

Tom Holmbäck

Glykolivesikiertoisen jäähdytysjärjestelmän kehittäminen ja sen turvallisuuden parantaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

21.4.2017

Tekijä(t) Otsikko	Tom Holmbäck Glykolivesikiertoisen jäähdytysjärjestelmän kehittäminen ja sen turvallisuuden parantaminen
Sivumäärä Aika	39 sivua + 1 liitettä 21.4.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Bio- ja kemiantekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Kemiantekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Timo Seuranen, (Metropolia) DI, energiatehokkuusasiantuntija Teemu Rantasalo, (Neste Oyj)
<p>Opinnäytetyö tehtiin Neste Oyj:n Porvoon jalostamolle. Tutkittavana kohteena oli tuotantolinja 1:n glykolivesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää nykyisen järjestelmän toimivuutta ja turvallisuutta. Työn tuloksena saatiin paljon kehitysideoituja järjestelmän eri osa-alueisiin sekä uusi häiriötilanneohjeistus.</p> <p>Teoriaosassa käsiteltiin lämmönjakojärjestelmän perusteita sekä keskityttiin suljetun glykolivesikiertoisen jäähdytysjärjestelmän toimintaan, laitteisiin ja kemikaaleihin.</p> <p>Soveltavassa osassa selvitettiin nykyisen järjestelmän kokonaisuus joka osa-alueella. Tutkittiin myös järjestelmän mahdollisia häiriöitä ja ongelmia. Teoriaosassa selvitettyjä asioita verrattiin soveltavassa osassa nykyiseen järjestelmään ja tämän pohjalta tehtiin kehitysehdotuksia toimintaan, laitteistoon sekä turvallisuuteen.</p> <p>Opinnäytetyöstä saatuja kehitysehdotuksia järjestelmästä käytetään pohjana tulevan suurseisokki 2020 suunnittelussa. Työssä suunnitellusta toiminnasta häiriötilanteissa toteutetaan uusi häiriötilanne- ja järjestelmäohjeistus yhtiön henkilökunnan käyttöön.</p>	
Avainsanat	Lämmönjakojärjestelmä, suljettu kiertojäähdytysjärjestelmä, glykoli, jäähdytys

Author(s) Title	Tom Holmbäck Development of the glycol-water recirculating cooling system and the improvement of its safety
Number of Pages Date	39 pages + 1 appendices 21 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Chemical Engineering
Specialisation option	Chemical Engineering
Instructor(s)	Timo Seuranen, Senior Lecturer (Metropolia) Teemu Rantasalo, MSc, Specialist Efficiency (Neste Oyj)
<p>This thesis was commissioned by the Porvoo refinery of Neste Oyj. The subject of the research was the glycol-water recirculating cooling system in Production Line 1. The goal of this thesis was to develop functionality and safety of the current system. As a result, this thesis provides many development ideas for the different parts of the system and new instructions for interference situations.</p> <p>In the theory part of the thesis, the basics of a heat distribution network were addressed along with a focus on the function, equipment and chemicals of a closed glycol-water recirculating cooling system.</p> <p>In the applied part of the thesis, the current situation of the system complex was clarified for each section. Also examination of possible interference and problems in the system were carried out. The theory part conclusions were compared to those of the current system in the applied part, and on the basis of that, development suggestions were made for the functioning, equipment and safety.</p> <p>Development suggestions made on the basis of the results of the thesis will be used as a basis for planning an extended maintenance break in 2020. On the basis of the plans made in the thesis for actions under interference situations, new guidelines for interference situations and system instructions will be prepared for the company's personnel.</p>	
Keywords	heat distribution network, closed recirculating cooling system, glycol, cooling

Esipuhe

Haluan kiittää Neste Oyj:tä ja sen koko organisaatiota mahdollisuuden antamisesta tämän opinnäytetyön tekemiseen.

Lisäksi haluan kiittää käyttöhyödykkeiden käyttömestareita Teuvo Makkosta ja Veijo Roukalaa asiantuntevasta avusta sekä isot kiitokset myös tuotantolinja 1:n vuoro-operaattoreille ja mestareilla.

Samalla suuri kiitos ohjaajilleni Neste Oyj:ltä Teemu Rantasalolle ja Metropolian puolelta Timo Seuraselle.

Helsingissä 21.4.2017

Tom Holmbäck

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lämmönsiirto	2
3	Lämmönjakojärjestelmät	3
3.1	Järjestelmien tarkoitus	3
3.2	Järjestelmien käyttö ja säädöt	4
4	Suljettu kiertojäähdytysjärjestelmä	6
4.1	Yksi- ja kaksiosainen jäähdytyspiiri	7
4.2	Ongelmat	8
5	Glykolivesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä	9
5.1	Laitteisto	9
5.1.1	Kierrätyspumput	10
5.1.2	Suodattimet	10
5.1.3	Ilmajäähdytysjärjestelmä	12
5.1.4	Lämmönvaihtimet	13
5.2	Glykolivesiseos	15
5.3	Järjestelmän pesu	17
6	TL-1:n glykolivesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä	20
6.1	Toiminnan kuvaus	20
6.2	Säädöt ja mittaukset	23
6.3	Järjestelmän ongelmat ja häiriöt	24
6.4	Jäähdytys ja häiriöiden vaikutukset	26
6.4.1	Pumpun rintalaipan ja pesän jäähdytys	27
6.4.2	Pumpun mekaanisen tiivisteiden jäähdytys	28
6.4.3	Laakeripukin jäähdytys	28
6.4.4	Pumppujen jäähdytystavat	28
6.5	Toiminta häiriötilanteessa	29
7	Tulokset ja kehitysehdotukset	32

8	Johtopäätökset ja yhteenveto	36
	Lähteet	38
	Liitteet	
	Liite 1. Lisättävät mittaukset	

Lyhenteet ja käsitteet

cP	Senttipoiisi. Dynaamisen viskositeetin yksikkö.
Demivesi	Demineralisoitu vesi.
DN100	Nimellishalkaisija.
ES	Tulistettu matalapaineinen höyry, 5 bar.
PI-kaavio	Putkisto- ja instrumentointikaavio; prosessin havainnollistamiseen käytetty kaavio, jossa on esitetty prosessin laitteet, putket, kuljettimet, venttiilit ja säätöpiirit.
SS321	Ruostumaton teräs, luokka 32.
TL1	Tuotantolinja 1.
TL2	Tuotantolinja 2.
VHVI	Very High Viscosity Index. Perusöljy-yksikkö.

1 Johdanto

Teollisuudessa prosessien toiminnan kannalta on tärkeää, että virtaukset, paineet ja lämpötilat ovat hallinnassa ja helposti säädettävissä. Lämpötilan kontrolloimiseksi on tärkeää ymmärtää lämmönsiirto ja kuinka siihen voidaan vaikuttaa. Monessa laitteessa lämpötilat saattavat muuttua halutusta operointilämpötilasta nopeastikin ilman oikeanlaista lämmönsiirtolaitteistoa. Laitteissa joissa lämpötilan ei haluta nousevan liian korkealle, on usein liitetty jäähdytysjärjestelmä. Tämän tyyppisiä järjestelmiä on paljon, minkä takia niiden käsitteleminen riippuu jäähdytystehon tarpeesta sekä järjestelmän rakenteesta.

Työn tarkoituksena on tutkia glykolivesikiertoisen jäähdytysjärjestelmän rakennetta ja siihen liittyviä osia. Näitä jäähdytysjärjestelmiä käytetään paljon teollisuudessa ympäri maailman. Jäähdytysjärjestelmien käyttötarkoitus riippuu käyttökohteista. Käyttötarkoitukseen ja suunnitteluun vaikuttaa myös lämmönjakoverkoston laajuus. Glykolivesiseosta käytetään järjestelmissä sen matalan jäätymislämpötilan ja korkean kiehumislämpötilan takia. Työssä perehdytään järjestelmän kaikkiin osa-alueisiin ja selvitetään, miten yksittäiset osa-alueet vaikuttavat kokonaisuuteen. Kirjallisuusosassa tarkastellaan syvemmin suljettua kiertojäähdytysjärjestelmää, siihen liittyviä laitteita sekä järjestelmien säätömahdollisuuksia. Työssä kerrotaan myös tärkeitä toimenpiteitä liittyen suljetun kiertojäähdytysjärjestelmän turvallisuuteen, laitteiden ja kemikaalien käytön näkökulmasta.

Soveltavassa osassa tutkitaan operoinnin ja suunnittelun kannalta Neste Oyj:n Porvoon jalostamon TL-1:n glykolivesikiertoista jäähdytysjärjestelmää ja sen toimintaa. Järjestelmä on uusittu vuoden 2015 seisokissa, järjestelmän verkostoa uusittiin osittain. Vanha järjestelmä olisi vaatinut suuria korjaustoimenpiteitä, ja haluttiin vähentää raskasta auto liikennettä prosessialueella. Neste Oyj halusi selvityksen järjestelmästä, koska työn avulla voidaan mahdollisesti kehittää järjestelmän toimintaa sekä turvallisuutta. Työssä selvitetään koko järjestelmän tämän hetkinen toiminta ja otetaan huomioon mahdollisia häiriötilanteita ja niihin varautumista. Kyseessä on mittakaavaltaan suuri järjestelmä ja verkosto, joka on erittäin tärkeä jalostamon toiminnan kannalta. Osa jalostamon pumpuista, kompressoreista, näytteenottoaikoista ja lämmönvaihtimista on riippuvaisia tästä jäähdytysjärjestelmästä. Työn pohjalta tullaan suunnittelemaan uudet ohjeistukset kyseiseen järjestelmään koko yhtiön henkilökunnan käytettäväksi.

2 Lämmönsiirto

Molekyylien liikkeessa eri nopeuksilla satunnaisesti suuntiin syntyy ilmiö, mistä johtuu lämpö. Tämän liikehdinnän keskimääräistä nopeutta kuvataan lämpötilana. Lämmönsiirto on aineiden lämpötilaerosta johtuvaa energian siirtoa. Kohteissa, missä on lämpötilaeroja, tapahtuu aina lämmönsiirtoa. [1.] Lämpö siirtyy aina lämpimästä aineesta kylmempään. Ajavana voimana toimii lämpötilaero, joka pyrkii tasoittumaan. Lämmönsiirtoon vaikuttaa virtaavan aineen nopeus ja aineominaisuudet kuten viskositeetti, lämmönjohtavuus ja ominaislämpö. [2.]

Lämmönsiirtymiseen aineessa on olemassa kaksi perusmekanismia: johtuminen ja säteily. Yleensä tähän yhteyteen liitetään myös kolmas mekanismi, konvektio, jossa liikkuva aine kuljettaa lämpöä mukanaan. Termi konvektio sisältää fluidin liikkeen aiheuttaman lämmönsiirron sekä itse fluidissa tapahtuvan lämmönsiirron johtumalla ja/tai säteilyllä. On olemassa vapaa konvektio sekä pakotettu konvektio. Vapaassa konvektiossa lämpöä kuljettava aine liikkuu aineeseen aiheuttaman muutoksen vuoksi. Tämä liike syntyy aineen tiheyserojen vaikutuksesta. Pakotettu konvektio on lämmönsiirtoilmiö, jossa lämpöä kuljettava aine saa liikkeensä ulkopuolisella tekijällä esim. pumpulla tai puhaltimella. [2.]

Johtuminen on mekanismi, jossa lämpö siirtyy aineen tai toisiinsa kosketuksissa olevien aineiden läpi. Johtuminen tarvitsee siis aina aineen, jossa lämpö pääsee siirtymään. Johtuminen voi tapahtua yhdessä aineessa tai toisiinsa kosketuksissa olevissa aineissa. Lämmönsiirron suuruus riippuu lämpötilaerosta, materiaalin lämmönjohtokyvystä ja lämpöä siirtävän kappaleen pinta-alasta. [2.]

Lämpösäteilyssä lämpö siirtyy sähkömagneettisen aaltoliikkeen välityksellä. Lämpösäteily ei vaadi väliainetta lämmön siirtyessä kuumasta kylmempään. Mikäli säteilylähteen ja lämmitettävän kohteen välissä on este, niin lämpösäteily vaikuttaa huomattavasti vähemmän, sillä osa lämpösäteilystä heijastuu takaisin esteen pinnalta. Mitä korkeampi säteilylähteenä toimivan kappaleen lämpötila on, sitä enemmän kappale säteilee lämpöä. [2.]

3 Lämmönjakojärjestelmät

Lämmönsiirtoilmiötä tapahtuu joka puolella. Monien kohteiden toiminta on riippuvainen oikeasta lämpötilasta. Lämmönsiirtymisen hallintaan voidaan vaikuttaa oikealla laitteistolla ja suunnittelulla. Lämmönjakojärjestelmien avulla voidaan siirtää haluttu lämpöteho kontrolloidusti paikasta toiseen.

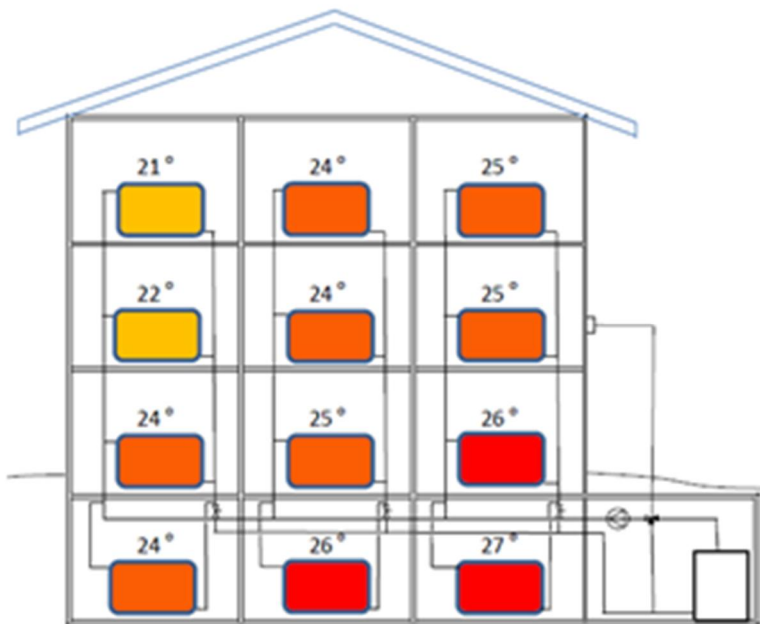
3.1 Järjestelmien tarkoitus

Lämmönjakojärjestelmien toiminnan tarkoituksena on siirtää tai poistaa lämpötehoa sinne, missä sitä tarvitaan, ja luovuttaa se käyttökohteisiin. Järjestelmällä varmistetaan, että lämpötehoa on käyttäjän käytettävissä jatkuvasti halutussa lämpötilassa ja paineessa [3]. Lämmönsiirtoaineena voidaan käyttää lämmönjakoverkossa kiertävää nestettä tai kaasua. Nesteenä toimii yleensä vesi, kaasuna järjestelmissä käytetään ilmaa. Järjestelmällä saatavan hyödyn ja käytön kannalta lämmönjaon suunnittelu, mitoitus sekä laitteiden valinta ovat tärkeimmät tekijät. Lämmönjaon säätö- ja ohjausjärjestelmien suunnittelu, lämmöntarpeen laskenta ja lämmönjaon mitoittaminen takaavat yksittäiselle kohteelle suurimman hyödyn ja koko järjestelmälle energia- ja kustannussäästön. [4.] Lämmönjakojärjestelmät siis kuuluvat lämpö- ja jäähdytysjärjestelmän kokonaisuuteen. Tarkoitus lämmönjakojärjestelmillä on samanlainen isoissa ja pienissä rakennuksissa, tehtaissa ja ylipäätensä koko teollisuudessa.

Laitteet ja lämmönjakojärjestelmän osat määräytyvät kohteen ja lämpö- tai jäähdytysjärjestelmän kokonaisuuden perusteella. Yleisesti lämpö- tai jäähdytysjärjestelmässä on lämpöenergianlähde, mekaaniset laitteet ja prosessilaitteet, säätö- ja ohjauslaitteisto sekä automatiikka ja siirtoputkisto. Kaikki järjestelmän laitteet ja osat tulee valita oikein lämmönjakojärjestelmän toimivuuden ja turvallisuuden, sekä ympäristöystävällisyyden kannalta. Rakennuksien huonekohtaisen järjestelmän pääelementit ovat lämmönlähde, puskurivaraaja, latauspiirin ja kiertoveden pumppu, paine-erosäädin, lämmönjakokeskus ja putkisto [3]. Teollisuuden lämpö- ja jäähdytysjärjestelmät koostuvat pääsääntöisesti pumpuista, säiliöistä, siirtoputkistoista, lämmönsiirtimistä, uuneista, ilmajäähdyttimistä sekä automatiikasta.

3.2 Järjestelmien käyttö ja säädöt

Lämmönjakojärjestelmän käyttö poikkeaa riippuen kohteista ja lämmönjaon tarpeista. Järjestelmän rakenne vaikuttaa käyttöön ja riippuu myös siitä, onko kyseessä lämpö- tai jäähdytysjärjestelmä. Lämmönjakojärjestelmät voidaan käytännössä jakaa toimintaperiaatteensa mukaan kuiviin järjestelmiin eli sähkö-, ilma- sekä tulisijakäyttöisiin lämmityksiin ja nestekiertoisiin patteri-, lattia- ja putkistolämmitysjärjestelmiin [5]. Väärin käytetty ja säädetty järjestelmä ei tuota haluttua tulosta (Kuva 1.)



Kuva 1. Väärin suunniteltu ja säädetty lämmönjakojärjestelmä. [6]

Järjestelmien käyttö olisi helppoa, kannattavaa ja energiatehokasta lämmönhallintaa, jos se on säädetty oikein sekä sen säätömahdollisuudet ovat mahdollisimman hyvät ja turvalliset. Tavoitteena on saada tasapainotettu virtaus kohteisiin, koska tasapainotetussa virtauksessa ei ole alivirtausta kohteissa ja virtaamat ovat yhteensopivat koko verkostossa, sekä haluttu lämpö/jäähdysteho saadaan kohteisiin järjestelmään sopivalla pumpulla [7]. Manuaaliset säätöventtiilit ja säätöpumput eivät tähän riitä. Paine-erosäätimillä saadaan järjestelmän kaikkiin kohteisiin halutut olosuhteet. Oikein säädetyin paine-erosäätimen lisäksi täytyy olla yksittäisillä kohteilla omat säätöventtiilit. Säätöventtiilien avulla saadaan kaikkien kohteiden lämpötila pysymään halutulla tasolla, koska venttiilit säätävät kohteelle tulevaa virtausta kohteen lämpötilan perusteella (Kuva 2.)

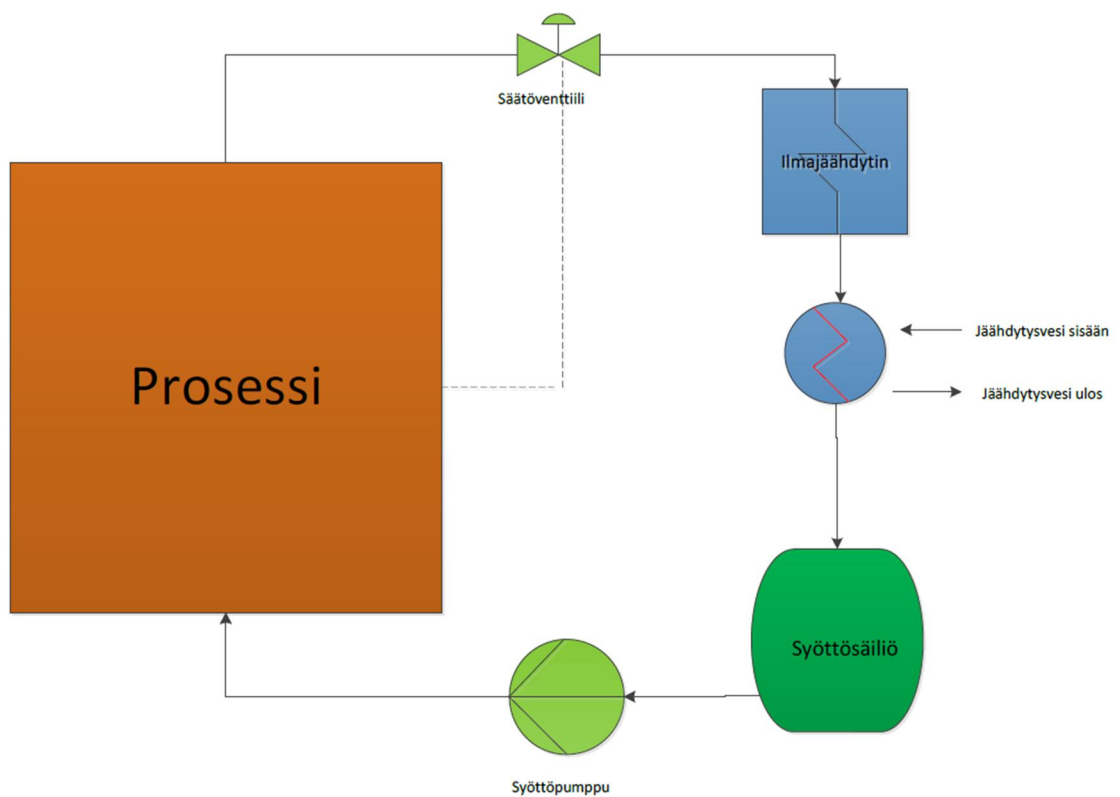
Järjestelmän tulo- ja paluuvirtauksiin tulee olla kapasiteetin mukaan valittu säätöventtiileillä varustettu lämmönsiirrin tai ilmanjäähdytin, jotta verkoston lämpötila olisi käyttötarkoitusta vastaava ja säädettävissä. Energiamittauksen avulla saadaan tietoa järjestelmän kulutuksesta. Järjestelmässä tulee olla suodatin, jotta verkostossa virtaava neste saadaan pysymään mahdollisimman hyvänä ja mahdolliset nesteessä olevat kiintoaineet eivät tuki putkistoa tai venttiileitä. Laitteiden ja putkiston on hyvä olla ruostumatonta terästä ja hyvin eristetty. Lisäksi putkiston oikea sileys ja verkoston tarkasti mitoitettu rakenne takaavat järjestelmän täydellisen toiminnan. [3.]



Kuva 2. Lämmönjakojärjestelmän ideaalitilanne. [6]

4 Suljettu kiertojäähdytysjärjestelmä

Jäähdytysjärjestelmillä tarkoitetaan järjestelmiä, joilla kerätään lämpöä kohteista nesteen ja/tai ilman kanssa tapahtuvan lämmönsiirron avulla, jolloin kyseisen kohteen lämpötila saadaan halutuksi. Teollisuuden jäähdytysjärjestelmät voidaan käytännössä jakaa kolmeen päätyyppiin, joilla jokaisella on omat alatyypinsä. Järjestelmät ovat avoin ja suljettu kiertojäähdytys, sekä läpivirtausjäähdytys [8]. Tässä työssä keskitytään vain suljettuun kiertojäähdytysjärjestelmään (Kuva 3.), koska kyseinen tutkimus-kohde on tämän järjestelmän tyyppinen.



Kuva 3. Tyypillinen suljettu kiertojäähdytysjärjestelmä.

Parhaimman hyödyn jäähdytysjärjestelmästä saa, kun ymmärtää järjestelmän suorituskykyä ja mahdollisia säästöjä. Tämä tarkoittaa tietoa koko jäähdytysjärjestelmästä (Taulukko 1). Keskittymällä koko järjestelmään, eikä vain yksittäiseen osaan järjestelmässä, vältetään suurilta teho- ja energiahäviöiltä. [9.]

Taulukko 1. Jäähdytysjärjestelmän kokonaisuus. [9]

Tekniset	Operatiiviset	Suunnittelu
Pumput	Järjestelmän täyttö:	Mitoitus
Moottorit	Syöttöaine	Lämmönjako
Puhaltimet	Kemikaalit	Virtaushäviöt
Suodattimet	Käyttö:	Lämpöhäviöt
Putkisto	Virtaukset	Haihtumishäviöt
Lämmönvaihtimet	Lämpötilat	Painehäviöt
Automaatiikka	Ulospuhallukset	
Mittaukset	Huolto	

Suljetussa kiertojäähdytysjärjestelmässä kiertävä aine ei ole kosketuksessa ulkoilmaan toisin kuin avoimessa kiertojäähdytysjärjestelmässä [9]. Fluidin jäähdytys tai lämmitys ei ole kosketuksessa ilmaan, vaan se voidaan toteuttaa lämmönvaihtimissa ja ilmajäähdyttimissä. Tämä tarkoittaa, ettei lämpöä menetetä ilmakehään ja kiertävä neste ei haihdu toisin kuin avoimessa järjestelmässä. Suljetun kiertojäähdytysjärjestelmän yhtenä etuna on, että syöttöainetta ei tarvitse lisätä jatkuvasti, sillä sama neste kiertää järjestelmässä koko ajan, tosin vuotojen ja järjestelmän huoltojen takia syöttöainetta on lisättävä kiertoon. Tämän takia on hyvä käyttää hyvälaatuista nestettä ja kemikaaleja kierrossa, jotta vältytään muilta ongelmilta esim. korroosiolta ja tukkeutumisilta. Biologisen kasvuston aiheuttamat ongelmat ovat vähäisempiä suljetussa kierrossa kuin muissa jäähdytysjärjestelmätyypeissä, koska suljetussa kierrossa ei ole biologisen kasvuston vaativaa happea. Tämän takia kierrosta on poistettava kaikki happi. Monessa suljetussa kiertojärjestelmässä onkin typpipursotus, jolla saadaan mahdollisesti kiertoon kertynyt happi poistettua. Suljetut järjestelmät voidaan jakaa yksiosaisiin ja kaksiosaisiin jäähdytyspiireihin riippuen siitä, miten kohteita jäähdyttävä nestevirta jäähdytetään. [10.]

4.1 Yksi- ja kaksiosainen jäähdytyspiiri

Yksiosaisella jäähdytyspiirillä tarkoitetaan suljettua kiertojäähdytysjärjestelmää, joka jäähdyttää kierrossa olevaa fluidia epäsuoralla ilmajäähdyttimellä. Fluidi eli lämmönsiirtoaine virtaa putkissa tai kierukoissa ilmajäähdyttimen läpi, jolloin se jäähtyy haluttuun lämpötilaan. Ilmajäähdyttimiä on olemassa märkiä ja kuivia, joista kerrotaan lisää luvussa 5.1.3. Yksiosaisen jäähdytyspiirin käyttökulut ovat pienet, koska syntyvät kulut tulevat pääsääntöisesti kiertopumpun sähkön kulutuksesta ja mahdollisista kemikaalien lisäyksistä.

Kaksiosainen jäähdytyspiiri on yhdistetty yksiosaiseen piiriin yleensä lämmönvaihtimella. Kaksiosaisen jäähdytyspiirin avulla saadaan yksiosaiseen jäähdytyspiiriin lisää jäähdytystehoa ilmajäähdytyksen lisäksi. Yleensä suljettu kiertojäähdytysjärjestelmä toimii primääripiirinä, mutta sekundaarisena voi olla myös avoin kiertojäähdytysjärjestelmä. [8.]

4.2 Ongelmat

Suljetun kiertojäähdytysjärjestelmän mahdolliset ongelmat eivät poikkea paljoa muista jäähdytysjärjestelmätyypeistä. Korroosio, biologiset kasvustot ja suolakerrostumat ovat nämä yleisimmät ongelmatilanteet tässäkin järjestelmätyypissä. Korroosiota voidaan hallita putki- ja laitemateriaalin valinnalla, ja inhibiittorikäsittelyllä, sillä korroosioestoaineissa voidaan käyttää korkeita kemikaalipitoisuuksia. Vesi aiheuttaa suolakerrostumia, mikä on yleinen ongelma varsinkin lämmönsiirtopinnoilla. Ongelmaa voidaan hallita käyttämällä suolapoistettua vettä. [8.]

Suljetun kiertojäähdytysjärjestelmän yleisimmät jäähdytystehoon vaikuttavat tekijät ovat vuodot ja monesti sitä kautta syntyvät biologiset kasvustot. Vuotojen takia kierrossa oleva neste pääsee vähenemään ja myös happea pääsee kiertoan. Jos täyttöneste on talousvettä, veden mukana järjestelmään kertyy lisää suoloja, jotka aiheuttavat kerrostumia laitteistossa, ja tämän seurauksena korroosioriski kasvaa. Täyttövesi voi myös sisältää happea ja ravinteita, mikä edistää biologista kasvustoa. Kasvusto voi käyttää myös ravintonaan nitraattipohjaisia inhibiittoreita, jolloin inhibiittoreiden pilaantuminen on mahdollista. Biologiset kasvustot edistävät myös jäähdytysverkoston likaantumista, korroosiota ja tukkeutumisia, ja nämä kaikki vaikuttavat merkittävästi järjestelmän laskettuun jäähdytystehoon. [8.]

Ongelmat huomataan yleensä vasta siinä vaiheessa, kun on tapahtunut muutoksia jäähdytystehossa, järjestelmän paineessa tai virtauksessa. Tämän takia lämmönjakojärjestelmässä on hyvä olla tarpeeksi mittauksia, joilla voidaan todeta eri kohteiden sen hetkinen tilanne varsinkin, jos jäähdytysjärjestelmän verkosto on laaja. Jatkuva laadun valvonta on tärkeää, sillä se mahdollistaa pienet käyttökustannukset ja järjestelmän jäähdytystehon maksimaalisen hyödyn.

5 Glykolivesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä

Glykolivesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä on yleensä suljettu kiertojäähdytysjärjestelmä. Glykolivesiseoksen etuna on, että sillä on matala jäätyislämpötila ja korkea kiehumislämpötila sekä tasainen virtaus riippumatta järjestelmän lämpötilasta [9]. Varsinkin Suomen olosuhteissa glykolivesiseoksen käytöllä vältetään jäätyminen aiheuttamilta ongelmilta. Glykolivesiseoksesta kerrotaan lisää luvussa 5.2. Glykoli toimii kierrossa siis jäätymisestoaineena. Järjestelmässä kiertävä seos lämpenee ja jäähtyy olematta kosketuksessa ulkoilmaan. Glykolivesikiertoiset jäähdytysjärjestelmät ovat yleisiä teollisuudessa, koska tuotantolaitokset on useasti rakennettu ns. sää armoille, näin ollen olemaan yhteydessä ulkoilman aiheuttamiin lämpötilamuutoksiin.

Järjestelmärakenne riippuu jäähdytettävien kohteiden määrästä ja tarvittavan jäähdytystehon tarpeesta. Yleensä järjestelmä koostuu säiliöistä, laitteista, lämmönjakoverkosta sisältäen putkistot, automatiikan säätö- ja mittaushälytykset, kierrätettävästä glykolivesiseoksesta ja kemikaaleista. Järjestelmä on yleensä primääripiirinä kaksiosaisessa jäähdytyspiirissä. Ilmanjäähdytin jäähdyttää kiertävää glykolivesiseosta, ja tämän lisäksi nestettä voidaan jäähdyttää lämmönvaihtimessa, missä toisella puolella on sekundaari- piiriltä tuleva jäähdyttävä aine esim. merivesi.

Vanhoissa jo käytössä olevissa glykolivesikiertoisissa jäähdytysjärjestelmissä on myös mahdollisuuksia parantaa käyttötehoa. Jos tehokkuus halutaan optimaaliseksi, täytyisi vanha järjestelmä uusia käyttämällä uusinta teknologiaa. Yleensä vanhan järjestelmän rakenne ja sijoittuminen prosessiin tulee esteeksi, jos halutaan mahdollisimman optimaalinen järjestelmä. [9.]

5.1 Laitteisto

Laitteiston tulee olla laadukas. Tällä tavalla voidaan edistää järjestelmän energiatehokkuutta, kannattavuutta, ympäristöystävällisyyttä ja ennen kaikkea turvallisuutta. Laitteisto valinnat kannattaa tehdä ajatellen koko glykolivesikiertoisen jäähdytysjärjestelmän kokonaisuutta. Pumpujen tulee olla järjestelmään sopivan kokoiset ja taajuusmuuttajalla varustetut, suodattimien tulee kyetä suodattamaan kaikki mahdolliset partikkelit mitä jäähdytysjärjestelmään voi kertyä, ilmajäähdyttimen jäähdytysteho pitää olla oikein mitoitettu, sekä lämmönsiirtimen täytyy soveltua järjestelmään. Laitteita on paljon erilaisia,

joten on tärkeää tutkia eri mahdollisuuksia, jotta koko järjestelmä toimisi parhaalla mahdollisella tavalla.

5.1.1 Kierrätyspumput

Pumput glykolivesikiertoisessa jäähdytysjärjestelmässä ovat yleensä keskipakopumpuja (Kuva 4.), koska ne soveltuvat hyvin nesteen kierrättämiseen. Pumppujen on hyvä olla taajuusmuuttajalla varustettuja oikean kokoisia lämmönjakoverkoston mukaan, jotta saataisiin tasapainotettu virtaus koko järjestelmään. Kierron pääpumpulla on hyvä olla varapumppu, jolla saadaan kierto pysymään päällä varsinaisen pumpun mahdollisen rikkoutumisen vuoksi. Pumput on hyvä kytkeä erillisiin sähköjärjestelmiin, ettei mahdollinen sähkövika poista molempia käytöstä. Lämmönjakoverkoston laajuuden mukaan voidaan asentaa järjestelmään ns. piiskapumppuja, jos koetaan, että pääpumput eivät saa tarpeeksi virtausta kaikille kohteille. [2.]



Kuva 4. Keskipakopumppu. [2]

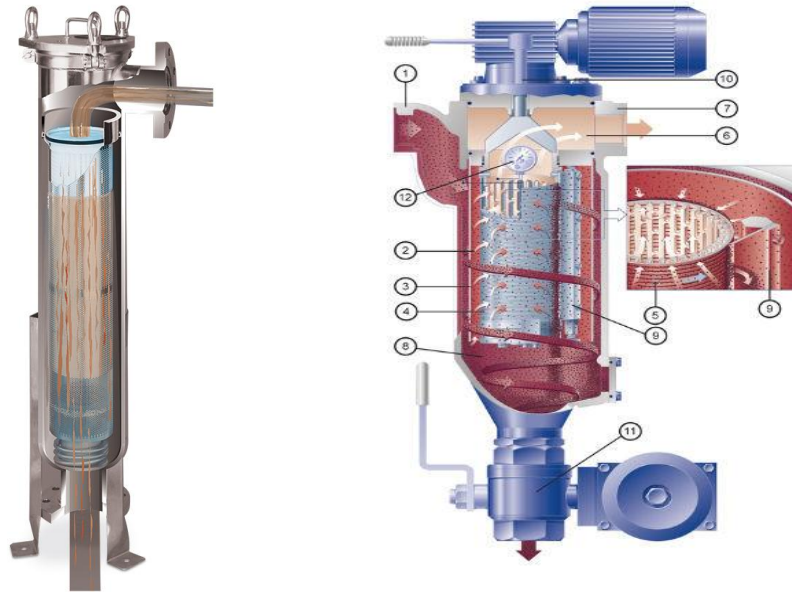
5.1.2 Suodattimet

Glykolivesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä on yleensä suljettu kiertojärjestelmä. Sama neste kiertää järjestelmässä koko ajan, joten mahdolliset kiinteät partikkelit on saatava

pois nesteestä. Tätä varten järjestelmään asennetaan suodatin. Yksinkertaiset suodattimet ovat huokoista paperia, mutta materiaalin ja päällysteiden valinnalla saadaan aikaan ominaisuuksia kuten lämmönkestoa, hajujen ja bakteerien torjuntaa, kestävyyttä sekä ennen kaikkea oikeaa suodatusta [11].

Suodattimet voidaan jakaa kahteen ryhmään: manuaalisiin ja automaattisuodattimiin (Kuva 5.). Manuaalinen suodatin on yleensä roskasihti, pussi tai patruuna, jossa suodatavana väliaineena toimii teräksestä tai huokoisesta materiaalista valmistettu suodatinelementti. Elementin lävitse pääsee vain seulakoon alittavia, partikkeleita ja suurimmat seulakoon ylittävät partikkelit jäävät verkon pinnalle. Tietyn ajan kuluessa kiintoainepitoisuus verkon päällä on niin suuri, että suodatus on tehotonta ja suodatin on vaihdettava tai puhdistettava, koska paine-ero yli suodattimen kasvaa liian suureksi. Suodattimen vaihto ja puhdistus tapahtuu manuaalisesti ja on vaativampi toimenpide, jos suodatettava neste on terveydelle vaarallista tai hyvin viskoosista. Tosin manuaaliset suodattimet ovat halpoja ja käyttökustannukset ovat alhaiset sekä niiden operointi on helppoa prosessimuutosten aikana. Automaattisuodattimissa suodatinelementin puhdistus on automatisoitu. Puhdistusvaihe käynnistyy, kun ajastimella säädetty aika on kulunut umpeen tai paine-ero on kasvanut tarpeeksi suureksi, jolloin suodattimen automatiikka hoitaa korin puhdistuksen. [11.]

Jotta glykolivesikiertoiseen jäähdytysjärjestelmään saadaan valittua oikeanlainen suodatin, on tiedettävä suodattimen valintaan vaikuttavat tekijät. Valintaan vaikuttaa erotettävien kiintoaineiden ominaisuudet ja rakenne sekä haluttu erotustarkkuus. Tieto suodatettavan nesteen läpäisytehosta eli virtaamasta ja lämpötilasta auttavat myös suodattimen valinnassa. Kustannuksien kannalta automaattisuodattimien hankinta kustannukset ovat suurempia kuin manuaalisuodattimien.

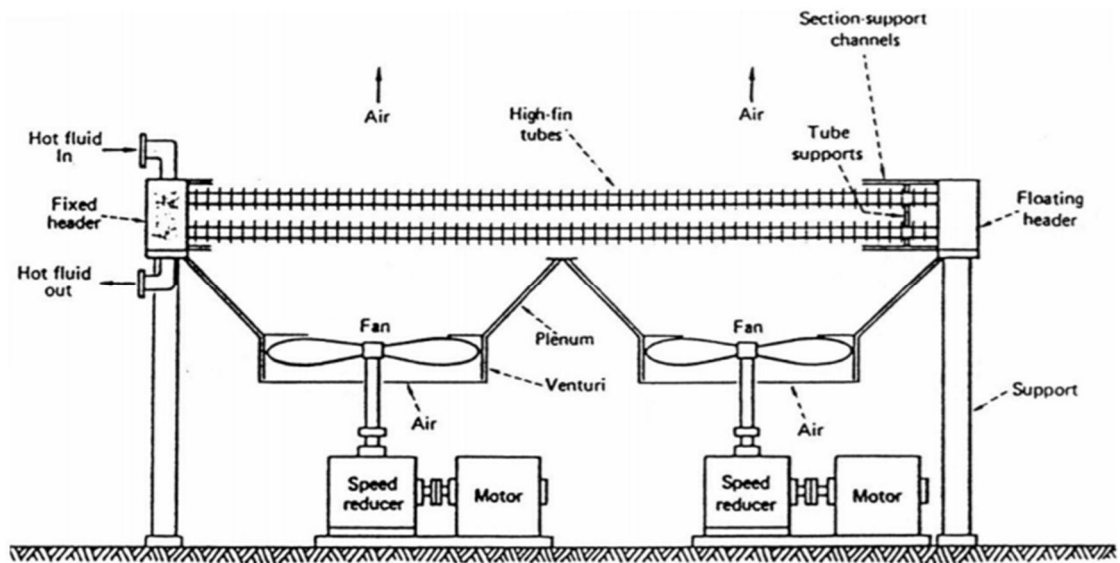


Kuva 5. Manuaalinen ja automaattisuodatin. [12;13]

5.1.3 Ilmajäähdytysjärjestelmä

Yleinen ilmajäähdytin (Kuva 6.) rakentuu yhdestä tai useammasta putkinipuista sekä propelleista, jotka pyörivät moottorin avustuksella. Putkissa on normaalisti laajennetut lämmönsiirtopinnat eli ripoja putkien ulkopuolella. Ilmajäähdytintä käytetään esim. jos kylmää vettä ei ole saatavilla glykoliveden jäähdyttämiseen. Ilmajäähdyttimissä oleva glykolivesikierron neste ei haihdu, joten sitä voidaan käyttää silloinkin, kun syöttönestettä ei ole saatavilla. Jäähdytettävän syöttönesteen lämpötila jää aina ilman lämpötilaa korkeammaksi. [1.]

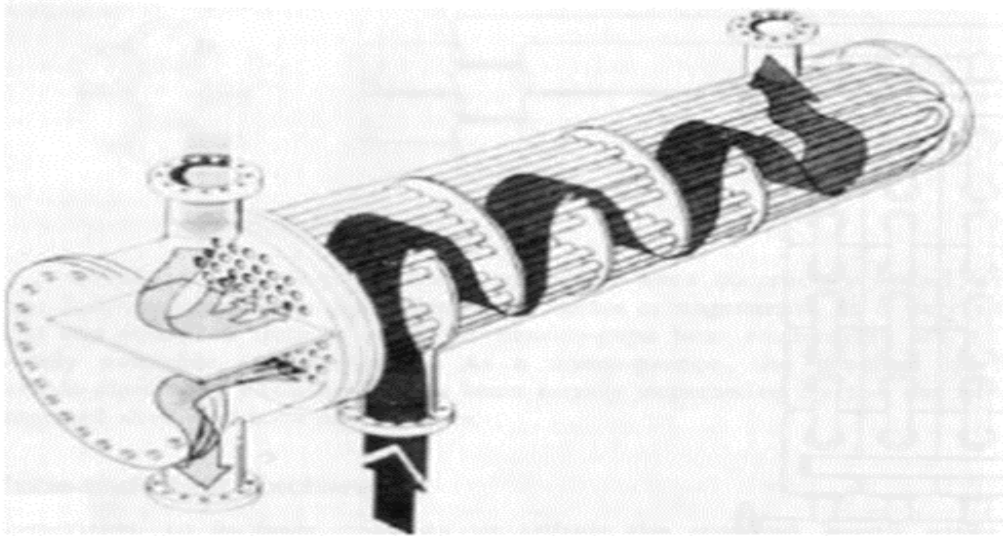
Ilmajäähdyttimiä on kahta eri tyyppiä: märkiä ja kuivia jäähdyttimiä. Märissä järjestelmissä ilmavirralla glykolivesiseosta jäähdytetään putkissa tai kierukoissa haihduttamalla niiden pinnalle suihkutettua vettä. Kuivissa taas pelkästään ilmavirta jäähdyttää putkissa tai kierukoissa virtaavaa nestettä. Kun halutaan lisätä jäähdytettävää pinta-alaa ja jäähdytystehoa, voidaan molemmissa rakenteissa kierukat varustaa myös jäähdytysrivoin. [8.] Ilmajäähdyttimen suunnittelussa tulee ottaa huomioon ilmasto eri vuodenaikoina. Suomessa lämpötila saattaa laskea todella alas, joten märkien järjestelmien käyttö on hankalaa.



Kuva 6. Ilmajäähdytin. [1]

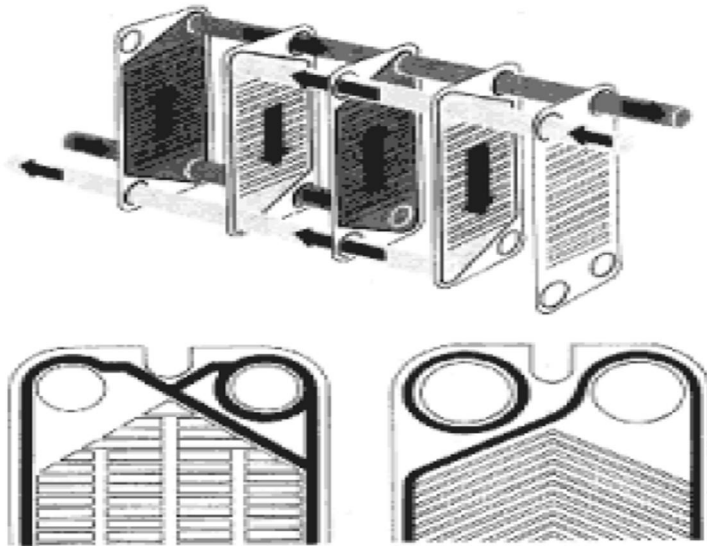
5.1.4 Lämmönvaihtimet

Lämmönvaihdin on laite, jossa lämpöenergia siirtyy kuumemmasta virrasta kylmempään. Primääripiiri on yleensä kytkettyä sekundaaripiiriin lämmönvaihtimella. Sen takia on tärkeää suunnitella, mikä tyyppinen lämmönvaihdin jäähdytyksen tehostamiseen valitaan [1]. Lämmönvaihtimien rakenteissa on paljon eroja, ja niiden valintaan vaikuttaa lämmönsiirron tarve ja kapasiteetti. Yleisimpiä vaihtimia glykolivesikiertoiseen jäähdytysjärjestelmään ovat putki- ja levylämmönvaihtimet. Putkilämmönvaihtimissa (Kuva 7.) eri lämpöiset virrat kulkevat vaihtimen vaippa- ja putkipuolella aiheuttaen lämmönsiirtoa.



Kuva 7. Putkilämmönvaihdin. [1]

Levylämmönvaihtimessa on aaltokuvioituja metallisia levyjä pakkana. Levypakka on ki-
ristetty kokoon runkoon ja nesteiden läpivirtaus tapahtuu liitäntäyhteistä. Levyissä olevat
tiivisteet ohjaavat nesteet vaihtoehtoiisiin virtauskanaviin (Kuva 8.).



Kuva 8. Levylämmönvaihdin. [1]

5.2 Glykolivesiseos

Glykolivesiseoksessa veden on hyvä olla laadultaan suolapoistettua talousveden sijaan. Suolapoistetulla vedellä tarkoitetaan vettä, josta on poistettu veden sisältämien kalsium- ja magnesiumsuoloja. Suolat vaurioittavat laitteita ja putkistoja, syövyttäen ja aiheuttaen korroosiota. Talousveden käyttö voi aiheuttaa myös tukkeutumia ympäri lämmönjakoverkostoa näin aiheuttaen lisäkustannuksia. [14.] Glykolivesiseoksessa tulisi käyttää tislattua tai käänteisosmoosin avulla puhdistettua vettä, ja veden laadun tulisi täyttää järjestelmän laitevalmistajien vaatimukset. Oikealla veden laadulla saadaan koko järjestelmän toimivuudelle lisää käyttöikä. [15.]

Puhuttaessa glykolista tarkoitetaan yleensä etyleeniglykolia, joka tunnetaan myös monoetyleeniglykolina. Se on hajutonta, väritöntä, jähmeää ja hygroskooppista nestettä, joka liukenee veteen hyvin. Puhtaan etyleeniglykolin tiheys on $1,1132 \text{ g/cm}^3$ ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) ja jäätymispiste $-13 \text{ }^\circ\text{C}$, mutta sekoitettuna veteen seos ei kiteydy helposti ja jäätymispiste laskee. Etyleeniglykoli on palavaa, mutta ei syty helposti. Sen leimahduspiste on $111 \text{ }^\circ\text{C}$ (suljetussa astiassa), syttymisrajat $3,2\text{--}53 \text{ } \%$ ja itsesyttymislämpötila $398 \text{ }^\circ\text{C}$. Dynaaminen viskositeetti $25 \text{ }^\circ\text{C}$ on 14 mPas (cP) [16]. Matalan höyrynpaineen takia haihtuminen on vähäistä, joten hengityksen kautta altistuminen on yleensä epätodennäköistä. Silmiä etyleeniglykoli ärsyttää lievästi ja ihoärsytystä tulee vain herkille ihottumataipuisille yksilöille. Vakavan myrkytyksen etyleeniglykoli aiheuttaa nieltynä. Tappava annos keskimäärin on $1\text{--}1,5 \text{ dl}$, sillä etyleeniglykoli metaboloituu maksassa nopeasti alkoholidehydrogenaasin vaikutuksesta glykolialdehydiksi, sen jälkeen glykolihapoksi ja edelleen glyoksyyli- ja oksaalihapoksi. Etyleeniglykoli on standardina lämmönsiirtonesteeksi järjestelmiin, missä ei tarvita matalaa myrkyllisyys pitoisuutta. Etyleeniglykolin käyttö on vaarallista prosesseissa, joissa neste voi joutua kosketukseen juomaveden tai elintarvikkeiden kanssa [15]. Etyleeniglykolin molekyylikaava on $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$. [17.] Taulukossa 2. on näytetty etyleeniglykolivesiseoksen ominaisuuksia eri prosentiosuuksilla.

Taulukko 2. Etyleeniglykolivesiseoksen ominaisuuksia. [16]

Etyleeniglykolin % osuus	0	10	20	30	40	50	60	100
Jäätymislämpötila (°C)	0	-3,4	-7,9	-13,7	-23,5	-36,8	-52,8	-13
Kiehumislämpötila (°C)	100	101,1	102,2	104,4	104,4	107,2	111,1	197
Dynaaminen viskositeetti -17,8 °C (cP)					15	22	35	310
Dynaaminen viskositeetti 4,4 °C (cP)				3,5	4,8	6,5	9	48
Dynaaminen viskositeetti 26,7 °C (cP)				1,7	2,2	2,8	3,8	14
Ominaislämpökapasiteetti -17,8 °C (kJ/kg°C)					1,93	1,81	1,68	1,26
Ominaislämpökapasiteetti 4,4 °C (kJ/kg°C)				2,07	1,97	1,85	1,74	1,31
Ominaislämpökapasiteetti 26,7 °C (kJ/kg°C)				2,09	2	1,9	1,79	1,37

Kun puhutaan glykolista, voidaan tarkoittaa myös propyleeniglykolia, joka tunnetaan glykolin lisäksi nimillä metyylietyleeniglykoli ja 1,2-dihydroksipropaani. Propyleeniglykoli on olomuodoltaan samanlainen kuin etyleeniglykoli, mutta ei ole niin vaarallinen. Propyleeniglykolin tiheys on $1,0362 \text{ g/cm}^3$ (20 °C) ja jäätymispiste -68 °C. Sen kiehumispiste on 185 °C, leimahduspiste 104 °C (suljettu astia) ja itsesyttymislämpötila 371 °C. Dynaaminen viskositeetti 25 °C on 43,4 mPas (cP). Sitä voidaan käyttää lääkkeissä, elintarvikkeissa, kosmetiikassa ja keinotekoisissa savuissa. Suurina määrinä se voi olla myös terveydelle vaarallista [18]. Propyleeniglykolin molekyylikaava on $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$. [19.]

Teollisuudessa glykolivesikiertoisessa jäähdytysjärjestelmässä käytetään yleensä joko etyleeni- tai propyleeniglykolia. Erona näillä on, että erittäin kylmässä propyleeniglykoli tulee entistä viskoosisemmaksi, mikä muuttaa lämmönsiirto kykyä hieman. Etyleeniglykoli on käytetympi ja sen hankintahinta on pienempi, näin ollen teollisuusyritykset ostavat suuren kapasiteetin takia yleensä etyleeniglykolia. Propyleeniglykolin käsittely on turvallisempaa, koska etyleeniglykoli on vaarallisempaa käyttäjälle ja ympäristölle. Myös glykolivesikiertoisen jäähdytysjärjestelmän rakenne voi olla sopiva vain toiselle glykoleista. [15.]

Glykoli estää jäätymisen lisäksi järjestelmässä myös korroosiolta suojaten metalleja kuten messinkiä, kuparia, terästä, valurautaa ja alumiinia syöpymiseltä. Inhiboidut glykoli-

vesiseokset suojaavat järjestelmää korroosion lisäksi myös biologiselta kasvustolta kuten levät ja bakteerit, jotka voivat kasvaa huonontaan nesteen ja järjestelmän suorituskykyä. [15.]

Glykolivesikiertoisen jäähdytysjärjestelmän käytössä tulee tietää, ettei erityyppisiä glykoleita tai eri glykolituotteita saa sekoittaa järjestelmässä keskenään. Sekoitus voi aiheuttaa inhibiittorien saostumista nesteessä tai glykolit voivat keskenään muuttuvat tahmeammaksi näin ollen tukkien suodattimet ja virtausnopeus pienenee. Tämän takia järjestelmän perusteellinen huuhtelu on tarpeen, jos kierrätettävä neste aiotaan vaihtaa. Teollisuudessa on käytettävä sinne soveltuvia glykoleita. Ajoneuvojen jäähdyttimissä käytettyjä glykoleita ei ole suunniteltu teollisuuden lämmönsiirto tarpeisiin. Glykolin valinnassa tulee ottaa huomioon myös ympäristömääräykset. Jollain alueilla glykolin hävittäminen saattaa olla suurikin haaste. [15.]

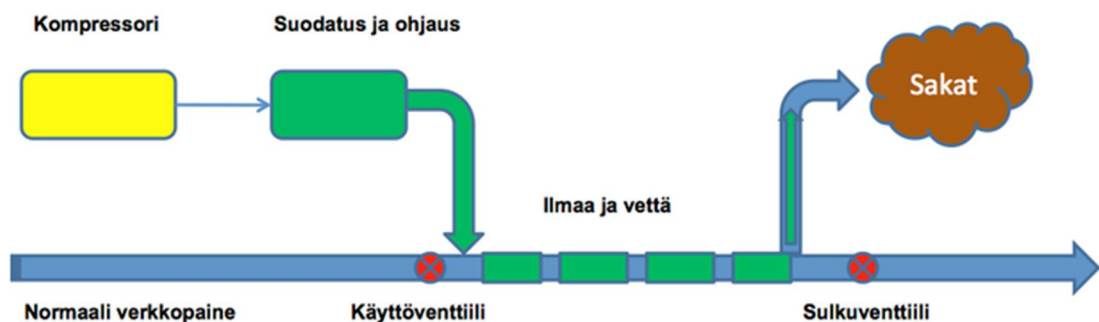
Glykolivesiseoksen vahvuuteen vaikuttaa jäähdytysjärjestelmän sijainti ja ympäristönäkökohdat. Glykolin konsentraatiota seoksessa on hyvä muuttaa riippuen, onko järjestelmä sisätiloissa vai ulkona. Järjestelmä, joka sijaitsee täysin sisätiloissa, vaatii vähemmän glykolia kuin järjestelmä, joka sijaitsee ulkona, missä alhaiset lämpötilat voivat aiheuttaa nesteen jäätyksen. Nyrkkisääntönä on, että sisätiloissa olevassa järjestelmässä glykolin osuus seoksessa on 30 % ja veden 70 % ja ulkotilassa seoksen suhde on 50 % glykolia ja 50 % vettä. Sisätilassa yleisesti käytetyssä seoksessa jäätympisteeksi tulee n. -15 °C ja ulkotilassa yleisesti käytetyllä seoksella n. -37 °C. [15.]

5.3 Järjestelmän pesu

Glykolivesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä tulee puhdistaa, jotta kierrossa olevat laitteet saisivat halutun jäähdytyksen. Pesumahdollisuus tulee huomioida jo järjestelmän suunnitteluvaiheessa. Järjestelmän pesulla saadaan poistettua sakkaumat, bakteerit ja muut putkeen kuulumattomat ainekset. Puhdistetussa järjestelmässä linjan kapasiteetti on parempi, ja eikä siinä ole normaalivirtaamaa rajoittavia ilmapatsaita. Pesun avulla saadaan verkoston toiminta suunnitellulle tasolle sekä glykolivesiseoksen laatu tasaiseksi joka puolella järjestelmää. Pesulla estetään mahdollisista sakoista johtuvat tukkeutumukset ja häiriötilanteet. Ennen kaikkea järjestelmän oikealla puhdistuksella saadaan lisää turvallisuutta ja nopeutetaan kriisitilannehallintaa. [20.]

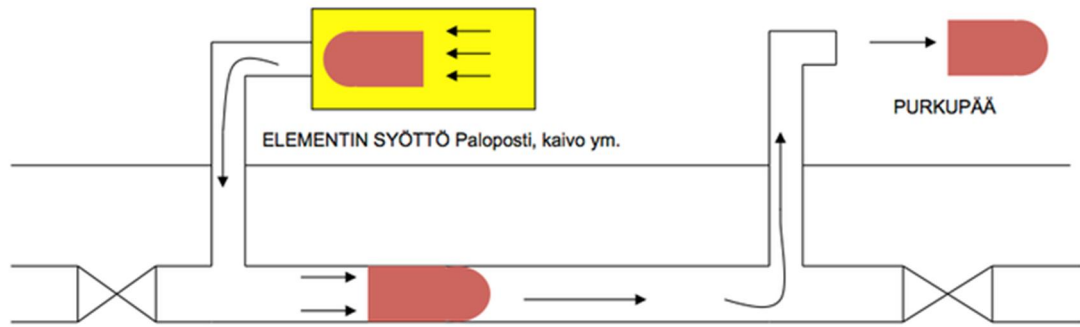
Järjestelmä tulisi puhdistaa aina kun mahdollista. Ennakointi puhdistuksessa ennen ongelmien syntymistä on varmin ja halvin tapa pitää järjestelmä toiminnassa. Pesu on syytä tehdä putkiston käyttöönottovaiheessa, glykolivesiseoksen laadun heikentyessä huomattavasti, kapasiteetin huonontuessa sekä seisokeissa, joissa järjestelmä ei ole käytössä. Pienetkin tukkeutumat voivat aiheuttaa ketjureaktion, jonka seurauksena koko järjestelmä voi menettää toimintakykyään. [20.]

Puhdistusmenetelmiä on monia. Puhdistusmenetelmän valinnassa tulee tietää, mikä on paras mahdollinen pesu kyseiselle järjestelmälle. Esimerkkejä puhdistuksista on huuhtelu, vesi-ilmapuhdistus, possupuhdistus ja kemiallinen puhdistus. Huuhtelulla tarkoitetaan ns. ensiapua, mutta se on tehoton, jos halutaan täydellinen puhdistus. Yli DN 100 -linjoissa huuhtelulla ei saada tarpeeksi hyvää tulosta sillä se ei irrota sakkaa putken reunoilta, koska vesi liikkuu lineaarisena putken keskiosassa. Vesi-ilmapuhdistus (Kuva 9.) on tehokas DN 300 -linjoihin asti. Menetelmä perustuu veden ja ilman erilaiseen kitkaan rajapinnalla, mihin kohdistuu suuri turbulenttinen pulssivirtaama. Tyhjäin putkeen painetaan paljon ilmaa ja vähän vettä. Vesipatsailla on suuri nopeus ja virtausvastukset pienenevät. Ilma on samalla puskurina veden liikkeelle. Kitkakerrointen erilaisuus aiheuttaa pulssimaisen liikkeen mikä poistaa löysät saostumat putkesta. Kiinteiden ja kovien saostumien poistaminen ei onnistu tällä keinolla. [20; 21.]



Kuva 9. Vesi-ilmapuhdistus. [21]

Possupuhdistus (Kuva 10.) on tehokas puhdistusmenetelmä, joka sopii suurille ja pitkille linjoille. Se on polyelementein tapahtuva puhdistusmenetelmä, joka perustuu ohivirtaukseen ja mekaaniseen hankaukseen. Elementit ovat aina putkikokoa suurempia, ja koisuusaste riippuu ajettavan matkan pituudesta ja poistettavasta tuotteesta. [22.]

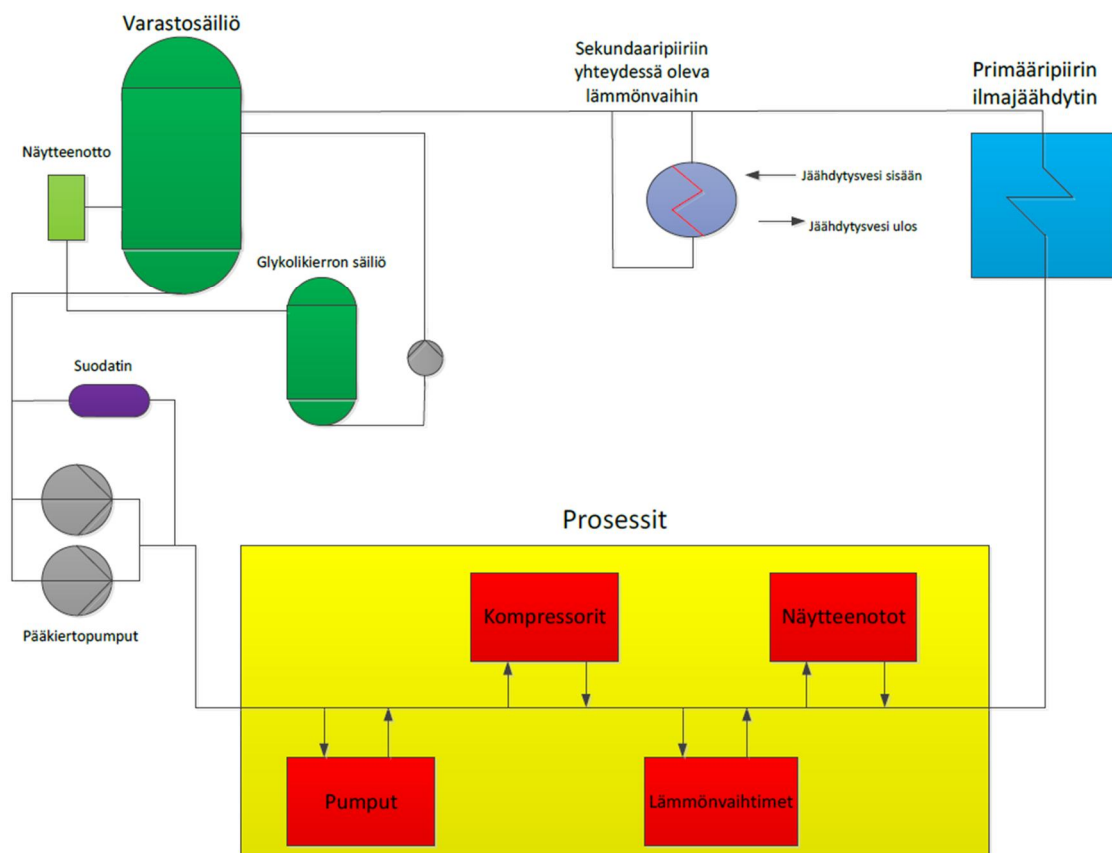


Kuva 10. Possupuhdistus. [22]

Kemiallinen puhdistus suoritetaan liuoskiertona. Kiertoan laitetaan kemikaaleja joilla saadaan sakkaumat ja rasvat poistettua tehokkaasti. Teollisuudessa käytetään paljon kemiallista puhdistusta, se sopii hyvin myös glykolivesikiertoisen järjestelmään, koska saadaan hyvä puhdistustulos ja järjestelmän putkikoko vaihtelee verkon sisällä huomattavasti. [20.]

6 TL-1:n glykolivesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä

Tutkittava glykolivesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä (Kuva 11.) kuuluu Neste Oyj:n Porvoon jalostamon TL-1:n alueelle. Järjestelmä ja sen verkosto on kytköksissä lähes kaikkiin TL-1:n yksiköihin, ja sitä käytetään jäähdytystarkoituksiin pumpuilla, kompressoireilla, näytteenotoissa ja lämmönvaihtimissa. Jäähdytysjärjestelmä verkostoineen on suljettu kiertojäähdytysjärjestelmä, jossa primääripiirissä glykolikiertoa jäähdytetään ilmajäähdyttimellä, sekä sekundaaripiiriin yhteydessä olevalla vesijäähdytteisellä lämmönvaihtimella.



Kuva 11. TL-1:n suljettu kiertojäähdytysjärjestelmä.

6.1 Toiminnan kuvaus

Järjestelmä (Kuva 12.) sijaitsee betonista tehdyssä suoja-altaassa, joka on pinta-alaltaan 77 m² ja siinä on sadevesikaivo. Glykoli tuodaan järjestelmän varastosäiliöön säiliöautolla ja glykolivesiseos tehdään lisäämällä vettä varastosäiliöön, jotta saavutetaan

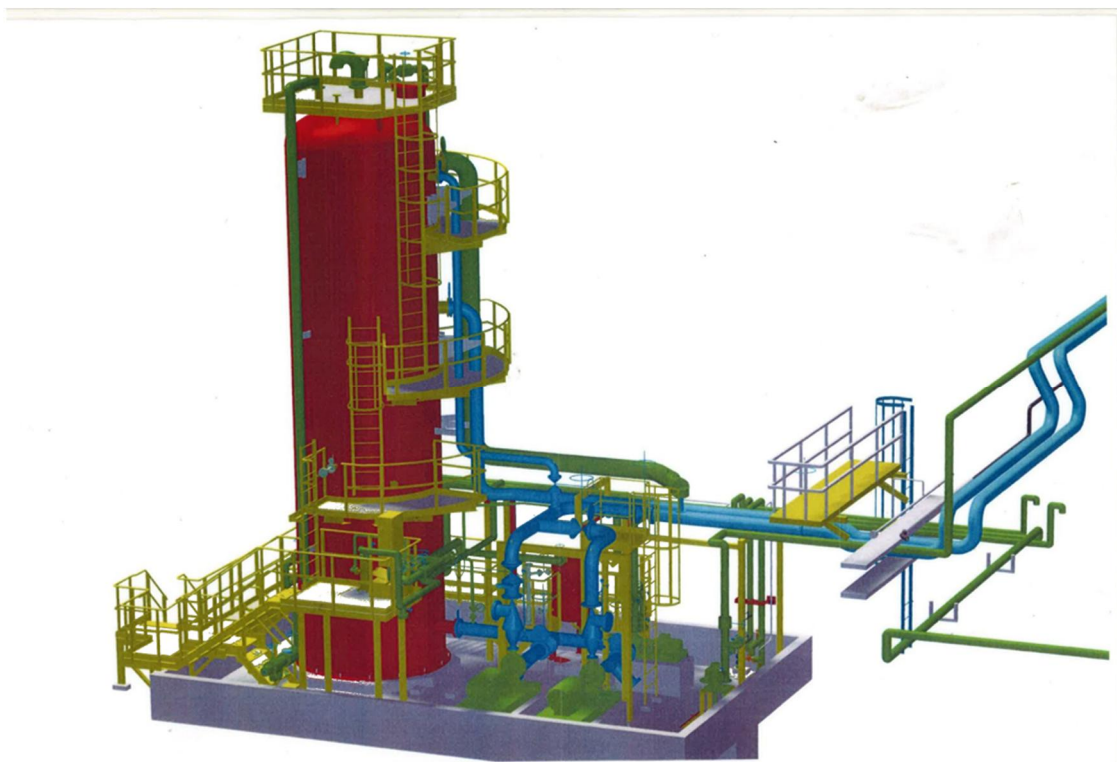
seossuhde 50:50. Varastosäiliö on tilavuudeltaan 50 m³ ja se hengittää ulkoilmaan hanhenkaulan kautta säiliön päältä. Säiliö on materiaaliltaan ruostumatonta terästä (SS 312) ja siinä on jatkuva typpipursotus huoltovesilinjan kautta, jottei ilmaa pääsisi kiertoon hahettamaan glykolivesiseosta. Veden lisäyksen aikana, kun tehdään haluttua seosta, typpipursotusta ei käytetä. Typpipursotuksen määrä säädetään rotametrilla ja rajoitetaan reikälevyllä. Varastosäiliön helmaa ei ole palosuojattu, koska sen lähellä sijaitsee paloposti. Tämä riittää suojaukseksi erittäin heikosti syttyvälle aineelle sisältävälle säiliölle. Suoja-altaassa on myös letkuasema, josta saadaan tarvittaessa käyttöön paineilma, typpi, huoltovesi ja matalapaineinen (ES) höyry.

Säiliöstä glykolivesi pumpataan pääkiertopumpun avulla verkostoon kiertoon. Pumppujen painepuolen linjassa on varoventtiili, jonka toimintapaine on 700 kPa, ja se purkaa varastosäiliöön, joka on ilmanpaineessa. Lämmennyt glykolivesiseos jäädytetään ilmajäädyttimellä ja/tai lämmönvaihtimella ennen sen paluuta varastosäiliöön. Ilmajäädytintä käytetään pääsääntöisesti jäädyttimenä, mutta varsinkin kesällä tehon tarpeen mukaan otetaan myös jäädytysvesilämmönvaihdin käyttöön.

Pääkiertopumpun painepuolelta glykolivesivirrasta johdetaan 10 % reikälevyn säätämänä suodattimen läpi, jotta kierrossa olevat mahdolliset epäpuhtaudet saataisiin pois. Suodatin on manuaalinen suodatin, joka täytyy puhdistaa, kun paine-ero on 80 - 100 kPa. Suodattimelta lähtevä virta johdetaan takaisin pääkiertopumpun imupuolelle. Ennen suodatinta on myös linja manuaaliselle näytteenotto paikalle.

Glykolikiertojäädytysjärjestelmään kuuluu myös glykolikierron säiliö, jonka tilavuus on 0,64 m³. Säiliöön tyhjennetään näytteenotto paikan viemäröinti ja säiliöön lisätään myös väriaine ja korroosioninhibiittori kemikaali Drewgard 315, joka siirretään oman pumpun avulla varastosäiliöön ja sitä kautta kiertoon. Väriaine helpottaa mahdollisten vuotojen havaitsemista. Säiliö on yhdistetty varastosäiliöön paineentasauslinjan kautta.

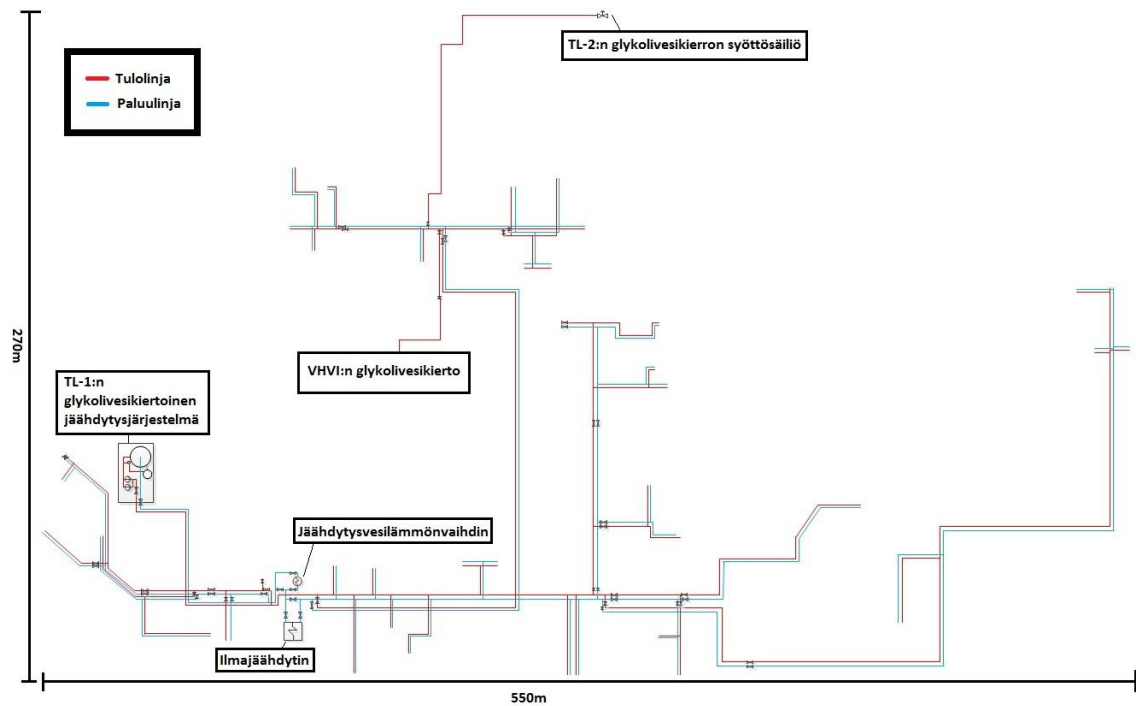
Sadevesikaivossa on oma pumppu, ettei kaivo yli täytyisi. Pumppu pumppaa kaivon joutuneen veden jätevedenpuhdistamolle. Sadevesikaivoon mahdollisesti joutuva glykolivesi voidaan pumpata ennen suodatinta olevaan linjaan ja takaisin kiertoon. Suodattimelle tuleva virtaus tulee tämän pumppauksen ajaksi sulkea ja suodatin tulee puhdistaa, koska pumppu on mitoitettu liian pieneksi.



Kuva 12. TL-1:n glykolivesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä. [2]

Koko verkosto on laajuudeltaan suuri. Putkiverkosto kattaa lähes koko TL-1:n alueen ja haarautuu useisiin kohteisiin jäähdyttäen n. 100 pumppua, 5 kompressoria, yli 40 näytteenottoa paikkaa sekä kiertää yli 10 jäähdytyslämmönvaihtimessa. Kuvassa 13 on nähtävissä verkoston laajuus ja glykolivesiseoksen liikkuminen tulopuolelta punaisella ja paluupuolelta sinisellä. Kuvaan on merkitty vain kierron suurimmat venttiilit. Jokaisella yksittäisellä laitteella, jotka haaroittuvat kuvasta nähdystä verkosta, on omat venttiilinsä, niin tulo- kuin paluupuolella.

TL-1:n glykolivesikierron tulolinja haarautuu ja yhdistyy venttiileillä ja automaattiventtiilillä muutama toiseen glykolivesikiertoiseen jäähdytysjärjestelmään esim. TL-2:n glykolivesikierron syöttösäiliöön, ja tarvittaessa näitä järjestelmiä voidaan täyttää tästä kierrosta. Suurimmalla osalla kompressoreista on oma glykolivesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä, joihin otetaan tarvittaessa täydennystä TL-1:n glykolivesikierrosta. TL-1:n glykolivesikierrosta lähtee myös paisuntalinja VHVI-yksikölle, jossa on oma glykolivesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä. Tässä yksikössä glykolivesikierron paineen laskiessa liian matalaksi mahdollisten vuotojen takia se täyttyy itsestään TL-1:n glykolivesikierrosta ottamallaan glykolivesiseoksella.



Kuva 13. TL-1:n glykolivesikiertoinen jäähdytysverkosto

Järjestelmässä ei ole ollut mitään suurempia ongelmia tähän asti, vaikka ne ovat mahdollisia. Pääosin operaattoreiden tarkka toiminta on estänyt suurempien onnettomuuksien syntymisen. Päivittäisen kenttäkierroksen aikana operaattorit tarkastavat kohteet, mihin glykolivesikiertoinen järjestelmä on yhteydessä. Kenttäkierroslohjeiden avulla operaattorit saavat hyvän kuvan, mitkä kohteet yksiköissä tulee tarkastaa tarkasti päivittäin, jotta prosessiyksiköt toimisivat moitteettomasti. TL-1:n glykolivesikiertoiseen jäähdytysjärjestelmään on suunniteltu kenttäkierroslohje, tosin se on vanhalle järjestelmälle, mutta tarkastettavat kohteet eivät poikkea uudessa järjestelmässä paljoakaan. Kenttäkierroslohjeistus päivitetään tämän työn pohjalta.

6.2 Säädöt ja mittaukset

Pääkiertopumppu on varustettu taajuusmuuntajalla. Pääkiertopumpulla on vieressä varapumppu, ja pumppujen kierrosnopeuksia ohjataan paineensäätimellä. Pumput voidaan ottaa käsiajolle, jolloin pumpun kierrokseen voidaan vaikuttaa manuaalisesti. Mikäli glykolikierron paine laskee liian matalaksi, käynnistyy toinen pumppu myös päälle. Paineensäätimen ylähälytysraja on 440 kPa ja alahälytysraja on 250 kPa. 200 kPa:n paineessa käynnistyy myös toinenkin pumppu. Pumppujen kenttäkytkin tulee olla "AUTO"-asennossa, jotta matalapaineen automaattikäynnistys onnistuu. Kytkimen ollessa "SEIS"-

asennossa tulee ohjaamoon hälytys, että pumppu ei ole käyntivalmis. Pumput voidaan käynnistää ja sammuttaa kentältä sekä ohjaamosta. Pumput saavat virtansa eri kiskoilta, eli tällä varaudutaan mahdolliseen pumppurikkoon tai sähkökatkoon. Järjestelmässä on vain muutamia painemittauksia. Yksi mittaus paluulinjassa ilmajäähdyttimen jälkeen ja loput ovat pääkiertopumpulla tulolinjassa. Pääkiertopumpuilta lähtevässä linjassa olevien mittauksien paine-eron kasvaessa liikaa tulee ohjaamoon hälytys. Paine-ero on tällöin 18 kPa.

Varastosäiliön pinnanmittauksella nähdään, kuinka paljon kierrossa on nestettä. Varastosäiliön pinnanmittausta voidaan tarkastella paikallisella mittauksella tai automaatiomittauksella, johon on asetettu alahälytysrajaksi 10 % ja ylähälytysrajaksi 90 %. Säiliön lämpötilaa voidaan tarkastella paikallisella lämpötilamittauksella. Glykolikierron säiliön suunnittelupaineen perusteena on hydrostaattinen paine varastosäiliön yli täytyessä. Glykolikierron säiliön painetta voi tarkkailla paikallisella painemittauksella ja ohjaamoon tulevalla mittauksella seurataan säiliön pintaa. Glykolikierron säiliön pumppu käynnistyy, kun säiliön pinta on 80 % ja pumppaus loppuu säiliön pinnan ollessa 20 %. Pumpun kenttäkytkimen ollessa "SEIS"-asennossa eivät säiliön hälytysrajat vaikuta siihen. Suodattimen paine-ero nähdään paikallisista mittareista ennen ja jälkeen suodattimen. Varastosäiliöön palaavan virtauksen lämpötilaa voi tarkkailla jäähdytysvesilämmönvaihtimen jälkeisellä mittauksella, joka on nähtävissä ohjaamossa. Tällä voidaan säädellä lämmönvaihtimen läpivirtaavan jäähdytysveden määrää. Sadevesikaivonpumppua käytetään, kun on tarpeen eli yleensä sateen aikana. Pumppu käynnistetään kentältä. Pumppu pysähtyy pinnan ollessa 10 %. Kaivon pinnankorkeuden voi nähdä ohjaamosta.

6.3 Järjestelmän ongelmat ja häiriöt

Riskiskenaarioita, joilla olisi suuri riskiluokka, ei ole. Koska glykolivesi ei ole syttyvää, niin tunnistetut riskit ovat enimmäkseen glykolivesivuotoihin liittyviä materiaalisia ja ympäristöriskejä. Seurauksiltaan vakavimmat mahdolliset onnettomuudet ovat pumppurikot, suuret vuodot tai glykolikierron pysähtymisen seurauksena johtuva syttymä yksikössä, missä glykolivesi kiertää.

Mahdollisia ongelmia ja häiriötä järjestelmälle on monta. Niitä on käsitelty joiltain osin myös uuden järjestelmän suunnitteluvaiheessa HAZOP ja What If -riskitarkastelukeskusteluissa. Suurin häiriö, mihin liittyy myös henkilö- ja turvallisuusriskejä on pääpumppujen

pysähtyminen pumppurikon tai sähkökatkon aikana. Seuraavaksi on listattu muita mahdollisia ongelmia tai häiriöitä:

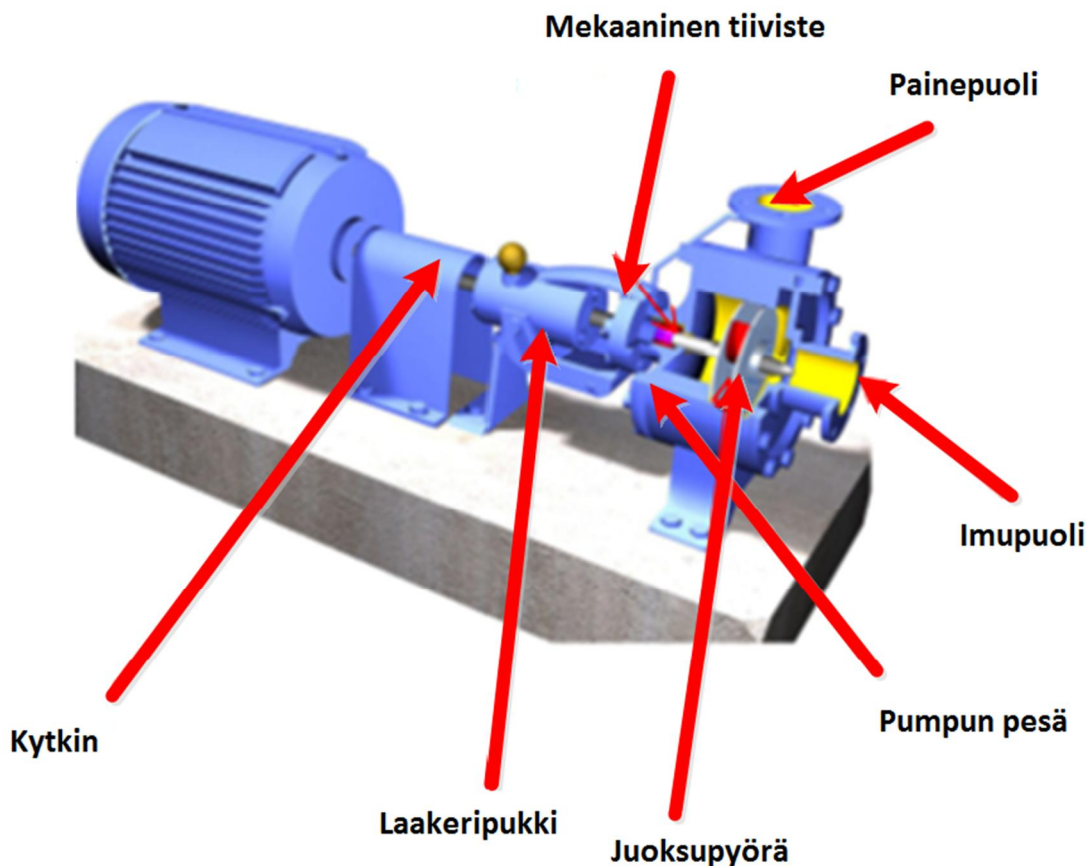
- Varastosäiliön repeäminen ylipaineen takia on mahdollista, jos typpipursotus on päällä ja hanhenkaula olisi tukossa.
- Säiliötä tyhjentäessä muiden yhteiden ollessa suljettuna voi syntyä suuri alipaine, joka vaurioittaa säiliötä.
- Varastosäiliön ylitäytössä glykolivesi vuotaisi ulos hanhenkaulan kautta suoja-altaaseen. Altaan rikkoutuessa tulisi ympäristöongelmia ja seurauksia jätevesilaitoksella.
- Huonot hitsausseamat voivat aiheuttaa vuodon.
- Korroosion aiheuttamat vuodot järjestelmässä ovat mahdollisia säilöissä ja putkistossa.
- Paineisku glykolivesikiertoon voi aiheuttaa laippavuotoja putkistossa tai vaihtimilla.
- Mittaukset ja säätimet voivat vikaantua tai lukkiutua kiinni.
- Suodatin voi tukkeutua, joten ajan mittaan kiertoon voi kerääntyä niin paljon sakkaa, että putkistolinjat tukkeutuisivat.
- Glykolikierronsäiliö tai säiliön oma pumppu voi vikaantua, jos säiliön yhteen ovat tukossa tai kiinni.
- Sadevesikaivon pumpun rikkoutuessa kaivo yli täyttyisi.
- Sadevesikaivon pumpun rikkoutuminen on mahdollista myös sen käydessä, kun kaivo on tyhjä.

6.4 Jäähdytys ja häiriöiden vaikutukset

Glykolivesikierron pysähtyessä sen jäähdyttämässä kohteissa lämpötilat lähtevät nousuun ja ylikuumentuessaan kohteissa tapahtuu laitteiden rikkoutumisia ja toimintahäiriöitä. Pumppujen ylikuumentuessa ne voivat rikkoutua tai alkaa vuotamaan, ja vuotava neste voi aiheuttaa syttymiä. Tämän seurauksena joudutaan ajamaan yksikkö alas. TL-1:n glykolivesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä kiertää monessa yksikössä. Tämä tarkoittaisi, että useampi yksikkö jouduttaisiin pysäyttämään. Porvoon jalostamon yksiköt ovat paljon riippuvaisia toisistaan, joten kierron pysähtyessä koko jalostamon toiminta olisi vaarassa ja puhuttaisiin todella suurista tuotantomenetyksistä.

Glykolivesikierrolla jäähdytetään mäntäkompressorien sylintereitä ja eri vaiheiden mekaanisia tiivisteitä. Jäähdyttävien kohteiden lämpötilan ollessa toiminta-alueen ulkopuolella suoja-automaattikka lukitsee kompressorin ja laite pysähtyy. Näytteenottoaikoilla glykoliveden tehtävänä on jäähdyttää siitä otettavan kohteen näytettä. Ilman näytteen jäähdytystä näyte ei ole edustava, ja on tärkeää, että näyte pysyy muuttumattomana näytteenoton ja analyysin välisenä aikana. Liian kuumana otettu näyte saattaa haihtua liikaa ja aiheuttaa vaaratekijöitä näytteenottajalle. Lämmönvaihtimissa glykolivesi on jäähdyttävänä nesteenä. Näitä ovat esim. pumppujen tiivistenesteen lämmönvaihtimet, joiden tarkoituksena on pitää tiivisteneste oikean lämpöisenä. Tiivistenesteen lämmetessä liikaa tiivisteneste menettää toimintakykyään ja aiheuttaa häiriöitä pumpun mekaaniseen tiivisteeseen.

Pumpuissa glykolivesikierrolla jäähdytetään eri osia riippuen pumpun tarkoituksesta. Jäähdytyskanavia pumpussa ovat pumpun rintalaippa, pesä, mekaaninen tiiviste ja laakeripukki (Kuva 14.). Osa pumpuista on ns. kuumia pumppuja, joissa siirrettävän nesteen lämpötila on todella korkea. Korkean lämpötilan takia jäähdytys näissä pumpuissa on todella tärkeä.



Kuva 14. Keskipakopumpun rakenne. [2]

6.4.1 Pumpun rintalaipan ja pesän jäähdytys

Rintalaipan ja pesän jäähdytystä käytetään kuumissa pumpeissa viemään osa pumpun lämmöstä pois, koska lämpö siirtyy tätä kautta kohti pumpun mekaanista tiivistettä ja laakeripukkia. Pienen jäähdytystilan ja suurten lämpöjen takia rintalaipan ja pesän jäähdytys voi tukkeutua helposti. Syynä tähän voi olla, että glykolivesi palaa kiinni sekä kars- toittuu ja tukkii jäähdytystilan. Tämä ei vielä välttämättä aiheuta pumpulle vahinkoa, mutta pumpun lämpötila lähtee nousuun. Joissain tapauksissa pumpun jäähdytystila pystytään puhdistamaan, vaikka pumppu olisi käynnissä. Mikäli puhdistusta ei pystytä tekemään käynnin aikana, niin pumppua ei oteta välttämättä huoltoon vaan ajetaan sii- hen asti, että pumpun mekaaninen tiiviste alkaa vuotamaan. [23.]

6.4.2 Pumpun mekaanisen tiivisteiden jäähdytys

Glykolivesi jäähdyttää pumpun mekaanista tiivistettä. Mekaanisissa tiivisteissä on elastomeereja esim. O-renkaita, joiden lämpötilan kesto on n. 160-240 °C. Pumpun mekaaninen tiiviste hajoaa, jos elastomeeri palaa ja kovettuu. Tämä näkyy pumpulla vuotona ja tarkoittaa, että pumppu tulee huoltaa välittömästi. [23.]

6.4.3 Laakeripukin jäähdytys

Laakeripukin jäähdytystä käytetään laakereiden voiteluun. Tehokkain voitelu ja pisin käyttöikä saadaan, kun laakeripukin lämpötila on 40-60 °C. Laakeripukin lämmön nousu lyhentää huomattavasti laakereiden käyttöikää. Lämmön noustessa voiteluöljyn viskositeetti putoaa, jolloin sen voitelukyky heikentyy sekä öljykalvon paksuus ohentuu. Tästä seuraa, että metalli on kosketuksessa metallin kanssa ja laakereissa alkaa kuluminen. Pumpun pysäyttäminen on suositeltavaa laakeripukin lämpötilan ollessa 80-90 °C, sillä n. 110-asteisen laakerin kiinnileikkaantumisen riski on todella suuri ja tämän seurauksena pumppu voi pysähtyä äkkinäisesti aiheuttaen suuret vauriot. [23.]

6.4.4 Pumppujen jäähdytystavat

Pumppujen jäähdytykseen käytetään yleisesti kahta tapaa, jotka ovat sarjaan kytketty jäähdytys tai rinnanjäähdytys. Sarjaan kytketyssä jäähdytyksessä glykolivesi siirtyy pumpun rintalaipan kautta mekaaniseen tiivisteeseen ja tämän jälkeen laakeripukkiin, josta se poistuu glykolivesikierron paluulinjaan. Tätä tapaa käytetään vielä TL-1:n muutamissa pumpeissa. Huonona puolena tässä tavassa on, että rintalaipan tukkeutuessa koko pumpun jäähdytys pysähtyy. Eli ongelmat sekä häiriöt, jotka ovat mahdollisia myös mekaanisessa tiivisteessä ja laakeripukissa, voivat saada alkunsa samalla. [23.]

Rinnanjäähdytys tapa on nykypäivänä yleisempi, koska sillä saadaan erillinen jäähdytys pumpun osiin. Se antaa myös aikaa puhdistaa mahdollisia tukkeutumia muissa osissa pumpun käydessä. Lämpötilat eivät kuitenkaan heti nouse, sekä harvemmin häiriö tapahtuu kaikissa jäähdytyskanavissa yhtäaikaaisesti. [23.]

6.5 Toiminta häiriötilanteessa

Tämän hetkinen häiriötilanneohjeistus ei ole ajan tasalla. Vanha ohjeistus oli suppea verrattuna mahdollisiin ongelmiin ja häiriöihin, mitä prosessissa voi tapahtua. Tämän opinnäytetyön pohjalta uusitaan TL-1:n glykolivesikiertoisen jäähdytysjärjestelmän häiriötilanneohjeistus.

Tämä häiriötilanne toimintaehdotus on suunniteltu TL-1:n nykyisen järjestelmän mahdollisuuksiin ja mikä voidaan toteuttaa ilman suuria muutostoimenpiteitä. Häiriötilanteen satuesssa on ensisijaisesti muistettava turvallisuus, sillä häiriöiden vaikutukset ovat mahdollisesti erittäin laajat, joten vaaratekijöitä voi olla useita. Toimintaan häiriötilanteissa, missä glykolivesikierto pysähtyisi pääkiertopumppujen rikkoutumisen takia tai suuren vuodon seurauksena, olisi tärkeä saada jäähdytys kohteille, missä glykolivesi kiertää. Palovesiverkosta saatu vesi osoittautui paineen ja kapasiteetin takia hyväksi, mutta ongelmana ovat vedessä olevat epäpuhtaudet. Palovesiverkoston vedelle ei tehdä tarpeeksi tarkkaa suodatusta, koska tähän ei nähdä tarvetta käyttötarkoituksensa takia. Tekojärvestä tulevan veden mukana tulisi epäpuhtauksia ja kiintoaineita, jotka tukkisivat glykolivesikierron pienempiä linjoja.

Huoltovesi ja vesilaitokselta tuleva puhdistettu saosvesi osoittautui paremmaksi puhtaammaksi vaihtoehdoksi. Huoltoveden käyttökapasiteettia on lähiaikoina nostettu, mutta ei se silti tulisi riittämään koko verkostolle. Näin ollen huoltoveden käytössä tulisi kaikki yksiköt pystyä eristämään, jotta kapasiteetin tarve ei olisi niin suuri. Yksiköiden eristämällä saataisiin myös hallittua kapasiteetin käyttöä ja kohteita, missä glykolivesikierron tärkeys on suurempi. Ongelmana on, että kaikkia yksiköitä ei voida eristää eikä kaikissa yksiköissä tällä hetkellä ole linjoissa huoltoveden käyttömahdollisuutta. Glykolivesijärjestelmästä eristetyn yksikön linjoissa olevaa glykolivettä ei saada siirrettyä nopeasti huoltoveden oton jälkeen haluttuun paikkaan. Glykolivesi on ympäristölle vaarallista ja suurina määrinä aiheuttaisi ongelmia jätevedenpuhdistamolla. Järjestelmän suoja-allas voidaan täyttää häiriötilanteessa.

Vesilaitoksen puhdistettu saosvesi todettiin parhaimmaksi vaihtoehdoksi, mikä voidaan toteuttaa ilman muutoksia prosessialueelle. Tätä vettä käytetään muutenkin huoltoseisain aikana kattilalaitoksen kohteiden jäähdytykseen, koska kattilalaitos on käynnissä myös

huoltotöiden ajan. Saosvesilinja saadaan helposti liitettyä paloletkulla kiinni glykolivesikierron linjaan. Vesilaitoksella olevan saosvesipumpun teho riittää koko TL-1:n glykolivesikierron verkostolle.

Häiriötilanteessa puhdistettu saosvesi liitetään linjan lähellä olevalla paloletkulla glykolivesikierron tulolinjaan. Puhdistettua saosvettä olisi häiriötilanteessa järkevää ajaa glykolivesikierron tulolinjaan, ja samalla eristetään verkostosta muutama yksikkö sekä ilma-jäähdytin ja jäähdytysvesilämmönvaihdin. Yksiköt, jotka eristetään, sisältävät vain muutamia pumppuja ja näytteenottoaikoja. Näissä eristetyissä yksiköissä tulee laittaa huoltovesivalelu pumpuille. Näin saadaan vähennettyä siirrettävää glykolivettä. Myös kohteet verkostosta, mihin glykolivesikierrosta pelkästään tulolinja yhdistyy, tulee eristää häiriön aikana. Glykolivesi siirretään ensin TL-1:n glykolivesikiertoisen järjestelmän varastosäiliöön. Säiliön tullessa täyteen siirrettäisiin loput linjoissa olevat glykolivedet letkulla järjestelmän suoja-altaaseen. Kun puhdistettu saosvesi on kiertänyt verkoston läpi ja suoja-altaaseen alkaa tulla vettä, niin vesi voidaan ohjata viemäriin. Mikäli suoja-allas alkaa täyttymään ennen kuin puhdistettu saosvesi on kiertänyt verkoston läpi, ajetaan glykolivettä kontteihin, jotka on tuotu tässä vaiheessa altaan lähettyville. Ongelman korjauttua suoja-altaassa oleva vesi voidaan ajaa takaisin altaasta kiertoan tai halutussa määrin myös jätevesipuhdistamolle.

Häiriötilanteen sattuessa osa operaattoreista siirtyisi laittamaan huoltovesivalelun kuumille pumpuille ja osa ryhtyisi ottamaan puhdistettua saosvettä glykolivesiverkostoon. Jäähdytyksen loppumisesta johtuvat ongelmat alkavat ensimmäisenä kuumilla pumpuilla. Huoltovesivalelua laittaessa tulee ottaa huomioon sääolosuhteet. Kovilla pakkasilla suuri huoltovesivalelu saattaa voi aiheuttaa muita ongelmia veden jäätyessä pumpulla.

Vuodon sattuessa tulee arvioida, voidaanko se paikata pannalla. Vuotokohta tulee eristää venttiileillä, ettei koko glykolivesikierto tyhjentäisi. Tämä tarkoittaa yleensä koko yksikön eristämistä. Tällöin huoltovesivalelu tulee laittaa yksikön pumpuille.

Näillä mainituilla toimintatavoilla voitaisiin välttyä yksiköiden alasajolta ja lisätään turvallisuutta ja saavutetaan kustannussäästöjä. Puhdistetun saos- ja huoltoveden käyttö on vain tilapäinen ratkaisu jäähdytykseen, ja tällä saadaan vain lisää aikaa mahdollisen on-

gelman korjaukseen. Uuteen häiriötilanneohjeistukseen tullaan kuvaamaan kaikkien toimintojen vaiheet, suljettavat ja avattavat venttiilit sekä kaikki turvallisuutta parantavat toimenpiteet.

7 Tulokset ja kehitysehdotukset

Nykyinen glykolivesiseos on ollut järjestelmässä jo useamman vuoden, ja siihen on kertynyt merkittävästi epäpuhtauksia. Glykoliveteen päätyneitä kiintoaineita nykyinen suodatin ei enää suodata tarpeeksi hyvin. Järjestelmään tulisi vaihtaa uusi glykolivesiseos. Ennen uuden glykolivesiseoksen lisäämistä järjestelmään tulisi vanha glykolivesiseos tyhjentää täysin järjestelmästä sekä verkostosta. Tämän jälkeen järjestelmä verkostoitneen täytyy puhdistaa täysin. Paras vaihtoehto järjestelmän ja verkoston pesuun olisi kemiallinen pesu, koska verkostossa on paljon erikokoisia linjoja ja se sisältää uutta ja vanhaa putkistoa. Järjestelmän pesulla ja uudella seoksella saataisiin poistettua kiintoaineet, joita järjestelmään on kertynyt.

Järjestelmän ja verkoston puhdistuksen jälkeen uusi glykolivesiseos tulisi tehdä huolella. Oikealla seoksella saadaan järjestelmälle toimivuutta, turvallisuutta ja käyttöikä huomattavasti enemmän. Nykyinen seos on tehty etyleeniglykolin sekä huoltoveden 50:50 seokseksi, ja siihen on lisätty inhibiittorikemikaalia. Paras vaihtoehto huoltoveden tilalla olisi tislattuvesi, mutta sen hinta ja saatavuus nostaisi kustannuksia huomattavasti. Voimalaitokselta olisi saatavilla demivettä yhdessä etyleeniglykolin ja inhibiittorin kanssa käytettäväksi seokseksi järjestelmään. Demivesi on puhtaampi kuin huoltovesi, koska siinä on vähemmän suoloja. Demiveden lisäys ei aiheuttaisi suuria toimenpiteitä, sillä sitä on saatavilla TL-1:n alueella.

Uuden seoksen myötä nykyisen suodattimen koko tulisi riittämään paremmin kuin tällä hetkellä. Toisen suodattimen lisäys tai suodattimen kasvattaminen aiheuttaisi muutoksia rakennelmiin järjestelmässä. Nykyinen suodatin on manuaalinen patruunasuodatin, joten tämä suodatin tulisi korvata magneeteilla varustetulla patruunasuodattimella. Tällöin tehostettaisiin magneettisten partikkelien poistoa virtauksesta. Automaattisuodatin nostaa turvallisuutta, sillä sen avulla ei suodattimen puhdistusta tarvitse tehdä manuaalisesti. Etyleeniglykoli on vain nieltynä vaarallista, joten suodattimen vaihto oikeilla suojavausteilla ei aiheuta suuria riskejä.

Järjestelmän laajuus huomioiden järjestelmässä on vähän mittauksia. Lisäämällä painemittauksia järjestelmään saataisiin tietoa, että virtausta on riittävästi verkoston joka kohdassa. Painemittausten lisääminen tulisi tehdä lähelle verkoston jokaista isoa haaraa. Liitteessä 1. on ehdotus lisättävien mittausten paikoista. Painemittausten avulla näh-

täisiin virtausten liikkuminen verkoston eri alueilla sekä pystyttäisiin helpommin havaitsemaan mahdolliset mittausten välissä olevat tukkeumat. Vielä tarkemman tiedon verkon tilasta saisi lisäämällä jokaiseen yksikköön oman painemittauksen. Mittausten avulla on mahdollista säätää helpommin virtauksia myös eri kohteisiin. Ideaalisessa lämmönjakoverkostossa tulisi pystyä säätämään virtauksia kohteiden tarpeen mukaan. Virtausmittauksia ja automaattisia virtauksensäätöventtiileitä voitaisiin laittaa muutamalle haalaralle verkostossa, missä on paljon kuumia kohteita.

Suurin osa yksiköistä voidaan nykyisillä venttiileillä eristää glykolivesikierrosta. Muutamia venttiileitä pitäisi lisätä linjastoon, jotta kaikki yksiköt voidaan tarvittaessa eristää tästä kierrosta. Erotusventtiilejä verkostoon lisäämällä parannetaan yksiköiden ja mahdollisten vuotokohtien eristämistä. Vuodon paikkaus tilapäisesti esim. pannalla olisi helpompaa ja turvallisempaa, jos korjattava linja olisi tyhjä. Useammalla venttiilillä vähennettäisiin vuotoja. Manuaaliset linjasäätöventtiilit voitaisiin asentaa pumpuille. Näin saataisiin pumpun läpi virtaama tarkasti asetettua halutulle tasolle.

Järjestelmän verkostosta tulisi poistaa muutamia kohteita, sillä ne on poistettu käytöstä. Pienentämällä painehäviöitä saadaan parempi virtaus kohteille, jotka tarvitsevat jäähdytystä. Järjestelmän sadevesikaivon pumppu tulisi vaihtaa tehokkaampaan malliin.

Tutkimusta tehdessä tuli ilmi, että järjestelmän PI-kaaviot tulee päivittää. Myös operaattoreille suunnatut kenttäkierrosohjeet olisi hyvä päivittää. Tämä helpottaisi operaattoreiden työskentelyä ja tehtävät tulisivat turvallisemmaksi.

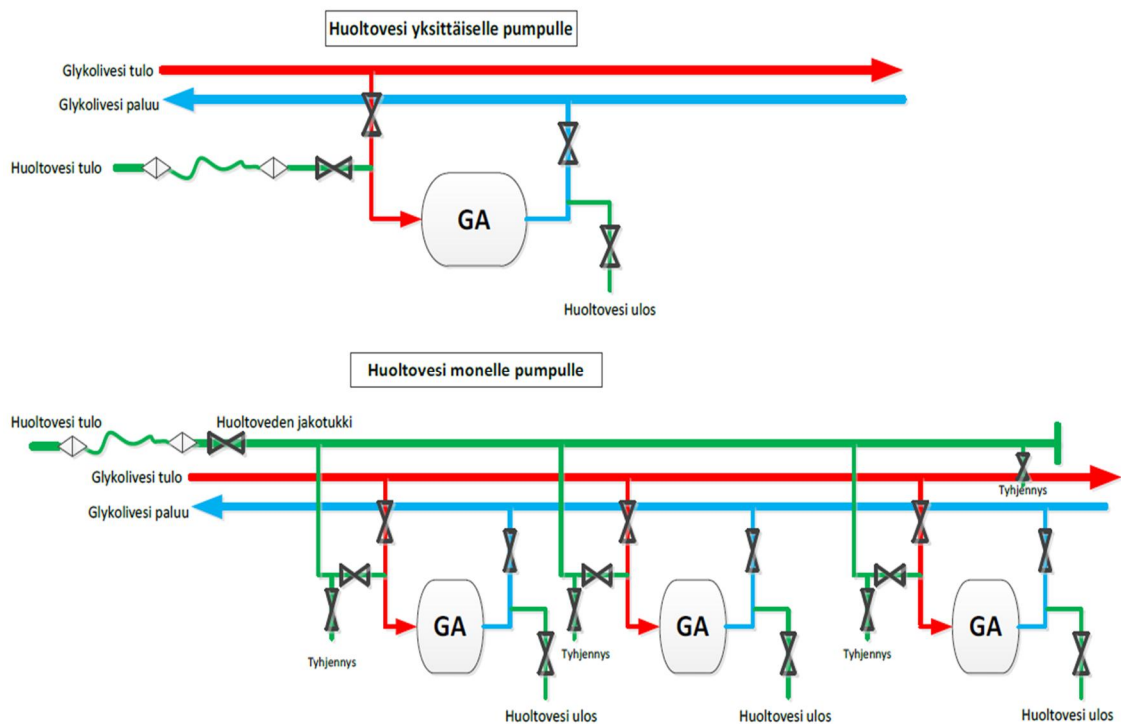
Toiminta häiriötilanteessa tulevaisuudessa:

Toimintaan häiriötilanteissa, missä glykolivesikierto pysähtyisi pääkiertopumppujen rikkoutumisen takia tai suuren vuodon seurauksena, on kuumien kohteiden jäähdytyksen lisäksi hyvä olla uusi ohjeistus, joka olisi helppo, nopea ja turvallinen toteuttaa. Yksiköiden nopeassa alarajossa on paljon riskejä sekä tuotantomenetykset ovat suuret.

Jokaiselle glykolivesikierrossa olevalle yksittäiselle pumpulle tulisi glykolivesilinjaan yhteydet kynsiliittimellä, joista saadaan huoltovesi pumpun glykolivesikiertokanaviin (Kuva 15.). Pumput eristettäisiin glykolivesikierrosta ja huoltovesi laitettaisiin virtaamaan pumpun läpi jäähdyttäen tarvittavia osia pumpussa. Pumpun sisällä oleva glykolivesi määrä

on niin pieni, että se voidaan helposti ottaa talteen. Sisältä tulevan glykoliveden muuttuessa huoltovedeksi sen annettaisiin valua viemäriin ja säädettäisiin ulostulon venttiilillä huoltoveden virtaama. Näin vältetään siltä, että jätevedenpuhdistamolle ei tule suuria määriä glykolivettä ja huoltoveden kapasiteetti riittää.

Huoltoveden tulopaikkoja ei ole prosessialueella niin paljoa, että ne riittäisivät jokaiselle pumpulle. Pumpuille, jotka ovat lähellä toisiaan, olisi mahdollista rakentaa kiinteä jakotukki (Kuva 15.). Tämä jakaisi huoltoveden pumpppujen glykolikiertolinjaan, ja jäähdytys sekä huoltoveden käyttöönotto tapahtuisi samaan tyyliin kuin yksittäisellä pumpulla. Jakotukin pääty asennettaisiin lähelle huoltoveden tulopaikkaa, niin se voidaan ottaa nopeasti käyttöön häiriön sattuessa jakotukkiin kiinnitettyllä letkulla. Jakotukissa olisi tyhjennys yhteitä, joista voidaan tyhjentää linjat käytön jälkeen.



Kuva 15. Huoltovesi pumpuille.

Huoltovesi otetaan ohjeisiin kirjoitetusta huoltovesiyhteistä ja liitettäisiin pumpppuihin sekä jakotukkeihin letkulla. Ohjeissa olisi kohteet, mihin ensimmäisenä laitetaan huoltovesijäähdytys. Ohjeet tehdään tarkasti ja annetaan koko yhtiön käyttöön. Koska TL-1:n glykolivesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä on yhteydessä moneen yksikköön TL-1:n alueella, olisi hyvä tehdä myös Nesteen käyttämällä järjestelmällä pieni laminoitu vihko, jota

jokainen operaattori voisi pitää mukanaan. Häiriötilanteen sattuessa tulee osata toimia ripeästi ja turvallisesti, ja tämä ohjevihko nopeuttaisi toimintaa.

Näillä muutoksilla huoltovesijäähdytys saadaan käyttöön nopeasti normaalilla vuoromiehityksellä. Välttyttäisiin suoja-altaan täyttämiseltä sekä glykolikierron käyttöönotto häiriön jälkeen helpottuisi. Myös mahdollisen vuodon seurauksena eristetyt yksiköt saadaan helposti huoltovesijäähdytykselle ja eristämättömät yksiköt pysyvät vuodon aikana normaalissa glykolivesijäähdytyksessä.

8 Johtopäätökset ja yhteenveto

Jäähdytysjärjestelmiä on paljon, ja niiden toimintaan voidaan vaikuttaa monella eri tavalla. Ennen suunnittelua on asetettava vaatimukset järjestelmälle. Koko järjestelmän kokonaisuus tulee olla optimaalinen, jotta päästäisiin haluttuun lämpötilaan kohteilla. Pienetkin virheet lämmönjakokeskuksen toiminnassa saattavat aiheuttaa suuria lämpötilamuutoksia verkoston kohteissa. Huonosti suunnitellussa tai käytetyssä järjestelmässä saatetaan joutua investoimaan toiminnan parantamiseen suuria summia, jotta järjestelmän toiminta saataisiin paremmalle tasolle. Vaikka järjestelmä tuottaisi tarpeeksi jäähdytystä kohteissa, järjestelmällä voi olla mahdollisuuksia vaikuttaa energiankäyttöön, mikä vähentäisi käyttökuluja.

Laitteiden oikealla valinnalla parannetaan järjestelmän toimivuutta ja ennen kaikkea turvallisuutta. Laitteiden tulee olla kokonaisuuden kannalta toisiinsa sopivia, ja niihin liittyvien säätöjen on oltava mahdollisimman hyvät, jotta järjestelmästä saadaan kaikki hyöty irti. Suljetussa kiertojärjestelmässä kiertävä neste tulee valita oikein, eikä siinä kannata tehdä kompromisseja, sillä se on suurin vaikuttava tekijä järjestelmän käyttöikää ajatellen. Käyttäjien tulee tietää järjestelmän säädöt ja toiminta. Hyvin tehdyt operointiohjeet järjestelmään helpottavat sen käyttöä ja lisäävät turvallisuutta sekä ympäristöystävällisyyttä. Vaikka järjestelmän häiriötilanteisiin johtavat riskit ovat pienet, tulee aina muistaa, että niistä johtuvat seuraukset ovat todella suuret.

TL-1:n glykolivesikiertoisessa jäähdytysjärjestelmässä on tämän tutkimuksen myötä löytynyt useita kehityskohteita. Teoriaosassa selvitettyjä tietoja optimaalisesta järjestelmästä verrattiin TL-1:n nykyiseen järjestelmään soveltavassa osassa ja näillä perusteilla osattiin hyvin hahmottaa järjestelmän puutteet. Muutos- ja parannusehdotuksissa keskityttiin vain nykyjärjestelmän kehittämiseen. Täysin optimaaliseen järjestelmään tulisi tehdä paljon rakenteellisia muutoksia.

Järjestelmän tyhjennys, pesu ja täyttö uudella seoksella ovat tärkeät muutokset nykyiseen järjestelmään. Mittausten ja venttiileiden lisääminen takaisi käyttö- ja toimintavarmuutta. Suodattimen ja sadevesikaivonpumpun korvaaminen tehokkaammalla mallilla helpottaisi järjestelmän toimivuutta. Häiriötilanteisiin liittyvät muutokset ja ohjeistukset

takaavat turvallisemman työskentely-ympäristön, ja välttäisiin suurilta tuotantomene-
tyksiltä. Kiihtävällä tasolla olevat ohjeistukset koko järjestelmästä auttaisivat koko yh-
tiön henkilökuntaa järjestelmän käytössä, ja oikein käsiteltävän järjestelmän käyttöikä
kasvaisi huomattavasti.

Lähteet

- 1 Lämmön- ja aineensiirto. Verkko-opetusmateriaali. Verkkodokumentti. Aalto-yliopisto. <https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/207538/mod_folder/content/0/VR%20L%C3%A4mm%C3%B6nsiirto.pdf?forcedownload=1> Luettu 20.1.2017.
- 2 Neste. 2017. Sisäiset dokumentit. Neste Oyj. Porvoo
- 3 Johda projektisi tehokkaan järjestelmä konseptin avulla. 2014. Suunnitteluopas. Verkkojulkaisu. Oy Danfoss Ab. <http://heating.danfoss.com/PCMPDF/VGGPA220_Sep2014_LR.pdf> Luettu 24.1.2017.
- 4 Pientalon lämmitysjärjestelmät. 2012. Verkkojulkaisu. Motiva Oy. <http://www.motiva.fi/files/7201/Pientalon_lammitysjarjestelmat_2012.pdf> Luettu 23.1.2017.
- 5 Vesikiertoinen vai kuiva lämmönjakojärjestelmä? 2016. Verkkodokumentti. Energiatehokas koti. Päivitetty 5.2.2016. <http://energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/vesikiertoinen_vai_kuiva_lammonjakojarjestelma> Luettu 23.1.2017.
- 6 Lämmitysjärjestelmien huolto. Motiva Oy. 2012. Verkkojulkaisu. Ympäristöosaava ammattilainen. <<http://www.ymparistoosaava.fi/kiinteistonhoitoala/index.php?k=22534>> Luettu 15.3.2017.
- 7 Pienten päälaitteiden virtaamien säätö ja tasapainotus. 2014. Verkkojulkaisu. Vantalvi LVI-yhdistys ry. <<http://vantalvi.fi/wp-content/uploads/2014/05/Tieto-on-valtaa-esite-2.pdf>> Luettu 24.1.2017.
- 8 EU-neuvosto. 2000. Direktiivi 96/61/EY §16 kohta 2: Teollisuuden jäädytysjärjestelmät. Referenssiasiakirja. Verkkodokumentti. <<https://circabc.europa.eu/sd/a/9f6651be-ce45-4eb2-b8e4-a25aa2c1044d/Cooling%20Systems%20FI.pdf>> Luettu 25.1.2017.
- 9 Cooling Systems. 2014. Tutkimus. Verkkodokumentti. IPIECA. <<http://www.ipieca.org/resources/energy-efficiency-solutions/uncategorised/cooling-systems/>> Luettu 25.1.2017.
- 10 Handbook of Industrial Water Treatment - Cooling water systems. 2007. Verkkodokumentti. GE Power & Water. <<https://www.gewater.com/handbook/index.jsp>> Luettu 25.1.2017.
- 11 Ratkaisuja nesteiden suodatukseen. 2013. Esite. Verkkodokumentti. Sarlin Oy Ab. <<http://www.sarlin.com/loader.aspx?id=f2a4cee0-c6d8-4e94-aab5-b8de3b3f7d35>> Luettu 27.1.2017.

- 12 Indicating Filter. 2017. Verkkajulkaisu. Rosedale Products Inc. <<http://www.rosedaleproducts.com/indicating-filter-p-235.html>> Luettu 7.3.2017.
- 13 MAHLE Industry. 2017. Automatic filter. Verkkajulkaisu. Direct industry. <<http://www.directindustry.com/prod/mahle-industry/product-9155-1833459.html>> Luettu 7.3.2017.
- 14 Howard, Perlman. 2016. Water Hardness. Verkkodokumentti. The USGS Water Science School. <<https://water.usgs.gov/edu/hardness.html>> Luettu 27.1.2017.
- 15 Katlyn, Terburg. 2015. 10 Glycol Tips for Water Chiller Operators. Verkkajulkaisu. Smith Onandia Communications LLC. <<http://www.coolingbestpractices.com/technology/measurement/10-glycol-tips-water-chiller-operators>> Luettu 26.1.2017.
- 16 Ethylene Glycol Heat-Transfer Fluid. Verkkodokumentti. The Engineering Toolbox. <http://www.engineeringtoolbox.com/ethylene-glycol-d_146.html> Luettu 1.2.2017.
- 17 Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet – turvallisuusohjeet. 2015. Etyleeniglykoli. Verkkodokumentti. <<http://partner.ttl.fi/ova/etyleeniglykoli.html#syn>> Luettu 31.1.2017.
- 18 ATSDR. 2015. Public Health Statement Propylene Glycol. Verkkodokumentti. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <<https://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=1120&tid=240>> Luettu 31.1.2017.
- 19 Käyttöturvallisuustiedote Propyleeniglykoli. 2013. Verkkodokumentti. Tamro. <kayttoturvallisuustiedotteet.tamro.fi/webktt/frmPDF.aspx?Id=160921> Luettu 1.2.2017.
- 20 Putkien puhdistus vankalla kokemuksella. 2014. Verkkajulkaisu. SPC Vesitekniikka Oy. <<http://www.spcvesitekniikka.fi/putkienpuhdistus>> Luettu 1.3.2017
- 21 Paineilma-vesipuhdistus alle 300 putkille. 2014. Verkkajulkaisu. SPC Vesitekniikka Oy. <<http://www.spcvesitekniikka.fi/putkienpuhdistus/paineilma-vesipuhdistus>> Luettu 1.3.2017.
- 22 Possutus sopii pitkien linjojen puhdistukseen. 2014. Verkkajulkaisu. SPC Vesitekniikka Oy. <<http://www.spcvesitekniikka.fi/putkienpuhdistus/possutus>> Luettu 1.3.2017.
- 23 Tamper, Markku. 2017. Kunnossapidon koneiden aluevastaava. Neste Oyj. Porvoo. Sähköpostikeskustelu.

Lisättävät mittaukset

