



Leevi Monni

# Kaukolämmön käyttökeskeytystoiminnan kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Opinnäytetyö

31.3.2025

## Tiivistelmä

Tekijä(t): Leevi Monni  
Otsikko: Kaukolämmön käyttökeskeytystoiminnan kehittäminen  
Sivumäärä: 28 sivua + 0 liitettä  
Aika: 31.3.2025

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Energia- ja ympäristötekniikka  
Suuntautumisvaihtoehto: Energiantuotantomenetelmät  
Ohjaaja(t): Verkkopäällikkö Teemu Mäki

Lehtori Tomi Hämäläinen

---

Kaukolämpö on Suomessa laajasti hyödynnetty lämmitysmuoto, joten lämmönjakelun keskeytysten hallinta on tärkeää sekä asiakkaille että toimintavarmuudelle. Tämä opinnäytetyö keskittyy kaukolämmön käyttökeskeytyksiin liittyvän toimintaprosessin kehittämiseen. Työn tavoitteena oli sujuvoittaa ja parantaa suunniteltujen huoltokeskeytysten toteutusta. Pääkysymyksenä oli, miten kaukolämpöverkoston käyttökeskeytystoimintaa voidaan parantaa entisestään.

Opinnäytetyössä analysoitiin nykyinen keskeytysprosessi ja arvioitiin vaihtoehtoisia menetelmiä toiminnan parantamiseksi, esimerkiksi verkoston muokkaus ilman käyttökatoa paineellisilla tulppauksilla. Tutkimus toteutettiin tapaustutkimuksena Fortumin Espoon kaukolämpöverkossa ja aineisto kerättiin kirjallisuuskatsauksen, työmaakäyntien sekä Fortumin henkilöstön ja urakoitsijoiden haastattelujen avulla.

Haastatteluiden ja havainnointien perusteella tunnistettiin useita kehityskohteita työmaajärjestelyissä, turvallisuuskäytännöissä ja henkilöstön koulutuksessa. Työmaiden tehokkuutta ja turvallisuutta voidaan parantaa esimerkiksi sijoittamalla työkoneet ja kulkureitit suunnitelmallisemmin sekä varmistamalla asentajien riittävä perehdytys keskeytystilanteiden tehtäviin. Lisäksi todettiin, että kaukolämpöverkkoon tehtävät kytkennät paineellisena voivat joissakin tapauksissa vähentää laajojen käyttökatojen tarvetta, vaikka menetelmän hyöty on tapauskohtaista ja riippuu verkon koosta sekä kustannuksista.

Avainsanat: kaukolämpö

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author(s): Leevi Monni  
Title: Development of District Heating Outage Operations  
Number of Pages: 28 pages + 0 appendices  
Date: 31 March 2025

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Energy and Environmental Engineering  
Specialisation option: Energy Production Methods  
Instructor(s): Teemu Mäki, Senior Manager, Distribution  
Tomi Hämäläinen Senior Lecturer

---

District heating is widely used in Finland, making the management of supply interruptions crucial for both customers and operational reliability. This thesis focuses on developing the process for executing district heating outages. The aim was to streamline and accelerate the implementation of planned maintenance shutdowns and reduce the inconvenience caused to customers. The main research question was how to improve the operational efficiency of network outages without compromising safety.

The current outage management process was analyzed, and alternative methods to minimize interruptions, such as performing network modifications under pressure without a shutdown, were evaluated. The study was conducted as a qualitative case study of Fortum's district heating network in Espoo, and data was collected via a literature review, site observations, and interviews with Fortum personnel and contractors.

Based on the interviews and observations, several areas for improvement were identified in worksite arrangements, safety practices, and personnel training. Worksite efficiency and safety can be enhanced by better planning of equipment placement and access routes, as well as by ensuring that installers are sufficiently trained for tasks during outages. Additionally, it was noted that performing pipeline connections under pressure can in some cases reduce the requirement for extensive shutdowns, although the benefits of this method are case-specific and depend on network size and cost factors. Worksite efficiency and safety can be enhanced by better planning of equipment placement and access routes, as well as by ensuring that installers are sufficiently trained for tasks during outages.

Keywords: district heating

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Fortum	1
2.1	Yleistä	1
2.2	Kaukolämmön tuotanto	2
2.3	Espoonverkkoalue	3
3	Kaukolämpöjärjestelmä	5
3.1	yleistä	5
3.2	putkirakenteet	7
3.3	Verkon komponentit	10
3.4	Kaukolämpöjärjestelmän kunnossapito	12
3.5	Asiakaslaitteiden kunnossapito	12
3.6	Kaukolämpöverkon kunnossapito	13
4	Käyttökeskeytykset ja käyttöönotot	14
5	Työvaiheet	15
5.1	suunnittelu	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>
5.2	esivalmisteet	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>
5.3	Tyhjennys	18
5.4	putkityöt	18
5.5	täyttö	19
6	Paineelliset tulppaukset	20
6.1	Periaate	20
6.2	Hyödyt ja haitat	21
6.2.1	Hyödyt	21
6.2.2	Haitat	22
6.3	Kustannukset	23
7	Haastattelut ja kehityskohteet	25
8	Yhteenveto	26
	Lähteet	27

# 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää kaukolämpöverkkojen käyttökeskeytyksiin liittyviä nykykäytäntöjä ja tunnistaa keinoja tehostaa keskeytysten aikaista toimintaa. Työssä pyritään löytämään kehityskohteita, joilla kaukolämpökatkoista aiheutuva katkot olisivat mahdollisimman tehokkaita. Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Fortum Oyj:n kanssa tapaustutkimuksena, ja tarkastelun kohteena on erityisesti Fortumin Espoon, Kauniaisten ja Kirkkonummen alueen kaukolämpöverkkotyömaat. Kyseisessä verkossa kaukolämpöä toimitetaan noin 300 000 asukkaalle, joten toimitusvarmuuden ylläpito on tärkeää. Työssä keskitytään ensisijaisesti suunniteltuihin käyttökeskeytyksiin, joita aiheutuu verkoston huolto-, korjaus- ja liitostöissä, mutta myös äkillisten vikakeskeytysten hallintaa käsitellään lyhyesti. Tutkimus on rajattu koskemaan kaukolämpöverkoston jake-lupuolen keskeytysprosesseja. Tutkimusmenetelminä on käytetty kirjallisuuskat-sausta ja empiiristä tiedonkeruuta. Teoriaosuuden taustamateriaalina hyödyn-netään alan kirjallisuutta, standardeja ja Energiateollisuus ry:n tilastoja kauko-lämmön toimitusvarmuudesta. Fortumin kaukolämpöverkon keskeytystietoja ja toimintaprosesseja on tutkittu analysoimalla verkon häiriötilanteita sekä haastat-telemalla kaukolämmön ammattilaisia. Haastatteluiden tavoitteena on ollut sel-vittää nykyisiä käytäntöjä ja tunnistaa kehityskohteita käyttökeskeytysten hallin-nassa.

## 2 Fortum

### 2.1 Yleistä

Fortum Oyj on suomalainen energiayhtiö, joka tuottaa ja toimittaa sähköä, läm-pöä sekä jäähdytystä. Yhtiö on merkittävä toimija erityisesti Espoon, Kauniais-ten ja Kirkkonummen alueilla, joissa se toimittaa kaukolämpöä noin 300 000 asukkaalle. Fortumin pääkonttori sijaitsee Espoossa, ja Suomessa yhtiö työllis-tää noin 2 400 henkilöä. Fortumilla on laaja energiantuotannon kapasiteetti, jo-hon kuuluu Loviisan ydinvoimalaitos sekä yhteensä 33 vesivoimalaitosta, joiden

vuosittainen sähköntuotantokapasiteetti on noin 1 500 MW. Biopolttoaineet ovat tärkeä osa Fortumin ratkaisua erityisesti talvikauden huippukuormituksen aikana. Vuonna 2023 Fortumin liikevaihto oli 6 711 miljoonaa euroa, ja toimitusjohtajana toimii Markus Rauramo, joka on ollut tehtävässä vuodesta 2020. Lisäksi lämpöakut mahdollistavat lämmön varastoinnin ja käytön kulutushuippujen aikana, lisäten järjestelmän joustavuutta ja toimintavarmuutta. Vuonna 2023 päästöttömän kaukolämmön osuus oli 63 %, ja Espoo Clean Heat -ohjelma toimii esimerkkinä siitä, miten kaukolämmön tuotanto voidaan uudistaa käyttäen kestäviä ja tehokkaita ratkaisuja. Tämä yhdistää hiilineutraalisuuden ja kustannustehokkuuden säilyttäen lämpöpalveluiden luotettavuuden. Yhtiö hyödyntää myös hukkalämpöä datakeskuksista, puhdistetusta jätevedestä ja ulkoilmasta. (1.)

## 2.2 Kaukolämmön tuotanto

Fortum tuottaa kaukolämpöä Espoossa hyödyntäen ympäristöystävällisiä ratkaisuja, jotka perustuvat sekä perinteisiin että uusiin teknologioihin. Tavoitteena on tarjota ympäristöystävällisiä ja luotettavia ratkaisuja, jotka vastaavat alueen kasvavaa lämmitystarvetta. Kaukolämmön tuotanto on tärkeä osa Fortumin Espoo Clean Heat -ohjelmaa, jonka tavoitteena on saavuttaa hiilineutraali tuotanto vuoteen 2030 mennessä. (1.)

Suomenojan lämpöpumppulaitos hyödyntää puhdistetun jäteveden ja meriveden hukkalämpöä energianlähteenään. Tämä vähentää fossiilisten polttoaineiden tarvetta ja pienentää merkittävästi hiilijalanjälkeä. Kesäkaudella laitoksessa hyödynnetään merivettä, mikä parantaa laitoksen energiatehokkuutta. Laitos on yksi Espoon tärkeimmistä tuotantoyksiköistä ja toimii esimerkkinä kiertotalouden hyödyntämisestä energiantuotannossa. (2.)

Vermón ilma-vesilämpöpumppulaitos on Suomen suurin lajissaan. Sen 11 MW:n kapasiteetti mahdollistaa ulkoilman lämpöenergian hyödyntämisen myös kylmissä sääolosuhteissa. Tämä tukee Espoon alueen siirtymää hiilineutraaliin

energiantuotantoon. Lämpöpumpputeknologian avulla voidaan korvata fossiilisten polttoaineiden käyttö ja parantaa kaukolämpöjärjestelmän joustavuutta. (3.)

Datakeskusten hukkalämmön hyödyntäminen on olennainen osa Espoon kaukolämpöstrategiaa. Espoossa ja Kirkkonummella rakenteilla olevat datakeskukset tuottavat huomattavan määrän lämpöenergiaa, joka kerätään talteen lämpöpumpputeknologian avulla. (4.)

Lämpöakut ovat keskeinen osa Espoon kaukolämpöjärjestelmän kehittämistä. Lämpöakut mahdollistavat lämmön varastoinnin ja käytön kulutushuippujen aikana, mikä lisää järjestelmän joustavuutta ja toimintavarmuutta. Suomenojan laitosalueella sijaitsee 20 000 kuution lämpöakku, jonka kapasiteetti on 800 MWh. Vuonna 2023 alueella otettiin käyttöön 100 MW sähkökattilalaitos, joka yhdistettynä lämpöakun kanssa mahdollistaa veden lämmittämisen kaukolämpöverkkoon sopivaksi halvan sähkön ajankohtina. (1.) Myös Nuijalaan rakennettava 800 MWh lämpöakku toimii lisääntyvän energiajoustavuuden esimerkkinä ja auttaa hyödyntämään sähkön hintavaihteluita entistä tehokkaammin (5.)

Vuonna 2023 Espoossa tuotetusta kaukolämmöstä 63 % oli hiilineutraalia. Fortum jatkaa ratkaisujen kehittämistä ja investointeja uusiutuvaan energiaan. Espoo Clean Heat -ohjelma toimii mallina siitä, kuinka kaukolämpöjärjestelmiä voidaan muuttaa kestävämmiksi, tehokkaammiksi ja ympäristöystävällisemmiksi säilyttäen korkea toimitusvarmuus ja asiakastyytyväisyys. Biopolttoaineet täydentävät uusiutuvan energian käyttöä erityisesti talvikauden huippukuormitusten aikana. Fortum käyttää bioöljyä, joka on valmistettu kotimaisesta sahanpurusta. (1.)

## 2.3 Espoon verkkoalue

Fortumin kaukolämpöverkko Espoon, Kirkkonummen ja Kauniaisten alueella on yksi Suomen laajimmista, ja verkoston putkiston yhteispituus on noin 950 kilometriä. Fortumin mukaan kyseessä on Suomen toiseksi suurin kaukolämpöverkko, joka palvelee noin 250 000 käyttäjää (6.) Espoon kaukolämpöverkko perustui alkuvaiheessa kivihiileen ja öljyyn, mutta 1970-luvun loppupuolella otettiin

käyttöön myös maakaasu osana polttoainevalikoimaa. Espoon Sähkön historian (7.) Mukaan kaukolämpö tuotettiin aluksi öljyllä, kunnes myöhemmin siirryttiin maakaasun ja sittemmin biopolttoaineiden käyttöön. Suomenojan voimalaitos on ollut keskeinen kaukolämmön tuotantopaikka Espoossa 1970-luvulta lähtien. Suomenojan ensimmäinen voimalaitosyksikkö otettiin käyttöön vuonna 1977, ja voimalan rakentaminen 1970-luvulla merkitsi Espoon kaukolämpötuotannon voimakasta kasvua (7.) Siitä lähtien Suomenoja on toiminut yhtenä pääasiallisista lämmöntuotantolaitoksista Espoon verkossa. Viime vuosina Fortum on uudistanut Espoon kaukolämpöjärjestelmää vähäpäästöisillä vaihtoehdoilla, kuten biopolttoaineilla, hukkalämmön talteenotolla ja sähkökattiloilla. Espoon kaupungin ilmastotavoitteiden seurantaraportissa todetaan, että uuden sukupolven kaukolämpö perustuu fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen mm. Espoossa syntyvien hukkalämpöjen hyödyntämisellä, lämpöpumpuilla, sähkökattiloilla ja bioenergialla. Kivenlahden biolämpölaitos käyttää puupohjaisia polttoaineita korvaan aiemmin käytetyn raskaan polttoöljyn. Fortumin vuonna 2018 julkaiseman tiedotteen mukaan Kivenlahden 49 MW biolämpölaitos rakennettiin nimenomaan korvaamaan Suomenojan vanha hiilikäyttöinen lämpökattila puupolttoaineilla (8). Suomenojan voimalaitokseen on lisäksi asennettu suurteholämpöpumppuja, jotka ottavat talteen puhdistetun jäteveden lämpöä kaukolämpöverkoon. Kesällä 2021 Suomenojalla otettiin käyttöön Suomen suurin, 25 MW lämpöpumppuyksikkö, joka edellisten yksiköiden tavoin hyödyntää jäteveden hukkalämpöä (1). Fortum tarkkailee verkoston kuntoa aktiivisesti. Esimerkiksi kaukolämpöverkkoa kuvataan lämpökameralla ilmasta säännöllisesti vuotojen havaitsemiseksi koko Espoon, Kauniaisten ja Kirkkonummen kattava verkko lämpö kuvataan 1–2 kertaa vuodessa, yleensä keväällä ja syksyllä (9.) Lisäksi etäluettavat mittarit ovat käytössä kaikilla kaukolämpöasiakkailla, mikä mahdollistaa kulutuksen ja verkon tilan seurannan lähes reaaliajassa. Verkon toimitusvarmuutta on parannettu myös varalaitoksilla. Fortumilla on useita varavoimalaitoksia/huippukuormalaitoksia, joita voidaan käynnistää kylmimpinä päivinä tai häiriötilanteissa turvaamaan lämmönsaanti. Fortumin pitkän tähtäimen tavoitteena on siirtyä kokonaan polttovapaaseen kaukolämmöntuotantoon. Yhtiö on ilmoittanut tavoitteekseen tuottaa kaukolämpöä tulevaisuudessa ilman polttoai-

neiden polttamista, ja tämä edellyttää uusia ratkaisuja energianlähteiksi (8.) Datakeskusten hukkalämmön hyödyntäminen on yksi keskeinen keino: Fortumin ja Microsoftin yhteistyöhankkeessa datakeskusten jäähdytyksessä syntyvä lämpö on tarkoitus kierrättää jopa 40 %:iin Espoon alueen kaukolämmöstä (10). Sähkön perustuvat tuotantomuodot (kuten suuritehoiset lämpöpumput ja sähkökatilat) sekä geoterminen energia ovat niin ikään osa Fortumin tiekarttaa kohti hiili-neutraalia, polttamatonta lämmöntuotantoa. Fortumin mukaan kaukolämmön tu-levaisuus Espoossa rakentuu hajautettuihin ratkaisuihin, joissa hyödynnetään mm. datakeskusten ja jäteveden hukkalämpöä, lämpöpumppuja (11.)

### **3 Kaukolämpöjärjestelmä**

#### **3.1 Yeistä**

Lämpö tuotetaan keskitetyissä tuotantolaitoksissa, kuten sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa tai lämpökeskuksissa. Polttoaineina voidaan käyttää esimerkiksi bioöljyä, biomassaa, puupellettejä, jäteveden hukkalämpöä, merivettä ja jätettä. (1.)

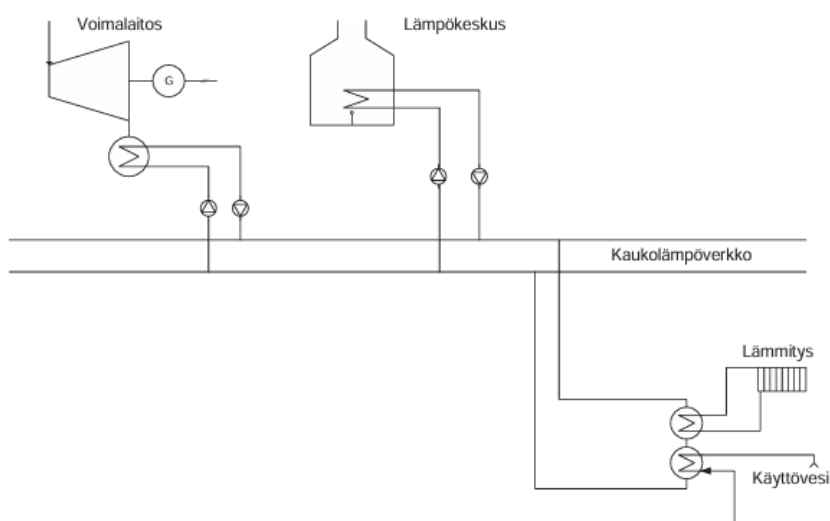
Lämpö siirretään kuluttajille suljetussa kaksiputkisessa kaukolämpöverkossa, jossa kuuma vesi johdetaan kiinteistöjen lämmönjakokeskuksiin. (12, s. 43)

Kiinteistöissä lämpö vastaanotetaan lämmönjakokeskuksissa, jotka sisältävät lämmönsiirtimet, säätölaitteet, pumput sekä muut tarvittavat komponentit. Lämmönjakokeskukset ovat tehdasvalmisteisia kokonaisuuksia, jotka asennetaan yleensä erilliseen tekniseen tilaan (12, s. 546).

Kaukolämpöjärjestelmän toiminta perustuu rakennusten lämmöntarpeeseen, joka vaihtelee ulkolämpötilan ja käyttötarkoituksen mukaan. Talvella lämmöntarve on suurimmillaan. Kesäisin tarve rajoittuu pääasiassa käyttöveden lämmitämiseen, mikä vastaa vain 10 % liittymistehosta. Kuukausikulutus vaihtelee huomattavasti sään ja vuodenajan mukaan (12, s. 41).

Lämpöenergia siirretään kuluttajille kuuman veden muodossa kaksiputkijärjestelmää käyttäen. Kuuma vesi johdetaan asiakkaille syöttöputkessa ja jäähtynyt vesi palaa takaisin tuotantolaitokselle paluuputkea pitkin (12, s. 43).

Kaksiputkijärjestelmä on perinteinen kaukolämpöjärjestelmä, jossa huolehditaan veden puhtaudesta ja paine-erojen hallinnasta. Jakeluverkoston tehokkuus perustuu korkeaan keskipainekäsittelyyn ja lämpöhäviöiden minimointiin. Tämän järjestelmän periaate on esitetty kuvassa 1. (12, s. 44).



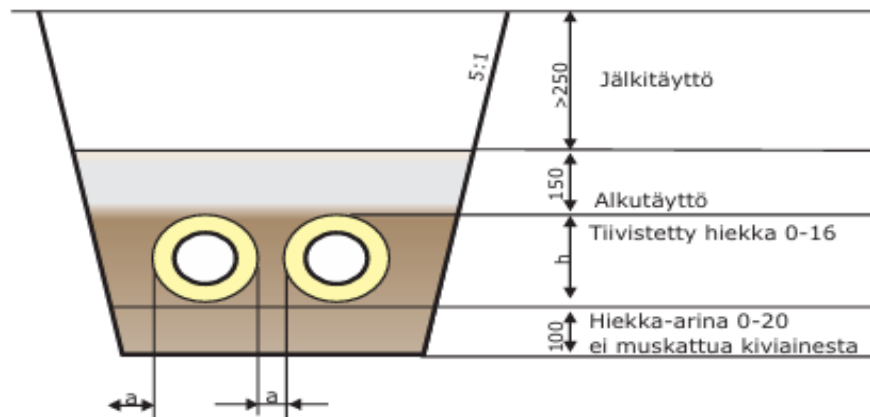
Kuva 1 Kaksiputkijärjestelmän periaate.

Lämmönsiirrossa käytetään epäsuoraa kytkentää, jolloin asiakkaan lämmitysjärjestelmä ei ole suoraan yhteydessä kaukolämpöverkkoon, vaan lämpö siirretään lämmönvaihtimen kautta. Tämä lisää järjestelmän turvallisuutta ja joustavuutta (12, s. 43).

Järjestelmän teho vaatimusten ennustamiseen käytetään risteilyä I. samanaikaisuustekijää, joka kuvaa asiakkaiden kulutushuippujen yhdistelyä. (12, s. 44). Kulutusvaihtelut voidaan yhdistää laskennallisesti yhdeksi summakäyräksi, mikä mahdollistaa järjestelmän optimoinnin (12, s. 59).

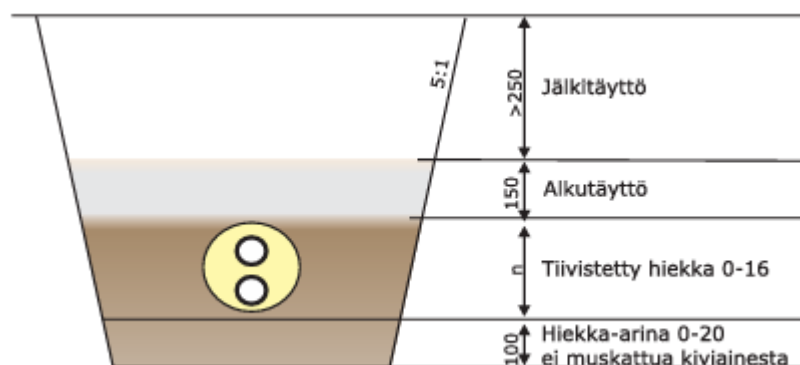
### 3.2 Putkirakenteet

Yksiputkijohdossa, joka on esitetty kuvassa 2. meno- ja paluuputket ovat erillisiä. Teräksinen virtausputki on kiinnitetty polyuretaanieristeellä polyeteenisuoja-kuoreen. Näitä putkia valmistetaan laajasti eri kokoisina aina DN1000:een asti. (12, s. 139.)



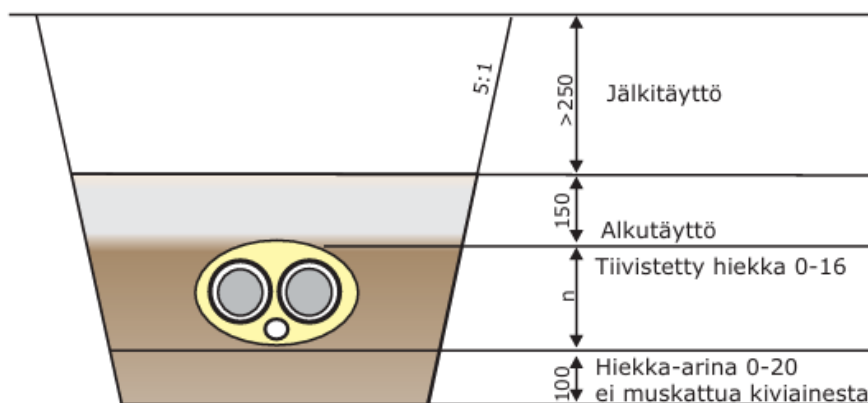
Kuva 2. Kiinnivaahdotettu yksiputkijohto 2Mpuk. (12, s. 139.)

Kaksiputkijärjestelmässä sekä meno- että paluuputket on yhdistetty yhtenäisen polyuretaanieristeen sisään kuvassa 3. Niiden suojana on polyeteenikuori. Lämpöhukan minimoimiseksi menopuoli on sijoitettu paluuputken alapuolelle. Tavallisesti kaksiputkijohtoja valmistetaan eri kokoluokissa DN 20:stä DN 200:aan, ja niiden pituus vaihtelee tyypillisesti 6–12 metriin. Yksiputkijärjestelmiin verrattuna kaksiputkijohto tarjoaa etuja erityisesti materiaalitehokkuuden ja asennusprosessin kannalta, sillä jatkoskohdat puolittuvat ja lämpöhäviöt vähenevät. Tämä tekee kaksiputkiratkaisusta energiatehokkaamman ja taloudellisesti kannattavamman vaihtoehdon. (12, s. 140.)



Kuva 3. Kaksijohtoputki Mpuk. (12, s. 140.)

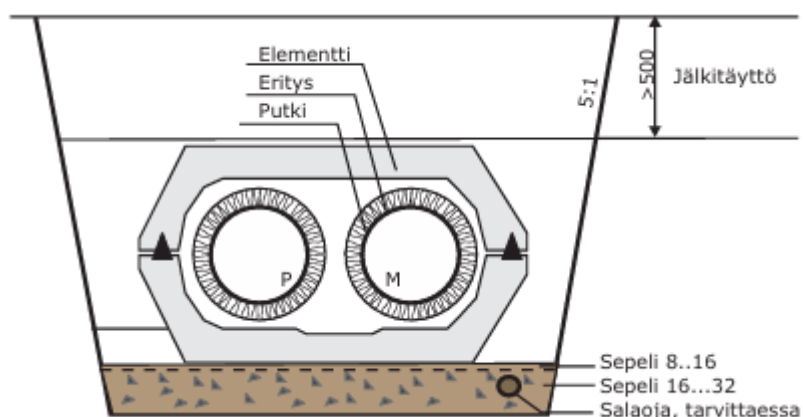
Kuvassa 4. näkyvää muovisuojakuoriputkea käytettiin 1960-luvun puolivälistä noin kahdenkymmenen vuoden ajan kaukolämpöverkoston rakentamisessa. Näissä johdoissa polyuretaanieristeellä kiinteästi yhteen liitetty polyeteenisuojakuori ympäröi lasikuituisia suojaputkia, joiden sisällä virtausputket sijaitsivat. Tavoitteena oli asentaa virtausputket siten, että ne eivät pääsisi liikkumaan lämpöliikkeiden vaikutuksesta. Lisäksi rakenteeseen kuului erillinen vuotovesiputki, joka oli tarkoitettu mahdollisten vuotojen havaitsemiseen ja hallintaan. Joissakin tapauksissa tämä johdintyyppi rakennettiin myös erillisinä meno- ja paluulinjoina. Muovisuojakuorijohtojen käytössä havaittiin kuitenkin useita ongelmia. Johdon ympärillä olevan maan painuminen vaikutti sen rakenteeseen ja toimintaan, mikä saattoi johtaa vikoihin. Suojaputken tai eristeen rikkoutuminen saattoi aiheuttaa virtausputken korroosiota, joka levisi helposti koko kaivoväliin vuotovesiputkesta huolimatta. Lisäksi muovisuojaputkien liitoskohdat osoittautuivat herkiksi maaperän liikkeille, mikä heikensi järjestelmän kestävyyttä. Rakenteen toimivuuteen vaikutti myös se, ettei suojaputken ja sen sisällä olevan virtausputken välinen tuuletus ollut riittävä, mikä saattoi lisätä kosteuden kertymistä. Myös eri valmistajien elementtien yhteensopimattomuus aiheutti haasteita asennuksessa ja huollossa. Näiden ongelmien vuoksi muovisuojakuorijohtoja liikkuvien teräsputkien ei enää asennettu vuoden 1990 jälkeen (12, s. 145)



Kuva 4. Liikkuvarakenteinen muovisuojuoriputki. (12, s. 145.)

Kuvassa 5. näkyvää betonielementtikanavaa ei ole enää rakennettu 1990-luvun jälkeen, mutta Suomessa on edelleen käytössä erityyppisiä betonikanavajoh-toja. Näissä järjestelmissä teräsputket, jotka toimivat virtausputkina, on sijoitettu betonikuoren sisälle kannakkeiden varaan. Putkien tuentaa ja lämpöliikkeiden hallintaa varten rakenteeseen kuuluu erityisesti suunniteltuja teräsosia, jotka siirtävät kuormituksia betonikuoren seiniin ja pohjaan. Kanavan sisällä on riittä-västi tilaa eristeelle, joka yleensä koostuu mineraali- tai polyuretaanieriste-kouruista. Uretaanikourujen on kuitenkin havaittu menettävän eristyskykyään ponnekaasun haihduttua, ja lisäksi niiden on todettu taipuvan kostuessaan kaa-revuuksissa. Betonikanavajohtoja on toteutettu eri rakenteilla. Kokoelementtika-navissa sekä ala- että yläelementit ovat lähes identtisiä, kun taas joissakin mal-leissa ala- ja yläelementit ovat kolmitahoisia mutta keskenään samankaltaisia. Toisinaan käytettyjä rakenteita ovat myös suorakulmaiset kanavat, joiden kansi on joko valettu työmaalla tai valmistettu elementtivaluna. Lisäksi on olemassa puolielementtikanavia, joissa pohjalaatta on työmaalla valettu, mutta muut ele-mentit ovat valmiita rakennusosia. Yleisimmin käytetty betonikanavajohtotyyppi on tehdasvalmisteisista elementeistä koostuva kokoelementtikanava. Tällai- sessa rakenteessa alaelementtikourut ladotaan kaivantoon peräkkäin, liitetään toisiinsa vetoteräksillä ja saumataan. Lopputuloksena on hieman joustava ja ve-

tokuormitusta kestävä kanavakouru. Teräspuutket ohjataan ja kannatetaan alaelementtien sisälle kiinteisiin elementteihin, joihin putket hitsataan kiinni. Tämän rakenteen ansiosta lämpötilavaihtelujen aiheuttamat kuormitukset siirtyvät hallitusti maaperään. Kanavan seinien ja virtausputkien väliin jää riittävästi tilaa mineraalivillaeristeelle ja tuuletukselle. Asennuksen yhteydessä kansielementit asetetaan alaelementtien päälle ja niiden saumat tiivistetään. Näin muodostuu suljettu johtokanava, jossa virtausputket voivat liikkua kiintopisteiden ohjaamina lämpötilavaihtelujen mukaisesti (12, s. 144.).



Kuva 5. Kokoelementtikanava. (12, s. 144.).

### 3.3 Verkon komponentit

Venttiilit säätelevät veden virtausta ja mahdollistavat putkiston osien eristämisen huolto- ja vikatilanteissa. Kaukolämpöjärjestelmissä käytetään pääasiassa pallo- ja läppäventtiilejä, joiden valinta riippuu putkiston halkaisijasta ja käyttöolosuhteista. (12, s. 123).

Kiertovesipumput takaavat veden kierron verkostossa ja varmistavat, että lämpö jakautuu tasaisesti kaikille asiakkaille. Niitä ohjataan automaattisesti verkoston tarpeiden mukaan, mikä optimoi energiankulutuksen ja parantaa järjestelmän tehokkuutta. (12, s. 172.).

Putkisto koostuu kiinnivaahdotetuista teräsputkista, joissa eristys on kiinteästi yhdistetty ulkokuoreen. Tämä rakenne vähentää lämpöhäviöitä ja suojaa putkistoa korroosiolta. Vanhemmissa järjestelmissä saattaa olla myös betonikanava-putkia tai muovisuojakuorisista putkia, jotka ovat vähitellen poistumassa käytöstä. (12, s. 147).

Kalvopaisunta-astioissa joustava kalvo erottaa veden ja kaasutilan. Tällöin kalvon toisella puolella oleva typpi tai ilma mukautuu veden laajenemiseen tai supistumiseen. Kattavammat järjestelmät sisältävät yleensä suljetun paisuntasäiliön, jonka koon on vastattava merkittävääkin volyyminvaihtelua tyypillisesti noin 2 % verkon kokonaisvesitilavuudesta. Lisäksi käytössä on usein erillinen lisävesisäiliö, josta voidaan syöttää järjestelmään puuttuvaa vettä vuoto- tai huoltotilanteessa. Lämpötilan muutosten nopeus ja suuruus määrittelevät, kuinka jyrkästi paine voi nousta tai laskea. Esimerkiksi, jos ulkolämpötila yhtäkkiä nousee, menoveden lämpötilaohjelma seuraa nousua, jolloin verkon kiertoveden tilavuus voi kasvaa lyhyessä ajassa jopa noin 1 %–1,25 %. Paisuntajärjestelmän tulee kyetä vastaamaan sekä välittömiin, nopeisiin muutospiikkeihin että pidemmän aikavälin keskimääräisiin vaihteluihin, jotta verkon käytettävyys ja laitteiden kestoikä säilyvät. Lisävesisäiliö mahdollistaa veden lisäyksen verkostoon esimerkiksi huoltotilanteessa tai pienten vuotojen kompensoimiseksi. Painetason säilyttäminen vaatii usein erillistä lisävesipumppua ja älykästä säädintä, jotka varmistavat, ettei paine pääse laskemaan verkon kriittisten rajojen alapuolelle. (12, s. 339)

Lianerottimet ja suodattimet poistavat järjestelmästä epäpuhtauksia, kuten ruostetta ja mineraalijäämiä. Magneettisuodattimet ovat erityisen hyödyllisiä rautahiukkasten poistossa, mikä parantaa verkoston toimintaa ja suojaa laitteistoa tukkeutumiselta. (12, s. 124)

Pumppaamot ja lämmönsiirrinasemat ovat keskeisiä erityisesti laajoissa kaukolämpöverkostoissa. Ne auttavat tasapainottamaan paine-eroja ja siirtämään lämpöä tehokkaasti eri alueille (12, s. 175).

Mittaus- ja automaatiojärjestelmät varmistavat lämmönjakelun tehokkuuden ja mahdollistavat kulutuksen seurannan. Etäluettavat mittarit tarjoavat reaaliaikaisen näkymän energiankulutukseen, mikä mahdollistaa nopean reagoinnin häiriötilanteisiin ja parantaa energiatehokkuutta. (12, s. 462).

### 3.4 Kaukolämpöjärjestelmän kunnossapito

Kunnossapito jaetaan kahteen pääalueeseen ennakoivaan ja korjaavaan kunnossapitoon.

Ennakoiva kunnossapito tähtää vikojen ehkäisyyn ja sisältää säännöllisiä tarkastuksia, puhdistuksia, voiteluja, määräaikaivaihtoja sekä eristeiden ja putkistojen huoltoa. Kunnonvalvonta tukee tätä työtä mittauksilla ja tarkastuksilla, joiden avulla voidaan havaita alkavat viat ennen niiden muuttumista vakaviksi häiriöiksi. Korjaava kunnossapito puolestaan keskittyy jo ilmenneiden vikojen ja vaurioiden korjaamiseen, kuten vuotojen paikkaamiseen, vaurioituneiden osien uusimiseen ja laitteistojen säätöihin. Kunnossapidon merkitys korostuu erityisesti kaukolämpöverkoston ja siihen liittyvien asiakaslaitteiden osalta. Kaukolämpöverkosto muodostuu maanalaisten putkistojen, jakokeskusten ja kaivojen kokonaisuudesta, joka vaatii jatkuvaa seurantaa ja huoltoa. Asiakaslaitteiden, kuten lämmönjakokeskusten, kunnossapito on yhtä tärkeää, sillä niiden toimintahäiriöt voivat heikentää koko järjestelmän tehokkuutta (12, s. 347).

### 3.5 Asiakaslaitteiden kunnossapito

Lämmönjakokeskus on asiakkaan kaukolämpöjärjestelmän ydin, ja sen toimintavarmuus on keskeinen osa koko järjestelmän tehokkuutta. Asiakas vastaa perushuollosta, kuten säätölaitteiden, suodattimien ja venttiilien tarkastuksesta, mutta lämpöyhtiö huolehtii laajemmin järjestelmän kunnonvalvonnasta ja tarvittavista korjauksista. Lämmönjakokeskuksen vuosittaisessa tarkastuksessa kiinnitetään erityisesti huomiota lämmönsiirtimiin, venttiileihin, paisuntasäiliöihin, pumppuihin ja putkistoon. Lisäksi tarkastetaan eristykset, mittarit ja ilmanpoistolaitteet. Erityistä huomiota tulee kiinnittää lianerottimiin, jotka voivat tukkeutua

ajan myötä, aiheuttaen lämmityksen tehon heikkenemistä ja lämpimän käyttöveden alhaisen lämpötilan. Lämpöyhtiö seuraa asiakaslaitteiden toimintaa mittaus-ten ja etävalvonnan avulla. Tarvittaessa suoritetaan laitteiden tiiveystarkastuksia ja kuntokartoituksia, joilla voidaan havaita mahdollisia piileviä vikoja (12, s. 339).

### 3.6 Kaukolämpöverkon kunnossapito

Kaukolämpöverkoston kunnossapito vaatii säännöllistä seuranta ja huoltotoimenpiteitä, joiden avulla varmistetaan järjestelmän toimivuus ja energiatehokkuus. Koska suurin osa kaukolämpöverkosta on maan alla, sen tarkastaminen ja kunnossapito edellyttää erikoismenetelmiä.

Putkistojen kuntoa seurataan muun muassa lämpökamerakuvauksilla, kosteusanturiseurannalla ja paine-eromittauksilla. Lisäveden menekin seuranta on myös tärkeä keino havaita mahdollisia piileviä vuotoja, jotka voivat ajan myötä heikentää järjestelmän toimintaa.

Maanalaisten johtojen kunnossapito sisältää kaivojen tarkastuksia, betonikanavien videokuvauksia ja riskialueiden kartoituksia. Kaivojen kunnossapidossa on tärkeää seurata kosteuden kertymistä, sillä vesi voi vahingoittaa eristeitä ja aiheuttaa korroosiota. Kaivot voidaan jakaa kolmeen pääryhmään kosteuden perusteella:

1. Harvoin tarkastettavat kaivot, jotka sisältävät vain vähän vettä, eivätkä vaadi säännöllistä tyhjennystä.
2. Säännöllisesti tarkastettavat kaivot, jotka keräävät vettä kausiluonteisesti, esimerkiksi keväällä tai rankkasateiden yhteydessä.
3. Jatkuvasti tyhjennettävät kaivot, joissa vesi kertyy jatkuvasti, mikä vaatii säännöllistä pumppausta ja mahdollisesti rakenteellisia parannuksia.

Kaukolämpöverkoston kunnossapitoon kuuluu myös sulkuventtiilien, tyhjennyslaitteiden ja eristeiden tarkastuksia sekä tarvittaessa niiden uusimista.

Kunnossapitotöissä käytetään monipuolisia työvälineitä ja laitteita, jotka mahdollistavat tehokkaan ja turvallisen työskentelyn. Keskeisiä työvälineitä ovat muun muassa magneettinostimet kaivojen kansien avaamiseen, tyhjennyspumput, siivousvälineet ja valaistuskalusto. Lisäksi käytössä on digitaalisia seurantajärjestelmiä ja kannettavia tietokoneita tai tabletteja, joilla voidaan analysoida järjestelmän kuntoa ja kirjata huoltotoimenpiteitä.

Turvallisuus on tärkeä osa kunnossapitotyötä, sillä kaukolämpöjärjestelmässä työskenneltäessä on huomioitava korkeat lämpötilat, paineistetut putkistot ja mahdolliset vaaralliset kaasut. Työntekijöillä tulee olla asianmukaiset suojava-  
rusteet, kuten hengityssuojaimet, heijastinliivit, turvajalkineet ja suojakäsineet. Lisäksi työmaalla on oltava alkusammutusvälineet ja ensiaputarvikkeet mahdollisia hätätilanteita varten (12, s. 348–350).

## **4 Käyttökeskeytykset ja käyttöönnotot**

Käyttöönotto tarkoittaa uusien putkistojen, laitteiden tai järjestelmäosien liittämistä kaukolämpöverkkoon. Tämä tapahtuu esimerkiksi uuden asiakkaan liittämisen yhteydessä tai verkoston laajennuksen jälkeen.

Käyttökeskeytys tarkoittaa lämmönjakelun tilapäistä keskeyttämistä asiakkaalle. Keskeytykset jaetaan suunniteltuihin ja äkillisiin keskeytyksiin. Suunniteltuja keskeytyksiä esiintyy kaukolämpöverkon kunnossapidon, laajennusten ja uusien liityntöjen toteuttamisen yhteydessä. Tavoitteena on toteuttaa keskeytys mahdollisimman lyhyessä ajassa ja tiedottaa asiakkaita hyvissä ajoin, esimerkiksi tekstiviesteillä ja lapuilla, joita jaetaan postilaatikoihin ja kerrostalojen oviin, jotta he voivat varautua tilanteeseen.

Vuonna 2024 Espoon, Kauniaisten ja Kirkkonummen alueilla oli noin 200 keskeytystä ja niiden keskimääräinen keskeytysaika oli noin 7,1 tuntia. Keskeytysaika vaihteli noin 1,3 tunnista 15 tuntiin.

Energiateollisuus ry:n (13.) mukaan kaukolämmön toimitusvarmuus Suomessa on erittäin korkea, ja keskimääräinen keskeytysaika per asiakas vuodessa on vain 2,4 tuntia. Tämä on huomattavasti alhaisempi kuin esimerkiksi sähköverkon keskeytysajat. Energiateollisuuden tilastojen mukaan noin 85 % kaikista käyttökeskeytyksistä on suunniteltuja, kun taas 15 % johtuu äkillisistä vioista. Äkillisten keskeytysten kesto riippuu viasta, mutta useimmiten ne saadaan korjattua alle 8 tunnissa. (13.)

## 5 Työvaiheet

### 5.1 Suunnittelu

Suunnittelussa on tärkeää kiinnittää huomiota esikatselmukseen ja työkohteeseen tutustumiseen. Esikatselmuksessa tulisi olla paikalla suunnittelija, työnjohtaja sekä urakoitsijoiden työnjohtaja. Työkohteeseen on suositeltavaa tutustua vähintään pari päivää ennen käyttökeskeytystä. Esikatselmuksen aikana käydään läpi eri työvaiheet ja eri osapuolten vastualueet työmaalla, mikä varmistaa sujuvan ja tehokkaan toteutuksen.

Ensimmäisenä määritetään, mitkä osat verkostosta on suljettava ja miten keskeytys vaikuttaa asiakkaisiin. Tämä arvioidaan seuraavien tekijöiden perusteella:

- Suljettavat venttiilit ja linjan pituus: Keskeytysalue rajataan sulkuventtiileillä. Mikäli venttiileitä ei ole hyvin sijoitettu tai venttiili vuotaa keskeytyksen vaikutusalue voi laajentua tarpeettomasti.
- Asiakasvaikutukset: Erityisesti sairaalat, hoitolaitokset ja muut kriittiset kohteet vaativat erityisjärjestelyjä.
- Tyhjennyksen ja täytön aikataulu: Putkiston koko ja veden määrä vaikuttavat siihen, kuinka nopeasti linja voidaan tyhjentää ja täyttää uudelleen.

Suunnitteluvaiheessa varmistetaan tarvittavien resurssien saatavuus:

- Maarakennusurakoitsijat kaivutöitä varten.
- Hitsaajat.
- Työnjohtajat, jotka koordinoivat ja valvovat työn kulkua sekä varmistavat aikataulujen ja turvallisuusmääräysten noudattamisen.

Keskeytyksen toteutus etenee yleensä seuraavasti, ja työvaiheita voidaan valmistella mahdollisimman pitkälle ennen itse keskeytystä. Kaivuutyöt voidaan suorittaa etukäteen, minkä jälkeen hitsauksen esivalmisteet voidaan tehdä niin pitkälle kuin mahdollista, ennen kuin varsinainen käyttökeskeytys alkaa.

## 5.2 Esivalmisteet

Esivalmistelut ovat tärkeä osa käyttökeskeytystä, ja niiden avulla voidaan vähentää käyttökeskeytyksen kestoa, parantaa työn tehokkuutta ja turvallisuutta, ja materiaalien käyttöä sekä vähentää asiakkaille aiheutuvaa haittaa.

Huolellinen esivalmisteluvaihe koostuu useista toimenpiteistä, jotka toteutetaan ennen varsinaisen käyttökeskeytyksen alkamista. Näihin kuuluvat muun muassa työkohteen kartoitus, kaivuutyöt, putkistojen esivalmistelut, venttiilien tarkastukset, materiaalihankinnat ja työmaan turvallisuusjärjestelyt.

Ennen käyttökeskeytystä suoritetaan esikatselmus, johon osallistuvat suunnittelija, kunnossapitoinsinööri ja urakoitsijoiden työnjohtaja. Tavoitteena on varmistaa, että kaikki osapuolet ymmärtävät työn vaatimukset ja että työskentelyolosuhteet ovat asianmukaiset. Tässä vaiheessa tarkastetaan työalueen maaperäolosuhteet, mahdolliset muut infraelementit, kuten sähkö- ja tietoliikennekaapelit, sekä arvioidaan, miten liikenne ja muut ympäristötekijät vaikuttavat työmaan toteutukseen.

Kaivuutyöt aloitetaan ennen käyttökeskeytystä. Kaivulupien hankinta, kaivannon tukeminen ja mahdolliset pohjaveden hallintaan liittyvät järjestelyt tehdään hy-

vissä ajoin. Kaivannon on oltava riittävän tilava ja turvallisesti tuettu, jotta asennustyöt voidaan suorittaa esteettä. Maarakennustyöt voivat sisältää myös vanhojen putkistojen poistamista, mikäli kyseessä on vanhan linjan korjaus tai uusiminen.

Putkielementit voidaan esivalmistella joko työmaalla tai hallilla, jolloin hitsaukset voidaan tehdä valmiiksi ennen asennusta. Putkien katkaisu lähelle oikeaa mittaa voidaan toteuttaa jo ennen linjan katkaisua, mikä nopeuttaa varsinaista liittämistä.

Venttiilien ja sulkujen tarkastaminen ennen käyttökeskeytystä on tärkeää, mutta niiden toimintaa ei varsinaisesti testata. Tarkastus suoritetaan silmämääräisesti, jotta voidaan varmistaa niiden olevan rakenteellisesti kunnossa. Mikäli venttiileissä havaitaan ongelmia, ne huomioidaan jatkosuunnittelussa.

Kaikki tarvittavat putkiosat, venttiilit, eristeet ja muut komponentit tilataan ja toimitetaan työmaalle ennen työn aloittamista. Materiaalien varastointi suunnitellaan niin, että ne ovat helposti saatavilla työn edetessä, jolloin vältetään viiveitä ja varmistetaan sujuva työn eteneminen. Lisäksi varmistetaan, että työkalut ja koneet, kuten hitsauslaitteet ja nosturit, ovat käytettävissä käyttökeskeytyksen aikana.

Liikennejärjestelyt toteutetaan ennen kaivutöiden aloittamista, erityisesti jos työmaa sijaitsee vilkkaalla alueella. Työturvallisuuteen liittyvät asiat, kuten suoja-kaiteet, varoitusmerkit ja työmaa-alueen rajaukset, asennetaan hyvissä ajoin. Lisäksi tarvittavat työluvut, kuten tulityöluvut ja kaivuluvat, hankitaan etukäteen. Mahdolliset sähkö- ja tietoliikennekaapelit kartoitetaan ja suojataan ennen kaivutöitä, jotta vältetään vaurioita kriittisiin infrastruktuureihin.

Huolellinen suunnittelu ja valmistelutyöt vaikuttavat suoraan käyttökeskeytyksen pituuteen. Mitä enemmän esivalmisteluja voidaan tehdä ennen itse käyttökeskeytystä, sitä lyhyemmäksi keskeytysaika jää. Tämä mahdollistaa keskittymisen kriittisiin työvaiheisiin, kuten hitsaukseen ja putkien liittämiseen, ilman ylimääräi-

siä viiveitä. Esimerkiksi Fortumin kaukolämpöverkon kunnossapidossa on havaittu, että esivalmisteluiden ansiosta keskeytysaika voidaan lyhentää jopa puoleen alkuperäisestä arviosta, mikä parantaa asiakkaiden tyytyväisyyttä.

### 5.3 Tyhjennys

Kunnossapitoinsinööri antaa asentajille kartan, johon on merkitty työskentelyalue sekä suljettavat venttiilit. Tämän pohjalta asentajat käyvät paikan päällä katsomassa parhaan kohdan linjan tyhjentämiseen ja ilmausventtiilin avaamiseen, jotta kaikki vesi saadaan poistettua putkistosta mahdollisimman tehokkaasti. Linjan tyhjennys tapahtuu joko moottoripumpuilla, jos korkeuseroa ei ole linja tyhjentyy omalla paineellaan ilman lisäpumppausta. Pohjalle jäänyt vesi, jota ei saada poistettua venttiilin kautta, imetään moottoripumpun päähän asennetun pillin avulla, jotta putkisto saadaan täysin kuivaksi ennen seuraavia työvaiheita. Tyhjennys aloitetaan sulkemalla tarvittavat sulkuventtiilit, jolloin tyhjenettävä verkoston osa erotetaan muusta järjestelmästä. Tämän jälkeen katsotaan korkeimmasta kohdasta, että linja on paineeton ja sen jälkeen tyhjennysventtiilit avataan, että voidaan aloittaa tyhjentäminen. Tyhjennysvesi ohjataan hallitusti soveltuviin purkupaikkoihin, kuten sadevesiviemäriin. Tyhjennysvaiheen sujuvuus vaikuttaa suoraan käyttökeskeytyksen kokonaisaikaan sekä seuraavien työvaiheiden tehokkuuteen. Hyvin suunniteltu ja toteutettu tyhjennys varmistaa, että putkistossa voidaan työskennellä turvallisesti ja että seuraavat vaiheet, kuten hitsaukset ja uusien komponenttien asennus, voidaan aloittaa viiveettä.

### 5.4 Putkityöt

Työ alkaa vanhan putkilinjan poistolla, joka toteutetaan suunnitelman mukaisista kohdista. Katkaisukohtien määrittelyssä huomioidaan hitsaustyön sujuvuus sekä asentajien työergonomia ja turvallisuus. Vanhojen osien irrotus voidaan tehdä esimerkiksi puukkosahalla, kulmahiomakoneella tai polttoleikkaamalla riippuen putkiston koosta ja materiaalista. Työmaan hyvä järjestely ja oikea-ai-

kainen eteneminen varmistaa, että käyttökeskeytys pysyy aikataulussaan ja ylimääräisiä viivästyksiä ei synny. Uudet putket sovitetaan paikoilleen ennen hitsaustyön aloittamista. Hitsauksen jälkeen saumat tarkastetaan silmämääräisesti, ja tarvittaessa voidaan suorittaa röntgen- tai ultraäänitarkastus liitosten laadun varmistamiseksi, mutta yleensä linja täytetään ja katsotaan, onko saumoissa vuotoja. Näiden toimenpiteiden avulla varmistetaan, että putkisto kestää kaukolämpöverkon vaativat käyttöolosuhteet. Jotta käyttökeskeytys voidaan minimoida, työmaan on oltava järjestelmällisesti suunniteltu ja materiaalien saavuus varmistettu ennen hitsaustyön aloittamista. Eristystä ei asenneta ennen käyttöönottoa, sillä hitsisaumat on tarkastettava ennen eristämistä. Tämä mahdollistaa mahdollisten tarkastusten ja korjausten tekemisen ilman eristyksen purkamista ja uudelleenasettamista. Eristystyöt toteutetaan vasta verkoston käyttöönoton ja painekokeen jälkeen, jotta käyttöönotto voidaan tehdä ilman turhia lisätoimenpiteitä.

## 5.5 Täyttö

Täytössä käytetään samoja venttiileitä kuin tyhjennyksessä, ja se on suoritettava hallitusti, jotta vältetään verkoston paineiskut ja ilmataskujen muodostuminen. Ennen täyttöä on soitettava kaukolämpövalvomoon, jotta he voivat seurata veden syöttöä ja varmistaa, että täyttö tapahtuu hallitusti. Valvomo ilmoittaa, jos vettä syötetään liian nopeasti, mikä voisi aiheuttaa vedenpinnan liian nopeaa laskemista tai häiriöitä muulle verkostolle. Täyttö aloitetaan sulkemalla tyhjennysventtiili ja avaamalla ilmausventtiili, jotta linjassa oleva ilma pääsee poistumaan täytön aikana. Veden syöttö tapahtuu alimmasta kohdasta, jotta se täyttää linjan tasaisesti ja ilmanpoisto voidaan suorittaa tehokkaasti ylimmästä kohdasta. Jos alin kohta sijaitsee linjan päättyvässä osassa, se ei ole optimaalinen täyttöpiste, koska sieltä ei saada riittävästi vettä eikä paine riitä järjestelmän täyttämiseen. Ilmanpoiston varmistaminen on täyttövaiheessa erityisen tärkeää, sillä ilmataskut voi häiritä lämmönsiirtoa. Ilmausventtiiliä ei suljeta ennen kuin kaikki ilma on poistunut putkistosta. Kun verkosto on täytetty, odotetaan että

osuus paineistuu ja tarkistetaan, että putkisto kestää sille asetetut käyttöpainet. Tässä vaiheessa mahdolliset vuodot voidaan havaita ja korjata ennen varsinaista käyttöönottoa.

## 6 Paineelliset tulppaukset

### 6.1 Periaate

Paineellinen tulppaus on menetelmä, jossa kaukolämpöverkoston jokin osa eristetään väliaikaisesti muusta verkosta verkon ollessa yhä paineellinen ja toiminnassa. Käytännössä se toimii kuin tilapäinen sulkuventtiili. Putkistoon asennetaan mekaaniset tulpat, jotka katkaisevat virtauksen halutulta osuudelta ilman että muun verkon toimintaa tarvitsee keskeyttää. Menettely aloitetaan yleensä hitsaamalla putkeen tulppausyhteet, joiden kautta tulppauslaite voidaan laittaa putken sisään. Mikäli hitsaaminen ei ole mahdollista, voidaan käyttää mekaanisia satulaliittimiä, jotka kiinnitetään putkeen pulttikiristeisesti. Kun tulppausyhteet on asennettu, porataan reikä ja laitetaan tulppa putkeen. Tulppa pysäyttää virtauksen kyseisessä kohdassa, jolloin tulpan jälkeen oleva putkiosuus voidaan tyhjentää/katkaista ja tehdä tarpeelliset työt erillään muusta verkosta. Tulppausta voidaan tehdä yksi- tai kaksipuolisena.

Yksikkötulppauksessa linja tulpataan yhdestä kohdasta, jolloin tulppa toimii yhtenä sulkupisteenä. Tulpan jälkeinen putkiosuus tyhjenetään ja huoltotyö tehdään siellä verkon muun osan jäädessä paineenalaiseksi

Tuplatulppauksessa linja eristetään kahdella tulppauspisteellä, yhden molemmin puolin huoltoaluetta. Tulppien väliin jäävä osuus tyhjenetään, mutta samanaikaisesti niiden välille voidaan rakentaa väliaikainen ohitusputki/letku, joka ylläpitää muun verkon normaalin kierron. Näin asiakkaiden lämmönsaanti jatkuu keskeytyksettä myös huoltoalueen eristämisen aikana. Tuplatulppaus toimii siis käytännössä täysin kuten ylimääräinen venttiilipari verkossa.

Paineellista tulppausta hyödynnetään erityisesti tilanteissa, joissa verkon normaali käyttökeskeytys olisi hankala tai haitallinen laajalle asiakaskunnalle. Tyyppillisiä käyttökohteita ovat:

Verkostossa oleva käyttökelvoton/vuotava sulkuventtiili tai venttiili puuttuu kriittisestä kohdasta, paineellisella tulppauksella voidaan kyseinen venttiili vaihtaa tai asentaa uusi ilman että koko alueen lämmönjakelua katkaistaan. Tulppausta käytetäänkin usein, kun verkossa ei ole lähellä toimivia sulkuventtiilejä, ne eivät pidä täysin tai halutaan lisätä sulkuventtiili.

Laajojen korjaus- tai rakennushankkeiden putkiston muutostöissä ja siirroissa hyödynnetään poratulppausta, joka mahdollistaa putkiosuuden irrottamisen käytöstä ilman pitkäaikaista huoltokatkoa muulle verkolle. Näin esimerkiksi ison kaukolämpörungon reitin siirto voidaan tehdä keskeyttämättä asiakkaiden lämmönsaantia.

Uusien liittymien tai komponenttien asennuksessa, kun olemassa olevaan verkkoon lisätään uusia haaroja tai osia, voidaan kytkentä tehdä tulppaamalla putki tilapäisesti asennuskohtaa varten. Tämä vähentää tarvetta tyhjentää pitkiä putkiosuuksia pienten lisäysten vuoksi. Menetelmällä voidaan siis parantaa verkon toimitusvarmuutta erityisesti talvella tai tilanteissa, joissa normaali käyttökeskeytys kestäisi huomattavasti pidempään.

## 6.2 Hyödyt ja haitat

### 6.2.1 Hyödyt

Paineellisen tulppauksen suurin etu on, että kaukolämmön jakelua ei tarvitse katkaista asiakkailta huollon ajaksi. Lämpö pysyy päällä koko ajan, mikä takaa häiriöttömän lämmöntoimituksen. Tämä parantaa asiakastytyvääsyyttä, sillä asiakkaat eivät edes huomaa verkolla tehtäviä töitä, ja energiayhtiölle se merkitsee lämmönmyynnin jatkuvuutta ilman myyntitappiota.

Tulppauksen ansiosta verkoston käsiteltä vettä ei tarvitse laskea viemäriin tai luontoon, kuten perinteisessä tyhjennyksessä. Tämä vähentää lisäveden tarvetta ja kemikaalikustannuksia, sillä uutta vettä ei tarvitse ottaa verkkoon korvaamaan pois laskettua määrää. Lisäksi vältetään kaukolämpöveden lämpöhäviöitä, sillä verkostoon sitoutunut lämpöenergia säilyy putkistossa. Ympäristön kannalta tämä on merkittävää, koska kuuman veden laskeminen viemäriin tai luontoon voi aiheuttaa haittaa ja kuuma vesi voi vaurioittaa maaperää sekä kasvillisuutta. Paineellinen tulppaus eliminoi nämä ongelmat lähes kokonaan.

Tulppaus nopeuttaa huomattavasti työnkulkua, jos osaa verkosta ei tarvitse tyhjentää kokonaan. Korjaustyöhön päästään käsiksi nopeammin, ja myös työn suunnittelu tehostuu, kun ei tarvitse odotella verkon tyhjentyä.

Paineellisen tulppauksen ansiosta ei yleensä tarvitse järjestää korvaavia lämmönlähteitä asiakkaille. Tämä säästää kustannuksia ja vähentää ylimääräistä työvoiman tarvetta. Samalla vältetään käyttökatkojen tiedottaminen ja mahdolliset asiakasvalitukset, koska varsinaista keskeytystä ei synny.

### 6.2.2 Haitat

Paineellinen tulppaus vaatii erikoistuneita laitteita ja osaajia. Toimenpiteen suorittamiseen käytetään muun muassa porauslaitteistoa ja mekaanisia tulppia, joita vain Tonisco tarjoaa. Erikoistuneen palvelun vuoksi tulppaus on lisäkustannus verrattuna siihen, että energiayhtiön oma henkilöstö sulkisi venttiilin ja suorittaisi työn perinteisesti. Tulppauspalvelun hinta nousee putkikoon kasvaessa, koska suuremmat putket vaativat järeämmät laitteet ja enemmän työvoimaa. Esimerkiksi yli DN300-putkien tulppaukseen tarvitaan usein nostokalustoa, mikä lisää kustannuksia, jos työmaalla ei muuten ole esimerkiksi kaivinkonetta.

Suurten tulppauslaitteiden käyttö edellyttää riittävää tilaa putken ympärillä ja päällä. Työkaivannon on oltava tarpeeksi laaja, jotta laitteisto mahtuu paikoilleen, ja yläpuolella on varattava tarpeeksi tilaa suurimpien laitteiden nostamista varten. Ahtaissa kohteissa tämä voi rajoittaa menetelmän käyttöä, ellei porauskohtaa pystytä valitsemaan joustavasti. Käytännössä suunnittelulla on kuitenkin

yleensä pystytty löytämään tila laitteille, ja tapaukset, joissa tulppaus olisi jouduttu perumaan tilanpuutteen vuoksi, ovat harvinaisia. Paineellinen tulppaus edellyttää myös, että putkisto on riittävän hyvässä kunnossa. Vanhoissa, voimakkaasti syöpyneissä teräsputkissa on riski, että hitsaus tai poraus heikentää putkea entisestään tai aiheuttaa uusia vuotoja.

Paineellinen tulppaus on tehokkaimmillaan keskisuurissa ja suurissa kaukolämpöputkissa, joilla on paljon asiakkaita. Pienemmissä kohteissa tai lyhyissä huoltotöissä menetelmä ei välttämättä ole tarkoituksenmukainen korkeampien kustannusten vuoksi. Esimerkiksi yksittäisen kiinteistön talohaaran korjaus kesällä saattaa olla helpompi hoitaa perinteisellä lyhyellä katkolla, jos vaikutusalue on hyvin rajattu. Myös verkoston paine- ja lämpötilatasot asettavat rajoitteita. Tulppauslaitteet on suunniteltu kestämaan tyypilliset kaukolämpöolosuhteet, kuten 6–25 bar paineen, 40–115 °C lämpötilan.

### 6.3 Kustannukset

Paineellinen tulppaus voi olla taloudellisesti kannattava vaihtoehto erityisesti silloin, kun huoltotoimenpiteestä aiheutuva perinteinen käyttökatko olisi laaja-alainen, pitkäkestoinen. Kriittisissä verkoston osissa esimerkiksi runkolinjoissa tai kohteissa, joissa ei ole toimivia sulkuventtiilejä lähellä paineellinen tulppaus mahdollistaa huollon ilman laajaa jakelukatkoa. Tällöin muu verkko pysyy toiminnassa normaalisti ja lämmönjakelun keskeytys rajautuu vain huoltokohdan ympärille tai voidaan välttää kokonaan ohitusjärjestelyin. Paineellinen tulppaaminen on taloudellisesti edullisimmillaan tilanteissa, joissa käyttökatkon aiheuttamat välilliset kustannukset olisivat suuremmat kuin tulppauksesta aiheutuvat suorat kustannukset. Toisin sanoen, jos verkon sulkemisesta koituisi merkittäviä menetyksiä tai kustannuksia, tulppausinvestointi voi maksaa itsensä takaisin. Esimerkkinä DN200-putkikokoluokassa paineellisen tulppauksen kannattavuus riippuu tapauskohtaisesti huoltokatkon laajuudesta ja ajankohdasta. Mikäli kyseessä on keskeinen linja keskellä kylmää talvikautta, on lämmön jatkuvuus asiakkaille tärkeää ja myyntitulojen menetys ilman tulppausta voisi olla huomattava.

tava. Tällöin paineellinen tulppaus on usein perusteltavissa. Toisaalta pienemmissä kohteissa tai lievemmissä olosuhteissa esimerkiksi lyhytkestoinen työ tai kesäaika taloudellinen hyöty ei välttämättä ole yhtä selkeä, jolloin tulppauksen kannattavuus heikkenee. Paineellinen tulppaus sisältää aina tietyn peruskustannuksen erikoislaitteistosta ja työstä, joten sitä olisi järkevä käyttää lähinnä silloin, kun olosuhteet tekevät siitä kokonaistaloudellisesti hyödyllisen.

Merkittävimmät paineellisen tulppauksen tuomat säästöt syntyvät juuri välillisten kustannusten välttämisestä. Ensinnäkin vältetään lämmönmyynnin keskeytymisestä johtuvat tappiot. Kun suurta aluetta ei tarvitse tyhjentää huoltokohdan takia, asiakkaat saavat lämpöä keskeytyksettä ja energiayhtiö voi jatkaa lämmön myyntiä normaalisti. Perinteisessä käyttökatkossa kyseisen alueen lämpöenergiankulutus putoaisi huollon ajaksi lähelle nollaa, mikä tarkoittaa menetettyjä myyntituottoja jokaiselta tunnilta ilman lämmintä vettä. Tulppauksen avulla nämä myyntitulot säilyvät, mikä parantaa käyttökatkojen kannattavuutta varsinkin laajemmissa ja pitkäkestoisemmissa huolloissa. Toinen keskeinen säästö syntyy, kun verkostoveden tyhjentämistä ja veden hukkaa ei tarvitse tehdä laajamittaisesti. Perinteisessä käyttökatkossa huoltoalueelta voidaan joutua laskemaan pois merkittävä määrä kuumaa kaukolämpövettä. Tämä tarkoittaa sekä käsitellyn veden että siihen varastoituneen lämpöenergian hukkaamista. Esimerkiksi yksi sulkuväli voi sisältää kymmeniä tai satoja kuutioita vettä, jonka lämpöenergia menee hukkaan. Paineellisella tulppauksella tätä hävikkiä ei synny tai se rajoittuu vain pieneen määrään huoltokohdan sisällä. Veden säästäminen vähentää myös tarvetta valmistaa uutta käsiteltyä verkostovettä ja uudelleen lämmittää se, mikä näkyy alhaisempina kustannuksina remontin jälkeen. Lisäksi vältetään käytännön järjestelyiltä, kuten kuumen veden viilentämiseltä ja hävittämiseltä viemäriin tai maastoon, mikä voi muuten aiheuttaa lisätyötä ja mahdollisia ympäristöriskejä.

Vaikka paineellisen tulppauksen avulla saavutetaan edellä mainittuja säästöjä, perinteinen käyttökatko on voi olla yleensä edullisempi vaihtoehto useimmissa huoltotilanteissa. Syynä on se, että käyttökatkoon ei liity samanlaisia erillisiä

laite- ja palvelukuluja kuin paineelliseen tulppaukseen. Perinteisessä katkomalissa hyödynnetään yleensä jo olemassa olevia sulkuventtiileitä ja yrityksen omaa huoltohenkilökuntaa ilman tarvetta ulkopuolisille erikoispalveluille. Näin suorat kustannukset rajoittuvat lähinnä työn normaaleihin työvoima- ja materiaalikuluihin. Paineellisen tulppauksen suorittaminen sen sijaan edellyttää erikoiskalustoa ja osaamista, joita energiayhtiöillä ei ole omasta takaa. Usein joudutaan turvautumaan erikoistuneeseen palveluntarjoajaan, mikä tuo mukaan merkittävän kertakustannuksen. Tulppauslaitteiston asennus, esimerkiksi poraaminen ja tulpan asettaminen paineelliseen putkeen, vaatii erikoisosaamista työtä aikaa, mistä aiheutuu suoria kustannuksia. Lisäksi isommissa putkikoissa laitteiston koko kasvaa ja tulppauksen monimutkaisuus lisääntyy, mikä nostaa hintaa entisestään. Näin ollen tavallisissa tapauksissa, joissa katkon vaikutusalue on rajallinen ja kestoltaan kohtuullinen perinteisen käyttökatkon kulut jäävät kokonaistaloudellisesti pienemmiksi kuin tulppausvaihtoehdon kulut.

## **7 Haastattelut ja kehityskohteet**

Haastattelujen ja työmaakäyntien perusteella havaittiin kehityskohteita liittyen käyttökeskeytystoiminnan sujuvuuteen ja turvallisuuteen. Maanrakennusurakoitsijoiden, hitsausurakoitsijoiden sekä Fortumin oman henkilökunnan kanssa käydyissä keskusteluissa tuli ilmi seuraavanlaisia asioita.

Työmailla esiintyi tilanteita, joissa ajoneuvojen ja työkoneiden sijoittelu ei tue tehokasta työntekoa, jos hitsarilla, asentajilla, kaivinkoneella tai kuorma-autolla ei ole sillä hetkellä tehtävää, nämä olisi hyvä siirtää syrjään työalueelta. Tämä vapauttaisi tilaa ja helpottaisi työvaiheita.

Työmaa-alueiden rajauksissa ja kulkureittien suunnittelussa oli välillä puutteita. Kulkureitit ovat liian kapeita ja työkoneet sekä ajoneuvot sijoitettu niin, että liikuminen ulkopuolisille on hankalaa ja sekavaa sekä aiheuttaa turvallisuusriskejä. Työmaan turvallisuuden ja tehokkuuden parantamiseksi tulisi panostaa selkeisiin ja ohjeistuksen mukaisiin kulkureitteihin sekä liikenteen ohjaukseen.

Kaivantoihin olisi tärkeää tehdä turvalliset ja hyvin suunnitellut kulkureitit, jotka varmistaisivat työntekijöiden turvallisen liikkumisen ja vähentäisivät onnettomuusriskejä. Lisäksi havaittiin, että asentajilla on puutteellisesti tietoa käyttökeskeytyksen aikana tehtävistä töistä ja niiden toteuttamistavoista. Erityisesti tilanteissa, joissa työmaan mestari ei ole paikalla, asentajilla ei välttämättä ole riittäviä tietoja tai valtuuksia ongelmatilanteiden ratkaisuun. Asentajat tulisi perehdyttää käyttökeskeytyksessä tehtäviin töihin.

## 8 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin Fortumin kaukolämpöverkon käyttökeskeytyksiin ja niiden kehittämismahdollisuuksiin. Työssä havaittiin, että käyttökeskeytystoiminta on pääosin toimivaa, mutta sisältää kehityskohteita, joiden avulla voidaan parantaa tehokkuutta, turvallisuutta ja asiakaspalvelun laatua.

Yhtenä keskeisenä kehityskeinona työssä tarkasteltiin paineellista tulppausta, joka osoittautui erityisen hyödylliseksi suurissa tai kriittisissä verkon osissa, joissa käyttökeskeytyksen vaikutukset asiakkaisiin olisivat merkittäviä. Paineellisella tulppauksella voidaan välttää pitkiä lämpökatkoja, säästää verkostoveden hukkaa sekä välttää lämpöenergian häviöitä. Kustannusvertailun perusteella tulppaus on taloudellisesti perusteltua, kun keskeytyksen haitat ja välilliset kustannukset ovat huomattavan suuret, esimerkiksi kylmänä vuodenaikana tai kriittisissä verkoston osissa.

Työmaalla ollessa ja haastatteluissa ilmeni parannusalueita liittyen työmaajärjestelyihin sekä tiedonkulkun. Keskeisiä suosituksia olivat työalueen selkeämpi järjestely ja kaluston sijoittelu, turvallisten kulkureittien varmistaminen sekä henkilöstön perusteellisempi perehdyttäminen käyttökeskeytysten aikana tehtäviin töihin.

## Lähteet

1. Espoo Clean Heat. Verkkoaineisto. Fortum. <<https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisoille/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/espoo-clean-heat>>. Luettu 3.11.2024.
2. Suomenojan tuotantolaitos muutoksessa. Verkkoaineisto. Fortum. <<https://www.fortum.fi/tietoa-meista/energiantuotanto/voimalaitoksemme/suomenojan-chp-laitos>>. Luettu 3.11.2025.
3. Fortumin Vermon laitos on käynnistynyt – lajissaan Suomen suurin tuottaa kaukolämpöä ilmasta. 2023. <<https://www.fortum.fi/media/2023/06/fortumin-vermon-laitos-kaynnistynyt-lajissaan-suomen-suurin-tuottaa-kaukolampoa-ilmasta>>. Luettu 10.11.2024.
4. Fortumin lämpöpumppulaitoksen rakennustyöt käynnistyneet Microsoftin Kirkkonummen datakeskusalueella. 2023. <<https://www.fortum.fi/media/2023/09/fortumin-lampopumppulaitoksen-rakennustyot-kaynnistyneet-microsoftin-kirkkonummen-datakeskusalueella>>. Luettu 10.11.2024.
5. Fortum rakentaa lisää joustavaa sähköpohjaista kaukolämmöntuotantoa Espoossa. 2024. <<https://www.fortum.fi/media/2024/03/fortum-rakentaa-lisaa-joustavaa-sahkopohjaista-kaukolammontuotantoa-espoossa>>. Luettu 15.11.2024.
6. Fortum and Microsoft announce world's largest collaboration to heat homes, services and businesses with sustainable waste heat from new data centre region. Verkkoaineisto. 2022. Fortum. <<https://www.for->

- tum.com/media/2022/03/fortum-and-microsoft-announce-worlds-largest-collaboration-heat-homes-services-and-businesses-sustainable-waste-heat-new-data-centre-region>. Luettu 15.11.2024.
7. Uotila, Esko Espoon Sähkö Oy. Verkkoaineisto. <<https://espoonperinne-seura.net/yritykset/julkiset-yhtiot/espoon-sahko/>>. Luettu 20.11.2024.
  8. 2018. Suomenojan vanhan hiililämpökattilan tilalle biolämpölaitos. Verkkoaineisto. <<https://talotekniikka-lehti.fi/suomenojan-vanhan-hiililampokattilan-tilalle-biolampolaitos/>>. Luettu 20.11.2024.
  9. Remes, Matti. 2022 Tekoäly auttaa kaukolämpövuotojen paljastamisessa. Energiatehokkuus-sopimukset. <<https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/fortum-tekoaly-auttaa-kaukolampovuotojen-paljastamisessa/>>. Luettu 20.11.2024.
  10. 100MW of AI-driven district heating in Espoo. Verkkoaineisto. <<https://www.districtenergyaward.org/wp-content/uploads/2019/09/19GDECA-Desc-SmartDHeating-Espoo.pdf>>. Luettu 4.12.2024.
  11. Koskelainen, Lasse, Saarela, Rauli & Sipilä, Kari. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus Ry.
  12. 2023. Kaukolämmön toimitusvarmuus ja keskeytykset. Verkkoaineisto. <[https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/11/Kaukolammon\\_toimitusvarmuus\\_2023.pdf](https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/11/Kaukolammon_toimitusvarmuus_2023.pdf)>. Luettu 15.1.2025.