



**SAVONIA**



**OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA**

# **KAUKOLÄMMÖN KANNAT- TAVUUS ENERGIAKONSER- NIN KOKONAISEDULLI- SUUS HUOMIOIDEN**

TEKIJÄ/T: Jukka Eskelinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Jukka Eskelinen			
Työn nimi Kaukolämmön kannattavuus energiakonsernin kokonaisedullisuus huomioiden			
Päiväys	1.9.2015	Sivumäärä/Liitteet	30/7
Ohjaaja(t) Ritva Käyhkö, Markku Kosunen, toimeksiantajan kaukolämpöjohtaja			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Salainen			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Vuoden 2021 alusta astuva EU-energiatehokkuusdirektiivi (EPBD) edellyttää rakennuksista tulevan "lähes nollaenergiataloja".</p> <p>Opinnäytetyössä perehdytään kaukolämmön kannattavuuteen pientaloalueella nykyisillä toteutuneilla ja vuoden 2021 jälkeisillä pienentyneillä lämmitysenergiämäärillä. Tarkastelussa otetaan huomioon energiakonsernin kokonaistaloudellisuus, eli vaihtoehtona on se, ettei alueelle tule kaukolämpöverkkoa. Tällöin talojen lämmitysratkaisut pohjautuisivat enemmän sähköä käyttäviin järjestelmiin, kuten erilaisiin lämpöpumppuratkaisuihin ja suoraan sähkölämmitykseen. Alue on uudisrakennusalue, joka on tullut rakentamistuotantoon vuonna 2012.</p> <p>Tulokset on saatu aikaan yhdessä toimeksiantajan asiantuntijoilta kerätyn lähdeaineiston avulla. Kaukolämmön takaisinmaksuaika vuoden 2015 mukaisten rakennusdirektiivien mukaan on noin 9 vuotta. Vuoden 2021 mukaisia rakennusdirektiivejä ei vielä ole tiedossa ja työssä on esitetty erilaisia skenaarioita, kuinka energiatehokkuuden paraneminen vaikuttaa kaukolämmön kannattavuuteen.</p>			
Avainsanat Kaukolämpö, kaukolämmön kannattavuus, EPBD, sähköverkko			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author(s) Jukka Eskelinen			
Title of Thesis District Heating's Profitability Considering Energy Corporations Overall Economic Efficiency			
Date	1.9.2015	Pages/Appendices	30/7
Supervisor(s) Ritva Käyhkö, Markku Kosunen, Client's District Heating Manager			
Client Organisation /Partners Confidential			
<p>Abstract</p> <p>By 2021 the new EU Energy Performance of Buildings Directive will be fulfilled. It requires new houses to be "nearly zero energy buildings".</p> <p>This thesis examines the profitability of district heating in an area of small residential buildings with the current and reduced heating energy quantities of 2021. This analysis takes into account the energy corporation's overall economic efficiency, which means that there is an option that there will not be district heating in the area. Therefore the heating solutions of the houses would be more electricity oriented systems, like different heat pump solutions and electrical heating. The area is a new building area that has come to building production in 2012. The results are based on the sources gathered together with the clients experts.</p> <p>District heatings payback period with the year's 2015 building code is about 9 years. Building directives for the year 2021 do not exist yet and in this thesis there are different scenarios on how the increase of energy efficiency will affect to the profitability of district heating.</p>			
<p>Keywords</p> <p>District heating, district heating's profitability, EPBD, electrical grid</p>			



## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	KAUKOLÄMPÖ .....	7
2.1	Kaukolämpöveden kulku .....	8
2.1.1	Voima- ja lämpölaitokset .....	8
2.1.2	Kaukolämpöverkko .....	9
2.1.3	Kaukolämpölaitteisto .....	9
2.2	Yhteistuotanto .....	10
3	EPBD DIREKTIIVI .....	11
4	KANNATTAVUUDEN LASKEMINEN .....	12
4.1	Ohjelmistoon syötettävät perustiedot alueesta .....	13
4.1.1	Tilausvesivirta, liittymisteho ja mittarikustannus .....	13
4.1.2	Lämmön vuosikulutus ja talojohto .....	14
4.1.3	Energiamaksut ja kunnossapito .....	15
4.1.4	Perus- ja liittymismaksut .....	15
4.1.5	Johtojen kustannukset .....	17
4.1.6	Lämpöhäviöt .....	18
4.2	Kannattavuuslaskenta .....	19
5	KANNATTAVUUSLASKENNAN TULOKSET 2015 .....	21
6	HERKKYYSTARKASTELU PIENTALOALUEELLE .....	22
7	KANNATTAVUUS KOKO KONSERNIN NÄKÖKULMASTA .....	25
8	LOPPUPÄÄTELMÄ .....	29
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	30

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on kaukolämmön kannattavuustarkastelu tulevaisuuden pientaloalueella. Vuoden 2021 alusta astuva EU-energiatehokkuusdirektiivi (EPBD) edellyttää rakennuksista tulevan lähes nollaenergiataloja. Tiedossa on, että rakennuksista Suomessa tulee energiatehokkaampia, mutta projektin tekemisen aikaan tiedossa ei ole tietoa siitä, kuinka paljon talot oikeasti kuluttavat energiaa tulevaisuudessa.

Projektiluontoisessa työssä tarkastellaan ensin kaukolämmön kannattavuutta vuoden 2015 rakennusmääräysten mukaisesti. Tämän jälkeen tutkitaan onko kaukolämpö enää kannattavaa, kun lämmön ominaiskulutus laskee ja etsitään rajapinta kaukolämmön kannattavuudelle. Työssä tarkastellaan erilaisia skenaarioita lämmön ominaiskulutuksen laskuun ja oletettavasti vuoden 2021 lähes nollaenergiatalot sijoittuvat energiatehokkuudeltaan johonkin näistä skenaarioista. Työssä lisäksi tarkastellaan tilanteita, joissa kaukolämmön liittymisaste olisi huomattavasti pienempi ja alueella olisi enemmän sähköä käyttäviä taloja. Sähkön käytön lisääntyessä lämmityksessä analysoidaan sen vaikutukset energiakonsernin kokonaisvoittoon. Jos kaukolämpö ei ole enää toimeksiantajan tuottovaitimuksiin perustuen kannattavaa, toimeksiantaja jättää kaukolämmön rakentamatta ja kerää voitot lämmityksestä sähkön avulla. Työssä tarkastellaan uudisrakennusaluetta.

Energiakonsernin kannattavuustarkastelu määräytyy monesta eri osatekijästä. Työhön kerätään tietoa haastatteleamalla yrityksen asiantuntijoita.

Työn toimeksiantaja on kotimaassa toimiva keskikokoinen yritys, joka on erikoistunut energian tuotantoon, jakeluun ja myyntiin.

## 2 KAUKOLÄMPÖ

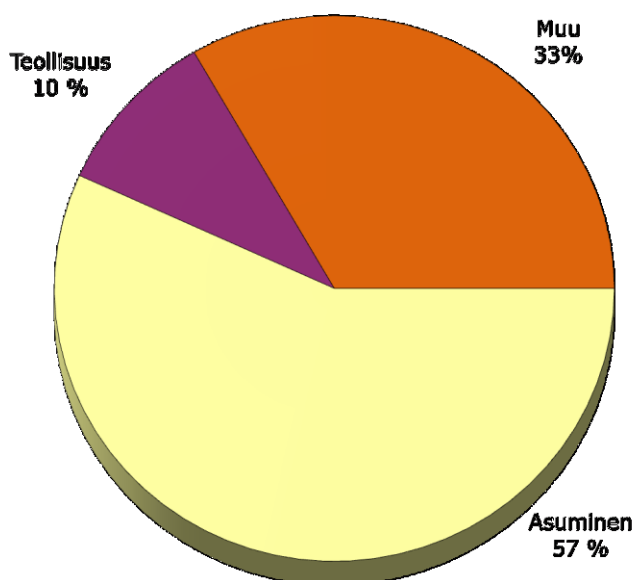
Kaukolämpö on lämmitysmuoto kiinteistöille. Kaukolämpöasiakkaita ovat asiakkaat pientaloista, kerrostaloista, teollisuudesta tai julkisista rakennuksista. Lämpö tuotetaan, joko voimalaitoksissa (vastapainevoimalaitokset) yhteistuotantona sähkön kanssa tai kaukolämpölaitoksissa, jotka tuottavat pelkästään lämpöä. Lämpö tulee asiakkaalle ns. kaukolämpöputkessa, jossa on kuumaa käsiteltyä kaukolämpövettä. Kaukolämmön periaatteena on tuottaa lämpöä ja kuljettaa lämpö veden mukana asiakkaan lämmitysverkkoon ja lämpimän veden käyttöveden valmistukseen lämmönsiirtimien avulla. Itse kaukolämpövettä ei siis kulje perinteisessä Suomessa käytettävässä ratkaisussa. Kun kaukolämpövesi on toimittanut lämmön asiakkaalle, se kulkee ns. paluuputkea pitkin takaisin voima- tai lämpölaitokselle, jossa kaukolämpöveden kierto jatkuu. Kaukolämmössä polttoaineena ovat maakaasu, kivihiili, turve, puu ja biokaasu.

Kaukolämpö on yksi suosituimmista Suomessa käytetyistä lämmitysmuodoista. Kaukolämmön suosio perustuu sen kilpailukykyiseen hintaan suhteessa joihinkin muihin yleisiin lämmitysmuotoihin, varmaan toimintaan ja ympäristöystävällisyyteen.

Jotta kaukolämpö saadaan halutulle alueelle, tulee toiminnan olla taloudellisesti kannattavaa. (Energiateollisuus 2006, 469). Kaukolämpöverkkoa suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon lämmönjakelun kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä. Energiayhtiölle paras ratkaisu on kaukolämpöverkko, joka olisi johtopituudeltaan mahdollisimman lyhyt, mutta lämmitettävältä rakennustilavuudeltaan mahdollisimman suuri. Tästä muodostuu ns. rakennustiheyden tunnusluku. Mitä suurempi rakennustiheyden tunnusluku on, sitä edullisemmaksi kaukolämpöverkko tulee kaukolämpöä tuottavalle yhtiölle. Lyhyt kaukolämpöverkko alentaa kiinteitä ja muuttuvia kustannuksia. Lyhyt kaukolämpöverkko vaikuttaa myös lämpöhäviökustannuksiin positiivisesti. Suomen ulkopuolella Itä-Euroopassa kaukolämmön kannattavuutta taloudellisesti mitataan usein laskettaessa alueelle vietyä energiaa (MWh) ja alueen johdon pituutta (m). Mikäli lukuarvo on vähintään 3 MWh/m, on kaukolämpöverkojärjestelmä aina kannattava. Lukuarvolla 1 MWh/m kaukolämpöverkko on usein taloudellinen ja alle 1MWh/m kaukolämmöllä tuskin on kannattavuutta (Energiateollisuus 2006, 469).

Takaisinmaksuajan tulisi vastata kaukolämpöä tuottavan yrityksen tuottovaatimuksia. Kaukolämmön hinnan tulee kuitenkin olla asiakkaalle kilpailukykyinen verrattuna kilpaileviin lämmitysmuotoihin. Kannattavuuden kartoittamiseksi tulisi kaukolämmölle, mielellään muutaman vuoden välein tehdä kannattavuuslaskelma. Kannattavuuslaskelmalla voidaan optimoida kaukolämmön myynti- ja rakentamisstrategiaa.

Kaukolämmön asiakkaita ovat pääasiassa asuinkerrostalot (95 %). Pientaloista noin 7 % käyttää lämmitysmuotonaan kaukolämpöä. Kaukolämmön markkinaosuus Suomen suurimmissa kaupungeissa on noin 90 %. Kaukolämmön osuus kaikista käytetyistä lämmitysmuodoista on 46 %. Kaukolämmön osuus asuintaloista on 57 %. Loppuosa menee teollisuudelle 10 % ja muuhun käyttöön 33 % (Kuva 1. Energiateollisuus).



Kuva 1. Lämmitysenergian tarpeen jakaantuminen Suomessa vuonna 2014. Energiateollisuus.

## 2.1 Kaukolämpöveden kulku

Kaukolämmön osa-alueet voidaan jakaa pääpiirteittäin kolmeen eri osaan. Kaukolämpö tuotetaan ensin sitä valmistavassa laitoksessa, jonka jälkeen kaukolämpö siirtyy menovetenä kaukolämpöverkkoon. Kaukolämpöverkon jälkeen kaukolämpö siirtyy asiakkaan luokse kaukolämpölaitteistolle. Kun asiakkaan kaukolämpölaitteisto on jäädyttänyt kaukolämpöveden, kaukolämpövesi siirtyy paluuvetenä takaisin kaukolämpöverkkoon kohti voima- tai kaukolämpölaitosta.

### 2.1.1 Voima- ja lämpölaitokset

Kaukolämpö tuotetaan joko voimalaitoksissa tai lämpölaitoksissa. Voimalaitoksen ja lämpölaitoksen ero on se, että voimalaitos tuottaa lämmön lisäksi myös sähköä valtakunnalliseen sähköverkkoon. Kaukolämpöä kierrätetään laitokselta asiakkaalle pumppujen avulla. Lämmön kaukolämpövesi saa joko voimalaitoksen lämmönsiirtimistä tai lämpölaitosten kattiloista. Kaukolämpöä tuottavat voimalaitokset ovat tyypiltään vastapainevoimalaitoksia. Lämpölaitokset tuottavat ainoastaan lämpöä. Pääasiallisesti kaukolämpöä tuotetaan Suomessa voimalaitoksilla, mutta pienemmillä paikkakunnilla tuotetaan kaukolämpöä usein lämpölaitoksilla.



### 2.1.2 Kaukolämpöverkko

Kaukolämpöverkko muodostuu meno- ja paluuputkista, joissa kaukolämpövesi kiertää voimalaitoksen ja asiakkaan lämmitysjärjestelmän välillä. Kaukolämpöjohtojen kaksi eri tyyppiä ovat ns. siirtojohtot ja talojohtot. Siirtojohtoiksi kutsutaan johtoja, joiden tehtävänä on tuoda kaukolämpövesi alueelle. Siirtojohtot ovat kooltaan talojohtoja huomattavasti isompia. Siirtojohton koko valitaan sen perusteella, kuinka paljon kaukolämpövedettä tuodaan alueelle, alueen tehontarpeen mukaan (kW). Sopivan kokoisella siirtojohdolla pystytään kattamaan alueen lämmönjakelu. Alueen lämmönjakelun lisäksi siirtojohdolla tulisi kattaa myös mahdolliset tulevaisuuden liittymät. Esimerkiksi kaupungin laajentuessa, nykyisen alueen taakse voi rakentua uusi kaupunginosa. Toisaalta ylimitoitettu siirtojohto tuo liikaa kustannuksia. Toimeksiantajan rakennuspäällikön mukaan (2015-10-09) liian pienellä siirtojohdolla ei saada tarpeeksi kaukolämpöä alueelle ja sitä joudutaan kompensoimaan pumppaamoilla. Siirtojohtot muodostavat huomattavan erän kokonaiskustannuksista.

Talojohtoilla tarkoitetaan johtoja, jotka lähtevät siirtojohtoista erillään kohti asiakkaita. Talojohton mitoitus tapahtuu asukkaan käyttämän lämmön mukaan. Pientalojen talojohtojen koko on yleensä noin DN15-DN25. Talojohtot voivat muodostaa huomattavan osan alueen kokonaiskustannuksista, varsinkin jos rakennustiheyden tunnusluku on hyvin väljä.

Kaukolämpöverkostoissa oleellisia osia ovat myös kaukolämpökaivot. Kaukolämpökaivot ovat verkoston solmukohtia, joista pystytään viemään kaukolämpöjohtoa eteenpäin useaan eri suuntaan. Kaivon toinen tarkoitus on, että sen kautta pystytään tekemään kaukolämpöverkostolle tarvittavia huolto- toimenpiteitä, kuten sulkemaan sulkuventtiileillä vuotavia johtoja.

### 2.1.3 Kaukolämpölaitteisto

Suomessa käytössä olevat kaukolämpöjärjestelmät ovat ns. epäsuoria kytkentöjä. Tämä tarkoittaa sitä, että kaukolämpövesi ei kierrä asiakkaan lämmitysverkossa. Kaukolämpövesi tuodaan asiakkaan lämmitysjärjestelmään, joka lämmönsiirtimen avulla jäädyttää veden ja siirtää lämmön omaan lämmitysverkkoonsa. Kaukolämpölaitteiston tarkoitus on jäädyttää kaukolämpövesi omilla lämmönsiirtimillään, joiden avulla lämpö saadaan siirrettyä talon lämmitysjärjestelmiin. Keskimääräinen asuinkiinteistö käyttää lämmitysenergiasta noin 40 % huonetilojen lämmitykseen, 35 % ilmanvaihdon lämmitykseen ja 25 % käyttöveden lämmitykseen. (Energiateollisuus 2006, 51).

## 2.2 Yhteistuotanto

Sähkön ja kaukolämmön yhteistuotannolla tarkoitetaan sitä, että sähkön kanssa tuotetaan myös lämpöä. Lämpöä voidaan tuottaa siihen erikoistuneilla vastapainevoimalaitoksilla. Vastapainevoimalaitoksissa kattilalta tai tulistimilta tuleva höyry ohjataan vastapaineturbiinille, jossa höyry paisutetaan tiettyyn paineeseen. Paineen suuruus määräytyy sen mukaan, kuinka kuumaksi kaukolämpövesi tulee lämmittää. Kaukolämmönvaihtimessa turbiinilta ohjattu höyry lauhdutetaan nesteeksi. Yhteistuotannon hyöty saavutetaan, jos sähkön hinnasta saadaan riittävä markkinahinta. Sähkön hinnan ollessa hyvin alhainen, voimalaitoksen pitää saada tulot kaukolämmöstä.

Toimeksiantajan energiapäällikön (2015-11-10) mukaan nykytilanteessa sähkön hinta on hyvin alhainen, eli noin 30 €/MWh. Sähkön hinta tulee olemaan sellainen hyvin todennäköisesti myös vuonna 2020. Sähkön hinnan odotetaan nousevan kuitenkin pitkällä aikavälillä noin yhden euron vuodessa. Koska sähkön hinta on alhainen, ei voida puhua enää yhteistuotannon hyödystä. Nykyään energiamaailmaan onkin tullut termi ”kustannustenjakomenetelmä”, koska se kuvaa nykytilannetta paremmin.

### 3 EPBD DIREKTIIVI

EU on säätänyt energiatehokkuusdirektiivin (EPBD, Energy Performance of Buildings Directive), joka edellyttää vuoteen 2020 mennessä talojen olevan lähes nollaenergiataloja. Energiatehokkuusdirektiivin tarkoituksena on vähentää energian kulutusta merkittävästi Euroopassa. Rakennuksien osuus Euroopan energiankulutuksesta on yli 40 %. Direktiivin tavoitteena on saavuttaa ilmastotavoitteiden mukainen 20 % leikkaus energiankulutuksesta. Tärkeää on huomata, että ”lähes nollaenergiatalo” ei läheisestä termistään huolimatta indikoi termiin ”nollaenergiatalo”. Nollaenergiatalo tarkoittaa taloa, jonka kokonaiskulutus vuodessa on nolla. Talon tulisi tuottaa energiaa yhtä paljon kuin se käyttää sitä.

Ei ole täysin varmaa kuinka paljon vuoden 2020- jälkeen rakennetut omakotitalot todellisuudessa käyttävät lämmitysenergiaa. Tämän vuoksi tutkielmassa on erilaisia skenaarioita energiatehokkuuden kasvusta ja sen vaikutuksesta energiakonsernin kannattavuuteen siten, että talojen energiatehokkuus kasvaa 10-50 prosenttia. Vaikka on jo rakenteilla nollaenergiataloja ja jopa ns. plusenergiataloja, ei Suomen hallitus ole antanut virallista lukua sille, mikä on ”lähes nollaenergiatalo”.

Direktiivin yhdeksännen artiklan mukaan a) ”31 päivään joulukuuta 2020 mennessä kaikki uudet rakennukset ovat lähes nollaenergiarakennuksia” ja b) ”31 päivän joulukuuta 2018 jälkeen uudet rakennukset, jotka ovat viranomaisten käytössä ja omistuksessa, ovat lähes nollaenergiarakennuksia” (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 153, §9).

## 4 KANNATTAVUUDEN LASKEMINEN

Kaukolämpöverkon rakentaminen on yksi osa pääomakustannuksia kaukolämpöä tuottavalle yritykselle. Kaukolämpöverkon kustannukset sisältävät kaukolämpöjohdot, mittarit ja mittausjärjestelmät ja ohjauslaitteistot. Muita pääomakustannuksia ovat: rakennukset ja rakennelmat, tuotannolliset koneet ja laitteet, sekä finanssisijoitukset. Kiinteät käyttö- ja hoitokulut sisältävät ulkopuoliset palvelut ja materiaalit, palkat, henkilöstö- ja sivukulut, pysyvien vastaavien arvonalenemiset, vuokrat ja muut liiketoiminnan kulut (Energiateollisuus 2006, 465). Muuttuvia kustannuksia ovat lämmön ostot, polttoaineen ostot, polttoaine- ja tuotantoverot sekä päästöoikeudet, varastojen muutokset, pumppaus- ja omakäyttösähkö ja lisävesi (Energiateollisuus 2006, 466). Tuottoja yritys saa myyntituotoista ja muista tuotoista. Muut tuotot ovat liittymismaksut ja päästöoikeuksien myynti (Energiateollisuus 2006, 466). Mahdollisia säästöpotentiaaleja liiketoiminnalle ovat savukaasuhäviöt ja hyötysuhteet, polttoainehävikki, häiriöstä johtuva tuotannon menetys, verkon lämpöhäviöt ja mittaushäviöt, hylky rakennusmateriaali ja käyttövarmuus. (Energiateollisuus 2006, 466).

Kannattavuuden laskeminen kaukolämpöverkosta vaatii tietoa usealta osa-alueelta. Kannattavuuden laskemiseksi tarvitaan tiedot rakentamiskustannuksista ja jatkuvista kustannuksista alueelle. Toiseksi tarvitaan tiedot alueelta saatavista liittymismaksuista ja jatkuvista tuotoista alueelta. Kun tiedot kustannuksista ja tuotoista alueelta on selvillä, voidaan laskea takaisinmaksuaika ja sisäinen korko.

Rakentamiskustannukset muodostuvat siirtojohdoista ja talokohtaisista kustannuksista, talojohdosta ja energiamittareista. Pientaloissa mittarit ovat samanlaiset asiakkaille, huolimatta siitä, miten iso talo on. Johtojen hintaan vaikuttaa johdon koko ja johdon tyyppi, sekä maarakennustöiden laajuus. Uudisrakentamisalueilla kaukolämpöverkon rakentaminen samanaikaisesti muun kunnallistekniikan kanssa tuo huomattavia säästöjä maanrakennustöiden kustannuksiin. Johdot voidaan rakentaa, joko yksi- tai kaksiputkijohtomenetelmillä. Yksiputkijohtoja kutsutaan 2Mpuk tai 2Mpul- johdoiksi. Kaksiputkijohtoja kutsutaan Mpuk tai Mpul- johdoiksi.

Työssä käytetään Excel- ohjelmaa nimeltä KALPA (akronyymi "Kaukolämpöä pientaloalueille"). KALPA on laskentaohjelma, johon syötetään tarvittavat tiedot tarkasteltavasta alueesta. KALPA-laskentaohjelma on energiateollisuuden kaukolämpöalan käyttämä työkalu, joka on vapaasti jäsenten ladattavissa energiateollisuuden kotisivuilta.

Jotta saadaan haluttu tulos, joka on takaisinmaksuaika ja sisäinen korko kohteelle, tarvitaan sitä varten tiedot kohteesta. Ohjelma tarvitsee tiedot alueen kaukolämpöön liittyvistä asiakkaista ja liittyvien talojen tilavuudet.

Tämän jälkeen tarvitaan tiedot alueen tilausvesivirrasta, alueen tehontarpeesta, lämmön vuosikulutuksesta, alueen liittymisasteesta ja alueen kaukolämpöverkoston koosta. Näillä tiedoilla on mahdollista laskea alueelta saatavat tuotot. Tuotot määräytyvät liittymismaksuista ja jatkuvista tuotoista. Jatkuvat tuotot tulevat kaukolämpöliittymän perusmaksusta ja energiamaksusta. Lisäksi mahdollinen yhteistuotannon hyöty vaikuttaa positiivisesti tuottoihin.

Kustannuksista pitää tietää investointikustannukset ja jatkuvat kustannukset. Investointikustannukset muodostuvat siirtojohtojen rakentamiskustannuksesta ja talokohtaisista kustannuksista. Talokohtaiset kustannukset muodostuvat talojohtojen rakentamiskustannuksista, mittarikustannuksista ja muista rakentamiskustannuksista.

Kun tuotot ja kustannukset ovat selvillä, voidaan alkaa selvittämään kannattavuutta. Kannattavuuden selvittämiseksi tarvitaan lisäksi korkokanta ja investoinnin pitoaika. Ohjelma antaa tulokset takaisinmaksuajalle ja sisäiselle korolle. Takaisinmaksuaika on se aika, jona investointikustannukset on saatu maksettua. Tämän jälkeen kaikki tuotto, joka tulee jatkuvista tuotoista, on pelkkää voittoa. Sisäisellä korolla (IRR) tarkoitetaan sitä, että kassavirran summa, joka on diskontattu, tulee olla saman suuruinen kuin hankintameno.

#### 4.1 Ohjelmistoon syötettävät perustiedot alueesta

Kannattavuuslaskenta tulee aloittaa keräämällä kohteen perustiedot. Nämä perustiedot ovat liittymismaksut taloille, lämmön ominaiskulutukset tai energiamaksut. Alueen toteutuneeseen lämmitystap tietoon perustuen kaukolämpöön liittyy 80,7 % alueen pientaloista. Pientaloista 10 % on maalämmössä ja loput 9,3 % on suorassa sähkölämmityksessä.

##### 4.1.1 Tilausvesivirta, liittymisteho ja mittarikustannus

Kiinteistön koko vaikuttaa liittymis- ja perusmaksun perusteena olevaan tilausvesivirtaan ja tehoon. Tilausvesivirta rakennukselle tarkoittaa asiakkaalle suurinta varattua kaukolämpöveden virtausmäärää tunnissa. Tilausvesivirta on talon koosta riippuen 0,15 m<sup>3</sup>/h, 0,2 m<sup>3</sup>/h tai 0,25 m<sup>3</sup>/h. Talokohtainen tilausvesivirta ja teho vaikuttavat talojohdon kokoon. Katu- ja aluekohtainen tilausvesivirta ja teho vaikuttavat siirtojohtojen kokoon. Talon kokoluokat tilausvesivirran (m<sup>3</sup>/h) ja tehon (kW) lukemiin vaikuttavat kuvan 2 mukaisesti seuraavalla tavalla. Talon kokona käytetään lämmitettävää rakennustilavuutta (r-m<sup>3</sup>).

Tilausvesivirta, m <sup>3</sup> /h, liittymisteho, kW ja mittarikustannus, €/talo				
Anna oletusarvot.				
Pientalot	Talon koko m <sup>3</sup>	Tilausvesivirta m <sup>3</sup> /h	Teho kW	Mittari- kustannus €
Talon koko	<= 500	0,15	9	500
Talon koko	<= 600	0,2	12	500
Talon koko	<= 1000	0,2	12	500
Suuremmat talot	Talon koko m <sup>3</sup>	Tilausvesivirta- kerroin (m <sup>3</sup> /h)/1000m <sup>3</sup>	Teho- kerroin kW/(1000m <sup>3</sup> )	Mittari- kustannus €
Talon koko	> 1000	0,25	15	500

Kuva 2. Tilausvesivirta ja teho

Kuvassa 2 näkyy myös mittarikustannukset. Talokohtaiset mittarikustannukset ovat toimeksiantajan tapauksessa 500 euroa taloa kohden.

#### 4.1.2 Lämmön vuosikulutus ja talojohdo

Muita oletusarvoja ovat kuvan 3 mukaan lämmön ominaisvuosikulutus, talojohdon pituus ja talojohdon koko. Lämmön ominaisvuosikulutuksella tarkoitetaan, sitä kuinka paljon yksi rakennuskuutio on käyttänyt lämpöä vuodessa ja sen yksikkö on kWh/m<sup>3</sup>a. Toteutunut lämmön ominaiskulutus on sitä pienempi, mitä energiatehokkaampi talo ja sen asukkaat ovat ja mitä lämpimämmäksi toteutunut lämmitysvuosi muodostuu. Lämmön ominaiskulutus saadaan, kun vuotuinen energiankulutus jaetaan lämmitettävällä kuutiomäärällä kWh/m<sup>3</sup> (esimerkiksi 31000 kWh/700 m<sup>3</sup> = 44,4 kWh/m<sup>3</sup>). Uudemmissa pientaloissa lämmön ominaiskulutus on tyypillisesti alle 30 kWh/m<sup>3</sup>. Tarkasteltavalla pientaloalueella normeerattu lämmön ominaiskulutus oli vuonna 2015 keskimäärin 26,25 kWh/m<sup>3</sup>a. Normeerattu ominaiskulutus saadaan jakamalla lämpötilakorjattu vuosikäyttö lämmitetyllä rakennus-tilavuudella.

Talojohdon pituus vaihtelee kiinteistön teknisen tilan ja siirtojohdon keskinäisen sijainnin mukaan. Kohdealueella talojohdon keskipituudeksi muodostuu toteutuneeseen tietoon pohjautuen 23 metriä.

Muut oletusarvot:		
Anna oletusarvot.		
Lämmön vuosikulutus	kWh/m <sup>3</sup> .a	26,25
Talojohdon pituus	m	23
Talojohdon koko	DN	25

Kuva 3. Lämmön vuosikulutus, talojohdon pituus ja koko

#### 4.1.3 Energiamaksut ja kunnossapito

Energiamaksu on maksua asiakkaan kuluttamastaan energiasta (Kuva 4). Suuruuden tulisi vastata lämmönhankinnan muuttuvia kustannuksia, sisältäen pumppauskustannukset (Energiateollisuus 2006, 471). Asiakas maksaa energiamaksusta lisäksi arvonlisäveron. Toimeksiantajan veroton energiamaksu on 50,08 €/MWh. Yhteistuotannon hyötyä ei ole, eli sen lukuarvo on 0. Toimeksiantajan energiapäällikön (2015-11-10) mukaan lämmön muuttuva tuotantokustannus on 22,5 € megawattitunnilta.

Käyttö- ja kunnossapitokustannukseksi muodostuu noin 1,4 € per metri vuodessa. Mitä isompi kaukolämpöverkko on, sitä todennäköisemmin sinne syntyy erilaisia huollettavia kohteita. Hinta on toimeksiantajan rakennuspäällikön (2016-01-26) antama keskiarvo.

Energiamaksu, yhteistuotannon hyöty ja tuotantokustannus		
Energiamaksu	€/MWh	50,08
Yhteistuotannon hyöty	€/MWh	
Lämmön tuotantokustannus	€/MWh	22,5
		% lämmön tuot.kustannuksesta
Käyttö- ja kunnossapitokustannus		
vuosikustannus johtopituuden suhteessa		
Käyttö- ja kunnossapitokust.	€/m.a	1,4

Kuva 4. Energiamaksu, yhteistuotannon hyöty ja tuotantokustannus

#### 4.1.4 Perus- ja liittymismaksut

Asiakkaat maksavat energiayhtiölle energiamaksun lisäksi perusmaksua ja liittymisvaiheessa kaukolämpöverkkoon liittymismaksun (Kuva 5). Liittymismaksun tarkoituksena on kattaa pääosa investointien pääomakustannuksista. "Liittymismaksuista, jotka ovat sekä siirto- että palautuskelpoisia, ei suoriteta arvonlisäveroa. Pelkästään siirtokelpoisesta liittymismaksusta on asiakkaan maksettava arvonlisävero.", (Energiateollisuus 2006, 470). Tarkasteltavan alueen liittymismaksujen hinnat pientaloille ovat keskimäärin 4100 euroa liittymältä. Perushinta viidentoista metrin johdolla on 3300 euroa ja tuleva lisähinta tulee keskimääräisestä kahdeksan metrin lisäjohdolla. Liittymäjohdon 15 m ylittävän osuuden hinta on 100 euroa metriltä (Kuva 6).

Perusmaksu voidaan saada, joko liittymistehoon tai tilausvesivirtaan perustuvasta hinnoittelumenetelmästä. Sen tulee vastata lämmönhankinnan kiinteitä kustannuksia. Perusmaksun toisena tarkoituksena on kattaa kattamatta jääneet kustannukset liittymis- ja energiamaksuista. Perusmaksujen hinnat määräytyvät toimeksiantajan asettamien hintojen mukaan (kuva 7). Perusmaksun hinta riippuu asiakkaan tilausvesivirrasta, joka taas riippuu talon tilavuudesta. Mitä isompi rakennus on kyseessä, sitä isompi perusmaksu. Asiakas maksaa perusmaksusta lisäksi arvonlisäveron.

<b>Liittymismaksu</b>		Talon koko m <sup>3</sup>	Liittymismaksu €
Talon koko	<=	500	3300
Talon koko	<=	600	3300
Talon koko	<=	1000	3300
Talon koko	>	1000	

Kuva 5. Liittymismaksut.

<b>Talojohdon pituuteen suhteutettu liittymismaksun lisäys</b>				
Anna liittymismaksuun sisältyvä pituus ja ylimenevän pituuden lisäys maksuun		Talon koko m <sup>3</sup>	Liitt.maksuun sisältyvä pituus m	OLM Lisämaksu €/m
LLM= OLM*(L - SL)	<=	500	15	100
	<=	600	15	100
LLM = lisäys liittymismaksuun, €	<=	1000	15	100
OLM = lisämaksu, €/m	>	1000	15	100

L= talojohdon pituus, m  
SL=liittymismaksuun sisältyvä pituus, m

Kuva 6. Talojohdon lisäkustannus

<b>Perusmaksu</b>		Talon koko m <sup>3</sup>	Perusmaksu €/a
Vuotuinen perusmaksu			
Talon koko	<=	500	339,29
Talon koko	<=	600	428,4
Talon koko	<=	1000	428,4
Talon koko	>	1000	517,5

Kuva 7. Perusmaksut



## 4.1.5 Johtojen kustannukset

Johtojen kustannukset ovat erilaiset riippuen siitä, onko johdot rakennettu uudisalueelle vai vanhoille alueille. Lisäksi on mahdollista rakentaa kaukolämpöjohtoa ns. yhteisrakentamisen yhteydessä. Yhteisrakentamisella tarkoitetaan katujen ja kunnallisteknisten verkostojen rakentamista samanaikaisesti, jolloin saavutetaan merkittävää säästöä erillsrakentamiseen verrattuna. Yhteisrakentamisen ansiosta uudelle alueelle johdon rakentaminen on aina edullisempää, sillä tällöin johdon rakentamiselle ei enää tule ylimääräisiä kuluja kuten vanhoilla alueilla katujen yms. rakenteiden ennallistaminen. Tarkasteltava alue on rakennettu yhteisrakentamisen yhteydessä. Johtojen kustannukset näkyvät kuvassa 8 "Yhteisrak."- sarakkeessa. Kuvassa 8 näkyvät myös laskennassa käytetyt lämpötilat. Ulkolämpötila on vuoden keskiarvo ulkolämpötilalle ja meno-, sekä paluulämpötilat kaukolämpövedelle. Lisäksi taulukossa on kerrottu lämpötilan muutos  $\Delta T$ . Kaukolämpöveden menoputken lämpötila vaihtelee yleensä 74- 110 astetta celsiusta välillä. Paluulämpötila vaihtelee vastaavasti noin 40 – 60 astetta celsiusta välillä.

## Johtojen kustannukset

Putkijohtojen koko DN	Elementti tyyppi	Yhteis- rak €/m	*)			Vanhat alueet €/m	Vanhat alueet €/m
			€/m	€/m	DN		
oletus-DN					ei johtoa		
15	x	80,00	88,00		15	100,00	
20	x	90,00	99,00		20	110,00	
25	Mpuk	157,00	172,70		25	132,00	
40	Mpuk	149,00	163,90		40	132,00	
50	Mpuk	180,00	198,00		50	137,50	
65	Mpuk	168,00	184,80		65	143,00	
80	Mpuk	121,00	133,10		80	159,50	
100	2Mpuk	159,50	175,45		100	192,50	
150	2Mpuk	220,00	242,00		150	231,00	
200	2Mpuk	354,00	389,40		250	374,00	

## Lämpötilat

Ulkolämpötila	5	°C
Menolämpötila	76	°C
Paluulämpötila	43	°C
$\Delta T$	54,5	°C

\*) Vanhan alueen johtohinnat  
kustannuslisä-%:na suhteessa  
uudisalueen johtohintoihin?

Kyllä=1, Ei = 0	1
kustannuslisä-%	10

Kuva 8. Johtojen kustannukset.

#### 4.1.6 Lämpöhäviöt

Kaukolämpöverkon ja maaperän lämpötilaerosta aiheutuu lämpöhäviötä. Kuvassa 9 näkyy tyypillisiä lämpöhäviökertoimia johdoille. Lämpöhäviöön vaikuttavat kaukolämpöveden lämpötila, putkien eristeen laatu ja määrä, putkikoko, maaperän laatu, ulkoilman/maaperän lämpötila ja kosteus. Pienissä kaukolämpöverkoissa lämpöhäviöt ovat suuremmat, mikä johtuu suuremmasta vaippapinta-alasta suhteessa siirtokykyyn. Putkijohdon lämpöhäviökerroin on W/m.aK. (Energiateollisuus 2006, 203).

<b>Lämpöhäviökerroin; malli</b>	
Alla lämpöhäviökertoimet	
DN 25 - DN 250	
Johdon koko DN	Putkijohdon lämpöhäviö- kerroin, W/m.aK
15	
20	
25	0,2267
40	0,2444
50	0,2800
65	0,2726
80	0,2963
100	0,4148
150	0,5170
250	0,6548

Kuva 9. Lämpöhäviökertoimet.

## 4.2 Kannattavuuslaskenta

Alueen kiinteistöistä kerätään tarvittavat tiedot. Merkitään kaikki kohteen talot, annetaan talojen tiedot ja merkitään liittykö kiinteistö kaukolämpöverkkoon.

Tutkittavalla alueella on omakotitalotontteja 212 kappaletta. Näistä on liittynyt kaukolämpöön omakotitalotontteista 171 kappaletta. Alueen liittymisaste on 79,9 % lämmön vuosikulutuksen perusteella ja 80,7 % pientalojen määrän mukaan. Alueen tilausvesivirta on 32,850 m<sup>3</sup>/h, tehontarve 1971 kW, alueen lämmön vuosikulutus 2986,5 MWh/a, alueen johtopituus yhteensä 8421 m ja alueen lämpötiheys 0,355 MWh/m.a.

Alueen nimi	
<b>Pientaloalue</b>	
Alueen tilausvesivirta	32,850 m <sup>3</sup> /h
Alueen tehontarve	1971,0 kW
Alueen lämmön vuosikulutus	2986,5 MWh/a
Alueen liittymisaste	79,9 %
Alueen johtopituus, yhteensä	8421,0 m
Alueen lämpötiheys	0,355 MWh/m.a

Kuva 10. Pientaloalueen yhteenvetotiedot

Alueen siirtojohtojen pituus on yhteensä noin 4,5 kilometriä ja investointi siirtojohtoihin on noin 0,76 miljoonaa euroa. Alueen siirtojohdot koostuvat DN 40, DN 50, DN 65 ja DN 200 kokoisista johdoista. Samalla määritetään, onko alue uudisalue, vanha alue vai yhteisrakentamisella tehty alue. Alueen siirtojohto (DN200) todellinen pituus alueella on 850 metriä. Alueen siirtojohto on kuitenkin ns. jyvitetty tässä laskelmassa pientaloalueen johdoksi, joka on 173 metriä. Jyvitys tehdään alueen tilausvesivirran perusteella ja jyvityksen tarkoituksena on peilata siirtojohdon rakennuskustannuksia vastaamaan pientaloalueen käyttämää tilausvesivirtaa. Tilausvesivirtaa verrataan DN200- putkeen, jonka kapasiteetti on 212 m<sup>3</sup>/h. Tämän perusteella putken hinnaksi tulisi 0,15 kertaa pienempi summa. Toimeksiantajan rakennuspäällikön (2016-01-26) kanssa käydyn keskustelun perusteella, summa on pyöristetty ylöspäin 0,2 kertaiseksi.

Valitse alueen tyyppi	
<input type="radio"/>	Uudisalue
<input type="radio"/>	Aluetyyppi
<input type="radio"/>	Vanha alue
<input checked="" type="radio"/>	Yhteisrakentaminen

Alueen siirtojohdot	
	yhteensä
Pituus	m 4488,0
Investointi	€ 761764
ks. tarkemmin työsiivu <a href="#">Siirtojohdot</a>	

Alueen talojohdot			DN 25
	yhteensä		
Pituus	m 3933,0		3933,0
Yksikköhinta	€/m		157,00
Investointi	€ 617481		617481

Kuva 11. Siirto- ja talojohdojen pituudet ja investointikustannukset

Alueen pientalojen talojohdot koostuvat DN 25 johdoista. Talojohdoja alueella on yhteensä noin 3,9 kilometriä. Talojohdoja yhtä taloa kohden on keskimäärin noin 23 metriä. Investointi talojohdoihin on 0,62 miljoonaa euroa.

Kiinteistöjen tiedoista selvitetään talojen tilavuudet. Laskentaa käytettävissä olevia tietoja toteutuneista kohteista oli reilusta sadasta kiinteistöstä. Uusista kiinteistöistä, joista ei tarvittavaa dataa vielä ole saatavilla, arvioitiin tilavuudet toteutuneiden kiinteistöjen keskiarvona. Kiinteistöjen tilavuudet olivat noin 400 kuutiosta aina tuhanteen kuutioon. Tarkasteltavassa alueessa ei isoja kiinteistöjä huomioida kustannuksissa tai tuloissa. Tarkasteltavan alueen kannattavuus huononee huomattavasti ilman isoja kiinteistöjä. Kuvassa 12 on esitetty ohjelman tarvitsemia kiinteistöjen tietoja tilausvesivirrasta, tehontarpeesta, lämmön ominais- ja vuosikulutuksesta ja tuotantokustannuksesta.

Kiinteistöt	KDT	Koko alue				
		Yhteensä	1	2	3	
Talon tilavuus	m <sup>3</sup>	kpl	212	865	805	746
Kaukolämpöön? 1 = liittyy, 0 = ei liity		kpl	171	1	1	1
Liittyvien talojen tilavuudet	m <sup>3</sup>		113770,0	865	805	746
Tilausvesivirta, oletus	m <sup>3</sup> /h	ks. KDT		0,2	0,2	0,2
Tehontarve, oletus	kW	ks. KDT		12	12	12
Tilausvesivirta, oma valinta	m <sup>3</sup> /h		Oma valinta			
Tehontarve, oma valinta	kW		Oma valinta			
Lämmön ominaiskulutus	kWh/m <sup>3</sup> .a	26,25	Oma valinta			
Tilausvesivirta	m <sup>3</sup> /h		32,850	0,2	0,2	0,2
Tehontarve	kW		1971	12	12	12
Lämmön ominaiskulutus	kWh/m <sup>3</sup> .a			26,25	26,25	26,25
Lämmön vuosikulutus	MWh/a		2986,5	22,70625	21,13125	19,5825
Tuotantokustannus	€/a	€/a	67195,41	510,8906	475,4531	440,6063
Ominaisuustuotantokustannus	€/MWh	22,5				

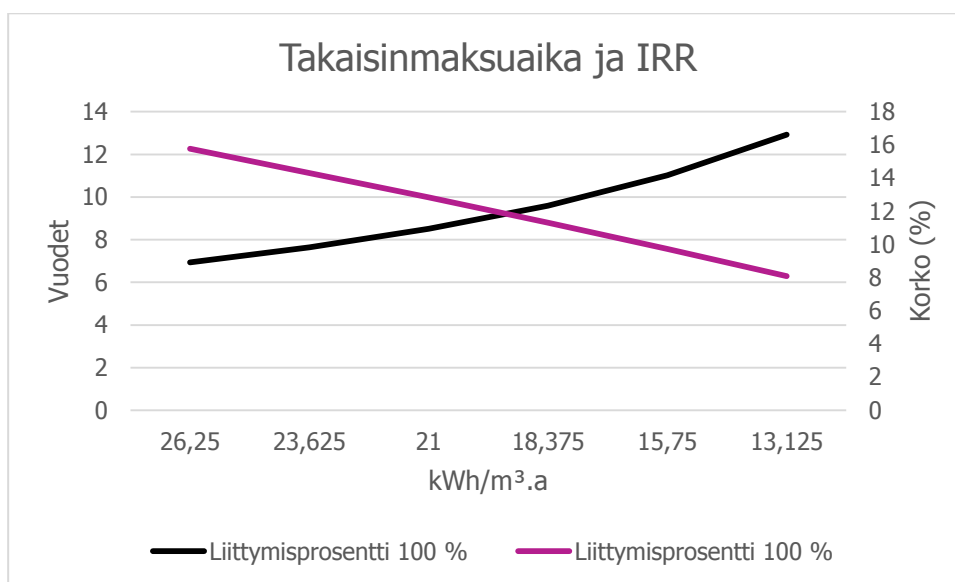
Kuva 12. Laskennassa käytettyjen kiinteistöjen tiedot.

## 5 KANNATTAVUUSLASKENNAN TULOKSET 2015

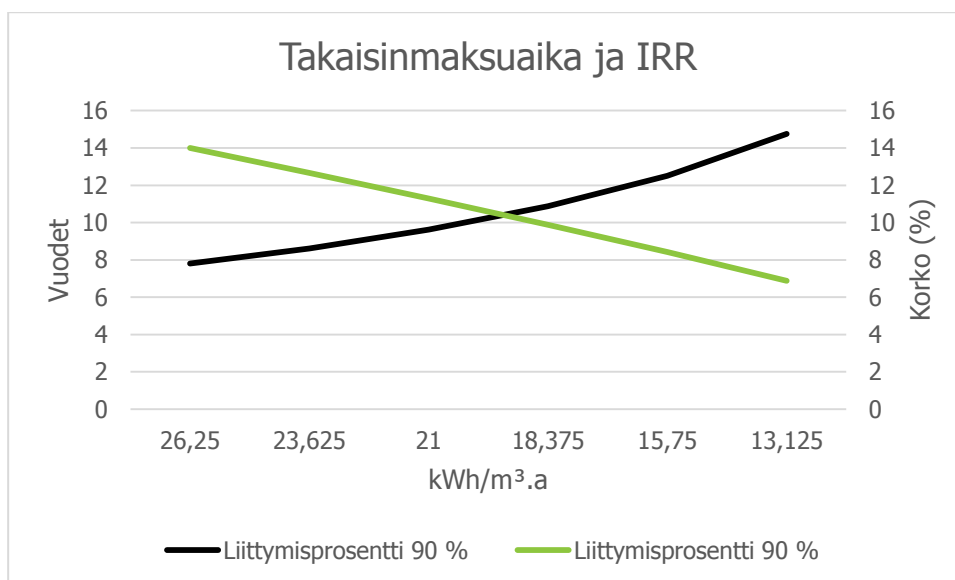
Tutkittavan alueen takaisinmaksuaika vuoden 2015 rakennusstandardeja käyttäen on noin 9 vuotta kun laskentakorkokanta on 3 %. Sisäiseksi koroksi muodostuu 12,3 %, kun pitoaika on 25 vuotta. Kannattavuusraportista on lisäksi kaksi taulukkoa. Ensimmäisessä taulukossa näkyvät liittymismaksut vs rakentamiskustannukset. Rakentamiskustannukset muodostuvat siirtojohtojen ja talokohtaisista kustannuksista. Kannattavuusraportti ja kannattavuusraportin taulukko on esitetty liitteessä 1.

## 6 HERKKYYSTARKASTELU PIENTALOALUEELLE

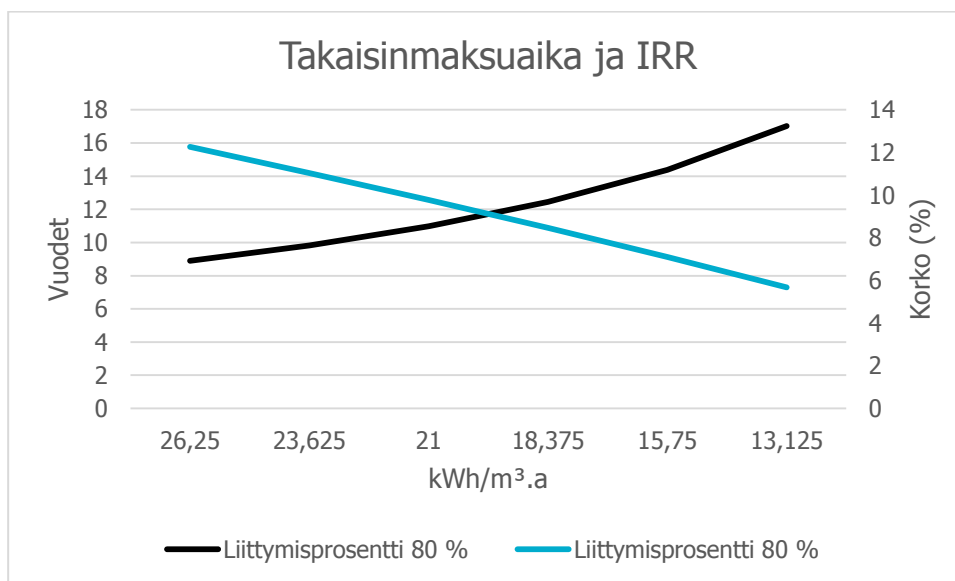
Alueelle on tehty herkkyystarkastelu alueen lämmön ominaiskulutuksen ja liittymisprosentin mukaan. Herkkyystarkastelut kuvaavat skenaarioita, joissa lämmön ominaiskulutuksen oletetaan putoavan, eli taloista tulee energiatehokkaampia. Kaavioissa 1-6 näkyy, miten takaisinmaksuaika ja sisäinen korko (IRR) käyttäytyvät, jos lämmön ominaiskulutus putoaa 10, 20, 30, 40 tai 50 prosenttia. Lämmön ominaiskulutuksiksi tulee tällöin 10 prosentin pudotuksessa 23,625 kWh/m<sup>3</sup>.a, 20 prosentin pudotuksessa 21 kWh/m<sup>3</sup>.a, 30 prosentin pudotuksessa 18,375 kWh/m<sup>3</sup>.a, 40 prosentin pudotuksessa 15,75 kWh/m<sup>3</sup>.a ja 50 prosentin pudotuksessa 13,125 kWh/m<sup>3</sup>.a. Kaaviossa 1 on kuvaaja 100 % liittymisasteella, kaaviossa 2 on kuvaaja 90 % liittymisasteella, kaaviossa 3 on kuvaaja 80 % liittymisasteella, kaaviossa 4 on kuvaaja 70 % liittymisasteella, kaaviossa 5 on kuvaaja 60 % liittymisasteella ja kaaviossa 6 on kuvaaja 50 % liittymisasteella. Lämmön ominaiskulutus (kWh/m<sup>3</sup>.a) on kuvattu X-akselissa. Y-akselissa on kuvattu vuodet vasemmalla ja korko (%) oikealla.



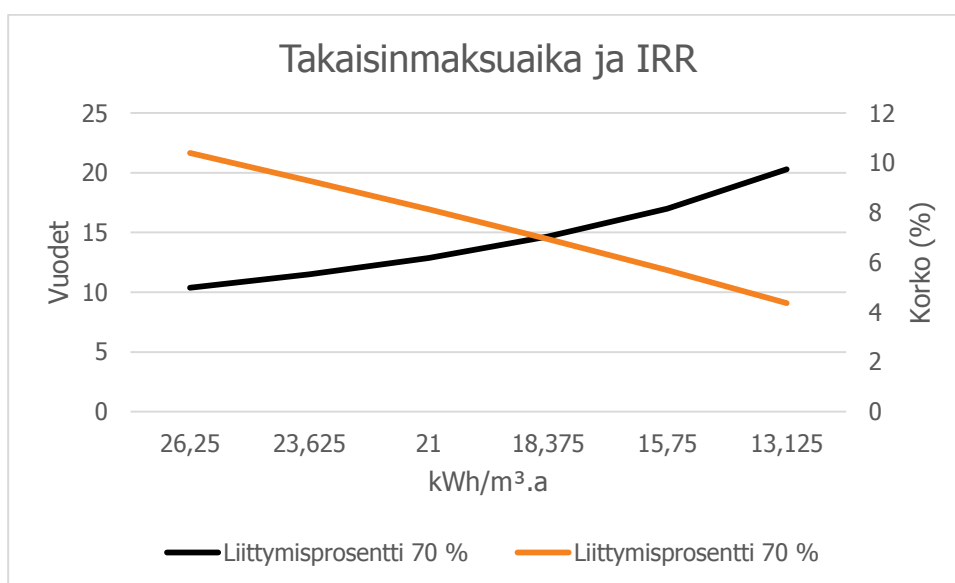
Kaavio 1. Liittymisprosentti 100 %.



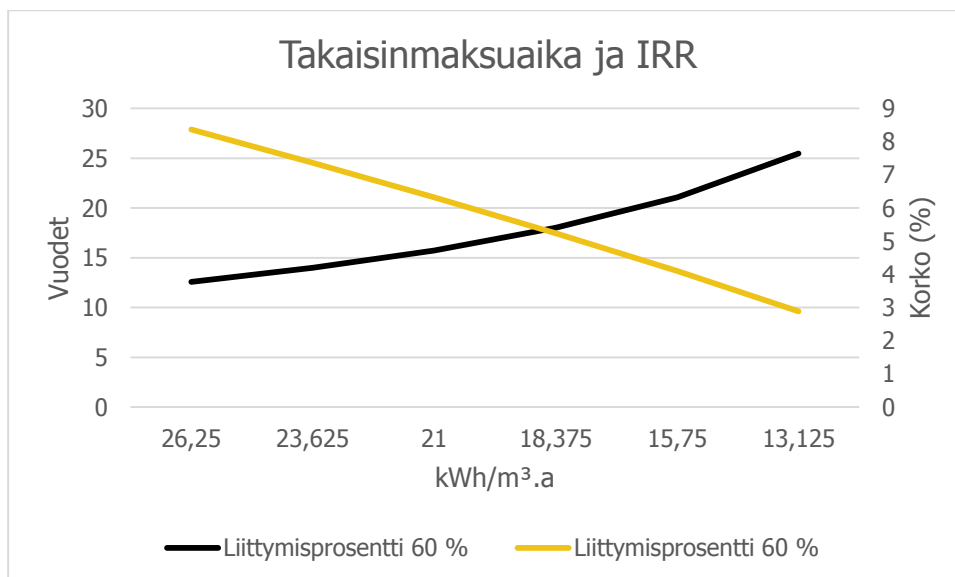
Kaavio 2. Liittymisprosentti 90 %.



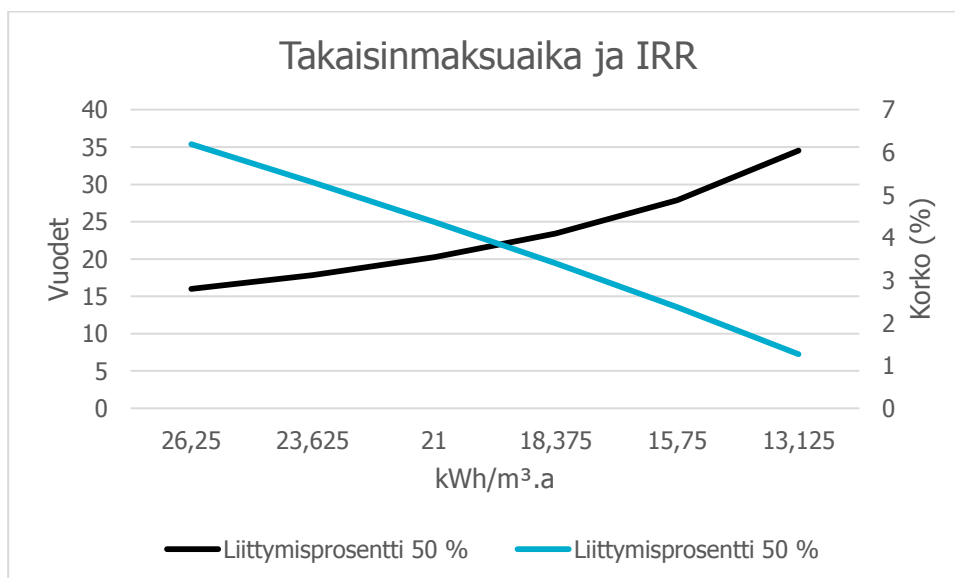
Kaavio 3. Liittymisprosentti 80 %.



Kaavio 4. Liittymisprosentti 70 %.



Kaavio 5. Liittymisprosentti 60 %.



Kaavio 6. Liittymisprosentti 50 %.



## 7 KANNATTAVUUS KOKO KONSERNIN NÄKÖKULMASTA

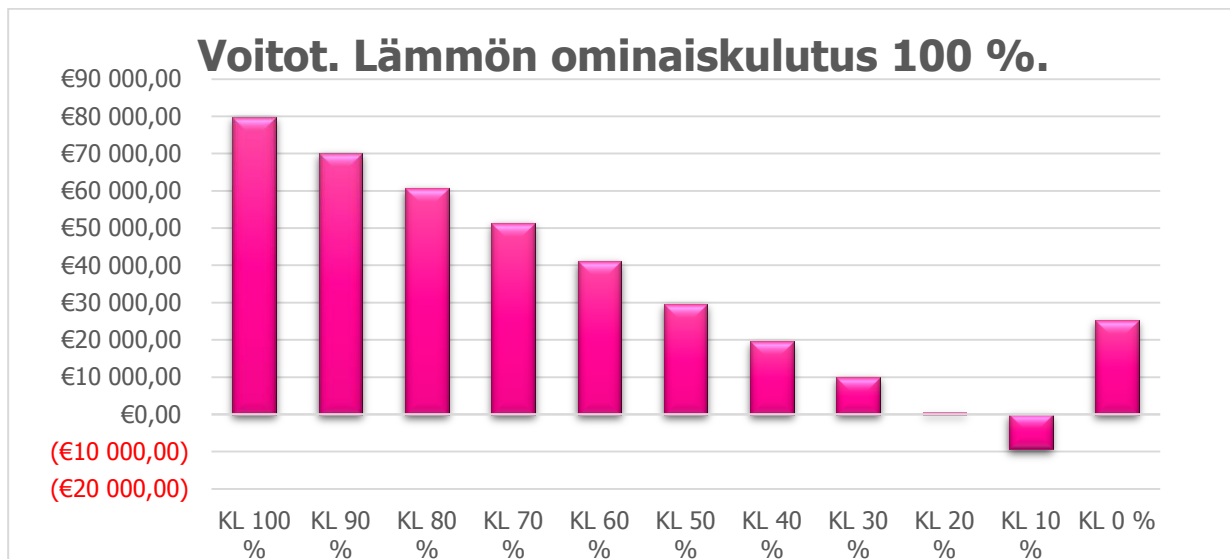
”Sähkömarkkinalaki edellyttää, että kilpaillut määräävässä markkina-asetuksessa olevat tuotteet eriytetään toisistaan” (Energiateollisuus 2006, 473). Tämän takia yhteistuotannossa vähintään hallinnolle ja energian yhteistuotannolle on määriteltävä kustannustenjakoperusteet. ”Lisäksi sähköverkon liiketoiminta on täytynyt erottaa omaksi yhtiökseen ja muut toiminnot omiksi kirjanpidollisiksi tulosityksiköikseen.” (Energiateollisuus 2006, 473)

Kohteessa kaukolämmön liittymisaste on noin 80 %. Lopuilla 20 prosentilla on käytössään joko maalämpö tai suora sähkö. Kerättyjen osoitteiden avulla on kohdennettu maalämpö ja suoran sähkön asiakkaat. Toimeksiantajan asiantuntijan ja kaukolämpöjohtajan (2016-01-16) avulla on selvitetty, että keskimääräinen muu kuin kaukolämmitystalo käyttää kohdealueella noin 15 000 kWh sähköä vuodessa. Lämmityksen osuus tästä on noin 6900 kWh per talo. Kun kaukolämmön liittymisprosentti alueella pienenee kymmenellä prosentilla, tarkoittaa se silloin, että alueelle tulee 21 taloa, joiden sähkönkulutus kasvaa 6900 kWh:lla. Lämmityksen osuudessa on huomioitu kaukolämpölaitteiston sähkönkulutuksen vaikutuksen erotus.

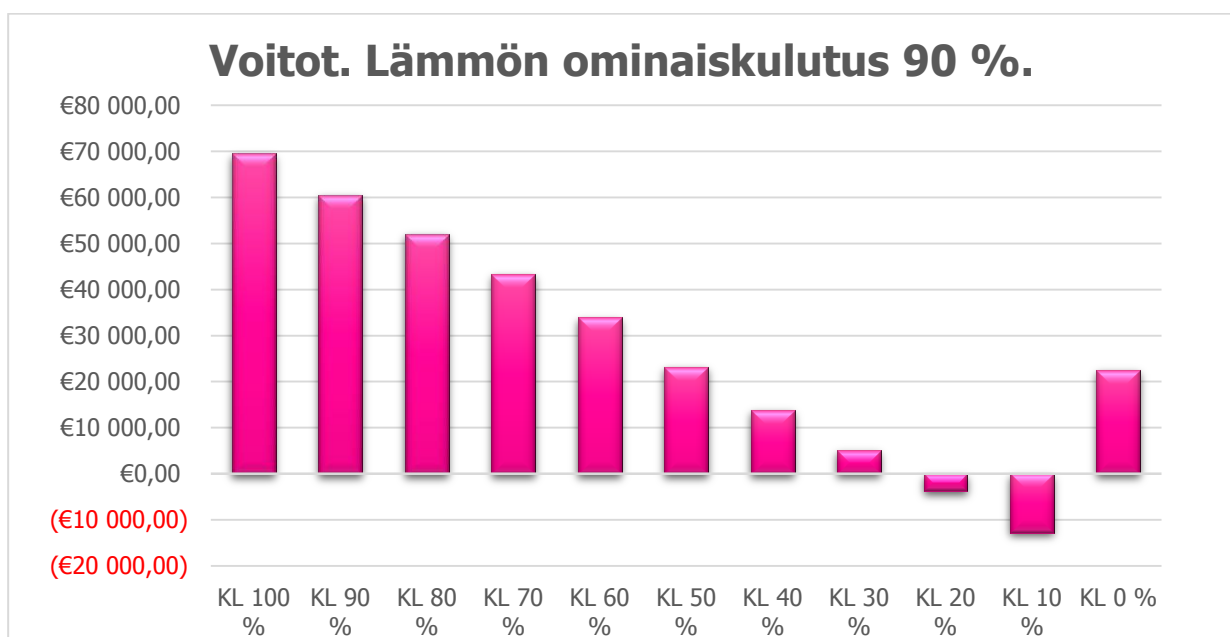
Lisäsähkö alueelle pudottaa kaukolämmöstä saatavaa tuottoa, mutta se nostaa sähkön myynnin ja sähkön siirron tuloja. Kaavioissa 7-12 nähdään, miten kaukolämmön pienentyminen alueella vaikuttaa suoraan alueelta saatuun voittoon. Kaaviossa 7 lämmön ominaiskulutus on 26,25 kWh/m<sup>3</sup>.a, kaaviossa 8 lämmön ominaiskulutus on 23,625 kWh/m<sup>3</sup>.a, kaaviossa 9 lämmön ominaiskulutus on 21 kWh/m<sup>3</sup>.a, kaaviossa 10 lämmön ominaiskulutus on 18,375 kWh/m<sup>3</sup>.a, kaaviossa 11 lämmön ominaiskulutus on 15,75 kWh/m<sup>3</sup>.a ja kaaviossa 12 lämmön ominaiskulutus on 13,125 kWh/m<sup>3</sup>.a.

Lämmön ominaiskulutuksen putoaminen vaikuttaa myös vakiona sähkön kulutukseen lämmityksessä. Kymmenen prosentin pudotus on 693 kWh. Tuottoihin vaikuttaa kaukolämmöstä saadut jatkuvat tuotot, sähkön siirto ja sähkön myynti. Kustannuksia ovat kaukolämmön ja sähkön jatkuvat kustannukset ja investoinnista tulevan sisäisen koron maksaminen. Laskelmissa kaukolämmön investointikustannukset häviävät kokonaan, liittymisasteen ollessa nollan, koska silloin kaukolämpöverkkoa ei alueelle enää rakenneta. Verkkopäällikön ja sähköverkon asiakaspäällikön (2016-01-27) käydyin keskustelun perusteella, voidaan todeta, että investointikustannukset sähköverkolle kasvavat näissä skenaarioissa, jos kaukolämmön liittymisaste putoaa 50 prosenttiin. Toimeksiantajan verkkopäällikön (2016-01-27) mukaan kaukolämmön liittymisasteen ollessa 50 prosentissa, sähköverkon lisäinvestointi alueelle on 23500 - 47 000 euroa. Sähköverkon sähkön siirron ja myynnin tekemät voitot ovat kaukolämpöliittymisasteen ollessa 50 prosenttia noin 12 000 euroa ja kaukolämpöliittymisasteen ollessa 0 prosenttia noin 25 000 euroa. Sähkön siirron osuus tästä on noin 87-90 prosenttia ja myynnin osuus noin 10-13 prosenttia. Sähkön myynnin kate on 5 euroa/MWh, joka perustuu toimeksiantajan myyntijohtajan arvioon (2016-01-18). Lisäksi toimeksiantajan asiantuntijan (2016-01-06) avulla on selvitetty, että sähkön myynnin asiakkaita toimeksiantajalle on 40 prosenttia alueen kiinteistöistä. Toimeksiantajan verkkopäällikön ja sähköverkon asiakaspäällikön (2016-01-27) sähkön siirron katteeseen on huomionarvoista mainita, että investoinnin maksaminen tapahtuu sähkön siirron kustannuksella. Sähköverkko maksaisi itsensä siis takaisin jo muutamassa vuodessa. Investointikustan-

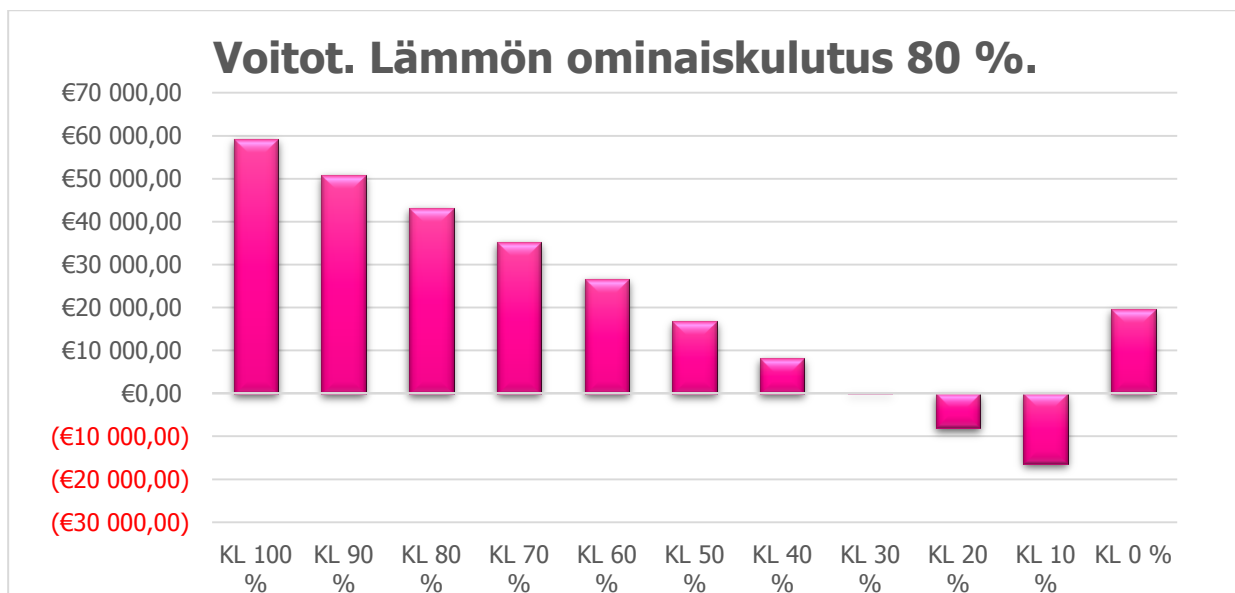
nukset sähköverkon osalta tulevat kaapeloinnista, muuntajista ja jakokaapeista. Liitteet 2-7 sisältävät kaavioissa käytetyt tiedot. Kuvaajissa KL 0 % tarkoittaa, sitä että alueella ei ole rakennettu kaukolämpöverkkoa.



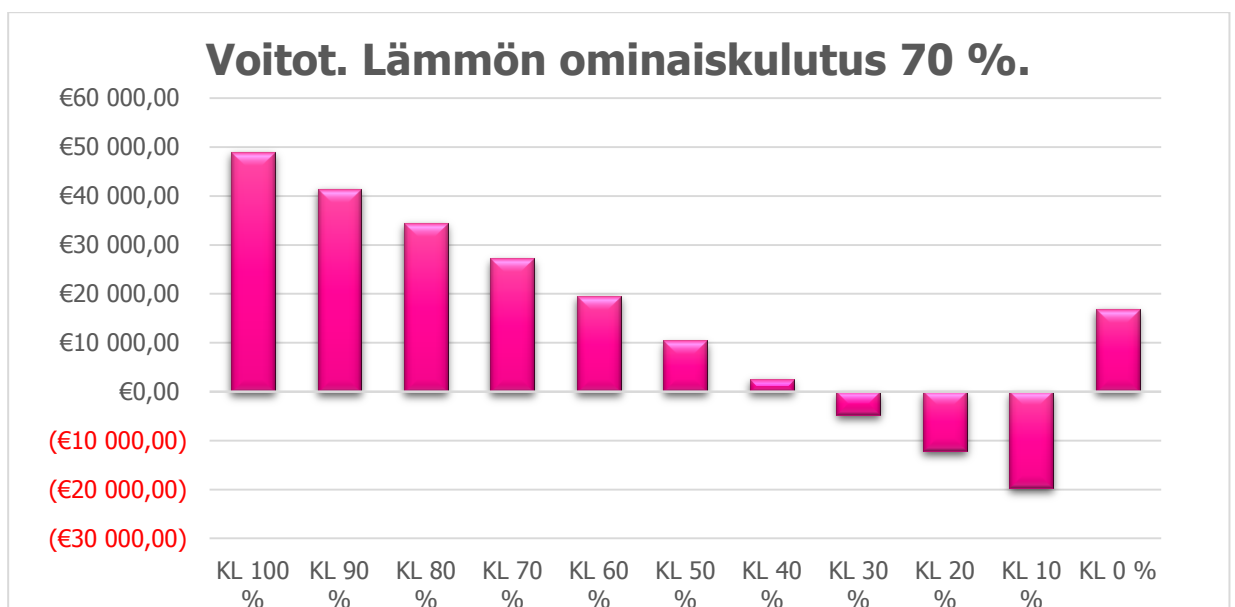
Kaavio 7. Lämmön ominaiskulutus 100 %.



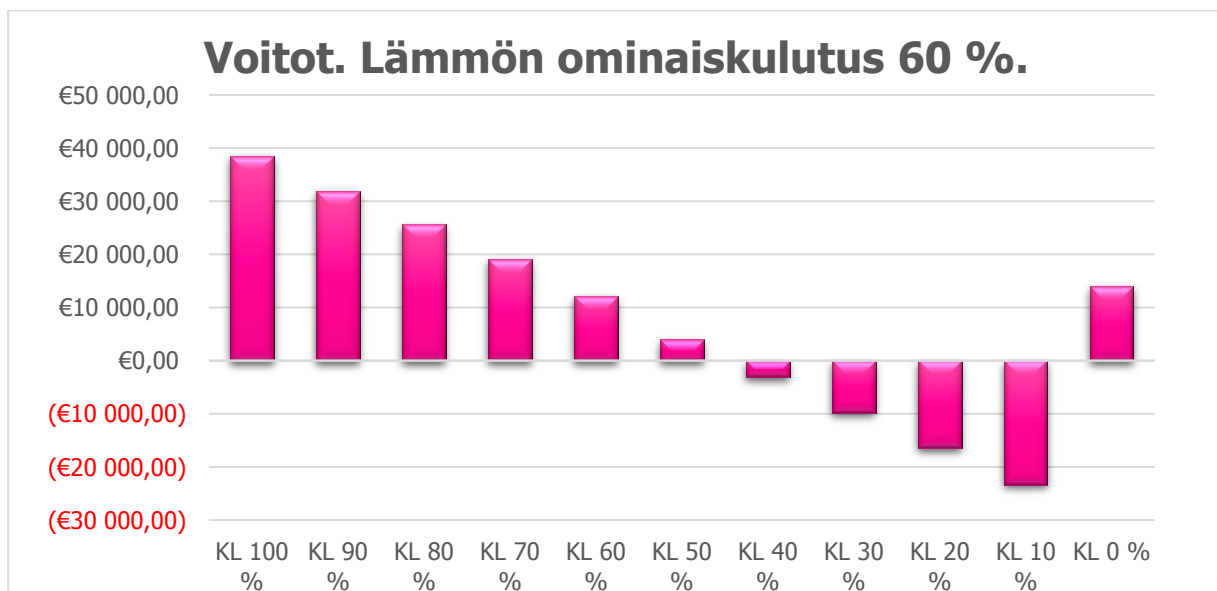
Kaavio 8. Lämmön ominaiskulutus 90 %.



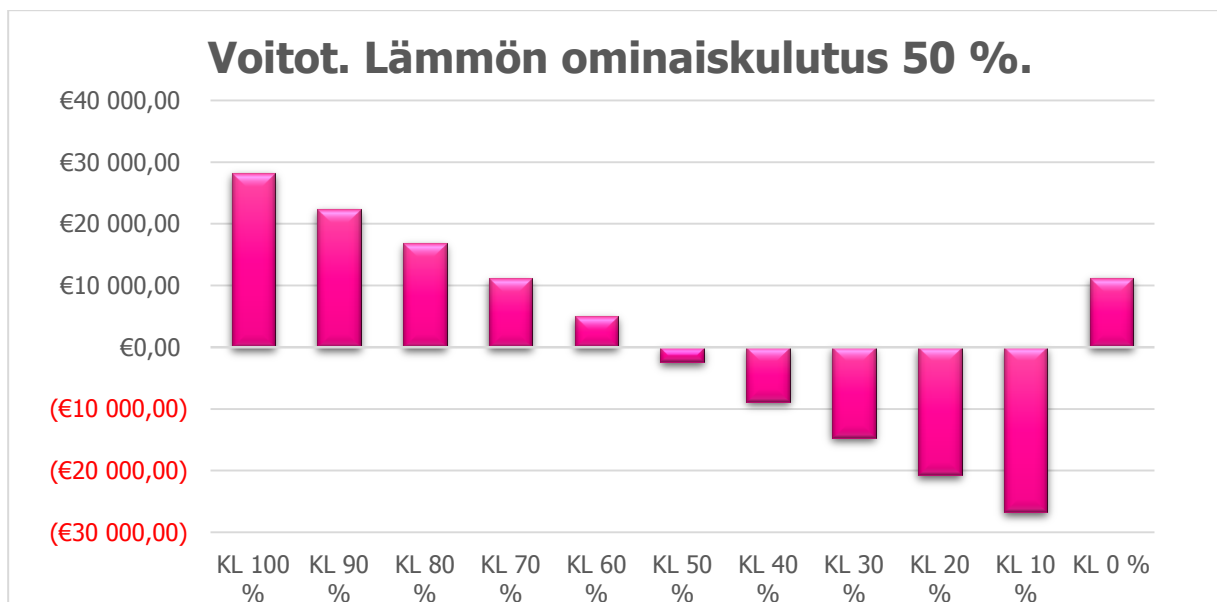
Kaavio 9. Lämmön ominaiskulutus 80 %.



Kaavio 10. Lämmön ominaiskulutus 70 %.



Kaavio 11. Lämmön ominaiskulutus 60 %.



Kaavio 12. Lämmön ominaiskulutus 50 %.

## 8 LOPPUPÄÄTELMÄ

Opinnäytetyöni tehtävä oli määrittää kyseisen alueen kaukolämpöverkon rakentamisen kannattavuus vuoden 2020 jälkeen. Vuonna 2015 takaisinmaksuaika 80 prosentin liittymisasteella alueelle on 8,9 vuotta 3 % laskentakorolla.

Kaukolämmön kannattavuus on riippuvainen energiakonsernin tuottovaatimuksista. Jos energiakonserni on tyytyväinen esimerkiksi 15 vuoden takaisinmaksu-aikaan ja 3 % laskentakorkoon, kaukolämpö olisi nykyisellä lämmön ominaiskulutuksella kannattavaa vielä 60 prosentin liittymisasteella. Tällä liittymisasteella ja tuottovaatimuksella kaukolämpö olisi kannattavaa vielä, vaikka energiatehokkuus lisääntyisi 10 prosenttia. Energiatehokkuuden lisääntyessä yli kymmenen prosentin, pitäisi liittymisasteen kasvaa kannattavuuden säilyttämiseksi. Energiatehokkuuden kasvaessa 20 - 30 prosenttia, tulisi liittymisasteen kasvaa ainakin kymmenellä prosentilla. Liittymisasteen ollessa 90 - 100 prosenttia, olisi toiminta esimerkkinä käytettävässä tuottovaatimuksessa vielä kannattavaa, vaikka energiatehokkuus kasvaisi 50 prosenttiin.

Kaukolämmön kannattavuutta tulee verrata kannattavuuteen, joka tulisi yksin sähkön siirron ja sähkön myynnin tuotoista samalla alueella. Pientaloaluiden lämmitysmarkkinoiden kilpailutilannetta ja kaukolämpöverkon rakentamisen kannattavuutta tulisikin pohtia tarkkaan varsinkin tapauksissa, joissa kaukolämmön kannattavuuden ja konsernin tuottovaatimuksen rajat ovat lähellä toisiaan. Lämmön ominaiskulutuksen laskiessa, vaikuttaa se negatiivisesti sekä kaukolämpöön ja sähköverkkoon. Lämmön ominaiskulutusta tarkasteltaessa, ominaiskulutuksen ollessa 100 %, voidaan päätellä, että vielä liittymisasteen ollessa 50 %, tulee kaukolämmöstä suuremmat voitot kuin vaihtoehtoisesti sähköstä. Lämmön ominaiskulutuksen laskiessa, sähköstä saatavat voitot ottavat hiljalleen kiinni kaukolämmöstä saatuja voittoja ja lämmön ominaiskulutuksen ollessa 50 % nykyisestä huomataan, että sähköstä saadut voitot ovat samalla tasolla kuin kaukolämmön liittymisasteen ollessa 70 %.

Jos kaukolämmön liittymisaste pienentyy, tulee alueelle enemmän sähköä käyttäviä lämmitysratkaisuja. Kokonaisinvestointina kaukolämmön vienti alueelle on huomattavasti suurempi kuin sähköverkon investointi alueelle, johtuen pääosin siitä, että sähköverkko on jo alueella ja sähköverkon lisäinvestointi perustuu sähköverkon lisäkuormituksesta aiheutuviin lisäkuluihin. Näin sähköverkko maksaisi investoinnin takaisin muutamassa vuodessa. Kuitenkin kaukolämpö on myös huomattavasti tuottoisampaa liiketoimintaa tällä hetkellä kuin sähkön myyminen, joka johtuu sähkön hyvin alhaisesta markkinahinnasta, sähkön myynnin kilpailutilanteesta ja sähkön siirron sallitun tuoton matalasta tasosta.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Energiateollisuus 2006. Kaukolämmön käsikirja.

Energiateollisuus. Kaukolämmitys [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015-10-29.] Saatavissa: <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>

EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI. L 153/21. Finlex. Direktiivi. [Viitattu 2015-01-12].

Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:fi:PDF>

Toimeksiantajan rakennuspäällikkö 2015-10-09, 2016-01-26. [Keskustelu.]

Toimeksiantajan energiapäällikkö 2015-11-10. [Keskustelu.]

Toimeksiantajan kaukolämpöjohtaja 2016-01-16. [Keskustelu.]

Toimeksiantajan asiantuntija 2015-01-16. [Keskustelu.]

Toimeksiantajan verkkopäällikkö 2016-01-27. [Keskustelu.]

Toimeksiantajan sähköverkon asiakaspäällikkö 2016-01-27. [Keskustelu.]

Toimeksiantajan myyntijohtaja 2016-01-18. [Keskustelu.]