

Jasmin Rahkonen

## **KAUKOLÄMPÖVERKON RAKENTAMISEN KUSTANNUSRAKENTEEEN JA KANNATTAVUUDEN TARKASTELU**

# **KAUKOLÄMPÖVERKON RAKENTAMISEN KUSTANNUSRAKENTEEEN JA KANNATTAVUUDEN TARKASTELU**

Jasmin Rahkonen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2023  
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma

---

Tekijä: Jasmin Rahkonen

Opinnäytetyön nimi: Kaukolämpöverkon rakentamisen kustannusrakenteen ja kannattavuuden tarkastelu

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Examination of Cost Structure and Profitability of Building District Heating Network

Työn ohjaajat: Maunu Laikari, Pekka Muikkula, Veli-Matti Mäkelä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2023

Sivumäärä: 41 + 4 liitettä

---

Toimeksianto tähän työhön saatiin Oulun Energian lämpöpalvelut -osastolta. Työn tavoitteena oli kehittää työkalu, joka antaa kuvaa asuinaluekohtaisesti kaukolämpöverkon rakentamisen kustannuksista ja antaa tämän pohjalta perustiedot myyntitavoitteiden määrittämiselle. Kehitettyllä työkalulla selvitettiin kaukolämpöverkon rakentamisen kustannusrakennetta, kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa.

Hankitun tiedon perusteella kehitettiin Excel-pohjainen laskentatyökalu, jolla voidaan tarkastella rakentamisen kustannuksia aluekohtaisesti. Laskentatyökalulla voidaan myös tarkastella liittymismaksun, perusmaksun ja energiamaksun vaikutusta vuosittaiseen tulokseen. Tässä työssä ei ole esitetty todellisia kustannuksia tai kannattavuutta vaan laskentatyökalun toimintaa ja käytettävyyttä. Työssä esitettävät tulokset laskettiin julkisilla hinnoilla. Tämän työn laskuissa ei otettu huomioon kaukolämmön tuotantokustannuksia, joten tulokset olivat ylioptimisia. Tämän vuoksi tässä työssä tuloksia tarkasteltiin muista näkökulmista. Laskentatyökalun kehittämisen jälkeen sillä tehtiin esimerkkilaskelmia sekä uudelle, että vanhalle asuinalueelle. Uudeksi alueeksi valittiin Jääkärinkangas ja vanhaksi alueeksi Huonesuolla sijaitseva Viereläntie.

Jääkärinkankaan laskelmissa tarkasteltiin liittyvien pientalojen määrän vaikutusta vuosittaiseen tulokseen ensin koko alueella ja sitten pienemmällä alueella, joka koostuu pelkästään erillispientalotonteista. Koko alueella liittyvien pientalojen määrän vaikutus takaisinmaksuaikaan jäi melko pieneksi. Vaikutus oli suurempi tuloksessa, joka saadaan 25 vuoden jälkeen. Erillispientaloalueen laskennan tuloksissa vertailtiin tilanteita missä ensimmäisessä olisi 7 liittyjää, toisessa 14 ja kolmannessa 28. Vuosittaiset tulokset jäivät 7 liittyjällä todella heikoiksi ja rakentaminen voitaisiin todeta lähes kannattamattomaksi. 14 tai enemmän liittyjällä rakentaminen voitaisiin todeta kannattavaksi.

Viereläntien laskelmissa tarkasteltiin jo rakennetun korttelijohdon ja talojohtojen rakentamisen kustannusrakennetta. Tuloksissa katsottiin, kuinka kokonaiskustannukset jakautuivat rakentamiselle, kaivuluvalle, sijoitusluvalle ja jälkikorjaustöille. Kokonaiskustannuksista suurin osa meni rakentamiseen ja toiseksi suurin osa jälkikorjaustöihin. Kaivu- ja sijoituslupa olivat hyvin pieni osa kokonaiskustannuksia.

---

Asiasanat: kaukolämpö, kustannusrakenne, kaukolämmön kannattavuus

# SISÄLLYS

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | JOHDANTO .....  | 6  |
| 2     | KAUKOLÄMPÖ.....   | 7  |
| 2.1   | Kaukolämmön tuotanto.....   | 9  |
| 2.2   | Kaukolämmön tuotannon energianlähteet .....   | 10 |
| 3     | OULUN ENERGIAN KAUKOLÄMPÖ .....   | 12 |
| 3.1   | Kaukolämmön historia Oulussa .....  | 12 |
| 3.2   | Hiilineutraalisuus Oulun Energiassa .....   | 13 |
| 4     | KAUKOLÄMPÖVERKON RAKENTAMISEN KUSTANNUKSET JA<br>KAUKOLÄMPÖLIITTYMÄSTÄ SAATAVAT TULOT ..... | 14 |
| 4.1   | Kaukolämpöverkon rakentamisen kustannukset .....  | 14 |
| 4.1.1 | Johtotyöt .....   | 14 |
| 4.1.2 | Kaivu- ja sijoituslupa .....  | 16 |
| 4.1.3 | Jälkikorjaukset .....   | 16 |
| 4.2   | Kaukolämpöliittymästä saatavat tulot .....  | 16 |
| 4.2.1 | Liittymismaksu .....  | 17 |
| 4.2.2 | Energia- ja perusmaksu .....  | 17 |
| 5     | LASKINTYÖKALUN HYÖDYNTÄMINEN UUDELLA ALUEELLA .....   | 19 |
| 5.1   | Kaukolämmön rakentaminen koko alueelle .....  | 21 |
| 5.1.1 | Talojohdot .....  | 21 |
| 5.1.2 | Runko- ja korttelijohdot .....  | 23 |
| 5.1.3 | Alueen yhteenveto .....   | 25 |
| 5.2   | Kaukolämmön rakentaminen erillispientaloalueelle .....                                      | 27 |
| 5.2.1 | Korttelijohdot .....  | 27 |
| 5.2.2 | Talojohdot .....  | 28 |
| 5.2.3 | Alueen yhteenveto .....   | 28 |
| 6     | LASKINTYÖKALUN HYÖDYNTÄMINEN VANHALLA ALUEELLA .....  | 31 |
| 6.1   | Korttelijohto .....   | 32 |
| 6.2   | Talojohdot .....  | 33 |
| 6.3   | Alueen yhteenveto .....   | 34 |

|   |                  |    |
|---|------------------|----|
| 7 | YHTEENVETO ..... | 36 |
|   | LÄHTEET.....     | 39 |
|   | LIITTEET .....   | 41 |

# 1 JOHDANTO

Kaukolämmitys on rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan lämmön keskitettyä tuotantoa ja jakelua asiakkaina oleville kiinteistöille. Kaukolämmitykselle organisoitu toiminta toteutetaan yleensä liiketoiminnan muodossa. Suomen ensimmäinen kokonaisen asuinalueen kaukolämmitysjärjestelmä rakennettiin vuonna 1940 valmistuneeseen Helsingin olympiakylään. Vuoden 2021 loppuun mennessä kaukolämpöverkon pituus oli noin 16 000 km ja kaukolämpötalojen asukkaita oli noin 3 miljoonaa.

Toimeksianto tähän opinnäytetyöhön on saatu Oulun Energian lämpöpalvelut -osastolta. Oulun Energia on vuonna 1889 perustettu Oulun kaupungin omistama osakeyhtiö, jonka perusta on energiantuotannossa. Lämpö- ja sähköpalveluiden lisäksi Oulun Energia luo tukijalkaa kiertotaloudessa sekä on mukana kehittämässä älykkäitä ja energiatehokkaita energiaratkaisuja asiakkaittensa hyödyksi.

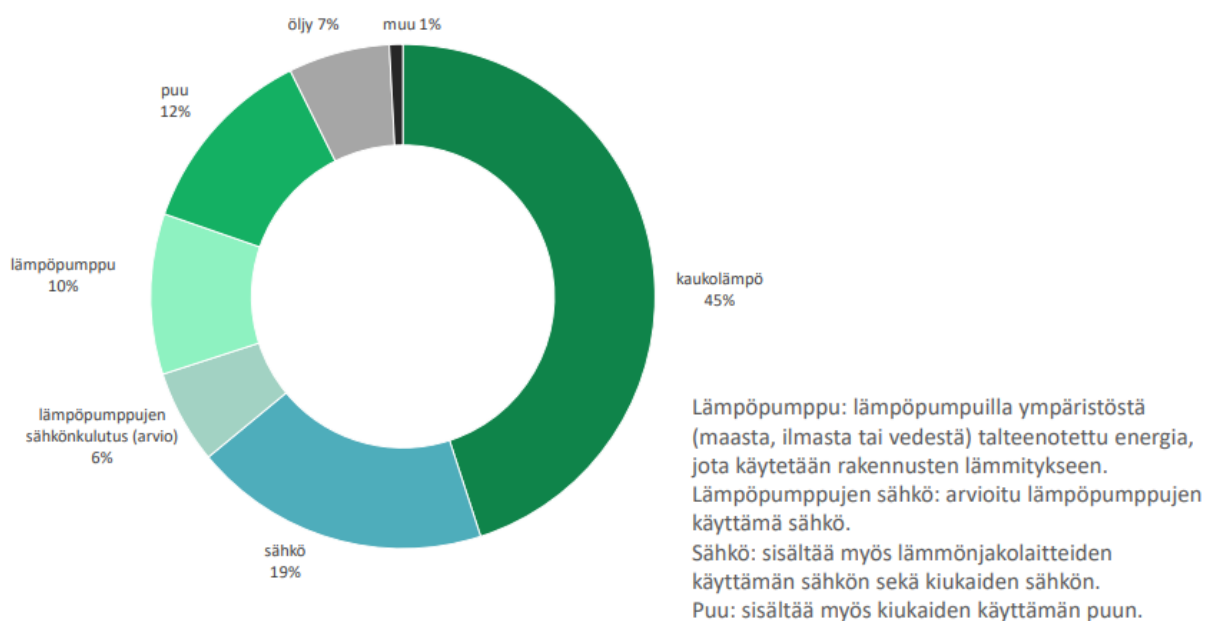
Työn tavoitteena on kehittää työkalu, joka antaa kuvaa asuinaluekohtaisesti kaukolämpöverkon rakentamisen kustannuksista ja antaa tämän pohjalta perustiedot myyntitavoitteiden määrittämiselle. Kehitettävällä työkalulla selvitetään kaukolämpöverkon rakentamisen kustannusrakennetta, kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa. (Liite 1.)

Tässä työssä ei esitetä todellisia kustannuksia tai kannattavuutta vaan laskentatyökalun toimintaa ja käytettävyyttä. Työssä esitettävät tulokset lasketaan julkisilla hinnoilla. Tämän työn laskuissa ei oteta huomioon kaukolämmön tuotantokustannuksia, joten tulokset tulevat olemaan ylioptimisia. Tämän vuoksi tässä työssä tuloksia tarkastellaan muista näkökulmista. Työssä käytettävät hinnat ovat verottomia.

Kehitetyllä työkalulla tehdään laskelmat kaukolämmön rakentamisesta uudelle sekä vanhalle asuinalueelle. Uutena alueena käytetään Vanhan Hiukkavaaran kaupunginosan pohjoisella alueella sijaitsevaa Jääkärinkangasta ja vanhana alueena Huonesuolla sijaitsevaa Viereläntietä. Laskelmissa tarkastellaan rakentamisen kustannusten muodostumista ja liittyvien pientalojen määrän vaikutusta vuosittaisiin tuloksiin.

## 2 KAUKOLÄMPÖ

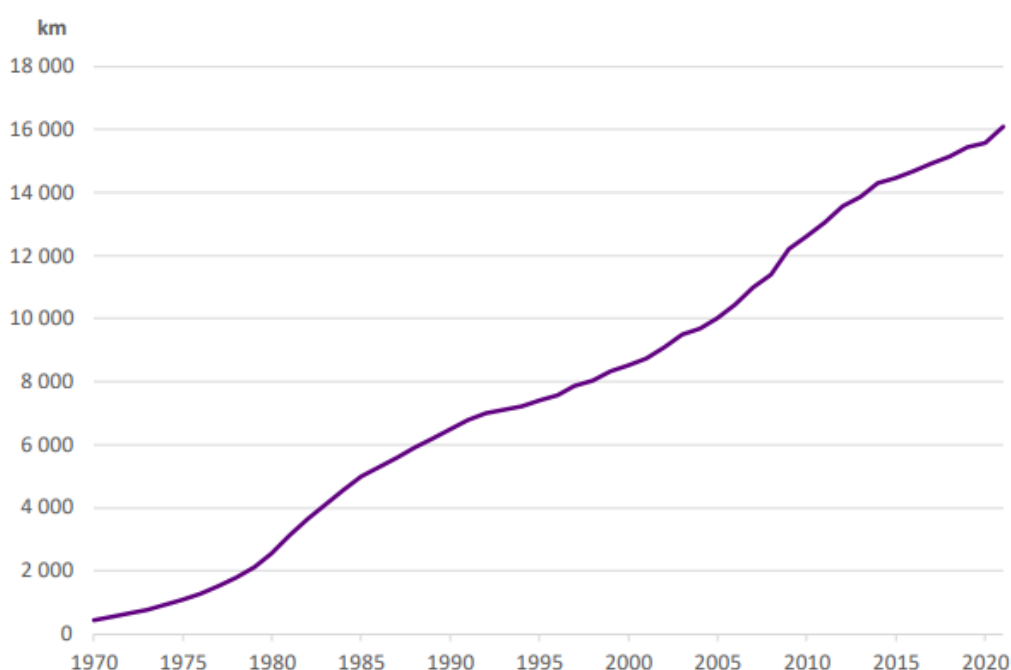
Kaukolämmitys on keskitetty lämmöntuotanto ja -jakelujärjestelmä laajoille alueille, kuten kokonaisille kaupungeille tai niiden osille. Lämmitysvoimalaitoksissa tai lämpökeskuksissa tuotettu lämpöenergia jaetaan kaukolämpöverkoston välityksellä asiakkaille. (1, s. 11.) Vesikaukolämmityksessä lämpö siirtyy kaukolämpöputkissa kiertävän veden mukana. Luovutettuaan lämmön asiakkaan kiinteistöön vesi palaa uudelleen lämmitettäväksi lämmityslaitokselle. Samaa vettä kierrätetään yhä uudelleen lämmön kuljettajana. Kaukolämpöasiakkaita voivat olla kerrostalot, pientalot, teollisuusrakennukset, liikerakennukset ja julkiset rakennukset. (2, s. 43.) Noin 3 miljoonaa suomalaista asuu kaukolämpötaloissa, ja kaukolämmön osuus lämmitysmarkkinoista oli vuoden 2021 tilastotietojen mukaan 45 % (kuva 1) (3, s. 2–3).



KUVA 1. Lämmityksen markkinaosuudet 2021 (3)

Kaukolämmön jakeluverkostoon kuuluvat siirtojohdot, runkojohdot ja talojohdot. Siirtojohdot yhdistävät yleensä lämmöntuotantolaitokset runkojohtoihin mutta myös kaupungin eri alueet toisiinsa. Runkojohdot ja jakelujohdot jakavat kaukolämpöveden siirtojohdoista pienempiin jakelujohtoihin. Runko- ja jakelujohdot voivat olla yksi ja sama asia mutta toisinaan jakelujohdosta käytetään nimitystä korttelijohto. Talojohdot, toiselta nimeltään liittymisjohdot, yhdistävät asiakkaan muuhun verkkoon.

Kaukolämpöverkosto on kaukolämpöjärjestelmän kallein osa johtuen suuresta putkimäärästä ja sen rakentamiskustannuksista. Verkoston kestävyys on ratkaisevassa asemassa kaukolämmityksen kannattavuudelle. Verkoston tulee kestää käyttökuntoisena 30–50 vuotta, sillä sen korjaus- ja kunnossapitotöistä aiheutuu kustannusten lisäksi haittaa liikenteelle ja muulle yhdyskunnan toiminnalle. Suomalainen kaukolämpöverkosto koostuu meno- ja paluuputkista, jotka yleensä asennetaan maan alle yhdensuuntaisina. Verkostoa saatetaan myös rakentaa yhdistettynä muihin rakenteisiin, kuten siltoihin ja erikoistapauksissa myös maan päälle. (1, s. 50–51.) Tilastotietojen mukaan kaukolämpöverkon pituus Suomessa vuoden 2021 lopussa oli 16 090 km (kuva 2) (4, s. 2).



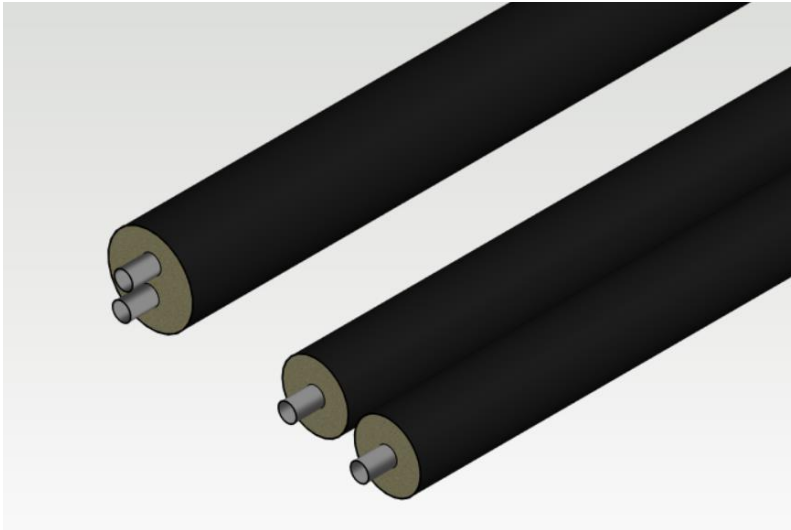
KUVA 2. Koko Suomen kaukolämpöverkon pituuden kehitys (4)

Suomessa kaukolämpöenergiaa siirretään kaksiputkijärjestelmällä. Käytetyt johdot ryhmitellään kanavarakenteen mukaan kiinnivaahdotettuihin johtotyypeihin, joustaviin johtotyypeihin, betonikanavajohtotyypeihin, muovikuorijohtotyypeihin ja muihin johtotyypeihin. Kiinnivaahdotettu johtotyyppi tuli Suomessa käyttöön 1970-luvun puolivälissä ja 1980-luvun puolivälin jälkeen käytännössä kaikki johdot on rakennettu tällä johtotyyppillä. Kiinnivaahdotetuissa kaukolämpöjohdoissa on polyuretaanieristeellä liitetty kiinteästi yhteen virtausputki ja polyeteenisuojakuori. Yksi kiinnivaahdotetun elementin hyvistä puolista on sen helppo käsiteltävyys. Lisäksi on hyvä, että suojakuoren



tai eristeen rikkoutumisesta mahdollisesti johtuva virtausputken korroosio rajoittuu rikkoontumiskohtaan. Johdon ympärillä olevan maan painuminenkaan ei pääse aiheuttamaan muutoksia johdon toiminnassa.

Yksiputkijohdossa (2Mpuk) on erilliset meno- ja paluujohdot. Yksiputkijohtoa valmistetaan yleensä DN 20...DN 600 kokoluokissa, mutta tarvittaessa DN 1200 asti. Kaksiputkijohdossa (Mpuk) on sekä meno- että paluupuolen virtausputket saman suojakuoren sisällä. Kaksiputkijohtoa valmistetaan yleensä DN 20...DN 200 kokoluokissa. Kaksiputkijohdon lämpöhäviöt ovat pienemmät kuin vastaavan yksiputkisen ja lämpöhäviön vähentämiseksi sijoitetaan menoputki paluuputken alle. (Kuva 3.) (2, s. 137–139.)



KUVA 3. Kiinnivaahdotetut kaukolämpöjohdot Mpuk ja 2Mpuk

## 2.1 Kaukolämmön tuotanto

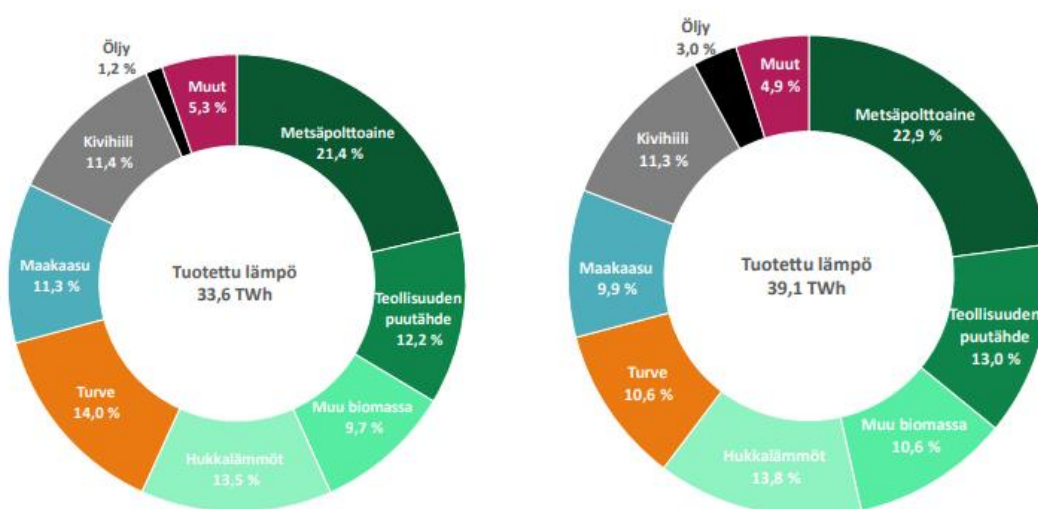
Kaukolämmityksen suurimmat edut ovat energiatehokkuus, ympäristöystävällisyys, kokonaistaloudellisuus ja toimintavarmuus. Energiataloudellisesti tehokkainta ja samanaikaisesti ympäristöystävällisintä on tuottaa kuuma kaukolämpövesi yhdessä sähköntuotannon kanssa niin, että kuumalla höyryllä tuotetaan ensin sähköä ja lopulla höyryn sisältämällä energialla lämmitetään kaukolämpöverkoston kiertovesi tarvittavaan lämpötilaan. Tällaisesta tuotannosta käytetään lyhennettä CHP (Combined Heat and Power). CHP-tuotanto voi pohjautua höyryvoimaprosessiin, kaasuturbiiniprosessiin tai moottorivoimalaitokseen. Höyryprosessissa höyrykattilan tuottama höyry ohjataan höy-

ryturiiniin läpi tuottamaan sähköä ja sen jälkeen kaukolämmön tuotantoon lämmönsiirtimissä. Kaasuturiiniprosessissa voi olla joko lämmönsiirrin ottamassa lämmön talteen savukaasusta kaukolämpöön tai erillinen jätelämpökattila. Moottorivoimalaitoksessa tuotetaan sähköä generaattorilla, ja kaukolämpöä tehdään lämmönsiirtimien avulla moottorin jäähdytysvedestä sekä savukaasuista. (1, s. 11–24.)

Lämpökeskusten tehtävänä on tuottaa kuumaa vettä kaukolämpöverkkoon, ja ne voivat toimia kaukolämpöverkostossa joko yhdessä muiden tuotantolaitosten kanssa tai yksin verkon ainoana tuotantolaitoksena. Lämpökeskukset voivat toimia peruskuormalaitoksina, huippulämpökeskuksina tai varalaitoksina. Näiden lisäksi on olemassa siirrettäviä lämpökeskuksia. Siirrettävät lämpökeskukset ovat väliaikaisia lämmön tuotantolaitoksia, joita käytetään yleensä uusilla kaukolämpöalueilla toiminnan alkuvaiheessa. (1, s. 25–26.)

## 2.2 Kaukolämmön tuotannon energialähteet

Kaukolämmön tuottamiseen voidaan käyttää useita eri polttoaineita, joista pääpolttoaineet ovat Suomessa puu, maakaasu, turve ja kivihiili (kuva 4). Yksi kaukolämmityksen merkittävistä eduista on juuri erilaisten polttoaineiden käytön mahdollisuus, jonka avulla polttoainekustannuksia voidaan optimoida. Kaukolämmön päästöihin ja muihin ympäristövaikutuksiin voidaan vaikuttaa erilaisten polttoaineiden käytöllä. Tuotantolaitoksen sijainti ja sen lämpöteho vaikuttavat paljon polttoainevalintaan. Aikaisemmin valinnan pääkriteeri oli polttoaineen hinta, mutta nykyisin kiinnitetään paljon huomiota ympäristön tarpeisiin ja -suojeluun polttoainevalintaa tehtäessä. (1, s. 35–36.)



KUVA 4. Kaukolämmön tuotannon energialähteet 2020 (vasen) ja 2021 (oikea) (4)

Suomessa on päätetty lopettaa kivihiilen energiakäyttö vuoteen 2029 mennessä. Lisäksi myös turpeen käyttöä vähennetään merkittävästi kaukolämmön tuotannossa 2030 mennessä. Öljyä käytetään nykyisin erittäin vähän ja lähinnä vain kovilla pakkasilla sekä varapolttoaineena. (5.) Kuvasta 4 nähdään, että puu- ja biopolttoaineet ovat eniten käytetyimpiä polttoaineita kaukolämmön tuotannossa vuosina 2020 sekä 2021. Näiden lisäksi on alettu myös tehokkaammin hyödyntämään hukkalämpöjä.

### 3 OULUN ENERGIAN KAUKOLÄMPÖ

#### 3.1 Kaukolämmön historia Oulussa

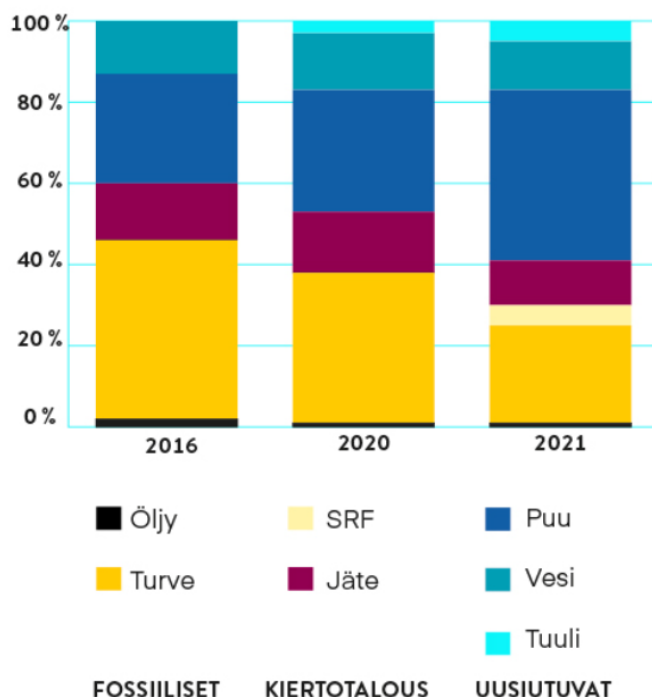
Oulun kaukolämpötoiminta alkoi vuonna 1969 ja lähti heti nopeaan kasvuun. Vuonna 1970 kaukolämpöön liitettiin eri alueita ympäri Oulua. Liitettävälle alueelle rakennettiin verkon osa ja asennettiin siirrettävä lämpökeskus. Asiakkaita liitettiin verkkoon ja asiakkaiden tilat varusteltiin mittaus- ja lämmönjakokeskuksilla. Asiakkaita oli liitetty verkkoon 54 vuoden 1971 loppuun mennessä. (6.)

Myllytulli sai Oulun ensimmäisen kiinteän lämpökeskuksen (7). Myllytullista verkkoa laajennettiin kaupunkiin ja reitin varrelta liitettiin lisää rakennuksia kaukolämpöön. Verkkoon liitettiin yhä useampia alueita, näin alkoi muodostua yhtenäinen kaukolämpöverkko. Verkon laajetessa tuli tarve lämmitysvoimalaitokselle. Oulun kaupunginvaltuusto teki 13.3.1972 päätöksen sähköä ja lämpöä tuottavan lämmitysvoimalaitoksen rakentamisesta. Ennen joulua vuonna 1976 Toppilan voimalaitoksen ensimmäinen kiinteä apukattila käynnistettiin. (6.) Kaukolämmön suosion kasvaessa tasaisesti vuonna 1984 liitettyjä kiinteistöjä oli 2620. Oulun kantakaupungin taloista 85 prosenttia oli kaukolämmitteisiä vuonna 1989. Toppila 2 -voimalaitoshankkeeseen liittyvät sopimukset allekirjoitettiin 1990-luvun puolella ja vuonna 1995 Presidentti Martti Ahtisaari vihki Oulun Energian toisen voimalaitosyksikön käyttöön. (8.)

Toppilan voimalaitoksella tuotetun kaukolämmön toimitus aloitettiin 2000-luvun puolella asiakasverkoille Kempeleen ja Oulunsalon kuntaan. Oulunsalon kunta ja Oulun Energia allekirjoittivat joulukuussa 2005 kauppakirjan Oulunsalon kaukolämpöverkon siirtämisestä Oulun Energialle. Vuonna 2009 Haukiputaan Energian kaukolämpöverkko liitettiin Oulun Energian verkkoon. Energiatoimituksen laskutusperusteena on kulutuksen mittaaminen ja alkujaan mittaustiedot toimitettiin paperisten mittaustietokorttien avulla energianmyyjälle. Vuonna 2006 aloitettiin kaukolämmön mittareiden etäluenta Oulunsalon alueella ja vuonna 2013 kaikki noin 9100 kaukolämmön käyttöpaikkaa Oulussa, Haukiputaalla ja Oulunsalossa oli saatu etäluennan piiriin. (8.) Toppila 1 -voimalaitosyksikön korvasi vuonna 2020 valmistunut Oulun Energian Laanilan biovoimalaitos, joka tuottaa energiatehokkaasti kaukolämpöä, sähköä ja prosessihöyryä (9). Uutta kaukolämpöverkkoa on rakennettu kasvavien asuin- ja yritysalueiden mukana ja vanhan verkoston kuntoa kartoitettu jatkuvasti. Vuoden 2022 alkupuolella kaukolämpöverkkoa oli mittavat 870 kilometriä. (10.)

### 3.2 Hiilineutraalisuus Oulun Energiassa

Merkittävä osuus Suomen kasvihuonepäästöistä on peräisin energiasektorilta ja tämän vuoksi energia-ala on avainasemassa globaalien ympäristöhaasteitten torjunnassa. Oulun Energia tavoittelee energiatuotannon hiilineutraalisuutta vuoteen 2030 mennessä. Energiaturpeesta on Oulun Energialla alettu luopumaan asteittain vuodesta 2020 alkaen ja käyttö lopetetaan vuoden 2024 jälkeen. Turvetta on korvattu lisäämällä puun ja jäteperäisen SRF-polttoaineen (Solid Recovered Fuel) käyttöä voimalaitoksissa. SRF-polttoaine jalostetaan kaupan ja teollisuuden jätteestä ja se koostuu pääasiassa muovista sekä biohajoavista aineista. (Kuva 5.) (11.)



KUVA 5. Oulun Energian energialähteet 2016, 2020 ja 2021 (11)

Oulun Energian tavoitteena on korvata Toppila 2 -voimalaitosyksikön tuottama energia lämmöntuotannolla, joka ei perustu polttoon, kun se tulee käyttöikänsä päähän 2030-luvulla. Uusia, uusiutuvaan energiaan perustuvia keinoja energian tuottamiseen etsitään aktiivisesti samalla, kun kehitetään uusia ratkaisuja kaukolämpöjärjestelmään. Kaukolämpöverkko esimerkiksi mahdollistaa kahdensuuntaisuuden eli sen, että yritysasiakas voi toimia myös energian tuottajana. Potentiaalia olisi tuottaa Oulun seudulla kaukolämmöstä noin 10 % hukkalämmöllä. (11.)

## **4 KAUKOLÄMPÖVERKON RAKENTAMISEN KUSTANNUKSET JA KAUKO-LÄMPÖLIITTYMÄSTÄ SAATAVAT TULOT**

Yksi työn tavoitteista oli perehtyä kaukolämpöverkon rakentamisen kustannuskomponentteihin eri tilanteissa ja niiden perusteella rakentaa työkalu kaukolämpöverkon rakentamisen kannattavuuden arviointiin. Lisäksi työssä perehdyttiin Oulun Energian kaukolämpöasiakkaista saataviin tuloihin. Nämä yhdistämällä rakennettiin Excel-työkalu, jolla voidaan tarkastella asuinaluekohtaisesti verkon rakentamisen kustannuksia ja tämän pohjalta saada perustiedot myyntitavoitteiden määrittämiselle.

### **4.1 Kaukolämpöverkon rakentamisen kustannukset**

#### **4.1.1 Johtotyöt**

Kaukolämpöjohtotyöt voidaan jakaa työvaiheittain yhteen, kahteen tai kolmeen erilliseen urakkaan. Työvaiheet ovat maarakennus-, putkiasennus- ja eristystyöt. Jokainen urakoitsija voi olla suorassa sopimussuhteessa rakennuttajaan tai päätoteuttajaan yleisten sopimusehtojen mukaisesti. Urakoitsija on myös mahdollista alistaa yhdelle pääurakoitsijalle rakennusurakan sivu-urakan alistamisehtojen mukaisesti. (2, s. 184.)

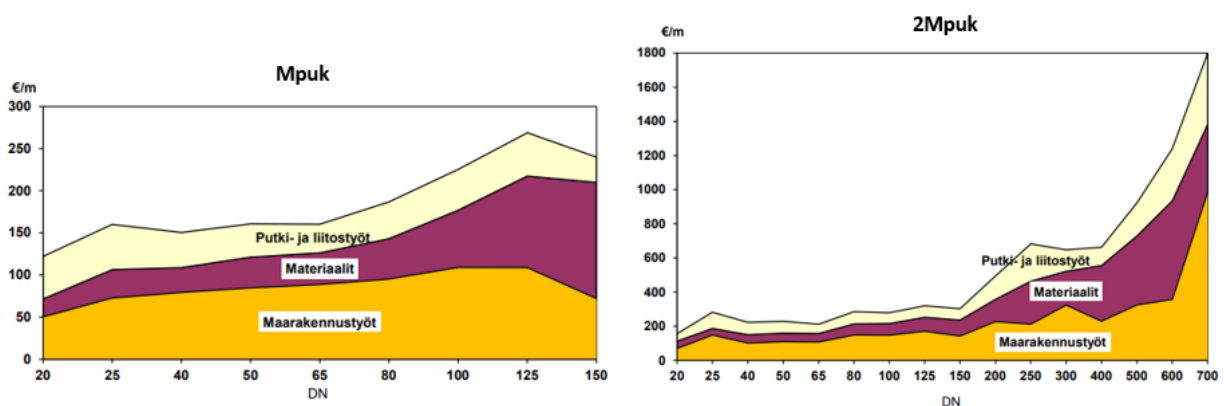
Maarakennusurakoitsija huolehtii ennen maotöiden aloittamista selvityksen johtoreitillä ennestään olevista johdoista ja kaapeleista sekä huolehtii työnaikaisen liikenteen järjestelyn edellyttämät luvat tilapäisistä liikennejärjestelyistä. Maarakennusurakoitsija huolehtii myös koko työmaan ajan kaivannon kunnosta sekä työmaan merkitsemisestä ja suojaamisesta. Johtoalusta eli kaivannon pohja tehdään tyyppipiirustuksen mukaisia materiaaleja ja kerrospaksuuksia käyttäen ja tasataan sekä tiivistetään täyttämällä suunnitelman mukaiseen korkoon. Täyttötyöt suoritetaan kerroksittain huolellisesti tiivistäen ja käytettävän johtorakenteen ja asennuspaikan asettamat vaatimukset huomioon ottaen. (2, s. 189–190.)

Putkiasennusurakoitsija sopii putkielementtien ajosta sekä huolehtii, että tulityöluvat ovat kunnossa. Putkiasennuksissa ja kuljetuksissa urakoitsija noudattaa elementtivalmistajan antamia ohjeita. Putkien hitsaustöitä saavat suorittaa ainoastaan rakennuttajan hyväksymät ammattitaitoiset

hitsaajat. Todistukset hitsaajien pätevyydestä on toimitettava rakennuttajalle ja koehitsauksen tulee vastata vähintään standardin SFS-EN 25817 hitsiluokkaa B, tai vaihtoehtoisesti röntgenluokkaa IIW 4. Putkitöissä hitsausseamien tulee vastata vähintään standardin SFS-EN 25817 hitsiluokkaa C, tai vaihtoehtoisesti röntgenluokkaa IIW 3 ilman juurivirheitä. (2, s. 191–192.)

Kiinnivaahdotettujen kaukolämpöputkien ulkoiset suojakuoret ovat mustaksi värjättyä polyeteenia ja lämmön eristeenä toimii polyuretaani. Eristystöissä kiinnivaahdotetun johdon jatkokset toteutetaan jatkosholkin tai peltijatkoksen avulla kutiste- ja hitsausliitoksina. Jatkoseristeenä käytetään polyuretaania, joka valmistetaan työmaalla konevaahdotuksena tai erillisten vaahtopakkauksien avulla. Eristystöissä asennuspaikalla on otettava huomioon jatkoksen esilämmitys, liitospintojen kuivuus sekä asennuspaikan ja liitospintojen lämpötila. (2, s. 140–141.)

Suomen eri lämpölaitosten keskimääräiset toteutuneet kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset on tilastoitu vuodelta 2019. Kustannuskyselyn vastauksia, joita voitiin hyödyntää ainakin kokonaiskustannusten osalta, oli saatu 19 kappaletta 2Mpuk-johtojen ja 17 kappaletta Mpuk-johtojen osalta (käsittäen yhteensä noin 58 % Energiategollisuus ry:n kaukolämpöä myyvien jäsenten lämmönmyynnistä ja noin 51 % kokonaisjohtopituudesta 2019). Kuva 6 esittää miten Mpuk- ja 2Mpuk-rakenteen rakentamiskustannukset jakautuvat maarakennustyöille, materiaaleille sekä putki- ja liitostöille. Kokonaiskustannukset voivat poiketa liitteenä 2 olevien kiinnivaahdotettujen yksiputkisten kaukolämpöjohtojen kokonaiskustannuksista, sillä kuva perustuu yrityksiin, jotka ilmoittivat osakustannukset, ei pelkästään kokonaiskustannuksia. (12, s. 2–7.)



KUVA 6. Mpuk- ja 2Mpuk-rakenteen rakentamiskustannukset 2019 (12, s. 7)

#### **4.1.2 Kaivu- ja sijoituslupa**

Oulussa yleisellä alueella tapahtuvaa kaivamista varten tulee aina hakea erillinen kaivulupa ennen kaivutöiden alkamista, poikkeuksena hätäkorjaustilanteet. Yleisiksi alueiksi luetaan mm. kadut, jalkakäytävät, pyörätiet, viheralueet, torit ja venesatamat. Luvat kaivamiselle yleisillä alueilla antavat Oulun kaupungin Yhdyskunta- ja ympäristöpalveluiden kadut ja liikenne yksikkö. Muualla kaivettaessa kyseisen alueen hallinnoijat myöntävät itse omat kaivu- ja sijoituslupansa. (13, s. 2.)

Uusien rakenteiden, kuten johtojen, putkien ja laitteiden pysyvään sijoittamiseen kadulle tai muulle yleisille alueille tarvitaan kaupungininsinöörin myöntämä sijoituslupa. Kaivulupaa voidaan hakea vasta, kun sijoituslupa on saatu. Luvat haetaan sähköisesti. Lupien hinnoittelu perustuu kulloinkin voimassa olevaan Oulun kaupungin Yhdyskunta- ja ympäristöpalveluiden palveluhinnastoon. (Liite 3.) (13, s. 2.)

#### **4.1.3 Jälkikorjaukset**

Oulun kaupunki teettää jälkityökorjaukset kilpailuttamallaan urakoitsijalla kaivuluvan saajan kustannuksella. Kaivupaikka korjataan samaan kuntoon kuin missä se oli ennen töiden aloittamista. Kaivuluvan saaja ei saa tehdä itse lopullisia pintoja kuten profilointia, asfaltointia, reunakivien asennuksia, kivetyksiä tai vihertöitä. Ajoradat päällystetään yleensä koko leveydeltään tai useampikaisiaisilla ajoradoilla paikkausleveys on vähintään yksi ajokaista. Kevyen liikenteen väylät päällystetään aina koko leveydeltään. Viheralueilla pohjattu alue mullataan, tiivistetään, kylvetään ja haravoitetaan. Kaivutyössä hävinneet, vioittuneet tai kuolleet kasvit; puut, pensaat ja perennat korvataan uusilla tai ne hoidetaan muutoin kuntoon. (13, s. 9–10.)

#### **4.2 Kaukolämpöliittymästä saatavat tulot**

Oulun Energian kaukolämpöasiakkaiksi voivat liittyä kotitaloudet ja yritykset Oulun kantakaupungin, Oulunsalon, Haukiputaan ja Kiimingin alueilla. Uusilla rakentamisalueilla voidaan liittää lähes poikkeuksetta kaikki kiinteistöt kaukolämpöön. Aiemmin rakennetuilla alueilla kaukolämpöön liittymisen edellytykset selvitetään aina tapauskohtaisesti. (14.) Kaukolämmön hinta muodostuu liittymismaksusta sekä käytön aikana maksettavista perus- ja energiamaksuista. Kaikkiin hintoihin sisältyy 24 %:n arvolisävero. (15.)



#### 4.2.1 Liittymismaksu

Kaukolämpöliittymän hintaan vaikuttaa asiakkaan lämmityssuunnitelmien perusteella laskettava sopimusvesivirta ( $V$ ) ja liittymisjohdon pituus metreinä ( $L$ ). Sopimusvesivirta mitoitetaan kiinteistön suurimman lämmöntarpeen mukaan ja mitoituslämpötilana Oulun Energia käyttää  $-32^{\circ}\text{C}$ :tta. Uudelle alueelle rakennettavan pientalon, jonka sopimusvesivirta on  $0\text{--}0,2\text{ m}^3/\text{h}$ , liittymän lähtöhinta on  $2900\text{ €}$  sisältäen talojohtoa  $10\text{ m}$ . Lisämetrit ovat  $60\text{ €/m}$  ja metrit lasketaan tontin rajalta tekniseen tilaan asti. Vanhalle alueelle tarjous on pyydettävä erikseen. Rivitalon tai pienen kerrostalon, jonka sopimusvesivirta on  $0,21\text{--}2,0\text{ m}^3/\text{h}$ , liittymän hinta lasketaan kaavalla

$$359,60\text{ €} + (7675,60\text{ €} \times V) + (173,60\text{ €} \times L) \quad \text{KAAVA 1}$$

Suuren kerrostalon tai muun kiinteistön, jonka sopimusvesivirta on  $2,01\text{--}10,0\text{ m}^3/\text{h}$ , liittymän hinta lasketaan kaavalla

$$4699,60\text{ €} + (5691,60\text{ €} \times V) + (198,40\text{ €} \times L) \quad \text{KAAVA 2}$$

Liittymisjohtojen pituus mitataan uusilla alueilla lämpösuunnitelmista, liittymissuunnassa olevasta tonttirajasta mahdollista liittymisjohdon reittiä pitkin sovittuun mittauskeskuksen paikkaan. Johdon pituuteen voidaan laskea myös tontin ulkopuolella olevaa johto-osuutta, jos todelliset liittämiskustannukset sitä edellyttävät. Vanhoilla alueilla myös osa korttelijohtokustannuksista voidaan laskea mukaan liittymismaksuun korkeampien rakennuskustannusten vuoksi. (16.)

#### 4.2.2 Energia- ja perusmaksu

Kaukolämmön kokonaishinta muodostuu sopimusvesivirran mukaan määräytyvästä perusmaksusta ( $\text{€/v}$ ) ja energiamaksusta ( $\text{€/MWh}$ ) (17). Energiamaksun tarkoituksena on kattaa kaukolämmön tuotannon muuttuvat kustannukset. Näitä kustannuksia ovat polttoainekustannukset, tuotantolaitoksen omakäyttöenergiakustannukset, pumppauskustannukset sekä muuttuvat käyttö- ja kunnossapitokustannukset. (1, s. 120.) Oulun Energian energiamaksu 1.1.2023 alkaen on  $66,61\text{ €/MWh}$  (17). Perusmaksun tarkoituksena on kattaa kaukolämpötoiminnan kiinteät kustannukset, joiden kustannusten taso ei riipu kaukolämmön muuttuvista tuotantokustannuksista. Näitä kusan-

nuksia ovat kiinteät palkkakustannukset, kiinteistökustannukset sekä kaukolämpöverkoston ja lämmöntuotantolaitosten kiinteät kustannukset. (1, s. 122.) Perusmaksu lasketaan Oulun Energialla kaavalla 3, 4 tai 5 riippuen sopimusvesivirrasta seuraavanlaisesti: (17.)

Sopimusvesivirta 0–0,2 m<sup>3</sup>/h

$$(2,71 \times 138 \text{ €}) \times 1,24$$

KAAVA 3

Sopimusvesivirta 0,21–5,0 m<sup>3</sup>/h

$$(2,71 \times (34 \text{ €} + 520 \text{ €} \times V) \times 1,24)$$

KAAVA 4

Sopimusvesivirta yli 5 m<sup>3</sup>/h

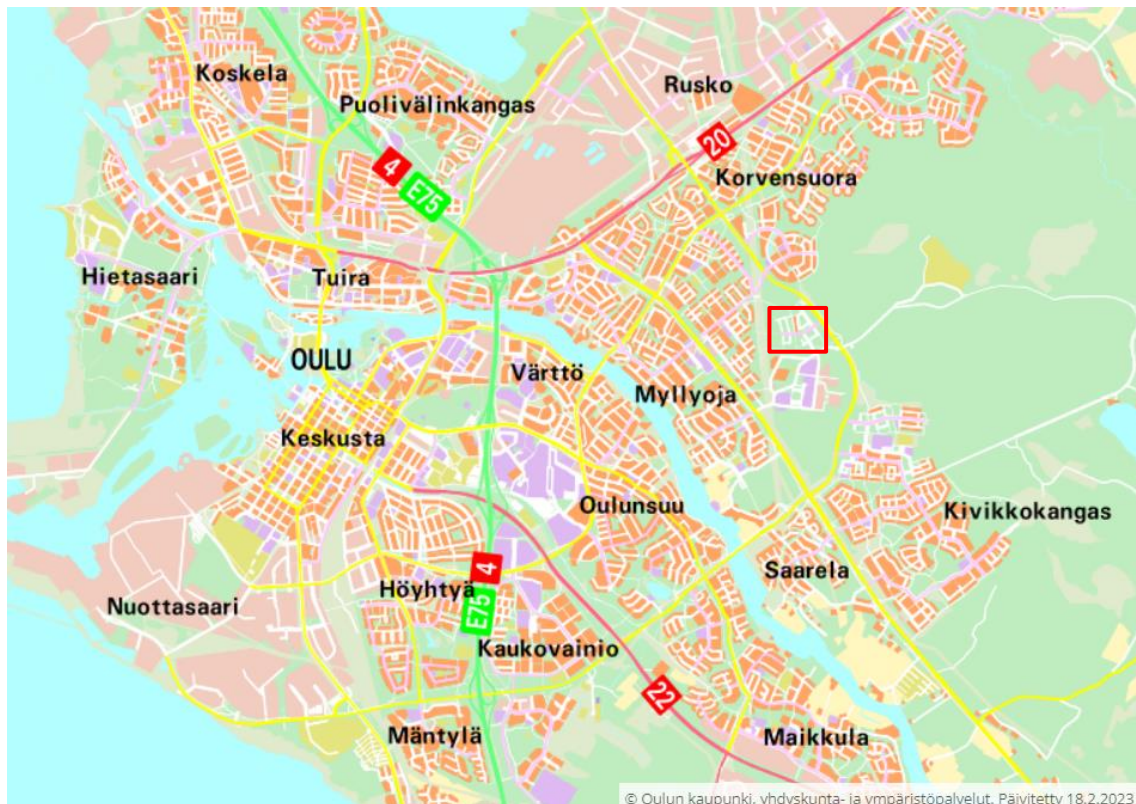
$$(2,71 \times (1134 \text{ €} + 300 \text{ €} \times V) \times 1,24)$$

KAAVA 5

## 5 LASKINTYÖKALUN HYÖDYNTÄMINEN UUDELLA ALUEELLA

Uuden alueen kaukolämpöverkon mitoitus tehdään asemakaavaan merkittyjen korttelialueiden rakentamisoikeuksien perusteella, sillä alueelle tulevien kiinteistöjen lämmitysmuodot eivät ole vielä tiedossa. Tässä työssä käytettiin uutena alueena Jääkärinkangasta. Jääkärinkangas sopi hyvin tarkastelun kohteeksi, sillä sinne on jo rakennettu kaukolämmön runkojohto.

Jääkärinkangas sijaitsee noin 4,5 km Oulun kaupungin keskustasta koilliseen, Vanhan Hiukkavaaran kaupunginosan pohjoisella alueella. Alue liittyy kiinteästi Vanhan Hiukkavaaran kaavarunkoon 2008, entiseen kasarmialueeseen, ympäröiviin alueisiin, katuihin ja reitistöihin. Alueen asemakaava on tullut voimaan heinäkuussa 2021. Jääkärinkankaalle on suunniteltu uusi pientalovaltainen asuinalue, tontti monitoimitalolle, alue mastolle, johtoalue, virkistysalue reitistöineen ja varavesilinja. Suunnittelualan pinta-ala on 44,78 hehtaaria. Alueelle voi sijoittua 239 asuntoa ja 723 asukasta. (18, s. 5–8.) Jääkärinkangas on merkitty kuvaan 7 punaisella suorakaiteella.



KUVA 7. Jääkärinkankaan alue (19)

Laskelmissa käytettiin rakentamisen hinnastona energiateollisuuden ilmoittamia vuoden 2019 vertottomia kiinnivaahdotettujen putkien kokonaishintoja (liite 2). Hinnat sisältävät maanrakennustyöt, materiaalit sekä putki- ja liitostyökustannukset. Hinnat ovat nousseet vuoden 2019 jälkeen, mutta tuoreempia julkisia johtorakennuskustannuksia ei ollut saatavilla.

## 5.1 Kaukolämmön rakentaminen koko alueelle

Ensimmäisessä laskelmassa tarkasteltiin kaukolämpöverkon rakentamista koko Jääkärinkankaalle niin, että korttelijohdot rakennettaisiin kaikkien saataville. Lisäksi mukaan laskettiin jo rakennetun runkojohdon kustannukset. Laskelmassa oletettiin, että kaikki suurimmat kuluttajat eli asuinpientalojen sekä asuinrakennusten tontit liittyvät kaukolämpöön. Erillispientaloista oletettiin liittyvän 50 %. Sijoituslupa kaukolämmön rakentamiselle oli alueelle jo olemassa. Jälkityökorjauksista ei koidu kustannuksia, sillä viheralueita ja asfaltointia ei vielä ole viimeistelty.

### 5.1.1 Talojohdot

Jääkärinkankaalla on erillispientalojen tontteja yhteensä 90. Tonttien rakennusoikeus on lähes kaikilla 200 k-m<sup>2</sup>. Koska tonteille tulevien rakennusten tietoja ei ollut saatavilla, käytettiin yhden erillispientalon talojohdon metrimääränä 25 metriä ja putkena DN 20 Mpuk. Liittymismaksun laskennassa käytettiin Oulun Energian taulukon mukaisia liittymismaksuja. Yhden omakotitalon energiakulutukseksi vuoden aikana käytettiin oletusarvona 15 MWh. Kuvasta 9 nähdään yhteenveto yhden erillispientalon talojohdon rakentamisen kustannuksista sekä liittymästä saatavista tuloista.

| Yhteenveto                       |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| <b>Rakentamisen kustannukset</b> |                        |
| Rakentaminen                     | 3050 €                 |
| Kaivulupa                        | 230 €                  |
| Sijoituslupa                     | 0 €                    |
| Jälkityöt                        | 0 €                    |
| yhteensä                         | 3280 €                 |
| <b>Sisäinen ostohinta</b>        |                        |
|                                  | 0 €/v                  |
| <b>Liittymismaksu</b>            | <b>Taulukko</b> 3065 € |
| <b>Vuosittaiset tulot</b>        |                        |
| Perusmaksu                       | 374 €/v                |
| Energiamaksu                     | 806 €/v                |
| yhteensä                         | 1180 €/v               |

KUVA 9. Yhteenveto yhden erillispientalon liittämisen kuluista ja tuloista

Yhden talojohdon rakentaminen maksaisi kaivuluvan kanssa 3280 €. Liittymismaksua saataisiin ilman veroa 3065 €, ja vuosittaisia tuloja perus- sekä energiamaksusta 1180 €. Erillispientaloja oletettiin liittyvän puolet eli 45 tonttia. Talojohdojen rakentamisen kustannukset yhteensä olisivat 147 600 € ja liittymismaksuja saataisiin yhteensä 137 903 € (kuva 10).

|   |           |
|---|-----------|
| Talojohdojen rakentamisen kustannukset yhteensä | 147600 €  |
| Sisäinen ostohinta yhteensä                     | 0 €/v     |
| Talojohdojen liittymismaksut yhteensä           | 137903 €  |
| Perusmaksut yhteensä                            | 16829 €/v |
| Energiamaksut yhteensä                          | 36259 €/v |

KUVA 10. Pientalojen rakentamisen kustannukset, liittymismaksut, perusmaksut ja energiamaksut

Asuinalueen suurimmat kuluttajat sijaitsevat Korpraalintiellä, Kirjurintiellä ja Pioneerintiellä. Korpraalintiellä on asuinpienalojen tontti, jossa on rakennusoikeutta 1620 k-m<sup>2</sup>. Kirjurintiellä on kolme asuinrakennusten tonttia ja yksi asuinpienalojen tontti, joissa kaikissa on rakennusoikeutta 1350 k-m<sup>2</sup>. Pioneerintiellä on neljä asuinpienalojen tonttia, joista kahdessa on rakennusoikeutta 1300 k-m<sup>2</sup> ja kahdessa 1000 k-m<sup>2</sup>. Tontit jaettiin laskelmaa varten kolmeen eri kokoluokkaan. Jokaiselle haettiin sopimusvesivirta ja vuosittaisen energiakulutuksen käyttöarvio vastaavan kokoisista jo olemassa olevista kaukolämmön asiakkaista (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Tonttien kokoluokat ja niiden mitoitus tiedot

|   |            | määrä | V (m <sup>3</sup> /h) | Vuosikulutus (MWh) |
|---|------------|-------|-----------------------|--------------------|
| 1 | 1000+at530 | 2     | 0,49                  | 111,33             |
| 2 | 1350+at530 | 6     | 0,75                  | 159,227            |
| 3 | 1620+at530 | 1     | 0,58                  | 144,812            |

Tonteilla voi olla rivitaloyhtiöitä tai pientaloyhtiöitä. Asuntojen määrä ja niiden koko vaikuttavat sopimusvesivirtaan sekä vuosittaiseen energian kulutukseen. Yhden tontin talojohdon metrimääränä käytettiin 30 m, sillä todelliset talojohdojen pituudet eivät ole tiedossa. Putkena käytettiin DN 40 Mpuk. Kaikille kolmelle eri kokoiselle tontille laskettiin talojohdon rakentamisen kustannukset, liittymismaksu, perusmaksu ja energiamaksu (taulukko 2). Talojohdojen rakentamisen kustannuksiksi saatiin yhteensä 42 030 € ja liittymismaksuiksi 77 921 €. Yhdeksältä tontilta perusmaksuja perittiin vuodessa 9369 € ja energiamaksuja 71 060 €.

TAULUKKO 2. Tonttien rakentamisen kustannukset, liittymismaksut, perusmaksut ja energiamaksut

| Käsin syötettävät                               |                                |                           |                       |                   |                     |       |
|---|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-------|
|   | Rakentamisen<br>kustannukset € | Sisäinen<br>ostohinta €/v | Liittymis-<br>maksu € | Perusmaksu<br>€/v | Energiamaksu<br>€/v | Määrä |
| 1   | 4670                           |                           | 7523                  | 783               | 5980                | 2     |
| 2   | 4670                           |                           | 9133                  | 1149              | 8553                | 6     |
| 3   | 4670                           |                           | 8080                  | 909               | 7779                | 1     |
| 4   |                                |                           |                       |                   |                     |       |
| 5   |                                |                           |                       |                   |                     |       |
| 6   |                                |                           |                       |                   |                     |       |
| 7   |                                |                           |                       |                   |                     |       |
| 8   |                                |                           |                       |                   |                     |       |
| Talojohtojen rakentamisen kustannukset yhteensä |                                |                           |                       |                   | 42030 €             |       |
| Sisäinen ostohinta yhteensä                     |                                |                           |                       |                   | 0 €/v               |       |
| Talojohtojen liittymismaksut yhteensä           |                                |                           |                       |                   | 77921 €             |       |
| Perusmaksut yhteensä                            |                                |                           |                       |                   | 9369 €/v            |       |
| Energiamaksut yhteensä                          |                                |                           |                       |                   | 71060 €/v           |       |

### 5.1.2 Runko- ja korttelijohdot

Jääkärinkankaan runkojohto on rakennettu vuonna 2022 muun kunnallistekniikan rakentamisen yhteydessä. Runkojohto koostuu kolmesta eri putkikoosta: DN 100 -putkea 530 m, DN 80 -putkea 250 m ja DN 65 -putkea 250 m. Putket ovat muutoin kaikki Mpuk-putkia, paitsi DN 100, joka on 2Mpuk-putkea.

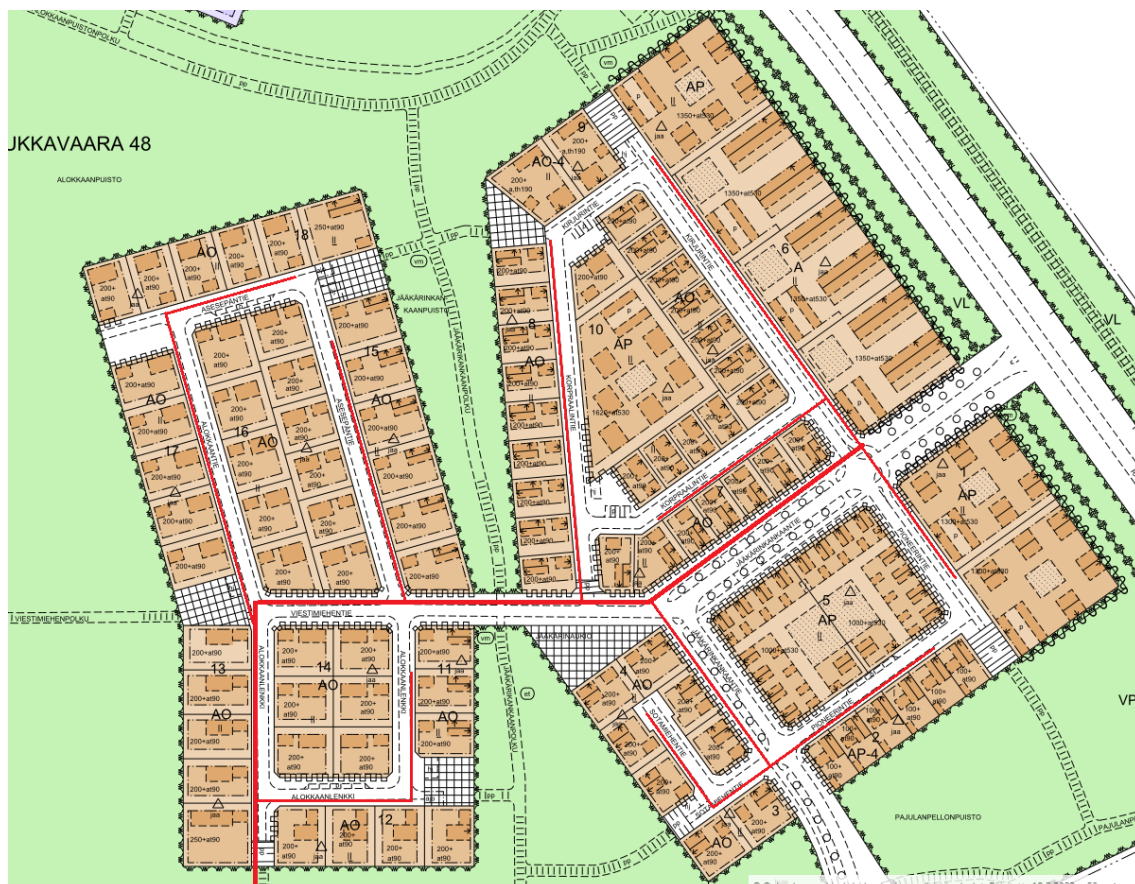
Korttelijohtojen putkikoot valittiin alueelle tulevien mahdollisten asiakkaiden tehontarpeiden perusteella. Oulun Energialla noudatetaan putkikoon valintataulukkoa johtojen mitoituksessa (liite 4). Jääkärinkankaan korttelijohtoihin putkikooksi valittiin DN 50 sekä DN 40. Painehäviön ollessa korttelijohdolla 2 bar/km ja  $\Delta T$  ollessa 60 °C, on DN 50:n siirtokyky 592 kW ja DN 40:n siirtokyky 317 kW. Taulukossa 3 on esitetty eri tieosuuksille tulevat putkien koot ja metrimäärät. Kaikki putket ovat Mpuk-putkia.



*TAULUKKO 3. Suunnitellut putkikoot ja metrit*

|                         |  |      |       |
|-------------------------|--|------|-------|
| Alokkaantie             |  | DN50 | 80 m  |
| Alokkaantie/Asesepäntie |  | DN40 | 140 m |
| Asesepäntie             |  | DN40 | 150 m |
| Alokkaanlenkki          |  | DN40 | 150 m |
| Jääkärinkankaantie      |  | DN50 | 100 m |
| Pioneerintie            |  | DN50 | 100 m |
| Pioneerintie            |  | DN40 | 60 m  |
| Sotamiehentie           |  | DN40 | 75 m  |
| Korpraalintie           |  | DN50 | 130 m |
| Korpraalintie           |  | DN40 | 50 m  |
| Korpraalintie           |  | DN40 | 100 m |
| Kirjurintie             |  | DN50 | 190 m |

Korttelijohtojen kokonaispituus on 1325 m, kun kaukolämpö rakennetaan joka tonttia varten. Tästä DN 50-kokoista putkea on 600 m ja DN 40-kokoista 725 m. Kuvassa 11 on esitetty runkojohto ja korttelijohtojen sijainnit. Tässä työssä ajateltiin kaikki korttelijohdot rakennettavan kerralla. Todellisuudessa korttelijohtoja rakennetaan sitä mukaan, kun tulevat liittyjät varmistuvat.



KUVA 11. Jääkärinkankaan runkojohto ja suunnitellut korttelijohtot



Jokaiselle putkikoolle ja -tyypille laskettiin rakentamisen kustannukset, jotka olivat yhteensä runkojohdolle ja korttelijohdoille 427 980 €. Kaivulupa laskettiin vain korttelijohdoille eli 1325 metrille. Kaivulupa ajateltiin haettavan yhdellä hakemuksella, jolloin hinnaksi saatiin 1745 €. Kokonaishinnaksi korttelijohtojen ja runkojohdon rakentamiselle saatiin 429 725 €. (Kuva 12.)

|  |          |
|--|----------|
| Rakentamisen kustannukset yhteensä                       | 427980 € |
| Kaivuluvat yhteensä                                      | 1745 €   |
| Sijoitusluvut yhteensä                                   | 0 €      |
| Jälkityöt yhteensä                                       | 0 €      |
| Siirto- ja korttelijohtojen kaikki kustannukset yhteensä | 429725 € |

KUVA 12. Runkojohdon ja korttelijohtojen kustannukset

### 5.1.3 Alueen yhteenveto

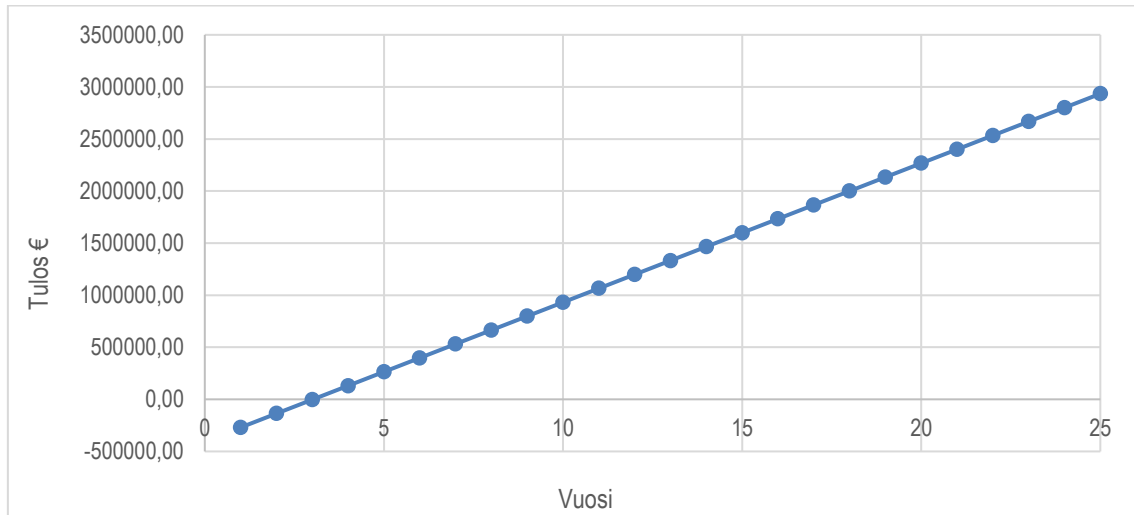
Alueen yhteenvedossa laskettiin yhteen kaikkien talojen, korttelijohtojen ja runkojohdon rakentamisen kustannukset. Kaukolämpöverkon rakentaminen kaikille isommille tonteille sekä 45 erillispientalolle, sisältäen kaivuluvat, kustantaisi 619 355 €. Liittymismaksut 45 talojen rakentamisesta olivat yhteensä 215 825 €. Vuosittaisia tuloja tulisi perusmaksuista 26 198 € ja energiamaksuista 107 319 €. (Kuva 13.)

|   |            |
|---|------------|
| <b>Rakentamisen kustannukset yhteensä</b> | 619355 €   |
| <b>Liittymismaksut yhteensä</b>           | 215825 €   |
| <b>Perusmaksut yhteensä</b>               | 26198 €/v  |
| <b>Energiamaksut yhteensä</b>             | 107319 €/v |

KUVA 13. Yhteenveto alueen rakentamisen kustannuksista ja liittymistä saatavista tuloista

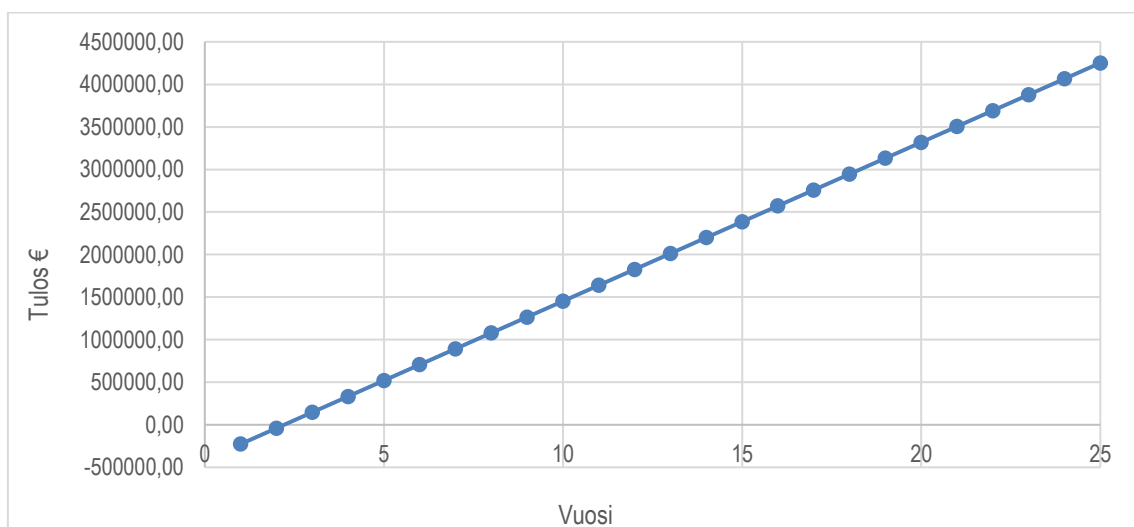
Vuosittaista tulosta tarkasteltiin laskemalla kaikki rakentamisen kustannukset sekä liittymistä saatavat tulot ensimmäiselle vuodelle. On epätodennäköistä, että kaikki liittyvät liittymisvuoden aikana. Liittymäaika ja liittymisajankohden arvioiminen on ennakkoon haasteellista, jonka vuoksi tässä työssä kaikkien on oletettu liittyvän ensimmäisen vuoden aikana. Tämän jälkeen jokaiselle vuodelle lisättiin perus- ja energiamaksut.

Vuosittaisen tuloksen tarkastelua varten saatiin laskentatyökalusta kaavion 1 mukainen käyrä. Käyrältä on luettavissa jokaiselle vuodelle tulos ja siitä nähdään vuosi, kun rakentaminen on maksanut itsensä takaisin. Laskelmissa ei ole huomioitu tuotannon kustannuksia ja siksi tulos on ylioptimistinen.



*KAAVIO 1. Vuosittaiset tulokset, kun alueelta liittyy 45 erillispientaloa*

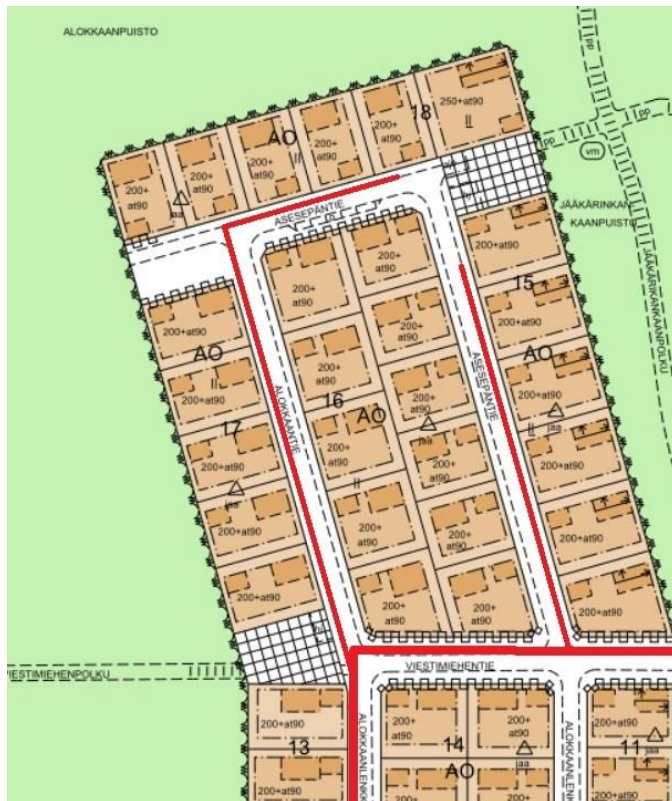
Todellisuudessa takaisinmaksuaika olisi pidempi kuin kaaviossa 1 saatu kolme vuotta ja tulos 25 vuoden jälkeen huomattavasti vähemmän. Kaaviosta 2 nähdään tuloksen muuttuminen, kun kaikki 90 erillispientaloa liittyvät. Erillispientalojen määrä ei vaikuta suuresti takaisinmaksuaikaan mutta näkyy huomattavasti parempana tuloksena vuosien aikana.



*KAAVIO 2. Vuosittaiset tulokset, kun alueelta liittyy 90 erillispientaloa*

## 5.2 Kaukolämmön rakentaminen erillispientaloalueelle

Toisessa laskelmassa tarkasteltiin erillispientaloalueen rakentamisen kustannuksia sekä liittyjien määrän vaikutusta vuosittaiseen tulokseen. Laskelmat tehtiin Jääkärinkankaan Alokkaantielle ja Asesepäntielle, jossa erillispientaloja on yhteensä 28 (kuva 14). Laskelmissa ei otettu huomioon runkojohdon rakentamisen kustannuksia. Korttelijohtojen sijoitusluvat on haettu runkojohdon sijoitusluvan yhteydessä, joten sijoituslupaa ei tarvitse hakea erikseen. Koska alue on vielä viimeistelemättä, myöskään jälkikorjaustöille ei ole tarvetta.



KUVA 14. Alokkaantien ja Asesepäntien korttelijohdot

### 5.2.1 Korttelijohdot

Alueelle suunniteltiin kaksi erillistä korttelijohtoa. Alokkaantien-Asesepäntien korttelijohto suunniteltiin alkavan DN 50-johtona noin 80 metriä, jonka jälkeen se supistuu DN 40-johdoksi. Asesepäntielle suunniteltiin DN 40-johto. Yhteensä DN 40-putkea tulisi 290 metriä. Molempien korttelijohtojen putkityyppi olisi Mpuk. Korttelijohtojen rakentamisen kustannuksiksi laskettiin 55 480 € ja kaivuluvan hinnaksi 370 metrille kaivantoa 599 €. (Kuva 15.)

|  |         |
|--|---------|
| Rakentamisen kustannukset yhteensä                       | 55480 € |
| Kaivuluvat yhteensä                                      | 599 €   |
| Sijoitusluvut yhteensä                                   | 0 €     |
| Jälkityöt yhteensä                                       | 0 €     |
| Siirto- ja korttelijohtojen kaikki kustannukset yhteensä | 56079 € |

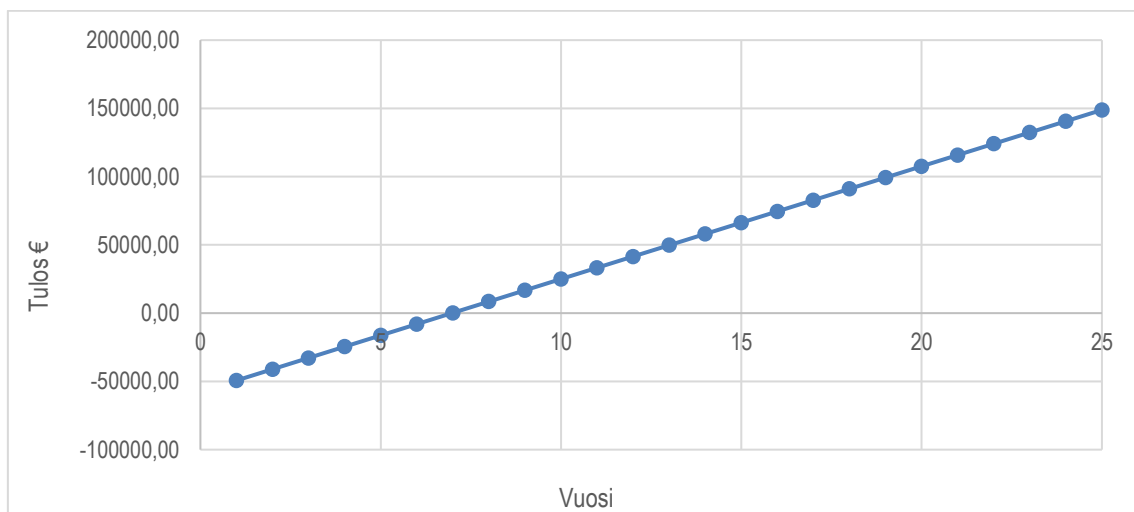
KUVA 15. Yhteenveto korttelijohtojen rakentamisen kustannuksista

### 5.2.2 Talojohdot

Talojohdoille käytettiin samoja oletusarvoja kuin edellisessä laskennassa. Yhden talojohdon pituudeksi arvioitiin 25 m ja yhden erillispientalon vuosittaiseksi energiankulutukseksi 15 MWh. Yhden talojohdon rakentamisen kustannukseksi laskettiin 3050 € ja kaivuluvan hinnaksi 230 €. Liittymismaksusta saatava tulo olisi 3065 €. Vuosittaisia tuloja yhdestä liittyjästä saataisiin perus- ja energiamaksun muodossa 1180 €.

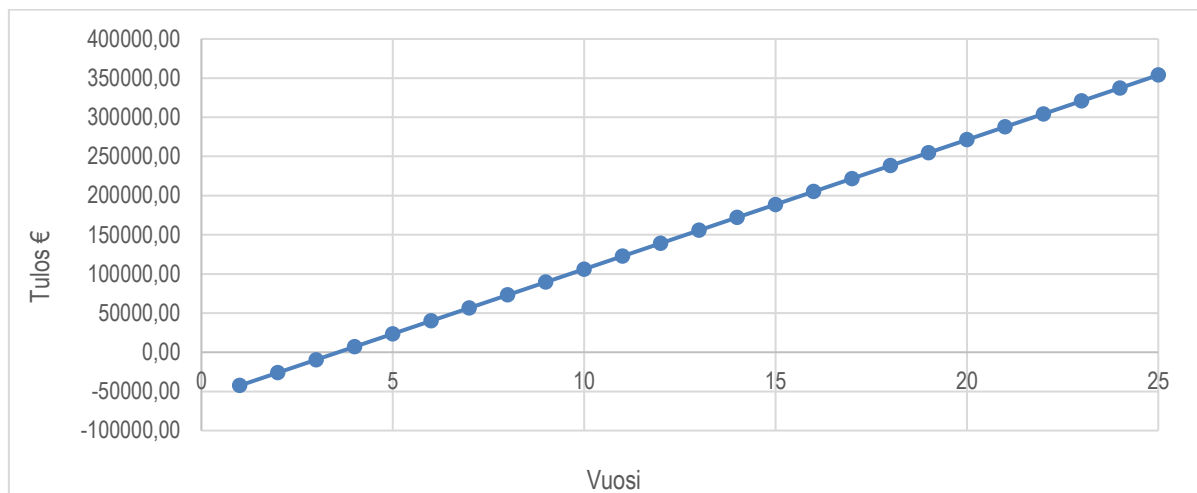
### 5.2.3 Alueen yhteenveto

Vuosittaista tulosta alueella tarkasteltiin ensin seitsemällä liittyjällä. Kaikkien talo- ja korttelijohtojen rakentamisen kustannuksiksi laskettiin 79 039 €. Kustannukset laskettiin kaikki ensimmäiselle vuodelle kuten myös liittymismaksuista saatavat tulot 21 452 €. Jokaiseen vuoteen lisättiin sitten perus- ja energiamaksut 8258 €. Näin pienellä liittyjä määrällä voitollinen vuositulos saavutettaisiin vasta useitten vuosien jälkeen (kaavio 3).



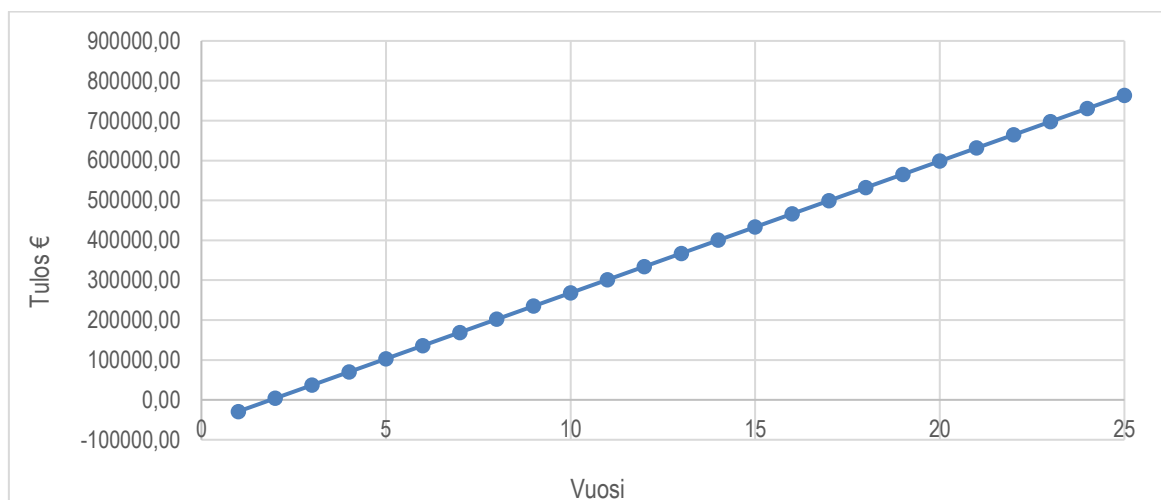
KAAVIO 3. Vuosittaiset tulokset, kun alueelta liittyy 7 erillispientaloa

Seuraavaksi aluetta tarkasteltiin niin, että erillispientaloista puolet liittyisivät. Neljälletoista talojohdolle laskettiin rakentamisen kustannuksiksi 101 999 € ja liittymismaksuista saataviksi tuloiksi 42 903 €. Nämä laskettiin kaikki ensimmäiselle vuodelle mihin lisättiin sitten vuosittain perus- ja energiamaksuja 16 516 €. Kaaviosta 4 nähdään, että positiivinen tulos saavutettaisiin huomattavasti nopeammin kuin seitsemällä liittyjällä.



KAAVIO 4. Vuosittaiset tulokset, kun alueelta liittyy 14 erillispientaloa

Viimeisenä aluetta tarkasteltiin niin, että kaikki erillispientalot liittyisivät kaukolämpöön. 28:n talojohdon ja korttelijohtojen rakentamisen kustannuksiksi laskettiin 147 919 €. Liittymismaksut toisivat tuloja 85 806 € ja vuosittain tuloja saataisiin perus- ja energiamaksuista 33 033 €. Kaaviosta 5 nähdään, että täydellä liittyjä määrälläkin tulos jää edelleen aluksi tappiolliseksi.



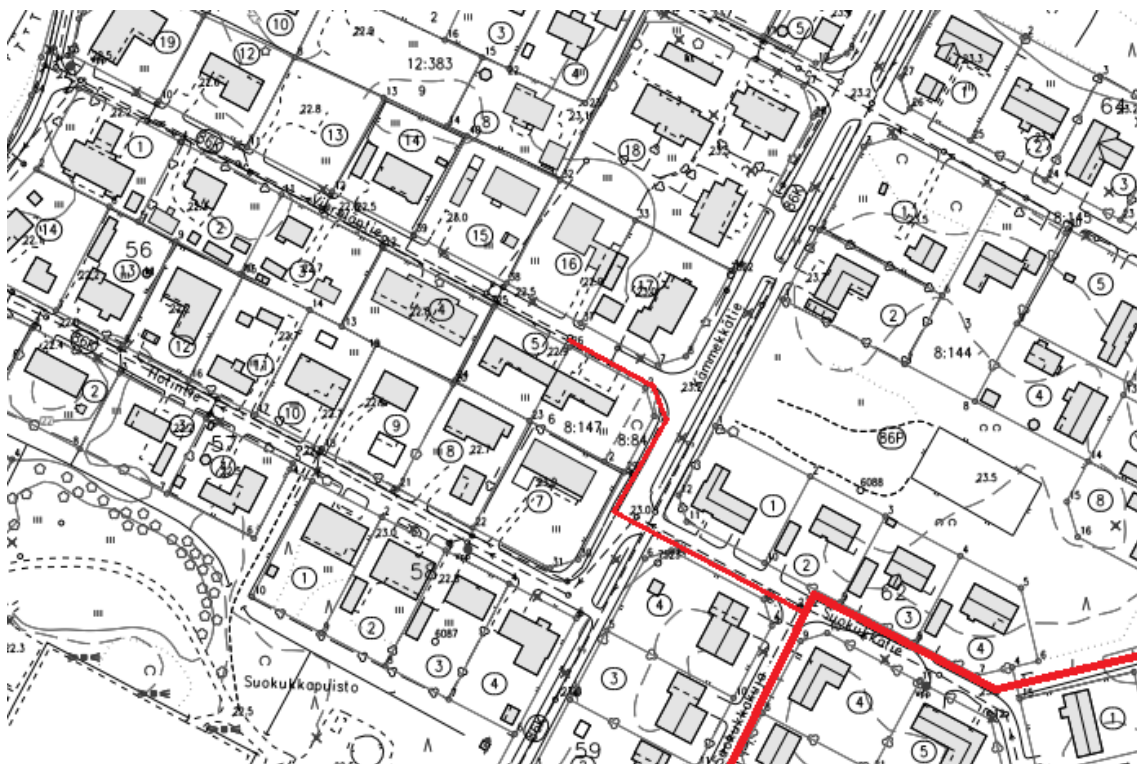
KAAVIO 5. Vuosittaiset tulokset, kun alueelta liittyy 28 erillispientaloa

Todellisuudessa kaikki takaisinmaksuajat olisivat pidempiä ja tulokset 25 vuoden jälkeen pienempiä. Vaikka tuloksina saadut luvut eivät pidä sellaisenaan lähellekään paikkaansa, nähdään niistä, kuinka merkittävä ero on liittymäärien välillä. 14 tai enemmän liittyjällä saavutetaan kohtuullinen takaisinmaksuaika ja tarpeeksi suuri tulos 25 vuoden jälkeen. 7 liittyjällä takaisinmaksuaika venyisi hyvin pitkäksi ja tulos 25 vuoden jälkeen jäisi niin pieneksi, että se ei kattaisi vielä saneerauksen kustannuksia. Verkon tulisikin kerryttää tuloja mahdollisia tulevia kunnossapito- ja saneeraustöitä silmällä pitäen. Saneeraaminen on kallista, sillä silloin kustannukset jäävät lämmönmyyjän maksettaviksi. Rakentamisen kustannuksiin vaikuttaa silloin lisäksi jälkityökustannukset, jotka voivat paikasta riippuen olla tuhansia euroja.

## 6 LASKINTYÖKALUN HYÖDYNTÄMINEN VANHALLA ALUEELLA

Kaukolämmön rakentaminen vanhalle alueelle eroaa uuden alueen rakentamisesta mm. siten, että vanhalla alueella rakentamisen kustannuksiin lisätään yleensä aina jälkikorjauksista aiheutuvat kulut. Oulun kaupunki teettää jälkikorjaukset itse kilpailuttamallaan urakoitsijalla, ja kaivupaikka korjataan aina samaan kuntoon kuin se oli ennen töiden aloittamista. Vanhoilla alueilla kaukolämmön rakentaminen selvitetään aina tapauskohtaisesti. Päätökseen rakentamisesta vaikuttaa rakennettava matka, vanhan verkoston tehokapasiteetti ja liittyjien määrä rakennettavalta matkalta.

Tarkastelu kohteeksi valittiin Oulusta Huonesuon alueella sijaitseva Viereläntie, jonne rakennettiin syksyllä 2022 korttelijohto (kuva 16). Korttelijohto rakennettiin Suokukkieltä Kämmekkätien kautta Viereläntielle, ja se palvelee tällä hetkellä kolmea liittyjää. Viereläntie koostuu kokonaan erillispien-talotonteista.



KUVA 16. Viereläntielle rakennettu korttelijohto

## 6.1 Korttelijohto

Korttelijohdon rakentaminen aloitettiin DN 50-putkella ja supistettiin DN 40-putkeen Kämmekkätien alituksen jälkeen. DN 50- ja DN 40-putkea rakennettiin kumpaakin 70 m eli korttelijohdon pituudeksi tuli 140 m. Kaukolämpöputkelle haettiin sijoituslupa ja kaivulupa Oulun kaupungin ohjeiden sekä hinnastojen mukaisesti. Rakentamisen hinnastona käytettiin tässä työssä 2019 tilastoituja kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen rakentamisen kokonaiskustannuksia. Korttelijohto tekee kaksi tienalitusta, Suokukkiellä sekä Kämmekkätiellä, ja kulkee muuten viheralueilla. Jälkikorkauksille laskettiin kustannusarviot asfaltoinnille ja nurmetukselle arvioitujen hintojen perusteella. Kuvasta 17 nähdään rakentamisen hintaerittely. Korttelijohdon rakentamisen kokonaiskustannukseksi laskettiin 26 015 €.

|  |         |
|--|---------|
| Rakentamisen kustannukset yhteensä                       | 21350 € |
| Kaivuluvat yhteensä                                      | 380 €   |
| Sijoitusluvat yhteensä                                   | 235 €   |
| Jälkityöt yhteensä                                       | 4050 €  |
| Siirto- ja korttelijohtojen kaikki kustannukset yhteensä | 26015 € |

KUVA 17. Yhteenvedo korttelijohdon rakentamisen kustannuksista

Kaaviosta 6 voidaan tarkastella rakentamisen kustannusten jakautumista. Kustannukset on jaettu rakentamiseen, kaivulupaan, sijoituslupaan ja jälkitöihin.



KAAVIO 6. Korttelijohdon rakentamisen kustannusten jakautuminen



Kalleinta kaukolämmön rakentamisessa ovat itse rakennustyöt sisältäen materiaalit, maatyöt ja putkiasennuksen. Kaivu- ja sijoituslupan osuus kokonaiskustannuksista jää todella pieneksi, mutta jälkikorjaustyöt näkyvät selkeästi kokonaiskustannuksissa. Kalleinta jälkitöissä on ehdottomasti asfaltointi. Asfaltointi tehdään aina koko kaistan leveydeltä, vaikka kaivanto olisi tien reunassa. Tienalituksissa asfaltoitavaa on yleensä 3 m x tien leveys. Myös nurmetuksessa korjattava alue on aina isompi kuin itse kaivanto, sillä esimerkiksi kaivettavat maat läjitetään yleensä kaivannon lähetyville.

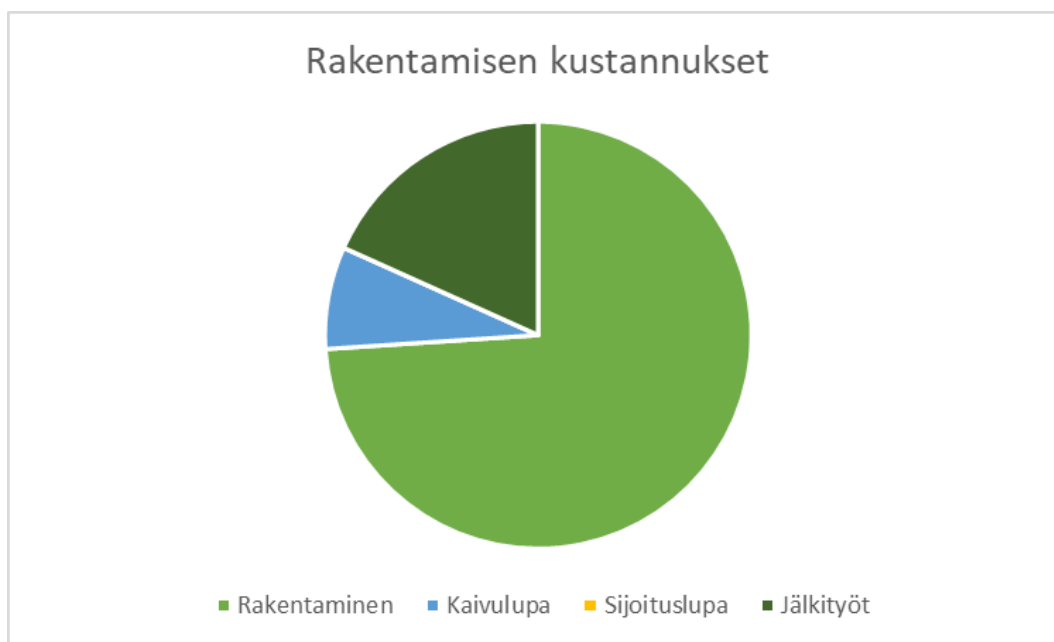
## 6.2 Talojohdot

Kaukolämpö rakennettiin kolmelle asiakkaalle, joista kaksi tuli saman talojohdon päähän yhdistetyn lämmönjakohuoneen vuoksi. Talajohtoa rakennettiin ensimmäiselle asiakkaalle 18 m ja toisille asiakkaille 11 m. Ensimmäinen talojohdot liitettiin korttelijohtoon viheralueella ja se alitti Viereläntien, joten sille koostui jälkikorjauskustannuksia asfaltoinnista sekä nurmetuksesta. Jälkikorjauskustannuksiksi laskettiin 543 €. Talojohdon rakentamisen kustannuksiksi laskettiin yhteensä 2969 €. Kuvasta 18 nähdään yhteenveto ensimmäisestä talojohdosta.

| Yhteenveto                       |          |          |
|----------------------------------|----------|----------|
| <b>Rakentamisen kustannukset</b> |          |          |
| Rakentaminen                     |          | 2196 €   |
| Kaivulupa                        |          | 230 €    |
| Sijoituslupa                     |          | 0 €      |
| Jälkityöt                        |          | 543 €    |
|                                  | yhteensä | 2969 €   |
| <b>Sisäinen ostohinta</b>        |          |          |
|                                  |          | 0 €/v    |
| <b>Liittymismaksu</b>            |          |          |
|                                  | Oma      | 4435 €   |
| <b>Vuosittaiset tulot</b>        |          |          |
| Perusmaksu                       |          | 374 €/v  |
| Energiamaksu                     |          | 967 €/v  |
|                                  | yhteensä | 1341 €/v |

KUVA 18. Ensimmäisen talojohdon yhteenveto

Kaaviosta 7 voidaan tarkastella ensimmäisen talojohdon rakentamisen kustannusten jakautumista. Talojohdossa kaivulupa ja jälkikorjaustyöt näkyvät selkeämmin kokonaiskustannuksissa, sillä melkein puolet rakentamisesta tapahtuu kaupungin puolella. Uusissa liittymissä kaivannot saavat tontin puolella hiekkapeiton ja jälkityöt jäävät muutoin asiakaan itse hoidettavaksi. Kaivulupa haetaan ainoastaan kaupungin puolelle.



KAAVIO 7. Ensimmäisen talojohdon rakentamisen kustannusten jakautuminen

Toisen talojohdon rakentaminen lähti lähes tontin rajalta ja sillä oli pituutta 11 m. Talojohdolle ei haettu erillistä kaivulupaa ja siitä ei aiheutunut uusia jälkityökorjauksia. Talojohdon rakentamisen hinnaksi laskettiin 1342 €. Jokaiselta kolmelta liittyjältä perittiin liittymismaksua 4435 €. Liittymismaksuissa on otettu talojohdon rakentamisen kustannusten lisäksi huomioon korttelijohdon rakentaminen sekä jälkikorjaustyöt. Jokainen liittynä maksaa lisäksi vuosittain perusmaksua 374 € ja energiamaksua arviolta 967 €.

### 6.3 Alueen yhteenveto

Kortteli- ja talojohtojen rakentamisen kustannuksiksi laskettiin 30 326 € sisältäen kaivu- ja sijoitusluvut sekä jälkikorjaustöistä aiheutuvat kustannukset. Liittymismaksuja perittiin kolmelta liittyjältä yhteensä 13 306 €. Vuosittain perus- ja energiamaksuista saadaan tuloja 4023 €.

Korttelijohto ja talojohdot rakennettiin kerralla, joten rakentamisen kustannukset laskettiin ensimmäiselle vuodelle. Tässä työssä myös jälkikorjaustöistä aiheutuvat kustannukset lisättiin ensimmäiselle vuodelle, vaikka usein jälkikorjaustyöt hoituvat vasta paljon myöhemmin. Rakentamisen kustannuksista vähennettiin talojohdojen liittymismaksut. Vuosittaiseen tulokseen lisättiin perus- ja energiamaksut.

Takaisinmaksuaika kolmella liittyjällä on kohtuullinen. Liittyjämäärällä oli tässä tapauksessa suuri vaikutus, ja korttelijohdon rakentaminen yhtä liittyjää varten tuskin olisi ollut kannattavaa. Korttelijohtoon on myös mahdollista tulevaisuudessa liittää uusia kaukolämpöasiakkaita, jolloin sen rakentamisesta saadaan irti vielä suuremmat hyödyt.

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää työkalu, joka antaa kuvaa asuinaluekohtaisesti kaukolämpöverkon rakentamisen kustannuksista ja antaa tämän pohjalta perustiedot myyntitavoitteiden määrittämiseksi. Hankitun tiedon perusteella kehitettiin Excel-pohjainen laskentatyökalu, jolla selvitettiin kaukolämpöverkon rakentamisen kustannusrakennetta, kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa aluekohtaisesti.

Laskentatyökalu käyttää rakentamisen metrihintana kokonaiskustannuksia sisältäen materiaalit, maanrakennustyöt ja putkiasennuksen. Kokonaiskustannus hinnoilla saadaan hyvä kuva siitä, millälaisista summista rakentamisesta puhutaan. Todellinen rakentamisen kustannus voi kuitenkin olla enemmän tai vähemmän, sillä lopulliset kustannukset riippuvat paljon käytetyistä materiaaleista, työmaan vaativuudesta, sääolosuhteista ja hitsattavien saumojen määrästä. Metrihinnan lisäksi on rakentamisen kustannuksissa otettu huomioon mahdollisesti tarvittavat kaivulupa, sijoituslupa ja jälkikorjaustyöt.

Tässä työssä saadut tulokset on laskettu energiateollisuuden vuonna 2019 tilastoiduilla rakentamisen metrihinnoilla. Tuloksena saadut kustannukset eivät sellaisenaan ole luotettavia, sillä vallitsevan maailmantilanteen vuoksi rakentaminen on kallistunut huomattavasti. Materiaalien ja polttoaineiden hinnat ovat nousseet useita prosentteja vuoden 2019 jälkeen. Laskentatyökalussa hinnasto on helposti muutettavissa ja Oulun Energialle tehdyssä versiossa on käytetty heidän omaa hinnastoaan. Oulun Energialle tehdyssä versiossa on otettu huomioon myös heidän sisäinen energian ostohintansa, joka vähennetään saatavista energiamaksuista. Takaisinmaksuajat ovat todellisuudessa pidempiä, kuin tässä työssä tuloksena saadut ajat. Tarkan takaisinmaksuajan laskeminen vaatisi lisäksi monen muunkin asian huomioon ottamista. Esimerkiksi rakentamisen kustannukset tulisi jakaa tarkempiin hinnastoihin materiaalien, maanrakennustöiden ja putkiasennusten osalta. Myös kustannuseroja uusien ja vanhojen alueiden välillä tulisi tarkentaa. Laskenta tapahtuu voimassa olevalla energiamaksulla eikä huomioi sen muuttumista vuosien aikana.

Laskentatyökalun kehittämisen jälkeen sillä tehtiin esimerkki laskelmia sekä uudelle, että vanhalle asuinalueelle. Uudeksi alueeksi valittiin Vanhan Hiukkavaaran kaupunginosan pohjoisella alueella

sijaitseva Jääkärinkangas, sillä sinne on vuonna 2022 rakennettu kaukolämmön runkojohto. Vanhaksi alueeksi valittiin Huonesuolla sijaitseva Viereläntie. Viereläntielle rakennettiin vuonna 2022 korttelijohto, joka palvelee tällä hetkellä kolmea kaukolämpöasiakasta.

Jääkärinkankaan runkojohto kulkee alueen läpi Viestimiehentietä Jääkärinkankaantielle, jossa se päättyy ennen kirjurintien risteystä. Runkojohto koostuu DN 100 2Mpuk-osuudesta, DN 80 Mpuk-osuudesta ja DN 65 Mpuk-osuudesta. Alueelle suunniteltiin korttelijohdot kaikkien tonttien saataville. Korttelijohtojen putkikooksi mitoitettiin DN 50 ja DN 40. Tonteista ei ollut vielä saatavilla suunnitelmia, joten talojohdoille käytettiin oletusarvoja. Kaikkien erillispientalojen talojohtojen oletettiin olevan putkikokoa DN 20 ja pituudeltaan 25 m. Asuinpientalojen sekä asuinrakennusten talojohtojen oletettiin olevan putkikokoa DN 40 ja pituudeltaan 30 m.

Mitoittamisen jälkeen tutkittiin verkon rakentamiskustannuksia ja liittymistä saatavia tuloja, sillä oletuksella, että kaikki isommat kuluttajat ja erillispientaloista 50 % liittyvät. Laskelmista saatiin hyvää kuvaa siitä mistä rakentamisen kustannukset koostuvat ja kuinka isoista rahasummista puhutaan. Vuosittaista tulosta tarkasteltiin laskemalla kaikki rakentamiskustannukset ensimmäiselle vuodelle. Rakentamiskustannuksista vähennettiin liittymismaksut ja lisättiin jokaiselle vuodelle perus- ja energiamaksuista saatavat tulot. Erillispientalojen määrän vaikutusta vuosittaiseen tulokseen verrattiin tekemällä laskelmat myös niin, että kaikki liittyvät.

Molemmissa tapauksissa jäädään rakentamisessa ensimmäisinä vuosina tappiollisiin tuloksiin. Ensimmäisen positiivisen tuloksen saavuttaminen ei kuitenkaan vie kohtuuttoman kauan. Vuoden 2019 hinnoilla ja energialaitoksen sisäistä ostohintaa huomioimatta, 45 erillispientalon liittyessä kaukolämpöön saavutetaan positiivinen tulos neljäntenä vuonna. Vastaavasti 90 erillispientalon liittyessä positiivinen tulos saavutetaan kahden vuoden jälkeen. Todellisuudessa takaisinmaksuaika olisi pidempi, sillä rakentamiskustannukset olisivat suuremmat kuin tuloksissa. Lisäksi siihen vaikuttaisi myös asiakkaitten liittymisajankohdat, sillä on hyvin epätodennäköistä, että kaikki liittyisivät ensimmäisen vuoden aikana.

Liittyvien erillispientalojen määrän vaikutusta vuosittaisiin tuloksiin haluttiin tutkia vielä tarkemmin. Laskelmat tehtiin Jääkärinkankaan Alokkaantielle ja Asesepäntielle, jossa on yhteensä 28 erillispientaloa. Alueelle suunniteltiin kaksi korttelijohtoa putkikoossa DN 50 ja DN 40. Runkojohtoon rakentamiskustannuksia ei otettu näissä laskelmissa huomioon. Talojohtojen oletettiin olevan putkikoossa DN 20 ja pituudeltaan 25 m.

Mitoittamisen jälkeen laskettiin alueelle rakentamiskustannukset, liittymismaksut sekä perus- ja energiamaksuista saatavat tulot kolmella eri liittymämäärällä. Liittymämääräksi otettiin 7, 14 ja 28. Kaikki laskelmat tehtiin niin, että rakentamiskustannukset laskettiin ensimmäiselle vuodelle ja niistä vähennettiin liittymismaksut. Jokaiselle vuodelle lisättiin sitten perus- ja energiamaksut.

Kaikissa tapauksissa jäädään aluksi tappiolliseen tulokseen. Todellisuudessa myös näissä laskelmissa rakentamiskustannukset olisivat isommat ja niin ollen myös takaisinmaksuaika olisi pidempi. Kaavioista kuitenkin nähdään liittyjien määrän vaikutus vuosittaisiin tuloksiin. 7 liittyjällä takaisinmaksuaika olisi todella pitkä ja tulos jäisi 25 vuodenkin jälkeen heikoksi. 14:sta ja suuremmalla liittyjä määrällä takaisinmaksuajasta saadaan kohtuullinen. Verkosto kerryttäisi suuremmalla liittymämäärällä tarpeeksi hyvää tulosta, jolla katettaisiin mahdolliset tulevat kunnossapito- ja saneeraustyöt.

Viimeisessä laskelmassa tarkasteltiin Viereläntielle rakennetun korttelijohdon rakentamiskustannusten muodostumista ja takaisinmaksuaikaa. Korttelijohto rakennettiin Suokukkatieltä Kämmekekätien kautta Viereläntielle ja siihen liitettiin kolme asiakasta kahdella talojohdolla. Korttelijohto koostuu DN 50- ja DN 40-putkikoosta. Talojohdot rakennettiin putkikoossa DN 20.

Korttelijohdon ja talojohdojen kokonaiskustannukset koostuivat rakentamisesta, kaivuluvasta, sijoitusluvasta ja jälkikorjaustoista. Kokonaiskustannuksista suurin osa menee rakentamiseen ja toiseksi suurin osa jälkikorjaustoihin. Kaivu- ja sijoituslupa ovat hyvin pieni osa kokonaiskustannuksia. Jälkikorjaustyöt voivat olla kalliita ja niitä joudutaan aina tekemään isommalle alueelle, kuin mitä itse kaivanto on vienyt. Takaisinmaksuajan todettiin olevan kohtuullinen, kun liittyjä on kolme. Yhtä liittyjää varten rakentaminen tuskin olisi ollut kannattavaa. Korttelijohdosta voidaan saada vielä tulevaisuudessa enemmänkin hyötyjä irti, jos uusia kaukolämpöasiakkaita liittyy.

Kaukolämmön rakentamisessa ei kuitenkaan aina voida keskittyä pelkästään siihen, kuinka kannattavaa se kaikissa kohteissa energiyhtiölle on. Energiyhtiöillä kuten Oulun Energialla on yhteiskunnallinen vastuu tarjota ympäristöystävällistä lämmitysmuotoa alueensa asukkaille. Oulun Energia tarjoaakin kaukolämpöä kaikille, kenelle se on verkon sijainnin, teknisen toimivuuden ja kohtuullisten rakennuskustannusten kannalta mahdollista rakentaa.

## LÄHTEET

1. Mäkelä, Veli-Matti & Tuunanen, Jarmo 2015. Suomalainen kaukolämmitys. Mikkelin ammattikorkeakoulu.
2. Kaukolämmön käsikirja 2006. Kaukolämpö. Helsinki: Energiateollisuus ry.
3. Kaukolämpö 2021. Helsinki: Energiateollisuus ry. Hakupäivä 10.1.2023. [https://energia.fi/files/5650/Kaukolampo\\_2021\\_v2.pdf](https://energia.fi/files/5650/Kaukolampo_2021_v2.pdf).
4. Kaukolämpötilasto 2021. Kaukolämpö. Helsinki: Energiateollisuus ry. Hakupäivä 10.1.2023. [https://energia.fi/files/7487/Kaukolampotilasto\\_2021.pdf](https://energia.fi/files/7487/Kaukolampotilasto_2021.pdf).
5. Energia maailma 2023. Suomi on kaukolämmön edelläkävijä. Hakupäivä 9.1.2023. <https://energiamailma.fi/energiasta/energiantuotanto/kaukolampo-ja-jaahdytys/>.
6. Alatulkkila, Kimmo 2019. 50 vuotta kaukolämpöä Oulussa - kaukolämpö valtaa kaupungin. Blogi. Oulun Energia. Hakupäivä 13.2.2023. <https://www.ouluenergia.fi/ajankohtaista/blogi/50-vuotta-kaukolampoa-oulussa--kaukolampo-valtaa-kaupungin/>.
7. Alatulkkila, Kimmo 2019. 50 vuotta kaukolämpöä Oulussa. Blogi. Oulun Energia. Hakupäivä 13.2.2023. <https://www.ouluenergia.fi/ajankohtaista/blogi/50-vuotta-kaukolampoa-oulussa/>.
8. Alatulkkila, Kimmo 2019. 50 vuotta kaukolämpöä Oulussa – automaation ensiaskelista nykyhetkeen. Blogi. Oulun Energia. Hakupäivä 13.2.2023. <https://www.ouluenergia.fi/ajankohtaista/blogi/50-vuotta-kaukolampoa-oulussa--automaation-ensiaskelista-nykyhetkeen/>.
9. Oulun Energia 2023. Voimalaitokset. Hakupäivä 13.2.2023. <https://www.ouluenergia.fi/ouluenergia/energiantuotanto/voimalaitokset/>.
10. Oulun Energia 2022. Oulussa kaukolämmön hinta suurimmasta kaupungeista edullisinta – mistä alueelliset erot johtuvat? Blogi. Oulun Energia. Hakupäivä 13.2.2023. <https://www.ouluenergia.fi/ajankohtaista/blogi/oulussa-kaukolammon-hinta-suurimmista-kaupungeista-edullisinta/>.
11. Oulun Energia 2023. Ratkomme ympäristöhaasteita. Hakupäivä 13.2.2023. <https://www.ouluenergia.fi/vastuullisuus/vastuullisuus-ouluenergia-konsernissa/ratkomme-ymparistohaasteita/>.
12. Energiateollisuus 2019. Maanalaisten kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset 2019. Hakupäivä 21.2.2023. [https://energia.fi/files/5329/Johtorakennuskustannukset\\_2019.pdf](https://energia.fi/files/5329/Johtorakennuskustannukset_2019.pdf).

13. Oulun Kaupunki 2020. Kaivulupaohje. Hakupäivä 20.2.2023. <https://www.ouka.fi/documents/64248/204925/2020-kaivulupaohje.pdf/48f25f21-d152-4ef2-8261-087143a8c26d>.
14. Oulun Energia 2023. Kaukolämpöön liittyminen. Hakupäivä 20.2.2023. <https://www.ouluenergia.fi/palvelumme/lampopalvelut/kaukolampon-liittyminen/>.
15. Oulun Energia 2023. Kaukolämmön hinnastot. Hakupäivä 29.3.2023. <https://www.ouluenergia.fi/palvelumme/lampopalvelut/hinnastot/>.
16. Oulun Energia 2023. Kaukolämmön liittymismaksu. Hakupäivä 20.2.2023. <https://www.ouluenergia.fi/palvelumme/lampopalvelut/hinnastot/kaukolammon-liittymismaksu/>.
17. Oulun Energia 2023. Kaukolämmön energia- ja perusmaksut. Hakupäivä 20.2.2023. <https://www.ouluenergia.fi/palvelumme/lampopalvelut/hinnastot/kaukolammon-energia--ja-perusmaksut/>.
18. Oulun Kaupunki 2021. Asemakaavan selostus. 564–2435 Vanha Hiukkavaara – Jääkäri kangas. Hakupäivä 10.3.2023. [https://www.oukapalvelut.fi/tekninen/Suunnitelmat/Projektikortti\\_2019.asp?ID=1294](https://www.oukapalvelut.fi/tekninen/Suunnitelmat/Projektikortti_2019.asp?ID=1294).
19. Oulun Kaupunki 2023. Oulun seudun karttapalvelu. Hakupäivä 10.3.2023. <https://kartta.ouka.fi/ims>.



## **LIITTEET**

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Kaukolämpöjohtojen rakentamisen kokonaiskustannukset 2019

Liite 3 Oulun Kaupungin palveluhinnasto

Liite 4 Putkikoon valintataulukko

## LÄHTÖTIETOMUISTIO

|             |   |   |
|-------------|---|---|
| Työn tiedot | Tekijä <sup>1</sup><br>Jasmin Rahkonen  | Tilaaaja <sup>2</sup><br>Oulun Energia, Lämpöpalvelut |
|             | Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot <sup>3</sup><br>Pekka Muikkula (pekka.muikkula@oulunenergia.fi) / Maunu Laikari (maunu.laikari@oulunenergia.fi)  |   |
|             | Työn nimi <sup>4</sup><br><b>Kaukolämmön rakentamiskustannusten seuranta, kannattavuus ja takaisinmaksuaika</b>   |   |
|             | Työn kuvaus <sup>5</sup><br>Selvittää kaukolämmön rakentamisen kustannusrakennetta ja kehittää myynnille työkaluja, joilla arvioida rakentamisen kannattavuutta kulloinkin.   |   |
|             | Työn tavoitteet <sup>6</sup><br>Selvittää kaukolämmön rakentamisen kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa sekä kehittää työkalu, joka antaa kuvaa asuinaluekohtaisesti verkon rakentamisen kustannuksista ja antaa tämän pohjalta perustiedot myyntitavoitteiden määrittämiselle. |   |
|             | Tavoiteaikataulu <sup>7</sup><br>Huhtikuu 2023  |   |
|             | Päiväys ja allekirjoitukset <sup>8</sup><br>23 / 1 / 2023<br>Tekijän allekirjoitus<br>   |   |

1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.
2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.
3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.
4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.
5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.
6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.
7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työ on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.
8. Lähtötietomuiستio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö.

Taulukko 1

**Kiinnivaahdotettujen yksiputkisten (2Mpuk) kaukolämpöjohtojen verottomat rakentamiskustannukset 2019****Kokonaiskustannukset**

| DN  | Kustannukset<br>keskimäärin<br>€/m | Rakennettu<br>m | Yrityksiä<br>kpl | Ylin<br>€/m | Alin<br>€/m |
|-----|------------------------------------|-----------------|------------------|-------------|-------------|
| 20  | 156                                | 415             | 2                | 159         | 127         |
| 25  | 225                                | 1407            | 6                | 265         | 126         |
| 32  | 0                                  | 0               | 0                | 0           | 0           |
| 40  | 209                                | 3784            | 9                | 385         | 78          |
| 50  | 217                                | 3988            | 9                | 300         | 127         |
| 65  | 206                                | 4949            | 8                | 285         | 88          |
| 80  | 275                                | 4415            | 8                | 547         | 92          |
| 100 | 266                                | 3259            | 9                | 370         | 109         |
| 125 | 315                                | 4412            | 7                | 500         | 180         |
| 150 | 297                                | 5357            | 10               | 530         | 190         |
| 200 | 485                                | 3692            | 10               | 641         | 212         |
| 250 | 531                                | 1189            | 7                | 871         | 293         |
| 300 | 644                                | 4740            | 8                | 780         | 277         |
| 400 | 595                                | 4977            | 7                | 1597        | 423         |
| 500 | 913                                | 789             | 3                | 935         | 490         |
| 600 | 1126                               | 1140            | 4                | 1293        | 642         |
| 700 | 1798                               | 762             | 2                | 1869        | 1600        |

**Kokonaismetrit 49274**

**Kokonaiskustannusten keskiarvo 516 €/m**  
**Johtopituudella painotettu keskiarvo 405 €/m**

Taulukko 2

**Kiinnivaahdotettujen kaksiputkisten (Mpuk) kaukolämpöjohtojen verottomat rakentamiskustannukset 2019****Kokonaiskustannukset**

| DN  | Kustannukset<br>keskimäärin<br>€/m | Rakennettu<br>m | Yrityksiä<br>kpl | Ylin<br>€/m | Alin<br>€/m |
|-----|------------------------------------|-----------------|------------------|-------------|-------------|
| 20  | 122                                | 2107            | 2                | 122         | 115         |
| 25  | 160                                | 5455            | 11               | 397         | 86          |
| 32  | 206                                | 75              | 1                | 206         | 206         |
| 40  | 148                                | 11874           | 14               | 253         | 72          |
| 50  | 157                                | 8826            | 15               | 238         | 81          |
| 65  | 158                                | 7435            | 13               | 241         | 102         |
| 80  | 184                                | 6615            | 11               | 288         | 100         |
| 100 | 222                                | 3184            | 9                | 343         | 132         |
| 125 | 256                                | 3034            | 6                | 400         | 187         |
| 150 | 231                                | 571             | 3                | 383         | 186         |
| 200 | 336                                | 2               | 1                | 336         | 336         |

**Kokonaismetrit 49179 m**

**Kokonaiskustannusten keskiarvo 198 €/m**  
**Johtopituudella painotettu keskiarvo 169 €/m**

| 4.4 Kaivulupamaksu                                    |        |        |  |  |  |  |
|---|--------|--------|--|--|--|--|
| Kaivulupamaksu  |        |        |  |  |  |  |
| Maksu ilmoituksen tarkastamisesta ja työn valvonnasta | €/lupa | 155,00 |  |  | Viranomaistoimintaa  |  |
| Maksu ilmoituksen tarkastamisesta ja työn valvonnasta | €/lupa | 80,00  |  |  | Maksuluokassa III, alle 20 m <sup>2</sup> , kesto 1 pv, ei riko päällystettä.<br>Viranomaistoimintaa |  |
| Tonttiliittymän rakentaminen/korjaus                  | €/lupa | 80,00  |  |  | Viranomaistoimintaa  |  |
| <b>Alueen tilapäinen käyttö</b>                       |        |        |  |  | Maksuluokat määräytyvät aurausluokituksen mukaan.<br>Viranomaistoimintaa                             |  |
| - alle 60 m <sup>2</sup> , maksuluokka I              | €/vrk  | 9,00   |  |  | Viranomaistoimintaa  |  |
| - alle 60 m <sup>2</sup> , maksuluokka II             | €/vrk  | 7,00   |  |  | Viranomaistoimintaa  |  |

| Tuote/palvelu                              | Yksikkö               | Veroton hinta € | Verollinen hinta € | ALV (%) | Huom./ Lisätietoja  | Peruste/ Laki §/ t.m.s |
|--|-----------------------|-----------------|--------------------|---------|---------------------|------------------------|
| - alle 60 m <sup>2</sup> , maksuluokka III | €/vrk                 | 5,00            |                    |         | Viranomaistoimintaa |                        |
| - 60 - 120 m <sup>2</sup> , maksuluokka I  | €/vrk                 | 18,00           |                    |         | Viranomaistoimintaa |                        |
| - 60 - 120 m <sup>2</sup> , maksuluokka II | €/vrk                 | 13,00           |                    |         | Viranomaistoimintaa |                        |
| - 60- 120 m <sup>2</sup> , maksuluokka III | €/vrk                 | 9,00            |                    |         | Viranomaistoimintaa |                        |
| - 120 - 240 m <sup>2</sup> , maksuluokka I | €/vrk                 | 30,00           |                    |         | Viranomaistoimintaa |                        |
| - 120-240 m <sup>2</sup> , maksuluokka II  | €/vrk                 | 23,00           |                    |         | Viranomaistoimintaa |                        |
| -120-240 m <sup>2</sup> , maksuluokka III  | €/vrk                 | 15,00           |                    |         | Viranomaistoimintaa |                        |
| - yli 240 m <sup>2</sup> , maksuluokka I   | €/m <sup>2</sup> /vrk | 0,14            |                    |         | Viranomaistoimintaa |                        |
| maksuluokka II                             | €/m <sup>2</sup> /vrk | 0,11            |                    |         | Viranomaistoimintaa |                        |
| maksuluokka III                            | €/m <sup>2</sup> /vrk | 0,08            |                    |         | Viranomaistoimintaa |                        |
| Rakennetun alueen käyttö takuuaikana       |                       |                 |                    |         |                     |                        |

|        | Painehäviö 1 bar/km |           |                        | Tehonsiirtokyky [kW] |         |         |         |
|--------|---------------------|-----------|------------------------|----------------------|---------|---------|---------|
|        | v [m/s]             | qm [kg/s] | qV [m <sup>3</sup> /h] | ΔT=50                | ΔT=55   | ΔT=60   | ΔT=65   |
| DN20   | 0,41                | 0,16      | 0,62                   | 34                   | 38      | 41      | 44      |
| DN25   | 0,48                | 0,31      | 1,17                   | 65                   | 71      | 77      | 84      |
| DN32   | 0,57                | 0,59      | 2,27                   | 125                  | 138     | 150     | 163     |
| DN40   | 0,62                | 0,87      | 3,34                   | 184                  | 202     | 221     | 239     |
| DN50   | 0,72                | 1,63      | 6,22                   | 343                  | 377     | 411     | 445     |
| DN65   | 0,85                | 3,20      | 12,21                  | 673                  | 740     | 807     | 874     |
|        |                     |           |                        | Tehonsiirtokyky [MW] |         |         |         |
|        | v [m/s]             | qm [kg/s] | qV [m <sup>3</sup> /h] | ΔT=50                | ΔT=55   | ΔT=60   | ΔT=65   |
| DN80   | 0,94                | 4,87      | 18,59                  | 1,02                 | 1,13    | 1,23    | 1,33    |
| DN100  | 1,12                | 9,77      | 37,28                  | 2,05                 | 2,26    | 2,47    | 2,67    |
| DN125  | 1,28                | 17,02     | 64,95                  | 3,58                 | 3,94    | 4,30    | 4,65    |
| DN150  | 1,44                | 28,07     | 107,15                 | 5,90                 | 6,50    | 7,09    | 7,68    |
| DN200  | 1,71                | 57,33     | 218,85                 | 12,06                | 13,27   | 14,47   | 15,68   |
| DN250  | 1,95                | 102,02    | 389,43                 | 21,46                | 23,61   | 25,75   | 27,90   |
| DN300  | 2,18                | 161,82    | 617,70                 | 34,04                | 37,44   | 40,85   | 44,25   |
| DN400  | 2,49                | 292,34    | 1115,91                | 61,49                | 67,64   | 73,79   | 79,94   |
| DN500  | 2,88                | 535,38    | 2043,64                | 112,62               | 123,88  | 135,14  | 146,40  |
| DN600  | 3,21                | 863,26    | 3295,24                | 181,59               | 199,75  | 217,90  | 236,06  |
| DN700  | 3,52                | 1290,37   | 4925,60                | 271,43               | 298,57  | 325,72  | 352,86  |
| DN800  | 3,84                | 1840,08   | 7023,94                | 387,06               | 425,77  | 464,47  | 503,18  |
| DN900  | 4,07                | 2464,43   | 9407,20                | 518,39               | 570,23  | 622,07  | 673,91  |
| DN1000 | 4,37                | 3271,41   | 12487,63               | 688,14               | 756,96  | 825,77  | 894,58  |
| DN1200 | 4,88                | 5272,00   | 20124,26               | 1108,96              | 1219,86 | 1330,76 | 1441,65 |

|       | Painehäviö 2 bar/km |           |                        | Tehonsiirtokyky [kW] |        |        |        |
|-------|---------------------|-----------|------------------------|----------------------|--------|--------|--------|
|       | v [m/s]             | qm [kg/s] | qV [m <sup>3</sup> /h] | ΔT=50                | ΔT=55  | ΔT=60  | ΔT=65  |
| DN20  | 0,59                | 0,23      | 0,90                   | 49                   | 54     | 59     | 64     |
| DN25  | 0,69                | 0,44      | 1,70                   | 93                   | 103    | 112    | 121    |
| DN32  | 0,82                | 0,86      | 3,26                   | 180                  | 198    | 216    | 234    |
| DN40  | 0,89                | 1,26      | 4,80                   | 265                  | 291    | 317    | 344    |
| DN50  | 1,04                | 2,35      | 8,96                   | 494                  | 543    | 592    | 642    |
| DN65  | 1,22                | 4,57      | 17,44                  | 961                  | 1057   | 1153   | 1249   |
|       |                     |           |                        | Tehonsiirtokyky [MW] |        |        |        |
|       | v [m/s]             | qm [kg/s] | qV [m <sup>3</sup> /h] | ΔT=50                | ΔT=55  | ΔT=60  | ΔT=65  |
| DN80  | 1,35                | 6,96      | 26,56                  | 1,46                 | 1,61   | 1,76   | 1,90   |
| DN100 | 1,61                | 13,97     | 53,33                  | 2,94                 | 3,23   | 3,53   | 3,82   |
| DN125 | 1,83                | 24,36     | 92,97                  | 5,12                 | 5,64   | 6,15   | 6,66   |
| DN150 | 2,06                | 40,20     | 153,47                 | 8,46                 | 9,30   | 10,15  | 10,99  |
| DN200 | 2,42                | 81,08     | 309,50                 | 17,06                | 18,76  | 20,47  | 22,17  |
| DN250 | 2,79                | 146,33    | 558,56                 | 30,78                | 33,86  | 36,94  | 40,01  |
| DN300 | 3,09                | 228,85    | 873,56                 | 48,14                | 52,95  | 57,77  | 62,58  |
| DN400 | 3,57                | 419,84    | 1602,60                | 88,31                | 97,14  | 105,98 | 114,81 |
| DN500 | 4,07                | 757,14    | 2890,15                | 159,26               | 175,19 | 191,12 | 207,04 |
| DN600 | 4,54                | 1220,83   | 4660,17                | 256,80               | 282,48 | 308,16 | 333,84 |
| DN700 | 4,98                | 1824,86   | 6965,84                | 383,86               | 422,24 | 460,63 | 499,02 |

|       | Painehäviö 3 bar/km |           |                        | Tehonsiirtokyky [kW] |       |       |       |
|-------|---------------------|-----------|------------------------|----------------------|-------|-------|-------|
|       | v [m/s]             | qm [kg/s] | qV [m <sup>3</sup> /h] | ΔT=50                | ΔT=55 | ΔT=60 | ΔT=65 |
| DN20  | 0,73                | 0,29      | 1,11                   | 61                   | 67    | 73    | 79    |
| DN25  | 0,85                | 0,55      | 2,09                   | 115                  | 127   | 138   | 150   |
| DN32  | 1,00                | 1,05      | 4,00                   | 220                  | 242   | 264   | 286   |
| DN40  | 1,10                | 1,55      | 5,93                   | 327                  | 360   | 392   | 425   |
| DN50  | 1,29                | 2,90      | 11,08                  | 610                  | 672   | 733   | 794   |
|       |                     |           |                        | Tehonsiirtokyky [MW] |       |       |       |
|       | v [m/s]             | qm [kg/s] | qV [m <sup>3</sup> /h] | ΔT=50                | ΔT=55 | ΔT=60 | ΔT=65 |
| DN65  | 1,51                | 5,65      | 21,58                  | 1,19                 | 1,31  | 1,43  | 1,55  |
| DN80  | 1,67                | 8,62      | 32,89                  | 1,81                 | 1,99  | 2,17  | 2,36  |
| DN100 | 1,97                | 17,11     | 65,31                  | 3,60                 | 3,96  | 4,32  | 4,68  |