

Opinnäytetyö AMK

Kemiantekniikka

2025

Vili Pukari

# Kaukolämpöjärjestelmän kemikaaliannostelun muutos



Opinnäytetyö AMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Kemiantekniikka

2025 | 60 sivua

Vili Pukari

## Kaukolämpöjärjestelmän kemikaaliannostelun muutos

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Neste Oyj:n kaukolämpöjärjestelmän kemikaaliannostelun nykytila ja tunnistaa sen turvallisuutta, luotettavuutta sekä ympäristönäkökulmia heikentävät kehitystarpeet. Työn lähtökohtana oli havainto, että vanha järjestelmä aiheuttaa työturvallisuusriskin työntekijöille. Riskinä on altistuminen kuumalle vedelle ja emäksisille kemikaaleille. Lisäksi tarkasteltiin kaukolämpöverkkoa laajemmin ja sivuvirtasuodattimen toimintaa.

Tutkimusmenetelminä hyödynnettiin järjestelmäanalyysiä, kirjallisuuskatsausta sekä asiantuntijahaastatteluja nykytilan ja kehitysideoiden kartoittamiseksi. Työssä on arvioitu kemikaalinannostelun aiheuttamia riskejä ja sitä, kuinka niitä voitaisiin pienentää sekä minkälaisia ratkaisuja muualla on käytössä. Vertailua tehtiin aiheeseen liittyviin standardeihin, suosituksiin ja ohjeisiin sekä arvioitiin automaation tuomia etuja. Näin tunnistettiin kehityskohteita, joiden avulla pystytään parantamaan turvallisuutta ja toimintavarmuutta.

Tulokset osoittavat, että nykyisessä kemikaaliannostelujärjestelmässä on merkittäviä puutteita, kuten käsin tehdyn annostelun tuomat altistumisriskit, epätasainen annostelu ja puutteelliset turvajärjestelyt. Kehitysehdotukset sisältävät automaatiota lisäävien ratkaisujen käyttöönoton, kemikaalinannostelupisteen siirtämisen ja uusimisen sekä ehdotuksia vahinkojen ehkäisyyn. Järjestelmän uudistaminen edistäisi paitsi työturvallisuutta, mutta myös ympäristönsuojelua sekä kaukolämpöverkon pitkäaikaista käyttövarmuutta.

Asiasanat:

kaukolämmitys, vedenkäsittely, korroosio, työturvallisuus, ympäristövaikutukset, vedenlaatu, teollisuus

Bachelor's | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Chemical Engineering

2025 | 60 pages

Vili Pukari

## Changes in chemical dosing system for district heating

The aim of this thesis was to determine the current state of the chemical dosing of Neste Corporation's district heating system and to identify development needs related to its safety, reliability, and environmental aspects. The starting point for the work was the observation that the old system poses an occupational safety risk to employees. There is a risk of exposure to hot water and alkaline chemicals. In addition, the district heating network and the operation of the side stream filter were examined.

System analysis, literature review and expert interviews were used as research methods to map the current state and development ideas. This study assessed the risks posed by chemical dosing and how they could be reduced, as well as alternative solutions implemented in comparable systems. The comparison was made with related standards, recommendations and guidelines, and the benefits of automation were evaluated. In this way, areas of development were identified that can be used to improve safety and operational reliability.

The results show that there are significant shortcomings in the current chemical dosing system, such as the risks of exposure due to manual dosing, uneven dosing and inadequate safety arrangements. The development proposals include the introduction of automation-boosting solutions, the transfer and renewal of a chemical dosing point, and proposals for damage prevention. The renewal of the system would not only promote occupational safety, but also environmental protection and long-term operational reliability of the district heating network.

Keywords:

district heating, water treatment, corrosion, work safety, ecological effects, water quality, industry

# Sisältö

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Käytetyt lyhenteet ja sanasto</b>                              | <b>7</b>  |
| <b>1 Johdanto</b>   | <b>8</b>  |
| <b>2 Neste Oyj kaukolämpökierto ja kemikaalisyöttöjärjestelmä</b> | <b>9</b>  |
| 2.1 Kaukolämpökierron yleiskuvaus                                 | 10        |
| 2.2 Kaukolämpöverkon veden laatu                                  | 11        |
| 2.3 Korroosio kaukolämmössä                                       | 13        |
| 2.4 Kemikaalin nykyinen annostelupaikka                           | 16        |
| 2.5 Työturvallisuus ja ympäristönsuojelu                          | 17        |
| 2.5.1 Työturvallisuuden merkitys ja riskit                        | 18        |
| 2.5.2 Ympäristöturvallisuus ja päästöjen hallinta                 | 19        |
| <b>3 Esiselvitys ja kehitysvaihtoehdot</b>                        | <b>21</b> |
| 3.1 Nykytila ja syvempi kierron kuvaus                            | 21        |
| 3.1.1 Toisiokierto  | 22        |
| 3.1.2 Paineistussäiliö  | 23        |
| 3.1.3 Sivuvirtasuodatin   | 24        |
| 3.1.4 Näytteenotto  | 25        |
| 3.1.5 Kaukolämpöverkon nykyiset veden laatuhaasteet               | 26        |
| 3.1.6 Kaukolämpöverkon tilavuus                                   | 29        |
| 3.2 Järjestelmän kehityskohteet                                   | 30        |
| 3.2.1 Kemikaalisyötön parannustarpeet ja uudistamisvaihtoehdot    | 30        |
| 3.2.2 Kaukolämpökierron näytteenotto                              | 38        |
| 3.2.3 Sivuvirtasuodatin / magneettisuodatin                       | 39        |
| 3.3 Riskit huonosta vedenlaadusta                                 | 40        |
| 3.4 Muualla käytössä olevat kemikaalin syöttöjärjestelmät         | 43        |
| <b>4 Toiminnalliset vaikutukset ja hyötypotentiaali</b>           | <b>45</b> |
| 4.1 Parannustarpeiden arviointi ja resurssitarve                  | 45        |
| 4.1.1 Nykyisen järjestelmän puutteet ja niistä aiheutuvat riskit  | 45        |
| 4.1.2 Uuden järjestelmän vaatimukset                              | 46        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.1.3 Resurssitarve                                  | 49        |
| 4.1.4 Käytännön ratkaisuehdotus                      | 49        |
| 4.2 Työturvallisuus                                  | 50        |
| 4.2.1 Kemikaalien käsittely ja annostelu             | 51        |
| 4.2.2 Ergonomia ja sijoittelu                        | 51        |
| 4.2.3 Mahdolliset riskit ja suositellut toimenpiteet | 51        |
| 4.3 Ympäristö  | 52        |
| 4.4 Mahdolliset säästöt kunnossapidossa              | 53        |
| 4.5 Kaukolämpökierron käyttöiän pidentäminen         | 54        |
| <b>5 Lopuksi</b>                                     | <b>55</b> |
| <b>Lähteet</b>                                       | <b>57</b> |

## **Liitteet**

Liite 1. Kaukolämpöverkon laboratorion analyysitulokset.

## **Kuvat**

|   |    |
|---|----|
| Kuva 1. Ilmakuva Kilpilahden teollisuusalueesta (Neste n.d.b).  | 9  |
| Kuva 2. Kaukolämmön osuus kokonaisloppukulutuksesta (TFC) Euroopassa vuonna 2017 (IEA 2020).  | 10 |
| Kuva 3. Yksinkertaistettu kuva kaukolämpölaitoksesta sekä kaukolämmöllä lämmitetystä kiinteistöstä (Toffetti 2015).                 | 11 |
| Kuva 4. Kaukolämpöverkon kemikaalien annostelupiste (oma piirros), mukailen PI-kaaviota (Neste Oil 2015 & Neste 1988).              | 16 |
| Kuva 5. Virtauskaavio kaukolämmön lämmöntuotannosta (oma piirros), mukailen PI-kaaviota (Neste Oil 2015).                           | 22 |
| Kuva 6. Kiinteistön lämmönjakokeskus. Virtauskaavio kaukolämmön lämmöntuotannosta (oma piirros), mukailen PI-kaaviota (Neste 1988). | 23 |
| Kuva 7. Kaukolämpöverkon sivuvirtasuodatin. (Pukari 2025)   | 25 |

|   |    |
|---|----|
| Kuva 8. Kaukolämpöverkon näytteenottopaikka ja näytteenjäähdytin (oma piirros), mukaillen PI-kaaviota (Neste 1988). | 26 |
| Kuva 9. Lämmönsiirtimien likaantumisen vaikutus tehoon (KL-Lämpö n.d.).   | 41 |
| Kuva 10. Kemikaaliannosteluasema (KL-lämpö Oy n.d.)   | 50 |

## **Taulukot**

|  |    |
|--|----|
| Taulukko 1. Jalostamon syöttövedenlaatu (SFS-EN 12952-12. 2003)  | 11 |
| Taulukko 2. Nesteen kaukolämpöverkon veden laadun hälytysrajat Lähde: Neste Oyj:n sisäinen Oili-laboratorion tietojärjestelmä (2025) | 12 |
| Taulukko 3. Ohjearvot kaukolämpövedelle (Energiateollisuus ry 2007).   | 14 |
| Taulukko 4. Erilaisten toteutustapojen edut ja haitat.   | 35 |
| Taulukko 5. Kemikaalin annostelupaikan sijoitusvaihtoehtojen edut ja haitat.   | 37 |
| Taulukko 6. Kaukolämpöverkko vertailu (Imatran Lämpö Oy 2025; Porvoon Energia Oy 2025; Seinäjoen Energia Oy 2025).                   | 43 |

## Käytetyt lyhenteet ja sanasto

|                   |  |
|-------------------|--|
| Boilex            | Höyryntuotannossa käytetty vedenkäsittelykemikaali korroosion vähentämiseen                |
| DEHA              | Diethanolamine, dietyyliaminoetanoli (National Center for Biotechnology Information, 2025) |
| Inhibiitti        | Kemikaali, joka estää korroosiota  |
| Lauhde            | Lauhtunutta höyryä   |
| Lisävesi          | Täyssuolanpoistettua vettä   |
| Lämmönvaihdin     | Laite, joka siirtää lämpöä kahden virtaavan aineen välillä                                 |
| OSBL              | (Outside Battery Limits) Laitosalueen ulkopuolella   |
| Panosmainen       | Annostelutapa, joka tehdään annoksittain   |
| Putkisilta        | Rakenne, jonka päällä on useita putkia   |
| Sivuvirtasuodatin | Suodatin, joka sijaitsee päävirtauksen rinnalla  |
| Toisiokierto      | Oma erillinen kierto, joka ottaa lämpöä pääkierrosta lämmönvaihtimella                     |
| Värjäysaine       | Vihreä fluoresoiva neste, jota käytetään kaukolämpökierron vuotojen havaitsemiseen         |

# 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehdä esiselvitys Neste Oyj Porvoon jalostamon kaukolämpökierron kemikaalisyöttöjärjestelmään parannustarpeista ja selvittää, miten järjestelmää voitaisiin kehittää entistä turvallisemmaksi, toimintavarmemmaksi ja ympäristöystävällisemmäksi. Työssä analysoidaan sivuvirtasuodattimen toimintaa sekä nykyisen kemikaalisyöttöpisteen ja näytteenottopisteen uudistamista. Järjestelmä on suunniteltu ja otettu käyttöön vuosikymmeniä sitten eikä enää vastaa yrityksen nykyisiä turvallisuus- ja toimintavaatimuksia.

Kemikaalisyöttöpisteen uusinta on tärkeää erityisesti työturvallisuuden näkökulmasta, sillä kemikaaleille ja kuumalle vedelle altistuminen voi aiheuttaa vakavan työtapaturman. Lisäksi järjestelmän kehittämällä voidaan saavuttaa taloudellisia säästöjä vähentämällä kunnossapitokustannuksia ja minimoimalla suunnittelelemattomat käyttökatkokset, sekä ehkäistä kemikaalien pääsyä ympäristöön. Kemikaalien parempi ja tasaisempi annostelu myös vähentää kierrossa syntyvää korroosiota, mikä osaltaan edistää kaukolämpöverkoston käyttöä pidentämistä.

Työn aiheen valintaan vaikutti työ- ja ympäristöturvallisuuden parantamisen tarve, sekä tarve lisätä kaukolämpökierron käytettävyyttä. Riskit, joita syntyy kemikaalin panosmaisessa annostelussa ovat mahdollisia välttää toteuttamalla kemikaalin käsittely toisella tavalla. Työssä selvitetään menetelmiä, joilla saadaan aikaan kemikaalien säännöllisempi ja tasaisempi lisäys siten että altistumisriski pienenee ja järjestelmän tehokkuus paranee. Lisäksi arvioidaan sivuvirtasuodattimen roolia vedenlaadun parantamisessa. Kemikaalien leviäminen tasaisesti kokokiertoon vie jonkin aikaa ja aina kemikaaleja käsiteltäessä on riski altistua niille.

Työn tarkoituksena on luoda alustava suunnitelma jalostamon kaukolämpökierron kemikaalisyötön ja näytteenoton parantamiseksi, sekä arvioida sivuvirtasuodattimen hyötyjä ja parannustarpeita.

## 2 Neste Oyj kaukolämpökierto ja kemikaalisyöttöjärjestelmä

Neste Oyj on suomalainen energia-alan pörssiyhtiö, joka tunnetaan maailmanlaajuisesti uusiutuvien polttoaineiden edelläkävijänä. Neste on jo vuosien ajan panostanut vahvasti kestävään kehitykseen ja innovaatioihin, jotka auttavat ilmastotavoitteiden saavuttamisessa. Yrityksen liiketoimintaan kuuluu raakaöljyn jalostaminen ja uusiutuvien polttoaineiden kehittäminen sekä tuotanto.

Porvoon jalostamo on perustettu jo vuonna 1965, jonka vuoksi siellä on monen ikäistä laitteistoa (Neste n.d.a). Jalostamo on vuosien varrella moneen kertaan laajennettu ja uudistettu. Uusien laitosten tieltä on myös purettu vanhoja laitoksia ja muun muassa yrityksen oma asuinalue. Jalostamon asuinalueella asui enimmillään noin 500 henkilöä. Se purettiin 2000-luvun alkupuolella turvallisuussyistä ja prosessialueen laajenemisen vuoksi. (Kiuru 2003.) Kilpilahden teollisuusalue on vuosien varrella kasvanut suureksi teollisuusalueeksi. Siellä toimii muun muassa tonnimääräisesti suomen suurin satama. (Traficom 2021.)

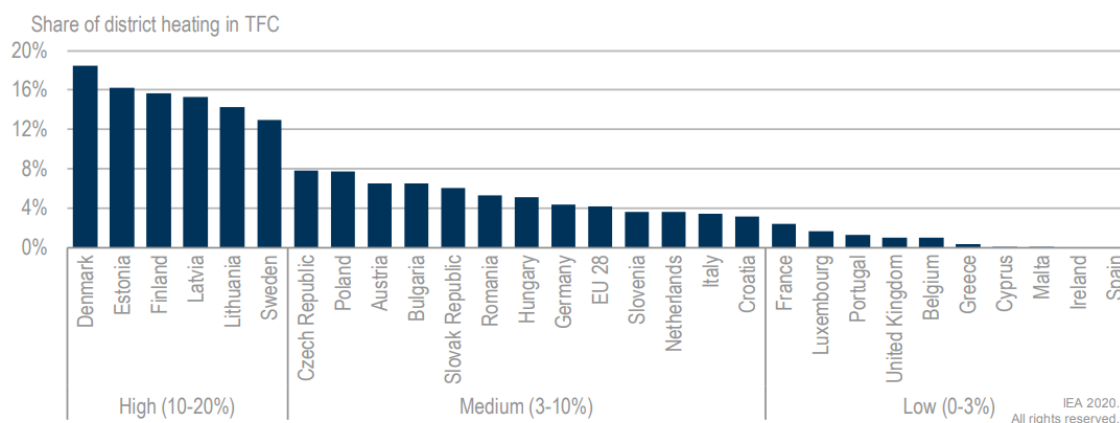


Kuva 1. Ilmakuva Kilpilahden teollisuusalueesta (Neste n.d.b).

Jalostamalla käytetään prosessien synnyttämää hukkalämpöä uudelleen. Lämpöä siirretään lämmönvaihtimien avulla toiseen virtaukseen, kuten prosessivirtaan tai höyryyn, jonka lämpötilaa halutaan nostaa. Hukkalämpöä hyödyntämällä pystytään toimimaan energiatehokkaammin sekä ympäristöystävällisemmin.

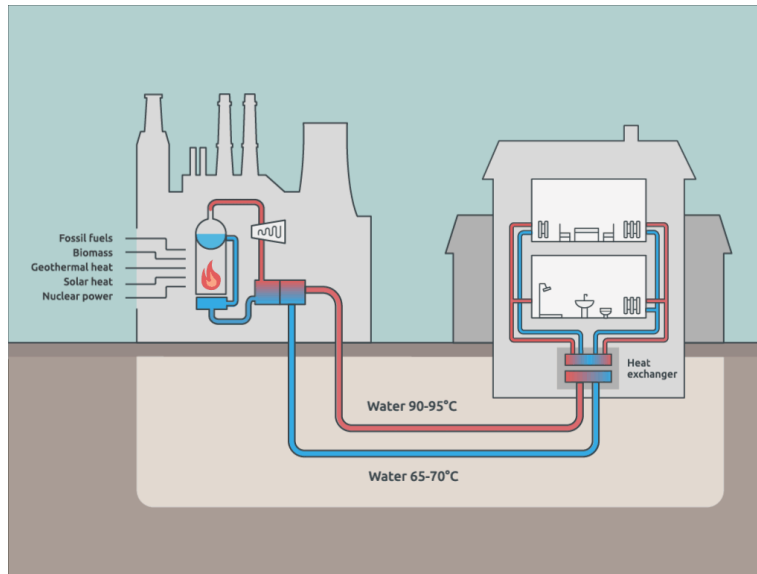
## 2.1 Kaukolämpökierron yleiskuvaus

Kaukolämpö on keskitettyä lämmön tuotantoa. Kaukolämpöverkoston kautta jaetaan lämpöä lähialueen kiinteistöille ja muille lämmitettäville kohteille. (IEA n.d.) Kuten alla olevasta kuvaajasta ilmenee, kaukolämpö on yleisempää Pohjois-Euroopassa kuin muualla Euroopassa.



Kuva 2. Kaukolämmön osuus kokonaisloppukulutuksesta (TFC) Euroopassa vuonna 2017 (IEA 2020).

Kaukolämpöverkossa vesi kiertää pumpun avulla lämpöeristetyssä putkessa. Kiertoa lämmitetään lämmönvaihtimien avulla joiden toisella puolella virtaa kuumempaa ainetta. Lämmitetty vesi virtaa verkostossa, josta lähtee haaroja eri lämmityskohteille. Lämmityskohteista vesi palaa jäähtyneenä takaisin kaukolämmön paluulinjaan. Kierrossa on myös paineistussäiliö, jonka painetta ja pintaa mitataan. Mittauksien perusteella säädetään tarvittaessa automaatteja, joiden avulla ylläpidetään säiliön ja kierron painetta sekä nestemäärää järjestelmässä. (Neste Jacobs 2009.)



Kuva 3. Yksinkertaistettu kuva kaukolämpölaitoksesta sekä kaukolämmöllä lämmitetystä kiinteistöstä (Toffetti 2015).

## 2.2 Kaukolämpöverkon veden laatu

Jalostamon kaukolämpöverkko täytetään ja vuototilanteissa lisävesi otetaan jalostamon syöttövedestä. Syöttövettä käytetään myös jalostamon kattiloilla, joiden avulla tuotetaan höyryä. Alla on taulukko jalostamon syöttöveden laatuvaatimuksista.

Taulukko 1. Jalostamon syöttövedenlaatu (SFS-EN 12952-12. 2003)

| Ominaisuus             | Ohjearvo         |
|------------------------|------------------|
| pH                     | 9,2–9,4          |
| Kokonaiskovuus         | < 0,01 mmol/kg   |
| Öljy                   | < 500 µg/kg      |
| Kokonaisrauta          | < 30 µg/kg       |
| Boilex 515A            | 0,5–1,0 mg/l     |
| Suora sähkön johtavuus | < 50 µS/cm       |
| Kuparipitoisuus        | < 10 µg/kg       |
| Happipitoisuus         | < 20 µg/kg (ppb) |

Kaukolämpöverkon lisävesi tulee siis jalostamon syöttövedestä, joka on valmistettu kattiloiden vaatimusten mukaisesti. Kattilakäytössä veden laatuvaatimukset ovat tiukemmat. Laadukkaan lisäveden ansiosta korroosioriski ei nouse merkittävästi esimerkiksi vuototilanteessa, kun syöttövettä otetaan enemmän kiertoon. Yksi suurimmista laatutekijöistä on veden hapettomuus. Suljettuun kiertoon kuitenkin lisätään kemikaaleja ja värjäysainetta parantamaan veden ominaisuuksia.

Kaukolämpövesikiertoon lisätään Solenisin valmistamaa saostumisen estoainetta Amertrol AT3500 ja KL-Lämpö Oy:n valmistamaa värjäysainetta KK-Merkkausaine. Vihreän värjäysaineen tarkoitus on auttaa mahdollisessa vuototilanteessa vuodon lähteen tunnistamisessa. Yksilöllisen värin avulla maaperästä havaittu vuoto voidaan todeta kaukolämmön vuodoksi silmämääräisesti. Amertrol AT3500 nostaa veden pH arvoa, suojaa kupari- ja messinkiosia, lisäksi AT3500:n polymeeriosa auttaa estämään kerrostumien muodostumisen putkistoihin ja lämmönvaihtimiin (Solenis 2014).

Jalostamon kaukolämmöstä näyte on aikataulutettu vietäväksi kerran kuukaudessa tutkittavaksi laboratorioon, jossa näytteestä analysoidaan pH, BOILEX, kovuus, ulkonäkö, DEHA ja rautapitoisuus. Niille on asetettu hälytysarvot, jotka ovat taulukossa 2.

Taulukko 2. Nesteen kaukolämpöverkon veden laadun hälytysrajat Lähde: Neste Oyj:n sisäinen Oili-laboratorion tietojärjestelmä (2025)

| Ominaisuus | Yksikkö | Hälytysrajat |            |
|------------|---------|--------------|------------|
| pH         |         | 8,5          | 10,5       |
| Kovuus     | mmol/l  |              | 0,05       |
| Ulkonäkö   |         |              | punaruskea |
| DEHA       | µm/l    | 150          | 200        |
| Rauta      | µm/l    |              | 100        |

Kaukolämpökierron veden laadun tärkeimpiä muuttujia ovat pH-arvo, happipitoisuus, sähkönjohtavuus, kovuus, rauta-, kupari ja kiintoainepitoisuus (Kaunisto & Carpen 1998, 7).

### 2.3 Korroosio kaukolämmössä

Kaukolämpöverkon vesikierrossa yleisimmät korroosiota ja käyntihäiriötä aiheuttavat tekijät ovat veteen liuenneet kaasut kuten happi ja hiilidioksidi, sekä epäsopiva pH-arvo. Lisäksi ongelmia voivat aiheuttaa liuenneet suolat, jotka voivat muodostaa saostumia, kuten esimerkiksi kovuuden aiheuttamaa sakkaa. Energiateollisuus ry:n (2007) mukaan kaukolämpökiirroissa tavallisimmat korroosimuodot ovat:

- Happikorroosio
- Jännityskorroosio
- Vetyä kehittävä korroosio
- Galvaaninen korroosio
- Eroosiokorroosio
- Ammoniakkikorroosio
- Biologinen korroosio

Korroosion riski kasvaa, jos veden tasapaino häiriintyy esimerkiksi vuodon takia tai järjestelmän rakenne altistaa sille. Verkoston kunnossapito voi lisäksi aiheuttaa haasteita, jos uudet laitteet on varastoitu tai asennettu huolimattomasti tai ne ovat päässeet ruostumaan ja likaantumaan.

Energiateollisuus ry ohjeistuksen (KK3/2007) antamat ohjeet kaukolämpövedelle auttavat ehkäisemään korroosiota ja kerrostumien syntymistä järjestelmässä.

Taulukko 3. Ohjearvot kaukolämpövedelle (Energiateollisuus ry 2007).

| Ominaisuus      | Ohjearvo             |
|-----------------|----------------------|
| pH              | 9,0–10,0             |
| Kokonaiskovuus  | < 0,143 mmol/kg      |
| Öljypitoisuus   | < 1 mg/l             |
| Kokonaisrauta   | < 0,1 mg/l           |
| Kokonaiskupari  | < 0,02 mg/l          |
| Sähkönjohtavuus | < 150 $\mu$ S/cm     |
| Ammoniakki      | < 5 mg/l             |
| Kloridi         | < 50 mg/l            |
| Vetykarbonaatti | < 60 mg/l            |
| Kiintoaine      | < 0,5 mg/l           |
| Happipitoisuus  | < 0,02 mg/l          |
| Väriaine        | Silmin havaittavissa |

Veden pitäminen suositusarvoissa auttaa vähentämään erityyppisten korroosimuotojen riskiä, mutta jo pienet poikkeamat voivat aiheuttaa ongelmia.

### Veden pH:n vaikutus korroosioon

Esimerkiksi jos pH-arvo nousee 10,0:een tai sen yli, niin teräksen jännityskorroosio lisääntyy huomattavasti. Jos taas pH on liian alhainen (alle 9,0) teräs alkaa syöpymään kehittäen samalla vetyä. (Koskelainen ym. 2006, 361; Kaunisto & Carpen 1998, 7.) Tämä korroosio on nopeampaa korkeassa lämpötilassa (Koskelainen ym. 2006, 361).

### Jännityskorroosio

Metalliin syntyy murtumia ulkoisen ja sisäisen vetojännityksen vaikutuksesta. Jännityskorroosiolle riskialttiimpia materiaaleja ovat metalliseokset, joiden

pinnassa on passiivinen suojakerros. Esimerkiksi ruostumattomat ja haponkestävät teräkset sekä kupari metallit. Hiiliteräksen jännityskorroosiota edistää liian suuri nitriitti-ionipitoisuus ja liian korkea pH-arvo. (Koskelainen ym. 2006, 361, 363.)

### **Happikorroosio**

Happikorroosiota esiintyy, kun happipitoinen vesi on kosketuksissa teräkseen  $\text{pH} < 9$ . Tässä reaktiossa teräs liukenee muodostaen rauta(II)hydroksidia, joka voi hapettua edelleen rautaoksideiksi ja ruosteeksi. Happikorroosiota kiihdyttää korkea lämpötila ja veden suolapitoisuus. Jo  $20 \mu\text{g}/\text{kg}$  happipitoisuus voi aiheuttaa korroosiota sähkönjohtavuuden ollessa  $100\text{--}200 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

Happikorroosio voi olla tasaista tai teräväreunaista kuoppakorroosiota. (Koskelainen ym. 2006, 360–361, 364.) Happikorroosio on nopeimmillaan  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  paikkeilla (Kaunisto & Carpen 1998, 26).

### **Vetyä kehittävä korroosio**

Veden pH:n ollessa liian alhainen alkaa teräs syöpymään kehittäen vetyä. Mitä matalampi pH, sitä voimakkaampaa tämä on. Korroosio kiihtyy mitä korkeampi lämpötila ja mitä matalampi pH-arvo. Vetyä kehittävä korroosiota ei juurikaan esiinny, jos pH on yli 9. (Koskelainen ym. 2006, 361.)

### **Galvaaninen korroosio**

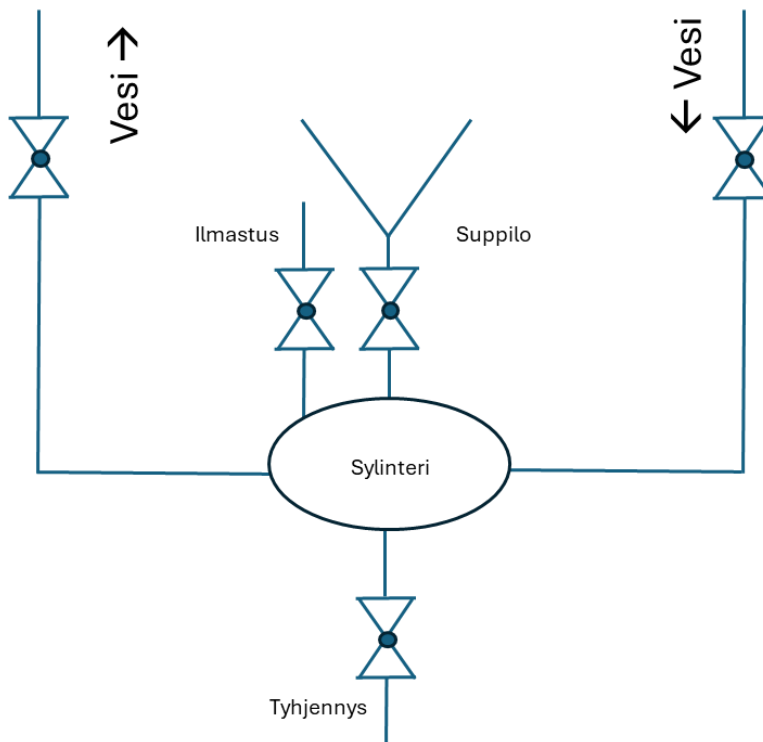
Galvaaniselle korroosiolle on riski, kun eri metallit ovat sähkökemiallisesti suoraan tai kaukolämpöveden kautta kontaktissa toisiinsa. Tällöin epäjalompi metalli syöpyy. (Koskelainen ym. 2006, 362; Energiäteollisuus ry 2007, 2–3, 5.)

## Eroosiokorroosio

Eroosiokorroosio aiheutuu veden virtauksesta. Etupäässä kuparilla ja kuparimetalleilla esiintyy eroosiota, jos kierrossa on happea. Happi muodostaa pinnalle kalvon, jota virtaus kuluttaa, kunnes materiaali on kulunut pois. Korroosio on sitä voimakkaampaa mitä alhaisempi pH-arvo. Lisäksi korroosiota voi kiihdyttää vedessä olevat hiukkaset ja kaasukuplat. (Koskelainen ym. 2006, 362.)

### 2.4 Kemikaalin nykyinen annostelupaikka

Kemikaalien annostelupaikka sijaitsee kaukolämpökierron sivuhaarassa Vesilaitos 1:n alakerrassa. Annostelupaikalla on noin 7 litran sylinteri, jonka päällä on suppilo. Kuvassa 4 on havainnollistava kuva kemikaalien annostelupaikasta. Kemikaalien annostelu tehdään panosmaisesti täyttämällä sylinteri.



Kuva 4. Kaukolämpöverkon kemikaalien annostelupiste (oma piirros), mukaillen PI-kaaviota (Neste Oil 2015 & Neste 1988).

Normaalitilanteessa kaukolämpövesi virtaa sylinterin läpi. Kun halutaan lisätä inhibiittia tai väriainetta:

1. Suljetaan tulo- ja lähtöventtiilit.
2. Tyhjennetään sylinteri avaamalla tyhjennysventtiili ja ilmastusventtiili.
3. Suljetaan tyhjennysventtiili.
4. Lisätään KK-Merkkausaine tai Amertrol AT3500 suppilon kautta sylinteriin.
  - a. Suppilo on tilavuudeltaan noin puolet sylinterin tilavuudesta.
5. Suljetaan ilmastusventtiili ja suppilon venttiili.
6. Avataan venttiilit kiertoon.

## 2.5 Työturvallisuus ja ympäristönsuojelu

Kun kemikaaleja käsitellään ja säilytetään laimentamattomana, on tärkeää huomioida työturvallisuus ja ympäristönsuojelu. Jalostamon kaukolämpöverkossa käytetyn inhibiittin Amertrol AT3500 -kemikaalin annostelussa kierto on havaittu riskejä, jotka voivat aiheuttaa vaaroja työntekijöille ja ympäristölle. Kun annostelupaikalla operoidaan venttiilejä, on riski altistua jopa 115 °C asteiselle kaukolämpövedelle, mikä voi aiheuttaa vakavia palovammoja ja mahdollisesti lisätä kemikaalialtistumisen vakavuutta. Näiden riskien arviointi ja dokumentointi ovat työnantajan lakisääteisiä vastuita kuten esimerkiksi Työturvallisuuslaki 738/2002, valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä 715/2001 ja Ympäristönsuojelulaki 527/2014 edellyttävät. Työturvallisuuslaki 738/2002 toi mukanaan riskien arvioinnin ja ennakoivampaan työsuojelun. Sitä ennen oli voimassa Työturvallisuuslaki 299/1958, joka oli enemmän reaktiivinen. Myös ympäristölainsäädäntö on kiristynyt vuosikymmenten aikana. Kun jalostamo perustettiin, ei ollut edes yhtä yhtenäistä lakia ympäristön suojelemiseksi vaan oli säädytty useita erillisiä lakeja.

### 2.5.1 Työturvallisuuden merkitys ja riskit

Kaukolämmön kemikaalien annostelussa on kohonnut riski, että työntekijä altistuu syövyttävälle ja vaaralliselle aineelle. Tähän työvaiheeseen tulee siksi kiinnittää erityisesti huomiota, jotta työturvallisuutta voidaan parantaa.

Amertrol AT3500 -kemikaalin käyttöturvallisuustiedotteen mukaan aineelle on annettu seuraavat terveyteen liittyvät vaaralausekkeet:

- H226: Syttyvä neste ja höyry.
- H302: Haitallista nieltynä.
- H312: Haitallista joutuessaan iholle.
- H315: Ärsyttää ihoa.
- H317: Voi aiheuttaa allergisen ihoreaktion.
- H318: Vaurioittaa vakavasti silmiä.
- H332: Haitallista hengitettynä.
- H335: Saattaa aiheuttaa hengitysteiden ärsytystä.
- H341: Epäilläään aiheuttavan perimävaurioita.
- H351: Epäilläään aiheuttavan syöpää.

Kemikaalin vaaralausekkeiden vakavuus korostaa työturvallisuustoimenpiteiden tärkeyttä. Nykyisessä järjestelmässä havaittiin seuraavia puutteita:

- **Manuaalinen kemikaalin käsittely:** Työntekijät annostelevat Amertrol AT3500-kemikaalia suppilon kautta noin 7 litran sylinteriin, joka erotetaan kierrosta käsiventtiileillä annostelun ajaksi. Sylinterissä on erotusventtiilit tulo- ja lähtöpuolella sekä tyhjennys-, ilmastus- ja täyttösuppilonventtiili. Sylinterissä ei ole pinnanmittausta, mikä vaikeuttaa täyttämistä sekä tyhjentämistä. Työskennellessä on riski saada roiskeita tai suurempi altistuminen syövyttävälle kemikaaleille, mikä voi aiheuttaa vakavan vamman. Amertrol sisältää haihtuvia osia, joille altistuminen on vaarallista ilman asianmukaista suojautumista.
- **Kuuma vesi:** Kemikaalit lisätään suppiloon, josta virtaa normaalisti kuumaa vettä. Venttiilejä operoidessa on inhimillisen virheen

mahdollisuus ja näin on riski altistua jopa 115 °C asteiselle vedelle. On myös mahdollista, että lämpötila saa kemikaalin höyrystymään, kun sitä annostellaan suppiloon.

- **Liukkaus:** Jos kemikaalia läikkyä, kaatuminen on mahdollista, sillä kemikaali voi aiheuttaa liukkautta.
- **Vuotokaukalon puute:** Kemikaalin annostelupaikalla tai säilöntäpaikalla ei ole vuotokaukaloa, joka rajaisi leviämisaluetta. Lisäksi lähistöllä olisi hyvä olla imeytysainetta.
- **Turvasuihku ja silmienhuuhtelupiste:** Lähin turvasuihku sijaitsee yli 20 metrin päässä, ja työntekijän on kuljettava putkien ympäri, avattava ovi sekä käytettävä rappusia päästäkseen sinne. Tämä reitti voi olla erityisen vaikea kulkea hätätilanteessa. Tämä on standardin SFS-EN 15154-5 (2019) suositustenvastaista.
- **Ohjeet:** Suojavarustus ohjeistettu, mutta kemikaalien annostelua ei ole ohjeistettu.

Työturvallisuuslaki 738/2002 ja valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä 715/2001 edellyttävät, että työnantaja tunnistaa ja ehkäisee työntekijään kohdistuvia vaaroja. On havaittu, että kemikaalien annostelussa kaukolämpökiertoon on parannettavaa.

## 2.5.2 Ympäristöturvallisuus ja päästöjen hallinta

Ympäristön kannalta puutteita on havaittu liittyen kemikaalien säilytykseen ja annosteluun. Näiden ongelmien seuraukset voivat olla pitkäkestoisia ja yllättäviä. Amertrol AT3500 -kemikaalin käyttöturvallisuustiedotteessa mainitaan seuraavat ympäristövaaroihin liittyvät lausekkeet:

- H400: Erittäin myrkyllistä vesieliöille.
- H410: Erittäin myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia haittavaikutuksia.
- H411: Myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia haittavaikutuksia.
- H412: Haitallista vesieliöille, pitkäaikaisia haittavaikutuksia.

Nämä vaaralausekkeet korostavat tarvetta tarkastella suojoitoimenpiteiden riittävyttä. Tarkastelussa havaittiin seuraavia puutteita:

- **Kemikaalivuodot säilytyksessä:** Kemikaaleja säilytetään sisätilassa, jossa ei ole vuotokaukaloa tai valuma-allasta. Amertrol AT3500-kemikaali on laimentamattomana haitallista vesieliöille ja voi aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia ympäristössä.
- **Kemikaalivuoto annosteluvaiheessa:** Kemikaalia annostellaan sisätilassa ilman vuotokaukaloa tai valuma-allasta. Tilasta mahdollinen vuoto valuu ulkona olevaan puroon, jos sitä ei onnistuta imeyttämään hallitusti.
- **Vuoto kaukolämpöverkossa:** Jos verkostossa tulee vuoto, kuumaa vettä pääsee valumaan ympäristöön, mikä voi aiheuttaa ekologisia haittoja. Suuri vuoto havaitaan, kun paisuntasäiliöstä tulee hälytys alhaisesta pinnasta. Pienempi vuoto on haastavampaa havaita, koska siitä ei välttämättä tule hälytystä, vaan syöttövesiautomaatti aukeaa pinnan laskiessa.
- **Vuotokaukalon puute:** Kemikaalin annostelupaikalla tai säilöntäpaikalla ei ole vuotokaukaloa, joka rajaisi leviämisaluetta. Lisäksi olisi hyvä olla imeytysainetta.

Ympäristönsuojelulaki 527/2014 16 § asettaa veloitteen estää maaperän pilaantuminen. Nykyisissä käytännöissä on parannettavaa, jotta pystytään tehokkaasti ehkäisemään mahdolliset päästöt ympäristöön.

### 3 Esiselvitys ja kehitysvaihtoehdot

Tässä luvussa käsitellään tarkemmin jalostamon kaukolämpöverkon nykytilaa, havaittuja haasteita ja mahdollisia kehitysmahdollisuuksia. Esiselvitys pohjautuu yksityiskohtaiseen verkoston tilan kartoitukseen, haastatteluihin, nykytilan analysointiin sekä havaittujen ongelmien kartoittamiseen. Luvussa perehdytään kaukolämpöveden laatuun ja kemikaalisuotön sekä suodatusjärjestelmän kehittämistarpeisiin.

Kaukolämpöverkko on jalostamon toiminnan kannalta tärkeä, sillä ilman sitä useat kiinteistöt ja turvasuihkut menettävät lämmönlähteensä. Talvella tämä voisi aiheuttaa suuria vahinkoja ja vaikuttaa merkittävästi jalostamolla työskentelyyn. Jotta verkoston toiminta olisi tehokasta ja luotettavaa täytyy sitä ylläpitää säännöllisesti. Verkoston laitteita täytyy huoltaa, veden laatua seurata ja ylläpitää. Verkosto on myös vanha ja vuosien saatossa myös ohjeistukset ja vaatimukset ovat muuttuneet.

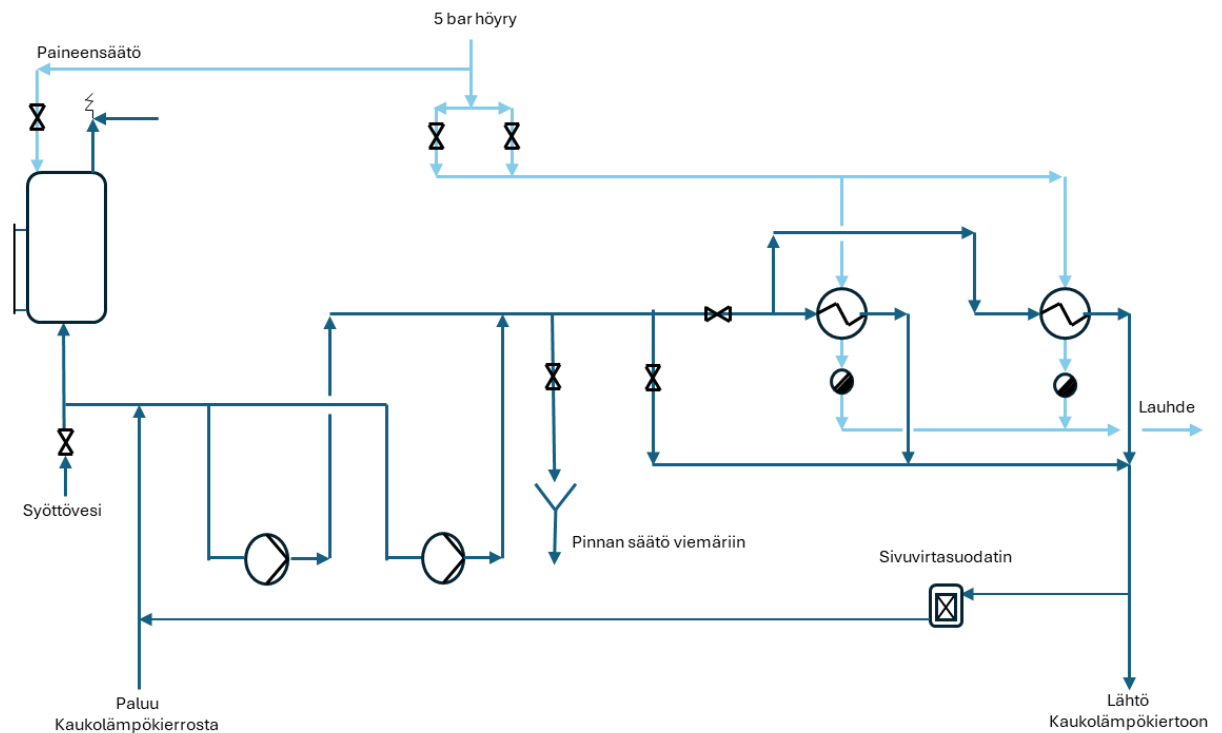
Esiselvityksen tarkoituksena on tunnistaa järjestelmän kehityskohteet ja esitellä erilaisia vaihtoehtoja niiden ratkaisemiseksi. Kehitysvaihtoehtojen arvioinnissa huomioidaan tekniset ratkaisut, työturvallisuus ja kustannukset.

#### 3.1 Nykytila ja syvempi kierron kuvaus

Jalostamon kaukolämpöverkossa kaukolämpövesi kiertää pumpun avulla. Kuvan 5 virtauskaavio havainnollistaa jalostamon kaukolämpöverkon toimintaa. Pumpuilta vesi menee kahdelle lämmönvaihtimelle. Lämmönvaihtimien toisella puolella virtaa 5 bar höyry, jonka määrää säädetään kahden automaatin avulla. Kaksi automaattia toimii vaiheittain yhden ohjausarvon mukaan. Ohjauksen ollessa 0–50 % A venttiili aukeaa 0–100 %, kun ohjaus on 50–100 % B venttiili aukeaa 0–100 %. Lisäksi kaukolämmön lämpöä säädetään myös ohittamalla osa kaukolämpövedestä kokonaan höyryllä toimivien lämmönvaihtimien ohitse. Osa vedestä menee kuitenkin aina lämmönvaihtimien lävitse, jotta kaukolämpövesi ei alkaisi kiehua lämmönvaihtimilla. Lisäksi

kaukolämpökiertoa lämmitetään ottamalla talteen lämpöä lauhdesäiliön paisuntahöyrystä lämmönvaihtimen avulla. Lämmitetty vesi virtaa jalostamolla eristetyssä verkostossa, josta lähtee haaroja eri lämmityskohteille.

Kaukolämpöverkossa lämmitettävät kohteet ovat rinnakkain kytkettyinä haaroina. Verkosto on osittain maan päällä putkisilloilla ja osittain maan alla. Kun kaukolämpövesi on käynyt kiertämässä verkostossa ja se on jäähtynyt, se palaa takaisin kaukolämmön kierrätyspumpeille. Tämän jälkeen kierros alkaa alusta. (Neste Jacobs 2009, 5.)

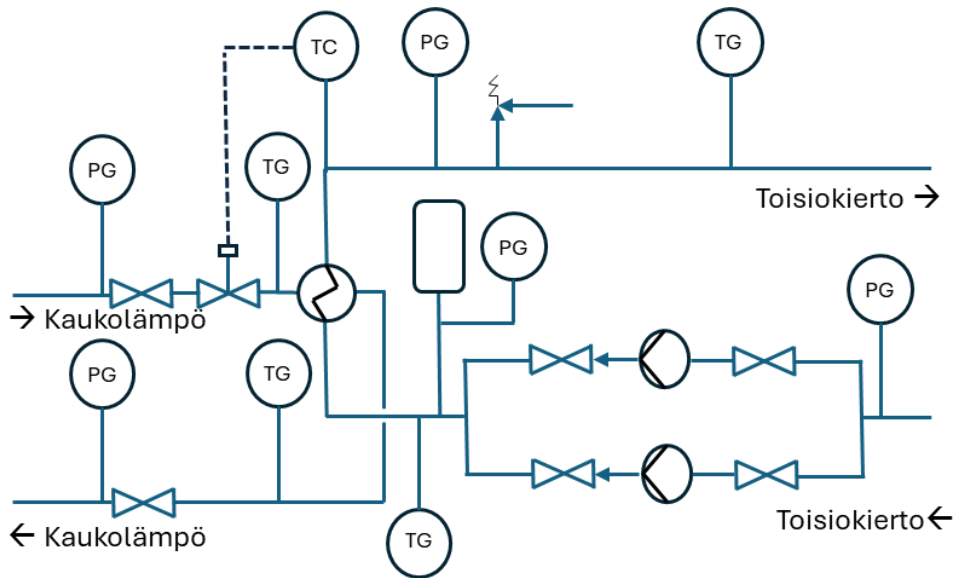


Kuva 5. Virtauskaavio kaukolämmön lämmöntuotannosta (oma piirros), mukailien PI-kaaviota (Neste Oil 2015).

### 3.1.1 Toisiokierto

Lämmityskohteissa on aina lämmönvaihdin, jonka avulla lämpöä siirretään kohteessa olevaan toisiokiertoon. Useimmiten toisiokierto on kiinteistön lämmittämistä varten, mutta jalostamolla sitä käytetään myös esimerkiksi turvasuihkukierron lämmittämiseen. Toisiokierron lämpötilaa säädetään muuttamalla kaukolämpökiertohaaran automaattiventtiilin asentoa, mikä

puolestaan vaikuttaa virtauksen määrään lämmönvaihtimella. Toisiokierron puolella on myös oma kierrätyspumppu, joka vastaa toisiokierron veden kierrätyksestä. Kuva 6 on piirros siitä, kuinka kaukolämpö lämmittää toisiokiertoa.



Kuva 6. Kiinteistön lämmönjakokeskus. Virtauskaavio kaukolämmön lämmöntuotannosta (oma piirros), mukailen PI-kaaviota (Neste 1988).

Kun kaukolämpövesi on käynyt toisiokierron lämmönvaihtimella jäähtymässä, se palaa kaukolämmön paluulinjaan. Paluulinjaa pitkin vesi palaa takaisin kaukolämmön kierrätyspumppuille, josta se lähtee uudelleen lämmitettäväksi kiertoon.

### 3.1.2 Paineistussäiliö

Haara paineistussäiliölle lähtee ennen kierrätyspumppuja. Paineistussäiliön avulla ylläpidetään pumppujen vaatimaa imupainetta ja se toimii myös paisuntasäiliönä kaukolämpövedelle. Painetta ylläpidetään automaattilla, joka päästää säiliöön höyryä, jos paine laskee. Kaukolämpöverkkoa ja paineistussäiliötä suojaa varoventtiili, joka aukeaa, jos paine nousee yli 1000 kPa. Jos taas paineistussäiliön pinta laskee, niin syöttövesiautomaatti aukeaa päästämällä kaukolämpökiertoon lisää vettä jalostamon syöttövedestä.

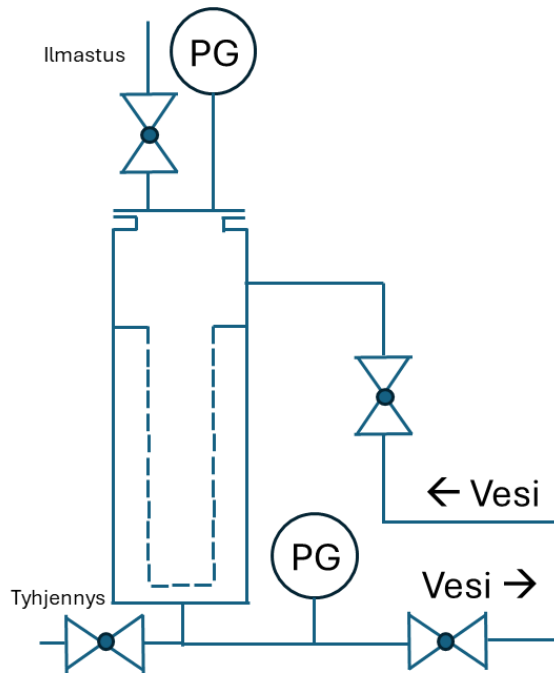
Vaihtoehtoisesti, jos paineistussäiliön pinta on liian korkea, avautuu kolmas automaatti viemäriin, päästäen säiliöstä ja kierrosta vettä pois.

Syöttövesi on vedenkäsittelyn avulla lisävedestä ja kiertoon palautetusta lauhteesta tuotettua vettä, jota muuten syötetään jalostamalla kattiloihin. Lisävedellä tarkoitetaan jalostamon vesi-höyrypiirin ulkopuolelta tuotettua täyssuolanpoistettua vettä, jolla korvataan jalostamon lauhde-, ulospuhallus-, ja muut häviöt. Syöttövedestä on termisesti poistettu kaasut. Lisäksi siihen myös annostellaan Boilex 515 A hapenpoistokemikaalia, jotta saadaan kemiallisesti sidottua mahdollinen jäännöshappi. Syöttövedessä Boilex-kemikaalin pitoisuus on 0,5–1,0 mg/l. Lisäksi syöttövedessä käytetään tri- / dinatriumfosfaattia saostamaan mahdollista jäännöskovuutta ja säätämään pH-arvoa. Fosfaatin määrää kattilalle menevässä syöttövedessä pyritään pitämään 10–15 mg/kg. Tarvittaessa voidaan käyttää myös lipeää syöttöveden pH-arvon säätöön. (Kainulainen & Valkonen 2024.)

### 3.1.3 Sivuvirtasuodatin

Kaukolämpökierrossa on sivuvirtasuodatin, joka sijaitsee kierrossa lämmönvaihtimien jälkeen OSBL alueella. Sivuvirtasuodattimen tarkoituksena on poistaa kierrosta kiintoainesta suodattamalla, parantaen näin veden laatua ja vähentäen järjestelmän kunnossapitotarvetta.

Suodattimessa käytetään Putsch 2-P-5 suodatinpussia, jonka suodatusaste on 5 µm (Neste Oyj:n Brewis, N Keskustelu 8.1.2025). Suodattimen avulla saadaan suodatettua hienojakeisia epäpuhtauksia pois. Kuvassa 7 näkyy sivuvirtasuodatin, sen tulo- ja lähtöpuolen painemittarit. Kierrossa esiintyvät epäpuhtaudet voivat olla peräisin putkiston sisäisestä korroosiosta, huollon yhteydessä putkistoon jääneistä epäpuhtauksista tai biologista kasvustoa, mikäli sellaista esiintyy.

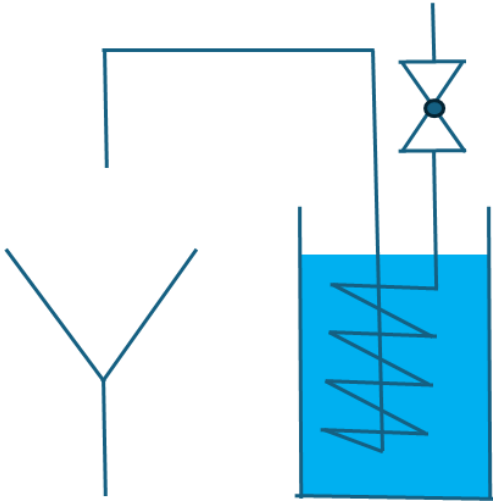


Kuva 7. Kaukolämpöverkon sivuvirtasuodatin. (Pukari 2025)

Sivuvirtasuodattimen toiminnan kannalta on keskeistä, että suodatinsukka vaihdetaan tarvittavan usein. Suodatinsukan vaihtotarvetta voidaan arvioida seuraamalla painetta ennen ja jälkeen suodattimen. Kun suodattimessa on puhdas suodatinsukka, paine-ero on pienin. Ajan mittaa paine-ero kasvaa ilmaisten likaantumista. Paine-eron kasvaessa suodattimen läpi menevä virtaus pienenee.

### 3.1.4 Näytteenotto

Kaukolämpöverkosta otetaan aikataulutettu näyte kuukausittain, jossa analysoidaan pH-arvo, kovuus, ulkonäkö, DEHA, Boilex ja rauta. Näytteenotto sijaitsee kaukolämpökierron vesilaitoksen haarassa. Kuva 8 on hahmotelma näytteenottopaikasta ja sen vesihaudejäähdyttimestä. Näytettä jäähdytetään vesihauteessa ennen kuin se menee näytepulloon. Ennen näytteenottamista näytettä voidaan valuttaa alla olevaan suppiloon, jotta näyte olisi edustava.



Kuva 8. Kaukolämpöverkon näytteenottoaika ja näytteenjäähdytin (oma piirros), mukailen PI-kaaviota (Neste 1988).

### 3.1.5 Kaukolämpöverkon nykyiset veden laatuhaasteet

Kaukolämpöverkon veden laadussa on havaittu haasteita, jotka voivat vaikuttaa kaukolämpöverkontehokkuuteen ja käytettävyyteen. Havaittavissa on kohonnut pH-arvo, korkea rautapitoisuus sekä kiintoaines sivuvirtasuodattimessa. Liitteestä 1 nähdään viimeisen 5 vuoden analyysit. Kuvaajasta näkee selkeästi, kuinka kesällä 2023 pH taso on noussut ja kesällä 2024 on DEHA-pitoisuus noussut.

#### **pH-taso**

Kaukolämpöverkon pH on ollut reilun vuoden ajan yli 10, kun suositusväli on 9–10. Liian korkea pH lisää jännityskorroosion riskiä putkistossa. Energiateollisuus ry:n mukaan liian korkea pH voi aiheuttaa:

- Magnetiittikerroksen vaurioitumista ja irtoamista putkien sisäpinnoilta
- Järjestelmässä olevien kerrostumien liikkeellelähtöä
- Kupari ja kuparimetallien syöpymistä

Amertrol AT3500-kemikaalin pH on 11–12,5 joten sen annostelulla on pH:ta nostava vaikutus (Solenis. 2014; Elonen, V., haastattelu 17.2.2025).

## Korkea rautapitoisuus

Tuoreissa analyysissä on havaittu rautapitoisuuksien tason nousseen. Rautapitoisuudet ovat olleet yli suositusarvojen ( $> 0,1$  mg/l), mikä voi Energiateollisuus ry:n mukaan indikoida:

- Aktiivista korroosiota järjestelmässä
- Liikkeelle lähteneitä saostumia
- Lisääntyneitä eroosikorroosion riskiä
- Heikkenevää lämmönsiirtoa

Ville Elosen (2025) mukaan kerrostumien liikkeellelähtöä voi aiheuttaa Amertrolin polymeeriosa suurina pitoisuuksina.

## Kemikaalien annostelu

Nesteen sisäisen ohjeistuksen mukaan Amertrol AT3500-kemikaalin annostelua tehdään kaukolämpöverkon DEHA-pitoisuutta mittaamalla ja ylläpitämällä. Nykyinen tavoite on, että verkostossa olisi  $150\text{--}200$  mg/m<sup>3</sup> DEHA-pitoisuus. Vertailukohtana Porvoon Energia Oy ylläpitää verkostossaan  $100\text{--}300$  mg/m<sup>3</sup> DEHA-pitoisuutta, lisäten kemikaalia, kun pitoisuus laskee alle  $100$  mg/m<sup>3</sup>. (Porvoon Energia Oy:n Kulju, K 17.2.2025) Valmistajan mukaan  $100\text{--}500$  mg/m<sup>3</sup> DEHA-pitoisuus on hyvä. (Elonen, V., haastattelu 17.2.2025) Tuoreimman analyysin mukaan DEHA-pitoisuus on  $493$  mg/m<sup>3</sup>.

Eryteisesti panoksittain annosteltuna kohonnut pH-arvo ja korkea DEHA-pitoisuus ovat saattaneet saada kaukolämpökierrossa liikkeelle vanhoja kerrostumia. DEHA on annosteltu päiväkirjan mukaan kesällä 2024 kaksi 30 l kerta-annosta, minkä jälkeen on havaittavissa DEHA-pitoisuuden nousu korkeammaksi. Liitteestä 1 näkee DEHA pitoisuuden nousun ja samoihin aikoihin on myös rautapitoisuus kohonnut. Vedenlaadun haasteet korostavat tarvetta tasaisemmalle kemikaalinsyötölle ja optimoinnille. Eryteisesti pH ja

DEHA-pitoisuus tulisi pitää ohje arvojen sisällä, sillä se pienentää korroosioriskejä, pidentää järjestelmän käyttöikää ja laskee ylläpitokuluja.

Amertrolin annostelutarvetta arvioidaan mittaamalla kaukolämpökierron DEHA-pitoisuutta. DEHA-pitoisuus mitataan laboratoriossa HACH-spektrofotometrillä. DEHA eli Diethylhydroxylamine, joka toimii hapen sitojana, on yksi Amertrolin aktiivisista komponenteista. Sitä on käyttöturvatiedotteen mukaan 5–10 painoprosenttia. Kaukolämpökierron syöttövesi (jalostamon kattilan syöttövesi) sisältää Boilex 515A:ta 0,5–1,0 mg/l. Boilex 515A käyttöturvatiedotteen mukaan se sisältää 20–25 painoprosenttia Diethylhydroxylaminea.

$$\text{Boilex pitoisuus } 0,5\text{--}1,0 \text{ mg/l} = 500\text{--}1000 \text{ mg/m}^3$$

$$500 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 0,2 = 100 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

$$1000 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 0,25 = 250 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

Kaukolämmön syöttöveden DEHA pitoisuus voi siis vaihdella välillä 100–250 mg/m<sup>3</sup> syöttöveden laatuvaatimusten mukaan. Syöttöveden DEHA-pitoisuus on niin korkea, että Amertrolia annostellaan vähemmän. Tämän seurauksena on riski korroosiolle kaukolämpökierrossa, kun Amertrolin muita komponentteja ei ole kierrossa tarkoitettua määrää. DEHA ehkäisee korroosiota sitomalla happea (National Center for Biotechnology Information, 2025). Amertrolin vähäisempi annostelu nostaa riskiä muun muassa kerrostumien muodostumiselle, sillä polymeeriosaa on kierrossa vähemmän. Kerrostumat voivat heikentää lämmön siirtymistä ja alempi Amertrolin annostelu voi aiheuttaa muitakin ongelmia kuten korroosiota. Pelkästään DEHA-pitoisuuden käyttäminen annostelukriteerinä voi johtaa liian alhaiseen Amertrolin annosteluun.

### 3.1.6 Kaukolämpöverkon tilavuus

Kaukolämpöverkon kokonaistilavuus vaikuttaa kemikaalin annosteluun. Jos analysoitu DEHA-pitoisuus on liian pieni, niin annostelu tulee suorittaa järjestelmän tilavuus huomioiden. Mitä suurempi kokonaistilavuus on, sitä suurempi Amertrol-annos tarvitaan, jotta DEHA-pitoisuus saavuttaa halutun tason.

Verkoston tilavuuden laskemisessa hyödynnettiin PI-kaaviosta saatuja linjatunnuksia putkien koon selvittämiseksi. Kaikkia putkitietoja ei löytynyt PI-kaavioista, joten osa tiedoista jouduttiin havainnoimaan kentällä venttiileistä ja laipoista. Sisähalkaisijoiden mitoitukset perustuu standardiin SFS-EN 253:2019 + A1:2024 ja Nesteen sisäiseen dokumenttiin NOS4102-22.

Putkien pituudet arvioitiin kentällä tehdyn havainnoinnin jälkeen Google Mapsin avulla mittaamalla pituudet putkille. Putkien tilavuudet laskettiin Google Sheetsissä käyttäen kaavaa:

$$V = \pi \left( \frac{\text{sisähalkaisija (m)}}{2} \right)^2 \times \text{pituus (m)}$$

Laitteistojen tilavuudet selvitettiin laitteiden rakennekuvista tai kentällä tyyppikilvestä.

- Lämmönvaihtimet (tuubipuoli): 3 kpl, yhteensä 0,643 m<sup>3</sup>
- Paisuntasäiliö (puolitäytenä): 6,15 m<sup>3</sup>

Kaukolämpöverkon kokonaistilavuudeksi laskettiin noin 195 m<sup>3</sup>. Tämä tieto auttaa arvioimaan kemikaalin lisäystarvetta tulevaisuudessa.

Tilavuuden laskemiseen liittyy useita epävarmuustekijöitä.

- Putkikokojen mahdolliset virheet voivat aiheuttaa merkittävää heittoa, sillä tilavuus muuttuu merkittävästi, jos se on pielessä.

- Putkikokojen mahdolliset muutokset ovat mahdollisia havainnointikohdan jälkeen.
- Google Mapsin avulla tehdyt pituusmittaukset eivät huomioi kaikkia putkien mutkia eikä esimerkiksi nousuja tai laskuja tien alittamiseksi.
- Kiinteistöille meneviä linjoja sekä sisäisiä putkistoja ja lämmönvaihtimia ei ole huomioitu

Laskettua kokonaistilavuutta tulee pitää suuntaa antavana arvona. Tarkkuus on kuitenkin riittävä antamaan tietoa kemikaalin annosteluun.

### 3.2 Järjestelmän kehityskohteet

Kemikaalisyötön parantamista pidetään tarpeellisena sekä työturvallisuuden, että kemikaalin syötön hallinnan kannalta. Magneettisuodatin voisi olla hyvä lisä sivuvirtasuodattimen rinnalle ja sivuvirtasuodattimen puhdistusta olisi hyvä tihentää. Näytteenoton tiheyttä ja analyyseja voisi arvioida uudelleen erityisesti kemikaalinsyöttöä silmällä pitäen.

#### 3.2.1 Kemikaalinsyötön parannustarpeet ja uudistamisvaihtoehdot

Nykyinen kemikaalien annostelupaikka on suunniteltu ja otettu käyttöön vuosikymmeniä sitten, eikä se enää vastaa yrityksen nykyisiä turvallisuus- ja toimintavaatimuksia. On havaittu kohonnut riski, että työntekijä voi altistua jopa 115 °C asteiselle vedelle, kemikaalille tai sen höyryille. Riskinä on myös, että kemikaalia pääsee valumaan viemäriin ja sitä kautta ympäristöön.

Panoksittain annosteltuna kemikaalin tasainen leviäminen koko kiertoan voi viedä pitkään. Paikallisesti korkeampi Amertrol AT3500-pitoisuus voi:

- Nostaa paikallisesti pH arvoa korkeammaksi (Elonen, V., haastattelu 17.2.2025).
- Aiheuttaa saostumien liikkeellelähtöä (Elonen, V., haastattelu 17.2.2025).

Panoksittain annosteltuna Amertrol AT3500-pitoisuus voi laskea välillä kierrossa, kunnes sinne lisätään annos kemikaalia. Tämän jälkeen kemikaalia on enemmän, kun tarvitsisi kunnes pitoisuus taas laskee alle halutun.

Inhibiitin määrän tulisi olla tasaisempi kierrossa, joten on tärkeää, että lisäaine annostellaan tasaisemmin. Tätä varten tarvitaan annostelujärjestelmä, joka pystyy syöttämään tarvittavan määrän inhibiittia kaukolämpökiertoon luotettavasti ja turvallisesti. Annostelussa voitaisiin lisäksi suoraan huomioida syöttöveden ottaminen kaukolämpökieroon ja annostella sitä valmistajan ohjeistuksen mukaan. Näin saataisiin ylläpidettyä haluttua Amertrol-pitoisuutta paremmin. Syöttöveden automaatilla on jo virtausmittaus, josta tieto otetusta veden määrästä saataisiin. Lisäksi kaukolämpöveden laatua on edelleen analysoitava ja tulosten pohjalta tulee säätää kemikaalin annostelua.

Ympäristön kannalta tulee erityisesti huomioida 1,4-dihydroksibentseeni. Amertrol AT3500 sisältää käyttöturvallisuustiedotteen mukaan 1,4-dihydroksibentseeniä 0,1–0,25 painoprosenttia ja se on erittäin haitallista vesieliöille. Myrkyllisyyttä mittaavan EC50-arvo selkärangattomille on 0,134 mg/l ja leville/vesikasveille 0,053 mg/l. Leville/vesikasveille on myös määritelty NOEC-arvo eli pitoisuus, jossa ei havaita vaikutuksia se on 0,0015 mg/l. Lisäksi tulee huomioida aineen M kerroin, joka on 10 eli jo 0,0134 mg/l ja 0,0053 mg/l pitoisuudet ovat haitallisia selkärangattomille ja leville. Amertrolia ei saa päästä jalostamon jätevesilaitokselle eikä lähistöllä olevaan puroon vaan tulee estää se valuma-altaalla tai kaukalolla (Neste Oyj:n Ovaska, M sähköposti 27.2.2025).

Jalostamon jätevesilaitoksen keskimääräinen virtaama on noin 600 m<sup>3</sup>/h (Neste Oyj:n Ovaska, M sähköposti 27.2.2025). EC50- ja NOEC-raja-arvojen sekä tämän virtaamatiedon avulla voidaan laskea, kuinka suuri vuoto johtaisi raja-arvon ylittymiseen.

#### **M kertoimen vaikutus:**

$$EC50 \text{ selkärangattomille} = \frac{0,134 \text{ mg/l}}{10} = 0,0134 \text{ mg/l}$$

$$EC50 \text{ leville/vesikasveille} = \frac{0,053 \text{ mg/l}}{10} = 0,0053 \text{ mg/l}$$

$$NOEC = \frac{0,0015 \text{ mg/l}}{10} = 0,00015 \text{ mg/l}$$

**Pitoisuuden laskeminen jätevesilaitoksen virtaaman avulla.**

$$C = \frac{m}{600\,000 \text{ l}}$$

EC50-raja selkärangattomille

$$0,0134 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times 600\,000 \text{ l} = 8\,040 \text{ mg} = 8,04 \text{ g}$$

EC50-raja leville/vesikasveille

$$0,0053 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times 600\,000 \text{ l} = 3180 \text{ mg} = 3,18 \text{ g}$$

NOEC-raja

$$0,00015 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times 600\,000 \text{ l} = 90 \text{ mg} = 0,09 \text{ g}$$

**Amertrolin 1,4-dihydroksibentseeni pitoisuus 0,25 % massasta.**

Oletetaan 1 l = 1 kg

$$1 \text{ kg} \times 0,0025 = 0,0025 \text{ kg} = 2,5 \text{ g}$$

**Lasketaan vuodon määrä V**

$$1,4 - \text{dihydroksibentseeninin massa} = V \times 2,5 \text{ g}$$

**EC50-raja selkärangattomille** litroina suhteutettuna jätevesilaitoksen keskimääräiseen virtaukseen

$$V \leq \frac{8,04 \text{ g}}{2,5 \frac{\text{g}}{\text{kg}}} = 3,216 \text{ kg (eli 3,216 litraa)}$$

**EC50-raja leville/vesikasveille** litroina suhteutettuna jätevesilaitoksen keskimääräiseen virtaukseen

$$V \leq \frac{3,18 \text{ g}}{2,5 \frac{\text{g}}{\text{kg}}} = 1,272 \text{ kg (eli 1,272 litraa)}$$

**NOEC-raja** litroina suhteutettuna jätevesilaitoksen keskimääräiseen virtaukseen

$$V \leq \frac{0,09 \text{ g}}{2,5 \frac{\text{g}}{\text{kg}}} = 0,036 \text{ kg (eli 0,036 litraa)}$$

Jo pienet Amertrol pitoisuudet ovat haitallisia jätevesilaitoksella tai vesistössä. On siis erittäin tärkeää, ettei sitä pääse kumpaankaan, sillä tämän laskelman mukaan jo 36 ml ylittävistä vuodosta voitaisiin havaita vaikutuksia jätevesilaitoksen biologisissa puhdistusprosesseissa. 1,3 litran suuruudesta päästöstä taas ylittyisi EC50 raja levien ja vesikasvien osalta, ja sillä olisi jo suurempi vaikutus jätevesilaitoksen biologisissa puhdistusprosesseissa. Jos jalostamon jätevesilaitoksen biologinen puhdistus on heikentynyt, siitä saattaa seurata jopa useita ympäristöluparikkomuksia. Puroon päästessä pitoisuudet olisivat vielä suurempia, sillä joen virtaus ei ole kovin suuri. Jalostamon läpivirtaavasta purosta vesi laskee mereen. Ympäristönsuojelun näkökulmasta järjestelmä kaipaa parannuksia kuten vuodon estävän altaan tai kaukalon. Lisäksi olisi hyvä olla imeytysainetta, jotta pienetkin päästöt saadaan hallittua ja kerättyä.

Työturvallisuuden kannalta kemikaalienkäsittelyä tulisi minimoida, jotta altistumisriski olisi mahdollisimman vähäinen. Työturvallisuutta kemikaalien käsittelyssä voidaan parantaa monella tavalla Hämäläinen ym. (2022) mukaan:

- **Poistaminen:** Jos mahdollista, riski tulisi poistaa kokonaan
- **Tekniset ratkaisut:** Suojalaitteet ja ilmanvaihtolaitteet auttavat minimoimaan altistumista.

- **Hallinnolliset toimenpiteet:** Turvallisuusohjeet ja määräykset sekä koulutus.
- **Henkilökohtaiset suojarusteet:** Suoja-asu, kokonaamari ja kemikaalin kestävä käsineet
- **Vaara-alueen rajaaminen:** Vuodon ja roiskeiden rajaaminen sekä torjuntavalmius

### **Vaihtoehdot uudistamiselle**

Riskit kokonaan poistamalla saataisiin ideaalitulanteessa kaikkein turvallisin ratkaisu, mutta se ei ole aina mahdollista, joten käytännössä pyritään vähentämään altistusriskiä mahdollisimman paljon. Taulukossa 4 esitellään vaihtoehtoisten toteutustapojen edut ja riskit altistumisriskin minimoimiseksi.

#### **Vaihtoehto 1:** Laimentamaton inhibiitti säiliössä

- Käytetään erillistä kemikaalisäiliötä, johon inhibiitti pumpataan sähköisellä kemikaalipumpulla suoraan toimittajan kanisterista.
- Toinen pumppu, jolla säiliöstä annostellaan kemikaali kaukolämpökiertoon.

#### **Vaihtoehto 2:** Pumppaus suoraan kanisterista

- Kemikaalia pumpataan suoraan toimittajan kanisterista ilman erillistä säiliötä.
- Kanisterin korkin tilalle asennettu pumppausyhde pumpun imuletkulle.

#### **Vaihtoehto 3:** Laimennettu inhibiitti säiliössä

- Kemikaali laimennetaan erillisessä säiliössä käyttämällä laimennuslinjoja ja sekoitusjärjestelmää. Kemikaalin täyttö erillisellä sähköisellä kemikaalipumpulla.
- Toinen pumppu, jolla säiliöstä annostellaan kemikaali kaukolämpökiertoon

- Laimennettu liuos syötetään kaukolämpökiertoon kemikaalipumpun avulla.
- Laimennuslinjat ja sekoitusjärjestelmä
- Kemikaalipumppu laimennetun liuoksen syöttöön

Taulukko 4. Erialaisten toteutustapojen edut ja haitat.

| Vaihtoehto                                   | Edut  | Haitat   |
|--|---|--|
| <b>1: Laimentamaton inhibiitti säiliössä</b> | Suurempi kemikaalimäärä                       | Vaatii enemmän tilaa                                   |
|  | Tarve käsitellä kemikaalia harvemmin          | Joutuu siirtämään inhibiitin kanisterista säiliöön     |
| <b>2: Pumppaus suoraan kanisterista</b>      | Yksinkertainen ja edullinen ratkaisu          | Vaatii kanisterin vaihtoa                              |
|  | Vähän komponentteja                           | Kanisteriin jää kemikaalia ja sitä joudutaan kaatamaan |
|  | Pienin tilantarve                             | Kanisteri saattaa kaatua                               |
| <b>3: Laimennettu inhibiitti säiliössä</b>   | Turvallisempi käsitellä laimentamisen jälkeen | Monimutkaisin järjestelmä                              |
|  | Tarkempi annostelu mahdollista                | Kallein toteuttaa                                      |
|  |   | Eniten huoltoa vaativa                                 |
|  |   | Vaatii eniten tilaa                                    |
|  |   | Joutuu siirtämään inhibiitin kanisterista säiliöön     |
|  |   | Potentiaalisen vuodon tilavuus suurin                  |
|  |   | Kemikaaliannoksen väkevyys voi vaihdella               |

Eri ratkaisuja vertailtaessa tulee huomioida turvallisuus, käytännöllisyys ja kustannukset. Ensisilmäyksellä pumppaaminen suoraan kanisterista voisi olla

paras vaihtoehto, mutta siihen liittyy haasteita. On huomioitava se, että kanisterin epätasainen pohja voi johtaa siihen, että pumppu ei saa tarvittavaa imua, ja osa nesteestä jää kanisterin pohjalle.

Onkin järkevämpää siirtyä harkitsemaan kiinteää säiliötä. Kemikaalin siirtämistä varten säiliöön on kiinnitetty kiinteä linja, jonka avulla voidaan säiliö täyttää sähköisen pumpun avulla. Näin saadaan kerralla kanisteri tyhjäksi ja säiliössä pystytään pitämään pinta, jolla varmistetaan, että pumpun imuun ei mene ilmaa ja se toimii luotettavammin.

Laimentaminen on puolestaan turha työvaihe, sillä se edellyttää suurempaa vuotoallasta tai kaukaloa sekä lisää tilaa, enemmän putkia ja venttiileitä. Markkinoilta löytyy kemikaalin annostelupumppuja, jotka mahdollistavat tasaisen ja rauhallisen annostelunopeuden ilman laimentamista. Näin ollen laimentamaton inhibiitti säiliössä sähköisen siirtopumpun avulla tarjoaa parhaan yhdistelmän turvallisuutta, käytännöllisyyttä ja toimintavarmuutta.

## Sijoitusvaihtoehdot

Sijaintina nykyinen kemikaalien annostelupaikka on huono, sillä siellä on rajoitetusti tilaa ja sieltä on vaikea päästä kaukana olevalle turvasuihkulle. Sitä voidaan kuitenkin käyttää liitäntäpaikkana. Alla olevaan taulukon on kirjattu erilaisia paikkavaihtoehtojen etuja ja haittoja.

Taulukko 5. Kemikaalin annostelupaikan sijoitusvaihtoehtojen edut ja haitat.

| Sijainti  | Edut   | Haitat   |
|---|--|--|
| <b>Vesilaitos 1<br/>kemikaalihuone</b>          | - Turvasuihku välittömässä läheisyydessä   | - Ulko-ovi väljä   |
|   | - Sisätila: ei sähkösaattoja tai eristeitä, ei Amertrolin kiteytymisriskiä, ei sadevettä | - Amertrolin pääsy puroon tai öljyisen veden viemäriin tulee estää |
|   | - Soveltuu kemikaalien varastointiin   |  |
|   | - Vuotokaukalolle tilaa  |  |
| <b>Ilmakompressorihalli<br/>(GB-6653)</b>       | - Lyhyt putkiveto (n. 3 m)   | - Ahtaampi kuin Vesilaitos 1                                       |
|   | - Sisätila: ei sähkösaattoja tai eristeitä, ei Amertrolin kiteytymisriskiä, ei sadevettä | - Turvasuihku kaukana (n. 85 m)                                    |
|   |  | - Amertrolin pääsy öljyisen veden viemäriin tulee estää            |
| <b>Ulos<br/>kaukolämpöpumppujen<br/>lähelle</b> | - Lyhyt putkiveto (n. 5 m)   | - Kalliimpi vuotoallas (maankaivuu tai kaukalo)                    |
|   | - Turvasuihku lähempänä (n. 10 m)  | - Sadevesien hallinta  |
|   |  | - Vaikutukset öljyisen veden viemäriin ja jätevesilaitokseen       |
|   |  | - Talviolosuhteet: eristeet ja saatot tarpeen.                     |
|   |  | - Vaatii erillisen tilan kemikaalien säilytykselle                 |

Sijoituspaiikan valinnassa tulee huomioida useita erilaisia vaatimuksia. Kuten SFS-EN 15154-5 standardin suositus, jonka mukaan turvasuihkulle tulee olla alle 20 metrin matka ja esteetön pääsy. Lisäksi tulee huomioida, ettei kemikaalia pääse puroon tai viemärin kautta jätevesilaitokselle. Jokainen valinta on kompromissi ja niillä on kustannuksensa. On tärkeää huomioida, että ulkona toteutettuna on useita haasteita mitä sisätilassa ei ole kuten sääolosuhteiden vaihtelut ja räjähdysvaarallisten tilojen vaatimukset. Näin muodostuu kokonaisuus, jossa turvallisuus, ympäristönsuojelu ja investointikustannukset ovat keskeisiä tekijöitä paikan valinnassa.

### 3.2.2 Kaukolämpökierron näytteenotto

Näytteenottoa tehdään kerran kuukaudessa ja tällöin analysoidaan pH-arvo, kovuus, ulkonäkö, DEHA, Boilex ja rautapitoisuus. Näytteenottamisen tiheyttä ja analysoitavia ominaisuuksia olisi hyvä arvioida. Kaukolämpökierrossa on tärkeää seurata keskeisiä vedenlaadun mittareita, jotta mahdollisiin poikkeamiin voidaan reagoida riittävän nopeasti ennen, kuin ne kehittyvät suuremmiksi ongelmiksi, kuten korroosioksi tai kerrostumien muodostumiseksi.

Kaunisto & Carpen (1998, 8) VTT:ltä suosittelevat, että kerran viikossa tai vähintään kerran kuussa tulisi mitata pH, kovuus, happi- ja lisäainepitoisuus sekä kahdesti vuodessa ammoniakki, kokonaisrauta, kokonaiskupari, kiintoaine- ja öljypitoisuudet.

Koskelainen ym. (2006, 370, 371) taas suosittelevat, että kerran tai kahdesti viikossa pitäisi analysoida pH-arvo, kokonaiskovuus, lisäainepitoisuus, sähkönjohtavuus, kokonaisrauta, happipitoisuus, ammoniakki, kokonaiskupari, väriaine sekä kiintoainepitoisuus. Näiden lisäksi tarpeen mukaan analysoida kaliumpermanganaatin kulutus, kloridi, silikaatti, sulfaatti, natrium, alkaliteetti, fosfaatti (jos esiintyy) ja öljypitoisuus.

Jalostamon kaukolämpöverkkoon tuleva syöttövesi on vedenkäsittelyn avulla lisävedestä ja kiertoön palautetusta lauhteesta tuotettua vettä, jota normaalisti syötetään kattilaan, mutta sitä käytetään myös kaukolämpökierron

täyttämiseen. Siitä on siis poistettu happi ja lisätty kemikaaleja kuten Boilex ja fosfaattia. Boilex aiheuttaa haasteita Amertrolin analysoinnissa ja annostelussa, kuten jo aikaisemmin käytiin läpi. Vettä analysoidaan tiheämmin kattilalla, joten se varmentaa, että kiertoon tuleva vesi on halutun laatuista. Kuitenkin esimerkiksi fosfaattia esiintyy kierrossa, joten sitä olisi hyvä analysoida, jotta tiedetään sen pitoisuus ja osataan reagoida kohonneeseen pitoisuuteen tarvittaessa. On mahdollista, että kaukolämpöverkkoon kulkeutuu öljyä syöttöveden mukana, jos jalostamon lauhdeissa on öljyä eikä siihen ole ehditty reagoida. Näin ollen kierron vedenlaadun ja verkoston tilaan kuvaamisen kannalta keskeisiksi nousevat pH, DEHA, sähkönjohtavuus, kovuus, hiilivedyt, rauta-, kiintoainepitoisuus ja ulkonäkö, jotka ovat kriittisiä korroosion ehkäisyn kannalta. Analyysien tiheydessä ja analysoitavien ominaisuuksien arvioinnissa tulee huomioida kokonaisuus ja tarpeellisuus. Onko esimerkiksi Boilex analysointi tarpeellista ja järkevää, sillä Boilex pitoisuus lasketaan DEHA pitoisuuden perusteella ja Amertrol myös sisältää DEHA, joten analyysin tulos ei kerro oikeaa Boilex määrää.

Nykyinen näytteenottoaika on varsin vanhanaikainen ratkaisu, jossa näytteen jäädytys toteutetaan vesihautteessa toimivan kierukan avulla. Modernisointi voisi parantaa niin käytettävyyttä kuin analyysien tarkkuutta, jolloin näytteenotto vastaisi paremmin Nesteen uusimpia standardeja ja vaatimuksia näytteenottoaikalta.

### 3.2.3 Sivuvirtasuodatin / magneettisuodatin

Ensisijaisesti nykyisen sivuvirtasuodattimen puhdistusväliä olisi hyvä tarkistella ja tihentää ainakin toistaiseksi. Suodatinsukan vaihtamiseen liittyen paine-ero tulisi määritellä ja ohjeistaa. Suodattimen painemittarit sekä venttiilit ovat hankalasti operoitavissa, joten näitä olisi hyvä parantaa.

Automaatiojärjestelmään kytketty paine-eromittauksen asennus kohteeseen varmistaisi tietyssä kynnyksarvossa suodatinsukan vaihtamisen täsmällisesti. Lisäksi se mahdollistaisi likaantumisen seuraamisen reaaliajassa ja historian tarkastamisen helposti. Kerätystä datasta voisi olla havaittavissa, jos

verkostossa on poikkeavasti kiintoainesta liikkeellä. Kiintoaines voisi olla peräisin korroosiosta tai epäpuhtauksien liikkeelle lähdöstä.

Energiateollisuus ry (2007) mukaan kiertoveden laatu huononee ajan mittaan muun muassa hallitun korroosion (magneetti) seurauksena ja sen takia sivuvirtapuhdistuksessa tulee olla mekaaninen suodatin esimerkiksi patruuna- tai magneettisuodatin. Nykyinen suodatinsukka on suodatusasteeltaan 5 µm. Kirjavainen (2025) mukaan tämä on turhan tiukka ja siksi hän suosittelee yhdistelmäsuodatinta, jossa on ensin 500 µm esisuodatuspussi ja toinen 50 µm suodatin sekä kestromagneetti samassa paketissa. Kaukolämpöverkoissa on useimmiten magneettisuodatin. Kirjavaisen (2025) mukaan on harvinaista, että kaukolämpöverkossa ei olisi magneettisuodatinta.

Portaittain tapahtuva suodatus mahdollistaa suodattimen pidemmän käyttöiän, kun suuremmat partikkelit jäävät jo karkeasuodatukseen. Magneettisuodatin on tehokas poistamaan pienimmätkin magneettiset epäpuhtaudet. Tämänkaltaisen yhdistelmäsuodatin poistaa tehokkaasti epäpuhtauksia kaukolämpövedestä parantaen lämmönsiirtoa ja energiatehokkuutta, kun lämmönvaihtimien pinnat pysyvät paremmin puhtaana.

Kaukolämmön syöttövedestä osa on jalostamon lauhdeista peräisin. Jos jalostamolla lämmönvaihdin vuotaa, niin mahdollisesti öljyä voi tulla myös kaukolämpöverkkoon. Koska on riski, että kaukolämpöverkkoon saattaa päästä öljyä syöttöveden mukana kannattaa harkita kiertoon asennettavaa öljynkeräintä tai valmistella paikka, jotta tarvittaessa sellainen voidaan asentaa tai käyttää tilapäisesti.

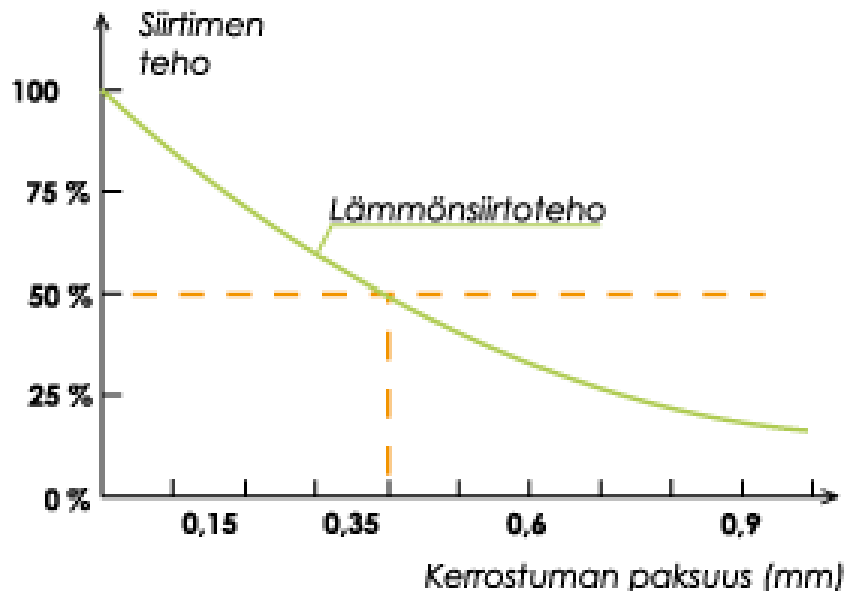
### 3.3 Riskit huonosta vedenlaadusta

Huonolla veden laadulla on monia kielteisiä vaikutuksia kaukolämpöverkoston toimintaan. Yksi merkittävimmistä riskeistä verkostossa on korroosion lisääntyminen, joka voi johtaa putkiston ja laitteiden vaurioitumiseen. Korroosio lyhentää putkistojen käyttöikä ja lisää huoltokustannuksia. Korroosion seurauksena lämmönsiirto voi heikentyä ja alentaa siten energiatehokkuutta.

Pahimmillaan korroosio voi johtaa vuotoihin ja äärimmäisissä tapauksissa jopa katkaista kierron.

Kaukolämpöverkon korkea lämpötilan takia siellä tapahtuva korroosio on nopeampaa, erityisesti jos kiertoon pääsee happea tai pH-arvo on liian alhainen, tilannetta pahentaa, jos molemmat tapahtuvat samaan aikaan. Korroosio onkin voimakkaampaa kaukolämpöverkostossa kuin esimerkiksi käyttövesiverkostossa.

Epäpuhtaudet kierrossa kuten sakka ja kerrostumat voivat tukkia tai liata putkia ja lämmönvaihtimia, mikä heikentää lämmönsiirtoa ja voi aiheuttaa paikallisia syöpyymiä kasvaneen virtausnopeuden takia. Lämmönvaihtimien pinnoilla olevat epäpuhtaudet heikentävät lämmönsiirtotehoa. Mitä paksumpi kerrostuma on, sitä enemmän se heikentää tehoa. Alla oleva kuvaaja havainnollistaa kerrostuman paksuuden vaikutusta lämmönsiirtotehoon. Epäpuhtaudet aiheuttavat myös eroosiota kiertäessään kierrossa. Ne voivat myös kasaantua putkiston pohjalle kohdissa, joissa virtausnopeus on pienempi.



Kuva 9. Lämmönsiirtimien likaantumisen vaikutus tehoon (KL-Lämpö Oy n.d.).

Tehokas sivuvirtasuodatus on tärkeässä roolissa epäpuhtauksien poistamiseksi kaukolämpöveden joukosta ja vedenlaadun hallinnassa. Sivuvirtasuodatin

tarvitsee säännöllistä huoltoa ja seuranta, jotta se toimii kunnolla. Lisäksi on tärkeää, että siinä on oikein mitoitettu suodatusaste, jotta kaikki halutut partikkelit saadaan pois. Liian tiheä suodatin menee nopeammin tukkoon, joten joskus monivaiheinen suodatus tai harvempi suodatin voi olla parempi.

Veden laadun pitäminen suositusten rajoissa on tärkeää, sillä niissä on huomioitu erilaisia korroosioriskejä. Epäsäännöllinen tai liiallinen kemikaalien määrä saattaa aiheuttaa ongelmia. Liiallinen Amertrolin annostelu voi nostaa pH-arvoa liian korkeaksi tai saada aikaan vanhojen saostumien liikkeelle lähdön aiheuttaen ongelmia, kun taas liian vähäinen annostelu voi jättää järjestelmän alttiiksi korroosiolle (Elonen, V., haastattelu 17.2.2025). Oikein annosteltuna kemikaalit on suunniteltu ehkäisemään korroosiota ja saostumien muodostumista. Jos verkostossa veden laatu ei ole kunnossa lämmönsiirto heikkenee, energiankulutus kasvaa ja verkoston käyttöikä lyhenee.

Veden laadun säännöllinen analysointi ja seuranta ovat välttämättömiä, jotta mahdollisiin muutoksiin ja ongelmiin voidaan reagoida nopeasti. Näytteenottoa tulee tehdä riittävän usein, jotta voidaan reagoida tarvittaviin muutoksiin riittävän nopeasti sekä tarkastella järjestelmää pidemmällä ajanjaksolla. Tärkeää on myös, että analyysituloksia tulkitaan oikein ja että tarvittaessa tarvittavat toimenpiteet kuten esimerkiksi kemikaalisytöt ja suodattimien puhdistaminen tehdään oikein ja ripeästi.

Taloudellisesti ajateltuna huono vedenlaatu johtaa kasvaviin kunnossapitokustannuksiin ja odottamattomiin käyttökatkoihin.

Lämmönvaihtimien tehokkuuden lasku nostaa höyrynkulutusta, joka taas kasvattaa energiakustannuksia, kun taas korroosion aiheuttamat yllättävät vuodot aiheuttavat kalliita ja välittömiä korjaustarpeita. Jalostamalla kaukolämpöverkon käyttökatko voi johtaa yllättävän suuriin seurauksiin ja kuluihin.

Vedenlaadun hallinta kokonaisuutena on tasapainottelua eri tekijöiden välillä, jossa syöttöveden laatu, kemikaalisytöt, verkoston ominaisuudet, suodatus ja seuranta muodostavat dynaamisen järjestelmän. Siksi veden laadun jatkuva

seuranta on tärkeää, jotta voidaan ylläpitää vedenlaatu laatuvaatimuksissa ja säilyttää verkoston kustannustehokas toiminta.

### 3.4 Muualla käytössä olevat kemikaalin syöttöjärjestelmät

Alla oleva taulukko pohjautuu tekemääni kyselyyn. Taulukon avulla voi verrata minkälaisia ratkaisuja muilla suomalaisilla energia-alan yrityksillä on lisäveteen, kemikaaleihin, kemikaalin syöttöön sekä veden laadun seurantaan ja hallintaan.

Taulukko 6. Kaukolämpöverkko vertailu (Imatran Lämpö Oy 2025; Porvoon Energia Oy 2025; Seinäjoen Energia Oy 2025).

| Yritys   | Imatran Lämpö Oy   | Porvoon Energia Oy  | Seinäjoen Energia Oy  |
|--|--|---|---|
| <b>Lisäveden laatu</b>   | Pehmennetty raakavesi Vedenpehmentimessä kovuussuolat vaihdetaan ioninvaihtohartsin avulla natriumioneiksi                           | Pehmennettyä kunnallisvettä, sekä jonkin verran ulospuhallussäiliön lauhdetta.  | Täyssuolanpoistettua vettä.   |
| <b>Kemikaalien syöttöjärjestelmä &amp; Käytetyt kemikaalit</b> | Automatisoitu syöttö: kemikaali annostellaan lisävesimittarin pulssin mukaan sekä analyysien pohjalta. Hydrox kattilavesikemikaalia. | 1. Lisäveden mukana paisuntasäiliöön<br>2. Suoraan KL-verkkoon, kun DEHA-arvo laskee alle 100. Käytössä Amertrol AT3500 ja Adjunct CL (väri). Lisä annostelu analyysien pohjalta                              | Jatkuva kemikaalien syöttö verkon lisävesitarpeen mukaan. Käytössä on Suomen Prosessikemian SuproCirc KLOx -kemikaali.  |
| <b>Annostelulaite</b>  | Milton Roy kalvopumppu   | Annostelupumput ProMinent DLT1612PVT2000UA0030FI0 ja Iwaki EH-E56V6-20EPE5)   | Milton Roy:n elektronisesti ohjattu magneettitoiminen hydraulinen mäntäkalvopumppu Type LMI C9B3-XR14P  |
| <b>Veden laadun seuranta</b>                                   | Ulkopuolinen mittaus (pH, johtokyky, P-luku, kovuus) noin 3 kk välein (Hyxo Oy)  | Ulkopuolinen laborantti analysoi näytteet kerran viikossa (pH, johtokyky, rauta, kovuus, happi, DEHA)   | Laboratorioanalyysit kahdesti viikossa  |
| <b>Haasteet &amp; ratkaisut</b>                                | Vuodon aiheuttama nopeampi kemikaali säiliön tyhjeneminen, jolloin kemikaaliannostus ei aina vastaa tarvetta.                        | Joskus joudutaan ajamaan kunnallisvettä suoraan KL-verkkoon sekä pieni paisuntasäiliö suhteessa verkoston kokoon aiheuttaa haasteita erityisesti vuototilanteissa. Kierrossa pehennin kovuuden laskua varten. | Voimalaitoksen käyntiaikojen lyhentymisen estää termisen hapenpoiston: ratkaisuna diffuusiokalvomateriaaliin perustuva laitteisto hapettoman lisäveden valmistukseen. |

Vaikka kysely ei olekaan laaja, sen avulla on havaittavissa ratkaisujen vaihtelevuus. Kaikissa kyselyyn vastanneissa yrityksissä annostelussa käytetään annostelupumppuja ja huomioidaan lisäveden ottaminen, toisin kuin Neste Oyj:n verkostossa tällä hetkellä.

## 4 Toiminnalliset vaikutukset ja hyötypotentiaali

Tässä luvussa käydään läpi kaukolämpöjärjestelmän uudistamisesta saatavia hyötyjä ja vaikutuksia. Asioita käsitellään erityisesti työturvallisuuden parantamisen, ympäristövaikutusten ehkäisyn sekä kunnossapitokustannusten ja kaukolämpöverkon käyttöiän optimoinnin näkökulmasta.

Kaukolämpöverkon luotettava toiminta on tärkeää jalostamon kannalta, sillä se palvelee useita kiinteistöjä ja turvasuihkuja. Nykyinen annostelumenetelmä altistaa työntekijät turvallisuusriskeille ja aiheuttaa vaihtelevaa veden laatua verkostossa, mikä voi johtaa korroosio-ongelmiin, heikentää tehokkuutta sekä luotettavuutta. Nämä ongelmakohdat olisivat vältettävissä opinnäytetyössä esiintuotujen muutosten avulla.

### 4.1 Parannustarpeiden arviointi ja resurssitarve

Tämä osio kertoo kaukolämpöjärjestelmän parannustarpeiden yksityiskohdista sekä kartoittaa toteuttamiseen tarvittavia resursseja. Parannustarpeiden arvioinnin pohjana on aikaisemmin esille nostetut tarpeet ja puutteet.

#### 4.1.1 Nykyisen järjestelmän puutteet ja niistä aiheutuvat riskit

Kaukolämpökierron kemikaalien syötössä on havaittu useita kehityskohteita, niin työturvallisuuteen kuin järjestelmän tehokkuuteen liittyen. Parannettavaa olisi myös ympäristönsuojelun kannalta. Järjestelmän tämän hetken riskit ja muut parantamista tarvitsevat kohteet.

#### **Puutteet kemikaalin annostelussa**

- **Altistuminen kuumalle vedelle:** Kemikaalia tai väriainetta sylinteriin syöttäessä voi tapahtua inhimillinen virhe.
- **Kemikaalialtistuminen:** Annostellessa voi saada roiskeita tai kemikaali saattaa höyrystyä annostellessa kuumaan sylinteriin.

- Turvasuihku kaukana, oven takana ja täytyy kulkea rappusia.  
(SFS-EN 15154-5. 2019 suosituksen vastainen)
- **Amertrolin määrä:** Kemikaalia on annosteltu epätasaisesti aiheuttaen veden laadun vaihtelua ja aiheuttaen kohonnutta korroosioriskiä.
- **Näytteet labraan kerran kuukaudessa:** Näytteitä ei aina analysoitu tai toimitettu labraan

## Muuta parannettavaa

Sivuvirtasuodattimen puhdistusta tulee tihentää ja harkita onko tarvetta investoida uuteen suodattimeen. Kierrossa on havaittu metallia, jonka poistamiseksi magneettisuodatin olisi tehokas. Kierto on mahdollisesti pääsevän öljyn poistamiseksi olisi tarpeellista harkita myös öljynkeräimen asentamista tai ainakin liitännäpaikan rakentamista.

Kaukolämpöverkon pH-arvo on ohjeistuksia korkeampi ja jännityskorroosion riski on kohonnut. Tilanteen korjaamiseksi voitaisiin vaihtaa syöttövesi kattilan lisäveteen, joka ei sisällä kattilakemikaaleja ja sen pH-arvo on alempi. Vaihtoehtoisesti voidaan harkita Amertrolin annostelumäärän optimointia tai erillisen pH-säätökemikaalin käyttöönottoa.

Sähköjohtavuuden analysointitarvetta tulisi arvioida ja analysointi lisätä kuukausittaiseen näytepyyntöön. Lisäksi olisi tarpeellista käydä läpi ja päivittää kaukolämpökiertoon liittyvät ohjeet, TOP- ja PI-kuvat, jotta ne olisivat ajan tasalla.

### 4.1.2 Uuden järjestelmän vaatimukset

Tässä osiossa eritellään uuden järjestelmän toiminnallisia, teknisiä ja turvallisuusvaatimuksia, jotka on määritelty esiselvityksen ja nykyisen järjestelmän puutteiden pohjalta. Vaatimuksissa on otettu huomioon työturvallisuus ja ympäristötekijöitä. Nämä vaatimukset ovat pohja kemikaalinsyöttöjärjestelmän parantamiseksi.

## Turvallisuus

Uusi kemikaalin käsittelypaikka tulee sijoittaa lähemmäksi turvasuihkua ja kulkutien turvasuihkulle tulee olla esteetön standardin SFS-EN 15154-5, 2019 mukaisesti. Järjestelmän suunnittelussa tulee huomioida ergonomia, minimoida kemikaalin käsittely ja altistumisriskit. Amertrol-vuotojen tai muiden päästöjen estämiseksi tarvitaan vuotoallas tai -kaukalo, jotta kemikaalia ei pääse puroon tai jätevesilaitokselle. Riskien minimoimiseksi on vältettävä kuumia pintoja sekä kuumaa kaukolämpövettä. Lisäksi tarvitaan selkeät ajantasaiset ohjeet ja turvallisuusmerkinnät. Järjestelmän dokumentaatioissa ja koulutuksessa tulisi myös korostaa kemikaalin vaaroja ja asianmukaisia suojautumistoimenpiteitä.

## Annostelujärjestelmä

Amertrolin annosteluun tarvitaan annostelupumppu, joka on mahdollista kytkeä automaatiojärjestelmään. Normaalityllassa Amertrolin annostelu on 0,2–0,4 l/m<sup>3</sup> pehmenettyä lisävesikuutiota kohti. Lisäveden määrän mittaustieto otetaan kaukolämpöverkon syöttövesiautomaattiin virtausmittauksesta. Lisäksi laboratorioanalyysien perusteella on tehtävä lisäannostelumahdollisuus asettamalla syöttönopeus litraa/tunti ja haluttu annos litroina, mikä mahdollistaa tasaisen ja hallitun kemikaalisyötön ilman paikallisesti korkeita pitoisuuksia. Annostelu suoritetaan, kun DEHA-pitoisuus laskee alle 100 µm/l. Annostelussa tulee huomioida, ettei DEHA pitoisuus nouse yli 500 µm/l ja Amertrolin pH-arvoa nostava vaikutus. PH-arvo tulisi pitää välillä 9–10. Pumpun valinnan kannalta järjestelmän paineen ei tulisi nousta yli 1000 kPa(a), sillä kiertopumppujen imupuolella olevassa paisuntasäiliössä oleva varoventtiili aukeaa tässä paineessa. Lisäksi kiertopumppujen painepuolella höyrylämmönvaihtimilla on myös varoventtiilit, jotka aukeavat jo 700 kPa(a) paineessa.

## **Säiliöt ja putkistot**

Kemikaalisäiliön tilavuuden tulee olla riittävä, jotta säiliössä on tarpeeksi tilaa kanisterin tyhjentämistä varten sekä riittävästi nestepintaa kemikaalipumpun luotettavan toiminnan varmistamiseksi. Sopiva säiliökoko olisi 60 tai 100 litraa. Säiliön ja putkiston materiaalien tulee kestää emäksistä kemikaalia, sillä Amertrolin pH on 11–12,5. Putkea tarvitaan noin 3–35 metriä riippuen toteutustavasta. Lisäksi tarvitaan uudet liitännät kaukolämpöveden paluulinjaan.

Jos kemikaalin annostelulaitteet sijoitetaan ulkotiloihin, on huomioitava sen tuomat lisävaatimukset ja varmistettava, ettei Amertrol pääse jäähtymään. Tähän tarvitaan laadukkaat sähkösaatot, eristeet ja sääsuoja. Ympäristön suojelemiseksi tarvitaan myös sadevesien hallintajärjestelmä.

## **Kemikaalien säilytys ja käsittely**

Kemikaalit tulee varastoida turvallisesti ja mahdollisia vuotoja tulee estää vuotoaltaalla tai -kaukalolla. Imetysaineen tarve on arvioitava.

## **Väriaineen annostelu**

Väriaineen syöttöön tarvitaan oma liitäntä, johon voidaan liittää kanisteripumppu väriaineen lisäämistä varten. Vaihtoehtoisesti vanhalle annostelupaikalle voidaan asentaa tulo- ja lähtöpuolelle RO-levyt rajoittamaan virtausta pienemmäksi, jolloin kuumen veden aiheuttama riski pienenee ja väriaine saadaan annosteltua tasaisemmin kierto.

## **Ympäristövaatimukset**

Ympäristövahinkojen estämiseksi tarvitaan vuotoallas tai -kaukalo, sillä jo pienet määrät Amertrolia ovat haitallisia jätevedenpuhdistuslaitokselle ja vesistölle. Ulkoasennuksessa tulee huomioida sadevesien hallinta ja riskit

jätevedenpuhdistuslaitokselle. Kemikaalien asianmukainen varastointi on varmistettava. Kemikaalin vaikutuksia vesistöihin ja jätevesilaitokseen tulee korostaa dokumentaatiossa ja koulutuksessa.

#### 4.1.3 Resurssitarve

Toteuttamisen kannalta välttämättömät laitteet on listattu alle. Tämän listan avulla voidaan alustavasti arvioida projektin kustannuksia, kun kemikaalinsyöttöpaikka uusitaan.

##### Laitteet

- Annostelupumppu
- Kemikaalisäiliö
- Vuotoallas tai -kaukalo ja imeytysaine
- Automaatioon kytkeminen
- Asennuspaikan mukaan putkea noin 3–35 m
- Sähköt laitteille
- Valaistus
- Sadevesien hallinta, sähkösaatot ja eristeet, jos ulkona.

#### 4.1.4 Käytännön ratkaisuehdotus

60 litran annosteluasema DAA-pumpulla yhdistettynä automaatiojärjestelmään. Kuvassa 10 näkyy kompakti säiliön ja pumpun yhdistelmä. Annosteluasemasta on mahdollista valita annostelunopeus ja määrä, jos halutaan annostella hallittu rauhallinen annos Amertrolia kaukolämpöverkkoon.



Kuva 10. Kemikaaliannosteluasema (KL-lämpö Oy n.d.)

Annosteluaseman voisi sijoittaa Vesilaitos 1 kemikaalihuoneeseen huoltovesisäiliön alapuolelle. Tässä vieressä on yksi vesilaitoksen turvasuihkuista. Annostelupaikalle tulee asentaa vuotoallas ja mahdollisten roiskeiden siivoamiseen imeytysainetta. Pumpulta tehdään linja noin 30 metrin päässä olevalle vanhalle kemikaalin syöttöpaikalle, johon tehdään liitännät uutta kemikaalinannosteluasemaa varten. Väriaineen annosteluun oma liitäntä, johon saa liitettyä kanisteripumpun tarvittaessa.

#### 4.2 Työturvallisuus

Kaukolämpöjärjestelmän ylläpidossa, erityisesti kemikaalien annostelussa, on tärkeää huomioida työturvallisuus työturvallisuuslain (738/2002) mukaisesti. Tämä edellyttää laadukasta perehdytystä, asianmukaisia suojarusteita ja työprosessien kehittämistä mahdollisimman turvalliseksi.

#### 4.2.1 Kemikaalien käsittely ja annostelu

Kaukolämpökierrossa käytetty Amertrol AT3500 on emäs ja voi aiheuttaa iho-, silmä-, ja hengitysteiden ärsytystä, myrkytyksen tai jopa vakavan vamman. Nykyisessä kemikaalien annostelussa kemikaalit annostellaan käsin suppilon kautta sylinteriin, mikä lisää roiskeiden ja altistuksen riskiä. Työturvallisuuden parantamiseksi on suositeltavaa siirtää kemikaalit sähköisellä siirtopumpulla suljettuun muovisäiliöön. Säiliöstä annostelupumppu pumpkaa kemikaalin kaukolämpökiertoon. Tällä tavalla voidaan minimoida käsittely ja altistumisriski. Sähköinen siirtopumppu on oleellinen koska 30 litran kanisterit ovat hankalia käsitellä, vaikka työskentelypiste olisikin suunniteltu hyvälle korkeudelle. Kemikaalien käsittelyssä tulee lisäksi käyttää kokonaamaria tai kypäräpuhallinta, nitrilikäsineitä ja tiiviitä suojalaseja.

#### 4.2.2 Ergonomia ja sijoittelu

Nykyinen kemikaalien annostelupaikka sijaitsee vesilaitoksen alakerrassa ja altistuksen tapahduttua sen etäisyys turvasuihkuun on turhan pitkä ja hankala kulkea. Suihkuun pääsemiseksi täytyy kiertää putkia ja pumppuja sekä kulkea ovesta portaikkoon. Tämä lisää riskiä lisävahingoille ja pidentää altistumista kemikaalille. 30 litran kemikaalikanisterin painon takia ergonomia nykyisellä pisteellä on haastava. Tämän painoista astiaa on hankala nostaa ja käsitellä. Kemikaalin annostelupisteen suunnittelussa tulisi huomioida ergonominen suunnittelu sekä sijainti. Kemikaaleja käsitellessä turvasuihkuun tulisi olla alle 20 metrin etäisyydellä ilman portaita tai rampeja tai esteitä (SFS-EN 15154-5:2019).

#### 4.2.3 Mahdolliset riskit ja suositellut toimenpiteet

Ilman parannuksia kaukolämpöjärjestelmän kemikaalien käsittelyssä on useita riskejä:

- **Kemikaalialtistus:** Altistuminen emäksiselle kemikaalille tai sen höyryille
- **Ergonomiset haasteet:** Raskaan 30 litran kannun käsittely ylhäällä
- **Palovammat:** Venttiilioperointi virhe saattaa altistaa kuumalle vedelle ja mahdollisesti kemikaalille

Näiden minimoimiseksi suositellut toimenpiteet:

- **Annostelupaikan siirto:** Turvasuihkun lähelle.
- **Sähköinen kemikaalin siirtopumppu:** Ei tarvetta nostella 30 litran kanisteria
- **Uusi kemikaalin annostelupumppu ja säiliö:** Tarvetta harvemmin työskennellä kemikaalin kanssa
- **Ergonomian huomioiminen suunnitellusta lähtien**
- **Selkeät ohjeistukset ja merkinnät**

Toteuttamalla esille nostetut parannukset voidaan merkittävästi vähentää kemikaalin annostelun riskejä ja samalla parantaa verkoston luotettavuutta sekä tehokkuutta

#### 4.3 Ympäristö

Kaukolämpöverkon kemikaalien käsittelyssä on tärkeää huomioida ympäristöturvallisuus. Kemikaalien kuten Amertrol AT3500 säilytys ja käyttö täytyy olla suunniteltu sekä toteutettu niin, että voidaan estää kemikaalin pääsy viemäriin tai ympäristöön.

Kemikaalit tulee säilyttää sisätiloissa suojassa kylmältä. Annostelupaikalle on rakennettava vuotokaukalo tai allas, jotta voidaan estää mahdollisen vuodon leviäminen ja estää ympäristön saastuminen. Lisäksi imeytysainetta tulisi olla helposti saatavilla.

Säännöllinen kenttäkierros on keskeinen keino havaita mahdolliset vuodot nopeasti ja rajata sekä ehkäistä päästöjä.

Ympäristöriskit

- **Vuoto varastoinnissa:** Kemikaalia valuu puroon
- **Vuoto kemikaalin annostelussa:** Kemikaalia valuu puroon

Näiden minimoimiseksi suositellut toimenpiteet:

- **Vuoto varastoinnissa:** Vuotokaukalo tai -allas
- **Vuoto kemikaalin annostelussa:** Vuotokaukalo tai -allas
- **Annostelupumppu ja säiliö:**
  - Harvemmin manuaalista annostelua
- Säännölliset kenttäkierrokset ja tarkkailua

#### 4.4 Mahdolliset säästöt kunnossapidossa

Kemikaalien parempi ja tasaisempi annostelu vähentää korroosiota kaukolämpöjärjestelmässä. Korroosion vähentäminen pidentää kaukolämpöverkoston käyttöikä ja vähentää siten kunnossapitokustannuksia. Korroosion pienetessä vähenevät myös suunnittelemattomat käyttökatkokset, jotka voivat aiheuttaa merkittäviä kustannuksia. Kun verkostossa tapahtuu vähemmän korroosiota, myös käyttöikä pitenee vähentäen kunnossapitotoimien tarvetta.

Sivuvirtasuodattimen avulla poistetaan epäpuhtauksia kaukolämpöverkosta. Epäpuhtaudet voivat aiheuttaa kulumista ja korroosiota järjestelmän putkissa, lämmönvaihtimissa, pumpuissa ja automaateissa, mikä johtaa lisääntyneisiin huolto- ja korjauskustannuksiin. Laadukas hyvin ylläpidetty sivuvirtasuodatin pidentää verkoston komponenttien, käyttöikä ja vähentää siten kunnossapitotarvetta, sekä kunnossapitokuluja.

Yhteenvetona voidaan todeta, että oikein tehty kemikaalien annostelu ja tehokkaan sivuvirtasuodattimen säännöllinen puhdistaminen johtaa säästöihin kunnossapidossa. Nämä toimenpiteet auttavat vähentämään korroosiota, pidentämään koko järjestelmän käyttöikä ja minimoimaan kalliit suunnittelemattomat käyttökatkokset.

#### 4.5 Kaukolämpökierron käyttöiän pidentäminen

Kaukolämpökierron käyttöikä saadaan pidennettyä tehokkaalla korroosionhallinnalla. Laadukas ja tasainen vedenlaatu on tässä avainasemassa. Parantamalla epäpuhtauksien poistamista ja annostelemalla kemikaaleja tasaisesti ja hallitusti vähennetään verkoston osiin kohdistuvaa kuormitusta, mikä hidastaa venttiilien, putkiston, pumpun ja lämmönvaihtimien kulumista.

Merkittävimmät käyttöikä pidentävät toimet ovat:

- **pH tason hallinta:** Hallittu ja tasainen kemikaalien annostelu estää paikallisia pH:n vaihteluita, jotka voivat aiheuttaa jännityskorroosiota heikentäen putkistoa
- **Hallittu kemikaalin syöttö:** Hallittu ja tasainen kemikaalien annostelu estää paikallisia korkeita polymeeripitoisuuksia, jotka voivat saada hallitsemattomasti liikkeelle verkostossa olevat vanhat saostumat.
- **Epäpuhtauksien hallinta:** Tehokkaampi suodatus poistaa kierrosta korroosiotuotteita, ennen kuin ne aiheuttavat eroosiokorroosiota tai kerrostumia verkostoon. Näin lämmönvaihtimet pysyvät puhtaana ja lämmönsiirto säilyy tehokkaana.
- **Ennakoiva huolto ja seuranta:** Reaaliaikainen paine-eromittaus suodattimella auttaa havaitsemaan kierrossa tapahtuvaa korroosiota ja ilmoittaa suodattimen puhdistustarpeesta. Puhdistustarvetta voidaan myös ennakoita ja suunnitella paremmin mittauksen avulla.

Kemikaalisyytön ja suodatuksen parantaminen tukevat yhdessä kaukolämpöverkoston pitkäikäisyyttä vähentämällä mekaanisen rasituksen, korroosion, saostumien ja inhimillisten riskien aiheuttamia ongelmia. Tämä johtaa kustannussäästöihin sekä parempaan luotettavuuteen.

## 5 Lopuksi

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa Neste Oyj:n kaukolämpöjärjestelmän kemikaaliannostelun nykytila sekä tunnistaa siihen liittyvät turvallisuus-, toiminnanvarmuus- ja ympäristöriskit sekä kartoittaa parannusvaihtoehtoja tulevaa projektia varten. Tässä työssä esille nousi erityisesti manuaalisen annostelun tuomat riskit työntekijöille kuuman veden ja vaarallisen kemikaalin annostelun kautta, panosmaisen annostelun mahdolliset vaikutukset sekä puutteet päästön ehkäisyssä.

Arvioinnin perusteella voidaan sanoa, että nykyinen järjestelmä ei vastaa nykyaikaisia turvallisuus- ja ympäristövaatimuksia. Manuaalisessa annostelussa esiintyy merkittäviä riskejä palovammojen ja kemikaali-altistumiselle sekä ympäristövahingolle. Lisäksi kemikaalien annostelu voi johtaa paikallisiin ylikonsentraatioihin, jotka lisäävät korroosion riskiä ja heikentävät kaukolämpöverkon toimintavarmuutta ja käyttöikä. Havaittujen haasteiden pohjalta luodut kehitysehdotukset keskittyvät ensisijaisesti riskien minimointiin ja kattavan perustan luomiseen tulevalle projektille.

Suosituksena on muun muassa siirtyä kemikaalipumpulla tapahtuvaan annosteluun, mikä mahdollistaisi tarkemman ja hallitun annostelun. Toimenpiteet vähentäisivät ihmisten virheiden mahdollisuutta ja altistumisriskiä. Lisäksi annostelupaikan siirtäminen lähemmäksi turvasuihkua takaisi hätätilanteessa lyhyemmän altistumisajan, joka mahdollisesti pienentäisi altistuman vakavuutta.

Päästöjen rajaamiseksi ehdotan vuotokaukaloa ja imeytysainetta, joiden avulla voidaan rajoittaa mahdollisia kemikaalivuotoja ja suojella ympäristöä. Ehdotetuilla toimenpiteillä pystytään vähentämään ihmisiin ja ympäristöön kohdistuvia riskejä sekä laskemaan järjestelmän ylläpito- ja käyttökustannuksia.

Jotta kehitysehdotuksista ja järjestelmästä saadaan suurin mahdollinen hyöty, se vaatii jatkuvaa seurantaa ja ylläpitoa. Kemikaalin annostelun määrä riippuu otetun syöttöveden määrästä ja verkoston sisäisistä muutoksista.

Sivuvirtasuodattimen puhdistustiheyttä tulisi arvioida tarkemmin ja seurata aktiivisesti. Olisi hyvä suorittaa seurantajakso, jonka yhteydessä ohjeistusta päivitetäisiin.

## Lähteet

Elonen, V. 2025. Puhelinhaastattelu. Yritys Solenis Finland Oy:n Ville Elonen haastatteli 17.2.2025 Vili Pukari.

Energiateollisuus ry 2007. Suositus kaukolämmön kiertoveden käsittelystä (KK3/2007). Viitattu 22.1.2025. [https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/08/SuositusKK3\\_2007\\_Kaukolammon\\_kiertoveden\\_kasittely.pdf](https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/08/SuositusKK3_2007_Kaukolammon_kiertoveden_kasittely.pdf)

Hämäläinen, M.; Kallio, N.; Taxell, P.; Uljas, J.; Irpola, E. & Pakkanen, P. 2022. Kemikaaliturvallisuus työpaikalla (4th ed.). Työturvallisuuskeskus (TTK). Viitattu 4.3.2025. <https://ttk.fi/wp-content/uploads/2023/02/Kemikaaliturvallisuustyö%CC%88paikalla.pdf>

IEA n.d. District heating. Viitattu 3.12.2024. <https://www.iea.org/energy-system/buildings/district-heating>

Imatran Lämpö Oy:n käyttöhenkilökunta. 2025. Sähköposti. Käyttöhenkilökunnan kanssa viesti 17.2.2025 Vili Pukari.

Kainulainen, H. & Valkonen, T. 2024. Kattilalaitoksen / höyrykehittimien vedenkäsittely. Neste Oyj:n sisäinen dokumentti.

Kaunisto, T. & Carpen, L. 1998. Kaukolämpöverkostoissa käytettävien vedenkäsittelykemikaalien toimivuuden tutkiminen (Raportti VALB324). Espoo: VTT Valmistustekniikka.

Kirjavainen, M. 2025. Verkkopalaveri. Yritys KL-Lämpö Oy:n Miikka Kirjavainen haastatteli 26.2.2025 Vili Pukari.

Kiuru, K. 2003. Nesteen asuntoalue Porvoossa murenee meluvalleiksi. Helsingin Sanomat. Viitattu 2.12.2024. <https://www.hs.fi/pkseutu/art-2000004176444.html>

KL-Lämpö Oy n.d. Lämmönsiirtimien likaantumisen vaikutus tehoon. Viitattu 1.3.2025. <https://www.kl-lampo.com/lomake/palveluratkaisut/teollisuuden-palvelut/lammonsiirrinpalvelut/158>

Koskelainen, L., Saarela, R., & Sipilä, K. 2006. Kaukolämmön Käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus ry

National Center for Biotechnology Information 2025. N,N-diethylhydroxylamine. PubChem. Viitattu 24.2.2025.

[https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/N\\_N-Diethylhydroxylamine#section=Uses](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/N_N-Diethylhydroxylamine#section=Uses)

Neste 1988. Porvoon tuotantolaitokset, kaukolämpöjärjestelmä, vesilaitoksen alakeskus, kytkentäkaavio NP2-8852. Neste Oyj:n sisäinen dokumentti.

Neste Jacobs 2009. Neste Oil Porvoon tuotantolaitokset TL1, käyttöhyödykkeet, muut säätöjen toimintakuvaus. Neste Oyj:n sisäinen dokumentti.

Neste n.d.a. Tuotanto. Viitattu 11.2.2025. <https://www.neste.fi/konserni/tietoameista/tuotanto>

Neste n.d.b. Neste Porvoo refinery. Viitattu 15.1.2025.

<https://nedxstgaprodfiles.blob.core.windows.net/image/7A3DC4763D6C3211-Neste%20Porvoo%20refinery.jpg>

Neste Oil 2015. Porvoon jalostamo jalostamo a, vaihe I lämpökeskus ISBL PI-kaavio NP0-3694. Neste Oyj:n sisäinen dokumentti.

Neste Oyj:n Brewis, N. 2025. Keskustelu. Neste Oyj:n Niko Brewis kanssa keskusteli 8.1.2025 Vili Pukari

Neste Oyj:n Ovaska, M. 2025. Sähköposti. Neste Oyj:n Mari Ovaska kanssa viestitteli 27.2.2025 Vili Pukari

NOS4102-22 2022. ASME TERÄSPUTKET. Nesteen sisäiseen dokumenttiin.

Porvoon Energia Oy:n Kulju, K. 2025. Sähköposti. Porvoon Energia Oy:n Kaj Kulju kanssa viesti 17.2.2025 Vili Pukari.

Seinäjoen Energia Oy:n käyttöhenkilökunta. 2025. Sähköposti. Seinäjoen Energia Oy:n Käyttöhenkilökunnan kanssa viesti 17.2.2025 Vili Pukari.

SFS-EN 12952-12. 2003. Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 12: Laatuvaatimukset syöttö- ja kattilavedelle Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 15154-5. 2019. Hätäsuihkut. Osa 5: Muualla kuin laboratoriossa käytettävät yksisuutinsuihkut. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 253:2019 + A1:2024. 2024. District heating pipes. Bonded single pipe systems for directly buried hot water networks. Factory made pipe assembly of steel Suomen Standardisoimisliitto SFS

Solenis 2014. Amertrol AT 3500 - Rokitek. Viitattu 11.2.2025.  
<http://www.rokitek.fi/esitteet/AmertrolAT3500.pdf>

Traficom 2022. Liikenne- ja viestintävirasto, Vesikuljetusten kuljetusmäärät. Viitattu 2.3.2025. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/vesikuljetusten-kuljetusmaarat>

Toffetti, L. 2015. District heating. [Kuva]. Wikipedia. Viitattu 3.12.2024.  
[https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:District\\_heating.gif](https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:District_heating.gif)

Työturvallisuuslaki 299/1958.

Työturvallisuuslaki 738/2002.

Valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä 715/2001.

Ympäristönsuojelulaki 527/2014.

