



# Maanalaisen kunnallistekniikan sijoittelu tiiviissä kaupunkiympäristössä

Sijoittelun tiivistämismahdollisuudet

Tuukka Aaltola

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2025

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma  
Infrarakentaminen

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma  
Infrarakentaminen

AALTOLA, TUUKKA:

Maanalaisen kunnallistekniikan sijoittelu tiiviissä kaupunkiympäristössä  
Sijoittelun tiivistämismahdollisuudet

Opinnäytetyö 55 sivua, joista liitteitä 1 sivua  
Toukokuu 2025

---

Tiivistyvä kaupunkiympäristö ja monipuolistuva katutila aiheuttavat haasteita tärkeiden toimintojen, kuten kunnallisteknisten verkostojen, sijoittelulle. Näitä kunnallisteknisiä verkostoja ovat esimerkiksi vesihuolto-, energihuolto- ja tietoliikenneverkostot sekä kaukojäähdytys- ja jätteenkeräysjärjestelmät. Kunnallisteknisille järjestelmille on määritetty sijoitteluperiaatteita sekä mitoituskäytäntöjä, mutta ahtaassa tilassa niiden noudattaminen ei ole aina mahdollista. Tulevaisuuden kehitys lisää painetta verkostojen sijoittelun tiivistämiselle.

Opinnäytetyössä tutustutaan keskeisiin kunnallisteknisiin järjestelmiin ja niiden nykyisiin sijoitteluperiaatteisiin sekä selvitetään sijoittelun tiivistämismahdollisuuksia. Kunnallisteknisiin verkostoihin ja nykyisiin sijoitteluperiaatteisiin tutustuttiin alan kirjallisuuden sekä nykyisten mitoitusohjeiden kautta. Sijoittelun tiivistämismahdollisuuksia selvitettiin haastattelututkimuksen avulla. Haastatteluihin osallistui katurakentamisen tilaaja- ja suunnittelupuolen edustajia sekä verkostojen omistajia. Työ toteutettiin Helsingin kaupungin toimeksiannosta.

Haastatteluiden perusteella kunnallistekniikan sijoittelua voidaan tiivistää minimietäisyyksiä pienentämällä, materiaali- ja rakenneratkaisuilla sekä rakentamisen yhteistyön koordinoinnilla. Sijoittelun tiivistämisellä saattaa kuitenkin olla tapauskohtaisesti enemmän negatiivisia kuin positiivisia vaikutuksia koko infraverkosto huomioon ottaen. Tiivistäminen aiheuttaa haasteita erityisesti kunnossapidon toteuttamiselle. Näin ollen sijoittelua mitoitusohjeista poikkeavalla tavalla tulee toteuttaa vain tapauskohtaisesti. Verkostojen tiiviimmällä sijoittelulla on tapauskohtaisesti saavutettavissa hyötyjä, kuten tehokkaampaa maankäyttöä, alhaisempia rakentamiskustannuksia sekä katuvihreän lisäämismahdollisuuksia. Kunnallisteknisten verkostojen määrän lisääntyessä tulee tulevaisuudessa edellyttää verkkorakentajilta ratkaisuja sijoittelun tiivistämiselle. Lisäksi yhteistyötä erityisesti katu- ja talorakentajien välillä tulee lisätä.

---

Asiasanat: kunnallistekniikka, infrarakentaminen, katutila, vesihuoltoverkostot, energihuoltoverkostot, tietoliikenneverkostot

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Civil Engineering

AALTOLA, TUUKKA:  
Placement of Underground Municipal Engineering in Dense Urban Environments  
Opportunities for Optimizing Placement

Bachelor's thesis 55 pages, appendices 1 pages  
May 2025

---

As urban environments become denser and street spaces more multifunctional, placing key municipal infrastructure systems has become increasingly challenging. These systems include water supply, energy distribution, and telecommunications networks. In the future, expanding systems like district cooling and waste pipe collection will further increase the demand for space. Although there are established guidelines and sizing principles for infrastructure placement, limited space often makes them difficult to follow. Ongoing urban development is adding pressure to find more compact placement solutions.

The aim of the study was to explore the main types of municipal infrastructure, their current placement principles and the possibilities for more compact arrangements. The study was based on literature and existing design guidelines, as well as interviews with professionals involved in street construction and utility ownership. The work was commissioned by the City of Helsinki.

According to the interviews, infrastructure placement can be made more compact by reducing minimum distances, using alternative materials and construction methods, and improving coordination between construction parties. However, compact placement may also lead to challenges, especially in terms of maintenance, and therefore any deviation from current guidelines should be carefully considered case by case. Despite these challenges, tighter placement can offer benefits such as more efficient land use, lower construction costs and opportunities to add greenery to urban spaces. As the number of infrastructure networks increases in the future, utility providers should be required to seek compact solutions. In addition collaboration between street and building construction sectors should be strengthened.

---

Key words: municipal infrastructure, infrastructure construction, street space, water supply networks, energy supply networks, telecommunications networks

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	MAANALAINEN KUNNALLISTEKNIikka YLEISESTI.....	8
	2.1 Vesihuoltoverkostot.....	8
	2.1.1 Vesijohtoverkostot .....	8
	2.1.2 Jäte- ja hulevesiverkostot .....	9
	2.2 Energiahuoltoverkostot .....	10
	2.2.1 Sähköverkostot.....	11
	2.2.2 Kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkostot .....	12
	2.2.3 Kaasuverkostot.....	14
	2.3 Tietoliikenneverkostot .....	16
	2.4 Jätteen putkikeräysjärjestelmät.....	17
	2.5 Kadun kalusteet, varusteet ja raitiotiejärjestelmät .....	18
3	MAANALAISEN KUNNALLISTEKNIIKAN SIOITTELU .....	19
	3.1 Helsingin kaupungin katutilan mitoitus .....	20
	3.2 Vesihuoltoverkostojen sijoittelu .....	21
	3.3 Kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkostojen sijoittelu .....	23
	3.4 Kaasuverkostojen sijoittelu.....	25
	3.5 Sähkö- ja tietoliikenneverkostojen sijoittelu .....	26
	3.6 Jätteen putkikeräysjärjestelmien sijoittelu .....	28
	3.7 Raitiotien läheisyyteen sijoitettavat johdot ja kaapelit.....	29
4	SIOITTELUN TIIVISTÄMISMAHDOLLISUUDET .....	30
	4.1 Haastattelututkimus.....	30
	4.2 Kunnallistekniikan sijoittelun tiivistämismahdollisuudet .....	31
	4.2.1 Vähimmäisetäisyyksien pienentäminen.....	32
	4.2.2 Kaapelinsuojaputkien sijoittaminen päällekkäin.....	33
	4.2.3 Tekniikkatunnelit.....	34
	4.2.4 Rakentamisen yhteistyön koordinointi ja aikataulutus .....	34
	4.2.5 Sijoittelua rajoittavat rakenteet .....	36
	4.2.6 Sijoittelun tiivistämisen vaikutukset.....	37
	4.3 Tietoliikenneverkostojen sijoittelun tiivistämismahdollisuudet .....	38
	4.3.1 Mikrokanavatekniikka .....	39
	4.3.2 Kaapelinsuojajärjestelmät.....	41
	4.4 Sähköverkostojen sijoittelun tiivistämismahdollisuudet .....	42
	4.5 Vesihuoltoverkostojen sijoittelun tiivistämismahdollisuudet.....	43
	4.6 Kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen sijoittelun tiivistämismahdollisuudet .....	44

4.7 Kaasun jakeluverkkojen sijoittelun tiivistämismahdollisuudet.....	46
4.8 Jätteen putkikeräysjärjestelmien sijoittelun huomioiminen .....	46
5 YHTEENVETO JA POHDINTA .....	48
5.1 Yhteenveto .....	48
5.2 Pohdinta .....	49
LÄHTEET .....	51
LIITTEET .....	55
Liite 1. Haastattelukysymykset.....	55

**LYHENTEET JA TERMIT**

bar	Paineen yksikkö, jota käytetään usein ilmoitettaessa nesteen ja kaasun painetta
DN	<i>Diamètre Nominal</i> , nimellishalkaisija, usein putken sisähalkaisija millimetreinä
HSY	Helsingin seudun ympäristöpalvelut
InfraRYL	Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset
kV	Kilovoltti, jännitteen yksikkö
Mpuk	Kaukolämmön kaksiputkijärjestelmä, erilliset meno- ja paluujohdot omissa suojakuorissaan
2Mpuk	Kaukolämmön yksiputkijärjestelmä, meno- ja paluujohdot ovat yhteisen eristävän suojakuoren sisällä
PE	Polyeteenimuovi
PVC	Polyvinyylidikloridimuovi
RIL	Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
SN-luokka	Kaapelinsuojaputken rengasjäykkyys, yksikkö kN/m <sup>2</sup>
SG	Pallografiittivalurauta
T	Teräs
YKT	Yhteinen kunnallistekninen työmaa

## 1 JOHDANTO

Kaupunkirakenteen tiivistyminen ja katutilan monipuolistuminen aiheuttavat haasteita kunnallisteknisten verkostojen sijoittelulle. Kaupunkien kasvaessa ja maankäytön tiivistyessä infrastruktuurin on kyettävä palvelemaan yhä suurempaa väestömäärää rajallisessa tilassa. Lisäksi tekninen kehitys on johtanut siihen, että katupinnan alapuolinen tilantarve on kasvanut uusien järjestelmien, kuten kaukojäähdytyksen ja imujätejärjestelmien myötä.

Katutilan tiivistyminen ja infrastruktuurin monipuolistuminen aiheuttavat painetta verkostojen sijoittelun tiivistämiselle. Sijoittelun tiivistäminen vaatii innovatiivisia ratkaisuja, sijoittelun optimointia sekä monialaista yhteistyötä. Sijoittelun tiivistämisellä voidaan saavuttaa monia hyötyjä, kuten tehokkaampaa maankäyttöä, alhaisempia rakentamiskustannuksia sekä mahdollisuuksia katuvihreän lisäämiseen.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää maanalaisen kunnallistekniikan tiivistämismahdollisuuksia tiiviissä kaupunkiympäristössä. Työssä perehdytään aluksi kunnallisteknisiin verkostoihin yleisellä tasolla alan kirjallisuuden kautta. Työn toisessa osiossa käsitellään verkostojen nykyisiä mitoituskäytäntöjä ja sijoitteluperiaatteita pääosin Helsingin kaupungin katutilan mitoitusohjeen mukaisesti.

Työn kolmannessa osiossa käsitellään haastattelututkimuksen perusteella ilmenneitä tiivistämismahdollisuuksia sekä tiivistämisen vaikutuksia verkostojen kokonaisuus huomioon ottaen. Lisäksi osiossa käsitellään johtojen omistajien tahtotilaa tiivistämisestä suunniteltaessa sekä erityispiirteitä johtolajeittain.

Opinnäytetyö on tehty Helsingin kaupungin toimeksiantona Sitowise Oy:lla. Sitowise on pohjoismainen rakennetun ympäristön suunnittelu- ja konsultointiyritys, jossa työskentelee yli 2200 eri alojen asiantuntijaa. Yhtiö harjoittaa liiketoimintaa kolmella eri alueella: kiinteistöt ja rakennukset, infrastruktuuri ja digitaaliset ratkaisut. Sitowise listautui Helsingin pörssiin vuonna 2021.

## **2 MAANALAINEN KUNNALLISTEKNIikka YLEISESTI**

Kunnallistekniikka on tärkeä osa kaupunkien ja kuntien infrastruktuuria. Kunnallistekniikka koostuu monista teknisistä järjestelmistä ja palveluista, jotka mahdollistavat toimivan, turvallisen ja viihtyisän elinympäristön. Se koostuu osa-alueista, kuten vesihuolto, liikenne, tiet ja kadut, puistot, jätehuolto, energiahuolto sekä tietoliikenneverkot. Tässä työssä keskitytään katualueelle ja maan alle sijoitettavaan kunnallistekniikkaan sekä niiden sijoitteluun katupoikkileikkauksessa. Näitä kunnallistekniikan osa-alueita ovat maanalaiset infraverkostot, kuten vesihuolto-, energiahuolto- ja tietoliikenneverkostot sekä muut maan alle sijoitettavat verkot ja laitteistot, kuten esimerkiksi jätteen putkikeräysjärjestelmät.

### **2.1 Vesihuoltoverkostot**

Vesihuolto on yksi yhteiskuntamme välttämättömyyspalveluista ja sen tulee toimia kaikissa olosuhteissa. Toimiva vesihuolto on kunnille merkittävä elinvoimantekijä. Vesihuollon toimintaa ohjaa vesihuoltolaki. (Kuntaliitto n.d.)

Vesihuoltoverkosto koostuu vesijohtoverkoista sekä hule- ja jätevesiverkoista. Vesijohtoverkon putket jaotellaan käyttötarkoituksen mukaan päävesi-, jakelu- ja tonttijohdoiksi. Myös viemäristön putkistot jaotellaan pää-, kokooja- ja tonttivyemäreiksi. Vesijohto- ja viemäriputket asennetaan tyypillisesti vierekkäin samaan kaivantoon ja ne pyritään sijoittamaan katualueelle. Vesihuoltoverkostojen sijoittelua katualueella käsitellään työssä tarkemmin myöhemmässä vaiheessa. (RIL 237-1-2010, 19-27)

#### **2.1.1 Vesijohtoverkostot**

Vesijohtoverkon tehtävä on jakaa käyttövesi kotitalouksille, teollisuudelle ja sammutusvedeksi. Vesi johdetaan käsittelylaitoksista käyttöalueelle päävesijohtojen

avulla. Vettä ei oteta suoraan kohteeseen päävesijohdosta, vaan katualueelle rakennettavasta erillisestä jakelujohdosta sekä siitä johdettavasta tonttijohdosta. (RIL 237-1-2010, 25-26)

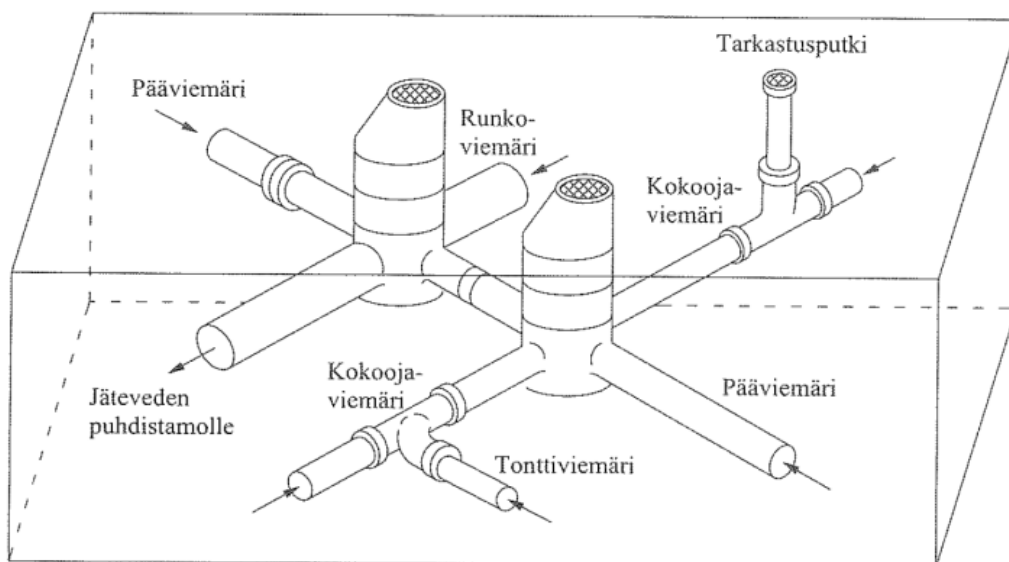
Uusien vesijohtojen yleisimmät käytetyt materiaalit ovat polyteeni (PE), polyvinyylikloridi (PVC), pallografiittivalurauta (SG) sekä joissakin kohteissa teräs (T). Putkijohtojen lisäksi vesijohtoverkkojen yleisiä varusteita ovat erilaiset putkiliitokset sekä vakiokulmina saatavat muotokappaleet. Näitä kappaleita ovat esimerkiksi erilaiset liitos-, kulma- ja haarayhteydet sekä putkeen liitettävät haarat, supistukset ja kaulukset. Lisäksi vesijohtoverkoston olennaisia laitteita ovat painetasojen ja virtaamien hallintaan käytettävät erilaiset venttiilit ja varusteet. Tällaisia varusteita ovat mm. sulk-, säätö-, paine-, ja ilmanpoistoventtiilit sekä valvontalaitteet, jotka sijoitetaan usein laitekaivoihin, jotka rakennetaan betonista, lujitemuovista tai muusta soveltuvasta materiaalista. Kaivojen halkaisija vaihtelee sen käyttötarkoituksen ja putkikoon mukaan. Muita laitteita ovat esimerkiksi palo- ja vesipostit sekä verkoston tuentarakenteet. (RIL 237-2-2010, 68, 71-72, 77-88, 84-88)

### **2.1.2 Jäte- ja hulevesiverkostot**

Jätevesi tarkoittaa käytöstä poistettua vettä, jossa on haitallisessa määrin vieraita aineita. Hulevesi puolestaan tarkoittaa sateesta ja sulamisesta johtuvaa vettä, joka virtaa valumapintoja, kuten asfalttia ja kattomateriaaleja pitkin hulevesiviemäriin tai avo-ojiin. Jäte- ja hulevesiviemärit jaetaan pää-, kokooja- ja tonttiviemäriin. Käyttökohteissa syntyvät jäte- ja hulevedet johdetaan tonttijohtojen kautta kadun alla sijaitseviin kokoojaviemäriin, jotka ovat yhteydessä pääviiemäriin. Pääviiemärit kuljettavat vedet loppusijoituspaikkaan. Jätevedet kulkevat jätevedenpuhdistamolle ja hulevedet johdetaan useimmiten vesistöön sellaisenaan. (RIL 237-1-2010, 13-14, 26-27; HSY n.d.-a)

Viemäriverkoilla on kaksi pääasiallista järjestelmää: erillisviiemäröinti ja sekaviiemäröinti. Erillisviiemäröinti on menetelmä, jossa jäte- ja hulevesi johdetaan omilla erillisillä putkistoillaan. Tiheään rakennetuille alueille rakennetaan lä-

hes aina sekä jäte- että hulevesiviemärit. Harvempaan rakennetuille alueille pyritään rakentamaan ainoastaan jätevesiviemärit ja hulevedet johdetaan avo-ojiin. Sekaviemäröinnillä tarkoitetaan menetelmää, jossa jäte- ja hulevedet johdetaan samoissa putkiviemäreissä, joissa ne sekoittuvat toisiinsa. Tilanne on ongelmallinen esimerkiksi rankkasateiden aikana, jolloin jätevedenpumppaamot eivät pysty välittämään vettä eteenpäin. Tilannetta kutsutaan ylivuodoksi, jolloin puhdistamalta vettä voi päätyä vesistöön. Vesihuoltolain mukaan hulevettä ei saa johtaa jätevesiviemäriin. Helsingin kantakaupunki on pääosin sekaviemäröityä aluetta, mutta aluetta pyritään eriyttämään vähitellen erillisviiemäröidyksi verkostosaaneerausten yhteydessä. (RIL 237-1-2010, 116-117; HSY n.d.-b)



KUVA 1. Viemäriverkoston keräysjärjestelmän rakenteet (RIL 124-2 2004, 477)

## 2.2 Energiahuoltoverkostot

Suomi tarvitsee pohjoisen sijaintinsa vuoksi paljon energiaa. Lämmityksen energiankulutus asukasta kohti on Suomessa maailman korkeimpia. Myös teollisuus on riippuvainen energiasta. Suomen energiahuollon peruspilareita ovat hajautettu energiatuotanto, monipuoliset energialähteet sekä toimintavarmat siirto- ja jakelujärjestelmät. Energiahuollon keskeisimpiä tavoitteita ovat energian häiriötön saatavuus, kilpailukykyinen hinta ja ympäristöystävällisyys. Toimialan tehtä-

vänä on huolehtia energian saatavuudesta, seurata markkinoiden kehitystä, edistää ja kehittää huoltovarmuutta sekä varautua poikkeusoloihin. (Huoltovarmuuskeskus n.d.)

Energiahuoltoverkosto koostuu sähkö-, kaukolämpö- ja kaasuverkoista. Suomessa on sähköverkkoa yhteensä noin 400 000 kilometriä, kaukolämpöverkkoa noin 16 000 kilometriä ja maakaasuputkea noin 3 200 kilometriä. (Energiateollisuus n.d.-a)

### **2.2.1 Sähköverkot**

Suomen sähköverkosto muodostuu voimalaitoksista, kantaverkoista, suurjännitteisistä jakeluverkoista, jakeluverkoista sekä loppukäyttäjistä. Sähköverkon rakentaminen on säänneltyä toimintaa. Suurjännitteisten verkkojen eli 110 kilovattia ja sitä suurempien sähköjohtojen rakentamista valvoo Energiavirasto. Suurjännitteisten verkkojen rakentamiseen on haettava hankelupa. Jakeluverkon haltijat saavat puolestaan rakentaa vastuualueellaan alle 110 kilovatin sähköverkkoa yksinoikeudella. (Energiavirasto n.d.-a)

Kantaverkko tarkoittaa suurjännitteisesti silmukoitua runkoverkkoa, jonka jännite on korkea: 400, 220 tai 110 kilovoltia. Kantaverkkoon on liitetty suuret voimalaitokset, tehtaat ja jakeluverkot. Se mahdollistaa sähkön tuottajien ja kuluttajien välisen kaupan niin valtakunnallisen kuin valtakunnan rajojen ylittävälläkin tasolla. Suomen sähköjärjestelmä on osa pohjoismaista synkronialuetta Norjan, Ruotsin ja Itä-Tanskan kanssa sekä yhteydessä Viroon tasasähköyhteyksillä. Suomen kantaverkon toimivuudesta ja ylläpidosta vastaa Fingrid Oyj. (Energiateollisuus n.d.-b; Fingrid n.d.)

Jakeluverkot liittyvät kantaverkkoon suurjännitteisen jakeluverkon kautta ja siirtävät sähköä alueellisesti 110 kilovoltin jännitteellä. Jakeluverkot voivat toimia 0,4–110 kilovoltin jännitetasoilla. Kotitaloudet saavat sähkönsä jakeluverkoista, kun taas teollisuus, kauppa, palvelut ja esimerkiksi maatalous voivat olla liitettynä suoraan kantaverkkoon tapauksesta riippuen. (Energiateollisuus n.d.-b)

Sähkömarkkinalaki (2013/588) on nopeuttanut sähköverkkojen maakaapelointia. Sähkömarkkinalain mukaan jakeluverkot ovat suunniteltava, rakennettava ja ylläpidettävä niin, ettei jakeluverkon vioittuminen lumikuorman tai myrskyn seurauksena aiheuta asemakaava-alueella sähköverkon käyttäjille yli 6 tuntia kestäväää sähkönjakelun keskeytymistä tai haja-asutusalueella yli 36 tuntia kestäväää sähkön keskeytystä. Sähköverkon toimintavarmuuden parantamisen tavoittelun vuoksi sähköyhtiöt ovat vaihtaneet ilmajohtoja maakaapeleihin. (Sähkömarkkinalaki 588/2013)

Sähköverkoston johdot voidaan jaotella maa-, ilma- ja vesistökaapeleihin. Tässä työssä käsitellään ainoastaan maakaapeleita. Sähköverkon maakaapelirakenteiden tarvikkeita ja materiaaleja ovat standardien mukaiset kaapelit ja niiden suojarakenteet. Kaapelit ovat tyypillisesti PEX-eristeisiä tai PE-vaippaisia alumiini- ja kuparikaapeleita. Sähkökaapelien suojarakenteita ovat kaapelinsuojaputket, -kourut ja -levyt. Suojarakenteet ovat tyypillisesti muovia ja niiden tulee vastata lujuusluokaltaan asennuspaikan mukaisia vaatimuksia. Sähkökaapeleita voidaan suojata myös betonisilla rakenteilla, kuten suojaputkilla ja betonikaukaloilla. Kaapelit asennetaan kaapelikaivantoon tarvittaessa pohjatäytön päälle ja ympärystäytetään soveltuvalla suojatäytöllä. Kaapeleiden yläpuolelle maahan asennetaan tarvittaessa varoitusnauha tai -verkko varoittamaan kaapeleiden sijainnista. Sähkökaapelit voidaan asentaa samaan kaivantoon telekaapeleiden kanssa. Kaapeleiden sijoittelua katualueella käsitellään työssä myöhemmässä vaiheessa. (InfraRYL)

### **2.2.2 Kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkot**

Kaukolämpö on Suomen yleisin rakennusten lämmitysmuoto. Kaukolämpöverkoston pituus Suomessa on noin 16 000 kilometriä ja se ulottuu lähes kaikkiin kaupunkeihin ja taajamiin. Kaukolämpöverkosto toimii siten, että tuotantolaitoksilla tuotettu lämpöenergia siirretään kuuman veden avulla asiakkaalle. Asiakkaalle tuleva menoputki luovuttaa lämpöä rakennuksen ja käyttöveden lämmitykseen lämmönsiirtolaitteiden välityksellä, jolloin kaukolämpövesi ei kierrä talojen lämmitysverkossa. Kaukolämpövesi palaa jäähtyneenä paluuputkea pitkin takaisin tuotantolaitokseen uudelleen lämmitettäväksi. Samaa vettä kierrätetään yhä

uudelleen lämmön kuljettajana. Menoputkessa kaukolämpöveden lämpötila vaihtelee talven 115 °C:sta kesän 65 °C:een. Asiakkaalta tuotantolaitokselle palaavan veden lämpötila vaihtelee 40 ja 60 °C välillä. Kaukolämmön polttoaine on tuotantolaitoskohtainen, yleisimmin puu tai muu biomassa, kivihiili, turve, jäte, öljy tai maakaasu. Lisäksi energialähteenä voidaan hyödyntää hukka- ja ympäristölämpöä lämpöpumpputeknologian avulla. Näitä energialähteitä ovat esimerkiksi puhdistettu jätevesi, kiinteistöjen, teollisuuden ja datakeskusten hukkalämpö sekä merivesi. (Energiateollisuus n.d.-c; Rämä & Klobut 2020)

Kaukolämpöä vastaavat hyödyt voidaan saavuttaa myös keskitetyn jäähdytyksen avulla. Kaukojäähdytystä hyödyntävät pääosin toimistorakennukset, julkiset rakennukset ja teollisuuslaitokset. Viime vuosina kaukojäähdytysverkkoon on liitetty myös asuinrakennuksia, ja kaukolämpöyritykset tarjoavat kaukojäähdytystä usealla paikkakunnalla Suomessa. Kaukojäähdytyksen toimintaperiaate on vastaava kuin kaukolämmöllä - sillä erolla, että kaukojäähdytyksessä asiakkaan ylimääräinen lämpö siirretään kaukojäähdytysverkostoon. Rakennusten jäähdytystarve johtuu auringon tuottamasta lämmöstä sekä sisäisistä lämmönlähteistä kuten koneista ja muista lämpöä tuottavista laitteista. Lisäksi jäähdytysenergiaa voidaan hyödyntää teollisuuden eri prosessien jäähdyttämiseen. (Energiateollisuus n.d.-d)

Kaukolämpöjärjestelmä koostuu kolmesta pääosasta: lämpöä tuottavat voimalaitokset, lämmönsiirtoon vaadittavat jakeluverkostot sekä kaukolämmön vastaanottoon tarvittavat asiakaslaitteet. Kaukolämpöveden pumppaus toteutetaan lämmityslaitosten pumppujen ja välipumppaamojen avulla. Välipumppaamot sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan verkon paine-erojen kriittisiin haaroihin. Suomessa kaukolämmön siirtoon käytetään kaksiputkijärjestelmää, joka koostuu meno- ja paluujohdosta. Lämpö siirretään asiakkaalle lämpimänä vetenä menojohdossa, josta se siirtyy asiakkaan lämmönsiirtolaitteiden kautta rakennuksen sisäisiin kiertopiireihin. Asiakkaan lämmönsiirtolaitteissa veden lämpötila alenee ja se palautuu jakeluverkon paluujohtoon. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 43, 137)

Kaukolämmön johdot ryhmitellään käytettävien kanavarakenteiden mukaisesti. Suomessa pääosin käytetty rakennevaihtoehto on kiinnivaahdotettu johtojärjes-

telmä. Kiinnivaahdotettu kaukolämpöjohto koostuu polyuretaanieristeellä liitetystä virtausputkesta sekä polyeteenisuojakuoresta. Virtausputkien materiaalina käytetään pääosin terästä. Kiinnivaahdotettuja kaukolämpöjohtoja on kahta erilaista tyyppiä: yksijohtoputki (2Mpuk) ja kaksijohtoputki (Mpuk). Yksijohtoputki sisältää erilliset meno- ja paluujohdot omissa suojakuorissaan. Kaksiputkijohdossa meno- ja paluujohdot ovat yhteisen eristävän suojakuoren sisällä. Lämpöhäviön minimoimiseksi menoputki on sijoitettu kaksiputkijohdossa paluuputken alapuolelle. Kiinnivaahdotettu johtotyyppi sisältää monipuolisen valikoiman elementtejä ja liitostarvikkeita, kuten suorat putki-, vakiokulma-, nousukulma-, haarayhde-, kiintopiste- ja venttiilielementit sekä liitos- ja asennustarvikkeet. Lisäksi kaukolämpöverkosto sisältää erilaisia tarkastus- ja laitekaivoja, joihin on asennettu esimerkiksi sulkuventtiilejä, tyhjennyksiä ja ilmanpoistoja. Kaivot varustetaan tyypillisesti tuuletusputkillla. Muita johtotyyppisiä ovat betonikanavajohdot ja muovisuojakuorijohdot, joita ei ole rakennettu enää vuoden 1990-luvun jälkeen. Lisäksi Suomessa on jäljellä vanhoja asbestisuojaputkijohdot, joiden käyttö loppui 1980-luvulla. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 127-145)



KUVA 2. Kaukolämmön 2Mpuk- ja Mpuk-elementit (Energiateollisuus n.d.-c)

### 2.2.3 Kaasuverkostot

Suomen kaasuverkosto koostuu kaasun siirtoverkostosta, jakeluverkostosta sekä käyttöverkostosta. Siirtoverkostossamme virtaa maakaasua, nesteytettyä maa-

kaasua (LNG) sekä biokaasua. Enimmäkseen kaasua hyödyntävät teollisuusyritykset sekä energia- ja kaukolämpöyhtiöt. Maakaasua myydään myös jakeluverkon kautta pienemmille käyttökohteille, kuten kotitalouksille. Maakaasuverkosto kattaa noin 40 paikkakuntaa Suomessa. (Energiavirasto n.d.-b; Gasgrid n.d.-a)

Maakaasun siirtoverkosto on noin 1150 km pitkä putkisto, jossa kaasua siirretään pääasiallisesti korkeapaineisena (80 bar). Putket ovat teräsputkia, joista suurin osa on pinnoitettu polyeteenimuovilla. Siirtoverkoston putkien koko vaihtelee DN100 ja DN1000 välillä. Siirtoputkistoon kuuluu myös Suomen ja Viron yhdistävä teräksinen meriputki: Balticconnector. Toinen valtionrajat ylittävä piste sijaitsee Imatralla, mutta maakaasun maahantuonti Venäjältä päättyi vuonna 2022. Maakaasuverkkotoiminnan harjoittaminen on Suomessa luvanvaraista toimintaa. Siirtoverkon osalta Energiavirasto määrää yhden siirtoverkonhaltijan. Suomessa kaasun siirtoverkonhaltijana toimii Gasgrid Finland. (Gasgrid n.d.-b; Energiavirasto n.d.-c)

Maakaasun jakeluverkosto on paikallinen putkisto, jossa maakaasua jaetaan vähennetyllä paineella alueelliseen kulutukseen. Kaasu siirtyy siirtoverkostosta jakeluverkostoon paineenvähennysaseman kautta. Paineenvähennysasemalla kaasun paine alennetaan käyttökohteisiin sopivaksi. Jakeluverkoissa paine on 4-8 bar:ia ja poikkeuksena Helsingin matalapaineverkko, jossa paine on alennettu 20 mbar:iin. Jakeluverkosta kaasu siirtyy käyttökohteen käyttöputkistoon, jossa painetta voidaan alentaa edelleen käyttölaitteelle sopivaksi. Maakaasun jakeluputkistojen materiaalina voidaan käyttää teräs- tai muoviputkia. Helsingissä suurin osa teräsputkista on saneerattu polyeteenimuoville. Jakeluverkkoa saneerataan yleisesti sujuttamalla eli työntämällä muoviputki teräsputken sisälle. Helsingissä jakeluverkonhaltijana toimii Suomen suurin kaasunjakeluyhtiö Auris Kaasunjakelu, jonka verkoston pituus on noin 1200 kilometriä. (Maakaasukäsikirja 2006, 24-25; Auris Energia n.d.)



KUVA 3. Kaasun siirtoverkosto Suomessa (Gasgrid n.d.-b)

### 2.3 Tietoliikenneverkostot

Tietoliikenneverkosto koostuu tietoliikennekeskuksista, jakamoista ja niitä yhdistävistä tietoliikennekaapelista. Verkosto mahdollistaa signaaliyhteyden kahden kytkentäpisteen välille. Viestintäverkot voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen: runko-, alue- ja liityntäverkkoihin. Runkoverkolla tarkoitetaan kaupunkeja ja kuntia tai alue- ja liityntäverkkoja yhdistävää tiedonsiirtoverkkoa. Alueverkolla tarkoitetaan toisiinsa yhdistettyjä liityntäverkkoja. Liityntäverkko puolestaan on loppuasiakkaalle liitettävä verkko ja se sisältää myös kiinteistön sisäverkon. (Melama & Lehenberg 2018; Liikenne- ja viestintäministeriö 2009, 19-20)

Tietoliikennekaapelit asennetaan tyypillisesti kadun alle. Kaapeli on vaipaltaan yhtenäinen ja se sisältää johtavasta materiaalista, kuten kuparista tai valokuidusta valmistettuja johtimia. Rakennuskohteissa tietoliikennekaapelit asennetaan niihin tarkoitettuihin suojarakenteisiin, kuten suojaputkiin, kaapelikanaviin sekä kaapelikouruihin. Lisäksi verkostoon rakennetaan kaapelikaivoja, jotka mahdollistavat verkoston laajentamisen puhaltamalla tietoliikennekaapeleita suoja-putkiin. Telekaapelit asennetaan kaapelikaivantoon asennusalustan päälle ja sen ympäryks täytetään suoja-työllä. Telekaapelit voidaan asentaa samaan kai-

vantoon sähkökaapeleiden kanssa. (Melama & Lehenberg 2018; InfraRYL). Kaapeleiden sijoitteluperiaatteita käsitellään tarkemmin työn myöhemmässä vaiheessa.

## 2.4 Jätteen putkikeräysjärjestelmät

Jätteen putkikeräysjärjestelmä hyödyntää teknologiaa kestävän jätehuollon hoidossa. Putkikeräysjärjestelmä koostuu keräyspisteistä, siirtoputkistosta ja keräysasemasta. Järjestelmä toimii siten, että käyttäjät lajittelevat jätteensä ja vievät ne oikeaan keräyspisteeseen, jotka voidaan sijoittaa myös rakennusten sisälle. Keräyspisteestä jätteet siirtyvät välivarastoon ja mahdolliseen muotoilijaan, joka tiivistää jätteet. Jätteiden tiivistämisen ansiosta siirtoputkistossa voidaan käyttää pienempiä putkihalkaisijoita. Välivarastosta jätteet siirtyvät joko automaattisesti tai etäohjattuna maanalaiseen putkistoon, jossa jäte kulkee alipaineella keräysasemalle. Kun keräysaseman säiliö on täynnä, normaali jäteauto kuljettaa sen jatkokäsittelyyn. (Caverion n.d.)

Putkikeräysjärjestelmän siirtoputkisto voidaan rakentaa joko yksilinjaiseksi ("single line") tai kehämäiseksi ("ring line"), jossa putkisto kiertää rengasmaisesti kerättävän alueen. Putkisto koostuu runkolinjasta ja tonttihaaroista. Siirtoputkiston perinteinen putkihalkaisija vaihtelee DN250 komposiittiputkesta DN500 teräsputkeen. Lisäksi keräysputkiston yhteyteen asennetaan tiedon- ja sähkönsiirto-putket sekä paineilmaputket kaapelinsuojaputkiin. (Marimatic n.d.)

Jätteen putkikeräysjärjestelmällä voidaan saavuttaa monia hyötyjä. Vaikutus kaupunkiympäristöön ja ihmisten asumismukavuuteen on ilmeinen. Järjestelmä vähentää jätehuollon aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä sekä tekee asumisympäristöstä puhtaamman ja terveellisemmän. Jäteautoliikenteen määrä alueella vähenee, jolloin liikenne-, melu- ja hajuhaitat pienenevät. Keräysasemat sijoitetaan alueen reunalle, jolloin kaavoituksessa ei välttämättä tarvitse huomioida jäteauton tilavarauksia tai jätteiden keräyspisteitä.

## 2.5 Kadun kalusteet, varusteet ja raitiotiejärjestelmät

Katualueella sijaitsee myös lukuisia kadun kalusteita ja varusteita, jotka vaativat sähkö- ja tietoliikennekaapelointia. Keskeisiä varusteita ovat muun muassa katuväläisimet ja liikenteenohjauslaitteet, joiden kaapeloinnit sijoitetaan kadun alle. Muita kaapelointeja vaativia varusteita ovat esimerkiksi ulkomainoslaitteet, ilmoitustaulut, pysäkkikatokset, yleiset käymälät ja katulämmitysjärjestelmät. (Salmi 2020, 6.3)

Lisäksi katualueella voi sijaita monia kalusteita, jotka eivät vaadi kaapelointeja, mutta niiden tilantarve tulee huomioida. Näitä kalusteita ovat esimerkiksi aidat, ajoesteet, istuimet, pysäkkikatokset ja pyörätelineet. Varusteiden ja laitteiden sijoittelussa tulee huomioida niiden vaatimien perustuksien ja jalustojen tilantarpeet sekä muiden verkostojen kunnossapidon toteutettavuus. (Salmi 2020, 6.3)

Lisäksi katualueella voi sijaita raitiotiejärjestelmien johtoja ja kaapeleita. Tällaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi vaihdeohjaus- ja vaihdelämmitysjärjestelmät sekä muut raitiotien tarpeisiin toteutettavat tietoliikenneyhteydet. Raitiotiealueen putkien, johtojen ja kaapeleiden sijoittelua käsitellään työssä myöhemmin.

### 3 MAANALAISEN KUNNALLISTEKNIIKAN SIOITTELU

Kunnallisteknisten verkostojen, rakenteiden ja järjestelmien tarkoituksenmukainen sijoituspaikka on katu. Kunnallistekniset verkostot ovat yksi monista kadun suunnittelua ohjaavista mitoituskijöistä. Kadun poikkileikkauksen kokonaisleveys tulee aina suunnitella niin, että myös kadulle tuleville viemäreille, johdoille, kaapeleille ja muille johtovarauksille jää riittävästi tilaa. Kadun leveyden ja johtojen välisten etäisyyksien mitoittamisessa tulee myös huomioida teknisten verkostojen ylläpidettävyyden aukikaivamalla. Verkostojen kunnossapito tulee pystyä toteuttamaan aiheuttamatta vaurioita viereisille verkostoille. Keskinäisten etäisyyksien lisäksi sijoitteluun vaikuttavat kadun tai kadun viereiset muut rakenteet ja varusteet, kuten esimerkiksi pylväät, raitiotiet, puut ja muu kasvillisuus sekä rakennukset. Sijoitettaessa kunnallistekniikkaa uuteen tai rakennettuun kaupunkiympäristöön – ovat lähtökohdat ja rajoitteet hyvin erilaiset. Uudessa kaupunkiympäristössä mahdollisuudet verkostojen sijoittelulle mitoitusohjeiden mukaisesti ovat lähtökohdiltaan paremmat. Saneerattavien katujen osalta sijoitteluperiaatteita tulee noudattaa niiltä osin kuin on mahdollista.

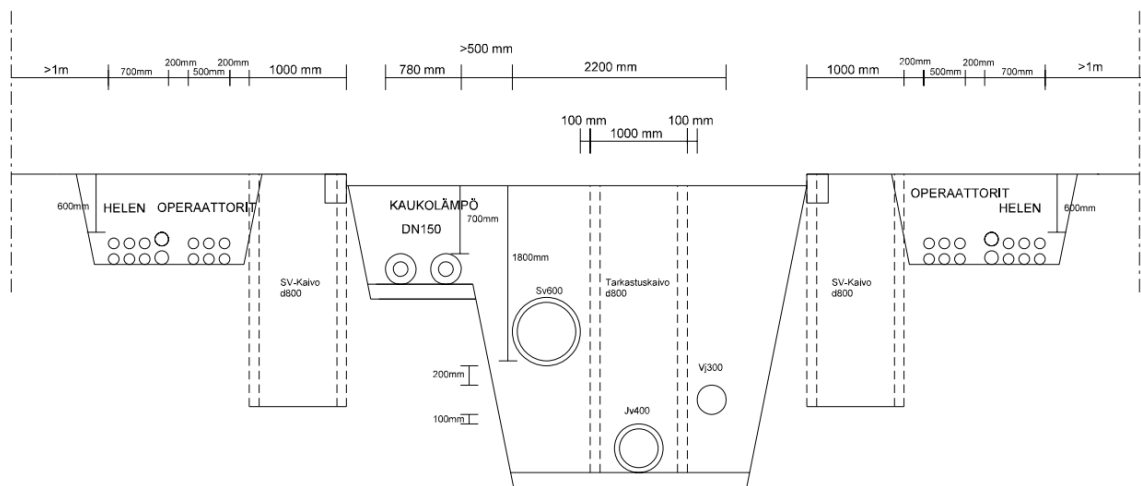
Tulevaisuudessa teknisen huollon sijoittamistarve lisääntyy, joten kadun suunnittelussa tulee tarkastella kadun koko elinkaari. Mitoituksessa tulee huomioida tulevaisuuden teknisten verkostojen tilatarpeet ja niiden liitosmahdollisuudet nykyisiin verkostoihin. Katu tulee suunnitella sopivasti suurpiirteiseksi, mutta toisaalta liiallinen tilan optimointi aiheuttaa todennäköisesti suurempia elinkaarikustannuksia. (Paavilainen 2020, 1.2; Väätäinen 2020, 3.1)

Verkostojen sijoittelun ja mitoituksen suunnittelussa noudatetaan ja sovelletaan alan suunnitteluohjeita sekä asetuksia. Sovellettavia ohjeita ovat muun muassa RIL 237-2-2010, InfraRYL (osa 2, kohta 30000, Järjestelmät) sekä Helsingin alueella täydentävät ohjeet, kuten Helsingin kaupungin katutilan mitoitus ja HSY:n vesihuoltoverkkojen suunnittelukäytännöt. Lisäksi sijoittelun suunnittelussa tulee noudattaa järjestelmän toimittajan laatimia ohjeita sekä mahdollisia lakeja ja asetuksia. (Helsingin kaupunki 2014, 42)

### 3.1 Helsingin kaupungin katutilan mitoitus

Helsingin kaupunki on laatinut katutilan mitoitusohjeen liikennesuunnitelmien, yleissuunnitelmien ja katusuunnitelmien lähtökohdaksi. Suunnitteluohjeessa on määritelty toiminnalliset tilantarpeet ensisijaisesti uusia katuja varten. Suunnitteluohjeen tarkoituksena on koota kaikki katutilan mitoitusvaatimukset yhdeksi ohjeeksi. Ohje on laadittu kadun eri osien suunnitteluohjeita hyödyntäen, joten se täydentää muita noudatettavia ohjeita. (Helsingin kaupunki 2014, 1-3)

Suunnitteluohjeessa on esitetty johtojen ja kaapelien vaatimat tilantarpeet katu- luokittain. Lisäksi ohjeessa esitetään johtojen väliset minimietäisyydet sekä tarkoituksenmukaiset sijoituspaikat katupoikkileikkauksessa. Tässä työssä käsitellään pääosin Helsingin kaupungin katutilan mitoituksen ohjeistuksia. Lisäksi työn haastattelututkimuksessa selvitettiin Etelä-Suomen suurimpien kaupunkien sijoitteluperiaatteiden ja mitoitusohjeiden eroavaisuuksia. Haastatteluiden perusteella selvisi, että mitoitusohjeet määräytyvät pääosin InfraRYL:n vaatimusten ja verkko- rakentajien ohjeiden mukaisesti. Yleisesti ottaen haastatteluista selvisi, että Helsingin kaupungin mitoitusohjeet ovat tiiviimmästä päästä. Vastaaviin tiiviin sijoittelun haasteisiin ei ole vielä törmätty muissa kaupungeissa samassa mittakaavassa kuin Helsingissä.

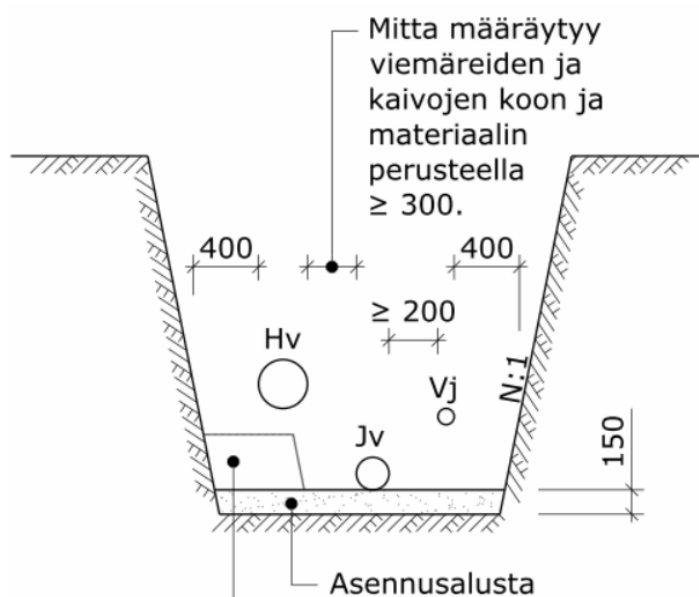


KUVA 4. Kerrostaloalueen kokoojakadun sijoitteluperiaate (Helsingin kaupunki 2014)

### 3.2 Vesihuoltoverkoston sijoittelu

Jäte- ja hulevesiviemärit sekä vesijohdot sijoitetaan tyypillisesti samaan kaivantoon maatyökustannusten pienentämisen vuoksi. Sijoituspaikka on tyypillisesti ajoradan alla. Yhdistelmäkaivannossa jätevesiviemäri tulee sijoittaa vesijohdon alapuolelle saastumisriskien minimoimiseksi ja hulevesiviemäri kaivannon ylimmäiseksi. Sijoittelussa tulee huomioida viemäreiden ja vesijohtojen kunnossapito, rakentamisen työskentelyvara, aukikaivettavuus sekä mahdolliset putkirikkojen aiheuttamat vauriot viereisille rakenteille ja verkostoille. (RIL 237-2-2010)

Yhdistelmäkaivannossa vesijohdon ja jätevesiviemärin vaakasuuntainen etäisyys tulee olla vähintään 200 mm toisistaan. Jäte- ja hulevesiviemärin vaakasuora etäisyys tulee olla minimissään 300 mm. Etäisyys muihin rakenteisiin ja kaivoihin on oltava vähintään 100 mm. Minimietäisyyksillä mahdollistetaan putkien ympärystäytöjen tiivistäminen sekä aukikaivuu aiheuttamatta vaurioita viereisille verkostoille. Vesijohdot ja viemärit sijoitetaan puiden juuristojen ulkopuolelle: 2,5 m puun keskipisteestä kaivannon reunaan mitattuna. Vesijohdon etäisyys rakennuksen seinälinjasta tulee olla vähintään 2,5 m, mutta tavoiteltava etäisyys seinälinjaan on 5 m. Johtolinjojen etäisyys tukemattoman kaivannon reunaan on vähintään 400 mm. Kaivannon seinämän kaltevuus määräytyy ympäröivän maalajin mukaisesti. (InfraRYL)



KUVA 5. Tukemattoman kaivannon vähimmäismitat (InfraRYL)

Putkien korkeusasemaan vaikuttavat risteilyt muiden verkostojen kanssa sekä tonttijohtojen, hulevesikaivojen ja tulevien verkostojen liittymisen onnistuminen nykyiseen verkostoon. Putkien välinen pystysuuntainen etäisyys risteävissä kohdissa on oltava vähintään 100 mm. Viemäreiden korkeusasema tulisi olla sellaisella syvyydellä, että kiinteistöt voivat liittyä verkkoon ilman pumppausta. Liittymiskohdat tulee sijoittaa kiinteistön välittömään läheisyyteen. Vesijohdon ( $\leq 400$  mm) peitesyvyys maanpinnasta on 2,0 m putken laesta mitattuna sekä sitä suuremmilla putkilla putken keskeltä mitattuna. Jäte- ja hulevesiviemäreiden vähimmäispeitesyvyys on 1,8 m viemäriin vesijuoksuun mitattuna. (InfraRYL; Helsingin kaupunki 2014, 39-40)

Putkien sijoittelussa merkittävä huomioon otettava tekijä on tarkastuskaivojen ja erityisesti hulevesikaivojen vaatima tilantarve reunakivellisillä kaduilla. Usein putkien etäisyys reunakivestä on 1,1 m ritiläkansikaivon vaatiman tilan vuoksi. Mikäli tila ei riitä, voidaan käyttää myös kitakansikaivoja erityisesti vilkkaasti liikennöidyillä kaduilla. Betonisen tarkastuskaivon halkaisija on vähintään 800 mm ja suurempia putkia käytettäessä tulee kaivon halkaisija olla vähintään putken halkaisija + 200 mm. Lisäksi katualueelle sijoitetaan lukuisia vesijohtojen venttiilejä, vesiposteja sekä muita laitteita, joiden tilantarve tulee huomioida. Vesijohdon laitteet voidaan sijoittaa laitekaivoon, jonka halkaisija on tyypillisesti vähintään 1400 mm. (Helsingin kaupunki 2014, 39-40)

Viemäreiden, vesijohtojen ja kaivojen sijoittelussa tulee aina huomioida putken tai kaivon todellinen ulkohalkaisija. Putkikoot, käytettävät materiaalit ja näin ollen liitettävän kaivon halkaisija vaikuttavat merkittävästi verkoston vaatimaan tilantarpeeseen. Muoviputkien ja paineputkien osalta ilmoitetaan tyypillisesti ulkohalkaisija ja betoniputkien osalta sisähalkaisija. Yleisten vesiputkien halkaisija voi vaihdella 63 mm muoviputkesta 1000 mm teräsputkeen. Jäte- ja hulevesiviemäreiden putken sisähalkaisija voi olla jopa 2000 mm betoniputki, jonka todellinen ulkohalkaisija on noin 2440 mm. Jätevesiviemäreissä käytettävä pienin putkikoko on 160 mm muoviputki ja hulevesiviemäreissä 315 mm muoviputki.

Pääkaupunkiseudulla vesijohtojen ja viemäreiden sijoittelun suunnittelussa noudatetaan muun muassa HSY:n vesihuoltoverkostojen suunnittelukäytännöt-ohjetta sekä InfraRYL:n osaa 2, kohta 31100.

Rakenne	Vähimmäisetäisyys, m
kaukolämpöputki	1,0
maakaasuputki	2,5
maakaasuputki risteämissä	0,5
sähkökaapelit (suojaputkeen)	1,0
telekaapelit (suojaputkeen)	1,0
puut	2,5

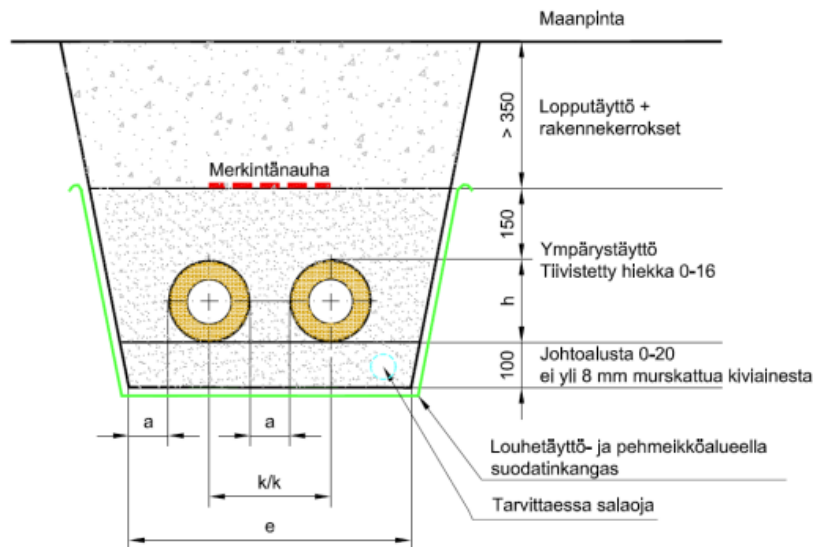
TAULUKKO 1. Vesihuollon vaakasuorat etäisyydet muihin rakenteisiin nähden (InfraRYL)

### 3.3 Kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkostojen sijoittelu

Kaukolämpöjohdot sijoitetaan tyypillisesti ajoradan alle ja mahdollisimman lähelle vesihuoltokaivantoa. Näin ollen hulevesikaivojen liitosputket (ns. viiksiputket) ovat syvimmillään runkolinjaan liityttäessä, jolloin niiden ylittäminen on helpompi toteuttaa kaukolämpöjohdoilla. Vaakasuntainen etäisyys vesihuollon viemäreihin ja putkiin on oltava vähintään 0,5 m. Pienillä reunakivellisillä kaduilla kaukolämpölinja pyritään sijoittamaan 1,3 m päähän reunakivestä hulevesikaivon tilantarpeen takia. Etäisyys muista johdoista, kaapeleista ja rakenteista on oltava vähintään 0,3 m ja kaivannon reunasta mitattuna etäisyys puuhun tulee olla vähintään 2,5 m. (Helsingin kaupunki 2014, 40-41)

Kaukolämmön yksiputkijohdon (2Mpuk) tilantarve ja etäisyydet vaihtelevat rakenteen mukaan. Kaivannon leveys, suojakuoren paksuus sekä meno- ja paluujohdon välinen etäisyys määräytyvät käytettävän rakenteen mukaisesti. Yksijohtoputkea valmistetaan halkaisijaluokissa DN20...DN600 ja tarvittaessa aina DN1200 asti. Esimerkiksi rakenteen 2M2 (DN25 meno- ja paluuputket) kaivannon pohjan leveys on 700 mm, kun taas rakenteen 2M60 (DN600 meno- ja paluuputket) vastaava leveys on 2350 mm. Putkien välisessä etäisyydessä näiden rakenteiden välillä on eroa 10 cm. Kaksiputkijohtoja (Mpuk) valmistetaan kokoluokissa DN2x20...DN2x200. Kaksiputkijohtojen vaatima materiaalitarve pienenee ja jatkosten tarve vähentyy puoleen. Kaukolämpöjohtojen vaadittava peittosyvyys on

700 +/- 100 mm. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 138-139; Helsingin kaupunki 2014, 40)



KUVA 6. 2Mpuk-johdon kanavan poikkileikkaus (Energiateollisuus 2018, 45)

Kaukolämpöjohtojen liitos-, kulma- ja haaroituskohdissa tulee huomioida lämpölaajenemisen vastaanotto ja kompensointi. Tarpeettomia suunnanmuutoksia tulee välttää. Kompensointikohtiin voidaan järjestää tilaa huomioimalla kaivannon leveys ja sen huolellinen esitäyttö. Liikkumatilaa voidaan helpottaa myös elastisilla materiaaleilla sekä käyttämällä valmiita kulmaelementtejä ja paljetasaimia. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 163-165)

Kaukolämpöverkoston kuuluvat varusteet, kuten sulkuventtiilit, tyhjennykset ja ilmanpoistot asennetaan kaivoihin, joiden tilantarve sijoittelussa on huomioitava. Kaivot ovat tyypillisesti betoni- tai maaventtiilikaivoja, joiden koko vaihtelee käyttötarkoituksen ja tarvittavien laitteiden mukaan. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 146)

Kaukojäähdytysjohdot ovat rakenteeltaan samankaltaisia kuin kaukolämpöjohdot. Kaukojäähdytysjohdoissa voidaan kuitenkin käyttää pienempiä suojakuoria kuin kaukolämpöjohdoissa. Kaukojäähdytysjohtojen peittosyvyys vaihtelee käytettävän putken mukaan: DN300 ja pienempien putkien peittosyvyys on 700 +/- 100 mm ja suurempien putkien 800 +/- 100 mm. (Helsingin kaupunki 2014, 40)

### 3.4 Kaasuverkostojen sijoittelu

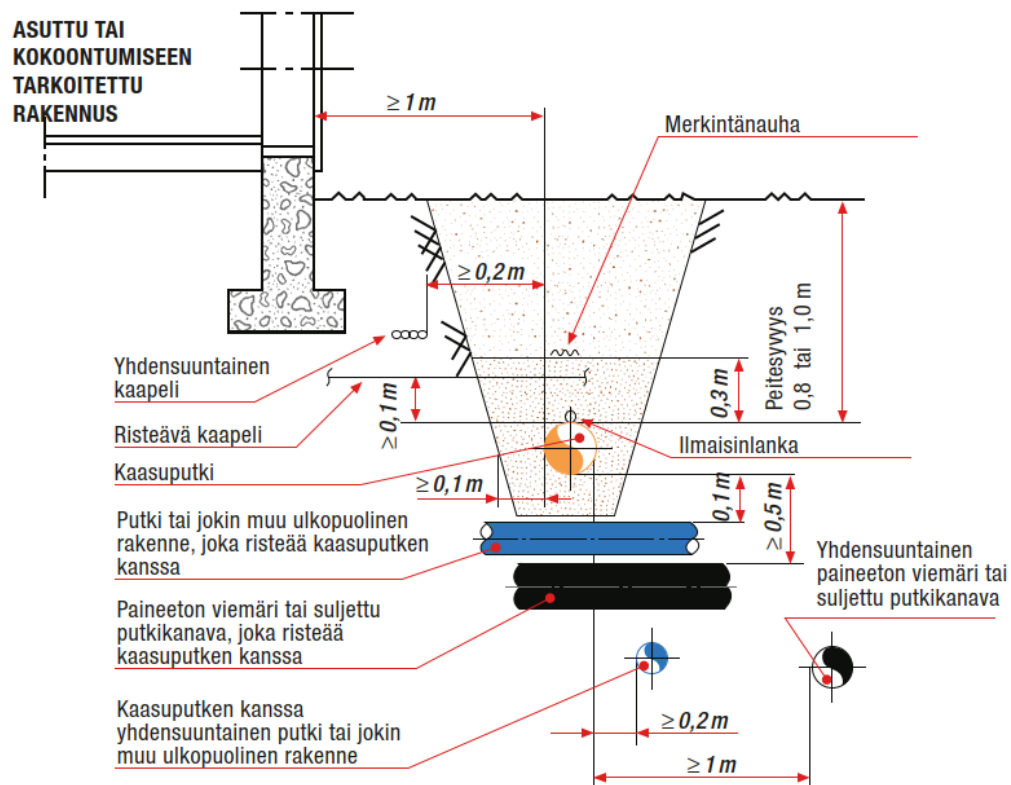
Maakaasuputkiston sijoittelun suunnittelussa tulee erityisesti ottaa huomioon turvallisuuteen ja ympäristöön liittyvät seikat. Putkisto tulee sijoittaa riittävän etäälle ulkopuolisista kohteista. Valtioneuvoston asetuksessa 551/2009 on erikseen määritelty siirtoputkiston suojaetäisyydet rakennuksista. Rakennukset jaotellaan ryhmiin (A ja B) sen käyttötarkoituksen mukaan. Ryhmään A kuuluvat kokoontumistarkoituksessa käytettävät rakennukset (hotellit, sairaalat, koulut) sekä räjähtäviä aineita varastoivat laitokset. Ryhmä B koostuu asuin- ja työpaikkahuoneistoista ja muista rakennuksista, joissa ihmiset säännöllisesti oleskelevat. (Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta 55/2009)

Putken nimelliskoko	Etäisyys ryhmän A kohteista, m	Etäisyys ryhmän B kohteista, m
DN ≤ 200	10	5
200 < DN ≤ 500	16	8
DN > 500	20	10

TAULUKKO 2. Rakennusten suojaetäisyydet maakaasun siirtoputkesta (Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta 55/2009)

Siirtoputkien vähimmäisetäisyys yhdensuuntaisiin johtoihin ja putkistoihin on 1,0 m sekä risteäviin 0,5 m. Rinnakkain kulkevien siirtoputkistojen keskinäinen etäisyys on oltava vähintään 7,0 m. Putkien minimipeitesyvyys on 1,0 m. (Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta 55/2009)

Maakaasun jakelu- ja käyttöputkistojen peitesyvyys on vähintään 0,8 m (enintään 4 bar) tai 1,0 m (yli 4 bar). Alle 4 barin kaasuputkien etäisyys yhdensuuntaisiin kaapeleihin tulee olla 0,2 m ja risteäviin 0,1 m sekä yli 8 barin putken etäisyys yhdensuuntaisesti 1,0 m ja risteilyssä 0,5 m. Viemäreihin ja vesijohtoihin vaakasuora etäisyys tulee olla yli 1,0 m (vesijohdot ja viemärit ohjeistetaan sijoittamaan 2,5 m suojaetäisyydelle) ja risteävissä kohdissa pystysuora etäisyys 0,5 m. Etäisyyksistä voidaan tapauskohtaisesti poiketa, mikäli vastaava suojaustaso saavutetaan muilla tavoilla. (Maakaasukäsikirja 2014, 39-40)



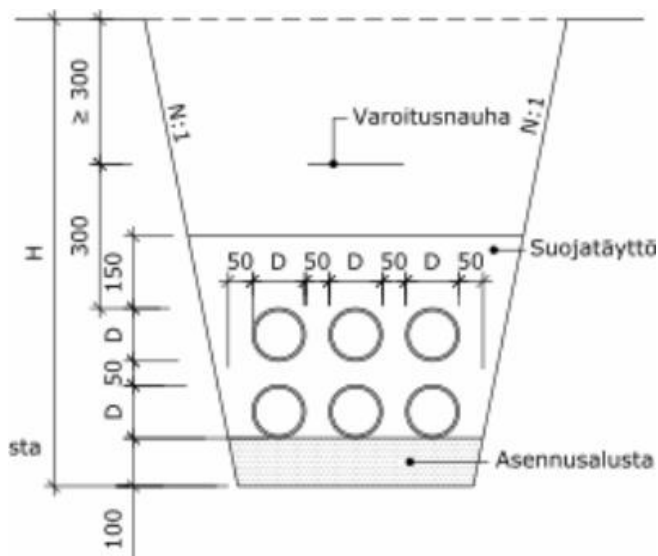
KUVA 7. Alle 4 barin kaasuputken vähimmäisetäisyydet (Maakaasukäsikirja 2014, 40)

Kaasuputkiston putkina käytetään muovi- ja teräsputkia. Muovisten putkien yleisesti käytettävät halkaisijat vaihtelevat DN32...DN400 välillä ja teräsputkien DN15...DN250 välillä. (Maakaasukäsikirja 2014, 27-28)

### 3.5 Sähkö- ja tietoliikenneverkostojen sijoittelu

Sähkö- ja tietoliikennekaapeleiden tarkoituksenmukainen sijoituspaikka katualueella on jalkakäytävä. Kaapelit asennetaan usein maan alle kaapelinsuojaputkiin tai vaihtoehtoisesti muihin suojausrakenteisiin, kuten kaapelinsuojakouruihin. Kaapelinsuojaputkien minimipeitesyvyys on 600 mm ja etäisyys muista putkista ja johdoista tulee olla 200 mm. Asuinalueella kaapelit tulee sijoittaa tontin rajasta 1,0 m etäisyydelle sekä rakennuksista 2,0 m etäisyydelle. (Helsingin kaupunki 2014, 40)

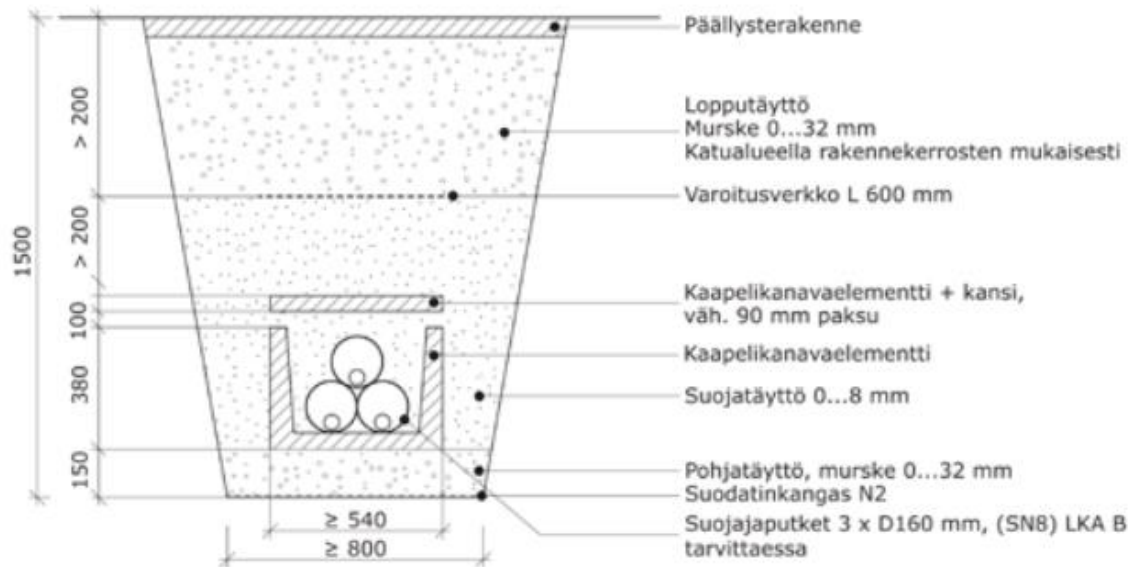
Kaapelinsuojaputket asennetaan kaapelikaivantoon, johon rakennetaan asennusalusta ja kaapeleiden suojatäyttö. Suojaputkia voidaan asentaa myös päällekkäin. Kaapelinsuojaputkien keskinäinen etäisyys tulee olla 50 mm. Sähkö- ja telekaapelit voidaan asentaa myös samaan kaivantoon, jolloin vähimmäissyvyys määräytyy sähkökaapelin mukaan. Sähkön suojaputket pyritään sijoittamaan kaivannossa lähimmäksi seinää. Sähkö- ja telekaapelin välinen etäisyys tulee olla Helsingin katutilan mitoitusohjeen mukaan vähintään 200 mm. Telekaapeleiden ja pienjännitteisten sähkökaapeleiden muovinen suojaputki on tyypillisesti halkaisijaltaan 110 mm. 20 kV sähkökaapelit asennetaan halkaisijaltaan 140 mm suojaputkeen. Sähkö- ja telekaapeleiden kanssa samaan kaivantoon pyritään asentamaan myös ulkovalaistuskapelit. Ulkovalaistuksen kaapelit pyritään asentamaan kaivannon reunimmaiseksi lähimmäksi valaisinpylväitä. (InfraRYL, Helsingin kaupunki 2014, 40)



KUVA 8. Suojaputkien asennus kaapelikaivantoon (InfraRYL)

Katualueelle asennettavien kaapeleiden määrät ja tilanvaraukset vaihtelevat tapauksen mukaan. Tonttikadulla asennetaan tyypillisesti 6 kpl sähkökaapeleita ja 3 kpl telekaapeleita. Kokoojakadulle asennettavien vastaavien kaapeleiden määrät ovat tyypillisesti 8 + 6 sekä pääkadulle 8 + 18. Kaapelinsuojaputkien ja -rakenteiden lisäksi sijoittelussa on huomioitava jako-, laite- ja huoltokaappien sekä kaapelikaivojen vaatima tilantarve. (Helsingin kaupunki 2014, 40)

Suurjännitteisten 110 kV:n sähkökaapeleiden suositeltu kaivannon syvyys on 1,5 m ja pohjatäyttökerroksen paksuus 0,15 m. Kaivannon täytöt ja kerrokset rakennetaan alueen haltijan ohjeiden mukaisesti. Muihin rakenteisiin ja johtolinjoihin etäisyys tulisi olla vähintään 2,0 m. 110 kV:n kaapelin suojaus toteutetaan betonilaatoilla (keskiraskas suojaus) tai tarvittaessa betonilaatan lisäksi kaapelin ympärille rakennettavalla kaapelikanavaelementillä (raskas suojaus). (InfraRYL)



KUVA 9. 110 kV:n kaapelikaivannon raskas suojaus (InfraRYL)

### 3.6 Jätteen putkikeräysjärjestelmien sijoittelu

Jätteen putkikeräysjärjestelmän sijoittelussa tulee noudattaa järjestelmän toimittajan ohjetta. Keräysputken minimipeittosyvyys määräytyy liikenneluokan mukaan. Raskaan liikenteen kaduilla minimipeittosyvyys on 800 mm ja kevyemmän liikenneluokan kaduilla peitesyvyys voi olla vähintään 650 mm. Tyypillisesti imujätteen putkisto pyritään sijoittamaan muiden verkostojen alapuolelle risteilyistä johtuen. Etäisyys risteäviin sähkökaapeleihin tulee olla 200 mm ja samansuuntaisiin 500 mm. Muihin verkostoihin etäisyys on oltava vähintään 200 mm. Etäisyys kaasuputkiin määräytyy paikallisten määräysten mukaan. (Helsingin kaupunki 2014, 42)

Jätteen putkikeräysjärjestelmien sijoittelussa tulee myös huomioida keräysputken yhteyteen asennettavien tiedon- ja sähkönsiirtokaapeleiden suojojaputkien

sekä paineilmaputkien vaatimat tilavaraukset. Tyypillisillä DN400 ja DN500 ke-räysputkilla kaivannon pohjan leveys on noin 1,1–1,2 m. Putkien kokoluokat ovat useimmiten halkaisijaltaan 250–500 mm.

### **3.7 Raitiotien läheisyyteen sijoitettavat johdot ja kaapelit**

Raitiotiealueelle ja radan alle ei tule sijoittaa samansuuntaisesti kulkevia johtoja, putkia ja kaapeleita, sillä niiden kunnossapito tulee toteuttaa aiheuttamatta haittaa raitiotien rakenteille. Myös itse raitiotiejärjestelmän kaapeloinnit pyritään sijoittamaan raitiotiealueen ulkopuolelle. Radan alittavissa putkituksissa tulee noudattaa johdon omistajan vaatimia peitesyvyys- ja suojausvaatimuksia. (Helsingin kaupunki 2025)

Raitiotien läheisyyteen sijoitettavissa putkissa, kaapeleissa ja johdoissa tulee huomioida, ettei niiden aukikaivaminen aiheuta vaurioita raitiotien rakenteille. Aukikaivaminen tulee pystyä toteuttamaan aiheuttamatta raitioliikenteelle katkoa. Lähtökohtaisesti putket tulee sijoittaa radasta niin kauas, että kaivanto voidaan toteuttaa luiskattuna. Ahtaassa kaupunkitilassa putki voidaan kaivaa esiin tuetun kaivannon avulla ilman raitioliikenteen katkoa. (Helsingin kaupunki 2025)

## 4 SIOITTELUN TIIVISTÄMISMAHDOLLISUUDET

### 4.1 Haastattelututkimus

Maanalaisen kunnallistekniikan sijoittelun tiivistämismahdollisuuksia selvitettiin puolistrukturoitujen asiantuntijahaastatteluiden avulla. Haastateltavat henkilöt valikoituivat pääosin opinnäytetyön ohjausryhmän suositusten perusteella. Haastatteluiden tavoitteena oli selvittää maanalaisen kunnallistekniikan sijoittelun tiivistämismahdollisuuksia, kokemuksia aiheeseen liittyen, rajoittavia tekijöitä sekä tiivistämisen vaikutuksia rakentamistalouteen. Kaikilta haastateltavilta kysyttiin samat kysymykset (Liite 1), joiden pohjalta keskustelua käytiin vapaamuotoisesti. Lisäksi tutkimuksen osana järjestettiin yksi ryhmähaastattelu, johon kysymyksiä koostettiin aikaisempien haastatteluiden perusteella. Kaikki haastattelut järjestettiin etänä Microsoft Teams -ohjelman avulla. Kaikki haastateltavat antoivat luvan haastattelun nauhoittamiseen, mutta vastauksia käsitellään tässä työssä anonyymisti.

Haastatteluihin kutsuttiin tilaaja- ja konsulttipuolen edustajia Etelä-Suomen suurimmista kaupungeista sekä Helsingin alueen johtojen omistajien edustajia. Haastatteluihin osallistui yhteensä 17 henkilöä. Haastatteluiden ajankohdat, roolit ja tekstissä käytetyt viittaukset ovat lueteltu taulukossa 3.

Haastattelun ajankohta	Rooli	Tekstissä käytetty viittaus
13.3.2025	Tilaaja	1
4.3.2025	Tilaaja	2
27.2.2025	Tilaaja	3
10.3.2025	Tilaaja	4
26.2.2025	Tilaaja	5
7.3.2025	Suunnittelija/ konsultti	6
2.4.2025	Suunnittelija/ konsultti	7
21.3.2025	Teleoperaattorit	8
21.3.2025	Teleoperaattorit	9
21.3.2025	Teleoperaattorit	10
31.3.2025	Tilaaja	11
4.3.2025	Sähkön jakeluverkot	12
24.3.2025	Vesihuoltoverkot	13
28.2.2025	Kaukolämpöverkot	14
6.3.2025	Kaasun jakeluverkot	15
6.3.2025	Jätteen putkikeräys	16
6.3.2025	Jätteen putkikeräys	17

TAULUKKO 3. Haastateltavat

## 4.2 Kunnallistekniikan sijoittelun tiivistämismahdollisuudet

Haastatteluiden perusteella ilmeni useita mahdollisuuksia, joilla kunnallistekniikan sijoittelua voitaisiin tiivistää. Käytännössä haastateltavat näkivät kuitenkin, että jokainen tiivistämismahdollisuus sisältää enemmän negatiivisia kuin positiivisia vaikutuksia verkostojen kokonaisuus huomioiden. Suurin osa haastateltavista korostivat, että sijoittelun tiivistämistä tulisi toteuttaa vain poikkeavissa tilanteissa, eikä ehdotetuista vaihtoehdoista muodostuisi yleistä normia.

Suurin osa haastateltavista tunnisti, että sijoittelun tiivistämiseen tulisi etsiä tulevaisuudessa ratkaisuja katutilan tiivistymisen vuoksi. Yksi haastateltava näki, ettei tiivistämisen mahdollisuuksia ole, vaan verkostojen lisääntyessä katutilaa tulisi lisätä nykyiseen verrattuna (4).

Haastatteluiden perusteella ilmenneitä tiivistämismahdollisuuksia ovat vähimmäisetäisyyksien pienentäminen, kaapelisuojarputkien sijoittaminen päällekkäin, monikanavaiset järjestelmät, mikrokanavaputket, poikkeavat rakenneratkaisut, mekaaniset suojaratkaisut ja huoltotunnelit. Lisäksi haastatteluissa korostui rakentamisen yhteistyön koordinoinnin ja aikataulutuksen vaikutukset verkostojen sijoitteluun.

#### **4.2.1 Vähimmäisetäisyyksien pienentäminen**

Verkostojen välisten etäisyyksien pienentämisellä voidaan saavuttaa tilan säästämistä kadun leveyssuunnassa sekä risteilyjen osalta. Johtojen omistajat määrittävät teoreettisia vähimmäisetäisyyksiä muihin verkostoihin nähden, mutta todellisuudessa asennusetäisyydet voivat poiketa vaatimuksista paljon (1, 5, 6). Laatuvaatimuksista ja vähimmäisetäisyyksistä saatetaan poiketa rakentamisvaiheessa, jolloin erityisesti kaapelisuojarputket tulee asennettua esimerkiksi säätösyistä vähimmäisetäisyyksistä poikkeavalla tavalla (6). Lisäksi pistemäisissä kohdissa vähimmäisetäisyyksiä voidaan joutua pienentämään ja näin on tapauskohtaisesti tehtykin (7).

Vähimmäisetäisyyksien pienentäminen aiheuttaa ongelmia kunnossapidon osalta, sillä johdon omistajan tulisi pystyä kaivamaan verkosto esiin hajottamatta omia tai muiden verkostoja (1, 5). Lisäksi aukikaivuu tulisi pystyä suorittamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti (1). Vähimmäisetäisyyksien pienentäminen ei ole suotavaa myöskään jälkiliitosten mahdollistamisen vuoksi (6).

Turvallisuuskohdat huomioiden vähimmäisetäisyyksiä ei tulisi tiettyjen verkostojen osalta pienentää. Erityisesti kaasuverkostojen, suurjännitekaapeleiden sekä vesijohdon ja jätevesijohdon väliset etäisyydet tulee huomioida turvallisuuden takia (2, 3). Toisaalta tulisi selvittää, että onko putkimateriaaleissa tapahtunut kehitystä, jonka vuoksi vähimmäisetäisyyksiä voitaisiin pienentää (2).

### ***Imukaivuu***

Ahtaissa olosuhteissa voidaan aukikaivuun vaihtoehtona hyödyntää imukaivuuta (6, 11). Imukaivurilla voidaan poistaa materiaalia vaativissa, ahtaissa ja tarkkuutta vaativissa tiloissa, jolloin vaarana on aiheuttaa vaurioita olemassa olevalle infralle. Imukaivuussa maa-aines imetään imuputkella suoraan säiliöön, josta se siirretään maahan tai vaihtolavalle. Kohteesta riippuen imukaivuu on tehokas ja taloudellinen menetelmä ahtaissa tiloissa. Imukaivuun avulla voidaan minimoida päällystettyjen pintojen purkamista, sillä kaivuu tapahtuu pienemmällä alueella. (Imukaivuu n.d.)

#### **4.2.2 Kaapelisuojauputkien sijoittaminen päällekkäin**

Tilaa voidaan säästää sijoittamalla kaapelisuojauputkia päällekkäin, jolloin ”putkipatteristo” saadaan tiiviimpään tilaan (2, 3, 5, 7). Kaapelisuojauputkien sijoittelussa päällekkäin tulee kuitenkin huomioida riittävät välitäytöt, jotta kadun kantavuus ei kärsi. Päällekkäin sijoiteltaessa tulisi suojauputket mahdollisesti rakentaa kehikkoon tai vastaavaan rakenteeseen (5).

Verkostojen sijoittaminen päällekkäin ja näin ollen yhä syvemmälle - ei ole kuitenkaan optimaalista monista näkökulmista katsoen. Mitä syvemmälle putkia sijoitetaan, sitä leveämmälle joudutaan myös kaivannot ulottamaan (2). Lisäksi päällekkäin sijoittaminen aiheuttaa haasteita alempien putkien aukikaivuulle ja näin ollen kunnossapidolle (6). Sijoitettaessa suojauputkia tiiviisti tulee myös huomioida samaan nippuun sijoitettavien kaapelisuojauputkien homogeenisyys. Samaan nippuun ei tulisi sijoittaa eri lujuusluokan suojauputkia (11).

Katutilassa myös pystysuuntainen tila on rajallinen, jolloin päällekkäisiä ratkaisuja ei voida välttämättä toteuttaa. Kadun alla voi sijaita kansirakenteita, rakennusten perustuksia tai muita rakenteita, jotka estävät johtojen asentamisen syvemmälle (4). Lisäksi pystysuunnassa tilaa vievät verkostot aiheuttavat hankaluuksia tonttiliitosten toteuttamiselle. Sähkö- ja tietoliikennekaapelit pyritään sijoittamaan jalankulkukäytävien alle, jolloin niiden alapuolelta tulee pystyä toteuttamaan liitokset tontille. Jos kaapelit ulottuvat liian syväälle: ne aiheuttavat haasteita erityisesti viettokaltevuuutta vaativien vesihuollon tonttiliitosten toteuttamiselle (1, 7).

### 4.2.3 Tekniikkatunnelit

Yksi tilaa säästävistä rakenteista on kunnallistekniikan tarpeisiin rakennettava huoltotunneli. Kunnallistekniset verkostot voidaan sijoittaa samaan tunnelirakenteeseen, jolloin huolto- ja asennustöissä ei tarvita kaivuuta. Näin ollen verkostot voidaan sijoittaa leveysuunnassa tiiviimpään tilaan. (Uponor n.d.)

Haastatteluista ilmenneiden seikkojen mukaan pelkästään kunnallistekniikan tarpeisiin rakennettavat tunneliratkaisut eivät ole yleisiä Suomessa, mutta niiden käytön mahdollisuutta tulisi enemmän selvittää (6). Osa haastateltavista näki kuitenkin, että tekniikkatunnelit ovat erittäin epätodennäköinen ratkaisu tulevaisuuden haasteiden ratkaisijaksi. Tunnelit ovat kalliita rakentaa ja ylläpitokustannukset nousevat suuriksi (1, 11). Lisäksi tunneleiden työturvallisuusseikat erityisesti kaukolämpö- ja kaasuverkkojen osalta ovat vaikeasti huomioitavissa. Yksi haastateltavista näki, että tunnelirakenteet ovat kustannuksiltaan ja päästöiltään mahdoton ajatus, jos ratkaisulla tavoiteltaisiin suurimmaksi osaksi esimerkiksi katuvihreän lisäämistä. Tällöin katuvihreästä saatava hyöty olisi minimaalinen verrattuna tekniikkatunnelista saataviin verrannaisvaikutuksiin (1). Helsingissä tekniikkatunnelin käytön mahdollisuutta on selvitetty uusille alueille, mutta haasteeksi ovat muodostuneet kustannus- ja päästösyiden lisäksi omistajuus- ja ylläpitoasiat (2).

### 4.2.4 Rakentamisen yhteistyön koordinointi ja aikataulutus

Haastatteluista ilmeni, että sijoittelun tiivistämiseen voitaisiin vaikuttaa rakentamisen yhteistyön koordinoinnin kehittämisellä sekä samanaikaisella rakentamisella. Helsingissä yhteisrakentamista toteutetaan sopimusohjauksellisella yhteistoiminnalla (YKT-sopimus). Suurin osa haastateltavista näki, että yhteistoimintaa tulisi kehittää erityisesti infra- ja talorakentajien välille. Lisäksi haastatteluista ilmeni, että erityisesti alueellisen rakentamisen vaiheistuksen suunnittelua tulisi kehittää.

### ***Yhteinen kunnallistekninen työmaa***

Helsingin kaupungin infraa rakennuttavien organisaatioiden välillä on harjoitettu yhteistyötä jo pitkään. Vuonna 2008 allekirjoitettiin toimijoiden välillä Yhteinen kunnallistekninen työmaa (YKT)- sopimus. YKT-sopimuksen tavoitteena on parantaa sopijaosapuolten yhteistoimintaa hankkeiden ohjelmoinnissa, suunnittelussa ja toteutuksessa. Lähtökohtana on ollut luoda malli yhteisestä prosessista Helsingin kaupungin infrarakennuttajien keskinäisistä tehtäväkokonaisuuksista ja vastuista. YKT-sopimuksen myötä samanaikainen ja kustannustehokas rakentaminen on lisääntynyt. (Helsingin kaupunki 2013)

Yksi haastateltava näki, että rakentamisen aikaisiin ongelmiin kyettäisiin vaikuttamaan suunnittelemalla tarkemmin alueen rakentumisen välivaiheet. Alue tulisi rakentaa järkevässä järjestyksessä - esimerkiksi rantakohteissa kohti rantaa eikä rannasta pois päin. Näin voitaisiin minimoida jo olemassa olevan kunnallistekniikan rakentamisen aikainen vaurioituminen. Lisäksi haastateltava näki, että kaupungin tulisi varautua rakentamalla alueelle tyhjiä suojaputkia erityisesti kadun alituksiin. Näin ollen on mahdollista välttää tulevaisuudessa ylimääräiset kadun aukaisut. (11)

Haastateltavat näkivät suurena haasteena katualueen rajaan rakennettavat rakennuksen ja niiden perustukset. Haastatteluista ilmeni, että on varsin yleistä, että jalkakäytävien alle rakennettavat verkostot (erityisesti sähkö- ja tietoliikennekaapelit) joudutaan purkamaan talon rakentamisen yhteydessä. Tällöin on tyypillistä, että suojaputkien palauttaminen kadun kerrokseen on ollut välinpitämätöntä, jolloin suojaputkitukset eivät nykyisellään välttämättä sijaitse suunnitellussa sijainnissaan (1, 7).

Yksi haastateltava näki, että suojaputkien palauttamisen valvontaa tulisi lisätä esimerkiksi luovutus sopimusehdoilla, joissa tulee todentaa suojaputkien palautukset oikeaan sijaintiinsa. Haastateltavan mukaan suojaputkitukset tulisi jo valmiiksi suunnitella mahdollisimman kauas tontin rajasta sekä talorakentajilta tulisi edellyttää tuettuja kaivantoja katualueella toimiessa (1). Lisäksi yksi haastateltava näki, että rakennusten osien sijoittamista katualueelle ei tulisi sallia, jolloin katutila olisi tiiviissä kaupunkiympäristössä kokonaan kadun tarpeiden käytössä (4).

Yhden haastateltavan mukaan tonttiliitosten hoidon vastuuta tulisi vierittää enemmän tontille. Tonteille tulisi jo kaavoitusvaiheessa määrätä huoltotila, jonne tonttiliitokset toteutetaan. Huoltotilojen tulisi mahdollisesti sijaita tontilla eikä katualueella. (7)

#### 4.2.5 Sijoittelua rajoittavat rakenteet

Haastateltavien mukaan yleisimpiä sijoittelua rajoittavia tekijöitä ovat katutilan ahautuden lisäksi katupuut, raitiotie, rakennusten perustukset sekä tilaa vievät verkostot ja erityisesti niiden kaivorakenteet. Yksi haastateltava näki tulevaisuuden haasteena kaasun siirtoverkoston ja korkeajännitteisen sähköverkoston lisääntyvät lunastusalueet katualueilla (3).

Helsingin kaupunkitilaohje ohjeistaa sijoittamaan kunnallistekniikan kaivannon ulkoreunan 2,5 m etäisyydelle katupuusta (Helsingin kaupunki 2024). Näin ollen kunnallistekniikka voidaan myöhemmin huoltaa puita vaarantamatta. Helsingissä on ollut käytössä puiden istutuslaatikoita, joilla on pyritty suojaamaan katupuita lähelle sijoitettavalta kunnallistekniikalta. Istutuslaatikoista on kuitenkin luovuttu katupuiden kasvua rajoittavien tekijöiden vuoksi (1, 2). Yksi haastateltava näki, että tulevaisuudessa tulisi selvittää vaihtoehtoja, joilla katupuita ja kunnallistekniikkaa voitaisiin sijoittaa tiiviimpään keskinäiseen tilaan. Ratkaisuja ovat esimerkiksi juuristoja suojaavat matot. Näin ollen olisi mahdollista lisätä katuvihreää jo tiiviisti rakennetuille alueille (5). Lisäksi kaupunki voisi varautua rakentamalla kaapelisuojausputken valmiiksi puun juuriston viereen, jolloin voidaan välttää juuriston läheisyydessä toteutettava kaivuu tulevaisuudessa (11). Juuriston läheisyydessä kaivettaessa vaihtoehtona on käyttää imukaivuuta juuriston vaurioittamisen minimoimiseksi (6).

Yksi haastateltava näki, että katuvihreän lisäämisellä voidaan saavuttaa tilansäästöä erityisesti hulevesiverkostojen osalta. Hulevesiä tulisi pyrkiä viivyttämään ja imeyttämään kasvillisuuden avulla. Näin ollen hulevesiviemäreiden vaadittavaa kapasiteetin tulevaa kasvua kyettäisiin hillitsemään. (7)

Haastatteluissa kysyttiin myös hylättävien verkostojen vaikutuksista tulevaisuuden sijoittelulle. Haastateltavat näkivät, että tilaa vievät rakenteet saattavat aiheuttaa haittaa tulevaisuudessa, mutta yleisesti niiden purkaminen on kustannus- ja ympäristösyistä järkevää vasta tulevilla saneeraushankkeissa. Suurimmat hylättävät putket täytetään maa-aineksella ja verkostot merkitään hylättäväksi. Hylättyjen verkostojen purkaminen on tyypillisesti ajankohtaista vasta tulevien saneerauksien yhteydessä.

#### **4.2.6 Sijoittelun tiivistämisen vaikutukset**

Haastatteluiden perusteella ilmeni, että verkostojen sijoittelun tiivistämisellä on saavutettavissa hyötyjä, kuten tehokkaampaa maankäyttöä, pienempiä rakentamiskustannuksia, vähähiilisempää rakentamista sekä mahdollisuuksia katuvihreän lisäämiseen. Haastateltavat näkivät kuitenkin, että tiivistämisellä saattaa olla negatiivisia vaikutuksia verkostojen toiminnalle. Tiivistäminen aiheuttaa haasteita erityisesti kunnossapidon ja rakentamisen toteutettavuudelle sekä turvallisuusvaatimusten huomioimiselle.

#### ***Kiertotalous ja vähähiilisyys***

Haastattelututkimuksessa selvitettiin, että tunnistavatko haastateltavat sijoittelun tiivistämisen vaikutuksia kiertotalouteen ja vähähiilisyteen. Suurin osa haastateltavista näki, että sijoittelun tiivistämisellä voidaan saavuttaa pienempiä kaivuu- ja materiaalikustannuksia sekä näin ollen vähähiilisempää rakentamista. Haastateltavat korostivat, että yhteistyön koordinoinnilla, samanaikaisella rakentamisella sekä tulevaisuuteen varautumisella on saavutettavissa merkittäviä hyötyjä aiheeseen liittyen.

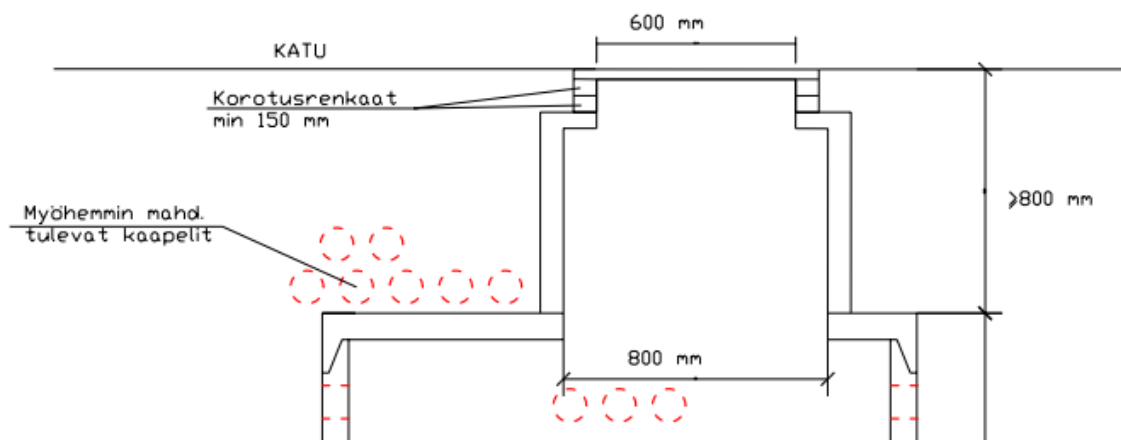
Yksi haastateltava näki, että sijoittelun tiivistämisellä on negatiivisia vaikutuksia rakentamisen päästöihin. Haastateltava näki, että mitä tiiviimmäksi infrastruktuuri rakennetaan, sitä riskialttiimpi siitä tulee erityisesti kunnossapidon osalta. Verkostot tulisi haastateltavan mukaan rakentaa mahdollisimman varmoilla ratkaisuilla, jotta infrastruktuuri olisi kestävä ja pitkäaikaista. (4)

### 4.3 Tietoliikenneverkostojen sijoittelun tiivistämismahdollisuudet

Tietoliikenneverkostojen sijoittelua on mahdollista tiivistää suojausputkien päällekkäin sijoittamisella, vähimmäisetäisyyksien pienentämisellä, kaapelikanavajärjestelmillä ja reititysten huolellisella suunnittelemisella sekä digitoinnilla.

Useamman kaapelisuojausputken sijoittaminen päällekkäin ei aiheuta tietoliikenneverkostoille toiminnallista haittaa. Päällekkäin sijoittelussa tulee kuitenkin huomioida vaadittavat peittosyvyydet ja suojausputkien vaatimat alkutäytöt kadun kantavuuden vaatimalla tavalla. Suojausputkien väliin tulee jättää noin 5 cm etäisyyttä maan tiivistämisen ja kaapelin ulosvetämisen mahdollistamiseksi (8, 10). Vähimmäisetäisyyksien pienentäminen esimerkiksi sähkökaapeleihin ei aiheuta toiminnallista haittaa tietoliikennekaapeleiden näkökulmasta. Vähimmäisetäisyyttä voidaan pienentää myös materiaalivalinnoilla, käyttämällä esimerkiksi metallittomia suojausputkia (9). Sopivan etäisyyden pitäminen olisi kuitenkin suotavaa aukikaivuun aiheuttamien vaurioiden minimoimiseksi (8).

Teleoperaattoreiden yhteistyö on kehittynyt ajan saatossa: yhteiskaivojen käyttö ja kaapelisuojausputkien vuokraamistoiminta ovat lisääntyneet (8, 9, 10). Yhteiskäyttökaivojen koot määräytyvät käyttäjien määrän mukaan, jolloin ne voivat viedä katutilasta suhteellisen paljon tilaa. Kaivon vaatimaa tilaa on pyritty huomioidaan rakentamalla kaivot syvemmälle ja nostamalla huoltoaukko kaulusta hyödyntäen kadun pintaan. Tällöin osittain kaivon päältä voidaan viedä muita kaapelointeja (9).



KUVA 10. Ote yhteiskäyttökaivon tyyppi- ja sijoituspiirustuksesta (Korhonen 2008)

Tietoliikenneverkostojen tilantarvetta voidaan myös minimoida kaapelireittien huolellisella suunnittelulla sekä yhteistyön lisäämisellä esimerkiksi talorakentajien suuntaan. Kaapelireittien määrää pystyttäisiin vähentämään määrittämällä etukäteen tontin liitospiste (8, 9, 10). Näin ollen tieto saadaan ajoissa kaapelireitin suunnittelun tueksi. Lisäksi suojaputkimäärä vähenisi, mikäli tontti liittyisi yhdellä suojaputkella ennalta määritettyyn liityntäpisteeseen eli yhteiskäyttökaivoon (9).

Haastatteluissa yhtenä kehitysehdotuksena nousi ns. ”kaapelikortteliperhe”, jossa korttelin sisälle rakennetaan yksi liityntäpiste, johon asiakkaat liittyvät. Näin ollen liityntäpisteet sijaitsisivat tontin alueella, jolloin rasitus katuverkkoon pystyttäisiin minimoimaan. Haastateltavien mukaan kehitys vaatisi selkeää koordinaointia kaupungin ja rakennusyhtiöiden välille sekä määräyksiä liityntäpisteiden hoitoon liittyen. (8, 9)

Tietoliikenneverkostojen sijoittelun tiivistämismahdollisuutena on käyttää esimerkiksi mikrokanavatekniikkaa tai monikanavaisia kaapelointijärjestelmiä. Kustannuspaineet eivät ole kuitenkaan edesauttaneet uudenlaisten järjestelmien, kuten kaapelikanaalien tai huoltotunneleiden käytön mahdollisuutta. (8, 9)

#### **4.3.1 Mikrokanavatekniikka**

Mikrokanavatekniikka tarkoittaa valokuituverkon rakentamista maahan asennettavien ohuiden putkien ja nippujen avulla. Mikrokanavatekniikka koostuu valokaapeleista sekä mikrokanavaputkista ja -nipuista. Mikrokanavaputket voidaan asentaa suoraan maahan tai olemassa oleviin suojaputkiin, jonka jälkeen kaapelit puhalletaan mikrokanavaputkiin joko verkkoa rakennettaessa tai myöhemmässä vaiheessa. Haaroituskohdat sijoitetaan jakokaappeihin, jolloin maanalaisia jatkoskoteloita tai kaivoja ei välttämättä tarvita. (Nestor Cables 2020)

Mikrokanavanippu koostuu useammasta mikrokanavaputkesta. Suomessa yleisimmät käytettävät mikrokanavaniput koostuvat 2–12 mikrokanavaputkesta. Tyyppillinen Suomessa käytettävä mikrokanavaputki on 7/3,5 ja 14/10 mm:n HDPE-putki (high-density polyethylene). Mikrokanavanippuihin voidaan yhdistellä myös

erikokoisia mikrokanavia sekä niput voivat koostua esimerkiksi yli 20 mikrokanavasta. (Nestor Cables 2024)



KUVA 11. Mikrokanavanippu (Nestor Cables)

Mikrokanavatekniikka mahdollistaa moninkertaisen tilansäästön perinteiseen 110 mm kaapelinsuojaputkeen verrattuna. Lisäksi mikrokanavatekniikalla voidaan saavuttaa myös monia muita hyötyjä perinteiseen maakaapelointiin nähden:

- Edullisemmat materiaalikustannukset
- Liittymien ja jatkosten toteuttaminen kaapeista perinteisen kaivon sijaan
- Pienemmät kaivuumäärät ja asennuskustannukset (Nestor Cables 2020)

Teleoperaattoreiden haastatteluissa nousi esiin mikrokanavatekniikan vaurioherkkyys sekä kunnossapidon hoidon hankaluus erityisesti talviaikaan. Lisäksi haastateltavat näkivät mikrokanavatekniikan jäykkänä, jolloin reitille tulisi järjestää pitkiä suoria osuuksia. Myös jakokaappien käyttöä tiiviissä kaupunkiympäristössä tulisi välttää. Haastateltavat näkivät, että mikrokanavatekniikka on toimiva ratkaisu alueille, joihin ei ole tiedossa jälkepäin tulevaa infrarakentamista merkittävässä määrin. Mikrokanavaputkia voidaan kuitenkin asentaa myös kaapelinsuojaputken sisään, jolloin vaurioitumisen mahdollisuutta voidaan minimoida.

Haastateltavat näkivät mahdollisena, että operaattorit voivat asentaa mikrokanavaputkia yhden yhteisen suojaputken sisään ja näin on poikkeustapauksissa tehtykin. (8, 9, 10)

### **4.3.2 Kaapelinsuojajärjestelmät**

#### **Cubis-kaapelinsuojajärjestelmä**

Monikanavainen Cubis-kaapelinsuojajärjestelmä koostuu muunneltavista kaapelinsuojalementeistä ja -kaivoista, jotka ovat valmistettu HDPE-muovista. Elementit ovat neliskulmaisia ja ne voidaan liittää toisiinsa ilman erillisiä kiinnikkeitä. Elementin jokainen aukko vastaa yhtä 110 mm:n suojaputkea ja niiden määrä voi vaihdella tarpeen mukaan. Tuotteen maahantuojana Rudus tarjoaa suojajärjestelmää neljän, kuuden ja yhdeksän aukon elementeillä. (Rudus n.d.-a)

Cubis-kaapelinsuojajärjestelmällä voidaan säästää tilaa ahtaissa paikoissa. Järjestelmän etuna on sen neliskulmainen muoto ja suoja-aukkojen sijainti samassa elementissä. Näin ollen vältytään perinteisten kaapelinsuojaputkien väliin asennettavalta suojatäytöltä. Lisäksi elementit mahdollistavat useamman kaapelin asentamisen päällekkäin perinteiseen suojaputkeen verrattuna.

Ruduksen Cubis-kaapelinsuojajärjestelmää on pilotoitu Viikissä (Helsinki) Raide-Jokeri-raitiotiehankkeessa. Hankkeessa Cubis-kaapelinsuojajärjestelmää on hyödynnetty ahtaissa paikoissa, jossa kunnallistekniikalle on jäänyt katualueella vähäisesti tilaa raitiotien paalulaatan takia. (Tomperi n.d.)

Haastatteluista ilmeni, että järjestelmä on ollut maanrakentajille helpompi rakentaa, koska järjestelmä muodostuu yhdestä putkikokonaisuudesta. Kaapeleiden puhaltaminen järjestelmään on kuitenkin tuottanut haasteita, sillä järjestelmä on vaikea rakentaa ilmatiiviiksi. Saumakohtat aiheuttavat myös haasteita kuivana pidon ja jäätyneen suhteen. Isommissa järjestelmissä on lisäksi hankalaa toteuttaa jälkiliitoksia. Liittymisongelma voidaan minimoida käyttämällä maksimissaan kuuden aukon elementtiä ja asentamalla se pystyyn. (9)



KUVA 12. Cubis-kaapelisuojojärjestelmä Raide-Jokerin työmaalla (Rudus)

### **OPI-kanaalijärjestelmä**

OPI-kanaalijärjestelmä sisältää pohja-, väli-, ja tukikampoja, joiden avulla voidaan rakentaa kaapelisuojojaputket samaan monikerroksiseen tilaan. Kampojen avulla putket järjestetään yhdeksi kanaaliksi, joka voidaan kuormituskestävyyden parantamiseksi myös betonoida. Kanaalijärjestelmä mahdollistaa putkien asennuksen pieneen tilaan kustannustehokkaasti. (Pipelife n.d.)

## **4.4 Sähköverkostojen sijoittelun tiivistämismahdollisuudet**

Sähkökaapeleiden suojojaputket asennetaan optimitilanteessa yhteen kerrokseen ja 5 cm:n etäisyydelle toisistaan. Ahtaassa tilassa kaapelinsuojaputkia voidaan asentaa kahteen kerrokseen. Helsingin Sähköverkko ei ole sallinut asentamista kolmeen kerrokseen kunnossapidollisista syistä, sillä alimman kaapelin vaurioituminen ja korjaaminen aiheuttavat tarpeen ylimpien kerroksien purkamiselle. (12)

Sähkö- ja tietoliikennekaapelit asennetaan tyypillisesti samaan kaivantoon, johon Helsingin katutilan mitoitus ohjeistaa sähkö- ja tietoliikennekaapelin väliseksi etäisyydeksi 20 cm. Minimietäisyyden pienentäminen sekä sähkö- ja tietoliiken-

nekaapeleiden tiiviimpi sijoittelu eivät aiheuta toiminnallisia ongelmia sähkökaapeleiden näkökulmasta. Suojaputkien välinen minimietäisyys tulee kuitenkin pitää nykyisessä 5 cm:ssä, jotta rakenne pysyy kantavana. Sähkökaapeleiden toimintavarmuuden näkökulmasta muut verkostot kuin kaukolämpö, eivät aiheuta haasteita. Etäisyys kaukolämpöjohtoihin tulee pitää riittävänä kaukolämmön lämpöhäviöitten takia. (12)

Sähköverkoston sijoittaminen monikanavasiin kaapelinsuojajärjestelmiin on hankalaa kiinteän kanavan jäykkyyden vuoksi. Sähkökaapeleiden määrät vaihtelevat paljon, jolloin kiinteä kaapelinsuojakanava aiheuttaa haasteita liitosten suhteen. Lisäksi markkinoilla vallitseva hintapaine ei ole kannustanut sähköverkkoyhtiöitä pilotoimaan uudenlaisia kaapelinsuojajärjestelmiä, joilla tilaa voitaisiin säästää. Suurjännitteiset 110 kV:n sähkökaapelit ovat tyypillisesti asennettu betonikanaleihin, mutta viime aikoina on yleistynyt betonisuojausvaihto SN16-luokan Rocky-suojaputkeen säästösyistä. (12)

#### **4.5 Vesihuoltoverkoston sijoittelun tiivistämismahdollisuudet**

Vesihuollon järjestelmät tulevat viemään tulevaisuudessa yhä enemmän tilaa katupoikkileikkauksessa. Sekaviemäroinnin erottaminen erillisviiemäroinniksi sekä kasvavien hulevesimäärien vuoksi tilantarve tulee lisääntymään. (13)

Vesihuollon keskinäiset etäisyydet on määritetty maan tiivistämisen mahdollistamisen ja kunnossapidollisten syiden perusteella. Erityisesti vaurioherkkiä muoviputkia käytettäessä, maa tulee pystyä tiivistämään koneellisesti putken molemmin puolin. Lisäksi johdot ja putket tulee pystyä kaivamaan esiin aiheuttamatta vaurioita viereisille verkostoille. Viemäreitä, vesijohtoja ja muita verkostoja ei saa sijoittaa linjaosuuksilla päällekkäin. Näin ollen tiivistämismahdollisuudet ovat vähäisiä. (13)

Betonivalmistajien tuotevalikoimasta löytyy räätälöityjä tuotteita, joita voidaan hyödyntää ahtaissa tiloissa. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi kuutiokaivot ja suunnanmuutoskappaleet. Suunnanmuutoskappaleella voidaan toteuttaa linjan

kulmamuutokset ilman tilaa vievää kaivoa. Lisäksi tarkastuskaivojen osalta voidaan käyttää satulakaivoa tai paikallavalukaivoa. Tiettyyn kokoluokkaan asti putkien ja kaivojen tilantarvetta voidaan minimoida materiaalivalinnoilla. (Rudus n.d.-b; Ruskon Betoni n.d.)

### **Case: Mechelininkatu, Helsinki**

Mechelininkadun (Helsinki) saneerauksen yhteydessä hyödynnettiin ahtaassa tilassa neliön muotoisia kaivoja perinteisten pyöreiden kaivojen sijaan. Haasteena oli nykyisten linjojen törmäily rakennettavien linjojen kanssa. Nykyiset tonttilinjat tuli saada ohjattua uuden kaivon läpi risteävästi. Ratkaisuna uudelle linjalle asennettiin useita kuutiokaivopareja. Näin ollen sekavesi- ja hulevesiviemärit oli mahdollista ohjata saman kokonaisuuden läpi. (13, Ruskon Betoni n.d.)



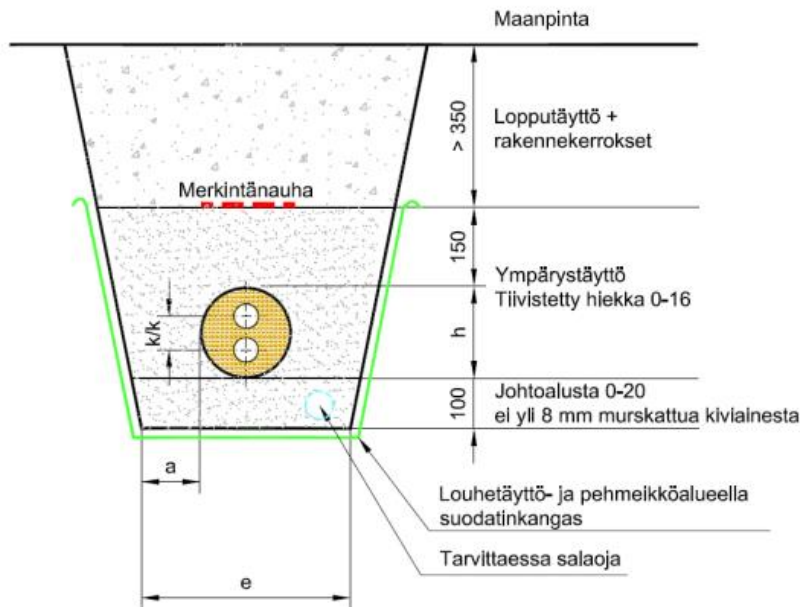
KUVA 13. Kuutiokaivot Mechelininkadun työmaalla (Ruskon Betoni n.d.)

## **4.6 Kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen sijoittelun tiivistämismahdollisuudet**

Uudet kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkot rakennetaan Helsingissä pääosin standardoiduilla yksiputkielementeillä (2Mpuk). Putkistojen eristyspaksuudet määräytyvät käytettävän johdon ja rakenteen mukaisesti. Yksiputkijärjestelmän johtojen välistä etäisyyttä ei tule pienentää sijoittelun tiivistämistä pohdittaessa. Meno- ja paluujohtojen väliin tulee jättää vaadittu etäisyys liitos- ja eristystöiden

vuoksi sekä työturvallisuussyistä. Johtojen välinen etäisyys vaihtelee 150–300 mm käytettävän putkikoon mukaan. (14)

Ahtaassa katutilassa tiivistämismahdollisuutena on korvata yksiputkielementit (2Mpuk) saman suojakuoren sisällä kulkevaan kaksiputkielementtiin (Mpuk). Meno- ja paluujohdot kulkevat kaksiputkielementissä päällekkäin, jolloin tilansäästö on johtojen koon mukaan noin 200–300 mm. (14)



KUVA 14. Mpuk-johdon kanavan poikkileikkaus (Energiateollisuus 2018)

Kaukolämpö- ja kaukojäähdytysjohtojen etäisyys muista johdoista tulee olla 300 mm liitosmahdollisuuksien ja kunnossapidon toimivuuden takaamiseksi. Piste-  
mäisissä kohdissa – esimerkiksi kaivojen kohdilla, vähimmäisetäisyyksistä voidaan poiketa. Tietyissä poikkeuksellisissa kohdissa myös yksiputkielementit voidaan rakentaa päällekkäin lyhyeltä matkalta. Päällekkäiset ja poikkeukselliset ratkaisut aiheuttavat kuitenkin haasteita kunnossapidon osalta. Lisäksi ylimääräiset suunnanmuutokset, liitokset ja saumat aiheuttavat verkostolle haavoittuvia kohtia lujuusteknisistä näkökulmista. (14)

Kaukolämpö- ja kaukojäähdytysjohtojen sijoittelun suunnittelussa tulee tehdä yhteistyötä viereen sijoitettavien johtolajien kanssa. Erityisesti sähkö- ja tietoliikennekaapelit tulisi sijoittaa kaukolämpö- ja kaukojäähdytysjohtojen kanssa samaan

korkeusasemaan. Tällöin esimerkiksi myöhemmin toteutettavat tonttiliitokset ja johtojen aukikaivuut ovat paremmin toteutettavissa. (14)

#### **4.7 Kaasun jakeluverkkojen sijoittelun tiivistämismahdollisuudet**

Kaasun jakeluverkkojen vähimmäisetäisyydet muista verkostoista ja rakenteista määrittää valtioneuvoston asetus 551/2009 maakaasun käsittelyn turvallisuudesta. Alle 4 barin verkoissa etäisyys risteäviin verkostoihin tulee olla 10 cm ja samansuuntaisiin 20 cm. Tyypillisesti muut verkostot määrittävät suojaetäisyydet kaasuputkiin suuremmiksi turvallisuussyistä. Erityisesti kaukolämpö- ja kaukojäähdytysputket vaativat hitsaus- ja tulitöiden vuoksi riittävän turvaetäisyyden kaasuputkiin. Kaasuputkien liitokset toteutetaan tyypillisesti sähkömuhvihitsauksella, jolloin riittävä työtila yhdensuuntaisiin putkiin on 20 cm. (15)

Kaasun jakeluverkot ovat haastateltavan mukaan sijoittelun näkökulmasta joustava toimija koko verkostojen kokonaisuus huomioiden. Kaasun jakeluputkien sijoittelu ei vaadi kaatojen, kulmien tai ulkoisten suojausmenetelmien huomioimista. Muoviputkien suunnanmuutokset ovat joustavasti toteutettavissa, jolloin kaasuputket ovat yleisesti muita verkostoja väistävä johtolaji. Poikkeuksellisen ahtaassa tilassa kaasuputki voidaan suojata teräslevyllä tai vastaavalla suojausmenetelmällä, jolla saavutetaan vähimmäisetäisyyksiä vastaava suojataso. (15)

#### **4.8 Jätteen putkikeräysjärjestelmien sijoittelun huomioiminen**

Imujätejärjestelmien rakentamisesta on kokemusta Suomessa vain uusille alueille rakennetuista järjestelmistä, joten kokemuksia rakennettuun ympäristöön ei ole vielä kertynyt. Jätteen putkikeräysjärjestelmien putket ja laitteet vievät katutilasta suhteellisen paljon tilaa. Tyypillisesti järjestelmässä käytetään DN500 teräsputkea, jolloin suunnanmuutokset ovat hankalasti toteutettavissa. Lisäksi ylimääräiset kulmakappaleet aiheuttavat aina verkostoon potentiaalisen tukoskohdan. Tästä syystä imujäteputkistot sijoitetaan yleensä muiden verkostojen alle. Näin vältetään muiden verkostojen risteilyjen tuomat haasteet ja putkistot pystytään rakentamaan mahdollisimman suoraan linjaan. (16, 17)

Jätteen putkikeräysjärjestelmien tyypillinen syvä asennussyvyys mahdollistaa muiden verkostojen asentamisen imujäteputkien päälle. Pällekkäiset ratkaisut eivät ole kuitenkaan optimaalisia kunnossapidollisista syistä, mutta tilanpuutteen vuoksi näin on jouduttu tekemään. Imujätejärjestelmän vaatimat tarkastuskaivot vaativat kuitenkin paljon tilaa, jolloin muun tekniikan rakentaminen läheisyyteen on hankalaa. Tällöin päälle tai viereen asennettava verkosto vaatii joustavuutta myös suorilla linjaosuuksilla. Tarkastus- ja tekniikkakaivojen halkaisija voi olla jopa 3 metriä. Jäteputken kanssa samansuuntaisten linjojen etäisyyden jäteputkesta määrittelee käytännössä jätejärjestelmän kaivojen halkaisija. (16, 17)

## 5 YHTEENVETO JA POHDINTA

### 5.1 Yhteenveto

Haastatteluista ilmeni, että kunnallisteknisille verkostoille on määritelty sijoitteluperiaatteita sekä vähimmäisetäisyyksiä monista eri syistä johtuen. Sijoittelua voidaan tiivistää tapauskohtaisesti ohjeista poiketen, mutta tällä saattaa olla enemmän negatiivisia kuin positiivisia vaikutuksia. Sijoittelun tiivistämisen haasteena ovat useimmiten kunnossapidon toteutettavuus, maan tiivistämisen mahdollistaminen sekä turvallisuusseikkojen huomioiminen.

Sijoittelua voidaan teknisestä näkökulmasta tiivistää verkostojen keskinäisiä etäisyyksiä pienentämällä, sijoittamalla kaapelinsuojaputkia päällekkäin, poikkeavilla rakenneratkaisuilla sekä hyödyntämällä kanavajärjestelmiä ja tekniikkatunneleita. Keskinäisten etäisyyksien pienentämistä ja päällekkäin sijoittelua tulisi toteuttaa vain tapauskohtaisesti sekä mahdollisesti ainoastaan pistemäisissä kohdissa. Hintapaine ei ole puolestaan kannustanut erityisesti sähkö- ja tietoliikenneoperaattoreita pilotoimaan uudenlaisia kanavajärjestelmiä. Tekniikkatunneleiden käytön mahdollisuutta on selvitetty, mutta haasteeksi ovat nousseet turvallisuus-, omistajuus- ja kustannussyyt.

Sijoittelun tiivistämismahdollisuuksia selvittäessä nousi esiin Helsingin katutilan mitoitusohjeen ohjeistus sähkö- ja tietoliikennekaapelin välisestä etäisyydestä. Ohjeen mukaan sähkö- ja tietoliikennekaapelin väliin tulisi suunnitella 20 cm:n väli katupoikkileikkauksessa. Haastatteluiden perusteella ilmeni, ettei ohjeistukselle ole toiminnallista perustetta. Etäisyys olisi hyvä pitää selkeyden ja kaivamisen aiheuttamien vaurioiden minimoimisen vuoksi, mutta etäisyyden pienentäminen ei aiheuta verkostoille toiminnallista haittaa. Tulevaisuudessa voitaisiin selvittää, että voidaanko teoreettista vähimmäisetäisyysvaatimusta kaventaa tietyillä katuluokilla.

Rakentamisen yhteistyön ja aikataulutuksen koordinoimista tulisi kehittää erityisesti katu- ja talorakentajien välille. Yhteistyön koordinoimalla ja samanaikaisella ra-

kentamisella voisi olla mahdollista vaikuttaa verkostojen sijoitteluun. Tonttiliitosten toteuttaminen tulisi mahdollisesti huomioida jo kaavoitusvaiheessa. Vastuuta liitosten toteuttamisesta tulisi mahdollisesti edellyttää enemmän tonteilta. Lisäksi talorakentamisen aikaisten katutöiden valvontaa tulisi lisätä.

Haastatteluista ilmenneet tiivistämismahdollisuudet kootusti:

- Tekniikkatunnelit sekä kanavarakenteet ja -järjestelmät
- Päällekkäin sijoittelu ja vähimmäisetäisyyksistä poikkeaminen pistemäisissä kohdissa
- Tietoliikenne- ja sähkökaapeleiden vähimmäisetäisyyden pienentäminen
  - o Kaapelinsuojaputkien sijoittaminen useampaan kerrokseen
- Mekaaniset suojarakenteet
- Putkien ja kaivojen materiaalivalinnat
  - o Räätelöidyt tuotteet ahtaisiin tiloihin
- Rakentamisen yhteistyön koordinointi
  - o Tonttiliitosten vastuunjako ja sijainnin tieto suunnittelun tueksi
  - o Rakentamisen aikataulu (samanaikainen rakentaminen)
  - o Ennakoivat kaapelinsuojaputkivaraukset
- Toimenpiteet sijoittelua rajoittaville rakenteille
  - o Puiden juuristosuojat
  - o Rakennusten perustusten sijoittelu
  - o Hulevesien hallinta ja viivytyt

## 5.2 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kunnallistekniikan tiivistämismahdollisuuksia sekä käsitellä verkostoja ja niiden sijoittelua katualueella yleisesti. Aihe osoitautui työn edetessä varsin laajaksi ja rajautui koskemaan pääosin yleisimpiä kunnallisteknisiä verkostoja, johtoja, putkia ja niiden kaivorakenteita.

Työn haastattelututkimukseen osallistui onnistuneesti kaikkien yleisimpien kunnallisteknisten verkostojen edustajia. Haastatteluista saatiin hyvin esille johtojen omistajien tahtotilaa sekä erityispiirteitä johtolajeittain. Lisäksi haastatteluihin

osallistui tilaaja- sekä suunnittelupuolen asiantuntijoita. Haastatteluiden perusteella selvisi ratkaisuja, joilla sijoittelua voitaisiin tiivistää, mutta käytännössä haastattelut etenivät käsittelemään tiivistämisen aiheuttamia negatiivisia vaikutuksia.

Haastatteluiden perusteella suurin tiivistämisen potentiaali liittyy sähkö- ja tietoliikennekaapelien sijoitteluun. Sijoittelun tiivistämiskäytännönä esiin nousi muun muassa kanavarakenteet ja monikanavaiset kaapelijärjestelmät, mutta hintapaine ei ole kannustanut poikkeavien rakenteiden käyttöön. Esiin nousi ajatus, että voisiko kaupunki osallistua poikkeavien rakenteiden kustannuksiin, mikäli niiden avulla olisi mahdollisuus lisätä kaupungin strategian mukaisia tavoitteita, kuten tehokkaampaa maankäyttöä sekä katuvihreää.

Verkostojen, johtojen, putkitusten ja laitteiden määrä ei ole tulevaisuudessa vähenemään päin. Rakennusten ja liikenteen sähköistyminen, uudet järjestelmät ja maankäytön tiivistämisen tavoitteet lisäävät tulevaisuuden haasteita. Haastatteluista ilmeni yleisesti, että ratkaisuita tulisi tulevaisuudessa löytää. Johtojen omistajien haastatteluista jäi vaikutelma, että tilantarve on kasvussa, mutta ratkaisuja ei ole niinkään etsitty. Tulisiko verkkorakentajilta tulevaisuudessa edellyttää enemmän tiivistämisen keinojen löytämistä tilantarpeen kasvaessa?

Työn ulkopuolelle rajoittui monia maanalaisia infrarakenteita, joiden sijoittelun tiivistämismahdollisuuksia tulisi myös selvittää tulevaisuudessa. Lisäksi kadun päällä sijaitsevien laitteiden ja varusteiden vaatima tila käsitellään työssä vain pintapuolisesti. Työn aihetta voitaisiin jalostaa pidemmälle käsittelemällä tiivistämistä mahdollistavien rakenteiden kustannus-, ylläpito- ja omistajuuksia.

## LÄHTEET

Auris Energia. n.d. Kaasun jakeluverkko ja siihen liittyminen. Verkkosivu. Viitattu 24.1.2025.

<https://aurisenergia.fi/auris-energia/kaasunjakelu/kaasunjakeluverkko-ja-siihen-liittyminen/>

Caverion. n.d. Jätteenkeräys. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2025.

<https://www.caverion.fi/katalogi/palvelut/jatteenkerays/>

Energiateollisuus. n.d.-a. Energiaverkot. Verkkosivu. Viitattu 22.1.2025.

<https://energia.fi/energiatietoa/energiaverkot/>

Energiateollisuus. n.d.-b. Sähköverkot. Verkkosivu. Viitattu 24.1.2025.

<https://energia.fi/energiatietoa/energiaverkot/sahkoverkot/>

Energiateollisuus. n.d.-c. Kaukolämpöverkot. Verkkosivu. Viitattu 21.1.2025

<https://energia.fi/energiatietoa/energiaverkot/kaukolampoverkot/#collapse-header-39212>

Energiateollisuus. n.d.-d. Kaukolämpö ja kaukojäähdytys. Verkkosivu. Viitattu 20.1.2025.

<https://energia.fi/energiatietoa/energiantuotanto/kaukolampo-ja-jaahdytys/>

Energiateollisuus. 2018. Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet. Pdf-dokumentti. Viitattu 20.1.2025.

[https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/08/SuositusL11\\_2013\\_KI-johtojen-suunnittelu-ja-rakentamisohjeet-paivitetty-20180130.pdf](https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/08/SuositusL11_2013_KI-johtojen-suunnittelu-ja-rakentamisohjeet-paivitetty-20180130.pdf)

Energiavirasto. n.d.-a. Verkon rakentaminen. Verkkosivu. Viitattu 24.1.2025.

<https://energiavirasto.fi/verkon-rakentaminen>

Energiavirasto. n.d.-b. Maakaasumarkkinat. Verkkosivu. Viitattu 22.1.2025.

<https://energiavirasto.fi/maakaasumarkkinat>

Energiavirasto. n.d.-c. Verkkotoiminnan luvanvaraisuus. Verkkosivu. Viitattu 24.1.2025.

<https://energiavirasto.fi/verkkotoiminnan-luvanvaraisuus>

Fingrid. n.d. Suomen sähköjärjestelmä. Verkkosivu. Viitattu 24.1.2025.

<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/suomen-sahkojarjestelma/>

Gasgrid. n.d.-a. Kaasuverkosto. Verkkosivu. Viitattu 22.1.2025.

<https://gasgrid.fi/kaasuverkosto/mita-putkissamme-virtaa/>

Gasgrid. n.d.-b. Kaasun siirtoverkosto. Verkkosivu. Viitattu 22.1.2025.

<https://gasgrid.fi/kaasuverkosto/kaasun-siirtoverkosto/>

Helsingin kaupunki. 2013. Yhteinen kunnallistekninen työmaa. Pdf-dokumentti. Viitattu 3.2.2025.

[https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2013/hkr\\_ykt\\_ol2.pdf](https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2013/hkr_ykt_ol2.pdf)

- Helsingin kaupunki. 2014. Katutilan mitoitus. Pdf-dokumentti. Viitattu 3.2.2025.  
[https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/ohjeet/katutila\\_mitoitus.pdf](https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/ohjeet/katutila_mitoitus.pdf)
- Helsingin kaupunki. 2024. Kaupunkitilaohje. Katu- ja puistopuut. Verkkosivu. Viitattu 27.3.2025  
<https://kaupunkitilaohje.hel.fi/kortti/katu-puistopuut-uusi/>
- Helsingin kaupunki. 2025. Raitioteiden suunnitteluohje. Johdot, putket ja kaapelit. Verkkosivu. Viitattu 27.3.2025.  
<https://raiotieohje.fi/13-johdot-putket-ja-kaapelit/>
- HSY. n.d.-a. Hulevesi. Verkkosivu. Viitattu 20.1.2025.  
<https://www.hsy.fi/hulevesi/>
- HSY. n.d.-b. Verkostot. Verkkosivu. Viitattu 20.1.2025.  
<https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/nain-vesihuolto-toimii/#Verkostot>
- Huoltovarmuuskeskus. n.d. Energiahuolto. Verkkosivu. Viitattu 29.1.2025.  
<https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/toimialat/energiahuolto>
- Imukaivuu Group. n.d. Imukaivuu. Verkkosivu. Viitattu 28.3.2025.  
<https://imukaivuu.fi/>
- InfraRYL. 30000 Järjestelmät. 2024. Rakennustieto. Viitattu 29.1.2025  
[https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024\\_2/30000.html](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/30000.html)
- Kaukolämmön käsikirja. 2006. Helsinki: Energiateollisuus ry.
- Korhonen, T. 2008. HKR jatkoskaivo. Sisäinen dokumentti. Helsingin kaupunki.
- Kuntaliitto. n.d. Vesihuolto. Verkkosivu. Viitattu 20.1.2025.  
<https://www.kuntaliitto.fi/yhdyskunnat-ja-ymparisto/tekniikka/vesihuolto>
- Liikenne- ja viestintäministeriö. 2009. Toimintavarmojen televerkkojen tarjonnan edistäminen. Pdf-dokumentti. Viitattu 30.1.2025.  
[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78263/Julkaisuja\\_26-2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78263/Julkaisuja_26-2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Maakaasukäsikirja. 2014. Helsinki: Suomen Kaasuyhdistys ry.
- Marimatic. n.d. Waste transport piping. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2025.  
[https://www.metrotaifun.com/automatic\\_solid\\_waste\\_collection\\_system/en/vacuum-conveying-technology/innovations/waste-transport-piping/pipe-size.html](https://www.metrotaifun.com/automatic_solid_waste_collection_system/en/vacuum-conveying-technology/innovations/waste-transport-piping/pipe-size.html)
- Melama, H. Lehenberg, J. 2018. Verkkoinfrastruktuurin käsitteelliset mallit. Pdf-dokumentti. Viitattu 30.1.2025.  
[https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Verkkoinfrastruktuurin\\_kasitemallit.pdf](https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Verkkoinfrastruktuurin_kasitemallit.pdf)

Nestor Cables. 2020. Mikrokanavatekniikka vai maakaapelointi taajama-alueilla. Nestor Cablesin blogi. Viitattu 25.3.2025.  
<https://www.nestorcables.fi/ajankohtaista/blogi/mikrokanavatekniikka-vai-maakaapelointi-taajama-alueilla.html>

Nestor Cables. 2024. Mikrokanavat erilaisiin asennuskohteisiin valikoimastamme. Nestor Cablesin blogi. Viitattu 25.3.2025.  
<https://www.nestorcables.fi/ajankohtaista/blogi/mikrokanavat-erilaisiin-asennuskohteisiin-valikoimastamme.html>

Pipelife. n.d. Kaapelisuojaajärjestelmät. Verkkosivu. Viitattu 25.3.2025.  
<https://catalog.pipelife.com/fi/sahkotuotteet-1578/kaapelinsuojaajarjestelmat-181159/opi-kanaalit-vali--ja-tukikammat-181189>

Paavilainen, J. 2020. 1.2 Hyvän kadun tunnusmerkit. Katu2020. Verkkosivu. Viitattu 22.3.2025.  
<https://katu2020.info/2020/2020/09/30/hyvan-kadun-tunnusmerkit/>

RIL 237-1-2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus. 2010. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry

RIL 237-2-2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu. 2010. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry

Rudus. n.d.-a. Cubis-kaapelisuojaajärjestelmä. Verkkosivu. Viitattu 25.3.2025.  
<https://www.rudus.fi/tuotteet/infraelementit/cubis-kaapelisuojaajarjestelma>

Rudus. n.d.-b. Kaivot ja putket. Verkkosivu. Viitattu 2.4.2025.  
<https://www.rudus.fi/tuotteet/kaivot-ja-putket?tab=tuotteet&group=ek-erikoiskaivot>

Ruskon Betoni. n.d. Referenssit. Verkkosivu. Viitattu 2.4.2025.  
<https://www.rbinfra.fi/referenssit/>

Rämä, M. & Klobut, K. Hukkalämpö kaukolämpöjärjestelmässä. Energiateollisuus ry. Pdf-dokumentti. Viitattu 7.4.2025.  
[https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/08/Hukkalampo\\_kaukolampojarjestelmissa\\_-\\_maarittely\\_ja\\_luokittelu\\_VTT\\_2020.pdf](https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/08/Hukkalampo_kaukolampojarjestelmissa_-_maarittely_ja_luokittelu_VTT_2020.pdf)

Salmi, P. 2020. 6.3 Kadun kalusteet ja varusteet. Katu2020. Verkkosivu. Viitattu 22.3.2025.  
<https://katu2020.info/2020/2020/09/30/kadun-kalusteet-ja-varusteet/>

Tomperi, V. 2020. Raide-Jokerin kaapelisuojaajaukselle löytyi fiksu ratkaisu. Rudus. Viitattu 25.3.2025.  
<https://www.rudus.fi/ajankohtaista/2020/10/29/raide-jokerin-kaapelisuojaajaukselle-loytyi-fiksu-ratkaisu>

Uponor. n.d. Weholite infratunnel. Verkkosivu. Viitattu 25.3.2025.  
<https://www.uponor.com/fi-fi/r/weholite-infratunnel>

Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta 9.7.2009/551.

Viitattu 17.2.2025.

<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2009/551>

Väätäinen, J. 2020. 3.1 Teknisen suunnittelun tavoitteet. Katu2020. Verkkosivu.

Viitattu 22.3.2025.

<https://katu2020.info/2020/2020/09/30/teknisen-suunnittelun-tavoitteet/>

## LIITTEET

### Liite 1. Haastattelukysymykset

#### **Sijoittelun tiivistämismahdollisuudet:**

1. Mitä tiivistämismahdollisuuksia näet maanalaisen infran/kunnallistekniikan sijoittelussa katupoikkileikkauksessa?
2. Mitä mahdollisuuksia ja/tai haasteita näet seuraavissa skenaarioissa:
  - Useamman kaapelinsuojaputken sijoittaminen päällekkäin
  - Verkostojen, kaapeleiden ja muiden rakenteiden keskinäisten vähimmäisetäisyyksien pienentäminen

#### **Kokemukset:**

3. Oletko ollut mukana hankkeessa, jossa maanalaisen infran/kunnallistekniikan sijoittelua jouduttiin tiivistämään tavanomaisesta poikkeavalla tavalla tai rakenteella? Jos olet niin voit kertoa: mistä syystä ja miten sijoittelua tiivistettiin?

#### **Sijoittelussa huomioitavat ja rajoittavat asiat:**

4. Mitkä ovat mielestäsi maanalaisen infran/kunnallistekniikan sijoittelussa yleisimmät rajoittavat tai huomioitavat tekijät ja miten näiden vaikutusta sijoitteluun voitaisiin minimoida?

#### **Kiertotalous:**

5. Tunnistatko keinoja, joilla maanalaisen infran sijoittelulla voidaan vaikuttaa kiertotalouteen ja/tai vähähiilisyteen?
6. Mitä toimenpiteitä hylättäville verkostoille tai rakenteille tehdään ja haittaavatko nämä tulevaisuudessa infran sijoittelua?

#### **Kyselyn loppu ja vapaa sana:**

7. Onko sinulla muita ideoita tai ajatuksia maanalaisen infran sijoitteluun ja sen tiivistämiseen liittyen?