

Aki Kangas

RAAKAVEDEN KÄYTTÖ JÄÄHDYTYKSIIN
BOLIDEN HARJAVALTA OY:N KUPARIELEKTROLYYSISSÄ

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
2016

RAAKAVEDEN KÄYTTÖ JÄÄHDYTYKSIIN BOLIDEN HARJAVALTA OY:N KUPARIELEKTROLYYSISSÄ

Kangas, Aki
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2016
Ohjaaja: Suvela, Timo
Sivumäärä: 79
Liitteitä: 5

Asiasanat: jäähdytys, raakavesi, jokivesi, levylämmönvaihdin, vaippaputkilämmönvaihdin

Opinnäytetyössä tutkittiin Boliden Harjavalta Oy kuparielektrolyysin raakavettä käyttäviä ja jokivesiviemäriin vetensä purkavien jäähdytysjärjestelmien toimintaa. Yhtenä tavoitteena oli löytää kohteet, joissa mahdollisissa vikatilanteissa saattaisi aiheutua riskejä ympäristölle. Toisaalta oli tarkoitus löytää myös ne kohteet, joissa on tehty toimenpiteitä ympäristölle aiheutuvien riskien pienentämiseksi. Kuparielektrolyysissä raakavettä käytetään vuositasolla noin kaksi miljoonaa kuutiometriä. Vettä käytetään muun muassa erilaisissa jäähdytysprosesseissa, prosessipumppujen tiivistetenä ja prosessiliuoksien lisäyksiin.

Lisäksi tutkittiin mistä komponenteista yksittäiset jäähdytysjärjestelmät koostuvat, keskittyen järjestelmien lämmönsiirtolaitteistoihin ja jäähdytyksissä käytettyihin väliaineisiin. Tarkoituksena oli myös selvittää tehtaan jäähdytysjärjestelmä verkoston rakenne ja piirtää jäähdytysjärjestelmästä selventävä kuva sisältäen pääputkistot sekä -laitteet.

Opinnäytetyössä oli tarkoitus pohtia erilaisia toteutusvaihtoehtoja elektrolyysihallin eteläpään orsivesien kokonaan tai osittaisesta pumppaamisesta tehtaan sisäiseen kiertoon, nykyisen jokivesiviemäriin ohjaamisen sijaan. Pohdin myös esimerkin omaisesti mahdollisessa muutoksessa tarvittavien mittaus ja toimilaitteiden tyyppejä. Mikäli muutos toteutetaan, luodaan mittaukset ja ohjaukset kuparielektrolyysin prosessiautomaatiojärjestelmään. Valvonta tapahtuisi elektrolyysihallin aina miehitetystä keskusvalvomosta.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin jäähdytysjärjestelmien osalta tapaustutkimus menetelmää. Orsivesien pumppauksen laajentamisen automatisoinnin osuudessa käytettiin konstruktivistista tutkimusmenetelmää.

THE USE UNTREATED WATER FOR COOLIN IN COPPER ELECTROLYSIS AT BOLIDEN HARJAVALTA OY

Kangas, Aki

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation Technology

April 2016

Supervisor: Suvela, Timo

Number of pages: 79

Appendices: 5

Keywords: cooling, untreated water, river drains, plate heat exchanger, shell and tube heat exchangers,

The thesis studied operations using untreated water and cooling systems that offload water into river drains during copper electrolysis at Boliden Harjavalta Oy. One of the aims was to find any potentially faulty items that might pose risks to the environment. Another intention was to find items that have been changed in order to reduce the risks to the environment. Copper electrolysis uses about two million cubic meters of untreated water annually. Water is used for example in various cooling processes, as a sealant in process pumps and as an additive to the process solutions.

The study also examined which components the individual cooling systems consist of, focusing on heat transfer equipment and mediums used in cooling systems. The aim was also to find out the structure of the plant's cooling system network and draw an explanatory picture of the cooling system including major piping and equipment.

The thesis discussed a variety of implementation options electrolysis hall at the south end of the fully or partially pumping certain types of groundwater in the internal circuit of the plant, instead of directing into the river water drains. I also use examples to discuss the types of measurement and actuator equipment needed in the possible change. If the change is implemented, the measurements and controls will be created within the process automation system of the copper electrolysis. Monitoring would occur in the permanently manned central control station of the electrolysis hall.

The research method used for the cooling systems was a case study method. In the part for the pumping automation of the groundwater the method used was constructive research.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	KOHDEYRITYS BOLIDEN HARJAVALTA OY.....	8
3	MÄÄRITELMÄT JA LYHENTEET.....	9
4	LÄMMÖNVAIHTOLAITEIDEN TEORIAA.....	11
4.1	Levylämmönvaihdin.....	14
4.1.1	Toimintaperiaate.....	16
4.2	Spiraalilämmönvaihdin.....	16
4.3	Vaippaputkilämmönvaihdin.....	17
4.3.1	Toimintaperiaate.....	18
4.4	Lamellilämmönvaihdin.....	19
4.5	Jäähdytystornit.....	20
4.6	Säiliössä jäähdyttäminen.....	22
4.7	Lämmönvaihtimien likaantuminen.....	22
5	KUPARIELEKTROLYYSISSÄ KÄYTETYT VEDET.....	24
5.1	Ionivapaa vesi.....	24
5.2	Raakavesi.....	24
5.3	Puhdas lauhde.....	25
5.4	Epäpuhdas lauhde.....	25
5.5	Likainen lauhde.....	25
5.6	Orsivesi.....	25
6	KUPARIELEKTROLYYSIN JÄÄHDYTYSPROSESSIT.....	26
6.1	Tasasuuntaaja DC1.....	26
6.1.1	Toimintakuvaus.....	27
6.2	Tasasuuntaaja DC2.....	28
6.2.1	Toimintakuvaus.....	29
6.3	Tasasuuntaaja DC3.....	31
6.3.1	Siemens 14 kA.....	31
6.3.2	Toimintakuvaus.....	31
6.3.3	Elleco 7 kA.....	32
6.3.4	Toimintakuvaus.....	32
6.4	Katodien irrotuskoneen hydraulikkaöljyn jäähdytys.....	32
6.4.1	Toimintakuvaus.....	33
6.5	Anodien kunnostuskoneen hydraulikkaöljyn jäähdytys.....	34
6.5.1	Toimintakuvaus.....	34
6.6	Elektrolyysihallin prosessipumput.....	34

6.6.1	Toimintakuvaus	35
6.7	Kuparinpoisto tasasuuntaaja 0-vaihe	35
6.7.1	Toimintakuvaus	36
6.8	Kuparinpoisto tasasuuntaaja 1-vaihe	37
6.8.1	Toimintakuvaus	37
6.9	Kuparinpoisto tasasuuntaaja 2 vaihe.....	38
6.9.1	Toimintakuvaus	38
6.10	Pääpintalauhdutin kiteytin	39
6.10.1	Toimintakuvaus.....	40
6.11	Haihduksen tyhjöpumppu	41
6.11.1	Toimintakuvaus.....	41
6.12	Kiteytin lisälauhdutin.....	41
6.12.1	Toimintakuvaus.....	42
6.13	Kuparisulfaattilingon hydraulikan jäähdytys.....	44
6.13.1	Toimintakuvaus.....	44
6.14	Larox-suotimen tyhjöpumppu.....	44
6.14.1	Toimintakuvaus.....	45
6.15	Nauhasuotimen syöttösäiliö (Suodossäiliö).....	46
6.15.1	Toimintakuvaus.....	46
6.16	Liuotusreaktori 1jäähdytys.....	47
6.16.1	Toimintakuvaus.....	48
6.17	Arsenihapon saostusreaktori	49
6.17.1	Toimintakuvaus.....	50
6.18	Panneviksen syöttösäiliö.....	51
6.18.1	Toimintakuvaus.....	52
6.19	Pannevis suotimen tyhjöpumppu	52
6.19.1	Toimintakuvaus.....	53
6.20	Arsenihapon valmistusreaktori.....	53
6.20.1	Toimintakuvaus.....	54
6.21	0-Vaihe syöttösäiliö	55
6.21.1	Toimintakuvaus.....	55
6.22	Liuospuhdistamon prosessipumput.....	57
6.22.1	Toimintakuvaus.....	58
6.23	Trof-konvertterin kannen, poltinrungon ja savukaasuputken jäähdytys.....	58
6.23.1	Toimintakuvaus.....	58
6.24	Trof konvertterin hydraulikkain jäähdytys	59
6.24.1	Toimintakuvaus.....	59
6.25	Granuloinnin vesisäiliön jäähdytys.....	60

6.25.1	Toimintakuvaus.....	60
6.26	Granulointisäiliön ylivuoto	60
6.26.1	Toimintakuvaus.....	60
6.27	Jalometalliosaston prosessipumput	61
6.27.1	Toimintakuvaus.....	62
6.28	Autoklaavin sekoittimen tiivisteveden jäähdytys	62
6.28.1	Toimintakuvaus.....	63
7	JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMIEN MAHDOLLISET RISKIT YMPÄRISTÖLLE...	64
7.1	Tasasuuntaajien jäähdytys	64
7.2	Hydrauliikkaöljyjen jäähdytykset	64
7.3	Prosessipumppujen tiivistevedet.....	65
7.4	Tyhjöpumput.....	65
7.5	Lauhduttimet.....	65
7.6	Prosessiliuoksien jäähdytys	66
7.7	Jalometallin jäähdytysprosessit.....	66
8	ORSIVESIEN KÄSITTELY	67
8.1	Tausta ja tavoitteet	67
8.1.1	Ehdotus 1	67
8.1.2	Ehdotus 2	68
8.2	Prosessilaitteet.....	68
8.3	Pumppaus prosessin toimintakuvaus	69
9	RAAKAVEDEN JAKELUVERKOSTON RAKENNE.....	71
10	YHTEENVETO	74
11	PÄÄTELMÄT	77
	LÄHTEET	79
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä perehdytään Boliden Harjavalta Oy:n kuparielektrolyysin raakavettä väliaineena käyttävien jäähdytysjärjestelmien rakenteeseen, laitteistoihin, riskeihin sekä laatia jäähdytysjärjestelmistä toimintakuvaukset. Perehdyn ja dokumentoin raakavesijärjestelmän rakenteen, alkaen raakavesiputkiston liityntäpisteestä tehtaan sisällä ja päättyen tehtaan sisällä olevaan jokivesiviemärin liityntäpisteisiin, järjestelmän rakenne esitetään kaaviokuvan muodossa.

Opinnäytetyön luvussa 4 käsitellään erilaisten lämmönvaihdinlaitteiden teoriaan ja lämmönsiirtoon käytettettäviä laitetyyppejä. Teoriaosuuden jälkeen luvussa 5 kerrotaan kuparielektrolyysissä käytettävistä erityyppisistä vesistä, jotka ovat ionivapaa-vesi, raakavesi, orsivesi, puhdas lauhde, epäpuhdas lauhde ja likainen lauhde. Luvussa 6 käsitellään kuparielektrolyysin yksittäisiä jäähdytysprosesseja sisältäen jäähdytyksen tarkoituksen ja toimintakuvauksen. Luvussa 7 käsitellään kootusti eri jäähdytysjärjestelmistä mahdollisia ympäristölle aiheutuvia riskejä. Jäähdytysjärjestelmien riskejä on jaoteltu ja yhdistelty omiin kappaleisiinsa samankaltaisuuksien mukaisesti, esimerkiksi hydrauliiikkaöljyn jäähdytykset ovat samassa luvussa. Luvussa 8 on käsitelty elektrolyysihallin eteläpään orsivesien pumpppauksen muutosta siten, että nykyisen Kokemäenjokeen johtamisen sijaan, orsivedet pumpattaisiin kokonaan tai osittain tuotantolaitoksen omaan käyttöön. Lopuksi on kuvattu kaaviokuvalla raakavesiverkoston rakennetta, kustakin neljästä syöttöpisteestä eri käyttökohteisiin haarautumiseen.

2 KOHDEYRITYS BOLIDEN HARJAVALTA OY

Boliden Harjavalta sulattaa kupari- ja nikkelikastetta sekä jalostaa kuparia. Päätuotteet ovat katodikupari, nikkelikivet, kulta ja hopea. Lisäksi yhtiö valmistaa sivutuotteena muun muassa rikkihappoa ja rikkidioksidia. Yhtiön tuotantolaitokset sijaitsevat Harjavallassa ja Porissa. Harjavallan sulaton tuottamat kuparianodit jatkojalostetaan kuparikatodiksi Porin kuparielektrolyysissä, jossa jalostetaan lisäksi muun muassa kultaa ja hopeaa. Vuosittainen tuotantokapasiteetti on 210 000 tonnia anodikuparia ja 155 000 tonnia katodikuparia. Suurin osa kuparirikasteesta tulee ulkopuolisilta kaivoksilta eri puolilta maailmaa, muun muassa Portugalista ja Etelä-Amerikasta. Nikkeli- ja kuparisulatus sulatetaan nikkelikasteita palvelusulatuksena. Kesällä 2015 Boliden aloitti nikkelikasteiden oston eri kaivoksilta ja Harjavallassa tuotettua nikkelikiveä myydään ulkopuolisille jatkojalostajille.

Boliden Harjavallalla on pitkät perinteet Suomen teollisessa historiassa. Kuparisulato aloitti toimintansa vuonna 1936 Imatralla. Liiketoiminta siirrettiin sodan jaloista henkilöstöineen Harjavaltaan 1944 toisen maailmansodan aikana. Ensimmäinen kuparivalu tehtiin Harjavallassa vuonna 1945. Kuparielektrolyysi aloitti toimintansa Porissa vuonna 1941. Täysin uudenlainen ja energiatehokkuudeltaan mullistava kuparirikasteiden liekkisulatusmenetelmä kehitettiin Harjavallassa ja otettiin käyttöön vuonna 1949. Menetelmää kehitetään jatkuvasti, ja se on maailman yleisin kuparirikasteiden sulatustapa. Yhtiön henkilöstömäärä on noin 500. (Boliden www-sivut)

3 MÄÄRITELMÄT JA LYHENTEET

Raakavesi	joesta pumpattavaa vettä, joka suodatetaan käytettäväksi tuotantoprosessin erilaisiin tarkoituksiin
Orsivesi	pohjavesiesiintymän yläpuolella vettä huonosti johtavan kerrostuman päällä oleva vapaa pohjavesivyöhyke (Tieteen termipankki www-sivut)
Johtokyky	sähkönjohtavuus (S/m), siemensä / metri
Q_1	kuuman veden luovuttama lämpömäärä, W
m	veden massavirtaus kg / s
c	veden ominaislämpökapasiteetti, J / (kg °C)
t_{ls}	lämpimän veden sisäänmenolämpötila, °C
t_{lu}	lämpimän veden ulostulolämpötila, °C
Q_k	kylmän veden vastaanottama lämpömäärä, W
t_{ks}	kylmän veden sisäänmenolämpötila, °C
t_{ku}	kylmän veden ulostulolämpötila, °C
k	lämmönsiirtokerroin, $\frac{kJ}{(m^2 \cdot ^\circ C)}$
A	lämmönvaihtimen lämmönsiirtopinta-ala, m^2
Q	aikayksikössä siirtynyt lämpömäärä, kJ
Δt_{log}	logaritminen lämpötilaero, °C

CIP	cleaning in place
kA	kiloampeeri (1 kA = 1000 A)
TICA	lämpötilan osoitus, säätö ja hälytys
TIC	lämpötilan osoitus ja säätö
TI	lämpötilan osoitus
PICA	paineen osoitus, säätö ja hälytys
PIC	paineen osoitus ja säätö
PIA	paineen osoitus ja hälytys
PI	paineen osoitus
FIQ	virtauksen osoitus ja laskenta
FS	virtaus kytkintieto
QIA	johtokyvyn osoitus ja hälytys
QV	johtokykypiirin venttiili
XI	moottorin käyntitiedon osoitus
$\mu\text{S/cm}$	mikrosiemensia / senttimetri
Epäpuhdas lauhde	happopitoisien prosessikaasujen lauhtumisesta syntyvä lauhdevesi

4 LÄMMÖNVAIHTOLAITEIDEN TEORIAA

Useissa teollisuuden prosesseissa syntyy lämmitys ja jäähdytystarpeita. Mikäli prosessit tuottavat lämpöä, on lämpöä siirrettävä prosessista pois (jäähdytetään), vastaavasti joihinkin prosesseihin pitää lämpöä tuoda ulkopuolelta (lämmitys). Näihin tarkoituksiin voidaan käyttää erilaisia kuhunkin kohteeseen soveltuvia lämmönvaihtimia. Lämpöä voidaan siirtää kolmella erilaisella tavalla:

- *Johtumalla*, lämpö siirtyy korkeammasta energiasta, matalampaan energiaan.
- *Kuljettamalla* (konvektio), lämpö kulkeutuu esimerkiksi ilmavirtauksen mukana.
- *Säteilyllä*, lämpimämpi kappale luovuttaa energiaansa säteilyenergiaksi.

Yleensä lämmön siirtymisessä tapahtuu jossakin määrin näitä kaikkia edellä mainittuja siirtotapoja. Lämmönvaihdin on laite, jonka avulla siirretään lämpöä kahden eri väliaineen kesken. Lämmönvaihtolaitteita on erilaisella teknisellä toteutuksella ja erilaisiin tarkoituksiin valmistettuja. Lämmönvaihtimia nimetään rakenteensa mukaan seuraavasti:

- levylämmönvaihdin
- spiraalilämmönvaihdin
- vaippaputkilämmönvaihdin
- kaksoisputkilämmönvaihdin
- jäähdytystornit

Lämmönvaihtimissa väliaineet on erotettu toisistaan levyjen tai putkien avulla, nämä kiinteät rakenteet toimivat samalla lämmönsiirtopintoina, jolloin lämpö siirtyy ensin näihin putkiin / levyihin ja niistä toisella puolella virtaavaan lämmitettävään - / jäähdytettävään nesteeseen. Lämmönvaihtimen tehtävänä voi olla toisiopuolen väliaineen lämpötilan kasvattaminen, silloin sitä kutsutaan lämmittimeksi, jos lämpötilaa on tarkoitus laskea, kutsutaan sitä jäähdyttimeksi. Lämmönvaihtimen valmistusmateriaaleihin vaikuttaa lämmönvaihtimessa käytettävät väliaineet. Huomioitavia seikkoja ovat muun muassa, korroosion kestävyys, lämmönjohtavuus ja mekaaninen lujuus, lämpölaajenemisominaisuudet. Yleisesti lämmönvaihtimissa käytettävät materiaalit

ovat teräs, erilaiset kupariseokset, alumiini, grafiitti, lasi ja erikoismetalliseokset. Lämmönvaihtimen ominaisuuksia esimerkiksi veden luovuttama lämpömäärä tai lämmönsiirtokerroin voidaan ratkaista matemaattisesti, kun tiedetään lämmitys / jäähdytysprosessista joitakin mittausrvoja.

Kuumalla vedellä lämmitettäessä kylmää vettä, veden luovuttama lämpömäärä voidaan ratkaista laskentakaavalla:

$$Q_1 = m_v c_v (t_{ls} - t_{lu})$$

Q_1 = kuuman veden luovuttama lämpömäärä, W

m_v = veden massavirtaus kg / s

c_v = veden ominaislämpökapasiteetti, J / (kg °C)

t_{ls} = lämpimän veden sisäänmenolämpötila, °C

t_{lu} = lämpimän veden ulostulolämpötila, °C.

Vastaavasti kylmän veden vastaanottama lämpömäärä lasketaan kaavalla:

$$Q_k = m_v c_v (t_{ku} - t_{ks})$$

Q_k = kylmän veden vastaanottama lämpömäärä, W

t_{ks} = kylmän veden sisäänmenolämpötila, °C

t_{ku} = kylmän veden ulostulolämpötila, °C

Kuuman ja kylmän veden luovuttamat ja vastaanottamat lämpömäärät tulisivat olla yhtä suuria, mutta käytännön sovelluksissa aina esiintyy lämpöhäviöitä. Lämmönvaihtimien lämmönsiirtokerroin, jota kutsutaan k-arvoksi. Lämmönsiirtokertoimen laskemiseksi tarvitaan lämmönvaihtimesta ja siihen kytketystä prosessista tietoja, lämmönsiirtopinta-ala, aikayksikössä siirtynyt lämpömäärä ja logaritminen lämpötilaero.

$$Q = kA(\Delta t_{log}), \text{ jossa } k = \frac{Q}{\Delta t_{log}}$$

k = lämmönsiirtokerroin, kJ/(m²°C)

Q = aikayksikössä siirtynyt lämpömäärä, kJ

A = lämmönsiirtimen lämmönsiirtopinta-ala, m^2

Δt_{log} = logaritminen lämpötilaero, $^{\circ}C$

Logaritminen lämpötilaeron laskentakaava on:

$$\Delta t_{log} = \frac{t_s - t_u}{\ln(t_s/t_u)}$$

t_{log} = logaritminen lämpötilaero, $^{\circ}C$

t_s = väliaineiden lämpötilaero sisäänmenopäässä, $^{\circ}C$

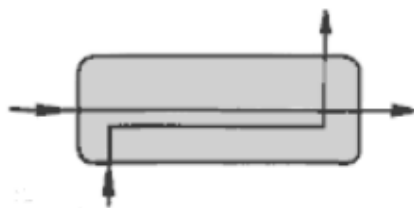
t_u = väliaineiden lämpötilaero ulostulopäässä, $^{\circ}C$

(ln = luonnollinen logaritmi)

(Pihkala 2011, 103–104)

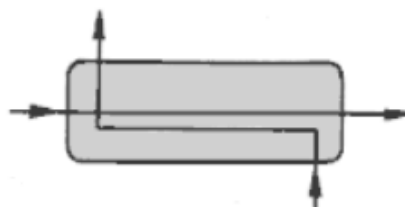
Lämmönvaihtimet voidaan jakaa virtauksensa mukaan seuraaviin ryhmiin:

- *Myötävirtalämmönvaihdin*, Kuva 1 väliaineet tulevat lämmönvaihtimeen samasta päästä ja poistuvat toisesta päästä.



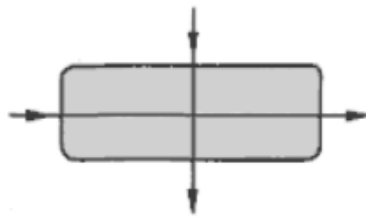
Kuva 1. Myötävirtalämmönvaihdin (Prosessitekniikka www-sivut)

- *Vastavirtalämmönvaihdin*, Kuva 2 aineet virtaavat toisiaan vastaan.



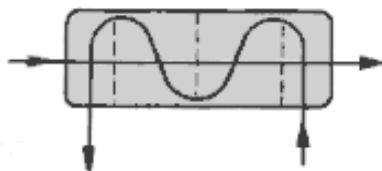
Kuva 2. Vastavirtalämmönvaihdin (Prosessitekniikka www-sivut)

- *Ristivirtauslämmönvaihdin*, Kuva 3 aineista toinen virtaa lämmönvaihtimen läpi pitkittäin, toinen tähän nähden poikittain.



Kuva 3. Ristivirtauslämmönvaihdin (Prosessitekniikka www-sivut)

- *Moninkertainen ristivirtaus*, Kuva 1 tässä tyypissä toinen aineista kulkee toisen aineen poikki useita kertoja,



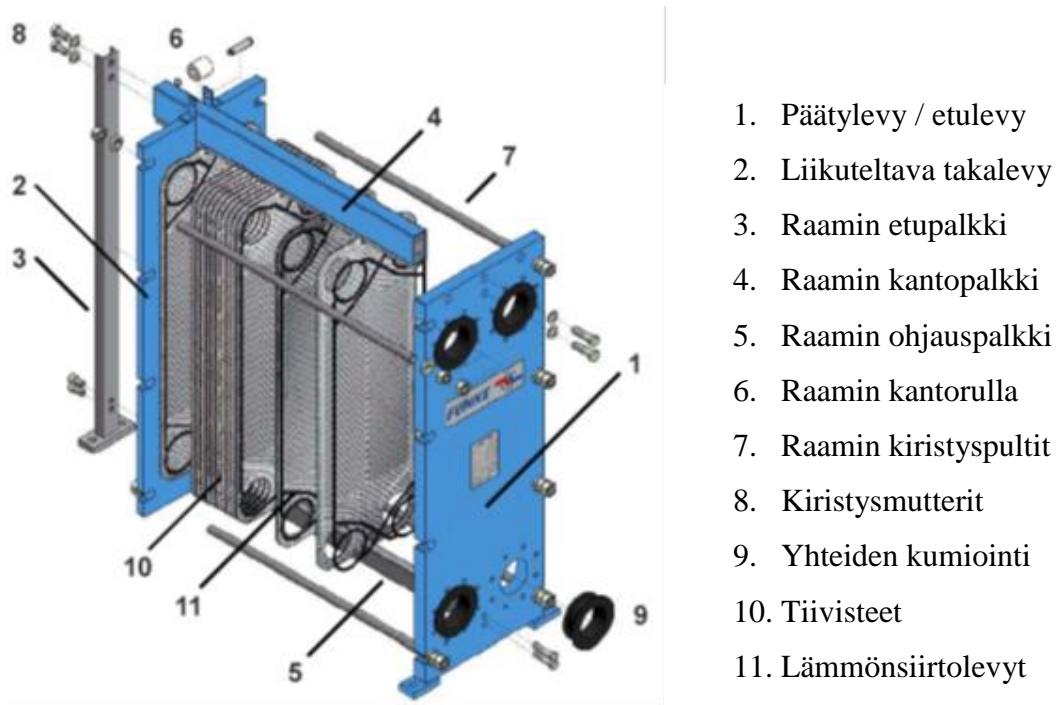
Kuva 4. Moninkertainen ristivirtaus (Prosessitekniikka www-sivut)

4.1 Levylämmönvaihdin

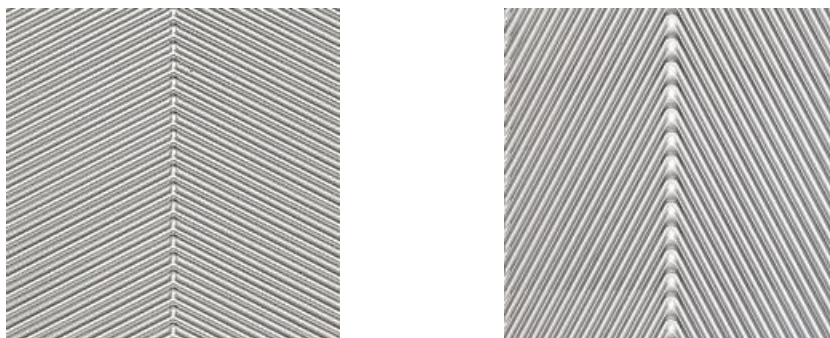
Lämmönvaihdinta voidaan käyttää lämmitys- ja jäähdytystarkoituksiin. Levylämmönvaihdin on yleisesti käytössä niin prosessiteollisuudessa, kuin LVI-tekniikan lämmönsiirto-sovelluksissa. Levylämmönvaihtimen etuja verrattuna muihin lämmönvaihdintyyppeihin ovat helppo huollettavuus, muunneltavuus sekä helppo korjattavuus. Levylämmönvaihdin koostuu vierekkäin asetelluista yhdensuuntaisista levyistä, Kuva 5. Levyjen pinta voi olla suora, mutta useimmiten levyjen pinta on muotoiltu erilaisin profiilein, Kuva 6. Profiloidut levyt kestävät paremmin eri puolilla levyä virtaavien nesteiden paine-eroa, lisäksi profilointi lisää nesteeseen turbulenssia, joka osaltaan lisää lämmönsiirtokerrointa. Levyjen välillä on kuminen tiiviste, jonka avulla levyt tiivistyvät toisiinsa ja päätylevyihin. Levylämmönvaihtimen levyjen määrää voidaan helposti muuttaa, lisäämällä tai poistamalla levypakasta levyjä, jolloin myös lämmönsiirron kapasiteetti muuttuu samassa suhteessa.

Levylämmönvaihtimen puhdistaminen on paljon helpompaa kuin spiraali- tai vaipaputkilämmönvaihtimen, koska levypakka voidaan avata helposti ja levyt pestä yk-

sitellen, myös mahdollisesti vikaantunut (vuotava) levy voidaan poistaa tai vaihtaa helposti (Pihkala 1998, 76)



Kuva 5. Levylämmönvaihtimen rakenne (Viflow Finland Oy)

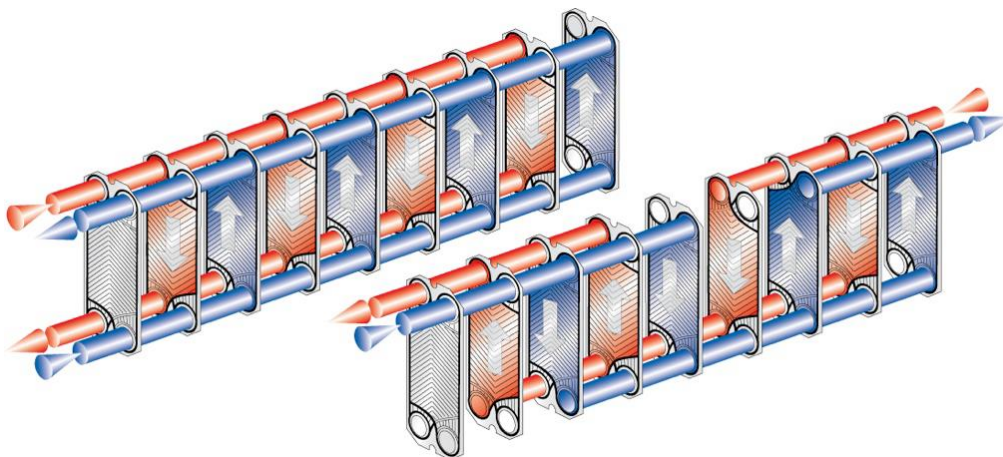


Kuva 6. Profiloituja levymalleja. (Viflow www-sivut)

Levyjen profiilien erilaisilla V-kulmilla, voidaan vaikuttaa lämmönsiirtotehoon ja painehäviöön. Matala V-profiili antaa paremman lämmönsiirtotehon, mutta matalassa on korkeampi painehäviö. Kun halutaan painehäviö pienemmäksi, valitaan korkeampi V-profiili. (Viflow www - sivut).

4.1.1 Toimintaperiaate

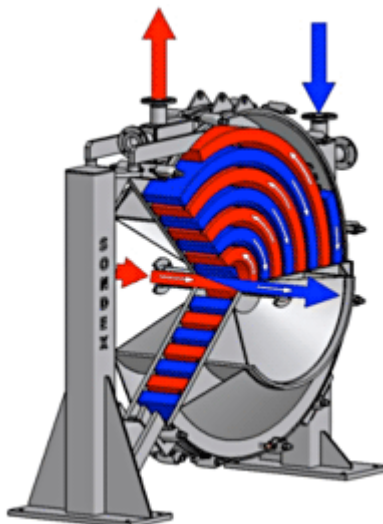
Levylämmönvaihdin sisältää toisiinsa kiinnittyneitä levyjä, jossa on virtausaukot virtaaville aineille. Virtauskanavat muodostuvat kääntämällä virtausta 180° aina jokaisen levyn jälkeen, (Kuva 7). Levypakka on asetettu raamiin, joka puristetaan tiiviiksi etu- ja painelevyn väliin kiristystankojen ja pulttien avulla.



Kuva 7. Ylemmässä kuvassa yksivaiheinen virtaus, yhteen samassa päätylevyssä. Alemmassa kuvassa monivaiheinen virtaus (2 tai enemmän), tulo- ja poistoyhde etulevystä ja tulo- ja poistoyhde takalevystä. (Viflow Finland Oy).

4.2 Spiraalilämmönvaihdin

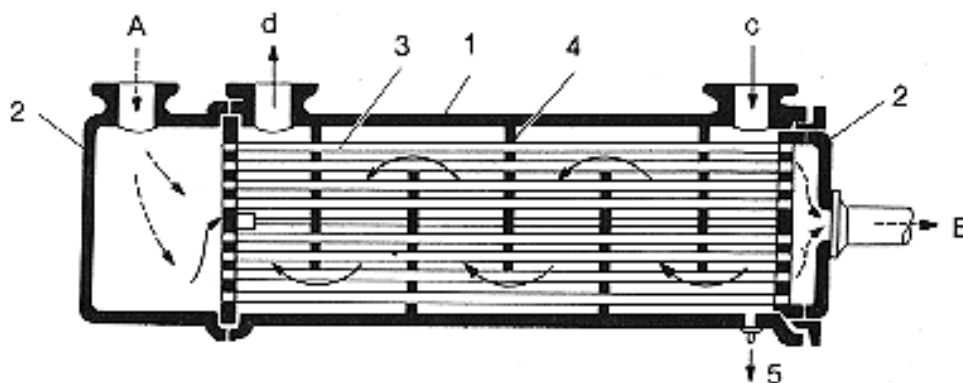
Spiraalilämmönvaihtimia voidaan käyttää lämmitys- ja jäähdytystarkoituksiin. Spiraalinmuotoisen sisuksen ansiosta (Kuva 8) virtausnopeus on suuri sekä pienillä että isoilla virtausmäärillä. Spiraalilämmönvaihdin on valmistettu kahdesta toistensa ympärille kierretystä levystä, jossa nesteen virtaus on järjestetty siten, että joka toisessa välissä virtaa lämmin ja joka toisessa välissä kylmä virtausaine. Spiraalilämmönvaihtimilla saavutetaan korkea käyttölämpötila ja päästään suuriin paineisiin, koska lämmitettävien / jäähdytettävien nesteiden välillä ei ole tiivisteitä. Spiraalilämmönvaihdin soveltuu likaisemmille väliaineille kuin levylämmönvaihdin, spiraalin muodon ansiosta epäpuhtaudet kulkeutuvat keskipakoisuusvoiman ja suuren virtausnopeuden ansiosta helpommin pois lämmönvaihtimesta.



Kuva 8. Spiraalilämmönvaihdin (Sondex Tapiro Oy Ab)

4.3 Vaippaputkilämmönvaihdin

Kun tarvitaan suuria lämmönsiirtopinta-aloja, on suositeltavin lämmönvaihdintyyppi vaippaputkilämmönvaihdin. Vaippaputkilämmönvaihtimessa on putket sijoitettu ns. kimppuun, koska rakenteella saavutetaan taloudellisesti ja käytännöllisesti suuri lämmönsiirtopinta-ala, toinen lämmitettävistä tai jäähdytettävistä nesteistä virtaa näissä putkissa. Putkikimppu ympäröidään vaipparakenteella, jossa toinen nesteistä virtaa. Yksinkertaisessa vaippaputkilämmönvaihtimessa (Kuva 9) on tyypillistä, että samansuuntaisissa useissa putkissa virtaavan nesteen virtausnopeus ja painehäviö ovat alhaisia, myös lämmönsiirtokerroin on tällä rakenteella alhainen. Vaippaan on asennettu virtaushaittoja (Kuva 9 / 4), joiden tarkoituksena on lisätä vaippapuolen nesteen virtausnopeutta ja turbulenssia (ristivirtaus). Virtausnopeuden ja turbulenssin ansiosta saadaan tehostettua lämmön siirtymistä.



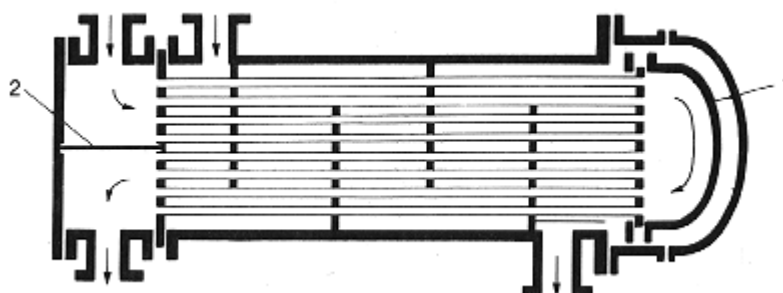
Kuva 9. Yksinkertainen vaippaputkilämmönvaihdin (Pihkala 2007, 78)

- A. Putkiväliaine sisään
- B. Putkiväliaine ulos
- C. Vaippaväliaine sisään
- D. Vaippaväliaine ulos
- 1. Vaippa
- 2. Päädyt
- 3. Putket
- 4. Virtausohjaimet
- 5. Tyhjennyshana

4.3.1 Toimintaperiaate

Lämmönvaihtimen läpi virtaava neste tai kaasu tulee lämmönvaihtimeen päässä olevaan tilaan (Kuva 9 / A), josta se jakaantuu tasaisesti eri putkiin, poistuakseen vaihtimen toisesta päästä (Kuva 9 / B). Toinen virtaava aine, lämmitettävä tai jäähdytettävä, kuuma tai kylmä virtaa vaipassa, joka ympäröi putkia. Vaippaväliaine tulee sisään (Kuva 9 / C) ja poistuu lämmönvaihtimen toisesta päästä (Kuva 9 / D). Kun tarvitaan suurempia lämmönsiirtonopeuksia, jaetaan lämmönvaihtimen päädyt välilevyillä pienempiin osiin (Kuva 10 / 2), jolloin lämmitettävä tai jäähdytettävä neste kulkee lämmönvaihtimen putkien läpi useamman kerran, tällöin lämmönsiirto nopeutuu ja tehostuu. Putkiväliaine kulkee lämmönvaihtimen putkiston lävitse kahdesti (Kuva 10) ja vaippaneste kertaalleen, putkisto voidaan jakaa levyillä myös useam-

paan kuin kahteen osaan, tarpeesta riippuen. Monimutkaisempi rakenne lisää luonnollisesti myös valmistuskustannuksia, mutta kohonneet valmistuskustannukset kompensoituvat parantuneen tehokkuuden ansiosta. Mitä useampaan osaan virtaus jaetaan, sitä enemmän kasvavat myös putkiston kitkahäviöt, joka nostavat tarvittavaa pumppaustehoa. Lämmönvaihdin voidaan valmistaa myös vapaasti liikkuvalla päädyllä (Kuva 10/1), joka helpottaa lämmönvaihtimen putkiston puhdistus- ja korjaustoimia. Tällaisessa rakenteessa putkinippu voidaan helposti vetää vaipasta ulos ja suorittaa tarvittavat toimenpiteet. (Mansukoski 1975, 62; Pihkala 2007, 78)



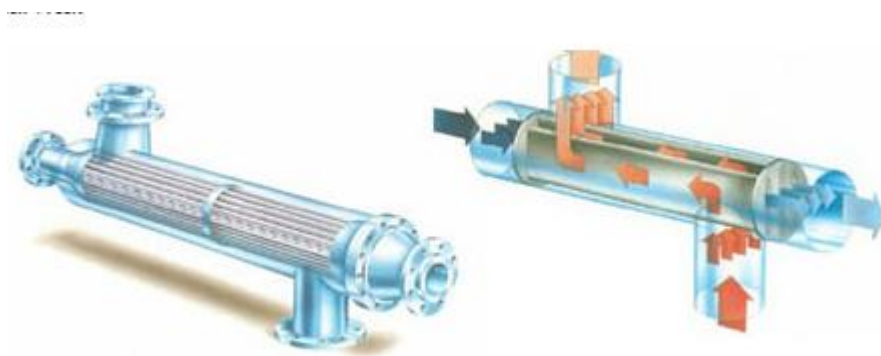
Kuva 10. Vaippaputkilämmönvaihdin, jossa putkipuolella kaksi läpikulkua ja vaippapuolella yksi läpikulku (Pihkala 2007, 79)

1. Vapaasti liikkuva pääty
2. Virtauksenestolevy

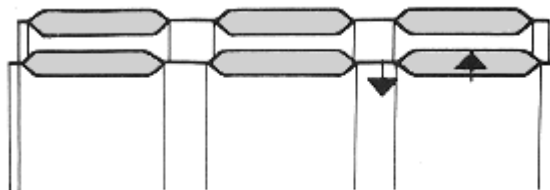
4.4 Lamellilämmönvaihdin

Lamellilämmönvaihdin koostuu lamellimaisista suorista levyistä, joita kutsutaan lamelliyttimeksi (Kuva 12). Lamelliydintä ympäröi vaippakerros (Kuva 11). Lamellilämmönvaihtimeen voidaan erikseen vaihtaa täysin uusi lamelliydin, joka pienentää laitteen elinkaarikustannuksia. Tällä lämmönvaihdintyyppillä saavutetaan väliaineille täydellinen vastavirtaus, jonka ansiosta saavutetaan korkea lämmönsiirtokerroin. Lamelleissa on tyypillisesti ”kuoppia”, joiden tarkoituksena on saada virtaus mahdollisimman turbulenttiseksi. Näiden levyissä olevien ”kuoppien” ansiosta, virtauksen ohjauslevyjä ei tarvita turbulenttisen virtauksen aikaansaamiseksi. Lamellilämmönvaihdin on lämpötekniisesti tehokkaampi ratkaisu kuin putkilämmönvaihdin, jonka

ansiosta lamellilämmönvaihtimen koko voi olla pienempi ja usein myös hankintahinnaltaan alhaisempi. (Sondex Tapiro [www – sivut](#); Viflow [www-sivut](#))



Kuva 11. Lamellilämmönvaihdin (Sondex Tapiro [www-sivut](#))



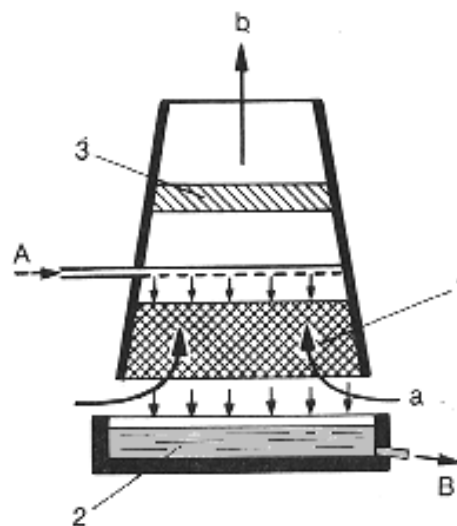
Kuva 12. Lamellilämmönvaihtimen lamellimalli (Pihkala 2007, 79)

4.5 Jäähdytystornit

Jäähdytystorneissa jäähdytetään prosessissa lämmennyttä vettä. Jäähdytystornit soveltuvat kohteisiin, joissa jäähdyttävästä vedestä on pulaa. Jäähdytettävä vesi suihkutetaan jäähdytystornin yläpäästä suuttimien läpi, josta vesipisararat putoavat tornin alaosaan olevaan keräyskouruun. Keräyskourusta vesi voidaan pumpata prosessissa uudelleen käytettäväksi. Jäähdytys tapahtuu vesipisaroita vastavirtaan tulevan ilman avulla, johon jäähdytettävä vesi luovuttaa lämpöenergiaansa, osa lämpöenergiasta kuluu ilmaan haihtuvan veden höyrystymiseen. Jäähdytystornin sisälle voidaan asentaa täytemateriaalia, jonka tarkoituksena on kasvattaa lämmönsiirtopinta-alaa. Jäähdytystornien ilmanvirtaus tapahtuu puhaltimella (Kuva 13) tai luonnon kierrolla (Kuva 14). Jäähdytystornilla tapahtuvaan veden jäähdyttämiseen joudutaan tuomaan uutta vettä ainoastaan se määrä, mitä vettä haihtuu jäähdytysprosessin aikana. (Pihkala, 2007, 79–80)



Kuva 13. Jäähdytystorni varustetuna puhaltimella (Kaiko Oy, www-sivut)



Kuva 14. Jäähdytystorni luonnonkierrolla (Pihkala 2011, 108)

1. Täytekappaleita suuremman kosketuspinnan aikaansaamiseksi
2. Vesiallas
3. Pisaranerotin
- A. Jäähdytettävä vesi sisään
- B. Jäätynyt vesi ulos
- a. Jäähdytysilman sisääntulo
- b. Jäähdytysilman poisto

4.6 Säiliössä jäähdyttäminen

Monissa teollisuuden tuotantoprosesseissa syntyy lämpöä, jonka hallinta on tärkeässä roolissa prosessin väliaineiden käsittelyssä. Nestemäisten väliaineiden jäähdyttäminen voidaan toteuttaa jäähdytyksessä käytettävän väliaineen läpivirtauksella. Jäähdytysprosessia voidaan tehostaa säiliösekoittimella.

Säiliön pohjalle asennettavat jäähdytyslaitteistot

- Vaakakierukat
- Vakiotyyppiset vaaka- tai pystysovellukset kokoojaputkineen
- Hitsatut lämmönsiirtolevyt

Säiliön vaippaan asennettavat jäähdytysjärjestelmät

- Säiliön sisä- tai ulkopinnalle asennettavat pystykierukat
- Hitsatut lämmönsiirtolevyt

Säiliön katolle asennettavia jäähdytysjärjestelmät

- lämmönsiirtolevyt
- kierukat

(Tukes www-sivut)

4.7 Lämmönvaihtimien likaantuminen

Lämmönsiirtopintojen likaantuminen on yleinen ja toistuva ongelma lämmönvaihdin sovelluksissa, pienetkin likakerrostumat lämmönsiirtopinnoilla heikentävät lämmönsiirron tehokkuutta merkittävästi. Joissakin suljetuissa sovelluksissa kiertoon voidaan lisätä likaantumisen ehkäisemiseksi korroosio- tai kerrostumisenestoaineita, mutta läheskään aina tämä ei ole mahdollista, joko prosessin takia tai lisäys ei ole kustannustehokasta. Tyypillisesti avoimet järjestelmät, joissa käytetään meri-, järvi-, tai jokivettä, likaantuvat helposti. Näissä sovelluksissa säännöllinen lämmönvaihtimien pesu on välttämätöntä, jotta lämmönsiirtoteho ja virtausmäärät pystytään pitämään halutulla tasolla. Lämmönvaihtimien likaantuminen on aineiden kerääntymistä lämmönsiirtopinnoille. Likaantuminen heikentää lämmönsiirtoa ja kasvattaa lämmönvaihtimissa painehäviöitä. Likaantumisen johdosta lämmönvaihtimien energiatehokkuus heikkenee, joka nostaa tarvetta tuoda lisää ulkopuolelta lämmitys/ jäähdy-

tysenergiaa. Energiatarpeen nosto lisää erityyppisten ympäristövaikutusten määrää. Lämmönvaihtimien likaantumista tapahtuu:

- Kiteytyminen
- Partikkelilikaantuminen
- Mikrobilikaantuminen likaantuminen
- Kemiallistenreaktioiden kautta likaantuminen
- Korroosio
- Jäätymisen tai jähmettyminen

Lämmönvaihtimia voidaan puhdistaa erilaisin menetelmin, riippuen lämmönvaihdintyyppistä. Riippuen lämmönsiirtopinnoille kertyneen lian tyyppistä, saatetaan painepesurilla päästä riittävän hyvään pesutulokseen, painepesurin käyttö edellyttää luonnollisesti lämmönvaihtimen aukaisua. CIP (cleaning in place) tarkoittaa lämmönvaihtimen puhdistamista sitä avaamatta, tällä puhdistusmenetelmällä päästään usein riittävään puhdistustasoon, kohtuullisesti likaantuneen lämmönvaihtimen tapauksissa. CIP puhdistamisella tarkoitetaan lämmönvaihtimessa kierrätettävään kulloiseenkin likatyyppiin soveltuvinta pesukemikaalia, tähän tarkoitukseen suunnitellulla laitteistolla. Pesukemikaalien on oltava tehokkaita, mutta ne eivät saa vahingoittaa lämmönsiirtopintoja tai tiivisteitä. CIP puhdistuksen etuina, lämmönvaihtimen avaamisen vaativan pesuun verrattuna, ovat pesumenetelmän nopeus ja menetelmä, jotka eivät rasita tiivisteitä kuten lämmönvaihtimen aukaisun vaativat pesut. (Kirjavainen 2013)

5 KUPARIELEKTROLYYSISSÄ KÄYTETYT VEDET

Kuparielektrolyysin tuotantoprosesseissa käytetään kuutta erityyppistä vettä. Tällä hetkellä käytössä olevat vedet ovat:

- ionivapaa vesi
- raakavesi
- puhdaslauhde
- epäpuhdas lauhde
- likainen lauhde
- orsivesi

Vedet eroavat toisistaan lähinnä puhtaudeltaan ja lämpötilaltaan. Puhdas, epäpuhdas ja likainen lauhde muodostuvat omassa tuotantoprosessissaan, orsivedet kerätään rakennusten alta keräyskaivoista. Ionivapaa vesi on vesistä ainoa, jota hankitaan ulkopuoliselta tuottajalta.

5.1 Ionivapaa vesi

Ionivapaata vettä käytetään kohteissa, joissa veden puhtaudella ja sähkönjohtavuus ominaisuuksilla on suuri merkitys. Ionivapaata vettä käytetään tasasuuntaajien sisäisen jäähdytyskierron väliaineena. Tasasuuntaajissa ionivapaa vesi on suljetuissa kieroissa ja veden vuotuinen kulutus on vain joitakin kymmeniä litroja.

5.2 Raakavesi

Raakavesi on Kokemäenjoesta pumpattavaa vettä, jota käytetään tuotantoprosessissa jäähdytyksiin, prosessin vesilisäyksiin sekä erilaisiin pesutapahtumiin. Vuositasolla Kuparielektrolyysissä käytetään raakavettä noin 2 miljoonaa kuutiometriä. Osa laitokseen johdettavista raakavesistä suodatetaan ennen lopullista käyttöä. Suodatuksessa raakavedestä poistetaan hienojakoinen kiinteä aines.

5.3 Puhdas lauhde

Puhdas lauhde muodostuu tuotantoprosessissa käytettävästä matalapaineisesta höyrystä. Höyryn lämpötila putoaa lämmitysprosesseissa, jolloin höyryn sisältämät vesipisarot tiivistyvät puhtaaksi lauhteeksi. Puhdasta lauhdetta käytetään pääasiassa oman tuotantoprosessin tarpeisiin, erilaisiin prosessilisäyksiin sekä pesuihin. Osa puhtaasta lauhteesta palautetaan höyryn tuottajalle uudelleen höyrystettäväksi.

5.4 Epäpuhdas lauhde

Epäpuhdasta lauhdetta muodostuu, kun lauhdutetaan alipaineiseen alaisien tuotantolaitteiden kaasuja raakaveden avulla. Epäpuhtaassa lauhteessa on liuenneena rikkihappoa ja muita imettävien kaasujen sisältämiä epäpuhtauksia. Valtaosa kuparielektrolyysin epäpuhtaasta lauhteesta muodostuu kuparikiteyttimen kuumentimesta sekä pintalauhduttimesta. Epäpuhdasta lauhdetta käytetään vesilisäyksiin sekä erilaisissa pesuprosesseissa.

5.5 Likainen lauhde

Likainen lauhde muodostuu tuotantolaitteista muilla lauhdetyypeillä tehtyjen prosessivaiheiden jäännöstuotteena. Likaisessa lauhteessa on rikkihappoa ja muita epäpuhtauksia enemmän kuin epäpuhtaassa lauhteessa. Likaista lauhdetta käytetään tuotantoprosessissa vesilisäyksiin.

5.6 Orsivesi

Orsivedet kerätään tehtaan alla olevasta maakerrostumista keräysputkien kautta keuruikaivoihin. Tällä hetkellä orsivesiä pumpataan ”vanhalta suolatehtaalta”, joka toimii nykyään varastotilana sekä kuparielektrolyysi hallin pohjoispään kaivoista tuotantoprosessiin. Elektrolyysihallin eteläpään (allasryhmien 17 – 28 välinen alue) orsivesien kokonaan tai osittaisen pumppaamisen lisäämisestä sisäisen kierron piiriin

tehdään tutkimuksia. Orsivesillä olisi tarkoitus korvata osa raakavedellä tehtävistä tuotantoprosessin vesilisäyksistä.

6 KUPARIELEKTROLYYSIN JÄÄHDYTYSPROSESSIT

6.1 Tasasuuntaaja DC1

Tasasuuntaajan DC1 tarkoituksena on muuntaa muuntajasta tuleva vaihtojännite, al-lasryhmien 1-16 katodikuparin tuotantoon sopivaksi tasajännitteeksi. Tasasuuntaajas-sa on tyristori tehonohjausyksiköitä, joiden lävitse tuotantoprosessin käyttämä sähkö-teho ohjataan. Tasasuuntaaja on varustettu jäähdytysjärjestelmällä tasasuuntaajan komponenttien lämpenemisen johdosta. Jäähdytysjärjestelmä koostuu avattavasta vesi – vesi levylämmönvaihtimesta, kiertovesipumpusta, putkistosta, paineen-, läm-pötilan-, ja johtokyky mittauksesta sekä käsiventtiileistä. Lämmönvaihtimen ensiö-puolella käytetään raakavettä ja toisiopuolella ionivapaata vettä.

Levylämmönvaihtimen tekniset tiedot:

- lämmönsiirtoteho on 45 kW

Sisäinen vesi (circult water)

- tasasuuntaajalta tulevan veden lämpötila 47 °C (max).
- virtaus 133 l / min (8 m³/h)
- ionivapaa vesi

Jäähdytysvesi (cooling water)

- Sisääntulolämpötila 22 °C (max)
- virtaus 166 l / min (10.0 m³/h)
- raakavesi

6.1.1 Toimintakuvaus




Sisäinen järjestelmä on kahdennettu lämmönvaihtimien sekä toisiopuolen (ionivapaa vesi) kiertopumppujen osalta (Kuva 15, 0101, 0102, 0201, 0202) toimintavarmuuden takaamiseksi huolto- ja vikatilanteiden aikana. Jäähdytysjärjestelmää ei ole varustettu automaattisella vaihtotoiminnolla lämmönvaihtimen osalta, vaan lämmönvaihtimen vaihto suoritetaan manuaalisesti käsiventtiileitä ohjaamalla, lämmönvaihtimen sijaitsee jäähdytysvesihuoneessa. Kiertopumppujen osalta ohjausautomaatiikka huolehtii, että aina toinen kiertopumppuista on päälle kytkettynä. Mikäli käynnissä oleva kiertopumppu pysähtyy esimerkiksi vikaan, muodostuu pysähtymisestä hälytys DC1 ohjauskeskukseen ja siitä jatkohälytyksenä tehtaan DCS järjestelmään (prosessiautomaatiojärjestelmä).

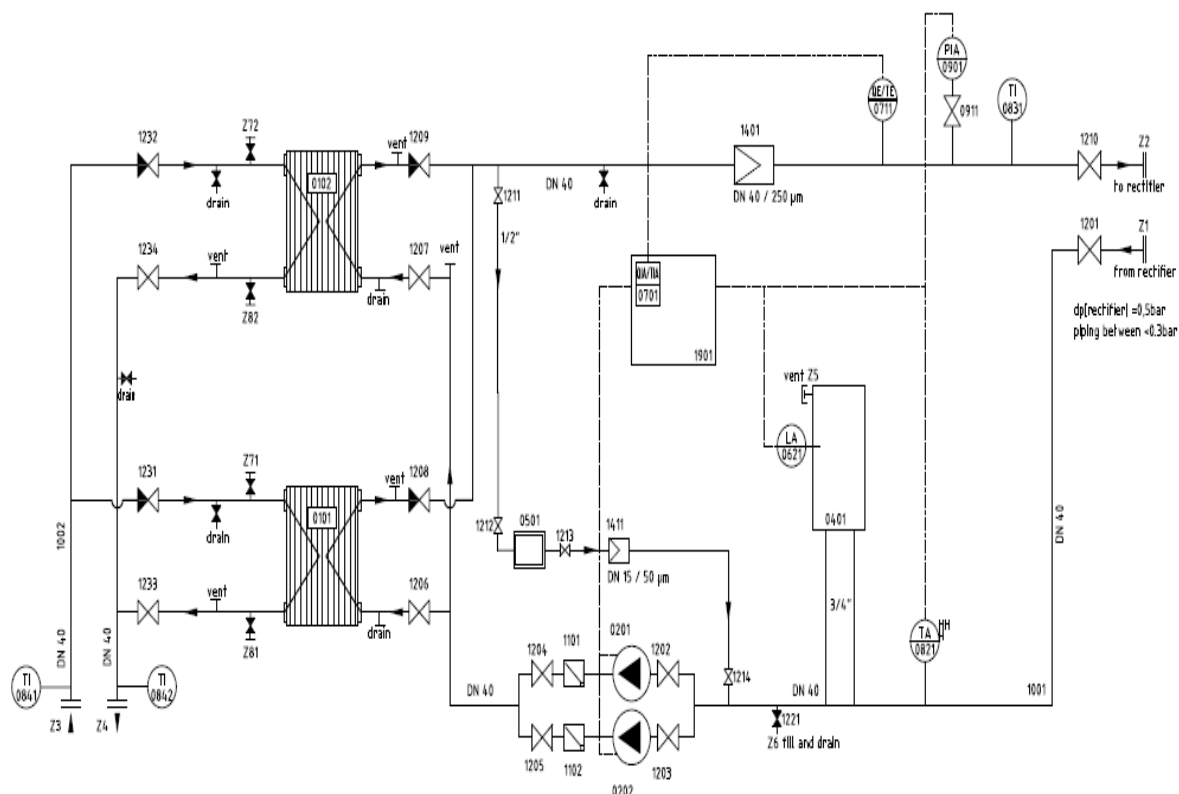
Raakavesi ohjataan sulkuventtiilien 1231 tai 1232 kautta lämmönvaihtimen ensiöpuolen tuloaukkoon, josta raakavesi jakaantuu levylämmönvaihtimen levyihin ja poistuu poistoaukosta sulkuventtiilien 1233 tai 1234 kautta raakavesiviemäriin. Lämmönvaihtimen ensiö ja toisiopuolen virtaukset kulkevat vastavirtausperiaatteella. Toisiopuolen järjestelmä täytetään ionivapaalla vedellä vesitankin 0401 kautta, vesitankissa tulee olla aina vettä, koska järjestelmä täyttyy tankin kautta mahdollisten vuotojen takia. Jäähdytysvesi pumpataan kiertopumppujen 1201 tai 1202 kautta käytössä olevan lämmönvaihtimen tuloaukkoon sulkuventtiilien 1206 tai 1207 kautta. Toisiopuolen jäähdytysveden lämpötila laskee minimissään arvoon mikä on ensiöpuolen raakaveden lämpötila. Lämmönvaihtimen toisiopuolen ulostulosta jäähdytysvesi virtaa tasasuuntaajan tyristoripaketteihin. Jäähdytysveteen siirtyy lämpöä tasasuuntaajasta, jolloin vesi lämpenee. Lämmennyt vesi palautuu paluulinjaa pitkin kiertopumppujen 1201 / 1202 imupuolelle.

Toisiopuolen jäähdytysveden kiertoon on kytketty seuraavat mittaukset:

- QE / TE 0711 Johtokyky, ja lämpötilan mittaus
- PIA 0901 Paineen osoitus ja hälytys
- TI 0831 Lämpötilan osoitus (paikallinen)
- TA 0821 Paluulämpötilan hälytys, H (high), HH (high, high)
- LA 1621 Pintahälytys

Venttiisymbolien selitykset:

- Normaalisti auki 
- Riippuu tilanteesta onko auki / kiinni 
- Normaalisti kiinni 



Kuva 15. DC1 jäähdytysjärjestelmän rakenne

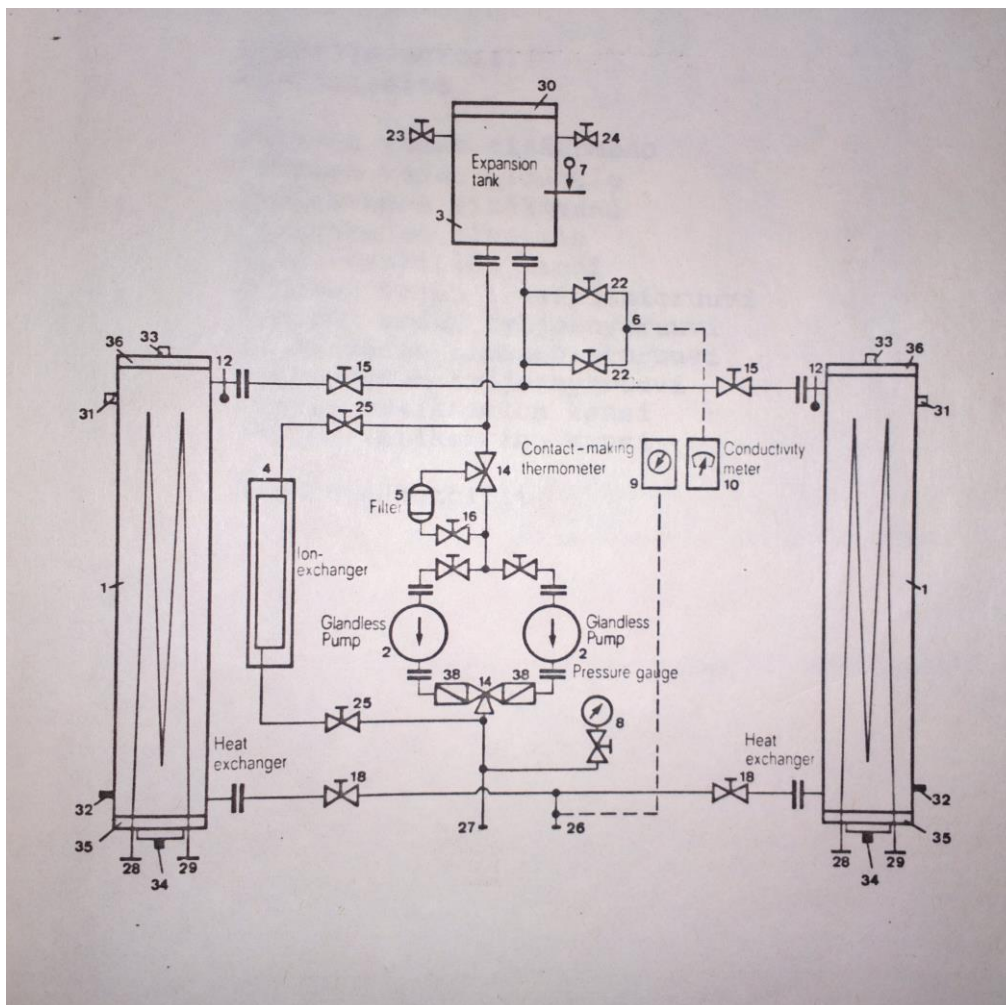
6.2 Tasasuuntaaja DC2

Tasasuuntaajan DC2 tarkoituksena on muuntaa muuntajasta tuleva vaihtojännite, al- lasryhmien 17–26 katodikuparin tuotantoon sopivaksi tasajännitteeksi. Tasasuuntaa- jassa on tyristori tehonohjausyksiköitä, joiden lävitse tuotantoprosessin käyttämä sähköteho ohjataan. Tasasuuntaaja on varustettu jäähdytysjärjestelmällä tasasuuntaa- jan komponenttien lämpenemisen johdosta. Jäähdytysjärjestelmä koostuu avattavas- ta vesi – vesi vaippaputkilämmönvaihtimesta, kiertovesipumpusta, putkistosta, pai- neen-, lämpötilan- ja johtokyky mittauksesta sekä käsiventtiileistä.

6.2.1 Toimintakuvaus

Toimintavarmuuden takaamiseksi huolto- ja vikatilanteiden aikana, sisäinen järjestelmä on kahdennettu lämmönvaihtimien sekä toisiopuolen (ionivapaa vesi) kiertopumppujen osalta (Kuva 16). Jäähdytysjärjestelmää ei ole varustettu automaattisella vaihtotoiminnolla lämmönvaihtimen osalta, vaan lämmönvaihtimen vaihto suoritetaan manuaalisesti käsiventtiilien asentoa muuttamalla. Kiertopumppujen osalta ohjausautomaatiikka huolehtii, että aina toinen kiertopumpuista on päällä. Mikäli käynnissä oleva kiertopumppu pysähtyy vikaan, muodostuu pysähtymisestä hälytys DC2 ohjauskeskukseen ja siitä jatkohälytyksenä prosessiautomaatiojärjestelmään.

Raakavesi ohjataan sulkuventtiilien kautta lämmönvaihtimen ensiöpuolelle ja raakavesi poistuu poistoaukosta sulkuventtiilien kautta raakavesiviemäriin. Lämmönvaihtimen ensiö- ja toisiopuolen virtaukset on kytketty myötävirtausperiaatteella. Toisiopuolen järjestelmä täytetään ionivapaalla vedellä paisuntasäiliön kautta. Jäähdytysvesi pumpataan kiertopumpuilla tasasuuntaajan tyristoriyksiköihin, joista vesi palautuu käytössä olevan lämmönvaihtimen tuloaukkoon. Lämmönvaihtimen toisiopuolen ulostulosta jäähdytysvesi palautuu kiertopumpun imupuolelle. Toisiopuolen jäähdytysveden lämpötila laskee minimissään arvoon, mikä on ensiöpuolen raakaveden lämpötila.



Kuva 16. DC2 Jäähdytysjärjestelmä

- | | |
|------------------------|------------------------------------|
| 1. Lämmönvaihdin | 26. Puhtaan veden sisäänmeno |
| 2. Kiertopumppu | 27. Puhtaan veden ulostulo |
| 3. Paisuntasäiliö | 28. Raakaveden sisäänmeno |
| 4. Ionivaihdin | 29. Raakaveden ulostulo |
| 5. Suodatin | 30. Paisuntasäiliön kansi |
| 6. Johtokykyanturi | 31. Puhtaan veden ilmanpoistoruuvi |
| 7. Vedenpinnan osoitin | 32. Puhtaan veden tyhjennysruuvi |
| 8. Painemittari | 33. Raakaveden ilmanpoistoruuvi |
| 9. Lämpömittari | 34. Raakaveden tyhjennysruuvi |
| 10. Johtokyvyn osoitus | 35. Alempi vesikammion kansi |
| 12. Lämpömittari | 36. Ylempi vesikammion kansi |
| 14. Kolmitieventtiili | 38. Takaiskuventtiili |
| 15. Venttiileitä | |

6.3 Tasasuuntaaja DC3

Tasasuuntaajan DC3 tarkoituksena on muuntaa muuntajasta tuleva vaihtojännite, al- lasryhmien 27–28 katodikuparin tuotantoon sopivaksi tasajännitteeksi. DC3 ta- sasuuuntaaja koostuu kahdesta erillisestä tasasuuntausyksiköstä, Siemens 14 kA ja Elleco 7,5 kA. Tasasuuntaajassa on tyristori tehonohjausyksiköitä, muuntajia ja dio- deja, joiden kautta tuotantoprosessin tarvitsema sähköteho ohjataan. Tasasuuntaajat on varustettu erillisillä jäähdytysjärjestelmillä tasasuuntaajien komponenttien lämpe- nemisen johdosta. Jäähdytysjärjestelmät koostuvat, levy- ja spiraalilämmönvaihti- mista, kiertovesipumpuista, paineen- ja lämpötilan mittauksista sekä venttiileistä.

6.3.1 Siemens 14 kA

Siemens tasasuuntaajan jäähdytysjärjestelmään kuuluu hitsattu levylämmönvaihdin, vesisäiliö sisäisen kierron vedelle, vesisäiliön lämpötilan- ja pinnankorkeuden mitta- us, kiertopumppu ja puhtaan veden virtauskytkin. Lämmönvaihtimen ensiöpuolella käytetään raakavettä ja toisiopuolella ionivapaata vettä. Sisäisen kierron linjasto on rakennettu kupariputkista sekä osittain kumiletkuista.

6.3.2 Toimintakuvaus

Raakavesi tuodaan levylämmönvaihtimen ensiöpuolen liittimeen ja raakavesi poistuu poistoyhteestä raakavesiviemäriin 3. Toisiopuolen veden lämpötilansäätö tapahtuu ensiöpuolella, lämmönvaihtimen jälkeen olevalla käsikäyttöisen sulkuventtiilin asen- toa muuttamalla. Toisiopuolen linjassa kiertopumpun jälkeen, on puhtaan veden vir- tausvahti. Virtausvahdin tehtävänä on valvoa, että toisiopuolen jäähdytysvedellä on riittävä virtaus. Mikäli jäähdytysvesi ei saavuta haluttua virtausta, annetaan tasasuun- taajan ohjaustauluun matalasta virtauksesta hälytys. Tasasuuntaajaa ei saa käynnistet- tyä ennen toisiopuolen jäähdytysveden riittävää virtausta. Mikäli toisiopuolen jääh- dytysveden virtaus putoaa alle minimirajan tasasuuntaajan ollessa käynnissä, ta- sasuuuntaaja sammutetaan ja prosessiautomaatiojärjestelmään annetaan matalasta ve- den virtauksesta hälytys.

6.3.3 Elleco 7 kA

Tasasuuntaajan jäähdytysjärjestelmä koostuu avattavasta spiraalilämmönvaihtimesta, jäähdytysputkistosta, sulkuventtiileistä, kiertopumpusta, painesäiliöstä sekä virtauksen-, paineen- ja lämpötilan mittauksista. Jäähdytysjärjestelmän spiraalilämmönvaihtimen ensiöpuolella väliaineena käytetään raakavettä ja lämmönvaihtimen toisiopuolella käytetään ionivapaata vettä.

6.3.4 Toimintakuvaus

Raakavesi tuodaan spiraalilämmönvaihtimen ensiöpuolen tuloliittimeen ja vesi poistuu poistoyhteestä raakavesiviemäriin 3. Toisiopuolen jäähdytysveden lämpötilan säätö tapahtuu ensiöpuolen (raakavesi) poistopuolen venttiilin asentoa muuttamalla. Käyttöpaine luodaan toisiopuolen järjestelmään ilmatäytteisellä kalvopaisuntasäiliöllä, halutun painetason saavuttamisen jälkeen, järjestelmä täytetään ionivapaalla vedellä. Kiertopumpulla tuotetaan haluttu toisiopuolen jäähdytysveden tilavuusvirtaus. Toisiopuolen jäähdytysveden virtausta valvotaan induktiivisella anturilla varustetulla rotametrimillä. Induktiivinen anturi generoi matalasta jäähdytysveden virtauksesta hälytyksen, tasasuuntaajan ovesa olevaan häiriömerkkilamppuun sekä prosessiautomaatiojärjestelmään. Tasasuuntaaja pysäytetään, jos veden virtaushälytys laukeaa.

6.4 Katodien irrotuskoneen hydraulikkaöljyn jäähdytys

Katodikoneella (kuparikatodien irrotuskone) tarkoitetaan konekokonaisuutta, jolla irrotetaan katodikuparit, kestokatodilevyjen pinnasta. Katodikoneessa käytetään hydraulikkaa eri työvaiheiden tarvitseman liike-energian toteuttamiseen. Hydraulikkaöljyn lämpötila kohoaa öljyn virratessa pumpussa, toimilaitteissa ja putkistossa. Öljyn lämpötilan nousun estämiseksi liian korkeaksi, öljyn lämpötilaa seurataan ja tarvittaessa jäähdytetään vaippaputkilämmönvaihtimissa. Toisaalta öljyn lämpötilan on oltava riittävän korkea, jotta laitteet toimivat suunnitellulla tavalla. Riittävän lämpötilan saavuttamiseksi, öljytankki on varustettu termostaattiohjatulla 5 kW lämmitysvastuksella. Hydraulikkaöljytankin lämpötila pyritään pitämään noin 40–60 celsiusasteessa. Lämmönvaihtimien ensiöpuolen väliaineina käytetään raakavettä, raakave-

den virtauksen tulisi olla 110 l/min, paine minimissään 2 bar ja maksimi lämpötila 25 °C.

6.4.1 Toimintakuvaus

Jäähdytysjärjestelmä on varustettu kahdella vaippaputkilämmönvaihtimella, jotka toimivat kahdessa jäähdytysportaassa. Lämmönvaihtimen putkiosassa kiertää raakavesi ja vaippaosassa hydraulikkaöljy. Ensimmäisen vaiheen lämmönvaihtimen toisipuoli on kytketty hydraulikkajärjestelmän öljytankkiin palaavaan linjaan. Toisen vaiheen jäähdytyksessä, lämmönvaihtimen läpi kierrätetään öljysäiliössä olevaa hydraulikkaöljyä kiertopumpulla. Lämmönvaihdin 1 huolehtii tankkiin palaavan öljyn jäähdyttämisestä 50 celsiusasteeseen asti. Mikäli lämmönvaihdin 1 jäähdytysteho ei riitä öljyn jäähdyttämiseen, kytkeytyy 57 celsiusasteen lämpötilassa lämmönvaihdin 2 kiertopumppu päälle, jolloin pumppu alkaa kierrättää tankista olevaa öljyä lämmönvaihtimen 2 kautta takaisin öljytankkiin. Öljyn lämpötilaa mitataan ja säädetään itse toimivalla, termostaattiohjatulla venttiilillä (Kuva 17).



Kuva 17. Termostaatti ohjattu venttiili. (Danfoss www-sivut)

6.5 Anodien kunnostuskoneen hydraulikkaöljyn jäähdytys

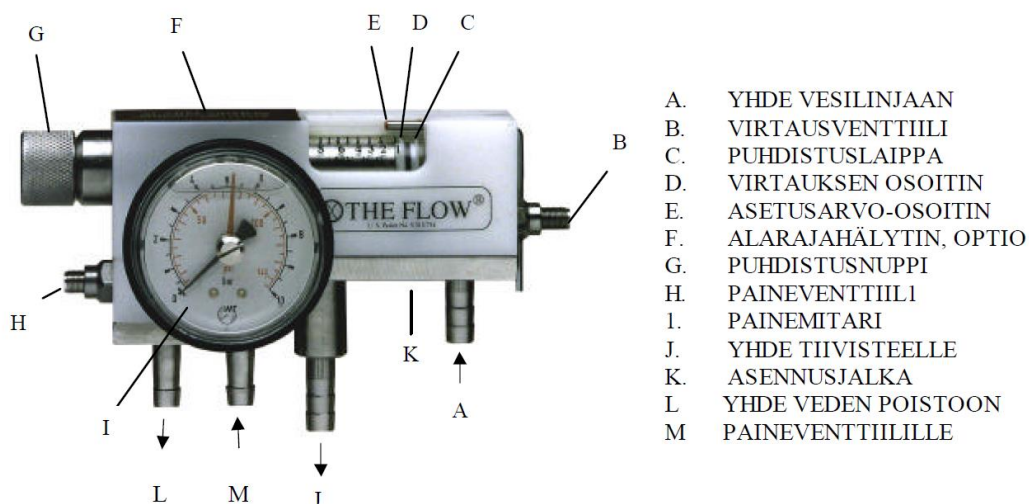
Anodien kunnostuskoneella tarkoitetaan konekokonaisuutta, jossa käsitellään kuparianodeita punniten, prässäten, jyrkien ja lopuksi jaottaen anodit tuotantoaltaisiin kuljettamista varten. Anodien kunnostuskoneessa käytetään hydraulikkaa, eri työvaiheiden tarvitseman liike-energian toteuttamiseen. Hydraulikkaöljyn lämpötila kasvaa öljyn virratessa pumpussa, toimilaitteissa ja putkistossa. Öljyn lämpötilaa on seurattava ja mahdollisesti jäähdytettävä, jotta estetään öljyn lämpötilan nousu liian korkeaksi. Toisaalta öljyn lämpötilan on oltava riittävän korkea, jotta laitteet toimivat oikein, tästä syystä öljytankki on varustettu termostaattiohjatulla lämmitysvastuksella. Hydraulikkaöljytankissa lämpötila pyritään pitämään noin 35–55 celsius-asteessa, maksimilämpötilan ollessa 70 celsius-astetta. Jäähdyttämistä varten öljytankissa olevaa öljyä kierrätetään putkilämmönvaihtimen kautta ja palautetaan jäähtyneenä takaisin tankkiin. Öljyn jäähdyttämiseen käytetään raakavettä, jonka virtaus tulisi olla (110 l / min, paine minimissään 2 bar ja maksimi lämpötila 25 °C.)

6.5.1 Toimintakuvaus

Hydraulikkaöljyn jäähdytysjärjestelmä on varustettu vaippaputkilämmönvaihtimella. Lämmönvaihtimen putkiosassa kiertää raakavesi ja vaippaosassa hydraulikkaöljy. Lämmönvaihtimen toisiopuoli on kytketty hydraulikkajärjestelmän öljytankkiin palaavaan linjaan. Vaippaputkilämmönvaihtimen putkiosassa kiertää raakavesi, raakaveden määrää säädetään itsetoimivalla, termostaattiohjatulla venttiilillä (Kuva 17).

6.6 Elektrolyysihallin prosessipumput

Kuparielektrolyysin prosessiliuoksia siirretään erilaisilla pumpuilla, pääosa pumppuista on keskipakopumppuja. Osassa pumppuja käytetään akselitiivistettyyppeä, joka tarvitsee veden tiivisteaineeksi, näissä malleissa käytetään raakavettä akselin tiivistämiseen. Tiivistysjärjestelmät on varustettu tiivistevesiyksiköin (Kuva 18), joiden avulla säädetään raakaveden oikea virtaus ja paine. Virtaus säädetään noin 1-2 l/min. ja paine 1-2 bar.



Kuva 18. Tiivistevesiyksikkö (flowtecno www-sivut)

6.6.1 Toimintakuvaus

Raakavesi tuodaan tiivistevesiyksikön tuloliittimeen, jonka kautta vesi ohjataan pumpun akselitiivisteelle ja palautetaan tiivisteeseen jälkeen takaisin tiivistevesiyksikköön. Tiivistevesiyksiköstä vesi ohjataan lattiakaivon kautta prosessiin uudelleen käytettäväksi. Kuva 18 B-liittimestä, säädetään tiivisteelle menevän veden määrä, virtauksen määrä luetaan ikkunassa liikkuvasta virtauksenosoittimesta (D). Veden painetta säädetään paineventtiilistä (H) ja paine luetaan painemittarista (I).

Virtauksen säädössä säädetään tiivisteelle menevää veden määrää ja vastaavasti paineensäädössä säädetään tiivisteellä vallitsevaa raakaveden painetta.

6.7 Kuparipoisto tasasuuntaaja 0-vaihe

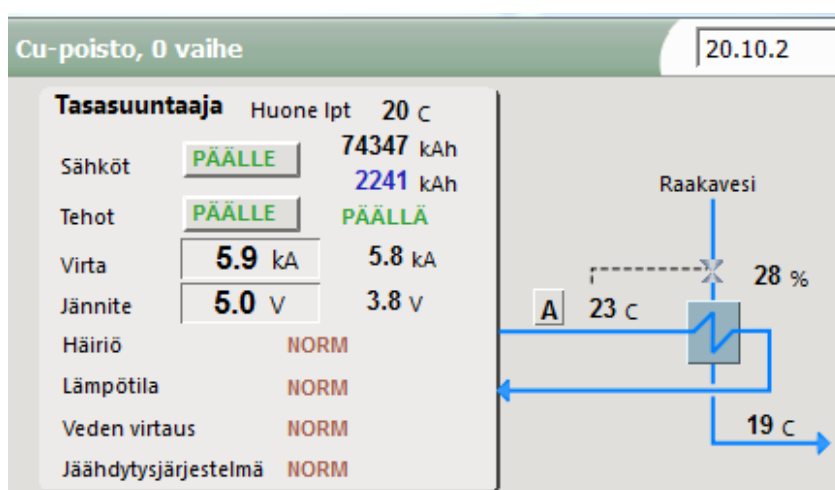
Tasasuuntaajan tarkoituksena on muuntaa ja säätää vaihtojännitteestä tuotantoprosessiin sopivaksi tasajännitteeksi. Tasasuuntaajan kautta syötetään sähkötehoa kahteen 0-vaiheen tuotantoaltaaseen. Tasasuuntaajan komponentit lämpenevät niiden kautta kulkevan sähkövirran ansiosta. Tasasuuntaajassa on levylämmönvaihdin, jonka ensiöpuolella väliaineena käytetään raakavettä ja toisiopuolella ionivapaan ja kaupun-kiveden sekoitusta. Ulkoisen piirin (ensiöpuolen) vedelle laitteiston valmistaja on asettanut seuraavia vaatimuksia:

- Virtaus > 5400 l/h (täydellä kuormalla)
- Lämpötila max. 30 °C
- maksimi paine 6 bar (Δ 1,5 bar)

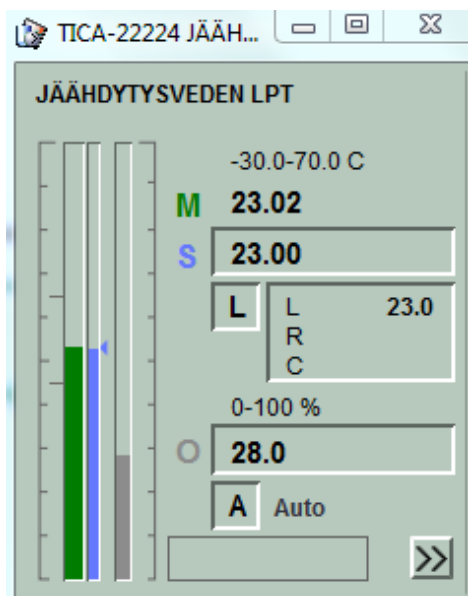
Sisäisen kierron (toisipuoli) veden on oltava vähintään 18 °C, jotta vältetään veden kondensoitumisen tasasuuntaajan komponenttien pinnoille.

6.7.1 Toimintakuvaus

Tasasuuntaajan jäähdytysveden lämpötila mitataan PT100 lämpötila-anturilla ja säädetään asennoittimella, pneumaattisella toimilaitteella varustetulla automaattiventtiilillä. Lämpötilan mittaus ja säätö on toteutettu prosessiautomaatiojärjestelmässä, jossa piirin positio TICA-22224, piiri löytyy kaavionäytön sivulta 20.10.2, (Kuva 19). Lämpötilan mittaus-alue on -30.0 - 70.0 °C ja ohjauksen alue 0-100 %. Säätopiirin operointia suoritetaan, avaamalla kaavionäytöstä lämpötilan säätopiirin operointi-ikkuna (Kuva 20). Operointi-ikkunassa asetetaan säätimelle haluttu lämpötilan asetusarvo S, alueella -30–70 °C, kun säädin on asetettu automaatile, aloittaa säädin muuttamaan ohjearvoa O, kunnes mittausarvon M ja asetusarvon S väliltä on poistunut eroarvo. Säätopiirin mittauksesta generoidaan automaatiojärjestelmään lämpötilan ylä- ja alarajahälytykset, hälytysrajat ovat operaattorin muutettavissa.



Kuva 19. 0-vaihe tasasuuntaajan jäähdytyksen kaavionäytön kuvakaappaus (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)



Kuva 20. Piiri-ikkuna (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.8 Kuparinpoisto tasasuuntaaja 1-vaihe

Kuparinpoisto 1-vaihe tasasuuntaajan tarkoituksena on muuntaa vaihtojännitteestä tuotantoaltille sopivaa tasajännitettä. 1-vaiheen tasasuuntaaja syöttää sähkötehoa kymmeneen tuotantoaltaaseen. Tasasuuntaajan komponentit lämpenevät niiden kautta kulkevan sähkövirran ansiosta. Tasasuuntaajan komponenteissa kiertää jäähdytysvesi, jotta tasasuuntaajan komponenttien lämpötila saadaan pidettyä sallituissa rajoissa. Jäähdytysjärjestelmä koostuu putkistosta, pumpusta, levylämmönvaihtimesta ja mittalaitteista. Lämmönvaihtimen ulkoisessa piirissä (ensiöpuoli) käytetään väliaineena raakavettä ja sisäisessä piirissä (toisiopuoli) väliaineena käytetään ionivapaata vettä.

6.8.1 Toimintakuvaus

Sisäisen kierron veden täyttö tapahtuu tasasuuntaajaan päällä olevan paisuntasäiliön kautta. Ensimmäisen täytön aikana on ilmausruuvia pidettävä auki, jotta jäähdytysjärjestelmässä oleva ilma pääsee poistumaan. Kun järjestelmä on täyttynyt, voidaan sisäisenkierron pumpu käynnistää tasasuuntaajan ovelta olevasta käynnistyskytkimestä. Sisäinen vesi kiertää lämpenevissä komponenteissa ja lämmennyt vesi jäähdytetään levylämmönvaihtimessa. Sisäisen kierron vettä jäähdytetään ensiöpuolella

kiertävän raakaveden avulla. Lämpötilan säätö tapahtuu ensiöpuolen raakaveden tu-loventtiin asentoa muuttamalla. Mitä enemmän lämmönvaihtimen ensiöpuolen läpi kulkee vettä, sitä enemmän sisäisen kierron lämpötila putoaa.

Toisiopuolen veden lämpötila ei saa laskea liian matalaksi, jotta jäähdytettävät komponentit eivät ala kondensoimaan vettä. Jäähdytysjärjestelmään on asennettu mittalaitteita valvomaan sisäisen kierron veden virtausta, lämpötilaa sekä paisuntasäiliön pintaa. Liian matalasta virtauksesta, paisuntasäiliön pinnasta ja korkeasta lämpötilasta, generoidaan yksilöity hälytys tasasuuntaajan ohjaustauluun ja tasasuuntaaja pysähtyy. Tasasuuntaajan pysähtymisestä annetaan ”valvontahäiriö” hälytys prosessiautomaatiojärjestelmään.

6.9 Kuparinpoisto tasasuuntaaja 2 vaihe

Kuparinpoisto 2-vaihe tasasuuntaajan tarkoituksena on muuntaa vaihtojännitteestä tuotantoaltille sopivaa tasajännitettä. 2-vaiheen tasasuuntaaja syöttää sähkötehoa kymmeneen tuotantoaltaaseen. Tasasuuntaajan komponentit lämpenevät niiden kautta kulkevan sähkövirran ansiosta. Lämpenevissä komponenteissa kiertää jäähdytysvesi, jotta tasasuuntaajan komponenttien lämpötila saadaan pidettyä sallituissa rajoissa. Jäähdytysjärjestelmä koostuu putkistosta, painesäiliöstä, pumpusta, spiraalilämmönvaihtimesta ja mittalaitteista. Lämmönvaihtimen ulkoisessa piirissä (ensiöpuoli) käytetään väliaineena raakavettä ja sisäisessä piirissä (toisiopuoli) väliaineena käytetään ionivapaata vettä.

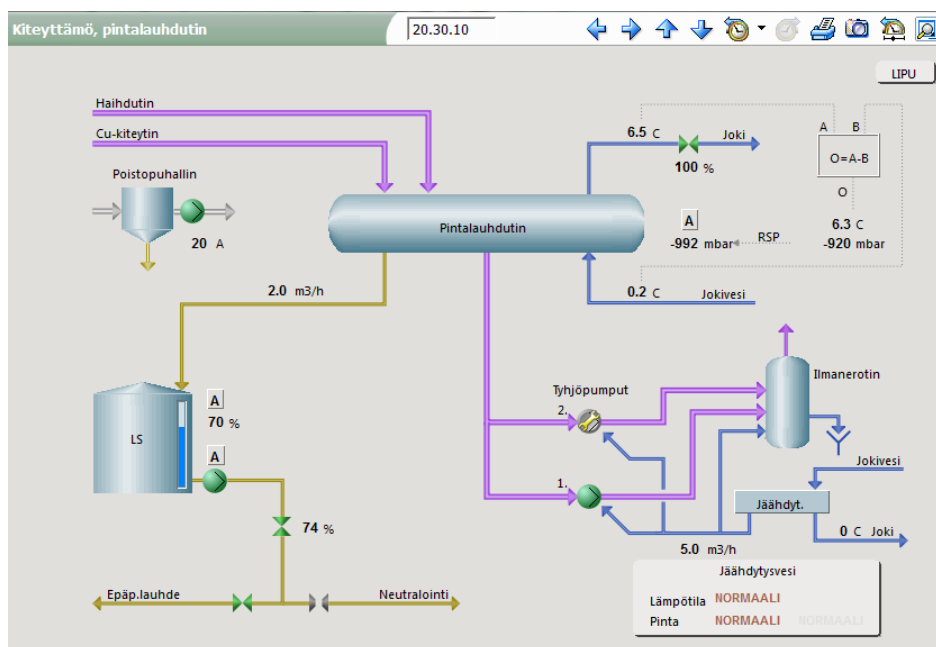
6.9.1 Toimintakuvaus

Jäähdytysjärjestelmän painesäiliöön laitetaan esipaine paineilmalla, jonka jälkeen järjestelmä täytetään ionivapaalla vedellä. Vesitäytön jälkeen voidaan käynnistää sisäisen kierron kiertopumppu. Jäähdytysveden riittävää virtausta valvotaan rotametreillä, jotka on varustettu induktiivisella anturilla. Matalalla virtauksella rotametrin osoitin jää induktiivisen anturin eteen, jolloin muodostuu veden virtauksesta hälytys. Jäähdytysveden lämpötilaa mitataan pt100 lämpötila-anturilla, korkeasta lämpötilasta generoituu hälytys. Hälytykset näytetään tasasuuntaajan ovesa olevalla merkkilampulla ja jatkohälytyksenä prosessiautomaatiojärjestelmässä. Lämmönvaihtimen en-

siöpuolella väliaineena käytetään raakavettä, jonka avulla jäähdytetään toisiopuolen sisäisen kierron ionivapaata vettä. Toisiopuolen lämpötilan säätö tapahtuu ensiöpuolen käsikäyttöisen sulkuventtiilin avauskulmaa muuttamalla.

6.10 Pääpintalauhdutin kiteytin

Pintalauhduttimen avulla muodostetaan kuparikiteyttimeen normaaliin ilmacehän paineeseen nähden alipaine. Alipaine muodostetaan tyhjäpumpulla, (tyhjäpumpujen toiminnasta kerrotaan kappaleessa 6.11 tarkemmin) ja osittain pintalauhduttimen kaasujen lauhdutusken avulla. Pintalauhduttimeen (Kuva 21) johdetaan kuparikiteytimen ja nikkelihaihduttimen prosessikaasut, kaasut johdetaan vaippaputkilämmönvaihtimen vaippaosaan. Kaasut lauhdutetaan lämmönvaihtimen putkiosassa virtaavan raakaveden avulla, lauhtuneista kaasuista muodostuu epäpuhdasta lauhdetta. Lauhde otetaan talteen ja käytetään hyödyksi toisaalla tuotantoprosessissa. Raakaveden virtauksen määrää säätämällä, säädetään kuparikiteyttimessä ja nikkelihaihduttimessa vallitsevaa alipainetta.



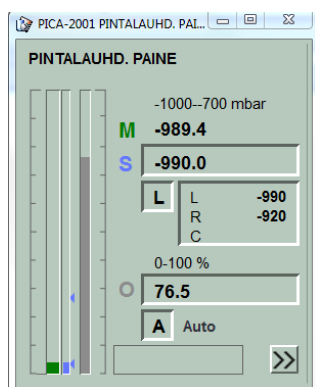
Kuva 21. Pintalauhdutin (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä) (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.10.1 Toimintakuvaus

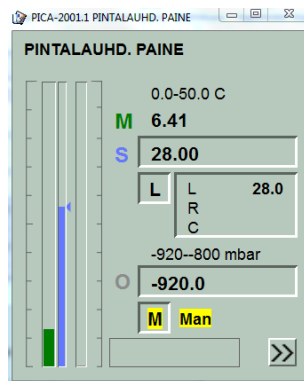
Pintalauhduttimesta mitataan seuraavia suureita:

- Pintalauhduttimen paine PICA-2001, mittaus alue -1000 - -700 mbar
- Tulevan raakaveden lämpötila TI-2001, mittaus alue 0 - 50 °C
- Poistuvan raakaveden lämpötila TI-2002, mittaus alue 0 - 50 °C

Raakaveden virtauksen säätötapa voidaan valita kahden eri säätimen väliltä: toisella säätimellä PICA-2001, säädetään suoraan pintalauhduttimen painetta ja toisella säätimellä PICA-2001.1, säädetään pintalauhduttimen tulevan ja lähtevän raakaveden lämpötila eroa. Molemmissa säätimissä toimilaitteena on sama, pneumaattisella yksitoimisella (jousi sulkee) toimilaitteella ja asennoittimella varustettu raakaveden säätöntventtiili PV-2001. Säätimen PICA-2001 ollessa valittuna, (Kuva 22) asetetaan halutun paineen asetusarvo S, alueelta -1000 - -700 mbar. Säädin PICA-2001.1 (Kuva 23) asetusarvoksi S, asetetaan haluttu tulevan ja lähtevän raakaveden lämpötila-ero, alueella 0 – 50 °C. Kun säädin asetetaan automaattitilaan, säädin aloittaa poistamaan eroarvoa mittauksen M ja asetusarvon S väliltä muuttamalla piirin ohjausta O, kunnes eroarvo asetusarvon ja mittausarvon väliltä on poistunut.



Kuva 22. Piiri-ikkuna PICA-2001 (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)



Kuva 23. Piiri-ikkuna PICA-2001.1 (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.11 Haihduttimen tyhjäpumppu

Haihduttimen tyhjäpumppujen avulla muodostetaan pintalauhduttimen kautta alipaine haihduttimeen ja kiteyttimeen. Tyhjäpumppuja on kaksi kappaletta, joista toinen on käytössä ja toinen varapumppuna. Tyhjäpumppuissa käytetään tiivisteväliaineena raakavettä. Pumpussa on epäkeskinen siipipyörä, joka pyörittää pesässä olevaa vettä. Pyörivä vesi muodostaa pesän seinämälle renkaan ja siipipyörän alaosaan syntyy pumpattavalle kaasulle lokeroita. Lokeroiden tilavuus pienenee poistoaukkoa lähestyttäessä ja kaasu saadaan siten puristettua pois. Vettä käytettäessä pumpulla päästään noin 5 kPa:n (0,05 bar) paineeseen. (wikipedia www-sivut)

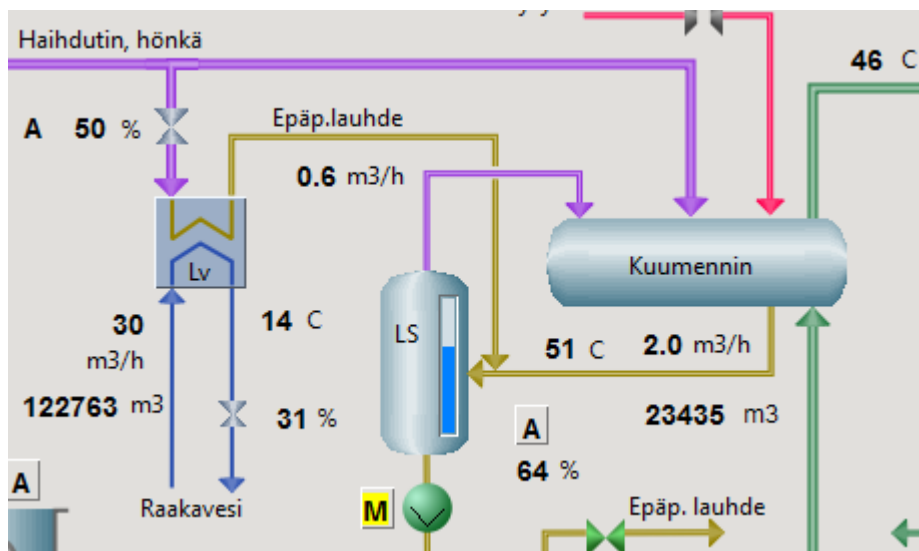
6.11.1 Toimintakuvaus

Raakavesi tuodaan tyhjäpumppulle jäähdytysyksikön kautta ja raakaveden pumpulle menevää määrää säädetään käsiventtiileiden avulla. Pumpun kaasupuolen putkisto on kytketty pintalauhduttimen kaasuosaan, josta tyhjäpumppu imee kaasua pumppuun. Pumpulta poistuva raakavesi ohjataan ilmanerottimeen, jossa vedestä erottuu kaasut.

6.12 Kiteyttimen lisälauhdutin

Kiteyttimen lisälauhduttimelle (Kuva 24) ohjataan samaa nikkeli haihduttimen prosessikaasua (haihduttimen hönkä) kuin kiteyttimen kuumentimeen. Lisälauhdutin on avattava kaasu – neste levylämmönvaihdin, jonka ensiöpuolen väliaineena on haih-

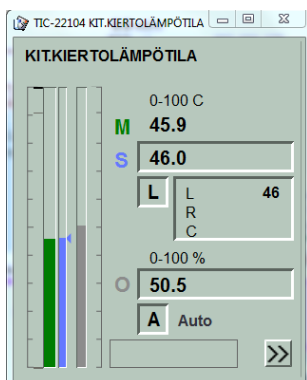
duttimen hönkäkaasu ja toisiopuolen väliaineena on raakavesi. Ensiöpuolen kaasu lauhdutetaan lämmönvaihtimessa raakaveden avulla, jolloin kaasusta muodostuu epäpuhdasta lauhdetta. Muodostunut epäpuhdas lauhde ohjataan epäpuhtaan lauhteen säiliöön ja sieltä edelleen prosessin käyttöön.



Kuva 24. Lisälauhdutin (Lv) (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

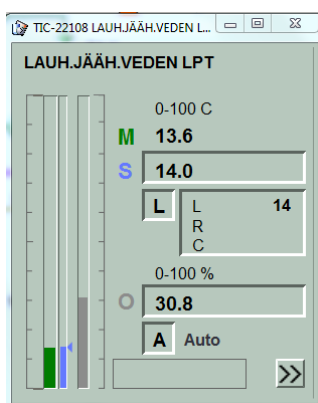
6.12.1 Toimintakuvaus

Lisälauhdutin lisää haihduttimelta tulevan höngän käsittelykapasiteettia, mahdollistaen haihduttimen ajon suuremmalla primäärihöyryn määrällä. Lisälauhduttimen lämmönvaihtimen ensiöpuolelle tulevan höngän määrää, säädetään säätöpiirillä TIC-22104 (Kuva 25) siten, että asetetaan asetusravoksi S, haluttu kiertoliuoksen lämpötila. Säätimen automaattitilaan asettamisen jälkeen aloittaa säädin poistamaan asetusravon S ja mittausarvon M välistä eroarvoa ohjausta O muuttamalla. Säätöpiirissä mitataan kumentimen jälkeisen kiertoliuoksen lämpötilaa ja ohjataan säätöventtiilillä lisälauhduttimelle tulevaa höngän määrää. Höngän määrän säädöllä vaikutetaan kiteyttimen kiertoliuoksen lämpötilaan.



Kuva 25. Kiteytymen kiertolämpötilan operointi-ikkuna (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

Lämmönvaihtimen toisiopuolella kiertää raakavesi, jonka avulla ensiöpuolelle virtaava hönkä lauhdutetaan epäpuhtaaksi lauhteeksi. Lämmönvaihtimen toisiopuolelta mitataan lämmönvaihtimeen tulevan raakaveden määrää piirillä FIQ-22108, jonka mittausalue on 0 – 200 m³/h ja lämmönvaihtimen jälkeen raakaveden lämpötilaa mittausalueella 0 – 100 °C. Toisiopuolen säätöpiirillä TIC-22108 (Kuva 26) säädetään jäähdytysveden lämpötilaa, mitä korkeampi on jäähdytysveden paluulämpötila, sitä pienempi on lauhduskapasiteetti. Säätöpiirillä säädetään veden lämpötilaa siten, että asetetaan säätimeen asetusarvoksi S haluttu palaavan jäähdytysveden lämpötila. Säätimen automaatille asettamisen jälkeen, aloittaa säädin poistamaan mittauksen M ja asetusarvon S välistä eroarvoa, ohjausta O muuttamalla. Säätimen toimintasuunta on suora, eroarvon ollessa positiivinen, ohjauksen arvo kasvaa.



Kuva 26. Lauhteen jäähdytysveden lämpötilasäädön operointi-ikkuna (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.13 Kuparisulfaattilingon hydrauliiikan jäähdytys

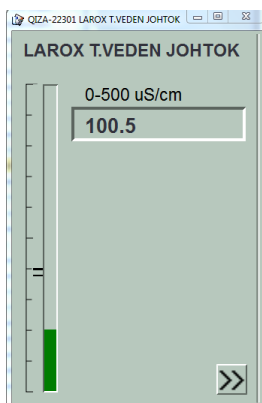
Kuparisulfaattilingolla erotetaan ja kuivataan ruuviluokittimelta tulevasta kylläisestä liuoksesta kuparisulfaatti, joka johdetaan pakattavaksi tai prosessiin uudelleen käytettäväksi. Kuparisulfaattilingossa käytetään joidenkin komponenttien liikkeen tuottamiseen hydrauliiikkaa. Hydrauliiikkaöljy lämpenee virratessaan järjestelmässä, liiallisen lämpötilan nousun välttämiseksi järjestelmä on varustettu raakavettä käyttävällä vaippaputkilämmönvaihtimella toteutetulla jäähdytyksellä.

6.13.1 Toimintakuvaus

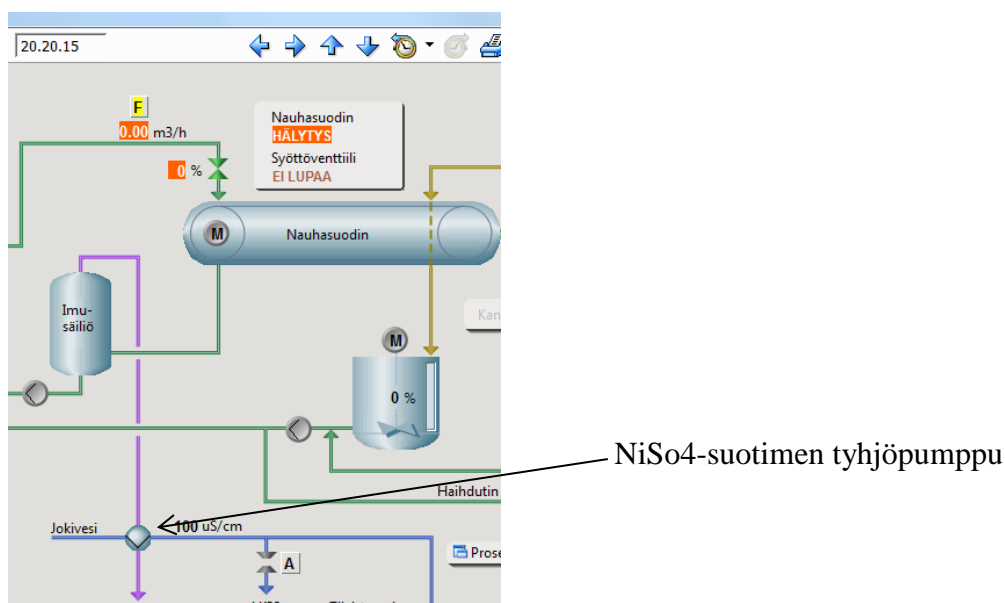
Hydrauliiikkaöljy kulkee vaippaputkilämmönvaihtimen kautta ennen öljysäiliöön palaamista. Lämmönvaihtimen vaippaosassa kulkee hydrauliiikkaöljy ja putkiosassa väliaineena käytetään raakavettä. Hydrauliiikkaöljyn lämpötilaa säädetään lämmönvaihtimen ensiöpuolen raakaveden käsiventtiilin asentoa muuttamalla.

6.14 Larox-suotimen tyhjöpumppu

Larox-suotimen tyhjöpumpun avulla muodostetaan Larox tasonauhasuotimen imusäiliöön ja imuputkistoon alipaine. Alipaineen avulla imetään prosessineste suodinkankaan läpi imusäiliöön. Tyhjöpumpussa (Kuva 28) käytetään raakavettä tiivistysväliaineena. Alipainepumpulta poistuvaa raakaveteen saattaa imetyn kaasun mukana kulkeutua happoisia pisaroita, tästä syystä pumpulta poistuvan veden puhtautta valvotaan johtokyky mittauksella QIZA-22301 (Kuva 27) mitta-alueella 0 -500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mittaus on ennakkohuolto-ohjelman piirissä. Ennakkohuoltotyöt generoidaan automaattisesti Maximo kunnossapitojärjestelmän avulla kahdeksan viikon välein. Järjestelmä kerää tehdyistä ennakkohuoltotoista historiatiedostoa myöhempää tarkastelua varten.



Kuva 27. Larox tiivisteveden johtokyky (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)



Kuva 28. NiSo4 tyhjäjärjestelmä (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.14.1 Toimintakuvaus

Nauhasuotimen käyttökytkimet ovat suotimen ohjauskeskuksen ovelta olevat painonapit. Suotimen alipainepumppu, kankaan pyöritysmoottori ja instrumentti-ilmat kytetään päälle, jonka jälkeen suodattimen kankaalle voidaan aloittaa prosessiliuoksen syöttö. Prosessiliuoksen syötön säätö tapahtuu prosessiautomaatiojärjestelmästä kaavionäytön 20.20.15 kautta. Alipainepumpun käynnistyessä avautuu raakaveden magneettiventtiili, venttiilillä ohjataan tiivisteveden virtausta alipainepumpulle. Raakaveden virtausnopeus on säädetty käsiventtiilin avulla noin $1 \text{ m}^3/\text{h}$. Virtaus näytetään ja valvotaan rautaputkirotametrillä, matalasta raakaveden virtauksesta annetaan hälytys suotimen ohjaustauluun. Imusäiliön pintaa valvotaan pintakytkimen avulla,

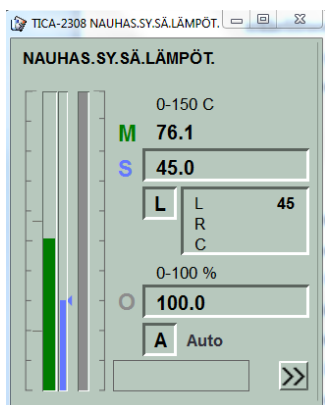
nesteen pinnan noustessa säiliössä ylimmän pintakytkimen tasolle, ohjataan suodatusprosessi seis ja generoidaan hälytys.

6.15 Nauhasuotimen syöttösäiliö (Suodossäiliö)

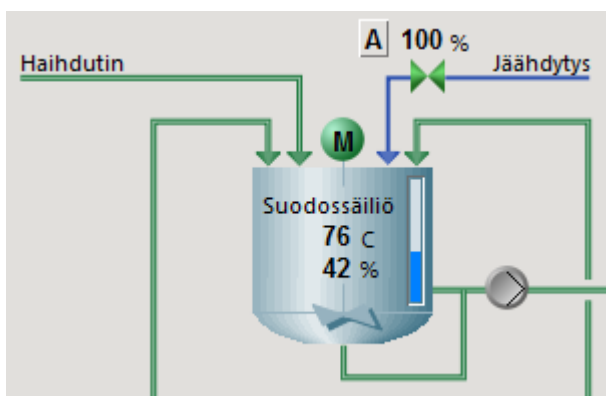
Nauhasuotimen syöttösäiliöön, ohjataan nikkelihiuhduttimelta 70 % rikkihappoa sisältävä nikkelihiuos. Syöttösäiliöön syötettävän liuoksen lämpötila on noin 114 °C, liuoksen lämpötilaa pudotetaan säiliösekoituksen ja säiliön sisäpuolelle asennetun raakavettä käyttävän jäähdytysputkiston avulla. Jäähdytysputkisto on valmistettu haponkestävästä teräksestä. Liuoksen lämpötilaa on pudotettava ennen liuoksen pumpaamista jatkokäsittelyyn Larox-nauhasuotimelle.

6.15.1 Toimintakuvaus

Nauhasuotimen syöttösäiliön jäähdytysputkistossa väliaineena käytetään raakavettä. Jäähdytyksen säätöpiiri TICA-2308, koostuu PT100 anturilla toteutetusta lämpötilan mittauksesta mitta-alueella 0 - 150 °C, säätöventtiilistä jonka avulla säädetään jäähdytysveden virtausta jäähdytysputkistossa, ohjausalue 0 - 100 % sekä lämpötilan säätimestä (Kuva 29). Lämpötilan säätöpiiri poimitaan prosessiautomaatiojärjestelmän kaavionäytön sivulta 20.20.15,(Kuva 30). Säätimen mittausarvo M osoittaa lukuhetkellä liuoksen lämpötilan, asetusarvoksi S, asetetaan haluttu liuoksen lämpötila ja kohdasta O luetaan säätimen ohjaus automaattiventtiilille ohjausalueella 0 - 100 %. Mikäli säädin on automaattilla, pyrkii säädin poistamaan mittauksen M ja asetusarvon S välistä eroarvoa, ohjausta O muuttamalla.



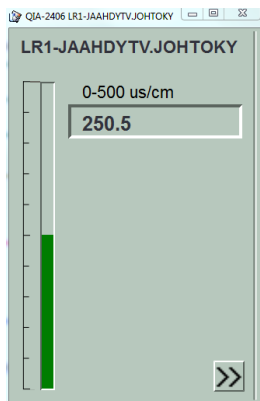
Kuva 29. Nauhasuotimen syöttösäiliön lämpötilan säädin (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)



Kuva 30. Nauhasuotimen syöttösäiliö (suodossäiliö) (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.16 Liuotusreaktori 1jäähdytys

Liuotusreaktorissa käsitellään kuparinpoiston kakkosvaiheen prosessista syntynyttä kupari-arseenisakkaa. Sakan käsittelyprosessista syntyy lämpöä, jonka johdosta liuosta pitää jäähdyttää. Jäähdytykseen käytetään liuoksen sekoitusta säiliösekoittimella sekä liuostilaan asennetulla jäähdytysvesikierukalla. Jäähdytyksen väliaineena käytetään raakavettä. Viemäriin jaan päästettävän jäähdytysveden puhtautta valvotaan raakavesilinjaan, säiliön jälkeen asennetulla johtokyky mittauksella QIA-2406 (Kuva 31).

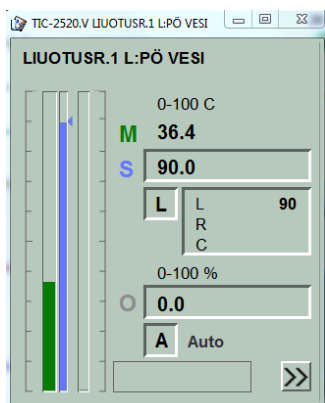


Kuva 31. Liuotusreaktori 1 jäähdytysveden johtokyky (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

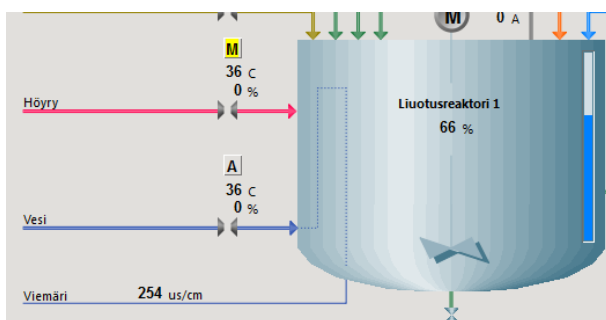
Mikäli jäähdytysveden johtokyky nousee yli 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, johtokykymittauksen piiri antaa jäähdytyskesä säätöpiirille TIC-2520.V lukitustiedon, jolloin säätöventtiili ohjataan kiinni ja jäähdytysveden virtaus loppuu.

6.16.1 Toimintakuvaus

Raakavesijäähditys koostuu PT-100 lämpötila-anturilla toteutetusta lämpötilanmittauksesta, jonka mittausalue on 0-100 °C, säätöventtiilistä ohjausalue 0 -100 %, säätimestä (Kuva 32), putkistosta sekä johtokykymittauksesta. Lämpötilan säätöpiiri TIC-2520.V, poimitaan prosessiautomaatiojärjestelmän kaavionäytön sivulta 20.50.5 (Kuva 33). Säätimen operointi-ikkunasta nähdään lukuhetken mittausarvo M, voimassa oleva lämpötilan asetusarvo S sekä säätöventtiilille annettava ohjauksen arvo O. Säätimen asetusarvoksi annetaan haluttu liuoksen lämpötila, kun säädin on automaattilla A, pyrkii säätöpiiri poistamaan mittauksen M ja asetusarvon S väliltä eroarvon ohjausta O muuttamalla.



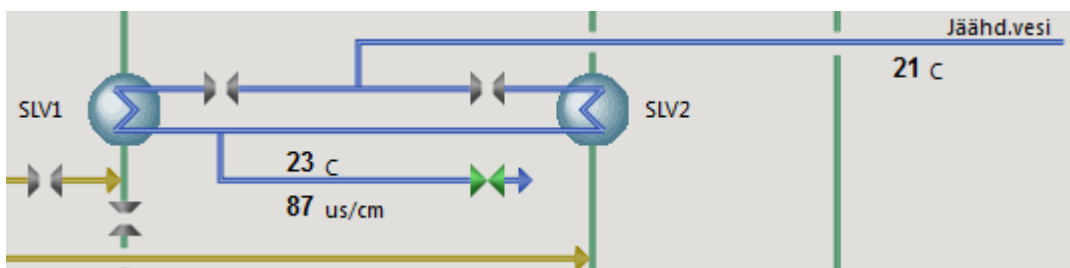
Kuva 32. Liuotusreaktori 1 jäädytys (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)



Kuva 33. Liuotusreaktori 1 kaavionäyttö (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.17 Arseenihapon saostusreaktori

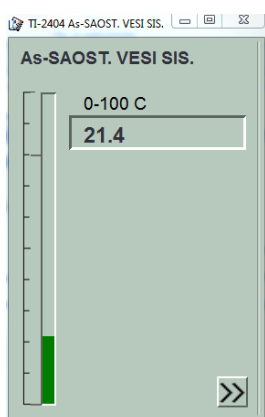
Arseenihapon saostusreaktorissa käsiteltävään liuosprosessin yhtenä osana kuuluu kaksi kappaletta vaippaputkilämmönvaihtimia, joiden avulla prosessiliuoksen lämpötila pudotetaan tavoitelämpötilaan. Jäähdytyksen väliaineena käytetään raakavettä. Jäähdytysjärjestelmä on prosessiautomaatiojärjestelmän kaavionäytön sivulla 20.40.10, (Kuva 34).



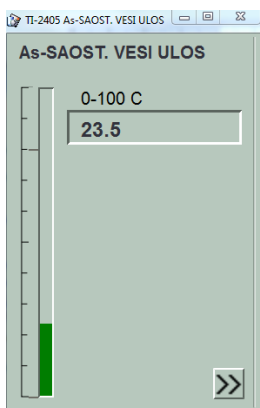
Kuva 34. Saostusreaktorin jäädytys (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.17.1 Toimintakuvaus

Saostusprosessin edetessä jäädytysvaiheeseen, aloitetaan liuoksen kierrätys lämmönvaihtimien kautta takaisin arseenihapon saostusreaktoriin. Vaippaputkilämmönvaihtimen putkiosassa kiertää prosessiliuos ja vaippaosassa jäädytyksen väliaineena käytettävä raakavesi. Jäädytyspiirin tulevan ja poistuvan raakaveden lämpötilaa mitataan Pt100 lämpötila-anturilla, mitta-alue 0–100 °C (Kuva 35 ja Kuva 36), raakaveden sulkuventtiileistä, kahdesta kappaleesta vaippaputkilämmönvaihtimia sekä palaavan raakaveden johtokykymittauksesta.



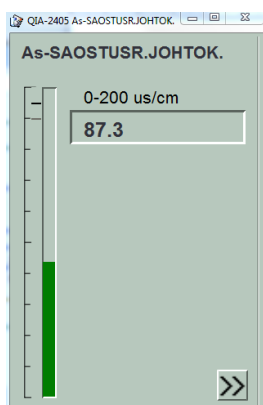
Kuva 35. Raakaveden lämpötila ennen lämmönvaihdinta (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)



Kuva 36. Raakaveden lämpötila lämmönvaihtimen jälkeen (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

Raakaveden johtokykymittauksella valvotaan lämmönvaihtimilta palaavan raakaveden puhtautta, mittausalue on 0 – 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Kuva 37). Mikäli jäädytysveden johtokyky nousee määritellyn hälytysrajan yli, generoidaan rajan ylityksestä hälytys ja

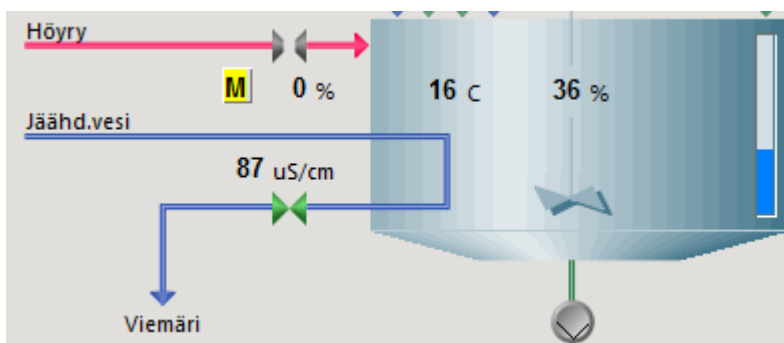
suljetaan raakaveden automaattinen sulkuventtiili. Johtokykyntaus on ennakko-huolto ohjelman piirissä, jolloin mittauksen toiminta tarkistetaan määrätyn välein.



Kuva 37. raakaveden johtokykyntaus (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.18 Panneviksen syöttösäiliö

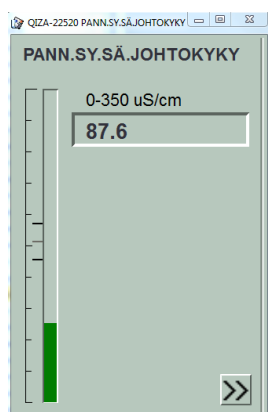
Panneviksen syöttösäiliössä käsitellään prosessisakkoja ennen suotimelle pumppaamista. Syöttösäiliössä olevaa liuosta jäähdytetään säiliön sisäpuolelle asennetun jäähdytyskierukan avulla. Jäähdytysputkistossa väliaineena käytetään raakavettä, veden määrää säädetään käsiventtiilin avulla. Raakavesiviemäriin palavan veden puhtautta valvotaan jatkuvatoimisella johtokykyntauksella (Kuva 38).



Kuva 38. Panneviksen syöttösäiliön jäähdytys (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.18.1 Toimintakuvaus

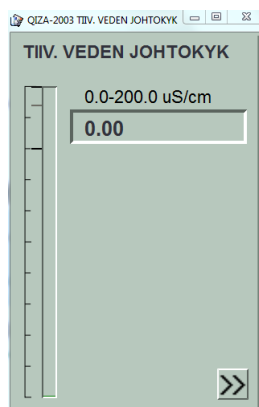
Liuoksen jäähdytys aloitetaan avaamalla raakavesilinjan käsiventtiili, jolloin raakavesi alkaa virrata jäähdytyskierukassa ja poistuu raakavesiviemäriin. Jäähdytysveden puhtautta valvotaan johtokyky mittauksella QIZA-22520 (Kuva 39). Mikäli putkistoon tulisi vaurio ja prosessiliuosta pääsisi raakavesilinjaan, nousee johtokyky mittauksen arvo hälytysrajalle ja raakavesilinjassa oleva pneumaattisella toimilaitteella varustettu sulkuventtiili QV-22520 sulkeutuu.



Kuva 39. Panneviksen syöttösäiliön johtokyky (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.19 Pannevis suotimen tyhjöpumppu

Pannevis-suotimen tyhjöpumpun avulla muodostetaan Pannevis tasonauhasuotimen imusäiliöön ja imuputkistoon normaaliin ilmakehän paineeseen nähden alipaine. Alipaineen avulla imetään neste suodinkankaan läpi imusäiliöön, jolloin kankaalle jää suodinsakka. Tyhjöpumpussa käytetään tiivistysväliaineena raakavettä. Tyhjöpumpulta poistuvaa raakaveden puhtautta valvotaan johtokyky mittauksella (Kuva 40) QIZA-2003, mitta-alueella 0.0 -200.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Kuva 40. Tiivisteveden johtokyky (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

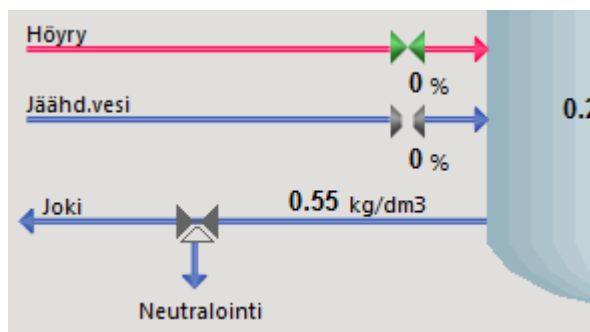
6.19.1 Toimintakuvaus

Nauhasuotimen käyttökytkimet ovat suotimen ohjauskeskuksen ovelta olevat painonapit. Suotimen tyhjöpumppu, kankaan pyöritysmoottori ja instrumentti-ilmat kytketään päälle, jonka jälkeen suodattimen kankaalle voidaan aloittaa prosessiliuoksen syöttö. Prosessiliuoksen syötön määrän säätö tapahtuu prosessiautomaatiojärjestelmästä kaavionäytön 20.60.10 kautta. Tyhjöpumpun käynnistyessä avautuu raakaveden magneettiventtiili, venttiilillä ohjataan tiivisteveden virtausta tyhjöpumpulle. Raakaveden määrä tyhjöpumpulle on asetettu käsiventtiilin avulla, noin $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Virtaus näytetään ja valvotaan rautaputkirotametrillä, matalasta raakaveden virtauksesta annetaan hälytys suotimen ohjaustauluun. Imusäiliön pintaa valvotaan pintakytkimen avulla, nesteen pinnan noustessa säiliössä ylimmän pintakytkimen tasolle, ohjataan suodatusprosessi seis ja generoidaan hälytys prosessiautomaatiojärjestelmään.

6.20 Arseenihapon valmistusreaktori

Arseenihapon valmistusreaktorissa on valmistettu pannevis-suodattimelta tulevaa raaka-ainetta arseenihapoksi. Valmistusprosessissa syntyy lämpöä ja liiallisen lämpötilan nousun ehkäisemiseksi valmistusreaktori on varustettu raakavettä väliaineena käyttävällä, säiliön sisään asennetulla jäähdytyskierukalla. Valmistusreaktorin ja raakavesiviemärin väliin on asennettu pneumaattisella toimilaitteella varustettu kolmitie sulkuventtiili (Kuva 41). Sulkuventtiiliä ohjataan raakaveden ominaispainomittauk-

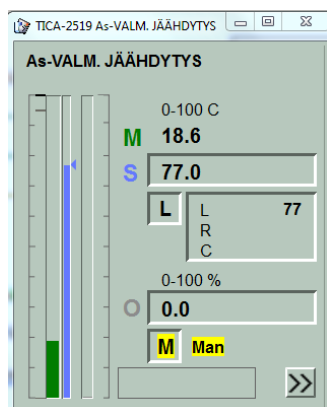
sella siten, että vedet ohjautuvat joko raakavesiviemäriin tai tehtaan sisäiseen prosessiin.



Kuva 41. Arsenihapon valmistusreaktorin jäähdytys (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.20.1 Toimintakuvaus

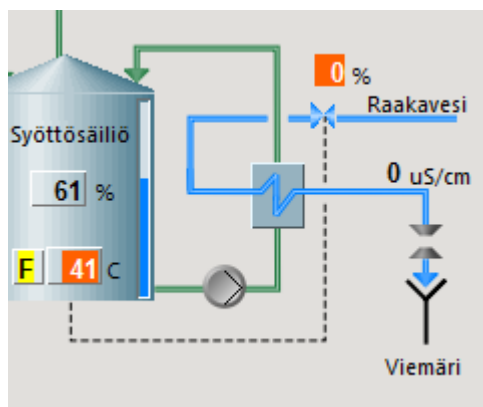
Jäähdytys järjestelmä koostuu PT-100 lämpötila-anturilla toteutetusta lämpötilanmittauksesta, jonka mittausalue on 0-100 °C, pneumaattisella toimilaitteella varustetulla säätöventtiilistä ohjausalueella 0 -100 %, säätimestä (Kuva 42), putkistosta sekä johdokykymittauksesta. Lämpötilan säätöpiiri TICA-2519 poimitaan prosessiautomaatiojärjestelmän kaavionäytön sivulta 20.50.15. Säätimen operointi-ikkunasta nähdään lukuhetken mittausarvo M, voimassa oleva lämpötilan asetusarvo S sekä säätöventtiilille annettava ohjauksen arvo O. Säätimen asetusarvoksi annetaan haluttu liuoksen lämpötila. Kun säädin on automaattilla A, pyrkii säätöpiiri poistamaan mittauksen M ja asetusarvon S väliltä eroarvon, ohjausta O muuttamalla.



Kuva 42. Arsenihapon valmistusreaktorin jäähdytys (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.21 0-Vaihe syöttösäiliö

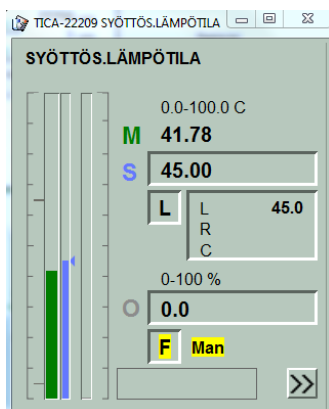
0-Vaiheen liuos kiertää syöttösäiliöstä kahteen tuotantoaltaaseen, josta ylivuodon kautta pumppusäiliöön. Pumppusäiliöstä liuos jakaantuu kahteen poistoputkeen, joista toinen palautuu takaisin syöttösäiliöön ja toinen 1- vaiheen prosessiin. Liuoksen ominaisuudet muuttuvat, mikäli liuoksen lämpötila pääsee kohoamaan liian korkeaksi. Kierrätetään syöttösäiliön liuosta levylämmönvaihtimen kautta takaisin syöttösäiliöön (Kuva 43), jotta liuoksen kielteisiltä muutoksilta vältytään. Lämmönvaihtimessa liuosta jäähdytetään raakaveden avulla. Lämmönvaihtimesta raakavesiviemäriin palaavan veden puhtautta valvotaan johtokyky mittauksella.



Kuva 43. Syöttösäiliön jäähdytyspiiri (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

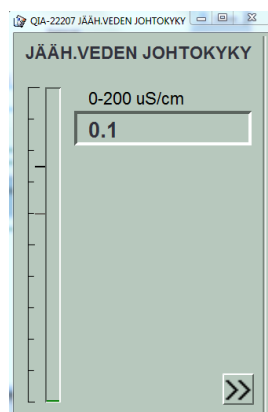
6.21.1 Toimintakuvaus

Syöttösäiliön lämpötilan säätöpiiriin TICA-22209 (Kuva 44) kuuluu lämpötilan mitta-alueella 0-100 °C, säätöventtiili ohjausalueella 0-100 %. Syöttösäiliön liuoksen jäähdytyskierrrossa käytetään kiertopumppua XI-22210, pumpulla pumpataan liuosta lämmönvaihtimen kautta takaisin syöttösäiliöön. Lämpötilasäätimen asetusarvoksi S, asetetaan haluttu liuoksen lämpötila syöttösäiliössä. Säädin asetetaan automaatile A, säädin poistaa asetusarvon S ja mittausarvon M välistä eroarvoa, muuttamalla ohjausta O, kunnes eroarvo on poistunut.



Kuva 44. 0-Vaihe syöttösäiliön lämpötilasäädin (Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä)

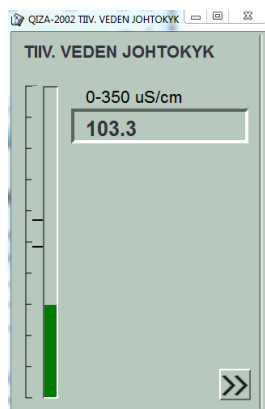
Lämmönvaihtimen toisiopuolelta raakavesiviemäriin palaavan jäähdytysveden puhautta valvotaan johtokykymittauksella (Kuva 45). Valvontapiiriin kuuluu johtokykymittaus mitta-alueella 0-200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sekä pneumaattisella jousi sulkee toimilaitteella varustettu sulkuventtiili. Mikäli jäähdytysveden johtokyky nousee yli asetellun rajan, sulkeutuu raakavesiviemäriin asennettu sulkuventtiili, jolloin vedet ohjautuvat sisäiseen kiertoon, kunnes veden puhtaus palautuu normaalille tasolle. Asetellun rajan ylityksestä annetaan alueen valvomoon hälytys.



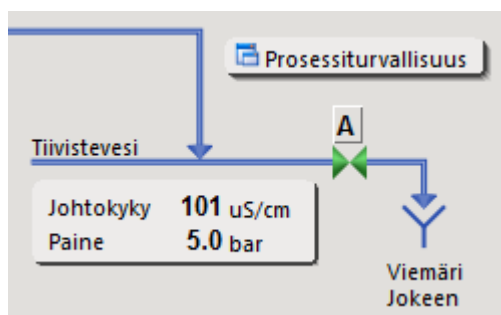
Kuva 45. Syöttösäiliön jäähdytysveden johtokykymittaus (prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.22 Liuospuhdistamon prosessipumput

Liuospuhdistamon prosessipumput koostuvat pääsääntöisesti keskipakopumpuista. Osassa pumppuja käytetään akselitiivistetyyppeä, joka vaatii veden tiivisteaineeksi. Näissä malleissa käytetään raakavettä akselin tiivistämiseen. Tiivistysjärjestelmät on varustettu tiivistevesiyksiköin (Kuva 18), joiden avulla säädetään raakaveden oikea virtaus ja paine. Virtaus säädetään n.1-2 l/min, ja paine n.1 bar. Pumpuille menevää raakaveden painetta PIA-2007 mitta-alueella 0.0-6.0 bar ja johtokykyä mitataan ja valvotaan prosessinohjausjärjestelmässä. Mikäli tiivisteveden paine putoaa liian alhaiseksi, annetaan alhaisesta paineesta hälytys alueen valvomossa. Tiivisteveden johtokykymittaus QIA-2002 (Kuva 46) mittaa veden puhtautta mitta-alueella 0-350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ennen raakavesiviemäriin ohjaamista. Tiivisteveden johtokyky- ja painemittaus sekä sulkuventtiili ovat prosessiohjausjärjestelmän kaavionäytön sivulla 20.20.15, (Kuva 47). Kuparielektrolyysin prosessiturvallisuusmittaristossa seurataan, kuinka usein tiivistevedet on kääntynyt sisäiseen kiertoon. Määrää seurataan, jotta voidaan tarvittaessa reagoida hälytystaajuuden kehitykseen.



Kuva 46. Tiivisteveden johtokykymittaus (prosessiautomaatiojärjestelmä)



Kuva 47. Tiivisteveden mittaukset ja sulkuventtiili (prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.22.1 Toimintakuvaus

Raakavesi tuodaan tiivistevesisuodattimen kautta tiivistevesiyksikön tuloliittimeen, jonka kautta vesi ohjataan pumpun akselitiivisteelle ja palautetaan tiivisteiden jälkeen takaisin tiivistevesiyksikköön, josta vesi ohjataan raakavesiviemäriin. Kuva 18 B liittimestä säädetään tiivisteelle menevän veden määrä. Kuva 18 mallissa määrä luetaan ikkunassa liikkuvasta virtauksenosoittimesta. Veden painetta säädetään paineventtiilistä H ja tiivisteellä vallitseva paine luetaan painemittarista I. Tiivisteveden johtokykymittauksella, valvotaan raakavesiviemäriin johdettavan veden puhtautta. Mikäli mittaus ylittää asetetun raja-arvon, annetaan kohonneesta tiivisteveden johtokyvystä hälytys ja linjassa oleva pneumaattisella toimilaitteella varustettu automaattinen sulkuventtiili ohjautuu kiinni ohjaten tiivistevedet sisäiseen prosessiin. Tiivisteveden johtokykymittaus on ennakkohuolto-ohjelman piirissä, jolloin kunnossapitojärjestelmä generoi ennakkohuoltotyön sovituin väliajoin.

6.23 Trof-konvertterin kannen, poltinrungon ja savukaasuputken jäähdytys

Trof-konvertteri on pyörivä vuorattu sylinterimäinen puhallusuuni, jossa sulatetaan metalleja. Sulatusprosessin lopussa sulatettu metalli valetaan anodeiksi. Trof-konvertteriin kuuluu konvertteri (uuniosa), konvertterin kansi, hydraulikkayksikkö, jäähdytysjärjestelmä sekä ohjausautomaattikka. Jäähdytysjärjestelmään kuuluu jäähdytysputkistot, kiertovesipumput, vesisäiliö, sulkuventtiilit, mittalaitteet ja automaattikka. Jäähdytyksen väliaineena käytetään raakavettä, jonka avulla jäähdytetään konvertterin kansi, nestekaasupolttimen runko, hydraulikkaöljy ja osa savukaasuputkesta.

6.23.1 Toimintakuvaus

Raakavesi tuodaan jäähdytysjärjestelmään elektrolyysin runkoverkosta, paineenkorotuspumpun kautta. Paineenkorotuspumpun avulla varmistetaan veden paineen pysyminen noin 5 bar tasossa. Jäähdytysjärjestelmä käynnistetään, asettamalla ohjauspulpetista jäähdytysjärjestelmän vipukytkin automaatti asentoon. Mikäli tulevan raakaveden paine on 5 bar tai enemmän, avataan tuleva- ja paluulinjan raakavesiventtiili-

6.25 Granuloinnin vesisäiliön jäähditys

Granuloinnin vesisäiliöön voidaan tuoda vettä kahdesta eri prosessista, joko trofikonvertterin kannen jäähdytyksestä tai granulointiprosessista. Molemmissa prosesseissa veteen sitoutuu lämpöä. Granulointiprosessin takia granulointivesisäiliön veden lämpötilan tulee olla haluttu. Granuloinnin vesisäiliön jäähdytysjärjestelmään kuuluu jäähdytysputkisto, kiertovesipumppu, levylämmönvaihdin, lämpötilanmittaus, säätöventtiili ja lämpötilan säädin. Levylämmönvaihtimen ensiöpuolella käytetään raakavettä ja toisiopuolella raakaveden ja kaupunkiveden sekoitusta.

6.25.1 Toimintakuvaus

Granuloinnin vesisäiliön lämpötila mitataan Pt100 lämpötila-anturilla, mitta-alueella 0-100 °C, säätöelimenä on asennoittimella ja pneumaattisella toimilaitteella varustettu säätöventtiili, alueella 0-100 % lämpötilan säätimenä on yksikkösäädin. Haluttu vesisäiliön lämpötila asetetaan säätimeen, säädin asetetaan automaatille, jonka jälkeen säädin poistaa mittausrvon ja asetusarvon välisen eroarvon säätöventtiilin ohjausta muuttamalla.

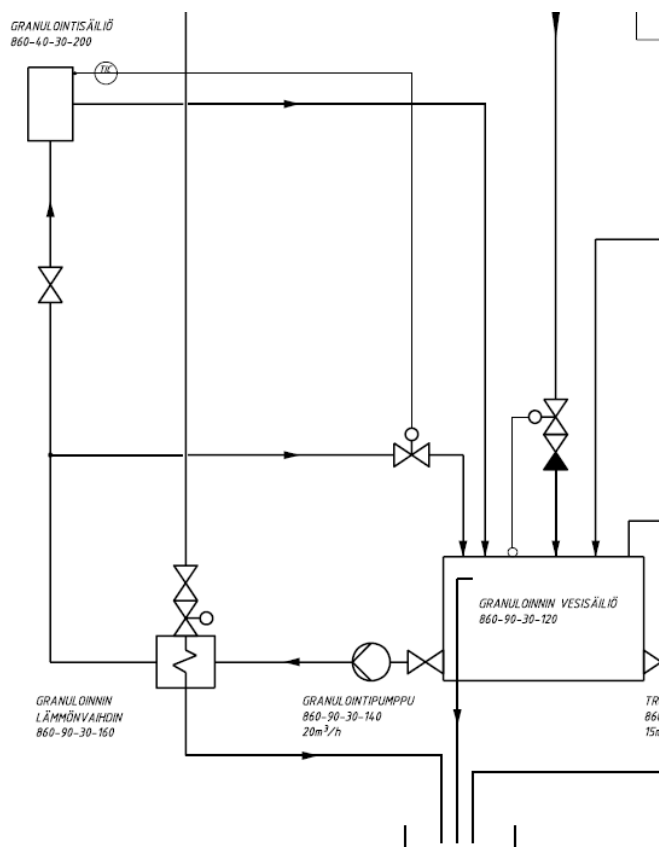
6.26 Granulointisäiliön ylivuoto

Granulointisäiliöön pumpataan raakavettä granuloinnin vesisäiliöstä, raakavesi palautuu ylivuodon kautta takaisin granuloinnin vesisäiliöön. Granulointisäiliössä olevaan veteen kaadetaan valukaukalon lävitse sulaa metallia. Sula metalli luovuttaa granulointisäiliön veteen lämpöä. Granulointisäiliön veden lämpötila on oltava määriteltyjen rajojen sisällä, jotta metalliin saadaan haluttu muoto ja koko.

6.26.1 Toimintakuvaus

Granulointisäiliön (Kuva 48) lämpötilaa mitataan pt-100 lämpötila-anturilla ja säädetään asennoittimella ja pneumaattisella toimilaitteella varustetulla automaattiventtiili-

lillä. Säätimenä on yksikkösäädin, johon operaattori asettaa granulointisäiliön veden lämpötilan asetusarvon. Säätimen ohjauksen toimuunta on asetettu siten, että jos mitattu veden lämpötila on korkeampi kuin asetettu asetusarvo, ohjautuu säätöventtiili kiinni, jolloin granulointisäiliöön virtaa enemmän jäädyttävää vettä.



Kuva 48. Granuloinnin vesikierto

6.27 Jalometalliosaston prosessipumput

Jalometalliprosessin prosessiliuoksia, siirretään erilaisilla keskipakopumpuilla. Osassa pumppuja käytetään akselitiivistettyä, jossa käytetään raakavettä tiivisteaineena. Tiivistysjärjestelmät on varustettu ennen pumpun tiivistettä olevalla tiivisteveden sulkuventtiileillä ja tiivistevesiyksiköillä (Kuva 18). Tiivistevesiyksikön avulla säädetään raakaveden oikea virtaus ja paine. Virtaus säädetään n.1-2 l/min, ja paine n.1-2 bar.

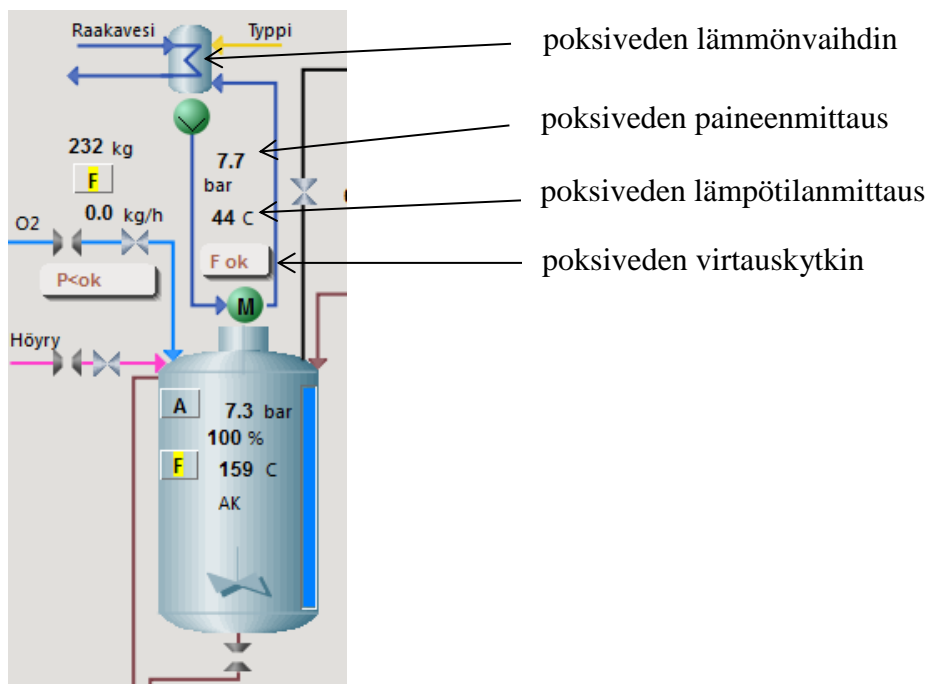
6.27.1 Toimintakuvaus

Raakavesi tuodaan tiivistevesiyksikön tuloliittimeen, jonka kautta vesi ohjataan pumpun akselitiivisteelle ja palautetaan tiivisteeseen jälkeen takaisin tiivistevesiyksikköön, josta vesi ohjataan lattiakaivojen kautta prosessiin. Kuva 18 B liittimestä säädetään tiivisteelle menevän veden määrä, virtauksen määrä luetaan ikkunassa liikkuvasta virtauksenosoittimesta. Veden painetta säädetään paineventtiilistä H ja paine luetaan painemittarista I.

Virtauksen säädössä säädetään tiivisteelle menevää veden määrää, ja vastaavasti paineensäädössä säädetään tiivisteellä vallitsevaa veden painetta. Koska jalometallin prosessi on panosprosessiluonteinen, on tiivistevesijärjestelmät varustettu magneettisin sulkuventtiilein. Moottorin käynnistyessä, tiivistevesiautomaateille tulevan veden sulkuventtiilit avautuvat ja vastaavasti venttiilit sulkeutuvat moottorin pysähtyessä. Tällä järjestelyllä vältetään tiivisteveden turhalta käytöltä, kun pumput eivät ole käytössä.

6.28 Autoklaavin sekoittimen tiivisteveden jäähdytys

Autoklaaviprosessissa käytetään korkeaa lämpötilaa ja painetta, joiden avulla liuotetaan sakasta metalleja. Korkea lämpötila ja paine asettaa sekoittimen akselitiivistykselle suuret vaatimukset. Akselin tiivistämiseen käytetään poksitiivistettä, jossa väliaineena käytetään tyypellä paineistettua raakavettä. Toisiopuolen raakavettä jäähdytetään vaippaputkityyppisellä lämmönvaihtimella, jonka putkiosassa kiertää raakavesi ja vaippaosassa paineistettu tiivisteellä kiertävä raakavesi. Toisiopuolen nestekierrossa pidetään korkeampaa painetta kuin autoklaavissa prosessin aikana pidettävä paine. Toisiopuolen nestekierto on kuuluu autoklaavin poksivesipumppu XI-23226, virtauskytkin FS-23127, lämpötilan mittaus TI-23126, mittaus-alueella 0-100 °C sekä paineen mittaus PI-23126, mitta-alueella 0-10 bar (Kuva 49).



Kuva 49. Autoklaavin poksivedet (prosessiautomaatiojärjestelmä)

6.28.1 Toimintakuvaus

Mikäli toisiopuolen putkisto on tyhjä, täytetään järjestelmä raakavedellä ja paineistetaan typpikaasun avulla arvoon 8.0–10.0 bar. Ensiöpuolella tapahtuvaa nestekiertoa säädetään avaamalla raakaveden käsiventtiili, jolloin putkistossa alkaa nestekierto. Ennen autoklaavinsekoittimen käynnistystä, on käynnistettävä poksiveden kierto-pumppu piiri-ikkunasta XI-23226. Tiivisteveden kiertoa valvotaan virtauskytkimellä FS-23127, mikäli virtaus on riittävä, voidaan autoklaavin sekoitin käynnistää. Lämpötilanmittauksella TI-23126 valvotaan toisiopuolen veden lämpötilaa, jos lämpötila kohoaa $> 65\text{ }^{\circ}\text{C}$, annetaan poksiveden lämpötilasta ylärajahälytys.

7 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMIEN MAHDOLLISET RISKIT YMPÄRISTÖLLE

7.1 Tasasuuntaajien jäähdytys

Tasasuuntaajien lämmönvaihtimien ensiöpuolella väliaineena käytetään raakavettä ja toisiopuolen väliaineena käytetään ionivapaata vettä. Tasasuuntaajien DC1, DC2, DC3, 0-vaihe, 1-vaihe ja 2-vaiheen tasasuuntaajien jäähdytysjärjestelmässä mahdollisesti tapahtuvat vikaantumiset saattaisivat olla esimerkiksi lämmönvaihtimien rikoontuminen siten, että ensiö ja toisiopuolen nestekierrat pääsisivät sekaantumaan keskenään ja toisiopuolen nestevirtaus pääsisi ensiöpuolen poistokanavan kautta raakavesiviemäriin. Jäähdytysjärjestelmissä käytetyt väliaineet raaka-, tai ionivapaa vesi eivät aiheuta riski-, tai vaaratekijöitä ympäristölle. Tasasuuntaajista ei myöskään ole mahdollista päästä jäähdytysnestekiertoihin sellaisia kemikaaleja tai öljytuotteita, jotka olisivat ympäristölle haitallisia tai vaarallisia.

7.2 Hydraulikkaöljyjen jäähdytykset

Hydraulikkaöljyjä jäähdytetään raakavedellä, katodien irrotuskoneella, anodien kunnostuskoneella, kuparisulfaattilingossa ja trof-konverterissa. Kaikissa edellä mainituissa jäähdytysjärjestelmissä lämmönvaihdintyyppinä on vaippaputkilämmönvaihdin. Lämmönvaihtimien putkiosassa (ensiöpuolen kierto) kiertää raakavesi ja vaippaosassa kiertää hydraulikkaöljy. Mikäli lämmönvaihtimen putkiin tulisi vaurio, olisi mahdollista, että hydraulikkaöljyä pääsisi sekoittumaan putkiosan raakaveden mukana jokivesiviemäriin johtaviin linjoihin. Virtaussuunta saattaisi olla toisiopuolelta ensiöpuolelle, koska todennäköisesti toisiopuolella vallitsee korkeampi paine kuin ensiöpuolella. Vaurio saatettaisiin havaita vasta, kun öljysäiliössä pinta laskisi alle hälytysrajan.

7.3 Prosessipumppujen tiivistevedet

Elektrolyysihallin, jalometallin ja liuospuhdistamon prosessipumppujen akselien tiivistevetenä käytetään raakavettä. Näistä ainoastaan liuospuhdistamon prosessipumppujen tiivistevesi ohjataan raakavesiviemäriin. Jalometallin ja elektrolyysihallin prosessipumppujen tiivistevedet ohjataan lattiakaivojen kautta sisäiseen kiertoon. Pumpun akselitiivisteiden vaurioituessa, on mahdollista, että prosessin väliainetta joutuu tiivistevesiyksikön kautta raakavesiviemäriin johtavaan linjaan. Tällaiset virhetilanteita varten on viemäriin johtavaan linjaan asennettu jatkuvatoiminen tiivistevesien johtokykymittaus sekä pneumaattisella toimilaitteella varustettu automaattitoiminen sulkuventtiili, joka sulkeutuessaan ohjaa tiivistevedet tehtaan sisäiseen kiertoon.

7.4 Tyhjäpumput

Tyhjäpumppujen avulla muodostetaan nikkelihihduuttimen, Pannevis-suotimen sekä nikkelisulfaatti suodattimeen normaaliin ilmakehään nähden alipaine. Alipaineen muodostamiseksi tyhjäpumpuun syötetään tiivistevedeksi raakavettä, jolloin pumpu pystyy imemään prosessista kaasuja. Imettävät kaasut saattavat sisältää happoisia pisaroita sekä muita epäpuhtauksia. Raakavesiviemäriin johtavaan linjaan on asennettu jatkuvatoiminen johtokykymittaus ja automaattinen pneumaattisella toimilaitteella varustettu sulkuventtiili, jotta tyhjäpumpuilla käytettävän raakaveden mukana raakavesiviemäriin ei kulkeutuisi kaasuista happamia liuosjämiä. Viemäriin palaavan liuoksen johtokyvyn kohotessa, sulkeutuu sulkuventtiili ja vedet ohjautuvat laitoksen sisäiseen kiertoon.

7.5 Lauhduttimet

Lauhdutinlaitteistojen kaasutilassa vallitsee normaalisti alipaine, elektrolyysin lauhduttimet ovat kiteyttimen pääpintalauhdutin ja kiteyttimen lisälauhdutin. Lauhduttimien ensiöpuolen jäähtytyksen väliaineena käytetään raakavettä ja toisiopuolen väliaineena on prosessista lauhduttimiin johdettu höngkä. Höngästä muodostuu lauhtuekseen epäpuhdasta lauhdetta, jossa on höngän mukana lauhtunutta rikkihappoa ja muita epäpuhtauksia. Mikäli lauhduttimien levyt tai putkisto vaurioituisivat, on joissakin

tilanteessa mahdollista, että vaurion seurauksena epäpuhdasta lauhdetta pääsisi jäädytyksessä käytettävän raakaveden mukana raakavesiviemäriin. Koska toisiopuolen prosessissa valitsee normaalin ilmakehän paineeseen nähden alipaine, on kyseinen tapahtuma epätodennäköinen.

7.6 Prosessiliuoksien jäähditys

Prosessiliuoksia jäähdytetään raakavedellä lämmönvaihtimissa sekä liuossäiliöissä. Liuossäiliöissä jäähdyttäminen tapahtuu säiliön sisäpuolisen jäähdytyskierukan avulla. Prosessiliuoksia lämmönvaihtimien avulla jäähdytetään arseenihapon saostusreaktorissa ja 0-vaiheen syöttösäiliössä. Lämmönvaihtimien ensiöpuolella väliaineena käytetään raakavettä ja toisiopuolen väliaineena ovat erilaiset rikkihappoa sisältävät prosessiliuokset. Liuossäiliöissä jäähdytyskierukan avulla liuoksia jäähdytetään liuotusreaktorissa 1, nauhasuotimen syöttösäiliössä (suodossäiliö), panneviksen syöttösäiliössä sekä arseenihapon valmistusreaktorissa.

Laitteistorikkojen seurauksena, on mahdollista, että toisiopuolen prosessiliuoksia sekoittuisi ensiöpuolen raakaveden joukkoon ja edelleen raakavesiviemäriin johtavaan linjaan. Likaantuneiden jäähdytysvesien pääsy raakavesiviemäriin on estetty raakavesiviemäriin johtaviin linjastoihin asennetuilla, jatkuvatoimisilla johtokykymittauksilla ja pneumaattisilla toimilaitteilla varustetuilla automaattisilla sulkuventtiileillä. Sulkuventtiilit sulkeutuvat, mikäli mitattu jäähdytykseen käytettävä raakaveden johtokyky nousee yli hälytysrajan. Nauhasuotimen syöttösäiliöstä poistuvaan jäähdytysveteen ei johtokykymittausta ja automaattista sulkuventtiiliä ole asennettu.

7.7 Jalometallin jäähdytysprosessit

Jalometallissa raakavettä käyttävät jäähdytysprosessit ovat autoklaavin sekoittimen akselintiivisteveden jäähdytys, granulointisäiliön ylivuoto, granuloinnin vesisäiliön jäähdytys sekä trof-konvertterin kansi ja poltinrunko. Kaikissa edellä mainituissa jäähdytysjärjestelmissä, jäähdytyksen ensiö- ja toisiopuolen väliaineina käytetään raakavettä tai raakaveden ja kaupunkiveden sekoitusta. Joidenkin vikatilanteiden seurauksena, on mahdollista, että trof-konvertterin hydrauliiikan jäähdyttämisen tai ho-

pean sulatusuunin hydraulikkaöljyä joutuu granulointisäiliöön ja granuloinnin vesi-säiliöön, jonka ylivuodon kautta vedet ohjautuvat raakavesiviemäriin V1 ja V2.

8 ORSIVESIEN KÄSITTELY

8.1 Tausta ja tavoitteet

Elektrolyysinhallin ja käytöstä poistetun suolatehtaan lattiatasojen alapuolelta orsi-vedet kerätään tehdasrakennuksen lattiatason alapuolelta, salaojaputkituksen avulla kellaritilassa oleviin keruukaivoihin, joista kerätyt vedet pumpataan tuotantoprosessiin. Elektrolyysihallin eteläpään alueen (allasryhmien 17 – 28 väliin sijoittuva alue) orsivedet johdetaan useasta erillisestä kaivosta yhteen keruukaivoon ja edelleen tehdasrakennuksen ulkopuolelle pumppausasemalle, josta orsivedet pumpataan Kokemäenjokeen. Boliden on ehdottanut ympäristöviranomaisille tapahtuneiden häiriöpäästöjen seurauksena lisätä elektrolyysihallin eteläpään orsivesien pumppaamista tehtaan sisäiseen kiertoon ja tämän ehdotuksen pohjalta, olen pohtinut erilaisia toteutusvaihtoehtoja.

Orsivesien käsittelyä on tarkoitus muuttaa siten, että kuparielektrolyysin eteläpäästä kerättävät orsivedet pumpataan kokonaan tai tarvittaessa keruukaivosta oman prosessin tarpeisiin. Kerätyillä orsivesillä voitaisiin korvata osittain tai kokonaan prosessiin raakavesilisäyksinä otettavat vedet. Pumppauksen toteuttamiseen on muutamia erilaisia vaihtoehtoja. Toteutustavan valintaan vaikuttaa orsivesien puhtaus sekä kerääntyvien orsivesien määrä. Kaikki pumppausprosessin mittaus- ja ohjauslaitteet liitetään laitoksen prosessiautomaatiojärjestelmään, jonka kautta suoritetaan kaikki järjestelmän operoinnit.

8.1.1 Ehdotus 1

Eräs toteutusvaihtoehto voisi olla, että pumpataan kaikki kerääntyvät orsivedet kellaritilan keruukaivosta uuteen orsivesien keräyssäiliöön. Keruukaivoon asennetaan johdokymmittaus, jonka avulla voitaisiin seurata keruukaivoon tulevien orsivesien puh-

tautta. Keruukaivosta kerätyillä orsivesillä korvattaisiin osittain tai kokonaan raakavesilinjasta tehtävät prosessin vesilisäykset.

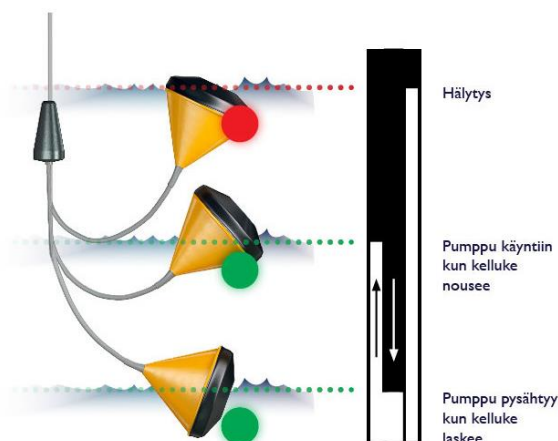
8.1.2 Ehdotus 2

Toinen toteutusvaihtoehto voisi olla, että asennetaan ulkona olevan pumppusäiliön ja rakennuksen sisällä kellaritilassa olevaan keruukaivon väliseen linjaan sulkuventtiili. Ainoastaan niissä tilanteissa, että keruukaivon veden johtokyky nousee yli tavoiterajan, suljetaan sulkuventtiili ja ohjataan kerääntyvät orsivedet ehdotuksen 1 mukaisesti orsivesien keruusäiliöön. Kun keruukaivon johtokykymittaus osoittaa orsivesien puhtaustason palautuneen normaalitasolle, voidaan orsivesien ohjaus pumppusäiliöön palauttaa.

8.2 Prosessilaitteet

Orsivesien pumppaamiseen tarvitaan keruukaivoon asennettava pumppu, pintakytkin pinnanvalvontaan, virtausmittaus pumpattavien orsivesien määrän seurantaan, johtokykymittaus sekä automaattisia pneumaattisella toimilaitteella varustettuja sulkuventtiileitä. Keruusäiliöksi voisi ottaa ”koealtaiden” kiertosäiliön tai säiliöt. Keruusäiliöstä prosessiin pumppauksen voisi toteuttaa kiertosäiliön olemassa olevilla keskipakopumpuilla. Muiden laitteiden tyypeiksi ehdotan seuraavia:

- keruukaivon pumpuksi voisi olla kaivoon asennettava uppopumppu tai pystymallinen kaivopumppu
- pinnanvalvontaan Karin pintakytkin 3H (Kuva 50). Kytkin on kelluketyyppinen pintakytkin, jossa on kolme potentiaalivapaata kosketinta, pumpun käynnistykseen, pysäytykseen ja ylärajahälytykseen



Kuva 50. Kari Pintakytkin (kari-finn Oy)

- virtausmittariksi ehdotan magneettista määrämittaria, lähtöviestinä virtaviesti 4-20 mA
- sulkuventtiiliksi, toimilaitteeksi ja rajapaketiksi, ehdotan haponkestävästä (316L) teräksestä valmistettua palloventtiiliä, toimilaitteeksi epoksimaalattua yksitoimista, (jousi sulkee) tyyppistä pneumaattista toimilaitetta, rajapaketiksi auki / kiinni rajat, mekaanisin koskettimin
- pumppusäiliön sulkuventtiiliksi ehdotan letkuventtiiliä, pneumaattisella toimilaitteella ja auki kiinni rajoilla, mekaanisin koskettimin. Letkuventtiiliä ehdotan, koska orsiveden joukossa saattaa kulkeutua pieniä määriä kiintoainetta. Kiintoaine saattaa vaurioittaa pehmeätiivisteistä palloventtiiliä, heikentäen pallon tiiviyttä ja lyhentäen venttiilin käyttöikä
- keruusäiliön pinnanmittaus, ultraääni kaikuluotain, lähtöviesti 4-20 mA virtaviesti.

8.3 Pumppaus prosessin toimintakuvaus

Ehdotus 1:

- **Pumppaus keruukaivosta orsivesisäiliöön:**
Keruukaivon pumpun ollessa automaattitilassa, pumpun käynnistys ja seis ohjaus, annetaan kaivon pintakytkimen rajojen avulla siten, että kaivon pinnan noustessa käynnistysrajalle, käynnistyy pumppu ja pinnan laskiessa py-

säytysrajalle, ohjataan pumppu seis. Mikäli kaivon pinta nousee hälytysrajalle, annetaan rajan ylityksestä hälytys alueen valvomoon. Manuaaltilassa pumppua voi käynnistää, pintakytkimen rajoista välittämättä.

- **Pumppaus orsivesisäiliöstä prosessiin:**

Pumppauksen kohdesäiliön pinnanmittaukselta, annetaan orsivesilinjassa olevalle sulkuventtiilille avauskäsky, jolloin myös orsivesisäiliön poistopumppu käynnistyy. Sulkuventtiili sulkeutuu ja pumppu pysähtyy, kun kohdesäiliön pinnanmittaukselta annetaan toimenpiteeseen käsky. Manuaaltilassa sulkuventtiiliä ja orsivesisäiliön poistopumppua voidaan ohjata ilman automaatiolta tulevaa ohjauspyyntöä.

Ehdotus 2:

- **Orsivesien ohjaus pumppusäiliöön:**

Mikäli keruukaivon johtokykymittaus osoittaa orsivesien olevan puhtaita pidetään pumppusäiliön sulkuventtiili auki, jolloin orsivedet kulkevat pumppusäiliön kautta Kokemäenjokeen. Haluttaessa voidaan pumppusäiliönventtiili sulkea, ja pumpata keruukaivosta vedet orsivesien keruusäiliöön.

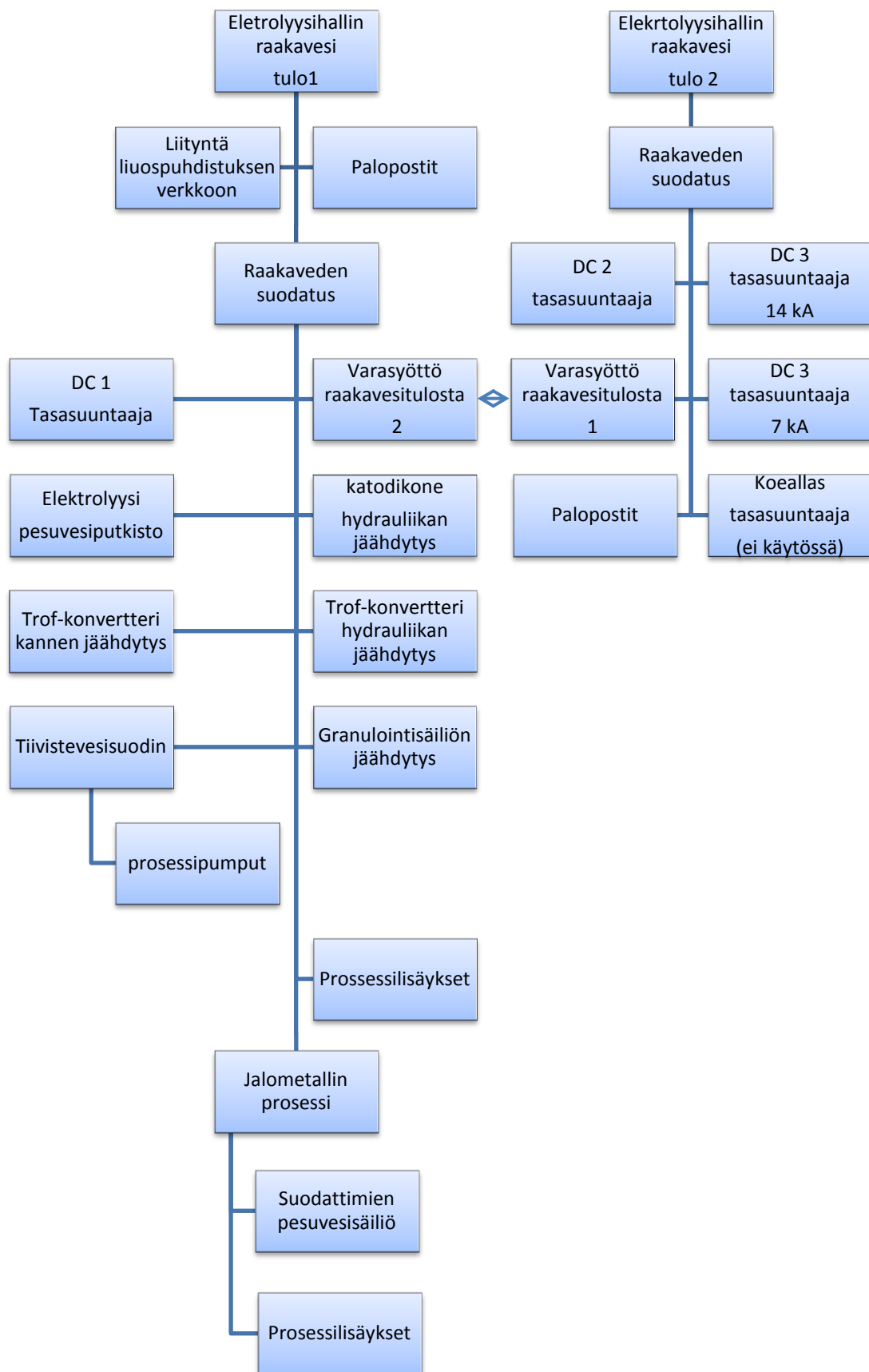
- **Orsivesien ohjaus keruusäiliöön:**

Mikäli keruukaivon johtokyky kohoaa yli hälytysrajan, sulkeutuu pumppusäiliöön johtavassa linjassa oleva sulkuventtiili. Venttiilin sulkeutumisen jälkeen, keruukaivon vedet pumpataan keruusäiliöön, josta edelleen prosessin vesilisäykseen. Keruukaivon johtokyvyn laskiessa normaalille tasolle, avautuu pumppusäiliön automaattiventtiili, keruukaivon pumppu pysäytetään, ja orsivedet ohjataan pumppusäiliön kautta Kokemäenjokeen.

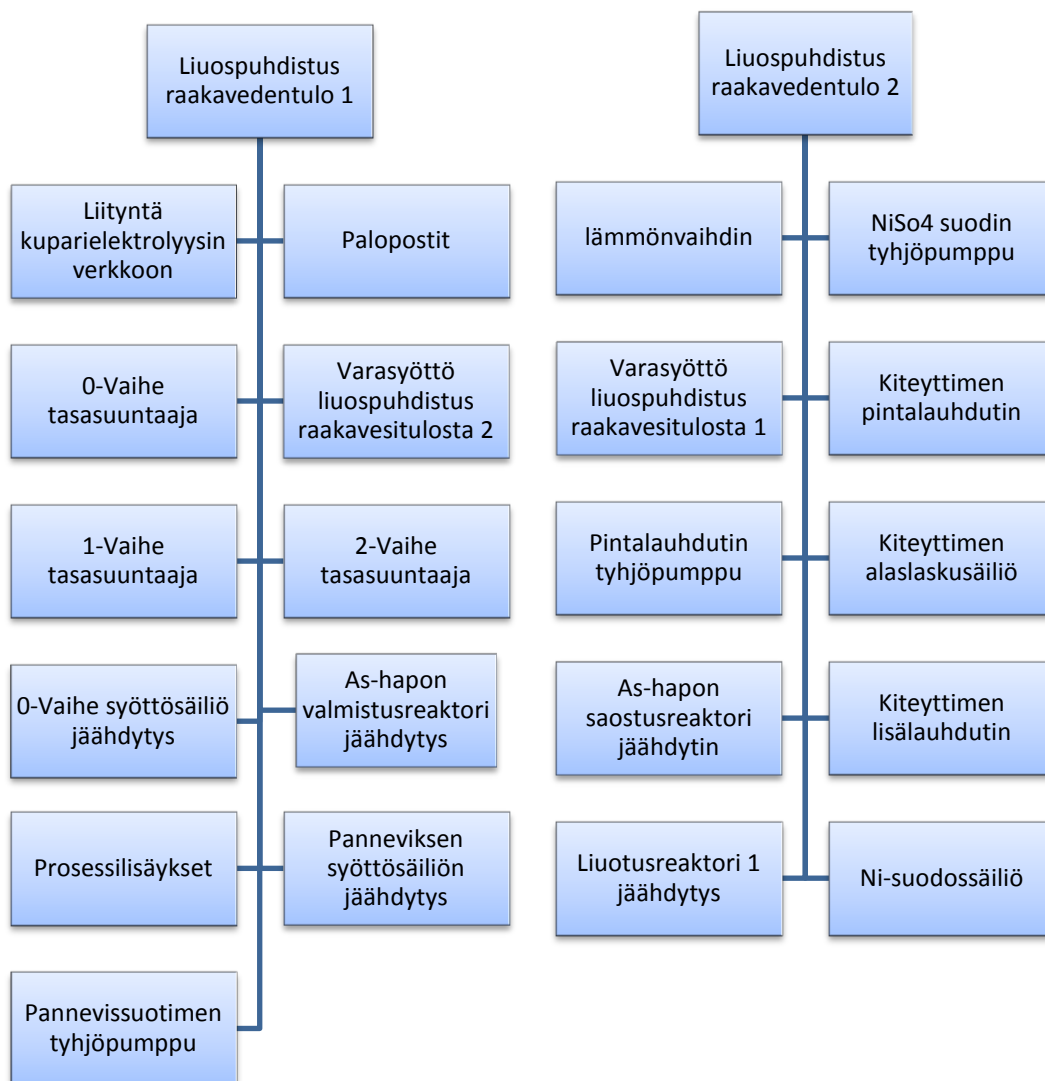
9 RAAKAVEDEN JAKELUVERKOSTON RAKENNE

Kuparielektrolyysiin tuodaan raakavettä neljän eri syöttöpisteen kautta. Elektrolyysi hallissa on kaksi tulokanavaa, joista raakavedentulo 1 (Kuva 51) on varustettu automaattisella suodatinlaitteistolla ja paineenkorotuspumpulla. Raakavedentulo 2 on varustettu käsikäyttöisellä suodatinpatruuna tyyppisellä suodatuslaitteistolla. Raakaveden tulon 1 kautta syötetään jalometalliprosessin, elektrolyysihallin pohjoispään ja liuospuhdistamon prosessipumppujen raakavedet. Liuospuhdistamossa on kaksi raakaveden tulokanavaa, liuospuhdistamo raakavedentulo 1:n (Kuva 52) on varustettu paineenkorotuspumpulla. Liuospuhdistamon raakavesitulon 1 kautta syötetään kuparipoistorakennuksen raakaveden käyttökohteet. Liuospuhdistamon raakavesitulo 2 kautta syötetään kuparikiteytin ja nikkelihaihdutin laitteistojen käyttökohteet.

Raakaveden käyttöä valvotaan kuparielektrolyysin valvomossa, prosessiautomaatiojärjestelmään kytkettyjen mittausten antaman tiedon avulla. Raakavedestä mitataan seuraavia suureita, paine ennen suodatinlaitteistoa PIC-21015 mitta-alueella 0-10 bar, paine suodatuslaitteiston jälkeen PI-21017 mitta-alueella 0-16 bar sekä raakaveden virtaus FIQ-21015 mitta-alueella 0-100 m³/h. Raakaveden paineesta ja virtauksesta generoidaan ylä- ja alarajahälytykset prosessiautomaatiojärjestelmään. Kaikissa raakaveden tulopisteissä on raakaveden toimittajan asentamat mittalaitteet, mittausarvot menevät raakaveden toimittajan järjestelmään.



Kuva 51. Elektrolyysihallin raakaveden periaatekaavio



Kuva 52. Liuospuhdistus raakaveden periaatekaavio

10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä selvitystyö Boliden Harjavalta Oy:n Kuparielektrolyysin raakavettä väliaineena käyttävistä jäähdytysjärjestelmistä. Tavoitteena oli luoda aineisto, jota työn tilaajayritys voisi hyödyntää jäähdytyskohteille tarkempaa riskianalyysia tehdessään, sekä osaltaan täyttää ympäristöviranomaisten vaatimus raakaveden käytön kartoittamisesta. Yksi työn tarkoituksista oli löytää kustakin jäähdytysprosessista mahdollisia ympäristölle aiheutuvia riskejä ja toisaalta kohteet joissa on jo tehty toimenpiteitä ympäristölle aiheutuvien riskien pienentämiseksi. Työssä käsitellään kohteita, joissa raakavettä käytetään joko jäähdyttämiseen, pumpujen akseleiden tiivistämiseen tai tyhjäpumpujen tiivistäväliaineena. Lisäksi kohteiden valinta kriteerinä oli, että käytön jälkeen raakavesi ohjataan jokivesiviemäriin. Selvitystyö oli melko laaja, koska edellä mainitut kriteerit täyttäviä jäähdytysprosesseja löydettiin 28 kappaletta.

Kunkin jäähdytysprosessin yhteydessä kerrotaan mikä on tuotantoprosessin osan käyttötarkoitus, tämän jälkeen kustakin jäähdytysprosessista on laadittu toimintakuvaus. Jäähdytysprosessien riskit on koottu työn loppuun siten, että samankaltaiset jäähdytysprosessit on koottu saman otsikon alle.

Tasasuuntaajien DC1, DC2, DC3, 0-vaihe, 1-vaihe ja 2-vaihe jäähdytysprosesseissa lämmönvaihtimien ensiöpuolen väliaineena käytetään raakavettä. Toisiopuolen väliaineena kussakin tasasuuntaajassa käytetään ionivapaata vettä. Tasasuuntaajien jäähdytysprosesseista ei näkemykseni mukaan voi vikatilanteissakaan aiheutua vesiympäristölle riskejä, koska tasasuuntaajat eivät itsessään sisällä haitallisia kemikaaleja tai öljytuotteita. Myös toisiopuolen vesikierron vesisäiliöineen ovat suljettuja, joten sitäkään kautta ei kiertoihin pääse sinne kuulumattomia aineita.

Hydrauliikkakoneikkojen öljyjen jäähdytysprosesseja on katodien irrotuskoneella, anodien kunnostuskoneella, molemmissa edellä mainittujen koneiden hydrauliikkaöljyn määrä on noin 3 m^3 . Kuparisulfaattilingon ja trof-konvertterin tuotantoprosesseissa hydrauliikkakoneikkojen öljymäärä on noin 200 l / koneikko. Hydrauliikkaöljyjen lämmönvaihdin tyyppinä on vaippaputkilämmönvaihdin. Hydrauliikkaöljyjen jäähdytysprosessit saattavat sisältää riskin, öljyn joutumisesta raakaveden mukana

jokivesiviemäriin. Mahdollinen riski tulee kysymykseen, mikäli lämmönvaihtimien putkistoon tulee sellainen vaurio, että vaipassa kulkeva hydraulikkaöljy joutuu rikoontuneen putken kautta jokivesiviemäriin johtavaan linjaan.

Prosessipumppujen akseleiden poksien tiivistämisen väliaineena käytetään raakavettä. Prosessipumppuja on elektrolyysin-, liuospuhdistamon- ja jalometallin tuotantoprosesseissa. Jalometallin ja osittain liuospuhdistamon prosessit ovat pääsääntöisesti panostyyppisiä prosesseja ja näillä alueilla on pumppujen tiivistevesilinjat varustettu magneettisilla sulkuventtiileillä, jotta vältetään tiivisteveden turhalta käytöltä. Elektrolyysin ja jalometallin ja osittain liuospuhdistamon prosessipumppujen käytetyt tiivistevedet ohjataan lattiakaivojen kautta käytettäväksi tuotantoprosessin muissa vaiheissa. Liuospuhdistamossa lähinnä kiteyttimen ja haihduttimen alueella pumppujen akseleiden käytetyt tiivistevedet ohjataan raakavesiviemäriin kolme. Mikäli pumppujen poksit vaurioituvat, saattaa prosessin väliaine joutua poksien kautta jokivesiviemäriin johtavaan linjaan. Viemäriin johtava linja on varustettu johtokyvyn mittauksella ja automaattisella sulkuventtiilillä. Näiden avulla mahdollisesti likaantunut vesi ohjataan viemärin sijasta sisäiseen kiertoon.

Tyhjöpumppujen avulla muodostetaan alipainetta prosessiin. Tyhjöpumppuja ovat haihduttimen tyhjöpumput (kaksi kpl), nikkelisulfaatti suotimen tyhjöpumppu sekä Pannevis suotimen tyhjöpumppu. Pumppujen tiivistysaineena käytetään raakavettä. Tyhjöpumpuille imettävien kaasujen mukana saattaa tulla happamia pisaroita, jotka voivat kulkeutua tiivisteveden mukana jokivesiviemäriin johtavaan linjaan. Liuospuhdistamon tyhjöpumppujen tiivistevedet johdetaan samaan jokivesiviemäriin johtavaan linjaan, kuin liuospuhdistamon prosessipumppujen tiivistevedet. Pannevis suotimen tyhjöpumpun ja nikkelisulfaatti suotimen jokivesiviemäriin palautettavilla tiivistevesillä on oma johtokykymittaus, sekä sulkuventtiilit valvomassa veden puhtautta. Pannevis suotimen osalta on siis kaksi johtokykymittausta ja sulkuventtiiliä ennen jokivesiviemäriin ohjaamista.

Lauhduttimia ovat kiteyttimen pääpintalauhdutin ja kiteyttimen lisälauhdutin. Pintalauhdutin on vaippaputkilämmönvaihdin tyyppinen ja lisälauhdutin on levylämmönvaihdin tyyppinen. Näissä prosesseissa ensiöpuolen väliaineena on raakavesi ja toisiopuolella alipaineinen hönkäkaasu. Toisiopuolen hönkäkaasusta muodostuva epä-

puhdas lauhde ei vielä kohtuullisessakaan lämmönvaihtimien vikatilanteessa, kulkeudu ensiöpuolen raakavesikiertoon, koska toisiopuolella vallitsee normaaliin ilma-kehän paineeseen nähden voimakas alipaine.

Prosessiliuoksia jäähdytetään joko jäähdytyskierukoiden tai säiliöiden ulkopuolelle asennettujen lämmönvaihtimien avulla. Näitä jäähdytysprosesseja on nauhasuotimen syöttösäiliössä, liuotusreaktori 1, arseenihapon saostusreaktorissa, panneviksen syöttösäiliössä, arseenihapon valmistusreaktorissa ja 0-vaihe syöttösäiliössä. Useissa edellä mainituissa kohteissa on asennettu jokivesiviemäriin johtavaan linjaan johtokykymittaus ja sulkuventtiili valvomaan jäähdytysveden puhtautta.

Jalometallin jäähdytysprosessit koostuvat trof-konvertterin kanteen liittyvistä jäähdytyskierroista, granuloinnin vesisäiliön, granulointisäiliön ylivuoto, prosessipumppujen ja autoklaavin sekoittimen akselin tiivisteveden jäähdytysprosesseista. Prosessipumppujen, granuloinnin vesisäiliön ja autoklaavin sekoittimen jäähdytysprosesseista mahdollisia ympäristölle aiheutuvien riskin todennäköisyys on pieni tai olematon. Pumppujen akseleiden tiivistevedet ohjataan lattiakaivon kautta prosessiin, granuloinnin vesisäiliön lämmönvaihtimen ensiöpuolen raakaveden paine on korkeampi kuin toisiopuolen vesien paine, jolloin virtaussuunta vikatilanteissa olisi ensiöpuolelta toisiopuolelle. Granuloinnin ylivuodon hydraulikan tai trof-konvertterin hydraulikan jäähdytysprosessista voi vikatilanteessa joutua hydraulikkaöljyä granuloinnin vesisäiliöön ja säiliön ylivuodon kautta jokivesiviemäriin yksi tai kaksi. Trof-konvertterin kannen jäähdytysprosesseista ei nähdäkseni voi jäähdytysveden mukana kulkeutua jokivesiviemäriin haitallisia aineita. Ainoa mahdollinen paikka, josta haitallisten pölyjä voisi kulkeutua vesisäiliöön tai jokeen johtavaan viemäriin on kannen jäähdytysvesien kokoajasuppilo. Suppilo on avonainen noin 30 cm * 20 cm kokoinen allas, johon saattaisi laskeutua pieniä määriä konvertterin prosessista muodostunutta pölyä. Pölyn määrä saattaisi olla vuositasollakin arviolta joitakin kymmeniä grammoja.

Liite 1:ssä on laadittu vaihtoehto mahdollisen raakaveden määrän ja lämpötilan mittauksien pöytäkirjasta. Mielestäni mittaukset kannattaisi toteuttaa joko omana opinäyte työnä tai sisäisenä työnä. Mittaukset voisi tuoda lisätietoa ja kehitystarpeita jäähdytysprosesseihin. Liite 2:ssa on listattu jäähdytyskohteet, kohteet joihin on tehty

ympäristönäkökulmasta riskienhallinta toimenpiteitä, pohdittu missä kohteissa ei riskiä esiinny ja missä on mahdollisesti riskiä jäljellä sekä mihin viemäriin käytetyt jäähdytys tai tiivistevedet puretaan. Liitteissä 3, 4 ja 5 on osoitettu jäähdytysprosessien sijainti tehtaassa. Jäähdytysprosessit olisi hyvä siirtää sähköiseen muotoon rakennuksen pohjakuvaan ja tallentaa dokumenttienhallintajärjestelmään omaksi osuudekseen, jolloin saavutetaan dokumentin helppo ylläpidettävyys ja saatavuus.

11 PÄÄTELMÄT

Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen ja itselle hyödyllinen. Minulla on pitkä työhistoria tilaajayrityksen tuotantoprosessien parista, mistä oli suuri apu selvityksiä tehdessäni. Vaikka prosessien tuntemus oli kohtalaisella tasolla jo ennen aiheeseen tutustumista, tuli eteeni uusiakin havaintoja. Mieleeni tuli myös joitakin parannus ja kehitys ajatuksia sekä jatkotoimenpiteitä.

Eräs havainto oli, että nimeämiskäytäntö ei ole yhtenäinen. Esimerkiksi prosessikaavioissa (PI-kaavio) ja automaatiojärjestelmän kaavionäytöissä on joesta pumpattavalle vedelle kahta erilaista nimeämistapaa, käytetään joko jokivesi tai raakavesi nimeä. Nimeämistapa olisi hyvä yhtenäistää, kaikissa dokumenteissa joissa raakavesi tai jokivesi mainitaan, mukaan lukien kunnossapidon Maximo-järjestelmä. Joesta pumpattavalle vedelle tulisi käyttää tämän työn tapaan nimitystä raakavesi.

Suosittelisin tasasuuntaajien ensiöpuolen raakaveden säädön automatisointia. Automatisoinnilla saavutettaisiin aina oikea raakaveden tilavuusvirtaus, sekä parannettaisiin jäähdytyspiirien reaaliaikaista valvontaa, ensiöpuolen mittausten ja säädön siirtämisessä prosessiautomaatiojärjestelmän ohjattavaksi.

Tässä selvitystyössä ei suoritettu jäähdytyskohteille raakaveden määrän mittausta eikä menevän ja palaavan jäähdytysveden lämpötilaerojen mittauksia. Mittaukset kannattaisi kuitenkin suorittaa, joko jokaisesta tai valikoiden joistakin jäähdytysprosesseista. Kokemukseni perusteella on minulle tullut ajatus, että joihinkin jäähdytysprosesseihin käytetään tarpeettoman suuria vesimääriä, koska lämpötilaero menevän

ja palaavan jäähdytysveden välillä on käsitykseni mukaan pieni, tuskin käsin erotettava. Veden määrämittaukset voisi suorittaa tehtaassa olemassa olevalla liikuteltavalla putken ulkopuolelta mittaavan ultraäänimittarin avulla. Liitteessä 1 on yksi vaihtoehto mittauspöytäkirjaksi. Joissakin jäähdytyskohteissa on hankala määritellä ”normaalia” tilavuusvirtausta, koska prosessit ovat automaattisen säädön piirissä, mutta näistäkin kohteita voisi mitata lämpötilaeroa ja venttiilin avauskulmaa muuttamalla vertailla lämpötilan muutosta jäähdytettävässä prosessissa.

Lopuksi haluan kiittää Boliden Harjavalta Oy:n henkilöitä, jotka ovat mahdollistaneet tämän selvitystyön tekemisen. Matka on ollut mielenkiintoinen ja antoisa. Toivottavasti työn sisältö vastaa tilaajayrityksen odotuksia ja täyttää osaltaan ympäristöviranomaisten asettamat raakaveden käytön selvitystarpeet.

LÄHTEET

- Tieteen termipankki [verkkodokumentti]. [Viitattu 1.12.2015]. Saatavissa: <http://www.tieteentermipankki.fi/wiki/Ymparistotieteet:orsivesi>
- Boliden www - sivut. [Viitattu 3.12.2015]. Saatavissa: <http://www.boliden.fi/fi/Toimipaikat/Sulatot/Boliden-Harjavalta/>
- Pihkala, J. 2007. Prosessitekniiikan yksikköprosessit. Helsinki: Hakapaino Oy
- Prosessitekniiikka www-sivut. [Viitattu 16.12.2015]. Saatavissa: <http://www.prosessitekniiikka.kpedu.fi/>
- Viflow www – sivut. [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: <http://www.viflow.fi/uploads/tiivisteelliset.pdf>
- Sondex Tapiro www – sivut. [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: http://www.sondextapiro.fi/a_kuvat/Sondex_spiraali.png
- Sondex Tapiro www – sivut. [Viitattu 21.12.2015]. Saatavissa: <http://www.sondextapiro.fi/tuotteet/lammonsiirtimet.html?gclid=COzoibud7ckCFcsAcwodjnQDOA>
- Mansukoski R. 1975. Yleinen prosessitekniiikka III. Helsinki: liikekirjapaino
- Viflow www-sivut. [Viitattu 21.12.2015]. Saatavissa: <http://www.viflow.fi/uutiset>
- Kirjavainen.M, 2013. Lämmönsiirtimen huolto on asiantuntijatyötä. Promaint lehti.[Viitattu 28.12.2015]. Saatavissa: <http://www.promaintlehti.fi>
- Pihkala, J. 2011. Prosessitekniiikka, prosessiteollisuuden yksikkö- ja tuotantoprosessit. Tampere: Juvenes Print.
- Kaiko Oy www-sivut. [Viitattu 29.12.2015]. Saatavissa: <http://www.kaiko.fi>
- Flowtecnno www-sivut. [Viitattu 7.1.2016]. Saatavissa: <http://flowtechno.com>
- Boliden prosessiautomaatiojärjestelmä. [Viitattu 10.1.2016]. Saatavissa kaavionäytöstä, 20.10.2, 20.30.10, 20.20.15, 20.50.5, 20.40.10, 20.60.10, 20.50.15.
- Kari-Finn Oy www-sivut. [Viitattu 19.1.2016]. Saatavissa: <http://www.kari-finn.fi>
- Tukes www-sivut. [Viitattu 25.1.2016]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi>
- Danfoss www-sivut. [Viitattu 30.1.2016]. Saatavissa: <http://products.danfoss.fi>
- Wikipedia www-sivut. [Viitattu 3.2.2016]. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Tyhji%C3%B6tekniikka>

LIITE 1

Mittaustulokset

Mittauskohde	Norm. virtaus m ³ /h	Max virtaus m ³ /h	Vesi sisään °C	Vesi ulos °C
DC1 tasasuuntaaja				
DC2 tasasuuntaaja				
DC3 / 14 kA tasasuuntaaja				
DC3 / 7 kA tasasuuntaaja				
Irrotuskone hydraulioöljyn. jäähdytys				
Anodienkunnostuskone hydr.öljy jäähdytys				
Elektrolyysin prosessipumput				
0-vaihe tasasuuntaaja				
1-vaihe tasasuuntaaja				
2-vaihe tasasuuntaaja				
Pääpintalauhdutin kiteytin				
Haihduttimen tyhjöpumppu				
Kiteyttimen lisälauhdutin				
Lingon hydraulioöljyn jäähdytys				
Nikkeli suotimen tyhjöpumppu				
Suodossäiliö				
Liutusreaktori 1 jäähdytys				
As-hapon saostusreaktori				
0-vaihe syöttösäiliö				
Liuospuhdistamon prosessipumput				
Trof-konvertterin kannen jäähdytys				
Trof-konvertteri poltinrunгон jäähdytys				
Trof-konvertteri hydr.öljy jäähdytys				
Granulointisäiliö jäähdytys				
Jalometalliosaston prosessipumput				
Autoklaavi sekoitin tiivistevesi jäähdytys				

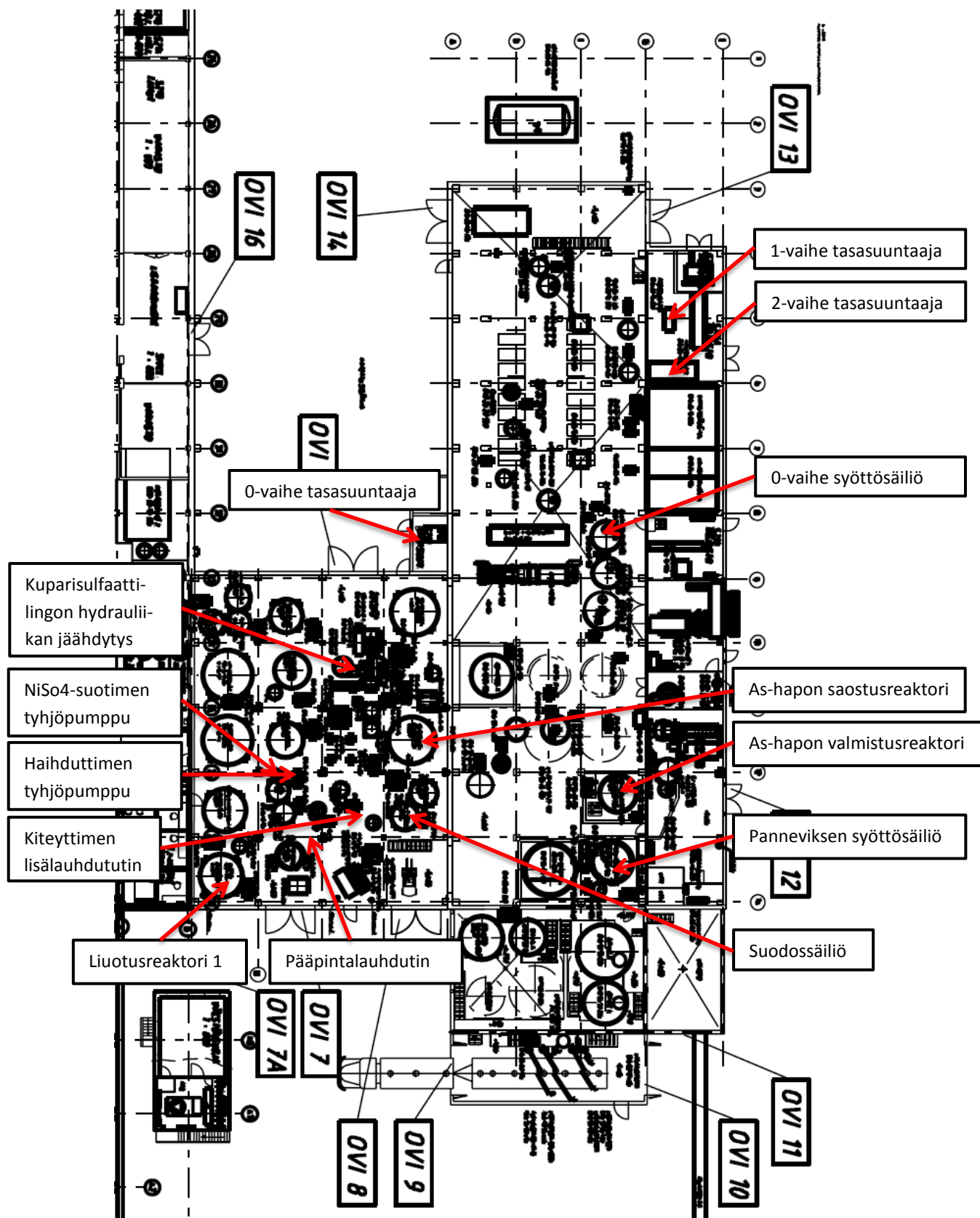
LIITE 2

Riskien hallintataulukko

Mittauskohde	Riskinhallinta toimenpiteitä tehty	Ei riskiä	Riskiä jäljellä	Viemäriin
DC1 tasasuuntaaja		x		V3
DC2 tasasuuntaaja		x		V3
DC3 / 14 kA tasasuuntaaja		x		V3
DC3 / 7 kA tasasuuntaaja		x		V3
Irrotuskone hydraulioöljyn. jäähdytys			x	V3
Anodienkunnostuskone hydr.öljy jäähdytys			x	V2
Elektrolyysin prosessipumput		x		*
0-vaihe tasasuuntaaja		x		V3
1-vaihe tasasuuntaaja		x		V3
2-vaihe tasasuuntaaja		x		V3
Pääpintalauhdutin kiteytin			x	V3
Haihduksen tyhjäpumppu			x	V3
Kiteyttimen lisälauhdutin			x	V3
Lingon hydraulioöljyn jäähdytys			x	V3
NiSo4 suotimen tyhjäpumppu	johtokykymittaus			V3
Suodossäiliö			x	V3
Liutusreaktori 1 jäähdytys	Johtokykymittaus			V3
As-hapon saostusreaktori	Johtokykymittaus			V3
0-vaihe syöttösäiliö	Johtokykymittaus			V3
Liuospuhdistamon prosessipumput	Johtokykymittaus			V3
Trof-konvertterin kannen jäähdytys		x		V1/V2
Trof-konvertteri poltinrunгон jäähdytys		x		V1/V2
Trof-konvertteri hydr.öljy jäähdytys			x	V1/V2
Granulointivesisäiliö jäähdytys		x		V1/V2
Jalometalliosaston prosessipumput		x		*
Autoklaavi sekoitin tiivistevesi jäähdytys		x		V1/V2
Granulointisäiliö ylivuoto			x	

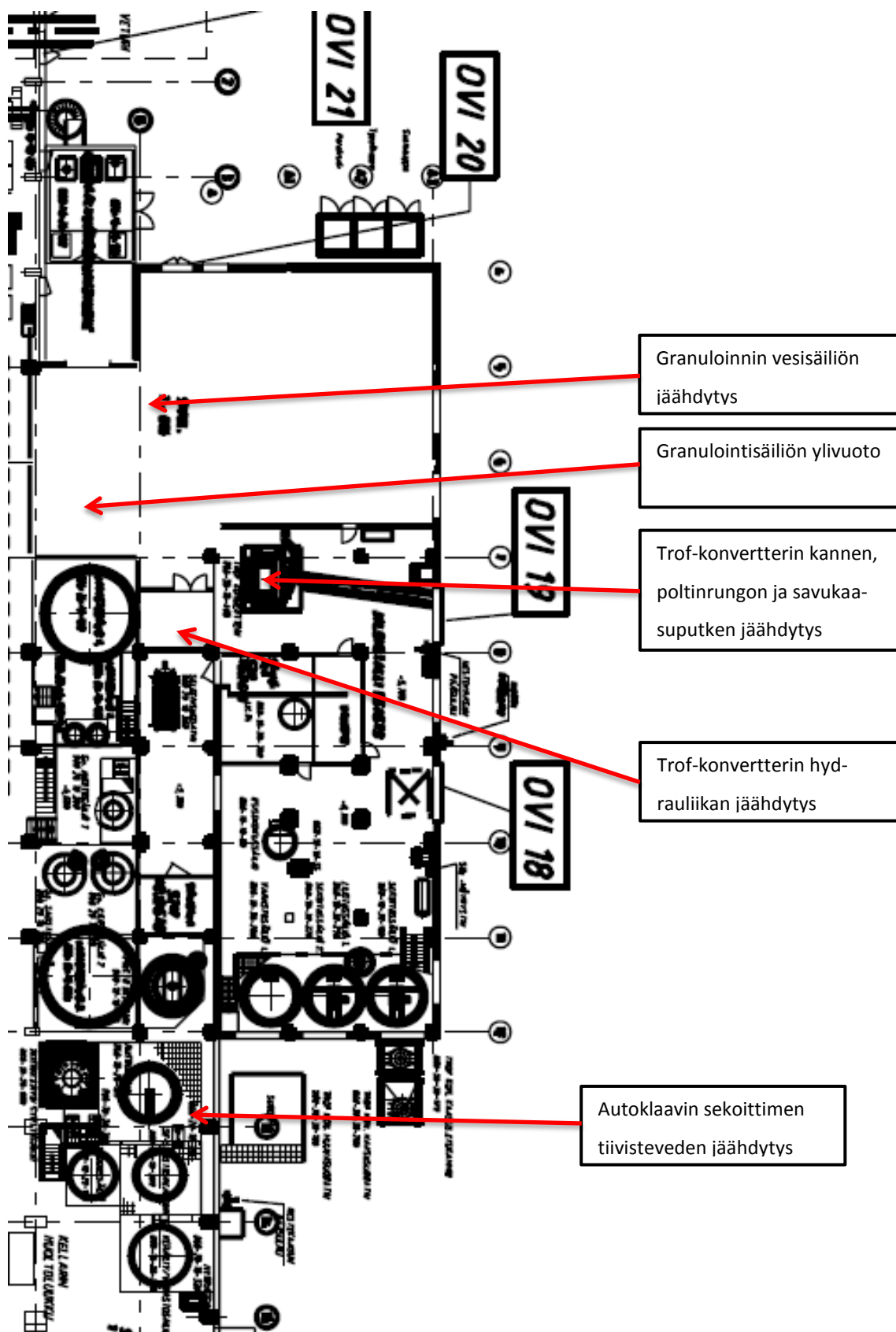
*jää prosessiin

LIITE 3



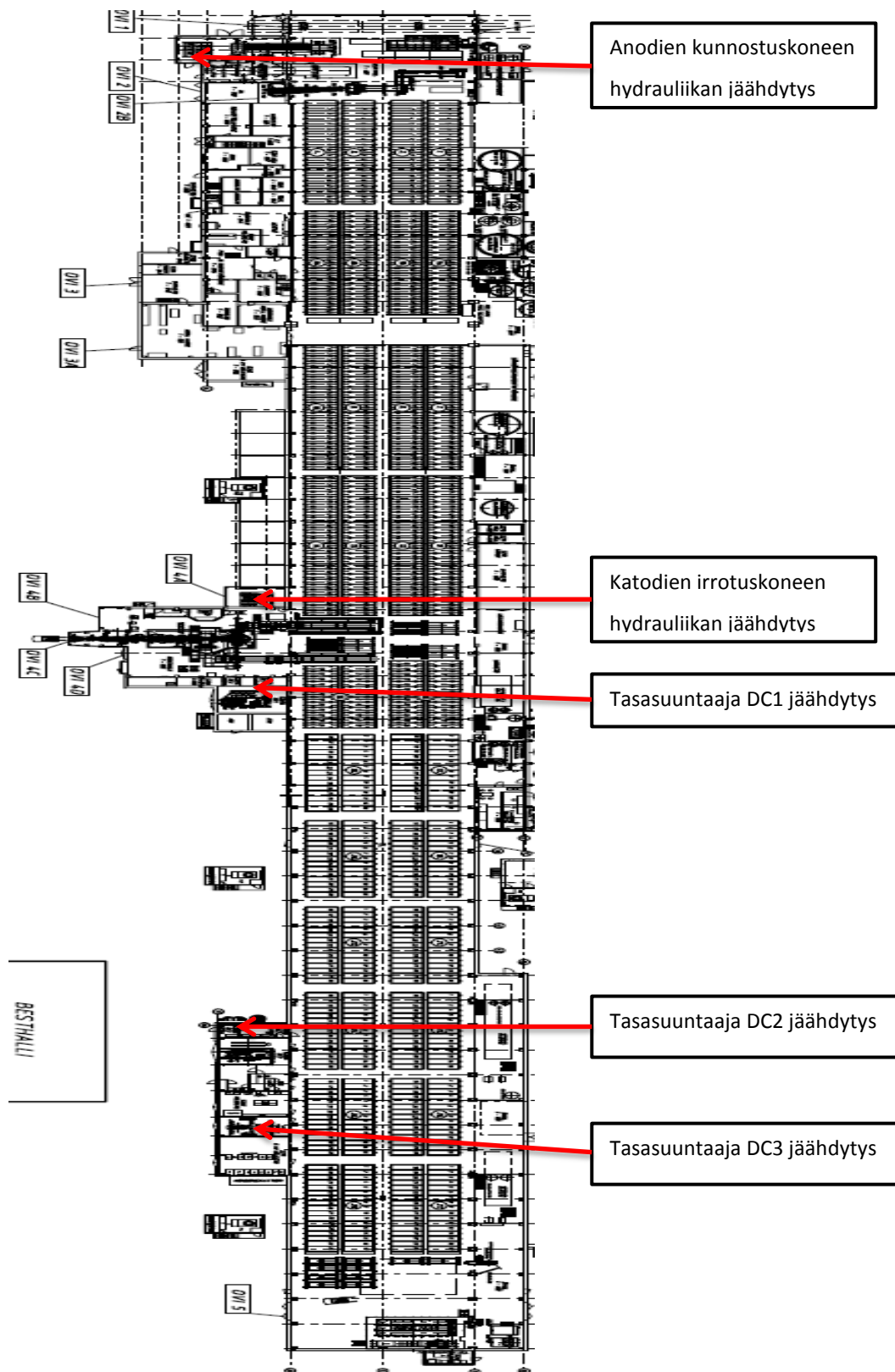
Kuva 53. Liuospuhdistuksen raakaveden käyttökohteet

LIITE 4



Kuva 54. Jalometallin raakaveden käyttökohteet

LIITE 5



Kuva 55. Elektrolyyssihallin raakaveden käyttökohteet

