TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

JÄÄHDYTYSVESIJÄRJESTELMÄN KEHITYS-KARTOITUS

Roosa Pulkkinen

Opinnäytetyö
Lokakuu 2016
Biotuote- ja prosessitekniikka
Prosessitekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuote- ja prosessitekniikka
Prosessitekniikka

PULKKINEN ROOSA:
Jäähdytysvesijärjestelmän kehityskartoitus

Opinnäytetyö 42 sivua, joista liitteitä 11 sivua
Lokakuu 2016

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa Kemira Chemicals Oy:n Äetsän hieno-, vesi- ja märkälujakemikaalitehtaiden jäähdytysvesijärjestelmä. Työn tavoitteena oli selvittää mahdollisia energiasäästöjä. Jotta yritys pystyisi harkitsemaan säästökohteita, tuli selvittää, mitkä laitteet käyttävät jäähdytysvesijärjestelmää ja millä tavoin.

Kartoitus aloitettiin etsimällä tehtaiden PI- kaavioista kaikki jäähdytysveden kuluttajat. Lämmönvaihtimien olemassaolo ja tyyppi varmistettiin käymällä jokainen lämmönvaihdin läpi tehdaskierroksilla. Samalla tarkistettiin, etteivät PI –kaaviot sisällä vanhentunutta tietoa. Pumput, joilla jäähdytysvesi otetaan Kokemäenjoesta ja muut järjestelmässä olevat pienemmät pumput sekä kaikki jäähdytysvedenkuluttajat hieno-, vesi- ja märkälujakemikaalitehtailla listattiin Excel -taulukkoon. Taulukkoon sisällytettiin yrityksen haluamat ja saatavilla olevat tiedot lämmönvaihtimista ja pumpuista.

Jäähdytysvesijärjestelmää koskevat tiedot koottiin yhteen ja yritykselle annettiin laadittu Excel -taulukko työkaluksi. Ehdotuksena säästökohteiksi nousivat suodatuksen tehostaminen jäähdytysvesijärjestelmän alkuosassa, taajuusmuuttaja jokivesipumpunmoottoriin ja panostoimisten prosessien tarpeettoman jäähdytyksen minimointi. Lisäksi prosessiin tulisi asentaa virtaus- ja lämpötilamittareita, helpottamaan todellista jäähdytysveden määrän tarpeen arviointia.

Opinnäytetyössä esiintyvä luottamuksellinen materiaali on poistettu julkisesta raportista.

Asiasanat: jäähdytysvesijärjestelmä, lämmönvaihdin, pumppu

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Bioproduct and Process Engineering
Process Technology

ROOSA PULKKINEN:
Study of Cooling Water System

Bachelor's thesis 42 pages, appendices 11 pages
October 2016

The purpose of this Thesis was to survey the cooling water systems of fine-, water-, and wet-strength chemical factories of Kemira Chemicals Ltd. in Äetsä. The objective was to determine possible ways of conserving energy. In order for the company to consider where conservation of energy was plausible, we needed to verify which equipment, and how is using the cooling water system.

The work began by examining the PI-schematics for equipment, which was using cooling water. Heat exchanger presence and type was confirmed by physically inspecting each of the units on the factory floor. These inspections also served as a means to verify that the PI-schematics did not have outdated information. An Excel table was created, which detailed the pumps drawing water from Kokemäenjoki river and other smaller pumps, in addition to any system consuming cooling water in the fine-, water-, and wet-strength chemical factories. The Excel table included all of the requested and available data on the heat exchangers and pumps.

Information regarding the cooling water system was collected in detail and listed into an Excel table which as a part of the agreed work was released for use in the company as a basis for future use. As additional interesting results of the work, improving the filtration in the first section of the cooling water system, installing a frequency converter to the motor pumping river water, and minimizing unnecessary cooling of the batch processing were identified as the interesting proposals for energy conservation. Additionally, flow and temperature gauges should be installed to monitor the process, and to facilitate assessing the actual need for cooling water.

Confidential material presented in the Thesis have been removed from public report.

Key words: cooling water system, heat exchanger, pump

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 6
2 KEMIRA CHEMICALS OY 7
3 TUOTTEET 8
3.1 Natriumboorihydridi 8
3.2 PAX 9
3.3 NaBiSu 9
3.4 Märkäluja –tuotteet 10
4 JÄÄHDYTYSVESIJÄRJESTELMÄ 12
4.1 Jäähdytysvesijärjestelmän merkitys 12
4.2 Lämmönvaihdin 13
4.2.1 Levylämmönvaihdin 14
4.2.2 Reaktorin vaippa 15
4.2.3 Putkilämmönvaihdin 16
5 KESKIPAKOPUMPPU 19
6 TAAJUUSMUUTTAJA 20
7 KEMIRA CHEMICALS OY: N JÄÄHDYTYSVESIJÄRJESTELMÄ 21
7.1 Kohteet 21
7.2 Tilannekartoitus 21
7.2.1 Pumput 21
7.2.2 Suodatus 23
7.2.3 Jäähdytysveden kuluttajat 24
8 TULOKSET JA POHDINTA 25
8.1 Excel –taulukko 25
8.2 Suodatus 26
8.3 Panostoimisten prosessien tarpeettoman jäähdytyksen minimointi 26
8.4 Taajuusmuuttaja 28
9 YHTEENVETO 29
LÄHTEET 30
LIITTEET 32
Liite 1. Jäähdytysvesijärjestelmän periaatekaavio 32
Liite 2. Joki- ja puhdasvesipumppaus PI-kaavio 33
Liite 3. Pumput jäähdytysvesijärjestelmässä 34
Liite 4. Lämmönvaihtimet 35

LYHENTEET JA TERMIT

PAX	Polyalumiinikloridi
NaBiSu	Natriumbisulfiitti
SBH	Natriumboorihydridi, voimakas pelkistin
PAA	Polyaminoamidi
Fennostrength	Märkälujahartsi

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa Kemira Chemicals Oy:n Äetsän toimipisteen hieno-, vesi- ja märkälujakemikaalitehtaiden jäähdytysvesijärjestelmä ja selvittää mahdollisia kehityskohteita ja energiansäästöjä. Tätä opinnäytetyötä voidaan käyttää hyväksi, kun harkitaan jäähdytysvesijärjestelmään kohdistettavia uudistuksia.

Kemira Chemicals Oy Äetsässä valmistaa kemikaaleja erityisesti paperia valmistaville yrityksille. Näitä tuotteita ovat natriumkloraatti, natriumboorihydridi, natriumbisulfiitti, PAX- vedenkäsittelykemikaalit, märkälujatuotteet; Fennostrength ja Fennopol sekä sivutuotteena syntyvä vety.

Tässä opinnäytetyössä perehdytään tehtaiden TI ja TIV jäähdytysvesijärjestelmään. Tehtailla valmistuvat natriumbisulfiitti, PAX, natriumboorihydridi ja märkälujatuotteet. Tarkoituksena oli kartoittaa jäähdytysvettä käyttävät lämmönvaihtimet sekä jäähdytysvesijärjestelmässä olevat pumput ja listata nämä Excel –tiedostoon tuotetietoineen. Tiedostoa on parannuksia suunnitellessa, helppo hyödyntää ja täydentää, kun kaikki jäähdytysvesijärjestelmän tiedot löytyvät koottuna samasta paikasta. Yritykselle annettiin lisäksi työssä ehdotuksia, kuinka jäähdytysvesijärjestelmässä voidaan tehdä mahdollisia energiasäästöjä.

2 KEMIRA CHEMICALS OY

Kemira Chemicals Oy on osa Kemiraa, globaalia kemianyhtiötä, jonka pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Kemira valmistaa kemikaaleja teollisuudenaloille, jotka käyttävät paljon vettä. Keskittyminen suuntautuu sellu-, paperi-, öljy-, kaasu- ja kaivosteollisuuksiin. (Kemira 2016.)

Kemiran liikevaihto kasvoi vuonna 2015 11 prosenttia, 2,37 miljardiin vuodesta 2014. (Taloussanomat 2016.) Liikevoitto kasvoi 158 miljoonasta 163 miljoonaan. (Tekniikka ja talous 2016.) Vuoden 2015 lopussa Kemira työllisti yhteensä 4685 työntekijää 40 eri maassa. (Kemira 2016.)

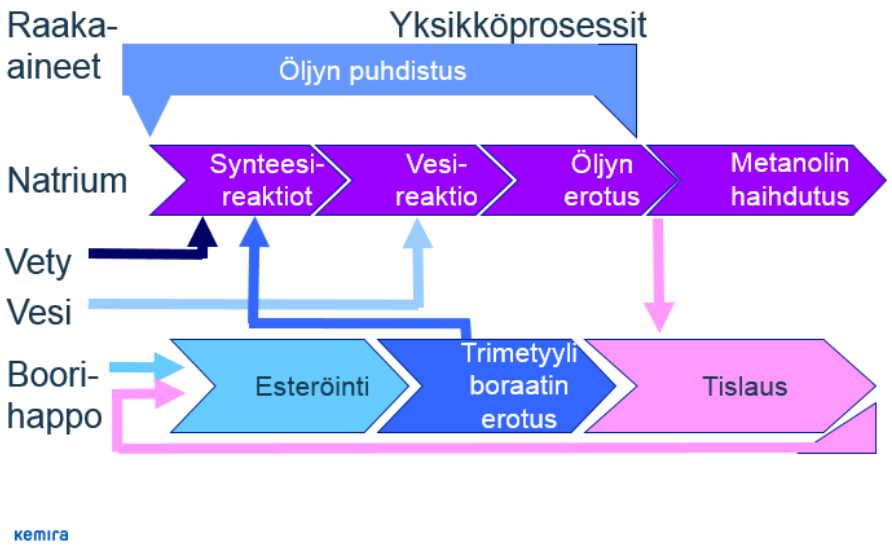
Äetsän toimipiste osana Kemira Chemicals Oy:tä kuuluu Kemiran Pulp & Paper -segmenttiin. Tehdas työllistää noin 115 henkilöä. Toimipisteen tuotteita ovat natriumkloraatti, natriumboorihydridi, trimetyyliboraatti, PAX- vedenkäsittelykemikaalit, natriumbisulfiitti, märkälujatuotteet; Fennostrength ja Fennopol sekä sivutuotteena vety. Valmistettavien tuotteiden suurimmat käyttäjät ovat: sellu- ja paperiteollisuus, vedenkäsittely, lääketeollisuus, elektroniikkateollisuus, kosmetiikkateollisuus, kaivosteollisuus, agrokemikaalien valmistajat ja hitsausteollisuus. (Äetsä toimipaikka.; Äetsän yleisesittely.)

3 TUOTTEET

Hieno-, vesi, ja märkälujakemikaalitehtailla TI ja TIV valmistettavien tuotteiden kuvaukset pääpiirteittäin. Samaa jäähdytysvesijärjestelmää käyttävillä, kyseessä olevilla, tehtailla valmistuvat natriumbisulfiitti, PAX, natriumboorihydridi sekä märkälujatuotteet.

3.1 Natriumboorihydridi

Natriumboorihydridi eli lyhyemmin SBH, joka tulee englannin kielisestä nimestä Sodium Borohydride. SBH on voimakas pelkistin, joka luovuttaa vetyä joutuessaan kosketuksiin veden kanssa. Tuotetta käytetään mm. lääkekemian sovelluksissa useissa lääkeaineissa, jätevesien käsittelyssä ja öljyjen puhdistuksessa. (Käyttökoulutus materiaali.) Alla olevassa kuvassa 1. SBH -liuoksen valmistusprosessi. (Äetsän yleisesittely.)

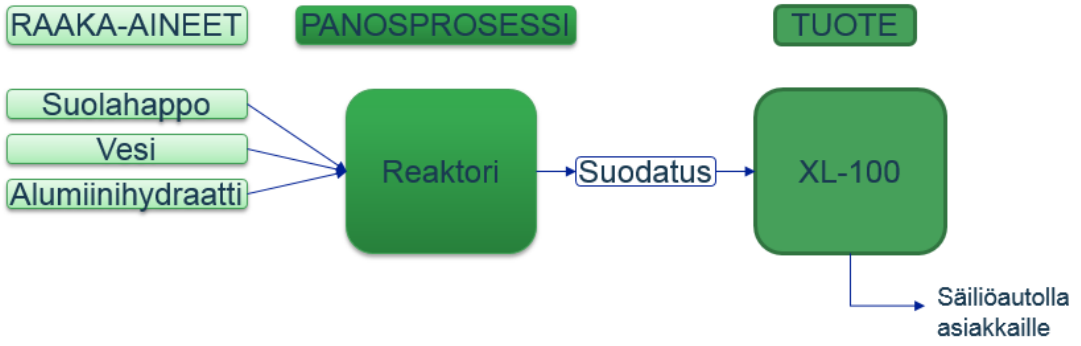


KUVA 1. SBH -liuoksen valmistusprosessi. (Äetsän yleisesittely.)

SBH –liuos voidaan valmistuksen jälkeen jatkojalostaa kiinteäksi pulveriksi tai rakeiksi. Lisäämällä SBH –liuokseen vettä, lipeää ja SBH –pulveria saadaan valmistettua SBH –konsentraattia. (Äetsän yleisesittely.)

3.2 PAX

Polyalumiinikloridia, eli PAX -tuotetta valmistetaan panostoimisesti. Reaktoriin lisätään vettä, suolahappoa ja alumiinihydraattia. (Käyttökoulutus –materiaali.) Kuvassa 2. PAX –tuotteen valmistus pääpiirteittäin.

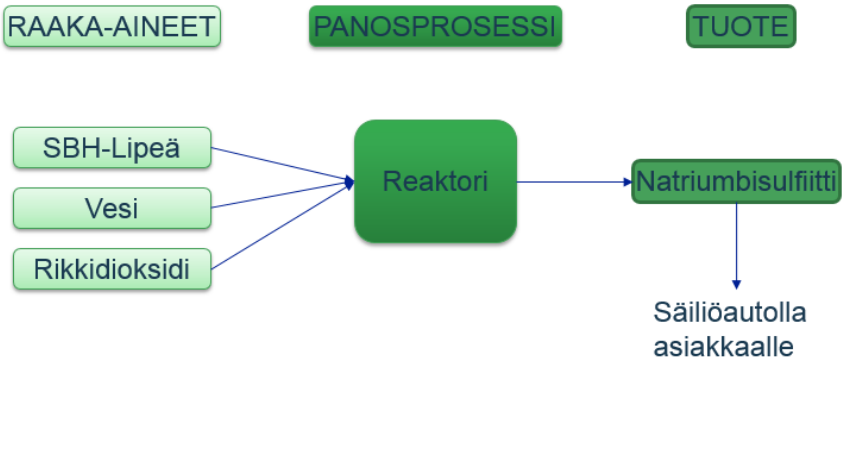


KUVA 2. Polyalumiinikloridin valmistus. (Äetsän yleisesittely.)

Valmistunutta tuotetta kutsutaan PAX-XL100:ksi. Tuotteesta valmistetaan kahta muutakin PAX –tuotetta, XL-60 ja PAX -14. XL -60 valmistetaan PAX-XL 100:sta lisäämällä stabilointi-ainetta ja PAX -14 valmistetaan käyttämällä eri seossuhteita suolahapolle ja alumiinihydraatille matalammassa lämmössä keittäen. Tuotteita käytetään pääasiassa vedenpuhdistamoilla saostuskemikaalina ja paperitehtailla parantamassa täyteaineiden jäämistä kuitumattoon viiraosalla. (Käyttökoulutus –materiaali.)

3.3 NaBiSu

NaBiSu, l. natriumbisulfiitti, on pelkistysaine, jota käytetään samanlaisissa sovelluksissa kuin rikkidioksidia. Alla olevassa kuvassa 3. on natriumbisulfiitin valmistusprosessi kuvattuna. Natriumbisulfiittia voidaan käyttää paperin valmistuksessa mekaanisen massan valkaisuun ja happamuudensäätöaineena elintarvikkeissa. (Käyttökoulutus –materiaali.)

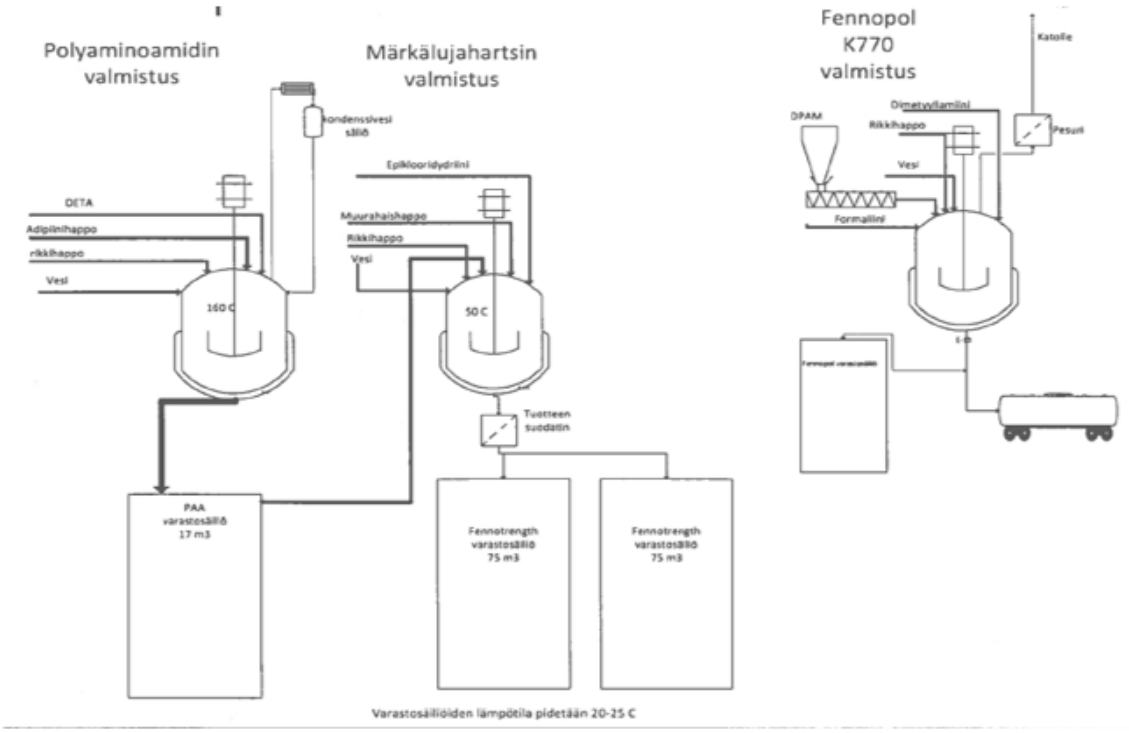


KUVA 3. Natriumbisulfiitin valmistusprosessi (Äetsän yleisesittely.)

3.4 Märkäluja –tuotteet

Märkäluja -tehtaalla, TIV-3, valmistetaan polyaminoamidia (PAA), märkälujahartsia (Fennostrenght) ja Fennopolia K770. Kuvassa 4. näkyvät tuotteiden valmistusprosessit. Märkälujatuotteiden lopputuotteita ovat pehmopaperi, elintarvikepakkaukset, nestepakkauskartonki ja erikoistuotteet, kuten tapetti. (Käyttökoulutus –materiaali.)

K770 valmistuksessa reaktoriin lisätään tarvittavat raaka-aineet ja reaktori pidetään tuotteen valmistuksessa oikeassa lämpötilassa vaipassa kulkevan jäähdytysveden avulla. Tuotetta käytetään pääasiassa lietteen käsittelyssä apuaineena. (Käyttökoulutus materiaali.)



KUVA 4. Polyaminoamidin, märkälujahartisin ja Fennopolin valmistusprosessit. (Äetsän yleisesittely.)

4 JÄÄHDYTYSVESIJÄRJESTELMÄ

Tarkasteltavissa tehtaissa ja niiden osissa kiertää Kokemäenjoesta nostettava jäähdytysvesi. Vesi pumpataan joesta kolmella pumpulla ja johdetaan putkia myöten reaktoreiden vaipoille ja kymmenille eri lämmönvaihtimille tehtaille TI; PAX -tuotteen ja NaBiSu:n valmistukseen, ja tehtaille TIV-1 (liuos), TIV-2 (pulveri) ja TIV- 3 (märkäluja). (Projektin kuvaus. 2016.)

4.1 Jäähdytysvesijärjestelmän merkitys

Monet vesi-, hieno- ja märkälujakemikaalitehtailla olevista prosesseista ovat lämpöä tuottavia tai osa tuotteiden valmistuksesta tapahtuu korkeissa lämpötiloissa, kuten tislauskolonnissa. Jäähdytysvettä käytetään mm. prosessien ja tuotteiden jäähdytykseen ja höyryjen muuttamisessa takaisin nesteeksi eli lauhduttimissa. (Käyttökoulutus materiaali.)

Esimerkiksi natriumbisulfiitin valmistuksessa käytettävä natriumhydroksidin l. lipeän laimentaminen vedellä kehittää niin paljon lämpöä, että seos voi alkaa jopa kiehua. Lipeä reagoi myös voimakkaasti happojen kanssa kehittäen lämpöä. Tuotteen valmistuksessa tapahtuvien reaktioiden takia liuoksen jäähdytys on välttämätöntä. (Käyttökoulutus materiaali.)

PAX- tuotteen valmistuksessa jäähdytysvettä käytetään reaktoreiden vaipassa hallitsemassa lämpötilaa ja lämmönvaihtimissa tuotteen jäähdytykseen, kun tuote siirretään varastosäiliöihin. Tuotteen valmistuksessa suolahapon laimennus vedellä kehittää voimakkaasti lämpöä. Tuotetta keitetään reaktoreissa korkeapainehöyryllä kuuden tunnin ajan. Keiton jälkeen seos tulee jäähdyttää, jotta sen voi siirtää varastosäiliöön. Jäähdytys tapahtuu kahdessa tunnissa, kun tuote kulkee levylämmönvaihtimen läpi. (Käyttökoulutus materiaali.)

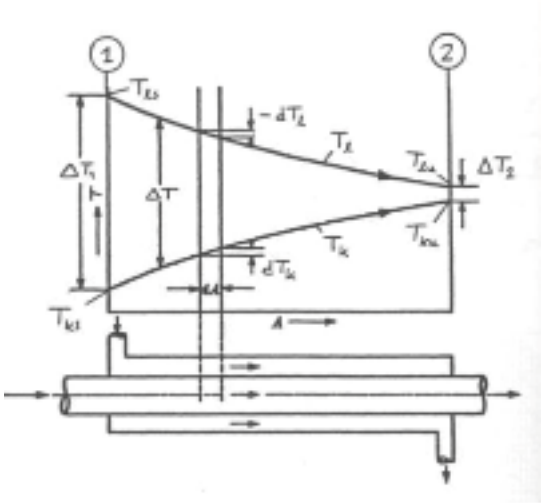
Prosessien tuotteiden ja raaka-aineiden jäähdytys on oleellista myös laitteiden toimivuuden ja pitkäikäisyyden kannalta. Kuumat fluidit kuluttavat laitteistoa viileämpiä enemmän, ja pitkällä aikavälillä haurastuttavat tiivisteitä, josta voi seurata vuotoja. (Richardson. 2004.)

4.2 Lämmönvaihdin

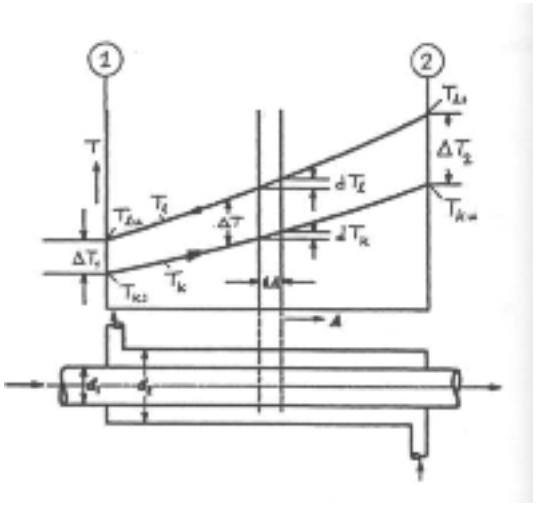
Lämmönvaihtimeksi kutsutaan laitetta, joka siirtää lämpöenergiaa lämpönä fluidista toiseen. Näitä voidaan kutsua myös lämmönsiirtimiksi. Yksinkertaisin versio lämmönvaihtimesta vain sekoittaa kuuman ja kylmän nesteen. Nykyään yleisimmissä ja kehittyneimmissä vaihtimissa lämmönsiirtyminen tapahtuu kahden nesteen välillä johtumalla seinämän läpi, jolla lämpöenergiaa vastaanottava ja luovuttava fluidi on erotettu toisistaan. (Theodore. 2011.)

Lämmönvaihtimissa fluidit virtaavat joko samansuuntaisesti tai vastakkain. Vaihdinta, jossa nesteet virtaavat samansuuntaisesti, kutsutaan myötävirtalämmönvaihtimeksi ja fluideja vastakkain kuljettavaa vastavirtalämmönvaihtimeksi. (Theodore 2011.) Parhaimmassa tilanteessa, jossa ei oteta huomioon lämpöhäviötä eikä vaihtimen likaantumista, lämpötilan lasku kuumemmassa nesteessä olisi yhtä suuri kuin lämpötilan nousu kylmemmässä. (Salminen S. 2015, 22).

Alla olevissa kuvissa 5. ja 6. esitetty myötä- ja vastavirtalämmönvaihtimien lämpötilamuutokset.



KUVA 5. Myötävirtalämmönvaihtimen lämpötilamuutos. (Lampinen 2005, 66).



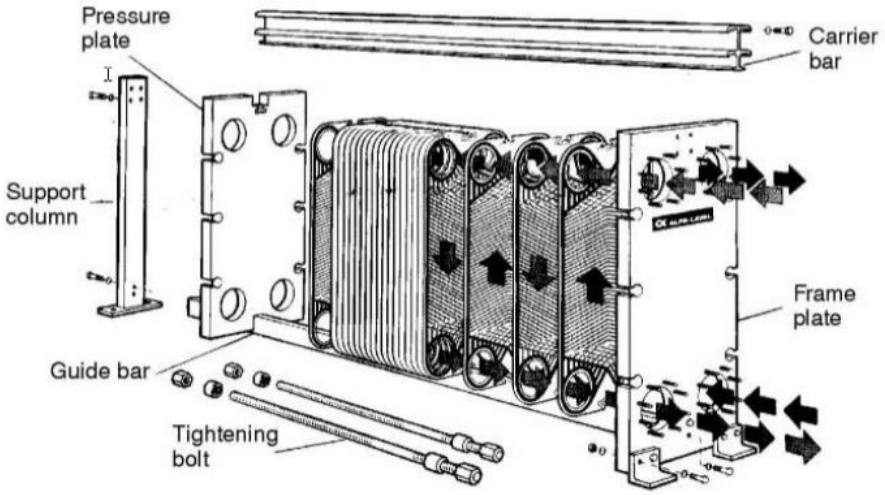
KUVA 6. Vastavirtalämmönvaihtimen lämpötilamuutos. (Lampinen 2005, 60).

Kuvista 5. ja 6. voidaan nähdä myötävirtavaihtimessa kuuman fluidin tulevan ulos vaihtimesta lämpimämpänä kuin kylmän fluidin. Vastavirtalämmönvaihtimessa kylmä fluidi tulee ulos lämpimämpänä, kuin sitä lämmittänyt kuuma fluidi. Tästä voidaan päätellä vastavirtalämmönvaihtimen olevan tehokkaampi kuin myötävirtalämmönvaihdin.

Lämmönsiirtymisen tehokkuuteen vaikuttavat, varsinkin pitkällä aikavälillä, myös materiaalien kuluminen ja likaantuminen. Kummassakin tapauksessa pinnan muutokset aiheuttavat ylimääräistä vastusta lämmönsiirtymisessä ja heikentävät lämmönvaihtimen suorituskykyä. Lämmönvaihtimien pinnoille kertyvän lian ja kulumisen kokonaisvaikutusta kutsutaan likaantumiskertoimeksi, joka vaikuttaa laitteen lämmönsiirtokertoimeen. (Ghoshdastidar. 2012. s.381.)

4.2.1 Levylämmönvaihdin

Levylämmönvaihdin koostuu levyistä, tiivisteistä, kehyksistä ja valinnaisista lisäosista, kuten kanto- ja tukitolpista. Kuvassa 7. tyypillinen levylämmönvaihtimen rakenne. Kaksi nestettä syötetään levyjen kulmista laitteeseen. Fluidit virtaavat levyjen eripuolilla ja jokaista levyä ympäröi tiivisteet, jotta nesteet eivät pääse sekoittumaan.

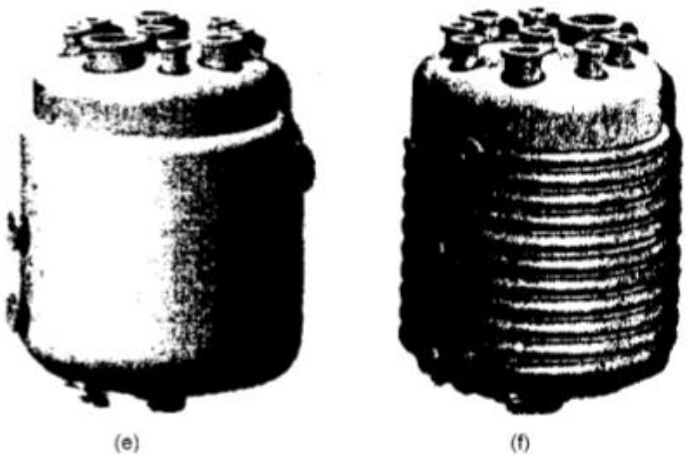


KUVA 7. Levylämmönvaihtimen rakenne. (Richardson. s.204.)

Verrattuna muihin lämmönvaihtimiin, kuten putki- ja vaippa-putkilämmönvaihdin, on levylämmönvaihtimessa monia etuja. Levylämmönvaihtimet ovat tarvittaessa hyvin kompakteja, edullisia, helppoja puhdistaa ja niillä on hyvä lämmönsiirtokerroin. Niiden kapasiteettia pystytään kasvattamaan lisäämällä levyjä. Tämä onnistuu niissä malleissa, jotka eivät ole hitsattuja kokonaisuuksia. Huonona puolena mainittakoon lämmönvaihtimien rajoitukset korkean lämpötilan ja paineen suhteen. Levyissä olevat tiivisteet eivät kestä pitkässä käytössä kuumia nesteitä tai korkeaa painetta. Nämä voivat aiheuttaa vuotoja lämmönvaihtimeen. Parhaiten painetta ja lämpötilaa kestävät sellaiset levylämmönvaihtimet, joissa ei ole tiivisteitä vaan levyt ovat hitsattu yhteen. (Richardson. s.204.)

4.2.2 Reaktorin vaippa

Reaktoreiden lämmönsäätelyssä apuna on reaktoreiden rakenteen ympärillä oleva lämmönsiirtovaippa. Yleisimpiä rakenteita ovat kuvassa 8. esitetyt täydellä vaipalla (e) tai puolivaipalla (f) varustetut reaktorit. Vaipassa kulkeva jäähdytysvesi voidaan pitää koko ajan liikkeessä, joten jäähdytys on tehokkaampaa ja sitä on helpompi kontrolloida. Lämmönsiirtopinta-alana toimivat säiliön seinät, jotka ovat kosketuksissa vaipan kanssa. (Couper. 2012.)



KUVA 8. Reaktori täydellä vaipalla ja puoli-vaipalla. (Couper. 2012. s.609)

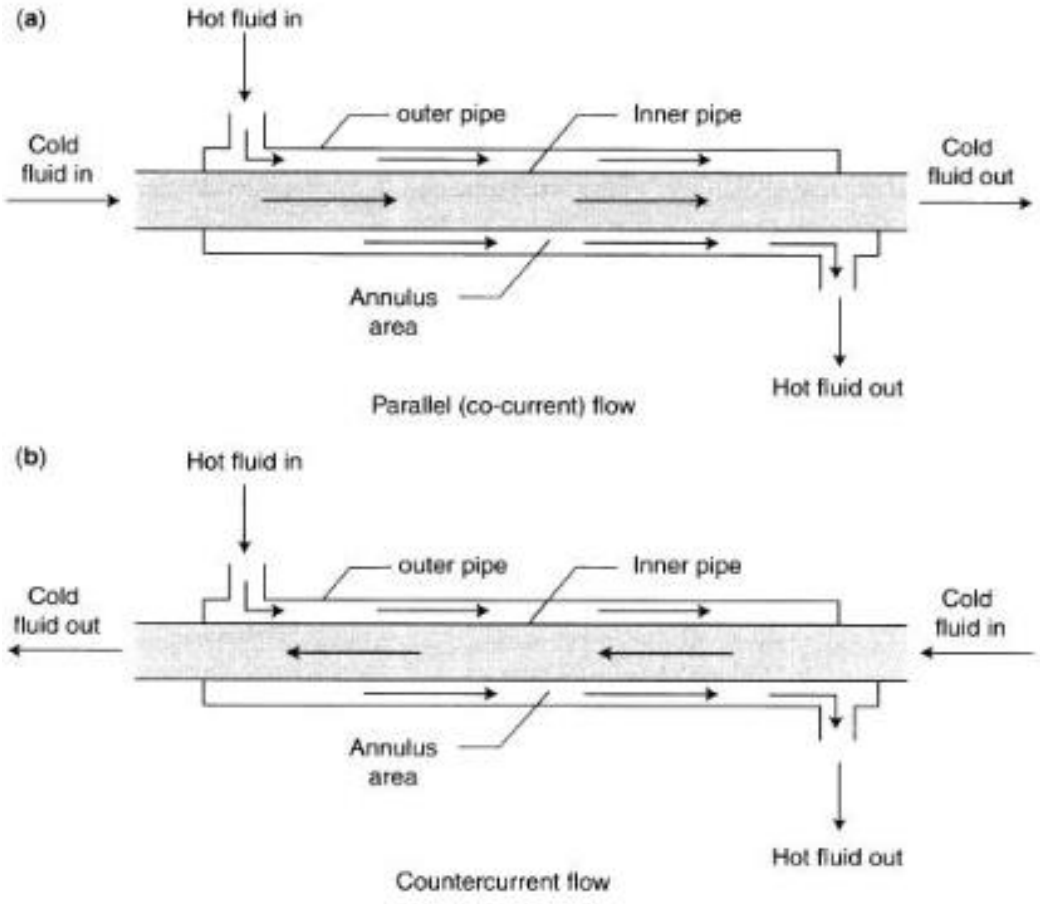
4.2.3 Putkilämmönvaihdin

Putkilämmönvaihtimet ovat prosessiteollisuudessa käytetyimpiä lämmönvaihdintyyppejä. Tämän tyyppisiä lämmönvaihtimia on noin 65% kaikista käytetyistä lämmönvaihtimista. (Lee. 2010. s. 272–285). Yksinkertaisessa putkilämmönvaihtimessa on kaksi putkea sisäkkäin, joista toisessa virtaa kuuma fluidi ja toisessa kylmä. Yleensä on taloudellisempaa, että kuuma neste on putken pienemässä, sisäputkessa ja kylmä ulkopuolella. Tällä estetään suurimmat lämpöhäviöt ympäröivään tilaan. (Theodore. 2011.)

Kaksoisputkilämmönvaihdin

Kaksoisputkilämmönvaihdin on yksinkertaisimpia lämmönvaihtimia. Sen yhtenä etuna on tarvittaessa pieni koko. Tämän lämmönvaihtimen lämmönsiirtopinta-ala on yhtä suuri kuin sen sisemmän putken ulkopinta-ala. Pienen koon heikkoutena on, ettei lämmönsiirtopinta-alasta saada kovin isoa, joten tehokkain tämä tyyppi ei ole. (Ghoshdastidar. 2012. s.380.)

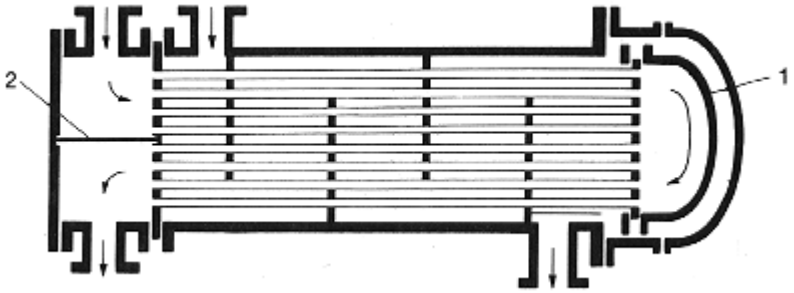
Kuvassa 9. näkyy kaksoisputkilämmönvaihtimen toiminta ja virtaavat lämmönsiirtonesteet. Kuvassa näkyvät myös vasta- sekä myötävirtausten erot nuolilla merkittyinä fluidien virtaussuuntina. (Theodore 2011.)



KUVA 9. Kaksoisputkilämmönvaihdin. (Theodore 2011, chapter 15.)

Vaippa-putkilämmönvaihdin

Vaippa-putkilämmönvaihtimia käytetään, kun yksinkertainen kaksoisputkilämmönvaihdin ei tarjoa riittävän tehokasta lämmönsiirtoa. Tämä lämmönvaihdintyyppi omaa ison lämmönsiirtopinta-alan, mikä on todella hyvä taloudellisesti ja käytännöllisesti katsoen yritykselle. Vaippa-putkilämmönvaihtimet vaativat rakennusvaiheessa vähemmän materiaaleja muihin lämmönvaihtimiin verrattuna, josta syntyy myös säästöjä. Vaihtimessa on useita putkia vaipan sisällä, putkissa kulkee jäähdytettävä/lämmitettävä prosessineste, ja vaipassa jäähdyttävä/lämmittävä neste. Kuvassa 10. on tyypillinen vaippa-putkilämmönvaihdin, jossa näkyvät vaipan sisällä olevat useat putket. Mitä useampia putkia vaippa sisältää, sitä enemmän lämmönvaihtimessa on pinta-alaa ja täten lämmönsiirto tehokkaampaa. (Theodore. 2011.)

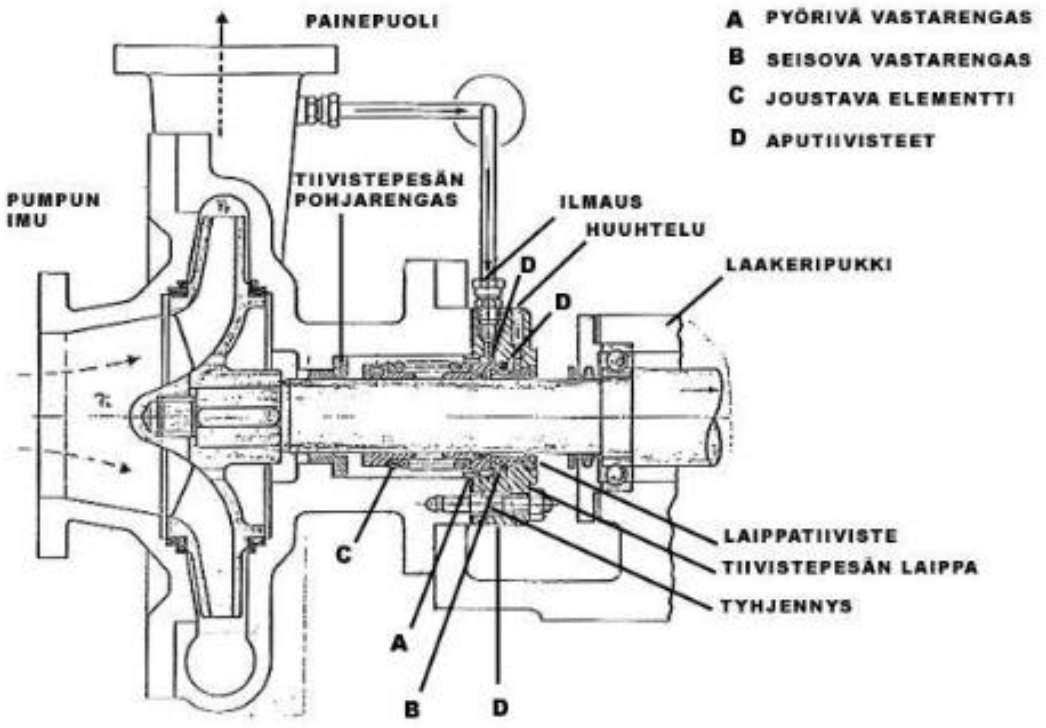


KUVA 10. Vaippa-putkilämmönvaihtimen rakenne (Pihkala. 2005.)

5 KESKIPAKOPUMPPU

Keskipakopumppu on yleisin prosessiteollisuudessa käytettävä pumpputyyppi. Pumpun yleisyys selittyy sen hyvällä soveltuvuudella eri nesteiden pumppaukseen. Yleensä pumppua käytetään alhaisen viskositeetin omaavien nesteiden pumppaukseen, mutta se soveltuu myös fluideille, joilla on suuri kiintoainepitoisuus. (Höyrykattilatekniikka. s. 221–224.)

Kuvassa 11. näkyy tyypillisen keskipakopumpun rakenne. Siirrettävä neste syötetään pumpun imuaukkoon juoksupyörän keskelle, josta suurella nopeudella pyörivä juoksupyörä sinkoaa pumpattavan nesteen ylöspäin. (Jätevesipumppu. 2011.)



KUVA 11. Keskipakopumpun rakenne. (Jätevesipumppu. 2011.)

6 TAAJUUSMUUTTAJA

Taajuusmuuttaja on laite, jolla voidaan säädellä portaattomasti moottorin vääntömomenttia ja pyörimisnopeutta. Tämä säätötapa on energiatehokkaampi, kuin menetelmät, joissa pumppujen virtausta säädetään venttiileillä tai siipisäätimellä. Joissakin pumppusovelluksissa taajuusmuuttajaan kohdistettu investointi saadaan energiasäästöissä takaisin jopa alle vuodessa. (ABB Oy. 2008.). Kemira on kuitenkin toteuttanut parhaat taajuusmuuttajaprojektit jo vuosia sitten, uusimmissa tämän tyyppisissä projekteissa ovat takaisinmaksuajat olleet suuruusluokkaa 4-6 vuotta. (Mattila.)

Teollisuudessa taajuusmuuttajien avulla voidaan parantaa tuotantokapasiteettia, koska nopeutta voidaan muuttaa helposti prosessin vaatimalla tavalla. Yksi tärkeimmistä ominaisuuksista onkin energian säästö, joka saadaan moottorinpyörimisnopeutta pienentämällä. (Erkinheimo. 1997.)

Taajuusmuuttajat säästävät pumppujen moottoria, kun moottorin käynnistykseen liittyvät mekaaniset kuormitukset poistuvat. Pumppukäytössä tämä säästää myös putkistojen paineiskuja, jotka johtuvat moottorin suorasta pysäytyksestä ja käynnistämisestä. Säästöjä tapahtuu myös pitkällä aikavälillä, kun huoltokustannukset pienenevät mekaanisten osien vähäisen korvaustarpeen vuoksi. (Erkinheimo. 1997.)

7 KEMIRA CHEMICALS OY: N JÄÄHDYTYSVESIJÄRJESTELMÄ

7.1 Kohteet

Kehityskartoituksessa ovat mukana Kemira Chemicals Oy:n Äetsän toimipisteen hieno- ja vesikemiantehtaat sekä märkälujatuotteiden tehdas, jotka ovat numeroituna tehtaisiin TI ja TIV. Hienokemiantehdas on jaoteltuna liuos- valmistukseen, TIV-1, pulveri- valmistukseen, TIV-2 ja märkälujatuotteiden valmistukseen, TIV-3. Vesikemiantehdas, TI, sisältää PAX- tuotteiden ja NaBiSu:n valmistuksen. Liitteessä 1. on periaatekaavio jäähdytysveden käyttäjistä tehtaittain.

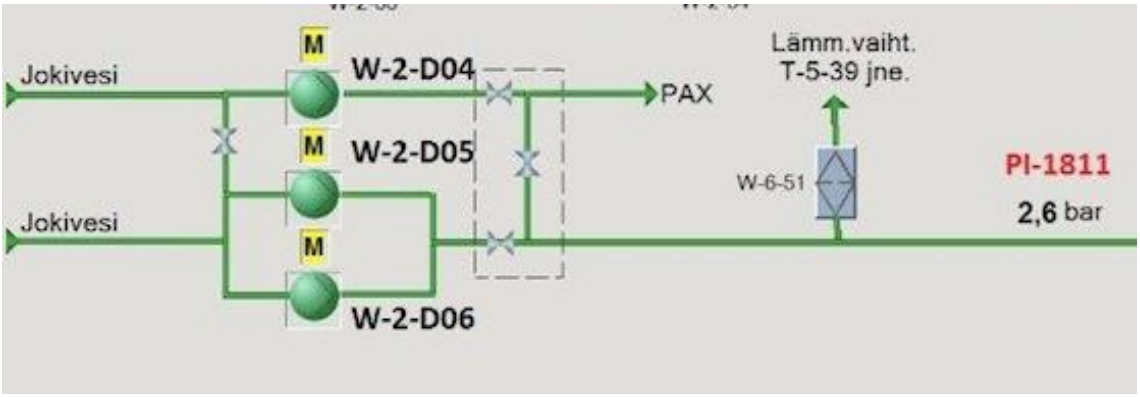
Tehtaiden TI ja TIV jäähdytysvesijärjestelmän toimintaa tai tehtailla olevia jäähdytysveden kuluttajia ei ole aiemmin kartoitettu. Jäähdytysvesijärjestelmä on toiminut tarpeeksi hyvin, eikä siitä ole aiheutunut ongelmia, joten sen on annettu toimia kuten aina ennenkin. Vasta viime vuosina, kun energiatehokkuus on noussut aina vain tärkeämmäksi osaksi yrityksiä, on mietitty olisiko tässä yksi kehitys- ja säästökohde.

7.2 Tilannekartoitus

7.2.1 Pumput

Jäähdytysvesi pumpataan tehtaille Kokemäenjoesta kolmella keskipakopumpulla, joista kahdessa on 75kW:n moottori ja yhdessä 55kW:n moottori. (Projektin kuvaus. 2016.) Liitteessä 2. on joki- ja puhdasvesipumppauksen PI –kaavio, jossa pumput ja niiden tiedot näkyvät. PI –kaaviosta tiedot kerättiin Excel –taulukkoon, liite 3. Liitteessä 3. on lisäksi TI:n PAX –reaktoreiden jäähdytyksessä käytetyt pumput, jotka pumppaavat jäähdytysveden reaktoreille panostoimisesti tuotteen valmistuessa.

Kuvassa 12. ovat kolme pumppua positioineen ValmetDNA- järjestelmässä, mitkä pumppaavat jäähdytysveden joesta tehtaille, aiheuttaen noin 2,6 baarin paineen putkistoon.



KUVA 12. Pumput ValmetDNA –järjestelmässä (ValmetDNA. Nieminen.)

Liitteessä 3. näkyvistä pumppujen tiedoissa sanotaan jokaisen pumpun pumppaavan jäähdytysvettä putkistoon 350m^3 tunnissa näiden toimiessa moitteettomasti ja täydellä nimellisteholla. Alla olevassa kuvassa 13. on pumppujen käyttöaste prosentteina, joten näiden tietojen perusteella voidaan arvioida (1) pumpattavan veden määrän olevan noin 800m^3 tunnissa.

$$v_{kok} = v \cdot moottorin\ käyttöaste\ \% \tag{1}$$

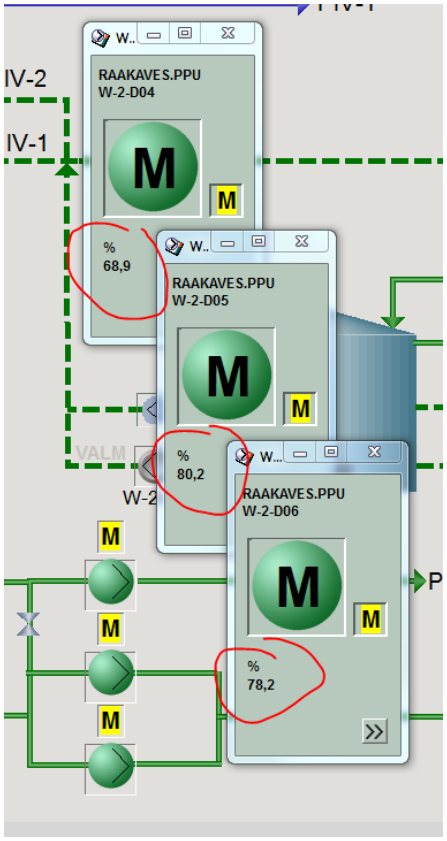
$$v_{kok} = v \cdot (k_1 + k_2 + k_3)$$

$$v_{kok} = 350\ \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{h}} \cdot (0{,}689 + 0{,}802 + 0{,}782)$$

$$v_{kok} = 795{,}55\ \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{h}}$$

$$\approx 800\,\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{h}}$$

, jossa *v* tilavuusvirtaus.



KUVA 13. Pumppujen käyttöaste. (ValmetDNA. Nieminen)

Jäähdytysvettä pumpataan tehtaille TI ja TIV koko ajan samalla teholla. Pumppujen moottoreissa on tällä hetkellä ainoastaan On / Off- säätö, nimensä mukaisesti pumppaustehoa voidaan säätää ainoastaan sammuttamalla ja käynnistämällä pumppu. (Nieminen.) Pumppujen säätöön ja käyttöön ei ole ohjeistusta, vaan On / Off –säätö tehdään kokemuksen perusteella. Talvisin yksi pumppu poistetaan käytöstä, kun todetaan jokiveden olevan riittävän kylmää tehokkaampaan jäähdytykseen pienemmällä pumppausteholla.

7.2.2 Suodatus

Kokemäenjoessa, pumpun vedenottopisteen alkupäässä on karkea suodatin, joka suodattaa suurimmat partikkelit jäähdytysvedestä. Suodatin käydään säännöllisesti sukeltajan toimesta puhdistamassa.

Seuraava, hienojakoisempaa kiinto-ainetta erotteleva suodatin on pumppujen jälkeen tehtaalla (positio XA-1016) boorihappovarastossa. Kaikki jäähdytysvesi kulkee tämän suodattimen läpi ennen pääsyä lämmönvaihtimille. Muut suodattimet on erikseen mainittu Excel –taulukossa, liite 4., niihin liittyvien lämmönvaihtimien yhteydessä.

7.2.3 Jäähdytysveden kuluttajat

Opinnäytetyössä yhtenä suurimpana osana oli kartoittaa, mitkä lämmönvaihtimet hieno- ja vesikemikaali- sekä märkälujatehtaalla käyttävät joesta tulevaa jäähdytysvettä. Aluksi lämmönvaihtimet ja niiden positiot haettiin PI- kaavioista.

Jäähdytysveden kuluttajat eli lämmönvaihtimet kerättiin tietoineen Excel –taulukkoon, liite 4. Lämmönvaihtimet on listattu taulukkoon tehtaittain. Ensimmäisenä välilehdellä on hienokemian liuostehdas TIV-1, jossa on eniten lämmönvaihtimia. Seuraavina ovat pulveritehdas TIV-2, märkälujatehdas TIV-3 ja vielä erikseen tehtaan TI, PAX -tuotteiden ja natriumbisulfiitin valmistus. Viimeiseltä välilehdeltä Excel –taulukossa, liite 3., löytyvät pumppujen tiedot ja positiot.

Olennaisena osana oli varmistaa, että PI-kaaviot ovat ajan tasalla lämmönvaihtimien suhteen. Lämmönvaihtimien olemassaolo todennettiin kiertämällä tehtailla ja tarkastamalla PI-kaavoista löydetyt lämmönvaihtimet. Samalla tarkistettiin lämmönvaihtimen tyyppi ja kirjattiin tiedot ylös tyyppikilvestä, jos niitä oli. Erityisesti haluttiin selvittää vaihtimien tehot. Teho saatiin selville vain muutamasta vaihtimesta. Samalla tutkittiin, oliko lämmönvaihtimella paikallisia lämpö- ja virtausmittareita, joista saataisiin arvokasta tietoa jäähdytysveden virtausmääristä sekä tuotteen sisäänmeno- ja ulostulolämpötilasta.

8 TULOKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa tehtaiden TI ja TIV jäähdytysvesijärjestelmä, selvittää kaikki jäähdytysveden kuluttajat ja järjestellä nämä omaan Excel –taulukkoon. Kaikki jäähdytysveden kuluttajat selvitettiin ja listattiin Excel –taulukkoon, joka otetaan Äetsän toimipaikan käyttöön. Lisäksi ehdotettiin mahdollisia parannuksia ja energiansäästökohteita opinnäytetyöstä annetun tehtävänkuvauksen mukaisesti.

8.1 Excel –taulukko

Jäähdytysvesijärjestelmän kartoituksessa yritykselle tehtiin Excel –taulukko, johon listattiin kaikki hieno-, vesi- ja märkälujakemikaalitehtaiden jäähdytysveden kuluttajat ja järjestelmässä olevat pumput. Ihanteellisessa tilanteessa Excel –taulukkoon olisi saatu lämmönvaihtimien osalta täydelliset tyyppitiedot, jotka työn aloituksessa määritettiin yhdessä käyttöpäällikkö Janne Niemisen kanssa. Myöhemmin listaa täydennettiin vielä, kun palaverissa oli mukana myös Energy Manager Jyrki Mattila. Taulukosta, liite 4., löytyvät vaihtimen positio, nimi, lämmönvaihtimen tyyppi, mikä tuote on jäähdytettävänä, mahdollinen suodatin, onko lämmönvaihdin jatkuvasti käytössä vai panostoimisesti, mikä on jäähdytyssykli ja onko vaihtimella prosessimuuttujien mittauksia. Suurimmilta osin tyhjäksi jäivät sarakkeet: teho ja jäähdytyssykli, täysin tyhjäksi virtausmäärä, tuotteen lämpötilan muutos ja tieto mittauksista. Tyhjätkin sarakkeet jätettiin tiedostoon mahdollista myöhempää täydennystä varten.

Yhtenä tärkeimmistä tarvittavista tiedoista olisi ollut jäähdytysveden virtausmäärät. Virtausmittareita ei jäähdytysvesijärjestelmässä vielä ole. Tämä onkin jo yksi konkreettinen parannusehdotus järjestelmään. Virtausmittareilla nähtäisiin todelliset virtausmäärät, ja voitaisiin esimerkiksi koeajoilla selvittää riittävä pumppaustarve. Näin ei pumpattaisi turhaan ylimääräistä vettä järjestelmään. Yhdessä Janne Niemisen ja Jyrki Mattilan käydyssä palaverissa kävikin ilmi, että tällainen on jo suunnitteilla jäähdytysvesijärjestelmän alkuosaan. Toteutuspäätökseen tarvittava investointikustannusarvio on tässä vaiheessa tekeillä.

Lämpötilamittareita ei lämmönvaihtimilla ollut tuotteiden osalta, muutamasta löytyi jäähdytysveden lämpötilamittari, joko sisäänmenon tai ulostulon osalta. Puutteellisista tiedoista johtuen Excel –taulukossa oleva tuotteen lämpötilamuutos –sarake jätettiin tyhjäksi.

8.2 Suodatus

Helpoiten toteutettavissa oleva parannus jäähdytysvesijärjestelmään ja mahdollinen energiansäästö löytyy jokiveden suodatuksesta. Vuoden ajasta riippuen jokivedessä on enemmän tai vähemmän epäpuhtauksia, jotka voivat päästä olemassa olevan karkean suodattimen läpi järjestelmään.

Alkupään suodatuksen tehostuksella jäähdytysvesijärjestelmään virtaisi puhtaampaa vettä, lämmönvaihtimet eivät pääsisi likaantumaan niin herkästi eikä niiden lämmönsiirtokyky heikentyisi lian vaikutuksesta sekä mahdollisien tukoksien syntymisen riski alenisi. Suurin osa tehtaalla olevista lämmönvaihtimista on kiinteitä ja kokonaan hitsattuja laitteita, joten niiden puhdistus on melkein mahdotonta. Myöskin laitteiden suuri lukumäärä vaatisi huomattavan määrän aikaa ylimääräisiin huoltotöihin, jotka voitaisiin välttää ennakoimalla.

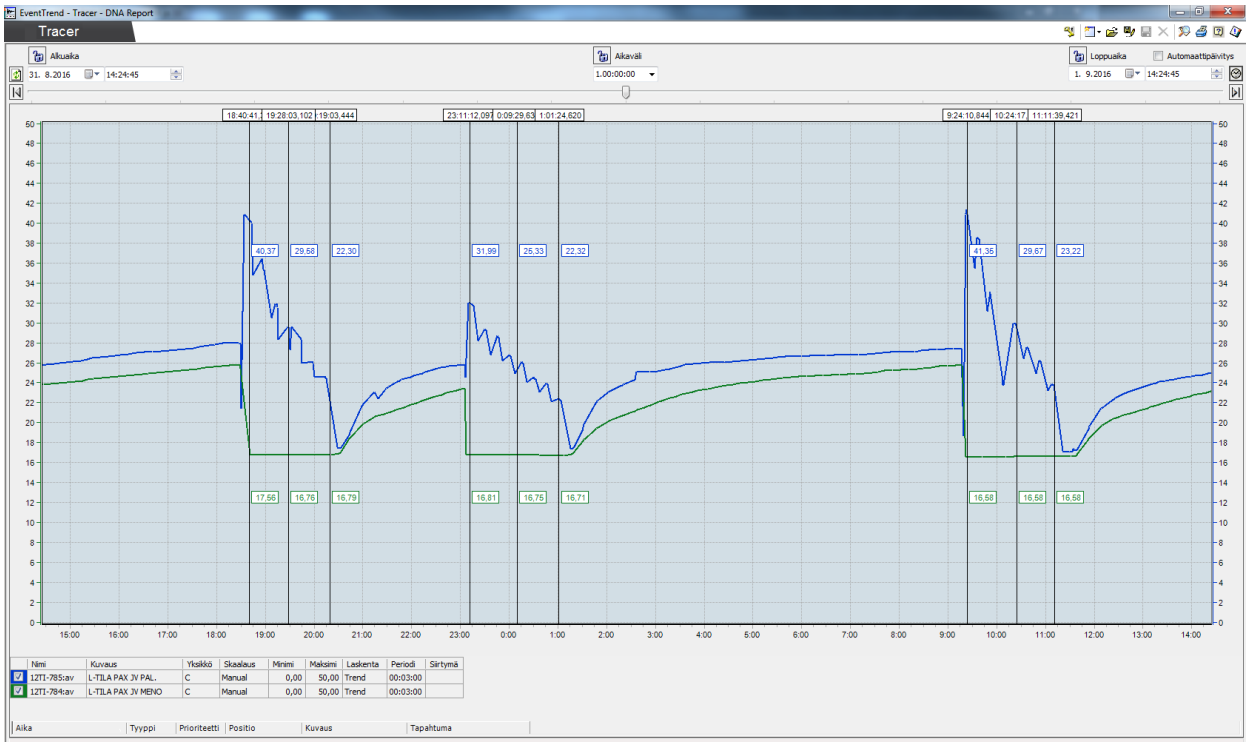
Kokemäenjoessa olemassa olevan karkean suodattimen jälkeen voitaisi asentaa tiheämpiä suodattimia/verkkoja, jotka puhdistettaisiin edelleen säännöllisesti sukeltajan toimesta. Tämä olisi yksinkertainen ja ilmeisesti melko edullinen keino, jolla varmistettaisiin, että järjestelmässä virtaisi mahdollisimman puhdas jäähdytysvesi sekä vähennettäisiin laitteiden kulumista, likaantumista ja turhia huoltotöitä. Lisäsuodatusta harkittaessa olisi syytä selvittää, investointi- ja kunnossapitokustannusten lisäksi, suodattimesta aiheutuvat painehäviöt ja vaikutukset pumppaukseen.

8.3 Panostoimisten prosessien tarpeettoman jäähdytyksen minimointi

Yksi huomion arvoinen säästökohde on vesikemikaali PAX:n valmistuksessa. Tämä prosessi on panostoiminen, joten, kun jäähdytystä ei tarvita, voitaisiin pumppaustehoa alentaa. PAX:n jäähdytyssykli lämmönvaihtimen A-5-01 osalta näkyy kuvassa 14. jäähdytysveden lämpötilan trendinä. Trendiviivat ovat jäähdytysveden meno- ja paluulämpötiloja. Jäähdytys on kerrallaan noin kahden tunnin mittainen, mikä ilmenee piikkeinä paluuve-

den lämpötilassa ja lämpötilan laskuna menovedessä. Trendiviiva tasaantuu, meno- ja paluuvesien lämpötila lähestyvät toisiaan, kun jäähdytysvesi ei kulje reaktoreiden vaipassa ja vesi lämpenee sen seistessä putkistossa.

Kaikkien PAX –tuotteiden; XL-100, XL-60, XL-14, osalta jäähdytyssyklit ovat samankaltaisia, 2 kertaa noin kahden tunnin ajan erän valmistuessa. Arkipäivisin reaktoreiden jäähdytys on noin 8 tuntia päivässä, tästä saadaan noin 24%:n käyttöaste viikossa. Viikonloppuisin tuotteita ei tehdä, harvinaisia erityistilanteita lukuun ottamatta. Tällä hetkellä venttiilit suljetaan, kun jäähdytys ei ole tarpeellinen, jolloin jäähdytysveden virtaus lisääntyy muissa osissa jäähdytysvesiputkistoa.



KUVA 14. PAX: n tuotejäähdytyksen trendi.

Reaktoreilla on omat jäähdytysvesipumput W-2-11 ja W-2-52, jotka ovat jatkuvasti toiminnassa. Ne kierrättävät prosessissa syntyvää lauhdevettä reaktorin vaippaan, koska kuuman tuotteen jäähdytyksessä ei voida käyttää suoraan kylmää jäähdytysvettä, joten se sekoitetaan lauhdeveteen. Lauhdeveteen aletaan lisäämään venttiilin avulla kylmää jäähdytysvettä, kun panos on valmistunut ja tuote pitää jäähdyttää ennen siirtoa varastosäiliöön.

Lauhdevesi kiertää reaktoreiden vaipassa koko ajan, vaikka jäähdytys ei olisi käynnissä. Energiasäästöjä tulisi, jos pumppujen moottorit sammutettaisiin ja lauhdevesi seisoisi vaipassa, kun jäähdytystä ei tarvita. Erityisesti viikonloppuisin sammutus olisi mahdollista ja järkevää, kun tuotetta ei valmisteta.

8.4 Taajuusmuuttaja

Yhtenä ensimmäisenä kehitysehdotuksena nousi esiin, jo alkupalavereissa Janne Niemisen kanssa, taajuusmuuttaja yhdelle kolmesta joen läheisyydessä olevasta jäähdytysvesipumpusta. Taajuusmuuttajalla moottorinpyörimisnopeutta voitaisiin säätää portaattomasti prosessin vaatimalla tavalla, näin säästyttäisiin moottoria kuluttavilta pysäytyksiltä ja käynnistyksiltä. Ja mitä pienempi moottorinpyörimisnopeus, sitä enemmän energiasäästöjä. Koeajoilla voitaisiin selvittää jäähdytysvesijärjestelmän vaatima paine putkistossa, ja liittää taajuusmuuttajan toiminta paineen vaihteluihin. Paineen noustessa tarpeettoman suureksi, kuten PAX: n tuotejäähdytyksen puuttuessa, taajuusmuuttaja pienentäisi pyörimisnopeutta ja säätäisi paineen oikeaksi. Tulevaisuudessa mahdollisen virtausmittarin asennuksen jälkeen taajuusmuuttajan toiminnan sitominen oikeaan virtausmäärään olisi yksi vaihtoehto.

Talvisin joen veden ollessa huomattavasti kylmempää, kuin muina vuodenaikoina, sen jäähdytysteho paranee, eikä virtauksen putkistossa tarvitse olla niin voimakasta. Nykyisellään yksi pumpuista on talvisin sammutettu, kun sitä ei ole tarvittu. Taajuusmuuttajalla säästyttäisiin mekaaniselta rasitukselta, kun turhia sammutuksia ei tulisi. Taajuusmuuttajalla olisi jopa mahdollista portaattomasti laskea pyörimisnopeutta joen lämpötilan laskiessa.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä kaikki tehtaiden TI ja TIV jäähdytysvesijärjestelmää koskevat olemassa olevat tiedot ja ajan tasalla olevat PI –kaaviot koottiin yhteen paikkaan. Näin tiedot ja osana työtä laadittu Excel –taulukko ovat helposti saatavilla. Työssä on erityyppisiä parannusehdotuksia listattuna yritykselle käytettäviksi, kun tulee ajankohtaiseksi tehdä muutoksia jäähdytysvesijärjestelmään.

Alustavan tarkastelun perusteella kannattavimmiksi energiasäästökohteiksi nousivat erityisesti suodatuksen tehostaminen jäähdytysvesijärjestelmän alkuosassa, taajuusmuuttajan asennus yhden jokivesipumpun moottoriin ja panostoimisten prosessien tarpeettoman jäähdytyksen minimointi.
Lisäksi jäähdytykseen riittävä veden määrä ja järjestelmään pumpattava määrä tulisi selvittää. Selvitystä helpottamaan prosessiin tulisi asentaa virtaus- ja lämpötilamittareita, joiden määrä ja tarvittavat investoinnit tulisi selvittää seuraavassa vaiheessa.

LÄHTEET

ABB Oy. 2008. Mikä taajuusmuuttaja on? WWW-dokumentti. http://www.abb.fi/cawp/db0003db002698/d5b664f5dd909412c1257291003ef7cc.aspx. Päivitetty 23.6.2008. Luettu 11.9.2016

Couper, James R. Chemical Process Equipment : Selection and Design. 2012. Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann.

Erkinheimo, H., Käyhkö, K., Niemelä, H., Pullola, E., Saloriutta, J., Tuomainen, M. 1997. Taajuusmuuttajat. Tampere: Tammer-Paino oy.

Ghoshdastidar, P. S. Heat Transfer. 2012. New Delhi: Oxford Press.

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P., Pakkanen, H. 2000. Höyrykattilatekniikka. Helsinki: Edita Oy Ab. ISBN: 951– 37-3360-2.

Jätevesipumppu. 2011. Luettu 11.9.2016 http://lvip10sag.wikispaces.com/J%C3%A4tevesipumppu.

Kemira. 2016. Internet- sivut. Luettu 6.9.2016. http://www.kemira.com/fi/sivut/default.aspx

Käyttökoulutus –materiaali. PAX, Märkäluja, SBH, NaBiSu. 2015. Kemira Chemicals Oy.

Lee, H.S 2010. Thermal Design: Heat sinks, Thermoelectrics, Heat Pipes, Compac Heat Exchangers, and Solar Cells. New Jersey: John Wiley & Sons

Mattila, J. Energy Manager. Kemira Oyj. 2016. Sähköpostikeskustelu. 7.10.2016.

Nieminen, J. Plant Manager. Kemira Chemicals Oy. 2016. Suullinen tiedonanto 14.7.2016.

Pihkala, J. Prosessitekniikan yksikköprosessit. 2005. Helsinki: Hakapaino Oy.

Projektin kuvaus. 2016. TIVTI Water system investigation and improvements. Word-tiedosto. Kemira Chemicals Oy.

Richardson, P. Improving the thermal processing of Foods. 2004. CRC Press; Woodhead Pub.

Taloussanomat. 2016. Luettu 6.9.2016 http://yritys.taloussanomat.fi/y/kemira-oyj/helsinki/0109823-0/

Tekniikka ja talous. 2016. Luettu 6.9.2016. http://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/yritykset/kemiralla-hyva-vuosi-liikevaihto-2-4-miljardia-11-6302739

Theodore, L. 2011. Heat transfer applications for the practicing engineer. Hoboken, NJ: Wiley.

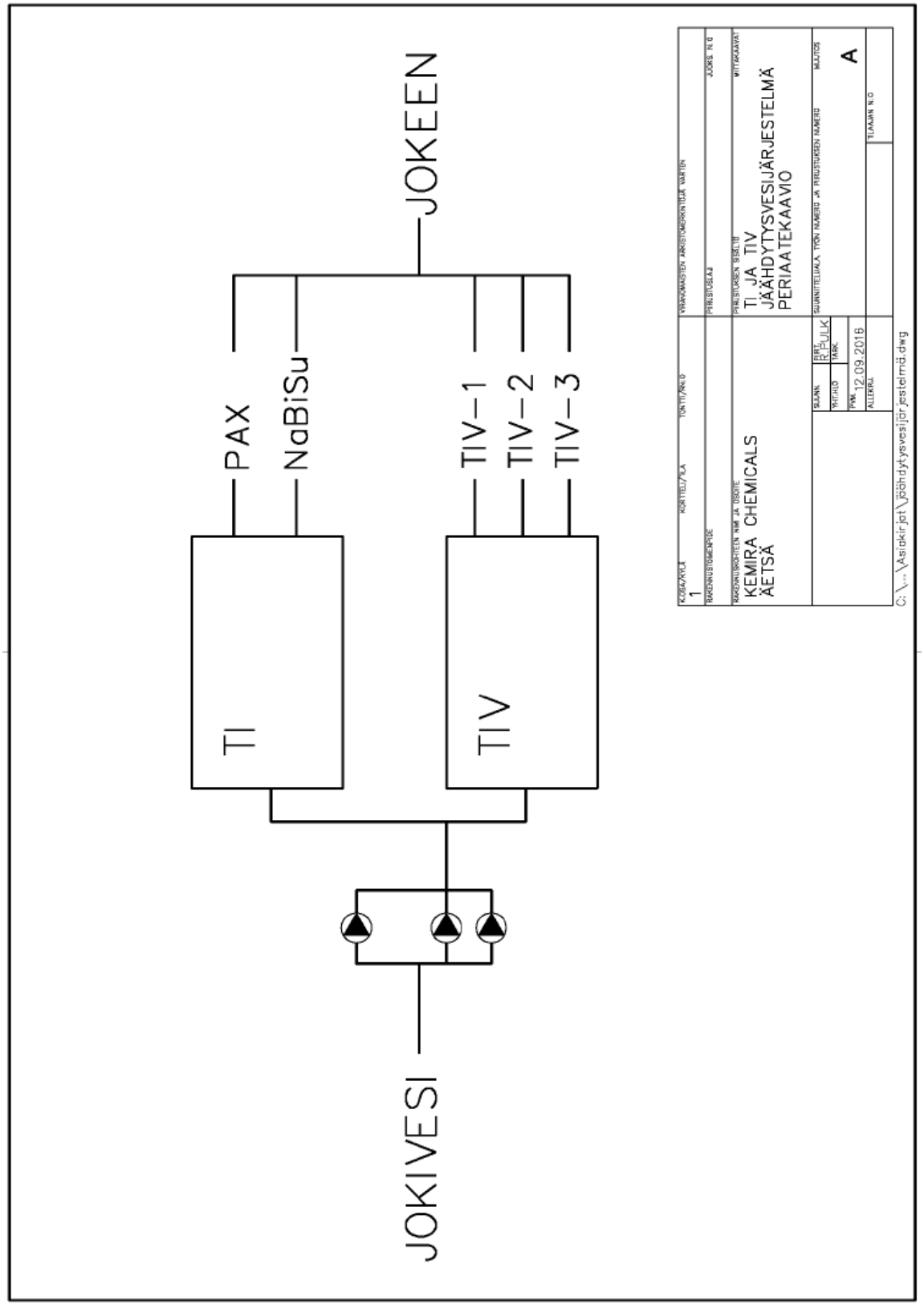
ValmetDNA. Nieminen, J. 2016. Prosessinohjausjärjestelmän näyttökuva 14.7.2016.

Äetsä toimipaikka. 2016. Perehdytysaineisto. Kemira Chemicals Oy.

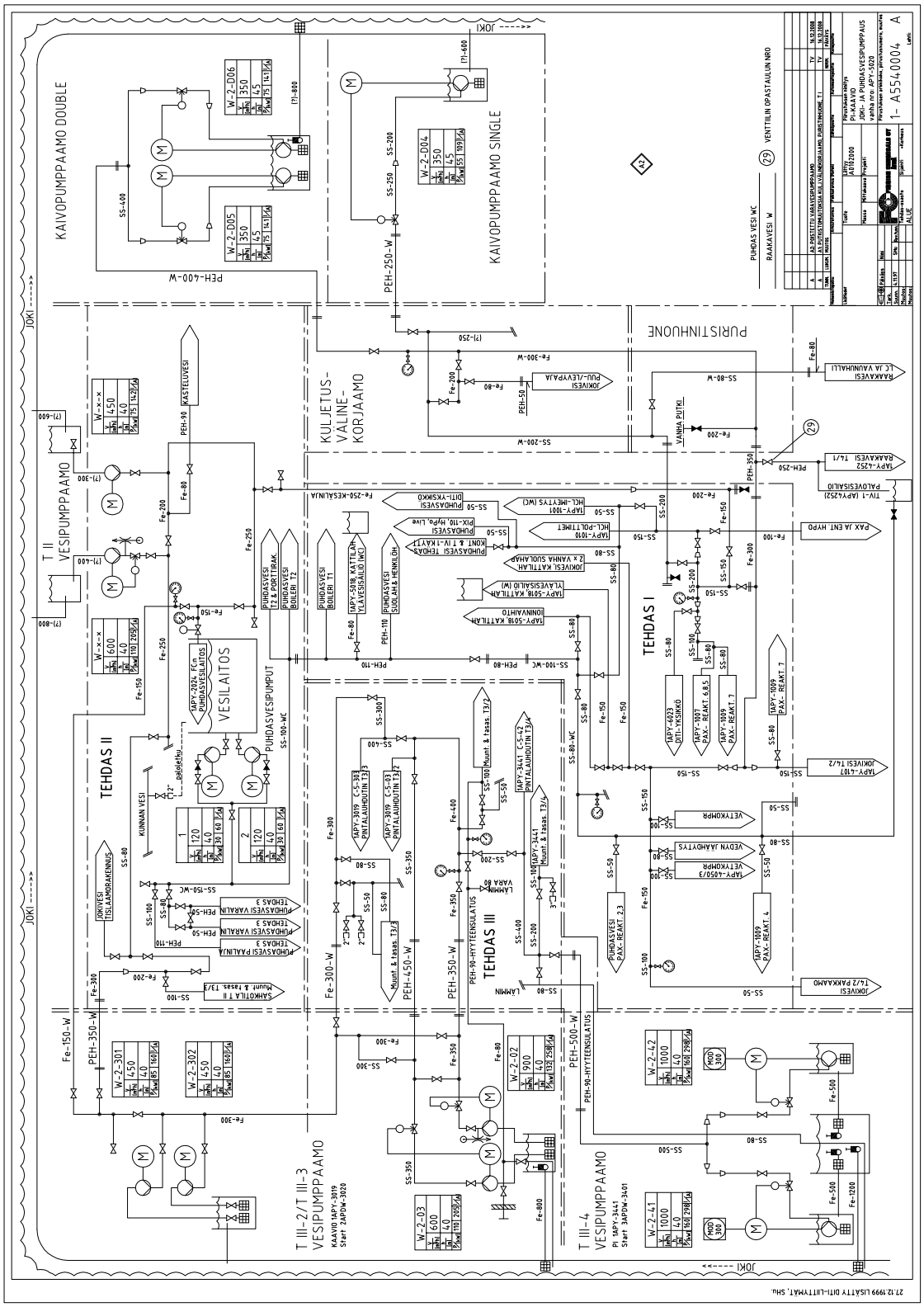
Äetsän yleisesittely. Päivitetty 10.6.2016. Kemira Chemicals Oy.

LIITTEET

Liite 1. Jäähdytysvesijärjestelmän periaatekaavio



Liite 2. Joki- ja puhdasvesipumppaus PI-kaavio



Liite 3. Pumput jäähdytysvesijärjestelmässä

Positio	Nimi	Tyyppi	Teho (kW)	Kapasiteetti (m^3/h)	Käyttötunnit (h/vrk)
W-2-D05	Kaivopumppu Double1	Keskipako-pumppu	75	350	24
W-2-D06	Kaivopumppu Double2	Keskipako-pumppu	75	350	24
W-2-D04	Kaivopumppu Single	Keskipako-pumppu	55	350	24
Muut pumput					
W-2-52	Pax jäähdytysvesipumppu	Keskipako-pumppu	11	120	24
W-2-11	Pax jäähdytysvesipumppu	Keskipako-pumppu	11	150	24
W-2-37	Kiertovesipumppu TMB-tislaus	Keskipako-pumppu	1,1		24
W-2-38	SBH-tuotejäähdyttimen pumppu (L-5-38) Ei käytössä				

Liite 4. Lämmönvaihtimet

1(8)

Positio	Nimi	Tyyppi	Teho (MW)	Virtausmäärä (m^3/h)	Suodatus	Tuote	Tuotteen lämpötila ΔT Sisään	Ulos	Jatkuva-/ panostoiminen	Jäähdytys-sykli	Mitä mittauksia? Toimivatko?	Lisätieto
L-5-39	Tuote-kolonnin lauhdutin	Putki				Metanoli			Jatkuva			
L-5-38	SBH- tuote-jäähdytin	Levy			W-6-52 Jäähdytysve-den suodatin	SBH			Jatkuva			
T-5-43	Regeneraattorin lauhdutin	Putki				TMB			Jatkuva			
T-5-46	TMB- jäähdytin	Levy				TMB			Jatkuva			
S-5-01	Lauhdejäähdytin	Levy							Jatkuva			
T-5-47 A	TMB- hönkälauh-dutin A	Putki				TMB			Jatkuva			
T-5-47 B	TMB- hönkälauh-dutin B	Putki				TMB			Jatkuva			
T-5-44	Palautuslauhdutin	Putki				TMB			Jatkuva			
T-5-39	TMB- aseotroopin jäähdytin	Levy			W-6-51 Jäähdytysve-den suodatin W-6-51	TMB			Jatkuva			
T-5-40	Metanolijäähdytin	Levy			Jäähdytysve-den suodatin W-6-51	Metanoli			Jatkuva			
T-5-54	Metanolilauhdutin	Levy			Jäähdytysve-den suodatin	Metanoli			Jatkuva			
T-5-53	Jätevesi- jäähdytin	Levy				Vesi+metanoli			Jatkuva			
W-5-31	Lauhde-jäähdytin	Putki				Lauhdevesi			Jatkuva			
T-5-56 A	MeOH- hönkä-lauhdutin A	Putki				Metanoli			Jatkuva			

Positio	Nimi	Tyyppi	Teho (MW)	Virtausmäärä (m^3 /h)	Suodatus	Tuote	Tuotteen lämpötila ΔT Sisään	Ulos	Jatkuva-/ panostoiminen	Jäähdytys-sykli	Mitä mittauksia? Toimivatko?	Lisätieto
T-5-56 B	MeOH- hönkä-lauhdutin B	Putki				Metanoli			Jatkuva			
T-5-66	TMB- kolonnin lauhdutin	Putki				TMB			Satunnaisesti jatkuva			
T-5-67	TMB-kolonnin tuotelauhdutin	Putki				TMB			Satunnaisesti jatkuva			
T-5-65	TMB- jäähdytin	Levy				TMB						
T-5-61	TMB- jäähdytin	Levy				TMN						
Q-5-40	Lämmönsiirto- öljyn jäähdytin	Levy				LS-öljy			Jatkuva			
L-5-52	Prosessiveden jäähdytin	Levy				Prosessivesi						
F-5-B1	Tiivisteöljyn jäähdytin	Levy				Öljy						
F-5-71	Tiivisteöljyn jäähdytin	Putki				Tiivisteöljy						
L-5-32	Vesireaktorin hönkälauhdutin	Vaippa				Vety						
F-5-61	Vety-hönkälauhdutin	Putki			W-6-53	Vety						
L-5-51	Öljyn pesusäiliön hönkälauhdutin	Levy				Öljy						
T-5-48	TMB-aseotroopin lauhdutin	Putki				TMB			Jatkuva			
Q-5-01A	A-Reaktorin LS-öljyn lämmön- vaihdin	Putki			W-6-52 Jäähdytysve-den suodatin	LS-öljy			Panos			

Positio	Nimi	Tyyppi	Teho (MW)	Virtausmäärä (m^3/h)	Suodatus	Tuote	Tuotteen lämpötila ΔT Sisään	Ulos	Jatkuva-/ panostoiminen	Jäähdytys-sykli	Mitä mittauksia? Toimivatko?	Lisätieto
Q-5-01B	B-Reaktorin LS-öljyn lämmön- vaihdin	Putki			W-6-52 Jäähdytysve-den suodatin	LS-öljy			Panos			
Q-5-01C	C-Reaktorin LS-öljyn lämmön- vaihdin	Putki			W-6-52 Jäähdytysve-den suodatin	LS-öljy			Panos			
Q-5-01D	D-Reaktorin LS-öljyn lämmön- vaihdin	Putki			W-6-52 Jäähdytysve-den suodatin	LS-öljy			Panos			
L-9-31	Vesireaktorin jäähdytysvaippa	Vaippa				SBH						

Positio	Nimi	Tyyppi	Teho (MW)	Virtausmäärä (m^3/h)	Suodatus	Tuote	Tuotteen lämpötila ΔT Sisään	Ulos	Jatkuva-/ panostoiminen	Jäähdytys-sykli	Mitä mittausia? Toimivatko?	Lisätieto
R-5-09	Tislaus- kolonnin syöttösäiliön jäähdytin	Vaippa							Jatkuvatoiminen			Ei käytössä
R-5-05	Pesutornin jäähdytin	Putki	0,016			Vesi- Vesi			Jatkuvatoiminen			
P-5-11	B-kuivurin lauhdutin	Putki				Amiinihöyry			Jatkuvatoiminen			
P5-01	B-haihturin lauhdutin	Putki	0,06			Amiinihöyry			Jatkuvatoiminen			
U-5-02	Lipeä-haihduttimen lauhdutin	Vaippa-putki				Amiinihöyry			Jatkuvatoiminen			
R-5-02	Tislaus- kolonnin lauhdutin	Putki	0,2			Amiinihöyry			Jatkuvatoiminen			
R-5-06	Pohjatuotteen jäähdytin	Vaippa-Putki							Jatkuvatoiminen			
P-5-24	A-haihturin lauhdutin	Putki				Amiinihöyry			Jatkuvatoiminen			
P-5-03	A-kuivurin lauhdutin	Putki				Amiinihöyry			Jatkuvatoiminen			
U-5-09	Poistoveden jäähdytin	Vaippa							Jatkuvatoiminen			
U-5-06	Amiini-haihduttimen lauhdutin	Putki				Amiinihöyry			Jatkuvatoiminen			
U-5-10	Amiini-haihduttimen palautus-lauhdutin	Levy				Amiinihöyry			Jatkuvatoiminen			

Positio	Nimi	Tyyppi	Teho (MW)	Virtausmäärä (m^3 /h)	Suodatus	Tuote	Tuotteen lämpötila ΔT Sisään	Ulos	Jatkuva-/ panostoiminen	Jäähdytys-sykli	Mitä mittausia? Toimivatko?	Lisätieto
P- 5-23	A- kuivurin jäähdytysveden jäähdytin	Levy				Lauhdevesi			Jatkuvatoiminen			
S-5-01	Lauhdejäähdytin	Levy				Lauhteita eri lähteistä			Jatkuvatoiminen			S-1-01 Lauhdevesi-säiliö
U-5-03	Lipeän jäähdytin	Putki-vaippa				Lipeä			Jatkuvatoiminen			

Positio	Nimi	Tyyppi	Teho (MW)	Virtausmäärä (m^3/h)	Suodatus	Tuote	Tuotteen lämpötila ΔT Sisään	Ulos	Jatkuva-/ panostoiminen	Jäähdytys-sykli	Mitä mittauksia? Toimivatko?	Lisätieto
G-1-21	PAA- reaktorin vaippa	Vaippa			W-6-53	Polyamino-amidi PAIM			Panostoiminen			
G-1-61	K770- reaktorin jäähdytys	Putki			W-6-53	Fennopol			Panostoiminen			Ei käytössä
W-5-51	Glykoli nestejäähdytin	Levy			W-6-53	Glykoli			Panostoiminen			

Positio	Nimi	Tyyppi	Teho (MW)	Virtausmäärä (m^3 /h)	Suodatus	Tuote	Tuotteen lämpötila ΔT Sisään	Ulos	Jatkuva-/ panostoiminen	Jäähdytys-sykli	Mitä mittauksia? Toimivatko?	Lisätieto
D-1-01	Reaktorin jäähdytysvaippa (Reaktorin	Vaippa			Ei	Vesi						
D-5-01	jäähdytys) (Reaktorin	Levy			Ei	NaBiSu						
D-5-03	jäähdytys)	Levy			Ei	NaBiSu						

Positio	Nimi	Tyyppi	Teho (MW)	Virtausmäärä (m^3 /h)	Suodatus	Tuote	Tuotteen lämpötila ΔT Sisään	Ulos	Jatkuva-/ panostoiminen	Jäähdytys-sykli	Mitä mittauksia? Toimivatko?	Lisätieto
A-5-02	PAX- jäähdytyksen lämmönvaihdin	Levy			Ei	PAX			Panos	2 h/4 x päivässä, Arkisin		Reaktorit 1 (A-9-04) ja 7 (A-9-03)
A-5-01	PAX- jäähdytyksen lämmönvaihdin	Levy			Ei	PAX			Panos	2 h/4 x päivässä, Arkisin		Reaktorit 8 (A-9-02) ja 10 (A-9-05)
A-9-04	Reaktorin 1 jäähdytysvaippa	Vaippa			Ei	Vesi			Panos			
A-9-03	Reaktorin 7 jäähdytysvaippa	Vaippa			Ei	Vesi			Panos			
A-9-02	Reaktorin 8 jäähdytysvaippa	Vaippa			Ei	Vesi			Panos			
A-9-05	Reaktorin 10 jäähdytysvaippa	Vaippa			Ei	Vesi			Panos			