

Toni Jantunen

KATTILAVESIEN LAADUN SEURANTA JA TOIMINTAOHJE
TUOTANTOLINJA 4:N KATTILAVESIEN HAPPIPITOISUUDEN
HALLITSEMISEKSI

Kemiantekniikan koulutusohjelma

Kemiantekniikka

2011

KATTILAVESIEN LAADUN SEURANTA JA TOIMINTAOHJE
TUONTANTOLINJA 4:N KATTILAVESIEN HAPPIPITOISUUDEN
HALLITSEMISEKSI

Jantunen, Toni

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Kemiantekniikan koulutusohjelma

Heinäkuu 2011

Ohjaaja: lehtori, dipl.ins. Hannelius Timo, SAMK

Valvoja: TL 4:n kehityspäällikkö, dipl.ins. Kunnas Joni, Neste Oil Oyj

Sivumäärä: 40

Liitteitä: 6

Asiasanat: kattilavesi, kaasunpoistin, höyrykehitin

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä Porvoon jalostamon tuotantolinja 4:n pohjaöljy-yksikön kattilavesijärjestelmään ja luoda toimintaohje vesi-höyrypiirin happipitoisuuden minimoimiseksi. Liiallinen happipitoisuus kattilavedessä aiheuttaa korroosiota, mutta oikeanlaisella vedenkäsittelyllä kattilaveden happipitoisuus saadaan alhaiseksi, jolloin voidaan taata pitkäaikainen käyttöikä vesi-höyrypiirin laitteille.

Tuotantolinja 4:llä kattilaveden hapenpoistoon käytetään termistä kaasunpoistinta BG-75001, jonka jälkeen veteen syötetään Boilex 510A hapensitojakemikaalia (0,5 - 1,0 mg kemikaalia / l kattilavettä), joka eliminoi vedestä jäännöshapen. Kevään seisokissa 2011 tehdyt kaasunpoistimen muutostyöt paransivat sen kiehutustehokkuutta, jonka johdosta happipitoisuus on tällä hetkellä sille asetetun ohjearvon (< 20 ppb) mukainen. Tämän osoittavat kokeellisessa osassa tehdyt kattilaveden happipitoisuusmittaukset. Viimeisen vuoden aikana laboratorioissa analysoiduista kattilavesinäytteistä voidaan todeta kattilaveden pH:n, kovuuden ja Boilex 510A kemikaalin ylimäärän olevan niille asetettujen ohjearvojen mukaiset, mutta kattilaveden rautapitoisuus on hieman koholla.

Työn tuloksiin on koottu optimaaliset operointiarvot kaasunpoistimille BG-75001, jolloin kattilaveden happipitoisuus on alhaisimmillaan. Työn tuloksiin on lisäksi laadittu operointiohje höyrykehittimen EA-73009 vaippapuolen happipitoisuuden minimoimiseksi.

QUALITY STANDARDS OF BOILER WATER AND INSTRUCTIONS TO CONTROL THE OXYGEN CONCENTRATION OF BOILER WATER IN PRODUCTION LINE 4

Jantunen, Toni

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Chemical Engineering

July 2011

Supervisor: Lecturer, M.Sc. Hannelius Timo, Satakunta University of Applied Sci.

Supervisor: Development Manager of PL 4, M.Sc. Kunnas Joni, Neste Oil Oyj

Number of pages: 40

Appendices: 6

Keywords: boiler water, deaerator, steam generator

The purpose of this thesis was to study the boiler water system in the residual oil cracking unit. The unit in this case was the production line 4 at Neste Oil refinery in Porvoo, Finland. In addition, there were created operational procedures to minimize the oxygen concentration in the water-steam cycle. High oxygen concentration in boiler water causes corrosion, but with accurate water treatment it can be minimized. This will ensure long life span for devices in the water-steam cycle.

In the production line 4 the thermal deaerator BG-75001 is used to remove oxygen from the boiler water. After that oxygen scavenger chemical Boilex 510A (0,5-1,0 mg chemical / l boiler water) is fed to the boiler water to eliminate the residual oxygen. Modification upgrades made to the deaerator during the maintenance shutdown, in the spring 2011, improved the efficiency of the deaerator. At the moment the oxygen level of the boiler water meets the quality standard (< 20 ppb) which will be shown in the experimental part of this thesis. There is represented the oxygen concentrations of boiler water which are measured in this thesis. Hardness, pH and surplus of Boilex 510A oxygen scavenger chemical of the boiler water are also in accordance with the quality standards. These outcomes are discovered from the analyses of the boiler water samples made in the laboratory during last year. However, iron concentration of boiler water is a little bit high.

In the results there is represented the summarization of the optimal operational values for the deaerator BG-75001, which are in order to minimize the oxygen concentration of the boiler water. In addition, the results of this thesis contain operational procedure to minimize the oxygen concentration in the shell side of steam generator EA-73009.

SISÄLLYSLUETTELO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 6 |
| 2 | KÄSITTEITÄ..... | 7 |
| 2.1 | Lyhenteet | 7 |
| 2.2 | Lisävesi | 8 |
| 2.3 | Syöttövesi..... | 8 |
| 2.4 | Kattilavesi | 8 |
| 2.5 | Lauhde | 8 |
| 2.6 | Höyry | 8 |
| 3 | KORROOSIO VESI-HÖYRYJÄRJESTELMÄSSÄ..... | 9 |
| 4 | KATTILAVEDEN LAATU..... | 11 |
| 4.1 | Kattilaveden laadun ohjeavot | 11 |
| 4.2 | Kattilakivi | 11 |
| 4.2.1 | Veden kovuus | 12 |
| 4.3 | Veden pH | 13 |
| 4.4 | Kaasut | 15 |
| 4.4.1 | Happi O ₂ | 16 |
| 4.4.2 | Hiilidioksidi CO ₂ | 16 |
| 4.5 | Metallit | 16 |
| 5 | KATTILAVEDEN LAADUN HALLINTA..... | 17 |
| 5.1 | Terminen kaasunpoisto | 17 |
| 5.2 | Kemikaalit..... | 19 |
| 5.3 | Ulospuhallukset | 19 |
| 6 | TL 4:N KATTILAVESIJÄRJESTELMÄ..... | 20 |
| 6.1 | VY 2 Prosessikuvaus | 20 |
| 6.2 | PÖY Prosessikuvaus | 21 |
| 6.3 | Kaasunpoistin ja syöttövesisäiliö BG-75001 | 22 |
| 6.3.1 | Boilex 510 A | 22 |
| 6.3.2 | Trinatriumfosfaatti | 23 |
| 6.3.3 | Natriumhydroksidi | 23 |
| 6.4 | Kattilaveden käyttökohteet | 24 |
| 6.4.1 | LS-höyry..... | 24 |
| 6.4.2 | ES-höyry..... | 24 |
| 6.4.3 | MS-höyry | 25 |
| 6.4.4 | HS-höyry | 25 |
| 6.5 | Laadun seuranta | 26 |

| | |
|--|----|
| 6.5.1 Näytteenotto | 26 |
| 7 HÖYRYNKEHITIN EA-73009/-S | 27 |
| 7.1 Yleistä | 27 |
| 7.2 Laitekuvaus | 28 |
| 7.3 Korroosio-ongelma | 31 |
| 7.4 Varalle operointi | 31 |
| 7.4.1 Lisähuomiot..... | 32 |
| 7.5 Linjaan operointi..... | 32 |
| 7.5.1 Lisähuomiot..... | 32 |
| 7.6 Työkuntoon operointi | 33 |
| 7.6.1 Lisähuomiot..... | 34 |
| 8 KOKEELLINEN OSA | 34 |
| 8.1 Happipitoisuuden määrittäminen | 34 |
| 8.1.1 Ampullimittaus..... | 34 |
| 8.1.2 Anturimittaus..... | 36 |
| 9 TYÖN TULOKSET | 37 |
| 9.1 Tulosten tarkastelu | 37 |
| 9.2 BG-75001 operointiarvot..... | 38 |
| 9.3 EA-73009 operointiarvot | 39 |
| LÄHTEET..... | 40 |

LIITTEET

LIITE 1 - TUOTANTOLINJA NELJÄN POHJAÖLJY-YKSIKÖN
KATTILAVESIJÄRJESTELMÄN PROSESSIKUVAUS

LIITE 2 - POHJAÖLJY-YKSIKÖN KATTILAVEDEN pH-ARVOT
PÄIVÄMÄÄRÄN FUNKTIONA

LIITE 3 - BOILEX 510A-KEMIKAALIN YLIMÄÄRÄ POHJAÖLJY-YKSIKÖN
KATTILAVEDESSÄ PÄIVÄMÄÄRÄN FUNKTIONA

LIITE 4 - POHJAÖLJY-YKSIKÖN KATTILAVEDEN RAUTAPITOISUUS
PÄIVÄMÄÄRÄN FUNKTIONA

LIITE 5 - SC-75020-5 KATTILAVEDEN HAPPIPITOISUUSMITTAUKSET

LIITE 6 - OPEROINTIOHJE HÖYRYNKEHITIN EA-73009
HAPPIPITOISUUDEN MINIMOIMISEKSI

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella Porvoon jalostamon tuotantolinja 4:n (TL 4) kattilavesien laatua ja luoda toimintaohje kattilavesien laadun hallitsemiseksi. On erityisen tärkeää, että vedessä ei ole epäpuhtauksia, jotta pystytään takaamaan pitkäaikainen käyttöikä vesi-höyrypiirin laitteille ja sitä kautta koko laitokselle. Epäpuhtaudet saattavat aiheuttaa saostumia höyrykäyttöisten pumppujen turbiineille ja kattilaveden liialliset happipitoisuudet korroosio-ongelmia sekä putkistossa että höyrykehittimillä. Työssä on ensin käsitelty kattilavesijärjestelmää ja veden laatuun vaikuttavia tekijöitä yleisesti, jonka jälkeen on perehdytty TL 4:n kattilavesijärjestelmään. Teoriaosassa on laadittu operointiohje höyrykehittimen EA-73009/-S vesi-höyrypuolen happipitoisuuden minimoimiseksi. Kokeellisessa osassa on tarkasteltu TL 4: n pohjaöljy-yksikön (PÖY) kattilaveden happipitoisuutta, jonka määrittämiseen on käytetty kahta eri mittausmenetelmää. Mittaustulosten perusteella on kerätty optimaaliset operointiarvot kaasunpoistaja BG-75001:lle kattilaveden happipitoisuuden minimoimiseksi. Kokeellisessa osassa on myös laadittu operointiohje EA-73009:n vaippapuolen happipitoisuuden minimoimiseksi.

2 KÄSITTEITÄ

2.1 Lyhenteet

| | |
|------|---|
| TL 4 | Tuotantolinja 4 |
| PÖY | Pohjaöljy-yksikkö |
| VY 2 | Vety-yksikkö |
| LCF | ”Lummus-Chevron Fining” pohjaöljykrakkerin reaktio-osa |
| MHC | ”Integrated Mild hydrocracking” vetykrakkaus ja rikinpoisto-osa |
| VAC | Tyhjötislaus |
| ATM | Atmosfäärinen tislaus |
| ÖP | Kolonnin pohjatuote |
| KART | Tyhjön raskas kaasuöljy |
| KA | Kaasuöljy |
| WOS | Huuhteluöljyn tulolinja |
| WOR | Huuhteluöljyn paluulinja |
| BG | Kaasunpoistaja |
| LG | Paikallinen pinnanmittaus |
| SV | Varoventtiili |
| FA | Säiliö |
| PA | Äänenvaimennin |
| GA | Pumppu |
| GD | Sekoitin |
| EA | Lämmönsiirrin |
| SC | Näytteenottoaikka |
| BA | Uuni |
| DA | Kolonne / Stripperi |

2.2 Lisävesi

Lisävedellä tarkoitetaan vesi-höyrypiirin ulkopuolelta tuotettua pehmenettyä vettä, jolla korvataan lauhde-, ulospuhallus-, ja muut häviöt. Pehmenetty vesi valmistetaan yleensä kationivaihtimella, jossa vedestä poistetaan kovuutta aiheuttavat kalsium- ja magnesiumionit. /1/

Lisävettä voidaan valmistaa myös osittaisella suolanpoistolla tai täyssuolanpoistolla.

2.3 Syöttövesi

Syöttövedellä tarkoitetaan vedenkäsittelyn avulla lisävedestä ja kiertoon palautetusta lauhteesta tuotettua vettä, joka syötetään syöttövesisäiliöön. /1/

2.4 Kattilavesi

Kattilavedellä tarkoitetaan syöttövesisäiliön vesitilassa olevaa vettä, joka on veden höyrystymisen seurauksena väkevöitynyt syöttöveden mukana tulleista yhdisteistä. Kattilavesi sisältää näin ollen pääosan syöttöveden mukana tulleista yhdisteistä. Kattilaveden on oltava laadultaan sellaista, että se ei muodosta kerrostumia, eikä aiheuta korroosiota vesi-höyryjärjestelmään. /1/

2.5 Lauhde

Lauhteella tarkoitetaan kulutusasteilla vedeksi lauhtunutta höyryä. Kattilan syöttövedeksi soveltuva lauhde voidaan palauttaa syöttövedeksi vesi-höyrypiiriin.

2.6 Höyry

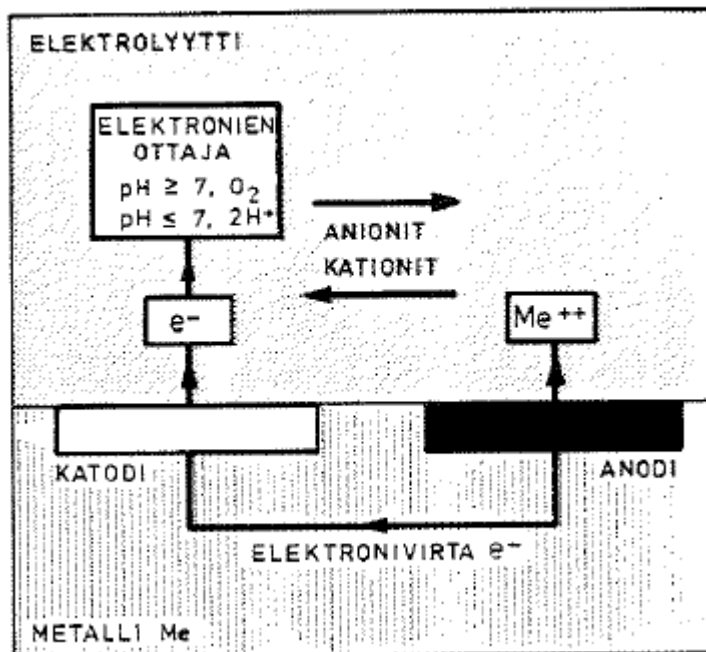
Höyryllä tarkoitetaan kattilavedestä kiehumisen yhteydessä höyrystynyttä vettä, joka yleensä tulistetaan uunien konvektio-osassa, jolloin muodostuu tulistettua höyryä.

3 KORROOSIO VESI-HÖYRYJÄRJESTELMÄSSÄ

Suurin osa määrässä ympäristössä tapahtuvasta korroosiosta voidaan luokitella sähkökemiallisesti korroosioksi, sillä ne voidaan selittää sähkökemiallisin mallein. Sähkökemialliset ilmiöt edellyttävät varausten kuljetuskanavan, elektrolyytin olemassaoloa, katodin ja anodin välillä. Korroosiota aiheuttavat kemialliset reaktiot voidaan jakaa anodilla tapahtuvaan hapettumiseen ja katodilla tapahtuvaan pelkistymiseen. Jotta korroosiopari voi muodostua, tarvitaan sähköinen potentiaaliero anodin ja katodin välille, sekä elektrolyytti. Sähköisen potentiaalieron ei tarvitse olla kuin mV:ien luokkaa ja anodin ja katodin välinen ero vain muutamia millimetrejä. Korroosiota pahtumassa anodikohdat syöpyvät ja katodikohdat säilyvät ehjinä. /2,3/

Tyypillisesti korroosiopari eli galvaaninen pari muodostuu kahden eri potentiaalissa olevan metalliosan välille. Metallin pinnalle voi muodostua erilaisia potentiaalialueita, koska esimerkiksi erilaiset epäpuhtaudet, jännitykset ja kidevirheet voivat aiheuttaa elektronien epätasaista jakautumista metallin pinnalla. Potentiaalialueiden muodostuminen voi johtua myös veden happipitoisuuseroista. Alueella, jolla happipitoisuus on alhaisempi, on alhaisempi potentiaali. /2/

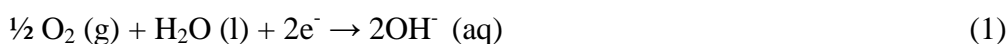
Metallin sähkökemiallisessa korroosiossa metallin pinnan ja sitä ympäröivän elektrolyytin (veden) välille muodostuu potentiaaliero. Muodostuvat metalli-ionit joko liukenevat veteen tai saostuvat metallin pinnalle kiinteänä oksidina. Happea sisältävissä liuksissa tyypillinen katodireaktio on hapen pelkistyminen ja anodireaktiona on metallin hapettuminen. Kuvassa 1 on esitetty korroosioparin muodostuminen vesiliuoksessa.



Kuva 1: Anodin ja katodin välinen reaktio metallin pinnalla; korroosioparin muodostuminen. /2/

Elektroneja vastaanottavana aine emäksisissä liuksissa on yleensä happi ja happamissa liuksissa taas vety-ioni. Anodilta veteen liuenneiden metalli-ionien reagoidessa elektrolyytin hapen kanssa, muodostuu korroosiotuotetta anodille. Oikeanlaisen veden käsittelyn tavoitteena on luoda vesi-höyryjärjestelmään sellaiset olosuhteet, joissa korroosioparia ei pääse muodostumaan.

Elektroneja kuluttava ja siten metallin syöpymistä ylläpitävä katodinen reaktio on yleensä veteen liunneen happimolekyylin pelkistyminen



Anodilla rauta liukenee seuraavasti



Josta edelleen muodostuu rautahydroksidia (korroosiotuotetta)



4 KATTILAVEDEN LAATU

Kattilaveden käsittelyn tavoitteena on turvata vesi-höyrypiirin hyvät toimintaedellytykset ja käyttötarkoitukseen sopivan veden ja höyryn tuottaminen. Tähän päästään estämällä kattilan ja muun vesi-höyrypiirin syöpyminen, kerrostumien muodostuminen ja kattilaveden kuohuminen.

4.1 Kattilaveden laadun ohjearvot

Kirjallisuudessa on määritelty kattilaveden laadulle ohjearvoja, joiden perusteella sen laatua voidaan arvioida. Oheiseen taulukkoon on kerätty kattilaveden laadun arvioinnissa käytettyjä kriteerejä.

Taulukko 1: Kattilaveden laadun arvioinnissa käytettyjä ohjearvoja. /3,4/

| Muuttuja | Yksikkö | Syöttövesi |
|------------------------------------|----------------|-------------------|
| Ulkonäkö | | kirkas |
| pH-arvo 25 °C lämpötilassa | | >9,2 |
| Sähkönjohtavuus 25 °C lämpötilassa | µS/cm | <0,2 |
| Kokonaiskovuus (Ca+Mg) | mmol/l | <0,005 |
| Natrium + kalium (Na+K) | mg/l | <0,01 |
| Rauta (Fe) | mg/l | <0,02 |
| Kupari (Cu) | mg/l | <0,003 |
| Silikaatti (SiO ₂) | mg/l | <0,02 |
| Happi (O ₂) | mg/l | <0,02 |

4.2 Kattilakivi

Kiinteillä aineilla on tietty, kullekin aineelle ominainen lämpötilasta riippuva liukoisuus veteen. Jos aineen pitoisuus ylittää tämän liukoisuuden, niin saostuu ylimäärä pois. Jos aineen liukoisuus veteen alenee lämpötilan kohotessa, on saostuminen sitä nopeampaa mitä suurempi lämpötila on. /2/

Kalsium, magnesium ja silikaatti eli piioksidi (SiO₂) ovat pahimmat kattilakiven muodostajat. Kalsium ja magnesium voivat saostua kattilaveden lämpötilan kohotessa karbonaateiksi ja sulfaateiksi. Nämä saostumat kertyvät yleensä putkiston kulma-

ja liitoskohtiin ja melko ohuenakin kerroksena nämä saostumat saattavat ylikuumentaa putkimateriaalin, joka voi tämän seurauksena murtua. Esimerkiksi kalsiumkarbonaatti CaCO_3 on hyvin yleinen kattilakiven esiintymismuoto. /2/

Piidioksidi voi saostua suolojen mukana tai muodostaa silikaatteja alumiinin kanssa. Tuloksena on huonosti lämpöä johtava ja hankalasti poistettava kerrostuma. Silikaatin liukeneminen höyryyn kasvaa höyrynpaineen kasvaessa. Tästä johtuen silikaatti saattaa kulkeutua uunien konvektio-osassa sijaitseviin höyryyn tulistimiin ja höyrykäyttöisten pumppujen turbiineille aiheuttaen hankalia kerrostumia tulistinpinnoille sekä turbiinien siivistöön. Alkalit, kuten natrium ja kalium kulkeutuvat myös herkästi höyrymukana turbiinien siivistöön aiheuttaen alkalikorroosiota. /3/

4.2.1 Veden kovuus

Veden kokonaiskovuus aiheutuu lähinnä veteen liuenneista kalsium- ja magnesiumsuoloista. Veden kokonaiskovuus ilmoitetaan kalsium- ja magnesiumionien summalla $\text{mmol}(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) / \text{l}$. SI-järjestelmän mukainen yksikkö veden kovuudelle on mmol/l . Yleisesti veden kovuuden yksikkönä kuitenkin käytetään saksalaista kovuusyksikköä $^{\circ}\text{dH}$ (deutscher Härtergard), joka tarkoittaa että 10 mg CaO:ta litrassa vettä vastaa 1°dH yksikköä.

$^{\circ}\text{dH}$ -kovuusasteikossa vesi luokitellaan seuraavasti:

| | |
|-----------------|---------------------------------|
| erittäin pehmeä | $^{\circ}\text{dH} < 2,1$ |
| pehmeä | $2,1 < ^{\circ}\text{dH} < 4,9$ |
| keskikova | $4,9 < ^{\circ}\text{dH} < 9,8$ |
| kova | $9,8 < ^{\circ}\text{dH}, < 21$ |
| erittäin kova | $^{\circ}\text{dH} < 21$ |

Taulukko 2: Kovuusyksiköiden välisiä muuntokertoimia. /5/

| Yksikkö | mmol/l (Ca+Mg) | Saksal. Kovuus- aste °dH | ppm CaCO ₃ (USA) |
|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| mmol/l (Ca+Mg) | 1 | 5,61 | 100 |
| Saksal. Kovuusaste | 0,178 | 1 | 17,8 |
| ppm CaCO ₃ (USA) | 0,01 | 0,056 | 1 |

Jotta kattilakiven muodostuminen voitaisiin ehkäistä, tulee veden kovuuden olla todella alhainen, jopa alle 0,005 mmol/l, joka vastaa 0,028 °dH. Veden pehennys voidaan suorittaa pehennysuodattimella, ioninvaihtimella tai käänteisosmoosilla.

4.3 Veden pH

Vesiliuoksen happamuus ilmoitetaan tavallisesti logaritmisella pH-asteikolla, joka on luotu kuvaamaan veden H₃O⁺-pitoisuutta.

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}_3\text{O}^+] \quad (4)$$

jolloin H₃O⁺-pitoisuus saadaan kaavasta:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad (5)$$

Vastaavasti voidaan laskea myös liuoksen pOH.

$$\text{pOH} = -\log_{10}[\text{OH}^-] \quad (6)$$

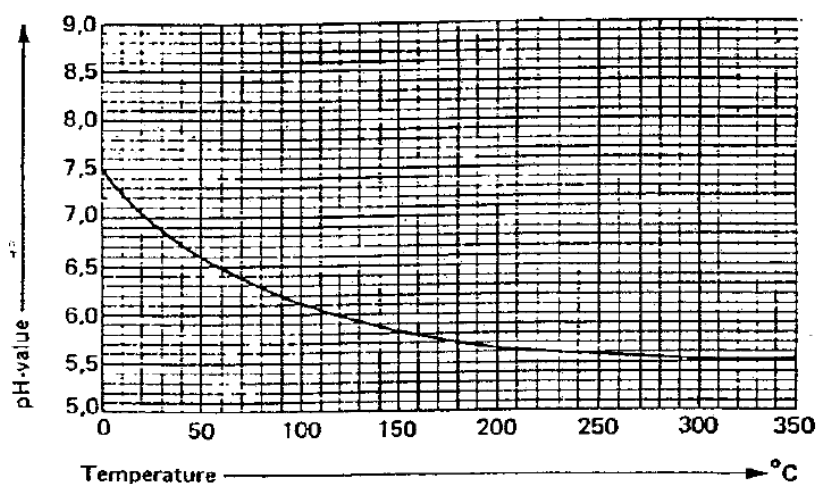
jolloin OH⁻-pitoisuus saadaan kaavasta:

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} \quad (7)$$

Laskukaavoissa konsentraation yksikkönä käytetään mol/dm^3 . Lämpötilassa $25\text{ }^\circ\text{C}$ neutraalin veden H_3O^+ - ja OH^- -pitoisuus on 10^{-7} mol/dm^3 eli pH ja pOH ovat 7, koska veden ionitulo $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}\text{ (mol/dm}^3)^2$. Veden ionitulon tasapainovakion K_w arvoja on kokeellisesti määritetty veden autoprotolyysireaktiolle.



Veden ionitulo K_w määrää neutraalin vesiliuoksen pH-arvon. Määrätyssä lämpötilassa H_3O^+ - ja OH^- -ionien konsentraatioiden tulo pysyy vakiona, lisättiinpä veteen mitä aineita tahansa. Lämpötilan kasvaessa K_w :n arvot myös kasvavat, joka puolestaan vaikuttaa neutraalin veden pH-arvoon laskevasti. Alla oleva kuvaaja esittää neutraalin veden pH:n riippuvuutta lämpötilasta. /6/



Kuva 2: Neutraalin veden pH lämpötilan funktiona. /7/

Veden pH:ta analysoitaessa tulee näytteen olla $25\text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia. Esimerkiksi lämpötilan noustessa $200\text{ }^\circ\text{C}$, laskee neutraalin veden pH-arvo tasolle 5,6.

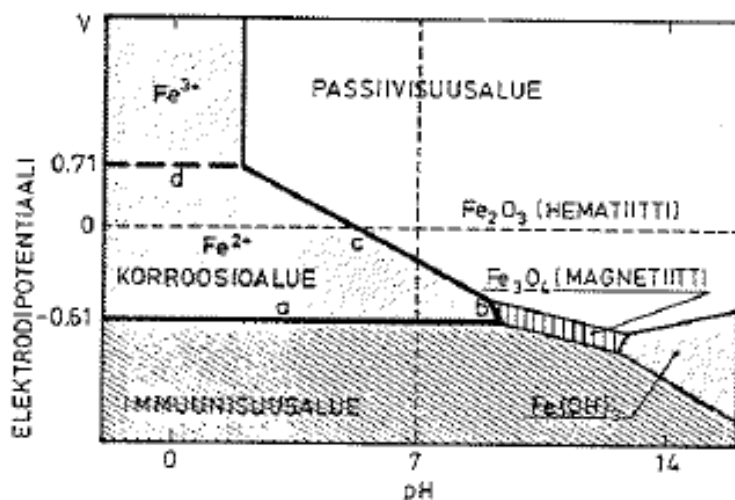
Happo tai emäs hydrolysoituu eli muodostaa ioneja, kun se on kosketuksissa veden kanssa. Hapon ja veden välinen reaktio muodostaa liuokseen H_3O^+ -ioneja, kun taas emäksen ja veden reaktio puolestaan OH^- -ioneja. Liuosten happamuus määritellään seuraavasti:

$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ = liuos on neutraali, $\text{pH} = 7$

$[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$ = liuos on hapan, $\text{pH} < 7$

$[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$ = liuos on emäksinen, $\text{pH} > 7$

Eli mitä enemmän vedessä on OH^- - ioneja sitä emäksisempi liuos on. Veden pH:lla on merkittävä vaikutus veden korroosio-ominaisuuksiin. Alla olevasta kuvasta käy ilmi veden pH:n vaikutus raudan korroosioikäytymiseen.



Kuva 3: Rauta-vesisysteemin reaktioalueet veden lämpötilassa +25 °C. /2/

Veden tulisi olla emäksistä, jotta korroosiota ei pääse muodostumaan. Emäksisellä alueella on $\text{pH} > 7$, jolloin on myös mahdollista, että raudan pinnalle muodostuu magnetiitti- tai hematitiittikerrostuma. Tällaisen oksidikerrostuman eli suojakalvon muodostuminen on paras tunnettu korroosionestomekanismi.

4.4 Kaasut

Liuenneet ja liukenemattomat kaasut poistetaan kattilavedestä termisellä kaasunpoistolla ja kemikaalien jälkiannostelun avulla. Kaasujen poisto on erityisen tärkeää vesihöyryjärjestelmän korroosion ja syöpymisen estämiseksi.

4.4.1 Happi O₂

Happi on yleisin ja voimakkain teräsrakenteiden syövyttäjä. Happikorroosio kiihtyy voimakkaasti lämpimässä, yli +30 °C vedessä. Jos vesi-höyrypiirin pääsee happea, voi teräkseen muodostua pistesyöpymiä, mikäli suojakalvossa on pieniäkin virheitä. Erityisesti veteen liuenneet kloridi- ja kupari-ionit kiihdyttävät suuresti syöpymistä. Vesi-höyrypiiri on sitä herkempi hapen vaikutuksille mitä happamampaa vesi on, joten kattilaveden pH-arvon tulisi olla tasolla 9,0 - 9,5. /2,3/

4.4.2 Hiilidioksidi CO₂

Hiilidioksidi syövyttää terästä tasaisesti, mutta ei niin voimakkaasti kuin happi. Hiilidioksidi reagoi veden kanssa muodostaen hiilihappoa, joka syövyttää rautaa muodostaen rautakarbonaattia. Jos vedessä on myös läsnä happea, on mahdollista, että syntyy jatkuva korroosiota aiheuttava kiertokulku. Veden happi nimittäin reagoi rautakarbonaatin kanssa muodostaen rautaoksidia ja hiilidioksidia. Yhdessä hiilidioksidi ja happi voivat siis aiheuttaa erittäin voimakkaan korroosion. /2/

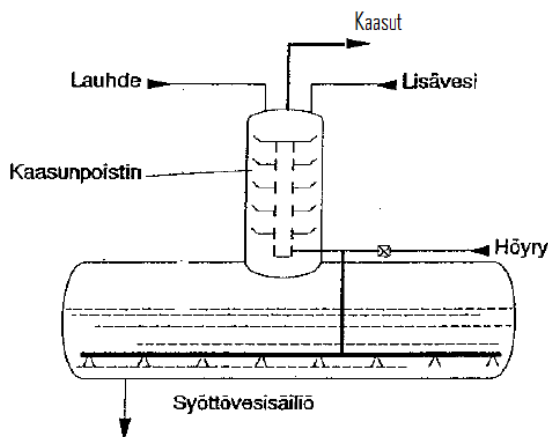
4.5 Metallit

Merkittävimmät metalliset epäpuhtaudet kattilavedessä ovat rauta- ja kupari-ionit. Rauta- ja kuparipitoisuudet osoittavat vedenkäsittelyn tehokkuuden ja antavat myös tietoa metallien liukenemisestä vesi-höyrypiirissä. Suuret rautapitoisuudet kertovat myös mahdollisesta korroosion muodostumisesta ja kattilavesijärjestelmän huonosta korroosiosuojasta. Jos kattilavesi sisältää suuria pitoisuuksia rautaa on mahdollista, että vesi-höyrypiirin laitteisiin sekä putkiston reunamiin muodostuu kerrostumia. Raudan jatkuva kerrostuminen putkien pinnoille voi myös johtaa magnetiittikerroksen liialliseen paksuuntumiseen ja osittaiseen irtoamiseen. Eräät rautayhdisteet voivat aiheuttaa myös kattilaveden kuohumista. Liiallinen kuparipitoisuus saattaa syövyttää terästä galvanisesti. /2,4/

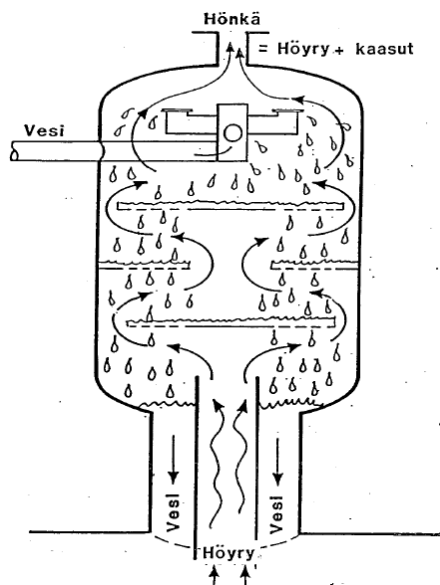
5 KATTILAVEDEN LAADUN HALLINTA

5.1 Terminen kaasunpoisto

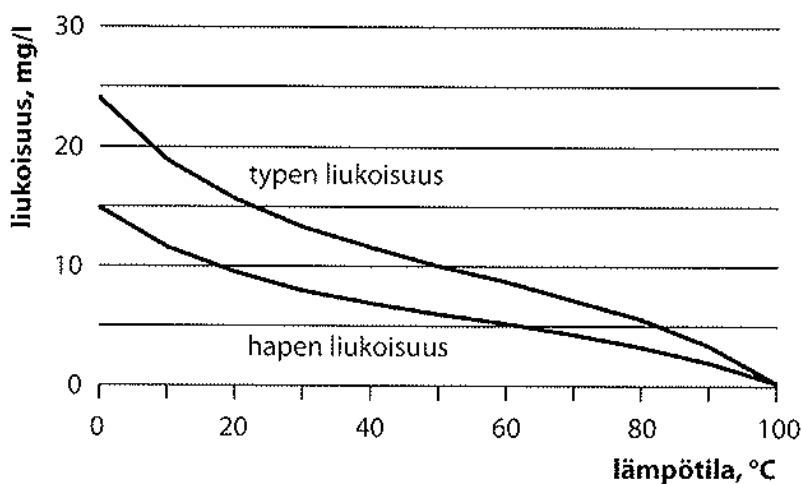
Termisessä kaasunpoistimessa on päällekkäin useita rei'itettyjä välipohjia. Syöttövesi johdetaan sisään ylhäältä ja se hajoaa pisaroiksi virratessaan välipohjien lävitse. Pisarat putoavat alaspäin välipohjalta toiselle ja kaasunpoistimeen johdetaan höyryä alhaalta, joka ylöspäin virratessaan keittää liuenneet ja liukenemattomat kaasut pois vedestä. Kiehutushöyryä johdetaan yleensä myös syöttösäiliön vesifaasin pinnan alapuolelle, jolloin se pitää veden lämpötilan korkeana ja samalla kiehuttaa vedestä kaasuja pois. Terminen kaasunpoistin on tarkoitettu lähinnä hapenpoistoon, mutta myös muut liuenneet kaasut, kuten CO₂ poistuvat syöttövedestä. Kaasut poistuvat kaasunpoistimen päällä olevasta ulkoilmaan johdetusta putkilinjasta hönkähöyryn mukana. Erityisen tärkeää on, että tämä hönkähöyryn puhallus on jatkuvaa, jotta ulkoilman happi ei pääse takaperin syöttövesisäiliöön. Terminen kaasunpoisto edellyttää vähintään 100 °C lämpötilaa ja sitä vastaavaa kylläisen höyryn painetta. Syöttövesisäiliön sekä kaasunpoistimen toimintaperiaatteita on havainnollistettu kuvissa 4 ja 5.



Kuva 4: Syöttövesisäiliö ja kaasunpoistin /7/



Kuva 5: Kaasunpoistimen toimintaperiaate /7/



Kuva 6: Hapen ja typen liukoisuus veteen eri lämpötiloissa /3/

Kaasujen liukeneminen veteen riippuu olennaisesti lämpötilasta ja paineesta. Kuvasta 6 voidaan todeta, että kun vesi on kiehumispisteessään, niin siihen ei ole liuenneena kaasuja. Kaasunpoisto tapahtuu sitä paremmin, mitä nopeammin vesi saadaan kiehumispisteeseensä ja mitä tasaisemmin se saadaan hajautettua mahdollisimman pieniksi pisaroiksi. Veden pisarointi suurentaa veden ominaispinta-alaa, joka puolestaan kasvattaa aineensiirtonopeutta. /3/

5.2 Kemikaalit

Kemikaalien jälkiannostelulla pyritään korjaamaan kattilaveden ominaisuudet vastaamaan sille asetettuja laatuvaatimuksia.

Terminen kaasunpoisto ei välttämättä ole aina riittävä poistaakseen syöttövedestä kaikkea vapaata happea. Tällöin joudutaan turvautumaan hapensitojakemikaaleihin, jotka poistavat vedestä jäännöshapen.

Jäännöskovuuden poistoon käytetään yleensä trinatriumfosfaattia (Na_3PO_4), joka saostaa kalsium- ja magnesiumsuolat fosfaateiksi $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ja $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$. Fosfaatti pitää yllä myös veden emäksisyyttä. Jäännöskovuuden poisto on tärkeää, jotta vesihöyryjärjestelmään ei pääse muodostumaan suolojen rikastumisen johdosta kattilakiveä.

Jos veden pH on liian alhainen, on olemassa vaara vesi-höyryjärjestelmän syöpymiselle ja korroosioparin muodostumiselle. Veden pH:n emäksisyyden lisäämiseksi käytetään yleisesti lipeää (NaOH). Alkalointi ei saa kuitenkaan nostaa kattilaveden pH:ta liikaa, sillä emäksinen vesi on altis kuohumaan. Kattilaveden pH-alue vaihtelee välillä 9,0 - 9,5. Kattilaveden pH:n kasvattamiseen voidaan käyttää myös ammo- niakkia.

5.3 Ulospuhallukset

Epäpuhtauksien liiallisen rikastumisen estämiseksi kattilavettä tulee poistaa syöttö- vesisäiliöstä sekä sen käyttökohteilta, kuten höyrykehittimistä. Yleensä ulospuhallus on jatkuvaa, mutta se voi olla myös jaksottaista. Ulospuhallukset johdetaan viemäriin ja vastaava määrä korvataan lisävedellä. Mikäli ulospuhalluksia ei suoriteta, epäpuhtaudet ja saostumat pääsevät rikastumaan käyttökohteilla ja seurauksena on kattilakiven muodostuminen tai pahimmassa tapauksessa epäpuhtauksien kulkeutuminen höyryn mukana tulistimille ja turbiineille.

6 TL 4:N KATTILAVESIJÄRJESTELMÄ

Tuotantolinja 4 (TL 4) koostuu kahdesta yksiköstä vetylaitoksesta (VY 2) ja pohjaöljy-yksiköstä (PÖY). Molemmille yksiköille on rakennettu omat syöttövesisäiliöt kaasunpoistajineen, joihin molempiin ajetaan erilliset vesisyötöt. Seuraavissa kappaleissa on kuvattu yksiköiden kattilavesijärjestelmiä, mutta tarkemmin on esiteltynä PÖY:n kattilavesijärjestelmä, sillä tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin PÖY:n kattilaveden happipitoisuutta.

6.1 VY 2 Prosessikuvaus

Höyrykehitystä varten vety-yksikköön johdettavalle demineralisoidulle vedelle on suoritettava ilmanpoisto sen happipitoisuuden alentamiseksi. Tätä varten on rakennettu kaasunpoistin BG-69001, jonka erotusosassa ilma kiehutetaan kattilavedestä matalapaineisella (2,5 bar) LS-höyryllä. Jäännöshappi eliminoidaan annostelemalla pieniä määriä Elimin-Ox hapenpoistajakemikaalia veteen kattilavesipumpun GA-69001+S imupuolelle. Kattilaveden pH-säätöön käytetään ammoniakkivesiannostelua.

Demineralisoitu vesi on saatavilla yksikön patterirajalla 2500 kPa paineessa ja 20 °C lämpötilassa. Se johdetaan demineralisoidun veden esilämmittimeen EA-67003 ja sen jälkeen kaasunpoistimeen BG-69001, joka toimii 120 kPa(a) paineessa ja 105 °C lämpötilassa. Kaasunpoistin on varustettu hönkälauhduttimella EA-69001 jatkuvan höyrypilven muodostumisen estämiseksi. Tästä lauhde johdetaan viemärijärjestelmään.

Kaasunpoistettu kattilavesi johdetaan höyrykehitykseen kattilavesipumpulla GA-69001+S. Kattilaveden pääpumpua GA-69001 käyttää höyryturbiini GAT-69001, jolle johdetaan vety-yksikössä tuotettua korkeapaineista (33 bar) HS-höyryä. Kattilaveden varapumppu GA-69001+S on sähkömoottorikäyttöinen. Tämä järjestely varmistaa jatkuvan kattilavesisyötön höyrylieriöön, myös sähkökatkon aikana, koska nämä kaksi pumpua saavat käyttövoimansa toisistaan riippumattomasta energialähteestä. Pieni kattilavesivirta (2 t/h) johdetaan patterirajalle vety-yksikön ulkopuoliseen käyttöön. /11/

6.2 PÖY Prosessikuvaus

LIITTEESSÄ 1 on kuvattuna TL 4:n PÖY:n kattilavesijärjestelmä. Käyttökohteille lähtevä syöttövesi johdetaan kaasunpoistaja BG-75001, joka toimii samalla PÖY:n syöttövesisäiliönä, yläosassa sijaitsevan kaasunpoistimen läpi, jossa strippaushöyrynä käytetään 5 barin ES-höyryä. Kaasunpoistimen huipusta on rakennettu linja äänenvaimentimen PA-75023 kautta ulkoilmaan. On erityisen tärkeää, että PA-75023:lla on jatkuva ulospuhallus, jotta ulkoilman happi ei pääse takaperin BG-75001:lle. ES-höyryä ajetaan myös suoraan syöttövesisäiliön vesifaasin pinnan alapuolelle, jolloin ES-höyryvirtauksella säädetään syöttövesisäiliön paine ja lämpötila. Erityisen tärkeää on että vesifaasin pinnan alapuolelle johdetaan ES-höyryä, jotta kattilavedessä olevat kaasut poistuvat hönkähöyryn mukana ulkoilmaan.

Syöttövetenä BG-75001:lle käytetään voimalaitokselta tulevaa pehmenettyä vettä, sekä PÖY:ssä muodostuneita lauhteita. BG-75001:lle voidaan ottaa lisävettä myös VY2:sta, sekä PÖY:n ulospuhallusten kaasufaasi johdetaan myös BG-75001:lle. Lauhteiden ja lisävesien suhteet vaihtelevat tilanteen mukaan. Vetylaitokselta tulevan veden, sekä PÖY:n lauhteiden hiilivetypitoisuutta tarkkaillaan analysaattorein, joiden ansiosta voidaan havaita mahdolliset öljyvuodot veden sekaan. Lauhteet TL 4:llä syntyvät höyryllä lämmitettävistä laitteista. Jatkuvat lauhteenkeräilyvirrat tulevat uunien polttoilman esilämmittimistä, höyryverkosta sekä lämmitettävistä pumpuista ja säiliöistä. Kylmempään aikaan vuodesta suuri osuus lauhteesta tulee ilmajäähdyttimien jäähdytysilman esilämmityksestä. PÖY:n lauhteet johdetaan ensin lauhteen keruusäiliöön FA-75004, josta lähtee ulospuhalluslinja ulkoilmaan äänenvaimentimen PA-75021:n kautta. Paineensäätöventtiilillä PC-75011 voidaan säätää ulospuhalluksen määrä lauhteen keruusäiliöstä. Ulospuhalluksen tulee olla jatkuva, jotta ulkoilman happi ei pääse takaperin kattilavesikiertoon tai PC-75011 pidetään kiinni, jolloin lauhteen keruusäiliön kaasufaasi johdetaan suoraan BG-75001:lle. FA-75004:ltä lauhteet pumpataan lauhdevesipumpulla GA-75010 BG-75001:n kaasunpoistimeen.

FA-75009 säiliöön johdetaan kattilaveden käyttökohteiden ulospuhallukset, josta edelleen kaasufaasi johdetaan suoraan BG-75001:lle.

Jälkikovuuden ja jäännöshapen poistamiseen käytetään kemikaaleja. Boilex 510A on hapensitojakemikaali, joka pumpataan GA-75013 pumpulla hapensitojakemikaalin

syöttösäiliöstä FA-75006 suoraan BG-75001:n vesifaasiin. Jäännöskovuuden poistoon käytetty trinatriumfosfaatti pumpataan GA-75015 pumpulla trinatriumfosfaatin syöttösäiliöstä FA-75008 syöttövesisäiliön BG-75001 kattilaveden syöttövesipumpun GA-75012 painepuolen linjaan. Samaiseen linjaan voidaan myös pumpata Natriumhydroksidia (NaOH) GA-75014 pumpulla säiliöstä FA-75007. Natriumhydroksidia käytetään pH:n säätöön.

6.3 Kaasunpoistin ja syöttövesisäiliö BG-75001

Syöttövesisäiliön BG-75001 tilavuus on 88 m³ ja sen kattilaveden syöttövesipumppujen GA-75012/-S kapasiteetti on 137 m³/h, nostokorkeudella 693 m. Kattilaveden paine pumppujen GA-75012/-S jälkeen on noin 65 bar, josta se johdetaan käyttökohteille. Kattilaveden syöttövesipumppujen jälkeen osa vedestä johdetaan matalapainelinjaan, jolloin paine alennetaan paineeseen 28 bar. GA-75012 on höyryturbiinikäyttöinen ja GA-75012S on sähkömoottorikäyttöinen. Pumpun GA-75012 höyryturbiinin suunnittelukapasiteetti on 6,1 t/h korkeapaineista (33 bar) HS-höyryä. Turbiini toimii vastapaineturbiinina, jossa vastapaineena on matalapainehöyryverkon paine (5 bar), johon turbiinin läpi kulkenut höyry johdetaan. Jos HS-höyryverkon paine laskee alle 16:sta barin, on mahdollista operoida turbiinikäyttöistä pumppua myös MS-höyryllä, joka on paineeltaan noin 16 baria.

Kevään 2011 seisokissa tehtiin muutostöitä syöttövesisäiliön kiehumiseen käytettyyn ES-höyrylinjaan, jotta BG-75001:n vesifaasista saataisiin paremmin kiehutettua kaasut pois.

6.3.1 Boilex 510 A

Boilex 510A on kehitetty teollisuuden prosessikattiloiden vedenkäsittelyaineeksi. Tuote poistaa tehokkaasti happea ja nostaa höyryn ja lauhteen pH:ta.

Tuotantolinja neljän pohjaöljy-yksikössä jäännöshapen poistajana käytetään Boilex 510A kemikaalia. Pitoisuudeltaan 10 %:sta Boilex 510A kemikaalia varastoidaan säiliöön FA-75005. Prosessiin syötettävän Boilex 510A:n kemikaalin tavoite väke-

vyys on 1 %, joten 10 %:sta Boilex 510A kemikaalia tulee laimentaa lauhdevedellä, joka otetaan PÖY:n lauhteen keruusäiliöstä FA-75004. Boilex 510A kemikaalin ja lauhdeveden seos valmistetaan kemikaalin syöttösäiliöön FA-75006, jossa seoksen tasaisesta sekoittumisesta huolehtii säiliön sisäänrakennettu sekoitin GD-75001. Boilex 510A kemikaalin syöttöä prosessiin säädetään siten, että kattilavedessä on 0,5-1,0 mg kemikaalia / kg kattilavettä. Boilex kemikaalin annostelu prosessiin tapahtuu annostelupumpulla GA-75013, jonka iskunpituutta muuttamalla säädetään prosessiin virtaava määrä. Kerran viikossa tehtävässä laboratorioanalyysissä määritetään Boilex kemikaalin ylimäärä kattilavedessä, minkä perusteella säädetään kemikaalia, joko lisää tai vähemmän prosessiin. Boilex kemikaali pumpataan suoraan syöttövesisäiliön BG-75001:n vesifaasiin.

6.3.2 Trinatriumfosfaatti

Trinatriumfosfaatti valmistetaan kemikaalin syöttösäiliöön FA-75008, jonka tilavuus on 1000 litraa. Ohjeena pidetään, että täysin tyhjän säiliöön tarvitaan 12,5 kg trinatriumfosfaattia. Kemikaalin syöttösäiliöön FA-75008 lisätään ensin tarvittava määrä trinatriumfosfaattia, jonka jälkeen PÖY:n lauhteiden keruusäiliöstä FA-75004 otetaan lauhdevettä. FA-75008:n sisäänrakennettu sekoitin GD-75003 huolehtii lauhdeveden ja trinatriumfosfaatin tasaisesta sekoittumisesta. Annostelu tapahtuu siten, että kattilavedessä on 10 - 15 mg PO_4 / kg kattilavettä. Trinatriumfosfaatin syötetään prosessiin annostelupumpulla GA-75015, jonka iskunpituutta muuttamalla säädetään prosessiin virtaava määrä. Trinatriumfosfaatti pumpataan kattilaveden syöttövesipumpun GA-75012 / -S painepuolen linjaan.

6.3.3 Natriumhydroksidi

Kattilaveden pH:ta voidaan kasvattaa tarpeen mukaan natriumhydroksidilla (NaOH). Kemikaalin syöttösäiliöön FA-75007 voidaan valmistaa NaOH:n ja lauhdeveden seos, jonka tavoiteväkevyys on noin 1 %. 20 %:sta NaOH:ta pumpataan putkilinjaan pitkin TL-1:ltä ja lauhdevesi otetaan PÖY:n lauhteiden keruusäiliöstä FA-75004. NaOH:n ja lauhdeveden seos sekoitetaan valmistuksen yhteydessä FA-75007:n sisäänrakennetulla sekoittimella GD-75002. Natriumhydroksidia syötetään prosessiin

annostelupumpulla GA-75014, joka pumppaa natriumhydroksidin kattilaveden syöttövesipumpun GA-75012 / -S painepuolen linjaan.

6.4 Kattilaveden käyttökohteet

Kattilavedestä kehitetään eri paineluokissa olevaa höyryä. Seuraavissa kappaleissa on esitelty kattilavedestä kehitetyn höyryn eri paineluokat sekä käyttökohteet.

6.4.1 LS-höyry

PÖY:ssä on sisäinen matalapaineinen höyryverkosto. Höyryn käyttöpaine on 2,5 baria ja käyttölämpötila 250 °C. Höyryä kehitetään ja käytetään PÖY:n sisällä noin 3-4 t/h.

Matalapaineinen höyry kehitetään tyhjäkolonnin pohjatuotteesta saatavalla lämpöenergialla höyrykehittimissä EA-73006/-S ja EA-73009/-S.

Höyry tulistetaan MHC:n jakotislauksen syöttöuunissa BA-75001, jonka jälkeen sen lämpötila säädetään 250 °C:een. LS-höyryä käytetään uunien polttoilman esilämmitykseen, tyhjötilauskolonnin DA-73001 ja MHC:n jakotilaukskolonnin DA-75002 strippaushöyryinä, sekä membraanin syöttökaasun esilämmitykseen lämmönvaihtimessa EA-71014. /8/

6.4.2 ES-höyry

ES-höyryä kehitetään PÖY:ssä höyrykehittimissä EA-73003 ja EA-75007. ES-höyryä syntyy myös turbiinikäyttöisten pumppujen korkeapainehöyrystä (HS-höyry), joka turbiinin läpi kuljettuaan purkautuu matalapaineisempaan ES-höyryverkkoon. ES-höyryn käyttöpaine on noin 5 baria.

ES-höyryä käytetään pääasiassa kylminä vuodenaikoina ilmajäähdyttimien jäähdytysilman esilämmitykseen ja letkuasemilla käyttöhöyryinä. Syöttövesisäiliön BG-

75001:n lämpötila ja paine säädetään ES-höyryllä, sekä sen yläosassa olevassa kaasunpoistimessa ES-höyryä käytetään strippaushöyrynä. /8/

6.4.3 MS-höyry

MS-höyryä kehitetään PÖY:ssä lämmönsiirtimissä EA-71008, EA-72004, EA-72005, EA-73005, EA-75010, EA-75012 ja EA-75013. MS-höyryn käyttöpaine on noin 16 baria ja sitä käytetään strippaushöyrynä kolonneissa DA-72001, DA-72002, DA-72003, DA-75001. MS-höyryä käytetään myös tyhjäkolonnin DA-73001 ejektoreissa sekä tyhjäkolonnin syötön lämmitysuunissa BA-73001.

Ylijäävä MS-höyry johdetaan jalostamon MS-verkkoon yhdessä vetylaitokselta tulevan MS-höyryn kanssa. /8/

6.4.4 HS-höyry

HS-höyryä käytetään PÖY:ssä turbiinikäyttöisissä pumpuissa GA-71004A, GA-71010A, GA-71037, GA-75008 ja GA-75012. Turbiinien läpi kulkiessaan höyryn paine laskee noin 700 kPa:han, jolloin turbiinien jättöpuolelta höyry johdetaan ES-höyryverkkoon. HS-höyryn käyttöpaine on noin 33 baria ja sitä tuotetaan höyrykehittimessä EA-71005 sekä MHC:n jakotislauksen syöttöuunin BA-75001 konvektiosassa. /8/

6.5 Laadun seuranta

Porvoon jalostamolla käytössä olevassa OQD-9333-ohjeessa on määritelty kattilaveden laadulle ohjearvot seuraavan taulukon mukaisesti.

Taulukko 3: Ohjearvot Porvoon jalostamon kattilaveden laadulle. /1/

| Muuttuja | Yksikkö | Kattilavesi |
|----------------------|---------|-------------|
| pH-arvo | | 9,0 - 9,5 |
| kokonaiskovuus | mmol/l | < 0,01 |
| kokonaisrauta | mg/l | < 0,05 |
| Boilex 510A ylimäärä | mg/l | 0,5-1,0 |
| sähkönjohtavuus | mS/m | < 200mS/m |
| fosfaatti | mg/l | 10 – 15 |

Käytettäessä täyssuolanpoistettua lisävetä tulevat muut ohjearvot määrääviksi. /1/

6.5.1 Näytteenotto

Laboratorioon toimitettavat vesinäytteet tulee ottaa litran lasipulloon. Erityisen tärkeää näytteenotossa on täyttää pullo aivan täyteen, jotta vesi ei reagoi korkin sulkeututtua kaasutilaan jääneiden epäpuhtauksien, kuten ilman hapen kanssa. Tuotantolinjan ja neljän käyttökohteille lähtevän kattilaveden laatua valvotaan SC-75020-5 (KATVESIMHC) näytteenottopaikalta otettavalla näytteellä. Näyte toimitetaan normaalikäynnin aikana kerran viikossa vesilaboratorioon ja siitä analysoidaan ulkonäkö, pH, kokonaisrauta, kovuus ja Boilex 510A-kemikaalin ylimäärä. LIITTEISIIN 2, 3 ja 4 on kerätty Porvoon jalostamon Oili-tietokannasta laboratorioanalyysien tulokset kattilaveden, pH:sta, Boilex 510A-ylimäärästä ja kokonaisrautapitoisuudesta viimeisen vuoden ajalta. Laboratoriotuloksista käy ilmi, että kattilaveden ulkonäkö on ollut aina näytettä analysoitaessa kirkas ja kovuus alle 0,05 mg/l.

7 HÖYRYNKEHITIN EA-73009/-S

7.1 Yleistä

Porvoon jalostamolla laitetunnusta EA käytetään lämmönvaihtimille, sekä höyrykehittimille. Jalostamolla on kaikkiaan yli 1700 erilaista lämmönsiirintä, joita käytetään pääasiassa höyryn kehitykseen, sekä tuotteiden lämmittämiseen tai jäähdyttämiseen prosessin vaatimuksen mukaan. Energiahäviöiden minimoinnilla on merkittävä rooli prosessin taloudellisuuden kannalta, joten on tärkeää hyödyntää kaikki lämpöenergia, joka on sitoutunut prosessin tuotteisiin. Merkittävimmät lämmönsiirtimien rakenteet Porvoon jalostamolla ovat putki- ja levylämmönsiirtimet. /9/

Numerotunnus 73000 viittaa puolestaan TL 4:n pohjaöljy-yksikön vakuumituslausosaan. Lähes jokaiselle tuotannon kannalta tärkeällä laitteella on varalaitte, johon viittaa numerosarjan päässä oleva -S tunnus. Varalaitteiden merkitys korostuu erityisesti pohjaöljy-yksikön lämmönvaihtimien osalta, sillä yksikön tuotteet ovat hyvin likaavia, joten lämmönvaihtimien tuubisarjat tukkeentuvat melko nopeasti. Tuubisarjan likaantumisen voi havaita lämmönvaihtimen yli mittaavaan paine-eromittauksen kasvuna tai tuubipuolen virtauksen hiipumisena. Lämmönsiirron heikentyminen viittaa myös likaantumiseen ja sitä tarkkaillaan seuraamalla tuubipuolen sisäänmeno- ja ulostulolämpötiloja. Mitä likaisempi vaihtimen tuubisarja on, sitä huonommin se siirtää lämpöä. Kun likaantumisen merkkejä on havaittavissa, tulee puhdas vaihdin ottaa linjaan, jonka jälkeen likainen vaihdin huuhdellaan ja otetaan pesuun (Kuva 7). Käytännössä pesu tapahtuu irrottamalla tuubisarja lämmönvaihtimesta, jonka jälkeen se pestään korkeapainepesulla lämmönvaihtimien pesupaikalla.



Kuva 7: EA-73009:n likaantunut tuubisarja.

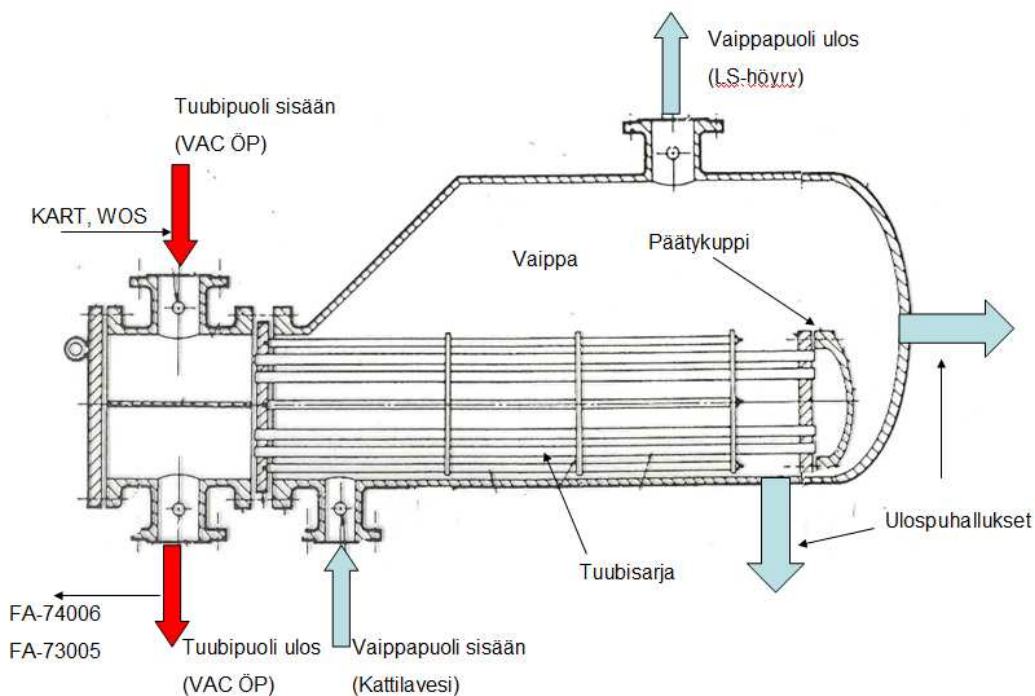
7.2 Laitekuvaus

EA-73009 ja -S ovat höyrykehittämiä, joissa vakuumituslauskolonnin pohjatuote (VAC ÖP) virtaa tuubisarjassa ja vaippapuolelle syötetään kattilavettä, josta kehitetään noin 5 barin LS-höyryä. VAC ÖP sisältää runsaasti lämpöenergiaa, joka otetaan talteen seuraavan kierron avulla: DA-73001 → EA-73007 → EA-73019 → EA-73009 → varasto. VAC ÖP kulkee kierron ajan lämmönvaihtimien tuubipuolella ja sen lämpötila on noin 350 °C kierron alussa. Ennen höyrykehittäjä EA-73009 VAC ÖP:n lämpötila on 260 °C ja sen jälkeen 180 °C. Tällöin VAC ÖP on varastointilämpötilassaan ja sen jäähtyessään luovuttama lämpöenergia on sitoutunut LS-höyryyn, joka johdetaan MHC:n jakotislauksen syöttöuunin BA-75001 konvektio-osaan tulistettavaksi.

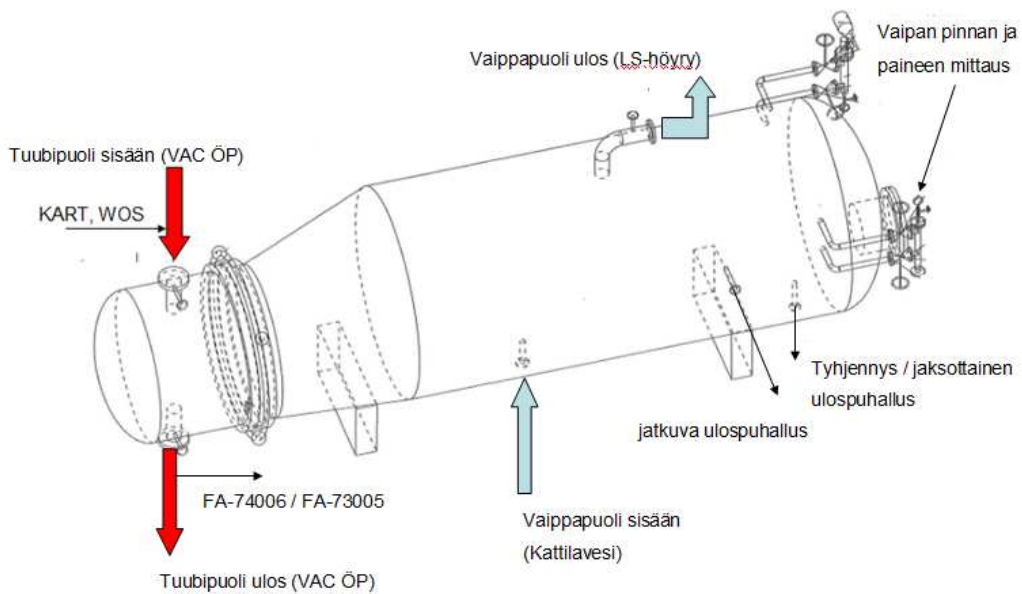
EA-73009/-S ovat rakenteeltaan putkilämmönsiirtimiä, joissa on ulosvedettävä tuubisarja. Tuubisarja koostuu useista putkista, joiden läpi VAC ÖP virtaa. Tuubipuolen virtaus kulkee edestakaisin tuubisarjan läpi ylhäältä alaspäin. Virtauksen kääntö tapahtuu tuubipuolen päätykupeissa.

Yhden tuubisarjan tilavuus 7,2 m³ ja vaippapuolen tilavuus 28,9 m³. Höyrykehittimen vaippapuolella on kaksi ulospuhalluslinjaa; jaksottainen ulospuhallus pohjalla ja jatkuva ulospuhallus kyljessä (Kuva 9). Ulospuhalluksilla kontrolloidaan epäpuhtauksien kertymistä vaippaan. /10/

Tuubipuolelle on mahdollista syöttää myös huuhteluöljyä. Tuotantolinja neljällä huuhteluöljynä käytetään tyhjän raskasta kaasuöljyä (KART, 280 °C), sekä kaasuöljyä (KA, 240 °C). Kaasuöljystä käytetään lyhennettä WOS ja sitä voidaan ajaa vaihtimelle myös kylmänä jolloin sen lämpötila on noin 50 °C. Tuubipuoli, joko huuhdellaan tai lämmitetään huuhteluöljyillä, sen hetkisen prosessin vaatimuksen mukaan. Kuvassa 8 on esitetty poikkileikkauskuva höyrykehittimestä ja kuvissa 9 ja 10 on havainnollistettu EA-73009:n vaippapuolen rakennetta.



Kuva 8: Poikkileikkauskuva höyrykehittimestä. /9/



Kuva 9: Höyrynkehittimen EA-73009 vaippapuolen rakenne. /12/



Kuva 10: Höyrynkehittimen EA-73009:n vaippapuoli avauksen yhteydessä.

7.3 Korroosio-ongelma

Höyrykehittimien EA-73009 ja – S:n vaippapuolella on havaittu happikorroosiota. Tämä korroosio on, joko kattilaveden mukana kulkeutuneen hapen aiheuttamaa tai sitten se on muodostunut, kun höyrykehittimien vaippapuolet ovat päässeet kosketuksiin ilman hapen kanssa avauksen yhteydessä. Seuraaviin kappaleisiin on koottu operointiohje, jolla minimoidaan hapen pääsy EA-73009:n vaippapuolelle. EA-73009:n PI-kuvan tunnus on NP0-14637, johon tekstissä käytetyt laitetunnukset viittaavat.

7.4 Varalle operointi

Kun höyrykehittimen EA-73009 tuubisarja on pesty ja vaihdin kasattu, aloitetaan sen varalle operointi syrjäyttämällä tuubipuolen ilma tyellä. Typetys suoritetaan maanalaiseen tyhjennysjärjestelmään, LCF:n keräilyssäiliöön FA-73005. Tämän jälkeen turvallisuuden kannalta on erityisen tärkeää, että höyrykehittimen tyhjennyslaitat suljetaan, ennen lämmityksen aloittamista. Jotta välttyttäisiin laiterikoilta, pitää vaippapuolelle saada vesipinta näkyviin ennen lämmityksen aloittamista. Kun vaippapuolen pinnanmittaus LG-73033 näyttää n. 30 - 40 %, voidaan tuubipuolen täyttö aloittaa. Tuubipuoli täytetään ensin kylmällä WOS:lla, joka ajetaan tuubisarjan läpi hylkyöljysäiliöön FA-74006. Kun tuubisarja on täytetty, aloitetaan sen lämmitys kuumalla WOS:lla. Vaippapuoli tulee olla linjattu höyrylinjan varoventtiilin SV-73032 ohitusventtiilin kautta ulkoilmaan, jotta kattilavedestä muodostuva höyry ja samalla vaippapuolen kaasut poistuvat vaipasta. Kun höyrykehitin tuottaa höyryä äänenvaimentimen PA-73009:n kautta taivaalle, voidaan sen vaippa paineistaa linjassa olevan höyrykehittimen vaippapuolen höyrynpaineeseen, jolloin vesi lähtee vaihtumaan ulospuhallusten kautta. Linjassa olevan vaihtimen höyrynpaineeseen operointi tapahtuu raottamalla höyrylinjan takaiskun 73000-NRV-544 ohitusventtiiliä, jonka kautta höyry johdetaan takaperin vaippapuolelle. Ulospuhallukset avataan ja säädetään niin, että höyrykehitin ottaa noin 1 t/h uutta vettä, jolloin se pysyy lämpimänä. Tuubipuoli jätetään WOS lastiin ja tuubipuolen ulostuloventtiilejä raotetaan hieman, jotta se ei jää "pulloon". Voidaankin todeta, että höyrykehitin on operoitu varalle, kun sen tuubipuoli on WOS-lastissa ja vaippapuoli on paineistettu linjassa

olevan vaihtimen höyrynpaineeseen ja vesi vaihtimen sisällä vaihtuu, sekä vaihtimen mittauksille menevät pursuöljyt on avattu.

7.4.1 Lisähuomiot

Talvella on syytä varmistaa, että reitti äänenvaimentimelle PA-73009 on auki, raot-tamalla linjassa olevan höyrykehittimen varoventtiilin ohitusta. Näin varmistetaan, että vaippapuolen kaasut ja höyry pääsevät ulkoilmaan lämmitysvaiheessa.

7.5 Linjaan operointi

Kun höyrykehittintä aletaan operoida linjaan, tulee varmistaa, että se on varmasti lämmin. Tarkistetaan, että vaipassa on vesipinta näkyvissä ja kattilaveden syöttösää-töventtiilin LCA-73034 käsiventtiilit ovat auki. Mittauksille menevät öljypursot tulee olla myös päällä ja huuhtelulinjojen (KART ja WOS) käsiventtiilit suljettu. Turvalli-suuden kannalta erityisen tärkeää on tarkastaa, että tyhjennyslaipat ulkoilmaan ovat kiinni ja sekä tuubi- että vaippapuolien varoventtiilien purkupuolien ns. locked open-käsiventtiilit ovat lukittu auki. Näiden tarkastusten jälkeen voidaan tuubipuolen ulos-tuloventtiilit avata kokonaan auki, ja linjata vaippapuoli höyrylinjan varoventtiilin SV-73032 ohitusventtiilin kautta PA-73009:lle. Tämän jälkeen tuubipuolen sisään-menoventtiilejä avataan noin 25 %, jolloin aikaansaadaan pieni VAC ÖP:n virtaus höyrykehittimen läpi. Kun höyrykehitin kehittää höyryä ulkoilmaan, voidaan höy-rylinjan varoventtiilin SV-73032 ohitusventtiili sulkea ja operoida höyrypuoli LS-verkkoon. Samanaikaisesti voidaan tuubipuolen sisäänmenoventtiilit avata kokonaan ja höyrykehittämiä tulee pitää jonkin aikaa rinnan, jotta vältetään LS-verkon paineen ja virtauksen heilahtelu. Tämän jälkeen voidaan aloittaa linjassa olleen höyrykehit-timen työkuuntoon operointi.

7.5.1 Lisähuomiot

Linjassa olevan höyrykehittimen ulospuhallukset tulee säätää siten, että epäpuhtau-det eivät pääse rikastumaan höyrykehittimen vaippapuolelle.

7.6 Työkuntoon operointi

Höyrykehittimen työkuntoon operointi aloitetaan sulkemalla tuubipuolen sisäänmenoventtiilit, jonka jälkeen suljetaan tuubipuolen ulostuloventtiilit. Tämän jälkeen avataan tuubipuoli hengittämään hylkyöljysäiliöön FA-74006, jotta se ei jää "pulloon". Tuubipuolen huuhtelu tulee aloittaa välittömästi näiden toimenpiteiden jälkeen ja tehdä se huolella, sillä hyvä huuhtelu helpottaa höyrykehittimen avausta ja myös tulevaa pesua. Tuubipuoli huuhdotaan ensin KART:lla hylkyöljysäiliöön FA-74006. Virtausmääräksi säädetään noin 6 t/h ja huuhdellaan tuubia kunnes sen tilavuus on vaihtunut noin 2-3 kertaa. Tässä vaiheessa voi höyrypuoli olla vielä linjattuna LS-verkkoon, sillä KART:lla höyrykehitin tuottaa vielä höyryä. Kun KART-huuhtelu on suoritettu, aloitetaan kuuma WOS-huuhtelu, jolloin vaippapuoli linjataan höyrylinjan varoventtiilin SV-73032 ohitusventtiilin kautta PA-73009:lle. Kuuma WOS-huuhtelu tehdään samalla tavalla kuin KART-huuhtelu, eli tuubipuolen tilavuus vaihdetaan 2-3 kertaa ja WOS linjataan hylkyöljysäiliöön FA-74006. Kun tuubisarja on huuhdeltu, suljetaan reitti FA-74006:lle ja lasketaan tuubipuolen paine LFC:n keräilysäiliön FA-73005 paineeseen, jonne vaihtimen tuubipuoli myös syrjäytetään tyhjäksi typpellä. Erityisen tärkeää on tarkistaa ennen typpetyksen aloittamista, että tuubipuolen paine on varmasti laskenut alle typpiverkon (7 bar) paineen, jotta vältetään tuotteen takaperin kulkeutuminen typpiverkkoon. Kun tämä tarkistus on suoritettu, suljetaan vaihtimen mittauksille menevät öljypursot, jonka jälkeen syrjäytetään tuubipuolen WOS typpellä LCF:n keräilysäiliöön FA-73005. Samanaikaisesti suljetaan kattilaveden syöttösäätöventtiilin LCA-73034 käsiventtiilit, sekä ulospuhallukset ja avataan vaippapuolen tyhjennysventtiili ja tyhjennetään vaippapuoli peevingille eli betonilaatalle. Korvausilmaa vaippapuoli saa höyrylinjan varoventtiilin SV-73032 ohituksen kautta.

Kun LCF:n keräilysäiliön FA-73005 pinnan- ja paineenmittauksesta voidaan todeta höyrykehittimen tuubipuolen olevan tyhjä, niin avataan tuubipuolen ulostulon tyhjennyslaippa ulkoilmaan ja varmistetaan, että vaihtimen läpi tulee typpivirtaus. Tästä tyhjennyslaipasta lasketaan myös höyrykehittimen tuubipuolen paine ulkoilman paineeseen ennen vaihtimen sokeoinnin ja avauksen aloittamista.

7.6.1 Lisähuomiot

Jos höyrykehitin ei ole menossa avaukseen heti, jätetään se varalle. Esimerkiksi viikonlopun yli on syytä pitää vaihdin varalla ja operoida se työkuuntoon vasta arkiamuksi, jolloin vaihdinasentajat ovat taas töissä. Näin vältetään siltä, että vaippapuoli on turhaan tyhjänä kosketuksissa ulkoilman hapen kanssa.

8 KOKEELLINEN OSA

8.1 Happipitoisuuden määrittäminen

Kattilaveden syöttövesipumpun GA-75012 painepuolen putkilinjasta haarautuu, paineensäätöventtiilin PC-75008 jälkeen, putkilinja näytteenotto paikalle SC-75020-5. Näytteenotto paikkan SC-75020-5 (KATVESIMHC) läpi virtaa käyttökohteille lähtevä kattilavesi, jonka happipitoisuutta tässä opinnäytetyössä tutkittiin. Happipitoisuuden ohjearvoksi on asetettu $< 20 \mu\text{g/l}$. Näytteenotto paikkan yhteydessä on lämmönvaihdin EA-75047, joka jäädyttää kattilaveden ($115 \text{ }^\circ\text{C}$) näytteenotto lämpötilaan ($30 - 40 \text{ }^\circ\text{C}$). Jäädyttävänä aineena lämmönvaihtimessa käytetään glykolia.

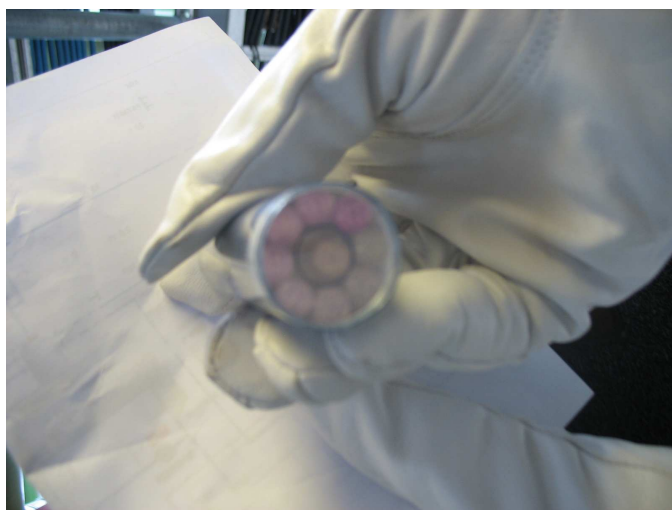
Kattilaveden happipitoisuusmittaukset suoritettiin kahdella eri mittausmenetelmällä. Kattilaveden happipitoisuus määritettiin sekä anturilla että happipitoisuuden määrittäykseen valmistettujen ampullien avulla.

8.1.1 Ampullimittaus

Näytteenotto paikkan SC-75020-5 läpi valutettiin kattilavettä puolen tunnin ajan, jotta voitiin varmistua, että siihen johtavassa putkilinjassa oli vesi vaihtunut. Tämän jälkeen vesivirtaus johdettiin läpivirtaussuppilon läpi kuvan 11 osoittamalla tavalla ja säädettiin vesivirtauksen määräksi noin yksi litra minuutissa. Näin varmistettiin, että

vesi vaihtuu koko ajan ja se ei pääse reagoimaan ulkoilman hapen kanssa. Ampulli upotettiin läpivirtaussuppilon sisään vesipinnan alapuolelle ja sen kärki katkaistiin.

Hetken kuluttua ampulli nostettiin vedestä ja sitä sekoitettiin muutaman kerran. Tämän jälkeen on kolmekymmentä sekuntia aikaa verratta ampullin päähän muodostunutta väriä CHEMets Kit-paketin mukana tulleisiin mallikappaleisiin, jotka ilmaisivat kattilaveden happipitoisuuden asteikolla 0 - 40 $\mu\text{g/l}$. Ampullin päässä tapahtuneen reaktion johdosta sen väri muuttui violetiksi ja mitä tummempi tämä väri on, sitä enemmän kattilavesi sisältää happea. Erityisen tärkeää happipitoisuuden määrittämisessä on, että mittausvaiheessa ampullin kärki pysyi koko ajan vesipinnan alapuolella, jotta se ei pääse reagoimaan ulkoilman hapen kanssa. Happipitoisuusampullien toiminta perustuu ASTM D5543-09-standardiin ja mittauksien tulokset on kerättyinä LIITTEESEEN 5.



Kuva 11: 15.5.2011 kello 13:10 suoritettu kattilaveden happipitoisuusmittaus ampullimenetelmällä.

Oikeanpuoleisessa kuvassa ympyrän ulkokehällä on vertailuasteikko, johon ympyrän keskellä olevan näytteen väriä verrattiin.

8.1.2 Anturimittaus

Happipitoisuusmittaukset suoritettiin käyttämällä TL 4:n kenttälaboratoriossa olevaa Mettler Toledon SevenGo pro dissolved oxygen meter SG6 happipitoisuusanturia. Mittausmenetelmä perustuu SFS-EN-25814 standardiin. Laitteen käyttömanuaalin mukaan anturi mittaa kattilaveteen liuenneen hapen 0,01 ppm:n ja lämpötilan 0,1 °C tarkkuudella. Anturin mittausalue on 0,00 - 99,00 ppm ja 0 - 60 °C.

Anturin kärki upotettiin kohdassa 8.1.1 kuvatun ampullimittauksen tavoin suppilon läpi virtaavan vesipinnan alapuolelle. Kun mittaus oli valmis, ilmestyi mittarin näytöllä olevan A-kirjaimen päälle neliöjuuri-merkki (\sqrt{A}). Tämän jälkeen happipitoisuus ja lämpötila luettiin näytöltä. Kuvassa 12 on suoritettu kattilaveden happipitoisuusmittaus anturia käyttäen.



Kuva 12: 15.5.2011 klo 13:15 suoritettu kattilaveden happipitoisuusmittaus SG 6 anturilla.

9 TYÖN TULOKSET

9.1 Tulosten tarkastelu

LIITTEISSÄ 2,3 ja 4 on esitetty kattilaveden pH, Boilex 510A kemikaalin ylimäärä, sekä rautapitoisuus. Näistä laboratorioanalyyseistä voidaan todeta, että Porvoon jalostamolla kattilavedelle asetut laatuvaatimukset (OQD-9333) täyttyvät hyvin. Kattilaveden pH:lle on asetettu ohjearvoksi 9,0 - 9,5 ja laboratorioanalyysien perusteella (LIITE 2) voidaan todeta PÖY:n kattilaveden pH:n olleen aina yli 9,0, mutta kuitenkin alle 10,0. Tämä pH on saavutettu lisäämällä veteen Boilex 510A hapensitojekemikaalia, sekä trinatriumfosfaattia, jotka nostavat kattilaveden pH:ta. Varsinaiseen pH:n säätöön tarkoitettua natriumfosfaattia ei ole tarvinnut käyttää, sillä kattilaveden pH on pysynyt korkeana muutenkin. Boilex 510A kemikaalin ylimäärässä (LIITE 3) on pientä hajontaa, mutta tuloksista kuitenkin nähdään, että kemikaalin alarajarvoksi asetettu 0,5 mg / l ei ole koskaan alittunut, joka puolestaan takaa oikeanlaiset olosuhteet jäännöshapen poistoon kattilavedestä. Kattilaveden rautapitoisuudessa on nähtävissä selvästi suurempaa hajontaa, mutta uskon tämän johtuvan näytteenottoaikavälin taajuudesta. Esimerkiksi talvisaikaan näytteitä on viety harvemmin ja putkistoon on saattanut kertyä rautaa, joka vääristää tuloksia. Laboratorioanalyyseistä voidaan kuitenkin todeta (LIITE 4), että kevään 2011 seisokin jälkeen tehdyissä analyysissä rautapitoisuus on ollut lähes sille asetetun ylärajan (< 0,05 mg / l) mukainen.

Kattilaveden happipitoisuusmittaustulosten perusteella (LIITE 5) voidaan todeta, että kevään 2011 seisokissa BG-75001:lle tehdyt muutostyöt ovat parantaneet kaasunpoistoa kattilavedestä. Aiemmin ei ole ollut varmuutta kulkeeko syöttöveden kiehtukseen käytetty ES-höyry myös vesifaasin alapuolelle. Nyt pystytään seuraamaan virtausmittarin ansiosta vesifaasin alapuolelle johdettavan kiehtushöyryn määrää. Näytteenottopaikalta SC-75020-5 happipitoisuusmittaustulosten perusteella voidaan todeta, että myös happipitoisuus on tällä hetkellä sille asetettujen ohjearvojen mukainen (< 20 ppb). Anturi- ja ampullimittausmenetelmä antavat hyvin samansuuntaisia tuloksia. Anturin antamat happipitoisuudet ovat kuitenkin hieman suurempia, kuin ampulleilla määritetyt happipitoisuudet.

Luotettavampana tuloksena voidaan mielestäni kuitenkin pitää ampullimenetelmän antamia tuloksia, sillä siinä mitta-asteikko (0-40 µg/l) on tarkempi, kuin anturin mitta-asteikko ja ampullit on valmistettu erityisesti hyvin alhaisten happipitoisuuksien analysointiin.

Määritin vertailun vuoksi happipitoisuuden vesijohtovedestä valuttamalla sitä läpivirtaus suppilon läpi, sekä ottamalla kattilavettä SC-75020-5 näytteenotto paikalta litran lasipulloon. Vesijohtoveden happipitoisuudeksi anturi antoi arvon 9,60 ppm ja ampulli muuttui välittömästi kärjen katkaisun jälkeen tumman violetiksi. Lasipulloon otetun näytteen happipitoisuus oli alhaisimmillaan 0,9 ppm. Tästä voidaankin todeta, että näyte absorpoi selvästi ilmaa pulloon valutettaessa, joten ainoa luotettava tapa mitata kattilaveden happipitoisuutta on läpivirtaussuppilon avulla. Kattilaveden happipitoisuus tulisi jatkossa analysoida kerran viikossa esimerkiksi vesilaboratorioon toimitettavan vesinäytteen oton yhteydessä.

9.2 BG-75001 operointiarvot

Taulukkoon 4 on kerätty LIITTEESSÄ 5 olevien happipitoisuusmittaustulosten perusteella optimaaliset operointiarvot kaasunpoistimen BG-75001:n happipitoisuuden minimoimiseksi. Jos happipitoisuus pääsee kohoamaan liian suureksi, tulee verrata kaasunpoistimen operointiarvoja oheisen taulukon arvoihin, sekä varmistua että BG-75001:lle syötetään Boilex 510A hapensitojakemikaalia. On tärkeää myös varmistaa, että Boilex kemikaalin määrä on annosteltu oikein (0,5-1,0 mg/l). Tämä analyysi suoritetaan jalostamon vesilaboratoriossa. Seuraavien taulukoiden positiot ovat kuvattuna LIITTEESSÄ 1.

Taulukko 4: BG-75001 operointiarvot happipitoisuuden minimoimiseksi

| BG-75001 | | | |
|----------------------------|----------|---------|-----------|
| Kuvaus | Positio | Yksikkö | |
| BG:n paine | PC-75006 | kPa | 43-47 |
| SYVE:n ulostulolämpötila | TI-75005 | °C | 110-115 |
| ES-höyry kaasunpoistajalle | FC-75043 | t/h | 1,5-1,8 |
| ES-höyry vesifaasiin | FI-75062 | kg/h | 2750-2850 |

BG:n operointiin vaikuttaa myös oleellisesti PÖY:n lauhdesäiliön FA-75004 paine ja lämpötila.

Taulukko 5: FA-75004 operointiarvot happipitoisuuden minimoimiseksi

| FA-75004 | | | |
|-----------------|----------|---------|---------|
| Kuvaus | Positio | Yksikkö | |
| FA:n paine | PC-75011 | kPa | 85-90 |
| FA:n lämpötila | TI-75006 | °C | 111-113 |

Erityisen tärkeää on, että äänenvaimentimen PA-75023 kautta puhaltua jatkuva höhkähöyryvirtaus ulkoilmaan, jotta ulkoilman happi ei pääse takaperin syöttövesisäiliöön BG-75001.

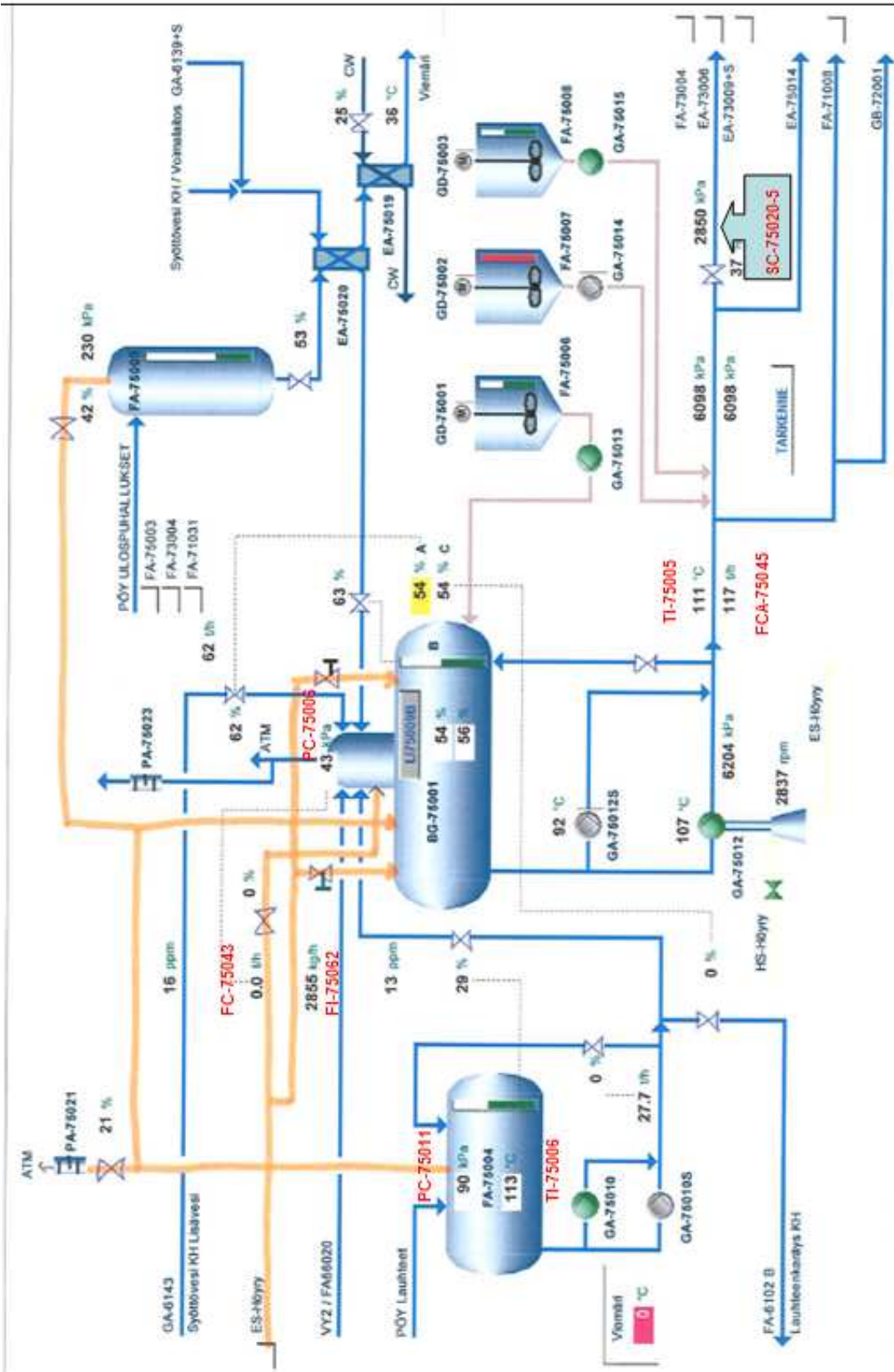
9.3 EA-73009 operointiarvot

LIITTEESEEN 6 on koottu operointiohje, jolla minimoidaan hapen pääsy EA-73009:n vaippapuolelle. Tarkempi kuvaus on esitetty kappaleessa 6. Operointiohjeessa esitetyt huuhteluajat ovat minimiaikoja. Kokeellista osaa suoritettaessa heräsi kehitysidea työtölinjan rakentamisesta myös vaippapuolelle. Näin esimerkiksi tuubisarjan pesun ja höyrykehittimen kasauksen jälkeen (varalle operointi) vaippapuolen kaasut voitaisiin syrjäyttää työllä ja tätä kautta nopeuttaa kaasujen poistoa vaippapuolelta.

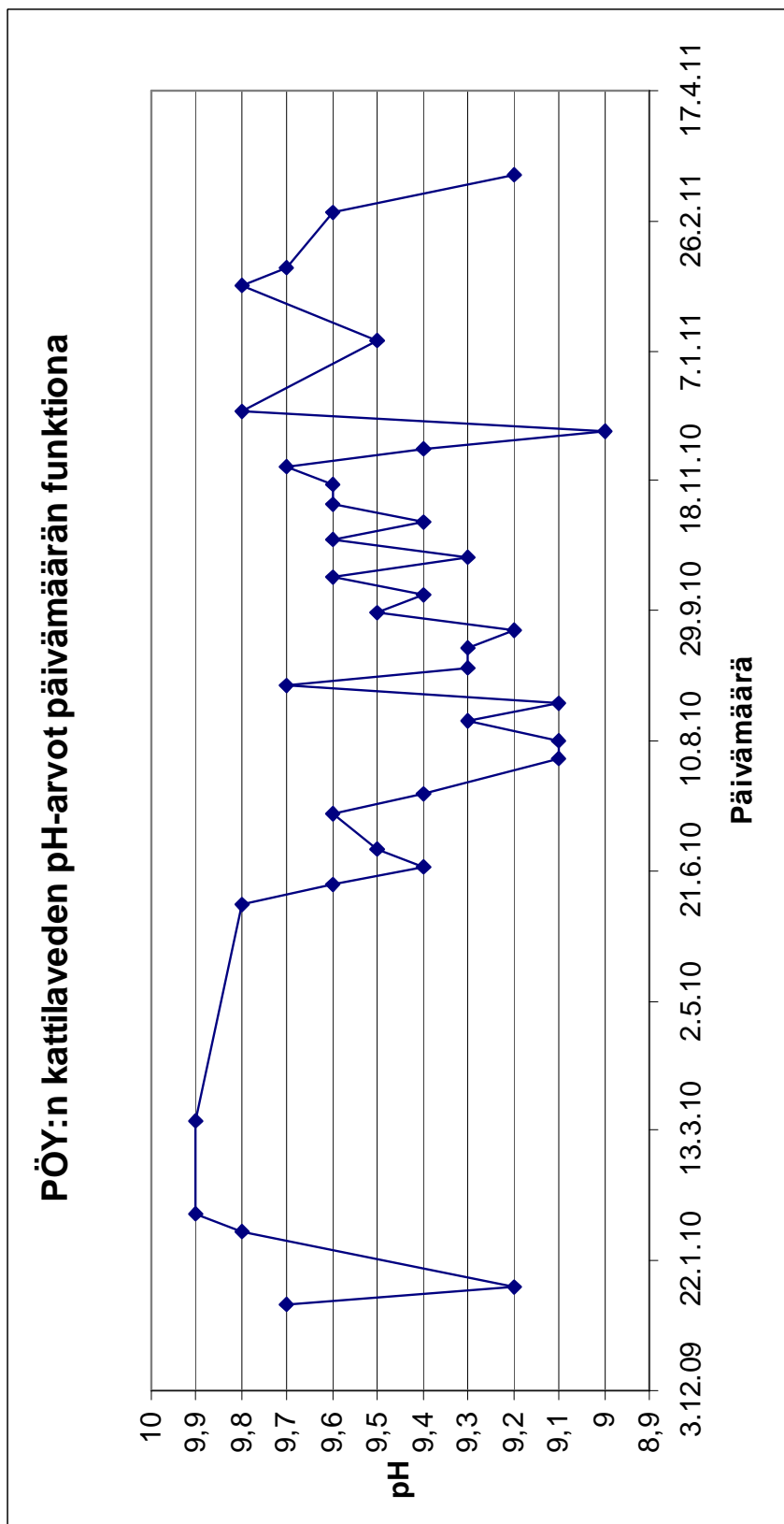
LÄHTEET

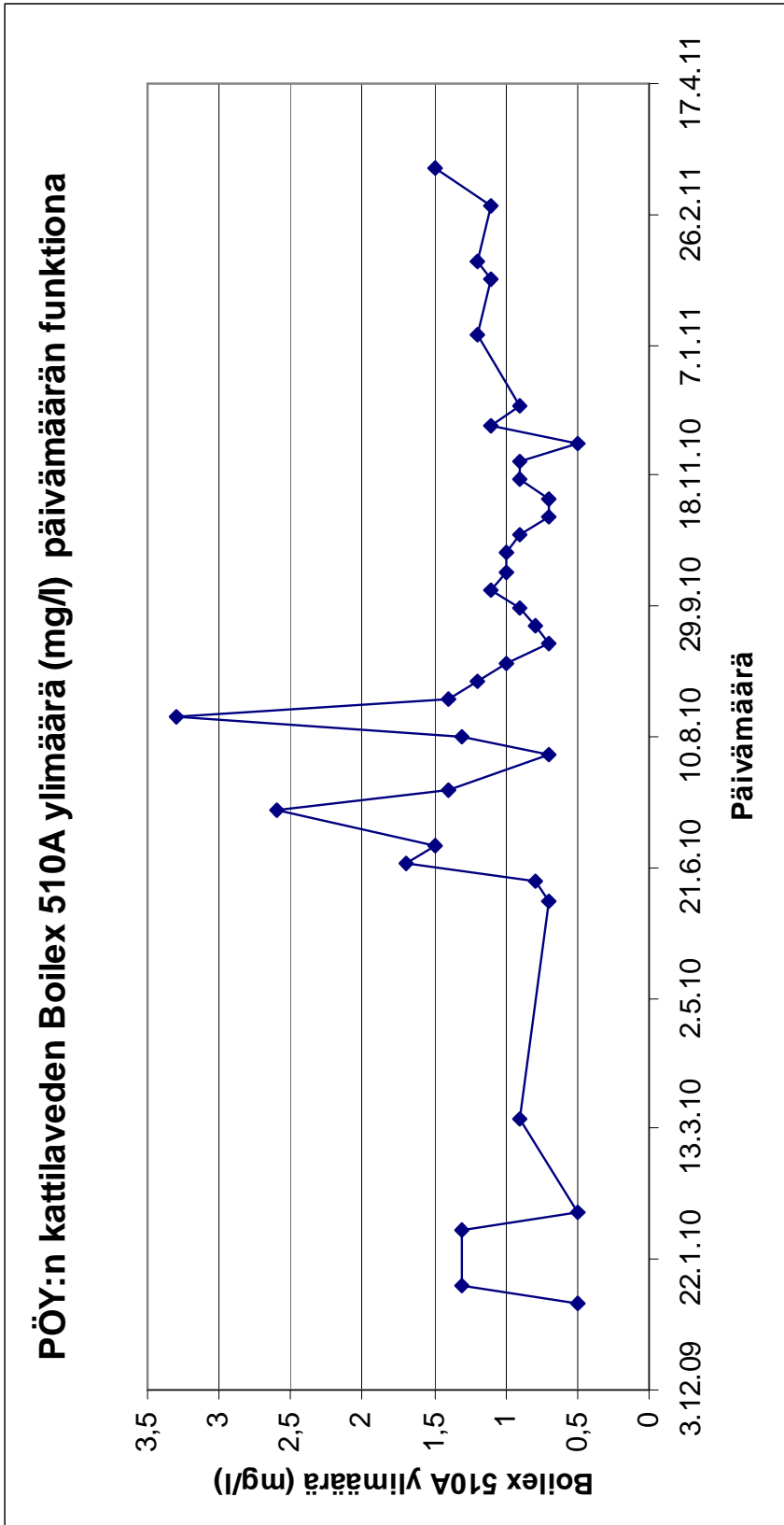
1. Makkonen T. 2011, OQD-9333. Kattilalaitoksen / höyrykehittimien vedenkäsittely.
2. Neste, Air-ix suunnittelu. 1989. Höyryopas. Helsinki: Valtion Painatuskeskus
3. Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä T. & Urpalainen S. 2008. Voimalaitostekniikka. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy
4. Huhtinen, M., Kettunen A., Nurminen P. & Pakkanen H. 2000. Höyrykattilatekniikka. 5. uud. p. Helsinki: Oy Edita Ab.
5. Korroosio vesi-höyryjärjestelmässä,
<http://ylivieska.cop.fi/karip/kemia/031S01Y/vesikemian%20perusteet.pdf>, viitattu 15.5.2011
6. Antila, A-M., Karppinen, M., Leskelä M., Mölsä H. & Pohjakallio M. 2005. Tekniikan Kemia. Helsinki: Edita Prima Oy
7. SAMK. Zenger P. Energiatekniikan koulutusohjelma. Voimalaitostekniikan luentomuistiinpanot.
8. Neste Oil Oyj. 2007. Pohjaöljy-yksikön käyttökäsikirja. Luku 13, Käyttöhyödykkeet
9. Neste Oil Oyj. Porvoon jalostamo. Operaattoreiden koulutusmateriaali. 2007. Lämmönsiirtimet PowerPoint-esitys
10. Ranki T. 2009, OQD-6801. PÖY usein puhdistettavat lämmönsiirtimet, operointi ja varallapito
11. Huhtala M. 2008, OQD-5642. VY 2 Prosessikuvaus
12. Neste Oil, Projecwise-ohjelman tietokanta

TUOTANTOLINJA NELJÄN POHJAÖLJY-YKSIKÖN KATTILAVESIJÄRJESTELMÄN PROSESSIKUVAUS

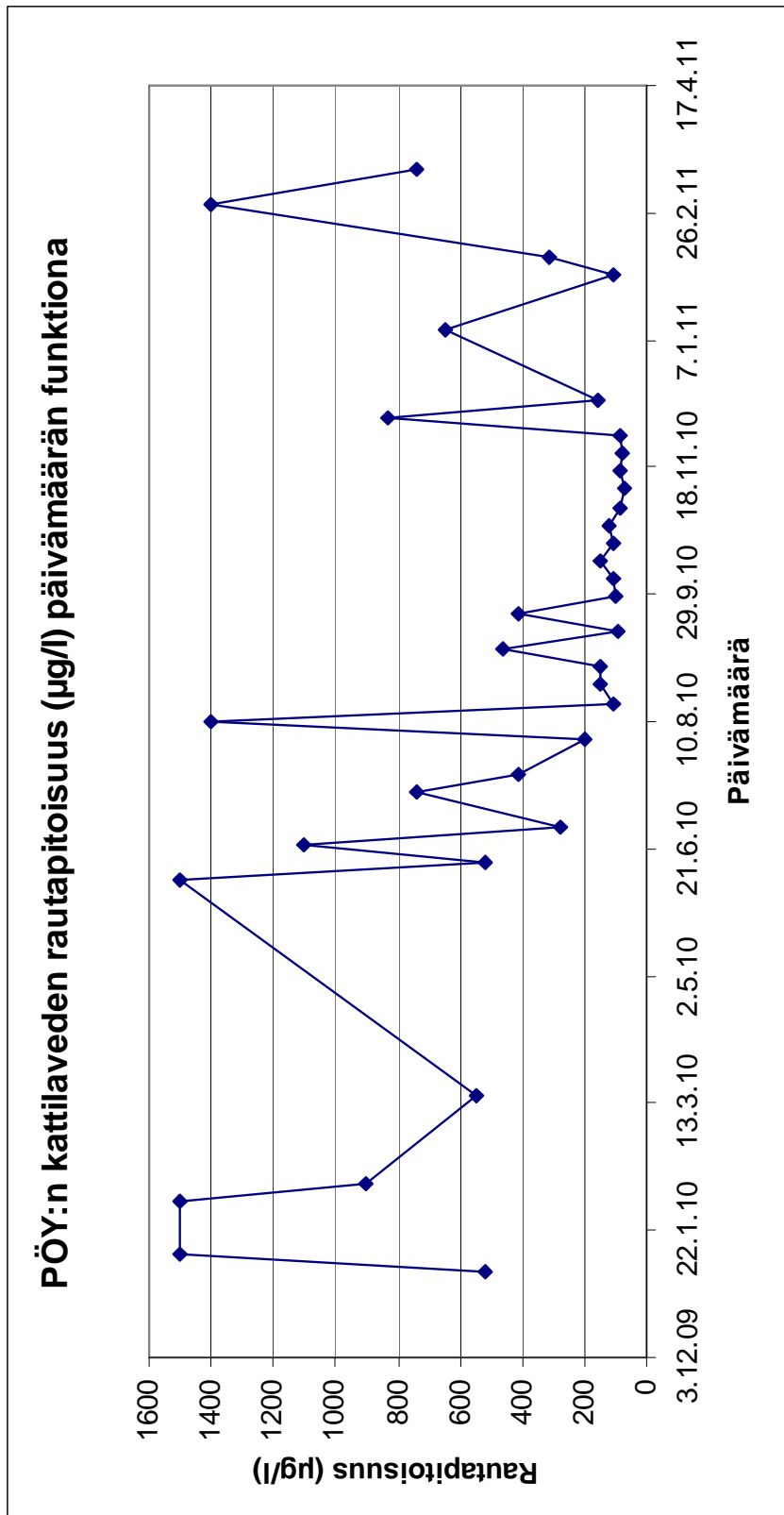


POHJAÖLJY-YKSIKÖN KATTILAVEDEN pH-ARVOT PÄIVÄMÄÄRÄN FUNKTIONA



BOILEX 510A-KEMIKAALIN YLIMÄÄRÄ POHJAÖLJY-YKSIKÖN KATTILAVEDESSÄ
PÄIVÄMÄÄRÄN FUNKTIONA

POHJAÖLJY-YKSIKÖN KATTILAVEDEN RAUTAPITOISUUS PÄIVÄMÄÄRÄN FUNKTIONA



SC-75020-5 KATTILAVEDEN HAPPIPITOISUUSMITTAUKSET

| päivämäärä ja aika | positio | BG-75001 | | | | |
|--------------------|---------|-------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|----------------|
| | | PC-75006 | TI-75005 | FCA-75045 | FI-75062 | FC-75043 |
| | | paine (kPa) | veden ulostulolämpötila (°C) | veden ulostulomäärä (t/h) | ES-höyry (kg/h) | ES-höyry (t/h) |
| 15.5.2011 13:50 | | 47,2 | 112,1 | 114,6 | | 0 |
| 15.5.2011 16:00 | | 42,6 | 112,7 | 115,7 | | 0 |
| 17.5.2011 20:00 | | 46,5 | 111,7 | 117,3 | 2862 | 0 |
| 20.5.2011 9:42 | | 40 | 110,9 | 108,1 | 2831 | 2,304 |
| 24.5.2011 11:25 | | 45,7 | 111,8 | 104,3 | 2800 | 1,475 |
| 27.5.2011 10:15 | | 47,1 | 112,1 | 104,3 | 2792 | 1,845 |
| 7.6.2011 10:17 | | 46,8 | 112,1 | 102,4 | 2798 | 1,559 |
| 15.6.2011 15:20 | | 42,3 | 112,2 | 110,9 | 2823 | 1,899 |
| 17.6.2011 20:15 | | 45,8 | 111,7 | 107,4 | 2806 | 2,472 |
| 17.6.2011 20:20 | | 45,8 | 111,7 | 107,4 | 2806 | 2,472 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| | positio | FA-75004 | | SC-75020-5 | | |
|--------------------|-------------|------------------------|---------------|----------------|--------------|-------------------------|
| | | PC-75011 | TI-75006 | happipitoisuus | | |
| päivämäärä ja aika | paine (kPa) | säiliön lämpötila (°C) | ampulli (ppb) | anturi (ppm) | anturi (ppb) | näytteen lämpötila (°C) |
| 15.5.2011 13:50 | 89,5 | 112,5 | 15 - 20 | 0,03 | → 30 | 31,9 |
| 15.5.2011 16:00 | 90,1 | 112,7 | | 0,03 | → 30 | 44,1 |
| 17.5.2011 20:00 | 89,5 | 112,4 | 10 - 15 | 0,03 | → 30 | 35,2 |
| 20.5.2011 9:42 | 90,7 | 112,6 | 10 - 15 | 0,03 | → 30 | 43,5 |
| 24.5.2011 11:25 | 82,2 | 111,1 | 10 | 0,02 | → 20 | 43,8 |
| 27.5.2011 10:15 | 83,6 | 111,2 | 15 - 20 | 0,03 | → 30 | 38,0 |
| 7.6.2011 10:17 | 83,2 | 111,2 | 35 - 40 | 0,06 | → 60 | 36,2 |
| 15.6.2011 15:20 | 79,3 | 110,4 | 15 | 0,03 | → 30 | 43,0 |
| 17.6.2011 20:15 | 82,1 | 111 | 10 | 0,04 | → 40 | 45,4 |
| 17.6.2011 20:20 | 82,1 | 111 | | 0,02 | → 20 | 41,9 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

OPEROINTIOHJE HÖYRYNKEHITIN EA-73009 HAPPIPITOISUUDEN MINIMOIMISEKSI

1. VARALLE OPEROINTI

| Operointi | Määrä (t/h) | Aika(h) | Huom |
|---|-------------|---------|---|
| Suljetaan päätylaipat | | | |
| Linjataan vaippapuoli varoventtiin ohituksen kautta PA:lle | | | |
| Otetaan vaippapuolelle pinta näkyviin (37%) | | | |
| Linjataan tuubipuoli FA-74006 säiliöön | 6 | 1,5 | |
| Tuubipuolen kylmä WOS täyttö | 6 | 2 | Lopetetaan kunnes höyrynsäiliön kehittää höyryä PA:n kautta ulkoilmaan (kaasunpoisto) |
| Kuuma WOS täyttö | | | |
| Avataan tuubipuolen ulostuloa vähän (25%) | | | |
| Paineistetaan vaippapuoli linjassa olevan höyrynsäiliön kehittäjän kautta | | | |
| Säädetään ulospuhallukset niin, että vesi vaihtuu höyrynsäiliön kehittäjän kehittäjän | 1 | | |

2. LINJAAN OPEROINTI

| Operointi | Aika (min) | Huom |
|---|------------|--|
| Tarkastukset | | Päätylaivat kiinni, varoventtiilien purkupuolien LO-venttiilit auki, pursut päällä, vaippapuolella vesipinta näkyvässä, huuhtelulinjat kiinni (KART,WOS) |
| Suljetaan vaippapuolen takaiskun ohitusventtiili | | |
| Linjataan vaippapuoli varoventtiiliin ohituksen kautta PA:lle | | |
| Tuubipuolen ulostulo auki | | |
| Tuubipuolen sisäänmeno vähän (25%) auki | 30 | Kun höyrykehitin kehittää höyryä PA:lle, linjataan höyryt LS-verkkoon |
| Tuubipuolen sisäänmeno kokonaan auki | 30 | Pidetään vaihtimet rinnan, jotta vältytään LS-verkon paineenheilahtelulta |
| Operoidaan linjassa ollut höyrykehitin työkuuntoon/varalle | | |

3. TYÖKUNTOON OPEROINTI

| Operointi | Määrä (t/h) | Aika (h) | Huom |
|--|-------------|----------|--|
| Suljetaan tuubipuolen sisäänmeno | | | |
| Suljetaan tuubipuolen ulostulo | | | |
| Linjataan tuubipuoli FA-74006 säiliöön | | | |
| KART-huuhtelu | 6 | 3 | Höyrypuoli operoituna LS-verkkoon |
| Kuuma WOS-huuhtelu | 6 | 3 | Höyrypuoli operoituna varoventtiilin ohituksen kautta PA:lle |
| Suljetaan pursut | | | |
| Suljetaan ulospuhallukset | | | |
| Linjataan tuubipuoli FA-73005 säiliöön | | | |
| Tyhjennetään tuubipuoli typpellä | | | Tarkkaillaan FA-73005 säiliön pinnan ja paineenmittausta |
| Tyhjennetään vaippapuoli peevingille | | | |
| Lopetetaan työt ja lasketaan tyypipaine ulkoilmaan | | | |

