



Tatu Luoma

**KAUKOLÄMPÖVERKON TOIMINTAVARMUUDEN PARANTAMINEN  
VENTTIILIIEN KAUKOKÄYTÖLLÄ**

Tatu Luoma

**KAUKOLÄMPÖVERKON TOIMINTAVARMUUDEN PARANTAMINEN  
VENTTIILIEN KAUKOKÄYTÖLLÄ**

Opinnäytetyö

Kevät 2011

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, energiatekniikan suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Tatu Luoma

Opinnäytetyön nimi: Kaukolämpöverkon toimintavarmuuden parantaminen venttiilien kaukokäytöllä

Työn ohjaaja: Veli-Matti Mäkelä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2011

Sivumäärä: 79 + 7 liitettä

---

Seinäjoen Energia Oy halusi varautua paremmin kaukolämmön suurhäiriöihin ja verkon hallittavuutta haluttiin parantaa. Kaukokäytettävät venttiilit ovat tähän erittäin hyvä vaihtoehto, koska niillä verkkoa voidaan hallita ja säätääkin yhdellä napin painalluksella.

Työn tavoitteena oli selvittää toimilaitteiden toimivuus käytännössä, niistä saatava maksimaalinen hyöty, optimaalinen sijoituspaikka ja kustannukset. Oikein sijoitetut toimilaitteet ja mittausanturit antavat verkosta paljon tietoa, jota voidaan käyttää verkon kunnon analysointiin. Alueita suljettiin ja mahdollisia vuotomääriä laskettiin paineenmuutokseen perustuen.

Toimilaitteita asennettiin verkkoon kahdeksan ja niiden avulla voidaan laskea suljettujen alueiden vuotomääriä suoraan valvomosta, kun kaukokäyttöyhteys saadaan valmiiksi. Pitkällä aikavälillä säännöllisesti käytettynä toimilaitteista on paljon hyötyä ja niiden takaisinmaksuaika on lyhyt, jos niitä hyödynnetään vuotojen etsintään. Toimilaitteita tulisi jatkossa sijoittaa kaikkiin suurimpiin verkoston haaroihin rakentamisen yhteydessä.

---

Asiasanat:

Kaukolämmitys, toimilaite, toimintavarmuus, kunnossapito

# SISÄLTÖ

## TIIVISTELMÄ

## SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	6
2 YLEISTÄ KAUKOLÄMMÖSTÄ.....	8
2.1 Kaukolämmön hinta ja markkinaosuus.....	8
2.2 Yhteistuotanto.....	10
3 SULKULAITTEET JA PUTKET.....	11
3.1 Säätoventtiilit.....	11
3.2 Sulkuventtiilit.....	12
3.2.1 Palloventtiilit.....	12
3.2.2 Lämpäventtiilit.....	13
3.3 Sulkulaitteen valinta.....	15
3.4 Venttiilien käyttölaitteet ja toiminta-ajat.....	16
3.5 Sulkulaitteen sijoitus ja asennus.....	18
3.6 Putkityypit ja eristys.....	19
3.6.1 Kiinnivaahdotetut johdot.....	20
3.6.2 Muovisuojakuorijohto liikkuvien teräsputkin.....	21
3.6.3 Betonikanavajohdot.....	22
3.6.4 Joustavat putkijärjestelmät.....	23
3.7 Käyttöpaine ja paineluokat.....	24
4 PUMPPAUS JA PAINEISKUT.....	25
4.1 Pumppaus ja paine-ero.....	25
4.2 Paineiskut.....	27
5 KAUKOKÄYTTÖ JA VÄYLÄOHJAUS.....	32
6 ASENNUS KAUKOLÄMPÖVERKKOON.....	34
6.1 Kaukolämpöverkko.....	34
6.2 Vaatimukset.....	34
6.2.1 Ilmanvaihto ja kosteus.....	34
6.2.2 Suojausluokat.....	35
6.3 Yleistä asennuksista.....	37
6.3.1 Tavoite ja hyödynnettävyys.....	37



6.3.2 Kaivotyypit ja asennustapa .....	44
6.3.3 Sähkösyöttö ja energian mittaus.....	44
6.3.4 Asiakkaiden informointi.....	45
6.3.5 Luvat ja turvallisuusmääräykset.....	46
7 KOEASENNUKSET JA KÄYTTÖ .....	48
7.1 Huhtala .....	48
7.2 Metsolantie.....	58
7.3 Tarhatie .....	59
7.4 Kustannukset .....	60
7.4.1 Laitteet.....	60
7.4.2 Ulkopuolinen urakointi .....	60
7.4.3 Työtunnit .....	61
7.4.4 Kannattavuus.....	61
8 VAIKUTUS LÄMMÖNTOIMITUSVARMUUTEEN .....	64
8.1 Verkon kunnossapito.....	64
8.2 Vuodonpaikannusmenetelmät .....	65
8.3 Lämmöntoimituskatkot .....	67
9 TOIMILAITTEIDEN SIIJOITUS JA TOIMINTA .....	69
10 YHTEENVETO .....	75
LÄHTEET.....	77
LIITTEET .....	79

# 1 JOHDANTO

Työn tilaajana on Seinäjoen Energia Oy, joka on Seinäjoen kaupungin omistama sähkö- ja lämpöliiketoimintaa harjoittava yritys. Kaukolämpötoiminta on aloitettu vuonna 1979. Asiakkaita on nykyään noin 3 000 ja kaukolämpöverkon pituus on noin 250 km. Verkko on rakentunut vuosien varrella, joten vanhojakin verkon osia on. Koko ajan vanheneva verkko vaatii yhä enemmän kunnossapitotöitä, ja niiden laajuuteen voidaan vaikuttaa, kun tiedetään verkon kunto sen eri osissa.

Kohdeyrityksessä haluttiin varautua paremmin kaukolämpöverkon suurhäiriöihin ja erilaisia keinoja mietittiin. Yhtenä tärkeänä tekijänä mahdollisten vuototilanteiden varalta on verkon nopea jakaminen osiin ja vuotoalueen rajaus. Työssä selvitetään kaukokäytettävien venttiilien optimaalisia sijoituspaikkoja ja eri valmistajien ratkaisuja käytännössä. Aluksi kartoitetaan muutamien alan yritysten kokemuksia kaukolämpöverkon toimilaitteiden ominaisuuksista ja asennustavasta.

Laitteita tilattiin kolmelta laitevalmistajalta kolmeen koeasennuskohteeseen. Näistä osa asennettiin vanhoihin ja osa uusiin venttiileihin. Työssä vertaillaan laitteiden toimivuutta ja ominaisuuksia. Samalla kartoitetaan kohdeyritykselle tärkeimmät ominaisuudet toimilaitteissa. Työssä selvitetään myös mahdollisuutta hyödyntää toimilaitteiden tiedonsiirtoverkkoa mittauksien siirtoon suljettavilta alueilta. Tarkoituksena on siirtää suljettavalta alueelta painetietoa, jonka avulla voidaan laskea verkon mahdollisten vuotojen määrää. Laitteita voidaan käyttää kunnossapidon työkaluina ja kohdistaa korjaustyöt ensin suurimmille vuotoalueille. Kaukokäytettävän venttiilin sijoitus kaukolämpöverkossa on erittäin ratkaiseva tekijä laitteiston käytettävyydelle. Kuitenkin laitteiden määrän täytyy pysyä mahdollisimman pienenä. Myös asennuspaikan putkityyppi vaikuttaa toimilaitteen mahdolliseen sijoitukseen ja asennustapaan.

Työssä pohditaan myös toimilaitteiden asennusten vaatimuksia ja mahdollisia ongelmia, kuten paineiskujen muodostumista hätäsulun yhteydessä. Toimilaitteiden toimintaa testattiin asennuksen yhteydessä, mutta kaukokäyttöyhteys ei ole vielä valmis uusiutuneen valvomo-ohjelman takia. Verkon vuotomäärien laskentaa on tehty jonkin verran, mutta tuloksien oikeellisuudesta ei ole täyttä varmuutta testauksen vähäisyyden takia. Kuiten-

kin tulokset näyttävät lupaavilta ja paineenmittaustiedon siirtäminen valvomoon ei ole ongelma. Työssä kartoitetaan myös uusien venttiilien ja toimilaitteiden tarkat sijoituspaikat.

Tietojen perusteella työssä tehdään yksinkertainen kustannusarvio, jonka perusteella laitteiston asentaminen kaukolämpöverkkoon on järkevää ainakin suurissa ja keskisuurissa kaukolämpöverkoissa. Laitteisto auttaa myös reagoimaan yllättäviin vuototapauksiin nopeasti ja siten saadaan verkkoon huomattavasti pienempi vajoaus suuren vuodon sattuessa. Toimilaitteiden avulla voidaan myös jakaa verkko hallitusti osiin, jos halutaan tuottaa lämpöä verkon osiin eri tuotantolaitoksilla.

## 2 YLEISTÄ KAUKOLÄMMÖSTÄ

Kaukolämmitys on rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan energian keskitettyä tuotantoa. Suomessa ensimmäinen kaukolämmitysjärjestelmä rakennettiin vuonna 1940 Helsingin olympiakylään. Kaukolämmön käyttö on alkanut kaupunkien keskusta-alueilta, koska lämmöntarve pinta-alaa kohti on suurimmillaan. Suomessa ja muualla Euroopassa lämpö siirretään lämpimän veden välityksellä. Pohjois-Amerikassa kaukolämmitys perustuu pääosin höyryn jakeluun, joka ei ole yhtä tehokas kuin eurooppalainen järjestelmä. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 25 - 43.)

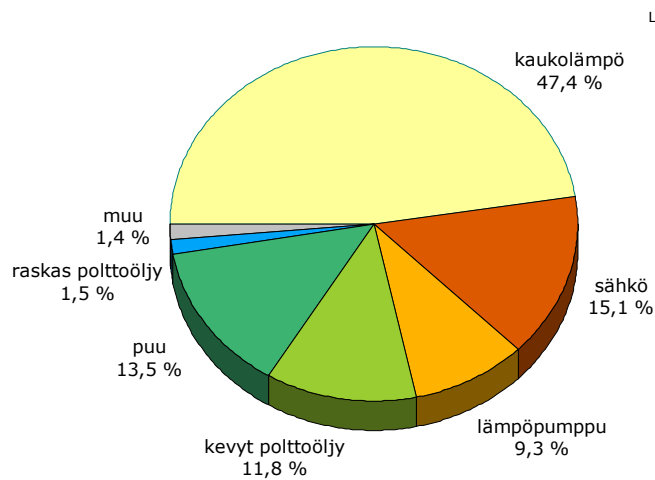
Eurooppalaisessa jakelujärjestelmässä maksimilämpötilat ovat yleisimmin 120 - 130 °C, mutta myös muita maksimilämpötiloja käytetään. Kaukolämmitysjärjestelmässä energia siirretään asiakkaalle putkijärjestelmää pitkin. Luovutettuaan lämmitysenergian asiakkaan tarpeisiin vesi palaa takaisin laitokselle ja se lämmitetään uudelleen. Normaalisti käytetään kaksiputkijärjestelmää, jossa on meno- ja paluuputki. Yhdessä ne muodostavat kaukolämpöjohdon. Putkistossa vettä kierrätetään tuotantolaitoksen pumpuilla ja paineenkorotusasemilla. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 25 - 43.)

Asiakaslaitteet on kytketty verkkoon yleisimmin epäsuoralla kytkennällä, jolloin asiakkaalla on oma lämmitysvesikiertonsa. Lämmityskierron vesi lämmitetään kaukolämpöveden avulla erillisissä lämmönsiirtimissä. Suorakytkentä tarkoittaa, että kaukolämpövesi kiertää suoraan asiakkaan lämmityspattereissa. Tämä on Suomessa harvinainen, mutta Keski-Euroopassa yleisesti käytetty lämmitystapa. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 25 - 43.)

### 2.1 Kaukolämmön hinta ja markkinaosuus

Suomessa kaukolämmitys on määräävässä markkina-asemassa kilpailuviranomaisten mukaan. Syynä tähän ovat huomattavat investoinnit vaihdettaessa lämmitysmuoto kaukolämmöstä toiseen. Kilpailevina lämmitysmuotoina voivat olla öljy, sähkö ja kiinteällä polttoaineella tuotettu talokohtainen lämmitys ja erilaiset lämpöpumput. Vuonna 2009 keskimääräinen kaukolämmön verollinen myyntihinta oli 56,2 € / MWh ja markkina-

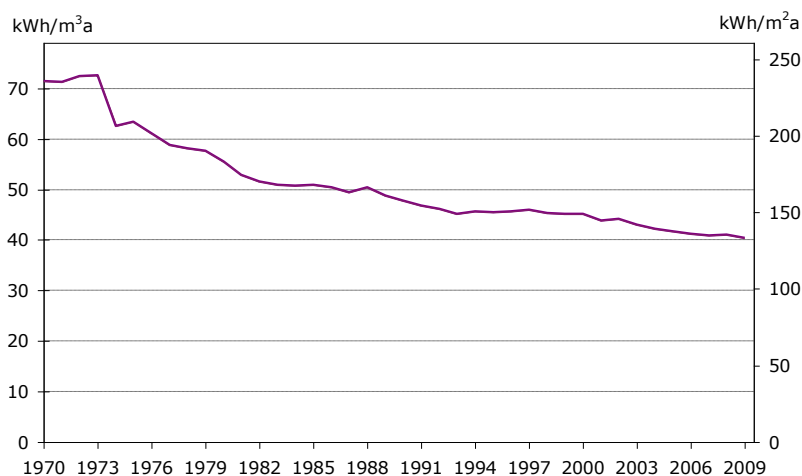
osuus oli 47 % (kuva 1). Kaukolämpötaloissa asuu keskimäärin 2,62 miljoonaa asukasta. Lämpöenergiaa myytiin kaukolämmityksen välityksellä 32,4 TWh.



KUVA 1. Lämmityksen markkinaosuudet vuonna 2008 (Kaukolämpö graafeina 2009. 2010)

Uudisrakentamisessa asuinkerrostaloista liitettiin 97 % kaukolämpöön, toimisto- ja liikerakennuksista noin 95 %. Omakotitaloista vain noin viidennes liitettiin kaukolämpöön. Liitetystä kokonaisrakennustilavuudesta 67 % oli uudisrakennuksia vuonna 2009. Rakennusten energiatehokkuus on kehittynyt koko ajan, mikä näkyy lämpöindeksin laskuna (taulukko 1). Vuonna 1970 lämpöindeksi oli keskimäärin 71 kWh/m<sup>3</sup>a ja vuonna 2009 se oli noin 40 kWh/m<sup>3</sup>a. (Kaukolämpö 2009 graafeina. 2010.)

TAULUKKO 1. Lämpöindeksin kehitys (Kaukolämpö 2009 graafeina. 2010)



## 2.2 Yhteistuotanto

Lämpöä tuotetaan isoissa kaukolämpöverkoissa usein yhteistuotantolaitoksilla. Yhteistuotannossa voimalaitos tuottaa sähköä ja lämpöä. Lämpö otetaan lauhdutusvoimalaitoksessa höyryturbiinin väliottojen kautta. Vastapainevoimalaitoksessa turbiinin läpi kulkenut höyry johdetaan turbiinin loppupäästä kaukolämmönsiirtimeen. Vuonna 2010 Seinäjoella kaukolämpöä tuotettiin yhteistuotannolla lähes 400 GWh. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 48.)

Yhteistuotanto on yleistymässä useissa paikoissa sen taloudellisuuden takia. Myös ympäristövaikutukset ovat alhaisemmat verrattuna sähkön ja lämmön erillistuotantoon. Yhteistuotannossa polttoainetta kuluu huomattavasti vähemmän kuin erillistuotannossa ja tuotettu energia kuluttaa vain noin 67 % polttoainemäärästä, joka kuluisi saman energiamäärän tuottamiseen erillistuotannolla. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 48.)

## 3 SULKULAITTEET JA PUTKET

Voimalaitoksilla ja kaukolämpökäytössä olevat venttiilit voidaan jakaa kolmeen ryhmään: sulku-, säätö- ja varoventtiileihin. Sulkuventtiilit voivat olla joko käsikäyttöisiä tai ne voidaan varustaa toimilaitteella, joka käyttää ulkoista energiaa. Säätöventtiilit varustetaan aina ulkoisella toimilaitteella. Varoventtiilin tehtävä on suojata prosessia liian korkeilta paineilta. (Joronen - Kovacs - Majanne 2007, 135.)

### 3.1 Säätöventtiilit

Säätöventtiileinä voidaan käyttää monia eri venttiileitä, kuten istukka-, pallo ja läppäventtiileitä. Säätöventtiilien tehtävänä on prosessisuureen jatkuva säätäminen. Näiden ohjaukseen käytetään aina toimilaitteita. (Joronen ym. 2007, 135.) Kaukolämpöverkossa käytetään nykyään vain pallo ja läppäventtiileitä. Näistä palloventtiili on parempi säätökäytössä, mutta myös läppäventtiileitä käytetään. Läppäventtiiliä suljettaessa ensimmäiset 50 % liikkeestä ei juuri rajoita virtausta, mutta virtauksen rajoittaminen kasvaa loppua kohti todella nopeasti, mikä aiheuttaa epätarkkuutta ja ongelmia virtauksen säädössä.

Kaukolämpöverkossa säätöventtiileitä käytetään esimerkiksi paineen alennukseen ja tiettyjen verkon osien paine-eron säätöön. Isoissa verkoissa voidaan tiettyä putkiosuutta kuristaa ja siten saada toiseen haaraan suurempi paine-ero, kun pumppujen paine-eromittaus on kuristetun venttiilin takana. Jos säätöläppäventtiili on metallitiivisteinen, sitä voidaan käyttää myös sulkuventtiilinä.

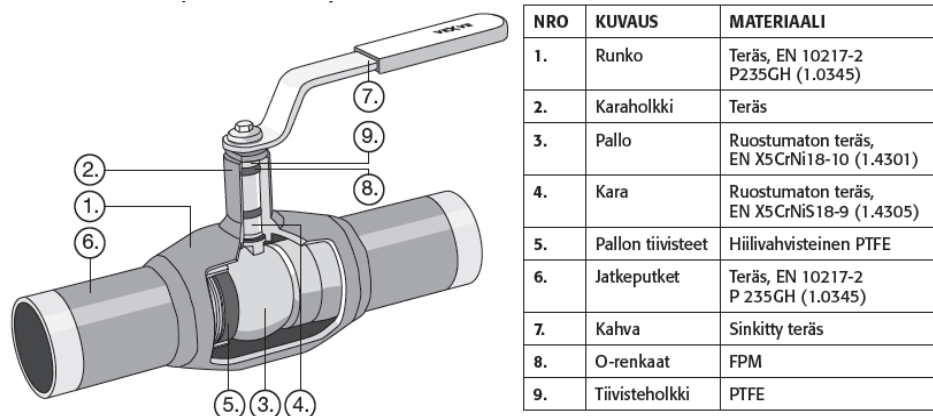
Palloventtiilin käyttäytyminen säätökäytössä on huomattavasti tasaisempaa kuin läppäventtiilin. Palloa voidaan muotoilla ja tehdä siihen erilaisia aukkoja, jolloin virtauksen muuttuminen suhteessa sulkuelimen asentoon pysyisi mahdollisimman tasaisena. Säätöpalloventtiileillä saavutetaan erittäin laaja ja tarkka säätöalue. Venttiilin ominaisuuksia voidaan muokata pallon aukkojen lisäksi esimerkiksi pallon sisään rakennettavilla paineentasauslevyillä. Palloventtiilillä päästään myös suuriin paine-eroihin venttiilin yli, ilman kavitointia.

## 3.2 Sulkuventtiilit

Kaukolämpökäytössä sulkuventtiileinä käytetään joko pallo- tai läppäventtiileitä. Muitakin venttiilityyppejä on ollut aikaisemmin käytössä, mutta nykyään Energiateollisuus ry:n suositusten mukaan muita venttiilityyppejä ei tulisi käyttää. Pallo- ja läppäventtiilit ovat luotettavia venttiilirakenteita ja aiheuttavat auki-asennossa pienen virtausvastuksen.

### 3.2.1 Palloventtiilit

Palloventtiilissä kuoren eli rungon sisällä on pallo, jossa on liitântäkoon kokoinen reikä. Reikä voi olla ns. täysaukkoinen tai reikää voidaan muotoilla esim. V-aukkoiseksi tai kapeaksi sektoriksi. Tällä voidaan vaikuttaa venttiilin ominaisuuksiin, kuten ominaiskäyrään ja aineenläpäisykykyyn. Sulkuelimenä toimiva pallo valmistetaan usein teräsputkesta, joka puristetaan hydrauliprässillä pallon muotoon. Muodon saamisen jälkeen varmistetaan sulkuelimen symmetrisyys, minkä jälkeen se hiotaan ja kiillotetaan. Yksiakselinen palloventtiili on tiivistetty, jolloin paine työntää pallon jättöpuolen tiivistettä vastaan ja sulkee tien. Kaksiakselisessa palloventtiilissä pallo on laakeroitu paikoilleen. Suljettaessa tiivistys tapahtuu tietyllä tiukkuudella tulopuolen tiivisteeseen. Käytössä palloventtiilit (kuva 2) eivät jarruta virtaavaa ainetta, koska virtaustie on täysin auki. (Luotsinen 1983, 95.)



KUVA 2. Kaukolämpökäyttöön suunnitellun palloventtiilin rakenne ja materiaalit (Palloventtiilin käyttöohje. 2011, 13)



Kiristäminen tiiviiksi tai paine-eron aiheuttama painautuminen tiivistettä vasten aiheuttaa suuren kitkan, ja tästä syystä palloventtiilit vaativat verrattain paljon käyttövoimaa. Yleisesti ajatellaan, että palloventtiili on turvallisempi kuin esimerkiksi läppäventtiili. Säätöventtiilinä palloventtiili on parempi, mutta se on myös erittäin raskas ja kallis. Palloventtiilit kestävät huomattavasti epäpuhtauksia kuin läppäventtiili. Palloventtiilit ovat usein pehmeätiivisteisiä, ja niiden sulkutiiveys on erittäin hyvä. Tiivistemateriaaleina käytetään valmistajasta riippuen esimerkiksi kumia tai hiilikuituvahvisteista teflonia.

### 3.2.2 Läppäventtiilit

Läppäventtiilissä sulkuelimenä toimii venttiilin rungon sisällä oleva läppä. Läppä tiivistyy kierrettäessä tiivistettä vasten. Läppän taakse tuleva virtaava aineen paine puristaa läppää tiivistettä vasten, jolloin putki saadaan luotettavasti suljettua. Läppäventtiilit eivät ole niin herkkiä epäpuhtauksille kuin palloventtiilit. Läppäventtiilit täytyy asentaa vähintään 45 asteen kulmaan, jotta venttiilin alakaran, -laakerin ja rungon yhtymäkohtaan ei keräänty putkistossa virtaavaa kuonaa tai muuta kiintoainesta. Kaukolämpökäyttöön suunniteltujen venttiilien (kuva 3) rungot ovat usein terästä ja ne valmistetaan sorvaamalla paksuseinäisestä putkesta. Venttiilien läpät valmistetaan usein valimotekniikalla. (Jyrinki 2010.)



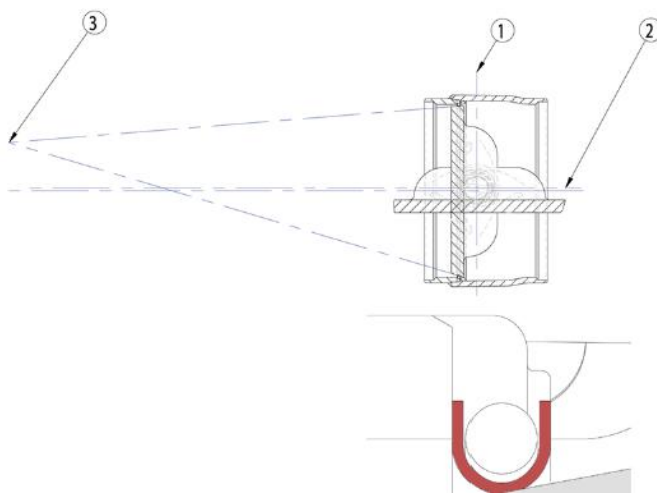
*KUVA 3. Läppäventtiilien tuotantolinja*

Läppäventtiileissä käytetään erilaisia tiivisteitä, kuten kumia ja terästä. Usein vanhat kaukolämpökäytössä olevat venttiilit ovat kumitiivisteisiä. Venttiilin runko on usein

muotoiltu sisäpuolelta siten, ettei teräviä kulmia ole. Venttiilin tiivistekohdan molemmat puolet on usein viistetty, jotta venttiiliä suljettaessa lika pääsee tiivisteeseen ja läpän välistä pois. Virtaava aine puhdistaa tiivistyspinnan. Tämä perustuu venttiiliä suljettaessa fluidin virtausnopeuden kasvuun, jolloin sama vesimäärä pyrkii pääsemään jo osittain suljetun venttiilin läpi, jolloin virtausnopeus kasvaa virtausaukon poikkipinta-alan kutistumisen seurauksena.

Jotkut läppäventtiilit ovat tiiviitä vain toiseen suuntaan, jolloin virtaus- ja asennussuunta täytyy olla merkittynä venttiilin runkoon. Erityisesti vanhat venttiilit ovat usein tällaisia ja niiden sulkutiiveys perustuu osin läpän taakse tulevaan paineeseen. Uusissa kaukolämpökäytön läppäventtiileissä tiivisteenä on metallitiiviste. Tiiviste on U:n muotoinen ja se puristuu kasaan, kun läppä painetaan sitä vasten.

Eri valmistajien venttiileillä on joitakin eroja, esimerkiksi rakenteessa ja materiaaleissa. Esimerkkinä erään valmistajan läppäventtiili, jossa on kolmeen suuntaan epäkeskeinen rakenne (kuva 4) ja jumiutumaton teräksinen tiiviste. Venttiiliä suljettaessa läppä kääntyy normaalisti, mutta tiivistysvaiheessa läppä liikkuu suoraan tiivistettä kohti samassa kulmassa. Tällöin tiivisteelle saadaan joka kohtaan samanlainen puristusvoima, jolloin sulkutiiveys on hyvä. (Jyrinki 2010.)



*KUVA 4. Läppäventtiilin kolmeen suuntaan epäkeskeinen rakenne (Jyrinki 2010)*

Metallitiivisteisen läppäventtiilin tiiviste on kuitenkin erittäin herkkä naarmuille ja kolhuille. Jos teräksiseen tiivisteeseen tulee naarmua isompia jälkiä, venttiili ei ole tiivis.

Jälkiä tulee, jos virtaavan aineen mukana on kiintoainesta ja läppä väännetään tiukasti kiinni. Tiivisteiden ja sulkuelimen väliin jäänyt kiintoaine vaurioittaa tiivistepintaa ja aiheuttaa venttiilin vuodon seuraavalla sulkukerralla.

### 3.3 Sulkulaitteen valinta

Sulkulaitteen valintaan vaikuttavat usein monet tekijät. Näitä ovat mm. käyttötarkoitus, vaadittu tiiveys, koko, käyttölämpötila ja hinta. Viimeksi mainittu on usein liiankin tärkeässä roolissa valintaa tehtäessä. Kaukolämpökäytössä menoveden lämpötila on talvi-aikaan lähellä 120 °C, jolloin suurta osaa markkinoilla olevista venttiileistä ei voida käyttää. (Kaukolämpöjohdoissa käytettävät sulkulaitteet. 2003, 7.)

Prosessiteollisuudessa käytetään paljon muitakin venttiilityyppejä, jotka täyttävät nämä kriteerit, mutta kaukolämpöverkoissa käytetään nykyään pääsääntöisesti vain läppä- ja palloventtiileitä. Kaukolämpöverkon venttiilit ovat joko hitsattavia tai laippojen väliin asennettavia. Nämä venttiilit on suunniteltu usein kaukolämpökäyttöön sen vaatimuksia ajatellen. Energiateollisuus ry:n suosituksen L4/2003 mukaan kaukolämpökäytössä venttiilien yleisvaatimuksena on, että käytettävät sulkulaitteet ovat joko pallo- tai läppäventtiileitä. (Kaukolämpöjohdoissa käytettävät sulkulaitteet. 2003, 7.)

Palloventtiilit ovat pienessä kokoluokassa läppäventtiileitä halvempia, mutta mitä isompi venttiilin DN-koko on, sitä edullisemmaksi läppäventtiili tulee. Myös palloventtiilin fyysinen koko voi vaikuttaa valintaan. Palloventtiili on isossa kokoluokassa painava ja usein vaatii jopa kolminkertaisen asennuspituuden läppäventtiiliin verrattuna. Esimerkiksi saman valmistajan ja saman koon (DN 600) hitsattavan läppäventtiilin asennuspituus on 390 mm ja palloventtiilin 1 065 mm. Painoa läppäventtiilillä käsivaihteiston kanssa on 350 kg ja palloventtiilillä 1 150 kg. (Jyrinki 2010.)

Kaukolämpöventtiilit luokitellaan painelaitteiksi, ja niiden suunnittelupaine on vähintään 1,6 MPa, käyttölämpötila 120 °C ja käyttöaineena käsitelty kaukolämpövesi. Pääsääntönä on, että DN 200 ja sitä pienemmät venttiilit ovat palloventtiileitä. DN 250 ja isommat ovat läppä- tai palloventtiileitä. Kaukolämpökäyttöön suunnitellun venttiilin runko tulee olla täysin hitsattu ja siinä täytyy olla paikka, josta venttiiliä voi nostaa esimerkiksi nostoliinon avulla. Jos esimerkiksi venttiilin kara tai toimilaitelaippa ei kestä

nostoa, venttiilissä täytyy olla nostokorvat. (Kaukolämpöjohdoissa käytettävät sulkulaitteet. 2003, 9.)

Läppäventtiiliä ei saa asentaa kara pystysuoraan, vaan se täytyy asentaa 45 - 90° kallelleen pystyakselista. Tästä vaaditaan maininta venttiilin asennusohjeisiin. Hitsattavan venttiilin päät täytyy olla  $90^\circ \pm 0,2^\circ$  kulmassa keskiakseliin nähden ja seinämänpaksuuden ollessa 3,2 mm tai paksumpi niihin vaaditaan viisteet. Esieristettyjen venttiilien täytyy kestää kylmäasennus, jolloin venttiili voidaan asentaa tarvittaessa ulkoilmassa ja sen täytyy kestää putkiston aiheuttama aksiaalinen jännitystaso. Venttiilien sulkutiiveys testataan 100-prosenttisesti ja testaus tehdään SFS-EN 12266-1:n mukaisesti. (Kaukolämpöjohdoissa käytettävät sulkulaitteet. 2003, 9.)

Metallitiivisteiseltä läppäventtiililtä vaaditaan tiiveysluokka B, joka tarkoittaa vedellä testattuna 20 °C:n ja 1,1 x PN paineisen veden päästämistä läpän taakse. Vuoto saa olla maksimissaan  $0,01 \text{ mm}^3/\text{s} \times \text{DN}$ . Palloventtiilit ovat pehmeätiivisteisiä, ja niiltä vaaditaan tiiveysluokka A, joka tarkoittaa, ettei näkyvää vuotoa saa olla lainkaan. Jos venttiiliin ei ole merkitty virtaussuuntaa, sen täytyy kestää suunniteltu paine ja olla tiivis molempiin mahdollisiin virtaussuuntiin. (Kaukolämpöjohdoissa käytettävät sulkulaitteet. 2003, 6.)

### **3.4 Venttiilien käyttölaitteet ja toiminta-ajat**

Venttiileitä voidaan käyttää käsikäyttövivulla, käsikäyttövaihteistolla tai vaihteiston ja sähkökäytön yhdistelmällä. Suoralla käsikäytöllä olevaa venttiiliä voidaan käyttää kokoon DN 150 saakka. Käsikäyttövaihteistoa käytetään suuremmissa kuin DN 150 sulkuventtiileissä. Venttiileitä voidaan kaukokäyttää esimerkiksi sähkökäytön avulla, mutta ne täytyy varustaa myös paikallisohjauksella. Toimilaite muodostuu käyttölaitteesta ja toimielimestä. Toimielin vaikuttaa prosessiin määrättyllä tavalla ja sitä ohjataan käyttölaitteella. Toimilaitteeksi kutsutaan usein myös pelkkää käyttölaitetta. (Kaukolämpöverkon sulkulaitteiden käyttötekniinen suunnittelu. 2010, 3.)

Sähkö- ja kaukokäytön vaatimuksia ovat jännite 400/230 V, 50 Hz, toimintarajat, suojausluokka ja usein standardoitu viestisignaali. Käyttölaitteen tehon ollessa suuri on kannattavaa käyttää 400 V järjestelmää. Ongelmana 230 V laitteissa isoilla tehoilla on

niiden ottama suuri virta, joka vaatii usein paksut kaapelit. Toimilaitteelle täytyy asettaa toimintarajat kuten kiinni- ja aukimomentti- ja välirajat. Venttiilin sulkeminen osissa voidaan tehdä pulssituksen avulla, jos toimilaitteessa ei ole taajuusmuuttajaa. Suojausluokka kaivoissa täytyy olla vähintään IP67 vaihtelevien olosuhteiden takia. Sisätiloissa voidaan käyttää suojausluokkaa IP65. (Kaukolämpöverkon sulkulaitteiden käyttökäytännön suunnittelu. 2010, 3.)

Sulku- ja säätöventtiileissä käytetään joko pneumaattisia, hydraulisia tai sähkötoimilaitteita. Kaukolämpökäytössä kosteisiin kaivoihin pneumaattiset laitteet eivät tule kysymykseen. Paineilman tuotto on vaikeaa ja suuret lämpötilaerot aiheuttavat kondensoitumista. Vaikka paineilmalla toimivat toimilaitteet eivät sovellu kaukolämpökaivoihin, ne ovat kuitenkin yleisimpiä toimilaitteita sulku- ja säätöventtiileissä. Niiden etuna on varma toimivuus ja halpa hinta. Niihin on saatavissa myös paljon erilaisia turvalaitteita ja tarvikkeita tarpeen mukaan. (Joronen ym. 2007, 119 - 124.)

Hydraulisen toimilaitteen etuja ovat niiden suuri voiman ja momentin tuottokyky, nopeus ja tarkkuus. Niiden huolto on kallista ja pneumaattisten toimilaitteiden tapaan ne vaativat erillisen koneikon toimiakseen. Hydraulinen toimilaitte soveltuu myös kaukolämpökaivoihin, mutta koneikon rakentaminen säiliöineen vaatii paljon tilaa, eivätkä ne siten tule kysymykseen ahtaissa kaivoissa. Sähkömekaanisessa toimilaitteessa sähkömoottori tuottaa voiman. Tuotettu voima siirretään vaihteen välityksellä lineaari- tai kiertoliikkeeksi riippuen käytettävästä venttiilistä. Pallo- ja läppäventtiilit ovat neljänneskiertoventtiileitä ja niiden yhteydessä käytetään usein kierukkavaihteistoa. Lineaari-liikeventtiileitä ovat kiila-, levyluisti- ja istukkaventtiilit. Sähkötoimilaitteet toimivat yleisimmin vaihtojännitteellä ja ne ovat erittäin tarkkoja. Niiden huonoina puolina pidetään hitautta ja kallista hintaa. Isoja putkia suljettaessa liike ei saa olla liian nopeaa, jotta hitaudesta ei ole haittaa. (Joronen ym. 2007, 126.)

Sulkuventtiileitä käytettäessä venttiiliä ei saa sulkea tai avata liian nopeasti. Liian nopea sulkeminen aiheuttaa verkostoon paineiskun, joka voi rikkoa putkia ja aiheuttaa häiriötilanteita. Suuret venttiilit täytyy sulkea paljon hitaammin kuin pienet ja erikokoisille venttiileille on annettu ohjeellisia toiminta-aikoja. Liitteessä 1 on kuvattu ohjeelliset toiminta-ajat. Ajat ovat minimi aikoja ja isoissa siirtolinjoissa suositellaan käytettäväksi

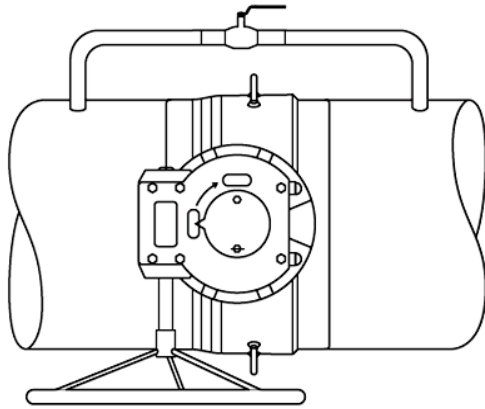
1,5...2,0-kertaisia toiminta-aikoja. (Kaukolämpöverkon sulkulaitteiden käyttötekni-  
suunnittelu. 2010, 7.)

### **3.5 Sulkulaitteen sijoitus ja asennus**

Sulkuventtiilit sijoitetaan kaukolämpöverkkoon ensisijaisesti siten, että lämmönkeskey-  
tysalueet jäävät mahdollisimman pieniksi, keskeytysajat lyhyiksi ja asiakkaan haitat  
ovat mahdollisimman pieniä. Maasto-olosuhteet vaikuttavat myös venttiilin sijoitus-  
paikkaan merkittävästi. Sulkulaitetta ei saa sijoittaa linjan alimpaan kohtaan, koska se  
saattaa aiheuttaa ongelmia putkiston vuototapauksissa. Verkoston alimpaan kohtaan  
kerääntyy helposti putkessa virtaavaa sakkaa, joka voi aiheuttaa ongelmia venttiilin sul-  
kutiiveydessä. Jos maaston korkeuserot ovat suuria, voidaan verkkoon sijoittaa säätö-  
venttiili oikean painetaso ylläpitämiseksi. Runkolinjasta lähtevään haaraan sijoitetulla  
venttiilillä voidaan keskeytysalue rajata haaran suuruiseksi, eikä vuoto tai muu ongelma  
silloin vaikuta muuhun verkkoon. (Kaukolämpöverkon sulkulaitteiden käyttötekni-  
suunnittelu. 2010, 3.)

Sulkulaitteiden tarkoitus on myös erottaa tuotantolaitokset toisistaan, jolloin verkon eri  
osiin voidaan syöttää lämpöä eri laitoksilta tarpeen mukaan. Sijoitusta suunniteltaessa  
myös verkon mahdollinen laajeneminen täytyy ottaa huomioon. Venttiilit on sijoitettava  
siten, että erotettavan osuuden tyhjennys- ja täyttöaika ovat enintään kolme tuntia.  
(Kaukolämpöverkon sulkulaitteiden käyttötekni-  
suunnittelu. 2010, 4.)

Kaivoissa sulkulaitteet mahdollisuuksien mukaan sijoitetaan siten, että ne eivät ole suo-  
raan kulkuaukkojen kohdalla. Kulkuaukoista valuu usein kaivoon sadevettä, joka aihe-  
uttaa venttiileissä korroosiota. Myös kondenssivettä tiivistyy helposti etenkin talviai-  
kaan kaivojen teräskansiin. Yli DN 300 venttiilien yhteyteen asennetaan tarvittaessa  
ohitusventtiili (kuva 5), jonka avulla tyhjä tai paineeton linja voidaan täyttää ja tasata  
paine ennen pääsulkuventtiilin avaamista. (Kaukolämpöverkon sulkulaitteiden käyttö-  
tekni-  
suunnittelu. 2010, 5.)



*KUVA 5. Pääsulkuventtiilin yhteyteen asennettu ohitusventtiili (Läppäventtiilin käyttöohje. 2011, 11)*

Lähes kaikki venttiilit suositellaan asennettavaksi kara vaakatasoon. Hitsatessa palloventtiilin pallo täytyy olla auki asennossa, jolloin hitsauskipinät eivät pääse tarttumaan pallon pintaan ja siten vaurioittamaan tiivisteitä. Läppäventtiilissä läppä täytyy olla kiinni, kun päitä hitsataan kiinni. Jos venttiili asennetaan pystysuoraan putkeen, ylemmää saumaa hitsatessa läpän päälle suositellaan vähintään 4 cm paksua vesipatjaa, jolla estetään hitsauskipinöiden tarttuminen läpän pintaan. (Läppäventtiilin käyttöohje. 2011, 8.)

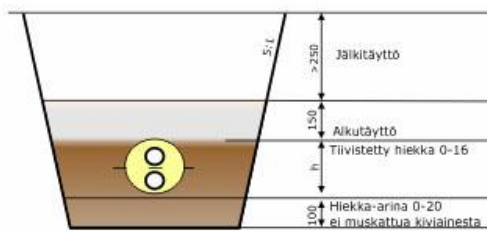
### **3.6 Putkityypit ja eristys**

Kaukolämpökäytössä on paljon erityyppisiä putkia ja niiden eristystapoja. Aikaisemmin käytössä on ollut pääsääntöisesti betonikanavarakenne (EMV) ja MPUL putkityyppejä. Näitä putkityyppejä ei enää rakenneta niiden huonojen ominaisuuksien ja työlään asennuksen takia. Nykyisin käytetään lähes poikkeuksetta suoraan maahan asennettavia ja polyuretaanilla kiinnivaahdotettuja putkia. Aikaisemmin putket eristettiin usein mineraalivillalla, joka ei kuitenkaan ole paras mahdollinen vaihtoehto. Villan eristyskyky huononee sen iän myötä ja sen rakenne muuttuu kosteuden ja olosuhteiden vaikutuksesta. Myös polyuretaanilla on samoja ongelmia vanhetessaan ja kastuessaan sen kuivatus on erittäin haastavaa. Virtausputkina käytetään yleisimmin teräspankputkia, mutta käytössä on myös kuparia, ruostumatonta terästä ja harvemmin myös muovia.

### 3.6.1 Kiinnivaahdotetut johdot

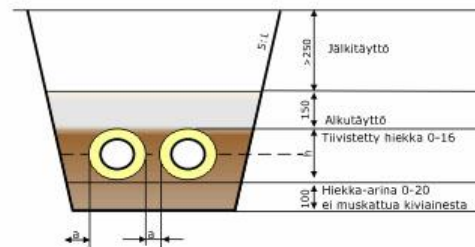
MPUK ja 2MPUK ovat nykyään käytetyimpiä putkirakenteita Suomen kaukolämpöverkoissa. Niistä käytetään myös nimitystä kiinnivaahdotetut putkijärjestelmät, koska tässä rakenteessa teräksinen virtausputki ja polyeteeni suojakuori on liitetty kiinteästi yhteen polyuretaanieristeellä. Kiinnivaahdotettu putkijärjestelmä ei normaalitapauksessa tarvitse kiintopisteitä muiden putkityyppien tapaan. Kiinnivaahdotetussa putkijärjestelmässä lämpöliikkeen aiheuttamat aksiaalijännitykset otetaan vastaan suojakuoren ja maan välisen kitkan avulla kitkakiinnitetyssä asennustavassa. Joissain tapauksissa myös kiintopisteitä kuitenkin käytetään. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 140.)

MPUK (kuva 6) on kaksiputkirakenne, jossa saman suojakuoren sisään on laitettu kaksi virtausputkea. 2MPUK (kuva 7) tarkoittaa yksiputkirakennetta, jossa suojakuoren sisällä on vain yksi virtausputki.



KUVA 6. MPUK

(Kaukolämmön käsikirja 2006, 140)



KUVA 7. 2MPUK

(Kaukolämmön käsikirja 2006, 139)

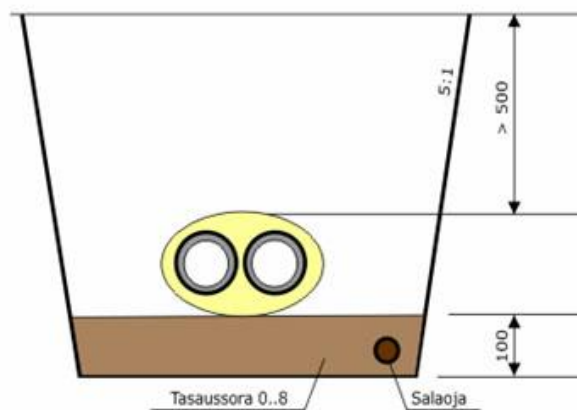
MPUK-rakenteessa putki asennetaan yleensä siten, että menopuolen putki on alhaalla ja paluuputki ylhäällä. Tämä johtuu siitä, että menolämpötila on suurempi ja lämmön noustessa ylöspäin se lämmittää ylempää putkea ja lämpöhäviöt jäävät pienemmiksi. Kiinnivaahdotettujen virtausputkien saumat hitsataan, jonka jälkeen saumakohtat eristetään. Yleisimmin eristykseen käytetään polyuretaania, mutta myös mineraalivillaa käytetään. Polyeteeni suojakuoren pinta karhennetaan ja liitettyjen putkien suojakuorien päät yhdistetään ohuella sylinterimäisellä teräslevyllä. Tämän jälkeen kaksikomponentti polyuretaani kaadetaan reiästä liitoskohtaan tyhjään tilaan, jossa se paisuu ja eristää liitoskohdan. Sitten liitoskohdan päälle asennetaan lämmittämällä kutistematto, joka tekee liitoksesta tiiviin ulkopuolista vettä vastaan. Muita tapoja tiiviin rakenteen saavut-



tamiseksi ovat erilaiset metallikuoret saumattuna tiivistemassalla tai esimerkiksi sähkömuhvien käyttö.

### 3.6.2 Muovisuojakuorijohto liikkuvien teräsputkien

MPUL tarkoittaa vapaasti liikkuvaa putkijärjestelmää (kuva 8), josta käytetään puhekielessä yleisesti myös nimitystä Fiskars tai Fiskatherms, joka on eräs tuotenimi kyseiselle putkityypille. Virtausputkena on teräsputki ja eristeenä polyuretaani. Suoja kuori on polyeteeniä. Kyseisessä putkijärjestelmässä virtausputkia on yksi tai kaksi ja ne pääsevät vapaasti liikkumaan suojakuoren sisällä. Usein virtausputken ympärillä on n. 10 mm halkaisijaltaan suurempi esimerkiksi lasikuidusta valmistettu suojaputki. Suojaputken ja virtausputken väliin jää tilaa, jossa virtausputki pääsee liikkumaan lämpölaajenemisen johdosta. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 145.)



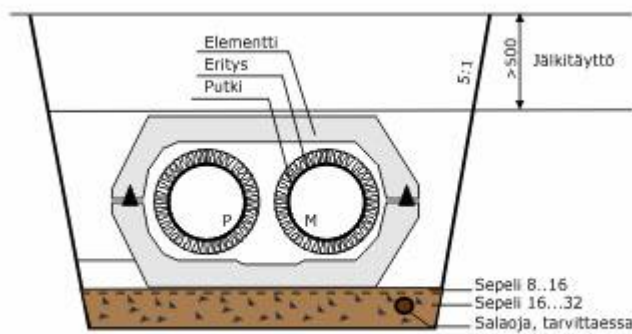
KUVA 8. MPUL (Kaukolämmön käsikirja 2006, 145)

Suomessa putkityppiä on rakennettu 1950-luvulta aina 1980-luvulle saakka. Tätä rakennetta ei enää käytetä, koska sen kanssa on ilmennyt paljon ongelmia. Suurimmat ongelmat aiheuttaa polyeteenistä valmistetun suojakuoren pettäminen liitoskohdasta, jonka vuoksi ulkopuolinen sade- tai pohjavesi pääsee virtausputken ulkopinnalle aiheuttaen korroosiota. Ongelmia ulkopuolisen veden kanssa aiheuttaa myös suojaputki virtausputken ympärillä. Jos ulkopuolinen vesi pääsee suojaputken läpi kosketuksiin virtausputken kanssa, se voi kastella linjan todella pitkältä matkalta. Jos linjan asennuskorkeuksia ei ole tarkastettu asennuksen yhteydessä ja joku kohta linjasta on alempana kuin linjan

pää, vesi jää makaamaan ja voi aiheuttaa vakavaa syöpymistä jopa alle vuodessa. Kyseistä putkityyppiä on rakennettu Suomessa noin 1 000 km. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 145.)

### 3.6.3 Betonikanavajohdot

EMV tarkoittaa betonikanava rakennetta (kuva 9), jossa teräksiset virtausputket on sijoitettu kaksiosaiseen betonikanavaan. Kyseistä putkityyppiä on käytetty Suomessa 1950-luvulta 1980-luvulle saakka, pääasiallisena käyttökohteena isot runkolinjat. Nykyään betonikanavarakennetta ei enää rakenneta, mutta Suomessa sitä on rakennettu n. 1 200 km. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 144.)



KUVA 9. Betonielementtikanava (Kaukolämmön käsikirja 2006, 144)

Putket tuetaan kanavan pohjaan ja seiniin, jolloin putket eivät kosketa kanavan seinämiä ja pääsevät liikkumaan, kun lämpölaajenemista tapahtuu. Koska putket pääsevät liikkumaan kanavan sisällä, EMV-putkityyppi vaatii tarkkoihin paikkoihin sijoitettuja kiintopisteitä, jotka sitovat putket paikoilleen ja ottavat vastaan lämpölaajenemisen aiheuttamat rasitukset. Kiintopisteet ovat usein betonista valmistettuja raudoitettuja betoni-kuutioita, jonka läpi putket kulkevat. Teräsputken ympärille hitsataan laippa, jonka avulla putki saadaan sidottua kiinni kiintopisteeseen. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 144.)

Putki eristään yleisimmin mineraalivillalla (mv), mutta myös muita eristeitä, kuten polyuretaania (pu) käytetään. Lämpölaajenemisen kompensointiin käytetään paljon liuku- ja paljetasaimia. Paljetasain kompensoi lämpöliikkeitä ja toimii putkessa haitarin tavoin. Kun putkistossa esiintyy lämpöliikkeitä, palje puristuu kasaan tai venyy tarpeen mukaan. Putkiston rakennusvaiheessa käytetään usein myös liukutasaimia. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 144.)

Putkisto asennetaan normaalisti ulkolämpötilassa. Putkisto lämmitetään käyttöönotossa määrättyyn lämpötilaan, jolloin tapahtuu lämpöliikettä. Kun putki on saavuttanut määrätyn lämpötilan ja sitä vastaava lämpöliike on tapahtunut, liukutasain lukitaan hitsaamalla ja näin putken lämpölaajeneminen saadaan kompensoitua.

Betonielementtikanavien (E) korjaaminen on kallista. Usein ongelmat johtuvat ulkopuolisesta vedestä, joka pääsee kanavan sisälle aiheuttaen korroosiota. Syitä tähän ovat mm. huonosti eristetyt elementtien saumat ja ulkopuoliset rakennustyöt. Myös pohja- ja sadevesi on aiheuttanut vaurioita noustessaan kanavan sisään. Kanavan sisällä olevat virtausputket on usein eristetty mineraalivillalla, joka päästää kosteuden helposti läpi. Tämä eristetyyppi voidaan kuitenkin vaihtaa polyuretaanieristeeseen ilman, että lämmöntoimitus katkoa joudutaan tekemään. (Kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen kaivot. 1995, 4.)

#### **3.6.4 Joustavat putkijärjestelmät**

Joustavat putkijärjestelmät ovat sellaisia, joita pystytään taivuttamaan asennuspaikalla tarpeen mukaan. Rakenteita ja materiaaleja on paljon erilaisia. Kaikilla on kuitenkin yhteistä se, että ne kykenevät kompensoimaan putkiston lämpöliikkeet joko joustavuutensa tai materiaalinsa ansiosta. Joustavia putkijärjestelmiä on yksi- ja kaksiputkirakenteena. Virtausputki on joko terästä, kuparia, korrugoitua ruostumatonta terästä tai muovia. Muoviputkia ei juurikaan käytetä niiden huonon lämmön ja paineen kestävyytensä vuoksi. Muoviputken suurin käyttöpaine on 10 bar, suurin käyttölämpötila hetkellisenä 95 °C ja jatkuvana 80 °C. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 143.)

Joustavia putkia voi ostaa joko määrämittäisinä salkoina tai erimittäisinä kieppeinä. Putki voidaan asentaa kaivantoon suoraan kiepistä, jolloin säästetään huomattavasti

asennusaikaa, koska hitsattavia saumoja ei ole kuin liitospäissä. Joustavia järjestelmiä käytetään usein ns. talohaaroissa joissa putken nimelliskoko on pieni. Pääasiallisesti käytetyt dimensiot ovat DN 20 - 80. Kupariputkien huonona puolena on niiden suhteellisen heikot liitoskohdat. Kun teräs- ja kupariputki liitetään yhteen, niiden lämpöliike on erilaista ja liitoskohta joutuu suurelle rasitukselle. Joustavissa putkijärjestelmissä eristeenä käytetään yleisimmin polyuretaania tai polyeteeniä, mutta myös villaeriteisiä putkijärjestelmiä käytetään. Suojakuori on polyeteeniä.

### **3.7 Käyttöpaine ja paineluokat**

Kaukolämpöverkon maksimikäyttöpaine on usein 16 bar, mutta myös matalampiin paineisiin suunniteltuja verkkoja on. Vanhoja verkkoja on suunniteltu esimerkiksi 10 bar paineisiin. Vanhojen verkkojen liittäminen uuteen onkin haasteellista tämän takia. Ongelmaa ei tule, jos verkon tässä osassa paine ei pääse missään ajotilanteessa nousemaan liian korkeaksi. Tähän vaikuttaa mm. tuotantolaitoksen ja pumppaamojen etäisyys liitettävästä alueesta. Vaikka tuotantolaitokselta tai pumppaamoilta pumpattaisiin yli 10 bar painetta, painehäviöt usein vaikuttavat siten, että 10 bar alueella paine on jo ehtinyt laskea alle käyttöpaineen.

Lähes kaikkien kaukolämpöjohtojen, pois luettuna muoviset virtausputket, mitoitetaan 1,6 MPa (16 bar) suunnittelupaineeseen. Maksimi suunnittelulämpötila on 120 °C ja virtausaineena on käsitelty kaukolämpövesi. Verkoissa käytettävien venttiilien sulkupaine-ero on usein 16 bar, joka kuitenkin testataan 17,6 bar paineella. Usein venttiilit voidaan mitoittaa rungon osalta PN25 luokkaan, eli mitoituksen suunnittelupaine on 25 bar. Kuitenkin PN25 runkoisen venttiilin sulkupaine-ero saattaa olla vain vaadittu 16 bar. Tarkoituksena siis on, että venttiilin runko kestää suuremmankin paineen ja paineiskuja, mutta venttiilin sulkuelin kykenee sulkemaan putken tiiviisti vain 16 bar paine-erolla. Myös jotkin kaukolämpöjohdot mitoitetaan 25 bar mukaisesti. Yleisesti kaukolämpökäytössä käytettävät laitteet ovat paineluokaltaan joko PN16, PN25 tai PN40. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 137.)

## 4 PUMPPAUS JA PAINEISKUT

### 4.1 Pumppaus ja paine-ero

Kaukolämpöverkoissa paine-eroa säädetään aina asiakkaiden mukaan. Paine-ero säädetään siten, että epäedullisimmalla asiakkaalla paine-eroa on mittauskeskuksen yli 60 kPa. Epäedullisimmalla asiakkaalla tarkoitetaan usein jonkin putkihaaran viimeistä kulutuspiistettä. Pumppausta pyritään rajoittamaan koko ajan minimiin. Pienissä verkoissa pumppaus voidaan hoitaa tuotantolaitoksen pumpuilla. Isoissa verkoissa joudutaan usein rakentamaan välipumppaamoja eli paineenkorotusasemia. Pumppaamon rakennusperusteena on usein liian alhainen paine-ero jossain verkon kulutuspiisteessä. Myös pitkät välimatkat tai mäkinen maasto voivat vaatia pumppaamon rakentamisen.

(Kaukolämmön käsikirja. 2006, 113; 169 - 176.)

Kaukolämpöpumppuina käytetään lähes aina keskipakopumppuja. Keskipakopumpputyyppejä ovat mm. in-line (kuva 10) ja vaaka-asenteiset keskipakopumput. In-line-pumppu voidaan asentaa suoraan putkeen laippojen avulla, jolloin moottori on suoraan juoksupyörän yläpuolella. Tällöin pumppu vie vähemmän tilaa.



*KUVA 10. In-line -keskipakopumppu*

Toinen vaihtoehto eli vaaka-asenteinen pumppu (kuva 11) asennetaan nimensä mukaan vaaka-asentoon, jolloin putket kiinnitetään pumppuun 90 asteen kulmassa toisiinsa näh-

den. Isot pumput ovat usein vaaka-asenteisia, mutta pienemmissä välipumppaamoissa käytetään asennuksen helppouden ja pienen tilantarpeen takia usein in-line-tyyppiä.



*KUVA 11. Vaaka-asenteinen keskipakopumppu*

Pumput voidaan kytkeä verkkoon eri tavoin. Kaikki kaukolämpöverkot ovat erilaisia ja pumppujen kytkentätavoilla voidaan vaikuttaa positiivisesti pumppauksen hyötysuhteeseen ja taloudellisuuteen. Rinnankytkennässä kaksi samankokoista pumppua sijoitetaan samaan putkeen rinnakkain, jolloin niitä voidaan käyttää aina tarpeen mukaan. Tällä kytkentätavalla voidaan vaikuttaa parhaiten pumpattavaan vesimäärään. Nostokorkeuden eli paineenkorotuksen säätöön sopii parhaiten sarjaankytkentä. Sarjaankytkennässä pumput ovat peräkkäin, eli käytännössä toinen meno- ja toinen paluuputkessa. Tätä kytkentää käytetään usein suurten verkkojen välipumppaamoissa. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 173.)

Pumppujen tuottoa voidaan säätää monilla tavoilla, kuten juoksupyörällä, kuristusventtiilillä, pyörimisnopeuden muuttamisella tai ohivirtauksella. Kuristussäätö ja pyörimisnopeussäätö ovat yleisimmin käytössä. Pyörimisnopeussäätö tehdään taajuusmuuttajan avulla. Juoksupyörän vaihtaminen muuttaa pumpun ominaiskäyrää ja muutos on pysyvä. Pyörimisnopeutta säädettäessä tarkoituksena ei ole säätää verkossa kiertävän veden määrää vaan rajoittaa pumppaukseen käytettyä sähköenergiaa jokaiseen tilanteeseen sopivaksi. Virtausta säättävät asiakkaat tarpeidensa mukaan. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 170 - 173.)

Pumppaustekniikan affiniteettisääntöjen mukaan tilavuusvirran muutos on suoraan verrannollinen pumpun pyörimisnopeuden muutokseen, nostokorkeus eli paineenkorotus pyörimisnopeuden neliöön ja teho pyörimisnopeuden kuutioon (kaava 1). (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 171.)

$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

KAAVA 1

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \left( \frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} \right)^2 = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\Delta p_1 \dot{V}_1}{\Delta p_2 \dot{V}_2} = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^3$$

$\dot{V}$  = tilavuusvirta

$n$  = pyörimisnopeus

$\Delta p$  = nostokorkeus

$P$  = teho

Pumppausteho saadaan jakamalla viimeinen yhtälö pumpun hyötysuhteella. Pumppujen hyötysuhteen vaihtelevat laajasti 0,3 ... 0,9 välillä. Yleisimmin isoilla keskipakopumppuilla 0,6 ... 0,9. Hyötysuhteeseen vaikuttavat pumpputyypin, pumpun mekaaninen rakenne, nestemäärä ja pyörimisnopeus. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 170 - 173.)

## 4.2 Paineiskut

Kaikissa putkissa joissa virtaa nestettä, virtauksen muutos voi johtaa paineiskuun. Virtauksen muutoksen aiheuttama häiriö kulkee koko järjestelmän läpi. Paineiskut johtuvat virtaavan aineen eli fluidin liike-energian muuttumisesta paine-energiaksi. Paineiskut rasittavat ja voivat rikkoa putkistoja. Paineaallon etenemisnopeus riippuu putkessa virtaavasta aineesta, putkiston materiaalista ja muista ominaisuuksista. Yleisesti voidaan ajatella, että etenemisnopeus teräsputkessa on 1 200 m/s. Paineiskun eteneminen putken alkupäähän voidaan laskea kaavalla 2. (Paineisku vesihuoltoverkoissa. 1986, 7 - 10.)

$$t = \frac{L}{a}$$

KAAVA 2

$L$  = putkipituus [m]

$a$  = paineaallon etenemisnopeus [m/s]

Suljettaessa venttiili nopeasti putkistossa fluidin massaa ja virtausnopeutta ei voida pysäyttää hetkessä. Vesi yrittää jatkaa matkaa, vaikka venttiili on suljettu, jolloin venttiiliin kohdistuu paineisku ja putken sulkupäähän varastoituu pieni määrä normaalia enemmän vettä. Tämä johtuu putken joustamisesta ja veden kokoonpuristuvuudesta. Putken sulkukohdassa venttiilin edessä virtausnopeus on nolla ja painetaso korkea. Nopeasti suljetussa putkessa on epävakaat paineolot ja paineen vaihtelu voi olla suurta. Paineaalto lähtee sulkukohdasta kohti putken alkupäätä ja saavuttaessaan sen, paineaallon suunta vaihtuu ja se lähtee takaisin kohti venttiiliä. Paineisku aiheuttaa paine-eron putkistoon, jolloin virtaavan aineen virtaussuunta muuttuu paineenmuutosten mukaan. Prosessi vaimenee virtausvastusten ja kitkan seurauksena, mutta paluu stabiiliin tilaan voi kestää kauan. (Paineisku vesihuoltoverkoissa. 1986, 10.)

Venttiilin liian nopea sulkeminen voi johtaa kavitointiin venttiilin takana. Kavitaatiossa paine laskee lähelle höyrystymispainetta, jolloin vesi höyrystyy ja vesipatsas venttiilin takana katkeaa. Vesipatsas täyttää syntyneen kaasutaskun uudelleen ja siitä seuraa paineisku. Kavitaatiota voi esiintyä myös pumppujen imupuolen putkessa, jolloin kavitaatiosta aiheutuvat kaasukuplat puristuvat kasaan, aiheuttavat paineenmuutoksia ja vahingoittavat juoksupyörää. (Paineisku vesihuoltoverkoissa. 1986, 14.)

Paineiskuja aiheuttavat useimmin pumppujen käynnistys, sammutus ja venttiilien nopeat liikkeet. Venttiiliä suljettaessa täytyy ottaa huomioon kunkin venttiilin tehollinen toiminta-alue. Useita venttiileitä täytyy kuristaa 70...90 % ennen kuin virtaamaan ja paineeseen voidaan kunnolla vaikuttaa. Tämän takia usein noin 2/3 toiminta-alueesta voidaan sulkea nopeasti ja hidastaa viimeisen kolmanneksen sulkunopeutta huomattavasti. Jos venttiilin laskennalliseksi sulkunopeudeksi on saatu 3 min, tämä aika tulisi käyttää viimeisen kolmanneksen sulkemiseen, ei koko venttiilin sulkuaikaan. (Paineisku vesihuoltoverkoissa. 1986, 19.)



Jos virtausvastuksia ja kitkaa ei huomioida, paineisku palautuu takaisin sulkukohtaan ajassa  $2L/a$ , joten kaikki pienemmät sulkemisnopeudet johtavat maksimi paineen muodostumiseen sulkukohdassa. Veden ja putken tilavuuden muutokset vaikuttavat paineiskun suuruuteen. Suljettaessa putki nopeasti, paineen nousua eli paineiskua seuraa veden tilavuuden pieneneminen eli tiheyden kasvu. (Paineisku vesihuoltoverkoissa. 1986, 24.)

Kun olosuhteet tiedetään, voidaan paineaallon etenemisnopeus pituussuunnassa jäykästi tuetulle putkelle laskea kaavalla 3.

$$a = \frac{\left(\frac{K}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}}}{\left(1 + \frac{K}{E} \cdot \frac{D}{e} \cdot (-\mu^2)\right)^{\frac{1}{2}}}$$

KAAVA 3

$K$  = veden kimmomoduli,  $2,07 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$

$E$  = teräksen kimmomoduli,  $210 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$

$\rho$  = veden tiheys

$D$  = putken halkaisija

$e$  = seinämän paksuus

$\mu$  = Poissonin luku, teräkselle 0,30

Tästä voidaan laskea äkillisestä putken sulkemisesta aiheutuva paineen nousu putkessa kaavalla 4. Kaava antaa tuloksen vesipatsaana [m].

$$\Delta h = \frac{a}{g} \cdot \Delta v$$

KAAVA 4

$g$  = maan vetovoiman kiihtyvyys

$v$  = virtausnopeus

Paineiskuja voidaan vaimentaa ja niihin voidaan varautua. Riittävän suuri paineluokka putkilla ja muilla laitteilla auttaa prosessia kestämään paineiskuja. Pumppujen pehmeäkännistys ja venttiilien liikkeiden tarkka kontrollointi auttavat estämään paineisku-

jen muodostumista. Esimerkiksi samoissa olosuhteissa saman venttiilin sulkeminen eritavoin samassa ajassa voi vaikuttaa paljonkin paineiskun suuruuteen. Esimerkkinä säiliöstä tuleva neste, jolla painetta venttiilin kohdalla 10 bar ja sen äkillinen sulkeminen nostaa painetta 13 bar, jolloin kokonaispaine on 23 bar. Suljettaessa venttiili lineaarisesti kuudessa sekunnissa paineen nousu on 12 bar. Jos venttiili suljetaan kahdessa osassa, 90 %:n sulkeutumisaste saavutetaan sekunnissa ja loput 10 % 6 sekunnin aikana, paineen nousu on 10bar. Kun venttiili suljetaan 95 prosenttisesti yhdessä sekunnissa ja 100 %:n sulkeutumisaste saavutetaan seuraavan viiden sekunnin aikana, paineen nousu on vain 9bar. (Paineisku vesihuoltoverkoissa. 1986, 54.)

Koeasennuksia tehtäessä Huhtalan kaivossa venttiileitä jouduttiin ajamaan auki ja kiinni useita kertoja. Venttiilin ohjausyksikössä on oletuksena määrätty nopeus, jolla venttiiliä liikutetaan ennen kuin venttiilin viritys on valmis. Asennuksien aikana DN 500 putkilinjan varoventtiilit avautuivat kaksi kertaa, syynä venttiilien liian nopea sulkeminen. Putkilinja on pitkä ja ainoa syöttöputki koko kaukolämpöverkkoon, jos lämpö tuotetaan SEVO:n voimalaitoksella.

Varoventtiilin avautumispaine on 12,7 bar ja sen aukeamisesta aiheutui veden purkautuminen ulos verkosta. Verkkoon syötetyn lisäveden määrä tapahtuma-aikaan oli 12 kg/s ja 20 kg/s. Laitoksen suunniteltu maksimi lisäveden tuotto on 5 kg/s, joten pahimmillaan sitä meni neljä kertaa enemmän. Tuotantolaitoksella on noin 100 m<sup>3</sup> lisävesisäiliö, josta vettä saatiin verkkoon tarvittu määrä. Säiliön ansiosta hetkellinen lisäveden kulutus voi olla suurempi kuin lisäveden maksimi tuotto. Paineiskusta aiheutunut varoventtiilin avautuminen ei kestänyt kuitenkaan kauaa, joten tästä ei aiheutunut ongelmia.

Putken pituus tuotantolaitokselta (SEVO) Huhtalan kaivoon on noin 5 km. Laitoksen maksimi kaukolämpöteho on 115MW ja 60 °C:n jäähtymällä virtausta on siten noin 450 kg/s. Maksimivirtaus tilanteesta riippuen on noin 490 kg/s. Suljettaessa DN 500 venttiili äkillisesti Huhtalan kaivossa paineiskun kulkemiseen tarvitsema aika takaisin tuotantolaitokseen voidaan laskea, kun ensin lasketaan paineiskun etenemisnopeus:

$$a = \frac{\left(\frac{K}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}}}{\left(1 + \frac{K}{E} \cdot \frac{D}{e} \cdot (-\mu^2)\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$a = \frac{\left(\frac{2,07 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2}{990 \text{ kg/m}^3}\right)^{\frac{1}{2}}}{\left(1 + \frac{2,07 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2}{210 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2} \cdot \frac{0,508 \text{ m}}{0,0063 \text{ m}} \cdot (-0,30^2)\right)^{\frac{1}{2}}} = 1101,51 \text{ m/s}$$

Etenemisnopeuden avulla voidaan laskea aika, jolloin paineisku päättyy tuotantolaitokseen.

$$t = \frac{L}{a}$$

$$t = \frac{5000 \text{ m}}{1101,51 \text{ m/s}} = 4,54 \text{ s}$$

Virtausnopeus virtaamalla 450 kg/s DN 500 putkessa on noin 2,4 m/s

Äkillisestä venttiilin sulkemisesta johtuva paineen nousu putkessa voidaan laskea seuraavasti:

$$\Delta h = \frac{a}{g} \cdot v$$

$$\frac{1101,51 \text{ m/s}}{9,81 \text{ m/s}^2} \cdot 2,4 \text{ m/s} = 269,48 \text{ m} \approx 27 \text{ bar.}$$

Virtauksen nopea pysäyttäminen aiheuttaa yli 27 bar:n paineen nousun putkessa ja se etenee noin 1100 m/s kohti tuotantolaitosta. Putken kokonaispaine menopuolen putkessa talviaikaan kyseisessä kaivossa voisi olla jopa 40 bar. Talviaikana menopuolen normaali paine on noin 13 bar. Jos putkiston virtaushäviöitä ei huomioida, paineaalto palaa takaisin sulkukohtaan noin yhdeksän sekunnin kuluttua.

## 5 KAUKOKÄYTTÖ JA VÄYLÄOHJAUS

Kaukokäytön avulla ohjataan ja valvotaan kaukolämpöverkon ja lämpökeskusten toimintaa. Kaukokäytön avulla saadaan selville esimerkiksi verkon kriittisimpien kulutus- pisteiden paine-erot, joiden avulla pumppaamojen toimintaa voidaan säätää. Tämä vaikuttaa lämmön laatuun ja siten myös asiakastyytyvyyteen. Langattoman verkon avulla voidaan ohjata esimerkiksi pumppuja ja venttiileitä sekä siirtää tietoa verkoston antureilta suoraan valvomoon ja sen avulla voidaan myös seurata ja ohjata lämmöntuotantoa. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 345.)

Kaukokäyttöjärjestelmä on yleensä valvomossa. Kaikki yhteydet luodaan samaan paikkaan, mutta niitä voidaan käyttää muualta siirrettävien päätteiden avulla. Kaukokäytön yhteydessä joudutaan aina miettimään viestiliikennettä ja sen toteutusta. Aikaisemmin käytössä oli usein kaapeliverkkoja. Kaapelit olivat joko vuokrattuja tai omia, jotka kaivettiin usein samaan kaivantoon putken asennuksen yhteydessä. Kaapeleiden huonona puolena ovat lisävahvistimet, joita ne usein vaativat. Viestiliikenne voidaan hoitaa myös esimerkiksi puhelin- tai ISDN-verkon kautta. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 345.)

Johdottomia tiedonsiirtotapoja ovat mm. GSM/GPRS-verkot, radioverkot ja erilaiset radiolinkkiyhteydet. Näitä voidaan käyttää jos voidaan varmistaa niiden varma toimivuus tai jos ohjattavat laitteet eivät ole prosessin kannalta kriittisiä. Esimerkiksi mittaus-tiedonsiirto voidaan toteuttaa radiolinkeillä. Asennettujen toimilaitteiden ohjaukset siirretään valvomosta toimilaitteelle radiolinkin välityksellä. Tästä on kohdeyrityksessä hyviä kokemuksia ja yhteyden rakentaminen on helppoa. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 345.)

Radioaaltojen liikkuminen on huomattavasti oikullisempaa kuin kaapelissa etenevä signaali. Tämä johtuu eritaajuisten signaalien käyttäytymisestä ilmakehässä eri tavoin. Radioliikenteen etuna on, että se kulkee seinien läpi. Myöskään näköyhteyttä ei vaadita, mutta radioliikenteen turvallinen käyttö vaatii aina salauksen. Radioverkon käyttöön tarvitaan lupa tai sille täytyy varata oma taajuusalue. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 346.)

Venttiilien ohjaamiseen kohdeyrityksessä käytetään Modbus-sarjaliikenneprotokollaa. Modbus RTU (Remote Terminal Unit) mahdollistaa useiden kenttälaitteiden ohjaamisen yhdestä paikasta. Se on binäärinen dataesitysmuoto ja siinä välitetty tieto tarkistetaan. Modbus on isäntä/orja-protokolla, joten isäntälaitteen on jatkuvasti kysyttävä tietoa kenttälaitteelta. Yhteen isäntään voidaan liittää 247 renkiä. Jokaisella laitteella on oma osoite eli numero. Kaikki laitteet saavat tiedon lähetetystä käskystä, mutta vain yksi tekee määrätyn komennon. (Niemelä 2010.)

Kaikki Modbus-komennot sisältävät tarkisteen, jolla varmistetaan komennon virheetön kulkeminen oikeaan osoitteeseen. Käytännössä komennolla voidaan ohjata venttiili kiinni tai komentaa laite lähettämään painemittaustieto valvomoon määrätyn alueen sulkemisen jälkeen. Liitteessä 2 on kuvattu Huhtalan kaivon toimilaitteiden ohjauksen osoitteet ja toiminnot. (Niemelä 2010.)

## **6 ASENNUS KAUKOLÄMPÖVERKKOON**

### **6.1 Kaukolämpöverkko**

Kohdeyrityksen kaukolämpöverkon (liite 3) tilavuus on Flowra-verkonlaskentaohjelman mukaan vuoden 2011 alussa noin 7 900 m<sup>3</sup>. Luku ei täysin vastaa todellisuutta, koska juuri rakennettuja isojakin putkia on vielä piirtämättä ohjelmaan. Putkia on noin 240 km eli meno- ja paluuputket yhteenlaskettuna putkia on kaivettu maahan lähes 500 km. Yleisin käytetty putkikoko verkossa on DN40, jota on käytössä noin 79 km. Pientalojen liittymissä yleisesti käytetyt koot DN25, DN20 ja 22 mm kuparijohtoja verkossa on yhteensä yli 70 km. Suurimmat kyseisessä verkossa käytetyt putkidimensiot ovat DN500 ja DN600. Nämä ovat tuotantolaitoksilta tulevia runkojohtoja. Liityntäteho on noin 215 MW ja lämpöhäviöt laskentaohjelman mukaan noin 7,6 %. Häviön suuruuteen vaikuttavat verkon laajuus, asiakastiheys, eristys ja kunto. Hyvin rakennetussa ja kunnossapidetyssä verkossa lämpöhäviöt ovat luokkaa 6 - 8 %.

Verkon ongelmia ovat olleet mm. alhainen paine-ero epäedullisimmassa paikassa sijaitsevalla asiakkaalla ja verkon joidenkin osien silmukoinnin puuttuminen tai ahtaat putket. Joitain putkia on kunnossapitotöiden ohella vaihdettu dimensiota tai kahta suurempaan ja joissain tapauksissa on turvauduttu välipumppaamon rakentamiseen. Erityisesti välipumppaamoihin sijoitettaviin venttiileihin on erittäin hyvä asentaa toimilaite, jos sijainti verkossa on optimaalinen. Pumppaamoissa on valmiikna sähköliittymä, jolloin syöttökaapelia ei tarvitse asentaa vain toimilaitteen takia. Samoin yhteydet valvomoon on rakennettu valmiiksi pumppujen ohjaamiseksi.

### **6.2 Vaatimukset**

#### **6.2.1 Ilmanvaihto ja kosteus**

Kaikissa ns. betonikaivoissa on kaksi ilmanvaihtoputkea, joista toinen menee kaivon pohjalle ja toinen vain juuri kaivon kannen läpi. Tällöin putkista lähtevä lämmin ilma ylöspäin noustessaan pääsee yläputkesta ulos ja korvausilma tulee vastaavasti kaivon pohjalle. Näin varmistetaan kaivossa riittävä ilmanvaihto, jota tarvitaan myös mahdollisen korroosion ehkäisemiseksi. Ilman vaihtoa voidaan tarvittaessa parantaa esimerkiksi

putkeen poistoputkeen asennettavalla puhaltimella, joka lisää kiertävän ilman määrää. Koska vanhat putket on usein asennettu ns. betonikanaaliin, putki vuotaessaan valuttaa veden kanaalia pitkin kaivoon ja siten kastelee ja vaurioittaa putkia kaivossa.

### **6.2.2 Suojausluokat**

Toimilaitteiden suojausluokat täytyy pääsääntöisesti olla kaukolämpökaivoissa IP67 tai parempi. Useimmin käytetty suojausluokka on IP67, koska se kestää hetkellisesti vettä ja varaosasaatavuus on hyvä eri laitevalmistajilla. Suuremman suojausluokan laitteiden, esim. IP68 varaosasaatavuus on paljon huonompi, toimitusajat pidempiä ja hinta korkeampi, mutta niillä käytössä saavutettava hyöty ei ole merkittävä. IP koodi 67 tarkoittaa, että laite on täysin pölysuojattu ja kestää hetkellisen upottamisen veteen. IP koodin ensimmäinen luku tarkoittaa suojauskykyä vierasta esinettä vastaan. Toinen luku kertoo suojauksen tiiveyden vettä vastaan. Taulukossa 2 on kuvattu suojausluokkien erot ja numeroiden merkitys. (Wexon 2011.)

TAULUKKO 2. IP-suojausluokat (IP-suojausluokat. 2011)

1. numeron määritelmä	2. numeron määritelmä
0 Suojaamaton	0 Suojaamaton
1 Suojattu vierailta kiinteiltä esineiltä suurempi kuin Ø 50mm	1 Suojattu pystysuoraan putoavilta vesipisaroilta
2 Suojattu vierailta kiinteiltä esineiltä suurempi kuin Ø 12,5mm	2 Suojattu pystysuoraan putoavilta vesipisaroilta, kotelon kallistuma max. 15°
3 Suojattu vierailta kiinteiltä esineiltä suurempi kuin Ø 2,5mm	3 Suojattu suoihkuvedeltä, kotelon kallistuma ±60°
4 Suojattu vierailta kiinteiltä esineiltä suurempi kuin Ø 1mm	4 Suojattu roiskevedeltä joka suunnalta.
5 Pölysuojattu	5 Suojattu vesisuihkulta joka suunnalta.
6 Pölytiivis	6 Suojattu voimakkailta vesisuihkulta joka suunnalta.
	7 Suojattu hetkelliseltä upottamiselta, valmistaja määrittää upotusajan ja upotussyvyyden.
	8 Suojattu pysyvältä upottamiselta, valmistaja ilmoittaa upotusmääritelmät.

Koeasennettujen toimilaitteiden suojausluokka on IP67. Jokainen valmistaja määrää upotussyvyyden ja upotusajan omille laitteilleen luokissa IP67 ja IP68. Auman ja Sipoksen valmistamat toimilaitteet kestävät suojausluokassa IP67 yhden metrin vesipatsaan laitteen päälle 30 min ajaksi ja se kykenee tekemään kymmenen operaatiota veden alla. Testaukset on tehty ja arvot määriteltä standardin EN60529 mukaisesti. Luokan IP68 laitteet kestävät upotuksen 6m syvyyteen 72 tunnin ajaksi ja se kykenee tekemään myös 10 operaatiota veden alla. (Hakulinen 2011.)



## 6.3 Yleistä asennuksista

### 6.3.1 Tavoite ja hyödynnettävyys

Tavoitteena on pystyä jakamaan verkko nopeasti erillisiin, toisistaan riippumattomiin osiin. Ongelmana on verkkoon sijoitettavien kauko-ohjattavien venttiilien järkevä sijoitus. Sijoituksen tavoitteena voi olla esim. runkoverkon suojeleminen, asennuksen helppous tai suljettavan alueen maksimi liityntäteho. Usein näiden välillä joudutaan tekemään kompromisseja. Pohdinnan jälkeen alustava suunnitelma oli jakaa verkko liityntäteholtaan maksimissaan 20 MW suuruisiin osiin. Tähän lukuun päädyttiin, kun mietittiin kaukokäytettävien venttiilien määrää ja verkon toimilaitteet on kuitenkin sijoitettava mahdollisimman optimaalisesti ja kyseiseen liityntätehon maksimiin ei aina päästä.

Tärkeintä on huolehtia, että verkko voidaan jakaa osiin turvallisesti ja nopeasti esimerkiksi ison vuodon varalta. 20 MW rajaa pidetään yhtenä kriteerinä, mutta tärkeimpänä on suojella runkoverkkoa. Vuodon sattuessa alue voidaan rajata nopeasti, turvaten muiden asiakkaiden lämmönsaanti. Kaukokäytettäviä venttiileitä ei ole kuitenkaan järkevää sijoittaa jokaiseen putkihaaraan niiden korkeiden kustannusten vuoksi.

Venttiilejä varten joudutaan rakentamaan tiedonsiirtoverkko, jota voidaan käyttää myös muiden laitteiden ja antureiden tiedonsiirtoon. Venttiilien yhteyteen voidaan sijoittaa esimerkiksi painemittarit, joiden avulla voidaan selvittää verkon kuntoa. Suljettaessa tietty verkon osa meno ja paluuputkien paineet tasaantuvat, jolloin paineen laskua voidaan seurata paineantureilla tai -mittareilla. Paineen mittauspisteiden sijoittaminen verkkoon on edullista verraten venttiilien kaukokäytön rakentamiseen. Samaa joka tapauksessa rakennettavaa tiedonsiirtoverkkoa voidaan käyttää myös paineantureiden tiedonsiirtoon, jolloin paineen lasku voidaan havaita kaukokäytön päätteeltä.

Venttiilin toimilaitteen ohjausyksikkö ilmoittaa valvomoon tiedon, kun venttiili on 100 % suljettu. Tästä hetkestä voidaan seurata paineen laskua tietty aika esim. 60 sekuntia, jonka perusteella voidaan laskea mahdollisten vuotojen määrä. Tämä edellyttää kuitenkin täysin pitäviä venttiileitä, jotta muualla verkossa oleva paine ei pääse vaikuttamaan mittaustuloksiin. Mahdollinen vuotokohta voidaan paikantaa tarkemmin, kun tiedetään alue jolta etsiä. Tarkennus voidaan tehdä esim. sulkemalla pienempiä alueita yksi ker-

rallaan. Suljettaessa pieni alue jossa on vuoto, paine romahtaa nopeasti heti sulkemisen jälkeen. Viimeiset tarkennukset voidaan tehdä lämpökamerakuvauksen avulla, jolloin tarkka paikka saadaan selville.

Vesi paisuu lämmitessään, kun verkon tietty alue suljetaan ja lämpöhäviötä on koko ajan, vesi jäähtyy ja alkaa siten kutistua, joka vastaavasti vaikuttaa suljetulla alueella vallitsevaan paineeseen. Putkiston lämpöhäviöt voidaan laskea, kun ymmärretään niihin vaikuttavat tekijät, kuten eristetyyppi ja -paksuus, virtausaineen lämpötila, ympäristön lämpötila, maan lämmönjohtavuus, putkien asennusväli, putkikoko ja asennussyvyys. Eli koko verkon täydellinen lämpöhäviölaskenta on todella työlästä, koska virtausaineen lämpötila ei ole vakio putken eri kohdissa.

Meno- ja paluuputkilla on eri lämpötilat ja asiakaslaitteiden jäähtytys on kaikilla asiakkailla erilainen, joten paluuputken eri kohdissa lämpötila vaihtelee. Vesi jäähtyy suljetulla alueella asiakkaiden toimesta lämmönsiirtimien välityksellä. Tätä pientä vaikutusta on kuitenkin mahdoton arvioida, eikä sitä oteta laskelmissa huomioon vaan käytetään tietyssä kohdassa putkea olevaa keskilämpötilaa. Putken lämpöhäviöt voidaan yksielementtiputkelle (kuva 7) laskea kaavalla 5.

$$Q = \frac{\left( \frac{t_m + t_p}{2} - t_o \right)}{\frac{\ln\left(\frac{D}{d}\right)}{2\pi\lambda_e} + \frac{\ln\left(\frac{2(H + D/2)}{D} + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot (H + D/2)}{2}\right)^2 - 1}\right)}{2\pi\lambda_m} + \frac{\ln\sqrt{\frac{2 \cdot (H + D/2)^2}{S} + 1}}{2\pi\lambda_m}}$$

KAAVA 5

$Q$  = lämpöhäviöteho kahdelle putkelle, W/m

$t_m$  = menoputken lämpötila

$t_p$  = paluuputken lämpötila

$t_o$  = ulkolämpötila

$D$  = eristeen ulkohalkaisija

$d$  = eristeen sisähalkaisija

$\lambda_e$  = eristeen lämmönjohtavuus, W/m°C

$\lambda_m$  = maan lämmönjohtavuus, W/m°C

$H$  = putkien peittosyvyys, putken yläpintaan

$S$  = putkien asennusväli

Keskimääräisenä lämpöhäviötehona voidaan käyttää esimerkiksi arvoa 20 W/m, joka on erään putkivalmistajan laskennallinen lämpöhäviöteho DN 80 MPUK putkelle meno- ja paluu lämpötiloilla 90 °C ja 55 °C. Putki- ja eristetyypit ja jopa eristeen ikä vaikuttavat lämpöhäviöiden suuruuteen. (Kaukolämpö käsikirja. 2009, 32.)

Paineen lasku suljetulla alueella tietyllä ajanjaksolla voidaan laskea, kun tiedetään suljetun alueen tilavuus, laskennalliset lämpöhäviöt, tilavuuden lämpölaajenemiskerroin, ominaislämpökapasiteetti, tiheys ja kokoonpuristuvuus. Sallittu paineen lasku suljetulla alueella voidaan laskea kaavalla 6.

$$\Delta p_{sallittu} = \frac{\Phi_{häviö} \cdot t \cdot \beta_{nk}}{V \cdot \rho_k \cdot c_{pk} \cdot k_k} \cdot 10 = \left( \frac{\text{bar}}{\text{min}} \right)$$

KAAVA 6

$\Phi_{häviö}$  = suljetun alueen lämpöhäviöteho [kW]

$t$  = mittausaika esim. 60s

$\beta_{nk}$  = lämpölaajenemiskerroin 1/K

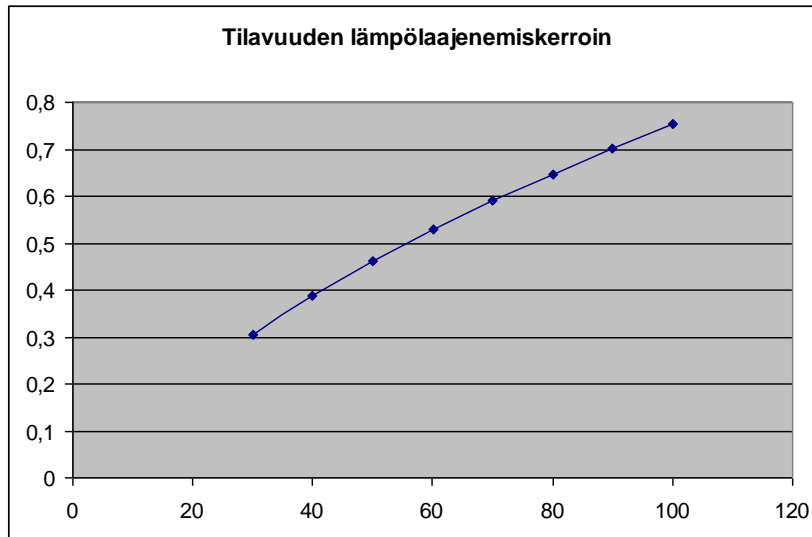
$V$  = suljetun alueen tilavuus [m<sup>3</sup>]

$\rho_k$  = veden tiheys [kg/m<sup>3</sup>]

$c_{pk}$  = veden ominaislämpökapasiteetti [kJ/(kgK)]

$k_k$  = veden kokoonpuristuvuus [mm<sup>2</sup>/N]

Veden tilavuuden lämpölaajenemiskerroin on lämpötilariippuvainen. Kaavaan sijoitettava lämpölaajenemiskertoimen arvo valitaan meno- ja paluuputkien keskilämpötilassa. Lämpölaajenemiskertoimen  $\beta_{nk}$  yksikkö on 1/K. Lämpölaajenemiskertoimen riippuvuus lämpötilasta on havaittavissa kuvasta 12. Graafin vaaka-akseli kuvaa veden lämpötilaa ja pystyakseli lämpölaajenemiskerrointa.



KUVA 12. Veden lämpölaajenemiskerroin

Mitatun paineenlaskun ollessa suurempi kuin laskennallinen, lämpöhäviöistä ja jäähtymisestä johtuva, voidaan näiden erotuksesta laskea laskennallinen verkon vuotomäärä ja siten keskittää tarkemmat vuototutkimukset ja mittaukset tietylle alueelle. Jos suljetun alueen tilavuus on suuri, se pitää paineen huomattavasti kauemmin kuin tilavuudeltaan pieni alue. Teoreettiset lämpöhäviöt saadaan laskentaohjelmasta, johon on merkitty putken pituus, putkityyppi ja eristys. Mahdollinen vuotomäärä suljetulla alueella voidaan laskea kaavalla 6. Tarkoitus on laskea ensin laskennallinen paineenlasku määrättyllä alueella, jonka jälkeen sitä verrataan mitattuun paineenlaskuun. Mitattu paineenlaskun arvo tietyssä ajassa sijoitetaan kaavaan 7 ja lasketaan vuotomäärä. Sama lasketaan kuitenkin myös sallitun paineenlaskun arvolla ja näiden erotuksesta saadaan todellinen vuotomäärä.

$$\frac{|\Delta p|_{\text{sulkuajaksi}} \text{ (bar)}}{t_{\text{mitattu}} \text{ (s)}} \cdot 3,5 \cdot V_{\text{sulj. alueen}} = \frac{m^3}{vrk}$$

KAAVA 7

Laskelmassa virhettä aiheuttavat monet asiat, jolloin tarkkaan laskentatulokseen on lähes mahdoton päästä. Kaikkien alueen putkien lämpöhäviöiden käsin laskeminen on todella työlästä, koska eristeen eristyskyky putkessa heikkenee sen iän myötä. Myös alueen putkikoot vaihtelevat, samoin putkityyppi. Laskelmassa luotetaan yrityksen käytössä olevaan verkoston laskentaohjelmaan, josta saadaan laskennalliset lämpöhäviöt.

Lämpöhäviöihin vaikuttavat verkoston veden lämpötila, samoin kuin vallitseva ulkolämpötila, maan lämmönjohtavuus ja lämpötila.

Laskelmassa ei ole myöskään otettu huomioon virtausputken tilavuuden muutosta. Putken tilavuus muuttuu myös veden jäähtyessä. Veden lämpölaajenemiskerroin on suurempi kuin teräksen (P235GH), joten veden tilavuus pienenee jäähtyessään enemmän kuin teräksen. Tarkasteltavilla alueilla putkipituus on huomattavan pitkä suhteessa virtausputken poikkipinta-alaan ja halkaisijaan. Verkoston voidaan olettaa olevan kokonaan kiinnivaahdotettua kitkakiinnitettyä kaukolämpöelementtiä, jolloin putken pituus pysyy käytännössä vakiona riippumatta lämpötilan muutoksesta. Vain putken jännitykset muuttuvat lämpötilan funktiona.

Tällöin putken tilavuuden muutos on verrannollinen virtausputken halkaisijan neliöön, toisin sanoen tilavuuden muutos on suoraan verrannollinen putken poikkileikkauksen pinta-alan muutokseen. Veden lämpölaajeneminen tapahtuu koko tilavuudeltaan ja sen lämpölaajenemiskerroin lämpötilassa 65 °C on  $0,55 \cdot 10^{-3}$  1/K. Teräksen pituuden lämpölaajenemiskerroin on ( $\alpha$ ) 0,000012 1/K. Teräksen pinta-alan muutos  $\beta = 2 \cdot \alpha$ . Siten teräksen lämpölaajeneminen on 0,000024 1/K eli 0,0024 % astetta kohti. Veden tilavuuden lämpölaajeneminen on 0,055 % astetta kohti, joten tilavuuden muutos vedellä on noin 23 kertaa suurempi kuin teräksellä. Teräs ei myöskään puristu kokoon, toisin kuin vesi. Tähän perustuen voidaan virtausputken tilavuuden muutos mittauksen aikana jättää huomiotta.

Ongelmia tuottaisi myös monet eri materiaalit, joista verkko on rakennettu. Käytössä on teräksestä, kuparista ja ruostumattomasta teräksestä valmistettuja putkia. Nämä putkityypit on kuitenkin huomioitu lämpöhäviölaskennassa. Kaikkien materiaalien käyttäytyminen ja lämpölaajeneminen on toisistaan poikkeavaa lämpötilan muuttuessa. Veden lämpölaajeneminen on kuitenkin monin kerroin suurempaa kuin putken, jolloin virhelaskelmassa ei ole ratkaiseva. Tärkeintä on, että laskelman tulosta osataan tulkita oikein.

Tarkoitus ei ole laskea tarkkoja arvoja asiaan, jota on lähes mahdoton laskea koko ajan muuttuvan tilanteen vuoksi. Laskelmalla saadaan hyvä suuntaa antava arvio mahdollisen vuodon suuruudesta määrättyllä alueella. Kaavaa voidaan käyttää, kun ymmärretään

mitä ollaan laskemassa ja samoin ymmärretään laskelman virhemahdollisuus ja sen vaikutus tulokseen. Lämpöhäviöt muuttuvat ulkolämpötilan ja virtaavan aineen lämpötilan mukaan. Veden tiheys muuttuu lämpötilan mukaan, samoin lämpölaajenemiskerroin ja tilavuus.

Näiden kaikkien tuloksiin vaikuttavien arvojen muuttaminen jokaista laskelmaa vastaavaksi olisi työlästä, eikä tarkkoja tuloksia saataisi kuitenkaan. Tarkoituksena on siis laskea jokaisen alueen vuotomäärän suuruusluokka, jolloin korjaustyöt voidaan laittaa tärkeysjärjestykseen vuotomäärän mukaan. Eniten vuotavat paikat korjataan ensin ja siten saadaan mahdollisesti isojakoin säästöjä aikaiseksi.

Laskelmaa on kokeiltu käytännössä muutamia kertoja ja yksittäisiin vuotoihin katsottuna se toimii kohtalaisesti. Tarkkuutta ei ole kuitenkaan päästy tarkemmin testaamaan. Oletetaan, että laskennallinen vuoto määrätyllä alueella olisi  $10 \text{ m}^3/\text{vrk}$ . Vaikka ennen korjauksen aloitusta vuotopaikasta mitattaisiin vuotomäärä, laskelma ei välttämättä anna oikeaa tulosta, koska samalla alueella voi olla samaan aikaan 10 tihkuvuotoa. Jos vettä pakenee ulos verkosta noin 1 tippa sekunnissa jokaisesta vuotopaikasta, se tekee laskelmaan virhettä, eikä tarkkuutta täten voida helposti todeta.

Lisäveden tarve verkossa tietenkin pienenee, kun vuoto on korjattu, mutta mittaustarkkuus ei ole tarpeeksi hyvä laskelman tarkkuuden toteamiseen. Samoin verkossa olevan veden lämpötila voi vaihdella muutaman asteen koko ajan, joten sen aiheuttama lämpölaajeneminen vaikuttaa lisäveden menekkiin myös. Lisäveden tarvetta seurataan koko ajan. Vuodon löytymisen jälkeen on alue suljettu ja tehty laskennallinen arvio vuotomäärästä. Tämän jälkeen vuoto on korjattu ja korjauksen jälkeen, kun lisäveden tarve on tasoittunut, tarkistetaan uusi lisäveden kulutuslukema.

Teoriassa lisäveden tarpeen muutos pitäisi olla sama kuin laskettu vuotomäärä olettaen, että uusia vuotoja ei ole syntynyt. Käytännössä tätä testattaessa tulokset olivat erilaisia, eivätkä mitatut ja laskennalliset arvot olleet samoja. Tähän löytyi osasyynä tämän jälkeen. Lämmöntuotantolaitoksen lisäveden kulutusmittari oli mitannut vääriä arvoja jo pitkään. Laskennallinen verkon vuotomäärä oli  $48 \text{ m}^3/\text{vrk}$  (taulukko 3) ja lisävesimittari näytti noin  $100 \text{ m}^3/\text{vrk}$ .

Laskennan toimivuutta ei ole vielä päästy testaamaan uudelleen, koska uuden mittarin vaihdon jälkeen verkon tilanne oli jo erilainen, eikä alueita suljettu uudelleen. Uuden mittarin ilmoittama kulutus putosi kuitenkin noin puoleen entisestä. Alueiden sulkeminen oli aikaa vievää ja työlästä, koska toimilaitteita ei tuolloin vielä ollut. Laskennan testaamista jatketaan kesäaikaan toimilaitteiden avulla. Venttiilien täytyy olla kunnossa ja sulkutiiveys hyvä, koska suljetulle alueelle venttiilin läpi vuotava vesi vaikuttaa tuloksiin mahdollisesti paljonkin. Esimerkkinä kesällä 2009 tehty vuotoalueiden kartoitus ja niistä saadut tulokset. Kartoitustilanteessa syöttöteho oli noin 35 MW ja lämpöhäviötä laskentaohjelman mukaan noin 4 600 kW.

TAULUKKO 3. Sulkualueiden tilavuudet ja vuotomäärät

Alue	Häviöt/ kW	Tilavuus /m <sup>3</sup>	$\Delta p$ bar/min laskennallinen	$\Delta p$ bar/min mitattu	min/bar		Erotus	Vuodot m <sup>3</sup> /vrk
Jouppi	474,60	370,16	0,10	0,10	10,00	OK	0,00	0,00
Soukkajoki	662,55	557,18	0,10	0,30	3,33	Vuotoja	-0,20	-6,64
Kasp/Ruukint	851,44	1045,13	0,07	0,10	10,00	Vuotoja	-0,03	-2,10
Keskusta	350,70	417,07	0,07	0,25	4,00	Vuotoja	-0,18	-4,43
Kapernaumi	684,55	959,62	0,06	0,18	5,56	Vuotoja	-0,12	-6,86
Hyllykallio	197,99	124,20	0,13	0,40	2,50	Vuotoja	-0,27	-1,97
Nurmo	226,93	188,01	0,10	0,40	2,50	Vuotoja	-0,30	-3,32
Tömävä	232,13	176,00	0,11	0,60	1,67	Vuotoja	-0,49	-5,07
Pajuluoma	271,35	135,22	0,16	2,00	0,50	Vuotoja	-1,84	-14,50
Soukkajoki	93,65	40,69	0,19	1,70	0,59	Vuotoja	-1,51	-3,60
Rengastie	122,09	41,50	0,24	0,20	5,00	OK	0,00	0,00
<b>yht. (m<sup>3</sup>/vrk)</b>								<b>-48,48</b>

Toimilaitteilla suljettavia alueita voidaan sulkea esim. yöaikaan, jolloin lämpimän käyttöveden tarve on oletettavasti pienempi. Alueen ei tarvitse olla suljettuna kuin 1 - 5 min, jonka aikana paineenlasku kirjataan ylös kerran minuutissa. Lyhyt katko aika ei ehdi vaikuttaa rakennusten lämmitykseen tai sisälämpötilaan. Kaukolämpöverkon lisävedenkulutus kertoo, kuinka paljon vettä karkaa verkosta. Jos lisäveden kulutus alkaa nousta tasaisesti päivittäin tai nousee yhtäkkiä, voidaan alueet sulkea ja laskelman perusteella katsoa mihin vuodon etsintä- ja korjaustyöt kannattaa kohdistaa.

### **6.3.2 Kaivotyypit ja asennustapa**

Usein kaivot joihin toimilaitteet asennetaan ovat ns. betonikaivoja, joihin putket tulevat betonielementtikanavaa pitkin (EMV). Kaivoissa on ilmanvaihto ja useissa myös vedenpinnan hälytysanturit. Asennus on helpointa tällaisiin kaivoihin, koska toimilaitteille on usein tilaa eivätkä ne tarvitse erillistä suojausta kosteudelta tai liialta. Toimilaitteet voidaan periaatteessa asentaa myös kiinnivaahdotettuun putkeen (MPUK, 2MPUK), mutta tällöin toimilaitte on eristettävä ja suojattava hyvin, koska kiinnivaahdotetut putket asennetaan suoraan maahan.

Kiinnivaahdotettuun putkeen asennettaessa venttiiliä ja toimilaitetta vaihtoehtoina on joko rakentaa maan alle kaivo, jossa venttiilit ja toimilaitteet ovat, tai nostaa putket maanpinnalle putkikäyrillä ja nousukulmilla. Tällöin laitteille täytyy rakentaa suoja tai pieni lukittava koppi. Nämä vaativat kuitenkin usein rakennus- tai sijoitusluvan anomisen, eikä niitä juuri käytetä. Koska paineenkorotus- ja -alennusasemia on käytössä usein varsinkin isoissa kaukolämpöverkoissa, toimilaitteet asennetaan usein niihin. Erillistä suojarakennusta ei tarvita koska, paineenkorotusasemalle sellainen on jo tehty.

### **6.3.3 Sähkösyöttö ja energian mittaus**

Koeasennuksia tehdään kolmeen kaivoon. Kaikissa kaivoissa käytetään eri valmistajan toimilaitteita. Näitä on tarkoitettu vertailla käytön aikana tarkkuuden ominaisuuksien ja luotettavuuden perusteella. Yhteen kaivoista (Huhtala) tuli valmis sähkösyöttö, joten uutta kaapelia ei tarvinnut asentaa. Metsolantien kaivo sijaitsee kaupungin omistamalla alueella, joten sinne täytyi hakea kaivulupa. Kaivulupa täytyy hakea aina maanomistajalta. Seinäjoen kaupungilla on käytäntönä, että kaikista kaivutöistä on tehtävä ilmoitus ennen työn aloitusta. Metsolantien kaivoon kaivettiin kaapeli jakokaapilta, pituudeltaan noin 30 m.

Tarhatien kaivolle sähkökaapeli jouduttiin kaivamaan asiakkaan pihan poikki. Kaivannon oli pituutta 29 m. Koska maanomistaja on asiakas, asiasta ilmoitettiin taloyhtiölle. Liitteenä taloyhtiölle ja sen asukkaille jaettu ilmoitus (liite 4). Kaukolämmön liittymis- ja toimitusehtojen mukaisesti lämmön myyjä saa sijoittaa omaa laitteistoaan tekniseen tilaan. Sähköliittymä tehtiin taloyhtiön nykyiseen sähkötilaan, johon asennettiin kWh



mittaus. Syöttö otettiin pääkeskuksesta pääsulakkeen jälkeen, mittaamattomasta virrasta kytkentäkiskostosta. Tällainen kytkentä ei vaikuta asiakkaaseen millään tavalla. Laitteiston energian kulutus on pieni, joten se ei vaikuta mahdollisesti suunniteltuihin laajennuksiin talossa.

#### **6.3.4 Asiakkaiden informointi**

Kaukolämmön asennustöitä tehdessä lämmön toimitus joudutaan usein katkaisemaan. Kaikista ennakoitavista lämmön-toimituskatkoista on informoitava asiakkaita mahdollisimman tehokkaasti. Ilmoitus katkosta jaetaan vain niille asiakkaille, joita asia koskee.

Taloyhtiöissä asiakkaiden informointi on isännöitsijän vastuulla. Isännöitsijä onkin tiedottamisen tärkein kohde. Muita tapoja informoida asiakasta ovat mm. yrityksen internet sivut, lehdistö ja paikallisradio. Jos työn aloitus ja arvioitu kesto on aikaisin tiedossa, voidaan käyttää myös erillistä tiedotetta, joka jaetaan kaikille asiakkaille erikseen. Kaikkia näitä tapoja käytetään harkinnan mukaan ja suunnitellusti.

Vaikka asiakkaat ovat lämmön-toimitussopimuksen mukaan samanarvoisia, heidät joudutaan jakamaan ryhmiin kiinteistössä tapahtuvan toiminnan perusteella. Häiriöaikaisen lämmönsaannin takia esimerkiksi valtakunnallisesti tärkeiltä laitoksilta tai sairaaloilta lämpöä ei voi katkaista pitkäksi aikaa kerrallaan. Keskeytysajan tulee olla niin lyhyt, että kuluttajalle ei aiheudu kohtuutonta haittaa. Tärkeimpiä ryhmittelykriteerejä ovat tiloissa tapahtuva toiminta ja sen tärkeys.

Kaikille kuluttajaryhmille on annettu ohjeelliset sallitut keskeytysajat. Kenellekään kuluttajalle ei kuitenkaan saa aiheutua suurempaa kuin 24 tunnin keskeytys. Ulkoilman lämpötila täytyy ottaa huomioon. Jos ulkolämpötila on niin korkea, ettei lämmön-toimituskatko aiheuta merkittävää sisätilojen lämpötilan laskua, voivat keskeytysajat olla pidempiä. Taulukossa 4 on kuvattu sallitut keskeytysajat eri kuluttajaryhmille. Osajaksolta toiseen siirryttäessä ei katkon pituus saa kuitenkaan ylittää yöjakson suositus aikaa.

TAULUKKO 4. Kuluttajaryhmien sallitut keskeytysajat (Varautuminen ja toiminta kaukolämmön suurhäiriö- ja kapasiteetinvajaustilanteessa. 1987)

Kuluttajaryhmä	Ulkoilman lämpötilan ollessa noin					
	- 20 °C			- 5°C		
	klo 07-16	klo 16-21	klo 21-07	klo 07-16	klo 16-21	klo 21-07
1. Valtakunnallisesti tärkeät	1	3	5	3	5	5
2. Sairaalat	3	3	5	3	3	5
3. Muut hoitolaitokset	3	3	5	3	3	8
4. Eläintarhat	2	2	2	5	4	4
5. Tärkeä teollisuus	2	2	3	3	5	5
6. Teollisuus, virastot	3	5	5	3	5	8
7. Asuintalot isot	7	5	7	8	5	10
8. Asuintalot pienet	8	5	10	9	5	10

Jos häiriön arvioitu kesto on pitkä, on kuluttajia pyydetävä pienentämään omaa lämmönkulutustaan. Keinoja tähän ovat mm. ilmastoinnin pienentäminen ja lämpimän käytöveden käytön rajoitus. Asiakkaat voivat lämmittää asuntojaan huoneistokohtaisesti esim. lämmityspattereilla, tulisijoilla ja saunan kiukaalla. Jos lämmöntoimitus häiriintyy isolla alueella, tulee sähkölaitteiden käyttämistä välttää ainakin kulutuksen huippuaikana, sähköverkon ylikuormittumisen takia. Liitteenä ilmoitus lämmöntoimitus katkosta (liite 5). (Varautuminen ja toiminta kaukolämmön suurhäiriö- ja kapasiteetinvajaustilanteessa. 1987, 6.)

### 6.3.5 Luvat ja turvallisuusmääräykset

Kaukolämmön asennustöitä tehdessä lähes aina joudutaan kaivamaan tie tai muu alue auki. Tähän on aina oltava tienpitäjän tai maanomistajan lupa, joka haetaan yleensä vähintään päiviä ennen työn aloitusta. Ennen työn aloittamista on selvitettävä myös tietoliikenne- ja sähkökaapeleiden sijainti. Myös kunnallisteknisten rakenteiden paikka täytyy selvittää. Tällaisia ovat esimerkiksi viemäri ja vesijohdot. Kaivanto täytyy suojata ja estää ulkopuolisten pääsy työmaa-alueelle. (Työturvallisuus. 2010.)

Liikennejärjestelyt täytyy suunnitella aina etukäteen ja varmistaa liikenteen sujuva kulku työstä huolimatta. Järjestelyjä tulee muuttaa työmaan kuluessa niin, että ne vastaavat

työmaatilannetta. Äkillisesti syntyneissä esim. putkivuototilanteissa, jotka aiheuttavat huonoa näkyvyyttä, turvaudutaan käsiohjaukseen. (Työturvallisuus. 2010.)

Suuria tai pitkäkestoisia töitä tehdessä on betonikansi poistettava kokonaan. Kaivosta ulospääsy on aina varmistettava toisen, kaivon ulkopuolella olevan henkilön toimesta. Jos työhön liittyy paljon vaaratekijöitä, on suositeltavaa käyttää turvaköyttä, jonka avulla varmistetaan nopea poistuminen kaivosta. Kaivoissa on usein ilmanvaihtoputket, mutta jos niitä ei ole tai ne ovat tukossa, on suositeltavaa mitata ilman happipitoisuus ennen kaivon menemistä. Ennen työn aloitusta ja tarvittaessa työn aikana on suositeltavaa tuulettaa kaivoa. Tuuletusta tarvitaan esimerkiksi hitsauskaasujen, kuumuuden, pölyn ja höyryn poistamiseen. (Työturvallisuus. 2010.)

Hitsaustöitä suoritettaessa kaivon tuuletuksesta täytyy huolehtia tarkasti. Maalit, polyuretaani ja sinkki aiheuttavat terveydelle haitallisia kaasuja hitsatessa. Liitoskohta täytyy puhdistaa hitsauskohdan molemmilta puolilta vähintään 150 mm matkalta ylimääräisten kuormitustekijöiden ehkäisemiseksi. Liitostöissä voidaan käyttää tarvittaessa esimerkiksi pieniä imureita kohdepoistoon. Hitsaus luokitellaan tulityöksi, josta edellytetään tilapäisillä tulityöpaikoilla erillistä kirjallista tulityölupaa. Kaivot luokitellaan erittäin vaarallisiksi käyttöolosuhteiksi sähkötyökalujen osalta. Kaikkien kaivossa käytettävien sähkötyökalujen tulee olla suojausluokka 3 vaatimuksen mukaisia. (Työturvallisuus. 2010.)

## 7 KOEASENNUKSET JA KÄYTTÖ

### 7.1 Huhtala

Ensimmäinen koeasennus tehtiin Huhtalan kaivoon (liite 6) tavarantoimittajan asentajien avulla. Ennen asennuksen aloittamista kaivon päältä täytyi poistaa nurmikko kaivinkoneella ja nostaa kaivonkansi pois, jotta työskentely helpottuu. Kaivon kansi painaa muutaman tonnin, joten se nostettiin tilastaan nosturiautolla. Tämän jälkeen kaivon putkista poistettiin kaikki eristeet (kuva 13) ja putkien ja venttiilien kunto tarkastettiin.



*KUVA 13. Putkien eristeet poistettu ja kunto tarkastettu*

Vanhat venttiilien käsikäyttöiset vaihteistot täytyi poistaa, koska ne eivät kestä sähkökäyttöä. Vaihteistot irtosivat helposti ulosvetäjän avulla (kuva 14), koska ne rasvattiin noin kaksi viikkoa ennen uusien asennusta. Vaihteistoa irrotettaessa putkissa ei saa olla virtaavaa ainetta, koska venttiilit ovat tyypiltään läppäventtiileitä ja ne eivät ole itsepi-dättyviä. Jos neste virtaa putkessa, läppä voi sulkeutua virtauksen voimasta ja aiheuttaa muuhun verkkoon paineiskun rasittaen putkistoa.



*KUVA 14. Käsikäyttövaihteiston irrotus*

Kyseiseen kaivoon tulee meno- ja paluuputket neljästä suunnasta, jotka ovat kooltaan DN150 - DN500. Muita verkon osia haluttiin asennuksen aikana rajoittaa ja sulkea mahdollisimman vähän. Putkivirtaus estettiin sulkemalla venttiilit kolmesta suunnasta, jolloin virtausta neljännen läpi ei ole, olettaen että suljetut venttiilit ovat tiiviitä. Neljäs venttiilipari oli koko asennuksen ajan paineenalaisena, mutta virtausta ei siis ollut. Tähän kaivoon asennettiin toimilaitteet kolmeen suuntaan, eli kuusi kappaletta, Kooltaan DN400 (4 kpl) ja DN500 (2 kpl). Kun vanha käsivaihteisto oli saatu irti, venttiilin kara (kuva 15), kiilat ja kiilaurat puhdistettiin ja rasvattiin.



*KUVA 15. Venttiilin kara ja kiilaurat*

Venttiilin karan liittämiseksi uuteen vaihteistoon tarvittiin kytkinkappale, jotka tehtiin etukäteen koneistamalla venttiilin karojen mukaan. Kytinkappale (kuva 16) liittää venttiilinkaran kiilojen avulla yhteen vaihteiston hammastukseen. Mitattavat paikat kytkinkappaleen koneistukseen ovat karan halkaisija, kiilojen määrä, kiilauran leveys ja syvyys.



*KUVA 16. Kytinkappaleen kiinnitys venttiilin karaan*

Uusissa venttiileissä toimilaitelappu on standardin mukainen, mutta koska kyseessä oli vanhat venttiilit 1980-luvun lopulta, vaihteiston kiinnityslaippaa ei ollut valmistettu nykymitoituksella. Vanhat venttiilit haluttiin kuitenkin pitää käytössä, koska niiden tiiviys oli testattu ja todettu riittäväksi. Käytettävät läppäventtiilit ovat kumitiivisteisiä ja niiden osoitintaulut eivät näyttäneet oikeaa sulkukohtaa ja niiden sulkukohta jouduttiin selvittämään kuuntelemalla.

Suljettaessa venttiiliä kohina loppuu, kun sulkulaite on täysin kiinni. Jotta uusi vaihteisto voitiin liittää vanhaan venttiiliin, näiden väliin täytyi koneistaa myös sovitekappale (kuva 17), jonka avulla vaihteisto pultattaisiin kiinni venttiilin toimilaitelappaan. Sovite koneistettiin alumiinista. Osien valmistuksessa oli ollut ilmeisesti ongelmia, koska yhdessä sovitekappaleessa koneistettu kierre oli liian lyhyt ja kiinnityspultteja jouduttiin lyhentämään asennuspaikalla.





*KUVA 17. Sovitekappaleen kiinnitys vaihteistoon*

Kytinkappaleista kolme jouduttiin myös koneistamaan uudelleen väärinkoneistettujen kiilaurien vuoksi. Tämä tuotti erityisesti ongelmia, koska lämmötoimitus oli katkaistu viereiseltä asuntoalueelta. Asiakkaita informoitiin etukäteen asiasta, mutta aikataulussa pysyminen oli vaikeaa. Viereiseltä paikkakunnalta löytyi yritys, jolla oli välineet kiilaurien oikaisemiseksi ja viivytystä ei tullut kuin muutama tunti. Vaihteiston asentamisen jälkeen (kuva 18), niihin kiinnitettiin moottoriyksikkö (kuva 19), joka pyörittää venttiilin kiinni.



*KUVA 18. Uusi vaihteisto kiinnitettynä venttiiliin*

Moottoriyksiköltä vedettiin johto ohjainyksikölle (kuva 20), jossa sijaitsee laitteen kaikki elektroniikka ja taajuusmuuttaja.



*KUVA 19. Moottoriyksikkö kiinnitettynä vaihteistoon*

Ohjainyksiköt ovat usein kiinni suoraan moottorissa, mutta tässä tapauksessa ohjainyksiköt haluttiin kaivosta pois helppokäyttöisyyden ja työturvallisuuden vuoksi. Laitteisto on suojausluokaltaan IP67 ja se voitaisiin sijoittaa myös kaivoon.



*KUVA 20. Ohjainyksikkö*



Ohjainyksiköille tehtiin kaappi paikallishjausta (kuva 21) ajatellen. Kaappina käytetään mittojen mukaan tehtyä sähköjakokaappia, joka maalattiin Seinäjoen kaupungin vaatimusten mukaan. Toimenpide- tai sijoituslupaa ei tarvittu. Paikallishjauksella kaukokäyttö voidaan lukita ja poistaa käytöstä, kaivossa tehtävien tulevien kunnossapitotöiden ja työturvallisuuden vuoksi. Kaivosta ulkona olevasta kaapista venttiileitä on helppo ohjata turvallisesti, eikä kaivoon ole täten pakko mennä. Laitteiden avulla venttiilit voi sulkea yksi henkilö, kun taas aina kaivoon mentäessä täytyy työturvallisuusmääräysten mukaan aina olla paikalla kaksi henkilöä, joista toinen valvoo kaivon uloskäynnillä.



*KUVA 21. Ohjainyksiköiden kaappi*

Kaappiin sijoitettiin myös sähkökeskus (kuva 22), josta toimilaitteet saavat virran. Kun venttiileitä ohjataan kaukokäytöllä, tieto siirretään modeemin ja radiolinkin kautta valvomoon, myös nämä katsottiin parhaaksi sijoittaa ohjauskaappiin. Laitteet kestävät valmistajan mukaan  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tähän lämpötilaan saakka laitteen elektroniikka pitää itsensä sulana. Kaivoon sijoitettaessa lämpötila ongelmaa ei ole, koska kuumat putket pitävät laitteet lämpimänä.



*KUVA 22. Kaappi varusteltuna ja kaapeloituna*

Koska ohjainyksiköt sijoitettiin alumiinikaappiin ulkoilmaan, katsottiin parhaaksi eristää kaapin sisäpinnat 20 mm eristelevyllä ja kiertää kaapin sisälle lämmitysvastus pitämään lämpötila mahdollisimman tasaisena. Kaivon asennettiin samalla loisteputkivalot tulevia kunnossapitotöitä ajatellen ja kaivon pohjalle päätettiin asentaa myös kosteusanturi, joka hälyttää valvomoon mikäli kaivon kertyy vettä tai kosteutta.

Vaihteistolle ja toimilaitteelle täytyy asettaa toimintarajat eli kiinni ja auki asento. Venttiili täytyy olla aukiasennossa, kun viritys aloitetaan. Venttiilinkaran päässä on merkinäkö, joka näyttää läpän asennon. Vaihteiston kuoresta irrotetaan neljä pulttia, jolloin vaihteiston rajoja voidaan asettaa pyörittämällä rajoitinmutteria vaihteiston sisällä. Venttiilin ollessa auki asennossa, peräpultti ruuvataan ääriasentoon ja siitä  $\frac{1}{4}$  kierrosta kiinni suuntaan. Tämä on erittäin tärkeää, koska jos venttiili ajetaan auki asentoon moottorilla vaihteiston ääriasentoa vasten, vaihteisto ja siten venttiili menevät jumiin.

Toimilaitte tuottaa maksimissaan 60 Nm:n vääntömomentin ja koska vaihteiston välitys on 208:1, on venttiiliin välittyvä voima todella suuri. Tämän takia virityksessä täytyy olla tarkkana, ettei venttiiliin tiivisteitä rikota ajamalla se kiinni liian suurella voimalla. Venttiilin sulkukulma on  $90^\circ$ , joten toimilaitte joutuu kiertymään 52 kierrosta venttiilin sulkemiseksi, kun kierukkavaihteisto on viritetty auki asentoon. Vaihteiston asennuksen ja virityksen jälkeen vaihteistoon kiinnitetään toimilaitte ja asennetaan tiedonsiirto- ja

virtakaapeli moottoriyksikön ja ohjausyksikön väliin. Koska käytettävät venttiilit ovat kumitiivisteisiä läppäventtiileitä, niiden auki- ja kiinnirajat ilmoitetaan ohjausyksikölle matkariippuvaisiksi (travel dependant).

Asennettujen toimilaitteiden kanssa käytettiin Auman omia vaihteistoja, jotka on suunniteltu sähkökäytölle. DN500 venttiilien kohdalla käytettiin GS125 vaihteistoa. Vaihteiston tehokerroin on 72,7, jolloin ulostulomomentti on 4 362 Nm. Kaikki näissä asennuksissa käytetyt toimilaitteet ovat samanlaisia helpon huolto- ja varaosasaatavuuden vuoksi. Erot niiden toiminnassa tehdään ohjelmoinnilla ja erilaisilla vaihteistoilla. Seuraavassa on laskettu eri venttiileille välittyvä voima:

Vaihteisto GS125, DN500 venttiilille:  $60Nm \cdot 72,7 = 4\,362\text{ Nm}$

Vaihteisto GS100, DN400 venttiilille:  $60Nm \cdot 70,7 = 4\,242\text{ Nm}$

Jotkut venttiilit voidaan ajaa kiinni ja auki ns. momenttirajalle, jolloin toimilaite kiertää venttiiliä kiinni niin kauan, kun määrätty momentti on saavutettu. Käytettäviä venttiileitä ei voida ajaa momenttirajalle, koska ne pyörähtäisivät helposti ympäri sulkukohdan yli, jolloin venttiilin tiivisteet menevät helposti rikki ja sulkulaite ei ole enää tiivis. Matkariippuvuus tarkoittaa, että toimilaite kiertää venttiiliä auki tai kiinni asentoon lopettamisen vasta, kun määrätty sulkukohta on saavutettu. Toimilaite mittaa matkaa (kuva 23) koko ajan liikkueessaan.



KUVA 23. Ohjainyksikön näyttö venttiilin sulkeutuessa

Toimilaitteelle määrätään kuitenkin venttiilinvalmistajan ilmoittama, venttiilin vaatima sulkumomentti, johon tässä tapauksessa lisättiin hiukan varmuuskerrointa venttiilien iän vuoksi. Toimilaite lopettaa venttiilin kierron, jos momenttiraja saavutetaan. Vaihteiston välittämä momentti venttiilin karaan on ilman rajoitusta niin suuri, että se saattaisi hajottaa venttiilin. Venttiilin läpän ja tiivisteiden väliin voi jäädä putkistossa liikkuvaa, ei toivottua ainesta, kuten soraa, joka hajottaa tiivisteet jos venttiili suljetaan väkisin.

Kierukkavaihteiston virityksen jälkeen viritetään toimilaitteen rajat. Tämä vaatii virran kytkemisen ohjainyksikköön. Aloitettaessa viritys ohjainyksikössä on vikatila päällä. Valikoista valitaan locpar eli parametointi → commissioning → PIN code. Laite kysyy parametreja muuttaessa aina PIN- koodit turvallisuussyistä. Tässä tilassa määrätään kaikki laitteen toimintaan liittyvät asiat kuten sulkuaika, käytettävä sulkuvoima ja muut asetukset. Seuraavassa on muutamia ohjainyksikköön syötettyjä parametreja:

Close direction: clockwise

Closing speed: 14 rpm

Opening speed 14 rpm

Cut off mode: Travel dependant

Max closing torque: 18Nm

Max opening torque: 18Nm

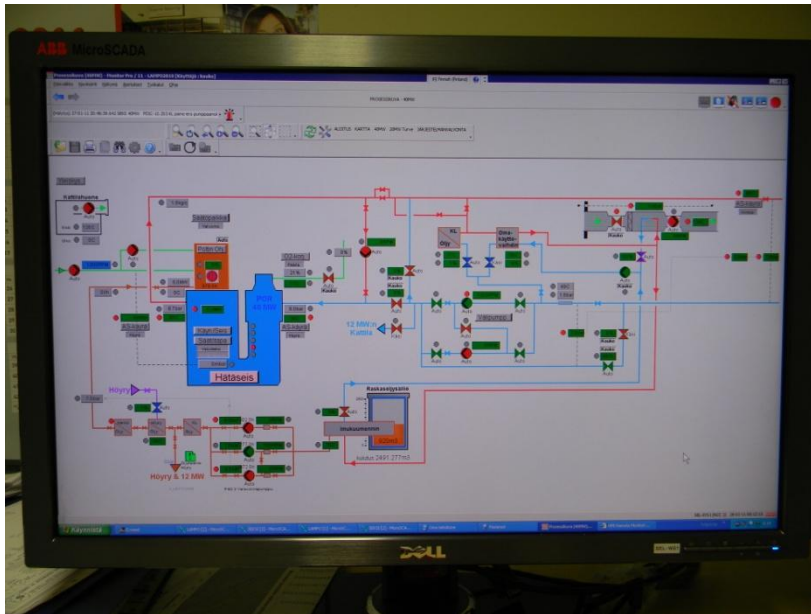
Retry torque block: 3

Hot temperature warning: 135 °C.

Iso linja täytyy sulkea todella hitaasti, koska virtaavan aineen määrä on suuri ja tietokoneohjatulla venttiilillä linja voidaan sulkea aina optimaalisesti, tilanteesta riippumatta. Tarvittaessa laitteen käyttöönoton yhteydessä voidaan venttiilin sulkeutuessa ottaa laitteelta momenttikäyrä, josta nähdään venttiilin liikkeisiin tarvittu voima. Tämä vaatii laitteiden ohjaamiseen tarkoitetun ohjelman asentamisen kannettavalle tietokoneelle.

Käyrät saadaan ulos ohjainyksiköltä joko kaapelia pitkin tai bluetooth yhteydellä. Käyriä voidaan tarvittaessa ottaa jokaiselta laitteelta määräajoin, jolloin käyristä ja niiden muutoksista voidaan seurata venttiilin kuntoa. Venttiilien tuleviin korjaus- ja vaihtotöihin voidaan näin valmistautua hyvissä ajoin, eikä yllätyksiä tule.

Toimilaitteiden ohjaustapa on Modbus RTU. Jokaisessa ohjausyksikössä on standardin mukainen kartta Modbus muuttujia varten. Jokainen toimilaitte on kaukokäyttöjärjestelmästä katsottuna oma ala-asemansa eli jokaiselle toimilaitteelle on oma osoite. Osoitteessa on ensin station address eli ala-aseman numero, toisena block eli sanan luku ja viimeisenä bittinumero tehtävän tai tapahtuman mukaan. Ohjaus- ja tilatiedot siirretään toimilaitteen ohjausyksiköltä radiomodeemille, josta tieto siirretään langattomasti radiolinkin kautta valvomoon. Venttiilien tila ja liike voidaan nähdä Micro Scada Pro -ohjelmalla valvomosta (kuva 24), jota käytetään myös lämmöntuotantolaitosten ohjaimiseen.



KUVA 24. Micro Scada Pro

Asennuksen yhteydessä yhden venttiilin läpän ja tiivisteen väliin kiilautui jotain, kun venttiili avattiin. Venttiili jumiuutui, eikä se liikkunut kumpaankaan suuntaan. Moottori saavutti sille määrätyn maksimimomentin jokaisella sulku- ja avausyrityskerralla. Venttiiliin kiilautui luultavasti metalliläppä, joka oli joutunut verkkoon poraventtiilin asennuksen yhteydessä. Venttiili saatiin uudelleen liikkumaan, kun muut kolme venttiiliparia suljettiin ja virtaussuunta kääntyi, samalla kun DN50 tyhjennysventtiili avattiin. Tyhjennysventtiilin ollessa auki, metalliläppä tuli veden mukana verkosta ulos kaivoon. Tämän jälkeen venttiilin toiminta oli jälleen normaalia. Sulkulaitteen tiiveyttä ei ole vielä testattu uudelleen.

## 7.2 Metsolantie

Metsolantien kaivolla (liite 6) lisättiin DN150 putkihaaraan uudet palloventtiilit ja niihin Auman toimilaitteet (kuva 25) ja vaihteistot. Asennus tehtiin muuten samoin kuin Huhtalan kaivossa. Tähän kaivoon laitettiin uudet venttiilit, jotka toimitettiin tilattaessa toimilaittevalmistajalle.



*KUVA 25. Aumatic toimilaitteen paikallisohjausyksikkö*

Valmistaja asensi ja viritti tilaamamme toimilaitteet valmiiksi uusiin venttiileihin, jolloin asennus kävi nopeasti. Ongelmia asennuspaikalla tuotti putkesta valuva vesi. Vanhat läppäventtiilit eivät pitäneet täysin, jolloin vettä valui läpi ja uuden venttiilin hitsaaminen putkeen oli mahdotonta. Putkesta valuvaa vettä imuroitiin pois traktorin imuvaunun avulla. Lopulta vesivuoto saatiin loppumaan, kun suljettiin isompi alue kerralla, jolloin asennuspaikkaan nähden paineellinen vesi oli kahden läppäventtiilin takana. Vedentulon loputtua venttiilit hitsattiin paikalleen (kuva 26). Sähkön syöttökaapeli kaivettiin etukäteen paikalle. Laitteiden kaapelointi ohjaus- ja moottoriyksikön välille tehtiin samalla asennuksen yhteydessä.





*KUVA 26. Auma-toimilaitteet asennettuna*

### **7.3 Tarhatie**

Kolmas toimilaitteiden suunniteltu asennuspaikka oli Tarhatien kaivo (liite 6), jossa on DN150 kokoiset putket. Tähänkin kohteeseen tilattiin uudet palloventtiilit ja toimilaitteet asennettiin niihin valmiiksi tehtaalla. Ongelmana tässä kohteessa oli pieni kaivo. Putket oli asennettu kaivon yläosaan ja putkien yläpuolella tilaa oli vähän. Toimilaitteita ei suositella asennettavaksi väärinpäin, joten ennen tilaamista kaivo jouduttiin mittaamaan ja venttiilien asennus suunnittelemaan todella tarkasti.

Toimilaitteilla on kaivossa vain yksi mahdollinen sijoitus asento, jolloin tilaa kaivon kannen ja toimilaitteen väliin jää noin 15 mm tilaa. Sähkön syöttökaapeli kaivettiin heti, kun maanomistajalta saatiin lupa. Toimilaitteiden toimitus viivästyi, eikä niitä ehditty asentaa ennen lämmityskauden alkua. Ohjausyksiköiden kaappi on kuitenkin varusteltu ja uudet venttiilit ja Bernard-toimilaitteet (kuva 27) asennetaan seuraavana keväänä.



KUVA 27. Bernard -toimilaitteet

## 7.4 Kustannukset

### 7.4.1 Laitteet

Huhtalantien kaivolla toimilaitteiden hinnaksi tuli noin 29 000 €. Muita kuluja tuli yllättävänkin paljon. Tarvikkeita on jouduttu asennuksen yhteydessä hakemaan monista liikkeistä, jolloin kokonaiskustannukset nousevat. Laitteiden lisäksi muita kuluja aiheuttivat mm. toimilaitteiden kaappi, monet kaapelit, kiinnikkeet ja kaapelihyllyt, joita jouduttiin asennuksen yhteydessä käyttämään. Kustannukset tulevat vielä entisestään nousemaan, koska etäkäyttöä ei ole saatu vielä täysin toimintaan.

Kuluja aiheutti myös väärin koneistetut kytkinkappaleet, jotka jouduttiin koneistamaan uudelleen. Koeasennusten yhteydessä havaittiin, kuinka paljon ylimääräisiä ja suunnittelemtomia kuluja tällaisissa asennustöissä voi olla. Laitteista ja asennustarvikkeista säästöjä ei juuri voi tehdä.

### 7.4.2 Ulkopuolinen urakointi

Huhtalan asennustyömaalla kaivutyöt maksoivat kokonaisuudessaan noin 1 000 €. Tästä ei tullut isoja kustannuksia, koska kaivettavaa maata ei juuri ollut, kuin kaivon betonikannen päällä. Muita ulkopuolisia urakointitöitä olivat mm. tavaran kuljettaminen, nostotyöt ja koeasennusten tekeminen. Esimerkiksi työmaalle kuljetetut aidat, liikennemer-



kit ja monet muut tarvikkeet kuljetettiin ulkopuolisen urakoitsijan toimesta. Putkien uudelleen eristys villalla maksoi noin 3 000 €. Tämä teetettiin kokonaisuudessaan ulkopuolisella urakoitsijalla. Kaivoon jouduttiin poraamaan myös noin 200 mm:n läpivientejä laitteiston kaapeleiden takia. Kustannuksia tästä tuli muutamia sataasia kuljetusten tavoin.

Suurin kustannus tuli odotetusti laitteiston asennuksista. Laitteiston asennus piti kestää yhden tai kaksi normaalia asennustyöpäivää. Paikalle tuli toimilaitteiden myyjältä tilatut kaksi asentajaa. Työt kestivät kuitenkin kaksi ylipitkää työpäivää ja kustannuksia tuli lähes 7 000 €. Tämä johtuu mm. pitkästä välimatkasta, ylitöistä ja majoituksista. Tulevaisuudessa asennustyöt tehdään itse. Ensimmäisten verkkoon asennettavien toimilaitteiden asennus oli hyvä teettää ammattilaisilla, jotka näyttivät miten laitteet asennetaan ja viritetään oikein.

### **7.4.3 Työtunnit**

Ulkopuolisten urakoitsijoiden tekemien töiden lisäksi myös yrityksen omien työntekijöiden aikaa kului projektin hoitamiseen. Yhteensä työaika asennuksiin ja kaapeleiden vetoon kului 225 miestyötuntia. Tämä on noin 30 kokonaista työpäivää yhdeltä työntekijältä. Tämä luku ei kuitenkaan sisällä suunnittelua ja muita valmisteluja, johon sisältyy esimerkiksi lupa-asioiden hoito ja laitteiden vertailu.

Tulevaisuudessa työtunnit pystytään pudottamaan varmasti alle puoleen. Jo Metsolantien kaivon asennuksissa aikaa meni huomattavasti vähemmän. Tämä johtuu osin siitä, että toimilaitteet oli valmiiksi asennettu ja viritetty venttiileihin. Tämä säästää todella paljon aikaa asennusten yhteydessä. Asennustyön huolellinen suunnittelu ja varautuminen erilaisiin tilanteisiin vähentävät asennusaikaa huomattavasti.

### **7.4.4 Kannattavuus**

Huhtalantien kaivoon asennetut kuusi toimilaitetta tulivat kokonaisuudessaan maksamaan noin 42 000 €. Asennettujen laitteiden avulla verkon kuntoa voidaan valvoa ja kunnossapitotöitä voidaan tehdä ajoissa, ennen todellisia ongelmia. Suljetun alueen painetta voidaan seurata ja laskea siitä alueen mahdollisten vuotojen määrä. Yksiselitteisen

kannattavuuslaskelman tekeminen asiasta on lähes mahdotonta, koska häiriötilanteita on mahdotonta ennustaa kokoajan vanhenevassa verkossa.

Kuitenkin toimilaitteiden ja paineenmittausantureiden avulla voidaan löytää vuotoja, joiden nopean korjaamisen avulla voidaan säästää energiaa ja rahaa ja siten saada toimilaitteiden asennus kannattavaksi. Esimerkkinä suuntaa-antava laskelma mahdollisista säästöistä toimilaitteiden avulla.

Löydettyessä putkivuoto, joka vuotaa 10 m<sup>3</sup>/vrk, vuotuiset säästöt ovat seuraavanlaiset: Menolämpötilan ollessa 115 °C ja valmistettava verkkoon menevä lisävesi otetaan vesijohtoverkosta 5 °C lämpötilassa. Eli verkkoon lisättävän veden lämpötilaa joudutaan nostaa 110 astetta ennen sen lisäämistä verkkoon. Energian ostohintana laskelmassa käytetään 20€ / MWh.

$$10\text{m}^3 / \text{vrk} = 10000\text{kg} / \text{vrk}$$

$$\frac{10000\text{kg} / \text{vrk}}{86400\text{s} / \text{vrk}} = 0,1157\text{kg} / \text{s}$$

$$\Phi = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$0,1157\text{kg} / \text{s} \cdot 4,2\text{kJ} / \text{kg} \cdot 110^\circ\text{C} = 53,472\text{kW}$$

$$53,472\text{kW} \cdot 24\text{h} / \text{d} = 1283,33\text{kWh} / \text{d}$$

$$1283,33\text{kWh} / \text{d} \cdot 365\text{d} / \text{a} = 468414,72\text{kWh} / \text{a} \approx 468,4\text{MWh} / \text{a}$$

$$468,4\text{MWh} / \text{a} \cdot 20\text{€} / \text{MWh} = 9368,29\text{€} / \text{a} \approx 9400\text{€} / \text{a}$$

Jos energia joudutaan tuottamaan raskaalla polttoöljyllä, hinta nousee entisestään. Raskaan polttoöljyn hinta on noussut kokoajan ja sen verollinen hinta on energiateollisuuden taulukoiden mukaan noin 55 - 60 € / MWh. Jos oletetaan, että tuotetun energian hinta olisi öljyllä 60 € / MWh, olisivat kustannukset yli 28 000 €.

Veden hinta käsiteltynä on noin  $6 \text{ €/m}^3$ . Tämä sisältää kemikaalit ja veden ostohinnan.

$$6 \text{ €/m}^3 \cdot 10 \text{ m}^3 / d = 60 \text{ €/d}$$

$$60 \text{ €/d} \cdot 365 d / a = 21900 \text{ €/a}$$

$$21900 \text{ €/a} + 9400 \text{ €/a} = 31300 \text{ €/a}$$

Laskelmasta voidaan todeta, että jo yhden löydetyn pienehkön vuodon jälkeen laitteistoparin hinta on säästetty muissa kuluissa, jos vuotoa ei muuten olisi löydetty. Vuodon paikannukseen voidaan käyttää myös muita menetelmiä, mutta tämä on nopein ja helppo tapa seurata kaukolämpöverkon kuntoa eri alueilla. Jos energia on jouduttu tuottamaan öljyllä, kokonaiskustannukset nousevat lähes 60 000 euroon vuodessa. Laskelma ei kuitenkaan sisällä asennuskustannuksia, jotka vaihtelevat suuresti riippuen asennuspaikasta ja -tavasta.

Kaukokäytettävien venttiilien käyttö vuotojen etsinnässä säästää myös muita kuluja. Vuotojen etsintä lämpökameran avulla on myös kallista, kun vuotopaikasta ei ole mitään tietoa. Myös ylimääräiset kaivutyöt ja henkilökunnan työtuntien kuluttaminen vuotojen paikannukseen on kallista pitkällä aikavälillä, verrattuna venttiilien kaukokäyttöön.

## 8 VAIKUTUS LÄMMÖNTOIMITUSVARMUUTEEN

### 8.1 Verkon kunnossapito

Kaukolämpöverkon kuntoa seurataan usein lisäveden kulutuksella. Suomessa eniten on korjattu MPUL -putkirakennetta. Suurimman ongelman kaukolämpöverkossa aiheuttaa lähes aina ulkopuolinen vesi, joka pääsee virtausputken pinnalle suojaputkien liitoskohdista. Verkoston rakentamis- ja suunnitteluvaiheessa tehdyt päätökset ja toteutuksen laatu vaikuttavat suoraan tulevaan kunnossapitotarpeeseen. Huonosti toteutettu verkon rakennus aiheuttaa huomattavan paljon kustannuksia kunnossapidon kautta tulevaisuudessa. (Kaukolämpöverkon kunnossapito. 1999, 5.)

Vaikka kaukolämpöä pidetään toimitusvarmana ja luotettavana, täytyy verkostoa huoltaa ja korjata tarpeen mukaan. Kaukolämpöverkon kunnossapito voidaan jakaa kolmeen osaan, joita ovat ennakoiva ja korjaava kunnossapito ja kunnonvalvonta. Ennakkohuoltoja tehdään kohteesta riippuen tarpeen mukaan, määrätyn väliajoin. Tällaisia ovat mm. kaivokierrokset, joissa kierretään säännöllisesti kaikki ongelmakaivot tai paikat, joissa tiedetään usein olevan vettä. Kaivohuollon tai tyhjennyspumppausten yhteydessä on aina tarkistettava välikannen tiiveys, kansiston kunto ja huolehdittava tippuvesisuojuuksesta. Tällaista toimintatapaa on pyritty toteuttamaan järjestelmällisesti myös Seinäjoella. (Kaukolämpöverkon kunnossapito. 1999, 8.)

Kunnonvalvonta on myös erittäin tärkeä tapa seurata ja varautua korjaustöihin. Lisäveden kulutus kertoo muutoksista verkossa. Riskialueiden kartoitus, eli tiettävästi huonojen putkiosuuksien tarkka seuranta ja valmiit korjaussuunnitelmat auttavat saneerauksen toteutuksessa. Kaukokäytettävien venttiilien rooli kunnossapidon kannalta on siis kunnonvalvontaa ja niiden avulla tehtyjen havaintojen perusteella voidaan varautua korjaustöihin. Tehtävät korjaustyöt ehditään suunnitella kunnolla, jolloin lämmöntoimituskatkot lyhenevät merkittävästi. (Kaukolämpöverkon kunnossapito. 1999, 12.)

Rasituskokeita voidaan tehdä lämmityskauden ulkopuolisena aikana. Tarkoituksena on kesäaikana nostaa verkon lämpötila talven lukemiin ja muuttaa menovedenlämpötilaa mahdollisuuksien mukaan talvitilannetta vastaavaksi. Tällöin putken heikot kohdat antavat usein periksi, jolloin ilmenneet vuodot voidaan korjata kesäaikana ennen lämmi-

tyskauden alkua. Jos rasituskoetehdään koko verkkoon kerralla, ilman ositusta, kauko-käytettävien venttiilien käyttö on suositeltavaa. Jos rasituskokeella saadaan aikaan iso vuototapaus ja verkon paineet romahtaa, saadaan alueet nopeasti kiinni ja vuotopaikka rajattua mahdollisimman nopeasti.

Korjauskaluston on myös oltava valmiina isompien rikkojen varalta. Seinäjoella on käytössä vuototilanteiden varalta työkaluvaunu, jolla voidaan siirtää kaikki tarvittavat työkalut ja tarvikkeet yhdellä kertaa vuotopaikalle. Putkistovuotoja ajatellen on tehty varasto, jossa on putkia, venttiileitä, putkipantoja, tiivisteitä, käyriä ja muita tarvikkeita aina varastossa kokoon DN500 asti. Tällöin isojen ja yllättävien vuototapauksien sattuessa tarvikkeita ja työkaluja ei tarvitse etsiä, vaan kaikki tarvittavat osat löytyvät tietyistä paikasta.

## **8.2 Vuodonpaikannusmenetelmät**

Kaukolämpöputkien vuotopaikkoja on usein vaikea löytää. Tähän vaikuttavat esimerkiksi ulkoilman lämpötila ja maa-aines, johon putki on asennettu. Ensilumien aikaan vuotopaikkoja tulee usein selville, koska vuotopaikalle lumi yleensä sulaa. Pahoissa vuotopaikoissa maa voi olla sula jopa 20 asteen pakkasella. Toisaalta isokin vuoto voi jäädä havaitsematta, koska vesi virtaa ja imeytyy maahan. Esimerkiksi kalliopohjaisilla alueilla tai paksun sepelimaton päälle asennetusta putkesta valuva vesi virtaa sepeliä pitkin pois vuotopaikalta. Tiedossa onkin tapauksia, jossa maa on joltain kohdalta sula, mutta vuoto on kymmenien metrien päässä sulasta paikasta.

Näköhavainnointi on siis tärkein vuodonpaikannusmenetelmä. Yrityksen oma henkilökunta ja usein asiakkaat ilmoittavat, jos huomaavat sulia paikkoja tai höyryäviä kaivoja. Koekaivaukset ovat myös tärkeitä vuodonpaikannusmenetelmiä. Sitä käytetään erityisesti MPUL putkityypin vuotojen tarkempaan paikantamiseen. Jos vuotoa ei heti löydy katsotaan mistä päin vesi valuu ja kaivetaan toinen kaivanto. Tämä menetelmä on työläs ja usein kallis. Vuotopaikat löytyvät usein kuitenkin henkilökunnan kokemusten perusteella nopeasti. Erityisesti haarapaikat putkistossa ovat erityisen herkkiä vuodoille.

(Kaukolämpöjohtojen vuodonpaikannusmenetelmät. 1998, 11 - 12.)

Betonielementtikanavissa (EMV) voidaan käyttää videokuvausta, jolloin kamera kiinnitetään kelkkaan, joka liikkuu kanavan pohjalla ulkoisen voiman avulla. Kamerasta saadaan suoraan kuvaa monitorille, josta nähdään putken vuotopaikka. Betonikanavien täytyy olla puhtaita, jotta kamera pääsee liikkumaan pohjaa pitkin ongelmitta. Myös kameran kaapelointi aiheuttaa ongelmia, jolloin pitkien matkojen kuvaus saattaa olla ongelmallista. (Kaukolämpöjohdon vuodonpaikannusmenetelmät. 1998, 11.)

Uusissa putkissa käytetään joskus kuitukaapelia, joka toimii lämpötila-anturina ja ilmoittaa vuotokohdan. Käytössä on myös kosteuden valvontajärjestelmiä, jotka perustuvat usein vastusmittaukseen. Tämä on usein optiona putkitoimittajilla tilattaviin putkiin. Tämä ei ole kuitenkaan yleistynyt Suomessa, koska järjestelmän toimintavarmuus on ollut heikko. Myös käyttökustannukset ovat suuret niistä saatavaan hyötyyn nähden. (Kaukolämpöjohdon vuodonpaikannusmenetelmät. 1998, 12 - 13.)

Verkko voidaan myös kuvata helikopterista tai autosta käsin lämpökameralla. Tämä menetelmä ei ole kovin tarkka, vaikka lämpökameran tarkkuus on luokkaa 0,1 °C. Kuvausta häiritsevät lumi, sade tai märkä maasto ja puiden lehdet. Tällä menetelmällä saadaan kuitenkin hyvä yleiskuva verkoston kunnosta. Myös huonosti eristetyt alueet tulevat ilmi kuvauksen yhteydessä. Tämä on verrattain edullinen tapa selvittää verkon yleiskunto suurissa ja keskisuurissa kaukolämpöverkoissa. Epäiltyjä vuotopaikkoja voidaan kuvata ennen kaivannon tekemistä käsikäyttöisellä lämpökameralla tai laser lämpömittarilla. Näiden tarkkuus riittää vuotokohdan selvittämiseen ja niitä käytetäänkin lähes aina ennen korjaustöiden aloittamista. (Kaukolämpöjohdon vuodonpaikannusmenetelmät. 1998, 12.)

Verkoston rasituskokeita voidaan tehdä kesällä tai syksyllä, ennen varsinaista lämmityskautta. Rasituskokeessa verkoston lämpötila nostetaan maksimiin, jolloin tapahtuu lämpöliikkeitä ja putkiston heikot kohdat saadaan selville. Rasituskokeen tarkoituksena on saada selville heikot kohdat verkossa, eikä se siten ole varsinainen vuodonpaikannusmenetelmä. Tavoitteena tässä toimintamallissa on saada tulevan talven heikon paikat korjatuksi ennen lämmityskautta, jolloin tästä aiheutuu asiakkaille vähemmän haittaa. Joskus varsinaisesta verkosta venttiilein erotettuja osia voidaan myös koeponnistaa kestävyuden toteamiseksi. (Kaukolämpöjohdon vuodonpaikannusmenetelmät. 1998, 14.)

Verkon jakaminen osiin on yksi tärkeimmistä vuodonpaikannusmenetelmistä, jos tutkittava alue on suuri. Verkko jaetaan osiin, jolloin tutkittava alue saadaan pienemmäksi. Lähteen mukaan verkon osan riittävä sulkuaika on 6-10 h, jotta vuotoalue saadaan varmuudella selville. Lähteen mukaan menetelmän tarkoituksena on sulkea alue ja käyttää joka alueella omaa lämmöntuotantoa ja paineenpitoa. Lisäveden kulutuksen perusteella arvioidaan siten pienemmän suljetun alueen vuotomäärä. (Kaukolämpöjohdon vuodonpaikannusmenetelmät. 1998, 11.)

Tässä työssä esitetty vuodonpaikannusmenetelmä toimii samoin kuin em. verkonjakaminen osiin. Tarkoituksena on kuitenkin pystyä tähän ilman jokaisella alueella sijaitsevaa omaa tuotantolaitosta ja paineenpitoa. Lisäveden mittaustarkkuus on myös ongelma em. menetelmässä. Myös sulkuaikaa pyritään vähentämään lähteen 6 - 10 tunnista 1 - 5 minuuttiin ja tekemään se yöaikaan, jolloin vaikutuksia asiakkaisiin ei juuri ole. Vuodonpaikannus alueittain tehdään laskennallisesti lämpöhäviöiden ja verkon tilavuuden perusteella. Kustannuksissa säästetään, kun pieniä alueellisia tuotantolaitoksia ei tarvitse käynnistää. Pienissä lämmityskattiloissa käytetään polttoaineena usein öljyä, mikä nostaa kustannuksia huomattavasti.

### **8.3 Lämmötoimituskatkot**

Kaukolämmön muutos- ja rakennustöistä johtuen joudutaan usein tekemään lämmötoimituskatkoja. Vuonna 2009 keskeytyksiä lämmötoimituksessa oli noin 1 400 kappaletta. Näistä noin 80 oli suunnittelemattomia katkoja, jolloin jokin paikka on esimerkiksi alkanut vuotaa yllättäen. Keskeytysajan pituus oli keskimäärin 4 - 6 h. Tilastojen mukaan suunnitellut keskeytykset ovat olleet pidempiä kuin suunnittelemattomat.

Suunnitellulla tarkoitetaan esimerkiksi sitä, että asiakkaille on etukäteen ilmoitettu katkon ajankohdasta. Tämä viittaa siihen, että yllättäen ilmenneet vuodot on ainakin osittain korjattu nopeasti, mutta väliaikaisesti, esimerkiksi putkipannalla (kuva 28).



*KUVA 28. Putkipanta*

Tämän jälkeen todellinen korjaustyö on suunniteltu ja siitä on ilmoitettu asiakkaille. Keskimääräinen keskeytysaika oli 1,39 h, jolloin toimitusvarmuus oli 99,984 %. Tässä on huomioitu kaikki toimituskatkot. Häiriötilanteista johtuvien keskeytysten osalta keskeytysaika oli 0,60 h ja toimitusvarmuus 99,993 %. (Kaukolämmön keskeytystilasto 2009. 2010, 2.)



## 9 TOIMILAITTEIDEN SIJOITUS JA TOIMINTA

Kaukokäytettävien venttiilien toimilaitteet on helpointa sijoittaa jo olemassa oleviin kaivoihin. Putki tyypeiltään helpoimmat asennukset saadaan tehtyä EMV- ja MPUL-putkiin, koska näillä putkityypeillä kaivot ovat betonikaivoja. Betonikaivossa putket ovat ilmassa, joka helpottaa asennusta. Kiinnivaahdotetulla putkityypillä kaivot ovat maapohjaisia, eikä niissä ole tilaa toimilaitteelle. Toimilaitteen kiinnitys kiinnivaahdotettuun venttiilielementtiin on vaikeaa, eikä valmista ratkaisua asiaan ole. Kiinnivaahdotettuun putkeen asennettaessa toimilaitte, joudutaan aina tekemään betonikaivo tai nostaa putket maanpinnalle nousukulmilla, joka tuo lisäkustannuksia.

Uusien venttiilien ja toimilaitteiden sijoituspaikkoja mietittäessä tehtiin kysely muutamaa kaukolämpöyhtiöön. Tarkoituksena oli selvittää, millaisia käyttökokemuksia ja ohjaustapoja muilla alan yrityksillä on. Haastattelu tehtiin alan yrityksiin Helsingissä, Vantaalla ja Tampereella. Asiaan liittyen käytiin vierailulla myös Oulun Energialla.

Haastattelujen perusteella selvisi, että kiinnivaahdotettuun putkeen ei ole juurikaan asennettu toimilaitteita. Tampereella verkko oli jaettu toimilaitteiden avulla viitteen osaan, jokaisessa oma tuotanto ja paineenpito. Tiedonsiirto toteutettiin Tampereella kaapeleita pitkin ja asennuskohteissa on myös kosteusanturit. Kaikki toimilaitteet em. kaupungissa on asennettu uusiin venttiileihin ja suurin syy asennukseen on ollut varautuminen suurhäiriöön. (Parpola 2010.)

Helsingissä vanhoihinkin venttiileihin asennuksia oli tehty ja suurimmaksi syyksi asennuspäätökseen oli suurhäiriöön varautuminen. Lähes kaikilla toimilaitteilla on haastattelun mukaan maanpinnalla ohjauskaappi ja tiedonsiirto toteutettiin kaapeleilla ja radiolinkeillä. Asennuksen yhteydessä rakennetaan radiolinkkiyhteys ja se poistetaan käytöstä, kun kaapelointi laitteistolle saadaan valmiiksi. Helsingissä on käytössä myös paineenmittauspaikkoja, joiden avulla voidaan seurata verkon toimintaa. (Vesala 2010.)

Vantaalla toimilaitteita on asennettu todella paljon ja niitä on asennettu uusiin ja vanhoihin venttiileihin. Vantaalla asennusperusteena oli yksinkertaisesti, että jokaiselle uudelle alueelle asennetaan kaukokäytettävä sulkuventtiili. Tieto siirretään puhelinkaa-

pelillä tai radiolinkein. Käytössä on pääasiassa Auman toimilaitteita ja ne ovat usein pulssitettuja, jotta venttiili saadaan suljettua tarpeeksi hitaasti. Kaikki toimilaitteet Vantaalla on sijoitettu betonikaivoihin, jotka on varustettu pumpuilla ja vesi- ja lämpötilantureilla. Ohjaukskaapit on muiden tapaan maanpinnalla ja heidän kokemusten mukaan toimilaitteiden toimintarajat metallitiivisteiselle venttiilille asetetaan momentilla ja kumitiivisteisissä venttiileissä asentotiedon mukaan. (Reinistö 2010.)

Verkkoa jaettaessa osiin pyrittiin maksimissaan 20 MW:n tehoalueisiin, mutta siihen ei kaikkien alueiden osalta päästä, jos yritetään pitää toimilaitteiden määrä mahdollisimman pienenä. Pääasiana on kuitenkin verkon jako osiin runkoverkkoa suojellen ja varmistaa kierto suljetun alueen ulkopuolella. Järkevästi sijoitettuna kaukokäytettäviä venttiileitä tulisi sijoittaa kahteentoista kaivoon. Näistä kahdestatoista sijoituspaikasta vain yksi on kiinnivaahdotettua putkityyppiä, jolloin vain yhteen sijoituspaikkaan pitäisi rakentaa kaivo tai nostaa putket maanpinnalle ja rakentaa erillinen suoja laitteistolle.

Toimilaitteita sijoitettaisiin 17 paria eli 34 kappaletta. Näistä kahdeksan on asennettu ja kahden sijoitus ja asennus on suunniteltu ja ne odottavat asennusta. Hyviä paikkoja verkossa on paljonkin, mutta toimilaitteiden määrä pitäisi olla mahdollisimman optimaalinen, niistä saatavaan hyötyyn nähden. Uusille pienille asuntoalueille ei aina kannata rakentaa isoa kaivoa, kun suurempi hyöty saadaan suljettaessa esimerkiksi kaksi asuntoaluetta samalla venttiiliparilla. Mainitulla toimilaitteiden määrällä verkko olisi jaettavissa 10 pääalueeseen. Myös näiden alueiden yhdistelmiä voidaan tietenkin käyttää, joten erilaisia sulkualueita saadaan aikaan tarvittaessa paljonkin. Liitteessä 7 on putkikartat, joista selviää sulkualueet ja venttiilien suunniteltu sijoituspaikka. Toimilaitteiden lisäksi tarvitaan uusia venttiileitä taulukon 5 mukaisesti.

*TAULUKKO 5. Tarvittavien venttiilien koko ja määrä*

DN koko	Tyyppi	Määrä /kpl
200	Pallo	6
250	Pallo	8
300	Pallo	6
400	Läppä	6

Toimilaitteita tarvitaan 26. Näiden kaikkien tulisi olla samaa merkkiä ja mallia. Tämä helpottaa tulevia huoltotöitä ja tällöin joitain varaosia on järkevä pitää hyllyssä. Tässä työssä on perehdytty kolmen eri valmistajan toimilaitteisiin. Valmistajista Auma on tunnetuin ja varaosasaatavuus on erinomainen. Rakenne on jokseenkin vanha, mutta toimintoja laitteessa on riittävästi. Bernard on edullisin toimilaittevaihtoehto ja se sopii yleisen tiedon mukaan hyvin säätökäyttöön. Näillä toimilaitteilla ei ole kuitenkaan tarkoitus säätää verkkoa ainakaan lähitulevaisuudessa, koska tarvetta ei ole. Bernardin toimilaitteet ovat myös kooltaan suuria. Sipos on Auman tytäryhtiö ja esimerkiksi Sipoksen vaihteistot ovat samoja kuin Auman.

Sipos on näistä toimilaittevaihtoehtoista kallein vuonna 2010, mutta samalla älykkäin. Sipokseen voidaan asettaa erilaisia venttiilin sulkutapoja ja nopeuksia. Hintaero ei kuitenkaan ole kovin suuri, joten jos jotkin ominaisuudet miellyttävät, se on kannattava hankinta. Sipos on ainut toimilaittevalmistaja, jonka toimilaitteissa on oma taajuusmuuttaja, jolloin venttiiliä voidaan ajaa eri nopeuksilla. Esimerkiksi isojen venttiilien sulkeamisessa tästä on paljon apua.

Tälle toimilaitteelle voidaan asettaa kolme erilaista sulkutapaa. Ensimmäisenä tapana esimerkiksi normaali sulku tietyllä nopeudella lineaarisesti. Toisena nopea aloitus n.90 %:n sulkuun saakka ja loput 10 % rauhallisesti, jotta vältetään paineiskuilta. Kolmantena esimerkiksi nopea hätäsulku, jolloin ison putkirikon sattuessa venttiili ajetaan kiinni täydellä nopeudella, jolloin verkon vesivajaus saadaan minimoitua. Kenttäväylä soveltuu kaikkien valmistajien laitteiden ohjaukseen. Sipoksesta saadaan eniten tietoa, jonka avulla verkon tapahtumia on mahdollista analysoida.

Jo asennettujen toimilaitteiden lisäksi verkkoon pitäisi sijoittaa siis 26 kappaletta uusia toimilaitteita. Yksi toimilaitte ei voi kuitenkaan toimia kaikissa venttiileissä, koska venttiilien vaaditut sulkumomentit ovat erilaisia. Tähän vaikuttaa venttiilityyppi ja koko. Venttiilin koko vaikuttaa myös sallittuun sulkunopeuteen. Kaikkien toimilaitteiden asennuksen yhteydessä on tarkoitus asentaa myös uudet venttiilit. Dimensioon DN300 saakka käytetään palloventtiileitä ja suurempiin asennetaan läppäventtiili, tiiveysluokalla A. Kaikissa muissa venttiileissä voidaan käyttää samaa toimilaitetta, mutta DN300

palloventtiili vaatii suuremman sulkuvoiman kuin muut, jolloin tähän venttiiliin joudutaan käyttämään voimakkaampaa toimilaitemallia.

Venttiilit taulukon 5 dimensioilla ja lukumäärillä tulevat maksamaan erään valmistajan tarjouksen mukaan noin 45 000 € (alv 0 %). Kaikki toimilaitteet on liitettävissä kyseisiin venttiileihin. Auman Aumatic sähkötoimilaitetta 60 Nm maksimimomentilla voidaan käyttää kaikkiin lukuun ottamatta DN300 palloventtiiliä. Tässä venttiilissä joudutaan käyttämään 120 Nm toimilaitetta sen suuren sulkumomentin takia.

Auma toimii lämpötila-alueella  $-40\text{ °C} \dots +70\text{ °C}$ . Hinnat sisältävät seinätelineet, modbus ohjausmahdollisuuden ja kaapelit. Sipoksen toimintalämpötila-alue on  $-20\text{ °C} \dots +70\text{ °C}$ . Jokaiseen venttiiliin joudutaan lisäksi asentamaan toimilaitteelle ja venttiilille sopiva vaihteisto. Sipoksessa ja Aumassa voidaan käyttää samoja vaihteistoja.

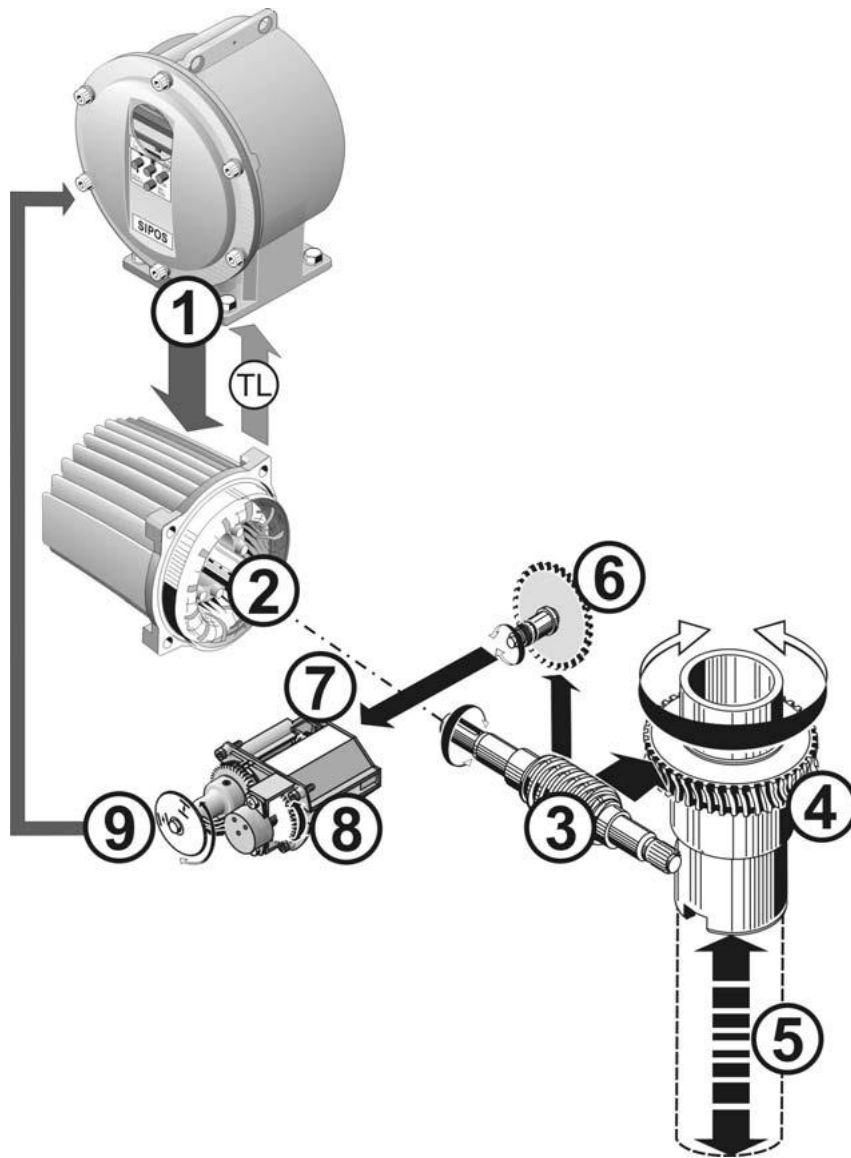
26 vaihteiston kokonaishinta on noin 17 500 € (alv 0 %). Hintaan sisältyy vaihteisto ja koneistettu kytkinkappale, jolla vaihteisto liitetään venttiiliin. Toimilaitteet otettiin Aumalta ja Sipokselta. Auman kokonaishinta toimilaitteiden osalta on 84 800 €. Sipoksen vastaava hinta on 82 400 €. Auman toimilaitteen kappalehinta on noin 100 € kalliimpi kuin Sipoksen.

Koeasennuksia tehtäessä Sipos oli kalliimpi kuin Auma ja sitä perusteltiin Sipoksen elektroniikan älykkyydellä ja taajuusmuuttajalla. Tilanne on kuitenkin nyt toisin päin, eli pienemmillä kustannuksilla saa paremmat ominaisuudet, ellei Auman  $-40\text{ °C}$  pakkauskäytön kestävyyttä pidetä merkittävänä valintakriteerinä.

Laitteiston osalta kokonaishinta Aumaa käyttäen on noin 148 000 €. Siposta käyttämällä kokonaishinnaksi muodostuu noin 146 000 €. Hintaero on kuitenkin todella pieni, joten valintaan vaikuttavat laitteiden ominaisuudet ja varaosasaatavuus. Sipoksen ainoa miinus on, että sen elektroniikka pitää itsensä lämpöisenä varmuudella vain  $-20\text{ °C}$  pakkasessa. Tämä voidaan kuitenkin hoitaa esimerkiksi ohjausyksikkökaapin eristyksellä ja pienellä lämmittimellä tarpeen vaatiessa. Kaapin lämmitystä ajateltiin hoitaa puhaltamalla kaappiin lämmintä ilmaa kaivosta. Tästä kuitenkin ainakin alustavasti luovuttiin veden kondensoitumisen pelossa.

Yhden 10 m<sup>3</sup>/vrk vuodon löytäminen säästää vuodessa 30 000 - 60 000 €, joten laitteiston hinta on katettu 3 - 5 vuodon löydyttyä. Toisaalta verkkoon on tarve kuitenkin vaihtaa venttiileitä tulevina vuosina kunnossapitotöiden yhteydessä, joten pelkästään toimilaitteista aiheutuvat kustannukset siten pienenevät. Asennus toimilaitteelle on lähes yhtä nopeaa kuin pelkkä venttiilin vaihto, koska uusiin tilattaviin venttiileihin voidaan asentaa ja virittää toimilaitteet jo tehtaalla. Asennettaessa se vaatii vain venttiilin hitsauksen ja yhteyden luomisen valvomoon olettaen, että kaivossa on valmis sähkönsyöttö.

Aumaa voidaan ajaa vain yhdellä nopeudella, joka on merkittävä miinus. Ison linjan sulkemiseen voidaan käyttää vähemmän aikaa, jos alku suljetaan nopeasti. Sipoksen erilaiset venttiilin kiinniajo mahdollisuuden taajuusmuuttajan avulla puoltavat Sipoksen valintaa, ainakin suurissa runkolinjoissa. Kaikkien valmistajien toimilaitteet toimivat omalla tavallaan ja kaikkien rakenne on erilainen. Kuvassa 29 on esitetty Sipos 5 Flash Profitron toimilaitteen toiminta ja rakenneosat.



KUVA 29. SipoS-toimilaitteen rakenne (SipoS 5 Flash - toimilaitteen käyttöohje 2009)

Toimilaitteen elektroniikka (1) ohjaa moottoria (2). Moottori pyörittää kierukka-akselin (3) kautta käyttöakselia (4), joka puolestaan pyörittää vaihteistoa. Kierukka akselin (3) liike välittyy sijaintiakselin (6) kautta sijaintivaihteistoon (7). Tämä vaihteisto muuntaa liikkeen ja pyörittää potentiometriä tai magneettista etäisyysanturia (8). Käyttöakselin (9) sijainnin elektroniikka havaitsee potentiometrin tai etäisyysanturin avulla ja siten ymmärtää käytettävän kojeen eli venttiilin asennon sekä ohjaa käyttölaitetta prosessin vaatimusten mukaan. (SipoS 5 Flash toimilaitteen käyttöohje. 2009, 6.)

## 10 YHTEENVETO

Työssä selvitettiin Seinäjoen Energia Oy:n kaukolämpöverkkoon mahdollisesti sijoitettavien kaukokäytettävien venttiilien kannattavuus, optimaaliset sijoituspaikat ja hyödynnettävyys. Kaukokäytön päätarkoituksena on pystyä reagoimaan nopeasti kaukolämmön suurvuotoihin, jolloin veden vuotaminen verkosta saadaan minimoitua. Suurvuodon sattuessa nopealla venttiilin sulkemisella saadaan ongelma rajattua pienelle alueelle, jolloin se ei aiheuta häiriötä koko verkon lämmönjakeluun.

Kaukokäyttöyhteyden avulla voidaan siirtää myös paineenmittaustietoa, joten venttiileitä sulkemalla voidaan selvittää verkon osien vuotomääriä laskennallisesti paineen muutokseen perustuen. Kaukokäyttöä voidaan siis käyttää myös kunnossapidon työkaluna. Kaukokäytön ja nopean tiedonsiirron avulla saadaan selville, mitkä verkon osat vaativat korjaustöitä. Kunnossapitotöitä voidaan tehdä juuri niille alueille, jotka sitä eniten vaativat. Tarvittaessa myös verkon jakaminen osiin onnistuu nopeasti ja helposti, jos lämpöä halutaan tuottaa tietyille alueille eri laitoksilla.

Optimaalisia sijoituspaikkoja verkossa on ainakin 12. Näihin kahteentoista kaivoon sijoitettaisiin yhteensä 34 toimilaitteita. Jokaisen toimilaitteen lisäksi olisi järkevää vaihtaa aina uusi venttiili, jos paineenmittaustietoon perustuvia laskelmia halutaan tehdä, sillä vuotava venttiili aiheuttaa laskentaan huomattavia virheitä. Toimilaitteita on asennettu jo kahdeksan ja kaksi odottaa asennusta. Toimilaitteiden asennuksia on hyvä tehdä muiden kunnossapitotöiden, kuten venttiilinvaihtojen yhteydessä. Kunnossapitotöiden yhteydessä asennettava toimilaitte aiheuttaa huomattavasti vähemmän kustannuksia. Muutaman vuoden kuluessa toimilaitteet on helppo asentaa koko verkkoon muiden töiden ohessa.

Työssä tutkittiin kolmen eri valmistajan ratkaisuja, laitteiden ominaisuuksia ja soveltuvuutta. Näistä yksi nousi ylitse muiden. Taajuusmuuttajalla varustettu Sipos-toimilaitte on kaikkein monipuolisin. Eri tilanteissa vaaditaan erilaisia sulkutapoja ja Sipos on ainoa, joka pystyy sulkemaan venttiilin monella eri tavalla. Suurvuodon sattuessa hätäsulku, jolloin venttiili ajetaan kiinni maksiminopeudella ja verkon pienempiä vuotopaikkoja määritettäessä sulkutapahtuma täytyy olla rauhallinen ja loppua kohti hidastuva liike,

jolla vältetään suuret paineiskut verkossa. Tällä toimilaitteella voidaan seurata myös venttiilin kuntoa. Muutokset venttiilin sulkumomentissa näkyvät toimilaitteen piirtämässä momenttikäyrässä, jolloin nähdään heti, jos venttiilin toiminnassa on jotain poikkeavaa.

Tulevaisuudessa toimilaitteita on järkevä sijoittaa kaikkiin suurimpiin rakennettaviin putkihaaroihin, jolloin verkkoa voidaan hallita täsmällisesti. Toimilaitteen asentaminen rakenteilla olevaan putkeen on huomattavasti helpompaa kuin jo olemassa oleviin kaivoihin. Rakennusvaiheessa kaikki kaukokäytön ja kunnossapidon vaatimukset voidaan ottaa paremmin huomioon ja siten vähentää toimilaitteiden aiheuttamia asennuskustannuksia.

On tärkeää, että kaikki asennettavat toimilaitteet ovat samanlaisia, jolloin varaosia on helppo pitää varastossa ja on hallittava vain yhden toimilaitetyypin rakenne ja toiminta. Kun toimilaitteet asennetaan hyvin ja huolletaan säännöllisesti, niiden odotettu kestoikä on kymmeniä vuosia. Kunnollisella asennuspaikkojen kosteudenvälvonta-antureilla laitteiston olosuhteita voidaan seurata ja pitää ne optimaalisina. Siten maksimoidaan toimilaitteiden käyttöikä ja niistä saatava hyöty.



## LÄHTEET

Hakulinen, Markku 2011. Aumator Oy. Keskustelu 27.1.2011.

IP-suojausluokat. Wexon. 1998-2011. Saatavissa: <http://www.wexon.fi/sivu.php?id=59>.  
Hakupäivä 18.11.2010.

Joronen, Tero – Kovacs, Jenő – Majanne, Yrjö 2007. Voimalaitosautomaatio. Helsinki:  
Suomen automaatioseura.

Jyrinki, Mikko 2010. Myyntipäällikkö, Vexve Oy. Keskustelu 28.10.2010.

Kaukolämpöjohdoissa käytettävät sulkulaitteet. L4/2003. Helsinki: Energiateollisuus ry.

Kaukolämpöjohdon vuodonpaikannusmenetelmät. KK19-98. 1998. Helsinki: Energia-  
teollisuus ry.

Kaukolämmön keskeytystilasto 2009. 2010. Helsinki: Energiateollisuus ry.

Kaukolämmön käsikirja. 2006. Helsinki: Libris.

Kaukolämpö käsikirja. 2009. Logstor Oy.

Kaukolämpöverkon kunnossapito. KK2-99. 1999. Helsinki: Energiateollisuus ry.

Kaukolämpöverkon sulkulaitteiden käyttötekniinen suunnittelu. KK11/2010. Helsinki:  
Energiateollisuus ry.

Kaukolämpö 2009 graafeina. 2010. Energiateollisuus ry. Saatavissa:  
<http://www.energia.fi/ekstranet/kaukolampo/tilastointi>. Hakupäivä 9.1.2011. Vaatii kirjautumisen.

Kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen kaivot. L3/1995. Helsinki: Energiateollisuus ry.

Laukkanen, Risto 1986. Paineisku vesihuoltoverkoissa: RIL 168-1986. Helsinki: RIL.

Luotsinen, Osmo 1983. Lähettimet ja toimilaitteet. Helsinki: Insinööritieto.

Niemelä, Veli-Matti 2010. Kaukolämpöverkon automaatiovastaava, Seinäjoen Energia Oy. Keskustelu 11/2010.

Parpola, Jyrki 2010. Kehityspäällikkö, Tampereen Kaukolämpö Oy. Puhelinhaastattelu 03/2010.

Reinistö, Markku 2010. Vantaan Energia Oy. Puhelinhaastattelu 03/2010.

Sipos 5 Flash toimilaitteen käyttöohje. 2009. Sipos Aktorik.

Työturvallisuus. Energiateollisuus ry. 2010. Saatavissa:

<http://www.kaukolampoekstra.fi/ekstranet/tyoturvallisuus>. Hakupäivä 15.11.2010. Vaatii kirjautumisen.

Varautuminen ja toiminta kaukolämmön suurhäiriö- ja kapasiteetinvajaustilanteessa, KK1/1987. Helsinki: Energiateollisuus ry.

Vesala, Risto 2010. Verkostopäällikkö, Helsingin Energia Oy. Puhelinhaastattelu 03/2010.

Vexve Oy. 2010. Lämpäventtiilin käyttöohje. Sastamala: Vexve Oy.

# **LIITTEET**

Liite 1. Venttiilien käyttölaitteiden suositellut kokonaistoiminta-ajat

Liite 2. Modbus-muuttujat

Liite 3. Kaukolämpöverkko

Liite 4. Ilmoitus tehtävistä töistä

Liite 5. Ilmoitus lämmöntoimituksen keskeytymisestä

Liite 6. Asennuskohteet

Liite 7. Sulkualueet

## Kaukolämpöverkon sulkulaitteiden käyttötekninen suunnittelu

Venttiilien käyttölaitteiden (myös käsikäyttö) suositeltavat kokonaistoiminta-ajat *							
	Venttiilikoko, DN						
	700-800	500-600	300-400	200-250	125-150	65-100	20-50
	Kokonaistoiminta-aika, sekuntia						
- Läppäventtiili	600	360	240	120			
- Palloventtiili	600	360	240	120	60	30	15

\* **Huom!** Ajat on minimiaikoja ja pitkissä vähähaaraisissa siirto- ja yhdysjohdoissa on syytä käyttää 1,5...2 -kertaisia toiminta-aikoja

Sevo Meno	Station 190	Block adr	OB adr.	SCADA IND		LIITE 2/1
				10	Vent tilatieto	
		0		11	Auki ohjaus	
		1		12	Kiinni ohjaus	
				13	Stop ohjaus	
		3		14	Kuittaus	
				15	Ohjauksen tila Auto/Käsi	
				16	Auto tila ohj	
				17	Käsi tila ohj	
		30	9	18	Ohjaus kytkimen tila	Local/Remote
				19	Valinta näytöllä	
				20	Ad	
		34		21	Ventiili asentotieto	0-100%
				22	Ventiili ohjearvon näyttö	
				23	ei ole	
				24	Ad	
				25	ei ole	
		30	2	26	Toiminta häiriö	Summahäiriö
				27	Suojaushäiriö	
				28	Varalla	
				29	Varalla	
		30	11	110	Ventiilin tilatieto	Auki
		30	10	111	Ventiilin tilatieto	Kiinni

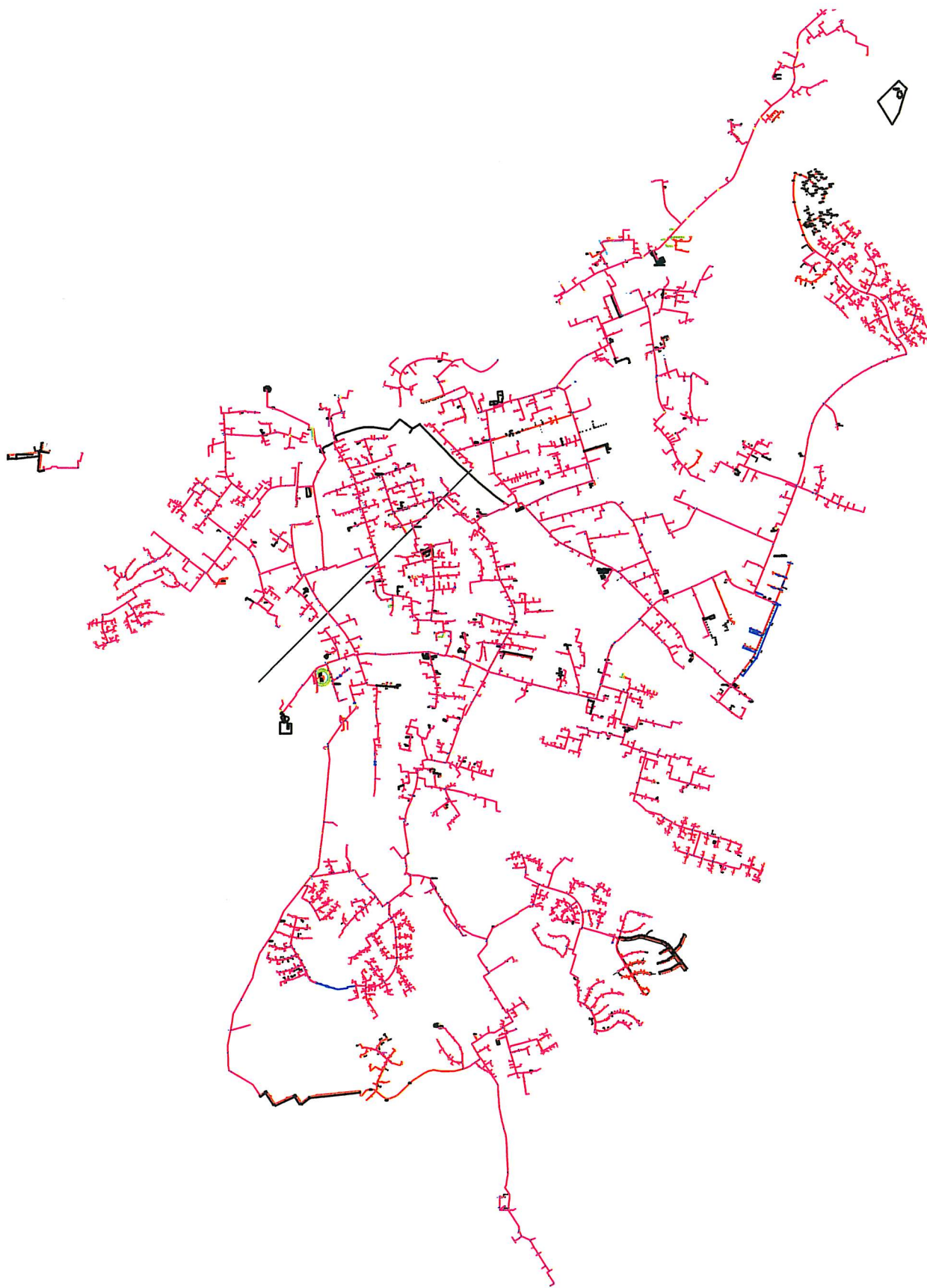
Sevo Paluu	Station 191	Block adr	OB adr.	SCADA IND		
				10	Vent tilatieto	
		0		11	Auki ohjaus	
		1		12	Kiinni ohjaus	
				13	Stop ohjaus	
		3		14	Kuittaus	
				15	Ohjauksen tila Auto/Käsi	
				16	Auto tila ohj	
				17	Käsi tila ohj	
		30	9	18	Ohjaus kytkimen tila	Local/Remote
				19	Valinta näytöllä	
				20	Ad	
		34		21	Ventiili asentotieto	0-100%
				22	Ventiili ohjearvon näyttö	
				23	ei ole	
				24	Ad	
				25	ei ole	
		30	2	26	Toiminta häiriö	Summahäiriö
				27	Suojaushäiriö	
				28	Varalla	
				29	Varalla	
		30	11	110	Ventiilin tilatieto	Auki
		30	10	111	Ventiilin tilatieto	Kiinni

Kivistö Meno	Station 192	Block adr	OB adr.	SCADA IND		Liite 2/2
				10	Vent tilatieto	
		0		11	Auki ohjaus	
		1		12	Kiinni ohjaus	
				13	Stop ohjaus	
		3		14	Kuittaus	
				15	Ohjauksen tila Auto/Käsi	
				16	Auto tila ohj	
				17	Käsi tila ohj	
		30	9	18	Ohjaus kytkimen tila	Local/Remote
				19	Valinta näytöllä	
				20	Ad	
		34		21	Ventiili asentotieto	0-100%
				22	Ventiili ohjearvon näyttö	
				23	ei ole	
				24	Ad	
				25	ei ole	
		30	2	26	Toiminta häiriö	Summahäiriö
				27	Suojaushäiriö	
				28	Varalla	
				29	Varalla	
		30	11	110	Ventiilin tilatieto	Auki
		30	10	111	Ventiilin tilatieto	Kiinni

Kivistö Paluu	Station 193	Block adr	OB adr.	SCADA IND		
				10	Vent tilatieto	
		0		11	Auki ohjaus	
		1		12	Kiinni ohjaus	
				13	Stop ohjaus	
		3		14	Kuittaus	
				15	Ohjauksen tila Auto/Käsi	
				16	Auto tila ohj	
				17	Käsi tila ohj	
		30	9	18	Ohjaus kytkimen tila	Local/Remote
				19	Valinta näytöllä	
				20	Ad	
		34		21	Ventiili asentotieto	0-100%
				22	Ventiili ohjearvon näyttö	
				23	ei ole	
				24	Ad	
				25	ei ole	
		30	2	26	Toiminta häiriö	Summahäiriö
				27	Suojaushäiriö	
				28	Varalla	
				29	Varalla	
		30	11	110	Ventiilin tilatieto	Auki
		30	10	111	Ventiilin tilatieto	Kiinni

Areena Meno Station 194	Block adr	OB adr.	SCADA IND		Liite 2/3
			10	Vent tilatieto	
	0		11	Auki ohjaus	
	1		12	Kiinni ohjaus	
			13	Stop ohjaus	
	3		14	Kuittaus	
			15	Ohjauksen tila Auto/Käsi	
			16	Auto tila ohj	
			17	Käsi tila ohj	
	30	9	18	Ohjaus kytkimen tila	Local/Remote
			19	Valinta näytöllä	
			20	Ad	
	34		21	Ventiili asentotieto	0-100%
			22	Ventiili ohjearvon näyttö	
			23	ei ole	
			24	Ad	
			25	ei ole	
	30	2	26	Toiminta häiriö	Summahäiriö
			27	Suojaushäiriö	
			28	Varalla	
			29	Varalla	
	30	11	110	Ventiilin tilatieto	Auki
	30	10	111	Ventiilin tilatieto	Kiinni

Areena Paluu Station 195	Block adr	OB adr.	SCADA IND		
			10	Vent tilatieto	
	0		11	Auki ohjaus	
	1		12	Kiinni ohjaus	
			13	Stop ohjaus	
	3		14	Kuittaus	
			15	Ohjauksen tila Auto/Käsi	
			16	Auto tila ohj	
			17	Käsi tila ohj	
	30	9	18	Ohjaus kytkimen tila	Local/Remote
			19	Valinta näytöllä	
			20	Ad	
	34		21	Ventiili asentotieto	0-100%
			22	Ventiili ohjearvon näyttö	
			23	ei ole	
			24	Ad	
			25	ei ole	
	30	2	26	Toiminta häiriö	Summahäiriö
			27	Suojaushäiriö	
			28	Varalla	
			29	Varalla	
	30	11	110	Ventiilin tilatieto	Auki
	30	10	111	Ventiilin tilatieto	Kiinni





### Putket > DN100

Liite 3/2

Seinäjoen Energia Oy  
Flowra

Verkkokuva  
Tunnus: JÄTE

Selite:

Mittakaava 1 : 50000  
Tuloste: VERKKO

28.01.2011  
Sivu:1



### Putket > DN250

Liite 3/3

Seinäjoen Energia Oy

Verkkokuva

Mittakaava 1 : 50000

28.01.2011

Flowra

Tunnus: JÄTE

Selite:

Tuloste: VERKKO

Sivu:1

Painehäviö/pituus



0.1 (bar/km)



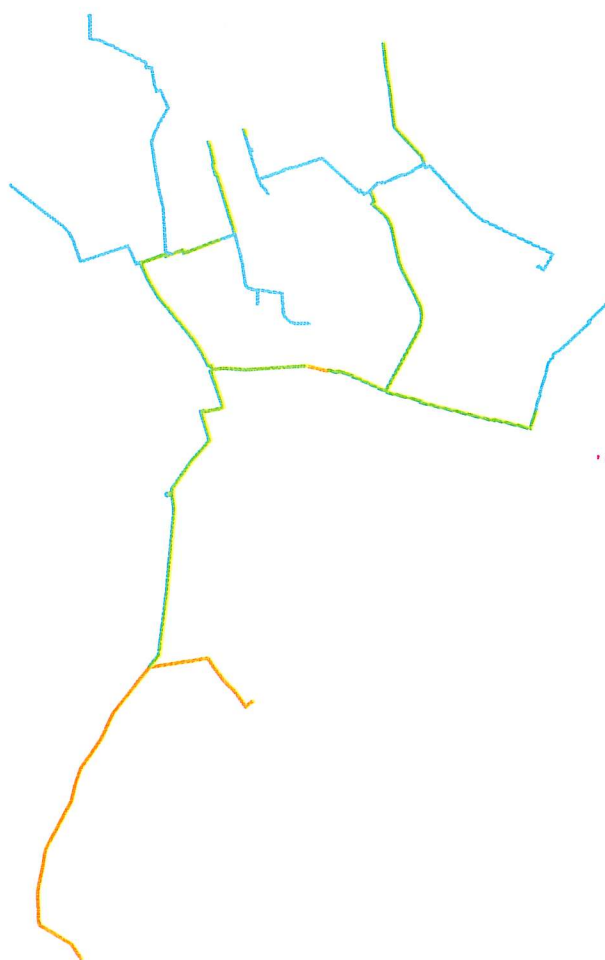
0.5 (bar/km)



2.0 (bar/km)



10.0 (bar/km)



Seinäjoen Energia Oy  
Kaukolämpö  
Varastotie 5  
60100 Seinäjoki

TIEDOKSI

Liite 4

24.6.2010

Tarhakartano As. Oy  
Tarhatie 2  
60100 Seinäjoki

Seinäjoen Energia Oy sijoittaa asuntoyhtiön tekniseen tilaan kaukolämpöverkon ohjaukseen vaadittavaa laitteistoa kaukolämmön liittymis- ja lämmöntoimitusehtojen mukaisesti. Pihan poikki kaivetaan kaivanto, pituudeltaan 29m, johon sijoitetaan sähkökaapeli.

Sähköliittymä tehdään nykyiseen sähkötilaan, jonne asennetaan kWh mittaus. Liittymän käytön aikainen huipputeho on 0,12kW. Laitteita käytetään noin 10 kertaa vuodessa, jolloin käytön aika on noin 2min. Syöttö otetaan pääkeskuksesta pääsulakkeen jälkeen, mittaamattomasta virrasta kytkentäkiskostosta, jolloin kytkentä ei vaikuta muihin mittauksiin millään tavalla.

Laitteiston sähkön kulutus on niin vähäinen, että se ei vaikuta talossa tehtäviin mahdollisiin laajennuksiin.

Asiaa Seinäjoen Energialla hoitaa Tatu Luoma puh. [redacted] [tatu.luoma@seinajoki.fi](mailto:tatu.luoma@seinajoki.fi)

Ystävällisin terveisin  
  
**Seinäjoen  
Energia Oy**

Mikko Mursula

Yksikön johtaja

Seinäjoen Energia Oy.



## **ILMOITUS LÄMMÖNTOIMITUKSEN KESKEYTYKSESTÄ**

Kiinteistöenne lämmön jakelussa on keskeytys kaukolämmön muutostöistä johtuen.

Aika                     xx.xx.201x – xx.xx.201x                    

Arvioitu kesto                     klo 0.00 – 0.00                    

Kiinteistöstänne katkeaa lämmitys ja lämpimän käyttöveden jakelu. Kylmä vesi

on käytössä katkon aikana

ei ole käytössä katkon aikana

Pyrimme saamaan keskeytyksen mahdollisimman lyhyeksi. Lämpö voidaan kytkeä edellä mainituista ajoista poiketen.

Pahoittelemme aiheuttamaamme häiriötä.

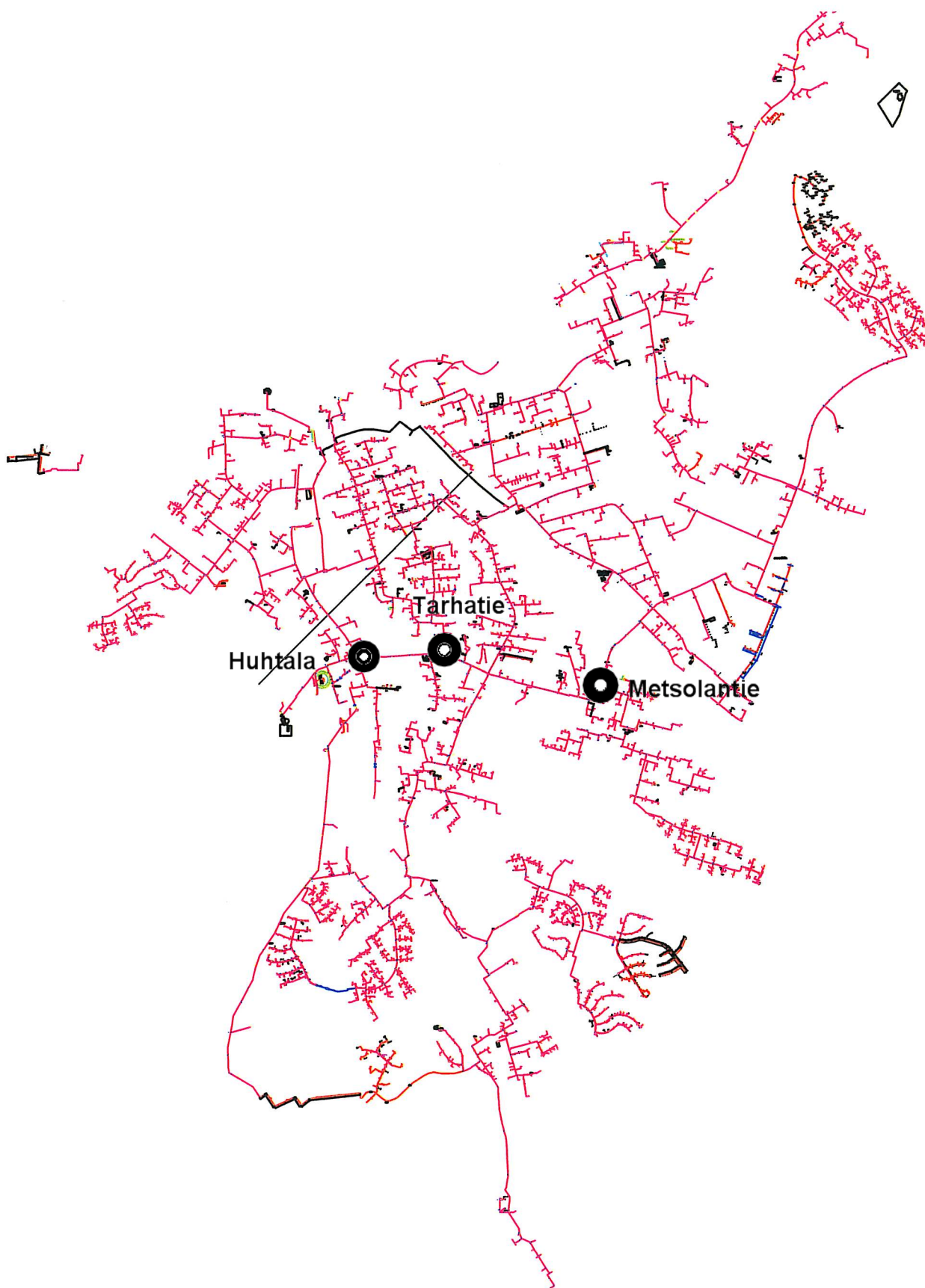
Lisätietoja           Vikapäivystys          

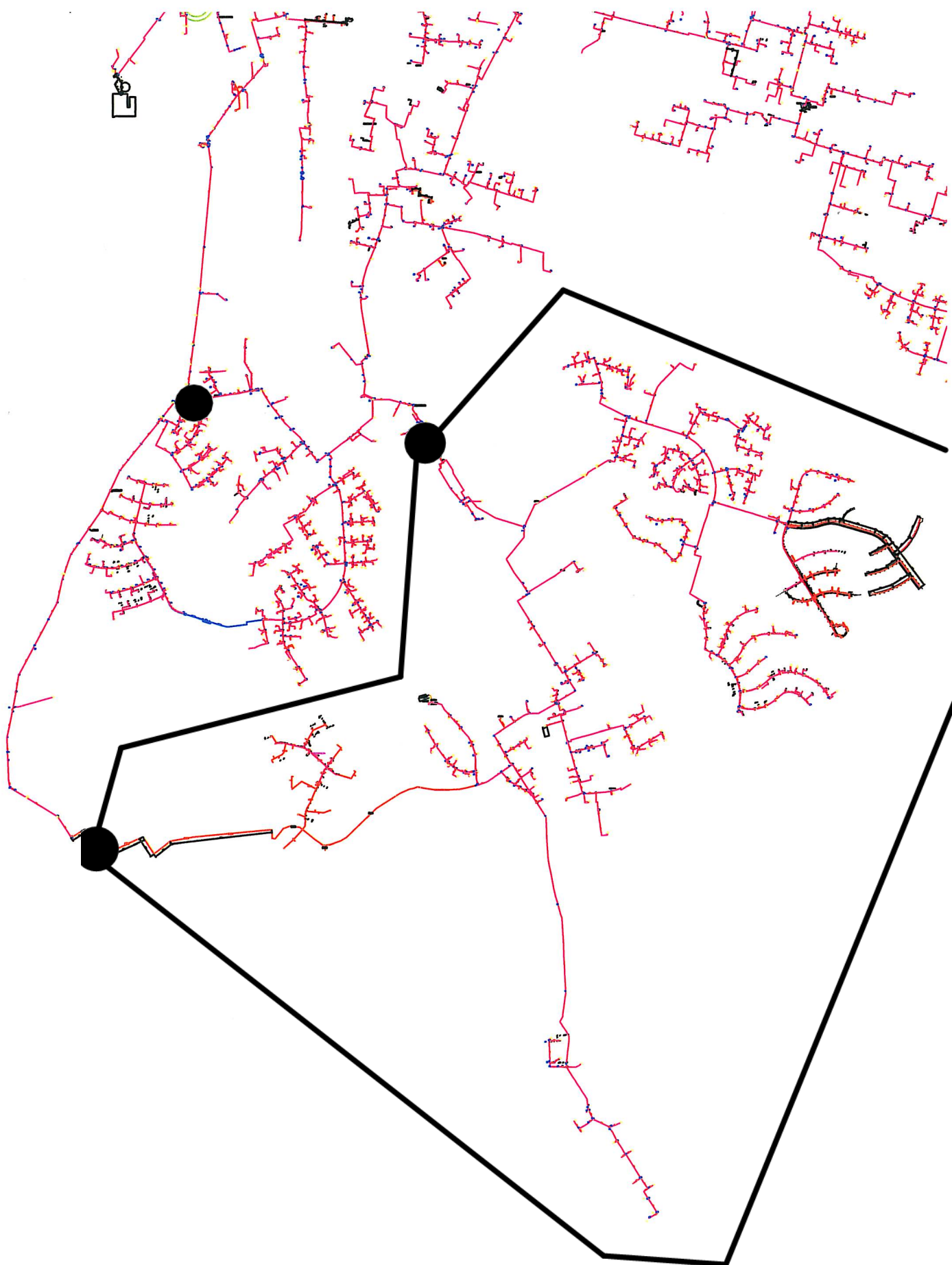
Puhelin           06- 4231584          

Tiedotamme lämmöntoimituksen keskeytyksistä myös yrityksemme internet-sivuilla:

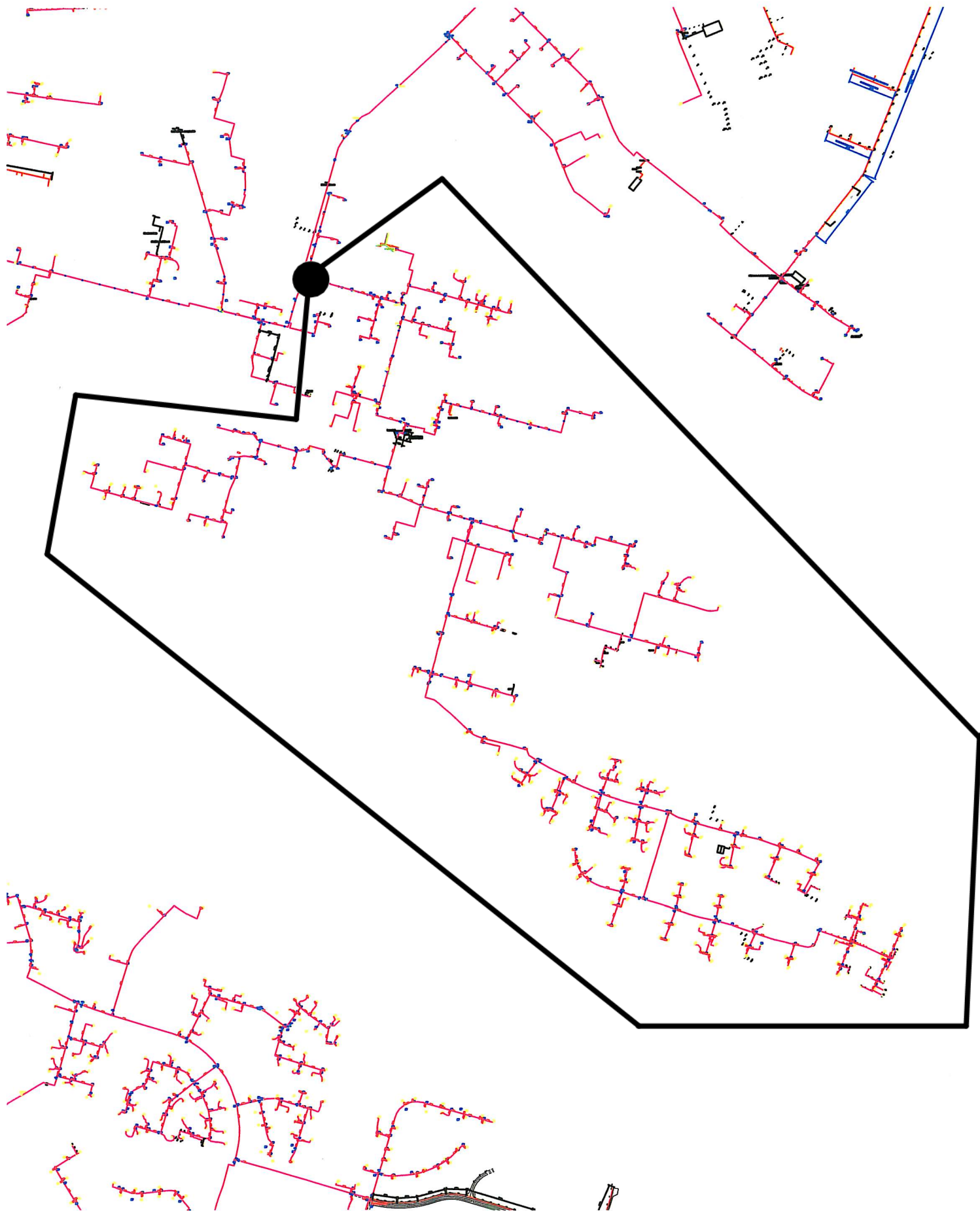
[www.seinajoenenergia.fi](http://www.seinajoenenergia.fi)

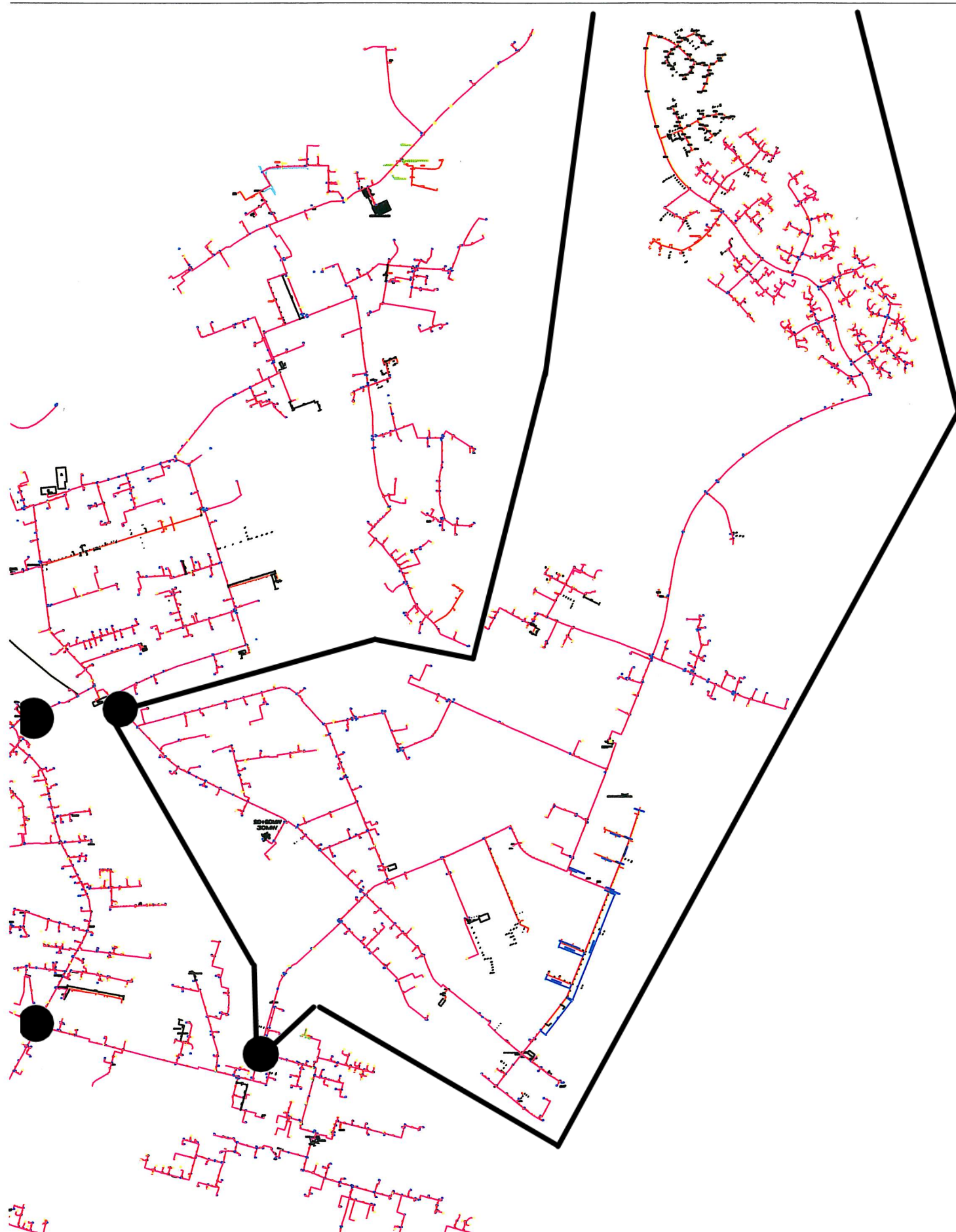
Seinäjoen Energia Oy



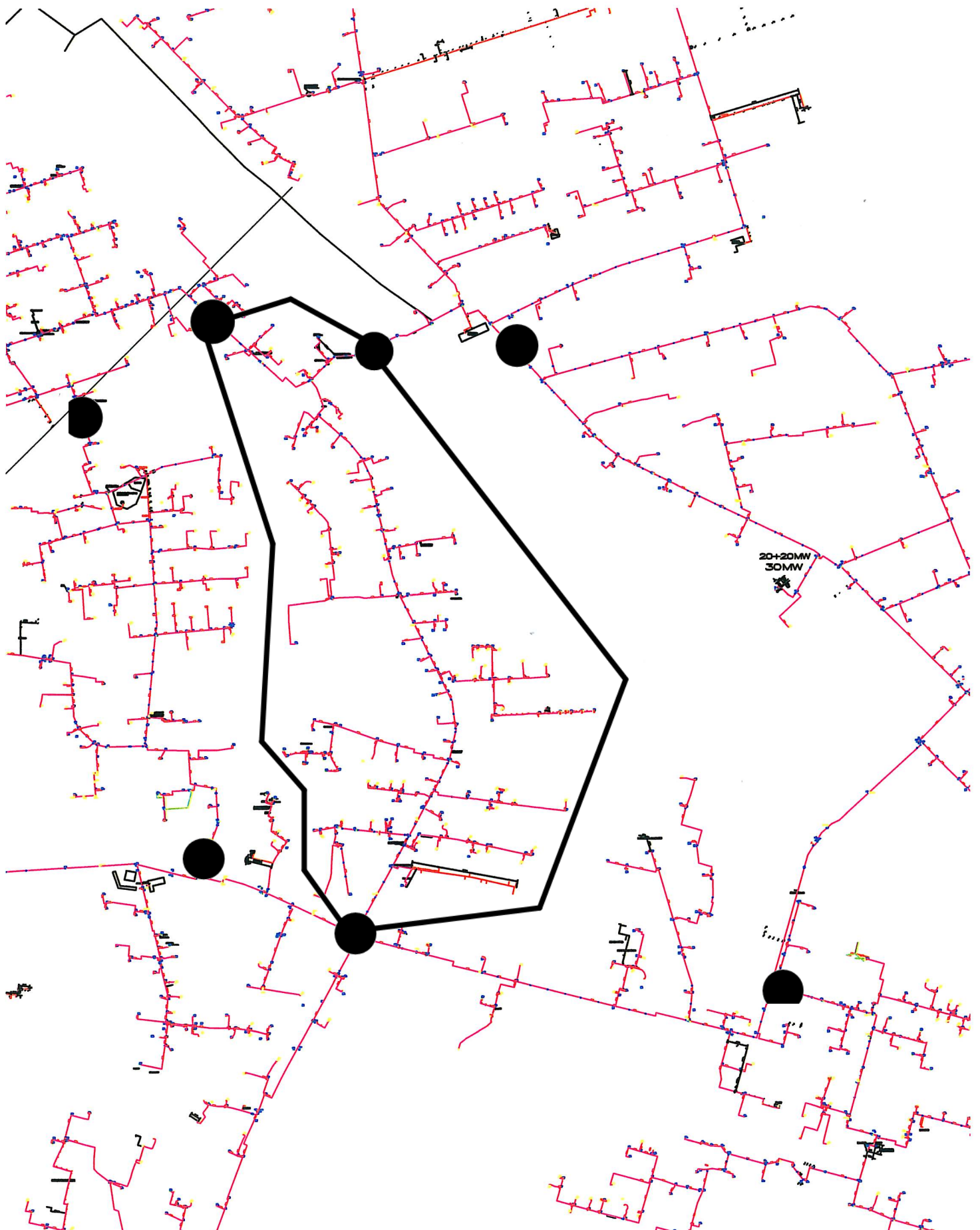












20+20MW  
30MW

