

# **Yhteinen kunnallistekninen työmaa ja suuret kaukolämpöjohdot**

**Yhteisrakentamisen kehittäminen Lahdessa**

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Heikinoja, Annika	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2022
	Sivumäärä 74	
Työn nimi <b>Yhteinen kunnallistekninen työmaa ja suuret kaukolämpöjohdot</b> Yhteisrakentamisen kehittäminen Lahdessa		
Tutkinto Insinööri (AMK)		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Harri Mäki-Saari, verkkopäällikkö, Lahti Energia Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa isojen kaukolämpölinjojen rakentamisen haasteita kunnallisteknisillä yhteisillä työmailla sekä löytää kehitysideoita yhteistoiminnan kehittämiseksi. Isoilla kaukolämpöjohdoilla tarkoitetaan Lahden mittakaavassa suuria kaukolämpörakenteita. Haasteita tarkasteltiin Lahden yhteisrakentamismallin pohjalta. Tavoitteena oli tuoda myös yhteisrakentamismallia tunnetuksi Lahdessa, koska mallin parissa toimineet henkilöt ovat vaihtuneet ja kehitys on jäänyt paikoilleen.</p> <p>Yhteisrakentaminen on viimeisten vuosien aikana yleistynyt tapa rakentaa verkostoinfrastruktuuria. Yhteisrakentamisessa verkosto-operaattorit rakentavat infraa yhteisesti. Sillä saavutetaan merkittäviä etuja kustannuksien, ympäristön sekä kadunkäyttäjien näkökulmasta. Yhteistoimintaan kohdistuu myös ongelmia. Haasteet vaikeuttavat prosessin läpiviemistä ja haittaavat yhteistyötä. Yhteisrakentamista ohjataan lainsäädännöllä, ja rakentamistapa tulee todennäköisesti tulevaisuudessa yleistymään, mikä luo painetta yhteistoiminnan kehittämiseen. Lahdessa kaukolämmön suuret putkikoot lähestyvät myös saneerausikää, mikä luo tarpeen tutkimukselle.</p> <p>Lahden yhteisrakentamismallin nykytilaa kartoitettiin osallistuvalla havainnoinnilla ja mallin haasteita ja onnistumisia teemahaastatteluilla. Haastateltavat edustivat eri osapuolia yhteisrakentamisessa.</p> <p>Tärkeimmät havainnot haasteista kohdistuvat yhteisten toimintamallien epäselvyyteen, aikatauluttamiseen, suunnitelmien yhteensovittamiseen ja kustannusten jakautumiseen. Samalla havaittiin, että monet haasteet kohdistuvat prosessiin eivätkä liity vain suurien kaukolämpölinjojen rakentamiseen. Yhteistoiminnan kehittämiseksi on tärkeää jatkaa aktiivista keskustelua myös jatkossa ja arvioida prosessin heikkouksia ja onnistumisia. Tällöin toimintamalleja voidaan kehittää myös jatkossa.</p>		
Asiasanat yhteisrakentaminen, yhteinen työmaa, kaukolämpö, infrastruktuuri		

## Abstract

Author(s) Heikinoja, Annika	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 74	
Title of Publication <b>Municipal joint construction sites and large district heating pipelines</b> Development of joint construction process in Lahti		
Name of Degree Engineer (UAS)		
Name, title and organization of the client Harri Mäki-Saari, Manager (pipeline networks), Lahti Energia Oy		
Abstract <p>The purpose of the thesis was to identify the challenges of building large district heating pipelines at municipal joint construction sites and to find ideas for developing co-operation. Large district heating lines refer to large-scale district heating structures in Lahti. In the thesis process, the joint construction model was also made known to stakeholders, as the development of the model has stopped due to staff changes.</p> <p>Joint construction has recently become a common way to build infrastructure networks in Finland. In joint construction, different infrastructure networks, such as the electricity network or the water supply network, are built at the same time. Joint construction results in cost savings and causes less harm to the environment and street users. However, there are challenges in the process which make the process and collaboration more difficult. Joint construction is regulated by legislation and will likely become more common in the future, and in Lahti large-size district heating pipes are old and need to be renovated, which will create pressure to develop co-operation.</p> <p>The current state of the Lahti joint construction model was studied by participatory observation. The challenges and successes of the model were clarified through thematic interviews. The interviewees represented different parties in the joint construction.</p> <p>The main challenges were ambiguity in operating models, scheduling, ensuring compatibility of plans and cost allocation. At the same time, it was discovered that many of the challenges relate to the process as a whole and are not limited to the construction of large district heating pipelines. To develop co-operation, it is important to continue the active discussion in the future and to evaluate the weaknesses and successes of the process, so that the operating models can be further developed.</p>		
Keywords joint construction, joint construction site, district heating, infrastructure		

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Tutkimus.....	2
2.1	Toimeksiantaja .....	2
2.2	Tutkimusongelma ja -menetelmät.....	2
3	Kaukolämmitys .....	4
3.1	Kaukolämmitys Suomessa.....	4
3.2	Kaukolämmön jakeluverkko .....	6
3.2.1	Verkon toimintaperiaate.....	6
3.2.2	Kanavarakenteet .....	8
3.3	Verkostorakentaminen Lahdessa.....	15
3.4	Kaukolämpöverkko Lahdessa.....	21
4	Yhteisrakentaminen .....	24
4.1	Yhteisen kunnallisteknisen työmaan määrittely.....	24
4.2	Yhteisrakentamista ohjaava lainsäädäntö.....	25
4.2.1	Yhteisrakentamisdirektiivi .....	25
4.2.2	Laki verkostoinfrastruktuurin yhteisrakentamisesta ja -käytöstä.....	25
4.2.3	M71-määräys.....	27
4.3	Yhteisrakentamisprosessi.....	27
4.4	Yhteisrakentamisen sopimukset .....	32
4.5	Kehitystyö.....	33
5	Lahden yhteisrakentamismallin nykytila .....	35
6	Haasteiden kartoitus kaukolämmön näkökulmasta .....	40
6.1	Teemahaastattelut.....	40
6.1.1	Haastateltavien valinta.....	40
6.1.2	Haastattelun teemat ja eteneminen .....	41
6.1.3	Haastatteluiden analysointiprosessi.....	42
6.2	Haastatteluiden tulokset.....	42
6.2.1	Aikataulu.....	44
6.2.2	Suunnittelu, yhteensovittaminen ja kilpailutus.....	46
6.2.3	Rakentamisvaihe ja rakentamistekniset haasteet .....	49
6.2.4	Kustannukset.....	56
6.2.5	Viestintä ja yhteistyö.....	57
6.3	Johtopäätökset .....	59
6.4	Kehitysehdotukset .....	61

6.5	Jatkotutkimusehdotukset .....	67
7	Luotettavuus .....	68
8	Yhteenveto .....	69
	Lähteet .....	71

## 1 Johdanto

Katu- ja infrarakentamisen trendi on ollut pitkään sekava. Verkosto-operaattorit ovat rakentaneet verkostojaan täysin toisistaan tietämättöminä. Tämä on johtanut tilanteeseen, jossa samaa katua on saatettu saneerattu vuosittain tai huonoimmassa tapauksessa jopa useamman kerran saman vuoden aikana. Verkosto-operaattoreiden rakentamisen organisoinnin puute on kadunkäyttäjille, asukkaille ja yrityksille kuormittavaa. Se on myös rakentajien kannalta tehotonta, koska toimijat maksavat suuria kustannuseriä maanrakennustöistä ja pinnoitteen uusimisesta jokaisella kaivukerralla. Yhteisrakentamisella ja kunnallisteknisten yhteisten työmaiden rakentamismalleilla on pyritty vastaamaan tähän haasteeseen ja kannustettu toimijoita rakentamaan verkostoaan koordinoitusti esimerkiksi kaupungin johtamana.

Yhteisrakentaminen on yleistynyt viimeisten vuosien aikana tietoliikenne- ja rakentamisen tehostamisen vaikutuksesta. Tietoliikenneverkkojen rakentamisen kiihdyttämiseksi on laadittu EU-tasolla yhteisrakentamisdirektiivi ja kansallisella tasolla yhteisrakentamislaki vuonna 2016. Yhteisrakentaminen ja sitä ohjaava lainsäädäntö vaikuttaa kuitenkin kaikkiin verkostorakentajiin. Lainsäädäntö ohjaa voimakkaasti yhteisrakentamiseen, mutta prosessit ja kuntien hankemallit hakevat vielä yhteisesti toimivia hyviä ratkaisuja, jotta yhteisrakentaminen etenisi kaikkien osapuolien kannalta sujuvasti. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom ja Kuntaliitto kehittävät yhteisrakentamista valtakunnallisesti. Valtakunnallisessa keskustelussa pääpaino on kuitenkin prosessikokonaisuudessa ja tele- ja sähköverkkojen yhteisrakentamisen tehostamisessa. Kaukolämpö on jäänyt yhteiskunnallisessa keskustelussa vähemmälle huomiolle. Yhteisrakentamista on tutkittu myös muissa opinnäyte- ja diplomitoissa, mutta ei aikaisemmin kaukolämmön näkökulmasta. Lahdessa kaukolämpöverkkoa rakennetaan kuitenkin paljon osana yhteisrakentamishankkeita ja toimintamalleissa on havaittu haasteita erityisesti isojen kaukolämpölinjojen yhteisrakentamisessa. Lahden nykytilan haasteista syntyi tarve tutkimustyön tekemiselle.

Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Lahti Energia Oy:n kanssa ja se vastaa erityisesti yhtiön tarpeisiin. Tavoitteena on kartoittaa yhteisrakentamisen haasteita kaukolämmön näkökulmasta sekä löytää ideoita toiminnan kehittämiseen Lahdessa. Opinnäytetyön tekijä on työskennellyt Lahti Energialla kaukolämpöverkon suunnittelussa ja rakennuttamisessa kaksi vuotta opintojen ohella, ja hänellä on kokemukseen perustuvaa tietoa erityisesti kaukolämpörakentamisesta.

## 2 Tutkimus

### 2.1 Toimeksiantaja

Työn toimeksiantajana on Lahti Energia Oy, jonka aloitteesta tutkimustyön aihe muodostui. Lahti Energia on lahtelainen energia-alan yhtiö, joka on Lahden kaupungin tytäryhtiö. Yhtiön päätuotteita ovat yhteistuotannolla tuotettu sähkö ja kaukolämpö. Sähkönjakelusta vastaa Lahti Energian tytäryhtiö Lahti Energia Sähköverkko Oy, ja konsernin sähkönmyynnistä huolehtii valtakunnallinen Oomi Energia, jolle Lahti Energian sähkönmyynnin liiketoiminta siirtyi huhtikuussa vuonna 2020. Lahti Energia on tehnyt merkittäviä ratkaisuja tuotantonsa päästöjen vähentämiseksi, ja vuonna 2019 yhtiö luopui täysin kivihiilen käytöstä. Yhtiö jatkaa edelleen työtä uusiutuvien energiamuotojen kehittämiseksi. Lahti Energian liikevaihto oli vuonna 2020 noin 156 miljoonaa euroa ja se työllisti noin 200 henkilöä. (Lahti Energia.)

Yhtiö edustaa sähkön ja lämmön tuotannon sekä energian siirron, jakelun ja myynnin toimialaa. Työn kannalta keskeisin on yhtiön edustama energian siirron ja jakelun toimiala. Kaukolämmön jakelu ja myynti on paikallista toimintaa. Toimialalla lämmönjakelun huippu painottuu talveen mutta rakentaminen on kausiluontoista ja ajoittuu sulan maan aikaan. Ala on pääomavaltaista, ja tulevaisuudessa investointien määrä tulee kasvamaan koko toimialalla. Investointien vahvana ajurina on energiantuotannon päästöjen laskeminen, energiaomavaraisuuden kasvattaminen ja jakeluverkoston toiminnan turvaaminen. (Energiateollisuus.)

### 2.2 Tutkimusongelma ja -menetelmät

Yhteisrakentaminen on nykyajan infrarakentamisen tapa, ja se on yleistynyt viimeisten vuosien aikana. Yhteisrakentamisessa eri verkosto-operaattorit eli esimerkiksi vesihuolto- tai energiaverkkotoimijat rakentavat verkostojaan yhteisesti yhtenä työmaana. Prosessia koordinoi usein kaupunki tai kunta. (Traficom.) Toimintamallit eivät kuitenkaan vastaa täysin nykyisen tekemisen tarpeita ja prosessissa ilmenee haasteita osapuolien välillä.

Lahdessa on havaittu, että isojen kaukolämpölinjojen rakentaminen yhteisillä työmailla on ongelmallista ja prosessi kuormittaa osapuolia. Opinnäytetyön tavoitteena on ymmärtää yhteisrakentamisprosessia sekä prosessin haasteita ja ongelmia suurilla kaukolämpölinjoilla rakennettaessa. Lahti Energian tavoitteena on rakentaa suuria linjoja yhteisillä työmailla myös tulevaisuudessa, koska yhtiön edustajien mielestä katutöiden valmistuminen yhtäaikaaisesti on kaikkien ja erityisesti kadunkäyttäjien kokonaisedun mukaista. Lahti Energia joutuu myös tulevaisuudessa saneeraamaan isoja putkikokoja, mikä muodostaa keskeisen tarpeen tutkimukselle. Tutkimusongelma muotoiltiin kahdeksi tutkimuskysymykseksi:

- Miksi isojen kaukolämpölinjojen rakentaminen yhteisillä työmailla on haasteellista, mitkä ovat keskeisimmät ongelmat ja mistä ne johtuvat?
- Miten yhteisrakentamismallia voidaan kehittää, jotta isojen kaukolämpölinjojen rakentaminen onnistuisi nykyistä paremmin kunnallisteknisillä yhteisillä työmailla?

Tässä kvalitatiivisessa tutkimuksessa yhteisrakentamisella tarkoitetaan kunnallisteknisen yhteisen työmaan kokonaisprosessia hankkeiden ohjelmoinnista ja suunnittelusta valmistamiseen asti. Isoilla kaukolämpölinjoilla tarkoitetaan Lahden mittakaavassa suuria kaukolämpölinjoja eli putkikokoa 2xDN200/400 ja sitä suurempia linjoja.

Tutkimuksen tiedonkeruumenetelminä käytettiin kirjallisuuskatsausta, osallistuvaa havainnointia sekä teemahaastatteluja. Ensinnäkin työssä tutustuttiin työn kannalta merkityksellisiin teorioihin, kuten yhteisrakentamiseen prosessina, sitä ohjaavaan lainsäädäntöön sekä taustoihin ja valtakunnallisesti tehtyyn kehitystyöhön. Tämän lisäksi tutustuttiin kaukolämpöön, kaukolämmön rakentamiseen ja rakentamisen erityispiirteisiin, jotta ymmärretään ja osataan kartoittaa kaukolämmön rakentamisen teknisiä vaatimuksia yhteisillä työmailla.

Muodostettuja tutkimuskysymyksiä tarkasteltiin havainnoimalla Lahden yhteisrakentamisprosessia sekä tutustumalla prosessin nykyiseen malliin. Teoriaan ja malliin tutustumisen jälkeen kartoitettiin kaukolämpörakentamisen haasteita Lahden mallissa. Tutkimusmenetelmänä käytettiin teemahaastatteluja, koska ne mahdollistivat ilmiöön tutustumisen monesta näkökulmasta. Yhteisrakentaminen on vuorovaikutusta, ja eri osapuolien näkemysten ymmärtäminen on keskeistä kokonaisuuden hahmottamisen kannalta. Työssä haastateltiin eri toimenkuvissa olevia henkilöitä haasteiden ja kehitysideoiden löytämiseksi.

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada tietoa isojen kaukolämpölinjojen rakentamisen haasteita yhteisrakentamistyömailla ja löytää kehitysideoita yhteisrakentamiskäytäntöjen parantamiseksi. Tämän lisäksi tavoitteena oli tuoda Lahden yhteisrakentamismallia tunnetuksi. Malli on otettu käyttöön vuonna 2018, mutta se ei ole kaikille alueen toimijoille tuttu. Myös mallin kehittäminen on pysähtynyt, koska henkilöstö on vaihtunut. Kustannusten ja turvallisuuden yksityiskohtainen käsittely rajattiin työn ulkopuolelle ja painopiste on teknisten kehitysideoiden löytämisessä.



### 3 Kaukolämmitys

#### 3.1 Kaukolämmitys Suomessa

Kaukolämmityksellä tarkoitetaan rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan lämmön sekä keskitettyä että hajautettua tuotantoa ja lämmön jakelua jakeluverkostolla lämmönkäyttäjille. Kaukolämmityksessä lämpö tuotetaan keskitetysti yhdessä tai hajautetusti useammassa voimalaitoksessa tai lämpökeskuksessa. Kaukolämpöä tuotetaan yleensä sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa eli CHP-laitoksissa tai lämpökeskuksissa, joiden polttoaineena voi olla puu tai muut uusiutuvat polttoaineet, maakaasu, kivihiili, turve tai öljy. Viimeisten vuosien aikana on siirrytty käyttämään vähäpäästöisiä ja ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja fossiilisille polttoaineille ja lisätty uusiutuvien polttoaineiden osuutta sekä polttoon perustumattomien lämmönlähteiden hyödyntämistä kaukolämmön tuotannossa. (Energiateollisuus 2022a.) Tuotettu lämpö siirretään lämmönkäyttäjille jakeluverkostolla, ja lämmön siirtoaineena voidaan käyttää vettä tai höyryä. Rakennukset liitetään kaukolämpöverkkoon lämmönjakokeskuksella, jossa kaukolämpövedestä siirretään lämpöä rakennuksen omaan lämmitysjärjestelmään lämmönvaihtimella. Suurin osa kaukolämmitetyistä rakennuksista on asuintaloja, mutta niiden lisäksi lämmönkäyttäjiä eli asiakkaita voivat olla esimerkiksi teollisuuslaitokset, liikerakennukset ja julkiset rakennukset. (Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, 25.)

Suomessa kaukolämmitys on aloitettu 1950-luvulla mutta lämmitysmuoto yleistyi erityisesti 1970- ja 1980 -luvulla. Ensimmäinen kaukolämpöjärjestelmä on kuitenkin Suomessa rakennettu jo 1940-luvulla Helsingin olympiakylään, mutta 50-lukua on pidetty yleisesti kaukolämmityksen aloittamisen vuosikymmenenä. Tuolloin kaukolämmitys aloitettiin Helsingin kaupunkialueella. 1970-luvun energiakriisi vauhditti kaukolämmön yleistymistä Suomessa. Kaukolämmön edut huomattiin ja kaukolämmön avulla voitiin myös vähentää energian tuontiriippuvuutta. 80-lvulla kaukolämpöverkkoja rakennettiin laajasti, ja 90-luvulla kaukolämmitys oli jo vakiintunut taajamien lämmitysmuoto. (Koskelainen ym. 2006, 34–35.)

Kaukolämmitys on Suomessa yleisin lämmitysmuoto ja se on merkittävä lämmitysmuoto erityisesti kaupunki- ja taajama-alueilla. Asuin- ja palvelurakennuksissa kaukolämmityksen markkinaosuus on noin 45 %. (Energiateollisuus 2022b, 16–17.) Suurimmissa kaupungeissa kaukolämmityksen osuus voi olla yli 90 % rakennuksien käyttämästä lämmitysenergiasta (Koskelainen ym. 2006, 5). Energiateollisuuden kaukolämpötilaston mukaan kaukolämpöä käytettiin Suomessa 30 100 GWh vuonna 2020 ja samana vuonna asuintalojen osuus käytöstä oli 55 %, teollisuusyritysten 9 % ja muiden asiakkaiden osuus 36 %.

Kaukolämpöön liitetyjä rakennuksia oli vuonna 2020 yhteensä 157 300 kappaletta ja määrä kasvoi 1,2 % edelliseen vuoteen verrattuna. Kaukolämpöverkon kokonaispituus Suomessa oli 15 570 kilometriä vuoden 2020 lopussa ja verkon pituus kasvoi edelliseen vuoteen verrattuna noin 0,9 %. (Energiateollisuus 2022c,1.) Kun verrataan Energiateollisuuden kaukolämpötilastoja vuosien 2014–2019 ajalta, kaukolämpöverkon pituus on kasvanut tasaisesti vuosittain noin 2 %, mikä vastaa verkon pituuden kasvua noin 300 kilometrillä vuodessa (Energiateollisuus 2022d).

Energia-ala on globaalisti suuren murroksen edessä, koska ilmastonmuutoksen torjuminen pakottaa energiantuotantoa siirtymään fossiilisten polttoaineiden käytöstä ilmastoystävälliseen tuotantoon. Energiatehokkuustoimet ovat myös keskeisessä asemassa, koska nekin vaikuttavat energia- ja kaukolämpöalan muutokseen. Ollikaisen (2021) mukaan fossiilisia polttoaineita on pyritty korvaamaan uusiutuvilla biopolttoaineilla. Viimeisten vuosien aikana keskustelu on ohjautunut myös polttoon perustuvien ratkaisujen vähentämiseen lämmöntuotannossa. Biomassalla tulee varmasti olemaan merkittävä rooli tulevaisuuden Suomen energiantuotannossa, mutta biomassan määrä on rajallinen tulevia tarpeita ajatellen. Tämän seurauksena Suomessa vaaditaan polttoon perustuvien uusiutuvien energiantuotantomuotojen rinnalle täydentäviä ratkaisuja. Myös lämpösektori on sähköistymässä ja se avaa tuotantoon uusia mahdollisuuksia. Uudet ratkaisut tulevat vaikuttamaan merkittävästi myös kaukolämmön tulevaisuuden tuotantomuotoihin ja tuotantorakentamiseen.

Kaukolämmön tuotanto on tällä hetkellä kohtalaisen vähäpäästöistä ja hiilineutraalia valtakunnallisella tasolla. Vuonna 2020 kaukolämmön tuotannosta noin 56 prosenttia tuotettiin hyödyntämällä uusiutuvia energialähteitä tai hukkalämpöjä. Polttoon perustuvat tuotantomuodot kattoivat noin 86,5 % tuotannosta, josta biomassan osuus oli noin 46,5 %. (Energiateollisuus 2022b, 10–11.) Ennusteiden mukaan polttamisen osuus tulisi laskemaan kaukolämmön tuotannossa vuoteen 2030 mennessä noin 80 %:iin ja vuoteen 2040 mennessä noin 65 %:iin (Leskelä 2019, 9–10). Polttamista korvaavia ratkaisuja olisivat hukkalämmöt ja uudet teknologiat, kuten geoterminen energia ja ydinkaukolämpö. Ydinkaukolämpö on pitkän aikavälin uusi teknologia, jossa pienydinvoimaloiden eli SMR-reaktoreiden avulla tuotetaan kaukolämpöä. Ydinkaukolämmön tuotanto edellyttää kuitenkin lainsäädännöllisiä muutoksia, ja ydintekniikan yleinen hyväksyttävyyys yhteiskunnassa vaikuttaa myös tuotantomuodon käyttöönottoon. (Rauhamäki 2021.) Leskelän (2019, 9) mukaan edellä mainittujen uusien teknologioiden lisäksi kaukolämpöä voidaan tulevaisuudessa tuottaa esimerkiksi aurinkolämmöllä tai vetyteknologiaa hyödyntämällä. Tällä hetkellä on myös useita esimerkkejä hukkalämmön, teollisuuden prosessilämpöjen ja lämpöpumppujen hyödyntämisestä kaukolämmön tuotannossa. Uusien tekniikoiden käyttöönotto

edellyttää muutoksia myös olemassa olevassa kaukolämpöverkossa, ja laitoksiin liittyvät muutokset edellyttävät usein suurien kaukolämpöjohtojen rakentamista.

Kaukolämmitys tulee tulevaisuudessa kilpailemaan voimakkaasti muiden lämmitysmuotojen ja erityisesti rakennuskohtaisten kehittyvien lämmitysjärjestelmien kanssa. Kaukolämmön kulutus tulee myös tulevaisuudessa laskemaan, koska energiatehokkuustoimien myötä uudet rakennukset ovat energiatehokkaita ja lämpöenergian tarve laskee. Energiatehokkuustoimet tulevat näkymään tulevaisuudessa myös kaukolämpöverkkojen lämpötilan alentamisena. Globaalisti vallalla oleva kaupungistumisen megatrendi näkyy kuitenkin myös Suomessa ja kaupungistuminen toisaalta lisää kaukolämmön kysyntää. (Leskelä 2019, 10). Kaukolämpö on kuitenkin Suomessa merkittävä lämmitysmuoto ja tulee varmasti säilymään erityisesti taajamissa merkittävänä lämmitysmuotona myös jatkossa. Eri-laisten lämmityksen hybridiratkaisujen yleistyessä kaukolämpöä käytetään peruslämmönlähteenä, ja tulevaisuuden myös kaksisuuntaiset kaukolämpöverkot ovat mahdollisia. Kaksisuuntainen kaukolämpöverkko mahdollistaa lämmön myynnin kaukolämpöverkkoon, mikä tuo kaukolämmölle uusia mahdollisuuksia niin asiakkaiden kuin yhtiöiden kannalta. Tulevaisuudessa verkostojen rakentaminen jatkuu ja verkostojen saneerausiän täytyessä verkoston perusparantaminen lisääntyy. (Mäki & Paiho 2018.)

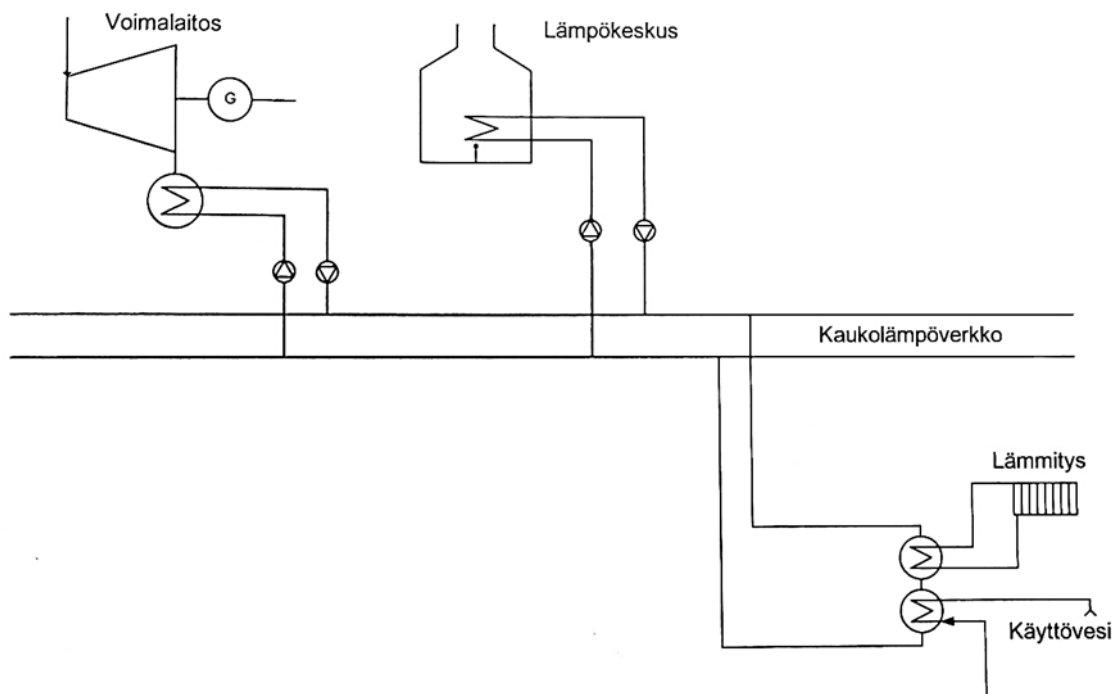
## 3.2 Kaukolämmön jakeluverkko

Kaukolämpöjärjestelmä koostuu kolmesta pääelementistä: lämmöntuotantolaitokset, kaukolämmön jakeluverkko sekä asiakaslaitteet (Mäkelä & Tuunanen 2015, 17). Tutkimustyön kannalta kaukolämmön jakeluverkon periaatteen ja rakenteen ymmärtäminen on keskeistä, joten painopiste on sen käsittelyssä.

### 3.2.1 Verkon toimintaperiaate

Suomessa kaukolämmityksen jakeluverkostot ovat rakenteeltaan 2-putkijärjestelmiä, jotka muodostuvat meno- ja paluuputkesta. Kuviossa 1 on esitetty kaukolämpöverkon perusperiaate. Kuuma kaukolämpövesi pumpataan voimalaitokselta menoputkea pitkin asiakkaalle. Kaukolämpövesi luovuttaa lämpöenergiaa asiakkaan lämmönjakokeskuksen lämmönsiirtimissä, ja jäähtynyt vesi johdetaan paluuputkella takaisin voimalaitoksella lämmitettäväksi. Suomessa kaukolämpöverkosto on suljettu- ja epäsuora järjestelmä, jossa kaukolämpövesi kiertää ensiöpiirissä ja siirtää lämpöä asiakkaan omaan verkkoon eli toisiopiiriin. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 18.) Kaukolämpöverkossa kiertävä vesi on käsiteltyä kaukolämpövettä. Siitä on poistettu mekaanisia epäpuhtauksia, jotta epäpuhtaudet eivät pääse kerääntymään putkistoon aiheuttaen tukoksia. Tämän lisäksi kiertovedestä

poistetaan happi ja muut kaasut, jotta ne eivät aiheuta korroosioita teräsputkessa. (Koskelainen ym. 2006, 44.)



Kuvio 1. Kaksiputkijärjestelmän periaatekuva (Koskelainen ym. 2006, 43)

Jakeluverkosto muodostuu siirtojohtoista, runkojohtoista ja talojohdoista. Siirtojohdot ovat verkon suurimmat putkirakenteet ja ne yhdistävät lämmöntuotantolaitokset runkojohtoihin. Siirtojohdot ovat koko verkon toiminnan kannalta kriittisiä päälinjoja. Eri alueiden välisiä linjoja voidaan myös kutsua siirtojohtoiksi. Siirtolinjoista haarautuu runkojohtoja, jotka jakavat lämpöä aluekokonaisuuksille. Runkolinjoista voi lähteä vielä erillisiä jakelujohtoja, jotka vastaavat tarkoitukseltaan runkolinjoja mutta pienessä koossa. Runko- ja jakelujohtoista haarautuu talojohdota, jotka yhdistävät rakennukset ja asiakkaat kaukolämpöverkkoon. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 50–51.)

Verkostoon kuuluu putkien lisäksi myös erilaisia verkostolaitteita. Jotta kaukolämpövesi saadaan kiertämään halutulla tavalla ja asiakkaille saadaan vaadittu paine-ero, verkkoon tarvitaan pumppaamoita. Pumppaamoiden lisäksi verkostossa on verkon hallinnan ja käytön kannalta tärkeitä osia, kuten sulk-, ilmanpoisto- ja tyhjennysventtiilit sekä lämpölaajenemisen hallintaan tarvittaessa käytettävät kiintopisteet ja liikuntaelementit. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 51.)

Kaukolämpöverkon käyttöikä on noin 50 vuotta. Kaukolämpöverkon mitoituspaine on 1,6 MPa eli 16 baaria, ja verkon menoveden suunnittelulämpötila on maksimissaan jatkuva 120 °C. Nykyaikaisissa kanavarakenteissa sallitaan hetkellisesti myös 140 °C. (Energiateollisuus 2018, 5, 9.) Verkoston säätämiseen vaikuttavat meno- ja paluuputken välinen paine-ero sekä verkoston menoveden lämpötila. Kiertoveden lämpötila vaihtelee vuodenajan, ulkolämpötilan ja asiakkaiden tarvitseman lämpötehon mukaan, ja menoveden lämpötilaa säädetään voimalaitoksilla sekä lämpökeskuksilla. Tarpeettoman korkeaa lämpötilaa pyritään välttämään, jotta lämpöhäviöt voidaan minimoida. Menoveden lämpötila vaihtelee 70 °C -120 °C välillä, ja paluueden lämpötila vaihtelee tyypillisesti 25°C-45 °C välillä. Paluueden lämpötilaan vaikuttaa asiakkaiden lämpöenergian tarve ja vallitsevat sääolosuhteet. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 17–18, 22, 28.)

Jakeluverkoston mitoitusperiaatteena on tarvittavan lämpötehon siirtäminen laitoksilta asiakkaille jokaisessa käyttötilanteessa. Asiakkaille paine-eron tulee olla aina vähintään 60 kPa eli 0,6 baaria. Lämpötehoon vaikuttaa kaukolämpöveden tiheys, virtaama, ominaislämpökapasiteetti sekä jäähtymä eli meno- ja paluueden välinen lämpötilaero. Kierrätettävä vesivirta eli virtaama vaikuttaa tarvittavaan johtokokoon, mutta virtaamaan vaikuttavia tekijöitä ovat myös lämpöteho sekä jäähtymä. Asiakkaan tarvitsemaan lämpötehoon yhtiö ei pysty vaikuttamaan, joten yleensä verkostoon pyritään saamaan mahdollisimman suuri jäähtymä. Sen avulla tarvittavaa virtausta ja putkidimensiota voidaan pienentää. (Energiateollisuus 2018, 5–6.)

Suomessa on myös matala- ja aluelämpöverkkoja, jotka eroavat teknisiltä ominaisuuksiltaan hieman tavanomaiseen kaukolämpöverkkoon verrattuna. Matala- ja aluelämpöverkoissa kiertoveden lämpötila on enintään 80 °C, jos putkimateriaalina on muovi. Poikkeustapauksissa lämpötila voi olla myös 90 °C tai 100 °C. Maksimipaine vaihtelee 0,4–1 MPa eli 4–10 baarin välillä. Joissakin aluelämpöverkoissa kiertovesi kiertää myös toisiopuolen piirissä. Matalalämpöverkkojen etuna on pienemmät lämpöhäviöt tavanomaiseen verkostoon verrattuna. Matalalämpöverkot vastaavat energiatehokkuusvaatimukseen ja tästä syystä niitä saatetaan nähdä enemmän tulevaisuudessa. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 56.)

### 3.2.2 Kanavarakenteet

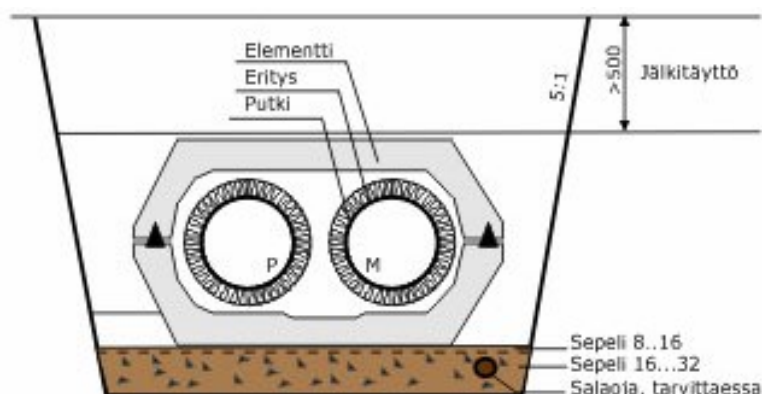
Kaukolämpöverkkoja on rakennettu Suomessa 50-luvulta lähtien. Noin 70-vuotisen kaukolämmön historian aikana Suomessa on käytetty useita erilaisia jakeluverkoston kanavarakenteita eli kanavatyyppejä. Kanavatyyppit voidaan jakaa karkeasti neljään ryhmään: betonikanavarakenne, kiinnivaahdotetut putkijärjestelmät, vapaasti liikkuvat muoviputkijärjestelmät sekä joustavat putkijärjestelmät. Nykyään rakennetaan vain kiinnivaahdotettuja järjestelmiä ja joustavia putkijärjestelmiä poikkeustapauksissa mutta vanhoja putkityyppejä

on edelleen käytössä erityisesti siirtojohdoissa. (Adato Energia 2020a.) Virtausputkien materiaalina käytetään pääasiassa terästä, mutta myös kuparista ja muovista valmistetuja putkia on käytössä (Mäkelä & Tuunanen 2015, 56, 60). Eri kanavatyyppien tiedostaminen on myös rakentamisen kannalta tärkeää, koska kanavatyypeissä liitokset toteutetaan hieman erilaisilla teknisillä ratkaisuilla tai ne vaativat erilaisten yksityiskohtien huomiointia. Käydään seuraavaksi läpi muutamia putkityyppejä keskittyen kuitenkin erityisesti nykyään rakennettaviin rakenteisiin.

### Betonikanavarakenne

Betonielementtikanavia on rakennettu Suomessa aktiivisesti 1950–1980 -luvuilla. Betonikanavia oli edelleen käytössä vuonna 2018 noin 1000 kilometriä. Niitä on rakennettu erityisesti siirto- ja päärunkojohdoiksi, joten kyseistä kanavarakennetta löytyy nykyään suurista ja lämmön jakelun kannalta kriittisistä siirtojohdoista. (Adato Energia 2020b.)

Betonielementtikananan rakenne (kuvio 2) muodostuu ala- ja yläelementistä, virtausputkista ja lämpöeristeestä. Puolielementtikanavassa on betoninen pohjalaatta ja yläosassa betoninen elementti. Virtausputkina käytetään teräsputkia, jotka ovat betonikuoren sisällä kannakkeiden varassa. Teräsputket ovat eristetty joko mineraalivillalla tai polyuretaanikouruilla mutta myös kevytbetonia on käytetty eristämiseen. Teräsputken lämpöliike ohjataan teräsosien avulla betonikuoren seiniin ja pohjaan. (Koskelainen ym. 2006, 144.)



Kuvio 2. Kokoelementtikanava Emv (Adato Energia 2020b)

Betonikanavarakenteita on useita, ja rakenteissa käytetään erilaisia betonielementtikuoria ja eristemateriaaleja. Yleisin betonikanavarakenne on kokoelementtikanava Emv, jossa on käytetty tehdasvalmisteisia betonielementtejä ja eristeenä mineraalivillaa. Toinen yleisesti käytössä ollut rakenne on Epu, joka vastaa rakenteeltaan muuten Emv-kanavaa, mutta

eristeenä on käytetty polyuretaanikouruja. Muita kanavarakenteita ovat esimerkiksi Epu, Epuk, Wmv, Tmv, Ymv ja Pkb. Taulukossa 1 on kuvattu betonikanavien lyhenteissä käytettyjen kirjainten merkitystä. (Koskelainen ym. 2006, 144.)

<b>Betonielementti</b>	
E	kokoelementtikanava
W	kolmitukinen elementtikanava
T	työpaikalla valettava suorakulmainen kanava
Y	yläelementtikanava, jossa työpaikalla valettava alaosa
P	puolielementtikanava, jossa työpaikalla valettava pohjalaatta
<b>Lämpöeristeet</b>	
mv	mineraalivilla
pu	polyuretaani(vaahto)
kb	kevytbetoni

Taulukko 1. Betonielementtikanavan nimilyhenteet (mukailtu Koskelainen ym. 2006, 137–138)

Nykyaikaisiin kiinnivaahdotettuihin putkiin verrattuna betonielementtikanavien rakentaminen on ollut huomattavasti hitaampaa ja työläämpää. Kanavarakenne on suurikokoinen ja suunnanmuutokset ovat olleet haastavia toteuttaa, koska rakennetta ei ole voinut taivuttaa. Kanavarakenne on myös tuuletettava ja usein tuuletusputkia löytyy kaivojen läheltä. (Koskelainen ym. 2006, 144.)

Betonielementtikanavat ovat herkkiä vaurioille. Tyypillisimmät vauriot ovat aiheutuneet ulkopuolisen veden pääsystä betonikuoren sisään, jolloin vesi on syövyttänyt virtausputkiin reikiä aiheuttaen verkostoon vuotoja. Ulkopuolinen vesi pääsee rakenteeseen yleensä betonikuoren saumoista tai linjan lähellä tapahtuvan maarakennustyön aiheuttamasta elementtivauriosta. Kastunut mineraalivillaeriste heikentää myös eristyskykyä. (Adato Energia 2020b.)

### **Vapaasti liikkuvat muovikuoriset putkijärjestelmät**

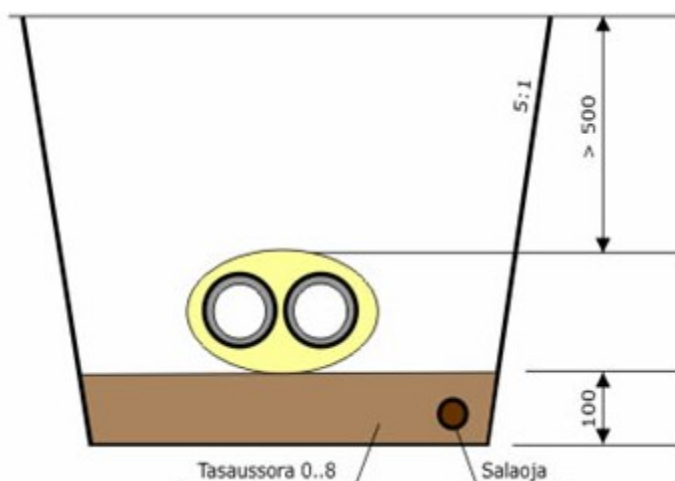
Muovikuorisia vapaasti liikkuvia putkijärjestelmiä on rakennettu Suomessa 1950–1980-luvuilla. Myöhemmin johtotyyppiä on rakennettu pääasiassa korjaus- ja perusparannuksessa. Vuonna 2018 putkityyppiä on kuitenkin ollut vielä käytössä noin 900 kilometriä. Putkijärjestelmästä käytetään myös lyhenteitä Mpul, 2Mpul ja Fiskatherms. Taulukossa 2

on kuvattu muovisuojaoriputkien lyhenteissä käytettyjen kirjainten merkitystä. (Adato Energia 2020c.)

<b>Ulkokuori</b>	
M	johtoelementin yleensä polyeteenimuovinen ulkokuori
<b>Lämpöeristeet</b>	
pu	polyuretaanivaaho
pe	vaahdotettu polyeteeni
mv	mineraalivilla
<b>Rakenne</b>	
k	putket kiinni eristyksessä
l	putket liikkuvat

Taulukko 2. Muovisuojaoriputkien nimilyhenteet (mukailtu Koskelainen ym. 2006, 137)

Kanavarakenne vastaa läheisesti nykyaikaista kiinnivaahdotettua kanavarakennetta. Rakenne muodostuu teräksisistä virtausputkista, jotka pääsevät liikkumaan vapaasti polyuretaanieristeessä lämpötilavaihtelujen aiheuttaman lämpölaajenemisen mukaan (kuvio 3). Polyuretaanieristeeseen on liitetty kiinteästi polyeteenistä valmistettu muovisuojaori. (Koskelainen ym. 2006, 145.)



Kuvio 3. Mpul-rakenne (Adato Energia 2020c)



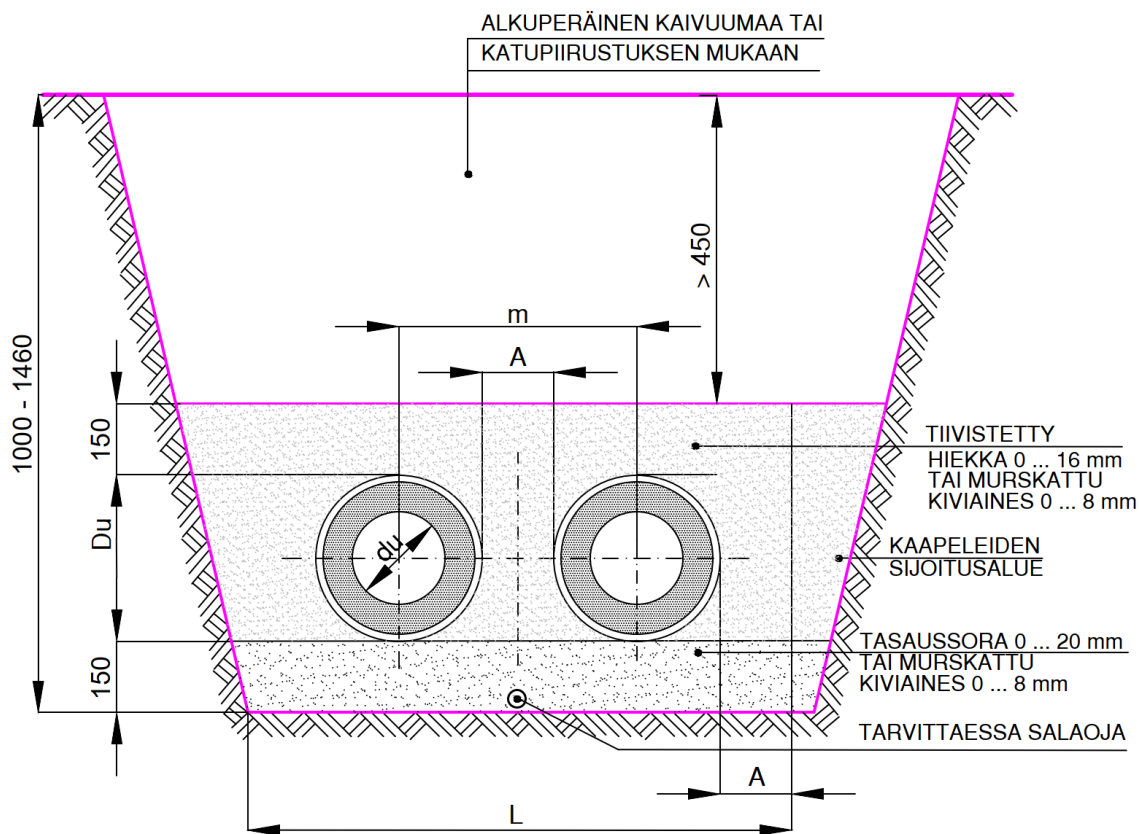
Kanavatyyppi on rakenteeltaan heikko. Muovisuojakuoren liitosrakenteen pettäminen päästää ulkopuolista vettä teräksisten virtausputkien pinnalle, mikä syövyttää putkia. Putken liikkuva rakenne ja väli putken ja eristekerroksen välissä mahdollistaa sen, että vesi pääsee liikkumaan rakenteessa eteenpäin. Tällöin on mahdollista, että ulkopuolinen vesi aiheuttaa korroosiota koko kaivovälillä. Tämän lisäksi eri valmistajien elementit eivät ole yhteensopivia. Vapaasti liikkuvasta kanavarakenteesta pyritään saneerauksessa eroon. (Adato Energia 2020c.)

### **Kiinnivaahdotetut putkijärjestelmät**

Koskelaisen ym. (2006, 138) mukaan kiinnivaahdotettuja putkijärjestelmiä on alettu rakentaa Suomessa 1970-luvulla, ja 1980-luvulla se syrjäytti nopeasti muut käytössä olevat rakenteet. Nykyään se on käytännössä ainoa rakennettava putkityyppi. Suomessa oli vuonna 2018 rakennettu noin 12 000 kilometriä kiinnivaahdotettuja putkijärjestelmiä (Adato Energia 2020d).

Kiinnivaahdotetussa rakenteessa virtausputki on terästä, eristeenä käytetään polyuretaania ja rakennetta suojaa polyeteenistä valmistettu muovisuojakuori. Virtausputki, eriste ja suojakuori ovat liitetty yhteen kiinteästi yhdeksi elementiksi. Elementtejä tehdään tehdasvalmisteisesti, ja niitä on saatavilla eripituisina kankina. Tämän lisäksi tehtaalla valmistetaan myös kulma-, haara-, liitos- ja venttiilielementtejä. Sama kiinnivaahdotettu rakenne on käytössä myös muualla Euroopassa ja johdon rakenne, mitat sekä tekniset vähimmäisvaatimukset ovat Euroopassa yhtenäistetty. Yhteiset standardit koskevat koko putken rakennetta. Eri valmistajien elementit ovat myös yhteensopivia. (Koskelainen ym. 2006, 138–139.)

Kiinnivaahdotetut putkijärjestelmät voidaan jakaa yksiputki- ja kaksiputkirakenteeseen. Yksiputkirakenteessa eli 2Mpuk-rakenteessa meno- ja paluuputket ovat omina erillisinä elementteinään (kuvio 4). 2Mpuk-elementtejä valmistetaan nimellishalkaisijaltaan DN20 ja DN1200 väliltä, ja elementtien pituus vaihtelee putkikoon mukaan. Saatavilla olevia elementtipituuksia ovat 6, 12, 16 tai 18 metriä. Yleisin käytössä oleva elementtipituus on 12 metriä optimaalisen käsittelykoon vuoksi. (Koskelainen ym. 2006, 138.) Putkien kokoa kuvataan nimellishalkaisijalla, jonka lyhenne on DN. Putkikoolla DN200 tarkoitetaan putkea, jonka virtausputken nimellishalkaisija on 200 millimetriä. Virtausputken ympärillä on vielä eristekerros suositellun eristepaksuuden mukaan. Tällöin koko putken halkaisija on kokonaisuudessaan 400 millimetriä.



HUOM! Luiskakaltevuus määritetään maaperäolosuhteiden mukaan työturvallisuus huomioiden

DN	ELEMENTTI	PUTKET		KANAVA			KAIVU	PINTA 1)		PINTA 2)
		du	m	Du	L	A		m <sup>3</sup> /m	m <sup>2</sup> /m	
100	0,098	114,3	400	250	950	150	0,95	1,29	1,69	
125	0,123	139,7	430	280	1010	150	1,04	1,36	1,76	
150	0,156	168,3	465	315	1080	150	1,16	1,45	1,85	
200	0,251	219,0	600	400	1400	200	1,60	1,80	2,20	
250	0,393	273,0	700	500	1600	200	2,00	2,04	2,44	
300	0,493	323,9	760	560	1720	200	2,26	2,18	2,58	
400	0,792	406,4	910	710	2020	200	2,99	2,54	2,94	

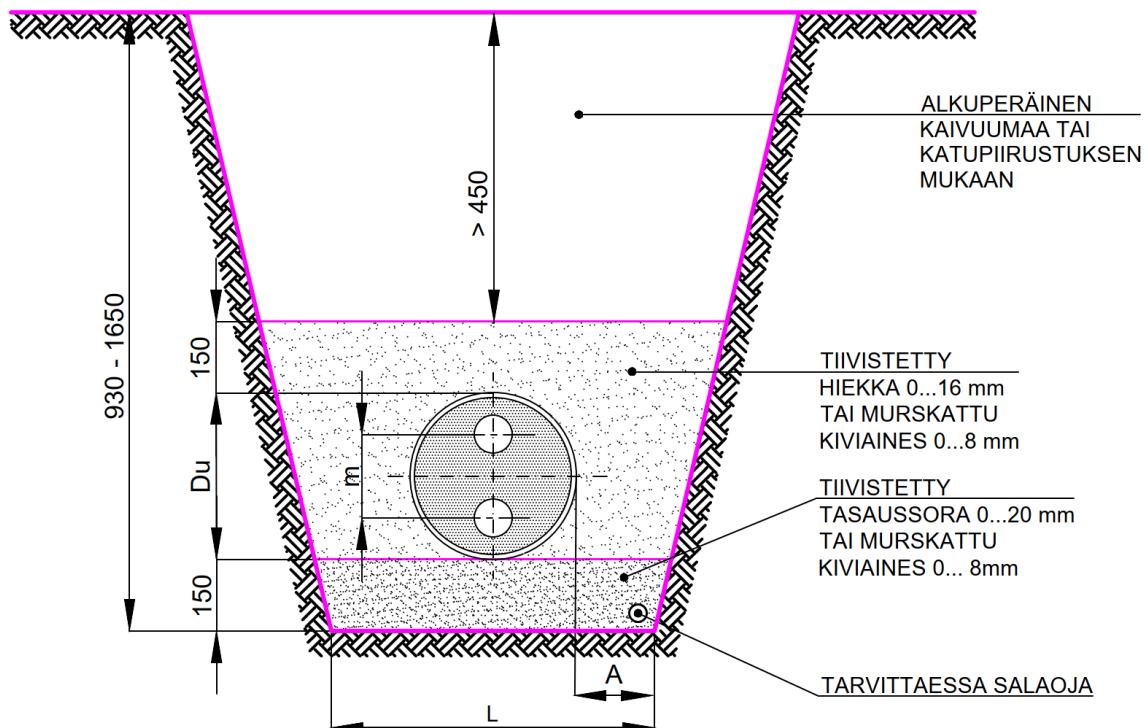
Kaivu ja pinta laskettu kuvan mukaisilla minimimitoilla ja luiskakaltevuudella 5:1

TAULUKKO: Energiateollisuus ry:n Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet.  
Raportti L11/2013, päivitys 30.1.2018

Kuvio 4. 2Mpuk-rakenne ja mitat (Lahti Energia 2020)

Kaksiputkirakenteessa eli Mpuk-rakenteessa meno- ja paluuputket ovat yhden putkielementin sisällä päällekkäin (kuvio 5). Yleensä paluuputki sijoitetaan elementissä alapuolelle lämpöhäviöiden vähentämiseksi, mutta Lahdessa paluuputki on yläpuolella. Mpuk-elementtejä valmistetaan nimellishalkaisijasta DN 2x20 kokoon DN 2x200 asti, ja elementtipituus on putkikoon mukaan 6 tai 12 metriä. Kun Mpuk- ja 2Mpuk -elementtejä verrataan

keskenään, Mpuk-elementissä materiaalitarve ja lämpöhäviöt ovat pienempiä verrattuna saman kokoluokan 2Mpuk-elementtiin. (Koskelainen ym. 2006, 138–139.)



HUOM! Luiskakaltevuus määritetään maaperäolosuhteiden mukaan työturvallisuus huomioiden

DN	ELEMENTTI m <sup>3</sup> /m	PUTKET		KANAVA			KAIVU m <sup>3</sup> /m	PINTA 1) m <sup>2</sup> /m	PINTA 2) m <sup>2</sup> /m
		du	m	Du	L	A			
25	0,025	33,7	52,7	180	580	200	0,57	0,89	1,29
40	0,031	48,3	67,3	200	600	200	0,61	0,92	1,32
50	0,049	60,3	80,3	250	650	200	0,70	0,99	1,39
65	0,062	76,1	96,1	280	680	200	0,75	1,03	1,43
80	0,078	88,9	113,9	315	715	200	0,82	1,08	1,48
100	0,126	114,3	149,3	400	800	200	1,00	1,20	1,60
125	0,196	139,7	179,7	500	900	200	1,23	1,34	1,74
150	0,246	168,3	208,3	560	960	200	1,38	1,42	1,82
200	0,396	219,0	264,0	710	1100	200	1,80	1,63	2,03

Kaivu ja pinta laskettu kuvan mukaisilla minimimitoilla ja luiskakaltevuudella 5:1

TAULUKKO: Energiateollisuus ry:n Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohteet.  
Raportti L11/2013, päivitys 30.1.2018

Kuvio 5. Mpuk-rakenne ja mitat (mukailtu Lahti Energia 2020)

Putkijärjestelmät ovat kehittyneet, ja Mpuk- ja 2Mpuk -rakenteet ovat tällä hetkellä teknisesti ominaisuuksiltaan parhaimmat putkityypit. Mahdollisen suojakuoren ja eristeen rikkoutumisen seurauksena syntynyt virtausputken korrosio rajoittuu vain vauriokohtaan, koska kiinnivaahdotettu rakenne estää ulkopuolisen veden etenemisen rakenteessa.

Lisäksi maan painuminen ei aiheuta vastaavanlaisia vaurioita kuin esimerkiksi Mpul-rakenteessa. Kiinnivaahdotettuihin putkiin liittyy kuitenkin myös heikkouksia. Johdon rakenteen vuoksi siihen muodostuu teräksen lämpölaajenemisen seurauksena jännityksiä, jotka on otettava suunnittelussa huomioon. Muovinen suojakuori suojaa myös heikommin esimerkiksi teräviltä kiviltä verrattuna betonikuoreen. (Koskelainen ym. 2006, 138–139.)

Elementtiin on myös mahdollista saada sisäänrakennettuja kosteudenvälvontalankoja. Langat lisätään elementtiin tehtaalla, ja niiden avulla voidaan valvoa mahdollisia vuotoja. Pääsääntöisesti kiinnivaahdotettu rakenne on kestävä, mutta virheellisen asennuksen tai rakennustyön aikaisen vaurion vuoksi voi syntyä verkostovuotoja. Kosteudenvälvontajärjestelmä lähettää hälytyksen, jos putkessa havaitaan kosteutta tai välvontalanka katkeaa. (Koskelainen ym. 2006, 142.)

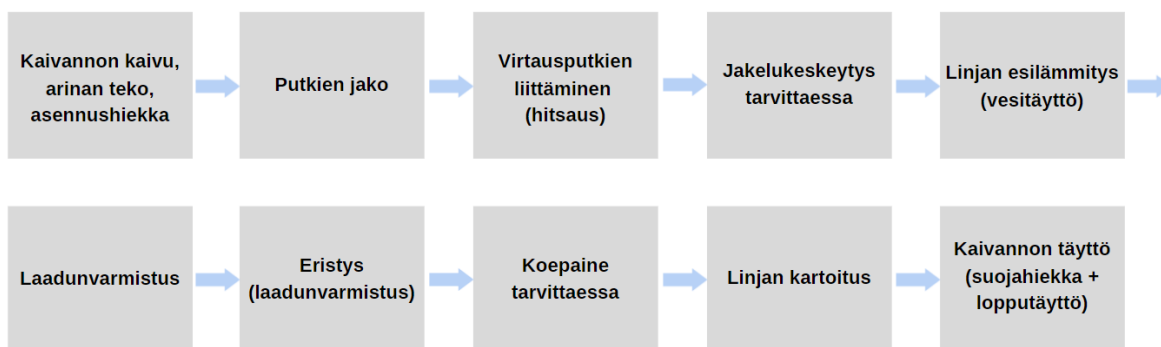
### **Muut johtotyypit**

Edellä esitettyjen putkityyppien lisäksi on olemassa erikoisrakenteita, joiden osuus kaikista putkityypeistä on vähäinen. Erikoisolosuhteissa, kuten silloissa, tunneleissa, kellareissa tai vesistöalituksissa, voidaan käyttää poikkeuksellisia putkityyppejä, jotka soveltuvat erityistapausten rakentamiseen. (Koskelainen ym. 2006, 145.)

Yksi erikoisputkityyppi on joustavat putkijärjestelmät. Ne mahdollistavat putken taivuttamisen työmaalla ja järjestelmä pystyy kompensoimaan lämpöliikkeet rakenteensa ansiosta hyvin. Ne voidaan toimittaa kankina tai kieppeinä. Suomessa näiden käyttö on kuitenkin vähäistä ja pääasiallisina käyttökohteina ovat talojohdot tai pienet jakelujohdot. Tälle putkityypille on olemassa myös eurooppalaiset standardit. (Adato Energia 2020e.)

### **3.3 Verkostorakentaminen Lahdessa**

Kaukolämpörakentamisen vaiheet jaetaan maanrakennustöihin, putkitöihin ja putkien liitoskohtien eristystöihin, ja ne voidaan jakaa aikajärjestyksessä kuvion 6 osoittamiin vaiheisiin. Jokaisessa työvaiheessa on tärkeää kiinnittää huomiota työn laatuun ja hyvään rakentamistapaan, jotta kaukolämpöverkko toimii odotusten mukaisesti ja kestävä vuosikymmeniä. Kaikessa rakentamisessa tulee noudattaa infrarakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia. Yhteisrakentamishankkeissa rakentamisen valvonnalla on suuri merkitys, jotta vältyttäisiin laatu- ja asennusvirheiltä. Tällöin valmista katua ei ole tarpeen kaivaa uudelleen auki laatuvirheiden korjaamiseksi ja yhteisrakentamisen edut voidaan saavuttaa.



Kuvio 6. Kaukolämpölinjan rakentamisen vaiheet

Kaukolämpöä rakennetaan pääasiassa lämmityskauden ulkopuolella, jolloin asiakkaiden lämpöenergian kulutus ja verkoston lämpötila ovat alhaisempia kuin talviaikana. Talvella rakentaminen on myös mahdollista, mutta olosuhteet tuovat rakentamiseen haasteita. Talvella on otettava huomioon esimerkiksi putkien sallitut käsittelylämpötilat, routa sekä verkostossa kiertävän veden korkea lämpötila, mikä tuo myös haasteita jakelukeskeytyksiin. Talvikaudella jakelukeskeytykset synnyttävät runsaasti vesihöyryä erityisesti kovilla pakkasilla kuumen ja paineellisen kaukolämpöveden ja kylmän ilman kohdatessa, ja se muodostaa myös turvallisuusriskin. Linjojen rakentamista ja erityisesti jakelukeskeytyksiä pyritään välttämään kovilla pakkasilla.

Kaukolämpölinjojen rakentaminen yhteisillä työmailla ei eroa merkittävästi erillisurakoiden rakentamistavasta. Energiayhtiöillä on usein maanrakentamisen ja putkityön vuosiurakoitsijat, jotka vastaavat erillishankkeiden toteuttamisesta. Yhteisrakentamishankkeissa kohteeseen valittu katurakentamisen pääurakoitsija tekee usein maanrakennustyöt ja putkityöstä vastaa kaukolämpöyhtiön vuosiurakka.

Käsitellään seuraavaksi kaukolämpölinjojen rakentamisen vaihteita keskittyen Lahdessa käytettäviin rakentamistapoihin. Työvaiheet ovat esitelty yleisesti ja ne vastaavat myös kaukolämmön rakentamista yhteisillä työmailla. Vaiheet käsitellään nykyaikaisten kiinnivaahdotettujen johtojen näkökulmasta, mutta kuvauksissa otetaan huomioon myös betoni-kanavien ja vapaasti liikkuvien muovikuoristen rakenteiden ympäristössä tehtävät työt sekä uuden kanavan liitos vanhaan putkityyppiin.

Kaukolämmön rakentaminen alkaa suunnittelusta. Kaukolämpösuunnittelun lähtökohta on, että verkko ajatellaan tehtäväksi lopulliseen tilanteeseen ja mahdollinen aluekehitys tulee ottaa huomioon ja ennakoida. Laadukkaalla suunnittelulla voidaan ennakoida rakennusvaiheessa eteen tulevia ongelmakohtia ja haasteita. Toteutusvaiheessa rakentaminen etenee sujuvasti, kun haastekohdat on pohdittu mahdollisuuksien mukaan etukäteen ja

suunnitelmat ovat urakoitsijoille yksiselitteisiä. Infrarakentamiselle on kuitenkin ominaista, että kaikkea ei voi etukäteen ennakoida, koska ei ole varmaa tietoa siitä, mitä maan alta löytyy. Kaikkien suunnitteluvaiheessa saatavilla olevien asioiden selvittäminen kuitenkin edesauttaa rakentamista. (Energiateollisuus 2018, 5.)

Ennen maanrakennustöiden aloittamista on huolehdittava, että kaikki tarpeelliset luvat on haettu, koska kaikki kaduilla ja katualueilla tehtävät kaivutyöt ovat luvanvaraisia. Maanrakennusurakoitsijan on myös selvitettävä muiden toimijoiden olemassa olevat kaapelit ja putket ennen kaivutyön aloittamista. (Energiateollisuus 2018, 20.) Valmiissa kaivannossa on huomioitava riittävä tilavaraus putkille sekä hitsaajalle. Vähimmäisvaatimus on, että putkien ympärille jää noin 20 cm työtila, jotta hitsaaminen ja eristäminen on mahdollista. Kohteen erityispiirteet voivat vaikuttaa myös valittuun rakennustapaan. Poikkeustapauksissa ja ahtaissa paikoissa kaivanto levennetään saumakohtissa. Kanavien liitoskohdat vaativat myös tilaa ympärilleen, jotta esimerkiksi eristäminen ja jatkospeltien asentaminen on mahdollista. Lämpölaajeneminen on otettava myös kaivannossa huomioon. Erityisesti suunnanmuutoskohdissa on mahdollista, että kuumalla vedellä täyttäessä teräksen lämpöliikkeen vaikutuksesta linja muuttaa hieman asemaansa kaivannossa. Valmiin arinan on oltava tasainen ja sen pohjalle tiivistetään kerros asennushiekkaa. Salaojitus harkitaan tapauskohtaisesti. (Energiateollisuus 2018, 20–22.) Yhteisrakentamiskohteissa voidaan hyödyntää myös yhteistä arinaa. Tällöin suunnitteluvaiheessa huomioidaan vaadittavat tilavaraukset ja etäisyydet. Yleensä samalle arinalle rakennettaessa kaukolämpö rakennetaan ensin, koska rakentamisessa tehdään tulitöitä ja tulityöt voivat vaurioittaa viereisten putkirakenteiden pintoja. Verkostot voidaan rakentaa myös samaan kaivantoon välitäytön avulla, jolloin kaapelit voidaan rakentaa ensin. Kaapelit rakennetaan kaivantoon ja ne peitetään vaadittavan suojatäytön mukaan. Kaapeleiden päälle tehdään uusi arina eri korkeus, ja kaukolämpö voidaan rakentaa tälle arinalle. Silloin kaukolämpölinjan haaroitukset voidaan myöhemmin rakentaa sivulle kaapeleiden yli. Usein rakenteita ei rakenneta kuitenkaan täysin päällekkäin, jotta esimerkiksi huolto on tarvittaessa mahdollista.

Kaukolämmön peitesyvyys vaihtelee 0,4–1,0 m välillä. Suositeltu peitesyvyys on 0,6 m ja vähimmäispeitesyvyys 0,4 m. Jos peitesyvyys jää tätä matalammaksi, voidaan asentaa peltilevyjä tai betonilaattoja linjan päälle suojaksi, jotta kuormitus jakautuu laajemmalle alueelle. (Energiateollisuus 2018, 45–46.) Erityistä huomiota vaatii esimerkiksi 2Mpuk-linjasta otettavat haaroitukset. Haaroituksessa kauimmaisesta linjasta lähtevä haara nousee viereisen putken ylitse, jolloin korkeus voi nousta runkolinjan korkeudesta useita kymmeniä senttimetrejä. Alakautta haaroitusta ei yleensä oteta, koska mahdolliset linjan epäpuhtaudet kerääntyvät alakautta otettuun haaraan. Poikkeustapauksissa se on kuitenkin mahdollista. (Energiateollisuus 2018, 15.)

Valmiille kaukolämpöarinalle putket jaetaan väliaikaisesta varastoinnista työmaalta, tehdaskuljetuksesta tai Lahti Energian varastolta. Nykyaikaisten kiinnivaahdotettujen elementtien käsittely vaatii huolellisuutta ja varovaisuutta, ettei elementin muovisuojakuori pääse käsittelyn aikana vaurioitumaan, koska se vaikuttaa putken käyttöikänsä. Ulkopuolinen vesi saattaa kulkeutua suojakuoren vaurioitumiskohdasta eristeeseen, sitä kautta virtausputkeen ja aiheuttaa korroosiota. Vuoto ei välttämättä ilmene heti vaan se kehittyy ajan kuluessa. Työmaaolosuhteet eivät kuitenkaan aina vastaa ideaalisia käsittely- tai varastointiolosuhteita. Elementtejä ei saa käsitellä alle  $-18\text{ °C}$ :ssa tai muussa valmistajan ilmoittamassa käsittelyn lämpötilarajassa. Putket tarkistetaan visuaalisesti ennen hitsaus-työn aloittamista ja varmistetaan, että elementit eivät ole väliaikaisessa varastoinnissa, nostoissa tai kuljetuksessa vaurioituneet. Elementtien päätyhatut on pidettävä suljettuina koko varastoinnin ja putkijaon aikana ja vasta hitsauksen yhteydessä ne voidaan poistaa. Päätyhatut estävät vierasesineiden kuten kivien tai jossain tapauksessa myös eläimien, pääsyn putkeen. Myös putkien jaon yhteydessä elementtiin saattaa päästä hiekkaa, joka on haitaksi linjan toiminnalle. (Energiateollisuus 2018, 26–27.) Kun kaukolämpöputkia rakennetaan yhteisrakentamiskohteissa yhteiselle arinalle, putkien jakamisessa on huomioitava, että putket sijoitetaan suunnitelmien mukaisesti.

Kaukolämpöputkia saa hitsata ainoastaan siihen pätevyyden saaneet henkilöt. Hitsaus-työn laatuvaatimus on standardin SFS-EN-ISO 5817 mukainen hitsauksen laatuluokka C ja testisauman laatuvaade on laatuluokka B. (Energiateollisuus 2018, 28.) Hitsauksessa on erityisen tärkeää pyrkiä minimoimaan sään vaikutukset hitsaustyön laatuun. Työmaalla olosuhteet ovat moninaiset ja optimaalisten hitsausolosuhteiden saaminen on harvoin mahdollista, koska lämpötila, sade, tuuli ja vesi luovat omat haasteensa. Asennuksen aikana on huolehdittava siitä, että kaivanto pysyy kuivana ja vedenpoisto toimii, jotta olosuhteet eivät vaikuttaisi työn laatuun tai putken kestävyysasteen vuoksi. Kaivantoon kerääntynyt vesi voidaan poistaa esimerkiksi pumppaamalla. Olosuhteita ei kuitenkaan aina saada optimaaliseksi. Kaukolämpöhitsaajilta vaaditaan ammattitaitoa, pitkäjänteisyyttä sekä sopeutumiskykyä muuttuviin olosuhteisiin.

Virtausputket voidaan liittää toisiinsa erilaisilla liitosratkaisuilla. Lahdessa putket liitetään hitsaamalla. Yleinen ohje kaukolämpöputkien hitsaamisessa on, että luukkusaumojen tekemistä tulisi välttää. Joskus ne ovat kuitenkin tilanpuutteen vuoksi välttämättömiä. (Energiateollisuus 2018, 28.) Ahtaissa paikoissa voidaan hyödyntää myös penkalla hitsaamista, jonka jälkeen putket lasketaan kaivantoon. Putkien hitsausnopeuteen vaikuttaa merkittävästi olosuhteet, putkityyppi sekä putkikoko. Aikataulussa on huomioitava myös säätilan vaihteluiden aiheuttamat haasteet, ja talvitoissa aikaa on varattava enemmän kuin lämmityskauden ulkopuolelle rakennettaessa. Hitsaustyön etenemistä voidaan myös vaiheistaa

matalakaraventtiileillä. Niitä voidaan hyödyntää esimerkiksi yhteisillä työmailla, jos muut työmaalla tehtävät työvaiheet sitä edellyttävät.

Jakelukeskeytyksessä käytössä oleva aktiivinen linja tyhjennetään kiertovedestä tietyltä osuudelta hitsaustyön mahdollistamiseksi. Tällöin uusi putki voidaan liittää osaksi verkkoa. Linjan hitsaustyön vaiheet pyritään järjestelemään siten, että jakelukeskeytysvaiheeseen jäisi mahdollisimman vähän työtä ja hitsausliitoksia, jotta vaihe voidaan suorittaa nopeasti. Linja voidaan tyhjentää tyhjennysventtiileistä, jos sulkuvälillä niitä on käytettävissä ja venttiilit toimivat odotetulla tavalla. Joskus linja joudutaan tyhjentämään myös tekemällä linjan kylkeen reikä esimerkiksi kulmahiomakoneella tai puukkosahalla. Putken tyhjennysaikaan vaikuttaa, kuinka laajalta väliltä linjaa tyhjennetään ja kuinka suuresta vesitilavuudesta on kyse. Kuuma vesi on myös johdettava turvallisesti työmaalla, sillä se aiheuttaa myös työturvallisuusriskin. Yhteisillä työmailla kuuma vesi on otettava huomioon, koska se voi vaikuttaa muiden työvaiheisiin. Jakelukeskeytykset suunnitellaan etukäteen, ja niistä on ilmoitettava asiakkaille vähintään kolme päivää ennen keskeytyksen alkamista. Verkon haltijan vastuulla on suunnitella tyhjennys, ja yleensä yhtiön vuosiurakoitsija tai yhtiön verkkokäyttäjät tulevat tyhjentämään verkonosan.

Yleensä käyttökeskeytykseen jätetään vain uuden linjan liitos vanhaan runkoon sekä mahdolliset olemassa olevan linjan katkaisutyöt. Aktiivista linjaa ei voida käsitellä turvallisuuksista ennen kuin se on tyhjennetty ja poistettu käytöstä. Esimerkiksi betonivaluja ei voida nostaa tai piikata ennen kuin linja on tyhjennetty ja virtausputki on paineeton. Betoni- ja muovikuoristen vapaasti liikkuvien rakenteiden katkaisussa on huomioitava myös kiintopisteet ja paljetasaimet. Jos linja katkaistaan kiintopisteen läheltä ja paljetasainta ei tueta, johto saattaa lämpölaajenemisen vaikutuksesta venyä ja revetä paljetasaimen kohdalta aiheuttaen laajan verkostovaurion. Kiinnivaahdotettujen linjojen katkaisu tehdään heti kun väli on tyhjennetty, jolloin lämpöliikkeet ovat vähäisiä eikä erikoistoimia tarvita. Yleensä verkon omistajan oma urakoitsija tai verkon käyttöhenkilöstö tulee katkaisemaan vanhan linjan turvallisuussyistä. (Energiateollisuus 2018, 30–31.)

Putkia voidaan myös haaroittaa paineenalaisina poraventtiileillä ilman käyttökeskeytystä. Toimintatapaa hyödynnetään erityisesti liittymisjohtojen rakentamisessa. Poraventtiileillä ei voida kuitenkaan haaroittaa saman kokoluokan linjaan, jolloin haaroitus edellyttää haaroituskappaleen asentamista ja jakelukeskeytystä. Aikaisemmin mainittiin, että työvaiheita voidaan myös jaksottaa työaikaiseen käyttöön tarkoitetuilla matalakaraventtiileillä. Kanavan päähän voidaan laittaa matalakaraventtiilit ja laippa sekä kiertojohto, jotta vesi pääsee kiertämään uudessa verkostossa. Matalakaraventtiilit mahdollistavat myös linjan rakentamisen jatkamisen ilman erillistä käyttökeskeytystä siten, että uusi verkoston osa hitsataan



venttiilielementtiin jatkeeksi. Kun linjaa jatketaan, laippa ja kierto voidaan poistaa ja jatkaa linjan rakennusta matalakaraventtiilistä eteenpäin, jolloin uutta käyttökeskeytystä ei välttämättä vaadita. Työn aikaiseen käyttöön tarkoitetut matalakaraventtiilit voidaan eristää kuoren sisään osaksi lopullista kanavaa. Matalakaraventtiilejä hyödynnetään vaiheistuksessa kuitenkin pääasiassa pienen kokoluokan linjoissa.

Uuden ja vanhan verkon liitoksissa on myös huomioitava kanavarakenteiden erilaiset toimintaperiaatteet. Nykyaikaiset kiinnivaahdotetut kanavat ovat kitkakiinnitettyjä, ja elementtien lämpöliike on vähäistä verrattuna vapaasti liikkuviin muovikuorisiin rakenteisiin tai betonikanaviin. Vanhojen kanavien liikkuminen tulee ottaa huomioon liitoksissa, koska kiinnivaahdotettu rakenne ei voi aina tukeutua kiinteästi vanhaan liikkuvaan johtotyyppiin. Tämä huomioidaan liitoksissa esimerkiksi liikevaraholkilla, joka mahdollistaa, että kyljestä haaroittuva kiinnivaahdotettu rakenne liikkuu runkoputken liikkeen mukana. Betonikanavan ja kiinnivaahdotetun johdon liitoksissa vaaditaan myös betonivalu kuoren viimeistelemiseksi. Virtausputkien liitoksissa on myös varmistettava, että meno ja paluujohdot liitetään oikein. Joskus liitokset vaativat kätisyyden vaihdon. Kätisyyden vaihdot isoissa linjoissa vaativat paljon tilaa.

Kun käyttökeskeytyksessä linja on saatu liitetty olemassa olevaan verkostoon, verkosto täytetään kiertovedellä. Kiinnivaahdotetuissa putkityypeissä linja on esilämmitettävä ennen peittämistä. Linja lämmitetään keskimääräisen käyttölämpötilaan eli noin 80 °C:seen, jotta putkistoon syntyvät lämpöjännitykset vapautuvat. (Energiateollisuus 2018, 30.) Ennen linjan täyttöä, sen ympärille voidaan laittaa ohjaushiekkaa, joka ohjaa lämpöliikkeen oikeaan suuntaan. Esilämmityksessä seurataan vähintään vuorokauden ajan, että elementit asettuvat kaivantoon suunnitellulla tavalla. Tässä vaiheessa hitsaustyön laatu voidaan varmistaa koepaineistamalla putki. Koepaine on 1,3 kertaa suunniteltu mitoituspaine eli 21 baaria. Koepainetta pidetään päällä muutamia tunteja, jonka aikana hitsatut saumat koputellaan vasaralla ja varmistetaan niiden pitävyys. Myös pistokoemaisella röntgenkuvauksella voidaan varmistaa hitsaussaumojen laatu. (Energiateollisuus 2018, 34.)

Esilämmityksen ja hyväksytyin laadunvarmistuksen jälkeen saumakohtat voidaan eristää. Ennen eristystyötä putket on nostettava arinalta tuille tai niiden saumakohtiin on kaivettavat syvennykset, jotta putkien eristäminen on mahdollista. Lahdessa suositaan tuille nostamista. Nykyaikaisissa kiinnivaahdotetuissa johdoissa eristeenä käytetään polyuretaanivaahtoa. Vaahto muodostetaan lisäaineita sisältävästä polyoliseoksesta ja isosyanaatista, jotka reagoivat keskenään muodostaen eristevaahdon. (Energiateollisuus 2018, 9.) Eristämisessä on käytössä muutamia erilaisia menetelmiä. Lahdessa käytetään peltijatkoksia, joissa jatkoskohtaan asetetaan peltinen muotti. Putket voidaan eristää käsin tai

vaahdotuskoneella. Käsien eristetään usein pieniä linjoja, kuten liittymisjohtoja, mutta vaahdotuskonetta käytetään isojen linjojen eristämässä sen tehokkuuden vuoksi. Vaahdotusautoissa kymmenen metrin pituisen letkun suulla komponentit yhdistyvät toisiinsa ja vaahdotus muodostuu peltimuotina sisään. Jatkospellin päälle asennetaan lopuksi kutistemuovi, joka suojaa jatkospeltiä kosteudelta. Eristämisessä on tärkeää varmistaa, että koko jatkosväli tulee eristettyä kunnolla ja täyttää koko jatkoksen, jolloin lämpöhäviöt saadaan minimoitua. Linjojen eristyksen riittävyttä voidaan vahtia pistokoemaisella lämpökameratarkkailulla. Eristysvaiheessa on huomioitava myös mahdollisten kosteusvalvontalaitteiden kytkeä. (Energiateollisuus 2018, 36.)

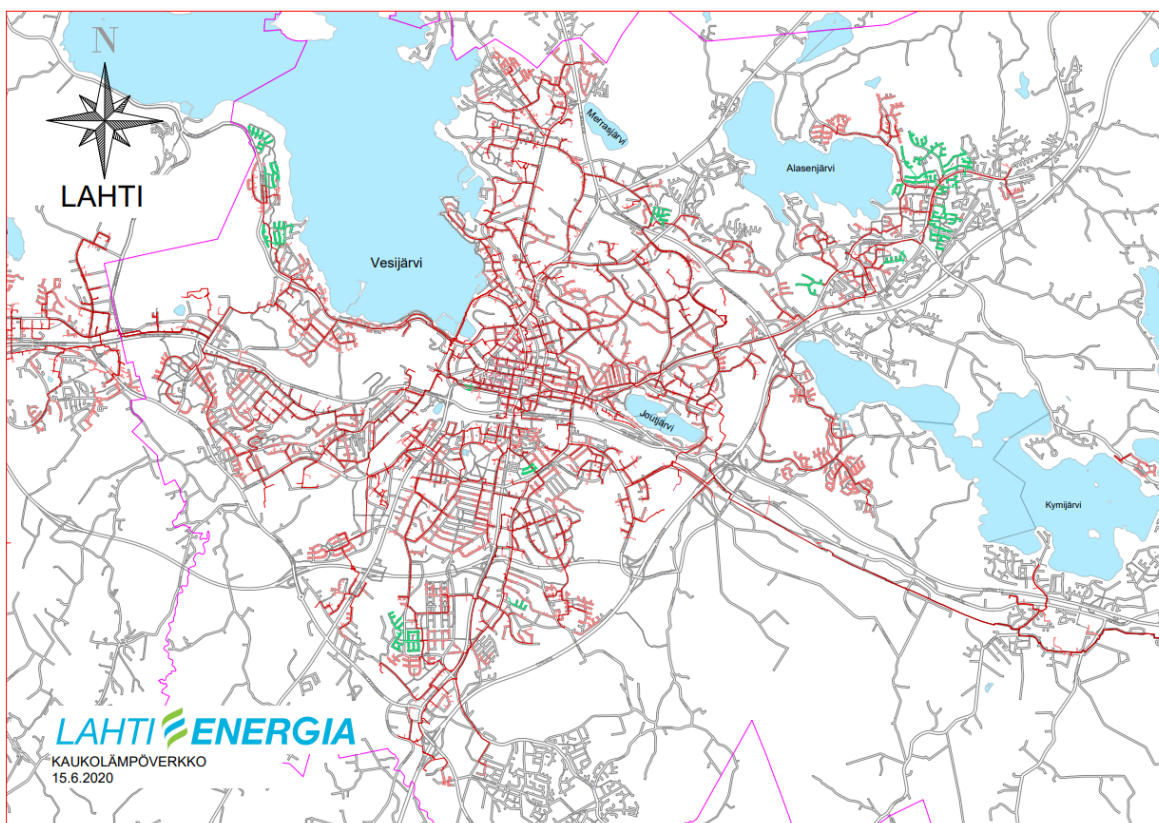
Eristämisen jälkeen putket kartoitetaan ja kaivanto täytetään. Dokumentointi on tärkeää tulevan rakentamisen ja omaisuudenhallinnan kannalta. Kaukolämpökaivanto täytetään ensin suojahiekalla ja loppuosa täytetään kaivumaalla tai muilla rakennekerroksilla. Täyttövaiheessa asennetaan myös kaukolämpökaivot, jotka ovat pääsääntöisesti pintakaivoja. Kaivojen asennuksessa on huomioitava se, että venttiilit ovat käytettävissä. Ennen kaukolämpökaivot olivat bunkkerikaivoja, mutta nykyään kaivot tulee olla käytettävissä maan pinnalta työturvallisuussyistä ja tämä tulee huomioida kaivojen asennuksessa. Tarvittaessa linjaa on nostettava siltä kohdista, johon kaivo on tulossa, jotta venttiilit ovat käytettävissä. Kaivojen renkaat on myös asennettava niin, että venttiilit eivät jää liian lähelle reunaa, koska muuten niiden käyttäminen on mahdotonta. Käyttämättömäksi jäävä johto-osuus poistetaan käytöstä eli romutetaan. Maahan jäävät johto-osuudet tulee tulpat, jotta maan aines ei ajan saatossa kerääntä putken sisään ja aiheuta eroosiota ja maan painumista.

### 3.4 Kaukolämpöverkko Lahdessa

Kaukolämmitys alkoi Lahdessa jo 1960-luvulla. Kaukolämpöverkon rakentaminen alkoi Lahden ydinkeskustassa, ja ensimmäinen asiakas liitettiin kaukolämpöverkkoon 18.8.1962. Ensimmäisenä vuonna kaukolämpöverkkoon liittyi 17 asiakasta ja liittyvät kiinteistöt olivat pääasiassa kerrostaloja. Kaukolämpörakentaminen oli Lahdessa vilkasta 60–80-luvuilla ja verkko laajentui voimakkaasti. Eri puolilla kaupunkia olevat erillisverkot yhdistyivät ja muodostivat lopulta koko kaupungin kattavan runkoverkon. Nykyään rakentamisen painopiste on uudis- ja täydennysrakentamisessa sekä verkon perusparantamisessa. (Lahti Energia 2012, 5, 11.)

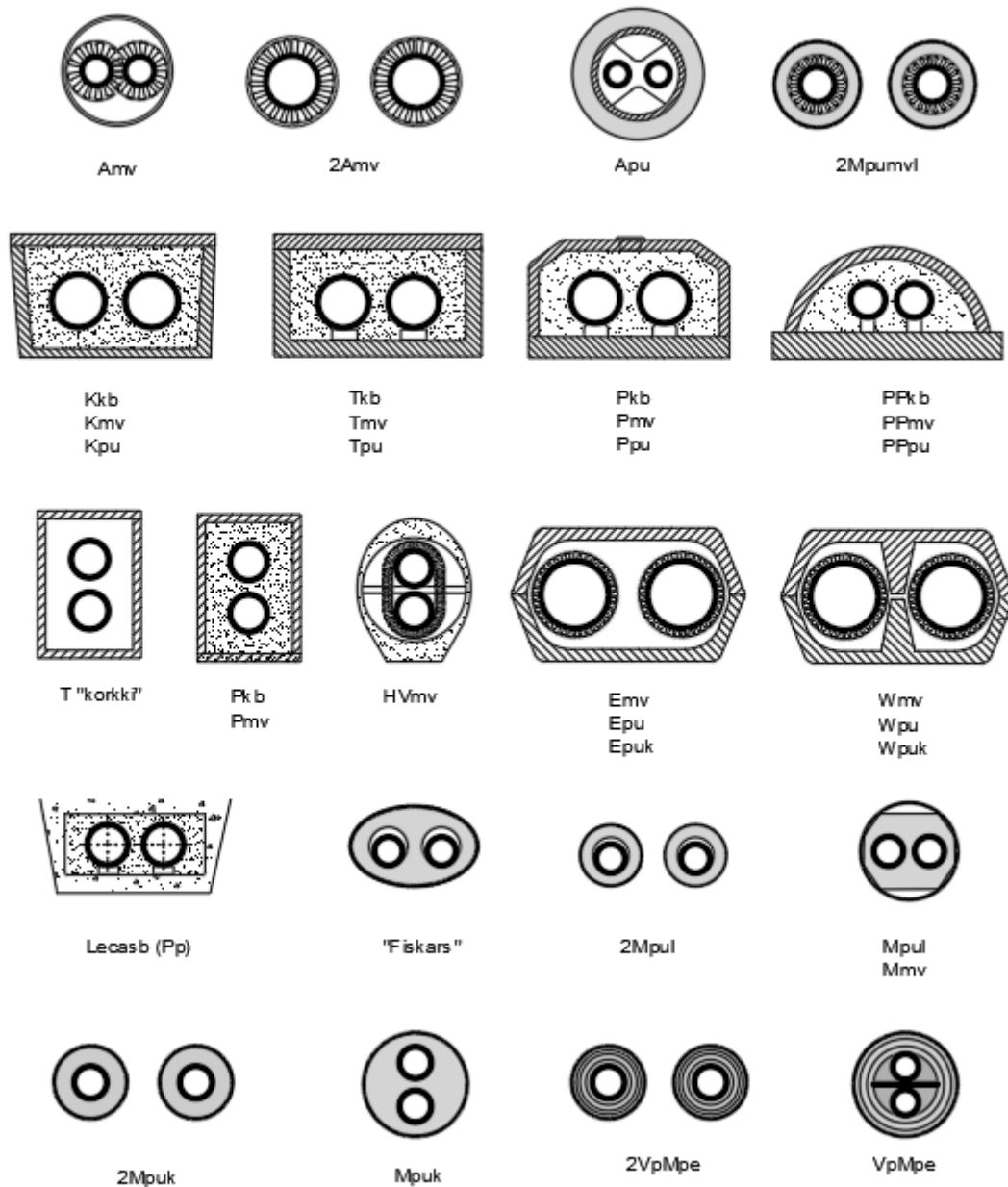
Lahdessa on valtakunnallisesti yksi laajimmista kaukolämpöverkostoista. Lahti Energian kaukolämmön jakeluverkko on viidenneksi pisin Suomessa, ja verkon kokonaispituus on noin 680 kilometriä. Verkostoa rakennetaan vuosittain noin 10 kilometriä. Runkoverkko kattaa Lahden kaupunkialueen (kuvio 7) lisäksi Hollolan ja Nastolan taajama-alueet. Tämän lisäksi Lahti Energialla on kaukolämmön erillisverkko Asikkalassa sekä kaksi

pienempää erillisverkkoa Hollolan Kukonkoivun teollisuusalueella sekä Lahden Taivaanrannan asuinalueella. (Lahti Energia.) Verkoston vesitilavuus on noin 22 000 m<sup>3</sup> ja verkostoon kuuluu 10 000m<sup>3</sup> kaukolämpöakku, jolla tasataan kulutushuippuja. Työssä määritellyjä Lahden mittakaavassa isoja kaukolämpöjohtoja, johtoja koosta DN200 eteenpäin, on verkostossa noin 120 kilometriä. (Lahti Energia 2020a.)



Kuvio 7. Lahden kaukolämpöverkko (Lahti Energia 2020b)

Lahden kaukolämpöverkko on valtakunnallisella tasolla poikkeuksellinen siitä syystä, että kaupungin alueella on runsaasti korkeusvaihteluja Salpausselän harjujen vuoksi ja verkoon on liitetty paljon pientaloja. Kaikista Lahden kiinteistöistä 90 % on kaukolämmitettyjä (Sallinen 2021). Lahti Energian jakeluverkostossa on käytössä myös paljon erilaisia kanavarakenteita. Kuviossa 8 näkyy Lahdessa käytössä olevia kanavarakenteita. Lahti on ollut kehittämässä ja kokeilemassa erilaisia rakenteita. Tästä syystä Lahdessa on useita erilaisia putkityyppejä. Se tuo Lahden verkolle erityispiirteitä mutta myös haasteita rakentamisen kannalta.



Kuvio 8. Lahden kaukolämpöverkon kanavarakenteita (Lahti Energia)

Lahden kaukolämpöverkon kokonaispituudesta nykyaikaisia Mpuk- ja 2Mpuk -kanavarakenteita on 460 km, betonikanavia noin 130 kilometriä ja Mpul-rakennetta noin 41 kilometriä. Muita rakenteita on loppuosuus verkkopituudesta. (Lahti Energia 2020c.) Lahden kaupungin alueella siirtojohdot ovat myös vanhaa rakennetta, kuten valtakunnallisella tasollakin. Siirtojohtoja joudutaan tulevaisuudessa saneeraamaan, ja keskustan alueella on paljon ikääntyvää verkostoa. Työn tavoitteena on löytää myös Lahti Energian tuleviin saneeraustarpeisiin helpotusta.

## 4 Yhteisrakentaminen

### 4.1 Yhteisen kunnallisteknisen työmaan määrittely

Yhteisellä rakennustyömaalla tarkoitetaan valtioneuvoston antaman rakennustyömaan turvallisuutta koskevan asetuksen (205/2009) 2. pykälän mukaan työpaikkaa, jossa tehdään samanaikaisesti tai peräkkäin useamman työnantajan töitä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että yhteisellä työmaalla on usean eri työnantajan tai tilaajan hankkeita, jotka yhdessä muodostavat hankekokonaisuuden. Lain tarkoittama yhteinen työmaa ja kunnallistekninen yhteinen työmaa tarkoittavat kuitenkin hieman eri asioita. Lain tarkoittamalla yhteisellä työmaalla tarkoitetaan konkreettista työmaata, ja kunnallisteknisellä yhteisellä työmaalla tarkoitetaan prosessia, joka kattaa koko infranpidon kokonaisuuden eli rakentamisen lisäksi koko hankkeen kaaren suunnittelusta valmistumiseen ja käyttöön asti. Yhteiset kunnallistekniset työmaat ovat kuitenkin myös valtioneuvoston asetuksen 205/2009 tarkoittamia yhteisiä työmaita, koska niissä toteutetaan usean eri tilaajan hankkeita. Kunnallisteknisillä yhteisillä työmailla rakennuttajina voivat olla esimerkiksi kunnan eri yksiköt, kunnan yhtiöt sekä yksityiset yritykset. Yhteisistä kunnallisteknisistä työmaista käytetään myös lyhennettä YKT. (Suomen Kuntaliitto 2017, 6–7.)

Kunnallisteknisissä yhteisrakentamishankkeissa yhteiskunnan infrastruktuuri, kuten katu-, sähkö- ja kaukolämpöverkko, rakennetaan yhteisesti. Yhteisrakentamishankkeissa on päätilaaja, joka on usein kunnan tai kaupungin edustaja. Päätilaaja tilaa hankkeesta suurimman kokonaisuuden ja vastaa hankkeen sekä muiden tilaajien koordinoimisesta. Kunnallisteknisessä hankkeessa voi olla mukana yksi tai useampi verkosto-operaattori, jotka pääsääntöisesti toimivat hankkeissa omien verkostojensa rakennuttajina ja oman hankkeensa tilaajana. Verkosto-operaattoreilla tarkoitetaan esimerkiksi vesihuolto-, sähkö-, kaukolämpö, tele- ja liikenneverkon haltijoita tai omistajia. Verkosto-operaattorit vastaavat oman urakkansa toteutumisesta päätilaajalle ja muille osapuolille. (Ahlroos 2013, 20.)

Yhteisrakentamisen tavoitteena on edistää kestävästä rakennustapaa sekä vähentää ympäristölle ja muulle infraomaisuudelle kohdistuvia haittoja. Kun kaikki verkkotoimijat rakentavat verkostonsa ja varaputkituksensa samanaikaisesti, rakentamisen laatu on myös korkeampi kuin rakennettaessa verkostot samalle alueelle erillishankkeina. Yhteisrakentamisessa katuja ei tarvitse avata uudelleen ja sekoittaa olemassa olevia rakennekerroksia. Samalla aiheutetaan vähemmän haittaa ympäristölle ja muulle infraomaisuudelle, koska infrarakentamisessa kaikesta varovaisuudesta huolimatta saatetaan vahingoittaa toisen verkkotoimijan olemassa olevia rakenteita erityisesti alueilla, joissa kaapeleita ja putkia on runsaasti. Hankkeiden läpimenoajat ovat myös nopeampia erillishankkeisiin verrattuna,

koska hanke voidaan toteuttaa yhdellä ja yhdistetyllä lupamenettelyllä. Yhteisrakentamisella pyritään vähentämään myös kadunkäyttäjille ja alueen yrityksille kohdistuvia haittoja. Yhteistoiminnalla saavutetaan myös kustannussäästöjä, koska maarakennustyöt muodostavat kunnallisteknisissä hankkeissa suurimman kuluerän. (Traficom 2019.)

## 4.2 Yhteisrakentamista ohjaava lainsäädäntö

Maankäyttö- ja rakennuslaki ohjaa alueiden käyttöä ja rakentamista. Lain tavoitteena turvata edellytykset hyvälle elinympäristölle ja edistää kestävästä kehitystä, ja laki antaa lähtökohdat myös infrarakentamiselle. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 2 §.) Infrarakentamista ohjaa myös infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset (Rakennustieto).

### 4.2.1 Yhteisrakentamisdirektiivi

Yhteisrakentamiseen ohjaava lainsäädäntö perustuu Euroopan Unionin digitaalistrategiaan ja sen tavoitteiden saavuttamiseen. Strategiassa pyritään edistämään digitalisaatiota Euroopan alueella. Vuonna 2014 on tullut voimaan Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2014/61/EU) nopeiden sähköisten viestintäverkkojen käyttöönoton kustannusten vähentämiseksi, josta käytetään myös nimitystä yhteisrakentamisdirektiivi. Direktiivin tarkoituksena on edistää digitaalistrategian tavoitteiden saavuttamista tavoitevuoteen mennessä ja alentaa televerkkojen rakentamisen kustannuksia, koska strategian tavoitteiden saavuttaminen edellyttää suuria investointeja. (Yhteisrakentamisdirektiivi 61/2014, artikla 1.)

Yhteisrakentamisdirektiivin velvoitteet kohdistuvat pääasiassa teleoperaattoreiden toimintaan, mutta direktiivi ohjaa kuitenkin välillisesti kaikkia verkostojen haltijoita yhteiskäyttöön. Direktiivissä veloitetaan verkostojen yhteiskäyttöön ja -rakentamiseen, jotta tietoliikenneverkkojen rakentamisen kustannuksia voidaan hallita ja vähentää. Verkostojen yhteiskäytössä kaapeleita voidaan sijoittaa myös toisten verkosto-operaattoreiden olemassa olevaan passiiviseen infrastruktuuriin. (Yhteisrakentamisdirektiivi 61/2014, artikla 2.)

### 4.2.2 Laki verkostoinfrastruktuurin yhteisrakentamisesta ja -käytöstä

Yhteisrakentamista ohjaa kansallisella tasolla yhteisrakentamislaki. Lainsäädäntö tuli voimaan 1.7.2016 (Traficom). Laki verkostoinfrastruktuurin yhteisrakentamisesta ja käytöstä (276/2016) koskee 1. pykälän mukaan viestintä-, energia-, liikenne- ja vesihuoltoverkkojen yhteisrakentamista. Lakia sovelletaan silloin, kun yhteiskäytön tai -rakentamisen toisena osapuolena on viestintäverkkotoimija. Lain tarkoituksena on tietoliikenneverkkojen nopea ja kustannustehokas rakentaminen EU:n digitaalistrategian ja yhteisrakentamisdirektiivin

ja sen asettamien tavoitteiden saavuttamiseksi. Laissa on kuitenkin määräyksiä, jotka ohjaavat verkostojen yhteiskäyttöä ja -rakentamista ja ne vaikuttavat välillisesti myös muihin verkosto-operaattoreihin. (Traficom.)

Yhteisrakentamislaisissa määrätään verkkojen yhteiskäytöstä ja se velvoittaa verkkotoimijat verkostojen yhteiskäyttöön. Yhteiskäytöllä tarkoitetaan sitä, että viestintäverkkotoimijan pyytäessä, sille on annettava suostumus hyödyntää jo aikaisemmin olemassa olevaa toisen verkkotoimijan passiivista infrastruktuuria, jos toimijalla ei ole perusteltua syytä kieltäytyä. Verkkotoimijan on lain mukaan suostuttava toisen verkkotoimijan pyyntöön oikeudenmukaisin ja kohtuullisin ehdoin. Pyyntöä on myös mahdollista kieltäytyä. Kieltäytymisperusteina hyväksytään infrastruktuuri tekninen soveltumattomuus yhteiskäyttöön, tuleva oma käyttötarve, yleinen tai kansallinen turvallisuuden vaarantuminen tai muiden samassa infrastruktuurissa tarjottavien palvelujen vaarantuminen. (Yhteisrakentamislaki 276/2016, 3 §.)

Verkkotoimija voi esittää myös toiselle toimijalle yhteisrakentamispyyntöä. Pyyntö on lähetettävä tarpeeksi aikaisin, jotta pyynnön saaneella toimijalla on mahdollisuus reagoida siihen. Lain mukaan yhteisrakentamispyyntöön on suostuttava oikeudenmukaisin ja kohtuullisin ehdoin, jos toimijalla ei ole painavaa perustetta kieltäytyä pyynnöstä. Pyyntöön voi kuitenkin vastata kielteisesti, jos pyyntö koskee vain vähäistä rakennushanketta tai kustannukset ovat kohtuuttomat. Yhteisrakentamisen kustannukset eivät saa olla korkeammat kuin erillISRakentamisen kustannukset. (Yhteisrakentamislaki 276/2016, 4 §.)

Laissa määrätään myös yhteisestä keskitetystä tietopisteestä. Tietopisteen koottaisiin tietoa valtakunnallisesti tulevista yhteisrakentamishankkeista sekä verkosto-operaattoreiden infrastruktuurista ja verkoston sijainnista. Keskitetyllä tietopisteellä tavoitellaan selkeää tiedonvaihtoa tulevista hankkeista ja yhteiskäyttöön hyödynnettävistä verkostoista. Vastuu palvelun tuottamisesta on liikenne- ja viestintävirasto Traficomilla. (Yhteisrakentamislaki 276/2016, 5 §.)

Yhteisrakentamislain määräykset koskevat myös suoraan ja välillisesti kaukolämpöä, mutta kaukolämmön näkökulmasta erityisesti verkkojen yhteiskäyttö on haasteellista. Sirolan (2017, 1) mukaan kaukolämpöverkolla ei ole fyysisistä infrastruktuuria, joka soveltuisi verkostojen yhteiskäyttöön. Kaukolämpöverkon turvallisuusmääräykset estävät verkkojen yhteiskäytön. Yhteiskäytön haasteena on myös kunnossapidon hankaloituminen sekä kustannukset, ja yhteiskäyttö olisi käytännöstä mahdollista vain käytöstä poistetuissa kaukolämpölinjoissa. Yhteisrakentaminen on kaukolämpöverkon tapauksessa mahdollista, mutta pääpaino on uudisrakentamiskohteissa.

### 4.2.3 M71-määräys

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom on antanut yhteisrakentamislain pohjalta määräyksen verkkotietojen ja verkon rakentamissuunnitelmien toimittamisesta. Traficomien määräyksen keskeinen periaate on edistää verkkojen yhteisrakentamista, vähentää maarakennustöistä aiheutuvia vikatilanteita sekä varmistaa, että keskitettyyn tietopisteeseen toimitetun tiedon muoto on yhteentoimiva. Määräyksen mukaan verkkotoimijoiden tulee toimittaa suunnitelmat tulevista hankkeistaan valtakunnallisesti kaikkien toimijoiden tietoon, jotta muiden toimijoiden hankkeiden tunnistaminen olisi helppoa ja palvelun hyödyntäminen yhteisrakentamishankkeiden suunnittelussa olisi myös mahdollista. Määräys velvoittaa myös toimittamaan tiedot olemassa olevasta verkostoinfrastruktuurista keskitettyyn tietopalveluun. Määräys on tullut voimaan 1.6.2020 ja velvoitteet tulevat voimaan loka-kuussa 2022. Velvoitteet koskevat tietojen lähettämistä keskitettyyn Sijaintitietopalveluun. (Traficom 2020, 2, 10–11.)

Määräys kohdistuu viestintä-, energia-, vesihuolto- ja liikenneverkkotoimijoihin, jotka ovat velvoitettuja toimittamaan tiedot verkostoinfrastruktuurista keskitettyyn tietopisteeseen. Kaukolämpötoimijat ovat velvoitettuja toimittamaan tiedon verkkotyypistä, sijainnin x- ja y-koordinaateista sekä sijainnin z-koordinaatista, mikäli se on tiedossa, sijaintitarkkuudesta ja sijainnin määrittelytavasta, rakennusvuodesta, käyttötilasta sekä näyttöalueesta. Verkkotyypistä on määräyksen mukaan ilmoitettava vähintään, onko putki kaukolämpö- vai jäähdytysputki, putkien lukumäärä, putken pintamateriaali sekä putken halkaisija. Verkkotyypistä on ilmoitettava vähintään putken halkaisija, materiaali sekä maksimikäyttöpaine. Rakentamissuunnitelmista on toimitettava tieto rakentamissuunnitelman nimestä, rakennettavan verkon tyypistä, hankealueen rajauksesta, rakentamisen aikataulusta sekä valmiusasteesta. (Traficom 2020, 2, 7–9.)

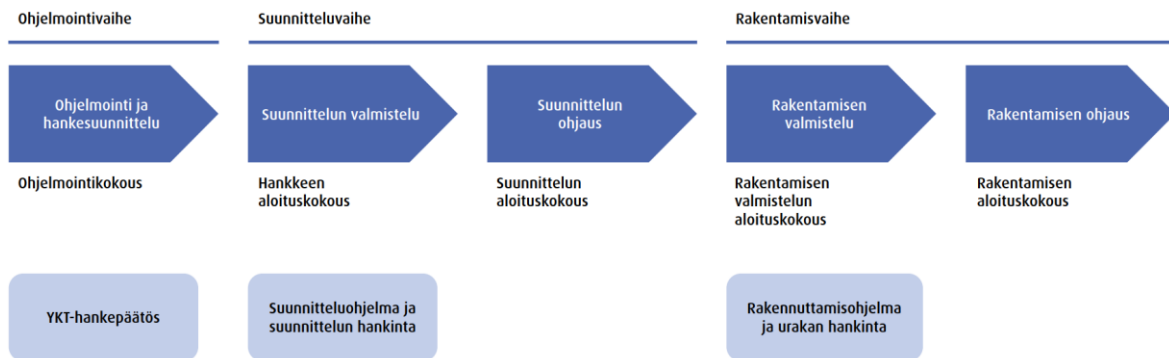
### 4.3 Yhteisrakentamisprosessi

Lainsäädäntö antaa reunaehdot yhteisrakentamiseen, mutta yhteisrakentamisprosessin eteneminen vaihtelee kunnassa tai kaupungissa käytetyn yhteisrakentamismallin mukaan. Jokaisella kunnalla on hieman erilaiset käytännöt prosessin läpiviemisessä. Yleinen malli on kuitenkin olemassa, jota voidaan soveltaa kunnissa. Tässä esitellään lyhyesti yhteisrakentamisprosessin eteneminen Kuntaliiton yleisen mallin mukaan ja myöhemmin käydään tarkemmin läpi työn kannalta keskeisen Lahden yhteisrakentamismallin eteneminen kaukolämmön näkökulmasta.

Yhteisrakentamisprosessi voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: ohjelmointivaihe, suunnitteluvaihe ja rakentamisvaihe. Kuviossa 9 on esitelty prosessin eteneminen sekä sen



keskeisimmät vaiheet. Kuvioista voidaan havaita, että ennen rakentamisen aloittamista vaaditaan yhteisrakentamishankkeiden ohjelmointityötä ja yksittäisen kohteen hankesuunnittelua. Hankkeiden ohjelmointi ja hankesuunnittelu ovat kriittisiä vaiheita rakentamisen onnistumisen kannalta, koska puutteellinen valmistelu korostuu rakentamisvaiheessa. (Suomen Kuntaliitto 2017, 7–8.)



Kuvio 9. Kunnallisteknisen yhteisen työmaan prosessimalli (Suomen Kuntaliitto 2017, 7)

Yhteisrakentamisprosessi alkaa yleensä kunnan aloitteesta, mutta aloitteen tekijänä voi olla myös jokin muu toimija. Kunnan käynnistämässä hankkeissa taustalla on usein kunnan täydennys- tai korjausrakentaminen. Tällöin kunta toimii hankkeessa päätilaajana, joka koordinoi hankkeen etenemistä ja vastaa suurimman hankeosuuden työn tilaamisesta. Päätilaaja voi olla kuitenkin myös jokin muu toimija kuin kunta, ja päätilaajarooli vaihtelee käytössä olevan yhteisrakentamismallin mukaan. Verkostoansa rakentavat verkosto-operaattorit ovat myös hankkeessa tilaajia. (Suomen Kuntaliitto 2017, 7–8.)

Yhteiset rakentamishankkeet vaativat tiivistä yhteistyötä ja yhteistä suunnittelua. Hankeohjelmointivaihe alkaa jo hyvissä ajoin ennen hankkeen ajateltua toteutumisajankohtaa. Ohjelmointivaiheen tavoitteena on kartoittaa yhteisrakentamiseen soveltuvia hankkeita, kuulla verkosto-operaattoreiden rakentamisen tarpeita sekä arvioida hankkeiden soveltuvuutta yhteisrakentamiseen ja aikatauluttaa ja resursoida yhteisesti toteutettavat hankkeet. Hankkeiden ohjelmointivaiheessa järjestetään myös ohjelmointipalavereja. Ohjelmointipalavereja järjestetään muutaman kerran vuodessa, ja niissä käsitellään yleisesti eri tilaajaorganisaatioiden tulevia hankkeita ennen yksittäisen hankkeen suunnittelua. Palavereissa verkosto-operaattorit voivat kertoa omista rakentamisen tarpeistaan ja esitellä omia vuosittaisia hankelistojaan. Operaattoreiden hankelistoista haarukoidaan yhteisrakentamiseen soveltuvia kohteita kriittisyysarvioinnin ja kokonaismerkityksen pohjalta. Toimijoilta

edellytetään kattavaa perehtymistä oman organisaationsa hankeohjelmaan, jotta keskustelua voidaan viedä tavoitteellisesti eteenpäin. (Ahlroos 2013, 26–27.)

Toimijoiden erilaiset lähtökohdat ja verkostojen rakentamisen kriittisyys erityisesti korjausrakentamisessa voivat tuoda haasteita yhteistoimintaan. Kaikkia tarpeellisia saneerauskohteita ei voida ennakoida, sillä joskus verkkotoimijoiden pitää saneerata verkostoa nopeasti esimerkiksi kaukolämpöverkon tai vesihuoltoverkon vuodon takia. Tällöin yhteisrakentaminen ei ole mahdollista. Verkosto-operaattoreilla on myös erilaiset lähtökohdat yhteisrakentamiseen, koska kaukolämmön rakentamista ohjaa markkina ja vesihuolto- ja sähköverkolla on lakisääteinen velvoite. Lämmitysmarkkinoiden kilpailu on myös viimeisten vuosien aikana kiristynyt ja lämmitysmuotojen välillä on voimakasta kilpailua asiakkaista. Erilaiset lähtökohdat ja toimintastrategiat voivat tuoda haasteita ohjelmointivaiheeseen, koska verkosto-operaattoreiden osallistuminen hankkeeseen voi realisoitua vasta kannattavuuden tarkastelun jälkeen. Hankkeista tiedottaminen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa on tärkeää, jotta verkosto-operaattoreiden on mahdollista pohtia etukäteen osallistumista, järjestellä työohjelmaa sekä budjetoida rakentamiskustannuksia. (Ahlroos 2013, 26–27.)

Yhteisrakentamishankkeissa kustannusjaon periaatteet vaihtelevat hankkeen tyypin ja toteutusmuodon mukaisesti, joten yhtä yhteistä kustannusten jakomallia ei ole. Yleinen kustannusjaon periaate on kuitenkin jakaa kustannukset suhteellisina osuuksina. Yhteisrakentamislain mukaan kustannukset jaetaan verkkotoimijoiden kesken erillirakentamisesta aiheutuvien arvioitujen kustannusten suhteessa, jos muuta toimintamallia ei ole sovittu. Kustannusten jakautuminen on selvitettävä ennen hankkeen aloittamista, jotta kaikki osalliset tietävät periaatteet jo hankkeesta keskustellessa ja toteuttamisen alkaessa. (Suomen Kuntaliitto 2017, 8.)

Yhteisrakentamiseen soveltuvien hankkeiden selvittämisen jälkeen aloitetaan yksittäisen hankkeen suunnittelun valmistelu. Suunnittelun valmisteluvaiheessa määritellään osapuolien tavoitteet sekä päätetään hankkeen suunnittelusta. Hankkeesta voidaan järjestää myös hankekokous, jossa keskustellaan hankkeen organisoimisesta, vastuuhenkilöistä ja -alueista sekä aikataulusta. Hankekokouksessa käydyn keskustelun pohjalta laaditaan yhteinen hankekuvaus eli hankeohjelma. Se laaditaan yhteistyössä kaikkien tilaajaorganisaatioiden kanssa. Hankeohjelmaa hyödynnetään myös suunnittelun ohjelmoinnissa ja siinä määritellään suunnittelun organisointiin vaikuttavat tekijät, kuten suunnittelun aikataulu sekä suunnittelun hankintatapa toimijakohtaisesti. Hankeohjelmassa määritellään myös päätilaaja, jonka vastuulla on hankkeen koordinointi sekä suunnittelun hankinta. Jos suunnittelu toteutetaan ulkopuolisella, yhteisen hankeohjelman perusteella päätetään

myös suunnittelijakonsultin hankinnasta. Yleensä verkosto-operaattorit vastaavat oman verkostonsa suunnittelusta ja hankkeen pääsuunnittelija katu- ja rakennesuunnittelusta. Pääsuunnittelijan vastuulla on suunnittelun koordinointi sekä verkosto-operaattoreiden suunnitelmien yhteensovittaminen. Hankekokouksessa on sovittava myös yhteensovittamisesta aiheutuvista kustannuksista ja niiden jakamisesta, jos kaupungin yhteisrakentamismallissa operaattorit ovat velvollisia osallistumaan yhteensovittamisen kustannuksiin. (Ahlroos 2013, 29.)

Hankkeen suunnittelu alkaa aloituskokouksella, jossa päätetään suunnittelun menettelytavoista päätilaajan johdolla. Pääsuunnittelija ja suunnitteluryhmä sopivat muiden tilaajaorganisaatioiden kanssa suunnittelun vastuuhenkilöt, tavoitteet ja suunnittelun aikataulun. Suunnitteluvaiheessa tiivis vuorovaikutus ja yhteistyö on tärkeää, jotta saavutetaan onnistunut lopputulos ja voidaan minimoida rakentamisvaiheessa eteen tulevat haasteet. Kun ongelmakohdat ovat mietitty ennakkoon huolellisesti, hanke etenee sujuvasti. Kaikkea ei voida infrarakentamisessa kuitenkaan ennakoida, koska ei ole varmaa tietoa siitä, mitä maasta kaivettaessa löytyy. Suunnitteluvaiheessa pyritään kuitenkin olemassa olevan tiedon pohjalta luomaan kaikkia osapuolia tyydyttävä kokonaisratkaisu. Se voi edellyttää myös kompromissien tekemistä osapuolilta. Suunnittelun tehokkaan etenemisen ja yhteistyön kannalta on järjestettävä suunnittelukokouksia, jossa keskustellaan yleisellä tasolla suunnittelun etenemisestä. Suunnitelmien yhteensovittaminen edellyttää myös yleisten suunnittelukokousten lisäksi pääsuunnittelijan ja operaattoreiden suunnittelijoiden välisiä suunnittelukokouksia, jossa käsitellään teknisiä ratkaisuja yksityiskohtaisella tasolla. Suunnitelmien valmistuttua järjestetään suunnitelmien tarkistustilaisuus, jossa suunnitelmat kommentoidaan ja tarvittavien muutosten kautta hyväksytään tilaajakohtaisesti. Suunnitteluvaiheessa laaditaan myös yhteiset turvallisuusasiakirjat. (Ahlroos 2013, 29.)

Suunnitelmien valmistumisen jälkeen aloitetaan rakentamisvaiheen valmistelu. Valmisteluvaiheessa tehdään ratkaisevat päätökset rakentamisvaiheen toimintamallien valinnassa. Rakennuttajille vaihe on tärkeä, koska siinä asetetaan tavoitteet ja menettelytavat rakentamisen lopputuloksen saavuttamiselle. Rakennuttamisen johtamisen yksityiskohdat on kuvattu RT-korteissa, ja niitä sovelletaan myös yhteisrakentamishankkeissa. Hankkeen päätilaaja tai päätilaajan palkkaama konsultti vastaa hankekokonaisuuden rakennuttamisesta. Rakentamisvaiheen valmistelussa valitaan hankkeen toteutusmuoto, laaditaan tarjouspyyntöasiakirjat sekä valitaan hankkeen pääurakoitsija. Valmisteluvaiheessa laaditaan rakennuttamisohjelma, joka on tilaajan puite, jossa kerrotaan, mitä urakassa tehdään. Rakennuttamisohjelmassa määritellään hankkeen aikataulu, urakkamuoto ja laajuus sekä urakkasuhteet sekä yhteistoimintaa koskevat yksityiskohdat kuten yhteyshenkilöt, erillishankinnat ja suoritusvelvollisuuden laajuus. Verkosto-operaattoreiden rakennuttajat ovat

velvollisia tuomaan esille vaatimuksensa, jotta ne voidaan ottaa huomioon urakan valmistelussa, ja päätilaaja tehtävänä on yhteensovittaa tilaajakohtaiset tavoitteet ja ehdot sekä koota ne yhdeksi asiakirjaksi. Yhteisrakentamishankkeissa on erityisen tärkeää tuoda esille eri rakennuttajien aikataulut, hankintoihin liittyvät vaatimukset ja rajoitteet, muiden urakoitsijoiden tehtävät sekä alistussuhteet, jotta kokonaisuus pysyy hallittavana. (Ahlroos 2013, 31–32.)

Rakennuttamisohjelmassa kuvattujen tavoitteiden ja ehtojen pohjalta laaditaan tarjouspyyntöasiakirjat urakan kilpailuttamisista varten. Tarjouspyyntöasiakirjat muodostuvat kaupallisista ja teknisistä asiakirjoista. Kaupallisiin asiakirjoihin kuuluvat urakkaohjelma, urakkarajaliite, yksikköhintaluettelo sekä tarjouslomake. Teknisiin asiakirjoihin kuuluvat työselostus sekä suunnitelma-aineistot. Asiakirjoihin on kuvattava selkeästi yhteistoiminnan ohjeet ja vaatimukset sekä tarjousten vertailuperusteet. (Ahlroos 2013, 33.) Koska rakentamishankkeissa hankkivana organisaationa on usein julkinen laitos, on noudatettava julkisen hankintalain periaatteita. Kuntien käyttämät kilpailutustavat ja -käytännöt voivat erota toisistaan yhteisrakentamismallin mukaan. Hankkeet voidaan kilpailuttaa yhteisenä kokonaisuurakkana tai erillisinä hankkeina. Yleisin tapa on laatia yhteinen urakkaohjelma ja kilpailuttaa hanke yhteisesti. Verkosto-operaattorit kilpailuttavat yhteisesti maanrakennustyöt ja pääsääntöisesti verkostojen rakennustyöt toteutetaan operaattorin omalla vuosiurakalla. (Suomen Kuntaliitto 2017, 8.)

Saadut tarjoukset vertaillaan ja tarjouskilpailun voittaneen urakoitsijan kanssa laaditaan urakkasopimus, joka sitouttaa urakoitsijan hankkeeseen. Urakoitsijasta tulee hankkeen päätoteuttaja, joka vastaa työmaan järjestelyistä, vaiheistuksesta ja työvaiheiden yhteensovittamisesta. Tilaajan rakennuttajalta edellytetään kuitenkin päättäväistä otetta rakentamisen johtamiseen. Rakentamisvaiheen alussa pidetään aloituskokous, jossa käsitellään hankkeen tavoitteet, aikataulu, turvallisuus, tiedonkulun käytännöt sekä yhteistoiminnan periaatteet. Aloituskokouksen lisäksi pidetään työmaakokouksia, joissa käsitellään työmaan tilanne yleisellä tasolla, aikataulu, suunnittelutarpeet, lisä- ja muutostyöt, laskutus, turvallisuustilanne sekä lupa-asiat. Kokouksesta laaditaan työmaakokouksen pöytäkirja. Operaattorit ja pääurakoitsija voivat tarvittaessa sopia erillisiä palavereja töiden etenemisen käytännöistä. (Ahlroos 2013, 34.)

Hankkeen valmistuttua suoritetaan vastaanotto, joka tehdään yhteistyössä kaikkien tilaajaorganisaatioiden kanssa. Päätilaajan vastuulla on järjestää vastaanottotarkastus, jossa varmistetaan, että työsuoritus on saavuttanut sille asetetut tavoitteet. Yleisesti pyritään siihen, että pääurakka sekä alisteiset sivu-urakat vastaanotetaan samanaikaisesti, jos se on mahdollista. Vastaanoton yhteydessä tehdään taloudellinen loppuselvitys urakoitsijoiden

ja tilaajien kesken. Hyvään käytäntöön kuuluu myös arvioida yhteisrakentamishankkeen päätyttyä hankkeen ja yhteistyön sujumista, jotta toimintamalleja voidaan kehittää edelleen. (Ahlroos 2013, 34–35.)

Aktiivinen vuorovaikutus sekä hyvä alkusuunnittelu ovat yhteisen työmaan onnistumisen edellytys. Koska hankkeessa on mukana useita eri osapuolia, tulee myös tiedottamisen olla avointa, jotta kaikki hankkeessa mukana olevat toimijat ja tilaajat ovat tietoisia hankkeen edistymisestä. Yhteisrakentamisella saavutetaan kustannushyötyjä, sillä pääsääntöisesti suurin kustannuserä verkostorakentamisessa muodostuu maarakennustöistä. Yhteisrakentamisella on myös monia muita tunnistettuja hyötyjä, kuten laadun paraneminen, toteutusaikojen lyhentyminen, haittojen väheneminen sekä yhteistoiminnan paraneminen. Rakentamisen laatu paranee, kun verkostot ja rakennekerrokset tehdään kerralla ja rakennekerroksia ei sekoiteta heti uudelleen toisen operaattorin verkoston rakentamisen yhteydessä. (Peltola-Ojala 2021, 5.)

#### 4.4 Yhteisrakentamisen sopimukset

Yhteisrakentamisen etujen saavuttamisen kannalta on tärkeää, että verkostotoimijat ovat tietoisia toimintamalleista. Jokaisella operaattorilla on yhteisrakentamisessa oma päämäärä ja toimintaympäristö, ja erilaisten lähtökohtien huomioiminen kokonaisuudessa on tärkeää. Yhteistoiminnan tueksi voidaan laatia sopimusmalleja, jotta jokainen osapuoli on tietoinen yhteistoiminnan peruseriaahteista.

Yhteisrakentamista varten laaditaan tilaajien välinen yhteistoimintasopimus, joka laaditaan hankkeiden ohjelmointivaiheessa. Sopimus ei ole hankekohtainen vaan sillä sovitaan yhteistyön tekemisestä. Yhteistoimintasopimuksella pyritään edistämään yhteistoimintaan osallistuvien yhteistyötä sekä hankkeiden kustannustehokkuutta ja selkeyttämään tilaajien välisiä velvollisuuksia sekä vastuita ja yhteisrakentamisen yleisiä menettelytapoja ja vaiheita. Sopimuksessa määritellään myös kustannusjaon sekä ristiriita- ja erimielisyystilanteiden ratkaisemisen periaatteet. (Suomen Kuntaliitto 2017, 11.)

Yhteistoimintasopimus koskee tilaajien välistä yhteistoimintaa koko prosessinäkökuilmasta. Yhteistoimintasopimuksen lisäksi voidaan laatia erikseen hankekohtainen sopimus. Hanke-sopimuksessa määritellään tarkemmin tietyn hankkeen rakentamisyhteistyön menettelyta-voista, ja hankekohtainen sopimus laaditaan hankesuunnitteluvaiheessa. Hankekohtaiseen sopimukseen määritellään hanke ja siinä mukana olevat rakennuttajat, aikataulu, suunnit-telun ja rakentamisen toteuttamisen yksityiskohdat, vakuudet, laadunvarmistus, työturvalli-suus sekä urakan vastaanotto. (Suomen Kuntaliitto 2017, 14.)

## 4.5 Kehitystyö

Erityisesti muutaman viimeisen vuoden aikana yhteisrakentamista ja sen käytäntöjä on pyritty kehittämään valtakunnallisella tasolla. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom on tehnyt merkittävää kehitystyötä yhteisrakentamisen ja -käytön toimintamallien kehittämiseksi. Vuoden 2019 loppupuolella Traficom järjesti yhteistyössä konsulttiyhtiö Sitowise Oy:n kanssa kehittämishankkeen. Hankkeen tavoitteena oli pohtia menettelytapoja, joilla yhteisrakentaminen saataisiin laajemmin käyttöön kunnissa ja eri verkkohaltijoiden hankkeissa. Hankkeen työpajoissa pohdittiin koko yhteisrakentamisen kokonaisuutta, sen keskeisiä haasteita ja kehittämiskohteita. (Taipale 2020.) Työpajoissa nousi esille, että yhteisrakentamisen kokonaisuudesta ei keskustella tarpeeksi valtakunnallisesti ja kansainvälisiä esimerkkejä ei ole. Tämän lisäksi työpajoissa tuli esille, että yhteiset toimintamallit puuttuvat, osapuolilla oli erilaisia käsityksiä kustannusetujen jakautumisesta ja verkkotoimijoiden investointien aikataulut ja kustannukset eroavat toisistaan. Miljoonien eurojen yhteisrakentamishankkeissa verkostotoimijoiden investointien prosentuaalinen osuus kokonaisuudesta voi olla pieni, mutta olisi myös tärkeää ymmärtää, että operaattoreille siinä voi olla kuitenkin kyse toiminnan kannattavuudesta. (Kämpin 2020.)

Kämpin (2020) mukaan yhteisrakentamiseen ei ole kansainvälisiä esimerkkejä. Yhteisrakentaminen ja sen kehittäminen on paikallista toimintaa ja keskustelu jää usein kunnan tasolle. Löydetyt kansainväliset esimerkit liittyvät pääasiassa isoihin silta-, rata- ja tunnelihankkeisiin, jotka on usein toteutettu allianssimaisilla tai sitä vastaavalla urakkamuodolla. Maailmalta ei löydy vastaavia yhteisrakentamismalleja, mikä tuo haasteita kehittämiseen. Tukholmassa on kuitenkin käytössä malli, jossa voidaan antaa määräys, että katua ei saa rakentamisen jälkeen avata seuraavan 3 vuoden aikana, jos sille ei ole pakottavaa tarvetta (YIT 2020).

Keskeinen ongelma yhteisrakentamisessa on ollut tiedon puute meneillään olevista rakennushankkeista sekä yhteiskäytössä vajavainen tai olematon tieto yhteiskäyttöön mahdollisesti kelpaavasta infrastruktuurista. Verkkotietopisteellä on pyritty vastaamaan tähän haasteeseen. Verkkotietopisteen tavoitteena on edistää tiedotusta erilaisista hankkeista, jotta toimijat voivat liittyä halutessaan mukaan yhteisrakentamiseen. Palveluun kirjattaisiin tulevat rakentamishankkeet, jolloin toimijat tiedostaisivat toistensa rakennushankkeet ja näin ollen tieto yhteisrakentamisen mahdollisuuksista lisääntyisi. Esimerkiksi kunnat voivat tuottaa palveluun tietoa tulevasta katuhankkeesta, ja verkosto-operaattorit voivat vastavasti ilmoittavat omia hankkeitaan tai ilmaista kiinnostuksensa liittyä hankkeeseen mukaan. Palvelun tavoitteena on tuottaa kattavaa ja palveleva tietoa Suomen infrastruktuurista ja edistää myös olemassa olevien verkostojen tietojen saattamista yhteen

tietopisteeseen Sijaintitietopalvelulla. Palvelukokonaisuudesta ei ole vielä käyttökokeusta, koska muutokset ovat vasta tulossa voimaan ja valtakunnallista käyttöä ei ole vielä saavutettu. (Peltola-Ojala 2021, 7–11.)

Yhteisrakentamisen ja verkkojen yhteiskäytön yhteydessä puhutaan myös passiivi-infran käsitteestä. Passiivi-infralla tarkoitetaan infraa, joka ei ole sillä hetkellä aktiivisesti käytössä. Passiivi-infraa voi olla esimerkiksi sähköverkon varausputket tai käytöstä poistettu kaukolämpöputki. Passiivista infraa haluttaisiin ottaa käyttöön ja toive onkin, että sitä dokumentoitaisiin jatkossa nykyistä paremmin, jotta eri toimijoilla on tietoa kyseisistä rakenteista. Toimijat voisivat vuokraa tai muuta korvausta vastaan ottaa käyttöön toisen operaattorin verkostoa, jos toisella toimijalla ei ole perusteltua syytä kieltäytyä yhteiskäytöstä. Yhteiskäyttö edistäisi kestäväää rakentamista. Yhteiskäyttöä esiintyy pääasiassa sähkö- ja televerkkojen kesken, koska ne ovat rakennustyyliltään lähellä toisiaan. Haasteena on kuitenkin se, että rakenteet, niiden sijainnit ja määrät eivät ole välttämättä tiedossa paikallisesti tai valtakunnallisesti. Tällöin toimijoilla ei ole tietoa passiivisesta rakenteesta ja toimijat eivät voi pyytää yhteiskäyttöä. Passiivisen infran tietämättömyyden haasteeseen on pyritty löytämään ratkaisua myös Verkkotietopisteen avulla. (Peltola-Ojala 2020.)

Yhteisrakentaminen vaatii edelleen tutkimista ja kehitystyötä. Yhteisrakentamisen hyödyt kestäväen kehityksen, resurssitehokkaan rakentamisen ja ympäristönäkökulmien kannalta kannustavat toimijoita yhteisrakentamiseen myös tulevaisuudessa. Lainsäädäntö ohjaa toimijoita myös rakentamaan verkostojaan yhteisesti, joten hyvien toimintamallien ja yhteisten käytäntöjen löytäminen muodostuu entistä tärkeämmäksi.

## 5 Lahden yhteisrakentamismallin nykytila

Kaupungeilla ja kunnilla on käytössään erilaisia yhteisrakentamismalleja. Lahdessa kaukolämmön haasteiden löytämisen ja mallin kehittämisen kannalta on keskeistä tuntea nykyinen Lahden yhteisrakentamismalli yleisellä tasolla ja kaukolämmön rooli jokaisessa hankkeen vaiheessa. Malliin tutustuttiin Lahden kaupungin ja Lahti Energian aineistojen pohjalta sekä osallistuvalla havainnoinnilla hankkeissa mukana ollessa. Lahden mallin ymmärtäminen on tärkeää, jotta haastatteluvaiheessa osataan kysyä tarkentavia kysymyksiä, jotka kohdistuvat tarkasti Lahdessa käytössä oleviin toimintamalleihin.

Lahden yhteisrakentamisprosessi alkaa ohjelmointivaiheesta, jossa tarkastellaan tulevien vuosien hankkeita sekä hankkeiden soveltuvuutta yhteisrakentamiseen. Lahdessa on hankeryhmä, joka kokoontuu kahdesti vuodessa keskustelemaan yhteisrakentamishankkeista. Kokouksissa käsitellään meneillään olevia sekä tulevia hankkeita ja keskustellaan yhteisrakentamisen kokemuksista, jotta toimintamalleja voidaan jatkuvasti kehittää. Hankeryhmässä laaditaan yhteisrakentamishankkeiden työohjelma, jossa on esitelty tulevia hankkeita 1–3 vuodeksi eteenpäin. Hankeryhmän kokouksissa keskustellaan myös kaikkien alueella toimivien infrastruktuurin omistajien tai haltijoiden kanssa tulevasta rakentamisen tarpeista, jotta toimijoiden hanketarpeita voidaan hyödyntää yhteisrakentamishankkeiden sopimisessa. (Lahden kaupunki 2018a, 2.) Hankkeiden ohjelmointivaiheessa Lahti Energialla on mahdollisuus esittää ohjelmointipalaverissa kaukolämmön hankelista sekä saneerauksen kannalta kriittisiä kohteita.

Hankkeiden vuosittainen työohjelma laaditaan yhteistyössä verkosto-operaattoreiden kanssa. Työohjelmassa sovitaan hankkeiden sisällöstä sekä hankkeiden suunnittelun toteuttamisesta, mahdollisen konsultin käytöstä sekä kohdekohtaisista vetovastuista. Lahden yhteisrakentamismallissa uudis- ja saneeraushankkeiden koordinoimisesta vastaavat eri organisaatiot. Pääperiaatteena on, että uudis- ja täydennysrakentamishankkeet ovat Lahden kaupungin vetämiä ja saneeraushankkeet vesilaitoksen eli Lahti Aquan vetämiä. Jos saneeraushankkeissa katuun tulee merkittäviä muutoksia, kaupunki vastaa suunnitteluttamisesta. (Lahden kaupunki 2018b, 2.)

Työohjelmaan valittujen yksittäisten hankkeiden valmistelu alkaa aloituskokouksella. Uudishankkeen aloitusvaiheessa laaditaan sitova aikataulu tilaajan johdolla. Aikataulutuksessa määritellään hankkeen suunnitteluvaiheen, rakentamisvaiheen sekä tavoitellun valmistumisen ajankohdat. Aikataulutuksessa otetaan myös jo tässä vaiheessa huomioon kaikkien tilaajien osuudet hankkeessa. Uudishankkeissa sovitaan myös asuinalueiden tonttien luovutuspäivät. (Lahden kaupunki 2018a, 3.) Saneeraushankkeissa ei välttämättä pidetä aloituskokousta, jos hanke katsotaan laajuudeltaan pieneksi. Tällöin aloittamisen kannalta



keskeiset asiat sovitaan muuta kautta. Kaikista hankkeista laaditaan aloitusvaiheessa myös hankekortit, jotka tukevat hankkeiden koordinoitua ja johtamista. Aloituskokouksessa nimetään myös hankkeen projektiryhmä eli osallistuvien toimijoiden ja operaattoreiden yhteyshenkilöt, jotta kaikille osapuolille on hankkeen alussa tiedossa osapuolien vastuut ja tehtävänkuvat hankkeessa. Tavoitteena on, että projektiryhmä olisi mahdollisimman pieni, jotta yhteistyö olisi sujuvaa. (Lahden kaupunki 2018b, 3.) Kaukolämpöä edustaa usein kohteen suunnittelija, joka vastaa myöhemmin myös oman kohteensa rakennuttamisesta.

Suunnitteluvaiheessa prosessin kulku ja vastuut määräytyvät vetovastuussa olevan organisaation mukaan. Uudisrakentamishakkeissa rakennetaan uutta infraa ja katusuunnittelija on hankkeessa pääsuunnittelijana. (Lahden kaupunki 2018a, 4.) Saneeraushankkeissa katuun ei välttämättä tehdä merkittäviä muutoksia, jolloin suunnittelusta vastaa vesilaitos. Tällöin katuun kohdistuvat muutokset esitetään vesihuoltosuunnitelmassa. Jos katuun kohdistuvat muutokset ovat kuitenkin suuria rakenteiden tai muun tekniikan kannalta, kuten siltojen saneeraustyömaat, kaupunki vastaa suunnittelun koordinoinnista. (Lahden kaupunki 2018b, 4.)

Uudisrakentamishankkeissa kaupunki valitsee palveluntuottajan, joka vastaa katu- ja vesihuoltosuunnitelmien laatimisesta. Palveluntuottajalta vaaditaan riittävää osaamista myös vesihuoltosuunnitelmien laatimiseen, mutta vesilaitos antaa kuitenkin reunaehdot suunnittelulle. Muilta osin verkostotoimijat vastaavat omista suunnitelmistaan. Katusuunnittelija on hankkeen pääsuunnittelija, jonka vastuualueeseen kuuluu katu- ja rakennesuunnitelmien laatiminen sekä verkosto-operaattoreiden suunnitelmien yhteensovittaminen. Verkosto-operaattorit vastaavat omien hankkeidensa suunnittelusta, suunnitelmien sisällöstä ja suunnittelun kustannuksista, mutta pääsuunnittelija vastaa suunnitelmien yhteensovittamisesta eli varmistaa, että eri operaattoreiden suunnitelmat ovat yhteensopivia keskenään koko hankkeen näkökulmasta. Jos yhteensovittamisen yhteydessä ilmenee muutostarpeita, niistä sovitaan erikseen. Geotekninen asiantuntija on myös varhaisessa vaiheessa mukana ja tarkastelee katu- ja vesihuollon osuudet. (Lahden kaupunki 2018a, 4.)

Myös saneeraushankkeissa jokainen tilaaja vastaa omista suunnitelmistaan. Verkosto-operaattorit laativat hankkeeseen omien osuksiensa suunnitelmat, mutta suunnitelmien yhteensovittamisesta vastaa vesilaitos, joko itse tai tarvittaessa konsultin avulla. Saneeraushankkeissa kadun muutoksista vastaa Lahden kaupunkiympäristö ja katuun tehtävät muutokset esitellään vesihuoltosuunnitelmassa. Jos kohteessa tarvitaan rakenteen parannustoimia, käytetään geoteknikon lausuntoa. (Lahden kaupunki 2018b, 4.)

Suunnitteluvaiheessa pidetään suunnittelukokouksia, jossa keskustellaan suunnitelmien yksityiskohdista sekä yhteensovittamisesta, suunnitelmien etenemisestä ja muista

suunnittelun kannalta tärkeistä huomionarvoisista asioista. Suunnittelukokouksia pidetään tarvittaessa ja suurissa hankkeissa kokouksia pidetään useammin. Tyypillisesti kokouksia on pidetty noin 1 kk välein, mutta hankkeen laajuus vaikuttaa merkittävästi kokoustiheyteen. Verkosto-operaattorit ovat kokouksissa mukana myös aina tarpeen vaatiessa. (Lahden kaupunki 2018a, 4.)

Kaukolämmön yksityiskohtainen suunnittelu aloitetaan yleensä kadun rakennesuunnitelmien valmistuessa, mutta yleispiirteistä reittisuunnittelua voidaan tehdä jo katusuunnitteluvaiheessa. Saneeraushankkeissa kaukolämmön suunnitelmat laaditaan hyvin pitkälle jo urakkalaskentavaiheeseen. Uudishankkeissa urakkalaskentavaiheeseen kaukolämpö tuo usein reittitasoisen suunnitelman ja tekniset yksityiskohdat on tarkennettu suunnitelmiin jälkikäteen. Kaukolämmön suunnitelmiin tuodaan myös kaukolämmön urakkarajat.

Suunnitelmien valmistuttua suurissa hankkeissa pidetään suunnitelmien kommentointitilaisuus ja sovitaan kilpailutuksen etenemisestä. Yleensä laaditaan yhteiset tarjouspyyntöasiakirjat urakan kilpailuttamista ja urakoitsijan valintaa varten. Jokainen toimija tuottaa oman hankkeensa tekniset työselostukset ja tarvittavat suunnitelmat. Vetovastuussa oleva toimija kokoaa urakka-asiakirjat. Hankkeiden kilpailuttaminen alkaa, kun suunnitelmat ovat valmiina ja hankkeiden yleisaikataulun mukaisesti yleensä marras-joulukuussa. Kilpailuttamiskäytännöt eroavat hieman uudis- ja saneeraushankkeiden välillä. (Lahden kaupunki 2018a, 5.)

Uudishankkeissa hankinta toteutetaan julkisen hankintalain sekä Lahden kaupungin ohjeiden mukaisesti. Kaupunki kerää muiden operaattoreiden aineiston ja valmistelee tarjouspyyntöasiakirjat. Urakka-aika sovitaan yhteisesti kaikkien osallisten kesken. Lahden mallissa tarjouksessa on esitettävä jaetut kustannukset Lahden kaupunkiympäristön palvelualueelle sekä vesilaitokselle. Lahden kaupunkiympäristön palvelualueen hankintaosuuteen sisältyy operaattoreiden kaivantojen maanrakennustöiden kustannukset. Lahden kaupunki ja operaattorit ovat sopineet operaattoreiden maksuosuuksista, jotka ovat tiedossa jo hankkeeseen ja suunnitteluun lähdettyäessä. Operaattoreiden kulut muodostuvat verkon yhteisrakentamishinnaston mukaisista hinnoista. Urakoitsija laatii kyseisen verkostorakentamisen hinnaston mukaan tilaajakohtaisen maksuerätaulukon. Käytäntö on tarjoustasoisempaa kuin erillisen hinnan laskeminen jokaiselle tilaajaorganisaatiolle, koska urakoitsijalta vaaditaan vain kaksi erillistä kokonaissummaa ja operaattorit sopivat keskenään Lahden kaupungin kanssa omien osuuksien kustannusten jakautumisesta yksikköhintatietojen mukaisesti. Malli kannustaa operaattoreita mukaan yhteisrakentamiseen, koska kustannukset ovat jo prosessin alussa määritelty etukäteen rakennettavan verkon metrimäärien ja kaivannon leveyden suhteessa. Yhteisrakentaminen on kannattavaa kaikkien

osapuolien kannalta ja tällä mallilla kaupunki voi kannustaa toimijoita yhteisrakentamiseen. (Lahden kaupunki 2018a, 5.) Kaukolämmön rakentamisen kustannukset ovat sovittu kaupungin kanssa siten, että kaivannon leveyden mukaan määräytyy kaivannon metrihinta. Yhteisrakentamismallissa ei ole kuitenkaan otettu huomioon suurien kaukolämpölinjojen rakentamista. Lahti Energian on tuonut malliin vain pienien verkkojen rakentamisen käytännön vaatimukset.

Kun uudishankkeiden tarjousaika on päättynyt, kaupunki esittää kaikille toimijoille tarjousten vertailun yhteenvedon. Tarvittaessa aiheesta pidetään palaveri, jossa urakkatarjous hyväksytään yhteisesti. Kaikkien osallisten on sitouduttava päätökseen. Tarjouksen antaneiden urakoitsijoiden kanssa voidaan pitää vielä selonottoneuvotteluita, jotta voidaan varmistua, että osapuolet ovat ymmärtäneet hankkeen sekä tarjouksen sisällön. Kaikki tilaajaorganisaatiot voivat osallistua selonottoneuvotteluun. Tarjouskilpailun voittaneen urakoitsijan kanssa Lahden kaupunki laatii urakkasopimuksen. Urakoitsija laatii tässä vaiheessa myös tilaajakohtaisen maksuerätaulukon. Urakoitsija laskuttaa verkosto-operaattoreiden osuudet suoraan operaattoreilta yhteisrakentamishinnaston pohjalta luodun maksuerätaulukon mukaisesti. Lahden kaupunkiympäristön maksuerä korjataan sen mukaan, miten operaattoreilta laskutetaan. (Lahden kaupunki 2018a, 5.)

Saneeraushankkeissa kilpailuttamisesta vastaa vesilaitos. Vesilaitos ja yhtiön palkkaama konsultti keräävät muiden osallisten aineiston ja laativat tarjouspyyntöasiakirjat. Vesilaitos noudattaa urakkahankinnoissaan erityisalojen hankintalakia. Usein saneeraushankkeiden hankinnan ennakoidut arvot alittavat kuitenkin erityisalojen hankintalain kynnysarvot, jolloin erityisalojen hankintalakia ja sen veloitetta julkiseen kilpailutukseen ei usein näissä hankkeissa sovelleta. Urakat kilpailutetaan rajoitetulla hankintamenettelyllä. Tarjouspyyntöasiakirjat lähetetään vesilaitoksen valitsemille urakoitsijoille, joita on vähintään kolme. Ennen kuin urakoitsijat lähettävät tarjouksensa, jokaiselle kutsun saaneelle urakoitsijalle järjestetään tilaisuus, jossa käydään hankkeiden sisältö läpi. Tällöin voidaan varmistua siitä, että urakoitsija on ymmärtänyt aineiston sisällön. Tilaisuudessa hankkeet esitellään ja mukana on päätilaajan lisäksi myös muut verkosto-operaattoreiden tilaajan määräysvaltaa käyttävät henkilöt, jotka voivat esitellä omien kohteidensa osuudet hankkeissa. (Lahden kaupunki 2018b, 5.)

Saneeraushankkeissa tarjousten laatimiskäytäntö on samanlainen kuin uudishankkeissa eli tarjous jaetaan vesilaitoksen ja Lahden kaupunkiympäristön hankintaosuuksiin. Lahden kaupunkiympäristön palvelualueen osuuteen sisältyy muiden tilaajien hankintahinnat, joiden osuudet ovat sovitun yhteisrakentamishinnaston mukaan ja urakoitsija laatii tämän pohjalta maksuerätaulukon tilaajakohtaisesti. Tarjousten vertailuperusteena käytetään

kokonaisedullisuutta. Tarjousvertailun yhteenveto lähetetään kaikille toimijoille ja kaikki sitoutuvat päätökseen. Lahden kaupunki laatii vielä omasta urakkaosuudestaan hankintapäätöksen, ja tarvittaessa voidaan järjestää selonottoneuvottelut isoissa hankekokonaisuuksissa. Ennen selonottoneuvottelua kaikki osapuolet ovat hyväksyneet urakkatarjouksen, ja neuvotteluissa on mukana vesilaitos ja sen palkkaaman rakennuttajan edustajat, Lahden kaupunki sekä pääurakoitsija. Muut tilaajaorganisaatiot ovat mukana tarvittaessa. Vesilaitos laatii saneeraushankkeissa urakkasopimuksen valitun urakoitsijan kanssa. Tässä vaiheessa myös maksuerätaulukko on määritelty ja laskut menevät maksuerätaulukon mukaan suoraan urakoitsijalta tilaajille. (Lahden kaupunki 2018b, 5.)

Rakentamisvaihe alkaa urakoitsijavalinnan jälkeen. Uudishankkeissa urakoitsija laatii Lahden kaupungin johdolla hankkeen rakentamisvaiheen aikataulun, jossa tulee huomioida jokaisen tilaajan tehtävät ja heidän vaatimansa aikataulu töiden toteuttamiseen. (Lahden kaupunki 2018a, 6.) Saneeraushankkeissa aikataulu laaditaan vesilaitoksen johtamana. (Lahden kaupunki 2018b, 6).

Yhteisrakentamishankkeissa maanrakennustyöt kilpailutetaan yhteisesti ja tilaajaorganisaatioiden omat vuosiurakat rakentavat verkostot. Lahti Energian vuosiurakoitsija rakentaa verkoston ja kaukolämmön rakennuttaja vastaa verkoston rakentamisen laadunvalvonnasta. Rakentamisvaiheessa yhteistyö eri toimijoiden välillä on erityisen tärkeää, jotta työ etenee jouhevasti ja osapuolet ovat tietoisia toisten työvaiheiden etenemisestä. Rakentamisvaiheessa järjestetään noin 3–4 viikon välein työmaakokouksia. Kaukolämmön rakennuttaja pyrkii olemaan aktiivisesti mukana kokouksissa ja kirjaamaan omia työvaiheita koskevia yksityiskohtia työmaakokousten pöytäkirjoihin. Urakan valmistuttua kaukolämmön edustajalla on mahdollisuus osallistua urakan vastaanottotarkastukseen.

## 6 Haasteiden kartoitus kaukolämmön näkökulmasta

### 6.1 Teemahaastattelut

Isojen kaukolämpölinjojen rakentamisen haasteita yhteisillä työmailla tutkittiin teemahaastatteluilla. Yhteisrakentamisessa on kyse vuorovaikutuksesta ja mukana paljon eri tehtäviin erikoistuneita toimihenkilöitä. Prosessin ymmärtämisen kannalta on tärkeää kuulla eri henkilöiden mielipiteitä ja näkökulmia tarkasteltavaan asiaan, jotta voidaan muodostaa laaja käsitys siitä, minkälainen prosessi on ja minkälaisia haasteita siihen liittyy. Tutkimusmenetelmäksi valittiin teemahaastattelut, jotka mahdollistavat aiheen tutkimisen useasta eri näkökulmasta.

Teemahaastattelussa käsitellään aiheeseen liittyviä teemoja. Haastatteluja varten laaditaan ennakkoon vain haastattelurunko, jotta haastattelijat ei ohjaa haastateltavaa liikaa omilla ennako-olettamuksillaan. Teemahaastattelun onnistumisen kannalta on tärkeää, että haastattelijat ei ohjaa keskustelua liikaa. Haastattelijan tehtävä on vain ohjata keskustelun suuntaa käsiteltäviin teemoihin ja antaa tilaa haastateltavien kokemuksille. (Kananen 20112, 70.) Teemahaastatteluilla pystyttiin kartoittamaan keskeisesti asian ympärillä olevia ongelmia ja onnistumisia ja ne mahdollistivat ilmiön tutkimisen kattavasti eri näkökulmista, jotta kokonaiskuva voitiin hahmottaa.

#### 6.1.1 Haastateltavien valinta

Haastateltaviksi valittiin prosessissa eri tehtävissä toimivia henkilöitä, jotta voitiin muodostaa kokonaiskuva prosessista ja kaukolämmön asemasta kokonaisuudessa. Haastateltavien valinta tehtiin teoreettisella otannalla ja valinnassa kiinnitettiin erityisesti huomiota siihen, että henkilöt edustaisivat laajasti eri osapuolia yhteisrakentamisprosessissa.

Haastateltavat kutsuttiin haastatteluun sähköpostilla lähetetyllä kutsulla. Haastattelukutsussa tuotiin esille haastattelun tarkoitus, haastattelussa käsiteltävät teemat sekä kysyttiin suostumusta haastattelun tallentamiseen aineiston käsittelyä varten. Haastattelukutsussa painotettiin sitä, että keskeisenä teemana on henkilön omat kokemukset yhteisrakentamisprosessista oman roolinsa näkökulmasta. Käsiteltävät teemat painoutuivat henkilön edustaman toimenkuvan mukaan. Haastattelukutsut lähetettiin sähköpostilla viidelle eri henkilölle. Kaikki kutsun vastaanottaneet suostuivat haastateltaviksi. Haastateltavana olivat

- kaksi kaukolämpöverkon suunnittelija-rakennuttajaa
- päätilaaja
- kaukolämpöurakoitsija

- sähköverkon rakennuttaja.

Lahti Energialla kaukolämmön suunnittelija vastaa myös oman kohteensa rakennuttamisesta. Lahti Energia Sähköverkolla suunnittelijana ja rakennuttajana ovat eri henkilöt. Lahden kaupungilla päätilaaja on myös kohteen rakennuttaja, mutta saneeraushankkeissa eli vesilaitosvetoisissa hankkeissa tilaajalla on erikseen heitä edustava rakennuttaja.

### 6.1.2 Haastattelun teemat ja eteneminen

Teemahaastattelun tarkoituksena on käsitellä aihepiirin ympärillä olevia asiakokonaisuuksia ja tutkia aihetta eri näkökulmista. Haastatteluista varten laadittiin teemahaastattelun runko, jossa yhteisrakentamisprosessi jaettiin teemoihin. Käsiteltäviksi teemoiksi valikoituivat hyvät ja huonot kokemukset, suunnittelu, kilpailuttaminen, urakointi ja rakennuttaminen, aikataulu, viestintä ja yhteistyö sekä vaikutukset. Haastatteluissa käsiteltävät teemat painottuivat kuitenkin haastateltavan toimenkuvan mukaan.

Haastattelukutsun yhteydessä esiteltiin haastattelussa käsiteltävät teemat ja erillisellä viestillä lähetettiin etukäteen muutamia kysymyksiä aihealueittain jo ennakkoon tutustuttavaksi ja aiheeseen johdattelemiseksi. Jokaisen haastattelun alussa kysyttiin yleistä ajatusta yhteisrakentamisesta sekä hyviä ja huonoja kokemuksia yhteisrakentamisesta Lahdessa. Tämän jälkeen siirryttiin käsittelemään prosessia ja keskustelemaan teemoista haastateltavan edustamasta näkökulmasta.

Kaukolämmön suunnittelijoilta ja rakennuttajilta kysyttiin erityisesti suunnitteluun ja työmaavaiheeseen liittyvistä asioista, kaukolämpöurakoitsijalta rakentamisen teknisestä toteuttamisesta, sähköverkon rakennuttajalta erityisesti operaattoreiden välisestä yhteistyöstä ja yhteisestä rakentamisesta. Kaikilta kysyttiin positiivisia ja negatiivisia yhteisrakentamiskokemuksia Lahdessa sekä prosessin yhteistyöstä ja viestinnästä. Lahden kaupungin edustaja ehdotti haastattelukutsun saatuaan, että hän voisi pitää aiheesta palaverin omassa organisaatiossaan ja keskustella haastattelukutsussa olleista teemoista koolle kutsumassaan työryhmässä. Keskustelussa syntyneiden ajatusten ja ideoiden pohjalta päätilaaja lähetti koonnin keskusteluissa käydyistä aiheista kirjallisesti. Tilanteessa katsottiin, että haastattelumuotoinen tilaisuus ei ollut tarpeen, koska vastaukset olivat kattavasti perusteltuja. Päätilaajalla viitataan tästä eteenpäin työryhmään, jossa päätilaajan edustajat keskustelivat.

Muut haastattelut pidettiin Teams-haastatteluina ja niihin oli varattu aikaa yksi tunti. Kahdessa haastattelussa aika osoittautui kuitenkin liian lyhyeksi, koska keskustelua syntyi paljon. Haastattelutilaisuudet tallennettiin aineiston käsittelyä varten. Haastattelut ajoittuivat helmikuuhun ja ne tehtiin kahden viikon aikana.

### 6.1.3 Haastatteluiden analysointiprosessi

Haastateltavien vastausten analysointi aloitettiin litteroimalla aineisto eli kirjoittamalla haastatteluiden nauhoitukset tekstimuotoon. Litteroinnissa käytettiin sanatarkkaa litterointia, josta jätettiin pois äänenpainojen ja eleiden kirjaaminen. Litteroinnin avulla nauhoitetun aineiston käsittely ja syvä analyysi oli mahdollista.

Litteroitu aineisto koottiin haastatteluissa käytyjen teemojen mukaisesti ja yhden teeman alle koottiin kaikkien vastaajien ajatukset kyseisestä teemasta. Teemoittelussa huomioitiin haastateltavien toimenkuva yhteisrakentamisprosessissa, koska sillä on vaikutusta siihen, miten henkilöt näkevät ja kokevat prosessin. Vastausten jakaminen teemojen alle mahdollisti vastausten vertailun ja keskeisen asiasisällön löytämisen jokaisesta teemasta.

Teemoittelun jälkeen aineisto koodattiin eli luokiteltiin ja tiivistettiin asiakokonaisuuksiin ja alaluokkiin. Koodaus tehtiin kokoamalla teeman alla esiintyviä asiakokonaisuuksia ajatuskarttaan, jossa asiayhteyksien välille oli mahdollista vetää vielä yhteyksiä myös toisiin teemoihin. Yhteisrakentaminen on laaja prosessikokonaisuus, johon vaikuttaa eri prosessin vaiheissa tehdyt ratkaisut. Tästä syystä ajatuskartta ja asioiden yhdistäminen visuaalisella esitystavalla edesauttoi asiayhteyksien löytämistä sekä toisiinsa vaikuttavien tekijöiden hahmottamista.

## 6.2 Haastatteluiden tulokset

Haastatteluissa saatiin arvokasta tietoa isojen kaukolämpölinjojen rakentamisesta yhteisillä kunnallisteknisillä työmailla. Vastauksista nousi esille selkeitä kehittämiskohteita sekä ideoita haasteiden kehittämiseen. Monet vastauksista kohdistuivat prosessikokonaisuuteen, koska prosessin haasteet vaikuttavat myös kaukolämmön suunnitteluun ja rakennuttamiseen. Yhteisrakentaminen nähtiin kokonaisuudessaan hyvänä rakentamistapana ja sen edut tunnistettiin laajasti kaikkien vastaajien keskuudessa. Mallin käyttöä kannatettiin myös jatkossa haasteista huolimatta, koska yhteistoiminnalla on saavutettu kustannussäästöjä, ja kadun rakentaminen kerralla valmiiksi hyödyttää kaikkia prosessissa mukana olevia osapuolia ja ulkopuolisia. Lähes kaikki haastateltavat olivat yksimielisiä siitä, että asukkaat, kadunkäyttäjät ja kadun yritykset saavat yhteisrakentamisesta suurimman edun. Koska kaikki verkostot rakennetaan kerralla ja katua ei tarvitse avata heti uudelleen toisen operaattorin verkonrakentamisen yhteydessä, katutilasta tulee kerralla kestävä. Kun verkostojen rakentaminen tehdään kerralla eikä vuosittain toistuvina työmaina, kadun yritykset ja asukkaat kärsivät vähemmän. Vastaajat korostivat, että yhteiset työmaat ovat tärkeitä myös kaupungin organisaatioiden imagolle, koska ne osoittavat yhtiöiden tekevän yhteistyötä. Osallisten mielestä on tärkeää, että yhteisillä työmailla pyritään vähentämään kaupunkilaisille

aiheutuvia haittoja. Myös yhteisrakentamisen kustannussäästöt ja rakentamiskustannusten jakaminen olivat haastateltavien mielestä merkittäviä etuja, sillä maanrakennuskustannukset ja erityisesti asfaltoinnin kustannukset ovat suuri kuluerä katualueilla tehtävissä verkostotöissä. Yhteisrakentamisen hyvinä puolina korostettiin yksittäisinä vastauksina myös kokeneita urakoitsijoita sekä hyviä, motivoituneita ja paineensietokykyisiä ihmisiä.

Yhteisrakentamisen suurimmat haasteet olivat prosessikokonaisuuden epäselvyys, erityisesti muutamissa vaiheissa, joihin ei ollut laadittu yhteisiä toimintamalleja, suunnitteluvaiheen ongelmien kertaantuminen rakentamisvaiheessa sekä aikataulutus ja aikataulusta viivästymisen vuoksi syntyneet ristiriidat kustannusten jaossa ja resurssin uudelleenjärjestämisessä. Haastateltavat toivat esille, että operaattoreiden verkon ominaispiirteitä ei ymmärretä täysin. Kaukolämmön työvaiheet ovat olleet vaikeita ymmärtää, ja se on aiheutunut haasteita töiden yhteensovittamiseen myös työmaavaiheessa sekä työmaan ongelmatilanteiden ratkaisemisessa. Osallisten sopeutumiskyky yhteistoimintaan nostettiin myös yhdeksi haasteeksi. Koska yhteisrakentamisessa verkosto-operaattorit eivät pysty päättämään rakentamisen aikataulustaan yksin, vaan siihen vaikuttavat myös muiden osapuolien aikatauluvaatimukset, osalliset voivat kokea oman toimivaltansa rajoitetuksi. Osallisten mielestä prosessi on myös paikoitellen huonosti johdettua, mikä nostaa kynnyistä lähteä mukaan yhteisrakentamiseen. Tämä lisää painetta ongelmien ratkaisuun ja kehitysideoiden löytämiseen, jotta yhteistoiminnasta voitaisiin hyötyä.

Haastatteluissa korostui kuitenkin kaksi selkeää teemaa, jotka olivat lähes kaikkien vastaajien näkökulmasta suurimmat haasteet nykyisessä toimintamallissa. Taulukossa 3 on koottu haastatteluiden tulokset, ja tuloksista voidaan havaita, että aikataulutuksessa ja suunnitelmien yhteensovittamisessa on selkeästi eniten ongelmia. Viestintä ja yhteistyö on ollut vastaajien mielestä onnistunutta.



	1. kaukolämmön suunnittelija ja rakennuttaja	2. kaukolämmön suunnittelija ja rakennuttaja	Päätilaaja	Sähköverkon rakennuttaja	Kaukolämpö- urakoitsija
<b>Prosessikokonaisuus</b>					
Prosessin selkeys	-	+/-	+/-		
Osapuolien sitoutuminen		+/-			
Yhteiset toimintamallit			-		
Yhteisrakentamisen etujen saavuttaminen	+	+	+	+	
Yhteishenkilöiden selkeä määrittely	+/-				
<b>Hankeohjelmointi</b>					
Hankkeiden valmistelu	+/-	+/-	+/-		
Operaattoreiden erilaiset lähtökohdat		+/-		+/-	
Yhteisrakentamishinnasto		-	-		
Kustannusarvio			-		
Riskien jakautuminen			-		
<b>Kohdesuunnittelu</b>					
Koordinointi	-	+/-	+/-		
Yhteensovittaminen	-	-	-	-	
Viestintä ja yhteistyö suunnittelussa	+/-	+/-	+/-	+/-	
<b>Rakennuttaminen</b>					
Kilpailuttaminen		+/-	+/-	+/-	
Yhteensovittaminen	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Työvaiheiden tunnistaminen ja ymmärtäminen	+/-	-	-	-	+/-
Työmaakokoukset ja kokouskäytännöt	-	+/-		+/-	
Työmaapalvelut			-		+
Laadunvarmistus		+/-			
Viestintä ja yhteistyö rakennuttamisessa	+	+	+/-	+	+
Käytöstä poistetut rakenteet			-		
Kaukolämpötyömaiden hallinta			-		
Jakelukeskeytykset		+/-			-
Kaukolämmön soveltuvuus yhteisrakentamiseen		+/-			+
Kannusteet ja sanktiot		+/-	+/-		
Kaukolämmön tekninen toteutus		+/-			+/-
<b>Viestintä ja yhteistyö</b>					
Tiedon kulku	+	+	+/-	+	+
Viestinnän selkeys	+	+	-	+	-
Päätöksenteko	+	+		+	
Tietojärjestelmät (esim. Buildie, Infrakit)	+/-	+		+	
Asenteet	+/-	+/-		+/-	
Ristiriitatilanteet	-	+/-	+/-	+/-	+
Yhteistyö kokonaisuudessaan	+	+/-	+/-	+	
Viestintä kaukolämpötöistä ulkopuolelle	+/-				
<b>Aikataulu</b>					
Suunnittelun aikataulu	-	-	+/-		
Realistinen aikataulu rakentamisessa	-	-	+/-	-	-
Avoin aikataulukeskustelu	-	-			

**Selitykset**

- +
- +/-
- 
- Henkilöltä ei kysytty asiaa, se ei noussut keskusteluun tai ei luokiteltavaa kantaa

Asia on onnistunut  
 Joitakin haasteita, kehitettävää  
 Selkeitä ongelmia, kehitettävää

Taulukko 3. Haastatteluiden tulokset

### 6.2.1 Aikataulu

Katuhankkeen pääurakoitsijan vastuulla on töiden yhteensovittaminen sekä kokonaisuuran aikataulun laatiminen, ja aikataulu on oltava esitettyä viimeistään työmaan aloituskokouksessa. Urakan kokonaisuikataulu laaditaan usein kolme- tai neljäviikkoisikatauluna, jossa on osoitettu aikataulu myös hankkeessa mukana olevien operaattoreiden verkko- rakentamiselle. Kaukolämmön suunnittelijoiden ja rakennuttajien mielestä laadittu aikataulu

on usein ollut liian tiukka ja verkoston rakentaminen annetussa aikataulussa on mahdotonta, koska annettu aikataavoite ei ole realistinen. Kaukolämpöurakoitsijan mielestä laaditut aikataulut ovat käytännössä mahdottomia. Tämän seurauksena aikataulusta myöhästyään helposti. Viivästyminen aiheuttaa myös kustannuksia, ja kustannusten maksajan selvittäminen aiheuttaa kitkaa yhteistoimintaan.

Pääurakoitsijan kokemus kaukolämpörakentamisesta tulee esiin aikataulun laatimisessa. Urakoitsijalta edellytetään jonkinlaista ymmärrystä kaukolämmöstä myös tarjousvaiheessa, jotta tarjous voidaan laatia. Toisaalta tarjouta laativan urakoitsijan ymmärtämättömyys voi johtaa myös liian halpaan tarjoukseen, jos laskentavaiheessa oletetaan, että kaukolämpötyöt on mahdollista tehdä nopeammin kuin todellisuudessa on mahdollista. Pääurakoitsijan tulisi ymmärtää kaukolämpölinjojen työsuunnittelun yksityiskohdat, jotta kokonaisurakan työjärjestyksen suunnittelu ja kaukolämpörakentamisen aikataulu on mahdollista laatia totuudenmukaiseksi.

Aikataulusta voidaan myöhästyä myös kaukolämmöstä riippumattomista syistä. Tällaisia syitä voivat olla toisten rakentajien työvaiheiden myöhästyminen, olosuhteet tai työmaalla vastaan tulevat yllätykset, joita ei ole pystytty ottamaan huomioon huolellisesta suunnittelusta huolimatta. Laaditut aikataulut ovat usein liian tiukkoja ja kaukolämmön rakennuttajat kokevat, että minkäänlaisia virheitä ei sallita ja yllätyksiin ei ole varauduttu. Aikataulujen laadinnassa oletetaan, että työt saadaan tehtyä kerralla ja virheetä. Kokonaisurakassa työvaiheiden eteneminen ja aikataulut suunitellaan niiden ihannesuoriteajan mukaan ajoittamalla ne kiinteästi toistensa perään tai jopa limittäin. Pääurakoitsijan pitää saada urakka valmiiksi ennalta määrättyyn ajankohtaan mennessä, ja tämän vuoksi operaattorit kokevat myös aikatauluun vaikuttamisen haastavaksi. Verkosto-operaattoreiden työt ajoittuvat pääsääntöisesti katu-urakan loppupuolelle, jolloin kaikki aikaisemmassa vaiheessa olleet viivästymiset ovat kertaantuneet. Tässä vaiheessa pääurakoitsijalla on usein kova paine saada urakka valmiiksi, ja operaattorit kokevat, että heitä syyllistetään koko urakan viivästyisestä. Kirjalliset merkinnät urakan vaiheista ja viivästyksen syistä työmaakokouspöytäkirjoissa ovat tärkeitä, koska suullisia sopimuksia ei voida jälkiselvittelyissä todistaa ja vain kirjallisia merkintöjä voidaan luotettavasti hyödyntää.

Toisaalta kaukolämmön rakennuttajien on kommentoitava ja kerrottava mielipiteensä aikataulusta, jotta mahdollisia muutoksia voidaan tehdä ennen kuin rakennustyöt aloitetaan. Yhteisrakentamishankkeissa aikataulusta viivästyminen näkyy välittömästi urakan kokonaisaikataulussa, aiheuttaa järjestelyjä kaikille osapuolille ja vaikeuttaa koko hankkeen etenemistä. Haastateltavat kertoivat, että viivästyksen jälkeen aikataulua tarkastellaan usein viikko kerrallaan. Operaattoreille annetaan viikko aikaa saada työvaihe suoritettua. Jos töitä

ei saada valmiiksi viikossa, aikataulua siirretään viikolla eteenpäin. Kaukolämmön rakennuttajien mielestä järjestely on kuormittava, ja he toivovat avointa keskustelua siitä, kuinka monta viikkoa ollaan myöhässä ja kuinka kauan työvaiheeseen kuluu vielä aikaa. Se mahdollistaisi resurssien järjestämisen ja viivästymiseen varautumisen heti koko viivästymisen laajuudessa eikä resursseja tarvitsisi järjestää uudelleen viikoittain. Aikataulusta myöhästymisen jälkeen kaukolämpöurakoitsijoiden ja resurssin järjestäminen työmaalle ei ole yksinkertaista, koska kohteeseen alun perin varattu urakoitsijan resurssi on siirretty toiselle työmaalle. Lahti Energialla on samanaikaisesti muita yhteisrakentamishankkeita sekä omia työmaita, jotka voivat olla myös kiireellisiä verkostovuotojen korjaustyömaita. Päätilaaja nosti esille myös kysymyksen kaukolämmön resurssin riittävydestä ja pohti, onko osaavia kaukolämpöhitsaajia riittävästi. Kaukolämpörakentaminen on toisaalta kausiluontoista ja ajoittuu lämmityskauden ulkopuolelle. Töiden kausiluontoisuuden vuoksi kaikki pätevät kaukolämpöhitsaajat ovat valtakunnallisesti työllistettyjä rakennuskaudella. Koska resurssi on rajallinen, kaukolämmön rakennuttajat toivovat työmaille muutosta aikataulujen luotettavuuteen ja ennakkointiin sekä avoimuutta ja rehellisyyttä aikataulukeskusteluun kaikilta osapuolilta.

Toisaalta työmaiden asenteet aikataulukeskustelussa nähtiin esteenä avoimelle ja rehelliselle vuorovaikutukselle. Haastattelujen perusteella aikataulusta viivästymistä ei uskalleta ottaa avoimesti puheeksi, koska viivästyminen vaikuttaa kaikkiin osallisiin ja viivästyksen aiheuttajaa syyllistetään. Aikataulutus linkittyy kustannuksiin, koska myöhästymisen aiheuttaa aikataulun ja resurssin uudelleenjärjestelyä, ja aikataulumuutokset tuovat kustannuksia esimerkiksi palkkakuluissa ja työmaan ylläpidon juoksevista kuluista. Koska myöhästymisestä aiheutuneille kustannuksille halutaan maksaja, myöhästymiselle haetaan syyllistä. Kaukolämmön rakennuttajat ovat kuitenkin kokeneet syyllistämisen yhteistyötä heikentäväksi. Kaukolämmön rakennuttajien kokemusten mukaan operaattoreita saatetaan syyttää koko työmaan myöhästymisestä, jos operaattorit eivät pysy aikataulussa. Operaattoreita on syytetty koko työmaan myöhästymisestä myös niissä tapauksissa, joissa esimerkiksi kaukolämmön urakoitsijat ovat päässeet aloittamaan verkoston rakentamisen myöhässä toisten rakentajien myöhästymisen vuoksi. Lahti Energian organisaation sisäinen yhteistyö on koettu edellä kuvatuissa tilanteissa voimavaraksi, koska yhtiön kaukolämmön- ja sähköverkon rakennuttajat puolustavat toisiaan vastaavissa tilanteissa ja jakavat kokemuksiaan.

### 6.2.2 Suunnittelu, yhteensovittaminen ja kilpailutus

Aikatauluun vaikuttaa kriittisesti myös suunnitteluvaiheessa tehdyt ratkaisut. Yhteisrakentamishankkeelle valitaan pääsuunnittelija, joka vastaa katuhankkeen suunnittelun organisoinnista ja muiden tilaajien eli verkosto-operaattoreiden suunnittelun koordinoinnista.

Verkosto-operaattorit vastaavat oman verkostonsa suunnittelusta, mutta pääsuunnittelijan vastuulla on yhteensovittaa suunnitelmat eli vertailla niitä ristiin ja varmistaa, että operaattoreiden tekemissä suunnitelmissa esitetyt ratkaisut sopivat kokonaisuuteen. Verkosto-operaattorit kuitenkin kertoivat haastatteluissa, että yhteensovittaminen on ollut vähäistä ja joissakin tapauksissa sitä ei ole tehty lainkaan. Yhteensovittamisen riittämättömyys tuo rakentamisvaiheeseen kertaantuvia haasteita, koska johtojen risteämiä ja mahdollisia ongelma-kohtia ei ole etukäteen tarkasteltu.

Kaikkien operaattoreiden suunnitelmat eivät ole olleet valmiina määräaikaan mennessä, mikä on tehnyt yhteensovittamisesta käytännössä mahdotonta. Päätilaaja mielestä kesken-eräiset suunnitelmat ovat haasteellisia hankevalmistelun kannalta, koska tekemättä jäänyt tai hyvin yleiselle tasolle jäänyt yhteensovittaminen vaikeuttaa myös urakoiden kilpailuttamista. Vaikeudet ilmenet erityisesti siinä tapauksessa, kun suunnitelmia joudutaan vielä päivittämään ennen kilpailutukseen laittamista. Se on myös operaattoreiden mielestä haasteellista, koska kesken-eräiset kilpailutukseen viedyt suunnitelmat tuovat rakentamisvaiheessa haasteita yhteensovittamisessa, mutta myös lisäkustannuksia, koska verkoston rakentamishajetta ei ole laadittu yksiselitteisesti. Epäselvät suunnitelmat tarjouspyyntöasiakirjoissa aiheuttavat väittelyä kustannusten jakautumisesta pääurakoitsijan ja operaattoreiden välillä.

Lahti Energiolla kaukolämmön suunnittelija vastaa myös suunnittelemansa kohteen rakentamisesta. Kaukolämmön suunnittelijat kertoivat haastattelussa, että he eivät luota siihen, että suunnitelmia yhteensovitetään. Kaukolämmön suunnittelijat ovat yhteensovittaneet suunnitelmansa omatoimisesti ja varmistaneet, että toisten operaattoreiden suunnitelmat ovat yhteensopivia kaukolämmön suunnitelmien kanssa. Toisaalta muiden operaattoreiden suunnitelmiin jää edelleen ristiriitoja, joista kaukolämpö ei ota vastuuta. Yksi haastatelluista kaukolämpösuunnittelijoista sanoi, että hänelle ei ole käytännössä väliä, kuka yhteensovittamisen tekee, kunhan hän tietää, että oma suunnitelma ja vastuualue ovat yhteensovitettu muiden kanssa. Koska kaukolämmön suunnittelijat ovat myös suunnittelemiensa kohteiden rakennuttajia, he haluavat tietää, että risteämät muiden johtojen kanssa ja muut suunnitelmien yksityiskohdat ovat mietitty ja selvitetty ennen rakentamisvaihetta. Kaukolämmön suunnittelijoilla ei ole tietoa muiden operaattoreiden toimintamalleista ja he korostavat, että nykyisessä mallissa suunnittelijan oma aktiivisuus ratkaisee, tehdäänkö yhteensovittamista.

Kaivantojen leveydet tulivat myös haastatteluissa esille. Haastateltavien kokemusten mukaan tekniset tilavaraukset ovat toteutettu minimiarvoilla ja suunnittelussa on usein unohdettu, että käytäntö eroaa teoreettisista minimiarvoista. Rakennuttajat kertoivat esimerkkejä

tilanteista, joissa putket ovat olleet kaivannoissa käytännössä päällekkäin, koska kaivantojen leveydet ovat mitoitettu liian kapeiksi. Tämä on johtanut seuraaviin ongelmiin, kuten esimerkiksi tarvittavan peitesyvyyden alittumiseen. Kaukolämpöverkoston kuuluu osia, jotka vaativat suuremman tilavarauksen kuin suora putkielementti. Esimerkiksi venttiilelementit, muunnoskappaleet, haaroitukset ja yliheittohaarat sekä kaivot tulisi ottaa tilavarauksissa huomioon. Lahden yhteisrakentamismallissa kustannukset muodostuvat kaivannon leveyden ja pituuden mukaan. Yksi kaukolämmön rakennuttaja epäili, onko niukaksi mitoitetuilla kaivannon leveyksillä haettu tarkoituksenmukaisesti kustannussäästöjä.

Yhteisrakentamisurakan laajuus vaikuttaa hankkeen vetovastuisiin myös suunnitteluvaiheessa. Kaukolämpösuunnittelijoiden mielestä saneeraushankkeissa suunnittelu on huomattavasti haastavampaa ja koordinoitua ei käytännössä ole lainkaan verrattuna uudishankkeisiin. Kaukolämmön suunnittelija kertoi haastattelussa esimerkin eräästä saneeraushankkeesta. Esimerkissä kaukolämmön suunnitelmien valmistumiselle oli annettu määräaika. Hankkeen suunnitteluvaiheessa ei kuitenkaan pidetty suunnittelukokouksia tai välitarkastuksia ja tämän seurauksena suunnitelmat jäivät laatimatta. Kaukolämmön suunnittelijoiden mielestä saneeraushankkeiden suunnitteluvaihe on epäselvä, jolla ei ole selkeää johtajaa. Uudisrakentamishankkeissa tilanne on hieman parempi kuin saneeraushankkeissa. Tähän vaikutti keskeisesti uudis- ja saneeraushankkeiden erilaiset lähtökohdat, koska uudiskohteissa suunnittelu kohdistuu rakentamattomille alueille ja väistettäviä infrarakenteita ei ole. Tällöin suunnittelu koettiin lähtökohtaisesti selkeämmäksi kuin saneeraushankkeissa. Yleisesti suunnitteluvaiheen aikataulu koettiin epäluotettavaksi sekä päättilaajan että kaukolämmön suunnittelijoiden näkökulmasta. Päättilaajan ja kaukolämmön suunnittelijoiden mielestä suunnittelun koordinoitua on kuitenkin hieman parantunut viime aikoina, mutta yhteensovittaminen ja sen vähäisyys on edelleen ongelma.

Kaukolämmön suunnittelijat pitivät kaupungin toimintaympäristöä haasteellisena, koska yhden kohteen suunnittelu-aika voi olla pitkä ja se kuormittaa myös kaukolämmön suunnittelua. Hankkeen toteuttaminen edellyttää maankäytön suunnittelua sekä joskus myös asemakaavoituksen laatimista tai päivittämistä, ja kaavan tulee olla lainvoimainen ennen hankkeen toteuttamista. Hankkeen suunnittelu voidaan kuitenkin aloittaa vuosia aikaisemmin. Pitkä suunnittelu-aika on aiheuttanut myös epävarmuutta siitä, lähtevätkö hankkeet käyntiin ja milloin hankkeiden rakentaminen alkaa. Katusuunnittelun rooli ei myös näy kaukolämmölle ja muille operaattoreille selkeästi. Operaattorit eivät tiedä, millä laajuudella katu saneerataan ja Lahden yhteisrakentamismallissa ei ole otettu kantaa siihen, uusitaanko vain katutila vai myös kadun rakennekerrokset. Mallissa oletetaan, että katu kaivetaan aina auki. Verkosto-operaattorit lähtevät myös hankkeisiin erilaisista lähtökohdista. Sähkö- ja vesihuoltoverkko ovat lakisääteisesti käytännössä pakollisia jokaisessa kiinteistössä, mutta

kaukolämpöverkon rakentamista ohjaa kysyntä. Erilaiset lähtökodit näkyivät hieman suunnittelun etenemisen eriaikaisuudessa. Suunnittelijoiden mielestä erilaiset lähtökohdat eivät ole kuitenkaan aiheuttaneet merkittäviä haasteita suunnitteluvaiheessa.

Lahdessa yhteisrakentamishankkeet kilpailutetaan yhteisesti. Hankkeelle valitaan kilpailutuksessa pääurakoitsija, joka vastaa hankekokonaisuuden toteuttamisesta ja verkosto-operaattoreiden maanrakennustöistä. Verkosto-operaattoreiden vuosiurakoitsijat vastaavat operaattoreiden verkostojen rakentamisesta. Haastateltavien mielestä kilpailuttamisvaiheen merkitystä ja tärkeyttä kokonaisurakassa tulisi korostaa operaattoreille. Tarjouspyyntöasiakirjoissa pitäisi rajata urakan laajuus ja kuvata osapuolille kuuluvat työt. Vajavaiset suunnitelmat ja sitä kautta puutteellinen verkosto-operaattoreiden urakan rajaaminen on johtanut rakentamisvaiheessa tilanteisiin, joissa on jouduttu selvittämään vastuiden ja kustannusten jakautumista. Päätilaaja korosti, että keskeneräisistä suunnitelmista seuraa myös kaukolämpöhankkeiden laajenemista rakentamisvaiheessa. Kaukolämpöhankkeissa on usein osuuksia yhteisurakka-alueella, mutta yhteisurakka-alueen ulkopuolella on myös erillisurakkana toteutettavia osuuksia, jotka yhdistyvät yhteisurakka-alueen töihin. Yhteisurakka-alueen ulkopuolella olevat työvaiheet vaikuttavat kuitenkin myös yhteisurakka-alueella oleviin töihin kaukolämpörakentamisen luonteen vuoksi. Suurimman haasteen aiheuttivat tilanteet, joissa erillisurakkana toteutettu osuus on laajentunut alkuperäisestä tarjouspyyntöasiakirjoissa olevasta laajuudesta. Tällä on ollut vaikutuksia esimerkiksi kokonaisurakan aikatauluun ja kustannuksiin, koska pääurakoitsija on joutunut muuttamaan kokonaisurakan aikataulua ja organisoimaan työvaiheita uudelleen. Pääurakoitsijalla ei ole ollut myöskään mahdollisuutta varautua kaukolämpöhankkeiden laajenemiseen tarjouslaskennassa. Kilpailuttamisvaiheen ongelmat näyttäytyvät epäammattimaisina ja synnyttävät ristiriitaitilanteita päätilaajan, -urakoitsijan sekä kaukolämmön rakennuttajien välille.

### 6.2.3 Rakentamisvaihe ja rakentamistekniset haasteet

Rakentamisvaiheen ongelmat liittyvät usein aikaisemmassa vaiheessa tehtyihin ratkaisuihin ja aikaisemmissa vaiheissa olleisiin puutteisiin. Kaikki yhteisrakentamishankkeiden osapuolet eivät myös ymmärrä kaukolämmön työvaiheita ja vaiheiden kestoa. Lähes kaikki haastateltavat korostivat vastauksissaan sitä, että kaukolämmön työvaiheita ei tunneta, mikä tuo haasteita rakennuttamiseen. Kaukolämmön rakennuttaja korosti, että isojen kaukolämpölinjojen rakentaminen on hidasta. Tilan löytäminen ja arinan teko suurelle putkelle olemassa olevan infrastruktuurin joukkoon on haastavaa, koska olemassa olevia rakenteita joudutaan varomaan ja ahtaissa paikoissa se on erityisen haasteellista. Lisäksi kaukolämpöverkon rakennusjärjestys ja kaukolämmön kaivanto-osuuden pitkä aukiolo herättää hämmennystä. Yhteisillä työmailla isojen kaukolämpölinjojen rakentamisessa on myös teknisiä

haasteita. Jokaisen kaukolämpörakentamisen työvaiheen onnistuminen on tärkeää, jotta rakentaminen etenee sujuvasti, rakentamisen laatu on korkea ja valmis kaukolämpöverkko on kestävä ja toimiva.

Isojen kaukolämpölinjojen rakentamisessa käytetty elementtipituus on yleensä 12 m, ja työssä rajattujen isojen linjojen halkaisija vaihtelee 0,5–1,0 m välillä. Elementit ovat haastavia käsitellä ja tästä syystä kaivantojen ympärille kaivataan käsittelytilaa. Kaukolämpöputket pyritään kuljettamaan työmaalle niin, että ne voidaan jakaa suoraan valmiille arinalle. Logistisista syistä on myös kannattavaa tuoda työmaalle täysiä elementtikuormia. Jos kaikki putket eivät mahdu kaivantoon, ne varastoidaan yhteiselle työmaalle. Kaukolämpöurakoitsija kertoi haastattelussa, että yhteisillä työmailla ei ole selkeästi osoitettuja varastointialueita kaukolämpöputkille ja -elementeille, mikä aiheuttaa haasteita. Kuvassa 1 työmaalle on tuotu valmiiksi myös esivalmisteltuja elementtejä ja osia. Esivalmistellut osat voivat olla myös haastavia varastoida, koska ne eivät aina mahdu kaivantoon. Joskus putkia joudutaan siirtämään esimerkiksi työkoneiden tieltä tai ne on varastoitu tietämättä paikoille, jotka ovat varastointiin kiellettyjä. Siirtely aiheuttaa kaukolämpöurakoitsijoille lisätyötä ja hidastaa työtä myös koko urakan kannalta, jos työvaiheet eivät etene väärin varastoitujen kaukolämpöputkien vuoksi.



Kuva 1. Kaukolämpötyömaa (Mäki-Saari 2021)

Kaukolämpöurakoitsijan mielestä yhteisillä työmailla arinat ovat pääsääntöisesti hyviä, mutta pääurakoitsijan tietämättömyys kaukolämpörakentamisen erityispiirteistä aiheuttaa välillä pieniä haasteita. Toisaalta yhteistyö maanrakennusurakoitsijan kanssa, jolla on

kokemusta kaukolämmön rakentamisesta, edesauttaa kaukolämmön rakentamista. Tällöin työ sujuu jouhevasti ja pääurakoitsijalle tulee harvemmin yllätyksiä kaukolämpörakentamisessa. Kaukolämmön työvaiheiden eteneminen ja vaaditut tilavaraukset ovat olleet pääurakoitsijoille usein epäselviä. Kaukolämpöurakoitsijan mukaan suurimmat haasteet kaukolämpölinjojen rakentamisessa yhteisillä työmailla ovat uuden ja vanhan kanavan liitokset sekä kaukolämpöputkien venttiili- ja kulmaelementtien tilavaraukset. Kuvassa 2 on esitetty riittävä tilavaraus uuden DN200/2Mpuk-linjan liitoksessa vanhaan betoniseen DN600/Emv-siirtolinjaan. Kuvasta voidaan havaita, että isojen linjojen liitokset vaativat suuria tilavarauksia. Toisaalta kuvan työmaalla rakennettiin myös toista haarajohtoa ylämäkeen, ja kuvan tilavaraus on suhteellisesti suurempi kuin vain uuden ja vanhan kanavan liitoksessa. Puutteelliset tilavaraukset vaativat usein uudelleenkaivuuta kohteen pääurakoitsijalta ja se vastaavasti hidastaa työn kulkua molempien rakentajien työn etenemistä. Kaikkien kannalta paras vaihtoehto olisi, että työ suoritettaisiin yhdellä kerralla ja säästyttäisiin ryhmien takaisin kutsumiselta.



Kuva 2. DN200/2Mpuk-linjan liitos vanhaan DN600/Emv-siirtolinjaan (Korpela 2021)



Kuvassa 3 on DN200/2Mpuk-linjan kätisyyden vaihto, joka on vaadittavien tilavarausten erityistapaus. Kätisyyden vaihdolla tarkoitetaan linjan meno- ja paluuputkien puolien vaihtamista. Kätisyyden vaihtoja ei tehdä usein, mutta niiden vaatima tilavaraus erityisesti isojen linjojen rakentamisessa on myös korkeussuunnassa mittava. Kätisyyden vaihto on huomioitava aikaisessa vaiheessa ja mahdollisuuksien mukaan jo suunnitteluvaiheessa, koska on varmistettava, että linjalle saadaan riittävä peitesyvyys. Vajaat peitesyvyydet vaativat erikoisjärjestelyjä työmaalla, jotka ovat rakentamisen laadun kannalta aina epäsuotuisia ratkaisuja. Joskus kätisyyden vaihtoa ei voida ennakoida, jos verkkotietojärjestelmän dokumentaatio on ollut virheellinen. Tällöin linjaa on alettu rakentaa kätisyyden kannalta väärinpäin. Dokumentaation merkitys on myös tulevan rakentamisen kannalta tärkeää.



Kuva 3. DN300/2Mpuk-linjan kätisyyden vaihto

Kun verkosto-operaattorit rakentavat putkia yhteiselle arinalle, on huomioitava, että ne sijoitetaan arinalle suunnitelmien mukaisesti. Haastatellut rakennuttajat kertovat, että operaattoreiden urakoitsijat jakavat putket usein keskelle kaivantoa ja ottavat koko tilavarauksen ja työtilan käyttöönsä. Operaattorit rakentavat verkostojaan myös eri tahtia.

Sähköverkko ei pääse rakentamaan putkituksia heille optimaalisella tavalla, koska kaukolämmön rakentaminen edistyy hitaammin kuin sähköverkon putkitus ja kaapeleiden veto. Sähköverkko joutuu usein rakentamaan verkostoaan hitaammin kuin erillishankkeissa. Eri rakentamisnopeudet voivat tuoda haasteita erityisesti samalla arinalla rakennettaessa sekä johtojen risteämissä. Kaukolämmön ja sähköverkon rakennuttajat kertoivat esimerkiksi tilanteista, joissa toisen osapuolen urakoitsija ei ole pysynyt yhteisesti sovituissa suunnitelmissa ja putket on sijoitettu väärälle puolelle arinaa. Sähköverkolle myös risteämät isojen kaukolämpölinjojen kanssa ovat haastavia, koska sähköverkon vaatima peitesyvyys ei täyty, jos risteämä tehdään kaukolämpölinjan yläpuolelta. Tällöin sähköverkon putket ovat joko liian pinnassa tai ne pitää kaivaa syvälle kaukolämpölinjojen alle. Toisaalta yhteisrakentaminen on kompromissien tekemistä, mutta kompromissien tekeminen pitäisi olla molemminpuolista. Kompromisseja ei voi tehdä vain toisen ehdoilla, mikä on myös hyvä muistaa keskustellessa aikataulusta, työvaiheiden sujuvasta etenemisestä ja jokaisen toimijan rakentamisen vaateista. Yhteisrakentamisen tavoitteena on kuitenkin rakentaa yhteisesti, kannattavasti mutta myös kaikkien ehtoja kuunnellen ja mahdollisimman optimaalisesti, jotta rakennuttava organisaatio sekä operaattoreiden urakoitsijat hyötyvät yhteisrakentamisesta.

Kaukolämpölinjojen hitsauksen ja eristämisen aikatauluvaatimukset ja työjärjestys on epäselvää osallisille. Hitsaukseen kuluva aika on vaikea arvioida, koska siihen vaikuttavat monet tekijät. Kaukolämpöurakoitsijan karkean arvion mukaan yhden henkilön on mahdollista hitsata DN200/2Mpuk -linjaa noin 4–7 saumaa päivässä, mikä tarkoittaa, että kaksiputkisen linjan hitsaus etenisi noin 24–36 metriä päivässä. Vastaavasti DN500/2Mpuk-linjaa on yhden hitsaajan mahdollista hitsata 1–3 saumaa päivässä, mikä tarkoittaa noin 12 metrin etenemistä päivässä. Oheisiin aika-arvioihin vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi olosuhteet, kuten säätila, arinan tasaisuus ja työtila, hitsaajan ammattitaito sekä alkuvalmistelujen määrä. Yhden vinosauaman hitsaus ahtaassa paikassa DN500/2Mpuk-linjassa voi viedä urakoitsijan mukaan noin 2–3 tuntia, mutta suurissa linjoissa hitsaamiseen valmistelevat työt voivat viedä enemmän aikaa kuin varsinainen hitsaustyö. Esimerkiksi yhden sauman hitsauksen valmistelutyöt huonoissa olosuhteissa DN500/2Mpuk-linjassa voivat kestää 4 tuntia. Valmistelevia töitä ovat esimerkiksi putkien kohdistaminen ja vinosauomoissa kulmien leikkaaminen.

Jakelukeskeytykset nousivat keskusteluissa myös haastavaksi vaiheeksi kaukolämmön rakentamisessa yhteisillä työmailla. Ennen jakelukeskeytystä tehdään valmistelevia töitä ja linjojen rakentaminen pyritään valmistelemaan niin pitkälle kuin mahdollista. Kuvassa 4 on jakelukeskeytyksen valmisteluvaihe. Kuvasta huomataan, että linjan hitsaus on edennyt jo pitkälle. Jakelukeskeytyksissä on tavoitteena, että lämmön jakelu olisi asiakkaille

keskeytyneenä mahdollisimman lyhyen ajan. Jakelukeskeytykset on suunniteltava etukäteen ja niistä on ilmoitettava asiakkaille vähintään kolme päivää ennen keskeytyksen alkamista. Kiireisinä aikoina jakelukeskeytyksen varaus voi kuitenkin vaatia yhden viikon ennakkovarausajan. Kaukolämmön urakoitsija pyrkii välttämään jakelukeskeytyksen ajankohdan ennustamista ja sopimista etukäteen, vaikka teoriassa sillä saavutettaisiin aikatauluetua. Infrarakentamisessa ilmenee usein yllätyksiä, joita ei voida ottaa huomioon, kuten vanhoja kartoittamattomia putkia. Kaukolämpöurakoitsija korostaa, että ei halua varata jakelukeskeytystä ennen kuin on täysin varma siitä, että tarpeelliset alkuvalmistelut ja hitsaustyöt saadaan tehtyä kyseiseen päivään mennessä. Jakelukeskeytys suunnitellaan myös etukäteen. Huomioitavia asioita ovat esimerkiksi putkien tyhjennyksen suunnittelu, tyhjennysveden ohjauksen ja suojaustarpeen suunnittelu sekä venttiilien toiminnan varmistaminen. Jos etukäteissuunnittelu on ollut puutteellista ja linja joudutaan venttiilien sijaan tyhjentämään tekemällä reikä putkeen puukkosahalla tai kulmahiomakoneella, voi jakelukeskeytys urakoitsijan mukaan pidentyä tunneilla. Kaukolämpöurakoitsijan mielestä Lahti Energian jakelukeskeytysten suunnittelu on ollut puutteellista. Haaste on myös tiedostettu kaukolämmön rakennuttajien keskuudessa, koska asia tuli esille myös heidän vastauksissaan.



Kuva 4. DN300/2Mpuk-linjan jakelukeskeytyksen valmistelua

Kaukolämpölinjojen eristysvaiheessa on myös haasteita. Ennen eristämisvaihetta linjan pitää antaa venähtää jakelukeskeytyksen ja kiertovesitäytön jälkeen, jotta lämpötilan muutoksen aiheuttama teräksen lämpölaajaneminen tasoittuu. Kaikki pääurakoitsijat eivät aina ymmärrä työvaiheen vaatimuksia, ja eristämisvaiheen alussa on myös epäselvyyksiä siitä, kuka nostaa putket tuille jatkosten ympärieristämistä varten. Kaukolämmön rakennuttajat käyvät usein keskustelua pääurakoitsijoiden kanssa siitä, kenen vastuulle tuille nosto kuuluu ja miten se tehdään. Aikaisemmin kaukolämpöä rakentaneilta urakoitsijoilta työ onnistuu usein rutiinilla.

Kaukolämmön urakoitsijan ja rakennuttajan mukaan myös eristämisvaiheen etenemisjärjestys aiheuttaa työmailla ristiriitoja. Kaukolämmön eristäminen tehdään työvaihe kerrallaan, jolloin peittämättä oleva linja valmistuu käytännössä samanaikaisesti eikä sauma-kohta kerrallaan. Työvaiheiden eteneminen aiheuttaa pääurakoitsijan työsuunnittelulle haasteita, koska heidän tavoitteenaan on täyttää kaivanto mahdollisimman pian ja siirtyä toiseen työvaiheeseen. Linjojen eristäminen sauma kerrallaan on myös mahdollista, mutta vaatii eristystyön luonteen vuoksi järjestelyjä urakoitsijalta. Eristäminen edellyttää esimerkiksi aineiden lämmittämistä, ja eristämisen jälkeen laitteisto vaatii huoltotoimenpiteitä, jotta ruiskut ei mene eristemateriaalin ominaisuuksien vuoksi tukkoon. Jälkihuolto voi viedä urakoitsijan mukaan noin tunnin. Laadun varmistamiseksi vaahdotuksen jälkeen pitäisi odottaa vaahdon kaasujen kehittymistä ja kaasujen muodostuksen tasaantumista vuorokauden ajan. Aikatauluvaatimusten takia se ei ole ollut kuitenkaan aina mahdollista. Eristämisen jälkeen putket lasketaan tuilta takaisin arinalle. Tässä vaiheessa 2Mpuk-linjassa kaksi erillistä putkea sijoitetaan erilleen toisistaan vaaditun tilavaraustarpeen mukaisesti. Vaadittuja tilavaraustarpeita ei ole kuitenkaan aina noudatettu ja putket ovat jääneet liian lähelle toisiinsa, jolloin myöhemmin haarojen ottaminen on mahdotonta. Kaukolämpöurakoitsija toi myös esille, että Lahti Energiolla on välillä puutteita osien tilaamisessa ja kaukolämpörakentamisen kannalta kriittisiä osia puuttuu. Osapuutteet hidastavat töiden tekemistä, koska toisinaan puuttuneet osat ovat olleet tekemisen kannalta ehdottomia ja työmaata ei ole voitu jatkaa ennen kuin osat on saatu tilattua.

Kaukolämpöurakoitsijan mielestä yhteisillä työmailla on kuitenkin myös etuja erillisurakoihin verrattuna. Urakoitsijan mukaan yhteisten työmaiden etuna on, että aputöihin on tarvittaessa saatavilla koneita lähietäisyydellä ja myös kalustoa sellaisiin tilanteisiin, joissa putkiurakoitsijan oma kalusto ei riitä. Tällöin ei ole tarvetta hälyttää ryhmää aputöihin, ja urakoitsijan mielestä tämä sujuvoittaa työn tekemistä. Päätilaaja mielestä nämä tilanteet ovat kuitenkin haastavia, koska aputöitä on vaadittu myös yhteisen työmaan urakkarajan ulkopuolella olevissa erillisurakoissa. Päätilaaja tuo esille, että aputyöt eivät kuulu

pääurakoitsijan urakkaan. Päättilaaja joutuu usein välikäteen selvittäessään pääurakoitsijan kanssa aputöistä aiheutuneita kustannuksia.

Rakennuttamisvaiheeseen kuuluu myös työmaakokoukset. Työmaakokousten tavoitteena on seurata päättilaajan ja -urakoitsijan välisen urakkasopimuksen toteutumista. Rakennusalan yleisten sopimusehtojen mukaan työmaakokousten pöytäkirjassa olevat kirjaukset ovat verrattavissa kirjallisiin huomautuksiin, joita hyödynnetään ristiriitatilanteiden vastuiden selvittämisessä. (YSE 1998, 66 §.) Työvaiheiden, kulujen ja tehtyjen päätösten kirjaaminen on kokouksissa osapuolille tärkeää. Kaukolämmön rakennuttajien mielestä työmaakokoukset ovat olleet kuitenkin kuormittavia, koska niiden rakenne ei palvele operaattoreiden tarpeita. Työmaakokoukset pidetään kiireisenä rakentamisaikana ja pitkät kokoukset, joissa käsitellään operaattoreiden asioita vain lyhyesti kokouksen loppupuolella, vaikuttivat negatiivisesti operaattoreiden työskentelyn tehokkuuteen. Kaukolämmön rakennuttajan mielestä operaattoreiden asioista on järkevää sopia muuta kautta. Sähköverkon rakennuttaja kertoi, että eri hankkeiden työmaakokouksia saatetaan pitää myös päällekkäin. Tällöin sähköverkon rakennuttaja joutuu lähettämään urakoitsijansa edustamaan kokouksiin. Aiheesta on sähköverkon rakennuttajan mukaan myös tiedotettu päättilaaja, mutta toimintamallit eivät ole muuttuneet.

Päättilaajan edustaja nosti esille myös käytöstä poistetut kaukolämpöputket, joita ei poisteta maasta. Yleensä vanha infrarakenne jätetään maahan, koska vanhojen rakenteiden ja erityisesti isojen betonirakenteiden poistaminen on kallista. Uutta korvaavaa kaukolämpölinjaa ei aina rakenneta vanhan käytöstä poistettavan linjan lähelle, jolloin vanhan linjan purkamisen on oma urakkansa. Vanhaa linjaa ei voida myöskään poistaa käytöstä ennen kuin uusi linja on käytössä, jolloin vanhan rakenteen purkaminen pidentäisi kokonaisurakan aikaa ja voi vaatia koko kadun laajuisen kaivannon. Päättilaaja korosti, että romulinjat ja niiden jätekustannukset ovat tulevaisuudessa saneerauksissa kaupungin kustannuksena sekä katutilan rasitteena ja haasteena hätäkorjauksissa. Vanhat kaukolämpölinjat ovat kuitenkin Lahti Energian omaisuutta käytöstä poiston jälkeen, ja niiden sijainnista löytyy kartoitettua tietoa.

#### 6.2.4 Kustannukset

Lahden yhteisrakentamismallin kustannusjaottelu vaatii haastateltavien mielestä päivittämistä. Kaukolämmön osuus ei ole yksikköhintaluettelossa ajan tasalla ja se ei toimi isojen linjojen rakentamisessa lainkaan. Lahti Energia on laskenut hinnoitteluun maanrakennuskustannuksia liikaa, ja kaukolämmön rakennuttajien ja päättilaajan mielestä yksikköhintaluettelo kaipaisi myös yleisesti päivittämistä. Päättilaaja kokee, että yhteisrakentamishankkeiden riskit ja kustannukset jäävät pääasiassa heidän vastuulleen myös niissä tapauksissa,

joissa riskit ja yllätykset johtuvat vanhoista kartoittamattomista kaukolämpöjohdoista. Operaattorit mielestä kustannustenjakomalli kannustaa yhteisrakentamiseen.

Lahden yhteisrakentamismallissa on myös valuvikoja, joiden vaikutukset näkyvät kustannuksissa ja niiden jaottelussa. Aikataulutuksen ja yhteensovittamisen ongelmat näkyvät suoraan ja välillisesti hankkeen kustannuksissa. Päätilaajan edustajat korostavat, että kustannuksista olisi sovittava etukäteen ennen töiden aloittamista ja hankkeesta olisi laadittava kustannusarvio. Nykyisessä mallissa kustannusten määrä tulee usein yllätyksenä hankkeen edetessä.

### 6.2.5 Viestintä ja yhteistyö

Haastateltavien mielestä yhteistyö on pääosin sujuvaa, mutta viestintä vaatii kehittämistä. Päätilaajan edustajan mielestä viestintää ei ole tarpeeksi ja vain välttämätön kommunikatio hoidetaan. Päätilaajan mielestä kaukolämmön viestinnässä on paljon ammattikieltä ja alaan liittyviä termejä, jotka eivät ole tuttuja ja niitä ei ymmärretä kaukolämpöalan ulkopuolella. Myös kaukolämpöurakoitsija toivoo nykyistä selkeämpää viestintää kaukolämmön rakennuttajilta. Kaukolämpöurakoitsijan mielestä rakennuttajien viestintä on välillä epäselvää, koska rakennuttajat lähettävät paljon massaposteja, joissa on myös muille yhteisrakentamishankkeen osallisille tarkoitettuja asioita. Se tekee viesteistä pitkiä ja kaukolämpöurakoitsijalle haastavia lukea. Viesteissä käsitellään myös muita operaattoreita koskevia asioita, jotka kaukolämpöurakoitsija kokee turhaksi ja toiminnan tehokkuutta heikentäväksi. Jos viesteissä kerrotaan tärkeitä ja oleellisia asioita kaukolämpöurakoitsijalle, viesteissä olevat asiat saattavat sekoittaa muuhun tekstiin ja jäädä urakoitsijalta huomaamatta. Kaukolämpö on tavoitellut massaviesteillä avointa tiedon jakoa myös kaukolämpöurakoitsijalle sekä viestinnän tehokkuutta, mutta kaukolämpöurakoitsija toivoo, että viestit olisivat suoraviivaisia ja urakoitsijalle kohdistettuja.

Verkosto-operaattorit, hankkeen pääurakoitsija ja päätilaaja toivovat mahdollisimman paljon viestintää, joka on myös selkeää. Sähköpostit, kokoukset ja suora viestintä toimijoiden välillä ovat olleet keskeisimmät viestintätavat. Haastatteluissa nousi esille myös nyky-yhteiskunnan valtava tietomäärä useista lähteistä. Asiassa korostettiin kuitenkin jokaisen henkilökohtaista velvollisuutta suodattaa tietoa. Verkosto-operaattoreiden väliseen viestintään oltiin kuitenkin haastatteluiden perusteella keskimäärin tyytyväisiä.

Viestintäkokonaisuus kattaa myös viestinnän ulkopuolisille, kuten alueen asukkaille ja yrityksille. Yhteisrakentamishankkeissa päätilaaja tiedottaa työmaasta. Haastatteluissa nousi kuitenkin esille, että kaukolämpö ei voi luottaa vain päätilaajan työmaaviestintään, jos yhteisrakentamishankkeessa saneerataan myös kaukolämmön liittymisjohtoja yksityisalueilla.

Kaukolämpö viestii asiakkaille jakelukeskeytyksistä, mutta tämän lisäksi pitäisi olla vielä alueen asiakkaille kohdistettua viestintää, jos liittymisjohdoissa on saneeraustarvetta. Haastatteluissa korostettiin sitä, että viestintä tulisi kohdistaa kaikille alueella asuville, vaikka kaikkien kiinteistöjen liittymisjohdot eivät vaatisi saneerausta. Viestinnällä lisättäisiin tietoisuutta hankkeen laajuudesta ja asiakkaille ei jäisi epäselvyyksiä siitä, miksi kaikkien kiinteistöjen liittymisjohtoja ei saneerata. Kaukolämmön asiakastiedotus tulisi ottaa huomioon myös yhteisrakentamiskokonaisuudessa, koska viestinnässä asiakkaiden kannalta keskeistä ja oleellista tietoa on, mitä ja milloin tapahtuu, kuinka kauan se kestää ja mitkä ovat mahdolliset kustannukset. Asiakasviestintä on yhteisrakentamishankkeissa kuitenkin haastavaa. Asiakkaat kaipaavat tarkkaa tietoa, mutta yhteisrakentamishankkeiden aikataulun epävarmuudet tuovat riskejä myös asiakasviestintään.

Viestinnässä hyödynnetään myös erilaisia projektipankkeja. Projektipankeissa ylläpidetään tietoa koko hankekokonaisuudesta. Haastateltavien mielestä projektipankit ovat toimivia ja niiden käyttöä pitäisi lisätä ja tutkia lisää. Kaukolämmön suunnittelijoilla ja rakennuttajilla projektipankkien käyttö on kuitenkin vähäistä. Sähköverkon rakennuttaja hyödyntää niitä rakennuttamisessa esimerkiksi suunnitelmien katselmoinnissa. Kaukolämmön suunnittelijat kokevat epävarmuutta projektipankkien käytössä, koska suunnitelma-aineiston ajantasaisuudesta ei ole usein varmuutta. Suunnittelijat vaativat lähtötietoaineiston dwg-muotoisena ja projektipankkiin ladatut tiedostot ovat pdf-muotoisena. Kaukolämmön rakennuttajat eivät ole vielä osanneet hyödyntää projektipankkeja työssään, mutta arvioivat, että suurin hyöty saavutetaan päätilaajan ja -urakoitsijan välisessä viestinnässä sekä projektin hallinnassa.

Yhteisrakentamishankkeissa yhteistyö kaikkien osapuolien kesken koetaan hyväksi. Kaukolämmön ja sähköverkon rakennuttajien haastatteluissa korostui, että operaattorien kesken yhteistyö on hyvää, tieto kulkee hankkeen eri vaiheissa ilman ongelmia, ja operaattoreiden rakennuttajan edustajat ovat toisilleen tuttuja. Kaukolämmön ja sähköverkon suunnittelijat ja rakennuttajat työskentelevät samassa toimitilassa ja kerroksessa ja sen on koettu edesauttavan yhteistyötä. Kaukolämmön rakennuttajat korostivat myös sitä, että yhteisrakentamisessa olisi hyvä olla pieni avainhenkilötiimi ja selkeä roolijako, jotta rakennuttamisen kannalta keskeiset yhteyshenkilöt olisivat tiedossa.

Osapuolien asenne yhteisrakentamiseen on pääsääntöisesti hyvä. Haastatteluiden pohjalta havaittiin, että jotkut suhtautuvat prosessiin myös negatiivisesti. Haastateltavat kertoivat, että jotkut pääurakoitsijat olivat myös suhtautuneet verkosto-operaattoreihin kielteisesti, koska operaattorit nähtiin haittana ja hidasteena työmailla. Sillä on yhteistyöhön negatiivinen vaikutus. Kaukolämmön rakennuttajat kertoivat myös, että jotkin prosessin avainhenkilöistä ajattelevat, että operaattorit menevät toisten kustannuksilla ja kuluilla. Kaukolämmön

rakennuttajat toivovat, että puheet toisten osapuolien kuluilla ratsastamisesta jäisivät pois, koska se heikentää yhteistyötä. Havaittuihin ongelmiin kaivattiin kuitenkin selkeästi muutosta, jotta yhteisrakentaminen olisi sujuvaa ja ristiriitatilanteisiin olisi käytössä kaikille tiedossa olevat toimintamallit.

### 6.3 Johtopäätökset

Tulosten pohjalta voidaan tehdä tulkintoja sekä johtopäätöksiä havaittuihin ongelmiin vaikuttavista laajemmista asiakokonaisuuksista ja taustatekijöistä. Vastaukset painottuivat kaukolämpörakentamiseen yhteisillä työmailla myös yleisellä tasolla. Tästä voidaan todeta, että prosessin ja kaukolämmön rakentamisen haasteet eivät liity ainoastaan suuriin kaukolämpölinjoihin. Monet esille tulleista haasteista kohdistuivat yhteisrakentamisprosessiin ja -malliin, ja vaikutukset näkyvät sekä pienien että suurien kaukolämpölinjojen rakentamisessa. Haasteet kuitenkin korostuvat isojen linjojen rakentamisessa, koska suurien linjojen rakentaminen on hitaampaa ja työläämpää kuin pienempien linjojen rakentaminen.

Suurimmat haasteet kohdistuivat aikatauluun, suunnitelmien yhteensovittamiseen sekä kustannuksiin riskien jaon ja ristiriitatilanteiden yhteydessä. Suunnitteluvaiheen puutteet korostuivat rakentamisvaiheessa ja erityisesti eri verkosto-operaattoreiden putkien risteämät olivat puutteellisesti yhteensovitettu. Verkosto-operaattoreiden ja pääsuunnittelijan suunnitelmat ovat myös teknisesti eri tasolla. Kaukolämmön suunnitelmat laaditaan 2D:nä ja katu- ja rakennesuunnitelmat 3D:nä, millä voi olla vaikutusta suunnitelmien yhteensovittamiseen. Suunnitteluvaiheessa kaikkien suunnitelmat eivät ole myöskään olleet ajallaan valmiita, ja tämä on tuonut haasteita hankevalmisteluun ja kilpailuttamiseen. Suunnitelmien päivittäminen, muuttaminen ja valmistuminen vasta rakentamisvaiheessa voi muuttaa merkittävästi kokonaisurakan luonnetta sekä vaikeuttaa pääurakoitsijan työsuunnittelua. Kaukolämmön suunnittelijoiden vastauksista nousi myös esille epäluottamus yhteensovittamiseen ja suunnittelijat kokivat, että yhteensovittaminen on kiinni omasta aktiivisuudesta. Havaitut ongelmat viittaavat siihen, että suunnitteluvaiheen johtaminen on ollut vajavaista ja prosessi on ollut verkosto-operaattoreille vaikeaselkoinen ja ilmennyt myös esimerkiksi roolien epäselvyytenä.

Vastausten perusteella voidaan myös todeta, että toimijat eivät tunnista toisten operaattoreiden verkoston erityispiirteitä, rakentamisen tapaa tai toimintamalleja verkoston käytöstä poistamisen yhteydessä. Isojen kaukolämpölinjojen työvaiheita ei ymmärretä ja Lahden mallissa ei ole otettu huomioon suurien kaukolämpölinjojen rakentamista. Toisaalta operaattorit eivät osaa tuoda omia tarpeitaan esille riittävällä tarkkuudella ja oikea-aikaisesti. Havaitut ongelmat ovat rakennusosalalle tyypillisiä, koska alla projektin hallinnan suurimmat haasteet ovat aikataulutus ja kustannukset. Yleensä ongelmien taustalla on hankkeiden



laajeneminen alkuperäistä suuremmaksi, jolla on suoria vaikutuksia aikataulutukseen ja budjettiin. Hankkeiden edetessä ilmenee usein myös piileviä kustannuksia.

Aikatauluttamiseen liittyvät haasteet ovat myös seurausta siitä, että toisten osapuolien työvaiheita ei tunnisteta eikä tunnisteta omien töiden vaikutusta toisten osapuolien töihin. Ennakkotiedottaminen omista työvaiheista sekä mahdollisesta myöhästymisestä hankkeen toisille osapuolille on myös vajavaista. Esimerkiksi tieto viivästymisestä tulee myöhäisessä vaiheessa ja vastaavasti tieto aikataulumuutoksista tulee yleensä odottamattomasti. Tiedottaminen ei ole oikea-aikaista. Tämä johtaa yllättäviin tarpeisiin, johon osapuolet eivät ole kyenneet varautumaan esimerkiksi resurssinäkökulmasta. Sillä on vaikutusta myös pääura-koitsijan työsuunnitteluun. Vaikka osapuolet kokevat, että viestintä on pääsääntöisesti hyvää, korostavat esimerkit kuitenkin sitä, että myös keskinäisessä vuorovaikutuksessa on edelleen kehittämistä ainakin aikatauluista keskusteltaessa. Lahti Energian ja kaukolämpöurakoitsijan välinen aikataulukeskustelu on myös vajavaista, ja kaukolämpöurakoitsija haluaisi olla enemmän mukana keskustelussa.

Rakentamisvaiheessa ilmenee paljon haasteita, jotka suurella todennäköisyydellä johtuvat yhteensovittamisen puutteesta. Yhteisten toimintamallien puute korostui myös rakentamisvaiheessa, koska tilaajan, kaukolämpöurakoitsijan ja rakennuttajien näkemykset esimerkiksi työmaapalveluista olivat erilaisia. Kaikki osapuolet eivät ole myöskään sitoutuneet yhteisrakentamiseen, ja yhteistoimintasopimuksen puuttuminen on tuonut prosessiin epäselvyyttä, koska osapuolilla ei ole kirjallista sopimusta erilaisten tilanteiden ratkaisuun. Rakentamisvaiheessa oli myös epäselvyyksiä töiden vastuiden jakautumisesta eli esimerkiksi kaukolämmön tuille nostosta. Töitä ei määritellä riittävän tarkasti, ja rakentamisvaiheen sekavuus johtuu epäselvästä työohjauksesta sekä puutteellisista tarjouspyyntöasiakirjoista.

Lahti Energiaa kiinnosti myös selvittää, soveltuuko isot kaukolämpölinjat yhteisrakentamiseen. Haastateltavien vastausten perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että linjojen rakentaminen työmailla on haastavaa, mutta yhteisrakentaminen koettiin kuitenkin tärkeäksi rakentamistavaksi. Haastateltavat toivoivat, että isoja linjoja voidaan myös tulevaisuudessa rakentaa yhteisrakentamishankkeissa.

Haastateltavien vastaukset viittaavat alalla yleisesti tunnettuihin haasteisiin ja ongelmiin, joita myös on pohdittu valtakunnallisella tasolla Traficomien työpajoissa. Yleisesti tunnetut haasteet kohdistuivat aikataulutukseen, yhteensovittamisen puutteeseen sekä kustannusten jakautumiseen ja tunnetut edut kustannussäästöihin, kestävään rakentamiseen sekä kadunkäyttäjille kohdistuvien haittojen vähenemiseen. Tulokset vastasivat teorianpohjalta tehtyjä oletuksia mahdollisista haasteista. Yhteiskunnallinen keskustelu isojen kaukolämpölinjojen rakentamisesta yhteisillä työmailla on ollut vähäistä ja tutkimuksessa löydettiin

myös yleisesti kehitettäviä osa-alueita. Löydökset painottuvat pääsääntöisesti Lahdessa käytettäviin toimintatapoihin ja menetelmiin, ja ne eivät ole suoraan yleistettävissä valtakunnallisesti muihin kaupunkeihin.

Tutkimuksen alussa laaditut tutkimuskysymykset olivat ”Miksi isojen kaukolämpölinjojen rakentaminen yhteisillä työmailla on haasteellista, mitkä ovat keskeisimmät ongelmat ja mistä ne johtuvat?” ja ”Miten yhteisrakentamismallia voidaan kehittää, jotta isojen kaukolämpölinjojen rakentaminen onnistuisi nykyistä paremmin kunnallisteknisillä yhteisillä työmailla?”. Haastatteluissa saatiin vastauksia kysymyksiin monipuolisesti eri näkökulmista. Haastateltavat arvioivat prosessin haasteita, onnistumisia sekä ongelmien syitä.

#### 6.4 Kehitysehdotukset

Yhteistoiminnan kehittämiseksi laadittiin kehittämissuhteita havaittujen ongelmakohtien perusteella. Taulukossa 4 on koottu ideoita toiminnan kehittämiseen.

<b>Kehitysehdotukset</b>	
<b>Yhteisrakentamisprosessi</b>	<b>Kaukolämpö</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Yhteistoimintasopimuksen laatiminen</li> <li>▪ Yksikköhintaluettelon päivittäminen ja isojen kaukolämpölinjojen huomioiminen hinnoittelussa</li> <li>▪ Yhteisrakentamismallin valuvioista keskusteleminen ja ratkaisujen löytäminen</li> <li>▪ Suunnitteluvaiheen kehittäminen</li> <li>▪ Yhteensovittaminen ja yhteensovittamispalaverit</li> <li>▪ Työmaapalveluiden laajuudesta sopiminen</li> <li>▪ Työmaakokousjärjestys</li> <li>▪ Työmaakokousten rinnalle myös operaattoreiden kokouksia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aikataulusuunnittelun tehostaminen Lahti Energialla</li> <li>▪ Yksiselitteiset tarjouspyyntöasiakirjat</li> <li>▪ Yleissuunnittelun tehostaminen</li> <li>▪ Jakelukeskeytysten suunnittelu</li> <li>▪ Varastointialueiden osoittaminen isoille kaukolämpöelementeille ja osille yhteisillä työmailla</li> <li>▪ Elementtien tilauksien hallinta</li> <li>▪ Vaihtoehtoisten rakentamistapojen tutkiminen</li> <li>▪ Valvonnan tehostaminen</li> <li>▪ Käytöstä poistettujen kaukolämpöjohtojen yhteiskäyttö</li> <li>▪ Verkkotietopisteen käyttöönotto</li> <li>▪ Viestinnän selkeyttäminen</li> </ul>

Taulukko 4. Kehitysehdotukset

Suurin osa ongelmista kohdistui yhteisten toimintamallien puutteeseen. Osapuolien mielestä erityisesti ristiriitatilanteet ovat haasteellisia, koska niiden ratkaisemiseen ei ole sovittu yhteisiä toimintamalleja. Lahdessa tilaajaorganisaatiot eivät ole laatineet yhteistoimintasopimusta mutta sopimusluonnos on olemassa. Yhteisrakentamismallia kuitenkin käytetään ja hankkeiden ohjelmointipalavereja järjestetään. Haastatteluissa saadut tulokset osoittavat, että yhteisten menettelytapojen laatimiselle olisi tarvetta, koska epäselvät tilanteet aiheuttavat ristiriitaa kustannusten jakautumisesta ja vastuista. Asenteiden ja toimintaperiaatteiden selvittämiseksi osapuolien olisi kannattavaa keskustella yhdessä yhteisrakentamisen tarkoituksesta ja merkityksestä. Keskustelun pohjalta olisi laadittava tilaajien välinen yhteistoimintasopimus, jossa on määritelty jokaisen osapuolen vastuut ja velvollisuudet, kustannusten jaon periaatteet sekä ristiriitatilanteiden ratkaisumalli. Sopimuksen laatiminen edellyttää avointa keskustelua tilaajaorganisaatioiden välillä, ja sopimuksella voitaisiin myös sitouttaa toimijoita prosessiin. Sopimus ei kuitenkaan yksinään takaa, että toimintamallien haasteet ratkeavat. Tilaajaorganisaatioiden keskustelun tulisi olla avointa ja havaituista ongelmista olisi keskusteltava rakentavasti. Jos sopimuksessa esitetyt asiat ei ole käyty toimijakohtaisesti läpi ja sovitut asiat jäävät pintapuolisiksi, sopimuksella ei saavuteta etuja tai tilanteen kehittymistä. Keskusteluja olisi hyvä käydä myös mallin nykytilasta ja yhteisrakentamishinnastosta, koska mallissa oli havaittavissa valuvikoja, jotka aiheuttivat epäselvyyksiä osapuolien välille esimerkiksi katu- ja rakennekerrosten uusimisten laajuudessa. Suurien kaukolämpölinjojen rakentamisen vaatimuksia ei ole mallissa huomioitu, ja yhteisrakentamishinnasto ei tue isojen linjojen rakentamista. Operaattoreiden mielestä nykyinen kustannustenjakomalli kannustaa liittymään yhteisrakentamiseen. Yhteistoiminnan edellytyksenä on, että jokainen osapuoli on sitoutunut yhteisrakentamiseen ja näkee sen hyödyllisenä eikä hidastavana tekijänä. Jokaisen osapuolen tulee olla myötämielisesti suhtautunut koko prosessiin, jotta yhteistoiminnan lähtökohdat ovat suotuisat. Käytännössä osalliset ja ihmiset vaikuttavat prosessikokonaisuuteen. Motivaatio, hankkeen läpivienti ja yhteistyö lähtee osallisista.

Suunnitteluvaiheen koordinointi ja aikataulu oli myös epäselvää. Johtopäätöksissä todettiin, että suunnitteluvaiheen johtamisessa oli puutteita. Yhteensovittamista ei ole käytännössä tehty lainkaan, ja kaukolämmön suunnittelussa ei luoteta siihen, että suunnitelmia yhteensovitetaan. Pääsuunnittelijan vastuut eivät ole täydellisesti toteutuneet, ja pääsuunnittelijan pitäisi tehdä aloite yhteensovittamiseen. Suunnittelukokouksia järjestetään myös tarpeisiin nähden liian harvoin, minkä seurauksena suunnitelmat eivät ole aina valmistuneet määräaikaan mennessä. Suunnitteluvaiheeseen tulisi olla enemmän suunnittelupalavereja ja erityisesti operaattoreiden ja pääsuunnittelijan välisiä yhteensovittamispalavereja, joissa operaattoreiden suunnitelmat tarkasteltaisiin konkreettisesti ja yksityiskohtaisesti.

Yhteensovittamispalavereissa voidaan myös varmistaa, että jokaisen operaattorin tarpeet tulevat kuulluksi, koska pääsuunnittelijalta ei voida vaatia tietämystä jokaisen verkostorakentajan erityispiirteistä ja vaateista. Verkosto-operaattoreiden suunnittelijat ovat oman alansa ammattilaisia ja tietävät parhaiten verkostonsa toiminnan ja verkon tekniset yksityiskohdat. Yhteensovittamispalavereilla voidaan myös lisätä luottamusta siitä, että yhteensovittamista tehdään ja operaattorit voivat luottaa sen toimivuuteen. Yhteensovittamisen onnistumisen ja sujuvuuden kannalta on tärkeää, että se tehdään koordinoitusti kokonaisuuden kannalta. Yhteensovittaminen ja sen kustannukset herättivät myös keskustelua. Lahdessa yhteensovittamisesta ei makseta erikseen ja haastateltavat epäilivät sitä osasyiksi myös yhteensovittamisen vähyyteen. Toisaalta yhteensovittaminen edellyttää, että verkosto-operaattoreiden suunnitelmat ovat valmiina määräaikaan mennessä. Suunnittelun johtamiseen pitäisi panostaa nykytilannetta enemmän, jotta operaattoreiden suunnitelmat olisivat valmiina määräaikaan mennessä myös hankevalmistelun ja kilpailuttamisen kannalta.

Rakentamisvaiheessa suunnitteluvaiheen haasteet kertaantuivat ja ongelmia oli esimerkiksi kaukolämmön ja päätilaajan välillä työmaapalveluiden laajuudessa. Kaukolämpöurakoitsijan mielestä työmaapalvelut edesauttavat rakentamista, mutta päätilaaja kokee niistä aiheutuvien kustannusten jakautuvan vain päätilaajalle. Työmaapalvelusta ja sen rajauksista olisi sovittava jo aikaisessa vaiheessa. Esimerkiksi ennen kokonaisurakan kilpailuttamista hankesuunnitteluvaiheessa olisi järkevää sopia työmaapalveluiden rajauksista ja kustannusten jakautumisesta. Työmaapalveluiden laajuus olisi hyvä tuoda esiin myös rakennuttamishjelmassa.

Työmaakokoukset ovat olleet kaukolämmön rakennuttajille raskaita ja kaikkia kaukolämpörakentamisen yksityiskohtia ei ole voitu ottaa kokouksissa esille. Rakentamisvaiheen sujuvoittamiseksi työmaakokousten rinnalle vaadittaisiin kaukolämmön rakennuttajien mielestä operaattoreiden välisiä kokouksia, joissa tehdyt päätökset ja kirjaukset olisivat myös jälkiselvittelyissä hyväksyttäviä todisteita. Kaukolämmön rakennuttajat kokevat, että kevyt työmaapalaveri operaattoreiden ja pääurakoitsijan kanssa esimerkiksi viikoittain voisi edesauttaa yhteistyötä sekä myös toisten työvaiheiden ymmärtämistä. Palaverit olisivat kannattavaa järjestää työmaalla. Se tosin vaatisi resursseja kaikilta osapuolilta.

Aikataulutusta korostui myös suurena haasteena. Sen ratkaiseminen ei ole yksinkertaista ja ei ole mahdollista sanoa yhtä tekijää, jolla aikataulutuksen haasteet voidaan ratkaista. Aikataulutukseen vaikuttavia tekijöitä on paljon, koska aikataulutuksessa on otettava huomioon operaattoreiden työvaiheiden kesto ja pääurakoitsijan kokonaisurakan aikataulu. Aikatauluun vaikuttaa myös ulkopuoliset tekijät, kuten vallitsevat olosuhteet, joihin ei voida

täysin varautua hyvästä ennakkosuunnittelusta huolimatta. Kyseisten tilanteiden kustannustenjakoa oli osapuolille epäselkeää. Viivästymisissä koettiin syyttelyä osapuolien välillä, kun myöhästymisen seurauksien kustannuksille haettiin maksajaa. Vastaavasti päätilaaja näki, että kaukolämmön riskit ja kustannukset ovat päätilaajan maksettavana. Aikataulukysymys on haastava ja sitä voidaan lähestyä esimerkiksi budjetoidulla rahallisella riskivaruksella, joka varattaisiin urakkaan jokaiselta osalliselta. Riskivaruudesta kustannettaisiin olosuhteista ja muista riippumattomista syistä aiheutuneet kustannukset. Se ei tosin ratkaise aikatauluongelmaa ja saattaisi aiheuttaa seuraavaksi vastakkainasettelua siitä, olisiko jokin asia pitänyt tietää ennakkoon. Aikataulutuksen haastetta voidaan myös lähteä tutkimaan yhteensovittamiskäytäntöjen parantamisella. Kun suunnitelmat ovat yhteensovitettu, voidaan säästää aikaa. Kun ristiriidat on ratkaistu jo suunnitteluvaiheessa, tilanteiden selvittely ei vie aikaa rakentamisvaiheessa.

Kaukolämmön rakennuttajien tulisi myös kommentoida aktiivisesti pääurakoitsijan esittämää aikataulua. Jos annettu aikataulu on epärealistinen, siihen ei pitäisi suostua. Myöhästymisen syyt tulisi myös kertoa osapuolille avoimesti ja rehellisesti, jotta aikataulua voidaan rakentaa totuuden pohjalta. Syiden pimentely vaikeuttaa toisten työ- ja resurssisuunnittelua. Lahti Energiolla voitaisiin myös tehostaa yhteisrakentamiskohteiden ja omien hankkeiden aikataulusuunnittelua. Erityisesti yhteisrakentamishankkeiden ja yhtiön omien urakoiden aikataulutusta olisi tarkasteltava. Kaukolämpöurakoitsijan näkemys aikataulutukseen olisi myös kuultava.

Laajojen kaukolämpöhankkeiden aikataulusuunnittelussa voidaan myös pohtia yhteisrakentamishankkeiden vetovastuita uudelleen. Isojen kaukolämpölinjojen rakentaminen on hidasta ja ne voivat vaikuttaa merkittävästi koko urakan aikataulutukseen. Kaukolämmöllä voisi olla hankkeissa myös vahvempi vetovastuu nykyiseen tilanteeseen verrattuna, kun rakennetaan isoja kaukolämpöjohtoja. Tällöin urakan kokonaisaikataulua voidaan suunnitella kaukolämpötöiden etenemisen pohjalta sellaisissa tilanteissa, joissa kaukolämpötyöt vievät selkeästi suurimman osuuden kokonaisurakan aikataulusta muihin työvaiheisiin suhteutettuna. Tämä edellyttäisi rakenteellisia muutoksia mallissa ja kaukolämmön rooli kokonaisurakassa korostuisi. Se vaatisi todennäköisesti kaukolämmöltä enemmän resursseja, mikä voi myös muodostua haasteeksi. Keskeinen ajatus idean taustalla on kuitenkin se, että suuria kaukolämpölinjoja ei voida ajatella työmaalla erillisinä ja kokonaisuudesta irrallisina nopeasti suoritettavina työvaiheina.

Päätilaaja nosti haastatteluissa esille myös kaukolämpöhankkeiden laajenemisen rakentamisvaiheessa. Kaukolämpötyöt ovat voineet laajeta myös yhteisurakka-alueen ulkopuolella ja se vaikuttaa myös kokonaisurakkaan. Kaukolämpöhankkeen erillisurakkaosuus tulee

myös yhteensovittaa yhteisen työmaan kassa. Lahti Energialla olisi panostettava hankkeiden ja saneerauksien yleissuunnitteluun, jotta yhteisurakan hankevalmistelussa kaukolämpöurakan laajuus olisi tiedossa. Lahti Energialla olisi myös panostettava kilpailuttamisvaiheessa urakka-asiakirjojen laatimiseen. Kaukolämpöhankkeiden laajuus yhteisurakka-alueella ja yhteiseen työmaahan yhdistetyt erillisurakkana toteutetut osuudet tulisi olla tarkasti määritelty kilpailuttamisvaiheessa, jotta välttyttäisiin työmaiden hallitsemattomalta laajenemiselta ja kaukolämpörakentamisen todellinen laajuus olisi pääurakoitsijalla tiedossa myös tarjouslaskentavaiheessa. Rakentamisvaiheessa voi tulla myös yllätyksiä, joiden vuoksi kaukolämpöhanketta joudutaan laajentamaan, mutta sovitussa laajuudessa olisi pyrittävä pysymään.

Kaukolämpöurakoitsijan mielestä jakelukeskeytysten puutteellinen valmistelu ja osapuutteen hidastavat töiden etenemistä. Lahti Energialla olisi panostettava jakelukeskeytysten suunnitteluun, jotta työvaihe voidaan suorittaa nopeammin kuin nykyisellä toimintatavalla. Jakelukeskeytykset olisi suunniteltava myös yhteistyössä yhteisen työmaan pääurakoitsijan kanssa, jotta sen vaikutukset ja turvallisuusriskit tulee huomioida koko työmaan kannalta. Kaukolämpörakentamisen kannalta kriittisten osien puute on myös vaikeuttanut kaukolämpöurakoitsijan töiden edistymistä. Urakoitsija ei ole aina päässyt edistämään kaukolämpötöitä osapuutteen vuoksi. Lahti Energialla on kokonaisuuden kannalta pieniä tehostettavia osuuksia, joilla voi kuitenkin olla vaikutusta töiden etenemiseen. Niiden korjaaminen voisi edesauttaa myös aikataulussa pysymistä.

Rakentamisvaiheessa 2Mpuk- rakenteen väliin jäävässä tilavarauksessa sekä eri operaattoreiden verkostojen risteämissä oli myös haasteita. Kaksiputkisen elementin väliin vaadittu tilavaraus on jäänyt usein liian pieneksi tai muiden operaattoreiden kaapelit ovat jääneet liian lähelle kaukolämpöputkia, jolloin kaukolämpöputkea on käytännössä mahdotonta haa-roittaa myöhemmin. Haaste johtuu pääasiassa pääurakoitsijan tietämättömyydestä, yhteensovittamisen puutteesta ja kaukolämmön oman valvonnan vähäisyydestä. Yhteisen työmaan pääurakoitsijalla ei ole aina riittävää kokemusta kaukolämpörakentamisesta ja sen työvaiheiden vaatimuksista. Työvaiheiden ja töiden nopeuttamisen kannalta yhteinen katselmus vaadittavista tilavarauksista pääurakoitsijan, kaukolämpöurakoitsijan ja tarvittaessa myös kaukolämmön rakennuttajan kanssa voisivat edistää töiden sujuvaa etenemistä. Lahti Energialla tulisi tehostaa kaukolämpörakentamisen valvontaa ja kiinnittää erityistä huomiota työmaiden yleisiin haasteisiin. Ongelma on kuitenkin Lahti Energialla tiedostettu aikaisemmin ja valvontakäytäntöjä on alettu kehittää vuoden alusta alkaen. Valvontakäytäntöjen kehittämistä tulisi jatkaa edelleen ja integroida ne osaksi toimintamalleja.

Urakoitsija toivoi myös, että kaukolämpöelementeille ja -osille olisi osoitettu selkeät varastointialueet yhteisillä työmailla. Isoissa kaukolämpölinjoissa myös venttiili-, haara- ja kulmaelementtien koot ovat suuria. Ennalta osoitetut varastointialueet työmaalla vähentäisivät turhia elementtien siirtotarpeita ja se edesauttaisi myös pääurakoitsijan töiden etenemistä. Kaukolämpöurakoitsijan on myös saatava autot lähelle työkohdetta, koska autoissa kuljetetaan esimerkiksi aggregaatteja. Pääurakoitsijan olisi huomioitava vaadittavat tilatarpeet.

Käytöstä poistetut kaukolämpörakenteet herättivät myös haastateltavissa hämmennystä. Päätilaaaja näki ne rasitteena ja päätilaaajan tulevaisuuden kustannuksena. Maahan jäävät romuputket ovat passiivista infrastruktuuria ja niiden hyöty- ja yhteiskäyttöä voitaisiin Lahdessa tutkia. Teoriaosuudessa todettiin, että passiivisen infran yhteiskäyttöä on eniten tele- ja sähköverkkotoimijoilla, koska infrarakenteet ovat tyypiltään samankaltaisia. Kaukolämpöputkien yhteiskäyttö on ollut valtakunnallisestikin vähäistä. Maahan jääviä kaukolämpöputkia voitaisiin kuitenkin hyödyntää esimerkiksi sähköverkon kaapeleiden vedossa tai suo- japutkirakenteina. Käytöstä poistetuista linjoista voi olla hyötyä myös kaukolämpörakentamisessa esimerkiksi kadun poikituksissa. Tällöin katua ei tarvitsisi kaivaa auki. Hyödyntäminen edellyttää kuitenkin vielä teknisten ratkaisujen tarkastelua sekä toimijoiden tietoisuutta olemassa olevista käyttämättömistä rakenteista. Teoriaosuudessa tutustuttiin myös Traficomien ylläpitämään keskitettyyn Verkkotietopisteeseen. Lahti Energian kaukolämpöverkolla kyseinen palvelu ei ole vielä käytössä. Yhteiskäytön ja -rakentamisen tehostamiseksi palvelu olisi otettava käyttöön ja toimittaa verkostotiedot myös yhteisrakentamislain vaatimusten täyttämiseksi. Keskitettyä tietopistettä voitaisiin hyödyntää paikallisesti myös yhteisrakentamishankkeiden sopimisessa.

Yhteistyö ja viestintä koettiin hankkeissa pääsääntöisesti hyväksi. Päätilaaaja ja kaukolämpöurakoitsija kuitenkin nostivat esille, että kaukolämmön suunnittelijoiden ja rakennuttajien viestintä on paikoitellen vaikeaselkoista. Kaukolämmön suunnittelijoiden ja rakennuttajien tulisi kiinnittää viestinnässä huomiota siihen, että kaukolämpöalan termistö ei ole välttämättä päätilaaajalle tai -suunnittelijalle tuttua. Lahti Energian olisi kehitettävä myös urakoitsijalle kohdistettua viestintää. Kaukolämpöurakoitsija toivoo, että massaposteja olisi vähemmän ja viestintä olisi urakoitsijalle kohdennettua, jotta viestin sisältö olisi paremmin ymmärrettävissä ja tärkeät asiat eivät katoaisi sähköpostien suureen tekstimäärään.

Yhteisrakentamiskäytäntöjen kehittäminen on Lahti Energian toiminnalle tärkeää. Yhtiössä ollaan halukkaita rakentamaan kaukolämpöä yhteisrakentamishankkeissa myös jatkossa. Tulevaisuudessa suurien linjojen rakentaminen yleistyy, koska pääosa suurista kaukolämpölinjoista on vanhoja betonielementtirakenteita, jotka ovat tulossa saneerausikään. Yhteisrakentamishankkeita on tulossa myös Lahden keskustan alueelle, jolloin toimintaympäristö

on haasteellinen kaikille toimijoille. Lahti Energialla on kaupungin keskustassa suuria kana-varakenteita, jotka ovat myös saneerauksen tarpeessa. Toimivilla yhteisrakentamiskäytännöillä voidaan tehostaa toimintaa. Toisten verkonrakentajien toimintamallien tuntemus, aikatauluhaasteiden ratkominen sekä yhteistoimintakäytäntöjen sopiminen voisivat edesauttaa myös tulevien ja haastavien hankkeiden läpiviemistä.

## 6.5 Jatkotutkimusehdotukset

Yhteisrakentaminen on laaja prosessikokonaisuus, jossa eri vaiheissa tehdyt ratkaisut kertaantuvat seuraavissa vaiheissa aiheuttaen moninaisia ongelmia ja haasteita. Prosessiin tehtyjä muutoksia pitää testata käytännössä ennen kuin voidaan olla varmoja niiden toimivuudesta. Kaikkia muutoksista seuraavia vaikutuksia ei voida havaita tarkasteltaessa asiaa teoriassa. Esitettyjen kehittämissuositusten käyttöönoton vaikutuksia tulisi tarkastella prosessikokonaisuuden kannalta. Kehittämissuositusten vaikutusta kokonaisuuteen olisi hyvä tutkia myös jatkossa ja arvioida, vievätkö ne prosessia eteenpäin ja edesauttavatko ne toiminnan kehittämistä.

Yhteisrakentamiseen liittyvä lainsäädäntö on myös muutoksessa. Yhteisrakentamisdirektiiviä ollaan päivittämässä ja siitä voi seurata muutoksia myös kansalliseen lainsäädäntöön. Nykyisen yhteisrakentamislain pohjalta syntynyt yhteisrakentamislaki velvoittaa verkostoperaattoreita toimittamaan tietoja keskitettyyn Verkkotietopisteeseen. Kaukolämpö ei ole vielä toimittanut verkkotietoaan järjestelmään ja sen mahdollisia hyötyjä toimintaan ei ole vielä pystytty toteamaan. Järjestelmän käytön vaikutusta olisi myös jatkossa arvioitava.

Yhteisrakentamisesta keskustellaan yhteiskunnallisesti ja toimintamalleja pyritään kehittämään myös valtakunnallisesti. Valtakunnallisen kehityksen suuntaa kannattaa myös seurata ja ottaa vinkkejä omien toimintamallien kehittämiseen paikallisella tasolla.

Opinnäytetyössä ei käsitelty yksityiskohtaisesti kustannuksia ja turvallisuutta yhteisrakentamisessa. Jatkotutkimusehdotuksena on myös kyseisten näkökulmien tutkiminen sekä muiden kaupunkien toimintamalleihin vertaaminen. Opinnäytetyössä ei tutkittu pienien kaukolämpöjohtojen rakentamista yhteisillä työmailla. Esimerkiksi asuinkatujen runkojohtojen liitoksissa ja liittymisjohtojen rakentamisessa on vielä erilaisia huomioitavia teknisiä näkökulmia, jotka vaikuttavat myös hankkeiden aikataulutukseen.



## 7 Luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuutta tarkastellaan reliabiliteetilla eli tutkimustuloksen pysyvyydellä ja validiteetilla eli oikeiden asioiden tutkimisella. Laadullista tutkimuksen luotettavuuden arviointikriteereinä ovat arvioituvuus ja dokumentaatio, tulkinnan ristiriidattomuus, luotettavuus tulkinnan kannalta sekä saturaatio. (Kananen 2012, 161, 172–176.) Työssä on pyritty esittelemään avoimesti tehdyt ratkaisut ja niiden perustelut dokumentaation luotettavuuden tavoitteiden saavuttamiseksi.

Reliabiliteetin eli tutkimustuloksen pysyvyyden kannalta voidaan todeta, että tutkimus on itsessään jo vaikuttanut tutkittaviin ja haastanut ajattelemaan aiheita uusilta näkökannoilta. Validiteetin eli oikeiden asioiden tutkimisen kannalta ulkoinen validiteetti eli tutkimuksen yleistettävyyden merkittävä tekijä luotettavuustarkastelussa (Kananen 2012, 161). Toisaalta laadullisessa kehittämiseen orientoituvassa tutkimuksessa tavoitteena ei ole yleistettävyyden, koska tarkastelua tehdään yksittäiseen kohteeseen. Tutkimuksen ja tuloksen tulee kuitenkin olla siirrettävissä samankaltaisiin tapauksiin, ja tähän on pyritty vastaamaan kuvaamalla Lahden mallin nykytilanne sekä Lahti Energian kaukolämpöverkoston rakenne kattavasti.

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida myös haastattelujen onnistumisen kannalta. Haastatteluiden onnistumisen kannalta on tärkeää, että haastateltavien kanssa saavutetaan luottamus. Lisäksi voidaan epäillä, että saavutettiin haastateltavien kanssa keskustelu, jossa opinnäytetyön tekijän mielipiteet eivät johdattaneet keskustelua liikaa omien tulkintojen suuntaan sekä saavutettiin haastateltavien kanssa luottamus, jotta haastateltavat pystyivät tuomaan mielipiteensä esille aidosti. Tutkimuksessa olisi voinut vielä haastatella saneeraushankkeiden päätilaaja eli vesilaitoksen edustajaa sekä jonkin yhteisrakentamishankkeen pääurakoitsijaa nykyistä laajemman näkökulman saavuttamiseksi. Opinnäytetyön rajaus suuriin kaukolämpölinjoihin toisaalta ohjasi tarkastelua kaupungin vetämiin hankkeisiin, koska viime vuosina isoja kaukolämpölinjoja on rakennettu pääasiassa Lahden kaupungin vetämillä työmailla.

Tuloksista tehtyihin tulkintoihin ja johtopäätöksiin on voinut vaikuttaa opinnäytetyön tekijän osallistuminen yhteisrakentamishankkeisiin. Opinnäytetyön tekijä on myös työskennellyt kaukolämmön suunnittelussa ja rakennuttamisessa, jolloin näkökulma on voinut vaikuttaa tuloksista vedettyjen johtopäätösten objektiivisuuteen.

## 8 Yhteenveto

Yhteisrakentaminen on noussut viimeisten vuosien aikana yhteiskunnalliseen keskusteluun ja rakentamistapoja kehitetään voimakkaasti myös valtakunnallisesti. Yhteistoiminnan kehittäminen on tärkeää, koska yhteisrakentaminen on nykypäivän ja tulevaisuuden rakentamistapa. Kansainvälisiä esimerkkejä yhteisrakentamisesta ei kuitenkaan ole, ja se tuo haasteensa valtakunnalliseen kehittämiseen. Yhteisrakentamista kehitetään myös paikallisella tasolla kunnissa ja kaupungeissa, kun eri organisaatiot luovat paikallisia yhteisrakentamismalleja. Lahdessa kaukolämpöä rakennetaan paljon yhteisillä työmailla ja erityisesti suurien linjojen rakentamisessa on ilmennyt haasteita, jotka ovat vaikeuttaneet prosessin etenemistä ja tuottaneet kitkaa sidosryhmien välille.

Työn tarkoituksena oli tutkia kaukolämmön rakentamisen haasteita kunnallisteknisillä yhteisillä työmailla ja kehittää Lahden yhteisrakentamismallia kaukolämmön näkökulmasta. Työn sivutavoitteena oli myös tehdä Lahden mallia tunnetuksi sidosryhmille, koska mallin parissa työskentelevät henkilöt ovat vaihtuneet ja mallin kehitys on osittain jäänyt paikoilleen. Tulokset eivät ole yleistettävissä kaikkiin yhteisrakentamismalleihin ja kaukolämmön rakentamiseen kaikilla kunnallisteknisillä yhteisillä työmailla. Tämä johtuu siitä, että asioita on työssä pohdittu Lahden mallin näkökulmasta ja tulokset yksilöityvät Lahdessa käytettäviin menetelmiin. Tuloksia voidaan kuitenkin hyödyntää ja siirtää samantyyppisiin malleihin.

Nykytilan kartoituksella ja teemahaastatteluilla saatiin selvitettyä mallin nykyisiä ongelma-kohtia mutta myös sen positiivisia puolia. Yhteisrakentaminen koettiin kaikkien vastaajien keskuudessa järkeväksi rakentamistavaksi, ja osapuolet olivat saavuttaneet yhteisrakentamisella kustannussäästöjä. Haastatteluiden tuloksien pohjata havaittiin, että aikataulutussuunnittelu- ja rakentamisvaiheessa, suunnitelmien yhteensovittaminen sekä yhteisten toimintamallien epäselvyys osoittautuivat suurimmiksi haasteiksi prosessissa. Lahti Energialla oli kehitettävää esimerkiksi jakelukeskeytysten suunnittelussa sekä työmaiden laajanemisen hallinnassa.

Yhteistoiminnan kehittämisen kannalta osapuolien on kannattavaa laatia yhteistoimintasopimus, jossa määritellään reunaehdot yhteistoiminnalle sekä otetaan kantaa kustannusten ja riskien jakautumiseen, jolloin myös kaukolämmön velvollisuudet ja vastuut on kuvattu tarkasti. Sopimuksella osapuolia voitaisiin myös sitouttaa prosessiin paremmin. Kaukolämmön näkökulmasta toimintaa voidaan kehittää tehostamalla omaa valvontaa ja omien hankkeiden aikataulutussuunnittelua. Lisäksi suunnitteluun ja erityisesti urakka-asiakirjojen laatimisen tehostamisessa olisi kehitettävää, jotta työmaiden laajenemista yhteisurakan ulkopuolella voitaisiin hallita. Jatkossa voitaisiin myös tutkia käytöstä poistettujen linjojen yhteiskäyttöä.

Mallin jatkuva kehittäminen ja kriittinen tarkastelu on tärkeää, jotta voidaan havainnoida myös jatkossa sen puutteita, kehittämiskohteita mutta myös onnistumisia. Kehitysehdotusten pohjalta muokattuja toimintamalleja voisi jatkossa tutkia ja analysoida. Analysoinnissa olisi tarkoituksenmukaista kiinnittää huomiota siihen, että yhteistoiminta on edennyt kaikkien osapuolien kannalta suotuisaan suuntaan. Yhteisrakentaminen on tärkeä tulevaisuuden rakentamistapa. Lainsäädäntö ohjaa verkosto-operaattoreita myös yhteisrakentamiseen. Tämän vuoksi on tärkeää, että yhteiset toimintamallit saadaan toimiviksi. Tällöin yhteisrakentamisen edut ovat kaikkien osapuolien ja sidosryhmien saavutettavissa.

## Lähteet

Adato Energia. 2020a. Putkijärjestelmät. Kaukolämpöekstra. Viitattu 24.1.2022. Saatavissa <https://kaukolampoekstra.fi/jakelu/putkijarjestelmat>

Adato Energia. 2020b. Betonikanavarakenne. Kaukolämpöekstra. Viitattu 24.1.2022. Saatavissa <https://kaukolampoekstra.fi/jakelu/putkijarjestelmat/betonikanavarakenne>

Adato Energia. 2020c. Vapaasti liikkuvat putkijärjestelmät. Kaukolämpöekstra. Viitattu 24.1.2022. Saatavissa <https://kaukolampoekstra.fi/jakelu/putkijarjestelmat/vapaasti-liikkuvat-putkijarjestelmat>

Adato Energia. 2020d. Kiinnivaahdotetut putkijärjestelmät. Kaukolämpöekstra. Viitattu 24.1.2022. Saatavissa <https://kaukolampoekstra.fi/jakelu/putkijarjestelmat/kiinnivaahdotetut-putkijarjestelmat>

Adato Energia. 2020e. Joustavat putkijärjestelmät. Kaukolämpöekstra. Viitattu 25.1.2022. Saatavissa <https://kaukolampoekstra.fi/jakelu/putkijarjestelmat/joustavat-putkijarjestelmat>

Ahluos, P. 2013. Yhteinen kunnallistekninen työmaa: prosessin kehittäminen - kasvukertomus hallintokuntarajat ylittävän prosessin luomisesta ja yhteistyöstä. Helsingin kaupunki. Viitattu 22.3.2022. Saatavissa [https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2013/hkr\\_ykt\\_ol2.pdf](https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2013/hkr_ykt_ol2.pdf)

Energiateollisuus. 2018. Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet. Viitattu 21.1.2022. Saatavissa [https://energia.fi/files/2353/SuositusL11\\_2013\\_KI-johtojen\\_suunnittelu-ja\\_rakentamisohjeet\\_paivitetty\\_20180130.pdf](https://energia.fi/files/2353/SuositusL11_2013_KI-johtojen_suunnittelu-ja_rakentamisohjeet_paivitetty_20180130.pdf)

Energiateollisuus. 2022a. Kaukolämpö. Viitattu 17.1.2022. Saatavissa <https://kaukolampo.fi/>

Energiateollisuus. 2022b. Energiavuosi 2021. Viitattu 15.2.2022. Saatavissa [https://energia.fi/files/5650/Kaukolampo\\_2020.pdf](https://energia.fi/files/5650/Kaukolampo_2020.pdf)

Energiateollisuus. 2022c. Kaukolämpötilasto 2020. Viitattu 17.3.2022. Saatavissa [https://energia.fi/files/6804/Kaukolampotilasto\\_2020.pdf](https://energia.fi/files/6804/Kaukolampotilasto_2020.pdf)

Energiateollisuus. 2022d. Kaukolämpötilasto. Viitattu 17.3.2022. Saatavissa <https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/kaukolampotilasto.html#material-view>

Energiateollisuus. Siirto, jakelu ja myynti. Viitattu 10.3.2022. Saatavissa [https://energia.fi/energiapolitiikka/tyoelama/toimialat/siirto\\_jakelu\\_ja\\_myynti](https://energia.fi/energiapolitiikka/tyoelama/toimialat/siirto_jakelu_ja_myynti)

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä – kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulu: Jyväskylä

Korpela, M. 2021. Valokuva. Lahti Energian arkistot.

Koskelainen, L., Saarela, R. & Sipilä, K. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energia-teollisuus ry.

Kämppe, M. 2020. Yhteisrakentamisverkoston tapaaminen 26.3.2020. Yhteisrakentamisverkoston webinaari. Viitattu 23.3.2022. Saatavissa <https://www.kunta.tv/yhteisrakentamisverkoston-tapaaminen-26-3-2020/>

Lahden kaupunki. 2018a. Uudishankkeen prosessikuvaus. PowerPoint-esitys. Lahti Energian arkistot.

Lahden kaupunki. 2018b. Saneerauskohteiden prosessikuvaus. PowerPoint-esitys. Lahti Energian arkistot.

Lahti Energia. 2012. Kaukolämpö Lahdessa 1962–2012. Esite. Lahti Energian arkistot.

Lahti Energia. 2020a. Kaukolämpöverkon johtopituudet 31.12.2020. Tilasto. Lahti Energian arkistot.

Lahti Energia. 2020b. Kaukolämpöverkko. Viitattu 9.3.2022. Saatavissa <https://www.lahtienergia.fi/wp-content/uploads/2021/06/Lahti.pdf>

Lahti Energia. 2020c. Kaukolämpöjohtojen jakautuminen rakenteen mukaan 31.12.2020. Tilasto. Lahti Energian arkistot.

Lahti Energia. Yritysesittely. Viitattu 10.3.2022. Saatavissa <https://www.lahtienergia.fi/lahti-energia/yritysesittely/>

Leskelä, J. 2019. Energiamurros - sähkön ja lämmöntuotannon kehitysnäkymiä. Energia-teollisuus ry. Viitattu 18.1.2022. Saatavissa <https://hiilitieto.fi/wp-content/uploads/2019/07/Jukka-Leskela-Ilmastoneutraalia-energiaa-JUL.pdf>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Saatavissa <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Mäkelä, V-M. & Tuunanen, J. 2015. Suomalainen kaukolämmitys. Mikkelin ammattikorkeakoulu?. Viitattu 23.1.2022. Saatavissa <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97138/URNISBN9789515885074.pdf>

Mäki, E & Paiho, S. 2018. Muotisoista tekoihin – Kaukolämpöverkossa piilee valtava potentiaali uusille tuotteille ja palveluille. VTT. Viitattu 25.3.2022. Saatavissa

<https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/muotisoista-tekoihin-kaukolampoverkossa-piilee-valtava-potentiaali-uusille>

Mäki-Saari, H. 2021. Valokuva. Lahti Energian arkistot.

Ollikainen, M. 2021. Miksi Suomen kannattaa siirtyä polttoon perustumattomaan energiaan? Helenin webinaari: polttoon perustumatonta energiantuotantoa marginaalista valtavirtaan 15.6.2021. Viitattu 18.1.2021. Saatavissa <https://www.helen.fi/helen-oy/vastuullisuus/ajankohtaista/blogi/2021/ei-polttamalla-tuotettu-energia-siirtyy-marginaalista-valtavirtaan>

Peltola-Ojala, P. 2020. Yhteisrakentamisverkoston tapaaminen 26.3.2020. Yhteisrakentamisverkoston webinaari. Viitattu 23.3.2022. Saatavissa <https://www.kunta.tv/yhteisrakentamisverkoston-tapaaminen-26-3-2020/>

Peltola-Ojala, P. 2021. Kestävää yhdyskuntatekniikkaa toteutetaan yhteisrakentamalla. Traficom. Viitattu 22.3.2022. Saatavissa <https://kuntatekniikka.fi/wp-content/uploads/sites/2/2021/10/Kestavaa-yhdyskuntatekniikkaa-toteutetaan-yhteisrakentamalla-Paivi-Peltola-Ojala-Traficom.pdf>

Rakennustieto. InfraRYL-Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Viitattu 30.3.2022. Saatavissa <https://www.rakennustieto.fi/palvelut/tietoa-rakentamiseen/ryl/infraryl>

Rauhamäki, J. 2021. Polttoon perustumatonta energiantuotantoa marginaalista valtavirtaan. Helenin webinaari: polttoon perustumatonta energiantuotantoa marginaalista valtavirtaan 15.6.2021. Viitattu 18.1.2021. Saatavissa <https://www.helen.fi/helen-oy/vastuullisuus/ajankohtaista/blogi/2021/ei-polttamalla-tuotettu-energia-siirtyy-marginaalista-valtavirtaan>

Sallinen, P. 2021. Lahden tie hiilestä eroon. Energiauutiset. Viitattu 22.3.2022. Saatavissa <https://www.energiauutiset.fi/kategoriat/markkinat/lahden-tie-hiilesta-eroon.html>

Sirola, V-P. 2017. Laki verkkoinfrastruktuurin yhteisrakentamisesta ja -käytöstä sekä keskitetty tietopiste. Energiateollisuus. Tiedote. Viitattu 2.3.2022. Saatavissa [https://energia.fi/files/1475/Tiedote\\_L147-2017\\_Laki\\_verkkoinfrastruktuurin\\_yhteisrakentamisesta\\_ja\\_-kaytosta\\_Jasentiedote20170106.pdf](https://energia.fi/files/1475/Tiedote_L147-2017_Laki_verkkoinfrastruktuurin_yhteisrakentamisesta_ja_-kaytosta_Jasentiedote20170106.pdf)

Suomen Kuntaliitto. 2017. Yhteinen kunnallistekninen työmaa: tilaajien välinen sopimus. Viitattu 26.3.2022. Saatavissa <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2017/1803-yhteinen-kunnallistekninen-tyomaa>

Taipale, P. 2020. Yhteisrakentamisverkoston tapaaminen 26.3.2020. Yhteisrakentamisverkoston webinaari. Viitattu 23.3.2022. Saatavissa <https://www.kunta.tv/yhteisrakentamisverkoston-tapaaminen-26-3-2020/>

Traficom. 2019. Yhteisrakentamisesta hyötyvät kaikki. Youtube-video. Viitattu 23.3.2022. Saatavissa <https://www.youtube.com/watch?v=4EIAFM5YTEE>

Traficom. 2020. Määräys verkkotietojen ja verkon rakentamissuunnitelmien toimittamisesta. Viitattu 2.3.2022. Saatavissa [https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/M%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys\\_71\\_verkkotietojen\\_ja\\_verkon\\_rakentamissuunnitelmien\\_toimittamisesta.pdf](https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/M%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys_71_verkkotietojen_ja_verkon_rakentamissuunnitelmien_toimittamisesta.pdf)

Traficom. Mitä yhteisrakentaminen tarkoittaa? Viitattu 17.3.2022. Saatavissa <https://www.traficom.fi/fi/viestinta/viestintaverkot/mita-yhteisrakentaminen-tarκοittaa>

Yhteisrakentamisdirektiivi 61/2014. Saatavissa <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0061&from=FI>

Yhteisrakentamislaki 276/2016. Saatavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20160276>

YIT. 2020. Katutyöt sujuvammiksi, mutta miten? Viitattu 23.3.2022. Saatavissa <https://www.yit.fi/ytimeassa/katutyot-sujuvammiksi-mutta-miten>

YSE 1998. Viitattu 27.3.2022. Saatavissa <http://dev.hel.fi/paatokset/media/att/a1/a167044235ba34e5f28c6a60879e9caa074e26d6.pdf>