuhkapitoisempaa savukaasua päätyy pesuri-kostutinkierto. Tällaisessa tilanteessa pesuri laitetaan mahdollisuuksien

mukaan ohitukselle siksi aikaa, kunnes rikkinäiset kuitusuodattimet saadaan vaihdettua letkusuodattimeen. Tilanne joudutaan arvioimaan aina tapauskohtaisesti. Päätökseen ohittamisesta vaikuttaa esimerkiksi se, kuinka suuri pölyvuoto on, kuinka nopeasti letkusuodatin saadaan korjattua ja onko tapaushetkellä mahdollista korvata savukaasulauhduttimella saatava kaukolämpöteho jollain muulla tuotantotavalla. Tuhka aiheuttaa erilaisia ongelmia savukaasulauhdutukseen. Tuhka muun muassa likaa lämmönsiirtimien pintoja, likaa hiekkasuodattimien hiekkaa ja laskee lauhteen pH-arvoa.

9 Kehitysideat

9.1 Miesluukut pisaranerottimille

Jotta pisaranerottimien puhdistus helpottuisi, ehdotuksena olisi hankkia luukut sekä pesuriin että kostuttimen pisaranerottimien yläpuolelle. Tällöin puhdistusta varten ei tarvitsisi purkaa koko pisaranerotinta ja asentaa levyjä uudelleen. Luukut voitaisiin teettää esimerkiksi vuosihuoltotöinä. Alla olevassa kuvassa 34 ehdotus kostuttimen pisaraluukulle.



Kuva 34. Kostuttimen pisaranerottimien luukku voisi tulla esimerkiksi nuolen osoittamaan kohtaan.

Alla olevassa kuvassa 35 ehdotus pesurin pisaraluukulle.



Kuva 35. Luukku pesurin pisaranerotimille voisi toimia miesluukun läheisyydessä. Vuosihuolloissa rakennettua telinettä voi jatkaa niin, että päästään kaltevalle osuudelle pisaraluukulle.

9.2 Märkätuhkalinjan virtaus

Märkätuhkapumpun tehtävä on pumpata märkätuhkaa lamelliselkeyttimen pohjalta kattilaan, jossa se hyödynnetään polttoaineena. Märkätuhkan pumppauksen syöttö- ja tauko-aika on määritelty kirjoitushetkellä seuraavasti: syöttöaika 2 min, pumpun asetusarvo 36 % ja tauko-aika 1 min, pumpun asetusarvo 29 %.

Jotta saataisiin paremmin selvitettyä märkätuhkan virtauksen tilanne putkilinjassa, hankittiin linjaan juuri ennen kattilaa tyhjennysventtiili (kuva 36). Näin voidaan, katsoa tuleeko pumpulta lietettä, kun märkätuhkapumppu käy.



Kuva 36. Tyhjennysventtiili hitsattiin 22.1.2024 märkätuhkalinjaan juuri ennen kattilaa.

Märkätuhkalinjassa on ollut useasti tilanne, jossa kattilalle ei päädy lietettä ollenkaan. Selvityksen vuoksi tammikuussa 2024 avattiin putken laippa juuri ennen kattilaa. Lietettä ei tullut kattilalle, minkä vuoksi laitettiin raakavettä paineella linjan läpi putken avaamiseksi. Tämän jälkeen jäätin katsomaan, pumpaako pumppu lietettä säädetyillä pumpun kierroksilla (syöttöaika 2 min, pumpun asetusarvo 36 % ja tauko aika 1 min, pumpun asetusarvo 29%), mutta lietettä ei tullut kattilalle asti. Pumppua kokeiltiin käyttää eri kierroksilla, ja huomattiin, että vasta pumpun asetusarvon ollessa 40–50 %, lietettä alkoi tulemaan ulos putkesta.

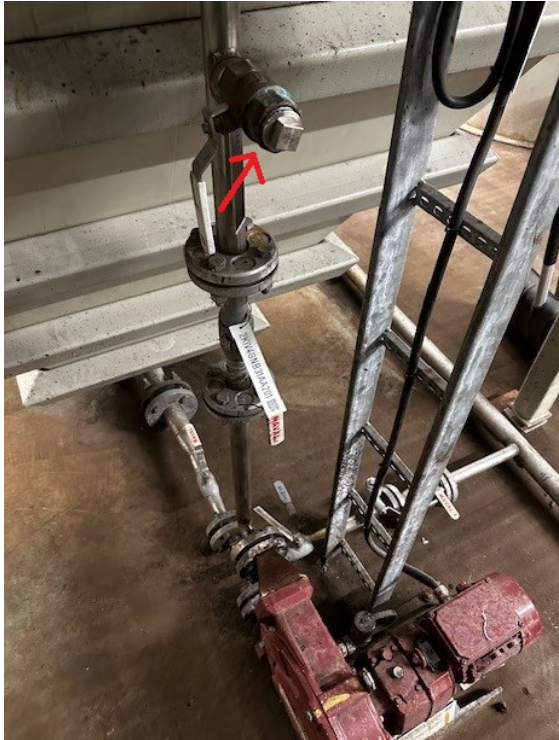
Toisella testikerralla noin viikon jälkeen linja avattiin jälleen vedellä, minkä jälkeen säädettiin pumpun asetusarvo 80 %:iin. Kun pumppaus jätettiin tähän asetusarvoon, tuli lietettä noin 1,2 l/h. Mikäli pumpun tehoa laskettiin alemmas (asetusarvo ≤ 75 %), lietettä ei päätynyt kattilalle ollenkaan. Märkätuhkapumpun letku on mahdollisesti käyttöikänsä päässä, koska aiemmin pumppu on pumpannut alhaisemmillä asetusarvoilla paremmin.

Pumppu jätettiin asetusarvoon 80 %, ja noin viikon päästä katsottiin virtauksen tilanne uudelleen. Lietettä tuli viikon jälkeen huomattavasti vähemmän kattilalle samalla syöttöteholla. Tässä tapauksessa huonoon virtaukseen vaikuttaa

todennäköisesti letkupumpun letkun kunto, mutta myös mahdollisesti linjan tukkiutuminen vähäisen/olemattoman virtauksen vuoksi. Kun virtaus pienenee tai häviää putkilinjasta kokonaan pumpun taukoajalla, tuhkaa pääsee kerääntymään putken pinnalle luoden hiljalleen tukoksia. Erityisesti juuri ennen kattilaa oleva pieni reikä, josta liete päätyy kattilaan, menee helposti tukkoon, mikäli virtauksessa on katkoksia.

Märkätuhkan virtauksen selvittämistä jatketaan pumpun letkun vaihtamisen jälkeen. Toimittajan toiminnankuvauksessa savukaasulauhduttimelle on märkätuhkapumpun kohdalla maininta, jossa pumpulle käynti- ja taukoajoiksi on määritetty 10 min käyntiaika (pumpun asetusarvo 80 %) ja tauko aika 2 min (pumpun asetusarvo 29 %) [24]. Tämä on huomattavasti suurempi syöttömäärä, mitä nykyisillä syöttö- ja taukoajalla saadaan. Letkupumpun letkun vaihtamisen jälkeen katsotaan uudelleen pumpun optimaalinen syöttösykli, mikäli letkun vaihtaminen auttaa pumpun pumppaukseen. Virtaus tulee säätää niin, ettei putki pääsisi missään vaiheessa kuivumaan, vaan linjassa pysyisi jatkuva virtaus. Märkätuhkan virtausta voidaan nyt seurata säännöllisesti tyhjennysventtiililtä.

Märkätuhkalinjan huuhtelu letkupumpun sammuttamisen jälkeen: Tukoksien välttämiseksi tulisi märkätuhkapumpun sammuttamisen jälkeen käydä huuhtelussa linja vedellä, jotta putkeen ei jäisi tuhkaista lietettä, joka voi kuivuessaan tukkia putken. Huuhtelun aikana uusi tyhjennysventtiili avataan kattilan päästä ja pumpun sulkuventtiili 2KIV4GNB31AA201 suljetaan. Vesi laitetaan menemään alla olevassa kuvassa nuolella osoitetusta yhteestä (kuva 37).



Kuva 37. Märkätuhkalinjan avaus pumpun sammuttamisen jälkeen. Letku laitetaan nuolen osoittamasta yhteestä. Pumpun sulkuventtiili tulee sulkea huuhtelun ajaksi.

9.3 Hiekkasuodattimien elvytys

Hiekkasuodattimet ovat viimeinen lauhteen puhdistamiseen käytettävä komponentti. Hiekkasuodattimia on kaksi, joista vain toinen on käytössä pesurin sekvenssin ollessa päällä. Lauhde virtaa hiekkasuodattimen yläpäästä alaspäin hiekkapatjan läpi. Hiekka suodattaa lauhteesta epäpuhtauksia, kuten tuhkaa. Lauhde jatkaa ulos hiekkasuodattimen alaosasta lauhteen lämmönvaihtimelle.

Hiekkasuodattimen suodatuskykyä kuvaa hiekkasuodattimien painemittaukset. Mikäli painemittauksen arvo nousee, se kertoo hiekan likaisuudesta. Likaantuessaan hiekkapeti ei suodata vettä enää tarpeeksi tehokkaasti.

Hiekkasuodattimien likaa poistetaan elvytyksellä, jossa vettä ja paineilmaa ajetaan vastavirtaan suodattimessa alhaalta ylös. Elvytys irrottaa patjasta likaa ja lika kulkeutuu hiekkasuodattimien rejektioventtiileistä takaisin lamelliselkeyttiin. Koska hiekka on raskaampaa kuin tuhka, hiekka ei päädy rejektin

kanssa lamelliselkeyttimeen. Virtaussäätö on kuitenkin tarkka: jos venttiileillä säädetään liian kovat virtaukset elvytysvedelle- ja ilmalle, hiekkakin päätyy ulos suodattimesta. Käyttönoton aikaiset säädöt elvytyksen virtauksille on määritetty seuraavasti: vesi noin $2 \text{ m}^3/\text{h}$ ja ilma noin $50 \text{ l}/\text{min}$. Alla olevassa kuvassa 38 on nähtävissä elvytysveden rotametri ja käsiventtiilit.



Kuva 38. Venttiilien asento on säädetty noin puoliväliin.

Alla olevassa kuvassa 39 on nähtävissä elvytysilman rotametri ja käsiventtiilit.



Kuva 39. Paineilman venttiilit raollaan, jotta virtaus on sopiva. Ilmamäärää ei nähdä luotettavasti rotametrin, sillä takaisku on päästänyt vettä sisään mittariin, jolloin kuula ei näytä todellista ilman virtausta. Takaiskusta on tehty palvelupyyntö.

Tällä hetkellä hiekkasuodattimen elvytys käynnistyy, mikäli suodattimen painemittaus nousee hälytysrajaan 2,5 bar. On todettu, että tämä raja on liian korkea ja elvytykset vaikuttavat enää heikosti hiekkasuodattimen suodatuskykyyn. Ennen vuoden 2022 vuosihuoltoa hiekkasuodattimien elvytysväli oli tiheytyntä lähes jatkuvaksi, eivätkä elvytykset enää auttaneet painemittauksen ollessa korkea. Myös laitteiston toimittajan EHOX tuote Oy käyntiraportissa [24] on maininta, että mikäli hiekkasuodatin vaihtuu painemittauksen ylittäessä hälytysrajan, hiekkasuodattimet tulisi elvyttää neljä kertaa käsin. Kun painemittaus on hälytysrajalla, hiekka on siinä vaiheessa jo todella likaantunutta.

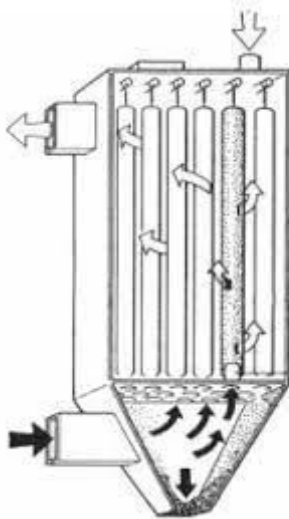
Ehdotus olisi, voisiko elvytysväli vaihtaa aikaan perustuvaksi niin, että hiekkasuodatinta vaihdetaan ajotuntien mukaan. Jos elvytys muutettaisiin aikaan perustuvaan, väli voisi olla esimerkiksi 25 päivän välein eli 600 ajotunnin jälkeen. Aikaan perustuvassa elvytyksessä hyviä puolia on reagointiaika ennen tukoksen syntymistä ja lisäksi nähdään säännöllisin väliajoin, että hiekkasuotimen laitteet toimivat.

Toinen ehdotus hiekkasuotimien suodatuskyvyn ylläpitämiseksi olisi, että hiekkasuodattimet elvytettäisiin aina savukaasulauhduttimen alasajon yhteydessä. Tällöin hiekkasuodattimen hiekka jäisi mahdollisimman puhtaaksi seisokin ajaksi. Toimittajan ohjeissa tästä on ohjeistettu, mutta operaattoreiden haastattelujen perusteella elvytyksiä ei ole tehty alasajojen yhteydessä.

9.4 Letkusuodattimien tarkastus

Letkusuodattimen suodattavat tehokkaasti likaisia savukaasuja. Kuitusuodatin kykenee suodattamaan jopa 0,1 mikrometrin kokoisia hiukkasia, ja sen erotusaste on yleensä lähes sataprosenttinen kaikenkokoisille hiukkasille [25].

Alla olevassa kuvassa 40 on nuolilla esitetty savukaasun kulkeminen letkusuodattimessa. Likainen savukaasu tulee alhaalta sisään letkusuodattimeen. Sukkien läpi suodattuu puhtaampaa ilmaa, ja sukkaan jää kiinni isoimmat hiukkaset. Sukkia puhdistetaan paineilmalla ”pössäyttämällä”, jolloin sukkiin kertynyttä lentotuhkaa putoaa alas suppiloon.



Kuva 40. Savukaasun virtaus letkusuodattimessa [25]. Puhdistusilma tulee letkusuodattimien päältä.

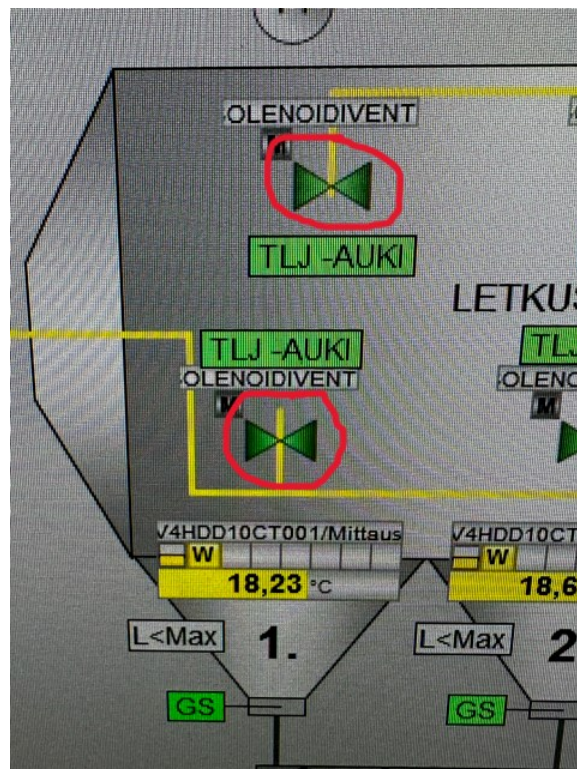
Mikäli letkusuodattimen sukkaan on tullut reikä (kuva 41), pesuriin päätyy tuhkapitoisempaa savukaasua kuin normaalitilanteessa. Tällöin opasiteettimittauksen 2KIV4HNA21CQ002 eli savukaasun hiukkasten määrä nousee. Myös lauhdeveden hiukkaspitoisuus 2KIV4GNB70CQ003 nousee, mikäli tuhkaa ei saada poistettua lauhteenkäsittelyssä. Savukaasulauhteen laatua voidaan silmämääräisesti tarkastaa avaamalla saostussäiliön kantta. Jos lauhde on tuhkaisempaa kuin normaalisti, se voi viitata siihen, että letkusuodattimen sukissa on reikiä.



Kuva 41. Sukassa reikä.

Letkusuodattimen sukkien kunto tarkastetaan aina revisiossa. Mikäli on syytä epäillä, että letkusuodattimessa on reikiä, sukkien tarkastus voidaan tehdä ajon aikana. Tällöin laitosta voidaan ajaa rajoitetulla teholla yhden kammion erotuksen vuoksi. Työskentelyolosuhteet ovat myös huomattavasti huonommat lämmön vuoksi, minkä takia letkusuodattimet kannattaa tarkastaa aina mieluummin silloin, kun laitos on alhaalla. Ajon aikana tarkastus voidaan tehdä seuraavasti:

- Lasketaan laitoksen teho 27 MW:iin. Tehoa rajoittaa yhden kammion erottaminen. Tarkastus voidaan tehdä vain yksi kammio kerrallaan. Kammioita on yhteensä kolme, joissa jokaisessa on kolme kansiluukua (kuva 52).
- Suljetaan valitusta kammioista ensin likaisen puolen pelti ja sen jälkeen puhtaan puolen pelti. Venttiilit löytyvät näytöltä kuvasta Lentotuhka. Kuvan esimerkissä (kuva 42) on ympyröity vastaavat venttiilit kammioista 1.



Kuva 42. Kammion 1 tarkastuksen aikana tulee ympyröityjen venttiilien olla suljettuna. Ensinnäkin suljetaan ensin likaisen puolen pelti, sitten puhtaan puolen pelti. Venttiilit voidaan sulkea vasta kun tehot on laskettu 27 MW:iin.

- Lukitaan likaisen puolen pelti paikan päältä, 2. krs (kuva 43)



Kuva 43. Pelti lukitaan laittamalla rautakanki sylinterin päällä olevista rei'istä.

- Lukitaan puhtaan puolen pelti paikalta löytyvällä kierretankopätkällä.



Kuva 44. Puhtaan puolen pelti lukitaan paikalta löytyvällä kierretankopätkällä.

- Suljetaan puhdistusilmaventtiili halutusta kammiosta (Kuva 45).



Kuva 45. Suljetaan punainen puhdistusilmaventtiili oikeasta kammiosta.

- Nostetaan valitun kammion kansiluukut taljojen avulla nostimella (kuva 46). Kuvan esimerkissä (kuva 47) on merkitty nuolin 1-kammion kansiluukut. Kammiot menevät järjestyksessä, 2-kammio sijaitsee keskellä.



Kuva 46. Kannot nostetaan kuvassa näkyvän nostimen avulla sivuun.



Kuva 47. 1-kammion kansiluukut.

- Kansiluukun alla on vielä toinen luukku. Käytetään samaa nostinta luukun siirtämiseen.
- Sukkavuodon voi havaita tuhkakertymänä laippojen läheisyydessä. Tarkempi tarkastus tehdään katsomalla sukan sisään. Alla olevassa kuvassa 48 on ehjä ja rikkinäinen sukka vierekkäin. Rikkinäisen sukan tunnistaa väristä: ehjä sukka on tummempi, kun rikkinäinen sukka on vaalea tuhkasta. Myös sukan kehikon päälle on voinut jäädä hienoa tuhkaa. Vertailua voi tehdä myös nostamalla sukkaa ylöspäin: rikkinäinen sukka on raskaampi nostaa ylös kuin ehjä sukka.



Kuva 48. Vasemmalla ehjä sukka, oikealla rikkinäinen sukka.

- Sukkien päällä menee paineilmaputket, jotka tulee poistaa edestä ennen sukan vaihtoa. Sukat vaihdetaan nostamalla ensin tukikehikko suoraan ylös. Kehikko nostetaan kahdessa osassa, jossa on kiinnityskohta keskellä. Avataan lukitus pihtien avulla, mikäli kehikko ei lähde irti kallistamalla. Kehikon poiston jälkeen sukan saa irrotettua reunoista.
- Uusi sukka asennetaan kiinnittämällä se reunoihin. Kiinnittymisen tuntee käsin kun se loksahdaa paikoilleen. Tukikehikko lasketaan paikalleen sukan kiinnittämisen jälkeen.

9.5 Lämmönvaihtimien pesu

Lämmönvaihtimia pestään lämmönsiirtokyvyn ylläpitämiseksi. Jo 0,4 millimetrin kerrostuma levyn pinnalla pudottaa siirtimen tehon puoleen. Savukaasulauhduttimen lämmönvaihtimia pestään pääasiassa herkemmin likaantuvalla puolelta eli lauhdepuolelta. Lämmönvaihtimia voidaan pestä mekaanisesti painepesurilla, harjalla ja miedolla pesuliuksella tai CIP-pesulla eli kemiallisella kierrätyspesulla. [26.] Lämmönvaihtimia olisi suotava pestä herkemmin likaantuvalla puolelta ainakin kerran vuodessa vuosihuollon aikana.

Isoa LTO-lämmönvaihdinta ei oltu ennen vuoden 2023 vuosihuoltoa pesty kertaakaan käyttöönoton jälkeen. Vuoden 2022 syksyllä lämmönvaihdin alkoi viitataamaan likaisuuteen, sillä paine vaihtimessa nousi ja tämän vuoksi kaukolämpöveden virtausta vaihtimeen tuli ohittaa. Vuosihuollossa vaihdin avattiin ja pestiin mekaanisesti lauhde- ja kaukolämpöpuolelta.

Vaihdin ei kuitenkaan läpäissyt painetestiä, vaan se vuosi useasta kohtaa. Syksyllä 2023 LTO-lämmönvaihtimeen vaihdettiin uusi levypakka, sillä aiemmat levyt olivat täynnä reikiä kiveniskujen seurauksena. Kiviä oli päässyt lämmönvaihtimeen imusihtien puuttuessa KL-pumpuilta (kuva 49). Levyjä on voinut hajottaa kivien lisäksi vaihtimessa likaisuuden vuoksi vallinnut suuri paine.

Koska lämmönvaihdin oli likainen ja täynnä kiviä, paine vaihtimessa kasvoi suureksi. Jotta vaihtimen likaantumista voitaisiin seurata paremmin, on lämmönvaihtimen yli kaukolämpöpuolelle sekä lauhdepuolelle ehdotettu investoitavaksi paine-eromittaukset. Tällöin ei pääse syntymään tilannetta, jossa paine ehtii

kasvamaan yli vaihtimen sietokyvyn. Investointiajatuksista on tehty palvelu-
pyyntö, ja paine-eromittaukset on ajateltu tehtäväksi vuosihuollossa 2024.



Kuva 49. Kiviä oli päätyntä tavallista enemmän lämmönvaihtimeen, sillä KL-pumpuilla ei ollut imusihtejä.

Alla olevassa kuvassa 50 on lämmönvaihtimen uusi levypakka.



Kuva 50. LTO-lämmönvaihtimen saatiin uusi levypakka 28.11.2023.

LTO-lämmönvaihtimessa likaantuu lauhdepuolen lisäksi herkästi myös kaukolämpöpuoli. Likaantumista voivat kiihdyttää suuret kaukolämpökuormat, jolloin suurempi virtaus voi irrottaa verkkoon kertynyttä kiintoainesta liikkeelle. Myös suurella kuormalla veden lämpötila on korkeimmillaan, jolloin putkiston lämpöliike voi irrottaa putkien kerrostumia kiertoveteen. [27.] KL-pumppujen imusihdit ovat myös oleellisessa roolissa vaihtimelle päätyvän kaukolämpöveden puhtaaksi pitämisessä; koriin suodattuu isommat kivet ja muut epäpuhtaudet.

LTO-lämmönvaihtimeen saadaan pesuyhteet vuosihuoltoon 2024. Vaihtimessa on jo ennaltaan pesuyhteet lauhdepuolella, mutta niitä ei ole käytetty, koska läpävientiilien epäillään päästävän liikaa läpi, jolloin pesuhappoa päätyisi putkilinjoihin. Uudet pesuyhteet tulevat vaihtimen toiselle puolelle, jolloin tulopuolen neljä laippaa voidaan sokeoida. Tulevissa pesuyhteissä pesumahdollisuus tulee myös kaukolämpöpuolelle.

Lämmönvaihtimia on mahdollista pestä Suomenojan voimalaitokselta löytyvällä pesukoneikolla (kuva 51). Tätä varten tarvitsee hankkia sopiva happo ja neutraalointiaine. Käytetty pesuaine voitaisiin mahdollisuuksien mukaan viedä neutraloitavaksi Suomenojan voimalaitoksen neutralointialtaaseen.



Kuva 51. Suomenojan voimalaitoksen lämmönvaihtimien pesuun tarkoitettu pesukone.

Pesukoneikolla tehtävä pesu sopisi järkevimmin lauhteen lämmönvaihtimen ja kostuttimen lauhteen lämmönvaihtimen pesuun. Näiden lämmönvaihtimien lauhdepuolien tilavuudet ovat 89 l ja 64 l. Tähän asti pesu on ulkoistettu, esimerkiksi vuoden 2023 vuosihuollossa KL-lämpö Oy pesi ketjutettuna pienet lämmönvaihtimet. Mikäli pesu voitaisiin suorittaa itsenäisesti, ja tilata täytyisi vain pesukemikaalit ja pesujätteen vaarallisten aineiden kuljetus, syntyisi kustannussäästöjä, sillä ulkopuolisia urakoitsijoita ei tarvitsisi tilata pesua varten. Kannattavuuteen vaikuttaa oleellisesti työpaikan miehitys; jääkö aikaa lämmönvaihtimien pesuille muiden vuosihuoltoon liittyvien töiden hoitamisen rinnalla.

Isomman LTO-lämmönvaihtimen pesussa pesukoneikolla tulisi pesuainetäyttöä tehdä useampi toisto, jotta linjaan saadaan vaihtimen lauhdepuolen tilavuuden viemä määrä $\approx 2\,300$ l pesuainetta. Mikäli LTO-vaihdin päädyttäisiin pesemään myös KL-puolelta, määrä on kaksinkertainen eli $\approx 4\,600$ l pesuainetta. Annostelun monimutkaistumisen lisäksi ison LTO-vaihtimen pesusta syntyy enemmän pesujätekontteja, joiden kuljettaminen on työlästä ja aikaa vievää.

Mikäli tulevaisuudessa Kivenlahteen saataisiin tyhjiä IBC-kontteja ja oma pesukoneikko, jota säilytettäisiin lämmönvaihtimien läheisyydessä, lämmönvaihtimien pesuoperaatio omalla henkilökunnalla muuttuisi vähemmän työlääksi. Tällöin tarvitsisi tilata vain kemikaalit ja yksi vaarallisten aineiden rahtikuljetus Kivenlahdesta Suomejoelle tai vaihtoehtoisesti kuljetuksen lisäksi pesujätteen neutralointipalvelu jostain muualta kuin Suomejoelta. Tyhjät, puhdistetut IBC-kontit voidaan kuljettaa pakettiautolla takaisin Kivenlahteen.

9.6 Saostuskemikaalien annostelu

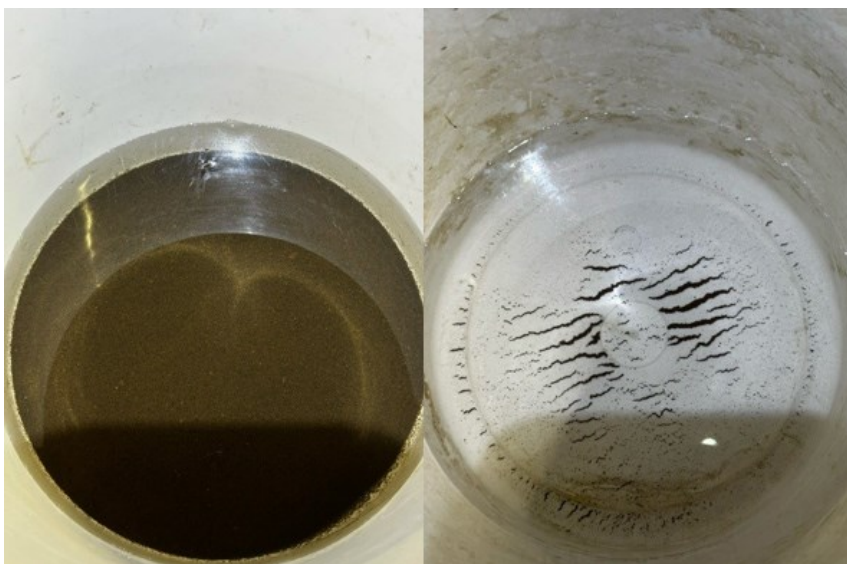
Savukaasulauhduttimen lauhteen kiintoainemittaus (myös sameus- tai hiukkasmittaus) mittaa savukaasulauhteen kiintoainepitoisuutta yksikössä mg/l. Kiintoaineen määrälle lauhteessa on asetettu raja-arvot vuorokausikeskiarvoina. Lauhdetta voi ajaa sadevesiviemärin kautta ojaan, kun kiintoainepitoisuus on alle 20 mg/l ja jätevesiviemäriin, kun kiintoainepitoisuus on alle 50 mg/l. [28.]

Kiintoaineen poistamiseksi lauhteenkäsittelyssä voidaan käyttää saostuskemikaaleja, ferrisulfaatti (PIX-105) ja polymeria (Superfloc A-1280).

Saostuskemikaalien toimintaa on kuvattu luvussa 3.4.2 Kemiallinen saostaminen. Ferrisulfaattia (PIX-105) ja polymeria (Superfloc A-1280) ei olla käytetty Kibion savukaasulauhdutuksen prosessissa käytännössä ollenkaan eri syistä. Polymeerin pistoke oli hajonneena eikä tiedetä, kuinka kauan pumppu oli ollut pois päältä. Käyttöön otosta alkaen on ollut myös ongelmia ferrisulfaatin syötön suhteen, sillä pumppu on käynyt mutta pinta ei ollut laskenut säiliöstä. Kemikaalien syötön käyttöönottoon ei olla tähän asti lähdetty paneutumaan, koska vesiarvojen kannalta näiden kemikaalien syöttö ei ole ollut välttämätöntä.

Saostuskemikaalien syöttö ei ole ollut välttämätöntä, koska lauhteen hiukkaspitoisuus ei ole noussut raja-arvon yläpuolelle. Esimerkiksi MetropoliLab Oy:n tekemässä lauhteen näytteenotossa 18.12.2023 kiintoaineen pitoisuus oli ollut < 1 mg/l. On kuitenkin todennäköistä, että saostuskemikaalien syöttö pitäisi hiekkasuodattimen hiekan puhtaampana pidempään ja kattilaan saataisiin palautettua yhä tuhkapitoisempaa lietettä. Vesiarvoihin vaikuttaa myös oleellisesti se, kuinka hiukkaspitoista savukaasua pesuriin päätyy. Tähän vaikuttaa letkusuodattimen kunto.

Koska tutkimuskohteena on lamelliselkeyttimen toiminta ilman kemikaaleja, vesinäytteet otettiin ämpäreihin märkätuhkapumpulta lähtevästä linjasta ja kirkasteypumpulta lähtevästä linjasta. Kuvassa 52 näkee silmämääräisesti eron veden tuhkapitoisuudessa; lamelliselkeyttimen vesi on selvästi tuhkaisempaa kuin pumppaussäiliössä oleva vesi. Tämä viittaa vahvasti siihen, että lamelliselkeyttin erottaa tuhkaa ilman kemikaaleja.



Kuva 52. Lamelliselkeyttimen liete on selvästi tuhkapitoisempaa kuin kirkaste. Näyte on otettu 16.12.2023 ennen letkusuodattimen pölyvuotoa.

On kuitenkin mahdollista, että kiintoaineen erottelua lamelliselkeyttimessä saataisiin edelleen tehostettua saostuskemikaaleja käyttämällä, ja kuvan 52 oikeanpuoleisen ämpäriin tuhkamäärää saataisiin edelleen vähennettyä. Tällöin hiekkasuodattimeen päätyisi puhtaampaa lauhdetta, jolloin hiekkasuodattimen hiekan vaihtoväli harvenee. Lamelliselkeyttimen levyt olivat todella likaiset vuoden 2023 vuosihuollossa. Kemikaalien syöttö saattaisi estää tuhkan pinttymistä liukupinnalle.

Poistuvan lauhteen kiintoaineen poistamiseksi hiekkasuodattimien suodatuskyky on riittävä, varsinkin tilanteessa jossa letkusuodattimet ovat kunnossa. Kemikaalien syöttö voisikin tulla kyseeseen esimerkiksi semmoisessa tilanteessa, jossa havaitaan pölyvuoto letkusuodattimessa. Mikäli pölyvuoto on suuri, pesuri voidaan joutua ohittamaan kuitusuodattimien vaihdon ajaksi. Jos pölyarvot ovat vielä havaintohetkellä maltilliset ja letkusuodattimien tarkastus saadaan tehtyä lyhyellä aikavälillä, kemikaalien syötöllä voitaisiin tehostaa tuhkan poistoa lamelliselkeyttimessä niin, että vähemmän tuhkaa päätyisi hiekkasuodattimelle ja enemmän tuhkaa saataisiin palautettua kattilaan.

Märkätuhkan palautusjärjestelmä on rakennettu laitokselle, minkä vuoksi saostuskemikaalien käytön hyödyllisyyttä tuhkan erottelussa kannattaa jatkotutkia.

Jotta voidaan tutkia tarkemmin kemikaalien syötön vaikutusta kiintoaineen poistamiseksi, tulee lauhteesta ottaa vesinäytteitä eri kohdista ja lähettää kiintoainepitoisuuden analyysiin. Näytteet otettaisiin 1. ennen lamelliselkeytintä (kuva 53), 2. märkätuhkalinjan tyhjennysventtiililtä (kuva 36) ja 3. lamelliselkeyttimen jälkeen (kuva 53).



Kuva 53. Näyte ennen lamelliselkeytintä voidaan ottaa saostussäiliöstä ja näyte lamelliselkeyttimen jälkeen kirkastepumpun jälkeisestä painemittarin yhteestä.

Näytteet otettaisiin tällä hetkellä vallitsevasta tilanteesta, jossa kemikaaleja ei syötetä, ja kemikaalien syöttämisen jälkeen. Kemikaaleja syötettäisiin tietty ajanjakso, testin luotettavuutta ajatellen esimerkiksi vähintään 7 päivää, jonka jälkeen otetaan vesinäytteet. Tällä tavalla saataisiin selville, kuinka paljon lamelliselkeytin poistaa kiintoainesta ilman kemikaaleja ja millainen vaikutus ferrisulfaatilla ja polymeerillä on kiintoaineen poistamiseksi. Samalla voidaan seurata, tuleeko lauhteen jatkuvatoimisen hiukkasmittauksen 2KIV4GNB50CF001 arvoon merkittävää muutosta.

Testin jälkeen voidaan luotettavammin arvioida, kannattaako saostuskemikaaleja käyttää prosessissa. Kemikaalien käyttö lisää kustannuksia, mutta syöttö

voi pidentää hiekkasuodattimen hiekan vaihtoväliä, mikä vaikuttaa kannattavuuteen. On otettava huomioon, että saostuskemikaaleista ferrisulfaatti alhaisen pH-arvonsa vuoksi muuttaa lauhdetta happamaksi. Tämän vuoksi lipeää eli natriumhydroksidia joudutaan syöttämään enemmän lauhteenkäsittelyssä lauhteen neutraloimiseksi.

10 Yhteenveto

Savukaasulauhduttimen säännöllisillä huolto- ja tarkastustoimenpiteillä varmistetaan sen moitteeton toimivuus. Huolloilla on suoria vaikutuksia savukaasulauhduttimesta saatavaan tehoon. Esimerkiksi nesteenjaon tasaisuus ja lämmönvaihtimien puhtaus vaikuttaa paljon siihen, kuinka paljon lämpöenergiaa saadaan savukaasuista siirrettyä kaukolämmön paluuveteen. Tässä suunnitelmassa listattujen huolto- ja tarkastustoimenpiteiden lisäksi tärkeässä roolissa on käynnissäpitäjien ja valvomonhoitajien päivittäinen tarkkailu prosessipoikkeamille. Jatkuvatöimisellä seurannalla voidaan estää laitteiden hajoamista ja välttyä tuotantomenetyksiltä.

Valmiista käyttö- ja huoltosuunnitelmasta tuli laaja. Savukaasujen lauhdutusprosessi on monivaiheinen sisältäen pesurin, kostuttimen ja lauhteenkäsittelyn. Tämän vuoksi esimerkiksi savukaasulauhduttimen ylös- ja alasajon käsittely jäi suppeammaksi, mitä oli alkuperäisessä suunnitelmassa tarkoitus. Insinööriä tehtäessä opin kattavasti savukaasulauhduttimen prosessin toiminnasta ja laitteista. Fortumin henkilökunta voi tulevaisuudessa hyödyntää valmista työtä esimerkiksi vuosihuoltosuunnittelussa.

Lähteet

- 1 Päätös – Nro 281/2022 Dnro ESAVI/31834/2022, Kivenlahden lämpökeskuksen hakekattilalla K4 tapahtuvaa jätepolttoaineen rinnakkaispolttoa koskeva koetoiminta, Espoo. 2022. Aluehallintovirasto. Verkkoaineisto. <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjngr3gsvO-DAXogv0HHciyBwcQFnoECA8QAQ&url=https%3A%2F%2Fylupa.avi.fi%2Fapi%2Fv1%2Fdocuments%2Fattachment%2F13141799&usg=AOvVaw0WCUO-aUzLOh78Gxx3EO0i5&opi=89978449>>. 23.9.2022. Luettu 15.10.2023.
- 2 Kierrätyspolttoaine on joustava ja kotimainen polttoaine. 2010. Verkkoaineisto. Kierrätysteollisuus ry. <<https://www.sttinfo.fi/tiedote/43468/kierratyspolttoaine-on-joustava-ja-kotimainen-polttoaine?publisherId=1743>>. 31.5.2010. Luettu 30.10.2023.
- 3 20037 KIBIO Kuumavesikattilan käyttö- ja huolto-ohje. 2020. Manuaali. Kpa unicon. 31.1.2020. Luettu 30.10.2023.
- 4 Fortum rakentaa Kivenlahteen biolämpölaitoksen korvaamaan Suomenojan vanhan hiililämpökattilan. 2018. Verkkoaineisto. Fortum Oyj. <<https://www.fortum.fi/media/2018/10/fortum-rakentaa-kivenlahteen-biolampolaitoksen-korvaamaan-suomenojan-vanhan-hiililampokattilan>>. 23.10.2018. Luettu 15.10.2023.
- 5 Törmänen, Aleks. 2013. Hyötysuhdelaskenta Keravan Energian biovoimalaitokselle. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 6 Fescon toimittaa petihiekkaa Alva-yhtiöiden voimalaitoksiin. 2020. Verkkoaineisto. Fescon. <<https://www.fescon.fi/ajankohtaista/2020/11/24/fescon-toimittaa-petihiekkaa-alva-yhtioiden-voimalaitoksiin>>. 24.11.2020. Luettu 2.11.2023.
- 7 Helenius, Waltter. 2015. Kuoren energiasisällön säilyttäminen sellutehtaalla. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 8 Fortum Power and Heat Oy Kivenlahti bioHOB Laitoksen käyttö- ja huolto-ohjeet. 2020. Manuaali. Ehox tuote Oy. 20.02.2020. Luettu 7.11.2023.
- 9 Haponen, Hermann. 2023. Palamisilman kostuttimen käyttö kaukolämmön tuotannossa. Kandidaatintyö. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT. LUTPub-julkaisuarkisto.

- 10 Savukaasujen lauhdutusprosessi. Verkkoaineisto. Ehox Tuote Oy. <https://www.ehox.fi/lauhdutus_pro.htm>. Luettu 20.11.2023.
- 11 Karttunen, Hannu. Kosteus. Ursa, Tuorlan observatorio. Verkkoaineisto. <<https://www.astro.utu.fi/zubi/weather/humidity.htm>>. Luettu 25.11.2023.
- 12 Pisananerotin pystyvirtauksille. 2024. Verkkoaineisto. Grönmark. <<https://www.gronmark.fi/tuote/pisananerotin-pystyvirtauksille/>>. Luettu 13.12.2023.
- 13 Hyytiäinen, Hanna. 2022. Kemiallisen saostuksen optimointi kanaalijäteveden esikäsittelyssä. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 14 Järviö, Joonas. 2022. Vesilaitoksen ohjaus ja kemikaalien optimointi. Opinnäytetyö. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 15 Kemira Pix-105. 2023. Käyttöturvallisuustiedote. Kemira Oyj. 2.3.2023. Luettu 14.12.2023.
- 16 Kopsala, Sari. 2014. Lietteen käsittelyssä käytettyjen koagulanttien vaikutus mädätysprosessiin. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu HAMK. Theseus-tietokanta.
- 17 Superfloc A-1820. 2022. Käyttöturvallisuustiedote. Kemira Oyj. 7.12.2022. Luettu 14.12.2023.
- 18 Huttunen, Janne. 2015. Putkiselkeyttimen suunnittelu, rakentaminen ja testaus. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88725/Huttunen_Janne.pdf?sequence=1>. 27.3.2015. Luettu 10.1.2024.
- 19 KiBio korjauksia ja tilauksia. 06/2019. Savukaasu ja tuhka palje, Lämmönvaihtimet. Yrityksen sisäinen aineisto.
- 20 Laakerien vikaantuminen. 2023. Verkkoaineisto. Zener Oy. <<https://www.zener.fi/laakerien-vikaantuminen/>>. 30.5.2023. Luettu 13.1.2024.
- 21 Värähtelymittaukset. Edu.fi oppimateriaalit, kunnossapito menestystekijä. Verkkoaineisto. Edu.fi. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_k2_varahtelymittaukset.html>. Luettu 13.1.2024.
- 22 Kauhanen, Ville. 2012. Tiivistevesijärjestelmän kartoitus. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

- 23 Sairanen, Mika. 2022. Savukaasujen lauhdutus toiminnankuvaus. Manuaali. Ehox tuote Oy. 23.2.2022.
- 24 Raportti käynnistä 05.07.2022 / Kivenlahti. 6.7.2022 PDF-tiedosto. Ehox Tuote Oy.
- 25 Niemi, Sami. 2016. Savukaasujen jälkikäsittelyjärjestelmä. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 26 Lämmönsiirtimien puhdistuspalvelut (CIP-pesut). Verkkoaineisto. KL-lämpö Oy. <<https://www.kl-lampo.com/palveluratkaisut/kiinteistotekniikan-palvelut/lammonsiirrinpalvelut/lammonsiirtimien-puhdistuspalvelut-cip-pesut/135>>. Luettu 9.1.2024.
- 27 Järvelä, Ville. 2018. Savukaasupesurin levylämmönsiirtimen likaantuminen biovoimalaitoksessa. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. LUTPub-julkaisuarkisto.
- 28 Lepistö, Henna. 2023. Savukaasulauhteen pH-, johtokyky- ja kiintoainean-tureiden kalibrointi ja huolto Kivenlahden lämpökeskuksella. Fortum käyttöohje. 12.9.2023.

pH-antureiden säilöntä

1.6 pH-antureiden säilöntä

Kun laitos on revisiossa, eli pH-antureille ei tule näytettä, on anturit säilöttävä 3 mol KCl-liuokseen, jota löytyy Kivenlahden laboratoriosta. Kaada säilöntäputkeen pieni määrä KCl-liuosta ja laita anturi säilöntäputkeen. Tarkasta, että anturi on kunnolla KCl-liuoksessa. Anturi ja säilöntäputki jätetään mittauksen lähelle kuten kuvassa 10. Kun anturi otetaan takaisin käyttöön, tee kalibrointi yllä olevan ohjeen mukaisesti.



Kuva 10.

Laitoksen ollessa alhaalla muulloin kuin revision aikana on kuitenkin pidettävä huolta, etteivät anturit kuivu. On hyvä tarkastaa, että antureiden ”kupeissa” mihin näyte tulee, on vettä myös silloin, kun näyttelinja on kiinni. Kuppeihin voi lisätä suolatonta vettä nokkapullolla.