

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma / Energia- ja ympäristötekniikka

Petteri Vainio

KATTILAVESIEN KEMIKALOINTI HOVINSAAREN VOIMALAITOKSELLA

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

VAINIO, PETTERI

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

Maaliskuu 2011

Avainsanat

Kattilavesien kemikalointi Hovinsaaren voimalaitoksella

53 sivua + 11 liitesivua

Osaamisalapääällikkö Markku Huhtinen

Käyttöpääällikkö Juha Gåsman

Kotkan Energia Oy

vesikemia, kattilavesi, vesikemikaalit, veden käsittely

Höyrykattilan vesikemia on tärkeä, monimutkainen ja pitkäjänteisyyttä vaativa kattilan kunnossapidon ”työkalu”, jonka tärkeyttä ei missään tapauksessa saa aliarvioida. Kattilavesi on koko laitoksen elineste, veri, jota ilman energiaa ei saada siirrettyä polttoaineesta sähköksi, höyryksi tai kaukolämmöksi. Tämän työn tarkoituksena on kartoittaa Hovinsaaren voimalaitoksen kattilaveden nykyhetken tilanne ja arvioida sen mahdolliset parannukset.

Tutkimuksen suurin painoarvo jakaantui kattilavesikemikaalien syöttöön. Koska kyseisten kemikaalien syötön tarpeesta oli olemassa vain kemikaalintoimittajan suositukset, tämän työn tarkoituksena oli analysoida niiden todellinen tarve sekä mahdolliset muutokset.

Työn tulokset ovat empiiristen kokeiden sekä tilastollisten tutkimuksien summa. Lopullisena yhteenvedona todettakoon, että vesikemikaaleja syötettiin veteen liikaa. Niinpä toisen kemikaalin määrä puolitettiin ja toisen käyttö lopetettiin kokonaan. Säästönä näistä toimenpiteistä kertyy vuositason suoraa useita kymmeniä tuhansia euroja. Välillisesti säästöä kertyy huomattavasti enemmän, sillä myös liiallinen kemikaalien syöttö voi johtaa pahimmassa tapauksessa kattilavaurioon.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Mechanical and Production engineering

VAINIO, PETTERI

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

March 2011

Keywords

Boiler Water Chemicalization in Hovinsaari Power Plant

53 pages + 11 pages of appendices

Markku Huhtinen Manager of Departments

Juha Gåsman Operation Manager

Kotkan Energia Oy

water chemistry, boiler water, water chemicals, water treatment

Steam boiler water chemistry is an important, complex and perseverance - demanding boiler maintenance "tool". The importance of it should not be underestimated in any case. Boiler water is the life fluid of the power plant. Without the boiler water the energy cannot be converted from fuel to electricity, steam or heat for district heating. The purpose of this work was to identify the current state of the Hovinsaari power plant boiler water and assess its potential for improvements.

The primary importance of the research was the feed of the water treating chemicals. Because there were only the supplier's recommendations for the feed of them, the purpose of this work was to analyze the factual need and the dosing of those chemicals available.

The conclusions and the analysis of the study are results of empirical tests and statistical research. The final outcome of this thesis work was to find that there were too many chemicals fed into the boiler and feed water. Annual savings gained by the reduction of the chemicals are tens of thousands of euros. Indirectly, the savings are considerably greater, because in the worst case, an excessive feed of water treatment chemicals could lead to a boiler failure.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKULAUSE

6

1 JOHDANTO

7

2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

8

2.1 Kotkan Energia Oy

8

2.2 Hovinsaaren voimalaitos

9

2.2.1 Biokattilalaitos

11

2.2.2 Kombivoimalaitos

13

2.2.3 Högfors-kattila

15

3 VOIMALAITOKSEN VESIKEMIA

15

3.1 Vesikemian peruskäsitteitä

15

3.1.1 Liuosten pitoisuuksiin liittyvät käsitteet:

15

3.1.2 Pitoisuuksia

16

3.1.3 Ionit

17

3.1.4 Hapot

17

3.1.5 Emäkset

18

3.1.6 Alkaliteetti

18

3.1.7 Amfolyytti

18

3.1.8 pH

19

3.1.9 Veden ja höyryn johtokyky

20

3.1.10 Veden suolapitoisuus

21

3.1.11 Veden kovuus

21

3.1.12 Kaliumpermanganaattikulutus

23

3.1.13 Veden jäännöshappi

23

3.1.14 Kokonaisrauta ja kokonaiskupari

26

3.1.15 Hiilidioksidipitoisuus

25

3.1.16 Silikaattipitoisuus

27

3.1.17 Natrium- ja kloridipitoisuus

27

3.1.18 Kattilan magnetiittikalvo	28
3.2 Yleistä vesikemiasta	30
3.3 Vesikemian päämäärät	34
3.4 Voimalaitosten ajotapojen luokittelu	34
3.5 Hovinsaaren kattiloiden vesikemia	34
3.5.1 Vesikemikaalit	35
3.5.2 Kemikaalien syöttöjärjestelmä	37
3.6 Näytteenotto	38
4 TUTKIMUSONGELMA	41
4.1 Alkutilanne	41
4.2 Ratkaisu ongelmaan	42
5 YHTEENVETO	48
5.1 Päätelmät työn tuloksista	48
5.2 Parannusehdotukset	51
LÄHTEET	53
LIITTEET	
Liite 1. Trendinäyttö: lisäveden virtaus automaatilta käsikäytölle	
Liite 2. Trendinäyttö: lisäveden virtaus käsiajolta takaisin automaatille	
Liite 3. Esimerkki 67 baarin lieriökattilan näytteenottopisteistä	
Liite 4. RO-laitteiston toimintaperiaate	
Liite 5. Täyssuolanpoistoon käytettävän ioninvaihtojärjestelmän toimintaperiaate	
Liite 6. DENÅ:n laatuvaatimukset kattilavedelle	
Liite 7. Jälkiannostuskemikaalisyöttölinjojen lohkokaavio	
Liite 8. Kemikaalihuoneen layout	
Liite 9. Kemikaalin vastaanottohuoneen layout	
Liite 10. Kemikaalinsyöttökoneikon piirustukset	
Liite 11. Kemikaalipumppujen sekä -linjojen piirustukset	

ALKULAUSE

Tämän työn tarkoituksena on kartoittaa Hovinsaaren voimalaitoksen kattilaveden nykyhetken tilanne ja arvioida sen mahdolliset parannukset kemikaalinsyötön suhteen. Lisäksi laitoksen kemikaalihuone vaati kipeästi uudistamista, mikä taas saneli tarpeen uuden kemikaalinsyöttöjärjestelmän suunnittelemisesta.

Työn liitteenä seuraavat lohkokaaviot sekä layoutpiirrokset, joiden pohjalta kemikaalihuoneen uusi järjestys annostelulaitteiston osalta tullaan toteuttamaan.

Opinnäytetyön valmistumista edesauttoi suuresti avoin ja opettavainen ilmapiiri Hovinsaaren voimalaitoksella. Niinpä kiitos kuuluukin koko laitoksen käyttötiimille. Ohjaajani käyttöpäällikkö Juha Gåsmanin sekä vesilaitoksenhoitaja Hannu Kalson ansiosta sain käyttööni laajat lähteet vesikemian hoidosta. Ilman niitä työni olisi muodostunut mahdottomaksi.

Tutkimus sekä sen liitteet toimivat myös perehdyttämisoppaana vesikemiaan uusille työntekijöille sekä muille asiasta kiinnostuneille.

1 JOHDANTO

Höyrykattilan vesikemia on tärkeä, monimutkainen ja pitkäjänteisyyttä vaativa kattilan kunnossapidon työkalu, jonka tärkeyttä ei missään tapauksessa saa aliarvioida. Kattila on ylivoimaisesti kallein höyryjärjestelmän osa, ja siksi sen korroosioalttiuteen ja suojaukseen on kiinnitettävä tarkkaan huomiota. Kattilan toiminnan takaaminen mahdollisimman aukottomasti kaikissa ajotilanteissa on erittäin tärkeää sähkön- sekä prosessihöyryn tuotannossa. Kattilavesi on koko laitoksen elineste, veri, jota ilman energiaa ei saada siirrettyä polttoaineesta halutuksi lopputuotteeksi kuten sähköksi, höyryksi tai kaukolämmöksi.

On arvioitu, että korroosio sekä veden sisältämien epäpuhtauksien muodostamat kerrostumat aiheuttavat vuosittain miljardien eurojen ylimääräiset kustannukset energia-teollisuudelle. Noin 50 prosenttia voimalaitosten alasajoihin johtaneista putkirikoista johtuu joko suoraan tai välillisesti korroosiovaurioista. Vaikka puutteellisesta vesikemiasta aiheutuvia ongelmia ei voida kokonaan eliminoida, on niitä mahdollista minimoida vaikuttamalla veden laatuun ja tehostamalla vesikemian valvontaa.

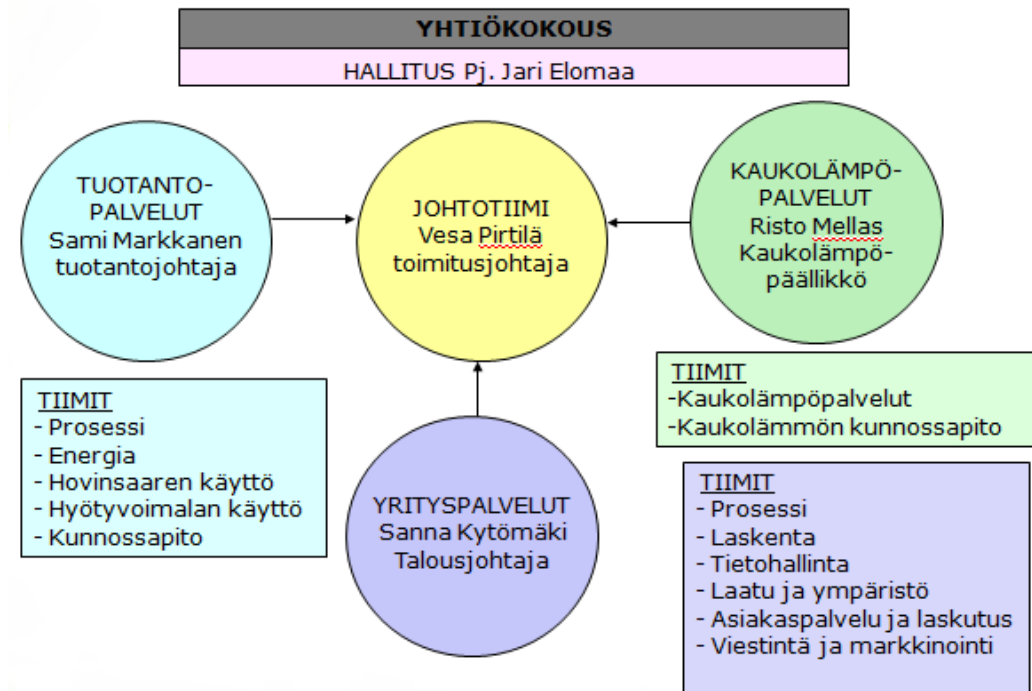
2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

2.1 Kotkan Energia Oy

Kotkan Energia Oy on Kotkan kaupungin kokonaan omistama energiayhtiö, jonka liiketoiminta jakautuu energian tuotantoon ja kaukolämpöpalveluihin. Päätuotteita ovat kaukolämpö, teollisuushöyry ja sähkö. Lisäksi yhtiö myy maakaasua teollisuudelle. Kotkan energia Oy on työnantaja tällä hetkellä 77 energia-alan ammattilaiselle (1).

Yhtiön liikeidea on kaukolämmön myynti sekä lämmön ja sähkön yhteistuotanto, jolla hyödynnetään edelläkävijänä uusiutuvia energiamuotoja ja jätteitä taloudellisesti kannattavasti lämmön ja sähkön yhteistuotannossa yhteistyössä paikallisen teollisuuden kanssa (1).

Alla olevassa kuvassa on esitettyä Kotkan Energia Oy:n organisaatiokaavio.



Kuva 1 Kotkan energian organisaatio (1).

Yhtiön päätuotteista sähkö tuotetaan Hovinsaaren voimalaitoksella, Korkeakosken hyötyvoimalaitoksella sekä kahdella Mussalossa sijaitsevalla tuulivoimalalla. Kaukolämmöntuotanto keskittyy lähinnä Hovinsaaren voimalaitokselle sekä Korkeakosken hyötyvoimalaitokselle. Lisäksi sitä tuotetaan huippukuormien aikaan kaukokäyttöisillä lämpökeskuksilla ja ostetaan Kotka Mills Oy:ltä. Prosessihöyryä tuotetaan Hovinsaaren sekä Korkeakosken voimalaitoksella. Alla olevassa taulukossa on eritelty yhtiön myymien tuotteiden jakaantuminen vuonna 2010 (2).

Taulukko 1. Kotkan Energia Oy:n tuotteiden myyntimäärät vuonna 2010 (2).

Tuotteet	Tuotteiden myyntimäärät
Sähkön myynti - oma tuotanto	196 GWh
Sähkön myynti – välitysmyynti	53 GWh
Kaukolämmön myynti	441 GWh
Höyryn myynti	204 GWh
Jätteen hyötykäyttöpalvelun myynti	91 tuhatta tonnia

2.2 Hovinsaaren voimalaitos

Hovinsaaren voimalaitos on Kotkan Energian päätuotantolaitos. Se on vuonna 2003 valmistunut ja ympäristöystävällinen laitos, jossa erityistä huomiota on kiinnitetty savukaasujen puhdistukseen ja muiden ympäristöhaittojen minimointiin (3).

Hovinsaaren voimalaitoksessa tuotetaan suurin osa Kotkassa käytettävästä kaukolämmöstä. Lisäksi laitoksella tuotetaan prosessihöyryä Danisco Sweeteners Oy:n tehtaalte ja sähköä yhteistuotantona lämmöntuotannon kanssa (CHP, Combined Heat and Power). Seuraavalla sivulla on ilmakuva kyseisestä voimalaitoksesta (3).



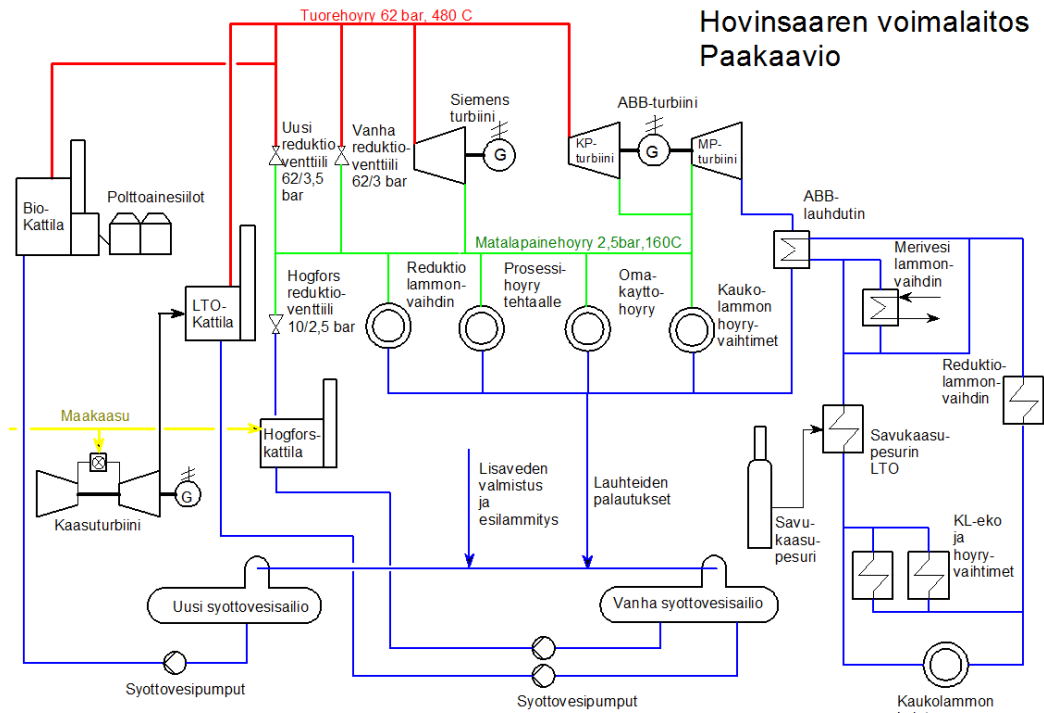
Kuva 2. Hovinsaaren voimalaitos (3).

Hovinsaaren voimalaitos käyttää polttoaineenaan maakaasua, metsähaketta, kuorta, purua, metsäteollisuuden sivutuotteita, jyrsinturvetta, ruokohelpeä ja kierrätyspolttoaineita (REF1, Recycled Fuel 1). Näiden lisäksi vara- ja tukipolttoaineena käytetään maakaasua. Hovinsaaren voimalaitos muodostuu maakaasua polttoaineenaan käyttävästä kombivoimalaitoksesta ja biopolttoainetta käyttävästä biovoimalaitoksesta. Lisäksi voimalaitoskompleksiin kuuluu Högfors-apukattila, joka käyttää polttoaineenaan maakaasua (3).

Hovinsaaren voimalaitoksen vuotuinen tuotanto on keskimäärin:

- sähköä 150–250GWh
- kaukolämpöä 300–350 GWh
- prosessihöyryä 140 GWh (3).

Kokonaiskuvan hahmottamisen helpottamiseksi voi tutustua alla olevaan Hovinsaaren voimalaitoksen pääkaavioon (Kuva 3).



Kuva 3. Hovinsaaren pääkaavio (4).

2.2.1 Biokattilalaitos

Biokattila on Fortum Engineering Oy:n toimittama kupliva leijukerrospektikattila, joka käyttää polttoaineinaan turvetta, haketta, purua, metsätähdehaketta, kierrätyspuuta sekä REF1-kierrätyspolttoainetta. Kattila on varustettu vikatilanteiden varalta kahdella low-NO_x-tekniikkaan perustuvalla kuormapolttimella sekä kahdella starttipolttimella. Kaikki polttimet käyttävät polttoaineenaan maakaasua. Starttipolttimien varapolttoaineena toimii lisäksi kevyt polttoöljy (5).

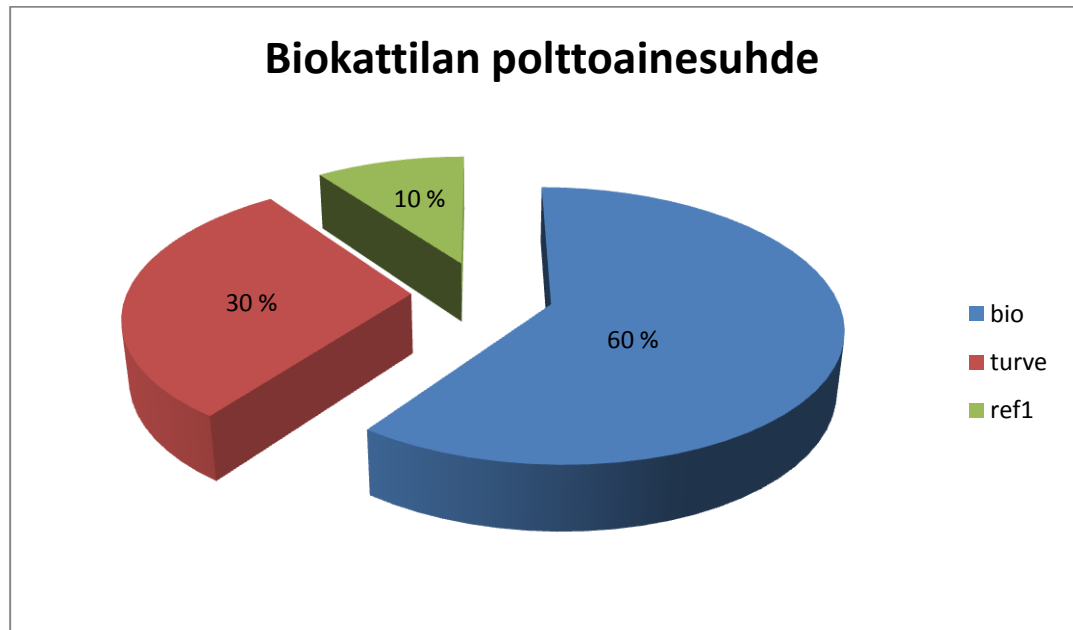
Taulukko 2. Biokattilan mitoitusarvot (5).

Suurin jatkuva höyryvirta leijukerros poltolla	kg/s	22
Pienin jatkuva höyryvirta leijukerros poltolla	kg/s	6,3
Maksimi höyryvirta maakaasulla	kg/s	10
Höyryn paine kattilan jälkeen 12,6 – 22 kg/s kuormilla	bar(a)	62
Höyryn lämpötila (maksimi)	°C	480 ± 3
Syöttöveden lämpötila syöttövesisäiliössä	°C	125

Höyrykattila on alhaalta tuettu luonnonkiertokattila. Kattilan palamisilma otetaan ulkoilman lämpötilasta riippuen joko kattilahuoneesta tai ulkoilmasta ja puhalletaan palamisilmapuhaltimella ilmankostuttimelle. Ilmankostuttimen jälkeen palamisilma lämmitetään höyryluvossa (palamisilman jälkilämmitin), minkä jälkeen primääri- sekä sekundääri-ilmanpuhaltimet jakavat ja puhaltavat palamisilman savukaasuluvojen läpi kattilaan (5).

Biokattilan kiinteän polttoaineen syöttö tapahtuu kolmesta eri paikasta: bio-, turve- sekä ref-siiloista. Kaksi ensimmäistä ovat kooltaan 1500 m³ ja ref-siilo 800 m³. Bio- ja turvesiilo syöttävät yhteisellä kuljettimella 100 m³ kokoista päiväsiiloa, jossa polttoaineet osittain sekoittuvat. Sieltä polttoaineseos puretaan porkkanaruuvipurkaimella purkaussuppilon kautta ruuvipurkaimelle, joka kuljettaa seoksen syötöntasaustaskuun. Ref-siilon kuljetin ja sitä seuraava vaakakuljetin voimalaitoksella ohjaavat ref-polttoaineen suoraan syötöntasaustaskuun, jossa polttoaineet lopullisesti sekoittuvat homogeeniseksi seokseksi optimaalisen tasaisen palamisen varmistamiseksi. Tästä polttoaineseos jatkaa tietään syötöntasaustaskun alaosassa olevien ryöstöruuvien (kaksi kappaletta) jakamana sulkusyöttimien sekä syöttötorvien läpi kattilaan (5).

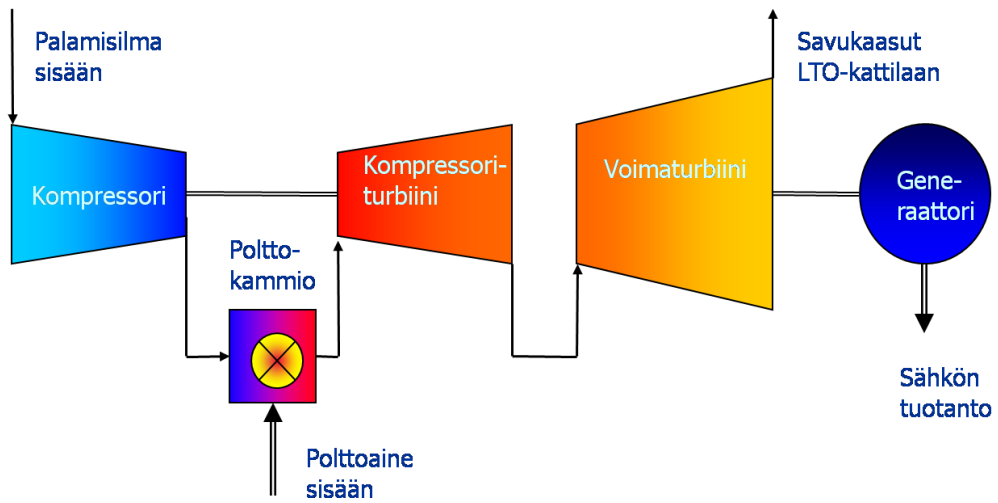
Kiinteiden polttoaineiden syöttösuhde vaihtelee polttoaineen laadun sekä kattilan päästöarvojen seurauksena. Syöttösuhde on eritelty kuvassa 4. (5)



Kuva 4. Biokattilan polttoainesuhde.

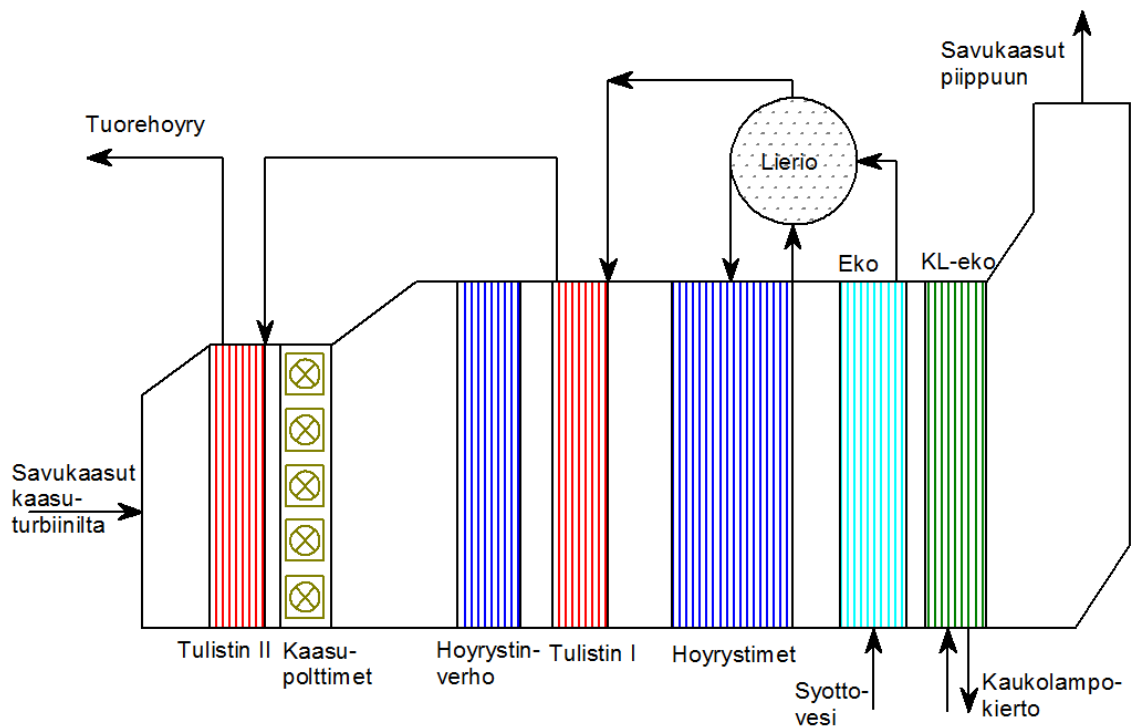
2.2.2 Kombivoimalaitos

Hovinsaaren kombivoimalaitos on kaasuturbiinista, lämmöntalteenottokattilasta sekä höyryturbiinista koostuva kokonaisuus. Laitos valmistui vuonna 1997 ja käyttää polttoaineenaan maakaasua. Kombilaitoksen energian lähteenä toimii kaasuturbiini. Kaasuturbiini koostuu kolmesta pääosasta: kompressorista, polttokammioista ja turbiinista. Kompressori tuottaa korkeapaineista ilmaa polttokammioon, missä polttoaineena toimiva maakaasu poltetaan. Muodostuneet kuumat kaasut laajenevat turbiiniosassa muuttaen kemiallisen energian mekaaniseksi pyörimisenergiaksi. Tämä taas muutetaan turbiinin akselin välityksellä generaattorissa sähköenergiaksi.



Kuva 5. Kaasuturbiiniprosessin toimintaperiaate (1).

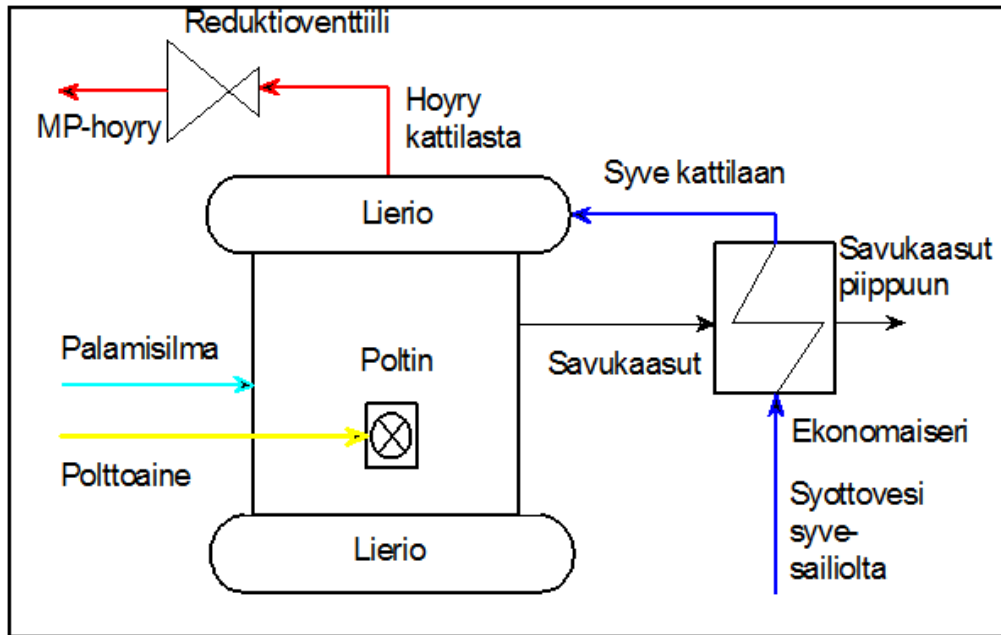
Turbiinista savukaasut johdetaan makaavaan, yhden painetason lämmöntalteenottokattilaan, jossa vaakasuoraan virtaavien kuumien savukaasujen lämpöenergia siirretään höyryn kehittämiseen sekä kaukolämpöveden lämmittämiseen. Kattila on Foster Wheelerin toimittama.



Kuva 6. Hovinsaaren kombilaitoksen lämmön talteenottokattila (1).

2.2.3 Högfors-kattila

Bio- ja kombikattilan seisokkien aikaan Daniscolle myytävän höyryn sekä kaukolämpöverkkoon ajettavan kaukolämmön tarve tyydytetään Högfors-kattilalla. Tämä maakaasulla toimiva voimalaitoksen varakattila pystyy tuottamaan maksimissaan 20 MW:n höyrytehon 7,5 barin höyrynpaineella. Alla havainnollistava kuva kattilasta.



Kuva 7. Högfors-kattila (1).

3 VOIMALAITOKSEN VESIKEMIA

3.1 Vesikemian peruskäsitteitä

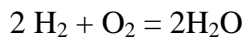
Asian selkeyttämiseksi sekä havainnollistamiseksi tähän lukuun on kerätty ja selitetty vesikemian keskeisimmät käsitteet.

3.1.1 Liuosten pitoisuuksiin liittyvät käsitteet:

1 mol = mooli = on ainemäärä, jossa on yhtä monta perusosasta kuin on atomeja tasan 12 grammassa hiili-12-isotooppia. Perusosaset voivat olla atomeja, molekyyliä, ioneja tai muita hiukkasia tai hiukkasryhmiä. Mooli mitä tahansa tiettyä ainetta vastaa siis

yhtä monta grammaa kuin on aineen molekyylin tai muun perusosan massa atomimassayksikköinä. Yhdessä moolissa on perusosasia $6,0221415 \times 10^{23}$ kappaletta. Tätä lukua nimitetään Avogadron luvuksi.

Varsinkin kemiassa ainemäärä on oikea suure kuvata aineen määrää, koska aineiden väliset kemialliset reaktiot tapahtuvat aina siten, että määrättyt määrät rakenneosasia reagoivat toistensa kanssa. Esimerkiksi vety reagoi hapen kanssa seuraavasti:



Tässä reaktiossa, eli vedyn palamisessa, kaksi vetymolekyyliä reagoi happimolekyylin kanssa muuttuen kahdeksi vesimolekyyliksi. (6)

1 mmol = millimooli = moolin tuhannesosa

ekvivalenttipaino = $\frac{\text{alkuaineen atomimassa}}{\text{valenssi}}$ tai $\frac{\text{yhdisteen kaavamassa}}{\text{valenssi}}$

1 mval = millivali = aineen ekvivalenttipaino milligrammoina

Valenssi voidaan ajatella lukuarvona, joka osoittaa, kuinka monta yksiarvoista ionia toinen ioni voi sitoa. Esimerkiksi rikkihappo H_2SO_4 on muodostunut kun kaksi vetyatomia H^+ on sitonut kaksiarvoisen anionin, sulfaatin SO_4^{2-} . Tällöin ekvivalenttipaino on kaavamassa / 2 (7).

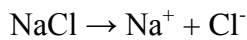
3.1.2 Pitoisuuksia

Pitoisuus	yksikkö
konsentraatio = ainemäärä / liuostilavuus	mol/l, mmol/l
ppm = liuenneen aineen massa $\times 10^{-6}$ / koko aineen massa	mg/kg
ppb = liuenneen aineen massa $\times 10^{-9}$ / koko liuoksen massa	$\mu\text{g}/\text{kg}$

massa % = liuenneen aineen massa x 100 / koko liuoksen massa %

3.1.3 Ionit

Ionit ovat sähkövarauksen omaavia alkuaineiden atomeja tai atomiryhmiä. Esimerkiksi suolat liukenevat veteen ioneina. Suolan liukenemista kutsutaan dissosioitumiseksi. Negatiivisen varauksen omaavia ioneita kutsutaan anioneiksi ja positiivisen varauksen omaavia kationeiksi. Alla olevasta esimerkistä näkee, kuinka natriumkloridi NaCl vapauttaa liuetessaan veteen seuraavat ionit:



Anioneita ovat muun muassa:

kloridi Cl^- sulfaatti SO_4^{2-} sulfiitti SO_3^{2-} karbonaatti CO_3^{2-} silikaatti SiO_2

Nitraatti NO_3^- Nitriitti NO_2^- fosfaatti PO_4^{3-} vetykarbonaatti HCO_3^-

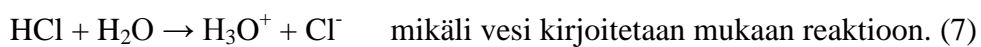
Kationeita ovat muun muassa:

natrium Na^+ kalium K^+ kalsium Ca^+ magnesium Mg^+ ferri Fe^{3+} ferri Fe^{2+}

alumiini Al^{2+} kupari Cu^{2+} mangaani Mn^{2+} ammonium NH_4^+

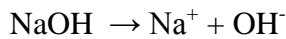
3.1.4 Hapot

Aine, joka luovuttaa vetyionin (H^+), toimii happona vesiliuoksessa. Happo siis sisältää irtoavan eli dissosioituvan vetyionin. Esimerkiksi vetykloridi eli suolahappo dissosioituu vesiliuoksessa seuraavasti:



3.1.5 Emäkset

Aine toimii emäksenä, mikäli se sitoo vetyionin. Tällöin se tuottaa hydroksidi-ionin eli OH⁻-ionin vesiliuokseen. Ionia kutsutaan joissakin tapauksissa myös hydroksyyli-ioniksi. (7)



3.1.6 Alkaliteetti

Veden alkaliteetti on emäksisyyden mitta. Se ilmoittaa siis veden puskurikykyä happamuutta aiheuttavaa vety-iona H⁺ vastaan. Alkaliteetti aiheutuu hydroksyyli-ioneista, vetykarbonaatti-ioneista (bikarbonaatti-ioneista) ja karbonaatti-ioneista,

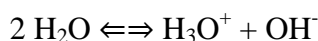
eli lyhyemmin ilmaistuna: veden alkaliteetti = [OH⁻] + [HCO₃⁻] + [CO₃⁻²]

Yleensä alkaliteetissa erotetaan veden m-arvo eli kokonaisalkaliteetti HK_{4,3} sekä p-luku, eli HK_{8,3}. HK_{4,3} ilmaisee happokapasiteetin pH-luvun arvolla 4,3, ja HK_{8,3} puolestaan ilmaisee happokapasiteetin pH-luvun arvolla 8,3. Edellä mainitut happokapasiteetit ovat vesinäytteistä tehtyjä titraustuloksia eli määrämitta-analyysyjä.

Kokonaisalkaliteetti ilmoittaa kaikkien alkalisesti reagoivien aineiden määrän. Voidaan yleistää, että luonnon vesissä kokonaisalkaliteetti johtuu lähes yksinomaan vetykarbonaateista. Nämä esiintyvät kalsiumvetykarbonaattina Ca(HCO₃)₂, magnesiumvetykarbonaattina Mg(HCO₃), natriumvetykarbonaattina NaHCO₃ sekä kaliumvetykarbonaattina KHCO₃. (8)

3.1.7 Amfolyytti

Amfolyytti on aine, joka voi toimia sekä happona että emäksenä. Esimerkiksi vesi voi toimia amfolyyttinä, jolloin se autoprotolyysin seurauksena hajoaa oksonium- ja hydroksidi-ioneiksi:



Muita amfolyyttejä ovat esimerkiksi aminohapot ja proteiinit.

3.1.8 pH

Veden pH on lukuarvo, jolla ilmaistaan veden happamuus tai emäksisyys lukuarvoilla 0-14. Määritelmän mukaan pH on negatiivinen kymmenjärjestelmän logaritmi veden vetyionipitoisuudesta $[H^+]$ yksikössä mol/kg.

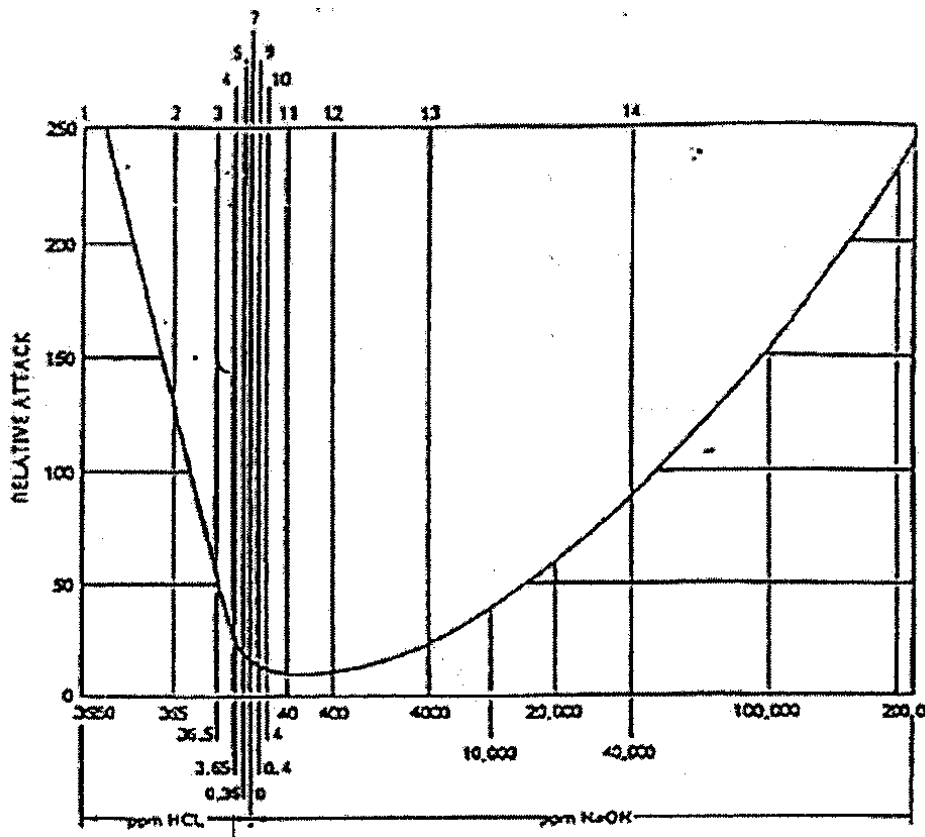
$$pH = -\log [H^+]$$

Määritelmän mukaan yhden välin muutos pH-asteikolla vastaa kymmenkertaista veden H^+/OH^- ionipitoisuuden muutosta. Tällöin esimerkiksi muutettaessa veden pH arvosta 6 arvoon 5, vesiliuoksen H^+ -ionipitoisuus nousee kymmenkertaiseksi. Eli valmistunut vesiliuos on kymmenen kertaa alkuperäistä happamampaa. Sama suhde pätee toisinpäinkin tapahtuvaan muutokseen, eli mikäli vesiliuoksen pH nostetaan 9 arvoon 10, nousee liuoksen OH^- ionien pitoisuus kymmenkertaiseksi. Tällöin valmistunut liuos on kymmenen kertaa emäksisempää kuin alkuperäinen liuos.

Veden ja vesiliuosten pH:n avulla voidaan todentaa vain laimeiden liuosten happamuus tai emäksisyys. Väkevämpien liuosten arvot ilmoitetaan aina happo- sekä emäspitoisuutena yksikössä grammaa/litra.

Veden pH:n valvonnalla on hyvin suuri merkitys teräksen samoin kuin muidenkin metallien korroosiokestävyyteen. Eri metalleille on määritelty niiden korroosiokestävyyden kannalta edullisin pH-alue, jossa niiden syöpyminen on minimissään. Tämän kontrolloimisen kannalta on kattilaveden pH:n valvonta sekä säätäminen ensiarvoisen tärkeää. (9)

Kuten kuvasta 8 havaitaan, liian matala veden pH lisää metallin korroosiota. Teräs syöpyy jo täysin hapettomassa tilassa pH-arvon ollessa alle 6. Optimaalinen pH-alue kattilan kannalta täysin suolattomassa vedessä on 9-10, jolloin syöpyminen on minimissään. Syöttöveden, kattilaveden sekä lauhteen pH tulisi pitää tällä alueella. Mikäli kattilaveden pH nousee tätä ylemmäs, lisää se huomattavasti teräksen jännityskorroosioriskiä.



Kuva 8 pH-arvon vaikutus teräksen korroosioon vakioämpötilassa (25 °C:ssa) (10).

3.1.9 Veden ja höyryn johtokyky

Veden johtokykyyn vaikuttavat seuraavat tekijät:

- veden suolapitoisuus
- ionien liikkumiskyky
- ionin sähköinen varaus.

Veden lämpötilan ja suolapitoisuuden kasvaessa myös vesiliuoksen johtokyky kasvaa. Standardin mukaisen mittaustuloksen varmistamiseksi lämpötilan vaikutus veden johtokykyyn eliminoidaan jäädyttämällä mitattava näyte ennen johtokykymittausta 25 °C:een. Vesikemian valvonnassa käytetään kahta erilaista mittausta: suoraa johtokykymittausta sekä epäsuoraa eli kationivaihdettua johtokykymittausta.

Suora johtokyky mitataan suoraan näytevirtauksesta. Se ilmoittaa veden jälkiannostuskemikaalin sekä näytteen sisältämien epäpuhtauksien yhdessä aiheuttaman johtokyvyn. Suoraa menetelmää käytetään yleensä täyssuolanpoistetun lisäveden puhtauden sekä kattilaveden suolapitoisuuden mittana.

Epäsuora johtokyky mitataan näytevirrasta, joka on johdettu hapolla elvytetyn kationivaihtimen läpi. Tällöin saadaan eliminointua syöttöveden haihtuvan jälkiannostuskemikaalin vaikutus johtokykyyn. Jäljelle jää siis vain veden liukoisten epäpuhtauksien aiheuttama johtokyky. Tämä on tärkeää, sillä jälkiannostuskemikaalit nostavat merkittävästi vesi- ja höyrynäytteiden johtokykyä. Veden ja höyryn sisältämien liukoisten epäpuhtauksien (kuten hiilidioksidi sekä suolat) pitoisuudet ovat yleensä niin pieniä, että niiden aiheuttama johtokyky on vain murto-osa jälkiannostuskemikaalien aiheuttamasta johtokyvystä. (10)

3.1.10 Veden suolapitoisuus

Kokonaissuolapitoisuus on veteen liuenneiden suolojen yhteismäärä. Se ilmoitetaan yksikkönä mval/l tai mg/l.

Veden johtokykyä voi pitää vesiliuoksen suolapitoisuuden karkeana mittana. Voimalaitoksilla paljon käytetyn nyrkkisäännön mukaan 25 °C:ssa veden johtokykyä 1 µS/cm vastaava suolapitoisuus on 0,5 mg/litra. Tarkka suolapitoisuus voidaan määrittää ainoastaan täydellisen vesianalyysin perusteella.

3.1.11 Veden kovuus

Veden kovuuden käsitteellä mitataan veden kalsium- ja magnesiumpitoisuutta. Kovuus jaetaan kahteen pääluokkaan: ohimenevään eli karbonaattikovuuteen sekä pysyvään eli mineraalihappokovuuteen. Karbonaatti- sekä mineraalihappokovuuden sum-

maa kutsutaan veden kokonaiskovuudeksi, joka ilmaisee siis kalsium- sekä magnesiumionien pitoisuuksien summan millimooleina mitattavassa näytenestemäärässä, lyhyemmin ilmaistuna mmol $[Ca^{+2} + Mg^{+2}]$ / litra. Kokonaiskovuuden yksikkönä käytetään yleisesti myös niin kutsuttua saksalaista kovuusyksikköä °dH. Sen määritelmän mukaan 1 °dH:n mukainen veden kovuus saavutetaan, kun yksi litra näytettä sisältää 10mg kalsiumoksidia (CaO) vastaavan määrän Ca- sekä Mg-suoloja. (9)

Alla olevissa taulukoissa esitellään saksalaisen kovuusyksikön mukaiset veden kovuudet, sekä kovuusyksiköiden välisiä muunnoskertoimia:

Taulukko 3. Veden kovuuden luokitus (10).

luokitus	kovuus °dH
erittäin pehmeä	0 - 2,1
pehmeä	2,1 - 4,9
keskikova	4,9 - 9,8
kova	9,8 - 21,0
erittäin kova	21,0 -

Taulukko 4. Kovuusyksiköiden välisiä muunnoskertoimia (10).

Yksikkö	mmol/l (Ca+Mg)	saksal. kovuusaste °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

3.1.12 Kaliumpermanganaattikulutus

Vedessä olevien orgaanisten, hapettuvien aineiden määrän mittaamiseen käytetään kaliumpermanganaatin (KMnO_4) kulutukseen perustuvaa menetelmää. Menetelmällä mitataan lähinnä humuksen määrää vedessä. (9)

Alla olevasta taulukosta voi vertailla eri laatuisten vesien KMnO_4 -kulutusta:

Taulukko 5. Eri vesilaatujen KMnO_4 -kulutus (10).

Vertailtava vesi	KMnO_4 -kulutus
järvivesi	30 -50 mg / l
ioninvaihtimille tuleva vesi	< 10 mg / l
täyssuolanpoistettu vesi	< 3mg / l

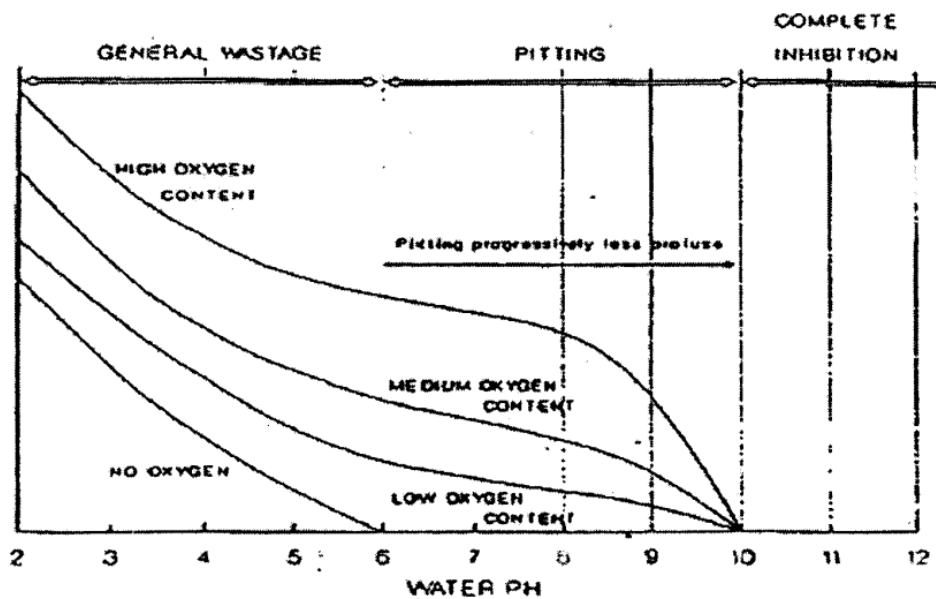
Mikäli vesilaitoksen täyssuolanpoistosarjoille tulevan veden KMnO_4 -kulutus on yli 10 mg/litra, aiheuttavat hapettuvat orgaaniset aineet ongelmia anionivaihtimissa. Yleensä ongelma on hoidettu asentamalla sarjojen etupuolelle humussuodin estämään sarjojen turha likaantuminen.

3.1.13 Veden jäännöshappi

Liiallisen jäännöshapen määrä vesinäytteessä kertoo puutteista termisessä tai kemiallisessa hapenpoistossa. Liuenneen hapen määrä voidaan selvittää esimerkiksi jatkuva-toimisella happianalysaattorilla. Käytettäessä alkalista ajotapaa täytyy syöttöveden sekä lauhteen happipitoisuus olla alle 0,010 mg/litra. Mikäli arvo ylittyy, alkaa hiiliteräksen korrosio lisääntyä aggressiivisesti. Yleisimmin korkeat happipitoisuudet johtuvat seuraavista syistä:

- syöttöveden terminen hapenpoisto on puutteellista
- hapenpoistokemikaalin pitoisuus vedessä on liian pieni
- vesi-höyrykierrossa on ilmavuoto.

Kuten kuvasta 9 voi havaita, lisää veden happipitoisuuden nousu teräksen korroosiota todella aggressiivisesti happamalla pH-alueella.

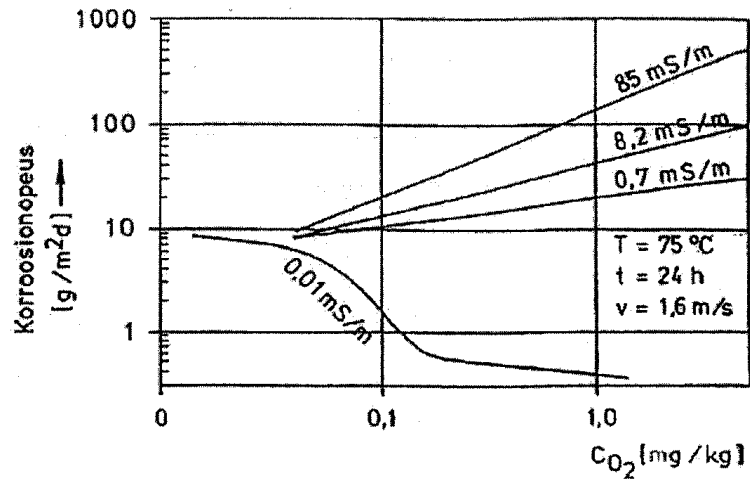


Kuva 9 Veden pH:n ja happipitoisuuden vaikutus teräksen korroosioon 25 °C:ssa (10).

Happipitoisuuden pitäminen vaadituissa rajoissa on ensisijaisen tärkeää, sillä kohonnut happipitoisuus altistaa lauhde- sekä syöttövesilinjan, ekonomaiserin ja kattilan alttiiksi erilaisille happikorroosioille. Tällaisia ovat muun muassa piste-, piilo-, ja galvaninen korrosio sekä normaali tasainen syöpyminen. Mikäli kattila on säilönnässä ja happipitoisuus on liian korkea, aiheuttaa tämä korroosiota myös tulistimiin.

Mikäli happipitoisessa vedessä on runsaasti suoloja, korostuu hapen korrosiovaikutus voimakkaasti. (8)

Tämä ilmenee selkeästi alla olevasta kuvasta 10.



Kuva 10 Veden suolapitoisuuden ja happipitoisuuden vaikutus teräksen korroosioon 75 °C:ssa (10).

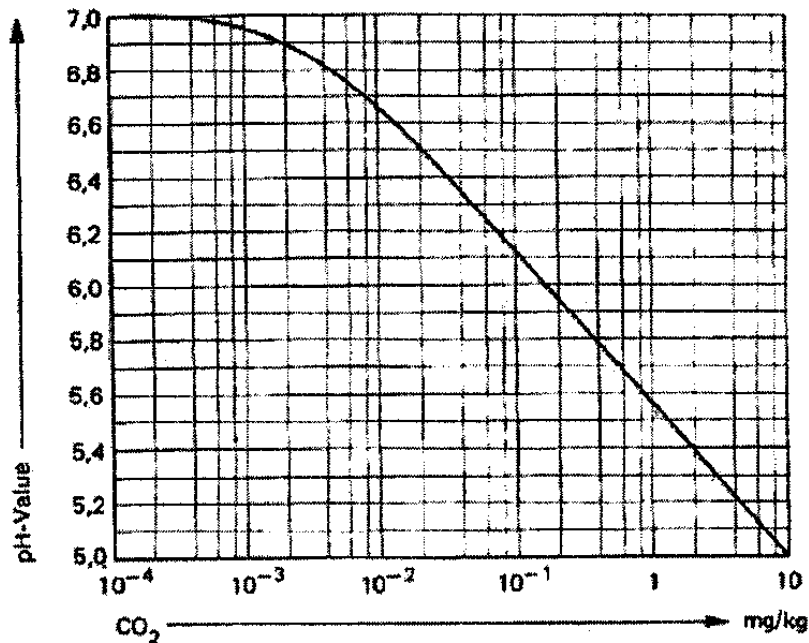
3.1.14 Kokonaisrauta ja kokonaiskupari

Veden kokonaisrauta- ja kuparipitoisuudella tarkoitetaan vedessä korroosiotuotteina esiintyvän raudan sekä kuparin yhteenlaskettua pitoisuutta. Mikäli näitä tuotteita esiintyy vesianalyyseissä, on olemassa vahva epäily siitä, että vedessä on happea. (8)

3.1.15 Hiilidioksidipitoisuus

Syöttöveden, höyryn sekä lauhteen hiilidioksidipitoisuus on arvioitavissa epäsuorasti vesi- ja höyrynäytteiden kationivaihdetun johtokyvyn perusteella. Mikäli johtokyky nousee yli sallitun arvon, on syytä epäillä, että järjestelmään on päässyt ilma- tai vesivuodosta peräisin olevaa hiilidioksidia.

Hiilidioksidi aiheuttaa jo pieninä pitoisuuksina teräksen syöpymistä. Seuraavalla sivulla olevasta kaaviokuvasta nähdään, että hiilidioksidi on vedessä erittäin aggressiivinen epäpuhtaus. Kattilaveden pH-alueella 4-5 hiilidioksidilla on suurempi vaikutus teräksen korroosioon kuin suolahapolla vastaavissa olosuhteissa.



Kuva 11 Hiilidioksidin vaikutus kattilaveden pH-arvoon (8).

Vesikemian kannalta katsottaessa hiilidioksidi on erittäin hankala aine. Se reagoi syöttövedessä sekä lauhteessa ammoniakkin kanssa muodostaen ammoniumvetykarbonaattia, joka ei poistu termisessä hapenpoistossa. Kattilassa ammoniumvetykarbonaatti hajoaa takaisin vapaaksi hiilidioksidiksi ja ammoniakiksi, jotka lauhteessa muodostavat taas ammoniumvetykarbonaattia. Tämän vuoksi vapaan hiilidioksidin poisto vesihöyrykierrosta on erittäin hankalaa. (10)

3.1.16 Silikaattipitoisuus

Veden piihapon määrä ilmoitetaan silikaattipitoisuutena. Silikaatti tuottaa voimalaitoksen vesikemiassa muun muassa seuraavanlaisia ongelmia:

- Silikaattioksidi SiO_2 on haihtuva yhdiste. Sen haihtuvuus kasvaa paineen kasvaessa. Korkeassa paineessa suurin osa kattilaveden silikaateista haihtuu ja liikkuu höyryn mukana turbiinin siivistöön.
- Höyryn kulkiessa turbiinin läpi höyry paisuu ja tiivistyy. Samalla paineen laskiessa höyryn sisältämän silikaatin höyryliukoisuus laskee niin alas, että se saostuu turbiinin matalapaineosan viimeisille siiville. Siipiin saostuneet silikaattikerrokset eivät ole vesiliukoisia, joten niiden poistaminen vaatii usein lasikuulapuhalluksen
- Kerrostumat turbiinin siivissä huonontavat turbiinin hyötysuhdetta jopa 3 prosenttia ja rasittavat turbiinin aksiaalilaakereita.
- Silikaatille on myös ominaista niin kutsuttu hide out-ilmiö. Kattilan ollessa käynnissä lämpökuormitus saa silikaatin väkevöitymään kattilaputkiston lämmönsiirtopinnoille. Tällöin silikaattimittaus osoittaa pitoisuuden laskeneen. Kun lämpökuormitus pienenee, silikaatti irtoaa lämmönsiirtopinnoilta ja liukenee takaisin kattilaveteen. Tämä ilmenee silikaattipitoisuuden selkeänä nousuna.

Silikaatti esiintyy luonnonvesissä sekä liukoisessa että kolloidisessa muodossa. Liuokoinen eli reaktiivinen silikaatti poistetaan täyssuolanpoiston yhteydessä vahvalla anionivaihtimella (A2-vaihdin). Kolloidinen silikaatti on ongelmallisempi. Se läpäisee täyssuolanpoistolaitoksen eikä lisäksi näy ollenkaan normaalissa silikaattianalysissä. Päästyään kattilaveteen se liukenee liukoiseksi silikaatiksi. Tämä ilmenee vesianalyyseissä kattilaveden selkeästi lisävettä korkeampana silikaattipitoisuutena. (10)

3.1.17 Natrium- ja kloridipitoisuus

Vesi-höyrypiirin natrium- ja kloridipitoisuuksien valvonta on erittäin tärkeää, sillä ne aiheuttavat ohjearvon ylittäessään seuraavia korroosio-ongelmia turbiinissa sekä tulisimissa:

- hiiliteräksen ja austeniittisen teräksen korroosioväsymistä
- austeniittisen teräksen jännityskorroosiota.

Lisäveden natrium on yleensä merkki täyssuolanpoistolaitoksen natriumvuodosta. Syöttöveden sekä lauhteen natrium- ja kloridipitoisuudet taas viittaavat lauhtutin-, lämmönvaihdin- tai höyryn kulutuskohteen laitevuotoihin. Kylläisen höyryn natrium- ja kloridijäämät aiheutuvat lieriöstä höyryn mukaan tempautuneista vesipisaroista, ja tulistetussa höyryssä ne taas ilmaisevat ruiskutusveden sisältävän epäpuhtauksia. (10)

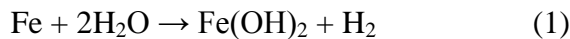
3.1.18 Kattilan magnetiittikalvo

Magnetiittikalvo on kattilan lämpöpinnoille muodostuva kerrostuma, joka suojaa kattilaa korroosiolta. Kattilan materiaalina toimiva rauta kuuluu niin kutsuttuihin passiivituviin metalleihin. Raudan pinnalle voi muodostua kolmea erilaista oksidia: hematittiä Fe_2O_3 , magnetiittia Fe_3O_4 sekä wustiittia FeO . Magnetiitti on paras korroosiosuoja näistä kolmesta vaihtoehdosta. Magnetiittikalvon muodostus riippuu useasta eri tekijästä. Sellaisia ovat muun muassa:

- lämpötila
- pH
- redoxpotentiaali (hapettuminen)
- happipitoisuus

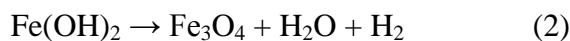
Kattilaveden lämpötilasta riippuen tapahtuu raudan sekä veden välillä seuraavia reaktioita:

Kun veden lämpötila on alle $60\text{ }^\circ\text{C}$, muodostuu ferrohydroksidia $\text{Fe}(\text{OH})_2$



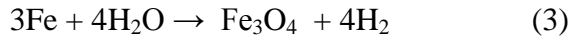
Ferrohydroksidi on rakenteeltaan haurasta ja väriltään valkoista. Se on pysyvää vain täysin hapettomassa tilassa ja hajoaa magnetiitiksi yli $60\text{ }^\circ\text{C}$:n lämmössä.

Lämpötilan noustessa yli $60\text{ }^\circ\text{C}$ muodostuu magnetiittia Fe_3O_4



Raudan sekä vesihöyryn välillä tapahtuu seuraavia reaktioita eri lämpötiloissa:

Lämpötilan ollessa noin 250- 570 °C muodostuu magnetiittia Fe₃O₄.



Magneitiitin muodostus on hyvin hidasta alle 100 °C:ssa, mutta reaktio kiihtyy lämpötilan noustessa yli 200 asteen ja on huipussaan 250–570 °C:n lämpötilassa.

Mikäli lämpötila kohoaa yli 570 °C muodostuu wustiittia.



Wustiitti on rakenteeltaan hyvin huokoista ja siksi kelpaamatonta suojakerrokseksi.

Yhteenvedona voidaan todeta, että parhaan suojaavan oksidikerroksen muodostavat yhtälöiden 2 ja 3 synnyttämät magnetiittikerrokset. Ideaalitulanteessa seuraavat ehdot täyttyvät:

- Suojakalvon on oltava huokoiseton, ettei kattilavesi lisäaineineen pääse diffuusion avulla kulkeutumaan kalvon alle lämpöpintaan. Tästä seuraisi se, että puhdas vesi haihtuu takaisin pinnalle kemikaalien sekä epäpuhtauksien jäädessä oksidikalvon alle lämpöpinnalle. Tällöin esimerkiksi lipeä voi väkevoityä kalvon alla yli tuhatkertaiseen vahvuuteen kattilaveden vastaavasta arvosta.
- Magnetiittikerros on särötön ja niukkaliukoinen.
- Suojakalvon liukenemisen takia kattilaveteen ei siirry rautaa niin paljoa, että se haittaisi laitteiden toimintaa.
- Suojauksen on oltava kyllin tehokas suojaamaan kattilaa koko sen lasketun käyttöajan ajan.
- Laitoksen vedenkäsittely kykenee ylläpitämään olosuhteet, jotka takaavat suojakalvon pysymisen halutulla tasolla.

Magneitiitti ei kestä suuria lämpötilaeroja, sillä sen teräksen ja sen pinnalle muodostuvan magnetiitin lämpölaajenemiskertoimet ovat erilaiset. Tämä on otettava huomioon kattilan ylös- ja alasajoissa, jolloin teräksen suurien termisten mittamuutosten vuoksi magnetiittikalvo hajoaa. Suuret virtausnopeudet ja pyörteet aiheuttavat myös rasi-

sia magnetiittikalvolle. Eräs huomattava uhka magnetiittikalvolle on joko liian matala tai korkea pH-arvo.

3.2 Yleistä vesikemiasta

Vedellä on kiistattomasti ratkaiseva merkitys voimalaitoksen eri osien elinkaareen sekä prosessin toimintaan liittyen. Syöttöveteen päässeet epäpuhtaudet aiheuttavat ongelmia vesi-höyrypiirissä jo lyhyelläkin aikavälillä. Niinpä havaittuihin poikkeamiin veden laadussa on tartuttava välittömästi. Toimivalla vesikemialla pyritään seuraaviin tavoitteisiin:

- välttämään korroosio ja kerrostumat
- saavuttamaan kattilalle mahdollisimman pitkä käyttöikä
- pitämään kattilan hyötysuhde hyvänä
- pienentämään revisiokustannuksia
- välttämään tuotantoseisokkeja
- pitämään höyryturbiinin hyötysuhde hyvänä
- tekemään höyryn laatu käyttökohteeseen sopivaksi. (10)

Riippumatta lisäveden huolellisesta valmistuksesta, lauhteiden puhdistuksesta ja termisestä kaasunpoistosta (syöttövesisäiliön kaasunpoistotorni) on syöttö- ja kattilaveden sekä höyryn ja lauhteen laadussa usein toivomisen varaa. Tilanne on seurausta suodattimien, ioninvaihtimien ja kaasunpoistimien käyttöhäiriöistä ja -virheistä. Myös vesi-höyrykierron prosessivuotojen seurauksena kiertoon pääsee aina kulkeutumaan erilaisia suoloja, kaasuja, korroosiotuotteita, orgaanista ainesta ym. epäpuhtauksia, jotka voivat aiheuttaa kattilan putkivaurioita, mikäli niitä ei poisteta. Ratkaisu edellä mainittuihin ongelmiin on jälkiannostuskemikaalien käyttö. Kaupalliseen käyttöön on kehitetty useita eri nimikkeitä toimittajasta ja käyttötarkoituksesta riippuen, mutta erilaisten yhdisteiden lukumäärä markkinoilla nousee satoihin, jopa tuhansiin. Kun lisäksi kemikaalien tarkka koostumus on usein tarkkaan varjeltu liikesalaisuus, on kuluttajan hyvin vaikea valita juuri optimaalisinta tuotetta käyttöönsä. Valitettavan usein tällaista ratkaisua eli olekaan, vaan on valittava olemassa olevin tiedoin paras mahdollinen tuote. Tämä taas johtaa siihen, että kemikaalien annostelu perustuu pääsääntöi-

sesti pelkästään toimittajan suosituksiin tai laskelmiin ilman mahdollisuutta näiden tarkastamisesta. Kemikaalien jälkiannostelulle on asetettu tiettyjä tavoitteita:

- Korroosion esto: kemikaalien avulla voimalaitoksen vesi-höyrykiertoon puskuroidaan magnetiittikalvon Fe_3O_4 muodostumisen sekä säilymisen kannalta mahdollisimman suotuisat kemialliset olosuhteet.
- Kerrostumien esto: jälkiannostelukemikaalien avulla kerrostumia muodostavat epäpuhtaudet, kuten kovuussuolat ja korroosiotuotteet, sidotan vaarattomanpaan ja helposti poistettavaan muotoon.
- Kattilaveden kuohumisen esto: kattilaveden kuohuessa lieriöstä tempautuu höyryn mukana suolapitoisia vesipisaroita, jotka huonontavat kylläisen höyryn laatua sekä aiheuttavat ongelmia tulistimissa sekä turbiinissa. Kemikaalien jälkiannostelun avulla lieriön kemiallisia olosuhteita säädellään siten, että kattilaveden kuohumistaipumus alenee. (13)

Vesikemian jatkuvan seurannan ja siten myös nopean muutoksiin reagoimisen mahdollistamiseksi on voimalaitoksella oltava kattava valvontajärjestelmä veden ja höyryn korkean laadun takaamiseksi. Niinpä höyryvoimalaitoksilla veden ja höyryn laadunvarmennus on tehtävä vähintään seuraavassa laajuudessa:

- syöttövesi
- kattilavesi, ainoastaan lieriökattilat
- kylläinen höyry
- tulistettu höyry
- puhdistamaton lauhde
- puhdistettu lauhde. (12)

Mikäli laitoksella käytetään lisävetenä luonnon vettä (kuten pinta- ja pohjavesi), vaatii se monivaiheisen puhdistuksen, ennen kuin sen käyttö voimalaitoslisävetenä on mahdollista. Käsittelyprosessi koostuu yleensä seuraavista käsittelyvaiheista:

- mekaaninen esisuodatus kiintoaineen poistamiseksi
- saostus ja selkeytys humuksen ja muiden kolloidisten (hiukkaskoko 1-1000 nanometriä) epäpuhtauksien poistamiseksi

- Suolanpoisto, joko osittainen tai täyssuolanpoisto liuenneiden suolojen sekä liuenneen hiilidioksidin poistamiseksi.

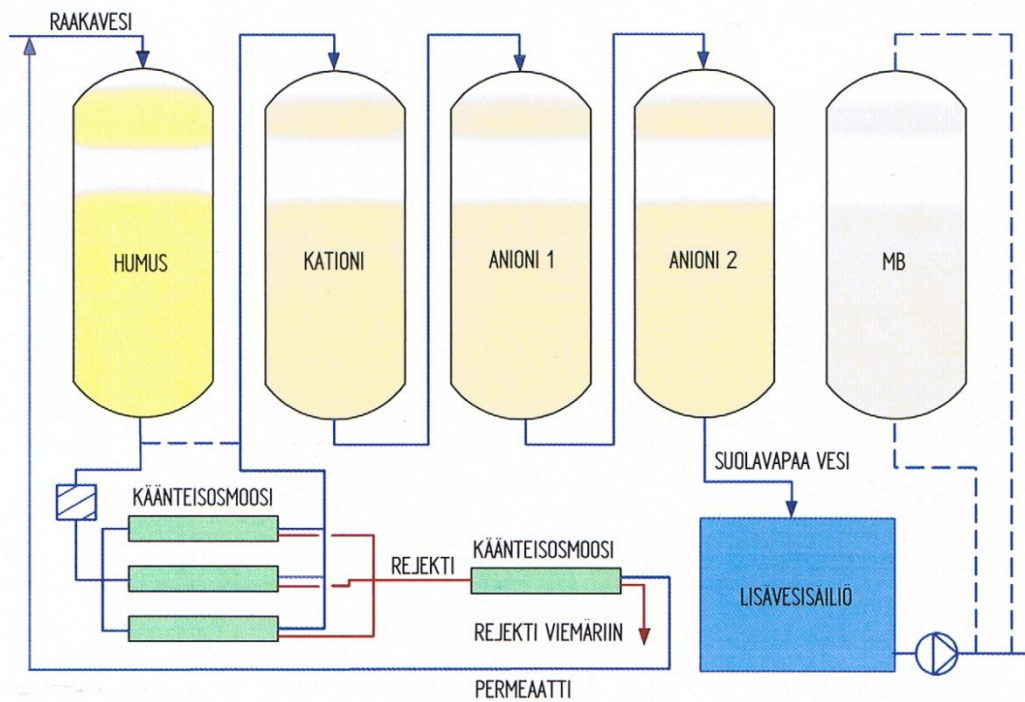
Kiintoaineiden sekä orgaanisten aineiden poistamiseksi mekaanisesti soveltuvat muun muassa erilaiset suodattimet, laskeutukseen/sedimentaatioon perustuvat erimalliset selkeyttimet (pysty- tai vaakamalliset) sekä flotaatio. (14)

Alla olevasta taulukosta selviävät luonnonvesien sisältämien epäpuhtauksien luokittelu sekä erityyppisten epäpuhtauksien vaatimat puhdistustoimenpiteet.

Taulukko 6. Luonnonvesien sisältämien epäpuhtauksien luokittelu sekä erityyppisten epäpuhtauksien vaatimat puhdistustoimenpiteet (13).

Karkeat epäpuhtaudet, hiukkaskoko > 10 ⁻⁴ mm	Kolloidiset epäpuhtaudet, hiukkaskoko 10 ⁻⁴ – 10 ⁻⁵ mm		Liukoiset epäpuhtaudet, hiukkaskoko 10 ⁻⁸ – 10 ⁻¹⁶ mm		
	Orgaaniset	Epäorgaaniset	Liukoiset suolat		Liukoiset kaasut
Orgaaniset epäpuhtaudet: <ul style="list-style-type: none"> • Levät • Pieneliöt Epäorgaaniset epäpuhtaudet: <ul style="list-style-type: none"> • Savi • Liette • Hiekka 	<ul style="list-style-type: none"> • Humusaine • Öljyt • Rasvat • Jäteliemi 	<ul style="list-style-type: none"> • Kolloidinen silikaatti • Kolloidinen rauta • Kolloidinen mangaani 	Kationit: Ca ⁺² Mg ⁺² Na ⁺ K ⁺ Al ⁺³ H ⁺ NH ₄ ⁺	Anionit: HCO ₃ ⁻ SO ₄ ⁻² Cl ⁻ NO ₃ ⁻ SiO ₃ ⁻² OH ⁻	Happi (O ₂) Hiilidioksidi (CO ₂) Typpi (N ₂)
			Pehmennyssuodatus		Terminen kaasunpoisto
			Suolanpoisto		
			Täyssuolanpoisto		Kemiallinen kaasunpoisto
Voidaan tehdä ulkopuolisella vesilaitoksella voimalaitoksen omalla vesilaitoksella			Tehdään aina voimalaitoksen omalla vesilaitoksella		Tehdään voimalaitoksen vesihöyrykierrossa

Hovinsaaren voimalaitoksella käytetään raakavetenä kaupungin vesijohtovettä. Näin ollen erilaisia selkeyttämiä tai flotaatiota ei ole tarvetta käyttää. Tarvittava lisävesi johdetaan ensin RO-laitteistoon (Reverse Osmosis, käänteisosmoosi), josta se päätyy täyssuolanpoistosarjoihin. Hovinsaaren voimalan vesilaitoksen suolanpoistosarjat sisältävät humus-, kationi-, vahvan anioni- sekä heikon anionivaihtimen. Sarjoja on kolme kappaletta, joista ainoastaan kahta käytetään normaaliajotilanteessa kerrallaan. Heikkokuntoisin sarjoista on aina elvytyksessä. RO-laitteiston sekä täyssuolanpoistosarjojen toimintaperiaate on esitelty liitteissä 4 ja 5. Alla olevassa kuvassa on havainnollistettu Hovinsaaren vesilaitoksen lisäveden puhdistusjärjestelmä.



Kuva 12. Hovinsaaren voimalaitoksen lisäveden puhdistus (15).

Kuvassa esitettyä turbiinilauhteen sekaionivaihdinta (MB, Mixed Bed) voidaan tarvittaessa käyttää lisäveden jälkisuodatukseen eli niin sanottuna poliisisuotimena. (15)

3.3 Vesikemian päämäärät

Haluttaessa maksimoida höyrykattilan käyttöikä ja minimoida korroosion aiheuttamat ongelmat, täytyy voimalaitosprosessiin luoda magnetiittikalvon muodostumisen ja säilymisen kannalta suotuisat kemialliset olosuhteet.

Saavutettaessa edellä mainittu tilanne voidaan vesihöyrykierron kerrostumat sekä korrosio-ongelmat pitää hallinnassa. Vesikemian työkaluja, joita tämän tavoitteen saavuttamiseksi tarvitaan, ovat muun muassa:

- syöttöveden käsittely
- ulospuhallukset
- peittäus
- säilöntä
- näytteenotto. (16)

3.4 Voimalaitosten ajotapojen luokittelu

Alkalikemia on lieriökattiloiden ja läpivirtauskattiloiden perusajotapa, jossa syöttöveden pH-arvo nostetaan selkeästi alkaaliseksi eli emäksiseksi. Muita höyryvoimalaitoksilla käytettäviä ajotapoja ovat muun muassa neutraaliin sekä kombi-vesikemiaan perustuvat ajotavat. Tässä tutkimuksessa keskitytään kuitenkin alkaliseen vesikemiaan ja -ajotapaan. (16)

Alkalinen ajotapa luokitellaan vesi-höyrykiertoon annosteltujen kemikaalien mukaan kolmeen alaryhmään:

- fosfaattikäsittely
- AVT-ajotapa
- kalvoa muodostavien amiinien käyttöön perustuva ajotapa.

3.5 Hovinsaaren kattiloiden vesikemia

Hovinsaaren voimalaitoksella veden laatuvaatimusten ylläpitoon käytetään niin sanottua alkalista vesikemiaa. Käytännössä se tarkoittaa:

- Syöttöveden ja lauhteen pH pidetään alueella 9,0–9,5 ja jäännöshapen pitoisuuden tulee olla < 0,010 mg/l. Syöttöveeten annostetaan täysin haihtuvaa alkalointikemikaalia sekä niukasti haihtuvaa hapensidontakemikaalia.
- Kattilaveden pH pidetään alueella 9,0–10,6. Kattilaveteen annostetaan ainoastaan haihtumatonta alkalointikemikaalia. (16)

3.5.1 Vesikemikaalit

Kattilavesien kemikalointiin käytetään tällä hetkellä neljää eri kemikaalia. Nalco 1700 on hapenpoistoon tarkoitettu haihtumaton kemikaali, jonka vaikuttavana aineena on 2-dietyyliaminoetanoli. Siinä on myös erytorbiinihappoa, joka on C-vitamiinin tapainen orgaaninen happo. Tämä kemikaali korvaa hydratsiinin, jonka käyttö on kiellettyä koska laitoksen höyryä toimitetaan elintarviketeollisuuden tarpeisiin.

Nalco 22305 on kattilanveden käsittelyyn tarkoitettu polyakrylaatti, jonka tehtävänä on sitoa rautaa, jäännöskovuutta ja muita epäpuhtauksia. Kemikaali dispergoi eli hajottaa ja levittää epäpuhtaudet, kuten raudan, liuosmuotoon niin, ettei kattilaan pääse muodostumaan kerrostumia. Tällöin esimerkiksi lauhteen mukana tuleva rauta ja muut epäpuhtaudet väkevöityvät kattilassa ja näkyvät myös vesiarvoissa.

Nalco 1826 on tarkoitettu lauhteen sekä höyryn pH:n säätöön. Se sisältää morfoliinia sekä 2-diaetyyliaminoetanolia.

Natriumhydroksidia NaOH eli lipeää käytetään korvaamaan fosfaatti kattilaveden pH-säädössä. Fosfaatin käyttö on kielletty johtuen sen soveltumattomuudesta elintarviketeollisuuteen, ja koska Hovinsaaren voimalaitos toimittaa matalapainehöyryä Danisco Sweeteners Oy:lle, ei tämä kemikaalin käyttö ole mahdollista.

Lisäksi tehtaalta palaavan matalapainehöyryn lauhteen matala pH vaatii toisinaan ammoniakkin NH_3 syötön nostamaan pH:n takaisin sallitulle tasolle. Nykyisin ammoniakkin syöttö tosin on hyvin vähäistä.

Aiemmin kemikaalien syöttö oli toteutettu siten, että Nalco 1700 annosteltiin vain syöttövesisäiliöihin, Nalco 22305 taas sekä biokattilan syöttövesisäiliöön että palautuvan lauhteen sekaan kaukolämpöreduktiovaihtimeen. Lipeää syötetään ainoastaan kat-

tilaveteen, pH-arvon sitä vaatiessa. Lipeän syöttö tapahtuu siis syöttövesilinjaan, ruis-kutusveden haaralinjan jälkeen. Tällä estetään lipeäpitoisen veden pääsy tulistimien pinnoille, joka aiheuttaisi lipeäkerrostumia sekä emäskorroosiota. Lisäksi kuten edellä mainittiin, käytetään Hovinsaarella ammoniakkia tarvittaessa Danisco Sweetenersiltä tulevan lauhteen pH:n säätöön. Sen syöttö tapahtuu biokattilan syöttövesisäiliöön. Syksyn 2010 aikana toteutettiin kemikaalinsyöttöön useita muutoksia. Tällöin muun muassa aloitettiin koeluontoisesti uuden kemikaalin, Nalco 1826:n, syöttö reduktiolämmönvaihtimeen. Sen tarkoituksena on säätää lauhteen pH-arvoa. Nalco 1826 korvasi reduktiolämmönvaihtimeen syötetyn kemikaalin Nalco 22305, jonka syöttö siirrettiin kattilaveteen. Samaan kohtaan syötetään myös pH:n säätöön käytettävä lipeä. Lisäksi Nalco 22305 annostelu bio-kattilan syöttövesisäiliöön lopetettiin kokonaan.

Hovinsaarella käytettävät jälkiannostelukemikaaleista Nalco 1826 sisältää haihtuvia amiiniyhdisteitä, ja se vaikuttaa nostaen lauhteen pH-lukua. Sillä voidaan korvata ammoniakkin syöttäminen kattilaan. Nalco 22305 taas korvaa auttavasti ammoniakkin puskurointivaikutusta eli kykyä vastustaa happojen vaikutusta veden pH-lukuun. Niiden käytöllä on omat etunsa ja haittansa.

Amiinien eduiksi mainittakoon parempi jakaantumiskerroin kuin ammoniakilla. Tämä ilmenee siten, että ne nostavat kostean höyryn pH:ta ammoniakkia paremmin. Lisäksi amiiniyhdisteet siirtyvät helposti höyrystä lauhteeseen, jolloin ne kykenevät neutra-loimaan muun muassa turbiinin vesityksiin ja muualle kostean höyryn alueelle rikastuneet orgaaniset hapot varmemmin kuin ammoniakki.

Käytettyjen amiiniyhdisteiden heikkouksiin lukeutuu esimerkiksi se, että ne ovat termisesti labiileja yhdisteitä. Hajotessaan ne muuttuvat hiilidioksidiksi ja orgaanisiksi hapoiksi ja joissakin tapauksissa ammoniakiksi. Näin ollen syntyvien orgaanisten happojen pitoisuudet saattavat nousta haitallisen korkeiksi, mikäli syöttöveden ja lauhteen happipitoisuudet ovat hyvin korkeita. Hajoamistuotteet nostavat myös höyryn suoraa johtokykyä ja vääristävät epäsuoran johtokyvyn mittausta.

Hovinsaarella käytetyistä amiiniyhdisteistä morfoliinilla on hyvä jakaantumiskerroin, mutta se on heikko emäs. Sykloheksyyliamiini taas on vahva emäs, mutta sen jakaantumiskerroin ei ole erityisen hyvä. Jakaantumiskerroin (Distribution Ratio, DR) ilmai-

see sen, kuinka suuri osa annostellusta amiinista siirtyy höyryn joukkoon lieriössä ja kuinka helposti amiini siirtyy takaisin höyrystä lauhteeseen. Lisäksi jakaantumiskerroin ilmoittaa, kuinka vaivattomasti amiini poistuu kaasunpoistimessa. Eri amiiniyhdisteiden jakaantumiskertoimia on esitelty alla olevassa taulukossa 8.

Taulukko 8. Höyryn ja lauhteen pH:n nostoon käytettäviä kemikaaleja (14).

AMIINI	MOLEKYYLII-KAAVA	MOLEKYYLIPAINO, g/mol	NEUTRALOINTIKAPASITEETTI, mg/mg CO ₂	K _b	pK _a	JAKAANTUMISKERROIN, DR (65 BAR)
Morfoliini	OC ₂ H ₇ NH	87	1,98	3,1 x 10 ⁻⁶	8,4	1,2
Ammoniakki	NH ₃	17	0,4	18 x 10 ⁻⁶	9,3	3,57
DMIPA Dimetyyli- isopropanoliamiini	(CH ₃) ₂ NCH ₂ CHOHCH ₃	103	2,34	40 x 10 ⁻⁶	9,5	3,3
DEAE Dietyyliaminoetanoli	[CH ₃ CH ₂] ₂ NCH ₂ CH ₂ OH	117	2,66	45 x 10 ⁻⁶	9,7	2,9
AMP (IBA) Isobutanoliamiini	(CH ₃) ₂ CNH ₂ CH ₂ OH	89	2	55 x 10 ⁻⁶	9,7	0,90
MOPA 3-metoksi, n-propyyliamiini	CH ₃ O(CH ₂) ₃ NH ²	89	2	102 x 10 ⁻⁶	10,1	2,5
CHA Sykloheksyyliamiini	C ₆ H ₁₁ NH ₂	99	2,25	440 x 10 ⁻⁶	10,6	4,7

3.5.2 Kemikaalien syöttöjärjestelmä

Kemikaalien annostuksella pidetään kattiloiden vesikemia ohjearvoissa sekä käytön, että säilönnän aikana. Tarvittavia kemikaaleja annostellaan järjestelmään jatkuvasti kattiloiden ollessa käytössä.

Molempien kattiloiden kattilakohtaiset kemikaalisyöttösäiliöt sekä -pumput (3 kpl/kattila) on koottu omiin räkkeihinsä. Ammoniakin syöttöä varten on oma erillinen astiansa sekä siihen kuuluva annostelupumppu ja -linja. Lisäksi kemikaalihuoneen uudistussuunnitelmaan kuuluu kahden säiliön lisäräkki, josta tapahtuu Nalco Tri-Act 1826:n syöttö koko voimalaitoksen tarpeisiin. Toinen säiliö syöttää kemikaalia kl-reduktiolämmönvaihtimelle ja toinen lauhdesäiliöön. Kemikaalisäiliöiden keskinäinen sijainti selviää liitteistä 8 ja 9.

Syötettävät liuokset valmistetaan annostelemalla laimennettavat kemikaalit viereisen vastaanottohuoneen siirtopumpuilla 200 litran kuljetustynnyreistä kemikaalihuoneen

annostelusäiliöihin. Kemikaalit laimennetaan haluttuun väkevyyteen linjan 6GHC20 lisävedellä. Annostelusäiliöistä liuokset johdetaan omia linjojaan pitkin lopullisiin syöttökohteisiinsa annostelupumpuilla.

3.6 Näytteenotto

Hovinsaaren voimalaitoksen näytteenottojärjestelmä uusittiin ja laajennettiin biokattilaprojektin yhteydessä vuosina 2002–2003. Näytteenottojärjestelmän avulla kerätään vesi-höyrykierron näytteet keskitetysti vesilaitoksen näytteenottohuoneeseen. Ennen analysointia kuumat näytteet täytyy jäähdyttää sopivaan mittauslämpötilaan. Tämä tapahtuu suljetun jäähdytysvesikierron avulla. Näytteet kerätään seuraavista kohdista:

Biokattila:

- syöttövesi
- kattilavesi
- kylläinen höyry
- tulistettu höyry
- kl-reduktiolauhde

Kombikattila:

- syöttövesi
- kattilavesi
- kylläinen höyry
- tulistettu höyry
- kl-ekonomaiseri
- ABB puhdistettu lauhde
- ABB lauhdutin lauhde

Högforskattila:

- kattilavesi
- tuorehöyry

Högforskattila:

	Kattilavesi	Tuorehöyry
Suora johtokyky	x	
Kationivaihdedtu johtokyky		x
pH	x	
Happianalysoattori		
Silikaattianalysoattori		
Natriumanalysoattori		
Käsinäyte	x	x

Vesilaitos:

	Ioninvaihtosarjat	RO-laitos	Tehdaslauhde
Suora johtokyky	x	x	x
Kationivaihdedtu johtokyky			
pH	x	x	x
Happianalysoattori	x		
Silikaattianalysoattori			
Natriumanalysoattori			
Käsinäyte	x	x	x
Kokonaishiili, TOC			x

Näytteenottoaikoja voi toki sijaita prosessin muissakin kohteissa. Liitteestä 3 selviävät paikat, joista korkeapaineisen (yli 67 baaria) lieriökattilan näytteet tulisi ainakin ottaa kelvollisen vesikemian ylläpitämiseksi. Kattilavesien näytteiden on oltava ehdottomasti edustavia, jotta vesikemian reaaliaikainen valvonta sekä ohjaus mahdollistuisivat. Näytteiden analysoinnin vertailukohteena käytetään DENÅ:n taulukkoa kattilaveden laatuvaatimuksista (liite 6) sekä kattilanvalmistajan laatimia kattilakohtaisia ohjeita.

4 TUTKIMUSONGELMA

4.1 Alkutilanne

Hovinsaaren voimalaitoksen kemikaalihuone ei vastaa nykytilassaan sille asetettuja vaatimuksia. Entisten linjojen yhteyteen sekä päälle on rakennettu uusia tilapäisiä yhteyksiä sekä linjoja, joita ei ole merkitty mihinkään piirroksen tai kaavioon. Lisäksi kaikki kemikaalipumput täytyy operoida paikan päältä kemikaalihuoneesta, mutta mitausten valvonta tapahtuu laitoksen valvomosta. Valvomon Metso DNA-automaatiojärjestelmässä on operointinäyttö kemikaalinsyöttöä varten, mutta yhteydet pumppuihin eivät toimi. Korjaaminen vaatii uusien kaapeleiden asentamisen.

Kaikki kemikaalit syötetään laitoksen kemikaalihuoneesta, jossa sijaitsevat kattilakohdaiset kemikaalin sekoitus- ja syöttösäiliöt sekä annostelupumput. Högfors-kattilalla ei ole omia kemikaaliastioita eikä pumppuja, joten sen kemikaalinsyöttö tapahtuu yhtä linjaa pitkin kombikattilan pumppuja hyväksikäyttäen. Samaa linjaa pitkin kulkevat siis kattilan käytön sekä säilönnän aikana käytettävät kemikaalit. Näitä ovat Nalco 22305, Nalco 1700 sekä ammoniakki.

Ongelmia kemikaalinsyötössä ovat olleet muun muassa eri kemikaalien annosteluohjeiden puute, jolloin mielekästä lopputulosta on jouduttu etsimään kokeilemalla ja seuraamalla trendeistä vedenlaadun kehitystä, mikä luonnollisesti on hidasta. Lisäksi kemikaalit vaikuttavat kattilaveden pH-lukuun, jonka säätämiseen käytettävää lipeää joudutaan annostelemaan ilman automaattikkaa valvomo-operaattoreiden toimesta. Tästä johtuu, että kattilaveden pH:n vaihtelut ovat suuria, koska säätö tapahtuu ainoastaan käyttämällä lipeänsyöttöpumppua kemikaalihuoneesta manuaalisesti tarpeen mukaan silloin, kun pH-arvo on liikkunut ulos ohjearvoista. Myös kemikaalitulojen pieni koko on haitaksi muun muassa vastaanottaessa uusia lähetyksiä. Niinpä kemikaalit joudutaan varastoimaan laitoksen varastoon noin 100 metrin päähän. Siirrot varastosta kemikaalituloihin suoritetaan trukilla. Tällöin on vaara, että siirron yhteydessä tynnyri tai astia voi vaurioitua, ja kemikaalia pääsee maaperään. Itse kemikaalihuone tarvitsee myös uudelleen järjestelyä, jolloin vähäinen tila voidaan käyttää paremmin hyödyksi. Edelliseen liittyen täytyy kemikaalihuoneeseen tehdä tilaa uuden kemikaaliin eli Nalco Tri-Act 1826:n syöttölinjaa varten. Sen annostelu on tapahtunut tähän saakka tilapäisvälinein ja -ratkaisuin.

Tärkeimmät ratkaistavat epäkohdat olivat siis Nalco 22305 sekä Nalco 1700-kemikaalien annostelun tarkistus. Kemikaaleja on tähän mennessä syötetty kemikaalintoimittajan ohjeiden ja suositusten mukaisesti, ja on herännyt epäily siitä, että niitä mahdollisesti syötetään tällä hetkellä tarvittavaa suurempi määrä. Mikäli pienempi annostelu riittäisi, saataisiin syntymään tuntuvat säästöt vuotuisella tasolla.

Merkittävä haaste kemikaalinsyötön kannalta katsottuna ovat Danisco Sweetenersiltä tulevat lauhteet, joiden laatuun on voimalaitoksella tällä hetkellä mahdoton vaikuttaa muuten kuin hylkäämällä ne täysin arvojen ylitettyä sallitun rajan. TOC-mittauksen (Total Organic Carbon) häiriöt ovat aiheuttaneet sen, että likaista lauhdetta on päässyt vesi-höyrykiertoon, ennen kuin lauhteet on saatu käännettyä mereen. Daniscolta likaisen lauhteen mukana tuleva sokeri hajoaa termisesti kattilassa hiilidioksidiksi ja orgaanisiksi hapoiksi. Tästä johtuen kattilaveden johtokyky on noussut ja pH-luku taas laskenut, mikä on aiheuttanut muutoksia muiden kemikaalien annosteluun. Orgaanisten happojen läsnäolo lisää turbiini- sekä lauhdeprosessin korroosioriskiä. Ongelman erilaisia ratkaisumalleja ollaan parhaillaan kartoittamassa.

4.2 Ratkaisu ongelmaan

Hovinsaaren voimalaitoksen vesikemikaalit toimittaa Nalco Finland Oy. Siispä mielestäni luonnollinen aloitus oli ottaa yhteyttä toimittajaan ja käydä selvittämään, mikä olisi kattilan arvoille sopiva annostelu teoriassa. Asiaa vaikeutti se, ettei kemikaalintoimittaja suostunut liikesalaisuuksiin vedoten paljastamaan kemikaalien tarkkoja ainesosia ja suhteita, joten omien tarkkojen laskujen laatiminen reaktioyhtälöistä muodostui mahdottomaksi. Oli siis vain tyydyttävä heidän antamiinsa suosituksiin. Esimerkiksi tutkimuksen eräs hankalin vaihe oli selvittää kattilaveden käsittelykemikaalin, Nalco 22305:n sopiva annostelumäärä. Edes käyttöturvatiedotteesta ei ilmennyt muuta kuin se, että kyseinen valmiste täyttää FDA:n (US Food and Drug Agency) vaatimukset. Tämä vaatimus takaa, että valmistetta voi turvallisesti käyttää elintarviketeollisuuden tarvitseman höyryn käsittelyyn. Tältä pohjalta oli mahdotonta käydä laskemaan reaktioyhtälöitä teoreettisen annosmäärän laskemiseksi, joten tutkimus täytyi aloittaa empiiriseltä pohjalta.

Oman mausteensa tutkimukseen antoi lisäksi kombikattilan rikkoutunut ulospuhalluslinja, minkä seurauksena kattilan jatkuva ulospuhallus (JUP) oli laitettava kiinni. Tästä

sai kouriintuntuvan opetuksen ulospuhalluksen tärkeydestä. Lieriön johtokykyarvot nousivat räjähdysmäisesti, ja niitä oli mahdotonta saada kuriin. Vasta kattilan seisokin aikana tehdyn JUP-linjan korjauksen jälkeen saatiin arvot taas tasaantumaan normaaleihin rajoihin.

Loppujen lopuksi Nalco 22305 annostelu hienosäädettiin kohdalleen nostamalla annosteluun käytetyn liuoksen väkevyyttä kaksi prosenttia kerrallaan ja pitämällä kemikaalinannostelupumpun parametrit vakioina. Eli pumpulla ajettiin koko ajan sama määrä liuosta, ja vain väkevyyttä muutettiin. Väkevyys oli alkutilanteessa 4 prosenttia ja lopuksi 10 prosenttia.

Toimittajan mukaan sopiva jäännösmäärä kemikaalia on 10-15 mg/litra. Lähtötilanteessa kattilavedessä ei enää ollut ollenkaan jäännöstä. Tästä voitiin vetää johtopäätös, että kaikki kemikaali oli reagoanut ja sitä täytyi annostella enemmän. Lähdin liikkeelle siten, että tavoitteenani oli saada näkymään aluksi pieni jäännös jota rauhallisesti kasvatettaisiin toimittajan antamaa suositusta vastaavaksi.

Seuraava ongelma ilmeni vielä laajemmaksi. Käytössämme olleet laboratoriopalvelut kilpailutettiin ja sen seurauksena laboratorio, johon vesinäytteemme toimitetaan, vaihtui kesken tutkimukseni. Ongelman ydin paljastui vasta noin kuukausi tämän jälkeen, kun kummastelin, miksei jatkuvasti kasvattamastani kattilaveteen syötettävästä kemikaaliannoksesta huolimatta alkanut analyyseissä näkyä mitään kehitystä. Ottaessani tästä selvää sain tietää, etteivät laboratorion tutkijat olleet mitanneet kattilaveden Nalco 22305-jäännösmäärää ollenkaan. Syy oli se, ettei heillä ollut saatavilla tarvittavaa reagenssia, jolla jäännöskemikaali saadaan vesinäytteestä näkyviin. Tämän takia vesianalyyseihin kirjattiin Nalco 22305 jäännösmäärän kohdalle arvon 0,0 mg/litra. Näin ollen oletimme syöttämämme kemikaalimäärän olevan jatkuvasti liian pieni ja kasvatimme annostusta edelleen. Lopulta yhteydenottomme jälkeen asia selvisi ja tilasimme heille kipeästi kaivatun reagenssin. Kemikaali ajelehti paikasta toiseen pitkin Eurooppaa, ja niinpä tästä koitui kaiken kaikkiaan noin viiden viikon ylimääräinen odotus, ennen kuin tutkimuksen jatkamista saattoi edes harkita.

Reagenssia odotellessani päätin lähestyä tilannetta toisesta näkökulmasta ja laskin höyrykuorman virtauksen mukaan kattilan vaatiman kemikaalimäärän. Tässä vaiheessa laskin vain jäännöskemikaalin arvolla 10 mg/litra tarvittavan määrän Nalco 22305-

kemikaalia ottamatta huomioon ollenkaan kemikaalin kulumista epäpuhtauksien saostamisessa. Näin saisin laskettua vesianalyysin ilmoittaman todellisen jäännösmäärän ja syötetyn kemikaalin erotuksen avulla epäpuhtauksien saostukseen kuluneen kemikaalin määrän, ja sitä kautta onnistuisi löytää sopiva syöttösuhde eri ajotilanteita varten.

Pumppujen tuotto mitattiin käytännön kenttätutkimuksella mittaamalla sen läpi virranneen nesteen määrä 5 tunnin keskiarvolla. Pumppujen tuottoa voi säätää joko muuttamalla niiden iskunpituutta (10–100%) ja/tai iskun taajuutta (10–90 iskua minuutissa). Tutkimuksen aikana ajoimme kemikaalin annostelupumppuja niin sanotusti jäykkinä, eli pumput olivat käsisäädöllä ja niiden parametrit olivat koko ajan samat. Pumppujen parametrit olivat alla olevan taulukon mukaiset:

Taulukko 9. Annostelupumppujen parametrit.

Taajuus	Iskunpituus	Pumpun tuotto
50	100	4,8 l/h

Biokattila: höyryvirta on mittauksen mukaan $21 \text{ kg/s} \times 3\,600 \text{ s/h} = 75\,600 \text{ kg/s}$

Koska kemikaali syötetään syvelinjaan, on sen lämpötila $125 \text{ }^\circ\text{C}$, jolloin veden tiheys on $0,9386 \text{ kg/dm}^3$.

Todellinen kattilaveden virtaus: $75\,600 \text{ kg/h} / 0,9386 \text{ kg/dm}^3 = 80\,544,24 \text{ dm}^3/\text{h}$

Mikäli haluttu määrä on 10 mg/litra kattilavettä, tarvitsee kemikaalia syöttää seuraavan laskun mukainen määrä:

$80\,544,24 \text{ kg/h} \times 10 \times 10^{-6} \text{ kg/l} = 0,805 \text{ litra/h}$ puhdasta kemikaalia.

Pumpun tuotto mitattiin käytännön kenttätutkimuksella mittaamalla sen läpi virranneen nesteen määrä 5 tunnin keskiarvolla. Saatu tulos oli $4,8 \text{ litraa tunnissa}$. Näin ollen tarvittava väkevyys kemikaaliliuokselle on:

$0,805 \text{ l} / 4,8 \text{ l} = 0,1678$ eli noin 17 prosenttia.

Kombikattila: höyryvirta on mittauksen mukaan $11 \text{ kg/s} \times 3\,600 \text{ s/h} = 39\,600 \text{ kg/h}$

Koska kemikaali syötetään syvelinjaan, on sen lämpötila $125 \text{ }^\circ\text{C}$, jolloin veden tiheys on $0,9386 \text{ kg/dm}^3$.

Todellinen kattilaveden virtaus: $39\,600 \text{ kg/h} / 0,9386 \text{ kg/dm}^3 = 42\,190,50 \text{ dm}^3/\text{h}$

Mikäli haluttu määrä on 10 mg/litra kattilavettä, tarvitsee kemikaalia syöttää seuraavan laskun mukainen määrä:

$42\,190,50 \text{ kg/h} \times 10 \times 10^{-6} \text{ kg/l} = 0,422 \text{ litraa/h}$ puhdasta kemikaalia.

Näin ollen tarvittava väkevyys kemikaaliliuokselle on:

$0,422 \text{ l} / 4,8 \text{ l} = 0,879$ eli noin 9 prosenttia.

Syy siihen, miksi koe tehtiin ajamalla pumppuja koko ajan samoilla parametreillä selittyi sillä, ettei kemikaalin kulutusta voi luotettavasti seurata valmiin vesikemikaaliseoksen virtausta muuttamalla. Tämä taas johtuu siitä, ettei kemikaalin syöttölinjoissa linjoissa ole virtausmittauksia. Kokeessa pumppujen tuotto mitattiin laskeamalla sekoitussäiliön pinnanmuutos pitkällä aikavälillä. Tämä antoi tarpeeksi tarkan tuloksen kokeen suorittamista varten, mutta jatkuvassa käytössä tämä olisi liian hankalaa. Näin ollen nykyisellä järjestelmällä saadaan kattilakemikaalia syötettyä helpoiten sopiva määrä muuttamalla kemikaalin väkevyyttä tarvittaessa, koska kattiloiden höyrykuormat pysyvät varsinkin näin talvella lähestulkoon vakiona.

Tähän tilanteeseen täytyy edetä varoen, sillä vesikemiassa monet asiat ovat yhteydessä toisiinsa ja liian rajut muutokset voisivat aiheuttaa muun muassa magnetiitin irtoamista lämpöpinnoilta ja kulkeutumista turbiinin siipiin, mikä aiheuttaisi turhaa kulumista. Näin ollen tehtävät muutokset eivät saa olla radikaaleja vaan ne on suoritettava rauhallisesti ja tilanteen sekä tulosten kehittymistä tarkasti seuraten.

Toinen ratkaistava pulma kattilakemikaalien suhteen oli hapenpoistokemikaalin Nalco 1700 annostelu syöttövesisäiliöihin. Oli herännyt kysymys, tarvitseeko kallista hapenpoistokemikaalia välttämättä syöttää kattilaan niin suuria määriä, vai olisiko mahdollista hoitaa hapenpoisto jollakin muulla tavalla sallittuihin rajoihin ja jättää kemikaalin syöttö vain tilanteisiin, jolloin terminen kaasunpoisto ei riittäisi.

Ongelma ratkesi normaalilla kenttätutkimuksella ja syöttövesisäiliön happimittausta seuraamalla. Syöttövesisäiliön haravaan tulevaa höyryvirtaa suurennettiin pikkuhiljaa muutama prosentti kerrallaan, ja samalla hapenpoistotornin hönkälinjaa avattiin sopivassa suhteessa siten, ettei säiliön paine päässyt kasvamaan liian suureksi. Loppujen lopuksi syöttöveden happipitoisuus alitti reilusti vaaditun rajan 5 µg/litra syöttövedtä. Ainoa suurempi haitta ilmeni syvesäiliön kaasunpoistotornin hönkälinjasta. Linjan ulospuhallusputkesta kuuluu virtauksen kasvettua kova suhina. Tämä asia saattaa joissakin tapauksissa häiritä lähistöllä asuvia ihmisiä, mutta ongelmaan on olemassa ratkaisu. Tilanne on helposti hoidettavissa äänenvaimentimella, joka laskee suhinan tason selkeästi vaimeammaksi. Lisäksi putkeen asennetaan lämmön talteenotto, ettei energiaa turhaan kuluisi hukkaan. Saatavalla lämmöllä tullaan lämmittämään kaukolämmön lisävedtä.

Toinen mielenkiintoinen yksityiskohta kattilaveden happipitoisuuteen liittyen ilmeni hapenpoistokemikaalin syötön lopettamisen jälkeen. Happipitoisuus syöttövesisäiliössä heilahteli tasaisella välillä rajusti, ja ilmiön syytä käytiin etsimään prosessista. Luonnollisesti ensimmäisenä mieleen tulivat tässä tapauksessa vuodot lauhdepuolella, esimerkiksi ABB-höyryturbiinin lauhduttimessa. Asiaa tarkemmin tutkiessa syy löytyikin lauhdepuolelta, mutta aiheuttajaksi paljastui uusi säätöpiiri. Piirin tarkoituksena oli pitää lauhdesäiliön pinta asetusarvossaan lisäämällä lisäveden tuottoa. Lisäveden virtaus kasvoi säädön rajuuden vuoksi niin nopeasti, etteivät lisäveden esilämmittimet ehtineet lämmittää vettä tarpeeksi ennen lisäveden kaasunpoistinta, jolloin kaasunpoisto jäi puutteelliseksi. Tämä aiheutti tilanteen, jonka seurauksena syöttövesisäiliöön pääsi ajoittain hapekasta vettä niin paljon, ettei syöttövesisäiliön terminen kaasunpoisto enää kyennyt suoriutumaan tehtävästään. Asia paljastui ja tuli näytetyksi toteen siten, että koko lisäveden säätöjärjestelmä otettiin käsikäytölle, jolloin happiarvot tasoittuivat muutaman tunnin viiveellä vaadittuihin rajoihin ja pysyivät siellä. Kun säätö laitettiin automaatile, alkoi syöttövesisäiliön happiarvo heilahdella suoraan ver-

rannollisesti lisäveden virtauksien muutoksien mukaan. Säättöpiirin muutostyöt ovat parhaillaan käynnissä.

Edellä mainittua ilmiötä havainnoillistavat kuvat löytyvät liitteistä 1 sekä 2. Liitteestä numero yksi näkyy tilanne, jolloin lisäveden säätö otetaan käsiajolle. Tämän seurauksena syvesäiliön happiarvot laskeutuivat sallittuihin rajoihin. Liite numero kaksi puolestaan tuo ilmi tilanteen, jossa lisäveden säätö siirretään takaisin automaattiseksi. Tästä seuraa se, että happiarvot alkavat heittelehtimään ja nousevat rajusti yli sallittujen rajojen.

Eräs suurimpia fyysisiä muutoksia vaativa parannus tulee olemaan uutta kemikaalia Nalco Tri-Act 1826 varten hankittava kemikaalin annostelulaitteisto. Tämä sisältää uuden syöttöpumpun ja -linjaston, sekoitussäiliön, kaksi kappaletta annostelupumppua sekä liitännän vanhaan linjaan reduktiovaihtimelle. Lisäksi täytyy vetää kokonaan uusi linja lauhdesäiliöön, jonne ei aiemmin ole ollut mahdollisuutta syöttää lauhteen käsittelyyn tarvittavaa kemikaalia.

Asian saattamiseksi loppuun pyysin eri toimittajilta tarjouksen vaatimuksiamme vastaavista tuotteista. Lupaavimman tarjouksen havainnollistavat piirustukset on liitetty työn liitteeksi numero 6.

Lisäksi täytyi suunnitella sekä luonnostella parannukset jo käytössä oleviin kemikaalinannostelulinjoihin. Lähinnä tarpeeseen tulivat kemikaalinsyötöt ristiin eri kattiloiden välillä, mikäli joku pumpuista sattuisi pettämään kesken kaiken.

Danisco Sweetenersiltä palaavan lauhteen puhdistukseen ollaan kartoittamassa erilaisia mahdollisia vaihtoehtoja. Eräs ratkaisumalli, joka vaikuttaisi toteutuskelpoiselta, on vanhan, alun perin turbiinilauhdetta varten rakennetun sekavaihtimen ottaminen käyttöön tehdaslauhteen puhdistamiseen.

Tähän tarvittaisiin ainakin seuraavia toimenpiteitä:

- putkilinjojen päivittäminen tarpeita vastaaviksi
- lämmönvaihtimien asentaminen lauhteen lämpötilan laskemiseksi nykyisestä maksimissaan noin 90 Celsiusasteesta alle 60 asteeseen, jonka vaihtimen hartsi kestää

- optimaalisen hartsilaadun löytäminen.

Tällöin tehdaslauhteen palautusprosentti saataisiin kasvamaan ja lisäveden valmistustarve pienenesi huomattavasti.

5 YHTEENVETO

5.1 Päätelmät työn tuloksista

Hovinsaaren kattilavesien kemikalointiin ollaan parhaillaan suorittamassa päivitystä, jotta vesiarvot saataisiin tasoittumaan. Muun muassa aiemmin mainittu Danisco Sweetenersiltä palaavan tehdaslauhteen laadun vaihtelu on tällä hetkellä otettu tarkastelun alle, ja sopivaa ratkaisua haetaan pikaisesti toteutettavaksi. Nykyinen tilanne aiheutti runsaasti päänvaivaa tätä työtä tehdessä, mutta onneksi tilanne saataneen kuntoon lähiaikoina.

Toinen työni kannalta hankala asia on vain osan vuotta käytössä oleva kombikattila, jonka ylösajojen jälkeen laitoksen vesikemia menee vääjäämättömästi sekaisin vähintäänkin viikon ajaksi. Tällöin järkevien havaintojen sekä johtopäätösten tekeminen kattilaveden laadusta on täysin mahdotonta. Koska tutkimukseni aikataulu vaati seurannan tekemistä näin talvella, täytyivät kokeet aloittaa epäedullisesti aiemmin mainituista ongelmista johtuen juuri kombikattilan odottamattoman ja pitkähkön seisokin aikana. Tästä seurasi vääjäämättä tilanne, että kombikattilan seisokin jälkeinen ylösajo sotki tutkimuksiani, mutta jatkamalla pitkäjänteisesti sain kuitenkin selvitettyä haluaamani tulokset työtäni varten.

Loppujen lopuksi suorittamieni empiiristen tutkimuksien ja kokeilujen perusteella voin vetää johtopäätöksen, että hapenpoistokemikaalin syöttö on normaalijotilanteessa tarpeetonta. Tästä syntyvä säästö tulee olemaan tuntuva, sillä aikaisemmin hapenpoistokemikaalia Nalco 1700 syötettiin 3 000 litraa vuodessa. Kun yksi 200 litran astia maksaa yli 2 000 euroa voidaan vuotuinen säästö laskea alla olevan laskelman mukaisesti:

Kemikaalin tarkka hinta on 11,07 €/kg. Aineen tiheys on 1,04 kg/dm³, jolloin litrahinnaksi saadaan: $11,07 \text{ €/kg} / 1,04 \text{ kg} / \text{dm}^3 = 10,64 \text{ €/dm}^3$.

Tässä tapauksessa säästöä kertyy vuodessa: 3 000 litraa x 10,64 €/litra = 31 932,69 €.

Ainoa lisäkustannus tulee olemaan äänenvaimentimen sekä lämmön talteenoton asennus ulospuhallusputkeen.

Otettuani yhteyttä Teollisuuden Vesi Oy:n toimitusjohtajaan diplomi-insinööri Maija Vidqvistiin ja esiteltyäni asian hänelle sain arvokasta lisätietoa kattilakemikaalimme käytöstä. Teollisuuden Vesi Oy on konsultoinut Kotkan energiaa aiemminkin ja tehnyt tutkimusta muun muassa kattilaveden käsittelykemikaalin Nalco 22305 sekä muiden vastaavien valmisteiden käytöstä. Näiden tutkimusten, Hovinsaaren kattiloiden tietojen sekä kattilavesien arvojen perusteella hän suositteli Nalco 22305-pitoisuuden pudottamista reilusti alemmas, noin 5 µg/kg kattilavettä. Tätä suuremman annostelun seurauksena saattaa muuten ilmetä kattilan magnetiittikerroksen hajoamista, jolloin lieriöön kertyy normaalia enemmän rautaa. Tästä taas koituu kattilan hyötysuhteen huononeminen ylimääräisen ulospuhalluksen muodossa sekä luonnollisesti korostuneena korroosioriskinä mikäli magnetiittikerros ohenee liikaa.

Teollisuuden Veden suosituksen mukaista annostelua on nyt noudatettu kuuden viikon ajan, ja vesianalyysien mukaan kattilaveden laatu on pysynyt sallituissa rajoissa ja hyvälaatuisena.

Laskelmieni mukaan säästöä kertyy kattilaveden Nalco 22305:n ylijäämää pienentämällä seuraavasti:

Nalco 22305 kilohinta on 11,08 €/kg ja tiheys 1,05 kg/dm³, jolloin litrahinnaksi saadaan $11,08 \text{ €/kg} / 1,05 \text{ kg/dm}^3 = 10,55 \text{ €/dm}^3$.

Kun kemikaalin annostelu pudotettiin siten, että sen jäännösmäärä kattilavedessä putosi 10 mg / litra puoleen eli 5 mg / litra, säästetään tässä vuositasolla huomattava säästö.

Esimerkkilaskussa höyryvirtaus on 275 vuorokauden ajanjaksolta keskiarvona virhemarginaalin pienentämiseksi. Kemikaalin Nalco 22305:n syöttö on laskettu aiemman 10mg/litra suosituksen edellyttämällä arvolla. Jäännöskemikaalin keskiarvo tutkulla aikavälillä oli 9,29 mg/litra, joten sen syöttö oli hieman alle suosituksen mukaisen tason.

Pelkästään biokattilan höyryn sekä Nalco 22305:n virtaus huomioiden, saadaan kemikaalin kulutukseksi keskimäärin:

Kemikaalia syötettiin jakson aikana kokonaisuudessaan 3 180 litraa. Ottaen huomioon aineen tiheyden, saadaan laskettua syötetyn kemikaalimäärän paino.

$$3\,180\text{ dm}^3 \times 1,05\text{ kg / dm}^3 = 3\,339\text{ kg}$$

Koska kemikaali syötetään syvelinjaan, on sen lämpötila 125 °C, jolloin veden tiheys on 0,9386 kg/dm³. Biokattilan höyryvirtaus : 16,5 kg/s, jolloin todellinen kattilaveden virtaus on:

$$18,3\text{ kg/s} / 0,9386\text{ kg/dm}^3 = 19,497\text{ dm}^3/\text{s}$$

Nalco 22305-kemikaalin laskennallinen syöttö kattilaveteen tutkimuksen aikana oli:

$$3\,339\text{ kg} / 275\text{ vrk} = 12,14\text{ kg/vrk}$$

$$12,14\text{ kg/vrk} / (24\text{ h/vrk} \times 3600\text{ s/h}) = 1,41 \times 10^{-4}\text{ kg/s}$$

$$1,41 \times 10^{-4}\text{ kg/s} / 19,497\text{ dm}^3/\text{s} = 7,21 \times 10^{-6}\text{ kg/dm}^3.$$

Tein tuloksesta johtopäätöksen, että Nalco 22305 väkevöityy ajan kuluessa kattilaveteen, koska syötetyn kemikaalin määrä kattilavesilitraa kohti on noin 2,1 mg / litra vähemmän kuin vesianalyysin tuloksen ilmoittama. Prosentuaalisesti erotus on lähes 22,5 %. Ilmiö toteutui myös käytännössä, ja johtopäätös tuli näin todistettua paikkansa pitäväksi. Näin ollen ei voi varmuudella laskea kemikaalin kulutusta, koska selkeää korrelaatiota kattilaveden virtauksen ja jäännöskemikaalin määrän sekä syötetyn kemikaalin määrän välillä ei löytynyt. Lisäksi toinen ajoittain ajossa ollut kattila eli

kombikattila hankaloitti tutkimusta melkoisesti. Tämä johtuu siitä, että kattiloiden vesi-höyrypiirit ovat kytköksissä toisiinsa ja kombikattilan alas- ja ylösajojen yhteydessä koko laitoksen vesikemia sekoittuu noin kahden viikon ajaksi.

Loppujen lopuksi ongelma ratkesi kemikaalin syöttösuhdetta muuttamalla. Seurasin vesianalyysien arvoja ja tein pieniä korjauksia kemikaalinsyöttöön, jolloin jäännöskemikaalin määrä saatiin putoamaan Teollisuuden Vesi Oy:n suosittelemaan 5 mg/litra. Näin toimien lopullinen kattilaan syötettävä kemikaalin 22305 määrä tuli olemaan 3,6 litraa valmista 10-prosenttista kemikaaliliuosta / h, eli 0,36 litraa puhdasta kemikaalia tunnissa. Kyseinen määrä pätee biokattilan ollessa optimiajotilanteessa eli täydellä teholla. Tämä ajomalli onkin yleisin vain muutamia erikoistilanteita sekä seisokkeja lukuun ottamatta.

Tutkimuksen aikainen Nalco 22305 keskimääräinen kulutus oli 0,51 litraa tunnissa ja vuositasolla raakaa kemikaalia kului noin 3 300 litraa. Mikäli annostus pudotetaan lopullisesti riittäväksi havaittuun 0,36 litraan tunnissa, säästyy vuositasolla alla olevan laskelman mukaisesti:

$$1 - 0,36 \text{ dm}^3/\text{h} : 0,51 \text{ dm}^3/\text{h} = 0,294 \text{ eli } 29,4 \%$$

$$3300 \text{ dm}^3 \times 10,55 \text{ €/dm}^3 \times 0,294 = 10\,239 \text{ €}$$

Säästöä kertyy siis vuodessa hieman yli 10 000 euroa.

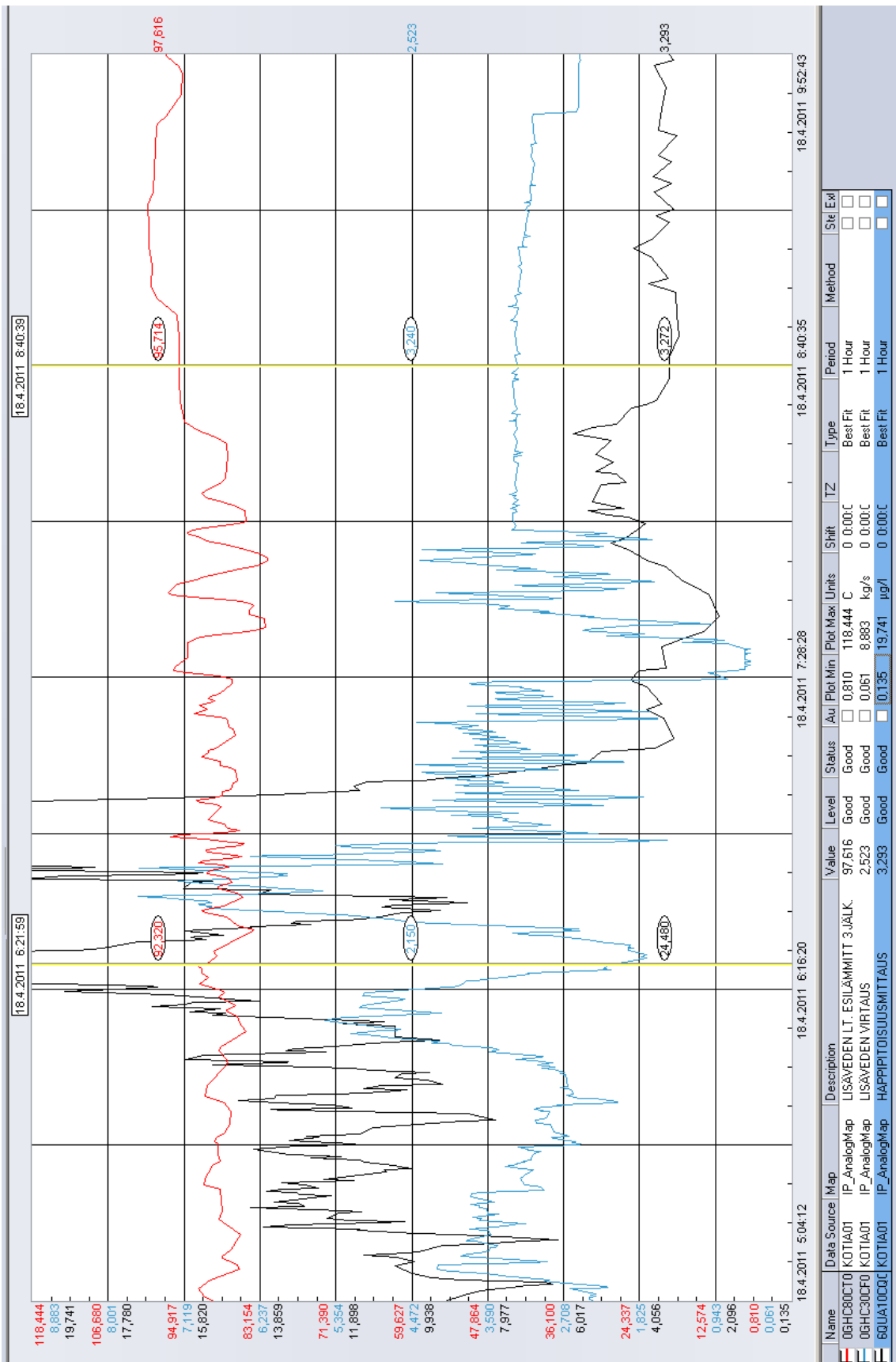
5.2 Parannusehdotukset

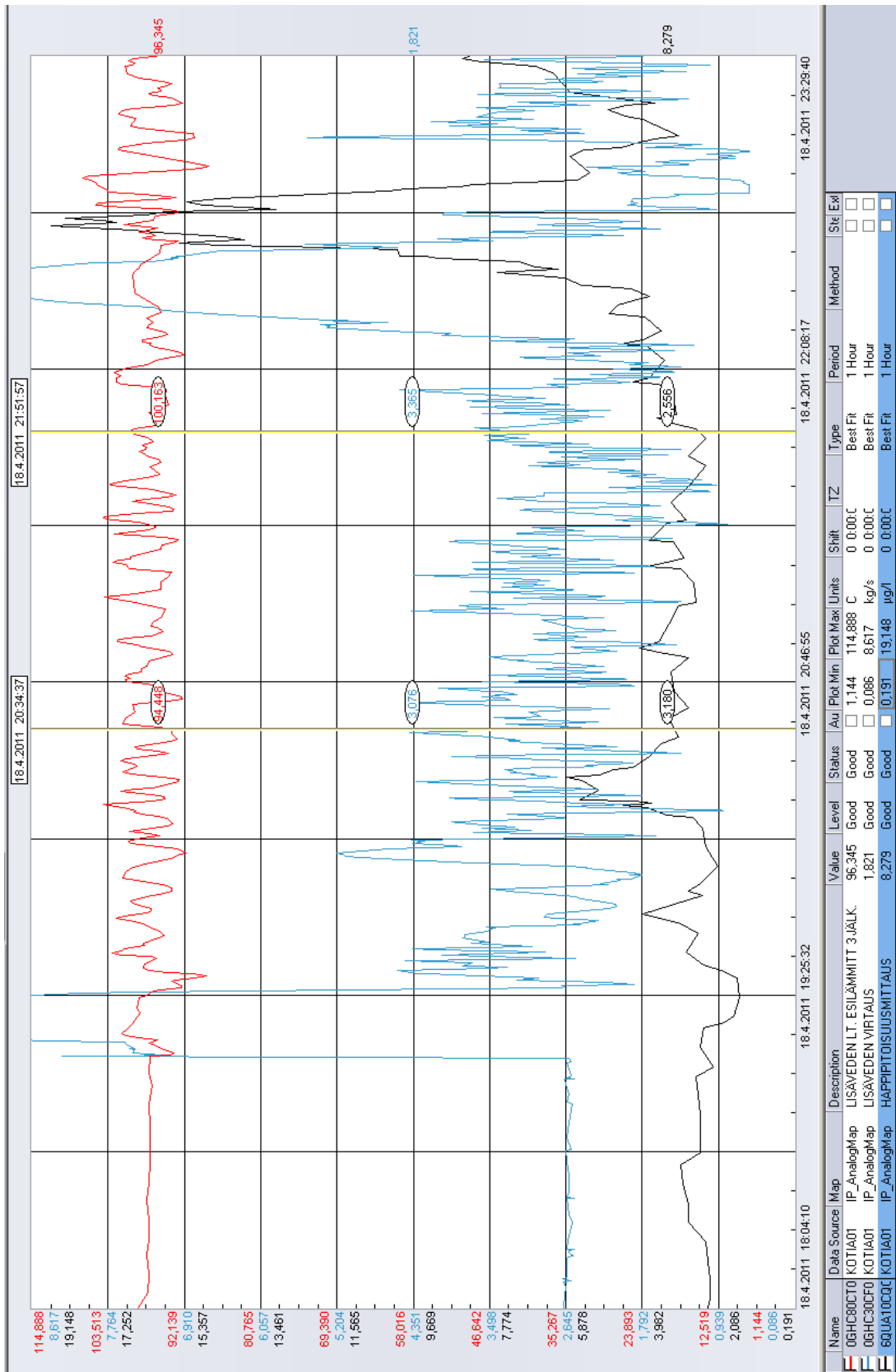
Selkeästi tärkeimmät parannettavat alueet Hovinsaaren voimalaitoksen vesikemian kehittämiseksi liittyvät kemikaalien annostelun liittyviin kohteisiin. Esimerkiksi kattilaveden pH:n säätöön käytettävän lipeän sekä kattilaveden epäpuhtauksien dispergoimiseen käytettävän Nalco 22305-kemikaalin annostelu tulisi hoitaa virtaussäädöllä. Sama pätee lauhteen pH:n säätökemikaalin Nalco Tri-Act 1826:n suhteen. Edellä mainittu uudistus on helppo toteuttaa, sillä mittaukset haluttuihin kohteisiin ovat järjestelmässä jo olemassa. Tarvitaan vain säätöpiirin luominen ja parametointi. Kyseisten kemikaalien annostelupumput ovat lisäksi malliltaan sellaisia, että niitä voidaan ohjata säätöpiirien avulla. Virtaussäädön suomia etuja ovat muun muassa:

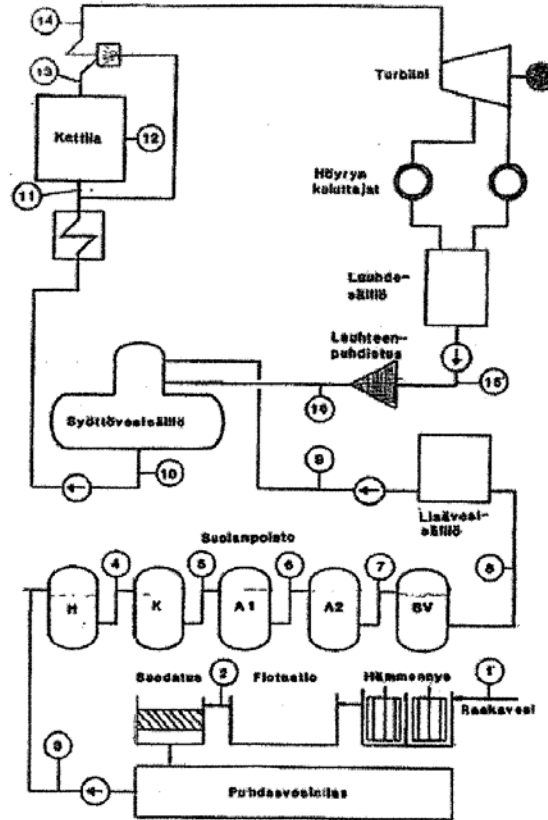
- Rahallinen säästö, kun kemikaaleja ei syötetä kattilaan turhaan. Tähän saakka säästö on tapahtunut operaattorien toimesta tarvittaessa. Tämä tarkoittaa sitä, että tarvittava pumppu on käynnistetty/sammutettu manuaalisesti kemikaalihuoneesta mikäli jokin kattila-, syöttö- tai lauhdeveden raja-arvo on ylittynyt/alittunut.
- Pidentää kattilan käyttöikä, sillä vesiarvojen keinuminen laidasta laitaa aiheuttaa putkirakenteisiin rasituksia. Esimerkiksi liian alhainen kattilaveden pH (< 5) aiheuttaa materiaalin syöpymistä, vetyhyökkäyksiä sekä jännityskorroosiota. Liian korkea pH (> 10) taas aiheuttaa alkalikorroosiota sekä jännityskorroosiota. Ideaaliarvo kattilaveden pH:lle korroosion minimoimiseksi on 9,5. Virtaussäädöllä pH pysyy aina lähes optimaalisella tasolla, jolloin teräksen korroosio on minimissään.

LÄHTEET

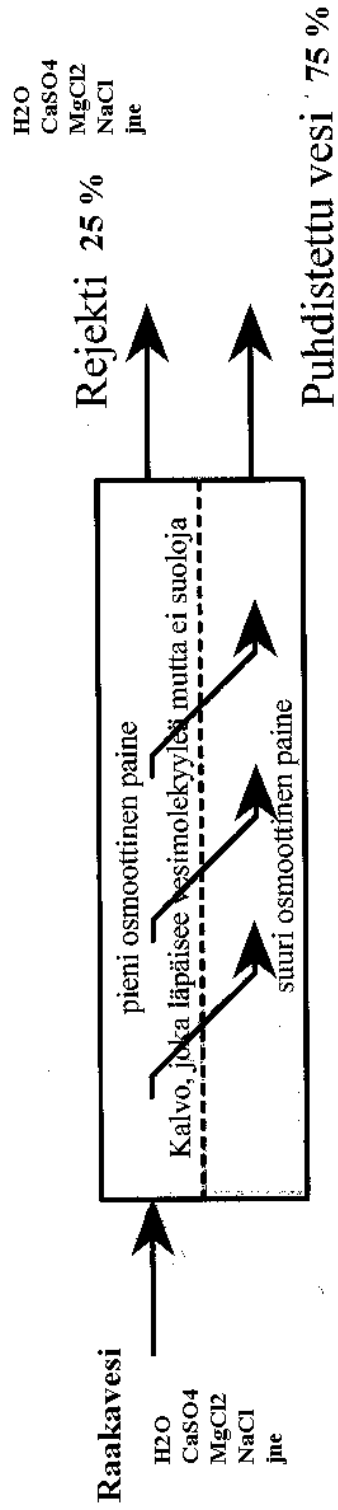
1. Kotkan Energia Oy. 2009. Kotkan Energian esittelykalvot.ppt
2. Kotkan Energia Oy. 2011. Vuosikertomus 2010. Saatavissa: [http:// web-tools.fi/asiakkaat/32/tiedostot/file/Vuosikertomus%202010%20valmis\(1\).pdf](http://web-tools.fi/asiakkaat/32/tiedostot/file/Vuosikertomus%202010%20valmis(1).pdf) [Viitattu 20.3.2011].
3. Kotkan Energia Oy:n kotisivut. Saatavuus: http://www.kotkanenergia.fi/tuotanto/hovinsaaren_voimalaitos.
4. Jalkanen, P. 2008. Kaukolämmön tuotanto ja ajomallit. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.
5. Koulutuskansio käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnalle.2003. Kvaerner Pulping Oy.
6. Arvonen, A. & Levonen, H. 2005. Ammattikorkeakoulun kemia. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
7. Koulutuskansio.1997. Voimalaitosveden hallinnan perusteet. Empower Oy.
8. Vesikemian koulutus.1997. IVO Power Engineering Oy.
9. Mononen, K. 2010. Oppimateriaalit. Vesien käsittelykurssi.
10. Vesikemia-koulutuskansio.2003. ÅF-Enprima Oy.
11. Huhtinen, M. 2000. Höyrykattilatekniikka. Edita: Helsinki.
12. Ahomäki, M. Luento Kattiloiden vesikemia 15.3.2006.
13. Sonninen, R. 2003. Enprima-opetuskansio.
14. Vidqvist, M. 2010. Ajankohtaista vedenkäsittelystä-kansio.
15. Ritola, J. 2004. Täyssuolanpoistosarjojen elvytyslaitteiston modernisointi. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.
16. Kuotola, J. Luento Vesikemian koulutus 15.5.2003.
17. Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2008. Voimalaitostekniikka. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
18. Korroosio vesi- höyryjärjestelmässä. Saatavissa:<http://ylivieska.cop.fi /karip /kemia/031S01Y/vesikemian%20perusteet.pdf> [Viitattu 20.3.2011].







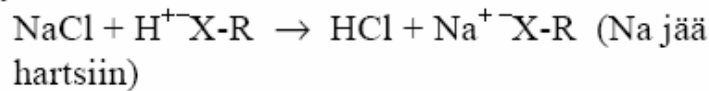
1. Raakavesi	7. Näyte vahvan anioninvaihtimen jälkeen	13. Kylläinen höyry
2. Esikäsiteltävä vesi	8. Lisävesi sekaioninvaihtimen jälkeen	14. Tulistettu höyry
3. Esikäsitelty vesi	9. Lisävesi lisävesisäiliön jälkeen	15. Puhdistamaton paluulauhde
4. Esikäsitelty vesi hiekkasuodatuksen jälkeen	10. Syöttövesi syöttövesipumpun imupuolelta	16. Lauhde laughtenpuhdistuksen jälkeen
5. Näyte kationinvaihtimen jälkeen	11. Syöttövesi ennen EKOA	
6. Näyte heikon anioninvaihtimen jälkeen	12. Kattilavesi	



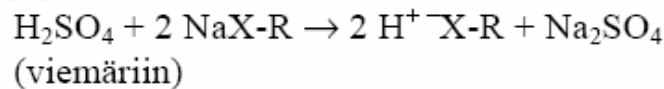
Toiminta:

KATIONINVAIHDIN

käyttö

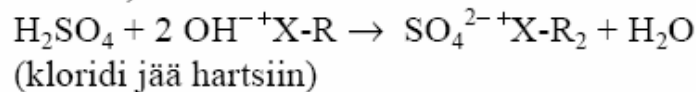
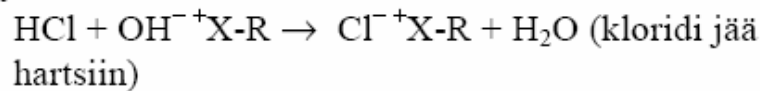


elvytys

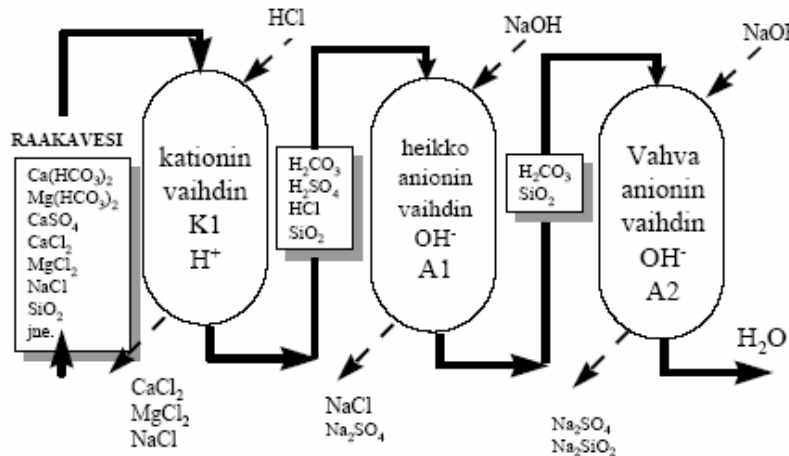
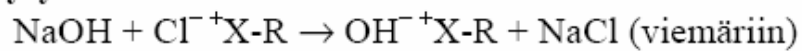


ANIONINVAIHDIN

käyttö



elvytys



Yleensä täyssuolanpoistosarjaan kuuluu vielä humussuodin, jonka tehtävänä on suodattaa orgaaninen aines pois raakavedestä. Humussuotimen paikka on sarjan ensimmäisenä ennen kationinvaihdinta K1. (18)

Lieriöpaine	ylipaine	bar	24	35	67	90	125	160
Tulist.höyry	ylipaine		22	32	62	84	110	140
pH ₂₅ yläraja		<	9,1 + lg _{γ₂₅} [mS/m]					
PH ₂₅ alaraja		>	9,5	9,5	9	9	8,5	8,5
p-arvo	I	mval/kg <	8	6	2	0,75	0,2	0,05
	II	mval/kg	1 ... 8	1 ... 6	1 ... 2			
Konduktiivisuus	γ ₂₅	mS/m <	400	350	80	40	15	4
Natrium + kalium	Na	mg/kg <	800	650	150	80	30	8
Fosfaatti	PO ₄	II mg/kg	10 ... 20	< 15	< 15	2 ... 6	2 ... 6	2 ... 6
Siikaatti	SiO ₂	mg/kg <	60 + 6 p	35 ... 3,5 p	7	3	1	0,35
KMnO ₄ -kulutus		mg/kg <	300	200	80	40	15	5

Eri kattiloiden vedenerottelukyky on hyvin yksilöllinen. Turbiinikäytössä on valvottava höyryn puhtaata sekä tämän perusteella määriteltävä sallittava kattilaveden korkein suolapitoisuus kullekin kattilalle yksilöllisesti. Tämä suolapitoisuus saattaa olla paljon alempi kuin taulukossa mainitut arvot.

Kun lämpökuorma nousee kattilassa paikallisestikin yli 230 kW/m², olisi kaikilla kattilapaineilla sovellettava, SiO₂:ta lukuun ottamatta, 160 bar:n ohjearvoja: syöttövesi > 67 bar ohjearvosuosituksen mukaisesti.

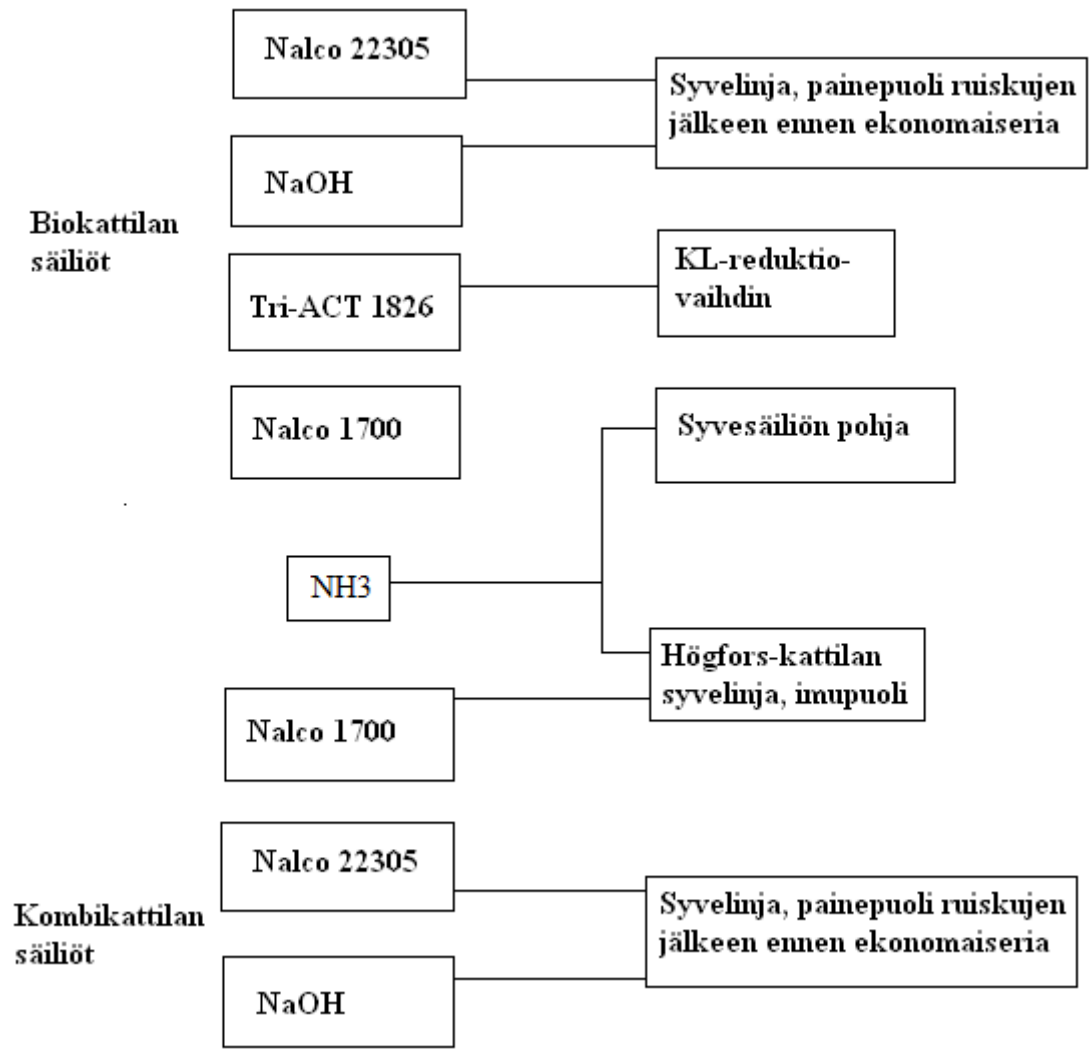
I Maksimi p-arvo vedenkäsittelystä riippumatta.

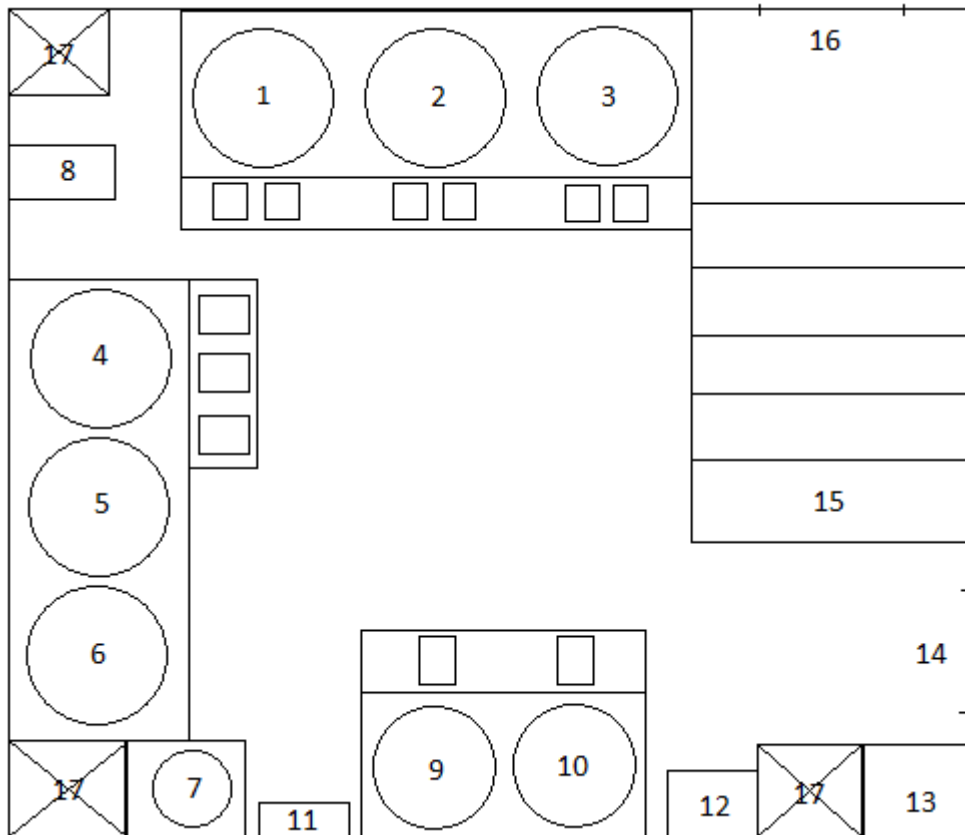
II Käytettäessä fosfaatteja jäännöskovuuden sitomiseen. Käytettäessä koordinoitua fosfaattimenetelmää kattilaveden pH:n valvontaan 10 ... 20 mg PO₄/kg paineluokissa 35 ... 90 bar ja 7 ... 15 mg PO₄/kg 67 ... 125 bar.

γ₂₅ Konduktiivisuus kattilavedessä analysoituna neutraloidusta näytteestä 25 °C

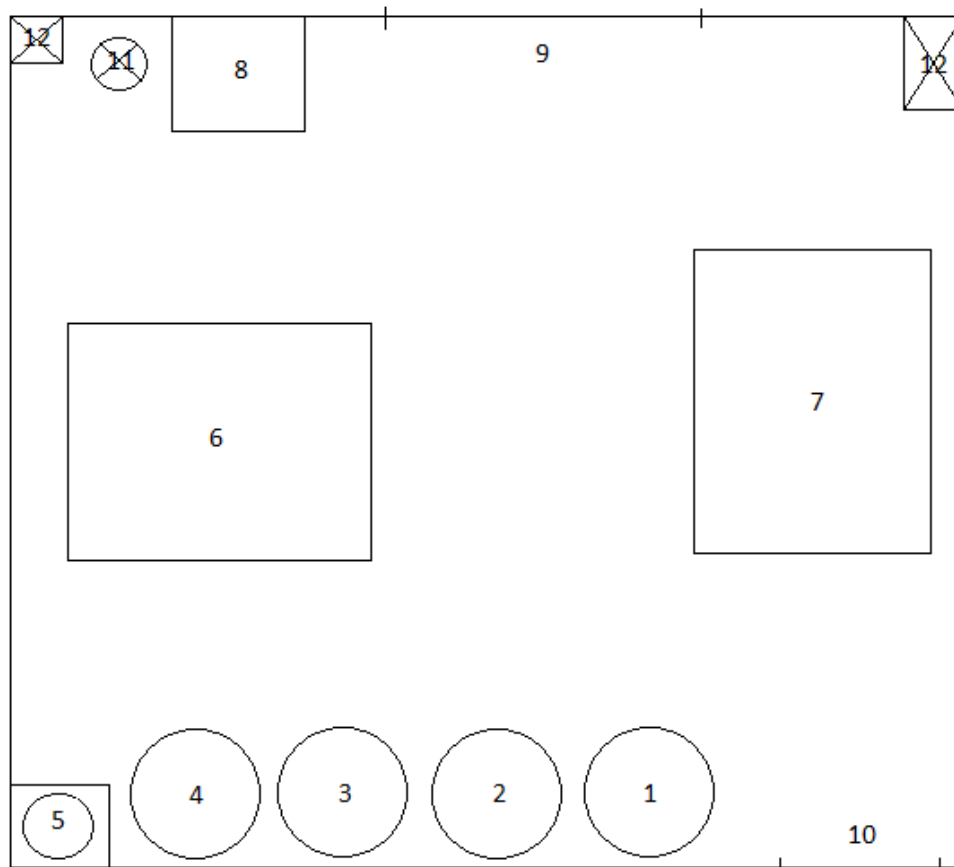
Vesi höyrykierto	Vesilaatu	Puhdasvesi	Lisävesi MB:n jälkeen	Syöttövesi ja lauhde					Kylt.höyry tulis	
				Lieriöpaine ylipaine bar		Läpivirtauskattila Ajotapa			Turbiinikäyttö Lieriöpaine	
				≤ 67	> 67	Alkali	Kombi	Neutraali	≤ 40	> 40
Analyysiarvot				≤ 67	> 67	9,0 ... 8,5	8,0 ... 8,5	> 6,5		
pH ₂₅		mg/kg <	> 6	8,5 ...	9,5*	9,0 ... 8,5	8,0 ... 8,5	> 6,5		
Happi	O ₂	mval/kg <		< 0,01	< 0,01	> 0,01	0,15 ... 0,30***	> 0,05***		
Kovuus		mg/kg <	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001		
Kokonaisrauta	Fe	mg/kg <	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Kokonaisatumiini	Al	mg/kg <	0,1							
Kokonaiskupari	Cu	mg/kg <		0,01	0,003	0,003	0,003	0,003	0,01	0,003
KMnO ₄ -kulutus		mg/kg <	10	3						
Siikaatti	SiO ₂	mg/kg <		0,02		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02**
Natrium + kalium	Na	mg/kg <		0,02		0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Konduktiivisuus	γ ₂₅	mg/kg <		0,05			0,04 ... 0,1	0,25		
Konduktiivisuus	***	mS/m <				0,02	0,02	0,02		
Öljy + liete + vaahtoineet			Ei osoitettavissa							

DENÅ eli Dansk Kedelförenin + Ekono + Norsk Dampkedelforening + Ångpanneförening on yhteispohjoismainen organisaatio, joka antaa kattilavesien laatusuosituksia erityyppisille ja -paineisille höyrykattiloille.

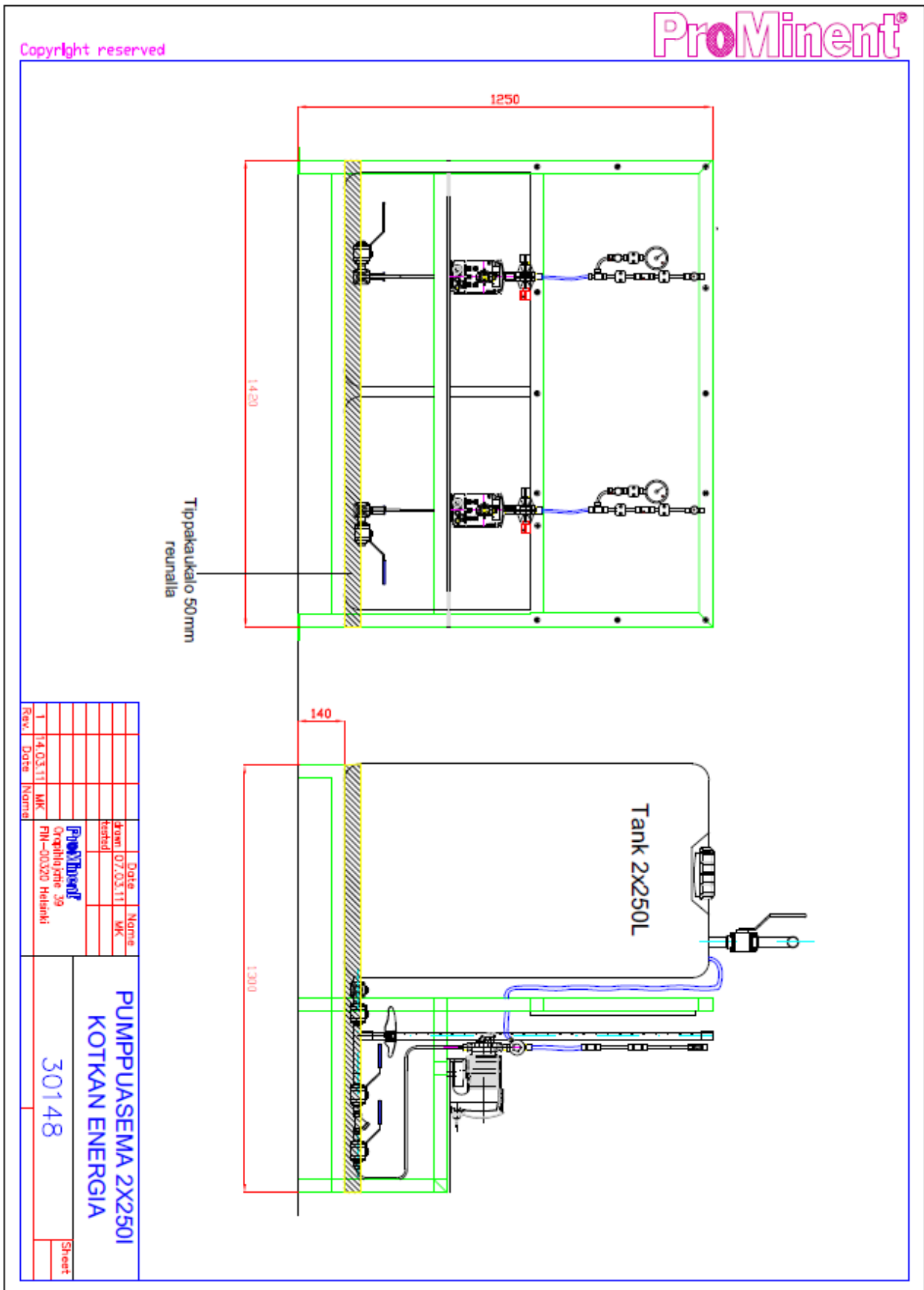




Numero	Selite
1	Biokattila Nalco 22305 + pumput
2	Biokattila Nalco 1700 + pumput
3	Biokattila lipeä + pumput
4	Kombikattila lipeä + pumppu
5	Kombikattila Nalco 1700 + pumppu
6	Kombikattila Nalco 22305 + pumppu
7	Biokattila ammoniakki
8	Annostelupumppujen ohjauskaappi
9	Uusi Tri-ACT-säiliö kl-reduktiovaihtimelle + pumppu
10	Uusi Tri-ACT-säiliö lauhdesäiliölle + pumppu
11	Ohjauskaappi uusille pumpuille
12	Pesuallas
13	Tarvikekaappi
14	Kulku Eckrohr-halliin
15	Portaat kemikaalivarastoon
16	Kulku kemikaalivarastoon
17	Betonipilari

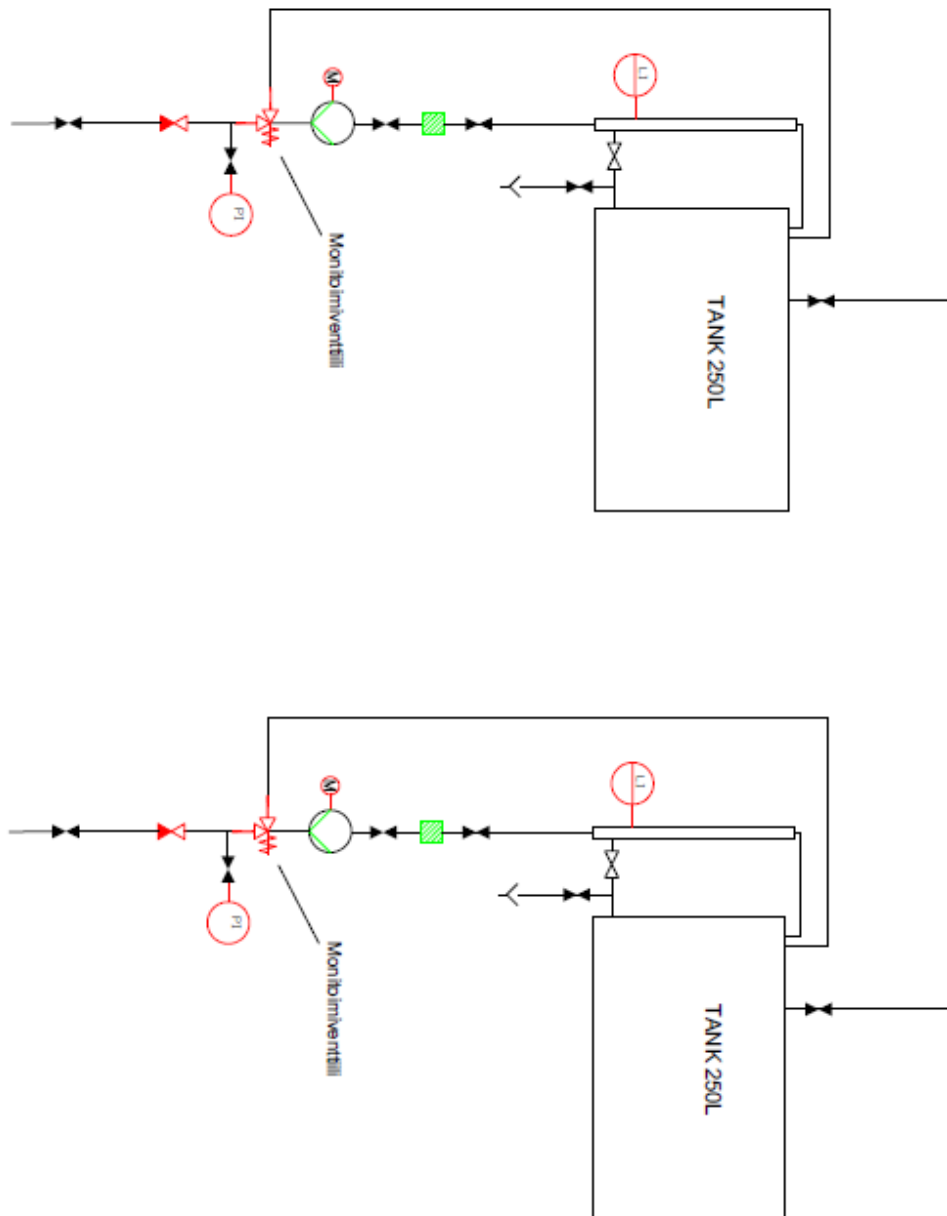


Numero	Selite
1	Uusi Tri-ACT 1826 kemikaalitynnyri + pumppu
2	Nalco 1700 tynnyri + pumppu
3	Nalco 22305 tynnyri + pumppu
4	KK6080 tynnyri + pumppu
5	Ammoniakkisäiliö
6	Ferrisulfaattikontti
7	Rikkihappokontti
8	Suojavarustekaappi
9	Kulku lastauslaiturille
10	Kulku kemikaalihuoneeseen
11	Ilmastointikanava
12	Betonipilari



ProMinent®

Copyright reserved



Rev.	Date	Name	Date	Name
1	16.03.11	MK	07.03.11	MK
ProMinent® Osoitteenumero 39 FIN-00520 Helsinki				
PUMPPUASEMA 2X250L KOTKAN ENERGIA				Sheet
90133				