

gaia



*Innovative Solutions  
for Sustainability*

# Kevennetty kaukolämpötekniikka

Kustannustehokkaan jakelu- ja asiakasteknologian kehittäminen matalan kulutustason olosuhteisiin

Loppuraportti 30.9.2009  
Markku Hagström, Juha Vanhanen, Iivo Vehviläinen  
Gaia Consulting Oy





# Kevennetty kaukolämpötekniikka

## Sisällysluettelo

Tiivistelmä .....	3
Summary .....	4
1 Johdanto .....	5
2 Kevennetyn kaukolämpötekniikan ratkaisuja .....	6
2.1 Lämpökuormien optimointi suunnitteluvaiheessa .....	6
2.2 Kustannustehokkaat kaivaustyöt .....	7
2.3 Investointien minimointi .....	7
2.4 Alhaiset siirtohäviöt .....	8
2.5 Pienimuotoisen tuotannon kustannustehokas liitettävyyys .....	8
2.6 Uudet kokonaiskonseptit .....	8
3 Potentiaalisimmat ratkaisut Suomessa .....	9
3.1 Taustaa ja kokemuksia muista maista .....	9
3.2 Asennusprosessin optimointi .....	12
3.3 Putkiliitostöiden kustannusten minimointi .....	13
3.4 Lämmönjakokeskukset tontin rajalle .....	13
4 Esimerkkilaskelma .....	16
4.1 Laskentaperiaate .....	16
4.2 Laskennan lähtötiedot .....	16
4.3 Tulokset .....	17
5 Kevennetyn kaukolämpötekniikan mahdollisuudet Suomessa .....	22
5.1 Arvio potentiaalista .....	22
5.2 Haasteita ja kehityskohteita .....	23
6 Jatkotutkimuskohteita .....	23
7 Johtopäätökset .....	25
Liite 1 – Esimerkkilaskelman oletetut lähtötiedot .....	27
Liite 2 – Lista haastatelluista .....	29



## Tiivistelmä

Energiateollisuuden kaukolämpöstrategiassa vuodelta 2008 on tunnistettu matala-energiarakentamisen aiheuttamat haasteet kaukolämpöalalle. Jatkossa rakennetaan enemmän matalaenergia-alueille, joihin kaukolämmön kustannustehokas vieminen nykytekniikoilla on haastavaa.

Tässä kevennetyn kaukolämpötekniikan tutkimushankkeessa on tarkasteltu sekä varsinaisia teknisiä ratkaisuja että laajemmin myös uudentyyppisiä työmenetelmiä. Tutkimuksessa on selvitetty koeteltujen ratkaisuiden teknistä soveltuvuutta uusille matalaenergia-alueille ja arvioitu ratkaisuiden kustannuksia ja oheishyötyjä. Hankkeen tuloksena on tunnistettu joukko Suomen oloissa potentiaalisia kevennetyn kaukolämpötekniikan ratkaisuja sekä jatkotutkimuskohteita. Esimerkkilaskennan avulla on konkretisoitu kaukolämpötekniikan kevennystarpeita ja -mahdollisuuksia.

Matalaenergiaolosuhteissa kaukolämmön työ kustannusten merkitys korostuu. Kansainväliset esimerkit ja suomalaisten asiantuntijoiden haastattelut osoittavat, että yksittäisten teknisten ratkaisujen avulla voidaan jonkin verran vaikuttaa kustannuksiin, mutta suurimmat vaikutukset saavutetaan hyvällä kokonaisuuden hallinnalla. Tämä kokonaisuuden hallinta kattaa alueen suunnittelun ja optimoinnin jo kaavavaiheessa, työvaiheiden sujuvuuden varmistamisen sekä oikeiden teknisten ratkaisujen toteuttamisen hyvällä mitoituksella ja teknisillä laitteilla.

Kaukolämpötekniikan kehittämisellä voidaan pienentää materiaalien ja laitteiden kustannuksia. Teknisillä ratkaisuilla saavutetaan kuitenkin suurempia säästöjä kustannustehokkaampien työmenetelmien ja prosessien myötä. Tekniikan rooli on enemmänkin mahdollistava. Esimerkiksi pelkällä muoviputkiin siirtymisellä ei näyttäisi olevan kustannuksia alentavaa vaikutusta, mutta muoviputket voivat joustavuutensa ja yksinkertaisempien liitoksiensa myötä alentaa merkittävästikin rakentamisvaiheen työ kustannuksia.

Tehtyjen esimerkkilaskelmien valossa kaukolämmön asema on jatkossa haastava erityisesti matalaenergia-alueilla. Asiakkaan näkökulmasta suora sähkölämpö tarjoaa alhaiset investointikustannukset ja vaivattoman käytön. Toisaalta pitkällä tähtäimellä esimerkiksi maalämpöpumput tarjoavat vähäisen ostoenergian tarpeen kautta alhaiset energiakulut.

Sopiva yhdistelmä kustannustehokasta tuotantoa sekä kevennettyä jakelu- ja talotekniikkaa mahdollistaa kaukolämmön kilpailukyvyyn suhteessa maalämpöpumppuihin kuitenkin myös matalaenergiaoloissa. Kevennettyjen kaukolämpötekniikoiden avulla voidaan kaukolämmön kustannustehokkuutta parantaa ja saada aikaan jopa noin 40 % säästöt kokonaisinvestoinneissa ja noin 20 % säästöt häviöissä. Kevennettyjen kaukolämpötekniikoiden avulla matalaenergia-alueet voisivatkin olla taloudellisesti kannattavia noin 30 %:lle kaukolämpöyhtiöistä nykyhinnoittelulla.

Selvityksessä on hahmoteltu kevennetyn kaukolämpötekniikan jatkotutkimuskohteita. Erityisesti yhteisurakoinnin käytännön vaikeuksien selvittäminen ja ratkaisujen löytäminen vaikuttaa keskeisesti tutkimuskohteelta. Teknisistä ratkaisuista putkitekniikan kehitystarpeet maanrakennustöiden sekä putki- ja liitostöiden kustannusten vähentämisessä olisi hyvä koota yhtenäiseksi näkemykseksi, jonka pohjalta putkivalmistajat voisivat tuottaa kaukolämpöä paremmin hyödyttäviä innovaatioita. Olennaisena osana kustannusten vähentämistä näyttäisi olevan myös asiakasrajapinnan standardisointimahdollisuudet, joiden konkretisointi vaatinee myös jatkotyötä.



## Summary

Finnish Energy Industries has identified future challenges for district heating in its District Heating Strategy published in 2008. One of key challenges is to cost-effectively deliver district heat to areas with low energy density.

This research project has studied new district heating distribution technologies and ways of working in low energy density areas. The study has identified a group of potential solutions in the Finnish context and also listed key future research topics. A calculatory example has provided preliminary quantitative results on the needs and possibilities of new technologies and solutions.

In low energy density areas, the share of installation work costs of the total costs is higher. According to the international experiences and Finnish expert opinions, individual technologies can provide some relief to the total costs, but significant savings are achieved through prudent management of the whole installation process. The whole process includes all the steps from initial area planning to the correct choice of work methods and components to the actual installation work.

The development of individual district heating technologies can result in lower material and equipment cost. More importantly, the technologies have an increasingly enabling role in bringing savings in more efficient work methods and processes. For example, a mere transition to plastic pipes does not seem to guarantee lower costs, but the flexibility and other favourable characteristics can greatly reduce the installation work costs.

The calculatory example demonstrates the future challenges for district heating especially in low energy density areas. From the customer point of view, direct electric heating offers low investment costs and care-free operations. On the other hand, various heat pumps deliver a low need for external energy purchases and thus low energy expenses.

A suitable combination of cost-effective production and new low energy distribution and customer technologies enables the competitiveness of district heating also in the low energy density areas of the future. The preliminary calculations show that new technologies and work processes could deliver realistic 40 % savings in total investments and 20 % savings in distribution losses in the Finnish context. With current district heat pricing, this would enable 30 % of Finnish district heating companies to offer economically competitive district heating to low density areas.

The study has also identified future research topics for district heating in low energy density areas. One of the key process questions seems to be the simultaneous deployment of district heating pipes with other infrastructure that could greatly reduce the installation cost. The future development of plastic pipes – and especially the connections to the pipe deployment and welding technology – should be analyzed to better connect the new pipe innovations with the everyday needs of the district heating companies. Future research is also needed in the customer interface where standardization and other new innovative solutions need to be studied further.



# 1 Johdanto

Tämän työn taustalla on Energiategiollisuuden vuoden 2008 kaukolämpöalan strategia, jossa linjataan kaukolämpöalan kehitysnäkymiä ja alan tutkimus- ja kehitystarpeita Suomessa. Yksi strategian teemoista on kaukolämmön aseman vahvistaminen taajamissa. Strategian mukaan tulevaisuuden olosuhteissa tämä edellyttää mm. nykyisiä ratkaisuja kustannustehokkaamman kaukolämmön jakelu- ja asiakaslaitetekniikan kehittämistä pientaloalueita ja laajemminkin matalaenergiarakennuksia varten. Strategiassa on päätetty käynnistettäväksi joukko kehityshankkeita, joista yksi käsittelee matalan kulutustason olosuhteisiin sopeutetun kaukolämpötekniikan kehittämistä.

Tämän hankkeen tavoitteena on selvittää 1) millaiset nykyistä keveämmät kaukolämmön jakelu- ja asiakaslaitetekniikat voisivat soveltua tulevaisuuden energiatehokkaille asuinalueille ja energiatehokkaisiin rakennuksiin, 2) mikä on näiden teknis-taloudellinen potentiaali sekä 3) mitkä ovat tutkimuksen ja tuotekehityksen tarpeet.

Kevennetty kaukolämpötekniikka on tässä hankkeessa tulkittu käsittämään sekä varsinaiset tekniset ratkaisut että laajemmin myös uudentyypiset työmenetelmät. Tutkimuksessa on selvitetty koeteltujen ratkaisuiden teknistä soveltuvuutta matalaenergiarakentamiseen Suomen oloissa, kustannuksia ja oheishyötyjä. Pääpaino selvityksessä on ollut uudisrakentamisella ja uusilla asuinalueilla.

Kevennetyllä kaukolämpötekniikalla tarkoitetaan yleensä ratkaisuja, jotka soveltuvat perinteistä matalammalle kulutustasolle. Kyseessä voi olla uusi tekninen ratkaisu tai vanhojen ratkaisujen uusi ja tehokkaampi soveltaminen. Esimerkin kevyestä kaukolämpötekniikasta tarjoaa muoviputkitekniikka (ks. kuva 1.1). Ratkaisuna muoviputkia on jo koeteltu pitkään. Muoviputkien suhteen tapahtuu koko ajan teknistä kehitystä, joka mahdollistaa esimerkiksi alhaisempia investointikustannuksia tai pienempiä siirtohäviöitä. Lisäksi muoviputkitekniikan avulla on kehitetty uusia asennus- ja työprosesseja, joiden vaikutus kokonaiskustannuksiin voi olla putkien kustannuksia huomattavasti suurempi.



**Kuva 1.1.** Kaukolämpömuoviputken asennustöitä Ruotsissa<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Svensk Fjärrvärme, Demo Värmegles 5, Plaströrssystem, Huddinge, 2006.



Hankkeessa on hyödynnetty aiemmin tehtyjä selvityksiä ja kokemuksia IEA:n ja erityisesti Ruotsin tutkimushankkeista. Kirjallisuusselvityksen tavoitteena on ollut tunnistaa potentiaalisimmat ratkaisut, jotka voisivat soveltua Suomen olosuhteisiin. Kirjallisuuden perusteella muodostettua käsitystä on täydennetty ja täsmennetty asiantuntijahaastatteluilla.

Keskeisten kevennetyn kaukolämpötekniikan ratkaisujen osalta on myös arvioitu todellisia kustannuksia ja mahdollisuuksia esimerkkilaskelman avulla. Esimerkkinä on käytetty suunnitteilla olevaa Skaftkärrin aluetta, joka sijaitsee Porvoossa. Laskelman avulla on hahmoteltu koko maan kevennetyn kaukolämpötekniikan potentiaalia sekä tunnistettu keskeisiä tutkimus- ja kehitystarpeita.

Hanke on toteutettu Energiateollisuus ry:n lämmönjakelutoimikunnan ohjauksessa. Työn käytännön toteutusta ohjaamassa ovat olleet erityisesti Veli-Pekka Sirola ja Mirja Tiitinen Energiateollisuus ry:stä, Juha Kostiainen Sitrasta sekä Ari Raunio Porvoon Energiasta. Hankkeen on toteuttanut Gaia Consulting Oy, josta projektin vastuullisena johtajana on ollut Juha Vanhanen, projektipäällikkönä Markku Hagström ja asiantuntijana Iivo Vehviläinen.

Tämän raportin luvussa 2 esitellään lyhyesti kevennetyn kaukolämpötekniikan teknisiä vaihtoehtoja yleiskuvan muodostamiseksi. Kansainvälisten vertailututkimusten ja myös kotimaisten kokemusten avulla valittuja parhaita käytäntöjä tarkastellaan lähemmin luvussa 3. Luvussa 4 esitellään esimerkkilaskelmat Porvoon Skaftkärrin alueelta ja luvussa 5 hahmotellaan koko Suomen potentiaalia esimerkin valossa. Luvussa 6 ehdotetaan jatkotutkimuskohteita ja luvussa 7 esitetään tutkimuksen johtopäätökset.

## 2 Kevennetyn kaukolämpötekniikan ratkaisuja

### 2.1 Lämpökuormien optimointi suunnitteluvaiheessa

Matalaenergia-alueilla lämmityskuormat ovat suhteessa perinteisiin lämmitysalueisiin pieniä ja usein hajanaisia, jolloin huolellisen suunnittelun merkitys korostuu. Lämpökuormien optimoinnilla tarkoitetaan lämmöntarpeen tarkkaa etukäteistä läpikäyntiä ja soveltuvien kuormien tuomista kaukolämmön piiriin.

Lämpökuormien optimointia voidaan toteuttaa esimerkiksi seuraavin tavoin:

- Järjestelmän tarkka säätäminen, mikä mahdollistaa alhaisemman paluulämpötilan
- Paluuv veden hyödyntäminen, esimerkiksi uudet matalaenergiarakennukset vanhan, korkealämpötilaisen kaukolämpöverkon alueella lämpöpumpun avulla
- Kiinteistökohtaiset lämmönvaraajat, jotka mahdollistavat kulutushuippujen tasaamisen
- Huippukuormien tasaaminen jollain muulla lämmön lähteellä, esim. takan tai sähkön avulla taikka keskitetyllä lämmön varastoinnilla
- Sähkökuormien tuominen kaukolämmön piiriin
- Uudet käyttökohteet, kuten biopolttoaineiden kuivaus tai etanolin valmistus - lämpökuormien integrointi erityisesti pienen lämmitystarpeen aikoina
- Lämpöenergian käyttäminen jäähdytysenergian tuottamiseen (erityisesti kesällä) - absorptiojäähdytys



Lämpökuormien optimoinnilla voidaan saavuttaa hyötyjä tasaisemman kuorman muodossa. Kaukolämpöjärjestelmä on tällöin helpompi mitoittaa oikein.

## 2.2 Kustannustehokkaat kaivaustyöt

Kaukolämpöputkien kaivaustyöt aiheuttavat ison osan kaukolämmön kustannuksista. Kustannustehokkaita kaivausmenetelmiä ja työskentelytapoja on esitetty keinoksi vähentää kaukolämpöjärjestelmän alkuinvestointeja.

Kustannustehokkaiden kaivaustöiden osatekijöiksi on esitetty mm. seuraavia ratkaisuja:

- Yhteistyö muiden kaivuiden kanssa: a) urakointi, b) yhteiset kanavat
- Kaivuuaikeiden minimointi
- Vaikeiden kaivuukohteiden välttäminen, esim. asfaltoidut tiet
- Kaivuumatkojen minimointi ja verkkorakenteen optimointi, esim. talosta-taloon johdotukset
- Pienemmät kaivuusyvytydet
- Pienemmät putken ulkomitat
- Rakennuskäytäntöjen optimointi: perustukset, hitsaus ja eristäminen maanpäällä
- Uudet käytännöt putkien perustuksien tekemiseen ja tunneliteknikka
- Imurointi-kaivuu ja ampumismenetelmä
- Täyttö paikallisilla materiaaleilla

Koska rakentamisen merkitys on alkuinvestoinneissa merkittävä, ovat monet ylläesitetystä menettelyistä ja tekniikoista jo käytössä Suomessa. Kevennetyn kaukolämmön tapauksessa näiden merkitys kuitenkin korostuu entisestään.

## 2.3 Investointien minimointi

Kaivuiden lisäksi kaukolämpöjärjestelmän perustamisen muut komponentit vaativat investointeja, jotka matalaenergia-alueilla voivat olla suhteessa liian suurina verrattuna siirrettäviin energiamääriin. Kevennettyjen kaukolämpötekniikoiden avulla pyritään vähentämään näiden investointien suuruutta.

Kirjallisuudessa esitetyt ja muualla koeteltuja kevennetyn kaukolämmön teknisiä ratkaisuja ovat esimerkiksi:

- Pienemmät putkikoot
- Uudet putkimateriaalit, erityisesti muoviputket (PEX), Casaflex<sup>2</sup>
- Lämmönjakokeskusten sijoittaminen kiinteistöjen ulkoseinälle
- Lämmönjakokeskusten sijoittaminen kiinteistöjen tontille
- Sekundääriverkot ja neliputkijärjestelmät

Investointikulujen minimoinnilla voidaan saada aikaan suoria materiaalisäästöjä, kuten esimerkiksi halvempien putkimateriaalien käyttö. Minimointi voi myös liittyä säästöön työvaiheissa, kuten läm-

---

<sup>2</sup> Kaupallinen sovellus, ks. [www.bruggpema.fi/products/casaflex/casaflex.htm](http://www.bruggpema.fi/products/casaflex/casaflex.htm)



mönjakokeskuksien sijoittelu rakennusten ulkopuolelle. Lisäksi säästöjä voidaan hakea perinteiseen kaukolämpöjärjestelmään liittyvien osien karsimisella, kuten mittaroinnin poisjättämisellä, tai osien tuotannon standardisoinnilla ja teollisten valmistusmenetelmien kehittämisellä.

## 2.4 Alhaiset siirtohäviöt

Matalaenergia-alueilla kaukolämpökuormat ovat perinteisiä alueita vähäisempiä. Tällöin myös häviöiden merkitys korostuu suhteessa siirrettäviin lämpömääriin. Alhaisempien siirtohäviöiden saavuttamiseksi on esitetty seuraavia tekniikoita:

- Alemmat lämpötilat, esim. menovesi 60 °C ja paluuvesi 25 °C
- Pienemmät läpimitat ja isot virtausnopeudet
- Putkien uudelleenjärjestelyt: 1 korkean kuorman ja 1 matalan kuorman menoputki ja 1 paluu
- Uudet putkimateriaali, esim. EPS PEX<sup>3</sup>
- Uudet eristeet, esim. tyhjiöeristeet

Kevennetyillä kaukolämpötekniikoillakaan ei voida kuitenkaan muuttaa kaukolämpöjärjestelmän perusasetelmaa eli korkeammat alkuinvestoinnit mahdollistavat alemmat häviöt ja käyttökustannukset – ja päinvastoin.

## 2.5 Pienimuotoisen tuotannon kustannustehokas liitettävyyden

Kevyen kaukolämpökuorman alueella suhteessa pitkät etäisyydet tuotantolaitoksille ja suhteessa suuret siirtohäviöt voivat nostaa pienimuotoisen hajautetun tuotannon kiinnostavuutta. Pienimuotoisia lämmöntuotantotapoja ovat esimerkiksi:

- Lämpöpumput
- Pienet alueelliset lämpökattilat
- Kaasumoottorit, mikroturbiinit, ORC, ym. pienimuotoinen sähkön- ja lämmön yhteistuotanto
- Aurinkolämpö
- Takat ja tulisijat

Paikallisen pienimuotoisen tuotannon avulla voidaan teknisten ja taloudellisten hyötyjen lisäksi saada aikaan myös kaukolämmön mielikuvaan liittyviä vaikutuksia. Esimerkiksi oman pienimuotoisen biovoimalan näkeminen alueella voi konkretisoida ja ylläpitää kaukolämmön positiivista ympäristökuvaa.

## 2.6 Uudet kokonaiskonseptit

Perinteisten teknisten ratkaisujen ja toimintamallien rinnalla on alettu kokeilemaan ja demonstroidaan uudentyypisiä aluelämmitysratkaisuja. Esimerkkinä Suomesta voidaan mainita Vaasan asu-  
tomessualueen matalalämpöverkko (matala lämpötila), joka kerää energiaa meren pohjasedimentis-

---

<sup>3</sup> Kaupallinen sovellus, ks. [www.epspex.com](http://www.epspex.com).



tä, ja josta verkkoon liittyneet kuluttajat ottavat lämpöenergiaa lämpöpumppujensa avulla<sup>4</sup>. Matalalämpöverkon operaattori/hallinnoija voi välttää kauko-/aluelämpölaitoksen rakentamisen jopa kokonaan ja liittymis- ja ylläpitomaksujen avulla saavuttaa kannattavuuden sekä turvata edullisen lämmitysenergian asiakkailleen.

Toinen uudentyypinen kokonaiskonsepti uusien alueiden lämmitys- ja jäähdytysratkaisujen osalta on kokonaisvaltainen kumppanuus rakennusliikkeen ja energiayhtiön välillä (esim. Nupurin kalliolämpöjärjestelmä). Tällöin energiayhtiö pääsee vaikuttamaan jo suunnitteluvaiheessa alueen energiatarpeeseen ja ratkaisuihin, jolloin kokonaisuudesta saadaan järkevä ja kauko-/aluelämmölle suotuisa. Tällöin voidaan järjestelmän kokonaisuoptimointi tehdä järkevästi.

Kolmantena, toistaiseksi lähinnä skenaariona, voidaan mainita avoin kaukolämpöverkko, joka toimisi vapaan lämpökaupan alustana sähköpörssin tapaan. Teknisiä ratkaisuja kaukolämpöverkon käyttämiseksi vapaaseen lämpökauppaan on jo tutkittu ja esitetty Suomessakin<sup>5</sup>.

## 3 Potentiaalisimmat ratkaisut Suomessa

Tässä luvussa on haettu potentiaalisimmat kevennetyn kaukolämpötekniikan ratkaisut, jotka voisivat soveltua Suomen olosuhteisiin. Tässä esitettyjen ratkaisujen valinta perustuu kansainvälisiin kokemuksiin (IEA) sekä erityisesti Ruotsissa julkaistuihin tutkimuksiin. Tietoja on täydennetty kotimaassa tehtyjen haastatteluiden perusteella.

### 3.1 Taustaa ja kokemuksia muista maista

Ruotsin *Värmegles Fjärrvärme* -tutkimusohjelmassa haettiin keinoja vähentää kaukolämmön kustannuksia pientaloalueilla. Ohjelmaa rahoittivat Ruotsin kaukolämpöalan yhdistys *Svensk Fjärrvärme* ja energiaviranomainen *Energimyndigheten*.

Tutkimusohjelman puitteissa tehtiin kenttäkokeita yhteensä 12 eri kohteessa. Kevennetyn kaukolämmön kannalta keskeiset tulokset on esitetty taulukossa 3.1. Loput viisi kohdetta olivat erilaisia pilotti-, demonstraatio-, tai referenssihankkeita.

---

<sup>4</sup> [www.mateve.fi](http://www.mateve.fi)

<sup>5</sup> VTT Research notes 2305: Technical features for heat trade in distributed energy generation, VTT 2005.

**Taulukko 3.1.** Ruotsin Värmegles Fjärrvärme –tutkimusohjelman tuloksia.

Tutkittu menetelmä	Liittymiskustannus / talo	Saavutetut säästöt suhteessa ohjelman tavoitteisiin
3. Neliputkijärjestelmä	80 tSEK	32 %
4. Sähkölämmitteisten talojen tehokas tuonti kaukolämpöjärjestelmän piiriin	60 tSEK	92 %
5. Muoviputkijärjestelmä	119 tSEK	-84 %
6. Tehokas työorganisaatio	85 tSEK	18 %
7. Tuntilaskutettu sisäasennustyö	93 tSEK	-5 %
8. Lämmönjakokeskukset kadun varrella	66 tSEK	74 %
9. Lämmönjakokeskukset talon seinässä	91 tSEK	1 %

Ruotsin kokemusten perusteella parhaita tuloksia on saatu hyvällä suunnittelulla ja optimoinnilla (kohde 4), tehokkailla työmenetelmillä (kohde 6.) sekä lämmönjakokeskusten sijoittamisella katujen varsiin (kohde 8.) ja neliputkijärjestelmällä (kohde 3.). Huomattavaa on, että lämmönjakokeskusten sijoittaminen katujen varsiin käyttää hyväkseen myös muita tekniikoita, kuten neliputkijärjestelmää ja muoviputkia. Yksittäisten ratkaisujen sijaan parhaisiin tuloksiin onkin päästy kokonaisvaltaisilla toimenpiteillä.

IEA-projektin "*District heating in areas with low heat demand density*" keskeisimmät tulokset olivat puolestaan seuraavat:

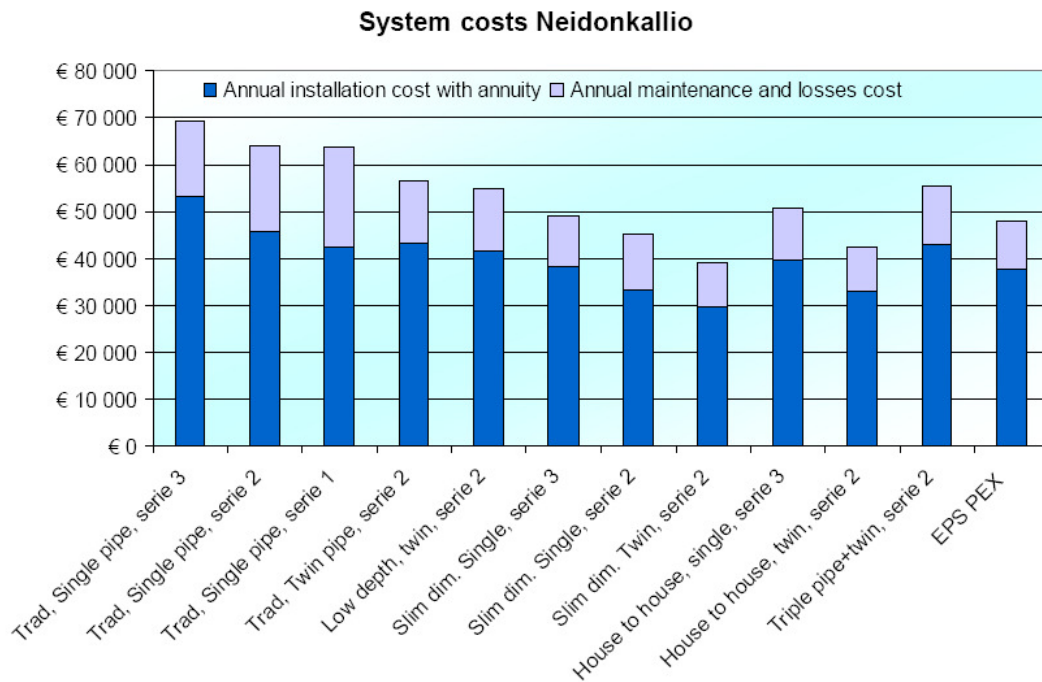
- Matala lämpötila ja paine sekä suora asiakasliitännä säästävät kustannuksia
- Pientaloalueilla systeemisuunnittelu siten, että putkien läpimitat saadaan minimoitua (esim. lämpövaraajan avulla voidaan leikata kulutushuippuja)
- Talosta taloon johdotus, mikäli mahdollista etenkin pientaloalueilla
- Panostus tiedotukseen ja markkinointiin etukäteen, jotta mahdollisimman suuri osa uuden alueen mahdollisista asiakkaista saadaan liittymään kauko-/aluelämpöön
- Reservikapasiteettia ei tule varata verkostoon, ellei ole aivan selvää, että lisäkuormia liittyy myöhemmin
- Sähkökuormien korvaaminen kaukolämmöllä myyntiargumentiksi (huom. relevantti silloin kun sähkön hinta korkea ja kaukolämmöllä säästetään primäärienergiaa ja/tai CO<sub>2</sub>-päästöjä)

Ylipäätään tämänkin projektin keskeinen havainto on, että kannattavuutta voidaan parantaa hieman monilla pienillä keinoilla, mutta suurimmat vaikutukset saadaan aikaan hyvällä kokonaissuunnittelulla.

Yksittäisten ratkaisujen vaikutuksia kokonaiskustannuksiin on havainnollistettu suomalaisen esimerkkikohteen avulla (ks. kuva 3.1.). Kuvasta nähdään, että kustannussäästöjä on mahdollista saa-



vuttaa monella erilaisella keinolla. Suurimmat kustannussäästöt näytettäisiin saavutettavan pienten läpimitan putkilla.



**Kuva 3.1.** Kokonaiskustannusten vertailu erilaisilla systeemiratkaisuilla: Neidonkallio, Suomi (IEA).

Yksittäistä, selvästi kustannuksia alentavaa kevennetyn kaukolämmön ratkaisutekniikkaa ei aiempien kokemusten valossa ole löydettävissä. Kustannussäästöjä on saavutettu parhaiten kohteissa, joissa on kokonaisvaltaisesti haettu uudentyyppisiä ratkaisuja sekä yhdistelty aiemmin tunnettuja menetelytapoja ja tekniikoita. Tätä vahvistivat myös suomalaisten asiantuntijoiden haastattelut.

Seuraavissa luvuissa on esitetty kirjallisuuden ja aiempien kokemusten perusteella Suomen oloihin soveltuvimpia kevennetyn kaukolämmön yksittäisiä ratkaisuja, joiden avulla voidaan parantaa kaukolämmön kustannustehokkuutta. Tästä huolimatta on korostettava, että kukin kohde on aina erityinen ja parhaat tulokset saavutetaan aina kohdekohtaisella tarkastelulla. Uusilla alueilla erityisen merkittävää on alueen kokonaisvaltainen etukäteissuunnittelu, jolloin tehtävät ratkaisut voidaan suunnitella ja mitoittaa optimaalisesti. Tällöin voidaan putkien läpimitat ja kaivuumatkat minimoida sekä harkita mahdollisten paikallisten energialähteiden hyödyntäminen lisälämmönlähteenä.



## 3.2 Asennusprosessin optimointi

Ruotsissa on saavutettu hyviä kokemuksia kustannusten pudottamisessa tuomalla sähkölämmitteisiä taloja kaukolämpöjärjestelmän piiriin sekä organisoimalla töitä tehokkaasti. Hyvät kokemukset selittyvät muun muassa seuraavilla osatekijöillä<sup>6,7</sup>:

- Kaukolämpöyhtiöllä oli yksi kontaktihenkilö läpi koko prosessin myynnistä rakentamisvaiheen projektinjohtoon.
- Kaikki työkohteet suunniteltiin ja valmisteltiin huolella. Näin saavutettiin mm. lyhyet odotusajat eri rakennusvaiheiden välillä.
- Urakoitsijoiden määrä pidettiin vähäisenä.
- Lyhyemmät ojien aukioloajat, kun kupariputkien kylmäasennus tehtiin ilman koepaineistusta.
- Kadulla ja liitosputkissa käytettiin samaa putkimateriaalia ja näin vähennettiin varastointitarvetta.
- Asennukset tehtiin mahdollisuuksien mukaan katujen varsiin (ks. kuva 3.2).
- Kaivuiden täytöissä käytettiin paikallisia materiaaleja ja maa-aines murskattiin tarvittaessa paikanpäällä erikoiskauhalla.

Yksittäisten tekijöiden sijaan työprosessin optimoinnissa korostuu kokonaisvaltainen työvaiheiden läpikäynti ja hiominen. Eri osatekijöiden soveltuvuus riippuu myös esimerkiksi paikallisesta toimijaverkostosta sekä maaperän laadusta ja muodoista.



**Kuva 3.2.** Kaivuutöiden järjestelyitä Ruotsissa<sup>8</sup>.

Suomessa on lisäksi paikoin saavutettu hyviä tuloksia yhteisurakoinnilla. Uudisrakentamiskohteiden hyvällä ja keskitetyllä suunnittelulla on esimerkiksi Kuopiossa onnistuttu pitämään kaukolämmön

---

<sup>6</sup> Svensk Fjärrvärme, Demo Värmegles 4, Effektiv elkonvertering, Luleå, 2006. Sähkölämmitteisten talojen muutoskohteessa oli apua saatu myös suotuisasta maaperästä. Kustannusten raportointi ei myöskään välttämättä ole täysin vertailukelpoinen uudisrakentamiseen, koska kyseessä on jälkiasennuksena tehtävä asennus.

<sup>7</sup> Svensk Fjärrvärme, Demo Värmegles 6, Effektiv arbetsorganisation, Lycksele, 2006.

<sup>8</sup> Svensk Fjärrvärme, Demo Värmegles 6, Effektiv arbetsorganisation, Lycksele, 2006.



liittymiskustannukset edullisina<sup>9</sup>. Kaukolämpö-, vesi-, sähkö- ja tietoliikenneyhteydet keskitetään samaan liittymispisteeseen. Työvaiheiden oikealla suunnittelulla ja kaapeleiden sekä johtojen sijoittamisella voidaan varmistaa, että eri toimijat eivät joudu odottelemaan muiden töiden valmistumista. Tämän lisäksi on tärkeää, että työmaan johto on selkeästi yhden osapuolen (esim. kaupunki) vastuulla ja että kaikki toimijat pitävät kiinni aikatauluistaan.

### 3.3 Putkiliitostöiden kustannusten minimointi

Merkittävä osuus kaukolämmön kustannuksista liittyy kaukolämpöputken kaivamiseen maan sisään sekä putken liitoskohtien tekemiseen. Kevennettyjen teknologioiden avulla vähennetään rakentamisen aikaisia kustannuksia. Edellisen luvun työprosessin kokonaistehostamisen lisäksi erityistä huomiota voidaan kiinnittää kalliiden liitostöiden osuuteen.

Putkiliitostöiden kustannusten vähentämisessä mahdollisia vaihtoehtoja ovat:

- Hitsaustöiden minimointi teräsputkiratkaisuissa.
- Riittävän työvoiman saatavuuden varmistaminen putkiliitosten tekemiseen.
- Joustavien putkiratkaisuiden käyttöönotto.
- Siirtyminen teräsputkista muoviputkiin.
- Putkien pikaliitokset (paineliitokset) hitsaamisen sijasta – ratkaisuja löytyy sekä teräs- että muoviputkille<sup>10</sup>
- Erityisesti vanhojen rakennusten liittämisen yhteydessä sisäjohtojen pituuden minimointi.

Putkiurakoinnin kustannusten kannalta hitsaustarve kuitenkin säilyy läpimitaltaan suurissa teräsputkisissa rakenteissa (runkolinjat suuren lämpökuorman alueilla), vaikka hitsausten määrää voidaankin esimerkiksi joustavilla putkiratkaisuilla vähentää. Työn osuus voi täten edelleen olla huomattava, koska hitsaustyön aloituskustannukset ovat likimain samat riippumatta tehdäänkö 2 vai 10 hitsausta.

### 3.4 Lämmönjakokeskukset tontin rajalle

Ruotsissa on lämmönjakokeskusten uudentyypisellä sijoittelulla saatu aikaan hyviä tuloksia. Uusien sijoitusratkaisujen lähtökohtana on ollut **välttää** seuraavia perinteisen kaukolämpöjärjestelmän piirteitä:

- Lämmönjakokeskuksen sijoittaminen jokaiseen taloon
- Yleisten teiden asfaltointien avaaminen
- Ei-standardin mukaisten komponenttien käyttö ja ei-standardoitujen liittymien esiintyminen
- Joustamattomien putkien käyttö
- Liitosasennusten tekeminen maassa

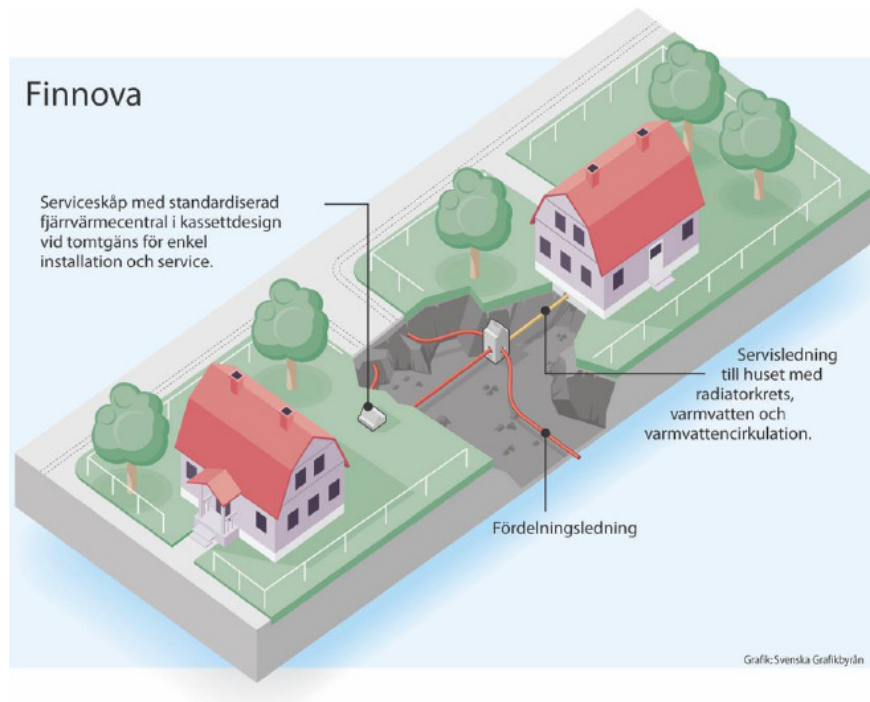
---

<sup>9</sup> Haastattelu R. Lassila, Kuopion Energia, 2.6.2009.

<sup>10</sup> Ks. esim. [www.gpa.se](http://www.gpa.se) (Haelok®)



Näiden kriteereiden avulla on Ruotsissa kehitetty *Finnova*-konsepti, joka yhdistää lämmönjakokeskusten sijoittelua, verkkorakenteen optimointia sekä muoviputkien ja neliputkijärjestelmän käyttöä (ks. kuva 3.3). Joustavien putkirakenteiden avulla voidaan jakeluverkko suunnitella niin, että vaikeat kaivauskohteet voidaan kiertää ja välttää. Lämmönjakokeskusten sijoittaminen tonttien rajalle helpottaa asennus- ja huoltotöitä ja alentaa näiden kustannuksia. Standardoitu konsepti helpottaa asentamista ja liitostöitä. Standardin mukainen moduuliratkaisu mahdollistaa myös teollisen sarjatuotannon edut komponenttien valmistuksessa. Merkittävä oheishyöty on myös, että talon sisältä vapautuva tila voidaan hyödyntää muussa käytössä.



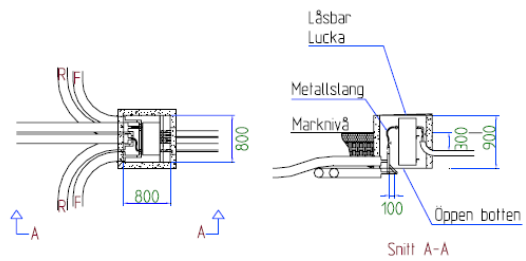
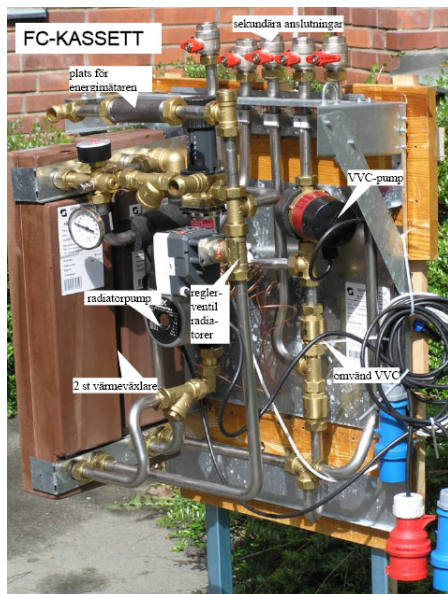
**Kuva 3.3.** Yleiskuva Ruotsissa kehitetystä uudentyyppisestä kaukolämmön jakeluverkko- rakenteesta matalaenergia-alueille. Lämmönjakokeskukset sijoitetaan tonttien rajalle ja taloihin vietään sisälle erillisenä lämmin käyttövesi ja lämmityskierto.<sup>11</sup>

Lämmönjakokeskusten sijoittaminen tontin rajalle nostaa esiin myös uusia haasteita. Vastuu- ja omistajakysymyksiä voidaan joutua harkitsemaan uudestaan kiinteistön omistajan ja lämpöyhtiön välillä. Tontin reunustalle ja/tai kadun varteen on myös tarpeen varata riittävästi tilaa tekniikalle, ottaen myös huomioon talviolosuhteet ja -kunnossapidon. Nykyiset kaavoituskäytännöt voivat olla ristiriidassa näiden periaatteiden kanssa.

Teknisesti vaatimukset laitteiston kylmänkestolle lisääntyvät. Toisaalta laitteisto voidaan suunnitella eri lähtökohdista kuin sisätiloihin sijoitettavat mallit, joissa esimerkiksi tilarajoitteet ja ulkonäkö voivat olla tärkeitä kriteereitä. Esimerkki Ruotsissa käytetystä pilottilaitteesta on esitetty kuvassa 3.4.

<sup>11</sup> Svensk Fjärrvärme, "Finnova" innovativ montageoch systemlösning för fjärrvärmeanslutning av villaområde huvudlösning "kamförläggning med serviceskåp", 2006.





**Kuva 3.4.** Esimerkki Ruotsissa kehitetystä lämmönjakokeskuksesta, joka voidaan asentaa kiinteistön ulkopuoliseen tekniseen tilaan, kuva laitteistosta asennettuna sekä asennuksen kaaviokuva.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Svensk Fjärrvärme, "Finnova" innovativ montageoch systemlösning för fjärrvärmeanslutning av villaområde huvudlösning "kamförläggning med serviceskåp", 2006.



## 4 Esimerkkilaskelma

### 4.1 Laskentaperiaate

Tässä luvussa esitetään esimerkkilaskelmien avulla arvio kaukolämmön potentiaalista uudella pientalovaltaisella alueella, jossa rakentaminen tehdään matalaenergiatasoisesti. Lähtökohtana on käytetty Porvoon Skaftkärrin aluetta perustuen alueen alustaviin kaavatietoihin. Luodun laskentamallin avulla on arvioitu kaukolämpötekniikan keventämisen vaikutuksia kaukolämmön potentiaaliin edellisessä luvussa kuvattujen keskeisten kaukolämpötekniikoiden osalta.

Porvoon Skaftkärrin alueelle ollaan suunnittelemassa uudentyyppistä kaupunginosaa. Alueen suunnittelussa ja rakentamisessa pyritään ottamaan huomioon koko alueen energiaratkaisut ja kasvihuonekaasupäästöt. Rakentamisessa tullaan käyttämään matalaenergia- ja passiivitoratkaisuja. Energiaratkaisujen suunnittelua varten alueelle tehdään energiakaava, jossa tarkastellaan energiankulutusta ja mahdollisia tuotantotapoja kokonaisuutena.<sup>13</sup>

Laskennassa määritellään ensin *vertailupiste*, joka kuvaa kaukolämmön potentiaalia vuoden 2003 normitason mukaisella rakentamisella ja perinteisellä kaukolämpötekniikalla. Tämän jälkeen on määritelty *kevennetty* kaukolämpöpotentiaali, joka kuvastaa kaukolämmön potentiaalia matalaenergioloissa käyttäen kevennettyjä kaukolämpötekniikoita. Kevennettyjen kaukolämpötekniikoiden kustannusvähennysmahdollisuudet on myös eritelty tarkemmin.

Kevennettyjen kaukolämpötekniikkaratkaisujen taloudellista kilpailukykyä arvioidaan suhteessa muihin lämmitysmuotoihin. Taloudellisen kilpailukyvyn määrittäminen tapahtuu nykyisellä kustannustasolla. Vertailukelpoisuuden vuoksi laskennat tehdään elinkaarilaskentana käyttäen arvioita energianhinnan kehittymisestä. Tarkasteluajavälinä on 30 vuotta. Laskennassa oletetaan, että energiaratkaisu tehdään nyt koko alueelle. Tarkastelussa ei oteta huomioon rakentamisajan viiveitä tai myöhemmin tapahtuvia muutoksia alueen käytössä.

### 4.2 Laskennan lähtötiedot

Laskentamallin kehittämisessä on käytetty laajaa joukkoa lähtötietoja. Osa tiedoista on kerätty hankkeen yhteydessä, osa perustuu esimerkkialueen suunnitelmaan, osa on toteutuneita tilastotietoja ja osa on jouduttu arvioimaan muilla keinoin. Skaftkärrin tapauksessa alue on jaettu viiteen erilliseen osa-alueeseen perustuen alustaviin kaavahahmotelmiin<sup>14</sup>.

Esimerkki-alueen energiatarpeen osalta on tehty joukko oletuksia. Kuvaus keskeisistä oletuksista on esitetty alla. Tarkemmat lukuarvot kustakin osa-alueesta löytyvät Liitteestä 1.

---

<sup>13</sup> [www.skaftkarr.fi](http://www.skaftkarr.fi), viitattu 17.8.2009.

<sup>14</sup> Skaftkärr energiakaava- ja liikenneseminaari, Pöyry: Energiakaava-esitys, 3.6.2009.



- Alueen asukasmääräksi on oletettu 6 000 perustuen alustaviin arvioihin alueen asukasmäärästä, kun koko alue on valmistunut.
- Asuinrakennusten lukumäärä on jaoteltu kerrostaloihin, rivi- tai ketjutaloihin sekä omakotitaloihin. Omakotitaloja oletetaan olevan noin 1 000 kpl, rivitaloja 350 kpl ja kerrostaloja 16 kpl. Kerrostalojen ja ketjutalojen osalta on myös tehty oletus kussakin talossa olevien asuntojen lukumäärästä.
- Palvelurakennuksista mukaan on otettu tyypilliset lähipalvelut eli koulut, päiväkodit ja kaupat. Palvelurakennuksien osalta on laskettu erilliset kulutustiedot oletettujen käyttäjämäärien perusteella. Muutoin palvelurakennuksia tarkastellaan kuitenkin yhtenä kokonaisuutena.
- Asuinrakennusten energiankulutuksen laskennassa on käytetty oletuksia asuntokuntien koosta, asumisväljyydestä, kerroskorkeudesta, lämmöntarpeesta asuinneliötä kohden sekä lämpimän käyttöveden energiankulutuksesta asukasta kohden.
- Vastaavasti palvelurakennuksille on oletettu tilantarve palvelun käyttäjää kohden, kerroskorkeus, lämmöntarve neliötä kohden sekä vedenlämmitykseen kuluva energia neliötä kohden.

Kaukolämpöverkon ja kaukolämpötekniikoiden osalta on tehty seuraavia oletuksia:

- Verkon rakenteesta on tehty oletuksia talo-, katu- ja runkojohtojen pituuksista sekä käytettyjen johtojen paksuuksista. Talojohtojen keskipituudeksi on oletettu 15 m/talo perinteisillä tekniikoilla. Kevennetyissä tekniikoissa oletetaan lämmönjakokeskusten sijoittelulla ja verkon rakenteen optimoinnilla päästävän 11 m/talo keskipituuteen.
- Kaukolämpöverkon rakentamiskustannukset on jaoteltu maanrakennuksen kustannuksiin, materiaalikustannuksiin sekä putki- ja liitostöiden kustannuksiin.
- Kaukolämpömittareiden kustannukset on jaoteltu hankintahintaan ja asennuksen hintaan.
- Kaukolämpöverkon häviöt on arvioitu perustuen käytettyihin putkikokoihin ja näiden lämmönjohtavuudesta, putkien pituuksiin, sekä oletuksiin meno- ja paluuv veden ja ympäristön lämpötiloista.

Kaukolämmön kustannuksia on vertailtu myös muihin lämmitystapoihin. Näiden vertailuiden osalta on käytetty seuraavia oletuksia:

- Suoran sähkölämmityksen ja maalämmön talokohtaiset investointikulut ja energiankulutukset sekä vastaavat oletukset kaukolämmitteisten talojen osalta.
- Talokohtaisten kustannustietojen osalta on eritelty lämmitysjärjestelmän investointikulut, korjaus- ja huoltokulut sekä energiakulut.

Lisäksi laskennassa on tehty joukko vähäisempiä teknisiä oletuksia.

## 4.3 Tulokset

### 4.3.1 Matalaenergia-alue kevennetyllä tekniikalla verrattuna nykytilaan

Kaukolämmityksen teknistä potentiaalia on arvioitu edellä esitetyistä lähtökohdista esimerkki-alueella. Laskennassa on tarkasteltu alueen lämmitysenergian tarvetta talokohtaisten kulutusarvoiden pohjalta vuoden 2003 normitasoisella rakentamisella ja matalaenergiatasoisella rakentamisella.



Lisäksi on tarkasteltu kaukolämpöjärjestelmän häviöitä ja kaukolämmön investointikuluja perinteisellä kaukolämpötekniikalla sekä kevennetyillä kaukolämpötekniikoilla.

Lähtöoletuksien perusteella pientalokohtainen kulutus olisi vuoden 2003 normitasoisella rakentamisella keskimäärin noin 22 MWh, sisältäen lämmityksen ja lämpimän käyttöveden osuuden. Yhdessä rivitalojen, kerrostalojen ja muiden rakennusten lämmitysenergian kulutuksena kanssa koko alueen lämmitysenergian tarpeeksi muodostuu noin 47 GWh vuoden 2003 normitilanteessa. Matalaenergioloissa pientalokohtainen kulutus vähenee noin 11 MWh:iin ja koko alueen tasolla lämmitysenergian tarve putoaa noin 24 GWh:iin. Luvut on koottu taulukkoon 4.1.

**Taulukko 4.1.** *Kaukolämmön kulutuspotentiaali ja pientalokohtainen kulutus.*

	<i>Vertailupiste</i>	<i>Kevennetty</i>
Kaukolämmön kulutuspotentiaali alueella	47 GWh	24 GWh
Kulutus / pientalo	22 MWh	11 MWh

Alueen linjatiheys olisi nykynormien tasoisella rakentamisella 1,13 MWh/m/vuosi. Matalaenergiarakentamisessa linjatiheys putoaa suoraan energiankäytön suhteessa ja on 0,57 MWh/m/vuosi. Oletettujen kevennetyjen tekniikoiden avulla linjatiheys paranee hieman ja on 0,63 MWh/m/vuosi.

Kaukolämpöjärjestelmän laskennalliset häviöt on esitetty taulukossa 4.2. Häviöiden osuus on vuoden 2003 normien mukaisissa energioaloissa ja perinteisellä rakennustekniikalla noin 17 % alueen lämmitysenergian tarpeesta eli noin 8,2 GWh. Matalaenergioloissa häviöiden merkitys korostuu. Kaukolämpöjärjestelmän mitoituksen pienentämisellä ja verkon pituuden lyhentämisellä on saavutettu noin 20 % säästö häviöihin. Häviöt ovat kuitenkin edelleen 6,7 GWh, joka vastaa noin 28 % alueen energiakulutuksesta matalaenergioloissa.

**Taulukko 4.2.** *Kaukolämpöjärjestelmän laskennalliset häviöt.*

	<i>Vertailupiste</i>	<i>Kevennetty</i>
Häviöt	8,2 GWh	6,7 GWh
Häviöiden osuus lämmitysenergiasta	17 %	28 %

Taulukko 4.3 esittää arvion esimerkkialueen kaukolämmön investointikustannuksista perinteisillä teknologioilla ja kevennetyn kaukolämpötekniikan avulla. Investointikulut pitävät sisällään maanrakennustyöt, putkien materiaalit, putki- ja liitostyöt sekä mittareiden hinnat ja niiden asennukset. Kaukolämmön investointikulut pientaloa kohden on laskettu olettaen johtoinvestointikulujen jakaantuvat kaikille rakennuksille energiankulutuksen suhteessa. Alueella oleva muu lämpökuorma siis



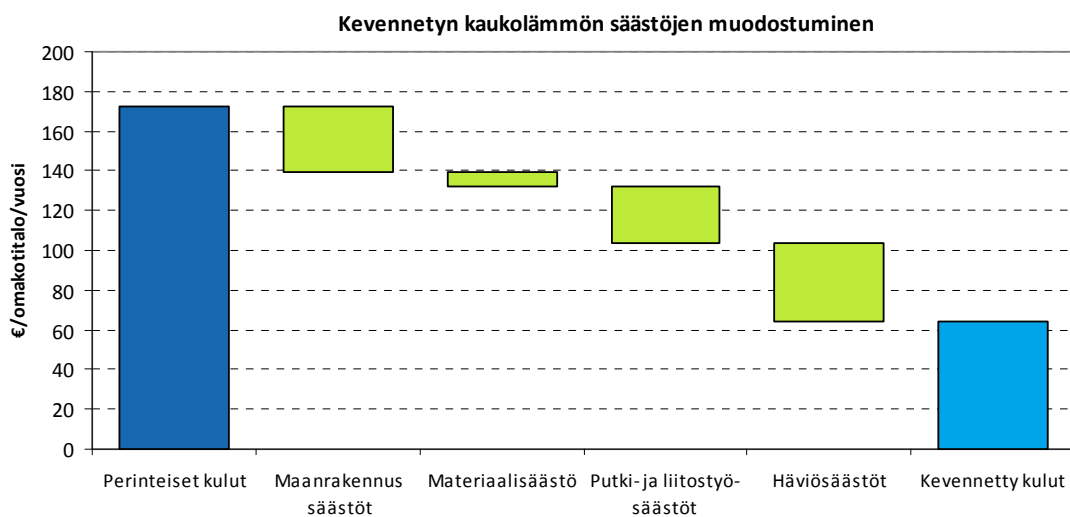
keventää pientaloille kohdistuvaa suoraa rasiitusta. Mittarien investointi- ja asennuskulut kohdistetaan kuitenkin suoraan talokohtaisesti.

**Taulukko 4.3.** Kaukolämmönjakelun investointikulut.

	Vertailupiste	Kevennetty
Verkkostoinvestointi	6,6 M€	4,0 M€
Investointi / pientalo	3,4 k€	2,0 k€

Tehtyjen lähtöoletusten puitteissa näyttää siis siltä, että kaukolämmön investointikuluja pystytään kevennetyn kaukolämpötekniikan avulla vähentämään esimerkkialueella noin 40 %.

Kevennetyn kaukolämmön kustannussäästöjen muodostumista on havainnollistettu kuvassa 4.1<sup>15</sup>. Lähtöoletuksien valossa suurimmat säästömahdollisuudet ovat maanrakennustöissä, putki- ja liitostöissä sekä häviöiden vähentämisessä. Säästöt putkimateriaaleissa ovat huomattavasti vähäisempiä. Olettaen, että pientalon vuotuinen energiankulutus on matalaenergiaoloissa noin 11 MWh, vastaa laskettu säästö lähes 10 €/MWh energianhinnassa.



**Kuva 4.1.** Esimerkilaskelmissa esitetyt kevennetyn kaukolämpötekniikan säästömahdollisuudet.

<sup>15</sup> Investointikustannukset on muutettu vuosikustannuksiksi käyttäen 3 % korkokantaa ja 30 vuoden kuoletusaikaa. Energian hintana häviöiden kustannusten laskennassa on käytetty tasoa 54,9 €/MWh.



### 4.3.2 Kaukolämmön kilpailuasetelma pientaloalueilla

Kaukolämmön kustannustehokkuutta vertaillaan seuraavassa maalämpöön ja suoraan sähkölämpöön. Kevennetyinkin kaukolämpötekniikan mahdollisuudet puhtaassa kustannusvertailussa suhteessa kilpaileviin lämmitystapoihin vaikuttavat haastavilta. Suoran sähkölämmityksen etuna ovat alhaiset investointi- ja huoltokulut ja maalämpöpumppujen vähäiset ulkoisen ostoenergian tarpeet.

Kuvassa 4.2 on verrattu lämmitysmuotojen kokonaiskustannuksia eri tarkasteluajanjaksoilla. Jos tarkastelujakso on nolla vuotta, pitää laskelma sisällään pelkät alkuinvestointikustannukset. Muiden vuosien kohdalla laskennassa on huomioitu alkuinvestoinnit ja tulevien vuosien energiakustannusten kumulatiivinen summa. Energiakulujen oletetaan kasvavan annetulla vauhdilla ja tulevat energiakulut muutetaan nykyrahaksi annetulla korkokannalla. Laskennat on tehty kolmella eri energiakustannusten nousuvauhdin ja korkokannan yhdistelmällä.

Kaukolämmön osalta tuloksissa eritellään lisäksi liittymismaksun osuus, jota on käytetty karkeasti kuvastamaan kaukolämpöverkon investointikustannuksia. Kevennetyjen kaukolämpötekniikoiden avulla kaukolämmön kustannukset pystytään viemään nykyisen kaukolämmön kokonaishinnan ja liittymismaksun väliin.

Kaukolämmön kilpailuasetelmassa pelkästään taloudellisuuteen perustuva argumentaatio on haastavaa. Mikäli lämmitysjärjestelmän investointia tarkastellaan lyhyellä aikavälillä, on suora sähkölämmitys selkeästi edullisin vaihtoehto. Mikäli puolestaan tarkasteluhorisontti ulotetaan kovin pitkäksi, tulee maalämpö edullisimmaksi. Muutokset energianhintatason nousuvauhdissa tai kulujen diskonttaamisessa käytetyssä korkokannassa eivät muuta tätä perusasetelmaa.

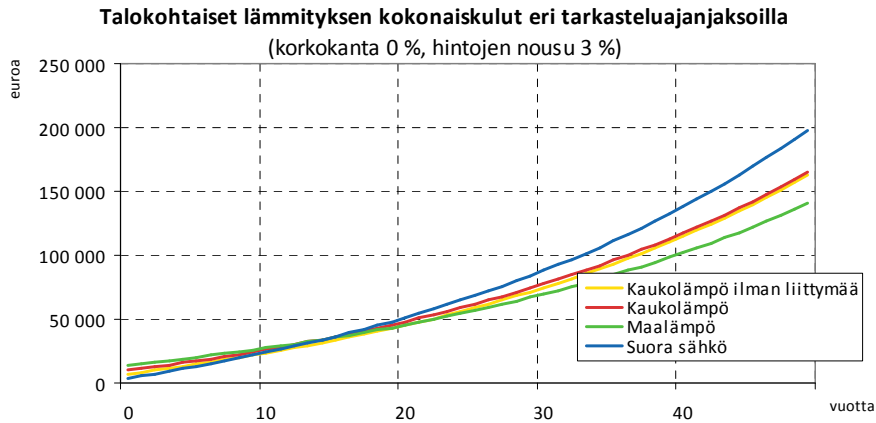
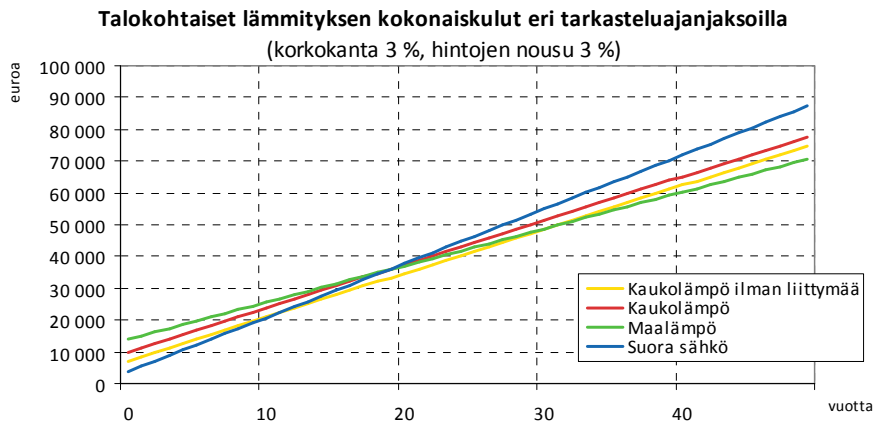
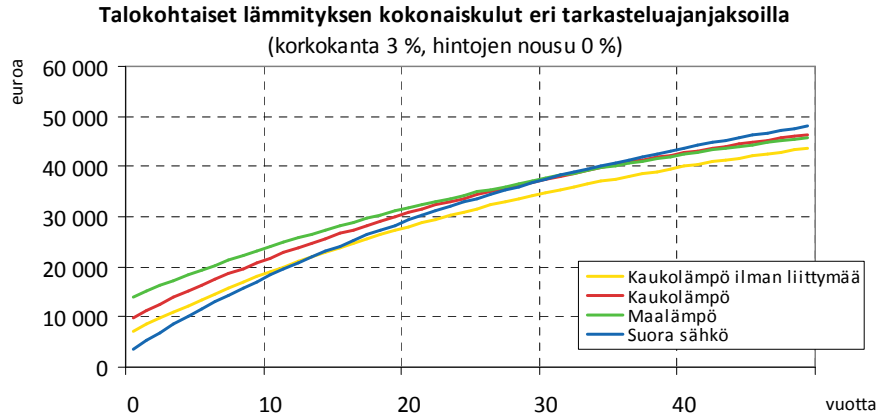
Laskentatuloksien tarkastelussa on huomioitava, että taloudellisina lähtöarvoina on käytetty koko maan keskiarvoja. Sähkön ja maalämpöpumppujen kustannukset ovat koko maassa suhteessa lähempänä toisiaan kuin kaukolämmön, jossa alueelliset erot ovat suurempia. Kilpailuasetelmassa on täten merkittäviäkin alueellisia eroja<sup>16</sup>.

Kaukolämpö ei välttämättä ole taloudellisesti edullisin lämmitystapa matalan kulutustason kohteissa, mutta erot eivät myöskään ole kovin suuria. Lämmitystapavalintoja voivatkin taloudellisten arvojen lisäksi ohjata myös vaivattomuuteen, käyttömukavuuteen ja ympäristöystävällisyyteen liittyvät tekijät.

---

<sup>16</sup> Ks. myös seuraavan luvun arviot koko maan potentiaalista.





**Kuva 4.2.** Kaukolämmön kustannukset suhteessa kilpaileviin lämmitystapoihin tyypillisessä matala-energiapientaloissa kolmella eri korkokannan ja energian hintanousuvauhdin yhdistelmällä.<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Lähtötiedot Motivan pientalojärjestelmien lämmitystapavertailu, www.motiva.fi, viitattu 17.8.2009. Ks. liite 1.

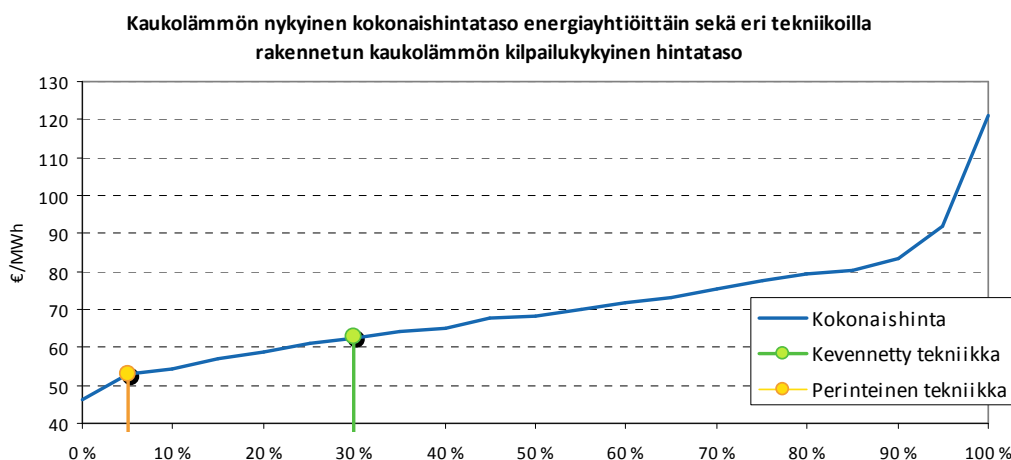


# 5 Kevennetyn kaukolämpötekniikan mahdollisuudet Suomessa

## 5.1 Arvio potentiaalista

Tässä luvussa on tarkasteltu kevennetyn kaukolämpötekniikan kokonaispotentiaalia Suomen oloissa. Edellisen luvun laskelmien perusteella kaukolämmön taloudellista kilpailukykyä ei voida taata pelkästään kevennetyllä kaukolämpötekniikalla. Kaukolämpöjärjestelmä on kokonaisuus, jossa mm. tuotantorakenne, jakelutekniikka ja asiakasrajapinta sekä yhtiön sijoitetun pääoman tuottovaatimukset yhdessä määräävät asiakkaalle kohdistuvat kustannukset. Koska tässä hankkeessa on keskitytty tarkastelemaan kaukolämmön jakelutekniikan keventämismahdollisuuksia, arvioidaan muiden tekijöiden vaikutusta tässä kaukolämmön hinnoittelun kautta.

Kuvassa 5.1 on suhteutettu kevennetyn kaukolämpötekniikan kustannuslaskentatuloksia kaukolämmön nykyiseen hintatasoon. Kuva esittää kaikkien kaukolämpöyhtiöiden kokonaishinnan järjestettynä halvimmasta kalleimpaan. Edellisen luvun esimerkkilaskelmien perusteella voidaan arvioida, että kaukolämpö saadaan kannattavaksi vaihtoehdoksi matalaenergiaoloissa, mikäli kaukolämmön kokonaishinta on alle 52-53 €/MWh. Tällä hetkellä noin 5 % kaukolämpöyhtiöistä myy kaukolämpöä tällä tasolla tai halvemmalla. Kevennetyn kaukolämpötekniikan avulla kaukolämmön kustannuksia voidaan säästää noin 10 €/MWh (ks. kuva 4.1), jolloin kannattavuusraja asettuu noin 62-63 €/MWh tasolle. Tällöin noin 30 % kaukolämpöyhtiöistä voisi nykyisillä tuotanto- ja kustannusrakenteilla sekä nykyisillä tuottotavoitteilla tarjota kaukolämpöä kannattavasti matalaenergia-alueilla.



**Kuva 5.1.** Mahdollisuudet parantaa kaukolämmön kilpailukykyä kevennetyllä tekniikalla matala-energiakohteissa



## 5.2 Haasteita ja kehityskohteita

Skaftkärrin alueella kokeillaan monia edistyksellisiä käytäntöjä ja ratkaisuja. Tavoitteena on, että esimerkkialueella kehitetyt toimintamallit muodostavat jatkossa alueiden suunnittelun ja rakentamisen perustason. Koska tulevan aluekehityksen suuntaviivat ovat kuitenkin vielä auki, on tässä tarkkojen koko maata koskevien potentiaalilaskelmien sijaan keskitytty arvioimaan kevennetyn kaukolämpötekniikan suurimpia haasteita ja mahdollisia ratkaisuja näihin.

Kuntien kaavoituskäytännössä pyritään usein maa-alueen tarkkaan käyttöön ja myytävien tonttipinta-alojen maksimointiin. Tämä voi myös tarkoittaa, että kunnallistekniikalle varatut tilat teiden varsissa jäävät niukoiksi ja joustava kaukolämmön rakentaminen muuttuu haastavaksi. Tämän vuoksi pitäisi jo kaavoitusvaiheessa pystyä vaikuttamaan siihen, että optimaalisten teknisten ratkaisujen vaatimat toimenpiteet onnistuvat myös käytännössä.

Uudisrakentamiseen liittyvänä haasteena on myös kaavoitusprosessiin etenemisvaiheet. Kaukolämpötekniikkaa rakennettaessa ei vielä välttämättä ole varmuutta siitä mitkä kiinteistöt tulevat liitty-mään kaukolämmön piiriin. Tilannetta voitaisiin yksinkertaistaa luomalla jo aikaisessa vaiheessa ns. energiakaavoja, joiden avulla erotellaan kaukolämpöalueet ja muut alueet. Tätä prosessia ollaankin kehittämässä esimerkiksi Skaftkärrin alueen yhteydessä.

Kevennetyn kaukolämpötekniikan kansainväliset esimerkit nostavat esiin työprosessien merkityksen kustannusten alentamisessa. Monet tässä selvityksessä esille nostetut tekniset tai prosesseihin liittyvät ratkaisut ovat kaukolämpöyhtiöissä jo tunnettuja. Muutokset voivat kuitenkin edellyttää kaukolämpöyhtiöissä merkittäviäkin sisäisiä muutoksia organisaatioissa ja menettelytavoissa.

Tehokkaiisiin työprosesseihin voi liittyä työvaiheita, jotka olisivat kaukolämmön kannalta järkeviä, mutta ovat asiakkaiden tai muiden sidosryhmien kannalta hankalia. Esimerkiksi paikallisten materiaalien käyttö kaivuiden täytössä on ainakin joissakin kunnissa kielletty. Asentamiseen vaadittavien perustuksien osalta lupaprosessit voivat myös olla jäykkiä kunnissa ja Tiehallinnossa. Tiiviimmällä yhteistyöllä ja aktiivisella keskustelulla voitaisiin näitä asioita varmaan parantaa. Ylipäättään lyhyet kaivausajat, asfaltoitujen teiden välttäminen ja tehokas kommunikointi alueen asukkaisiin parantavat kaukolämmön yleiskuvaa ja voivat tätä kautta lisätä kaukolämmön houkuttelevuutta.

## 6 Jatkotutkimuskohteita

Kevennettyyn kaukolämpöön liittyy lukuisia kehityskohteita, joista kansainvälisten ja kotimaisten kokemusten valossa Suomen kannalta potentiaalisimmat on kuvattu luvussa 3. Tässä luvussa on hahmoteltu kevennetyn tekniikan käyttöön saamisen kannalta otollisimpia jatkotutkimuskohteita koko Suomen ja kaukolämpöalan näkökulmasta. Näiden lisäksi yksittäisten yhtiöiden ja työvaiheiden kannalta monet muutkin luvussa 2 esitetyistä tekniikoista saattavat tuottaa lisäselvityksen arvoisia säästöjä.

Rakentamisaikaisten kustannusten osuus on merkittävä kaukolämmön kokonaiskustannuksista. Nykyiset työmenetelmät on hiottu perinteisiin olosuhteisiin ja perinteisiä ratkaisuja käyttäen. Kevennetyn kaukolämpötekniikan täysimääräinen hyödyntäminen edellyttää uusia työtapoja ja osin myös vaatii prosessien uudelleenajattelua. Tämä raportti esittää joitakin suuntaviivoja kaukolämmön



asennusprosessin viemiseksi kevennetyn kaukolämpötekniikan edellyttämälle tasolle ja parhaiden, Suomeen soveltuvien, työmenetelmien kehittämiseksi. Jatkossa työprosessia on kuitenkin pystyttävä vielä selkeästi tehostamaan. Erityisen tärkeää on teoreettisen ymmärryksen lisäksi toimenpiteiden vieminen käytäntöön, yhtiöiden ja yksittäisten työntekijöiden tasolle asti.

Uudisrakentamiskohteissa edellytys merkittäviin maarakennuskustannusten säästöihin näyttäisi olevan yhteisurakointi muiden infrastruktuurien asennusten kanssa. Teoriassa tästä saadaan selkeitä hyötyjä kaikille osapuolille, mutta silti yhteisurakointi on käytössä vain rajatussa joukossa yhtiöitä. Yhteisurakoinnin käytännön vaikeuksien selvittäminen ja ratkaisujen löytäminen vaikuttaa keskeisesti tutkimuskohteelta.

Nykyisten muoviputkirakenteiden avulla ei saavuteta säästöjä materiaalikustannuksissa, vaan ne voivat olla perinteisiä teräsputkiratkaisuja huomattavastikin kalliimpia. Tärkein kehityskohde putkimateriaaleissa on kalliiden työvaiheiden vähentäminen. Lisäksi kustannustehokkuutta voidaan parantaa minimoimalla verkon pituutta, jolloin samalla myös lämpöhäviöt vähenevät. Putkien kustannuksia voidaan myös alentaa mitoittamalla putkien läpimitta juuri sellaiseksi, että se on riittävä. Tämä onnistuu parhaiten silloin kun koko alue voidaan suunnitella mahdollisimmat tarkasti etukäteen, jolloin ei synny tarvetta ylimitoittaa järjestelmää mahdollisen tulevan tarpeen perusteella. Tämä edellyttää energiayhtiöiden, rakennuttajien ja kaavoittajien yhteistyömallien kehitystyötä.

Muoviputkitekniologiaa on Suomessakin koeteltu ainakin jo 1980-luvulla. Kokemukset eivät kuitenkaan ole rohkaisseet laajamittaista tekniikan käyttöönottoa tai kehitystyötä. Putkien ominaisuuksilla on vaikutusta putkien itsensä kustannuksiin ja siirtohäviöiden suuruuteen, mutta tämän selvityksen perusteella erityisesti myös asennustyöhön. Putkien teknisten ominaisuuksien kehittämisessä lienee merkittävää parannuspotentiaalia, joka liittyy putkimateriaalien kustannuksiin, putkien joustavuuteen ja liitettävyyteen sekä putkien energiatehokkuuteen. Putkitekniikan kehittymistä kannattanee jatkossa seurata entistä tarkemmin.

Perinteisen teräsputkiin perustuvan kaukolämpötekniikan elinikäodote on pitkä, vähintään 50 ja jopa yli 100 vuotta. Koska rakentamisen ja asentamisen kustannukset muodostavat merkittävän osan kokonaisuudesta voi elinkaaren aikaisten kustannusten osuus nousta merkittäväksi, mikäli kevennettyjen ratkaisuiden elinikäodotteet ovat merkittävästi lyhyempiä. Toisaalta kaukolämmön kilpailutilanne suhteessa erityisesti lämpöpumppuihin luo paineita investointikustannusten karsimiseen. Lämpöpumppujen todellisista elinkaarikuluista on toistaiseksi vähän kokemuksia ja mahdollisesti myöhemmin koituvien kaukolämpöä korkeampien kulujen läpinäkyvyys asiakasrajapintaan on heikko. Kaukolämmön kannalta kyse on pitkän elinkaaren etujen hyödyntämisestä markkinoinnissa tai elinkaarieduista tinkiminen alhaisempien investointikulujen saavuttamiseksi. Asiakkaiden odotusten ja päätöksentekokriteerien parempi tuntemus olisi tässä hyödyllistä kaukolämmön markkinoinnin tehokkuuden varmistamiseksi.

Matalaenergia-alueilla erityisesti kesäajan liian pienet lämpökuormat voivat tuottaa ongelmia. Pelkän lämpimän käyttöveden mukaiset mitoituskohtaiset eivät puolestaan mahdollista talviajan huippujen kattamista. Käyttökokemukset oikeilta matalaenergia-alueilta ovat kuitenkin vielä vähäisiä ja kokonaisten alueiden perusteelliset pilotointi-kokemukset olisivat erityisen hyödyllisiä.

Mikäli muita kaukolämmön investointikustannuksia onnistutaan pienentämään, nousee kulutuksen mittauksen suhteellinen osuus kustannuksista. Energiankulutuksen mittaamisesta ei kuitenkaan jatkossakaan voitane tinkiä, koska sekä kansallinen, että EU-lainsäädäntö on näiltä osin pikemminkin



kiristymässä<sup>18</sup>. Mittauskustannusten vähentämiseksi voitaisiin kuitenkin kartoittaa yhteistyömahdollisuuksia lämmönjakokeskusten toimittajien kanssa. Pidemmällä tähtäimellä myös eri energiamuotojen ja veden yhteismittaus on etenemässä. EU:ssa valmisteilla standardi, joka mahdollistaa sähkön, lämmön, maakaasun ja veden yhteismittauksen<sup>19</sup>. Kaukolämmön asemaa yhteismittaukseen liittyvissä kysymyksissä, kuten kustannusten jako, laitteiden omistajuus ja tietojen käyttöoikeudet, onkin jatkossa selvitettävä tarkemmin.

Hajautetun tuotannon liittämisestä kaukolämmön piiriin ei juuri ole käyttökokemuksia. Erillisillä alueilla ja saarekkeilla hajautettu tuotanto voisi kuitenkin olla perusteltua päätuotantolaitoksien kaukaisen sijainnin ja/tai suhteessa suurien siirtohäviöiden vuoksi. Paikallinen, alueellinen tuotanto voi myös tarjota kiinnostavan ja ympäristömyötäisen vaihtoehdon niillä alueilla, joilla on tarjolla uusiutuvia energialähteitä ja kiinnostuneita asiakkaita. Tästä esimerkkinä on Nupurin alue, jossa on hyödynnetty paikallisesti kalliolämpöä sekä lämmitykseen että jäähdytykseen.

## 7 Johtopäätökset

Energiateollisuuden kaukolämpöstrategiassa vuodelta 2008 on tunnistettu matalaenergiarakentamisen aiheuttamat haasteet kaukolämpöalalle. Jatkossa rakentaminen kohdistuu yhä enemmän matalaenergia-alueille, joihin kaukolämmön kustannustehokas vieminen nykYTEKNIKOILLA on haastavaa. Tämän hankkeen tavoitteena on ollut löytää Suomeen soveltuvia kevennettyjä kaukolämpötekniikoita, joiden avulla kaukolämmön kilpailuasetelmaa voitaisiin parantaa. Hankkeen tuloksena on tunnistettu joukko potentiaalisia ratkaisuja sekä jatkotutkimuskohteita. Kaukolämmön asemaa suhteessa kilpaileviin lämmitysmuotoihin on myös hahmoteltu esimerkkilaskelmien avulla.

Kevennettyjä kaukolämpötekniikoita on tutkittu erityisesti Ruotsissa, jossa kaukolämmön suosion kasvu on tapahtunut Suomea myöhemmin ja matalamman kulutustason olosuhteissa kuin Suomessa aikanaan. Varsinaisista kevennyksistä kaukolämpöratkaisuista on Suomessa toistaiseksi varsin vähän tuoreita kokemuksia. Toisaalta monissa suomalaisissa kaukolämpöyhtiöissä käytetään kuitenkin monia tässäkin selvityksessä esille nostettuja tekniikoita ja ratkaisuja, erityisesti kun kaukolämpöä rakennetaan pientaloalueille.

Matalaenergiolosuhteissa kaukolämmön työkustannusten merkitys korostuu. Kansainväliset esimerkit ja suomalaisten asiantuntijoiden haastattelut osoittavat, että yksittäisten teknisten ratkaisujen avulla voidaan jonkin verran vaikuttaa kustannuksiin, mutta suurimmat vaikutukset saavutetaan hyvällä kokonaisuuden hallinnalla. Tämä kokonaisuuden hallinta kattaa alueen suunnittelun ja optimoinnin jo kaavavaiheessa, työvaiheiden sujuvuuden varmistamisen sekä oikeiden teknisten ratkaisujen toteuttamisen hyvällä mitoituksella ja teknisillä laitteilla.

Kaukolämpötekniikan kehittämisellä voidaan pienentää materiaalien ja laitteiden kustannuksia. Teknisillä ratkaisuilla voidaan kuitenkin todennäköisesti saavuttaa suurempia säästöjä kustannuste-

---

<sup>18</sup> Esimerkiksi EU:n energian loppukäytön tehokkuudesta ja energiapalveluista annettu direktiivi 2006/32/EY.

<sup>19</sup> EU-komission mandaatti M/441.



hokkaampien työmenetelmien ja prosessien myötä. Tekniikan rooli on enemmänkin mahdollistava. Esimerkiksi pelkällä muoviputkiin siirtymisellä ei näyttäisi olevan kustannuksia alentavaa vaikutusta, mutta muoviputket voivat joustavuutensa ja yksinkertaisempien liitoksiensa myötä alentaa merkittävästikin rakentamisvaiheen työ kustannuksia.

Kaukolämpötekniikka on ollut melko pitkälle erikoistunutta. Asennustyövaiheita ja ratkaisuja tehdään yksittäin erillisiin kulutuspisteisiin. Monet kilpailevista lämmitysmuodoista, kuten lämpöpumput, tuotetaan teollisesti sarjatuotantona, mikä mahdollistaa niille selkeästi edullisemmat tuotantokustannukset. Pientaloalueilla kilpailukyvyyn kohentaminen edellyttäneen mahdollisimman pitkälle standardisoituja laitteita ja työtapoja.

Tehtyjen esimerkkilaskelmien valossa kaukolämmön asema on jatkossa haastava erityisesti matalaenergia-alueilla. Asiakkaan näkökulmasta suora sähkölämpö tarjoaa alhaiset investointikustannukset ja vaivattoman käytön. Toisaalta pitkällä tähtäimellä esimerkiksi maalämpöpumput tarjoavat vähäisen ostoenergian tarpeen kautta alhaiset energiakulut. Perinteisellä rakentamisteknologialla vain noin 5 % suomalaisista kaukolämpöyhtiöistä näyttäisi voivan tarjota kaukolämpöä matalaenergia-alueille niin, että kaukolämpö on taloudellisesti kannattavin vaihtoehto nykyhinnoitteluperustein.

Sopiva yhdistelmä kustannustehokasta tuotantoa sekä kevennettyä jakelu- ja talotekniikkaa mahdollistaa kaukolämmön kilpailukyvyyn suhteessa maalämpöpumppuihin myös matalaenergiaoloissa. Kevennettyjen kaukolämpötekniikoiden avulla voidaan kaukolämmön kustannustehokkuutta parantaa ja saada aikaan jopa noin 40 % säästöt kokonaisinvestoinneissa ja noin 20 % säästöt häviöissä. Kevennettyjen kaukolämpötekniikoiden avulla matalaenergia-alueet voisivatkin olla taloudellisesti kannattavia noin 30 %:lle kaukolämpöyhtiöistä nykyhinnoittelulla.

Kaukolämmön kilpailukykyä ja markkinapotentiaalia arvioitaessa on huomattava, että kuluttajien lämmitystapavalintoihin vaikuttavat taloudellisten tekijöiden lisäksi myös ratkaisun helppokäyttöisyys ja erilaiset mielikuvat. Nämä asiat on myös hyvä huomioida kehitettäessä kevennettyjä kaukolämpöratkaisuja. Yhtäältä on pidettävä kiinni kaukolämmön helppokäyttöisyydestä, mutta samalla on pystyttävä kehittämään kuluttajia kiinnostavia ratkaisuja, jotka edistävät kaukolämmön mielikuvaa puhtaana ja tehokkaana lämmöntuotantotapana. Käytännössä tämä tarkoittaa sekä yhteistuotannon ja uusiutuvien energialähteiden käyttöä joko keskitetysti tai hajautetusti.

Tässä selvityksessä on hahmoteltu kaukolämpöalan kannalta keskeisiä kevennetyn kaukolämpötekniikan jatkotutkimuskohteita. Erityisesti yhteisurakoinnin käytännön vaikeuksien selvittäminen ja ratkaisujen löytäminen vaikuttaa keskeiseltä tutkimuskohteelta. Teknisistä ratkaisuista putkitekniikan kehitystarpeet maanrakennustöiden sekä putki- ja liitostöiden kustannusten vähentämisessä olisi hyvä koota yhtenäiseksi näkemykseksi, jonka pohjalta putkivalmistajat voisivat tuottaa kaukolämpöä paremmin hyödyttäviä innovaatioita. Olennaisena osana kustannusten vähentämistä näyttäisi olevan myös asiakasrajapinnan standardisointimahdollisuudet, joiden konkretisointi vaatinee myös jatkotyötä.

Kevennetyn kaukolämpötekniikan teoreettisten selvitysten lisäksi erityisesti Suomen oloissa tehdyt käytännön pilottikohteet ovat toistaiseksi jääneet vähemmälle huomiolle. Monipuolisten ratkaisuvaihtoehtojen koekäyttö ja menestystarinoiden esille nostaminen on kuitenkin perusedellytys ennen kuin tekniikoiden voidaan olettaa valtaavan alaa erityisesti kriittisissä käyttökohteissa.



# Liite 1 – Esimerkkilaskelman oletetut lähtötiedot

**Taulukko L1.1.** Asuinrakennusten lähtötiedot matalaenergia-alueilla<sup>20</sup>.

	Asuntokunta as./asunto	Asumis- väljyys m <sup>2</sup> /asukas	Kerros- korkeus m	Lämmön- tarve kWh/m <sup>2</sup>	Veden- lämmitys kWh/as.
Omakotitaloasunto	2,8	50	3,0	50	1500
Ketjutaloasunto	2,3	45	3,0	50	1500
Kerrostaloasunto	2,2	40	3,0	50	1500

**Taulukko L1.2.** Palvelurakennusten lähtötiedot matalaenergia-alueilla<sup>21</sup>.

	Käyttäjiä % asukkaista	Palvelu- väljyys m <sup>2</sup> /käyttäjä	Kerros- korkeus m	Lämmön- tarve kWh/m <sup>2</sup>
Päiväkoti	10 %	9	3,5	50
Koulu	12 %	11	3,5	50
Kauppa	100 %	0,2	3,5	50

**Taulukko L1.3.** Aluetiedot<sup>22</sup>.

	Yhteensä	Alue 1	Alue 2	Alue 3	Alue 4	Alue 5
Pinta-ala, ha	400	200	50	50	50	50
Etäisyys runkoverk- koon, m	3 100	100	500	500	1 000	1 000
Omakotitaloja, kpl	1025	25	250	250	250	250
Ketjutaloja, kpl	347	47	150	150	0	0
Kerrostaloja, kpl	16	12	4	0	0	0
Yhteensä, kpl	1388	84	404	400	250	250
Asuntoja / ketjutalo		3	3	3	3	3
Asuntoja / kerrostalo		24	12	12	12	12

**Taulukko L1.4.** Palvelurakennusten koot ja sijoittuminen.

	Yhteensä	Alue 1	Alue 2	Alue 3	Alue 4	Alue 5
Päiväkoti, m <sup>2</sup>	5 500	1 500	2 000	2 000	0	0
Koulu, m <sup>2</sup>	8 000	8 000	0	0	0	0
Kauppa, m <sup>2</sup>	1 200	400	400	400	0	0
Yhteensä, m <sup>2</sup>	14 700	9 900	2 400	2 400	0	0

<sup>20</sup> Asuntokuntaa koskevat tiedot YM, Asukasbarometri 1998. Muut tiedot oletuksia perustuen yleisiin kirjallisuuslähteisiin.

<sup>21</sup> Gaian oletuksia perustuen yleisiin kirjallisuuslähteisiin.

<sup>22</sup> Alustavat aluetiedot perustuen esityksiin Skaftkärrin energiakaava- ja liikenneseminaarissa, 3.6.2009.



**Taulukko L1.5.** Kaukolämpöverkon rakennetiedot<sup>23</sup>.

	Alue 1	Alue 2	Alue 3	Alue 4	Alue 5
Talojohdot, m/talo	11	11	11	11	11
Katujohdot, m/talo	17	17	17	17	17
Talojohdot, DN-luokka	25	25	25	25	25
Katujohdot, DN-luokka	40	40	40	25	25
Runkojohdot, DN-luokka	80	80	80	80	80

Kaukolämmön putkikohtaiset tiedot perustuvat teokseen Energiateollisuus ry, Kaukolämmön käsikirja 2006. Kaukolämpöputkien kustannustiedot ovat Energiateollisuus ry:n teoksesta Maanalaisten kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset 2007. Kaukolämpömittareiden kustannukset perustuvat Mikkelin ammattikorkeakoulun Kaukolämpöliittymien kustannusselvitykseen 15.1.2005<sup>24</sup>.

**Taulukko L1.6.** Pientalokohtaiset kustannus- ja energiankulutustiedot<sup>25</sup>.

	Kaukolämpö	Maalämpö	Suora sähkö
Investointi, €	9 938	14 025	3 702
Liittymäkulu, €	2 780		
Investointi ilman liittymää, €	7 158	14 025	3 702
Korjaus- ja huolto, 30 v, €	1 595	2 952	912
Energiakustannukset vuodessa, €	1 328	1 057	1 677
Lämmitysenergian kulutus, kWh	12 893	4 808	12 278
Sähkönkulutus, kWh	6 816	6 816	6 156
Lämmitysenergian hinta, c/kWh	5,49	9,10	9,10
Sähkönhintaa, c/kWh	9,10	9,10	9,10

<sup>23</sup> Gaian oletuksia perustuen arvioon keskimääräisestä verkon rakenteesta.

<sup>24</sup> Hintoja on inflaatiokorjattu 4 % vuotuisella inflaatiolla.

<sup>25</sup> Motivan pientalojärjestelmien lämmitystapavertailu, [www.motiva.fi](http://www.motiva.fi), viitattu 17.8.2009.



## Liite 2 – Lista haastatelluista

1. Ilari Aho Uponor
2. Timo Aho Fortum Power and Heat Oy
3. Kalle Hakonen Helsingin Energia
4. Vesa Hynninen Vantaan Energia
5. Jouni Kivirinne Helsingin Energia
6. Matti Kuronen YIT
7. Reima Lassila Kuopion Energia
8. Olli Lindstam Lahti Energia
9. Mauno Luukkonen Kuopion Energia
10. Jouko Miettinen Savon Voima
11. Ari Raunio Porvoon Energia

