



Janette Lindholm

Kemiran Joutsenon tehtaan vesitaseraportin automatisointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

5.2.2025

Tiivistelmä

Tekijä:	Janette Lindholm
Otsikko:	Kemiran Joutsenon tehtaan vesitaseraportin automatisointi
Sivumäärä:	24 sivua
Aika:	5.2.2025
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine:	Ympäristötekniikka
Ohjaajat:	Käyttöpäällikkö Tilda Nurminen Lehtori Indu Ambat

Kemira Chemicals Oy:lle toteutetussa opinnäytetyössä tavoitteena oli luoda ohjeistus vesitaseraportin automatisoinnille. Tarkoituksena oli käydä läpi vanha taseraportti, sekä muita taustatietoja, ja luoda näiden perusteella pohja automatisoidulle taseraportille. Työn aikana tutkittiin lisäksi mahdollisia kehityskohteita ja pyrittiin tarkentamaan taseraporttia.

Työ toteutettiin tarkastelemalla olemassa olevaa taseraporttia, tehtaan vesikiertoja sekä tuotantoprosesseja. Näiden pohjalta tunnistettiin raportin epätarkkuudet. Epätarkkuuksien poistamiseksi ehdotettiin parannuksia. Lopulta parannusehdotusten ja vanhan taseraportin pohjalta muodostettiin ohjeistusdokumentti, johon kirjattiin uuden raportin kannalta oleelliset tiedot. Esimerkiksi uuden raportin sisältö ja raportin muoto taulukoitiin ohjeistukseen positiolistauksineen.

Työn toteutus eteni suunnitelman mukaan. Lopputuloksena syntyi useita parannusehdotuksia, ja yhtenäinen ohjeistus helppokäyttöiseen raporttipohjaan. Ohjeistukseen laadittiin kaksi versiota raporttipohjasta, joista yritys voi valita tarpeisiinsa sopivamman. Valitettavasti työhön suunniteltujen virtausmittausten tulokset eivät olleet luotettavia tai käyttökelpoisia varsinaista taseraporttia varten. Vaikka virtausmittaukset jäävät tulevaisuudessa tehtäviksi, automatisoitu raporttipohja tuo silti helpotusta puolivuositaiseen vesitaseraportointiin.

Avainsanat: automatisointi, vesitase, vesitaseraportti, DNA Report

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Janette Lindholm
Title: Automatization Of the Water Mass Balance Report in
Kemira Joutseno Plant
Number of Pages: 24 pages
Date: 5 February 2025

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Energy and Environmental Technology
Professional Major: Environmental Technology
Supervisors: Tilda Nurminen, Operations Manager
Indu Ambat, Senior Lecturer

The goal of the thesis conducted for Kemira Chemicals Oy was to create instructions for the automation of a water balance report. The aim was to review the old water balance report, as well as other background information, and based on this, create a template for the automated water balance report. During the work, potential areas for improvement were also investigated, and the report was refined.

The thesis project was conducted by examining the existing water balance report, the plant's water circuits, and production processes. On the basis, inaccuracies in the report were identified. To eliminate these inaccuracies, improvements were suggested. Ultimately, based on the improvement proposals and the old report, an instruction document was created, which included the essential information for the new report. For example, the content of the new report and its format were outlined in the instructions, including position listings.

The execution of the thesis project proceeded according to plan. As a result, several improvement proposals were made, and a unified guide for an easy-to-use report template was created. Two versions of the report template were prepared in the instructions, from which the company can select the one that best suits its requirements. Unfortunately, the flow measurement results planned for the project were not reliable or usable for the actual water balance report. Although the flow measurements will be performed in the future, the automated report template still simplifies the semi-annual water balance reporting.

Keywords: automatization, water mass balance, water mass balance report, DNA Report

Sisällys

Lyhenteet

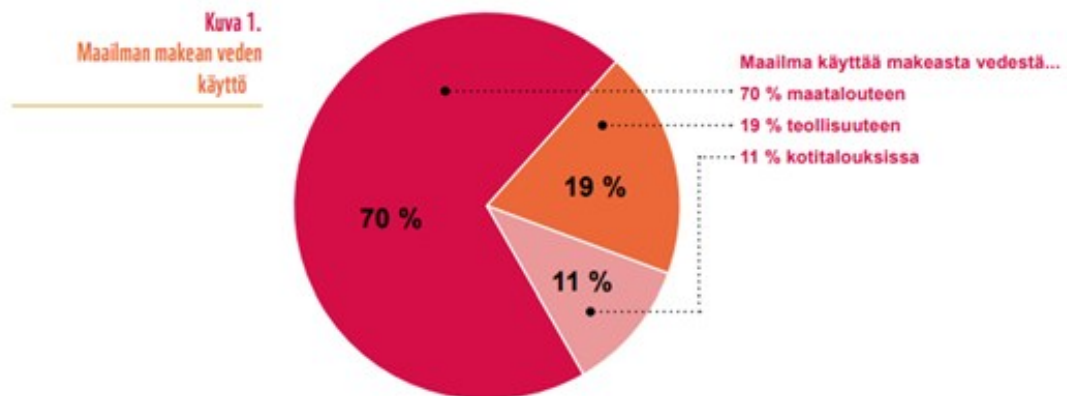
1	Johdanto	1
2	Kemira Chemicals Oy	4
2.1	Toimipisteen esittely	4
2.2	Vastuullisuustavoitteet	5
3	Vesitase	6
4	Veden kierrätys ja uudelleenkäyttö	7
5	Valmet DNA	9
6	Ultraäänivirtausmittari TransPort® PT878	9
7	Vastaava kehitysprojekti	9
8	Joutsenon tehtaiden vesitase	11
9	Ohje automatisoinnin toteutukseen	14
9.1	Taseraportin automatisoinnin hyödyt	14
9.2	Ohjeen laatiminen	14
9.3	Tarkennusehdotukset	17
9.3.1	Lipeän jäähdytysveden poisto	18
9.3.2	Lipeän raakaveden otto	18
9.3.3	Haihtuminen	18
9.3.4	Muuntajien jäähdytysvesi	19
9.3.5	Sadanta neutralointiin	19
9.4	Saimaaseen palautettava vesi	20
9.5	Veden ominaiskulutus	21
10	Loppupäätelmät	21
	Lähteet	23

Lyhenteet

- BAT:** Best Available Technique. Paras käyttökelpoinen tekniikka, eli ympäristölupamääräysten pohjaksi sopiva tehokas ja kehittynyt, sekä taloudellisesti ja teknisesti toteuttamiskelpoinen menetelmä.
- CDP:** Carbon Disclosure Project. CDP on ympäristötoimien arviointi- ja julkaisualusta sekä luokitusmenetelmä, jota voivat käyttää esimerkiksi yritykset ja kunnat.
- DEMIVESI:** Demineralisoitu vesi. Demineralisoitu vesi on puhdistettua vettä, josta on poistettu esimerkiksi suolat, ionit ja mineraalit.
- DNA:** Valmet DNA. DNA on teollisuudessa käytetty prosessinohjausjärjestelmä.
- PI-kaavio:** Putkitus- ja instrumentointikaavio. Kaavio, jossa esitetään yleensä koko laitoksen putket ja instrumentointi, kuten mittauslaitteet.
- YK:** Yhdistyneet Kansakunnat, United Nations

1 Johdanto

Puhtaan veden vähyys on ongelma, joka koskettaa lähes koko maailmaa. YK:n eli Yhdistyneiden Kansakuntien kestävä kehityksen tavoitteisiin on listattu puhdas juomavesi ja sanitaatio kaikille. [1.] Vuonna 2010 19 % koko maailman makean veden kulutuksesta kohdistui teollisuuteen, kun saman vuonna kotitalouksien käyttöön kului vain 11 % [2], kuten kuvassa 1 esitetään. Suomessa teollisuus kuluttaa vuosittain eniten makeaa vettä. Vuonna 2017 tehdyn tutkimuksen mukaan teollisuuden vedenkulutuksen odotetaan vain kasvavan vuoteen 2050 mennessä. [3.]



Kuva 1. Maailman makean veden kulutuksen jakautuminen [4, s. 9]

Veden kulutus ja jätevesien puhdistus aiheuttavat suuria kustannuksia teollisuudessa, etenkin yrityksille, jotka kuluttavat paljon vettä. Vastuullinen ja avoin toiminta luo yrityksille säästöjen lisäksi positiivista mainetta.

Ympäristönsuojelulaki [5, § 6] velvoittaa toimijan olemaan tietoinen toimintansa ympäristövaikutuksista ja siihen liittyvistä riskeistä. Myös riskien vähentämismahdollisuuksista tulee olla tietoinen, jotta toimintaa voidaan kehittää. Myös Best Available Techniques eli BAT-menetelmien käyttöä veloitetaan lailla. Ympäristölainsäädäntöä noudattavassa toiminnassa varmistetaan, että ympäristön,

vesistön ja pohjavesien pilaantumista voidaan ehkäistä ja estää. Vesitaseraporttia voidaan käyttää apuna myös näiden määräyksien toteutumisen varmistamiseen, vaikka laissa tai ympäristöluvassa sitä ei veloiteta tekemään. [5, § 6; § 7; § 8.]

Jotta veden käyttöä on mahdollista kehittää, on tiedettävä mihin vettä käytetään. Veden käyttöä on mahdollista tarkkailla ja kehittää käyttäen apuna vesitasetta. Vesitaseen tarkoitus on kuvata sekä systeemiin tuleva, että sieltä poistuva vesimassa. Lisäksi siinä kuvataan usein, miten vesi kiertää systeemissä. Tarkalla ja todenmukaisella vesitaselaskennalla voidaan tarkastella veden kulu- tusta ja parantaa toimintaa, jotta veden kestävä käytön tavoite toteutuu.

Työn tarkoituksena oli tarkastella olemassa olevaa vesitaselaskentaa ja valmistella sen siirto Valmetin DNA Report -ohjelmaan, joka on prosessinohjausjärjestelmä. Tavoitteena oli luoda yhtenäinen raporttipohja, jonka käyttö olisi helpompaa verrattuna aiempaan raporttiin. Ensimmäisenä kerättiin raporttiin tarvittavat tiedot vanhan taseraportin sekä ajojärjestelmän ja tehtaan putkitus- ja instrumentointikaavioiden pohjalta. Seuraavaksi analysoitiin taustatietoja ja kartoitettiin mahdollisuudet tarkentaa taseraporttia. Jotta raporttia voitiin tarkentaa, alueen tärkeimmät vesivirrat ja niiden suuruusluokat tuli ymmärtää. Tarkastelun perusteella laadittiin parannusehdotuksia uutta taseraporttia varten.

Kolmannessa vaiheessa suunniteltiin raporttipohja sekä ohjeistus taseraportin siirtoa varten. Tavoitteena oli laatia ohjeistus, jonka avulla saadaan myöhemmin rakennettua haluttu selkeä raporttipohja DNA Reportiin. Uuden taseraportin tuli olla helppokäyttöinen sekä selkeä. Käytettävän datan tuli siirtyä raporttiin automaattisesti. Viimeisenä suunniteltiin uutta raporttipohjaa vastaavat kuvat DNA-ajojärjestelmään. Kuvista tuli olla selkeästi havaittavissa, missä mitäkin vesijaetta käytetään ja mistä taseraportin arvot tulevat. Tarkoituksena oli, että tasekuvista löytää helposti kaikki taseeseen vaikuttavat tekijät.

Työn tilaajana toimi Kemira Chemicals Oy:n Joutsenon tehdas. Kemira on suomalainen kemikaalien valmistukseen erikoistunut yritys. Kemira toimii

maailmalaajuisesti ja kuuluu kemian alan johtaviin toimijoihin. Tuotteita käytetään esimerkiksi vedenpuhdistukseen ja selluntuotantoon.

2 Kemira Chemicals Oy

Kemira Chemicals Oy tuottaa kemikaaleja teollisuudenaloille, jotka kuluttavat runsaasti vettä. Yritys pyrkii toimimaan kestävästi ja tuottamaan kestäviä ratkaisuja asiakasyrityksille.

2.1 Toimipisteen esittely

Joutsenon toimipiste kuuluu Pulp & Paper -segmenttiin. Kemira osti toimipisteen vuonna 2005 [6]. Toimipaikalla tuotetaan esimerkiksi lipeää, natriumklooraattia ja suolahappoa teollisuuden ja vedenkäsittelyn tarpeisiin. Toimipisteellä on kaksi tehdasta, lipeä- ja klooraattitehdas, joista lipeätehtaalla tuotetaan kaikki tuotantolaitoksen tuotteet natriumklooraattia lukuun ottamatta. Tehdasalueella sijaitsee myös Adven Oy:n vetyvoimalaitos. Joutsenon toimipisteellä työskentelee noin 80 työntekijää. [7.] Kuten kuvasta 2 nähdään, tehtaan toiminnot on jaoteltu eri rakennuksiin.



Kuva 2. Joutsenon tehtaiden ilmakuva [8].

Kuvassa 2 on ilmakuva tehdasalueesta. Kuten kuvasta nähdään, tehtaan toiminnot ovat jakautuneet eri rakennuksiin hieman erilleen toisistaan. Tehdas

sijaitsee hyvällä paikalla asiakkaisiin nähden, sillä lähiympäristössä sijaitsee useampi iso sellutehdas. Sijainti on hyvä myös logistiikan kannalta, sillä tehtaan lähellä kulkee valtatie 6.

2.2 Vastuullisuustavoitteet

Vesitaseen raportointi ei ole varsinainen velvoite ympäristönsuojelulaissa eikä ympäristöluvassa mainittu raportointivaatimus. Vesitaseen ja veteen liittyvien parametrien seuraaminen on kuitenkin tärkeä osa Kemiran omia tavoitteita luonnonvarojen käyttöön liittyen. YK:n Kestävän kehityksen tavoitteiden kohdat 6, 8, 12, ja 13 ovat tärkeässä roolissa Kemiran liiketoiminnassa [9]. Nämä tavoitteet esitellään kuvassa 3.



Kuva 3. YK:n kestävän kehityksen tavoitteet [10].

Kuvassa 3 esitellään kaikki kestävän kehityksen tavoitteet, joita on yhteensä 17. Kestävän kehityksen tavoitteiden kohta 6. käsittelee puhtaan veden ja

sanitaation saatavuutta. Alatavoitteessa 6.4 käsitellään veden käytön tehokkuuden parantamista sekä makean veden kestäväää käyttöä:

6.4 Lisätä vuoteen 2030 mennessä merkittävästi vedenkäytön tehokkuutta kaikilla sektoreilla, varmistaa kestävä vedenotto ja makean veden riittävyys vesipulan ehkäisemiseksi sekä vähentää merkittävästi vesipulasta kärsivien määrää. [1.]

Jotta näihin tavoitteisiin päästään, Kemira on asettanut viisi pääteemaa tukemaan liiketoiminnan negatiivisten vaikutusten minimointia ja positiivisten vaikutusten maksimointia. Pääteemoihin on listattu myös vesi ja veden vastuullinen käyttö. Jatkuvalla vedenkäytön tarkastelulla ja optimoinnilla veden käyttöä on saatu vähennettyä 1,9 kuutiosta 1,3 kuution tuotetonna kohden vuosien 2019–2023 aikana. [11.] Lisäksi Kemira tavoittelee Carbon Disclosure Projectin eli CDP:in vastuullisuusluokitusta A vuoteen 2025 mennessä. CDP on maailmanlaajuinen ympäristökehityksen työkalu ja arviointimenetelmä, jolla voidaan asettaa yritykset vertailuasteikolle niiden ympäristötoimien mukaan [12]. Kemiran toimintaa ohjaa myös vastuullisuussuunnitelma, jossa sitoudutaan muun muassa vähentämään veden ja materiaalien kulutusta kiertotalouden periaatteiden mukaan [13].

3 Vesitase

Sekä puhtaiden vesien että jätevesien käsittelyn tärkeä osa on tuntea paikalliseen vedenkäsittelyyn liittyvät parametrit. Yksi näistä parametreista on veden massavirta, jota voidaan tutkia juuri vesitaseen avulla. Vesitaseella voidaan tutkia myös vesivirtojen laatua. [14.]

Vesitaseella tavoitellaan ymmärrystä veden kulkemisesta systeemissä. Siinä verrataan virtausta sisään ja ulos systeemistä. Vesitase lasketaan vähentämällä ulosvirtaus sisäänvirtauksesta (kaava 1).

$$\Delta S = Q_{in} - Q_{out} \quad (1)$$

Jossa

ΔS on systeemin vesivaraston muutos

Q_{in} virtaus sisään systeemiin

Q_{out} virtaus ulos systeemistä.

Vesivaraston muutoksen tulisi tarkassa vesitaseessa pysyä samana, jos ulosvirtaus ja sisäänvirtaus ovat yhtä suuret. Vesivaraston muutoksesta voidaan siis päätellä esimerkiksi, onko systeemissä vuotoja tai laskennassa epäkohtia. Hyvässä vesitaselaskennassa pyritään rajaamaan laskentaan sisällytettävä systeemi niin, että vesivarannon muutos saadaan mahdollisimman pieneksi. Tämä helpottaa ongelmien havaitsemista ja vähentää virheen mahdollisuutta. Systeemiä ei voida kuitenkaan rajata niin, että oleellisia tietoja jätetään pois. Sen sijaan esimerkiksi tehdasalueella tai sen lähellä sijaitsevat luonnonvedet, kuten purot, voidaan jättää taselaskelman ulkopuolelle. [15.]

Vesitaseen avulla voidaan sekä parantaa vedenkäytön tehokkuutta että havaita mahdollisia ongelmia ja poikkeamia veden käytössä. Tarkan vesitaseen avulla voidaan esimerkiksi puuttua putkivuotoihin, joita ei nähdä muualla prosessissa. Vesitasetta voidaan käyttää myös apuna toiminnan kehittämisessä. Paikantamalla taseraportista eniten vettä käyttävät kohteet voidaan niiden toimintaa muuttaa veden käytön kannalta tehokkaammaksi. Myös veden kierrätyksen mahdollisuudet on helpompi havaita, kun veden käyttöä ymmärretään paremmin.

4 Veden kierrätys ja uudelleenkäyttö

Veden kierrätyksen ja uudelleenkäytön määritelmät ovat useimpien lähteiden mukaan hyvin päällekkäiset. Esimerkiksi YK:n mukaan veden uudelleenkäyttö tarkoittaa käsitellyn tai käsittelemättömän jäteveden käyttöä ja veden kierrätys tarkoituksenmukaisesti käsitellyn veden tarkkailtua käyttöä samassa laitoksessa. Pääasiassa jaottelu kierrätetyn ja uudelleenkäytetyn veden välillä tehdään veden käsittelyn tarpeen mukaan. Jos vesi voidaan käyttää uudelleen ilman käsittelyä tai vähäisellä käsittelyllä, puhutaan yleensä veden uudelleenkäytöstä. Jos vettä joudutaan käsittelemään esimerkiksi kemiallisesti jotta se sopii

uuteen käyttötarkoitukseen, silloin vesi on kierrätettyä. Veden uudelleenkäytöstä voidaan puhua myös, kun siirretään vettä prosessista toiseen. Vastaavasti kierrätyksellä voidaan tarkoittaa jopa veden käyttöä eri sijainnissa täysin eri tarkoitukseen. EU:lla ei kuitenkaan ole suuntaviivaa kierrätyksen ja uudelleenkäytön erotteluun. [16.]

Veden uudelleenkäyttö on tärkeä näkökulma vesitaseraportoinnin lisäksi. Tehtaalla lähes kaikki Saimaasta pumpattu vesi kiertää pintalauhduttimien kautta, joissa se jäähdyyttää valmistettavan tuotteen lämpötilaa. Tämän jälkeen vesi käytetään muualla tehtaalla uudelleen jäähdystarkoitukseen. Suurin osa jäähdytysvedestä jäähdyytetään edelleen uudelleen tehtaalla jäähdystorneissa. Jäähdytysveden kierto voidaan siis määritellä myös veden uudelleenkäytöksi YK:n määritelmän mukaan.

Esimerkiksi vuonna 2023 CDP:in vesiturvallisuuden kyselyyn on sisällytetty kierrätetyn veden määrä. CDP määrittelee kierrätetyn tai uudelleen käytetyn veden olevan vettä, joka on käytetään käsiteltynä tai käsittelemättömänä uudelleen samaan tai eri prosessiin. Vesi voidaan siis laskea kierrätetyksi kunhan se käytetään useampaan kertaan systeemissä ennen veden poistumista systeemistä. CDP:in mukaan kierrätettynä vedenä pidetään samaan prosessiin uudelleen käytettyä vettä. Uudelleen käytetyn veden määritelmä taas on käyttö muualla, kuin alkuperäisessä käyttötarkoituksessa tai prosessissa. Esimerkiksi jäähdystornien kautta kiertävää jäähdytysvettä voidaan CDP:in määritelmän mukaan kutsua kierrätetyksi vedeksi, koska se käsitellään ja käytetään uudelleen samaan prosessiin. [12.]

Koska määritelmät eroavat hieman toisistaan, päätösvalta määrittelystä jää yritykselle. Eettisesti ajateltuna on yleensä parempi valita käytettäväksi tiukempi ja kattavampi määritelmä. Tässä tapauksessa perustellumman määritelmän on antanut CDP. Tässä määritelmässä on eritelty sekä veden kierrätyksen että uudelleenkäytön merkitys, eikä laadun määrittelyä jätetä harkinnan varaan.

5 Valmet DNA

Valmet tarjoaa teollisuuteen erilaisia automaatio- sekä ohjausjärjestelmiä. Yksi näistä järjestelmistä on Valmet DNA, jota käytetään laajasti teollisuudessa prosessinhallinnassa. DNA on Valmetin hajautettu ohjausjärjestelmä, joka on kehitetty teollisuuden prosessiautomaation avuksi. Ohjausjärjestelmään voi sisällyttää koko tuotannon prosessiautomaation, jotta käyttö on yhtenäistä ja yksinkertaista. [17.]

DNA Report -työkaluun voidaan luoda raporttipohjia, joihin voidaan liittää tietoja suoraan prosessimittauksesta. Prosessimittauksella voidaan tarkoittaa esimerkiksi prosessiin sijoitettuja virtausmittareita, johtokykyymittareita tai lämpötilamittareita. Älykkäässä ohjausjärjestelmässä mittarit on liitetty syöttämään mittaus-tiedot suoraan järjestelmään. Työn tarkoitus on laajentaa ohjausjärjestelmän käyttöä myös vesitaseeseen.

6 Ultraäänivirtausmittari TransPort® PT878

Työssä tehtyihin virtausmittauksiin käytettiin ultraäänivirtausmittaria. Käytetty mittari oli malliltaan TransPort® PT878. Mittarin toiminta perustuu ultraäänien kulkemiseen väliaineessa. Siihen kuuluu kaksi ultraääntä lähettävää ja vastaanottavaa anturia. Ne kiinnitetään putkeen pienen matkan päähän toisistaan. Molemmat anturit lähettävät ultraäänipulsseja samaan aikaan. Myötävirtaan kulkevat pulssit liikkuvat hieman nopeammin, kuin vastavirtaan kulkevat. Anturit mittaavat pulssin lähetyksen ja vastaanoton välistä aikaa. Vastavirtaan ja myötävirtaan kulkevien ultraäänipulssien kulkuajan erotus on suoraan verrannollinen nesteeseen virtaukseen. [18.]

7 Vastaava kehitysprojekti

Muutamia vastaavia kehitysprojekteja on tehty Suomessa muille teollisuudenaloille. Periaatteena kehitysprosesseissa on usein ollut tarkentaa vesitaseeseen käytettävää dataa, sekä laajentaa taseeseen sisällytettävää systeemiä. Vuonna

2016 Kemissä ja Anjalankoskella tehdyssä tarkastelussa havaittiin samankaltaisia kehityskohteita, kuin tässä Joutsenoon tehdyssä selvityksessä.

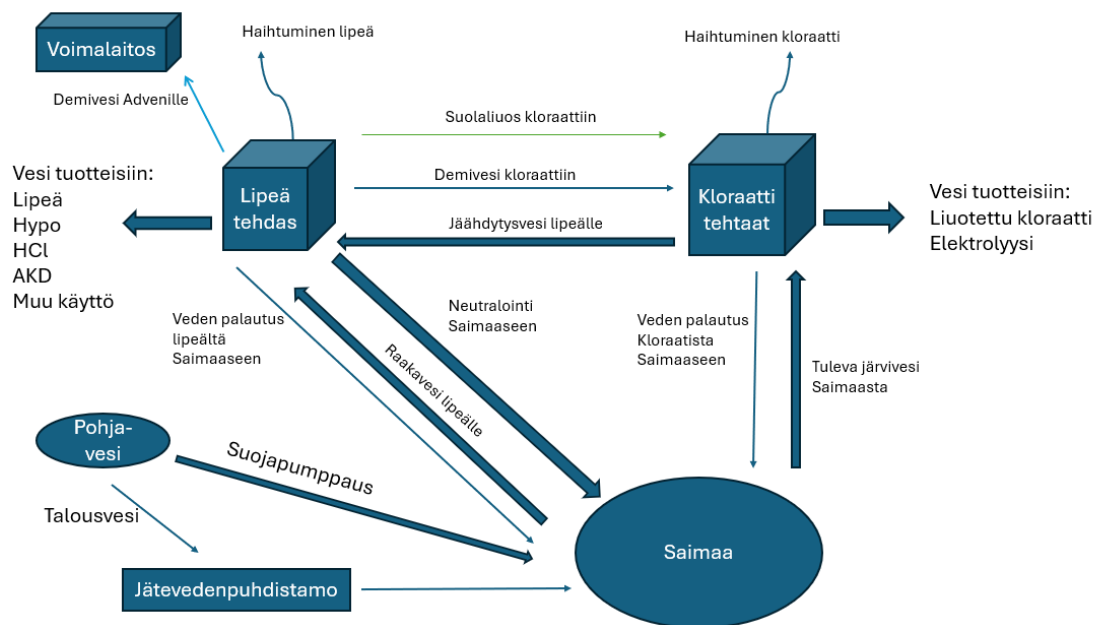
Metsä Fibren Kemin tehtaiden ja Stora Enson Anjalankosken tehdasintegraatin vesitaseiden tarkastelussa keskeisiä havaittuja ongelmia olivat etenkin virtausmittarien puutteellinen määrä ja tarkkuus. Laitosten iän takia myös tarvittavien mittareiden asentaminen todettiin hankalaksi. Lisäksi olemassaolevien mittareiden mittaustulokset olivat osin epäluotettavia. Etenkin jätevesivirtojen osalta mittareiden likaantuminen aiheutti haasteita luotettavien mittaustulosten saamiseen. Molemmilla tehtailla tehdasautomaatio kaipaisi yhtenäisyyttä, jotta vesiin liittyvät ohjaukuvat olisivat kaikilla osastoilla samat, eikä epätarkkuutta raportointiin syntyisi virheellisistä tiedoista automaatiossa. [19.]

Kehitysehdotukset Kemiin ja Anjalankoskelle erosivat toisistaan hieman. Kemin osalta kehitystä tarvittaisiin etenkin virtausmittauksiin. Selvityksen mukaan mittareiden määrää tulisi lisätä ja korvata vanhoja mittareita tarkemmilla. Kemin tehtaalla tulisi myös ottaa käyttöön selkeämpi ja yhtenäinen vesiraportti. Vaihtoehtoina tehtaalle esitettiin täysin automaattista raporttipohjaa sekä käsin täytettävää raporttia. [19.]

Joutsenon vesitaseen tarkastelussa työn tarkoitus oli sama kuin Kemissä ja Anjalankoskella. Työssä tarkasteltiin vesitaseen tarkkuutta ja esitettiin kehitysehdotuksia. Kuten Kemissä ja Anjalankoskella, itse toteutus ja investoinnit jäävät toimipaikan harkintaan. Sekä Kemissä että Anjalankoskella haasteet olivat samankaltaisia, kuin Joutsenonkin osalta. Useita vesitasetta varten tarvittavia mittauksia ei ole, johtuen osaltaan tehtaan iästä. Myöskään mittauksia, joita apuna käyttäen veden virtausta voisi laskea, ei löydy. Mittareiden puuttuminen aiheuttaa sen, että taselaskentaa ei voida pitää täysin luotettavana, koska osa arvoista perustuu arvioon. Toisaalta verrattuna Kemiin ja Anjalankoskeen mittareiden likaantuminen ei aiheuta epäluotettavuustekijää Joutsenossa. Joutsenon tehtaan veden kulkevat pääosin puhtaina ja veden laatu vaihtelee lähinnä pH:n osalta.

8 Joutsenon tehtaiden vesitase

Työn ensimmäisenä vaiheena oli selvittää tehtaiden vesikierrot ja veden kulkeminen. Työn onnistumisen kannalta oli tärkeää ymmärtää, miten vesi virtaa tehdasalueella. Työn tavoitteena ei ollut kuitenkaan puuttua veden ajamiseen eikä parantaa ajomalleja. Tästä syystä vesikiertojen tarkka esittely ei ole tämän opinäytetyön kannalta oleellista.



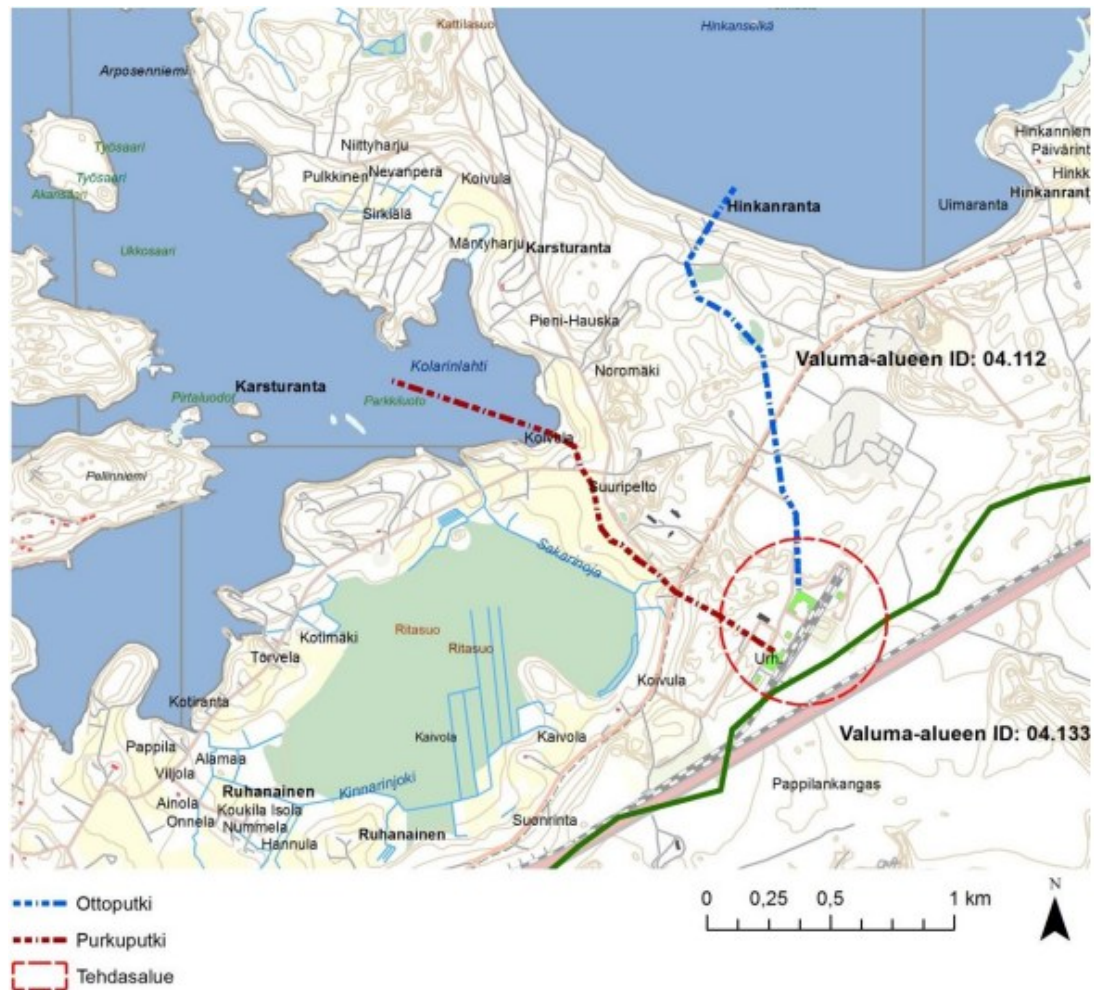
Kuva 4. Joutsenon tehtaan vesikierto

Kuten kuvasta 4 havaitaan, tehtaan vesikierto alkaa rantapumppaamolta, jossa pumpataan raakavettä suoraan Saimaasta. Suurin osa vedestä pumpataan suoraan kloraahtitehtaiden pintalauhduttimien käyttöön, minkä jälkeen vesi varastoidaan tehdasvesisäiliöissä. Osa rantapumppaamolta lähtevästä vedestä pumpataan suoraan lipeätehtaan käyttöön. Tehdasvesisäiliöön pumpatusta vedestä tehdään hiekkasuodatettua vettä, demineralisoitua vettä eli demivettä sekä korvataan jäähdytysveden poistoa. Tehtaan jäähdytysvesikierto on käytännössä suljettu kierto, josta kuitenkin poistuu vettä sekä luonnollisesti haihtuen että lämpiminä aikoina ohjatuksi oikean lämpötilan säilyttämiseksi.

Jäähdytysvesi kiertää jäähdytyskohteiden ja jäähdytystornien välillä. Jäähdytystorneissa vesi jäähtyy luovuttaen ilmaan energiaa, jolloin samalla osa vedestä haihtuu.

Sekä hiekkasuodatettu vesi että demivesi käytetään tuotteiden valmistukseen. Tämä tarkoittaa, että iso osa tehtaalta poistuvasta vedestä poistuu sitoutuneena tuotteisiin. Lähes kaikkiin tuotteisiin on sitoutunut vettä, joten poistuvan veden määrä tietyllä ajanjaksolla on riippuvainen valmistetuista tuotteista. [20.]

Osa prosessista poistuvasta vedestä neutraloidaan veden ominaisuuksien mukaan. Neutralointi tapahtuu panoksina. Neutraloinnin tarkoituksena on korjata jäteveden pH haluttuun arvoon. Tämä tapahtuu käytännössä lisäämällä veteen joko happoa tai emäksistä lipeää. Sekä poistuva jäähdytysvesi että neutraloitu vesi lasketaan takaisin Saimaaseen purkuputkea pitkin, jonka sijainti on havainnollistettu kuvassa 5. Prosessin vesien lisäksi poistuu myös allastetuille alueille sekä osalle lastauspaikoista kertyvää sadevettä. Loput asfaltoiduille alueille tulevasta sadannasta valuu imeytyskentille eri puolilla tehdasaluetta. [20.]



Kuva 5. Veden purkuputken sijainti punaisella katkoviivalla merkittynä [8].

Kuten kuvassa 5 on esitetty, purkuputki sijaitsee Saimaan Kolarinlahdessa. Putken pää on seitsämän metrin syvyydessä veden alla. Sinne laskettavan veden lämpötila on kesäisin korkeintaan 45 °C ja talvisin 21 °C. Purkuputkesta Saimaaseen palautettavan veden kromipitoisuudelle on asetettu päästöraja, koska tehdasalueella käsitellään kromipitoisia kemikaaleja. [8.]

Tehtaan talousvedet pumpataan porakaivosta ja puhdistetaan tehdasalueella jätevedenpuhdistuslaitoksella ennen Saimaaseen palauttamista. Lisäksi tehdasalueella toteutetaan pohjaveden suoja-pumppausta. Suoja-pumpattu pohjavesi ajetaan neutraloinnin kautta Saimaan purkuputkeen. Tehdasalueella sijaitsevan jätevedenpuhdistamon toiminta perustuu biologiseen ja kemialliseen puhdistukseen. Vedestä puhdistetaan suuret kiintoaineet välppämällä, jonka jälkeen se

ohjataan tasausaltaaseen ja sieltä ilmastusaltaaseen. Tämän jälkeen puhdistettu vesi pumpataan Saimaan purkuputkeen. [20.]

9 Ohje automatisoinnin toteutukseen

Automatisointia varten laadittiin ohjeistus, josta selviää kaksi vaihtoehtoista toteutustapaa. Vanhaan raporttipohjaan nähden ohjeistus sisältää myös uusia huomioitavia kohtia, joilla pyritään parantamaan taseraportin tarkkuutta.

9.1 Taseraportin automatisoinnin hyödyt

Ennen työn aloitusta vesitaselaskenta oli sijoitettuna Microsoft Exceliin. Exceliin ajettiin puolivuositain mittaustiedot DNA:lta ja syötettiin käsin laskennalliset arvot, sekä tiedot, joita ei saada suoraan DNA:lta. Excel oli lisäksi raskas, joten sen käyttö oli haastavaa.

DNA:lle siirrolla saadaan vesitaseraportin tuottamisesta yksi turha välivaihe pois, kun tietojen ajaminen DNA:lta Exceliin poistuu. Lisäksi raportin seuraaminen ja tarkkailu helpottuu. Raportti voidaan avata nopeasti milloin vain suoraan DNA Reportissa. Myös mahdollisten veteen liittyvien ongelmien havainnointi voi olla nopeampaa automatisoidun taseraportin avulla. Raporttiin lisätään aikavälin valinta, jolloin esimerkiksi kuukauden ajalta virtaama-arvoja voidaan tarkkailla ja havaita mahdolliset poikkeamat. Tällaisia poikkeamia voivat olla esimerkiksi pienet vuodot putkien osissa, mitkä eivät ole näkyvällä paikalla tehdasalueella.

9.2 Ohjeen laatiminen

Vesitaseraportin siirto Excelistä DNA:lle tehdään myöhemmin. Jotta siirto onnistuu vaivattomasti, sitä varten laadittiin ohjedokumentti. Raportin automatisointia varten laadittiin kaksi vaihtoehtoista pohjaa, joiden mukaan siirto voidaan toteuttaa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa noudatetaan vanhan raportin muotoa, jossa vesijakeet on jaoteltu niiden mittausposition sijainnin mukaan. Tässä versiossa veden käyttöpaikka tulee esille selkeästi. Myös veden kulkeminen tehtaiden

välillä hahmottuu selkeästi jaottelussa, jossa jakeet on esitetty taulukossa tehdaskohtaisesti jaettuna. Toisessa vaihtoehdossa vesijakeet on jaoteltu niiden laadun mukaan. Tämä toisaalta helpottaa eri jakeiden kulkemisen ja käytön hahmottamista.

Ensimmäisenä ohjeessa on molempien vaihtoehtojen positiolistaus, sekä virtauksen laskentaperuste. Suurin osa vanhan raportin arvoista tuotiin Exceliin aikavälin kunkin päivän keskiarvoisen tuntivirtaamana. Nämä arvot kerrottiin 24 tunnilla, jotta saatiin päivän koko virtaama. Jotta raporttia voidaan tarkentaa, kaikki virtausmittaukset raportoidaan jatkossa virtauslaskurina. Näin virtaamat perustuvat täysin mittaustuloksiin, eivätkä keskiarvoihin. Osa virtaamista raportoidaan edelleen laskennallisina arvoina ja osa arvoista perustuu laskennallisiin keskiarvoihin. Taulukossa 1 on esitetty esimerkki positiolistauksesta.

Taulukko 1 Esimerkki positiolistauksesta

Selite	Positio	Laskentaperuste
Demiveden virtaus	Positio X	Virtauslaskuri
Demivesi tuotteeseen Y	Positio Y	Virtauslaskuri
Demivesi tuotteeseen Z	Positio Z	Virtauslaskuri
Demiveden käyttö yhteensä	Ei positiota	= Demivesi tuotteeseen Y + Demivesi tuotteeseen Z

Laaditun ohjeen taulukkoon on sisällytetty myös tarkennusehdotukset, jotka käydään läpi myös myöhemmin luvussa 9.3. Ohjetaulukossa parannusehdotukset on erotettu jo käytössä olevista raportin osista kursivoidulla fontilla. Positiolistauksen lisäksi ohjeeseen on laadittu ohje siitä, miltä lopullinen raportti näyttäisi DNA Reportissa. Esimerkki tästä ohjeesta on taulukossa 2.

Taulukko 2 Esimerkki lopullisen taseraporttitaulukon rakenteesta

Selite	Tulos
Demiveden virtaus	100 m ³

Kuten taulukossa 2 esitetään, taseraporttitaulukkoon suunniteltiin tulevan näkyville vain selite ja tulos. Raportointitaulukko luodaan niin että tulos voidaan laskea halutulle aikavälille kertomalla tilavuusvirta valitulla aikavälillä (kaava 2).

$$V = v * t \quad (2)$$

Jossa

V on kokonaisvirtaaman tilavuus kuutioina
 v on tilavuusvirta yksikössä m^3/h
 t on valittu ajanjakso yksikössä h.

Tällöin taseraporttia voidaan käyttää apuna joko lyhyen tai pitkän aikavälin kokonaisvirtausten seurantaan. Normaali raportointiväli on puoli vuotta, joten se asetetaan oletusaikaväliksi raporttitaulukkoon. Taulukko laskee valitun aikavälin päivien lukumäärästä aikavälille sijoittuvan tuntimäärän.

9.3 Tarkennusehdotukset

Työn tavoitteena oli tarkastella vesitasetta myös parannusehdotusten kannalta. Vesitaseraporttiin ja tehtaan vesilinjoin tutustuttaessa havaittiin useita kohtia, joilla vesitaseraporttia voitaisiin tarkentaa. Parannusehdotuksilla ei puututa tehtaan vesien ajomalleihin, vaan pyritään parantamaan vesitaseraportin tarkkuutta.

Valitettavasti oppilaitokselta lainatusta virtausmittarista puuttui putkeen kiinnitykseen tarvittava osa. Tästä johtuen saatujen mittaustulosten tarkkuudesta ei voitu olla varmoja, eikä mittaustuloksia voitu käyttää tähän opinnäytetyöhön. Mittarin oikeanlainen ja riittävän tiivis kiinnitys vaikuttaa mittaustulokseen, koska mittari laskee ultraääniaallon kulkuajan perusteella virtausnopeuden, jolloin esimerkiksi mittarin liikahtaminen putken pinnalla voi vaikuttaa mittauksen tarkkuuteen. Tarkentavien mittausten tekeminen jää yrityksen tehtäväksi, jos se koetaan jatkossa tarpeelliseksi. Mainittuja kohtia voidaan tarkentaa myös asentamalla kiinteitä mittauksia. Ehdotetuilla muutoksilla parannetaan teoriassa taseraportin tarkkuutta, mutta myös ne perustuvat arvioihin. Parhaimman ja tarkimman taseraportin saa tarkkailemalla mittauksia jatkuvatoimisella virtausmittauksella.

9.3.1 Lipeän jäähdytysveden poisto

Yhtenä suurena epätarkkuutena vesitaseraportissa oli lipeän jäähdytysveden poiston virtaus, jota ei mitata. Virtausta säädellään automaattiventtiilillä jäähdytysveden lämpötilan mukaan. Esimerkiksi kesällä jäähdytysveden lämpötilan noustessa poistoa täytyy tehdä enemmän, jotta lämmintä vettä voidaan korvata viileämmällä. Taseraportin tarkentamiseksi suunniteltiin virtausmittaus, jolla saatiin arvioitua karkeasti poistoputken tilavuusvirta venttiilikulman mukaan. Virtausmittaus yritettiin suorittaa kolmella eri venttiilikulmalla. Näiden venttiilikulmien tilavuusvirtojen mukaan voitaisiin laskea keskiarvo 1 %:n venttiilikulmalle. Tällä saadulla keskiarvolla voidaan jatkossa määrittää teoreettinen tilavuusvirta valitulla ajanjaksolla, kun historiatrendistä nähtävä venttiilin käyttöaika kullakin venttiilikulmalla kerrotaan 1 %:n venttiilikulman lasketulla tilavuusvirralla.

9.3.2 Lipeän raakaveden otto

Lipeätehtaan raakaveden otto on arvioitu vesitaseraporttiin, mutta sitä ei ole mitattu. Myös tämän virtauksen mittauksella saataisiin raportin tarkkuutta parannettua. Lipeän raakaveden otolle yritettiin suorittaa samanlainen mittaus, kuin lipeän jäähdytysveden poistolle. Myös tätä virtausta säädetään automaattiventtiilin avulla, joten jatkossa arvio virtauksesta voitaisiin laskea raporttiin venttiilikulman historiatrendin avulla.

9.3.3 Haihtuminen

Toisin kuin klooraattitehtaiden osalta, lipeätehtaan jäähdytysveden jäähdytystornien sekä suolahappopolttimien jäähdytystornien haihtuvaa vettä ei ole huomioitu vanhassa vesitaseessa. Klooraattitehtaiden haihtuva vesi voidaan laskea virtausmittausten ja lämpötilamittausten avulla. Lipeätehtaalla näitä mittauksia ei ole saatavilla. Jotta haihtuvan veden määrää voitiin arvioida vesitasetta varten, laskettiin teoreettinen haihtumishäviö kaikille jäähdytystorneille, joista mittaus-tietoja ei ollut saatavilla. Haihtumishäviön teoreettinen arvo E voidaan laskea jäähdytystornin toimintakuvauksessa kerrotun jäähdytystehon avulla (kaava 3).

$$E = \frac{Q}{\lambda} * 3,6 \quad (3)$$

Jossa

Q on jäähdytysteho

λ on veden ominaishöyrystymislämpö.

Nämä teoreettiset arvot on huomioitu automatisoidussa raportissa kiinteänä kenttänä, jossa haihtumiselle on annettu arvo tuntia kohden. Haihtumishäviön lisäksi jäähdytystorneista syntyy juokсутushäviötä. Juokсутushäviö jätettiin huomiotta, sillä sitä ei voida arvioida laskemalla.

9.3.4 Muuntajien jäähdytysvesi

Tehtaan tasasuuntaajien muuntajille virtaa tasaisesti jäähdytysvettä ympäri vuoden. Tämä jäähdytysvesi poistuu suoraan Saimaan purkputken kautta. Jotta tämä systeemistä poistuva vesi voitaisiin jatkossa huomioida, tulisi suorittaa jäähdytysvesilinjan virtausmittaus. Virtausta säädetään käsiventtiilin avulla, mutta todellisuudessa virtaus on lähes sama ympäri vuoden. Tämän perusteella vesitaseraporttiin voidaan lisätä kenttä, jossa on kiinteä arvo veden virtaukselle tuntia kohden, josta automatisoitu raportti laskee kokonaisvirtaaman tilavuuden (kaava 2).

9.3.5 Sadanta neutralointiin

Vanhassa vesitaseraportissa sadantaa ei ole huomioitu. Sadeveden määrä vaikuttaa kuitenkin neutralointiin päätyvään vesimäärään, koska tehdasalueella on ulkona allastettuja säiliöitä, joiden altaisiin kertynyt sadevesi pumpataan neutralointiin. Huomioimalla neutraloitavan veden määrässä sadevesi saadaan vesitaseesta yhä tarkempi.

Vuotuinen keskimääräinen sadanta voidaan määrittää laskennallisesti käyttäen alueen tilastoihin perustuvaa keskimääräistä sadantaa. Tehdasalueella

asfaltoiduille alueille satanut vesi valuu alueittain neljälle eri imeytyskentälle. Lisäksi sadevettä kertyy allastetuille alueille säiliöiden ympärillä. Allastetuilta alueilta sadevesi pumpataan neutralointiin. Vuosittainen keskimääräinen sademäärä Joutsenon alueella on 600–650 mm/a [21]. Tämä tarkoittaa yhden neliömetrin alueelle 600–650 litran sademäärää vuodessa. Neutralointiin päätyvän sadeveden osuus voidaan laskea kertomalla vuotuisen sadannan keskiarvo allastettujen alueiden pinta-alalla (kaava 4).

$$P = P_{av} * A \quad (4)$$

Jossa

P on sadanta allastetuille alueille

P_{av} on vuotuisen sadannan keskiarvo

A on allastettujen alueiden yhteenlaskettu pinta-ala.

Uutta vesitaseraporttia varten vuotuinen sadanta voidaan ottaa huomioon vähentämällä neutraloitavasta vedestä sadanta P . Koska vesitaseraportti haetaan puolivuositain, sademäärä jaetaan kahdella. Sadantaa varten ei ole varattu omaa kenttää, koska ilman sademittaria laskennallinen vuotuinen sadanta pysyy samana vuodesta toiseen. Sen sijaan sadanta on sisällytetty suoraan neutraloitavan veden määrään uudessa raporttipohjassa.

9.4 Saimaaseen palautettava vesi

Saimaaseen palautettavan veden määrää ei mitata tällä hetkellä. Vesitaseraportin tärkeimpiä tietoja ovat systeemiin otettava ja systeemistä poistuva virtaus. Saimaaseen palautettava vesi muodostaa suurimman virtauksen pois systeemistä, joten sen mittaaminen toisi suuren tarkennuksen vesitaseeseen.

9.5 Veden ominaiskulutus

Veden ominaiskulutuksella tarkoitetaan veden kulutusta suhteutettuna tuotantomäärään [19]. Ominaiskulutuksen laskeminen auttaa vuosittaisen kehityksen seurannassa, kun käytettyä vesimäärää voidaan verrata tuotannon kehitykseen ja muutoksiin. Veden ominaiskulutusta voidaan käyttää myös esimerkiksi eri tehtaiden väliseen vedenkulutuksen vertailuun. Ominaiskulutusta voidaan kuitenkin pitää vertailukelpoisena vasta, kun laskentaan käytettävät mittaustulokset ovat laadukkaita ja paikkaansapitäviä. Tämä tarkoittaa virtausmittausten lisäämisen tarvetta, jotta laskentaan käytettävät mittaustulokset eivät perustuisi arviointiin. Jos Joutsenon tehtaiden veden ominaiskulutus S tuotetonna kohden halutaan laskea, se voidaan tehdä jakamalla veden tilavuus ajanjaksolla tuotettujen tuotteiden kokonaismassalla (kaava 5).

$$S = \frac{V}{m} \quad (5)$$

Jossa

V on ajanjaksolla kulutetun veden kokonaistilavuus kuutioina

m on ajanjaksolla tuotettujen tuotteiden kokonaismassa tonneina.

Esimerkiksi selluteollisuudessa veden ominaiskulutukselle on määritetty BAT. BAT-dokumentissa vesimäärät ilmoitetaan syntyvän jäteveden määränä. [19.] Kemianteollisuudelle vastaavia arvoja ei ole. Tulevaisuudessa veden ominaiskulutusta voidaan käyttää tehdaskohtaisen kehityksen mittarina ja vertailuarvona useiden tehtaiden kesken.

10 Loppupäätelmät

Työn tavoitteena oli helpottaa Kemiran Joutsenon tehtaan vesitaseraportointia. Tätä varten suunniteltiin uusi vesitaseraporttipohja sekä laadittiin ohjeistus,

jonka avulla raportti voitaisiin siirtää tulevaisuudessa DNA Report -ohjelmaan. Vesitaseraportti on tehtaalle tärkeä ympäristöraportoinnin työkalu, joten on tärkeää, että taseraportti on saatavilla helposti ja sen sisältö on luotettavaa. Automatisoimalla raporttipohjan ja datan haun säästetään myös ylimääräistä työtä.

Jo työtä aloittaessa oli selvää, että kaikkia vesitasetta varten tarvittavia virtausmittauksia ei ollut olemassa. Osa vesitaseen arvoista saatiin laskennallisina tuloksina ja osa perustui arvioihin. Työn aikana tehtyjen virtausmittausten epäonnistumisen myötä laskettujen virtaamien todentaminen jää yrityksen tehtäväksi. Vesitaseraportin tarkkuutta pyrittiin parantamaan myös lisäämällä taseraporttiin huomioitavia ulosvirtauksia, kuten jäähdytystornien haihduttama vesi. Jatkossa raportin tarkentamista voidaan jatkaa asentamalla kiinteitä virtausmittauksia luvussa 9.3 mainittuihin kohteisiin. Jatkuvatoimisten mittausten lisääminen on tehtaaseen vesitaseen kannalta oleellisin kehityskohde. Vesitase perustuu systeemiin sisään ja systeemistä ulos virtaavan veden erotukseen. Etenkin Saimaaseen poistuvan veden mittaaminen antaisi lisäarvoa vesitaseelle, sillä tällä hetkellä poistuvan veden määrää ei voida laskea tarkasti. Myös lipeän jäähdytysveden poiston jatkuvatoiminen mittaus tarkentaisi poistuvan veden määrän laskentaa. Sisään systeemiin otettavan vesimäärän tarkennus onnistuisi tarkentamalla arviota lipeän raakaveden otosta tai asentamalla jatkuvatoiminen virtausmittari raakaveden ottoon myös lipeätehtaan puolelle.

Työn toteutus onnistui suunnitelman mukaan, vaikka suunnitellut virtausmittaukset eivät antaneet lisäarvoa taseraportin tarkkuuteen. Toteutuksen onnistumista lisää se, että parannusehdotuksia löytyi useasta eri näkökulmasta, kuten tuotannon veden ominaiskulutuksen lisääminen vesiraportointiin.

Taseraportin siirtäminen DNA Report -ohjelmaan jää yrityksen tehtäväksi myöhemmin. Siirto voidaan kuitenkin nyt tehdä vaivattomasti valmiin suunnitelman pohjalta. Uuteen automatisoituun taseraporttiin on myös helppoa jatkossa lisätä mittaushkohteita, jos uusia virtausmittareita asennetaan.

Lähteet

- 1 Puhdas vesi ja sanitaatio. Verkkoaineisto. Suomen YK-Liitto. <<https://www.ykliitto.fi/puhdas-vesi-ja-sanitaatio>>. Luettu 30.11.2024.
- 2 Valuing water. Verkkoaineisto. <https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarc-def_0000375724&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_db06f7c4-b33f-4833-be56-bbf54afdee3f%3F_%3D375724eng.pdf&updateUrl=updateUrl7617&ark=/ark:/48223/pf0000375724/PDF/375724eng.pdf.multi&fullScreen=true&locale=en#WWDR%202021%20EN%20report.indd%3A.56903%3A2398>. Luettu 21.12.2024.
- 3 Karismo, Anna. 2017. Vedestä tuli yrityksille riski – miljardien eurojen kysymys on suurelta osin ratkaisematta. Verkkoaineisto. Yle. <<https://yle.fi/a/3-9522618>>. Päivitetty 25.3.2017. Luettu 20.12.2024.
- 4 Nikula, Jussi. Suomen vesijalanjälki. Verkkoaineisto. WWF Suomi. <https://wwf.fi/app/uploads/z/i/y/t2zi2zza3jpxr44qvrk5e2d/vesijalanjaelkiraportti_final.pdf>. Luettu 20.12.2024.
- 5 Ympärisönsuojelulaki. 2014. 527/27.6.2014.
- 6 Finnish Chemicalsin nimeksi Kemira Chemicals. Verkkoaineisto. Kemira Oyj. <<https://www.kemira.com/fi/ajankohtaista/uutishuone/uutiset/finnish-chemicalsin-nimeksi-kemira-chemicals/>>. Luettu 5.9.2024.
- 7 Tervetuloa Joutsenoon. Yrityksen sisäinen dokumentti. Kemira Chemicals Oy.
- 8 Joutsenon klooraattitehtaan laajennuksen ympäristövaikutusten arviointiohjelma. 2016. Verkkoaineisto. Pöyry Finland Oy. <<https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/arviointiohjelma12042016.pdf>>. Luettu 1.9.2024.
- 9 Vastuullisuus on strategiamme ytimessä. Verkkoaineisto. Kemira Oyj. <<https://www.kemira.com/fi/konserni/vastuullisuus/>>. Luettu 15.9.2024.
- 10 Kestävä kehitys. Verkkoaineisto. Suomen YK-liitto. <<https://www.ykliitto.fi/kestava-kehitys>>. Luettu 2.9.2024.
- 11 Puhdasta ja turvallista vettä. Verkkoaineisto. Kemira Oyj. <<https://www.kemira.com/fi/konserni/vastuullisuus/vesi/>>. Luettu 21.8.2024.

- 12 CDP Water Security 2023 Reporting Guidance. 2023. Verkkoaineisto. CDP. <[https://guidance.cdp.net/en/guidance?cid=48&ctype=theme&idtype=The meID&incchild=1µsite=0&otype=Guidance&tags=TAG-646%2CTAG-607%2CTAG-599](https://guidance.cdp.net/en/guidance?cid=48&ctype=theme&idtype=The%20meID&incchild=1µsite=0&otype=Guidance&tags=TAG-646%2CTAG-607%2CTAG-599)>. Luettu 11.12.2024.
- 13 Kemira Sustainability Policy Commitment. 2023. Verkkoaineisto. Kemira Oyj. <<https://www.kemira.com/app/uploads/2024/03/kemira-sustainability-policy-commitment-2023.pdf>>. Luettu 1.9.2024.
- 14 Brinkmann, Thomas; Santonja, Germán Giner; Yükseler, Hande; Roudier, Serge; Sancho, Luis Delgado. 2016. Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector. Industrial Emissions Directive. Luxembourg: European Union.
- 15 Pham, Thanh Tuan; Mai, Thanh Dung; Pham, Tien Duc; Hoang, Minh Trang; Nguyen, Manh Khai; Pham, Thi Thuy. 2016. Industrial water mass balance as a tool for water management in industrial parks. Verkkoaineisto. ScienceDirect. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212371716300221>>. Luettu 1.9.2024.
- 16 Mianzan, Alfio. 2022. Definition Guidelines of water reuse, recycling and reclamation for European refinery sector. Verkkoaineisto. Concaawe. <https://www.concaawe.eu/wp-content/uploads/Rpt_22-4.pdf>. Luettu 30.8.2024.
- 17 Valmet DNA Distributed Control System. Verkkoaineisto. Valmet. <<https://www.valmet.com/automation/control-systems/dna/>>. Luettu 10.9.2024.
- 18 TransPort® PT878. 2015. Käyttöohje. <<https://www.instrumart.com/assets/GEPanametrics-PT878-manual.pdf?srsltid=Afm-BOootD9x3c1vvXj1FUoYCu6l5HjKUCy9U29cWd-05KnIPwvILXS8R>>. s. 4.
- 19 Lehtikuja, Nuutti. Vesitaseen seurannan kehittäminen paperi- ja selluteollisuudessa. 2016. Diplomityö. Aalto Yliopisto.
- 20 Asiantuntija. 2024. Kemira Chemicals Oy, Lappeenranta. Keskustelu 20.11.2024.
- 21 Vuositilastot. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vuositilastot>>. Luettu 4.10.2024.