

SUOMENOJAN VOIMALAITOS- ALUEEN VESITASE

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Energia- ja ympäristötekniikka
Opinnäytetyö AMK
Kevät 2018
Roshana Mahmood

Tiivistelmä

Tekijä(t) Mahmood, Roshana	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika Kevät 2018
	Sivumäärä 44	10 liitesivua
Työn nimi Suomenojan voimalaitosalueen vesitase		
Tutkinto Energia- ja ympäristötekniikka		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Espoossa sijaitsevan Suomenojan voimalaitoksen vesitase. Vesitasetta tarvitaan vuosittaisen vedenkulutuksen raportoinnin avuksi. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Maintpartner Oy, joka vastaa Suomenojan voimalaitoksen kunnossapidosta ja käytöstä.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin voimalaitoksen prosessin toimintaa ja vedenkiertoa voimalaitoksen sisäisissä prosesseissa. Työssä selvitettiin, mitä sähkön- ja kaukolämmön tuotannossa syntyneitä lauhdevesiä on mahdollista käyttää hyödyksi kaukolämmön lisävetenä. Yksi päätavoitteista oli selvittää, kuinka paljon käytettiin kaupungin vesijohtovettä prosessin ja kaukolämmön lisäveden valmistukseen. Työn lopussa tarkasteltiin virtaustekniikkaa ja analysoitiin vedenkulutuksen raportointia. Tiedonhankinta suoritettiin kirjallisuuslähteistä, verkkolähteistä ja voimalaitoksen toimintakuvauksista.</p> <p>Työn tuloksena laadittiin voimalaitoksen sisäistä vedenkiertoa kuvaava vesitasekaavio ja vedenkulutuksen seurantamalli TOPi-järjestelmään. Työssä esitettiin toimenpideehdotukset uusien virtausmittareiden paikoitukselle sekä joidenkin vanhojen virtausmittareiden sijainnin korjaukselle.</p>		
Avainsanat voimalaitos, vesitase, vedenkäsittely, vesijohtovesi		

Abstract

Author(s) Mahmood, Roshana	Type of publication Bachelor's thesis	Published Spring 2018
	Number of pages 44	10 pages of appendices
Title of publication Water balance at the Suomenoja power plant site		
Name of Degree Bachelor's Degree in energy and environmental technology		
Abstract <p>The aim of this thesis was to establish a water balance plan for the Suomenoja power plant site. The Suomenoja power plant is located in Espoo. The study was conducted to facilitate the annual reporting of water consumption. The study was commissioned by Maintpartner Oy that is responsible for the operation and maintenance of the Suomenoja power plant.</p> <p>This thesis explored the operation of the power plant and the water cycle in the power plant process. The study investigated which of the condensation waters which are created in combined heat and power production process could be utilized as an extra water source of the district heating network. One of the main focus points was to clarify the consumption of tap water when extra water was produced for the district heating network and the process. The final section of the theoretical part addresses the issue of the current water technology and the current results from the TOPi-system. The methods used in the study were from literature sources, network sources and from the power plant's operation descriptions.</p> <p>As a result of this study, a chart illustrating the water balance graph and a water balance consumption monitoring model were created to the TOPi-system. A number of draft measures for the purchase of new flow meters and placing some old flow meters at a different location were presented.</p>		
Keywords power plant, water balance, water treatment, tap water		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	SUOMENOJAN VOIMALAITOS	2
3	SUOMENOJAN VOIMALAITOKSEN PROSESSI.....	3
3.1	Kattiloiden toiminta.....	3
3.2	Höyry- ja kaasuturbiini.....	3
3.3	Lisävesi- ja syöttövesijärjestelmä	4
3.3.1	Vesitykset	4
3.3.2	Lauhde- ja ulospuhallusjärjestelmä.....	4
3.4	Prosessin jäähdytys	7
3.5	Polttoaineet	7
3.5.1	Kivihiili.....	7
3.5.2	Maakaasu	8
3.6	Rikinpoistolaitos	8
4	SUOMENOJAN VOIMALAITOKSEN YKSIKÖT	10
4.1	Höyryvoimalaitos So1.....	10
4.2	Kombivoimalaitos So2.....	11
4.3	Leijupolttokattilalaitos So3.....	12
4.4	Lämpöpumppulaitos So4.....	13
4.5	Kaasuturbiinilaitos So6.....	14
4.6	Apukattila So7	14
5	VEDENKULUTUS VOIMALAITOSALUEELLA	15
5.1	Merivesi.....	15
5.2	Vesijohtovesi	15
5.3	Jätevedet.....	16
6	LISÄVEDEN VALMISTUS	17
6.1	Yleisimmät veden laadunvalvontaparametrit.....	17
6.2	Kattilaveden kemikaaliannostelu	18
6.3	Suolanpoistosarjat.....	19
6.4	Meriveden kemiallinen esikäsittely	19
6.5	Hiekka- ja aktiivihilisuodatus.....	20
6.6	Käänteisosmoosi (RO)	20
6.7	Jatkuva sähköinen ioninvaihto (CEDI) ja sekaioninvaihdin (MB).....	21

6.8	Neutralointiallas.....	22
7	KAUKOLÄMPÖ.....	24
7.1	Kaukolämpö Suomessa	24
7.2	Suomenojan kaukolämpöjärjestelmä.....	24
7.2.1	Kaukolämpöverkon kierto- ja lisävesi.....	25
7.2.2	Pehmennys.....	26
8	VEDEN VIRTausMITTAUKSET	27
8.1	Virtaukset	27
8.2	Suomenojalla käytettävät virtausmittarit	27
9	VEDENKULUTUKSEN RAPORTOINNIN TARKASTELU.....	29
9.1	Vedenkulutuksen seuranta.....	29
9.2	Yksiköiden vedenkulutus.....	29
9.2.1	Höyryvoimalaitos So1	30
9.2.2	Kombivoimalaitos So2	30
9.2.3	Leijupolttokattilalaitos So3	32
9.2.4	Kaasuturbiinilaitos So6	34
9.2.5	Apukattila So7.....	35
9.2.6	Rikinpoistolaitos.....	35
9.3	Prosessin lisäveden valmistus	35
9.3.1	Käänteisosmoosi (RO).....	36
9.3.2	Jatkuva sähköinen ioninvaihto (CEDI) ja sekaioninvaihdin (MB)	37
9.3.3	Suolanpoistosarjat	37
9.4	Raakavesiallas	37
9.5	Kaukolämmön lisäveden kulutus.....	38
9.6	Tulokset.....	39
10	YHTEENVETO	41
	LÄHTEET	42
	LIITTEET	44

SANASTO

CEDI (Continuous electrodeionization)

Jatkuva sähköinen ioninvaihto, joka perustuu kalvosuodatukseen ja ionin vaihtoon.

CHP-laitos (Combined Heat and Power)

Yhdistetty lämmön- ja sähköntuotantolaitos.

HSY (Helsingin seudun ympäristöpalvelut)

HSY on kuntayhtymä, joka tuottaa vesihuollon ja jätehuollon palveluja sekä tietoa pääkaupunkiseudusta ja ympäristöstä.

Ioninvaihto

Suurimolekyylinen polymeeriverkosto sitoo liuoksesta poistettavat ionit ja vaihtaa ne toisiksi.

Johtokyky

Sähkönjohtavuus kuvaa veden suolapitoisuutta.

JUP (Jatkuva ulospuhallus)

Kattilan lieriön jatkuva ulospuhalluksen tarkoituksena on poistaa kattilavedestä epäpuhtaudet ja suolat.

Kaukolämmönvaihdin

Johtaa lämpöä lauhteista kaukolämpöveeten.

Lauhde

Prosessissa syntyvä höyry lauhtuu vedeksi, jota voidaan käyttää hyödyksi prosessissa.

Leijukerros poltto

Polttotekniikka, jossa kiinteä polttoaine palaa ilman avulla leijutettavassa petissä.

Lisävesi

Lisävedellä korvataan prosessin vesihöyrykierron lauhde ja ulospuhallus häviöt.

MB (Mixed Bed)

Sekaioninvaihdin, vahva kationi- ja anionimassa sekaisin säiliössä.

MP Intelligence®

Voimalaitoksen toimintaa seuraava digitaalinen työkalu, joka oppii tunnistamaan prosessihäiriöt.

Neutraloituminen

Reaktio, jossa happo ja emäs neutraloivat toisensa ja muodostuu suolaa ja vettä.

Pehmennys

Poistaa kovuussuolat vedestä.

Permeaatti

Käänteisosmoosissa ja ioninvaihdossa syntyvä puhdistettu prosessiin jatkava vesi.

pH-arvo

Aineen happamuutta ilmoittava luku, joka määräytyy liuoksessa olevien oksoniumionien (H_3O^+) pitoisuuden mukaan.

Raakavesi

Raakavesialtaasta otettu vesi, joka on sekoitus vesijohtovettä ja esikäsiteltyä merivettä.

Rejekti

Puhdistuksessa syntyvä suolainen jätevesi.

RO (Reverse Osmosis) Käänteisosmoosi

Kalvosuodatustekniikkaan perustuva paineistettu vastavirtahuhtelu.

Syöttövesi

Kattilan putkistoon syötettävä suolaton vesi.

TOPi-järjestelmä

Energiatiedon hallintajärjestelmän. TOPi-järjestelmä toimii voimalaitoksen reaaliaikaisen seurannan ja optimoinnin työkaluna.

UP-säiliö (Ulospuhallussäiliö)

UP-säiliöt toimivat kuumien lauhteiden keruusäiliönä. Lauhteiden jäähdytys tapahtuu ulospuhallussäiliössä.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Espoossa sijaitsevan Suomenojan voimalaitoksen vesitase. Työn tavoitteena oli luoda toimiva vesitasemalli helpottamaan voimalaitoksen vedenkulutuksen seuranta ja vuosittaista vedenkulutuksen raportointia. Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimi Maintpartner Oy, joka vastaa Fortumin omistaman Suomenojan voimalaitoksen kunnossapidosta ja käytöstä.

Suomessa puhtaan veden tilanne on erityisen hyvä, vettä on paljon ja se on hyvälaatuista, myös puhdistusmenetelmät ovat pitkälle kehittyneitä. Suomessa suurin osa puhtaasta juomakelpoisesta vedestä menee teollisuuden käyttöön. Energiateollisuudessa tulisi pyrkiä minimoimaan puhtaan veden käyttöä ja käyttää vaihtoehtoisesti prosessissa syntyviä vesiä uudelleen niin paljon kuin mahdollista.

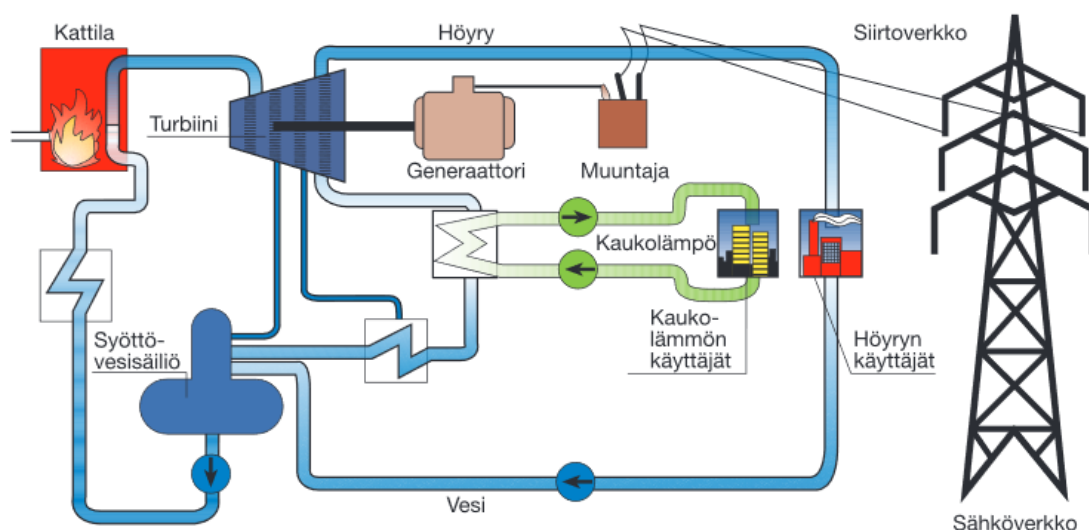
Suomenojan voimalaitoksella on otettu käyttöön prosessin hukkavesiä vesijohtoveden käytön vähentämiseksi. Voimalaitokselta löytyy kuitenkin prosesseja, missä vesijohtoveden kulutus on suurta ja olisi mahdollista käyttää merivettä tai prosessissa syntyviä lauhdevesiä kaupungin vesijohtoveden sijasta. Opinnäytetyön haasteena oli Suomenojan voimalaitoksen suuri koko ja laitoksen sisäisen putkistoverkon laajentuminen vuosien saatossa.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käydään läpi Suomenojan voimalaitoksen prosessin toimintaa, prosessiveden käsittelyä ja virtausmittausten toimintaa. Teoriaosuus pohjautuu kirjallisuuslähteisiin, verkkolähteisiin sekä käyttö- ja asiantuntijahenkilökunnan haastatteluihin. Tutkinnallisessa osuudessa tarkasteltiin voimalaitoksen vedenkulutusta TOPi-raportointiohjelmistosta. Raportoinnin tarkastelun tuloksena saatiin selville vesitaseen aukkohdat ja esitettiin ehdotuksia niiden ratkaisemiseksi.

2 SUOMENOJAN VOIMALAITOS

Essoossa Suomenlahden rannalla sijaitseva Suomenojan voimalaitos on otettu käyttöön vuonna 1977. Laitos tuottaa kaukolämpöä Espoon, Kirkkonummen ja Kauniaisten alueelle ja sähköä valtakunnan verkkoon. Voimalaitoksen sähköteho on 350 MW ja kaukolämpöteho 600 MW. Suomenojan voimalaitos on laajentunut vuosien saatossa ja nykyisin se koostuu kuudesta yksiköstä (liite 1). Kaksi yksiköstä käyttää polttoaineenaan kivihiiltä ja kolme maakaasua. Uusimmassa lämpöpumppulaitoksessa hyödynnetään HSY:n Suomenojan jätevedenpuhdistamon puhdistetun jäteveden lämpöä kaukolämmön tuotannossa. Voimalaitosalueella sijaitsee myös 800 MWh kaukolämpöakku, mikä parantaa laitoksen energiatehokkuutta ja toimitusvarmuutta. (Fortum 2018c.)

Suomenojalla otettiin vuonna 2009 käyttöön yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotantolaitos. Yhdistetty lämmön- ja sähkötuotanto (kuvio 1) on tehokkain energiantuotantomuoto, sillä saadaan kokonaishyötysuhteeksi tuotantoprosessista 90 %. Kokonaishyötysuhteen lisäksi saadaan yhteistuotannolla ympäristövaikutuksia pienennettyä kolmanneksella. Suomessa 80 % kaukolämmöstä ja kolmannes sähköstä tuotetaan yhteistuotannolla, mikä on enemmän kuin missään muualla maailmassa. Lämmön ja sähkön yhteistuotannolla on keskeinen rooli kasvihuonekaasun ja ympäristökuormituksen vähentämisessä. Yhteistuotannossa polttoaineen energiasta saadaan hyödynnettyä lämpönä se osa, mitä ei pystytä hyödyntämään sähköntuotannossa. Yhteistuotantolaitoksen käyttö mitoitetaan yleensä kaukolämmön tarpeen mukaan. (Energiateollisuus 2006, 27.)



Kuvio 1. Sähkön- ja lämmön yhteistuotannon toimintaperiaate (Energiamailma 2018)

3 SUOMENOJAN VOIMALAITOKSEN PROSESSI

3.1 Kattiloiden toiminta

Kattila on keskeisin osa voimalaitoksen hyötysuhteen ja päästöjen syntymisen kannalta. Kattilan rakenne riippuu paljolti siinä poltettavasta polttoaineesta. Kiinteät polttoaineet vaativat suuremman tulipesäkoon pidemmän polttoaikansa takia, kuin neste- ja kaasumaiset polttoaineet. Voimalaitoksissa käytettävät vesiputkikattilat voidaan jakaa luonnonkiertokattiloihin, pakkokiertokattiloihin ja läpivirtauskattiloihin vesikiertonsa mukaan. Luonnonkiertokattiloissa ei käytetä erillisiä pakkokiertopumppuja, vaan virtaus perustuu tiheyseroihin kylläisen veden ja vesi-höyryseoksen välillä. Suomenojalla on käytössä luonnonkiertokattila yksiköissä So1, So2 ja So7 sekä pakkokiertokattila yksikössä So3. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2011, 38.)

Oikeanlainen syöttövesi on tärkeä elementti kattilan toiminnan kannalta. Pumpuilla paineistettu syöttövesi syötetään kattilan putkistoon, jossa vesi lämpenee ja höyrystyy palamisessa vapautuneen lämpöenergian avulla. Lieriössä höyry erottuu vedestä, kaiken veden höyrystyttyä pois johdetaan kylläinen höyry tulistimille. Höyrystimestä tulevan kylläisen höyryn lämpötila nostetaan tulistimessa haluttuihin lukemiin. Höyryn paine laskee tulistimessa virtaushäviöiden vaikutuksesta. Usein tulistimen rakenne on monivaiheinen, jotta saataisiin aikaan mahdollisimman tasainen tulistus. Kolmivaiheisen tulistuksen ensimmäinen vaihe on primääritulistin, toinen vaihe sekundääritulistin ja kolmas vaihe tertiääritulistin. Tulistettu höyry ohjataan turbiiniin, jossa se muuttuu turbiinia pyörittäväksi mekaaniseksi energiaksi. (Joroinen, Majanne & Kovács 2007, 32 - 33.)

3.2 Höyry- ja kaasuturbiini

Höyryturbiinin toimintaperiaate perustuu turbiinin pyörittämiseen paisuvan höyryvirtauksen avulla. Kattilan lieriöstä tuleva tulistettu korkeapaineinen höyry paisuu alempaan paineeseen kulkiessaan turbiinin peräkkäisten siipivyöhykkeiden läpi. Turbiinin pyörimisestä syntynyt mekaaninen energia muutetaan edelleen sähköenergiaksi turbiinin roottoriin kytkeytyllä generaattorilla. Turbiini ja generaattori yhdessä määrittävät tuotetun sähkötehon laajuuden. (Joroinen ym. 2007,50, 65.)

Kaasuturbiinivoimalaitos on suosittu vara- ja huippuvoiman tuotannossa nopean käynnistettävyytensä ja vähällä miehityksellä toimivuutensa vuoksi. Kaasuturbiinissa on samalle akselille kytketty kompressorin ja turbiini. Kompressorilla ilma ahdetaan polttokammioon,

jossa kaasumaisessa tai nestemäisessä muodossa olevaa polttoainetta poltetaan. Polttokammiossa kaasun tilavuusvirta nousee moninkertaiseksi. Mitä korkeampaa lämpötilaa käytetään, sitä suurempi teho saadaan turbiinin paisunnasta. (Huhtinen ym. 2011, 205.)

3.3 Lisävesi- ja syöttövesijärjestelmä

Lisävesijärjestelmä toimittaa voimalaitoksen eri kohteisiin prosessin tarvitsemaa suolattonta lisävettä. Lisävesijärjestelmä koostuu pumpuista, vanhasta lisävesisäiliöstä (500 m³) ja uudesta lisävesisäiliöstä (200 m³), jotka on yhdistetty toisiinsa yhdyslinjalla. Lisäksi järjestelmään kuuluu kaksi 200 m³:n säiliötä, joita voidaan tarvittaessa käyttää. Lisävettä tehdään vesijohtovedestä suolanpoistosarjoilla ja merivedestä RO-, CEDI- ja MB-menetelmillä. Lisäveden kulutuksen ollessa suurta voidaan lisävettä tehdä molemmilla tavoilla. Lisävettä käytetään syöttöveden lisäksi täyttövetenä eri kohteissa. (Pöyry 2018c, 1 - 5.)

Syöttövesijärjestelmällä tarkoitetaan syöttövesipumpun, syöttövesisäiliön ja putkistojen muodostamaa kokonaisuutta. Syöttövesisäiliö toimii kattilaan johdettavan veden varajana. Syöttövetä lämmitetään matalapainehöyryllä, normaali lämpötila syöttövesisäiliössä on 110 - 150 °C riippuen kuormasta. Syöttövesisäiliöön kuuluu aina kaasunpoistin, jonka avulla poistetaan termisesti syöttövedestä korroosiota aiheuttavia kaasuja. Syöttövesisäiliöön johdetaan lisäveden lisäksi myös turbiinin ja kaukolämmönvaihtimien puhtaita lauhteita. Esilämmittimessä ja savukaasuesilämmittimessä eli ekonomaiserissa syöttövesi lämmitetään turbiinin väliottohöyryllä lähelle höyrystimen lämpötilaa, joka vaihtelee 150 ja 250 °C:n välillä riippuen kattilan tyypistä. (Huhtinen ym. 2011, 23; Pöyry 2018d, 1 - 2.)

3.3.1 Vesitykset

Vesitys- ja tyhjennysjärjestelmän tehtävänä on poistaa käynnistyksissä ja käytön aikana höyrystä muodostuneet kondenssivedet höyryputkistosta kokoojatukin kautta ulospuhallussäiliöön. Vesitykset tulee mitoittaa koko putken kokoiseksi, jotta ne toimivat oikein ja poistava koko lauhteen. (Huhtinen 2011, 83 - 84.)

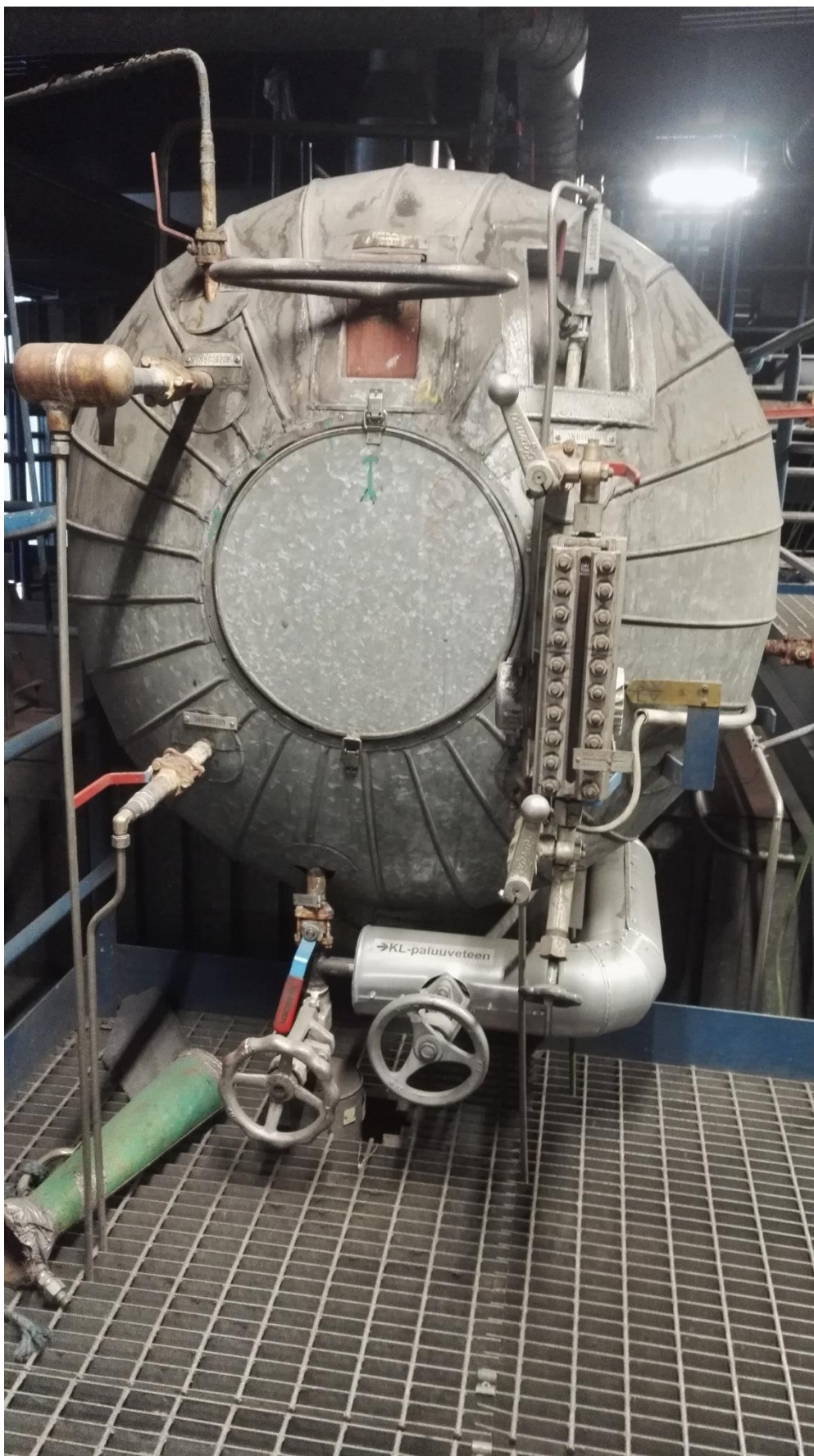
3.3.2 Lauhde- ja ulospuhallusjärjestelmä

Yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa höyryn lauhdutus tapahtuu kaukolämmönvaihtimilla. Lauhdepumppu pumpkaa kertyneen lauhteen kaukolämmönvaihtimilta syöttövesisäiliöön. Lauhde suodatetaan patruunasuodattimella, joka poistaa mekaaniset epäpuhtaudet ennen syöttövesisäiliöön johtamista. (Joroinen ym. 2007, 42; Huhtinen ym.

2011, 22 - 23.) Suomenojalla kaukolämmön lauhdejärjestelmä koostuu lämmönvaihtimista, lauhdepumpuista ja patruunasuodattimista. Lauhdejärjestelmä on suunniteltu siten, että lähes kaikki lauhdeet voidaan palauttaa vesi-höyrykiertoon. (Pöyry 2018d, 1 - 5.)

Kattilan lieriön tehtävä on erottaa höyry ja vesi toisistaan. Hieman lieriön normaalipinnan alapuolella sijaitsee jatkuvan ulospuhalluksen putki. Putken kautta lieriöstä puhalletaan ulos kattilavettä ja samalla poistetaan vesikierrosta sinne jääneet epäpuhtaudet ja suolat puhaltamalla pieni määrä kattilavettä jatkuvan ulospuhalluksen säiliöön. Tapahtumaa kutsutaan jatkuvaksi ulospuhallukseksi (JUP). Osa ulospuhallusvedestä höyrystyy paisunta-höyryksi, joka johdetaan syöttövesisäiliöön lämmittämään syöttövettä. Ulospuhallusvesien talteenottojärjestelmän tarkoituksena on kerätä kattiloiden jatkuvan ulospuhalluksen lauhdeet käytettäväksi ensisijaisesti kaukolämpöverkon lisävetenä. Järjestelmän tehtävänä on säästää laitoksella käytettävän vesijohtoveden määrää.

Kattiloiden So1 ja So7 ulospuhallusvedet pumpataan So1-ulospuhallussäiliöön, josta ne johdetaan kaukolämmön lisävedeksi pehmenyysuodattimen 2 ollessa käytössä. Kun So1-ulospuhallussäiliön jäähditys tapahtuu merivedellä, ei lauhdetta voida ottaa talteen veden laadun huonontumisen vuoksi. Yksiköiden So1 ja So2 kattiloiden jatkuvan ulospuhalluksen lauhdetta voidaan johtaa suoraan kaukolämmön kaasunpoistimeen lisävedeksi. Jos yksikön So2 kattilan jatkuvaa ulospuhallusta ei käytetä kaukolämmön lisävetenä, se johdetaan ulospuhallussäiliöön. Yksikön So2-ulospuhallussäiliön jäähditys tapahtuu aina merivedellä, jonka jälkeen lauhde johdetaan mereen. Yksikön So3 kattilan lieriön (kuva 1) jatkuvan ulospuhalluksen vedet johdetaan suoraan kaukolämmön paluuveteen tai vesijohdovedellä jäähdytettävän ulospuhallussäiliön kautta kuumien vesien keräilyaltaaseen ja sieltä mereen. (Pöyry 2018b, 1 - 5.)



Kuva 1. Yksikön So3 kattilan lieriö

3.4 Prosessin jäähdytys

Voimalaitosprosessissa on useita kohteita, jotka tarvitsevat jäähdytystä. Suomenojalla prosessin jäähdytykseen käytetään vesijohtovettä tai suoraan välpältä otettua merivettä. Jäähdytys tapahtuu suljetussa jäähdytyspiirissä tai avoimessa jäähdytyspiirissä. Avoimessa piirissä jäähdytysaine on suoraan kosketuksissa jäähdytettävän kohteen kanssa. Suljetussa piirissä jäähdytysaine kulkee putkia pitkin, eikä ole kosketuksissa kohteen kanssa. Kun avoimessa piirissä jäähdytetään merivedellä, heikkenee vedenlaatu niin, ettei sitä voida enää hyödyntää prosessissa. Vesijohtovedellä jäähdytettäessä vedenlaatu pysyy niin hyvänä, että sitä pystytään hyödyntämään uudelleen prosessissa. Prosessista lähtevät jäähdytysvedet johdetaan jäähdytysvesien poistoputkea pitkin mereen. (Huhtinen ym. 2011, 45.)

3.5 Polttoaineet

Polttoaineet voidaan luokitella uusiutuviksi biopolttoaineiksi ja uusiutumattomiksi fossiiliseksi polttoaineiksi. Suomenojan voimalaitoksella käytetään energiantuotannossa fossiilisia polttoaineita kivihiiltä ja maakaasua. Fossiilisten polttoaineiden poltto aiheuttaa ilmakehään savukaasupäästöjä, jotka sisältävät hiilidioksidia (CO₂), rikkidioksidia (SO₂) ja typenoksideja (NO_x). Päästöjä voidaan hallita puhdistuksella ja oikeanlaisella polttotekniikalla. (Energiamailma 2018.) Liitteessä 2 on kuvattu yksiköiden käyttämät polttoaineet ja polttoainetehot sekä muita perustietoja.

3.5.1 Kivihiili

Kivihiili on ensimmäinen fossiilinen polttoaine, jota ihminen on hyödyntänyt. Kivihiili löydettiin 1600-luvulla ja on toiminut ensimmäisen höyrykoneen energianlähteenä. Hiili on syntynyt miljoonia vuosia sitten maankuoreen puristuksiin jääneestä turpeesta, nykyään hiiltä louhitaan kaivoksista ja avolouhoksista. Kivihiili on hinnaltaan edullista ja, se tuottaa sähköä enemmän kuin mikään muu energianlähde. Suurimmat hiilivarannot sijaitsevat Yhdysvalloissa, Venäjällä ja Kiinassa. Kivihiilen varannot ovat muihin polttoaineisiin verrattuna suuret ja, niiden on nykyisellä käytöllä arvioitu kestävän noin 150 vuotta. Koko maailmassa poltetaan nykyisin noin 8 miljardia tonnia hiiltä vuodessa ja valtaosa energiatuotannon kasvusta perustuu hiilivoimalaitosten rakentamiseen. (VTT 2012, 67; Energiamailma 2018.)

Kivihiilen poltto aiheuttaa ilmakehään hiilidioksidipäästöjä (CO₂) rikkidioksidipäästöjä (SO₂), hiilidioksidi on merkittävin ilmastonmuutosta nopeuttava kasvihuonekaasu. Pääs-

töjä saadaan pienennettyä erilaisilla polttotekniikoilla ja puhdistusmenetelmillä. Länsimaissa hiilivoimalat ovatkin jo ympäristöystävällisempiä, mutta muualla maailmassa kehitys tulee jälkijunassa ja hiilen poltto tuottaa edelleen paljon haitallisia päästöjä. (Energiamailma 2018.)

Suomenojalla kivihiiltä on poltettu vuodesta 1977 asti. Käytettävä kivihiili kuljetetaan laitokselle Inkoosta. Hiili puretaan suoraan kuljettimelle, jota pitkin se kulkee murskaamoon ja siitä edelleen yksiköiden So1 ja So3 kattiloihin poltettavaksi. Kesäkuussa 2017 Fortum ja Espoon kaupunki tekivät kestävän kehityksen yhteiskuntasitoumuksen, jossa sitoutuivat kehittämään Espoon kaukolämmöstä hiilineutraalia vuoteen 2030 mennessä. Tämä tarkoittaa sitä, että hiilen poltto Suomenojalla loppuu vuoteen 2030 mennessä. Suomenojan voimalaitostoimintaa jatketaan maakaasulla ja mahdollisesti biopolttoaineilla. (Fortum 2017b.)

3.5.2 Maakaasu

Maakaasu on ilmaa kevyempi luonnonkaasu, joka koostuu lähes kokonaan metaanista (CH_4). Koostumus kuitenkin vaihtelee esiintymän mukaan, huonoimmillaan metaania voi olla vain 80 %, jolloin loput kaasusta on palamatonta tyyppiä (N_2) ja hiilidioksidia (CO_2). Puhdistetun maakaasun lämpöarvo on korkea 50 MJ/kg. Maakaasu ei sisällä lainkaan raskasmetalleja ja, sen poltto tuottaa lähes puolet vähemmän hiilidioksidia kuin hiilen poltto. Isoimmat maakaasuvarat sijaitsevat Venäjällä, Iranissa ja Qatarissa. Maakaasua tuotetaan poraamalla maankuoresta. Usein esiintymät sijaitsevat samoissa paikoissa kuin hiili- ja öljyesiintymätkin. Maankuoresta voi löytyä metaania vielä suuria määriä esimerkiksi valtamerten pohjakerroksista ja arktisilta alueilta, mutta sijaintinsa ja levittyneisyytensä vuoksi niitä voi olla vaikea hyödyntää. (Huhtinen ym. 2011,183; VTT 2012, 32 - 35.)

Maakaasua voidaan kuljettaa putkistoa pitkin tai nesteytettynä, sen kuljettaminen on kuitenkin kallista verrattuna energiasisältöön. Suomella ei ole omia maakaasuvarantoja. Suomenojalla käytettävä maakaasu tuodaan Venäjältä Gasum Oy:n ylläpitämää siirtoputkistoa pitkin. (Energiamailma 2018, 269; Gasum 2018.)

3.6 Rikinpoistolaitos

Vuonna 1989 käyttöönotetussa rikinpoistolaitoksessa puhdistetaan yksikön So1 savukaasuja. Rikkiä poistetaan puolikuivalla menetelmällä ja sähkösuodattimilla. Sähkösuodattimet poistavat savukaasuista pienhiukkasia korkeaa jännitettä käyttäen, sähkösuodattimilta savukaasupuhallin johtaa savukaasut rikinpoistolaitokseen. Prosessissa käytetään sammuttamatonta kalkkia, joka jalostetaan käytettäväksi lietteeksi veden avulla. Savukaasut

johdetaan reaktoriin, jossa sumutetaan kalkkilietettä pieninä pisaroina savukaasun joukkoon. Lietteen ja kuumien savukaasujen kohdatessa happamat rikkihiukkaset sitoutuvat kalkkipölyyn. Kalkkipöly siirtyy savukaasujen mukana sähkösuodattimille, jossa se erotellaan savukaasuista mekaanisesti suodattamalla. Puolikuivalla rikinpoistomenetelmällä savukaasujen SO₂-pitoisuus on puhdistuksen jälkeen 600 - 750 mg/m³. (Fortum 2017a, 41.)

4 SUOMENOJAN VOIMALAITOKSEN YKSIKÖT

4.1 Höyryvoimalaitos So1

Suomenojan vanhin yksikkö koostuu höyrykattilasta ja höyryturbiinista (taulukko 1). Yksikkö on käytössä koko ajokauden ja täydellä teholla sitä pyritään ajamaan huhtikuusta lokakuuhun. Luonnonkiertoisessa kattilassa käytetään polttoaineena kivihiltä ja polttomuotona pölypolttoa. Pölypoltossa kiinteä aine sekoitetaan polttimien kautta tulipesään, jossa se palaa muutamassa sekunnissa useilla kattilan nurkkiin sijoitetuilla polttimilla. Nopea polttotapa mahdollistaa suurten lämpötehojen tuomisen tulipesään. Yksikön kattilassa käytetään vaiheistettua palamisilman syöttöä ja Low-NO_x-polttimia vähentämään typenoksidien päästöjä (NO_x). Lisäksi savukaasuja puhdistetaan rikinpoistolaitoksella puolikuivalla menetelmällä ja sähkösuodattimilla. (Fortum 2015, 5.) Kattilasta höyry johdetaan höyryturbiinille, joka pyörittää sähköä tuottavaa generaattoria (kuva 2).

Taulukko 1. Yksikön So1 tietoja (mukailtu Fortum 2017a, 18 - 21)

Yksikkö	Käyttöön- otto	Polttoaine	Polttoaine- teho MW	Sähkö- teho MW	Kaukoläm- pöteho MW
Höyryvoimalaitos So1	1977	Kivihili	256	80	160



Kuva 2. Yksikön So1 Turbiini ja generaattori

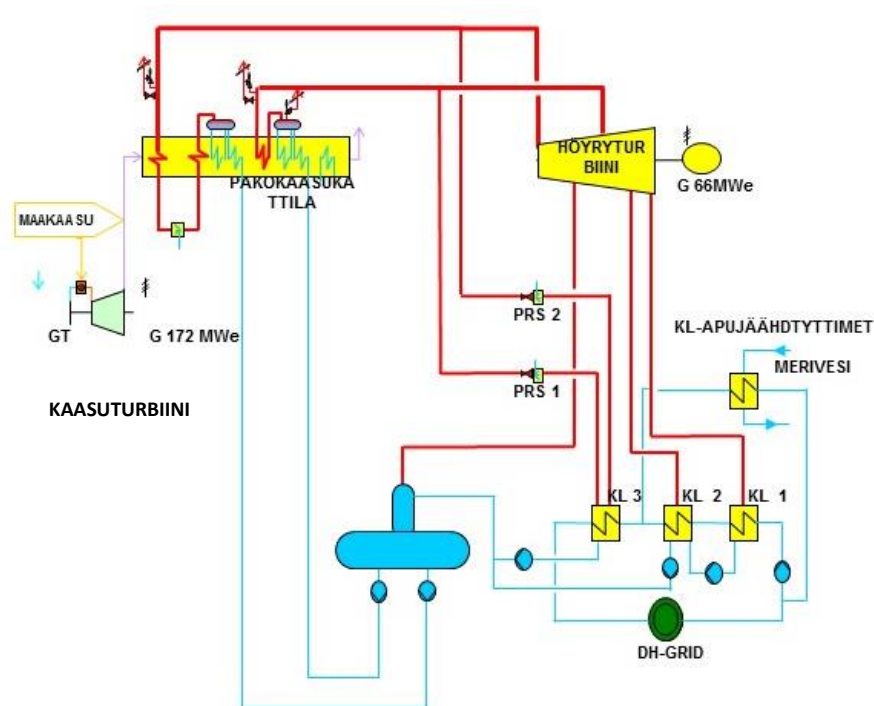
4.2 Kombivoimalaitos So2

Suomenojan uusi yksikkö So2 koostuu kaasuturbiinista, savukaasujen lämmöntalteenottokattilasta ja höyryturbiinista (taulukko 2). Yksikkö on käytössä tyypillisesti marraskuusta huhtikuuhun, kun yksikön So1 teho ei riitä tuottamaan riittävästi kaukolämpöä. Polttoaineena toimiva maakaasu syötetään kaasuturbiinin polttoainekammioihin, joissa se palaa paineistetulla ilmalla. Yksikön kaasuturbiinissa on käytössä premix-polttimet, jotka sekoittavat maakaasun ja palamisilman ennen polttoa typenoksidi päästöjen (NO_x) vähentämiseksi. Kuumat savukaasut pyörittävät paisuessaan kaasuturbiinia, joka pyörittää kompressoria ja sähköä tuottavaa generaattoria. (Fortum 2017a,17.)

Turbiinille höyryä tuottavassa pakokaasukattilassa eli lämmöntalteenottokattilassa käytetään kahta painetasoa, jolloin saadaan korkeampi kokonaishyötysuhde kombiprosessista. Lämmöntalteenottokattilan savukaasut höyrystyttävät syöttövettä, joka pyörittää höyryturbiinia ja samalle akselille liitettyä generaattoria (kuvio 2). Höyryturbiinin höyryä johdetaan kaukolämmönvaihtimille kaukolämpöveden lämmittämiseen. (Fortum 2015, 6.)

Taulukko 2. Yksikön So2 tietoja (mukailtu Fortum 2017a, 18 - 21)

Yksikkö	Käyttöön- otto	Polttoaine	Polttoaine- teho MW	Sähkö- teho MW	Kaukoläm- pöteho MW
Kombivoimalaitos So2	2009	Maakaasu	498	234	214



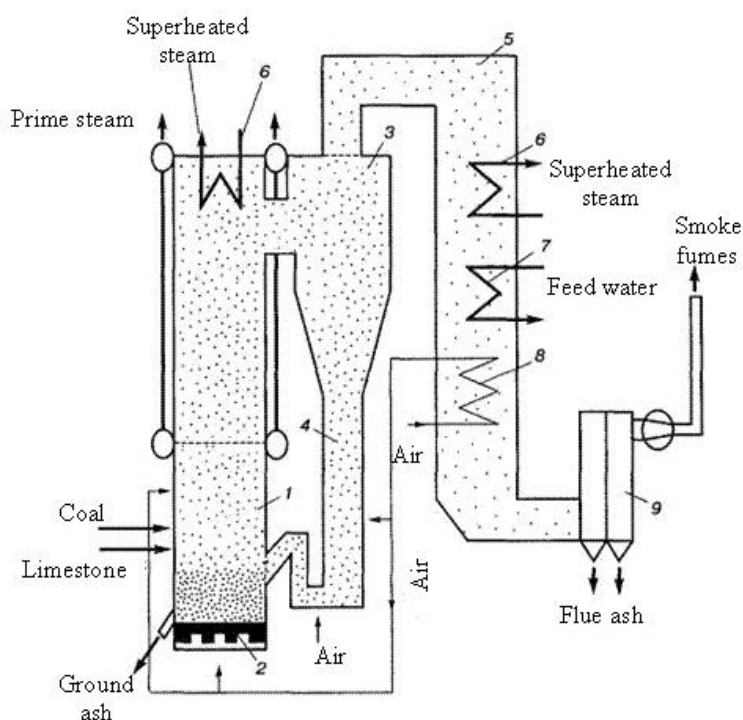
Kuvio 2. Kombivoimalaitoksen So2 prosessikaavio (Fortum 2015)

4.3 Leijupolttokattilalaitos So3

Yksikön So3 kiertoleijukattila tuottaa kaukolämpöä (taulukko 3). Leijutustekniikka mahdollistaa usean polttoaineen polton samanaikaisesti ja sen päästöt ovat pienet verrattuna muihin tekniikoihin. Kiertoleijukattilassa (kuvio 3) hieno hiekka leijutetaan alaspäin puhallettavalla ilmalla käyttäen suurta leijutusnopeutta. Polttoaine palaa leijutettavan hiekan seassa. Tulipesästä puhalluksen mukana poistuneet hiekka ja tuhka erotetaan syklonilla ja palautetaan takaisin tulipesään. Kattilan rikkidioksidipäästöt saadaan pidettyä kurissa käyttämällä alhaisempaa palamislämpötilaa, sekä syöttämällä kalkkikivijauhetta tulipesään. Kattila lämmittää kaukolämpövettä lämmönvaihtimella. Lämmönvaihdin on kytketty sarjaan höyryvoimalaitoksen So1 lämmönvaihtimien kanssa niin, että höyryturbiinilla voidaan tuottaa enemmän sähköä. (Huhtinen ym. 2011, 97 - 98; Fortum 2015, 5.)

Taulukko 3. Yksikön So3 tietoja (mukailtu Fortum 2017a, 18 - 21)

Yksikkö	Käyttöön- otto	Polttoaine	Polttoaine- teho MW	Sähkö- teho MW	Kaukoläm- pöteho MW
Leijupolttokattilalaitos So3	1986	Kivihiili ja maakaasu	89	0	80



1 - water-cooled furnace; 2 - grating of boiling bed; 3 - cyclone; 4 - highway recirculation of ashes; 5 - convection mine; 6 - superheater; 7 - economizer; 8 - air heater; 9 - electric precipitator

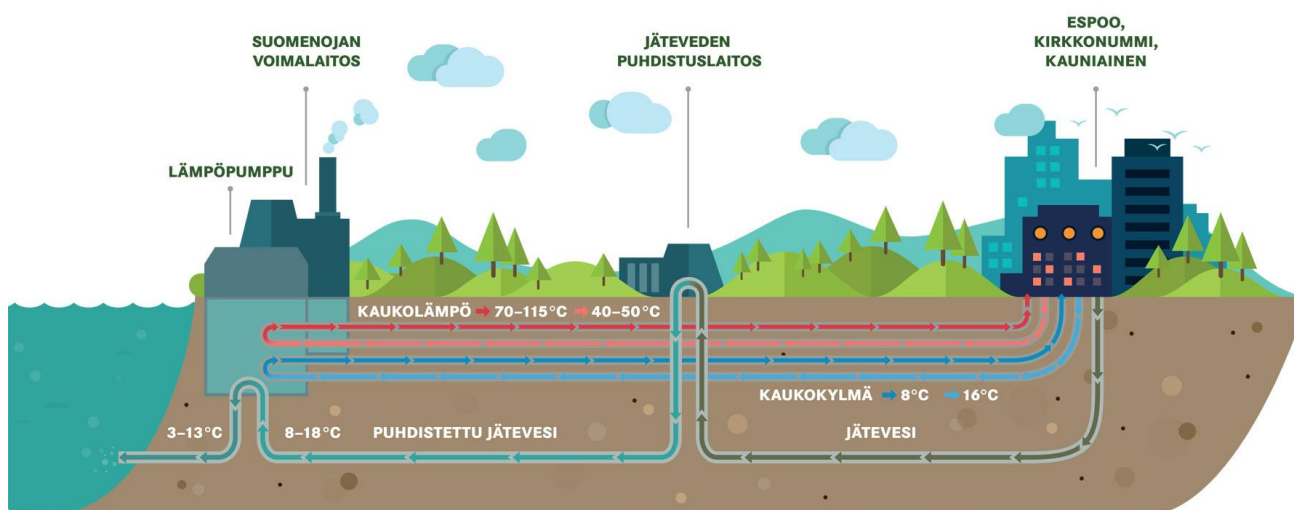
Kuvio 3. Kiertoleijukattila (Belyalov 2018)

4.4 Lämpöpumppulaitos So4

Tammikuussa 2015 käyttöön otetussa lämpöpumppulaitoksessa So4 pumpataan lämpö talteen Espoon, Kauniaisten, Kirkkonummen ja Vantaan länsiosista tulevasta puhdistetuista jätevesistä (taulukko 4). Suomenojan jätevedenpuhdistamo toimittaa puhdistetun jäteveden voimalaitokseen, missä vedestä otetaan lämpö talteen ja viilentynyt vesi toimitetaan takaisin Suomenojan jätevedenpuhdistamolle ja sieltä edelleen mereen (kuvio 4). Lämpöä voidaan ottaa talteen myös voimalaitoksen omasta lämmenteestä jäädytysmerivedestä. Lämpöpumppulaitoksella on kaksi 20 MW:n lämpöpumppua, joiden läpi virtaa sekunnissa jopa 1,5 m³ puhdistettua jätevettä. Laitoksen vuosituotanto on 300 GWh, mikä vastaa 15 % Espoon kaukolämmön tuotannosta. Hukkalämmön talteenotto on pienentänyt voimalaitoksen hiilidioksidipäästöjä ja kaukolämmön tuotantokustannuksia. Viileämpi mereen laskettu vesi pienentää vedenpuhdistuksen ympäristövaikutuksia huomattavasti. (Fortum 2018b.)

Taulukko 4. Lämpöpumppulaitoksen tietoja (mukailtu Fortum 2017a, 18 - 21)

Yksikkö	Käyttöön- otto	Polttoaine	Polttoaine- teho MW	Sähkö- teho MW	Kaukoläm- pöteho MW
Lämpöpumppu- laitos So4	2015	Jätevesien lämpö	0	0	45



Kuvio 4. Lämpöpumppulaitoksen toimintaperiaate (Fortum 2018b)

4.5 Kaasuturbiinilaitos So6

Kaasuturbiinilaitos So6 koostuu kaasuturbiinista ja lisäpoltolla varustetusta savukaasujen talteenottokattilasta (taulukko 5). Savukaasut johdetaan kattilaan, joka lämmittää lämmönvaihtimilla kaukolämpövedä. Yksikön So6 typenoksidipäästöjä (NO_x) vähennetään höyryinjektiolla. (Fortum 2015, 5.)

Taulukko 5. Yksikön So6 tietoja (mukailtu Fortum 2017a, 18 - 21)

Yksikkö	Käyttöön-otto	Polttoaine	Polttoaine-teho MW	Sähkö-teho MW	Kaukoläm-pöteho MW
Kaasuturbiini laitos So6	1989	Maakaasu	132 Lisäpoltto 35	45	75

4.6 Apukattila So7

Apukattila So7 (taulukko 6) tuottaa maakaasulla kaukolämpöä sekä apuhöyryä höyryvoimalaitoksen So1 käynnistykseen ja injektiohöyryä kaasuturbiinin So6 typenoksidipäästöjen (NO_x) alentamiseen, kun höyryvoimalaitos So1 ei ole käynnissä. Apukattila on käytössä pääsääntöisesti pääkattilan käynnistyksissä, seisokkiaikana ja tuotantohuippujen aikana. (Fortum 2015, 5.)

Taulukko 6. Yksikön So7 tietoja (mukailtu Fortum 2017a, 18 - 21)

Yksikkö	Käyttöön-otto	Polttoaine	Polttoaine-teho MW	Sähkö-teho MW	Kaukoläm-pöteho MW
Apukattila So7	1977	Maakaasu	18	0	17

5 VEDENKULUTUS VOIMALAITOSALUEELLA

5.1 Merivesi

Suomenojalla merivettä käytetään jäähdytykseen prosessin eri kohteissa sekä prosessin lisävetenä vedenkäsittelyn jälkeen. Suurin osa sähköntuotannossa syntyvästä lämpöenergiasta käytetään kaukolämpöveden lämmittämiseen. Jos kaukolämmön tarve on pienempi kuin laitoksella syntyvä lämpö, voidaan käyttää merivettä apuna jäähdytyksessä. Apujäähdytys mahdollistaa sähkön tuoton turbiinin maksimitehoa vastaavasti. Tämä kuitenkin vaatii sen, että tuotettu sähkö on hinnaltaan kilpailukykyistä. Suomenojalla merivettä voidaan ottaa voimalaitosprosessin jäähdytykseen 4 m³/s, mikä on poikkeuksellisen paljon. Tavallisesti prosessin jäähdytykseen riittää 0,5 m³/s. (Huhtinen ym. 2011, 56; Fortum 2017a, 25 - 27)

Merivesi pumpataan voimalaitokselle väljän ja ketjukorisuodattimen kautta, jotka poistavat vedestä suurimmat karkeat epäpuhtaudet. Suomenojalla merivesiputkien materiaalina toimii aina korroosion kestävä Duplex-teräs, lasikuitu tai PVC-muovi. Laitokselle pumpattavan meriveden lämpötilaa mitataan jatkuvatoimisesti, kuten myös laitokselta poistotunneliin lähtevän meriveden pH-arvoa ja lämpötilaa. (Fortum 2017a, 54.) Väljältä otettua merivettä esikäsitellään kemiallisesti ennen johtamista hiekka- ja aktiivihillisuotimille. Suotimilta vesi kulkee käänteisosmoosin ja ioninvaihtimien kautta prosessiin.

Jäähdytysvesi johdetaan putkea pitkin Suomenojan jätevedenpuhdistamon poistovesitunneliin. Poistoputken pää sijaitsee merellä ulkosaaristossa 7,5 kilometrin päässä ja noin 15 metrin syvyydessä Gåsgrundetin eteläpuolella. Espoon edustan merialue kuuluu Suomenlahden pohjoisrannikon saaristovyöhykkeeseen. Espoon edustan merialueen kunto on luokiteltu tyydyttäväksi. Jäähdytysvesien ja jätevesien johtamisella mereen on ollut merivettä paikallisesti lämmittävä ja sameuttava vaikutus. Mereen johdettava vesi saa erota meriveden lämpötilasta enintään 16 °C kuukausittaisena keskiarvona. Tarkkailupisteen mittauksissa on havaittu pientä typpipitoisuuden nousua. Meriveden lämpötilan on laskennallisesti arvioitu nousevan 0,01 - 0,03 °C alueella, joka ulottuu purkupaikalta noin viisi kilometriä lounaaseen ja kolmen kilometriä pohjoiseen. (Fortum 2015, 31; Fortum 2017, 43.)

5.2 Vesijohtovesi

Suomenojan voimalaitoksella käytettiin Espoon kaupungin vesijohtovettä vuonna 2017 kokonaisuudessaan 240 896 m³. Vesijohtovettä käytetään prosessin jäähdytysvetenä, prosessin pesuvedenä vuosihuollon aikana ja siitä valmistetaan prosessin ja kaukolämmön

lisävettä. Vesijohtovettä käytetään myös voimalaitosalueen saniteettitiloissa, huoltorakennuksissa ja keittiöissä. Vesijohtoveden kulutusta pyritään vähentämään tekniikoilla, joilla saadaan prosessin hukkavesien ja meriveden täysi kapasiteetti käyttöön.

5.3 Jätevedet

Jätevesiä Suomenojalla syntyy prosessiveden valmistuksesta, putkien vuoto- ja tyhjennysvesistä, lauhteiden puhdistuksesta, saniteettivesistä, laitoksen pesu- ja huuhteluvessistä ja sadevesistä. Jätevedet johdetaan niiden laadusta riippuen joko jäähdytysvesiputkeen, sadevesikaivoon, jätevesiviemäriin tai kerätään erillisiin säiliöihin ja toimitetaan asianmukaiseen loppusijoituspaikkaan. Jätevesiviemäriin johdettavien vesien laatua ja määrää tarkkaillaan teollisuusjätevesisopimuksen mukaisesti ja tiedot raportoidaan Suomenojan jätevedenpuhdistamolle. Käsittelyä vaativia jätevesiä syntyy lähes ainoastaan joka kesäisen seisokin aikana, kun prosessia pestään huollon ja paremman toimivuuden mahdollistamiseksi. Sadevesiviemäröinnin kautta alueelta poistuu jäte- ja hulevesiä mereen. Kohteet, joissa aiheutuu riski öljyn kulkeutumiselle mereen, on varusteltu öljynerottimilla. Mineraaliöljypitoisuutta seurataan kesäisin keräämällä kokoomanäytteet kaikista kohteista, joihin voi kohdistua mineraaliöljykuormitusta. (Fortum 2015, 31 - 32.)

6 LISÄVEDEN VALMISTUS

6.1 Vedenkäsittelyn tavoite ja yleisimmät laadunvalvontaparametrit

Vesi on tärkeä elementti voimalaitoksen toiminnassa, oikeanlainen vesi mahdollistaa komponenttien pitkän käyttöiän ja luotettavan toiminnan. Vedenkäsittelyn tavoitteena on poistaa vedestä suolat ja kaasut, jotka aiheuttavat kattiloiden, turbiinin siivistöjen ja putkien pinnoille kerrostumia ja korroosioita. Vedenkäsittely koostuu lisäveden valmistuksesta, lauhteen puhdistuksesta, termisestä kaasunpoistosta, kemikaalien jälkiannostelusta ja kattilan ulospuhalluksesta. Vesi käsitellään aina käyttökohteen mukaan, kaukolämmön lisäveden laatuvaatimukset ovat alhaisemmat kuin kattiloiden syöttöveden laatuvaatimukset. Syöttöveden vaatimukseen vaikuttavat esimerkiksi kattilan tyyppi ja käyttötapa. Veden laatua seurataan tarkasti jatkuvatoimisilla mittauksilla. Kattilavesi virtaa automaattisesti voimalaitoksen näytekokeskukseen analysoitavaksi. (Huhtinen ym. 2011, 40.) Ohjearvojen ylittäminen tai alittaminen on usein merkki puutteellisesta vedenkäsittelystä tai prosessivuodosta.

Johtokyky mittaus on voimalaitoksen yleisin ja edullisin tapa valvoa vedenlaatua. Johtokyky kuvaa veden suolapitoisuutta. Kun veden johtokyky on $\mu\text{S}/\text{cm}$, vastaa se suolapitoisuutta 1 mg/kg. Puhtaanveden johtokyky on yleisesti 0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Kaikki epäpuhtaudet, suolat ja kemikaalien jälkiannostelu nostavat vedenjohtokykyä. Myös veden lämpötila nostaa johtokykyä, minkä vuoksi johtokyky yleensä mitataan lämpötilassa +25 °C. (Sonninen 2018, 7.)

Veden pH kertoo happamuuden ja emäksisyyden (taulukko 7). Myös pH-arvoon vaikuttaa veden lämpötila ja yleensä se mitataan lämpötilassa +25 °C, jotta saadaan vertailukelpoinen tulos. Liian korkeasta pH-arvosta voi aiheutua kattilaveden kuohumista ja jännityskorroosioita. Liian alhainen pH taas aiheuttaa korroosioita. Jos pH laskee alle 5, teräs syöpyy voimakkaasti vetyä kehittäen. (Sonninen 2018, 5 - 6.)

Taulukko 7. Veden alkalisuuden ja happamuuden määräytyminen (Sonninen 2018, 5)

pH < 7	hapan
pH = 7	neutraali
pH > 7	alkalinen

Jäännöshappipitoisuus kertoo liuenneen hapen määrän. Pitämällä syöttöveden jäännöshappipitoisuus riittävän alhaisena voidaan ehkäistä putkien ja kattilan korroosioita.

Jäännöshappea poistetaan termisellä kaasunpoistolla ja hapenpoistokemikaaleilla. Liiallinen happipitoisuus vedessä voi kertoa termisen kaasunpoiston huonosta toiminnasta, hapenpoistokemikaalin toimimattomuudesta tai ilmapuudosta. Hapella voi olla myös positiivinen vaikutus korroosiota hidastavana tekijänä. Ultrapuhtaassa vedessä yli 200 °C lämpötilassa happi edistää korroosiolta suojaavan magneettikalvon muodostumista. Fe_3O_4 -kalvo on tunnetusti paras korroosiosuoja. (Sonninen 2018, 12.)

Silikaattipitoisuus kertoo vedessä olevan piihapon (SiO_2) määrän. Silikaatti muodostaa yhdessä suolojen kanssa kattilapinnoille vaikeasti poistettavia ja huonosti lämpöä johtavia kerrostumia. Liian korkea silikaattipitoisuus voi aiheutua lauhteen epäpuhtauksista, puutteellisesta vedenkäsittelystä tai riittämättömästä kattilan ulospuhalluksesta. Silikaatille on ominaista väkevöityä vedessä lähelle kuumia pintoja, mikä aiheuttaa hide-out-ilmiön eli silikaattipitoisuus laskee mitattaessa kattilaveden käytönaikaisia arvoja. (Sonninen 2018, 10 - 11.)

Natriumia veteen voi tulla kaukolämmön vaihtimien vuodosta, pumppujen jäähdytysvedestä tai kationivaihtimen natriumvuodosta. Liian korkea natriumpitoisuus aiheuttaa alkali-korroosiota ja saostumia turbiiniin. (Sonninen 2018, 14.)

6.2 Kattilaveden kemikaaliannostelu

Kemikaaliannostelun tavoitteena on vähentää höyry-vesikierron korroosiota, kerrostumia ja parantaa tuotettavan höyryn laatua. Yleisimmin kattilaveden laatuun vaikutetaan kattilan ulospuhalluksella. Mikäli pelkkä ulospuhallus ei riitä veden laadun ylläpitämiseen käytetään apuna kemikaaliannostelua. Annosteltavan kemikaalin määrän on oltava oikea, muuten vaikutus on päinvastainen. Mitä korkeampaa painetta kattilassa käytetään, sitä puhtaampaa kattilaveden tulee olla, jotta saataisiin muodostettua riittävän puhdasta höyryä. (Espo 2014.)

Trinatriumfosfaatin (Na_3PO_4) ja lipeän (NaOH) annostelulla nostetaan kattilaveden pH-tasoa. Fosfaatti annostellaan syöttövedeen ennen syöttöveden esilämmitintä ekonomaisieria. Fosfaatti saostaa kovuussuolat lietteeksi, joka poistetaan kattilastavedestä jatkuvalla ulospuhalluksella (JUP). Annostelu aloitetaan, kun kattila tuottaa höyryä ja jatkuva ulospuhallus on käynnissä. Kattilaveden optimaalinen pH on välillä 9,5 - 9,7. Liian alhainen pH altistaa vesi-höyryjärjestelmän syöpymiselle ja korroosioparin muodostumiselle, mutta myöskään liian korkea pH ei ole hyväksi ja saattaa aiheuttaa kuohuntaa emäksisessä kattilavedessä. (Huhtinen ym. 2011, 33; Espo 2014.)

Ammoniakkaa (NH_3) käytetään lauhteiden, syöttöveden ja höyrylauhteiden pH-tason nostamiseen. Ammoniakki sitoo hiilidioksidia (CO_2) vedestä lämpötilan ollessa matalampi kuin

135 °C. Jäännöshappi tarkoittaa termisessä kaasunpoistossa syöttövedeen jääneen hapen määrää. Höyryn mukana siirtyvä hiilidioksidi muodostaa lauhtuessaan hiilihappoa (H_2CO_3), joka laskee lauhteen pH-tasoa ja aiheuttaa syöpymistä. Ammoniakkiannostelulla saadaan neutraloitua hiilihappo ja estettyä syöpyminen. (Espo 2014.)

6.3 Suolanpoistosarjat

Suolanpoistosarjoilla valmistetaan prosessin lisävetä vesijohtovedestä tai raakavesialtaan vedestä. Suolanpoistosarjojen toiminta perustuu ioninvaihtoon, jossa kationivaihtimet vaihtavat kationit H^+ -ioneiksi ja anionivaihtimet kationivaihtimesta tulleet anionit OH^- -ioneiksi. Kun vaihtimista tulleet ionit yhdistyvät, syntyy puhdas vesimolekyyli (H_2O). Ioninvaihdossa käytetään hyväksi kiinteitä rakeisia aineita, jotka pidättävät pinnalleen virtaavasta vedestä positiivisia ioneja. (Vähäsarja 2016, 4 - 7.)

Suomenojalla suolanpoistosarjat koostuvat yhdestä vahvasta kationivaihtimesta, kahdesta anionivaihtimesta ja yhdestä sekavaihtimesta. Anionivaihtimet koostuvat heikosta ja vahvasta osasta. Sekavaihdin koostuu vahvasta kationi- ja anionimassasta, jotka ovat sekoittuneet säiliössä. Sekavaihdin toimii viimeisenä niin sanottuna poliiisuodattimena ja poistaa viimeiset vuotaneet kationit ja anionit.

Ioninvaihtimien pidätyskyky palautetaan elvytyksellä, jossa anionivaihdinmassa huuhdellaan lipeällä (NaOH) ja kationivaihdinmassa rikkihapolla (H_2SO_4). Ennen elvytystä tapahtuvassa vastavirtahuuhtelussa massat järjestäytyvät suodattimessa niin, että anioninvaihdinmassa nousee kationinvaihdinmassan päälle. Kationi- ja anionivaihdinmassojen välissä on inerttimassa, joka estää massojen sekoittumisen. Koska sekavaihdin on ioninvaihtosarjojen viimeinen vaihe, siihen kohdistuu pienempi rasitus ja sen elvytys voidaan suorittaa harvemmin, kuin aiempien kationi- ja anionivaihtimien. (Karttunen 2004, 160 - 162; Huhtinen ym. 2011, 30.)

6.4 Meriveden kemiallinen esikäsittely

Ennen merivesisäiliöön johtamista välipältä otettuun veteen lisätään rikkihappoa (H_2SO_4) säätämään meriveden pH haluttuun arvoon. Veden pH kuvaa veden happamuutta ja aiheutuu veteen liuenneesta hiilidioksidista. Suomenojalla meriveden pH on 7,6 - 7,9, esikäsittelyssä pH säädetään jatkokäsittelyn kannalta optimaaliselle tasolle 5,7 - 6,1. Säättämällä pH-arvoa toimivat klooraus- ja saostuskemikaalit oikein (Karttunen 2004, 154). Ennen merivesisäiliötä suoritetaan myös klooraus natriumhypokloriittiliuoksella (11% NaOCl), kloorauksen tarkoitus on desinfioida ja poistaa orgaaninen aines merivedestä (Vuorinen 2004, 3).

Merivesisäiliön lämpötila pidetään vakiona (18 °C), tämä lyhentää kemikaalien rektioaikaa ja vähentää annostelun tarvetta. Säiliöstä lähtevään meriveteen lisätään natriummeta-bisulfiittiliuosta (10 % $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), jotta saadaan RO-kalvoja vahingoittava kloori poistettua. Koagulointi on yksi Suomenojan meriveden esikäsitteilyn tärkeimmistä vaiheista. Koagulointiin käytetään Ferrisulfaattia ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 11 %), joka annostellaan veteen juuri ennen hiekkasuodatinta. Koaguloinnin tehtävä on poistaa vedestä sameutta aiheuttavia kolloideja ja kiintoaineita. (Vuorinen 2004, 4 - 9.)

6.5 Hiekka- ja aktiivihiilisuodatus

Hiekka- ja aktiivihiilisuodatuksen toiminta perustuu fysikaaliseen ja kemialliseen adsorptioon. Hiekka ja aktiivihiili toimivat adsorbentteina, jotka sitovat itseensä merivedestä adsorbatteja eli orgaanisia molekyylejä ja hiukkasia, mutta eivät suoloja. Hiekka- ja aktiivihiilisuodattimien tehtävänä on valmistella vesi laadultaan sellaiseksi, että sen käyttö käänteisosmoosilaitteistolla on taloudellisesti järkevää.

Suomenojalla hiekkasuodattimia on kytketty rinnan viisi yksikköä, joiden suodattava pinta-ala on 1,13 m² suodatinta kohden. Suodatus tapahtuu suljetussa paineellisessa säiliössä. Suomenojan hiekkasuodattimissa käytetään suodatinmateriaalina kvartsihiekkää kahdessa eri raekoossa. Hienempi hiekka suodattaa ja suurempi raekoko ylläpitää rakennetta ja tasaa virtausta. Suodattimien toiminta perustuu vakiosuodatusnopeuteen. Suodattimen yli mitattava paine-eron kasvaessa 0,16 bar, alkaa vastavirtahuuhdeltu, jolla poistetaan tukkeutumat ja epäpuhtaudet. Suodattimen hiekkää vaihdetaan säännöllisin väliajoin optimaalisen toiminnan takaamiseksi. (Karttunen 2004, 118 - 120; Vuorinen 2004, 7 - 8.)

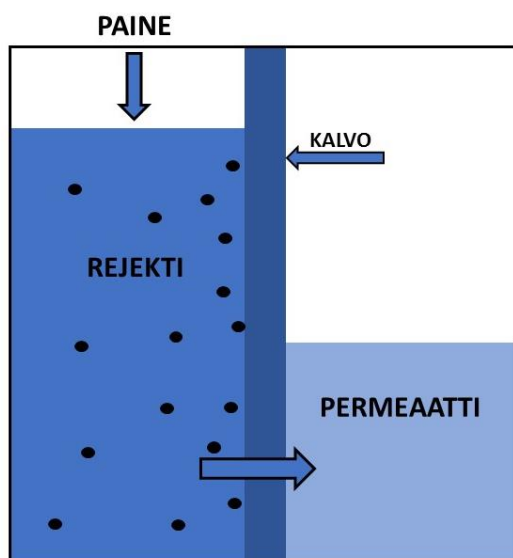
Aktiivihiili on yleisin vedenpuhdistuksessa käytetyin adsorbentti. Aktiivihiiltä valmistetaan kivihiilestä, puusta tai kookospähkinän kuoresta. Suomenojalla suodattimissa käytetään kookospähkinänkuoresta valmistettua aktiivihiiltä ja kvartsihiekkää kahdessa raekoossa. Aktiivihiili on rakenteeltaan huokoinen, jonka vuoksi hiukkaset kiinnittyvät helposti siihen. Suomenojalla aktiivihiilisuodatuksen neljä rinnankytkettyä yksikköä seuraavat hiekkasuodatusta. Aktiivihiilisuotimien tehtävänä on sitoa itseensä klooria, jäljellä olevia orgaanisia aineksia ja hiekkasuodatukselta vuotaneita kiintoaineita. (Vuorinen 2004, 8.)

6.6 Käänteisosmoosi (RO)

Suomenojalla käänteisosmoosilaitteistolla poistetaan erotuskalvoja käyttäen merivedestä suoloja ja pienimolekyylisiä orgaanisia ja epäorgaanisia yhdisteitä. Erotuskalvo läpäisee vesimolekyylejä, jotka ovat pienempiä kuin suolaionit. Niin selektiivisiä kalvot eivät kuitenkaan ole, että kaikki suolaionit saataisiin siivilöityä pois. Käänteisosmoosissa tuotetaan

osmoottista painetta suurempi paine suolapitoisen veden puolelle, paineella vesi saadaan siirtymään käänteiseen suuntaan puhdistetun veden puolelle (kuvio 5). Paineen suuruus riippuu veden suolapitoisuudesta, Suomenojalla käytetään ensimmäisessä vaiheessa 20 bar painetta. Optimilämpötila prosessin toiminnalle on 20 °C, silloin saadaan johtokyvyksi noin 5,0 - 6,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Lämmittämällä vettä ja kasvattamalla painetta saadaan permeaattivirtausta kasvatettua, mutta myös suolojen virtaus kalvojen läpi kasvaa. (Huhtinen ym. 2011, 31 - 32; Vähäsarja 2016, 17 - 21.)

Suomenojalla käänteisosmoosilaitteistolle ajetusta vedestä 50 - 54 % puhdistuu permeaatiksi, joka jatkaa matkaansa CEDI:lle tai raakavesialtaaseen. Kaksi kertaa suolaisempi kalvojen läpi puristumaton rejekti johdetaan kuumien vesien keruualtaan kautta jäähdytysvesien poistoputkeen. Käänteisosmoosilaitteiston toimintaa tehostetaan lisäämällä syöttöveeten 50 % lipeäliuosta (NaOH). Lipeäliuos nostaa veden pH:ta, jonka seurauksesta heikot hapot järjestäytyvät negatiivisesti varautuneeseen tilaan, jota RO-kalvo hylkii paremmin. Käänteisosmoosikalvojen pesu suoritetaan, kun painehäviö on kasvanut yli 15 % edellisen puhdistuksen arvosta. (Sonninen 2018, 34 - 37.)

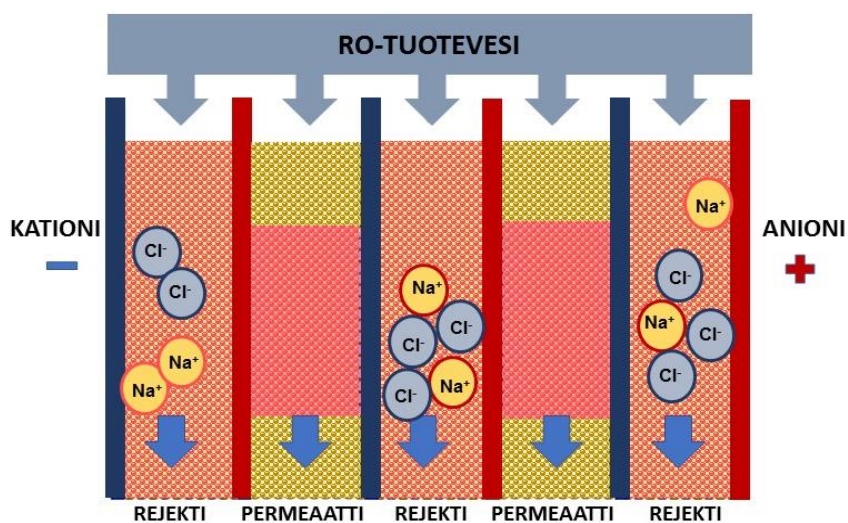


Kuvio 5. Käänteisosmoosin toimintaperiaate

6.7 Jatkuva sähköinen ioninvaihto (CEDI) ja sekaioninvaihdin (MB)

Sähköisessä ioninvaihdossa poistetaan viimeisiä ioneja käänteisosmoosin tuotevedestä. CEDI:ssä yhdistyy kalvosuodatus ja sähköinen ioninvaihtotekniikka. CEDI-järjestelmässä kulkee ioninvaihdinhartsimassaa, jolla tehostetaan silikaatin, boorin ja ionien poistumista

vedestä. CEDI-järjestelmä koostuu useista kennoista, joiden toinen sivu on anioninläpäisevä ja toinen kationinläpäisevä (kuvio 6). Poiketen muista suolanpoistomenetelmistä CEDI-prosessissa ioninvaihtohartsit elvytetään käyttäen tasajännitettä, eikä kemikaaleja tarvita. Suomenojalla CEDI-yksikön permeaatin laatua tarkkaillaan johtokyky mittauksella, prosessissa saavutettu johtokyky on $0,06 \mu\text{S}/\text{cm}$. CEDI:n rejektivesi on noin 10 - 11 % syöttöveden määrästä. (Karttunen 2004, 126; Fortum 2008, 2 - 5 Huhtinen ym. 2011, 32.) Laadultaan rejekti on niin hyvää, että se johdetaan raakavesialtaaseen ja sieltä edelleen käsiteltäväksi prosessin tai kaukolämpöverkon lisävedeksi.



Kuvio 6. CEDI-laitteiston toimintaperiaate

Sekasuodatus on syöttövedeksi puhdistettavan meriveden viimeinen vedenkäsittelyvaihe, johtokyky suodatuksen jälkeen on noin $0,055 \mu\text{S}/\text{cm}$. MB-suodattimet sisältävät vahvaa kationin- ja anioninvaihtomassaa. Sekasuodattimen tarkoituksena on vaihtaa CEDI prosessista vuotaneet ionit. (Huhtinen ym. 2011, 31.)

6.8 Neutralointiallas

Noin puolet neutralointialtaaseen johdettavista vesistä syntyy prosessin lisäveden valmistuksessa, ioninvaihtohartsien elvytyksessä ja puolet muualla prosessissa. Neutralointialtaasta mereen lähtevien teollisuusjätevesien pH-arvoa tarkkaillaan jatkuvatoimisella mittauksella, joka kalibroidaan säännöllisin väliajoin. Neutralointialtaasta mereen laskettavalle vedelle on asetettu hyväksytyksi pH-tasoksi 6 - 11. Neutralointialtaassa prosessin jätevedet sekoittuvat ja liete kerääntyy altaan pohjalle. Liete kerätään altaasta ja toimitetaan asianmukaiseen jätteiden loppusijoituspaikkaan. Normaalissa tuotantotilanteessa neutralointialtaaseen suoritetaan tyhjennyspumppaus kuusi kertaa kuukaudessa. Neutralointialtaasta vedet johdetaan jäähdytysvesien poistoputkilla HSY:n poistovesitunneliin ja siitä

mereen. Neutralointialtaan tyhjennyspumppauksen yhteydessä jäte- ja elvytysvesistä otetaan kerran kuukaudessa jätevesinäyte, näytteestä analysoidaan pH-arvo sekä raskasmetallipitoisuudet kuparin (Cu), kadmiumin (Cd), nikkelin (Ni), sinkin (Zn), lyijyn (Pb), molybdeenin (Mo) ja kromin (Cr) osalta. (Fortum 2015, 35; Fortum 2017a.)

7 KAUKOLÄMPÖ

7.1 Kaukolämpö Suomessa

Kaukolämpö on yleisin lämmitysmuoto Suomessa. Kaukolämpöä tuotetaan Suomessa enemmän kuin missään muualla Euroopassa. Kaukolämpöverkon rakentaminen Suomessa on aloitettu 1950-luvun loppupuolella. Suomenojan voimalaitoksella tuotetaan kaukolämpöä Espoon, Kirkkonummen ja Kauniaisten alueelle. Kaukolämpö jaetaan yli 800 kilometrin pituisen kaukolämpöverkon kautta. (Fortum 2018c.)

Kaukolämpöverkon menovesi on lämpötilaltaan 82 - 115 °C ja paluuvesi lämpötilaltaan 40 - 65 °C riippuen vuodenajasta ja ulkoilman lämpötilasta. Kaukolämmön tarve vaihtelee huomattavasti vuodenaajan mukaan, lämmön laskiessa -5 °C lämmön tarve nousee noin 50 %. Kaukolämpöverkoston paine pidetään yllä kaukolämmön paisuntasäiliöllä. Paine pidetään niin korkeana, ettei kuuma vesi pääse höyrystymään. (Huhtinen ym. 2011,14; Pöyry 2018a, 1 - 5.)

Vesikaukolämmityksessä lämpö kulkee putkistossa kiertävän veden mukana. Vesi johdetaan kiinteistön lämmönjakohuoneeseen, jossa se luovuttaa lämmön asiakkaan kiinteistöön ja palaa voimalaitokselle tai lämpölaitokselle uudelleen lämmitettäväksi. Kiinteistöt käyttävät kaukolämpöväettä sisäisissä kiertopiireissä ilmastointiin, tuottamaan lämpöä ja käyttöveden lämmitykseen. (Energiateollisuus 2006, 44.)

7.2 Suomenojan kaukolämpöjärjestelmä

Espoo-Kirkkonummi-Kauniainen kattavan kaukolämpöverkon tilavuus on noin 70 000 m³ ja lisäveden tarve vuorokaudessa noin 505 m³. Lisävesi pumpataan pehmennysuodattimien läpi ja johdetaan lämmönvaihtimille esilämmitettäväksi. Lämmönvaihtimilta lisävesi siirtyy kaasunpoistimeen, jossa lisävedestä poistetaan happi ja se lämmitetään matalapainehöyryllä. Kaasunpoistimesta vesi pumpataan kaukolämmön paisuntasäiliöön. Kaukolämmön paineenpitopumpuilla pidetään yllä staattinen paine kaukolämpöverkossa. Lämpötilojen vaihdellessa verkontilavuus saattaa kasvaa, jolloin paisuntasäiliö toimii puskurina. Suomenojan voimalaitosalueella sijaitsee kaukolämpöakku, jonne voidaan varastoida 800 MWh lämpöenergiaa. Akku tuo joustavuutta kaukolämmön tuotantoon. (Pöyry 2018a, 1 - 5.)

Kaukokylmä on ekologinen tapa hoitaa jäähdytys tiiviissä kaupunkiympäristössä sen sijaan, että kiinteistöt hoitaisivat sen itsenäisesti. Suomenojalla kaukokylmää saadaan lämmönkierrätyksen lisäksi merivedestä ja puhdistetusta jätevedestä. Kaukokylmää jaetaan

liike-, toimisto- ja asuinrakennuksille. Kaukokylmäverkko on saatavilla Suomenojan voimalaitokselta Keilaniemeen asti. (Fortum 2018a.)

7.2.1 Kaukolämpöverkon kierto- ja lisävesi

Kiertoveden käsittelytapaan vaikuttavat vedenlaatu, verkon koko ja veden vaihtuvuus. Useimmiten kaukolämpöputkistot valmistetaan hiiliteräksestä, jonka korroosionkestävyys ei ole erityisen hyvä (taulukko 8), tästä johtuen kiertovedenlaatua on tarkkailtava jatkuvasti. Korroosioita ja häiriötilanteita kaukolämpöverkon vedessä aiheuttavat veteen liuenneet kaasut, lähinnä happi ja hiilidioksidi, liian alhainen pH-arvo, kloridit ja saostumia muodostavat yhdisteet. Häiriötilanteita aiheuttaa myös huolimattomuus asennuksessa, jolloin verkkoon voi päästä hiekkaa tai jotain muuta sinne kuulumatonta tai asennettavat putket ovat olleet ruosteessa. Tärkeää kaukolämpöverkoston kunnan ylläpitämiseksi on oikeanlaisen täyttöveden lisääminen, kiertoveden laaduntarkkailu ja käsittely veden ominaisuuksien perustella. Usein kaukolämpövedeen lisätään väriainetta, mahdollisten verkon vuotojen paikoittamisen helpottamiseksi. (Energiateollisuus 2011, 360.)

Taulukko 8. Kaukolämpöverkon yleisimmät rakennusmateriaalit ja niiden korroosionmuodot (Energiateollisuus 2011, 360)

Materiaali	Esiintyminen	Korroosiotyyppi
Hiiliteräs	Putkistot, venttiilit, lämmönsiirtimet	Happikorrosio
Haponkestävä teräs	Lämmönvaihtimet, pumppujen osat	Vetyä kehittävä korrosio
Ruostumaton teräs	Paljetasaimet	Eroosikorrosio
Valurauta	Pumppujen ja venttiilien osat	Ammoniakkikorrosio
Kupari	Lämmönsiirtimet, putkistot	Galvaaninen korrosio
Messinki	Venttiilit, vesimittarit	Jännityskorrosio
Muovi	Säiliöt, putkistot	Biologinen korrosio

Korroosion minimoimiseksi kaukolämmön lisävesi syötetään verkkoon aina kaasunpoistimen kautta, joka poistaa vedestä termisesti hapen. Suomenojalla kaasunpoistimen jälkeen veteen annostellaan hydratsiinia (N_2H_4), joka poistaa jäännöshapen. Kiertovettä puhdistetaan suodattamalla sitä sivuvirtasuodattimilla ja sen laatua seurataan paluulinjassa olevalla näytteenotolla.

7.2.2 Pehmennys

Pehmennyssuodattimilla poistetaan kovuutta kaukolämpöverkkoon ajettavasta lisävedestä. Kovuuden veteen muodostavat kalsium- ja magnesiumsuolat. Pehmennyssuodatin perustuu ioninvaihtotekniikkaan, jossa vaihdetaan ioninvaihtohartsin avulla vaikealiukoiset kovuussuolat helppoliukoisiin natriumsuoloihin. Pehmennyssuodattimissa vesi johdetaan kalanmätiä muistuttavan hartsimassan läpi. Kovuutta aiheuttavat suolat tarttuvat natriumpäällysteisiin hartsipalloihin. Kun ioninvaihdimassan kyky pehmentää heikkenee, täytyy pehmentin elvyttää. Hartsien elvytys tapahtuu syöttämällä kylläistä NaCl-liuosta pehmentimen läpi. Tällöin ioninvaihtomassa ottaa vastaan natriumioneja ja luovuttaa sitomansa kationit huuhteluveden mukana. (Huhtinen ym. 2011, 29.)

Suomenojalla on kaksi pehmennyssuodatinta, mikä mahdollistaa keskeytymättömän lisäveden ajon kaukolämpöverkkoon. Vanhemmalle pehmentimelle I ajetaan raakavettä ja vesijohtovettä. Uudemmalle pehmentimelle II voidaan ajaa raaka- ja vesijohtoveden lisäksi vesijohtovedellä jäädytettyjä ulospuhalluslauhteita.

8 VEDEN VIRTAAUSMITTAUKSET

8.1 Virtaukset

Voimalaitoksen prosessissa mitataan ja seurataan aktiivisesti veden virtauksia, sähköjohtavuutta, lämpötilaa ja painetta putkistossa. Mittaukset ovat välttämätön tieto, kun seurataan ja suunnitellaan voimalaitoksen toimintaa. Jotta virtauksia voidaan mitata todenmukaisesti, tulee putkien virrata täytenä.

Suureet, joita virtauksesta tavanomaisesti mitataan:

- todellinen virtausnopeus [m/s]
- tilavuusvirta [m³/s]
- massavirta [kg/s].

Virtaukset voidaan jakaa turbulenttiseen ja laminaariseen virtaukseen. Laminaarisessa virtauksessa neste virtaa tasaisesti eteenpäin rinnakkaisissa kerroksissa seuraten tiettyä rajaa. Turbulenttisessa virtauksessa kerrokset sekoittuvat keskenään ja virtaavat epäjärjestyksessä tiettyyn suuntaan. Reynoldsin luvun (kaava 1) ollessa alle 2000 on virtaus laminaarista, kun luku nousee yli 4000 on virtaus turbulenttista. Turbulenttinen virtaus on yleinen tilanne, kun virtausnopeudet ovat suuria. Voimalaitosprosesseissa putkivirtaukset ovat lähes poikkeuksetta turbulenttisia. (Joroinen 2011, 84 - 85.)

Kaava 1.
$$Re = \frac{Dv\rho}{\mu}$$

D = putken halkaisija [m]

v = nesteen keskimääräinen virtausnopeus [m/s]

ρ = nesteen tiheys [kg/m³]

μ = nesteen dynaaminen viskositeetti, yksikkö [Pas] tai [Ns/m²].

8.2 Suomenojalla käytettävät virtausmittarit

Mittauslaippa eli kuristuslaippa on yleisin tapa mitata virtausta. Teräksinen laippa asennetaan putken sisälle. Virtaama kulkee laippaan tehdyn putken halkaisijaa pienemmän aukon kautta ja luo siten paine eron virtaukseen. Mittauslaippaa voidaan käyttää kaikissa voimalaitoksen virtauksissa. (Joroinen 2007, 88 - 90.)

Magneettisessa virtausmittauksessa asennetaan magneetit putken ulkopuolelle niin, että niiden väliin syntyy magneettikenttä. Kun vesi virtaa putken läpi, syntyy sähköjännite,

jonka mittarin elektrodit mittaavat. Mitä suurempi jännite mitataan, sen suurempi virtaus on. Putkessa virtaavan nesteen on oltava sähkönjohtavaa, jotta laite toimii oikein. (ABB 2011, 102 - 103.)

Ultraäänimittauksen toiminta perustuu signaalin kulkuaikaan. Anturit asennetaan putken ulkopuolelle, toinen antureista lähettää signaalia vastavirtaan ja toinen myötävirtaan. Signaalien vastaanottoajasta saadaan selville virtauksen suuruus. Ultraäänimittari soveltuu hyvin kohteisiin, joissa magneettinen mittaus ei toimi, esimerkiksi ultrapuhtaat vedet, joissa sähkönjohtavuus on matala. Ultraäänimittari on herkkä virtauksen vaihteluille ja epäpuhtauksille, minkä vuoksi se tulee sijoittaa paikkaan, jossa virtaamassa ei tapahdu merkittäviä muutoksia. (Joroinen 2007, 93 - 94.)



Kuva 3. Ultraäänivirtausmittari (1UZ70F001) kaukolämmön II pehmentimelle

Mittausvirheitä voivat aiheuttaa mittareiden ikä, huono paikoitus putkistossa tai virheellinen asennus. Virtausnopeuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat putkien koot ja kaltevuus. Virtausmittarit tulisi sijoittaa niin, että häiriötekijöitä olisi mahdollisimman vähän. Häiriötä aiheuttavia tekijöitä ovat putkimutkat, venttiilit, pumput ja putkien pintojen pinnankarheuden muutokset. Ennen ja jälkeen mittarin asennuspaikan pitäisi olla riittävä matkaa suoraa putkea, jotta vesi virtaisi mahdollisimman laminaarisesti ja mittaustulos olisi todenmukainen. Myös automaatio-ohjelmat saattavat aiheuttaa virheitä mittaustuloksiin, mikäli ohjelmisto on vanhentunut tai tapahtuu tiedonsiirtokatkoja. (Joroinen 2007, 84 - 85.)

9 VEDENKULUTUKSEN RAPORTOINNIN TARKASTELU

9.1 Vedenkulutuksen seuranta

Suomenojan vedenkulutusta seurataan energiatiedon hallintajärjestelmän (TOPi) kautta. TOPi-järjestelmä toimii voimalaitoksen reaaliaikaisen seurannan ja optimoinnin työkaluna. Järjestelmän kautta voidaan seurata esimerkiksi päästöjä, virtauksia ja käyttötaloutta. Prosessimittaukset kerätään automaatiojärjestelmään ja osa mittauksista myös TOPiin. Työn aikana tarpeelliseksi koetuista uusista virtausmittauksista ja muista virtausten mittaamista helpottavista toimenpiteistä tehtiin toimenpide-ehdotus. Vesitaseen hallintaan luotiin TOPiin pohja (liitteet 3 - 5), johon on kerätty kaikki saatavilla olevat tarpeelliset positiot. Positiota voi seurata havainnollistavasta vesitasemallista (liite 6). Laskennat ja positiot, joilla saadaan yksiköiden ja laitteistojen vedenkulutus selvitettyä on koottu yhteiseen taulukkoon (liite 7).

Suomenojan voimalaitoksessa käytetään tunnusjärjestelmää, jonka perusteella voimalaitoskomponentit nimetään. Tunnusmerkinnät määräytyvät esimerkiksi laitostunnuksen, järjestelmänummun ja laitteistotunnuksen mukaan. Tunnusmerkintää käytetään tässä luvussa tarkentamaan mistä mittauksesta tai laskennasta on kyse.

9.2 Yksiköiden vedenkulutus

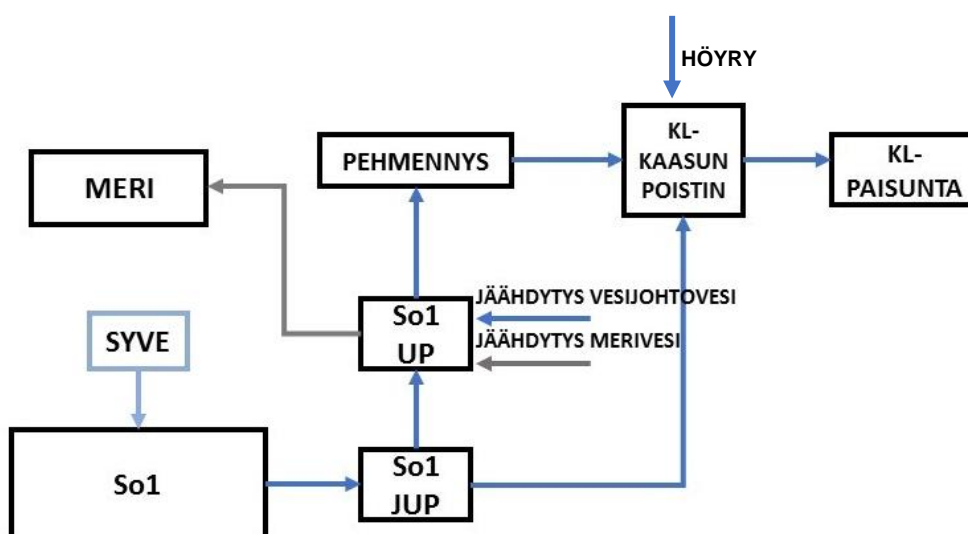
Yksiköiden vedenkulukseen (taulukko 9) vaikuttaa niiden tyyppi, ajotapa ja käyntiaika. Kun yksiköitä käynnistetään tai vaihdetaan ajotapaa sähköstä kaukolämpöön, kuluu vettä paljon prosessin tai sen osien huuhtelemiseen ennen käyttöönottoa. Osalle yksiköistä ei ole asennettu kaikkia tarvittavia mittauksia, jotta saataisiin niiden vedenkulutus ja lauhdevedet selvitettyä tarkasti. Lisäveden kulutuksen laskennassa käytettiin suodatusta, joka poissulkee tuloksista luvut, jotka ovat pienempiä tai yhtä suuria kuin 0,2 kg/s. Nämä luvut voivat johtua venttiilien asennoista. Poikkeuksena yksikkö So3, joka ottaa lisävettä nopeilla sykäyksillä, jotka näkyvät pieninä määrinä tuntikeskiarvossa.

Taulukko 9. Yksiköiden lisäveden kulutus vuodelta 2017

Yksikkö	Lisäveden kulutus m ³ /a
So1	90 084
So2	9741
So3	1029
So6	3483
So7	7621
Yhteensä	111 958

9.2.1 Höryvoimalaitos So1

Yksikön lisäveden kulutusta seurataan virtausmittarilla (1UA50F001). Yksikkö käy suurimman osan vuodesta ja sen vedenkulutus on huomattavasti suurempi kuin muiden yksiköiden. Kattilan So1 jatkuvaa ulospuhallusta mitataan virtausmittarilla (1RR04F001). Jatkuva ulospuhallus (kuvio 7) otetaan talteen suoraan kaukolämmön kaasunpoistimeen tai UP-säiliöön ja sieltä vesijohtovedellä jäähdytettynä pehmentimen kautta kaukolämmön lisävedeksi. Jäähdytyksen tapahtuessa merivedellä lauhde johdetaan ulospuhallussäiliön kautta mereen. Yksikön So1 UP-säiliön lauhteen talteenottoa mitataan laskennalla (1RU25F901). Jotta saataisiin tietoon, kuinka paljon JUP-lauhdetta menee suoraan kaasunpoistimeen ja kuinka paljon UP-säiliön kautta pehmentimille, voitaisiin linjaan asentaa venttiilin asennon rajatieto, joka ilmoittaisi kumpi tapa on käytössä. UP-säiliön vesijohtovedellä tapahtuvaan jäähdytykseen asennetulla mittauksella saataisiin selville UP-säiliön jäähdytykseen käytettävän vesijohtoveden määrä. Kattilan alasarjassa voidaan syöttövesisäiliön vesi ottaa talteen kaukolämpöverkkoon.



Kuvio 7. Yksikön So1 vedenkäyttö

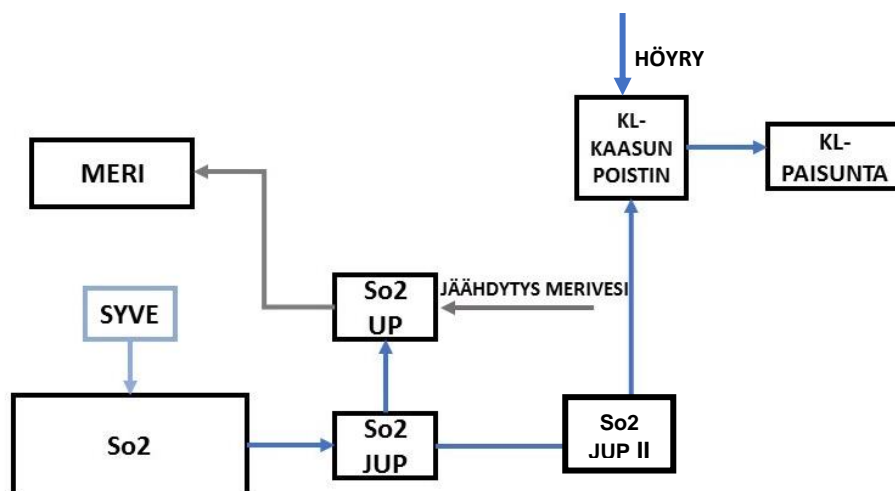
9.2.2 Kombivoimalaitos So2

Yksikön lisävedenkulutusta seurataan virtausmittarilla (2GHC35CF001). Yksikön jatkuva ulospuhallus menee JUP-säiliön kautta pienempään JUP II säiliöön (kuva 4) ja siitä kaukolämmön kaasunpoistimeen samaa putkea pitkin, kuin yksikön So1 jatkuva ulospuhallus.

Yksikön So2 JUP II säiliöön johdetaan myös muita pienempiä lauhdevesiä. Kun So1 jatkuvan ulospuhalluksen määrä kaasunpoistimeen saadaan selville, voidaan laskennallisesti selvittää myös So2 JUP määrä. Jos jatkuvan ulospuhalluksen lauhdetta (kuvio 8) ei käytetä kaukolämmön lisävetenä, se johdetaan merivesi jäähdytteen kattilaosan ulospuhallussäiliön kautta mereen. Turbiiniosan ulospuhallussäiliöstä johdetaan vedet aina mereen. Mikäli yksikön käyttö tulevaisuudessa lisääntyy, olisi tarpeellista asentaa mittaus kaasunpoistimeen menevään JUP-lauhteiden yhteiseen linjaan. Mittarin lisäyksellä saataisiin selvitettyä myös kaasunpoistimeen lauhtuvan kaasunpoistohöyryn määrä.



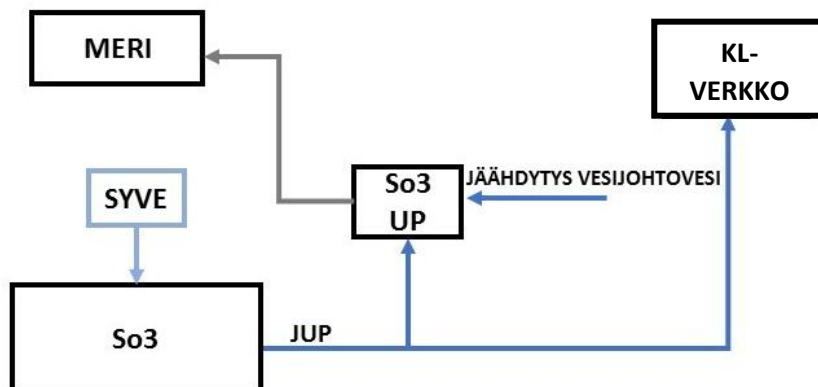
Kuva 4. Yksikön So2 jatkuvan ulospuhalluksen säiliö II



Kuvio 8. Yksikön So2 vedenkäyttö

9.2.3 Leijupolttokattilalaitos So3

Yksikön lisävedenkulutusta seurataan virtausmittarilla (3RL00F001). Yksikön So3 jatkuva ulospuhallus menee suoraan kaukolämpöverkkoon kaukolämmön lisävedeksi. Kun jatkuva ulospuhallusta (kuvio 9) ei käytetä kaukolämmön lisävetenä, se johdetaan vesijohtovesijäähdytteisen ulospuhallussäiliön kautta mereen. Yksikön jatkuvalla ulospuhallukselle ei ole asennettu mittausta. Yksikön JUP-virtaamaan selvittämiseksi voitaisiin asentaa ulträänivirtausmittaus JUP putkeen. Mittauksen lisääminen edellyttäisi, pohjapuhalluksen putken (kuva 5) siirtämistä vasemmalle, jotta saataisiin mittaukselle riittävän pitkä matka suoraa putkea. Mittauksella saataisiin selville ulospuhallussäiliöstä hukkaan menevä vesimäärä (kuva 6).



Kuvio 9. Yksikön So3 vedenkäyttö



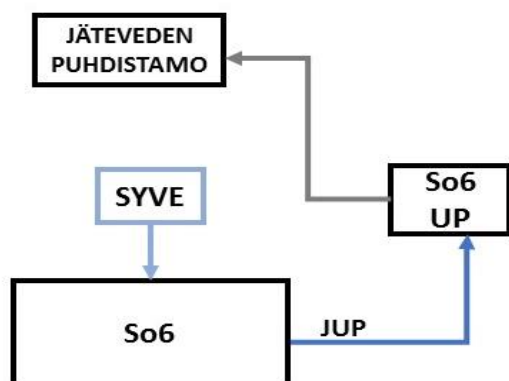
Kuva 5. Yksikön So3 jatkuvan ulospuhalluksen ja pohjapuhalluksen putkien liitoskohta



Kuva 6. Yksikön So3 ulospuhallussäiliön tyhjennys

9.2.4 Kaasuturbiinilaitos So6

Yksikön lisävedenkulutusta seurataan virtausmittarilla (6UD30F001). Jatkuvan ulospuhalluksen lauhteita ei kyseisestä yksiköstä oteta talteen, vaan ne johdetaan jätevedenpuhdistamolle (kuvio 10). Yksikön sijainnin vuoksi lauhteiden talteenottojärjestelmän ei ole katsottu olevan taloudellisesti kannattava.



Kuvio 10. Yksikön So6 vedenkäyttö

Ulospuhallussäiliöön lauhteeksi jäähtyvän määrän on laskettu olevan noin 63 % lisävesimäärästä. Tästä voidaan laskennallisesti arvioida jäähtyäkseen tarvittava vesijohtoveden määrä käyttämällä lämpöenergian kaavaa (kaava 2).

Kaava 2.
$$Q = cm\Delta T$$

c = veden ominaislämpökapasiteetti [kJ/kgK]

m = jäähtytettävän aineen massa [kg]

ΔT = lämpötilan muutos [K].

$$Q = 4,19 \text{ kJ/kgK} \cdot 2\,194\,290 \text{ kg} \cdot 52 \text{ K} = 478\,091\,905 \text{ kJ}$$

Lämpöenergian kaavasta (kaava 2) johdetulla kaavalla saadaan ratkaistua jäähtytysvedeksi tarvittun vesijohtoveden massa.

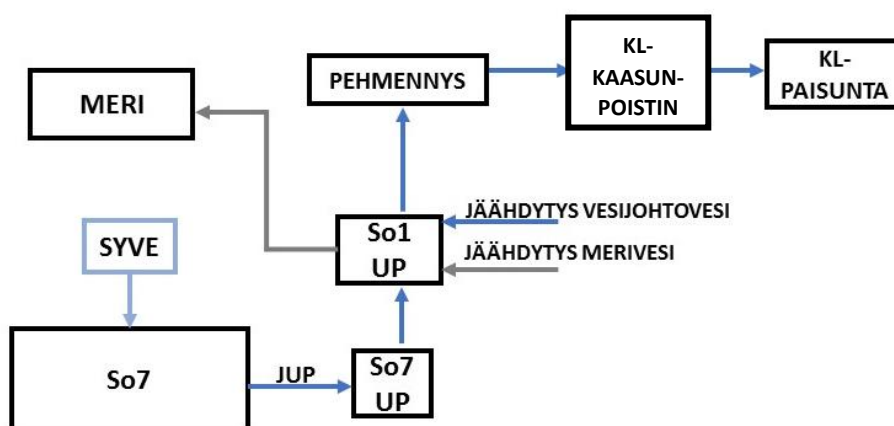
$$m = \frac{Q}{c \cdot \Delta T}$$

$$m = \frac{478\,091\,905 \text{ kJ}}{4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 38 \text{ K}} = 3002712,63 \text{ kg}$$

Jäähdytysvetenä käytettävän vesijohtoveden määräksi saadaan 3003 m³/a vuoden 2017 arvoilla laskettuna.

9.2.5 Apukattila So7

Yksikölle ei ole asennettu lisävedenkulutukselle mittaria. Lisävesimäärä saadaan selvitetty laskemalla höyryn virtauksen (7RQ40F001) ja syöttöveden virtauksen (7RL03F001) erotus pitkällä aikavälillä. Yksikön So7 jatkuva ulospuhallus (kuvio 11) johdetaan oman ulospuhallussäiliön kautta yksikön So1-ulospuhallussäiliöön, josta se saadaan otettua käyttöön kaukolämmön lisävetenä vesijohtovedellä jäähdytettäessä. Yksikön So7-ulospuhallussäiliötä ei jäähdytetä.



Kuvio 11. Yksikön So7 vedenkäyttö

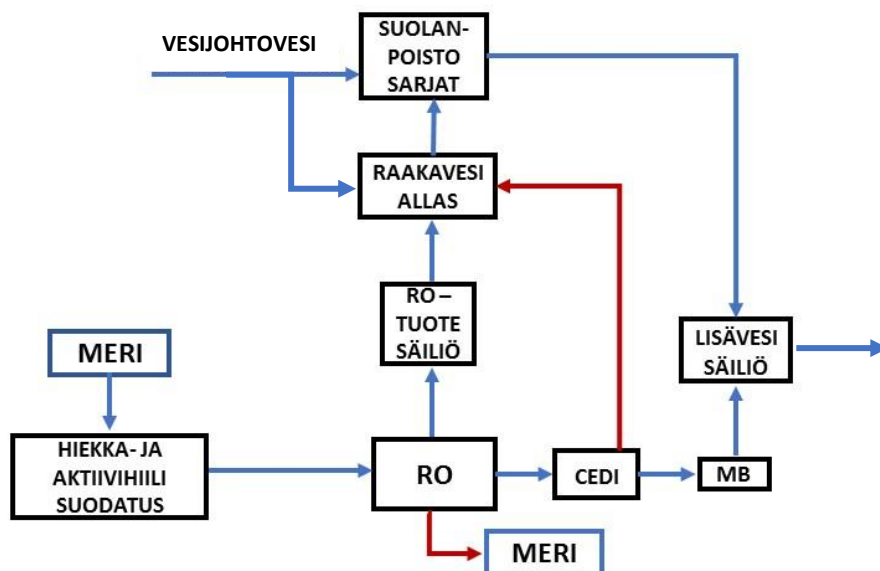
9.2.6 Rikinpoistolaitos

Rikinpoistolaitoksella käytetään vesijohtovettä ja merivettä. Vesijohtoveden kulutusta seurataan mittauksella (8UZ000001) ja meriveden kulutusta mittauksella (8VC00FM01). Vesijohtoveden mittaus haetaan kuukausittain mittarista ja kirjataan ylös käsin. Vedenkulutuksen seuraamisen helpottamiseksi lukemat voitaisiin jatkossa kirjata TOPiin. Käytettävän vesijohtoveden määrän pienentämiseksi rikinpoistolaitoksella olisi mahdollista ottaa käyttöön käänteisosmoosin rejektivesiä vesijohtoveden sijasta.

9.3 Prosessin lisäveden valmistus

Lisävettä prosessin eri käyttökohteisiin valmistetaan merivedestä ja kaupungin vesijohtovedestä. Kuviossa 12 on havainnollistettu vedenkulku lisävesisäiliöön ja siitä prosessiin, punaisella merkitty poistuvat rejektivedet. Taulukossa 10 on esitetty vedenkäsittelyssä

2017 valmistettu prosessin lisävesi kutakin laitteistoa kohden. Yhteensä lisävettä prosessiin valmistettiin 174 672 m³ vuonna 2017.



Kuvio 12. Prosessin lisäveden valmistus

Taulukko 10. Prosessin lisäveden tuotto vuonna 2017

Koneikko	Otto m ³ /a	Tuotto m ³ /a
RO	231 809	120 093
CEDI		111 387
MB	111 387	111 387
Suolanpoistosarjat	132 601	63 285
Prosessiin		174 672

9.3.1 Käänteisosmoosi (RO)

Käänteisosmoosilaitteistolle ajettua merivettä seurataan virtausmittarilla (1UC25F001). RO-laitteiston linjoille on yhdistetty permeaattivirtausten laskenta (1UC43F001A). Rejektin määrä saadaan laskettua koneikolle tulevan meriveden ja permeaatin erotuksella. Jos CEDI:n syöttöveden tarve on pienempi kuin RO:n tuotto, johdetaan permeaattia RO-tuotesäiliön kautta raakavesialtaaseen, määrälle ei ole erillistä mittausta

9.3.2 Jatkuva sähköinen ioninvaihto (CEDI) ja sekaioninvaihdin (MB)

CEDI-laitteistolta jatkuva permeaatti virtaa suoraan käsiteltäväksi MB:lle ja sieltä lisävesisäiliöön, tämän virtauksen määrää seurataan virtausmittarilla (2GCF89CF001). CEDI-rejekti johdetaan raakavesialtaaseen, eikä sille ole omaa mittausta.

9.3.3 Suolanpoistosarjat

Suolanpoistosarjoille ajetaan vesijohtovettä ja raakavesialtaan vettä. Linjoille ajettavan veden virtausta seurataan mittauksilla (1UA01F001) ja (1UA02F001). Suolanpoistosarjojen permeaattivirtaus lisävesialtaaseen nähdään mittauksesta (1UA11F001). Vähentämällä linjoille ajettavien mittausten (1UA01F001, 1UA02F001) summa mittauksesta (1UA11F001) lisävesisäiliöön, jää jäljelle huuhteluihin ja elvytyksiin kulunut vesimäärä. Toinen suolanpoistosarjojen linjoista näyttää 3 kg/s virtaamaa, kun raakaveden säätö on kiinni eikä virtaamaa todellisuudessa ole. Tästä aiheutuu iso virhe, kun lasketaan kokonaisvesimäärää suolanpoistosarjoille. Toimenpide-ehdotuksena esitettiin tehdä TOPiin laskenta, joka suodattaa linjan virtauksen (3 kg/s) pois, kun raakaveden säätö on kiinni.

9.4 Raakavesiallas

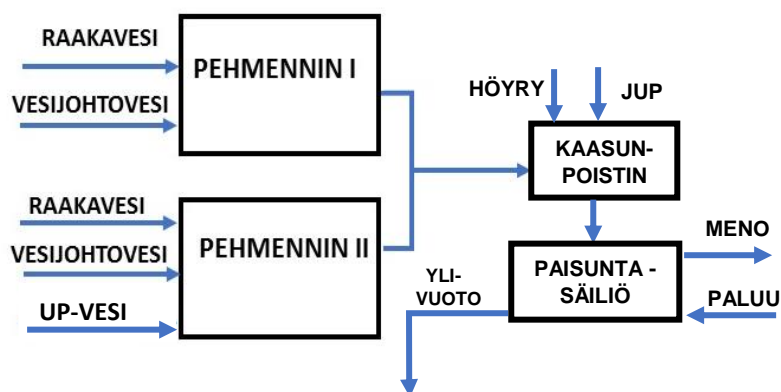
Raakavesiallas ja reservisäiliö muodostavat 150 m³:n kokonaisuuden. Raakavesialtaaseen virtaa RO-permeaattia, CEDI-rejekti, kaupungin vesijohtovettä sekä joitakin pienempiä määriä muista kohteista. Jotta vesitase saataisiin paremmin hallintaan tulisi raakavesialtaaseen meneville ja lähteville vesille asentaa mittauksia. Tämä helpottaisi myös selvittämään vesijohtoveden käyttömääriä erikohteissa. Asentamalla mittaus RO-permeaattivirtaukselle raakavesialtaaseen saataisiin laskennallisesti MB:n (2GCF89CF001) virtausta apuna käyttäen arvioitua CEDI-rejektin määrä raakavesialtaaseen. Vesijohtoveden määrä raakavesialtaaseen saadaan arvioitua raakavesipumpun käyntiaikojen ja altaan pinnan nousun perusteella, kun tiedetään RO:n ja CEDI:n osuus. Raakavesialtaasta lähtevien vesien osalta on tiedossa pehmentimille ajettava määrä. Kun saadaan uusien mittausten perusteella määritettyä jäähdytysvedeksi käytetyn vesijohtoveden määrä ja raakavesialtaaseen ajettun vesijohtoveden määrä saadaan laskennallisesti määritettyä suolanpoistosarjoille ajettu vesijohtovesimäärä ja tätä kautta raakavesimäärä. Apuna laskennoissa käytetään laitokselle otetun vesijohtoveden kokonaismäärää, pehmentimien käyttämää raakaja vesijohtovesi määrää ja suolanpoistosarjoille ajettavaa kokonaismäärää. Raakavesialtaaseen ehdotetaan tehtäväksi TOPi-positiota, joka laskee vesimäärän, kun altaan pinta on 2,1. Tällöin altaasta ylivuotona hukkaan valuvan puhtaan veden määrä on altaaseen tulevan veden ja lähtevän veden erotus (liite 8).

9.5 Kaukolämmön lisäveden kulutus

Suomenojalla kaukolämmön lisäveden tarve on lähes kolminkertainen verrattuna verkon kokoon. Suuri lisäveden tarve voi johtua kaukolämpöverkon vuodoista ja verkon jatkuvasta laajentumisesta asutuksen lisääntyessä. Lisäveden määrä (taulukko 11) saadaan laskettua kaukolämmön paisuntasäiliöstä verkkoon lähtevän (2NDK30CF002) ja palaavan (2NDK30CF003) veden mittauksen erotuksena. Lisävettä (kuvio 13) ajetaan kaukolämpöverkkoon pehmentimien kautta. Kattiloiden JUP-lauhteita johdetaan kaasunpoistimen ja kaukolämmön paisuntasäiliön kautta kaukolämmön lisävedeksi, kyseisille määrille ei ole mittauksia. Vähentämällä pehmentimien (1UZ70F001, 1UZ51F002) yhteisvirtaus kaasunpoistimeen, virtauksesta paisuntasäiliöön (2GBK75CF001) saadaan selville kaasunpoistimeen höyrystä lauhtuvan veden määrä. Paisuntasäiliön ylivuoto menee kuumien vesien keruualtaan kautta mereen. Ylivuoto saadaan kiinni verkkoon ajettavan lisäveden ja paisuntasäiliöön menevän virtauksen erotuksella.

Taulukko 11. Kaukolämmön lisäveden tuotto vuonna 2017

Vesi	Määrä m ³ /a
Pehmentimet	169 871
Lauhteet kaasunpoistimeen	8611
Paisuntasäiliöön	178 482
Lisävesi verkkoon	182 630



Kuvio 13. Kaukolämmön lisävesi

Virtausmittaus paisuntasäiliöön sijaitsee tällä hetkellä ennen kaasunpoistimen pintaa tsaavaa minikiertoa (kuva 7). Mittaus näyttää tämän takia enemmän kuin virtaus paisuntasäiliöön todellisuudessa on. Mittaus voitaisiin siirtää kaasunpoistimen minikierron haaran jälkeiseen putkiosioon, jolloin saataisiin selville todellinen virtaus paisuntasäiliöön.



Kuva 7. Virtausmittaus (2GBK75CF001) paisuntasäiliöön

Raakaveden virtaus pehmentimelle II saadaan mittauksesta (1UZ70F906). Vesijohtoveden virtaus pehmentimelle II saadaan mittauksesta (1UZ70F907). So1 UP-säiliön lauhteen talteenotto (1RU25F901) on mukana pehmentimen II vesijohto- ja raakavesimäärissä. Lauhteen sisältämää jäähdytysvetenä toimivan vesijohtoveden määrää ei kuitenkaan tämän hetkisten mittausten perusteella voida määrittää. Jotta vesijohtoveden määrä pehmentimelle II saataisiin selvitettyä tulisi asentaa virtausmittaus So1 UP-säiliön vesijohtovesi jäähdytykselle. Kokonaisvirtausta pehmentimelle II seurataan mittauksesta (1UZ70F001). Kokonaisvirtaus pehmentimelle I saadaan mittauksesta (1UZ51F002). Pehmentimelle I vesijohtoveden (1UZ51F901) ja raakaveden (1UZ51F904) erillismittaukset ovat automaatiassa laskennallisina, eikä niitä saatu opinnäytetyön aikana päivitettyä TOPi-järjestelmään. Pehmentimen I raakaveden ja vesijohtoveden määrät kuitenkin kirjataan käsin ylös elvytyksien yhteydessä, joten ne voidaan arvioida karkeasti.

9.6 Tulokset

Vesitasetta tarkasteltiin vuoden 2017 vedenkulutuksen perusteella (liite 9). Vuoden 2017 laskelmien perusteella prosessiin oli tehty lisävettä 174 672 m³/a, josta yksiköille syöttövedeksi oli käytetty 111 958 m³/a, joten erotus on ollut 62 714 m³/a. Lisävettä käytetään suljettujen jäähdytyspiirien täytössä, yksikön So2 ekon täyttöön, kaukolämmönvaihtimien hotwellien täyttöön sekä lauhdelinjojen vesilukkojen täyttöön käynnistyksien yhteydessä. Täytöt eivät kuitenkaan kata lisävedeksi valmistetun veden ja syöttövetenä käytetyn veden

erotusta. Todennäköistä on, että epätavallisen suuri erotus johtuu virtausmittareiden virheellisistä lukemista. Virtausmittareiden kalibroinnista esitettiin toimenpide-ehdotus (liite 10).

Meriveden osalta tiedossa on laitokselle otettu kokonaismäärä, joka oli vuonna 2017 $13\,875\,531\text{ m}^3/\text{a}$. Tästä hiekka- ja aktiivihillisuodattimille johdettiin $282\,993\text{ m}^3$, rikinpoistolaitokselle $52\,351\text{ m}^3$ ja jäähdytysvedeksi noin $13\,540\,187\text{ m}^3$. Laitokselta meriveden poistoputkeen johdettavia vesiä ovat hiekka- ja aktiivihillisuodattimien huuhteluvedet ($51\,124\text{ m}^3$), käänteisosmoosin rejektivedet ($111\,716\text{ m}^3$), neutralointialtaan vedet (7710 m^3) ja jäähdytysvedet ($13\,540\,187\text{ m}^3$), joiden määrä on todellisuudessa isompi koska niissä on mukana puhtaita lauhdevesiä. Karkealla arviolla voidaan kuitenkin sanoa, että meriveden poistotunneliin johdettujen vesien yhteismäärä on ollut yli $13\,703\,000\text{ m}^3$. Toimenpide-ehdotuksissa (liite 10) ehdotettiin toimenpiteitä jäte- ja meriveden virtausta mereen (2PAB54CF001) mittaavan virtausmittarin toiminnan parantamiseksi. Tällä hetkellä virtausmittari ei näytä oikein.

Vesijohtovettä laitokselle otettiin vuonna 2017 $240\,896\text{ m}^3$, tästä rikinpoistolaitokselle $15\,204\text{ m}^3$, muuhun prosessiin ja kaukolämmön lisävedeksi noin $222\,542\text{ m}^3$ ja saniteettivesiksi 3026 m^3 . Jäähdytysvetenä käytetyn vesijohtoveden määrää ei pystytä määrittämään. Jätevedenpuhdistamolle johdettavien vesien osalta tiedetään vain saniteettivesien osuus ja laskennallisesti arvioitu yksikön So6 jäähdytysvesien osuus (5197 m^3).

Tällä hetkellä tiedossa olevilla parametreilla voidaan määrittää vedenkäyttö suurpiirteisesti, mutta ei pystytä tarkasti määrittämään paljonko on raakaveden ja vesijohtoveden osuudet esimerkiksi suolanpoistosarjoilla ja pehmentimillä. Ennen kuin uudet mittaukset saadaan käyttöön, on vesitasetta mahdoton saada hallintaan täydellisesti.

10 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli luoda Suomenojan voimalaitokselle vesitasepohja helpottamaan vedenkulutuksen seuranta ja vuosittaista raportointia. Teoriaosuudessa käytiin läpi Suomenojan voimalaitoksen prosessin toimintaa, vedenkulutusta. Voimalaitoksen sisäisestä vedenkierrosta käytiin läpi kaikki mahdolliset variaatiot eri tilanteissa. Vesikiertojen perusteella saatiin selvitettyä mitä kaikkia mittauksia olisi tarpeellista lisätä, jotta vedenkulutusta voitaisiin seurata tarkemmin. Jotta vesitase saataisiin täydellisesti hallintaan tulisi prosessiin lisätä useita uusia virtausmittareita, mikä ei kuitenkaan olisi taloudellisesti kannattavaa. Tutkinnan tuloksena esitettiin ne mittauspaiikat, joiden avulla saataisiin myös mahdollisimman monia muita virtauksia selvitettyä laskennallisesti.

Työn tuloksena luotiin vesitasekaavio, joka havainnollistaa vedenkiertoa ja vuorovaikutusta eri prosessien välillä. TOPi-järjestelmään luotiin vesitasepohja, joka sisältää kaikki tarvittavat ja saatavilla olevat parametrit vedenkulutuksen seurantaan. Jatkossa myös käsin otettavat mittaustiedot syötetään TOPi-järjestelmään käsisyöttönä, mikä helpottaa vedenkulutuksen seuranta. Vesitaseen hallitsemisen helpottamiseksi esitettiin ehdotuksia uusille virtausmittareille prosessin kohteisiin, mihin ne koettiin tarpeelliseksi sekä joidenkin vanhojen virtausmittareiden sijainnin korjaukselle mittaustulosten oikeellisuuden takaamiseksi. Toimenpide-ehdotukseen kerättiin työn aikana ilmenneet suurimmat ongelmat kohdat vedenkulutuksen seurannassa ja esitettiin niille korjausehdotus. Kun toimenpide-ehdotukset saadaan toimintaan, on voimalaitoksen vedenkulutuksen tarkempi seuranta mahdollista. Tämän myötä voidaan myös luoda vedenkulutusta seuraava malli Maintpartner Oy:n itseoppivaan MP INtelligence®-järjestelmään.

LÄHTEET

Painetut lähteet:

Energiateollisuus ry. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Kirjapaino Libris Oy.

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2011. Voimalaitostekniikka. Tampere: Juvenes Print.

Joroinen, T., Kovács, J. & Majanne, Y. (toim.) 2007. Voimalaitosautomaatio. Helsinki: Copy-Set Oy.

Kara, M. 2004. Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset. Energia Suomessa. 3. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Karttunen, E. (toim.) 2004. RIL 124-2 Vesihuolto II. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Krämer, T. 2009. Välttämätön vesi. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Perttula, J. 2000. Energiatekniikka. Porvoo: WS Brookwell Oy.

Elektroniset lähteet:

Belyalov, A. 2018. Master's work Pyroflow [viitattu 2.5.2018]. Saatavissa: <http://masters.donntu.org/2007/fizmet/belyalov/master%27s%20work.html>

Energiamailma 2018a. Fossiilisia polttoaineita ovat hiili, maakaasu ja öljy [viitattu 22.3.2018]. Saatavissa: <http://energiamailma.fi/mista-virtaa/fossiiliset-energiالاhteet/>

Energiamailma 2018b. Yhteistuotanto [viitattu 22.3.2018]. Saatavissa: http://energiamailma.fi/wp-content/uploads/2011/06/yhteistuotanto_selitteilla.pdf

Espo, J. 2014. VS: Lieriökattilan kemikaaliannostelu. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Mahmood, R. Lähetetty 5.4.2018.

Fortum 2017a. Fortum Power and Heat Oy. Ympäristölupahakemus [viitattu 19.3.2018]. Saatavissa: https://tietopalvelu.ahp.fi/Lupa/Lisatiedot.aspx?Asia_ID=1377240

Fortum 2017b. Vuosikatsaus 2017 [viitattu 16.2.2018]. Saatavissa <http://annualreport2017.fortum.com/fi/>

Fortum 2018a. Kaukokylmä [viitattu 5.2.2018]. Saatavissa: <https://www.fortum.fi/kotiasiakkaalle/lammitys/kaukokylma>

Fortum 2018b. Puhdasta lämpöä jätevedestä [viitattu 6.3.2018]. Saatavissa: <https://www.fortum.fi/puhdasta-lampoa-jatevedesta>

Fortum 2018c. Suomenojan CHP laitos [viitattu 29.1.2018]. Saatavissa: <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/energiantuotantomme/voimalaitoksemme/suomenojan-chp-laitos>

Gasum 2018. Maakaasun käyttö [viitattu 8.2.2018]. Saatavissa: <https://www.gasum.com/kaasusta/maakaasu/maakaasu/>

VTT 2012. Fossiiliset polttoainevarat ja -markkinat [viitattu 23.3.2018]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T28.pdf>

Vähäsarja, S. 2016. Voimalaitoksen lisäveden valmistus. ÅF-Consult [viitattu 10.4.2018]. Saatavissa: <http://docplayer.fi/21733806-Voimalaitoksen-lisaveden-valmistus-susanna-vahasarja-af-consult.html>

Muut lähteet:

ABB 2011. Industrial flow measurement Basics and practice. Koulutusmateriaali.

Fortum 2008. Fortum Suomenoja, Espoo. Suolanpoistolaitos ajotapakuvaus.

Fortum 2015. Fortum Power and Heat Oy, Suomenojan voimalaitoksen tarkkailusuunnitelma 29.5.2015.

Pöyry 2018a. Kaukolämpöjärjestelmä. Järjestelmäkuvaus Fortum Suomenoja 2 -projekti (So₂).

Pöyry 2018b. KL-Lauhdejärjestelmä. Järjestelmäkuvaus Fortum Suomenoja 2 -projekti (So₂).

Pöyry 2018c. Lisävesijärjestelmä. Järjestelmäkuvaus Fortum Suomenoja 2 -projekti (So₂).

Pöyry 2018d. Syöttövesijärjestelmä. Järjestelmäkuvaus Fortum Suomenoja 2 -projekti (So₂).

Pöyry 2018e. Vesitys- ja tyhjennysjärjestelmä. Järjestelmäkuvaus Fortum Suomenoja 2 -projekti (So₂).

Sonninen, R. 2018. Vedenkäsittely luentoaineisto. ÅF-Consult Ltd.

Vuorinen, J. 2004. Meriveden esikäsittely. Selvitys 4.3.2004.

LIITTEET

Liite 1. Suomenojan voimalaitoksen prosessikaavio (Fortum 2015)

Liite 2. Voimalaitoksen yksiköiden tietoja (mukailtu Fortum 2017a, 18 - 21)

Liite 3. Vesitasekaavio positiolla

Liite 4. Lisävedenkulutuksen seurantaan tarvittavat positiot

Liite 5. TOPi-pohja I

Liite 6. TOPi-pohja II

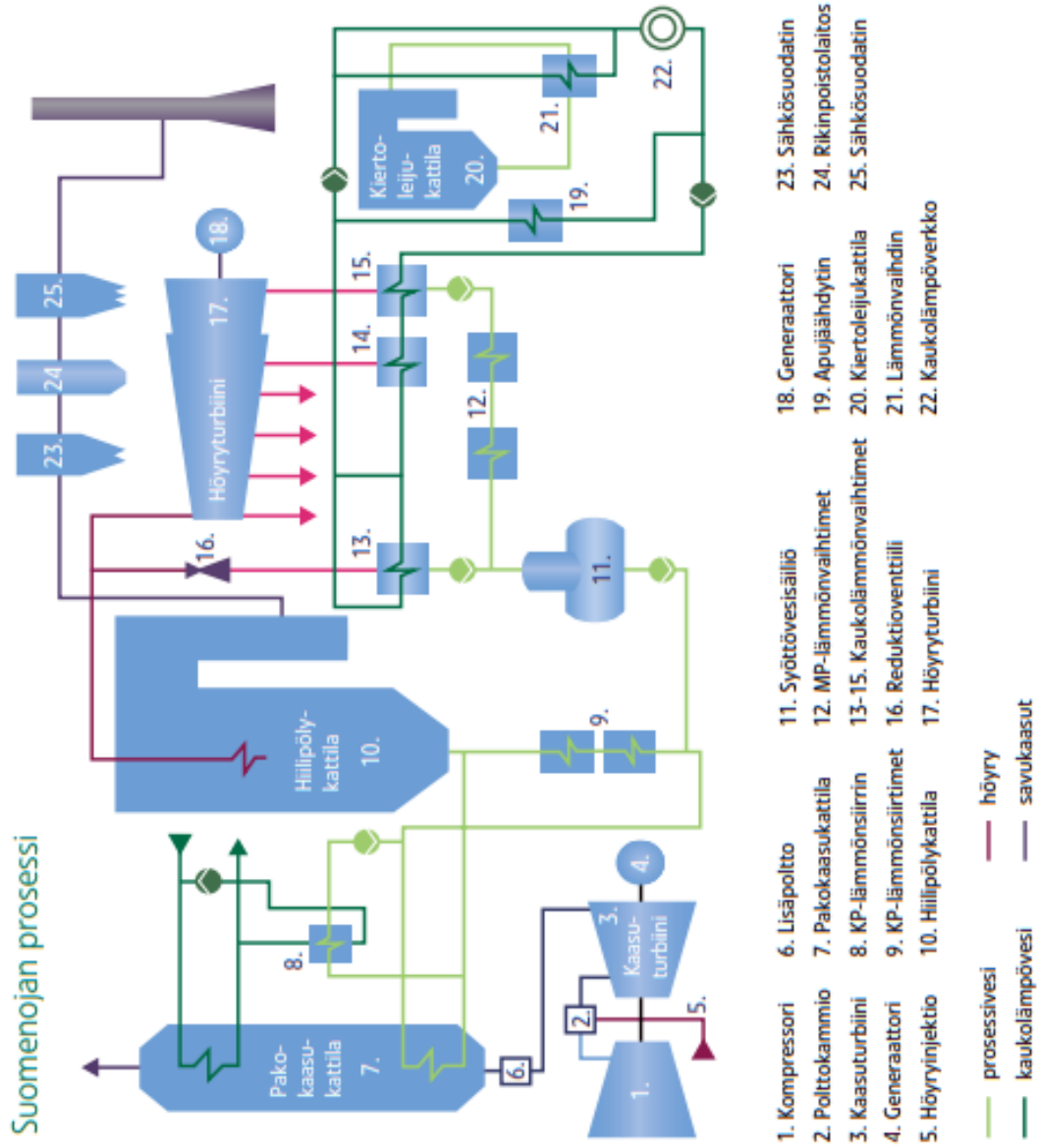
Liite 7. TOPi-pohja III

Liite 8. Raakavesialtaan ylivuoto

Liite 9. Vesitasekaavio vesimäärät (m³/a) vuodelta 2017

Liite 10. Toimenpide-ehdotus

Liite 1. Suomenojan voimalaitoksen prosessikaavio (Fortum 2015)



Liite 2. Voimalaitoksen yksiköiden tietoja (mukailtu Fortum 2017a, 18 - 21)

Yksikkö	Käyttöön- otto	Polttoaine	Polttoaine- teho MW	Sähkö- teho MW	Kaukolämpö- teho MW
Höyryvoimalaitos So1	1977	Kivihiili	256	80	160
Kombivoimalaitos So2	2009	Maakaasu	498	234	214
Leijupolttokattila- laitos So3	1986	Kivihiili ja maakaasu	89	0	80
Lämpöpumppulai- tos So4	2015	Jätevesien lämpö		0	45
Kaasuturbiinilaitos So6	1989	Maakaasu	132 Lisäpoltto 35	45	75
Apukattila So7	1977	Maakaasu	18	0	17

Liite 3. TOPi-pohja I

TOPi - [Report] Tiedosto Help

Raportointi Raportin muokaus Grafiikka Käsisyöttö Poistu

Ryhmä: Kemia Nimi: Roshana

Alku-aika: 20.03.2018 00:00 Leppu-aika: 02.05.2018 00:00

Laskeinta-ajaksi: minuutti 10 minuuttia tunti päivä

Hae arvot: Grafiikka

Hakemisto: Yleinen Trend

	1UA50F001 LISÄVESIMÄÄRÄ	2GHC3CF001 LISÄVEDEN VIRTALUS	3RL01F001 So3N LISÄVEDEN MAARA	6UD30F001 KTLN LISÄVESI	7RL03F001 APUK SYVEN MASSAVIRTA	7RQ40F001 HÖYRYN VIRTALUS	1RR04F001 JATKUVAAN ULOSPUHUH.	1RR01FM01 JATK ULOSPUHU MASSAV ENN	1RU25F901 LAUHT. TALTEENOTTOVIR	1UJZ70F906 Pehmennin 2 raskavesi	1UJZ70F Pehmen vesipöhi
	l/h	kg/s	kg/	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	m3	m3
5	Time	ka	ka	ka	ka	ka	ka	ka	ka	ka	ka
899	26.04.2018 06:00:00	4,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,7	26,3
900	26.04.2018 07:00:00	3,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,7	26,4
901	26.04.2018 08:00:00	4,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,8	26,0
902	26.04.2018 09:00:00	4,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,7	26,2
903	26.04.2018 10:00:00	4,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	2,1	25,0
904	26.04.2018 11:00:00	4,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,8	26,1
905	26.04.2018 12:00:00	5,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,9	0,0
906	26.04.2018 13:00:00	4,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,7	0,0
907	26.04.2018 14:00:00	4,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,9	0,0
908	26.04.2018 15:00:00	4,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,9	0,0
909	26.04.2018 16:00:00	4,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,8	0,0
910	26.04.2018 17:00:00	4,8	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,8	0,0
911	26.04.2018 18:00:00	5,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,9	0,0
912	26.04.2018 19:00:00	5,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,9	0,0
913	26.04.2018 20:00:00	5,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,9	0,0
914	26.04.2018 21:00:00	4,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,8	0,0
915	26.04.2018 22:00:00	4,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	2,0	0,0
916	26.04.2018 23:00:00	4,8	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,6	0,0
917	27.04.2018 00:00:00	4,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,7	0,0
918	27.04.2018 01:00:00	4,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,1	1,6	0,0

Status 25.2018 10:51 10.53 2.5.2018

Liite 4. TOPi-pohja II

TOPi - [Report]
Tiedosto Help

Raportointi

Raportin muokaus

Käsityö

Poistu

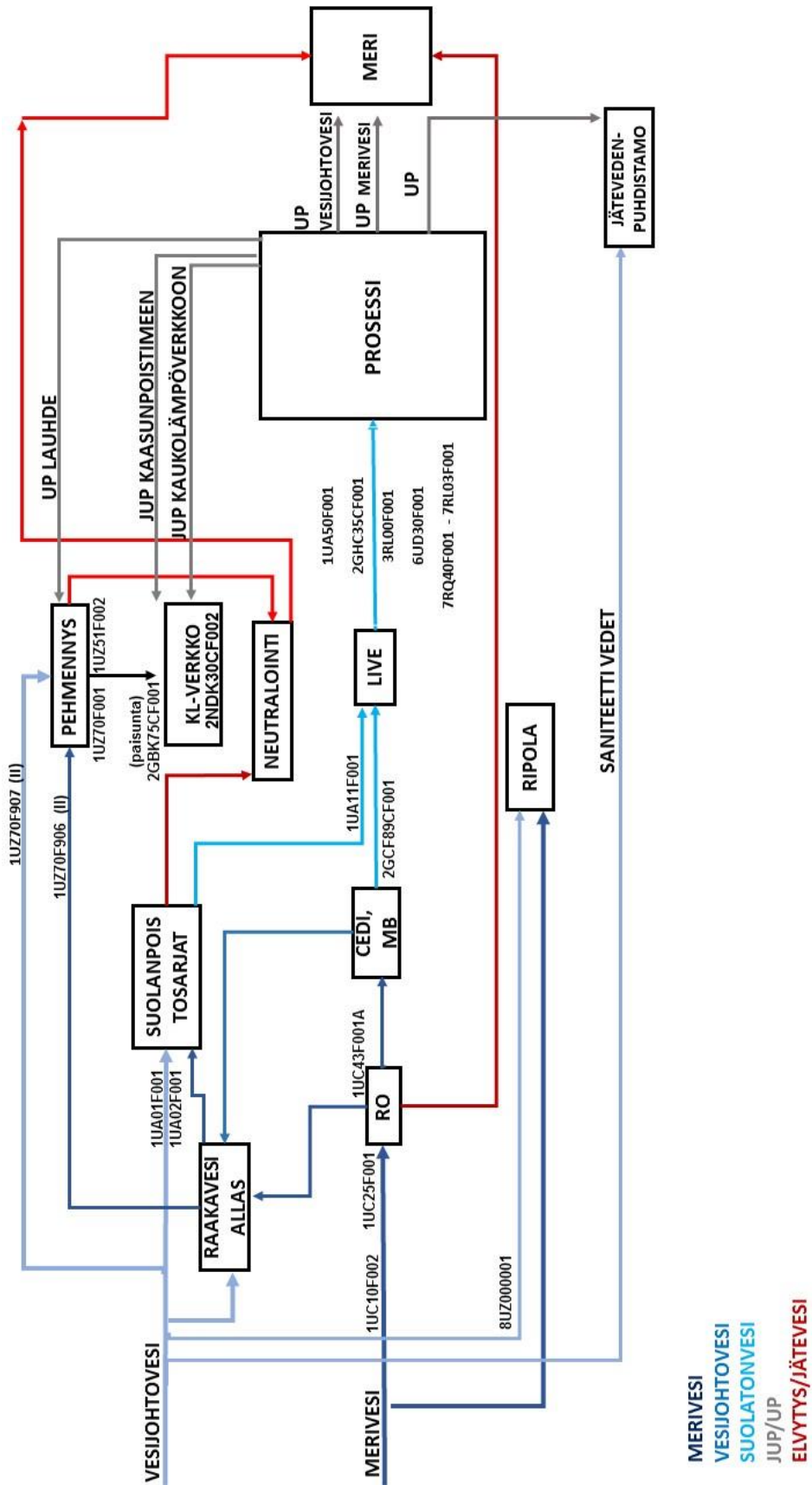
	1UZ51F002	2GBK75CF001	2NDK30CF002	2NDK30CF003	1UC10F002	1UC25F001	1UC43F001A	2GCF89CF001	1UA01F001	1UA02F001	1UA11F
	RAAKKAVESI PEHM SUOTIMELL	LISÄV. VIRT. KL-PAISUNTAS.	KLV PAISUNTAVIRTAUS	KLV PAISUNTAVIRTAUS	MERIVEDEN VIRTAUS	MERIVEDEN VIRTAUS	RO 1-2 perm. virtaus	MB TUOTEVEDEN VIRTAUS LVS	VEDEN VIRTAUS SARJALLE 1	VEDEN VIRTAUS SARJALLE 2	Virtaus
	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	m3/h	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s
Time	ka	ka	ka	ka	ka	ka	ka	ka	ka	ka	ka
899	26.04.2018 06:00:00	0,0	9,5	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	6,7	0,8
900	26.04.2018 07:00:00	0,0	9,7	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	6,7	0,8
901	26.04.2018 08:00:00	0,0	9,6	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	5,9	2,3
902	26.04.2018 09:00:00	0,0	9,7	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	3,5	1,9
903	26.04.2018 10:00:00	0,0	9,5	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	3,5	1,0
904	26.04.2018 11:00:00	0,0	9,6	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	3,5	1,1
905	26.04.2018 12:00:00	0,0	9,7	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	4,0	4,8
906	26.04.2018 13:00:00	0,0	9,6	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	4,9	3,0
907	26.04.2018 14:00:00	0,0	9,7	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	7,0	0,9
908	26.04.2018 15:00:00	0,0	9,6	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	7,0	0,9
909	26.04.2018 16:00:00	0,0	9,7	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	7,0	0,9
910	26.04.2018 17:00:00	0,0	9,5	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	7,0	0,9
911	26.04.2018 18:00:00	0,0	9,7	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	7,0	0,9
912	26.04.2018 19:00:00	0,0	9,5	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	6,4	1,2
913	26.04.2018 20:00:00	0,0	9,5	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	4,8	3,8
914	26.04.2018 21:00:00	0,0	9,7	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	4,8	4,5
915	26.04.2018 22:00:00	0,0	9,5	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	4,8	4,5
916	26.04.2018 23:00:00	0,0	9,7	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	4,8	4,5
917	27.04.2018 00:00:00	0,0	9,5	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	4,8	4,5
918	27.04.2018 01:00:00	0,0	9,5	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	4,8	4,5

Status

25.2018 10:53

10.54 2.5.2018

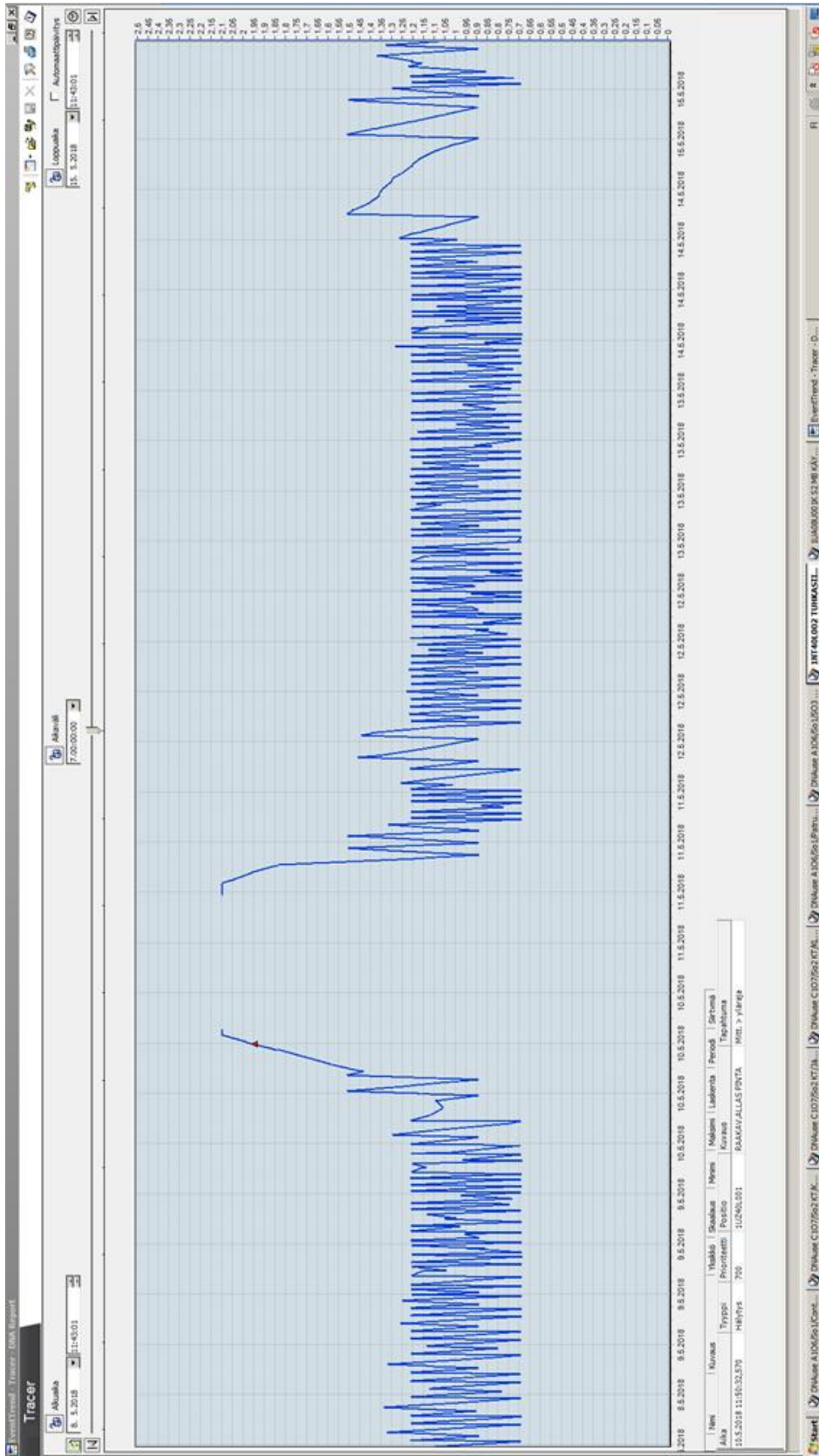
Liite 6. Vesitasekaavio positiolla



Liite 7. Lisävedenkulutuksen seurantaan tarvittavat positiot

Yksikkö	Lisäveden kulutus tunnus/laskenta	JUP tunnus/laskenta	JUP/UP KL- lisävedeksi tunnus/laskenta
So1	1UA50F001	1RR04F001	
So2	2GHC35CF001		
So3	3RL00F001		
So6	6UD30F001		
So7	7RQ40F001 - 7RL03F001		
Kaukolämpö	Vesijohtovesi tunnus/laskenta	Raakavesi tunnus/laskenta	UP lauhde tunnus/laskenta
Pehmennin I	1UZ51F901	1UZ51F904	
Pehmennin II	1UZ70F907	1UZ70F906	
	Veden virtaus tunnus/laskenta	Lauhde tunnus/laskenta	
Kaasunpoistin	1UZ70F001 + 1UZ51F002	2GBK75CF001 – (1UZ70F001 + 1UZ51F002)	
Paisuntasäiliö	2GBK75CF001		
KL-verkko	2NDK30CF002 - 2NDK30CF003(paluu)	2NDK30CF002 - 2NDK30CF003 - 2GBK75CF001	
Yksikkö	Huuhtelut / Rejekti / Elvytys tunnus/laskenta	Permeaatti tunnus/laskenta	
Hiekka- ja aktiivi- hiilisuodattimet	1UC10F002 - 1UC25F001	1UC25F001	
Käänteisosmoosi	1UC25F001 - 1UC43F001A	1UC43F001A	
CEDI, MB		2GCF89CF001	
Suolanpoistosar- jat	1UA01F001 + 1UA02F001 - 1UA11F001	1UA11F001	

Liite 8. Raakavesialtaan ylivuoto



Liite 10. Toimenpide-ehdotus

Kohde	Toimenpide-ehdotus
Virtausmittarit	Virtausmittareiden kalibrointi.
So1	JUP ja UP lauhteiden määrän selvittämiseksi, asennetaan rajatieto, joka ilmoittaa onko käynnissä talteenotto kaasunpoistimeen vai UP säiliöön. Jäähdytykseen käytetty vesijohtoveden määrä saadaan tällöin pumpun käyntitiedoista laskettua.
So2	Mikäli yksikön käyttö lisääntyy, on virtausmittaus tarpeellista lisätä. Mittaus kannattaa paikoittaa kaasunpoistimeen menevään linjaan, jotta saadaan mitattua myös kaasunpoistimeen lauhtuva höyry.
So3	Virtausmittarin lisääminen JUP putkeen, jotta saadaan tietoon UP säiliöön menevä määrä.
So3	Syöttövesisäiliön vedenoton hidastus, ottaa tällä hetkellä niin nopeilla sykäyksillä vettä, ettei syöttövesisäiliön kaasunpoisto pysy mukana. Myös lisäveden määrämittaus helpottuisi hidastuksen kautta.
Pehmentimet	Pehmentimen I laskennalliset mittaukset (vesijohtovesi 1UZ51F901, raakavesi 1UZ51F904) automaatiosta TOPiin.
Kaasunpoistin	Mittaus joka mittaa virtausta kaasunpoistimesta paisuntasäiliöön (2GBK75CF001) sijaitsee tällä hetkellä ennen kaasunpoistimen pintaa tasaavaa minikiertoa, mikä aiheuttaa mittausvirheitä tuloksiin. Kyseinen mittaus pitää säilyttää paikallaan, koska sen tehtävä on suojella pumppuja varmistamalla minimivirtaus käyttämällä ohitusta takaisin KL-kaasunpoistimeen. Uusi mittaus voitaisiin paikoittaa pitkälle tyhjälle osiolla minikierron jälkeen.
Rikinpoistolaitos	Rikinpoistolaitoksen vesijohtoveden (8UZ000001) mittaus automaatioon ja TOPiin. Nyt kirjataan käsin.
Mittarihuone	Laitokselle otettavan vesijohtoveden lukema automaatioon
Jäte- ja meriveden virtaus mereen	Virtausta mitataan ultraäänivirtausmittarilla (2PAB54CF001). Mittarin anturit on asennettu putken yläosaan, jolloin mittari lopettaa aina toiminnan, kun putki ei virtaa täytenä. Tästä aiheutuu iso virhe mittaustuloksiin. Vaihtoehtoina siirtää mittarin anturit putken alaosaan tai asentaa putkeen automaattinen ilmaus.
Suolanpoistosarjat	Väärin näyttävälle linjalle suodattava laskenta TOPiin. Raakaveden säädön ollessa kiinni jätetään huomioimatta linjan 3 kg/s näyttävä virtaama.
Raakavesiallas	Positio, joka laskee vesimäärän, kun altaan pinta on 2,1. Tällöin altaasta ylivuotona hukkaan valuvan puhtaan veden määrä on altaaseen tulevan veden ja lähtevän veden erotus.
Reaaliaikainen seuranta TOPiin	Kun aiemmat toimenpide-ehdotukset saadaan toimintaan, voitaisiin raportointipohjan lisäksi tehdä TOPiin myös reaaliaikainen seuranta.