

Alexi Karhu

Energiakontit osana lämmitysjärjestelmää

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)

Talotekniikka (LVI)

2023



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Aleksi Karhu
Työn nimi	Energiakontit osana lämmitysjärjestelmää
Toimeksiantaja	R.A Wickholm
Vuosi	2023
Sivut	81 sivua, liitteitä 3 sivua
Työn ohjaaja(t)	Jarkko Kolehmainen

TIIVISTELMÄ

Tällä hetkellä maailman tilanne on epävaka, joka vaikuttaa hintojen kehitykseen. Maakaasun, öljyn ja sähkön hinnat voivat tehdä nopeita hintamuutoksia. Myös kaukolämmön hinta on ollut viime vuosina nousussa ja todennäköisesti hinnat tulevat nousemaan, kun kaukolämpöä pyritään tuottamaan ympäristöystävällisesti.

R.A Wickholmin tarjoaman opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia energiakonttien käyttöä osana lämmitysjärjestelmää eli muutamalla järjestelmällä hybridilämmitysjärjestelmäksi. Energiakontit sisältävät uusiutuvaa energiaa hyödyntävää maalämpö- tai ilma-vesilämpöpumppulaitteistoa. Tarkasteltavana kohteena oli Elimäen yhtenäiskoulu, jonka lämmönlähteenä on maakaasu. Toisena kohteena oli Kuusankoskella sijaitseva Asunto Oy Ullankaran 32-asuntoinen asuinkerrostalo, joka kuuluu kaukolämmön piiriin.

Kohteista selvitettiin lämmitysenergian kulutus, jonka jälkeen tehtiin mitoituskäyttämällä laitemitoittajan laskentapohjaa sekä mitoitusohjelmia. Tutkimuksessa selvitettiin säästöjen suuruudet sekä hiilidioksidipäästöjen aleneminen. Energiakonteille laadittiin leasinghinnasto, selvitettiin kannattavuus, laskettiin koroton- ja korollinen takaisinmaksuaika. Käytiin keskusteluja rakennusvalvonnan henkilöiden kanssa suhtautumisesta kiinteistön alueella sijaitsevaan energiakonttiin.

Opinnäytetyössä saaduista tuloksista huomattiin, että molemmat energiakontit ovat hyvä ratkaisu vähentämään kustannuksia maakaasukiinteistöissä sekä öljy- ja suorasähkölämmitteisissä rakennuksissa. Takaisinmaksuajat olivat lyhyitä ja hiilidioksidipäästöt pienenevät paljon. Asunto Oy Ullankaran kokiossa kaukolämpöpiirin kiinteistöissä ei ole kannattavaa muuttaa järjestelmää maalämpö- tai ilma-vesilämpöpumppu lämmitteiseksi. Takaisinmaksuajat olivat erittäin pitkät Asunto Oy Ullankaran osalta.

Opinnäytetyössä saavutettiin halutut tulokset. Energiakonttien käyttäminen osana vihreää siirtymää on edukas vaihtoehto tilaajalle. Energiakontit osana hybridilämmitysjärjestelmää tuo selviä säästöjä, jos lämmitysjärjestelmänä on maakaasu, öljy tai suorasähkö.

Asiasanat: Energiakontit, uusiutuva energia, ilma-vesilämpöpumput, maalämpöpumput, hiilidioksidipäästöt, leasing, R. A Wickholm

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Aleksi Karhu
Thesis title	Energy containers as part of the heating system
Commissioned by	R.A Wickholm
Time	2023
Pages	81 pages, 3 pages of appendices
Supervisor	Jarkko Kolehmainen

ABSTRACT

At present, the world situation is unstable, affecting price developments. This has affected the price of natural gas, oil and electricity. The price of district heating has also been rising in recent years, and it is likely that prices will increase when district heating is produced in an environmentally friendly way.

The purpose of the thesis offered by R.A Wickholm was to study the use of energy containers as part of the heating system, i.e. by changing the heating system to hybrid heating. Energy containers contain renewable energy-using geothermal heat- or air to water heat pump equipment. The subject was Elimäki comprehensive school, which is heat sourced by natural gas. The second point was the 32-house apartment building in Kuusankoski, which belongs to the district heating network.

The targets were mapped on the basis of the consumption data obtained, followed by dimensioning using the calculation base and equipment suppliers' dimensioning programs. The study examined the size of savings and the reduction in CO₂ emissions. A leasing price was drawn up for energy containers, profitability was established, interest-free and interest-bearing repayment period were calculated. Discussions were held with building supervision persons views on the energy container located in the property area.

The results of the thesis indicated that both energy containers are a good solution to reduce costs in natural gas properties and in oil and direct electricity-heated buildings. The repayment periods were short and CO₂ emissions decreased considerably. It is not profitable to turn the system into a geothermal or air to water heat pump for district heating district properties the size of Asunto Oy Ullankara. The repayment periods were very long for Asunto Oy Ullankara.

The thesis achieved the desired results. Using energy containers as part of the green transition is an affordable option for the customer. Energy containers as part of a hybrid heating system provide clear savings if the heating system is natural gas, oil or direct electricity.

Keywords: Energy containers, renewable energy, air to water heat pumps, geothermal heat pumps, carbon dioxide emissions, leasing, R. A Wickholm

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TILAAJA	7
3	LAINSÄÄDÄNTÖ JA MÄÄRÄYKSET	8
4	UUSIUTUVA ENERGIA.....	9
5	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT	9
5.1	Kaukolämpö.....	11
5.2	Maakaasu	14
5.3	Öljylämmitys	16
5.4	Lämpöpumput.....	17
5.4.1	Ilma-vesilämpöpumppu.....	19
5.4.2	Maalämpöpumppu	22
5.5	Hybridilämmitysjärjestelmät	29
6	LEASING	30
7	ENERGIAKONTIT	30
8	MENETELMÄT JA AINEISTO	32
8.1	Elimäen koulukeskus	36
8.1.1	Koulurakennuksen kulutustiedot	37
8.1.2	Hiilidioksidi päästöt	39
8.2	Asunto Oy Ullankara.....	39
8.2.1	Kerrostalon kulutustiedot	39
8.2.2	Hiilidioksidipäästöt	41
9	MITOITUS	42
9.1	Ilma-vesilämpöpumppu Elimäen yhtenäiskoulu	43
9.2	Maalämpöpumppu ja energiakaivot Elimäen yhtenäiskoulu	45
9.3	Ilma-vesilämpöpumppu Asunto Oy Ullankara.....	47
9.4	Maalämpöpumppu ja energiakaivot Asunto Oy Ullankara	49
10	KUSTANNUKSET.....	51

10.1	Sähköliittymä	52
10.2	Elimäen yhtenäiskoulu IVLP & MLP	52
10.3	Asunto Oy Ullankara.....	54
10.4	Leasing	55
10.4.1	Leasing Elimäen yhtenäiskoulu	55
10.4.2	Leasing Asunto Oy Ullankara	57
11	TULOKSET.....	58
11.1	Elimäen yhtenäiskoulu IVLP-kontti	59
11.2	Elimäen yhtenäiskoulu MLP-kontti.....	62
11.3	Asunto Oy Ullankara IVLP-kontti	64
11.4	Asunto Oy Ullankara MLP-kontti.....	66
11.5	Energiakonttien lämpöhäviöt	68
11.6	Paikkakuntien rakennusvalvonta	69
12	JOHTOPÄÄTÖKSET	70
13	POHDINTA.....	71
	LÄHTEET.....	73

LIITTEET

Liite 1. Lämpökaivo, lupahakemuksen sisältö -ohje

Liite 2. KytKentäkaavio nykyiseen järjestelmään

Liite 3. Ilma-vesilämpöpumppujen kytKentäkaavio

Lyhenteet

CHP	Combined Heat and Power, Yhteistuotantolaitos
SLK	Siirrettävä lämpökeskus
LNG	Liquefied Natural Gas, Nesteytetty maakaasu
IVLP	Ilma-vesilämpöpumppu
MLP	Maalämpöpumppu
COP	Hyötysuhde
SCOP	Vuotuinen hyötysuhde
GWP	Global warming potential, Ominaislämmitysvaikutus

1 JOHDANTO

Suomen tavoitellessa hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä sekä kaukolämmön, maakaasun, sähkön ja öljyn hintojen jatkuva nousu on aiheuttanut ryntäyksen lämmitysjärjestelmien vaihtoon. Tämänhetkinen tilanne maailmalla on epävakaa, joka vaikuttaa omalta osaltaan hintojen kehitykseen. Lämpöpumpputeknologia käyttää uusiutuvaa energiaa hyödykseen ja käyttökustannukset ovat pieniä.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on R.A Wickholm Oy. Työssä esitellään kaksi eri energiakonttimallia, maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppukontit. Opinnäytetyössä tarkastellaan 1960-luvulla rakennettua Elimäen yhtenäiskoulua, joka on maakaasulämmitteinen. Toisena kohteena on Kuusankoskella sijaitseva Asunto Oy Ullankaran 1980-luvun asuinkerrostalo, joka kuuluu kaukolämmön piiriin.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää energiakonttien käyttöä osana hybridilämmitysjärjestelmää sekä vihreää siirtymää. Työssä selvitetään lämmitysjärjestelmien vuotuiset kustannukset, säästöt ja pienentyneet hiilidioksidipäästöt sekä lasketaan takaisinmaksuajat ja laaditaan leasinghinnasto. Tuloksien hyödyt ja haitat tuodaan esille palveluntarjoajan ja asiakkaan näkökulmista. Tuloksien pohjalta markkinoidaan energiakontteja. Rakennusvalvonnan selvitykset on rajattu kolmeen eri paikkakuntaan, joita ovat Kouvola, Kotka ja Lahti.

2 TILAAJA

Raimo Vickholm perusti Peltisepänliike R. Vickholmin vuonna 1958. Vuosikymmenen vaihteen jälkeen palkattiin ensimmäiset ulkopuoliset työntekijät, jolloin yhtiön toiminta laajeni rautarakennetöihin. Ilmanvaihtourakointi sai alkunsa 1960-luvun lopulla, jolloin palkattiin ensimmäiset ilmanvaihtoasentajat.

Elimäelle valmistui toimitilat vuonna 1972, ja yhtiömuoto vaihdettiin osakeyhtiöksi, syntyi R.A. Wickholm Oy. Vuonna 1999 tehtiin omistajavaihdos, uusiksi omistajiksi ryhtyivät Kari Aalto ja Jari Kokkinen. Yhtiön palveluihin lisättiin putkiurakointi 2000-luvun alussa.

2000-luvulla R.A. Wickholm Oy on tehnyt kasvupyrähdysten ja henkilökunnan määrä on kasvanut 90 henkilöön. Wickholm Talotekniikka on yksi suurimpia LVI-alan toimijoita Kymenlaakson alueella. Kari Aalto luopui toimitusjohtajan tehtävistä vuonna 2018, ja uudeksi toimitusjohtajaksi ryhtyi Anssi Lilja. [1.] R.A Wickholmin toimintakenttään kuuluu putki- ja ilmanvaihtourakointi. Urakoinnin lisäksi muita palveluita on huoltopalvelut, lämpöpumpputekniikka, automaatio, omakotitalojen putki- ja ilmanvaihtotyöt, ilmanvaihtokanavien nuohous sekä myymäläpalvelut.

3 LAINSÄÄDÄNTÖ JA MÄÄRÄYKSET

Maalämpöön tarvittavan energiakaivon poraus tai maaperään ja vesistöön sijoitettavan keruuputkiston asennus on aina luvanvaraista (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999) [2; 3]. Vesistöön asennettava putkisto vaatii vesilain noudattamista.

Toimenpidelupaa tulee hakea kunnan rakennusvalvonnasta. Uudisrakennuksen kohdalla energiakaivon lupaa voidaan hakea rakennusluvan yhteydessä [4]. Maalämmön tilaaja voi siirtää lupaprosessin tekemisen palvelun tuottajalle. Lämpökaivon lupahakemuksen sisältö -ohje liite 1.

Porausluvan hakemiseen pakollisia dokumentteja on toimenpidelupahakemuslomake, laillinen omistus- ja hallintaoikeustodistus, hyväksytty kiinteistökartta, asemapiirros, tonttinaapurien kirjallinen hyväksyminen ja rakennusvalvonnan hyväksymä työnjohtaja. Näiden lisäksi kunnat voivat vaatia muitakin dokumentteja lupaprosessiin. [4.]

Energiakaivon etäisyys kiinteistön rajaan tulee olla vähintään 7,5 metriä, kaatuun 2,5 metriä, rakennukseen 3 metriä, vesikaivoon 30 metriä, toiseen energiakaivoon 15 metriä ja viemäreihin, sähkö- ja vesijohtoihin 5 metriä [4].

Kaivo voidaan porata lähemmäs tontin rajaa, naapurin hyväksynnällä. Energiakaivo voidaan porata myös vinoon, tämä vaatii myös erikoisluvan sekä naapurin hyväksynnän. Kaivon ylittäessä tonttien välisen rajan tulee laatia rautesopimus (Kiinteistönmuodostamislaki (554/1995)). [5; 6.]

Huomioitettavia lakeja on myös ympäristönsuojelulaki (527/2014), vesilaki (587/2011), kemikaalilaki (599/2013), terveydensuojelulaki (763/1994), rakentamismääräyskokoelma sekä näiden lisäksi kuntien ympäristönsuojelumääräykset ja rakennusjärjestys [7].

4 UUSIUTUVA ENERGIA

Suomi lukeutuu EU:n ja maailman johtaviin uusiutuvaa energiaa käyttäviin maihin. Suomella on tavoitteena olla ensimmäinen valtio maailmassa, joka on ensimmäinen fossiilivapaa yhteiskunta. [8; 9.]

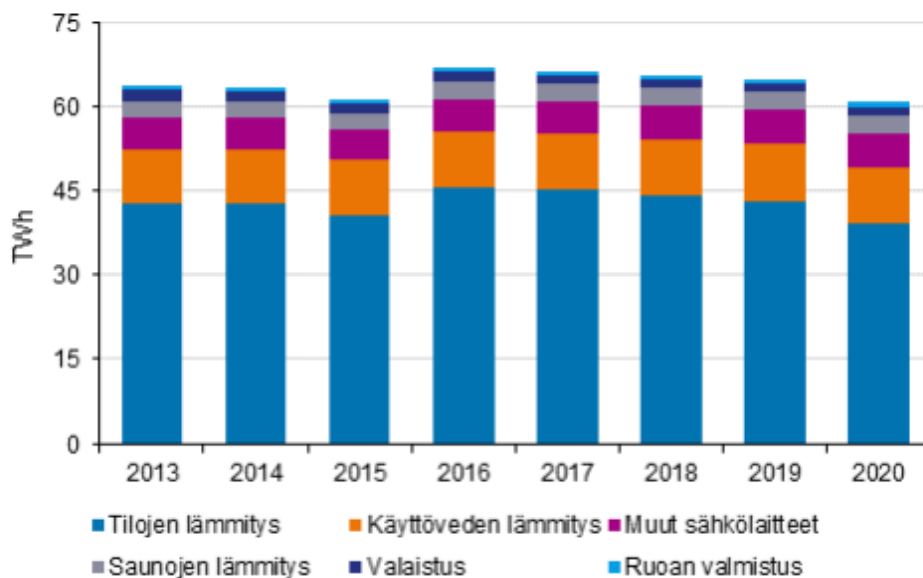
Uusiutuvalla energialla tarkoitetaan muita kuin fossiilisia energialähteitä. Suomessa pyritään vähentämään kasvihuonepäästöjä luopumalla fossiilisista polttoaineista. Suomi on asettanut tavoitteeksi olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Uusiutuvien energialähteiden osuus loppukulutuksesta on yli 40 % ja tavoitteena nousu yli 50 % 2020-luvun aikana. [8; 9.]

Suomessa suurimmaksi osaksi käytettyjä uusiutuvia energialähteitä ovat aurinkosta peräisin oleva lämpöenergia, jota voidaan ottaa talteen aurinkokennillä, vesistöistä ja maaperästä sekä ilmasta otettava lämpöenergia. Näiden lisäksi käytetään bioenergiaa, tuuli- ja vesivoimaa.

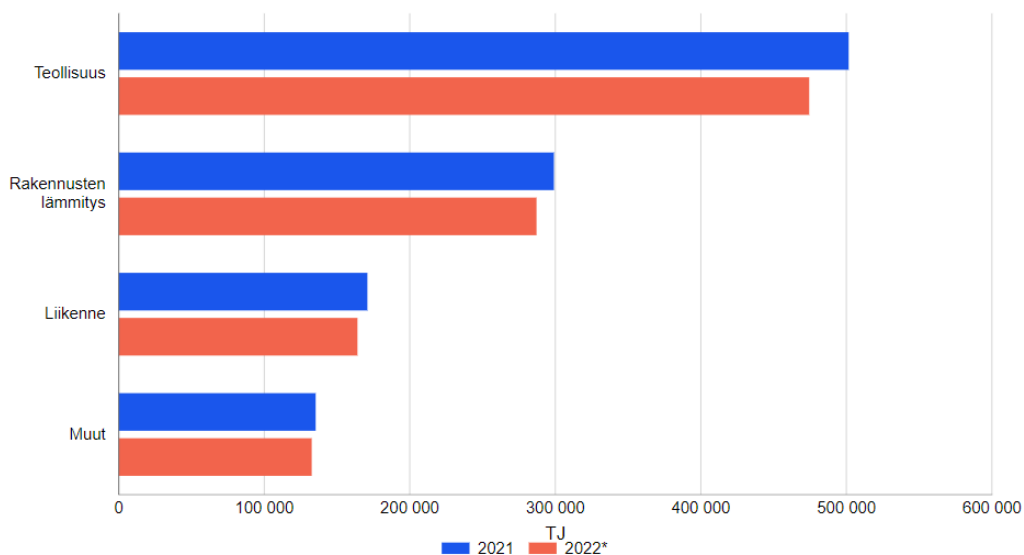
5 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

Asuinkerroistaloissa, omakotitaloissa ja kiinteistöissä suurin osa ostoenergiasta kuluu tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen. Rakennusten lämmitys kuluttaa käyttöenergiasta noin neljäsosan. Lämmityksellä on suora yhteys terveelliseen sisäilmaan ja rakennukseen. Hyvät sisäilmaolosuhteet vaikuttavat viihtyvyyteen, terveyteen ja työtehoon. Kuvista 1 ja 2 nähdään rakennusten energiankulutuksen jakautuminen asuinrakennuksissa ja sektoreittain. [10; 11.]

Asumisen energiankulutus 2013-2020



Kuva 1. Asumisen energiankulutus [10]



Kuva 2. Energiankulutus sektoreittaan [11]

Yllä olevista kuvista 1 ja 2 huomataan, että mittavin osa kokonaisenergiankulutuksesta kuluu asuinrakennuksien lämmitykseen. Ottaen huomioon kaikki kohteet sektoreittaan, lämmitykseen kuluu edelleen suuri osa kokonaisenergiasta.

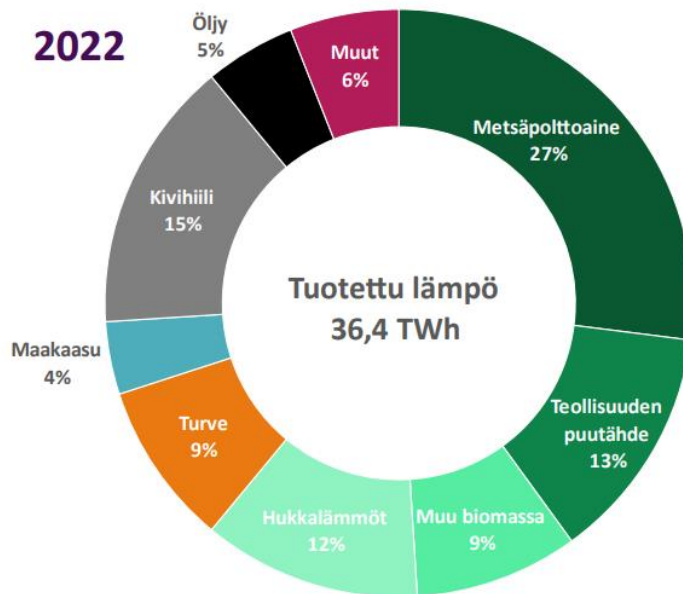
Kaukolämpö, maakaasu-, öljy- ja suora sähkölämmitys halutaan vaihtaa puhtaampaan sekä käyttökustannuksiltaan edullisempiin vaihtoehtoihin. Hintojen suuret nousut ovat myös vaikuttaneet negatiivisesti aiemmin suosittuihin vaihtoehtoihin. Lämmitysjärjestelmien valinnassa tulee ottaa huomioon rakennuksen lämmitystehontarve, käyttötarkoitus ja valita paras mahdollinen lämmitysjärjestelmä palvelemaan kyseistä kiinteistöä.

5.1 Kaukolämpö

Kaukolämpö on Suomen yleisin rakennusten lämmitysmuoto. Kaukolämpö kattaa noin 45 % asuin- ja palvelurakennuksien lämmityksestä [12]. Kaukolämpöverkostoa on 166 Suomen kunnassa [13]. Käyttö on kuluttajalle vaivatonta ja mahdolliset jakelukatkokset lyhyitä. Kuluttaja on sidoksissa hintojen nousuun, kuten maakaasussa ja sähkössä. Hintojen nousut ovat vähentäneet kaukolämmön käyttöä uudisrakennuksissa.

Kaukolämmön hinta muodostuu liittymis-, perus- ja energiamaksusta. Liittymismaksu suoritetaan vain kerran. Perusmaksu laskutetaan kuukausittain, ja perustuu sopimusvesivirtaan, joka koostuu kiinteistötyypistä ja lämpötehosta. Energiamaksu veloitetaan myös kuukausittain ja se perustuu kulutustietoihin. Hinta vaihtelee paikkakunnittain, kaukolämpötoimittajasta ja tuotantotavasta riippuen. [14.]

Kaukolämpötuotanto jakautuu moneen eri osa-alueeseen. Alla olevassa kuvassa 3 on eritelty kaukolämmössä käytettävien energialähteiden jaottelu.



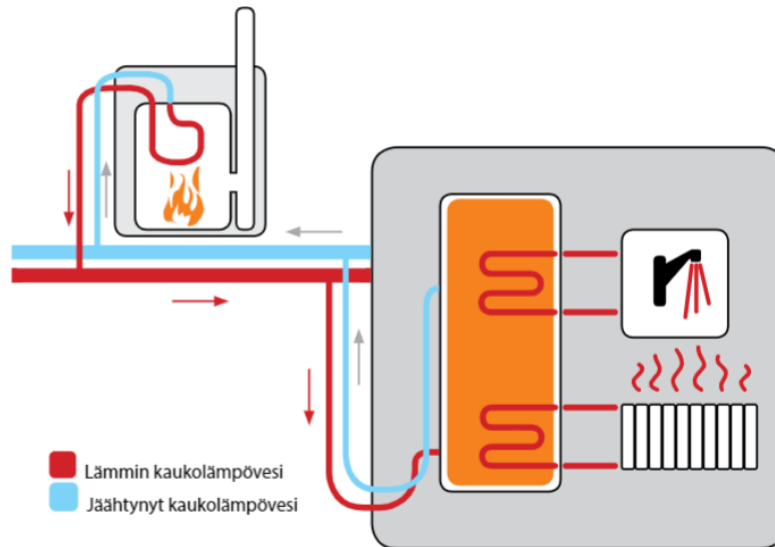
Kuva 3. Kaukolämmöntuotanto 2022 [13]

Kuvasta 3 voidaan huomata, että uusiutuvien polttoaineiden osuus vuonna 2022 oli 49 %. Hukkalämmöllä lämmitetyn kaukolämmön osuus oli 12 %. Eli uusiutuvilla polttoaineilla ja hukkalämmöllä tuotettiin 22,2 TWh lämpöenergiaa.

Kaukolämpöä tuotetaan lämpölaitoksissa, yhteistuotantolaitoksissa ja teollisuuden prosesseissa. Yhteistuotantolaitoksissa tuotetaan lämpöä ja sähköä (CHP). Sähköntuotannossa syntyy hukkalämpöä, joka hyödynnetään kaukolämmössä. Tämä toteutusprosessi on kokonaishyötysuhteeltaan parempi (85 %), kuin erillisissä lämpölaitoksissa tuotettu kaukolämpö hyötysuhteen ollessa 30–40 %. Kaukolämpöä voidaan tuottaa myös teollisuusprosesseissa syntyvästä hukkalämmöstä ja jätevesien lämmöstä. Kaukolämmöllä voidaan lämmitellä asiakkaan lämmityspiiri, käyttövesi ja ilmanvaihtoa, mutta tällöin tarvitaan jokaiseen piiriin erillinen lämmönsiirrin. Kaukolämmöllä voidaan tuottaa koko kiinteistön tarvitsema lämpötehontarve. [15.]

Lämpökeskukset ovat pienempiä lämpölaitoksia, jotka toimivat peruskuormassa, huippukuormassa tai varalaitoksina. Lämpölaitoksen lisäksi on pienempiä siirrettäviä lämpökeskuksia (SLK). Näitä laitoksia hyödynnetään uusilla kaukolämpöverkostoalueilla, ennen kuin verkosto on saatu rakennettua alueelle. [16.]

Kaukolämpö tuotetaan erillislaitoksessa, josta se kuljetetaan asiakkaan lämmönsiirtimelle. Siirtimessä luovutetaan lämpöenergiaa tilojen lämmitykseen ja käyttövedeen, kuten kuvassa 4 on esitetty.



Kuva 4. Kaukolämmön toimintaperiaate [17]

Kaukolämmön toimintaperiaate on esitetty kuvassa 4. Kaukolämpöverkostossa kulkee nykyään pelkästään vettä, ennen verkostossa mahdollisesti kulki myös vesihöyryä. Vesi värjätään vihreäksi, jotta mahdolliset vuodot havaitaan nopeasti. Värjätty vesi ei ole vaarallista terveydelle eikä ympäristölle. Lämmitetty väliaine kuljetetaan menoputkessa asiakkaan lämmönjakokeskuksen lämmönsiirtimelle. Molemmat verkostot ovat suljettuja piirejä, jolloin kaukolämpövesi ja asiakkaan lämmitysverkoston vesi eivät sekoitu keskenään. Siirtimessä lämpö siirretään ensiöpuolelta toisiopuoleen. Jäähdyntynyt kaukolämpövesi kulkeutuu takaisin paluuputkessa lämmityslaitokseen ja prosessi alkaa uudestaan. [12.]

Kaukolämpövesi on nykymääräyksien mukaan enintään 90 °C astetta. Kesäaikaan kaukolämpöveden jäähdyntymä on pienempi, kun lämpö käytetään käyttöveden lämmitykseen. Kaukolämmössä toivotaan mahdollisimman suurta nesteen jäähdyntymää, ja se kertoo laitteiston oikeasta toimivuudesta ja kunnosta. Nesteen jäähdyntymällä on suora vaikutus sopimusvesivirtaan, joka on sidoksissa peruslaskutukseen. [16.]

Lämmönjakohuoneen laitteisto koostuu kaukolämpötoimittajan ja asiakkaan laitteistoista. Lämmönjakokeskukset ovat nykyään usein tehdasvalmisteisia paketteja, jotka asennetaan vaivattomasti kaukolämpöverkkoon. Kaukolämpöyhtiön päälaitteistoihin kuuluu meno- ja paluuputkistot, pääsulkuventtiilit ja lämpöenergiamittarit. Asiakkaan laitteiston pääkomponentti on lämmönsiirrin. Lämmönsiirtimien lisäksi laitteistoon kuuluu, paisunta-astia, pumppu ja säätölaitteisto. Asiakkaan laitteisto jaetaan kahteen eri osaan, ensiö- ja toisiopuoleen. Ensiöpuolella kiertää kaukolämpövesi ja toisiopuolella järjestelmän mukaan lämmitettävä vesi tai ilma. [16.]

Kuvassa 5 on esitetty kaukolämpökeskus, jossa on siirrin lämpimän käyttöveden valmistukseen sekä lämmityspiirin nesteen lämmitykseen.



Kuva 5. Gebwell G-Power kaukolämpökeskus [18]

Laittevalmistajat toimittavat valmiina paketteina olevia kaukolämpökeskuksia. Kaukolämpökeskukset ovat vaivattomia ja nopeita asentaa.

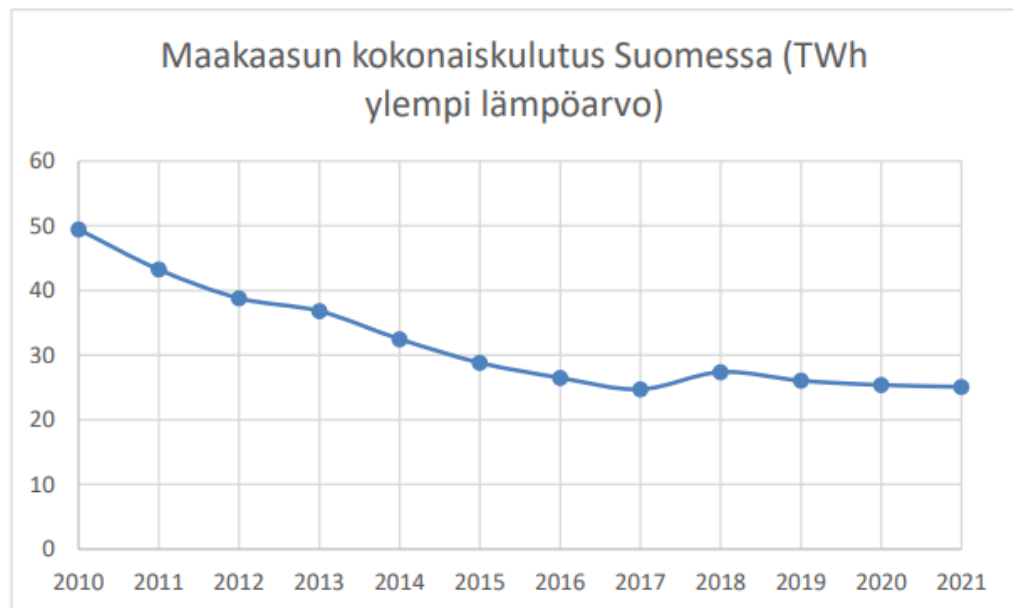
5.2 Maakaasu

Maakaasun hiilidioksidipäästöt ovat pienet verrattuna muihin fossiilisiin polttoaineisiin. Lämmitysjärjestelmän vuosihyötysuhde on korkea, jopa yli 90 %.

Korkea hyötysuhde johtuu puhtaana palavasta maakaasusta. Suomessa maakaasuverkostoa on noin 40 eri paikkakunnalla, eli asiakaskunta on rajallinen. [19; 20.]

Maakaasu tuodaan ulkomailta nesteytettynä LNG-terminaaleihin, joita on tällä hetkellä Suomessa 3. Terminaalit sijaitsevat Porissa, Torniossa ja Haminassa. Terminaalien lisäksi Inkoossa toimii terminaalilaiva. Viro toimittaa Suomelle maakaasua siirtoputkiston kautta, putkiston pituus on 1200 kilometriä. Venäjän kaasutoimitukset lakkautettiin 2022 [21; 22.]. Biokaasua verkostoon syöttäviä laitoksia on 5. Tuotantolaitokset sijaitsevat Kouvolassa, Espoossa, Lahdessa, Riihimäellä ja Lohjalla [21].

Maakaasun hinta on ollut pitkään nousussa, ja viime vuosina nousu on ollut todella raju. Kuten kuvan 6 diagrammista huomataan, käyttö on vähentynyt huomattavasti lähes joka vuosi.



Kuva 6. Maakaasun kulutus [21]

Maakaasun käyttö on laskenut tasaiseen tahtiin 2010-luvulla, kuten kuvasta 6 huomataan. Suurin syy on maakaasun korkea hintataso. Maakaasun käyttö tulee laskemaan entisestään tulevaisuudessa, jolloin siirrytään puhtaampiin energiavaihtoehtoihin.

Maakaasulämmittisyjärjestelmistä on päätetty luopua vuoteen 2035 mennessä Suomen tavoitellessa hiilineutraalia tilaa. Pientalojen fossiilisen kaasulämmityksen vaihtamisesta puhtaampaan vaihtoehtoon tarjotaan tukea korotetun kotitalousvähennyksen kautta sekä ELY- ja ARA-keskusten jaettavan tuen avulla. [23]

Maakaasu toimitetaan asiakkaalle maakaasuputkiverkostoa pitkin. Maakaasu kuljetetaan asiakkaan laitteiston polttimeen, jolla tuotetaan lämmintä käyttövettä ja lämmitetään lämmityspiirissä kiertävä neste. Toimittajan maakaasulaitteisto rajoittuu kiinteistön lämmönjakohuoneen kaasumittarin jälkeiselle sulkuventtiilille. Tämän jälkeinen laitteisto kuuluu asiakkaalle.

Maakaasunjakeluverkoston putkimateriaalit tulee olla terästä maanpäällisissä asennuksissa. Muoviputkia voidaan käyttää maaperäisissä asennuksissa, vesistöjen alituksissa ja rakennuksien sisäisissä nousulinjoissa pääsulkuventtiilille. Käyttöputket tulee olla kuparia, terästä tai muuta maakaasuun soveltuvaa materiaalia. [24, s. 25.]

Polttimia on kiinteitä- ja erillispolttimia, jotka jakautuvat puhallinpolttimiin sekä luonnollisen ilmavirralla toimiviin polttimiin. Kiinteissä- ja erillispolttimissa on pääsääntöisesti samat vaikuttavat komponentit. Järjestelmissä on kattila, suodatin, paineensäädin, kaasupainekytkin, säätölaitteet, sytytyslaitteet, liekinvalvontalaitteet ja siirtopumppu [24, s. 73–75]. Kattila on varustettu sähkövastuksin, mahdollisten verkoston käyttökatojen tai poltinvikojen takia. Tämä mahdollistaa lämmitysjärjestelmän toiminnan häiriötilanteiden aikana.

5.3 Öljylämmitys

Öljylämmityksen osuus asuin- ja palvelurakennuksissa on noin 7 %. Öljylämmityskattila on hyötysuhteeltaan 90–95 %. Hyötysuhde on huippuluokkaa, mutta öljyn polttaminen tuottaa paljon epäpuhtauksia. [14; 23]

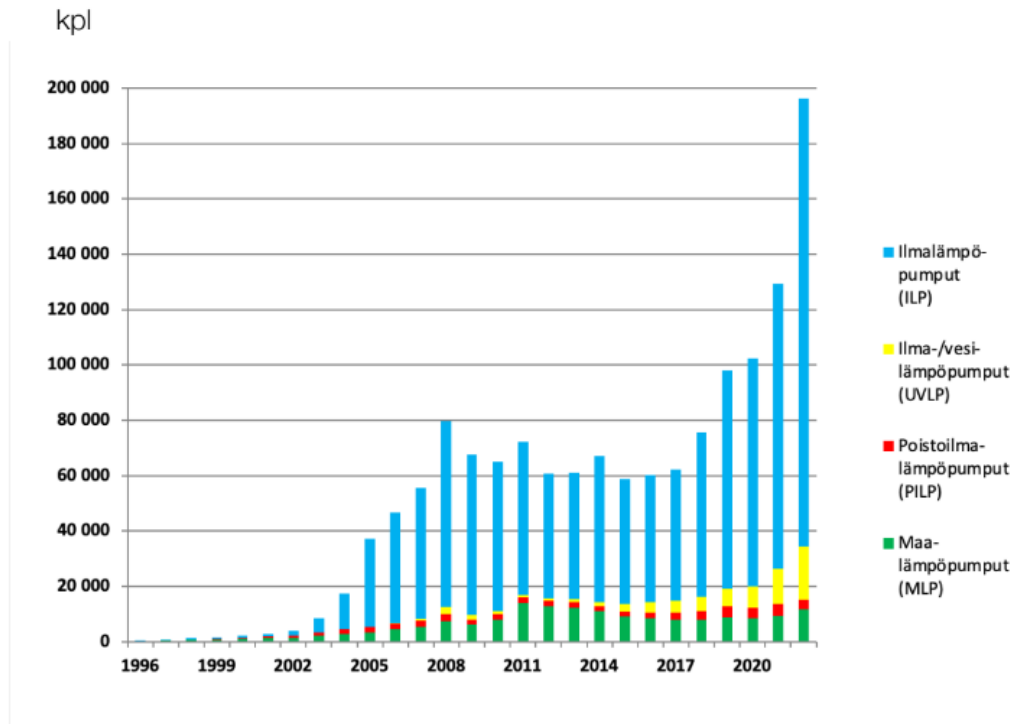
Öljylämmityksen suosio on laskenut uudisrakennuksissa öljyn hintojennousun ja syntyvien epäpuhtauksien takia. Suomen tavoitellessa hiilineutraalia tilaa vuoteen 2035 mennessä on öljylämmitysmuodosta luopuminen yksi vaikuttava

tekijä ilmastonmuutoksen hallintaan. Julkiset kiinteistöt tulevat luopumaan öljylämmityksestä vuoteen 2024 mennessä, pientalojen osalta pyritään luopumaan vuoden 2030 alkupuolella [25; 26.]. Öljylämmityksen vaihtamistalkoisiin pientaloihin tarjotaan korotettua kotitalousvähennystä tai vaihtoehtoisesti tukea ELY- ja ARA-keskuksista.

Toimintaperiaatteeltaan öljykattila on samanlainen kuin kaasulämmitteinen järjestelmä. Öljyä toimitetaan asiakkaan öljysäiliöön. Öljy kuljetetaan öljysäiliöltä öljypolttimelle, jolla lämmitetään lämmin käyttövesi sekä lämmityspiirin neste. Öljylämmitysjärjestelmä koostuu öljykattilasta, polttimesta, siirtopumpusta, säätölaitteista, säiliöstä ja savuhormista. Säiliöt voivat sijaita rakennuksessa tai olla maahan upotettuja. Kattilat voivat olla myös kaksiosaisia, jossa voidaan polttaa öljyn lisäksi puuta. Kattila on varustettu sähkövastuksin, joka mahdollistaa käytön öljypolttimen vikautuessa tai öljyn loppuessa.

5.4 Lämpöpumput

Lämpöpumput ovat tehokas tapa vähentää haitallisia päästöjä sekä kulutuksen aiheuttamia kustannuksia. Lämpöpumput tuottavat lämpöenergiaa hyvällä hyötysuhteella suurimman osan vuodesta. Tämän lisäksi lämpöpumpuilla voidaan tuottaa kesähelteillä miellyttävä sisälämpötila viilentämällä tiloja. Lämpöpumput jakautuvat neljään eri luokkaan, poistoilma-, ilmalämpö-, maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppeihin. Toimintaperiaatteeltaan lämpöpumput toimivat identtisesti, erona on lämmönlähde. Ilma-vesilämpöpumpun lämmönlähteenä käytetään ulkoilman lämpöenergiaa, maalämpöä käytettäessä lämmönlähteenä voi olla maaperä tai vesistöt. Lämpöpumput ovat olleet suuressa suosiossa 2000-luvulla, kuten kuvasta 7 voidaan todeta. [27.]



Kuva 7. Lämpöpumppujen myynnin kehitys [27]

Kuten kuvasta 7 huomataan sähkön, maakaasun ja kaukolämmön hintojen nousun takia lämpöpumppujen kysyntä on räjähtänyt viime vuosina. Vuonna 2022 lämpöpumppuja myytiin 196 000 kappaletta, ja myynnin kasvu oli yli 50 prosenttia verrattuna vuoteen 2021. Maalämpöpumppuja myytiin lähes 12 000 kappaletta, ja kasvua edellisvuoteen oli noin 24 prosenttia. Ilma-vesilämpöpumppuja myytiin noin 19 000 kappaletta, ja kasvu oli huimat 53 prosenttia. [27.]

Lämpöpumpputekniikalla pystytään tuottamaan lämpöä hyvällä hyötysuhteella ja ilman epäpuhtauksien syntymistä. Pumput ottavat lämpöenergiaa vedestä, ilmasta tai maaperästä ja siirtävät sen väliaineen avulla lämmitettävään tai jäähdytettävään tilaan. Väliaineena käytetään F-kaasuja. Lämpöpumput soveltuvat uudis- ja saneerauskohteisiin. [28; 29]

Hyötysuhteista puhuessa käytetään usein lyhenteitä COP ja SCOP. COP tarkoittaa, millä hyötysuhteella pystytään tuottamaan lämpöenergiaa verrattuna ostoenergian määrään. Esimerkiksi COP-luvun ollessa 3 lämpöpumppu tuottaa 3 kW lämpöenergiaa käyttäessään 1 kW ostoenergiaa. Laitevalmistajien

COP-arvoja vertaillaessa kannattaa selvittää mitä standardia valmistaja käyttää. Vanha EN 255 -standardi antaa suuremmat hyötysuhteet kuin virallinen EN 14511 -standardi. [30.]

SCOP tarkoittaa vuosihyötysuhdetta. SCOP käyttää EN 14825 -standardia, jossa Eurooppa on jaettu kolmeen eri vyöhykkeeseen. SCOP-luvun laskenta perustuu näiden vyöhykkeiden ilmasto-olosuhteisiin. Etelä-Euroopan lasketaan Kreikan Ateenan olosuhteista, Keski-Euroopan Ranskan Strasbourgin olosuhteista ja Pohjois-Euroopan Helsingin olosuhteista. [30.]

Lämpöpumpuissa käytetään usein kylmäaineena F-kaasuja. F-kaasu termiä käytettäessä tarkoitetaan fluorattuja kasvihuonekaasuja. F-kaasut ovat kemiallisia yhdistelmiä, näihin luetellaan PFC- ja HFC-yhdisteet sekä SF₆- ja NF₃-yhdistelmät. F-kaasut ovat syrjäyttäneet aiemmin käytetyt CFC- ja HCFC-kaasut, jotka hajottivat otsonikerrosta ja lisäsivät ilmaston lämpiämistä. HFC-yhdisteet eivät ole haitaksi otsonikerrokselle, mutta ne aiheuttavat ilmaston lämpiämistä. Yhdisteiden haitallisuus ilmoitetaan GWP-lukuna [45.]. Tällä hetkellä siirrytään luonnollisiin kylmäaineisiin, joiden vaikutus ilmaston lämpiämiseen on olematon. F-kaasujen käyttö vaatii kylmäaineluvat eli pätevyystodistuksen 517/2014-asetuksen mukaisesti. Tukes ylläpitää pätevyys- ja kylmäaineliikerekisteriä. [31, 32.]

5.4.1 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppujen myynti on kasvanut tasaisesti 2010-luvusta lähtien. Viime vuodet ovat näyttäneet ilma-vesilämpöpumppujen tulevaisuuden olevan hyvä sen uusiutuvaa energiaa hyödyntävän teknologian, matalien käyttökustannuksien ja hyötysuhteen takia. Ilma-vesilämpöpumppua (IVLP kuva 8) käytetään usein lämmitysjärjestelmänä, jos maalämpöpumppua ei voida hyödyntää kiinteistössä. Syitä voi olla kiinteistön rajat, energiakaivon tai vaakaputkiston asentaminen ei ole mahdollista. Usein kyse voi olla myös taloudellisista syistä, maalämpölaitteisto porakaivoineen on huomattavasti suurempi investointi. Ilma-vesilämpöpumppu mitoitetaan usein kattamaan koko rakennuksen lämmitystehontarve. Mitoitukseen käytetään usein laitevalmistajan mitoitusohjelmaa. [33.]



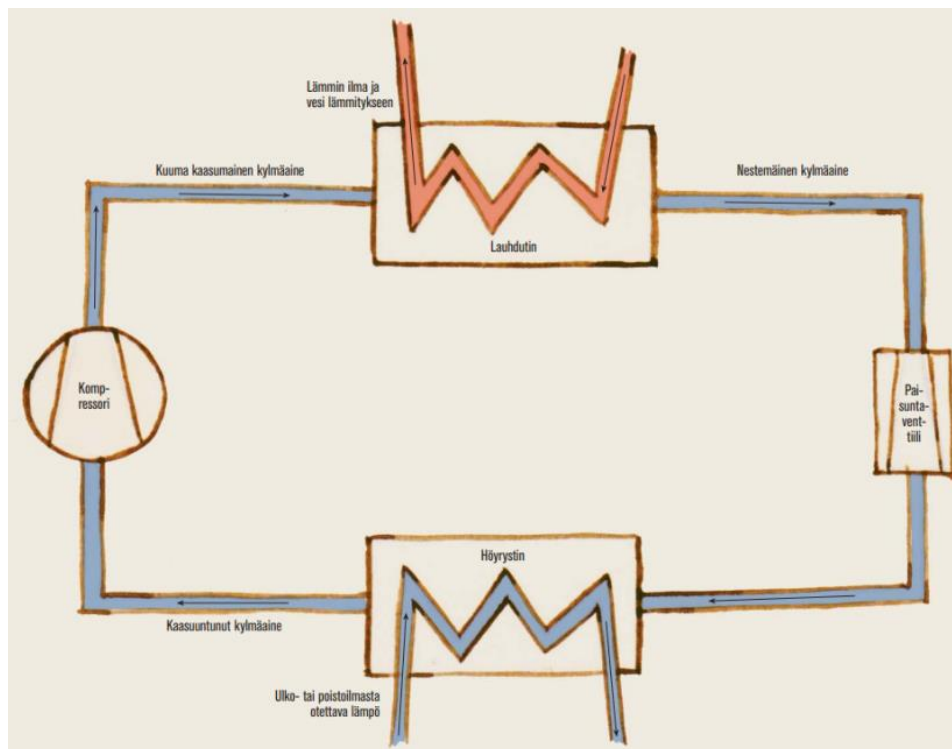
Kuva 8. Ilma-vesilämpöpumppu [34]

Kuten kuvasta 8 huomataan, ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksikkö on kooltaan suuri ja sijoittaminen huomattomammalle paikalle voi olla haastavaa tai mahdotonta. Näissä tilanteissa voidaan ulkoyksikkö verhoilla julkisivuun sopivaksi.

Ilma-vesilämpöpumppu hyödyntää ulkoilmassa olevaa lämpöenergiaa, jolla voidaan tuottaa lämmintä käyttövedtä sekä lämmitteä vesikiertoista lämmitysjärjestelmää. Laitteistosta saa parhaimman hyötysuhteen käytettäessä matalalämpötilaista lämmönluovutuslaitteistoa. Ulkoilman kylmetessä ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhde pienenee, vuosihyötysuhde on noin 2. Lämmitysjärjestelmällä voidaan säästää käyttökuluja 40–60 % verrattuna suoraan sähkölämmitykseen [36.]. Ilma-vesilämpöpumppu tarvitsee riittävän lämpötilaeron ulkoilman ja kiertävän kylmäaineen välillä. Jos lämpötilaeroa ei ole, laitteisto kytkeytyy pois päältä ja alkaa tuottamaan lämmintä sähkövastuksen avulla. Tämä tapahtuu ulkolämpötilan ollessa noin -20 °C astetta. Ilma-vesilämpöpumpulla ei voida viilentää rakennusta, joten viihtyvyyden ylläpitämiseksi tulisi asentaa ilmalämpöpumppu [35.]. Usein yli $+55$ -asteinen menoveden tuottaminen on ongelmallista tilojen- ja käyttöveden lämmityksessä [35]. Lämmin käyttövesi voidaan esimerkiksi esilämmittää pumpulla 40 asteiseksi ja loppuosa lämmitetään käyttäen vaihtoehtoista lämmönlähdettä. Ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhde puolittuu, kun lämpötila laskee $+7$ asteesta -20 asteeseen. Alimitoitettuna joudutaan ottamaan lisälämmönlähde käyttöön aiemmin. Ylimitoitettu pumppu käy patkikäyntiä, joka on huonoksi kompressorille. [37.]

Ilma-vesilämpöpumpputekniikat jakautuvat kahteen eri kategoriaan, Split- ja Monoblock-järjestelmiin. Monoblock-järjestelmässä kylmäaine kiertää ainoastaan ulkoyksikössä, jossa lämpö luovutetaan lämmitettävään veteen. Split-järjestelmässä kylmäaine kuljetetaan ulkoyksiköstä sisätilojen varaajalle. Monoblock-järjestelmille luvataan hieman parempaa hyötysuhdetta verrattuna Split-järjestelmään. Split-järjestelmä koostuu kahdesta eri osasta, sisä- ja ulkoyksiköstä. Monoblock-järjestelmässä tekniikka on sijoitettu ulkoyksikköön ja kiertävä aine on vettä. [38; 39.]

Ilma-vesilämpöpumpun voi asentaa olemassa olevan lämmitysjärjestelmän rinnalle eli hybridijärjestelmäksi. Tällöin ulkoilman kylmetessä laitteiston sähkövastus ei kytkeydy päälle, vaan tarvittava lämpöenergia tuotetaan vaihtoehdoisella lämmitysjärjestelmällä, esimerkiksi öljyllä, maakaasulla tai kaukolämmöllä. Alla olevassa kuvassa 9 on esitetty ilma- ja ilma-vesilämpöpumppujen toimintaperiaate pääkomponentteineen.

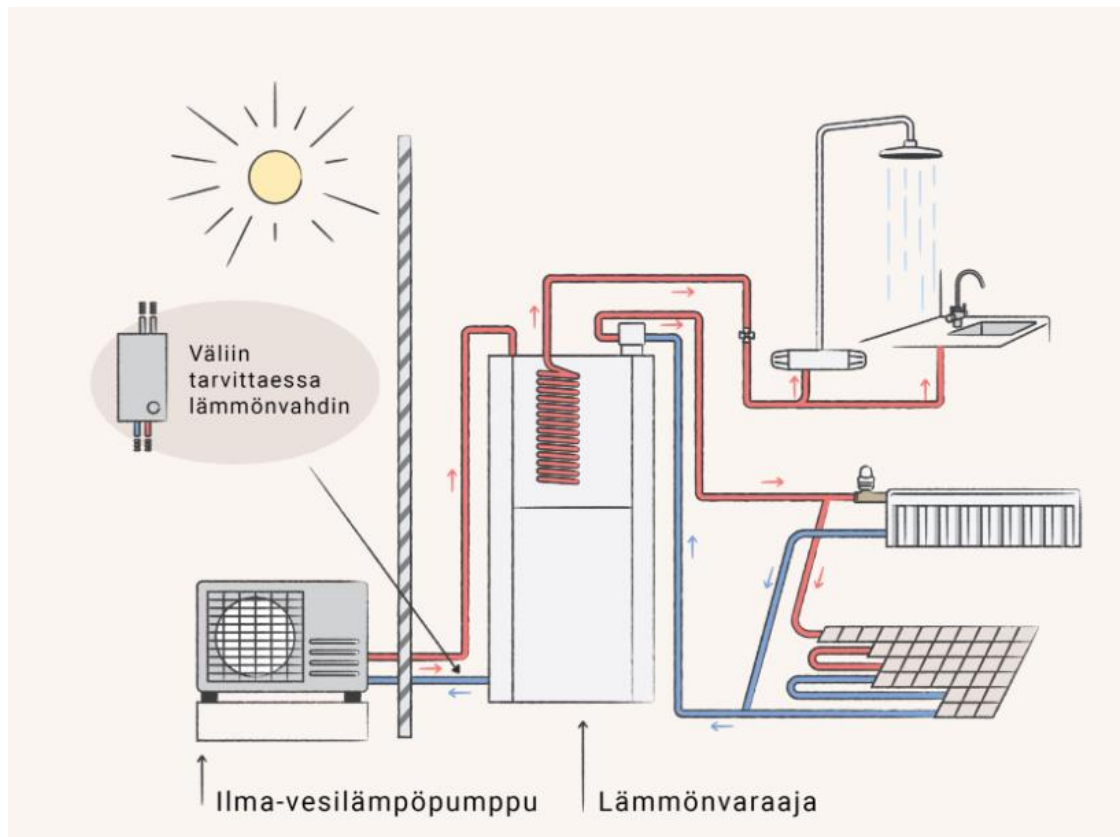


Kuva 9. Lämpöpumpun toimintaperiaate [33]

Kuvasta 9 saadaan käsitys toimintaperiaatteesta, ilmasta otetulla lämpöenergialla höyrystetään laitteistossa kiertävä kylmäaine. Kylmäaineen höyrystymisen tapahtuu noin 0 °C asteessa. Kaasuuntunut kylmäaine kulkeutuu kompressorille, jossa se puristetaan suureen paineeseen ja lämpötilaan. Kuuma

höyry kulkeutuu lauhduttimille, jossa lämpöenergia siirtyy lämmitettävään nesteeseen. Kylmäaine jäähtyy ja nesteytyy. Nestemäinen kylmäaine kuljetetaan paineenalennusventtiilille, jolloin neste on mahdollisimman kylmää. [33.]

Ilma-vesilämpöpumpplaitteistoon (kuva 10) kuuluu yksikköön asennettu lauhdutin, höyrystin, kompressori, paineenalennusventtiili ja sähkövastukset. Näiden lisäksi laitteistoa on ulkoyksikön puhallin, varaaja ja puskurivaraaja.



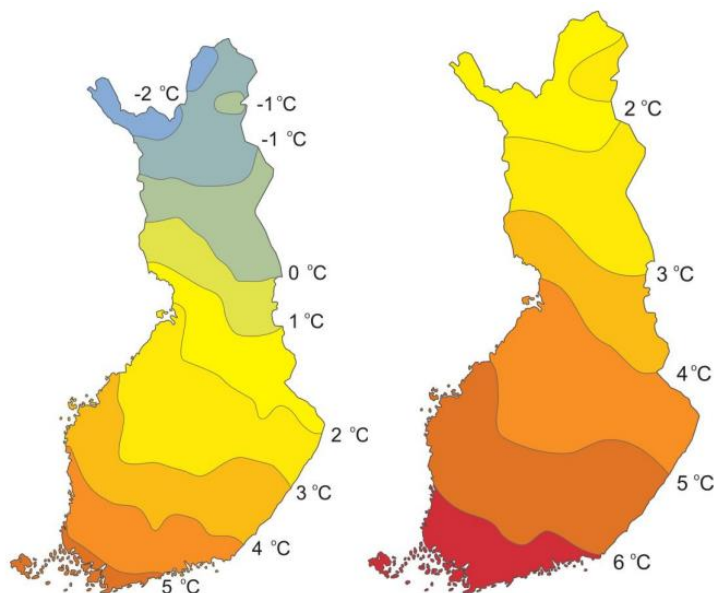
Kuva 10. Ilma-vesilämpöpumpun laitteisto [40]

Ilma-vesilämpöpumppu ottaa lämpöenergiaa ilmast ja siirtää lämmitetyn nesteen lämmönvaraajalle. Varaajan yläreunassa on käyttövesikierukka, jonka avulla lämmitetään lämmin käyttövesi. Varaajan lämmintä vettä hyödynnetään myös rakennuksen tilojen lämmitykseen lämmityspatterien ja lattialämmityksen avulla.

5.4.2 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumput (MLP) hyödyntävät maaperään, kallioon ja veteen varastoitunutta auringon tuottamaa lämpöenergiaa, joka on täysin uusiutuvaa. Muutama metrin maapinnan alapuolella lämpötila pysyy lähes vakiona läpi vuoden.

Syvemmillä maaperässä lämpöä syntyy pohjavesivirtauksista ja fissioenergiasta. Fissioenergiaa syntyy, kun ydin hajoaa kahdeksi ytimeksi, joka tuottaa suuren määrän energiaa [41; 42.]. Kuvassa 11 on esitetty keskiarvoja vuotuisista lämpötiloista Suomessa.



Kuva 11. Keskiarvo ilman (vasen) ja maanpinnan vuotuisista lämpötiloista [43]

Suomessa maaperän keskilämpötila on karkeasti 2 astetta lämpimämpää, kuin ilman keskiarvoinen lämpötila, kuten kuvasta 11 huomataan. Maanpinnan keskilämpötila vaihtelee, mutta lämpötila vakiintuu noin 5–6°C asteeseen 14–15 metrin syvyydessä, tätä syvemmillä kallioperässä voidaan käyttää lämpötilanousuna 0,5–1°C per 100 metriä. Tämä vaikuttaa energiakaivossa kiertävän maalämpönesteen lämpötiloihin. [43.]

Maalämpöpumput toimivat usein kahdessa eri työjaksossa. Kompressorit tuottaa vuoroittain lämmintä käyttövettä sekä lämmityspiirin vettä. Maalämpöpumpuissa kannattaa useasti valita inverter-malinen yksikkö, joissa on kierrosluokuhjattu kompressorit. Maalämmöllä voidaan kattaa rakennuksen koko lämmitystehontarve, mutta usein käytetään osatehomoitusta, joka kattaa lämmitystehontarpeesta 60–85 %. Osatehomoitus kattaa kuitenkin vuotuisesta lämmitysenergiantarpeesta 90–98 %. Osatehomoituksella vähennetään kompressorin pätkäkäyntiä [43.]. Maalämmöllä voidaan tuottaa myös rakennuksen viilennys, eli maaviileä. Maaviileän lisäyksellä saadaan paras mahdollinen hyöty tekniikasta ja energiakaivosta.

Maalämpöä käytettäessä tarvitaan keruupiiri, jossa kulkee lämmönkeruunestettä. Keruupiiri voi olla maahan poratun energiakaivon, vaakatasoon asennettun tai vesistön keruuputkisto. Energiakaivo, vaakatasoon asennettava ja vesistön keruupiiri ovat suljettuja piirejä. Näiden lisäksi on avoin keruupiiri.

Maalämpölaitteistossa on ainoastaan sisäyksikkö, johon on sijoitettu tarvittava laitteisto. Tämän lisäksi mahdollisia lisäkomponentteja on lämminvesivaraaja ja puskurivaraaja. Alla olevassa kuvassa 12 on esitetty maalämpöpumpun laitteistoa.



Kuva 12. Maalämpölaitteisto [44]

Kuvassa 12 on maalämpölaitteistoa, laitteistoon on lisätty käyttövesi- ja lämmityspiirinvaraajia. Keruupiirissä kulkee kylmäaine maalämpöpumpun varaajalle, jossa tuotetaan lämmintä käyttövettä ja tilojen lämmityksen vesi. Kuten Ilma-vesilämpöpumpussa, hyötysuhteen parantamiseksi suositetaan matalalämpötilaisia lämmönluovuttimia. [43.]

Lämmönkeruupiireistä suosituin vaihtoehto on energiakaivo. Energiakaivojen syvyys vaihtelee 120 metristä 300-metriin. Rakennuksen tehontarpeen vaatiessa yli 300 metrinen kaivo, päädytään usein kahteen lämpökaivoon. Kaivon ulkohalkaisija on 115–165 millimetriä. Energiakaivo porataan usein pystysuoraan, mutta poraus voidaan myös tehdä viistoon. Jos energiakaivo ei ala täyttyä pohjavedellä, se tullaan usein täyttämään vedellä. Tämä lisää kaivon energiatehokkuutta. Parhaimman energiakaivon hyödyn saa, kun käytetään maalämmön lisäksi maaviileää. Lämmityskaudella kaivosta otetaan lämpöenergiaa ja kesällä kiinteistöä viilennettäessä lämpöenergia varastoidaan kaivoon. Energiakaivon lämpötila pysyy lähes vakiona läpi vuoden. [42; 43.]

Energiakaivon mitoituksessa käytetään varmuusmarginaalia, jolloin teholliseen syvyyteen lisätään 10–20 metriä. Alimitoitettuna on vaarana kaivon jäätyminen, jolloin kaivosta tulee käyttökelvoton. Kaivo voi jäätyä myös, jos liian lähellä kaivoa on toinen lämpökaivo. Taulukossa 1 on esitetty energiakaivon vähimmäisetäisyyksiä eri kohteisiin.

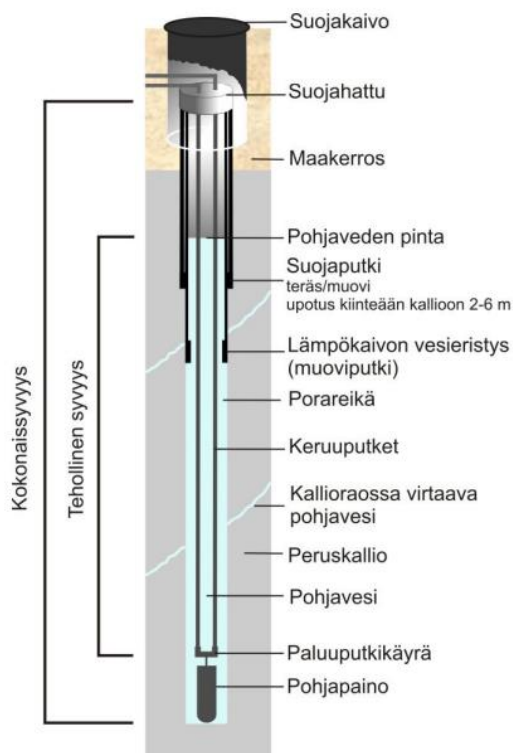
Taulukko 1. Etäisyydet [43]

Kohde	Suosittelut minimietäisyys
Energiakaivon porareikä	15 m*
Lämpöputket	(3 m)**
Kallioporakaivo	40 m
Rengaskaivo	20 m
Rakennus	3 m
Kiinteistön raja	7,5 m*
Kiinteistökohtainen jätevedenpuhdistamo	Kaikki jätevedet 30 m, Harmaat vedet 20 m ^[17]
Viemärit ja vesijohdot	3-5 m**
Tunnelit ja luolat	25 m

* porareiän ollessa pystysuora

** etäisyys riippuu maaperän laadusta, kaivussyvyydestä ja kaivantoon sijoitettavista putkista

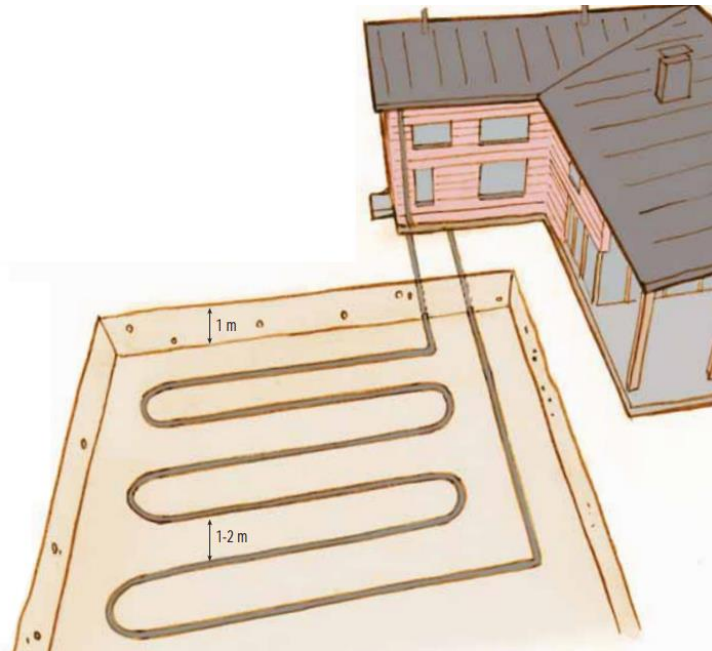
Energiakaivon rakenne ja tehollinen syvyys on esitetty kuvassa 13. Keruuputkistona käytetään muoviputkea.



Kuva 13. Energiakaivon rakenne [43]

Kuvassa 13 on esitetty energiakaivon rakenne. Energiakaivoon asennetaan suojaputki, jolla estetään maa-aineksen kulkeutuminen kaivoon. Tämän lisäksi asennetaan vesieristysputki. Vesieristys- ja suojaputkea asennetaan kaivon pinnasta kallioon. Kallioon asennetaan eristys- ja suojaputkea 2–6 metriä. Pohjavesialueilla aina vähintään 6 metriä. [43.]

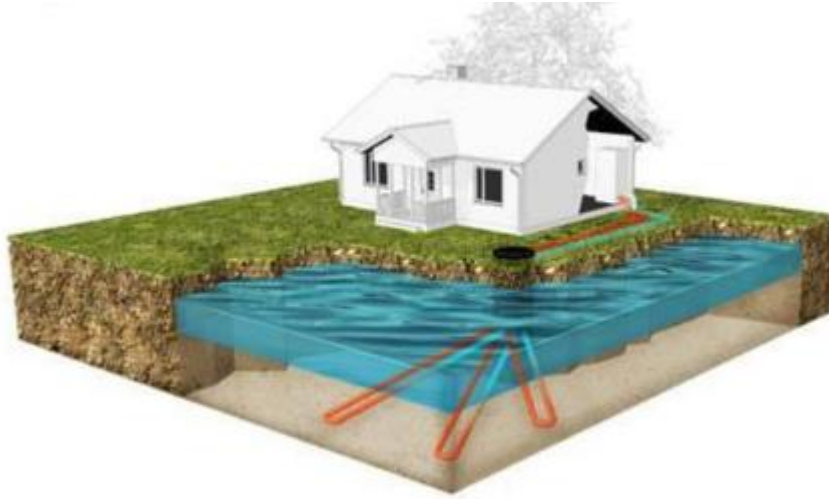
Keruupiirin putket voidaan myös asentaa vaakatasoon (kuva 14), jolloin energiakaivoa ei tarvita. Vaakaputkisto on investointina pienempi, mutta se vaatii suuren tilan kiinteistön tontilta. Vaakaputkistoratkaisun osalta täytyy selvittää maaperän soveltuvuus. Kivinen maaperä voi routiessaan liikuttaa irtokiviä ja vaurioittaa keruuputkiston.



Kuva 14. Vaaka-asenteinen keruuputkisto [45]

Kuvassa 14 vaakaputkiston asennussyvyys on noin yhden metrin ja lenkkivälin tulee olla vähintään 1,5 metriä. Keruupiirin putkiston pituus määritetään kiinteistön kuutiomäärän mukaan. Yhtä kuutiota kohden vaaditaan 1–2 metriä keruuputkea ja 1,5 m² asennuspinta-alaa. Kosteaa maa-ainesta on paras vaihtoehto keruuputkistolle, se vaikuttaa pinta-alatarpeeseen. Keruupiirissä lämpötilavaihtelu on suurempi maa-aineksen ollessa lähellä pintamaata, vuotuinen vaihtelu on noin 10 astetta. [43; 45.]

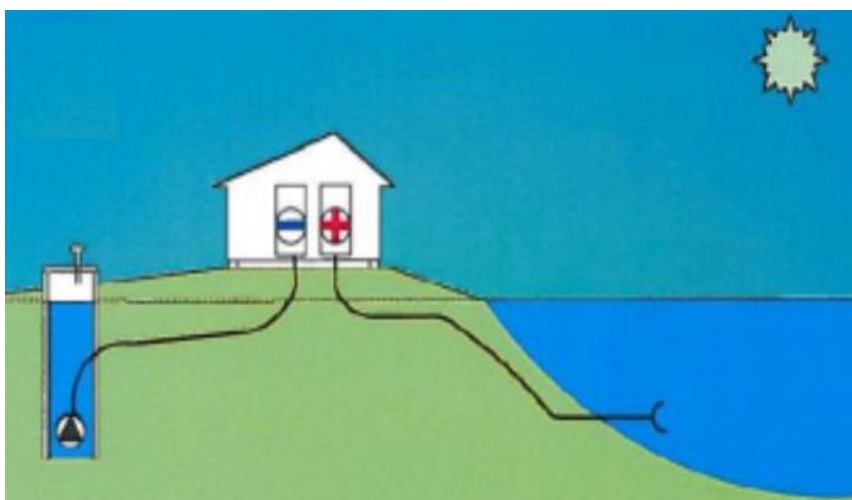
Vesistöön asennettava putkisto (kuva 15) on vesitaloushanke, johon vaaditaan vesistön omistajan ja lähinaapureiden suostumukset sekä aluehallintoviraston luvan. Vesistöön asennettaessa tulee noudattaa vesilaki 587/2011 määräyksiä. Putkiston asennuksen seurauksena voi syntyä väliaikaista haittaa samentumisella ja ravinteiden pääsillä veteen matalavesistöissä. Keruuputkisto on mahdollista asentaa mereen, järveen ja suurivirtauksiseen ojaan.



Kuva 15. Vesistön keruuputkisto [46]

Kuvassa 15 on esitetty vesistöön asennettava keruuputkisto, jonka asennussyvyyden tulee olla vähintään 2 metriä, jotta vesi virtaa putken ympärillä talvelakin. Putkisto kiinnitetään vesistön pohjaan painoilla noin 3–5 metrin välein. Vesistöön asennettava putkisto tulee merkitä kyltein, jotta mahdolliset veneilystä ja ankkuroinnista aiheutuvat vauriot vältetään. Putkisto täytyy lämpöeristää rannasta rakennukselle lämpöhäviöiden välttämiseksi. Hyötysuhteeltaan vesistöön asennettava putkisto on parempi, kuin maahan asennettu, sillä vedellä on parempi ominaisuus sitoa lämpöenergiaa. [42; 43; 45.]

Kuvassa 16 on esitetty harvemmin käytetty avoimen keruupiirin toimintaperiaate, jossa ei käytetä perinteistä maalämmön keruunestettä.



Kuva 16. Avoin keruupiiri [43]

Kuvan 16 avoimessa piirissä kierrätetään pohjavettä pumpun avulla, maalämpöpumpun siirtimelle. Paluuvesi kuljetetaan pinta- tai pohjavesiin. [43]

Muiden mitoittavien tekijöiden lisäksi maalämpöä mitoittaessa tulee huomioida maa-aineksen ja kallion koostumus. Kovempi kallio ja kostea maa sitovat paremmin lämpöenergiaa. Kiinteistön sulakekoot voivat olla rajoittava tekijä. Kiinteistön lämmitys- ja jäähdytysenergiatarpeen selvittämisen jälkeen voidaan valita tehollisesti sopivin maalämpöpumppu ja mitoittaa keruuputkiston pituus sekä energiakaivon syvyys. Keruuputkiston pituudessa huomioidaan etäisyys maalämpöpumpulle, energiakaivon kokonais- ja tehollinen syvyys. Laitetoimittajat tarjoavat mitoitukseen tarvittavia laskentaohjelmia.

5.5 Hybridilämmitysjärjestelmät

Hybridilämmitysjärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jossa käytetään vähintään kahta erilaista lämmitysjärjestelmää rinnakkain. Yleensä hybridilämmitysratkaisut ovat uusiutuvaa energiaa hyödyntävän lämmitysmuodon lisääminen jo olemassa olevaan lämmitysjärjestelmään, jotka käyttävät fossiilisia polttoaineita [47]. Alla olevassa kuvassa 17 on esitetty hybridilämmitysjärjestelmä.



Kuva 17. Hybridijärjestelmä [48]

Kuvan 17 hybridilämmitysjärjestelmässä lämpöenergiaa tuotetaan ilma-vesilämpöpumpulla, vesikiertoisella takalla ja aurinkopaneeleilla. Lämmönlähteillä tuotettu lämpöenergia varastoidaan hybridivaraajaan.

Hybridilämmityksessä päätoiminen lämmönlähde tuottaa lämpimän käyttöveden ja lämmitysjärjestelmän veden lämmityksen. Varalämmönlähde kytkeytyy päälle huipputehontarpeen aikana eli ulkolämpötilan kylmetessä yli asetetun raja-arvon. Tällöin vältetään päälämmitysjärjestelmän sähkövastuksen käyttö.

Hybridilämmitysjärjestelmässä varastoidaan lämpöä talteen hybridivaraajaan. Suuremmissa kiinteistöissä voidaan käyttää maahan upotettavia lämpöakkuja, näillä lämpöakuilla voidaan varastoida vuorokauden lämpöenergiatarve. Suurikokoiset lämpöakut ovat tilavuudeltaan yli 5m³. [49]

6 LEASING

Leasing tarkoittaa tuotteen vuokrausta leasing tyyliä. Tuotteelle määritetään jäännösarvo, joka suuresti määrittää kuukausivuokran hinnan, vuotuisen koron lisäksi.

Leasing vuokrauksessa vuokraaja on rahoitusyhtiö tai vuokraustoimintaa toteuttava yritys. Leasing-sopimuksen päätyttyä tuotteen omistus säilyy vuokraajalla, mutta asiakkaalla on mahdollisuus lunastaa tuote sopimuksen päätyttyä jäännösarvon hinnalla. [50, s.298.]

Leasingvuokra ja -kerroin voidaan laskea kahdella eri tavalla. Kaavalla, jossa on poikkeava ensimmäinen vuokra ja kaavalla, jossa kuukausittaiset vuokrasummat ovat yhtä suuria. Leasingkerroin kertoo, kuinka kannattava leasing on asiakkaalle. Leasingkerroin perustuu tuotteen myyntiarvon ja leasing kuukausivuokran suhteeseen. [50, s.306.]

Leasingvuokran määrittämiseen tarvittavia tietoja on tuotteen myyntihinta, jäännösarvo ja vuokrakuukausien lukumäärä. Tarkasteltaviksi leasingajanjaksoiksi on sovittu kolme, neljä ja viisi vuotta.

7 ENERGIAKONTIT

Energiakontit sisältävät kaiken tarvittavan lämmöntuottotekniikan siirrettävässä konttikokonaisuudessa. Energiakontit jakautuvat tekniikaltaan kahteen eri malliin. Ilma-vesi- ja maalämpöpumppu kontteihin. Konttiratkaisuja voidaan

hyödyntää uudisrakennus-, saneeraus- ja työmaakohteissa. Energiakonttiratkaisuilla pystytään välttämään suuret lämmönjakohuoneremontit sekä investoinnit.

Energiakonttien sisäpuoliset asennukset tehdään R.A Wickholmin kiinteistössä. Kontit sisältävät kaiken tarvittavan tekniikan ja kohteessa vaadittavat työt ovat ainoastaan mahdolliset kaivuutyöt, energiakaivon poraukset ja keruuputkiston asennukset, kytkennät lämmönjakohuoneen puolella sekä sähköliittymään kuuluvat asennukset.

Ilma-vesilämpöpumppukontissa tehdään yksikölle eristetty kanavointi imu- ja ulospuhalluspuolelle. Tämä on ainut energiakonttien eroavaisuus. Kontit voidaan toimittaa asiakkaan haluamalla värillä sekä verhoilulla.

Energiakontteja on kahta eri kokoluokkaa. Pienempi kontti on sisäpinta-alaltaan 10,6 m² ja ulkopinta-alaltaan 11,9 m². Suuremman kontin sisäpinta-ala on 16,1 m² ja ulkopinta-ala 17,9 m². Konttien korkeus ulkopuolelta on 2,8 metriä, sisäpuolen korkeus on 2,5 metriä. Kuvassa 18 esitetty maalämpöpumppukontti.



Kuva 18. Maalämpöpumppukontti

Pienempi energiakontti sisältää yhden lämpöpumpun. Suuremmassa energiakontissa lämpöpumppuja on kaksi kappaletta. Yläpuolella olevassa kuvassa 18 on suurempi konttimalli.

Konttien seinät, katto ja lattia ovat eristettyjä. Lattian päällysmateriaalina on PVC-lattiamatto. Lattia on vahvistettu ja sen kantavuus on 400 kg/m². Seinien eristeenä on 60 millimetrinen polyuretaanieriste, lattian eristyksenä on 100 millimetrinen polyuretaanieriste ja katon eristeenä on 140 millimetrinen mineraalivilla. Konteissa on lattiakaivo, joka läpäisee rakenteen.

Konttien laitteisto tuottaa todella vähän lämpöä konttiin. Tämän takia konttiin tarvitaan lämmityspatterit. Kontit ovat puolilämpimiä tiloja eli konttien sisälämpötila pyritään pitämään talvisin +14 asteessa.

8 MENETELMÄT JA AINEISTO

Opinnäytetyö käynnistyy tilaajan edustajan kanssa käydyn keskustelun pohjalta. Sovitaan aikataulu, rajaukset ja haluttu lopputuote. Opinnäytetyö on kvantitatiivinen. Opinnäytetyö sisältää kaksi eri energiakonttikokonaisuutta, ilma-vesi- ja maalämpöpumppukontit sekä kaksi erilaista kiinteistöä, asuinkerrostalon ja koulurakennuksen. Alkutietojen pohjalta aletaan keräämään lähteitä.

Opinnäytetyössä perehdytään energiakonttien vaikutukseen hiilidioksidipäästöjen ja käyttökustannusten osalta. Hiilidioksidipäästöt lasketaan Tilastokeskuksen polttoaineluokituspäästöjen mukaisesti. Hybridijärjestelmän ostoenergiankulutusta vertaillaan aiempaan energiankulutukseen rahallisesti ja hiilidioksidipäästöjen kautta. Investoinnin takaisinmaksuajat lasketaan korottomasti sekä korollisesti, käyttäen Excel -laskentafunktioita.

Jokaiselle energiakonttimallille suunnitellaan leasing hinnasto ja lasketaan leasingkerroin käyttäen Excel -laskentafunktioita. Tarkasteltavat leasingajat, vuotuinen korko ja jäännösarvo on sovittu opinnäytetyön toimeksiantajan kanssa. Työssä tarkastellaan investoinnin kannattavuutta palveluntarjoajan sekä tilaajan näkökulmasta.

Työssä suoritetaan haastattelut eri kuntien rakennusvalvonnan toimijoiden kanssa ja tuodaan esille heidän mielipiteensä sekä mahdolliset kuntakohtaiset vaatimukset. Haastattelut tapahtuvat puhelimitse, sähköpostitse ja tapaamisilla.

Kontit mallinnetaan MagiCAD-ohjelmistolla, jonka jälkeen niistä luodaan IFC-mallinnukset, jotka viedään IDA ICE-simulointiohjelmaan, jonka avulla on selvitetty konttien lämpöhäviöt.

Kohteiden kulutustietojen perusteella tehdään laitemitoitukset ilma-vesilämpöpumppukonteille käyttäen Excel -laskentapohjaa, joka on saatu laitetoimittajalta. Maalämpöpumppujen laitemitoituksessa käytetään laitetoimittajien mitoitushjelmia.

Opinnäytetyön laskentaosuudessa käytettäviä kaavoja ovat:

Lämpimän käyttöveden kulutus lasketaan kaavalla 1 [51].

$$V_{lkv} = V \times A \quad (1)$$

jossa

V_{lkv}	Lämpimän käyttöveden kulutus, dm^3 / a
V	Vesimäärä, dm^3
A	Bruttoala, brm^2

Lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarvittu energiamäärä lasketaan kaavalla 2 [51].

$$Q_{lkv} = 58 \times V_{lkv} \quad (2)$$

jossa

Q_{lkv}	Lämpimän käyttöveden energiankulutus, kWh / a
58	Lämmittämiseen tarvittava energiamäärä vesikuutiota kohden, kWh/m^3
V_{lkv}	Lämpimän käyttöveden kulutus, m^3 / a

Kaukolämmön perusmaksu lasketaan kaavalla 3 [52].

(3)

$$Peursumaksu = 1,24 \times (11 \times 45,8 \times P)$$

jossa,

Perusmaksu Euroa vuodessa, €/a

P Laskutusteho, kW

Hiilidioksidipäästöt lasketaan kaavalla 4 [53].

(4)

$$Hiilidioksidipäästöt = (3,6 \times Oletuspäästökerroin) \times Kulutus$$

3,6 Muuntokerroin, tCO₂/Tj → kgCO₂/MWh

Oletuspäästökerroin tCO₂/Tj

Kulutus MWh

Lämpöpumppujen äänitehotaso lasketaan kaavalla 5 [54].

(5)

$$L_{WA} = L_{pA} - 10 \lg \left(\frac{Q}{4} * \pi * r^2 \right)$$

jossa,

L_{WA} A-taajuuspainoitettu äänitehotaso ulkona dB (A)

L_{pA} Äänenpainetaso ulkona dB (A)

Q Suunta kuulijaa kohti

π Pii, 3,14159

r Etäisyys äänilähteeseen, m

Jos ilma-vesilämpöpumppuja on useampi, tulee niiden yhteenlaskettu ääniteho laskea kaavalla 6 [54].

(6)

$$\Delta L = 10 \lg (n)$$

jossa,

ΔL Yhtä suurien äänilähteiden yhteenlasku, dB

n Äänilähteiden määrä

Äänenpainetaso ulkona lasketaan kaavalla 7 [54].

(7)

$$L_{pA} = L_{wa} + 10 \lg \left(\frac{4Q}{4} * \pi * r^2 \right)$$

jossa,

L_{pA}	Äänenpainetaso ulkona dB (A)
L_{WA}	A-taajuuspainoitettu äänitehotaso ulkona dB (A)
Q	Suunta kuulijaa kohti
π	Pii, 3,14159
r	Etäisyys äänilähteeseen, m

Työssä tullaan käyttämään kaavaa, jossa vuokrasummat ovat yhtä suuria.

Leasingvuokra voidaan laskea muuttamalla kaavaa 8 [50, s. 300, 301].

(8)

$$100 - \frac{J}{(1+i)^n} \frac{1}{1 + \frac{(1+i)^{n-1} - 1}{(1+i)^{n-1} \times i}}$$

$$x = \frac{Hankintahinta - \frac{J}{i^n}}{1 + \frac{i^{n-1} - 1}{i^{n-1} \times i}}$$

jossa

x	Vuokran suuruus, €
J	Jäännösarvo, €
i	Korkojakson korkokanta desimaaleina
n	Vuokrien lukumäärä

Leasing kerroin voidaan laskea kaavalla 9 [50, s. 298].

(9)

$$Leasing\ kerroin = \frac{Vuokra}{Hankintahinta} \times 100$$

Sähkön tuotannosta syntyvät hiilidioksidipäästöt lasketaan kaavalla 10 [55].

(10)

$$\text{Hiilidioksidipäästöt} = \text{Oletuspäästökerroin} \times \text{kulutus}$$

Takaisinmaksuaika voidaan laskea kaavalla 11 [56].

(11)

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{\text{Hankintahinta}}{\text{Investoinnin nettotulot}}$$

Diskontattu nykyarvo lasketaan kaavalla 12 [57].

(12)

$$\text{Nykyarvo} = \frac{\text{Tuotto}}{(1 + i)^n}$$

jossa,

i Korkokanta, %
n Jaksojen lukumäärä

Korollinen takaisinmaksuaika voidaan laskea kaavalla 13 [57].

(13)

$$\text{NJAKSO} = (\text{korko}; \text{tuotto}; \text{menot})$$

jossa,

NJAKSO Takaisinmaksuaika vuosissa
Korko Korko prosentteina
Tuotto Vuosittainen tuotto, €
Menot Investoinnin kustannukset, €

8.1 Elimäen koulukeskus

Ensimmäisenä kohteena on Elimäen yhtenäiskoulu, johon on suunnitteilla lämmönjakojärjestelmän uusiminen hybridimalliseksi. Tällä hetkellä koulussa on lämmönlähteenä maakaasu.

Tarkastelun kohteena on koulukeskuksen vanha puoli, joka on rakennettu 1961. Koulukeskuksessa on kolme pienryhmää, jotka jakautuvat 1–6 luokkalaisiin, 7–9 luokkalaisiin ja esiopetusryhmään. Oppilaita vuonna 2023 on 358. Kuvassa 19 on esitetty Elimäen yhtenäiskoulu. [58; 59.]



Kuva 19. Elimäen koulukeskus [59]

Koulukeskuksen vanhalla puolella on käytössä lämmitysjärjestelmänä maakaasu. Kunta on investoinut lämmitysjärjestelmän uusimiseen, joka toteutetaan 2023-vuoden aikana.

Sijainti: Elimäki, Vanhamaantie 28, 47200 Kouvola

Bruttopinta-ala: 6139 m²

Kokonaistilavuus: 28160 m³

Kerrosala: 6070 m²

8.1.1 Koulurakennuksen kulutustiedot

Kulutustiedot on saatu Kouvolan kunnalta. Maakaasun hinta koostuu myynti- ja siirtomaksuista, huoltovarmuusmaksuista sekä energiasäiltö-, hiilidioksidi- ja arvonlisäveroista. Määräävä tekijä on kulutusluokat, jotka jaotellaan kulutuksen perusteella taulukossa 2.

Taulukko 2. Kulutusluokat

Kulutusluokat	
1	< 278 MWh
2	278 - 2 777 MWh
3	2 778 - 27 777 MWh
4	27 778 - 277 777 MWh
5	277 778 - 1 111 110 MWh
6	> 1 111 111 MWh

Koulurakennus sijoittuu kulutuksen perusteella luokkaan 2. Luokat määräävät maksettavan hinnan megawattitunnille. Alla olevassa taulukossa 3 on esitetty koulun maakaasuenergian kulutustiedot vuodelta 2021. Maakaasukulutus on muutettu kuutioista energiaksi.

Taulukko 3. Maakaasuenergian kulutus- ja hintatiedot

Maakaasun energia [MWh]				Kulutusluokka 2		
Kuukausi	1.1.2021 - 31.12.2021	Myynti [€ / MWh]	Siirto [€ / MWh]	Veroton hinta [€ / MWh]	Verollinen hinta [€ / MWh]	Hinta [€]
1	267,37	24,87	13,41	38,28	73,58	19 673,45
2	265,63	27,08	12,85	39,93	75,63	20 089,94
3	227,80	25,18	12,29	37,47	72,58	16 533,72
4	149,87	25,36	13,81	39,17	74,69	11 194,05
5	88,00	25,20	14,93	40,13	75,88	6 677,68
6	30,97	23,14	16,75	39,89	75,58	2 340,61
7	15,79	30,48	14,67	45,14	82,10	1 296,60
8	49,11	26,07	15,70	41,78	77,92	3 827,01
9	120,58	31,42	14,67	46,09	83,27	10 040,89
10	154,55	44,18	13,41	57,59	97,53	15 072,97
11	202,77	71,50	11,18	82,68	128,64	26 083,71
12	262,30	71,51	11,32	82,83	128,82	33 788,91
Yhteensä	1 834,75					166 619,54

Taulukosta 3 huomataan, että maakaasun hinta on noussut rajusti vuoden 2021 aikana. Maakaasukulutus sisältää lämpimän käyttöveden ja tilojen lämmityksen.

Lämpimän käyttöveden kulutuksesta ei ole tietoja, joten kulutus on laskettu lämpimän käyttöveden kulutuksen oletusarvoilla, kuten taulukossa 4 on ilmoitettu.

Taulukko 4. Lämpimän käyttöveden kulutus [51]

Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus rakennuksen bruttoalaa kohti, $V_{lkv,omin}$ ($dm^3/brm^2/vuosi$)
Toimistorakennus	100
Terveystieteiden tutkimuskeskus	520
Päiväkoti	460
Teatteri ja kirjasto	120
Uimahalli	1 800
Opetusrakennus	180
Myymäla	65
Muut rakennukset	100

Taulukon 4 tiedoilla ja kaavalla 1 koulurakennuksen vuotuiseksi lämpimän käyttöveden kulutukseksi saadaan:

(1)

$$V_{lkv} = 180 \text{ dm}^3 \times 6139 \text{ brm}^2 = 1105020 \text{ dm}^3/a = 1105,02 \text{ m}^3/a$$

Kaavalla 2 lämpimän käyttöveden energiankulutukseksi saadaan:

(2)

$$Q_{lkv} = 58 \times 1105,02 \text{ m}^3/a = 64091,16 \text{ kWh} = 64,09 \text{ MWh}$$

Tilojen lämmitykseen kuluva osuus on $1834,75 \text{ MWh} - 64,09 \text{ MWh} = 1770,66 \text{ MWh}$.

8.1.2 Hiilidioksidi päästöt

Maakaasun polttamisesta syntyy haitallisia hiilidioksidipäästöjä. Polttoaineluokituksessa ilmoitetaan maakaasun oletuspäästökerroin, joka on $55,37 \text{ tCO}_2/\text{TJ}$. Tämä luku voidaan kertoa luvulla 3,6 jolloin yksiköksi saadaan kgCO_2/MWh [53].

Hiilidioksidin ominaispäästöjen yksikkömuunto arvoksi saadaan: $55,37 \text{ tCO}_2/\text{TJ} \times 3,6 = 199,332 \text{ kgCO}_2/\text{MWh}$.

Rakennuksen vuotuisiksi hiilidioksidipäästöiksi saadaan: $199,332 \text{ kgCO}_2/\text{MWh} \times 1834,75 \text{ MWh} = 365724,387 \text{ kgCO}_2$.

8.2 Asunto Oy Ullankara

Toiseksi kohteeksi valikoitui Asunto Oy Ullankaran 32-asuntoinen kerrostalo Kuusankoskelta. Kohteessa on 32 asuntoa neljässä eri rapussa ja lämmitysjärjestelmänä kaukolämpö. Kaukolämpötoimittaja on Kouvolan Seudun Sähkö Oy eli KSS Energia.

Sijainti: Kuusankoski, Killingintie 3–5, 45700 Kouvola

Rakennusvuosi: 1983

Kerroksia: 3

Asuntoja: 32

Asuinpinta-ala: 1922 m^2

Tilavuus: 8311 m^3

8.2.1 Kerrostalon kulutustiedot

Kohteen kulutustiedot ovat maaliskuun 2022 ja helmikuun 2023 väliseltä ajalta. Taulukossa 5 on esitetty kohteen kulutustiedot.

Taulukko 5. Kaukolämmön kulutustiedot

	Kaukolämpö kulutus [MWh]	Kulutus kaukolämpö vesi [m ³]	Kylmän veden kulutus [m ³]	Lämmin käyttövesi [m ³]	Käyttöveden lämmitys [MWh]
Kuukausi					
2023/2	32	456	101	30,3	1,8
2023/1	37	544	140	42	2,4
2022/12	32	468	111	33,3	1,9
2022/11	27	456	124	37,2	2,2
2022/10	22	447	124	37,2	2,2
2022/9	16	355	105	31,5	1,8
2022/8	9	267	131	39,3	2,3
2022/7	8	232	122	36,6	2,1
2022/6	10	331	138	41,4	2,4
2022/5	14	352	128	38,4	2,2
2022/4	25	418	137	41,1	2,4
2022/3	30	479	134	40,2	2,3
Yhteensä	262	4 805	1 495	448,5	26,0

Kuten yllä olevasta taulukosta 5 huomataan, kaukolämmön kulutus on kesäaikaan pientä.

Kohteeseen laskettiin tuntiset tehot, jotta saatiin laskettua laskutusperusteena oleva teho.

Taulukko 6. Kohteen tuntiset tehot

	Kaukolämpö kulutus [MWh]	Päivät/kuu kausi	Tunnit/kuu kausi	Tuntiteho [kW]	Keskiläm- pötilat [°C]
Kuukausi					
2023/2	32	28	672	47,62	-2,4
2023/1	37	31	744	49,73	-1,6
2022/12	32	31	744	43,01	-3,4
2022/11	27	30	720	37,50	2,3
2022/10	22	31	744	29,57	7,6
2022/9	16	30	720	22,22	9,2
2022/8	9	31	744	12,10	18,9
2022/7	8	31	744	10,75	18,1
2022/6	10	30	720	13,89	16,9
2022/5	14	31	744	18,82	9,6
2022/4	25	30	720	34,72	3,3
2022/3	30	31	744	40,32	-0,2
Yhteensä	262	365	8760		

Taulukon 6 laskennasta selviää, että mittausjakson kolme tuntitehollisesti suurinta peräkkäistä kuukautta on joului-, tammi- ja helmikuu, joiden keskiarvo on 46,79 kW.

KSS Energialla laskutus perustuu näiden kolmen suurimman peräkkäisen tuntitehon keskiarvosta. Tähän lisätään kiinteä energiamaksu. Hinnastot on esitetty kuvassa 20. [52]

Laskutusteho P, kW	Perusmaksu, €/v	
	alv 0 %	alv 24 %
0 - 9	436	1,24 x 436
10 - 55	11 + 45,8 x P	1,24 x (11 + 45,8 x P)
55 - 155	671 + 33,8 x P	1,24 x (671 + 33,8 x P)
155 - 385	2035 + 25,0 x P	1,24 x (2035 + 25 x P)
385 - 750	6193 + 14,2 x P	1,24 x (6193 + 14,2 x P)
yli 750	10318 + 8,7 x P	1,24 x (10318 + 8,7 x P)
ENERGIAMAKSU		
Korian, Kouvolan ja Kuusankosken alueella	70,242	87,10 €/MWh

Kuva 20. Kaukolämpöhinnan muodostuminen [52]

Kuvan 20 laskutustehosta huomataan, että kohde kuuluu laskutustehon 10–55 kW alueelle. Kaukolämmön perusmaksu on laskettu kaavalla 3:

(3)

$$\text{Perusmaksu} = 1,24 \times (11 \times 45,8 \times 46,79 \text{ kW}) = 2\,670,77 \text{ €}$$

Energiamaksut ovat 87,10 €/MWh ja kulutus 262 MWh, joten energiamaksun kustannukset ovat 22 820,22 €. Tästä voidaan laskea vuosittaiset kokonaiskustannukset, kuten taulukossa 7 on esitetty.

Taulukko 7. Kaukolämpökustannukset

Tuntiteho keskiarvo [kW]	Perusmaksu [€/a] alv 0 %	Perusmaksu [€/a] alv 24 %	Energiamaksu alv 0 % [€/a]	Energiamaksu alv 24 % [€/a]	Kustannukset vuodessa [€]
46,79	2153,84	2 670,77	18 403,40	22 820,22	25 490,99

Kaukolämmöllä lämmitetty kiinteistö ja lämmin käyttövesi kustantavat yhteensä 25 490,99 euroa vuodessa.

8.2.2 Hiilidioksidipäästöt

KSS Energialla kaukolämmön tuotanto perustuu biopolttoaineisiin ja pääsääntöisesti puun polttoon. Puun poltosta syntyy 112 tCO₂/TJ hiilidioksidipäästöjä, joka on 403,2 kgCO₂/MWh [60].

Kohteeseen tuotetusta kaukolämmöstä syntyvät hiilidioksidipäästöt lasketaan kaavalla 4:

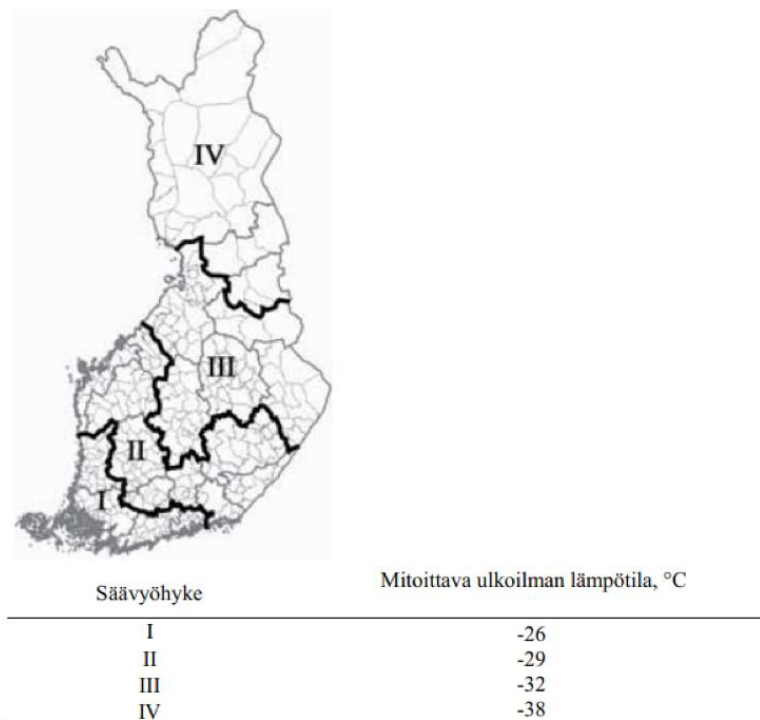
(4)

$$\text{Hiilidioksidipäästöt} = 403,2 \text{ kgCO}_2/\text{MWh} \times 262 \text{ MWh} = 105\,638,4 \text{ kgCO}_2.$$

9 MITOITUS

Energiakonttien lämpöhäviölaskenta on tehty säävyöhyke 1 ulkolämpötilan mukaan, joka on -26 astetta. Mitoitukset on toteutettu käyttäen Excel-laskentapohjia sekä laitetoimittajan mitoitusohjelmia.

Lämmitysjärjestelmiä mitoittaessa tulee selvittää rakennuksen lämmitystehontarve. Lämmitystehontarpeen laskennassa tulee ottaa huomioon lämpöhäviöt, käyttöveden ja ilmanvaihdon lämmitys sekä mahdolliset muut lämmönlähteet. Kohteen sijainti määrittää mitoittavan ulkolämpötilan, jotka ovat jaettu vyöhykeiksi, kuten kuvassa 21. [43.]



Kuva 21. Mitoittavat ulkoilman lämpötilat [37]

Mitoituksen lisäksi osiossa tullaan laskemaan kompressorien tuottamat äänitehotasot sekä syntyvät hiilidioksidipäästöt.

Ilma-vesilämpöpumppujen laskentapohjan laskenta perustuu astepäivälukuihin, joka on kW/°C tuntia kohden sekä tehontarpeeseen. Tämän takia energiatarve ja tuotettu energia eivät ole samat. Mitoitukset on toteutettu saatujen kulutustietojen ja käyttökohteiden tarpeiden mukaisesti.

9.1 Ilma-vesilämpöpumppu Elimäen yhtenäiskoulu

Ilma-vesilämpöpumppu mitoitetaan osatehomitoituksena ja liitetään päälämmönlähteeksi hybridilämmitysjärjestelmään. Ilma-vesilämpöpumpun mitoituksessa on käytetty laitetoimittajan laskentapohjaa, johon on syötetty rakennuksen lämmitysenergian kulutustiedot, maksimi lämmityspiirin menoveden lämpötila ja sisälämpötila. Taulukoista 8 ja 9 saadaan tarvittavat tiedot kohteen tulevasta lämmitysjärjestelmästä, jonka jälkeen voidaan valita sopiva maalämpöpumppu kiinteistöön. Liitteessä 2 ja 3 on esitetty ilma-vesilämpöpumpun kytkentäkaaviot.

Taulukko 8. IVLP mitoituspohja Elimäen yhtenäiskoulu

	Ulkolman lämpötila	Rakennuksen tehotarve -26°C	Menovesi °C	Paluovesi °C	COP	Lämpöpumppujen käynti	tot kW	Kompressorin käyntinopeus %	Lämpöpumpun tuottama lämpöenergia kWh	Ensimmäisen lämmönlähteen tuottama lämpöenergia kWh	Lisälämmönlähteen tuottama lämpöenergia kWh	Lämmitys teho yhteensä	Kompuran käyntitauko h
	623,8												
-22	569,5	56,0	-25,7	1,45	8	93,6	0 %	-	-	-	-	-	0,0
-21	556,0	55,5	-24,2	1,47	8	95,2	100 %	666	453	3 225	-	7,0	
-20	542,4	55	-22,8	1,49	8	80	100 %	1 520	1 020	8 786	-	19,0	
-19	528,8	54,5	-21,4	1,51	8	86,4	100 %	1 987	1 316	10 176	-	23,0	
-18	515,3	54,0	-19,9	1,53	8	92,8	100 %	1 949	1 274	8 872	-	21,0	
-17	501,7	53,5	-18,5	1,55	8	99,2	100 %	2 976	1 920	12 076	-	30,0	
-16	488,2	53,0	-17,0	1,58	8	105,6	100 %	5 808	3 676	21 041	-	55,0	
-15	474,6	52,5	-15,6	1,60	8	112	100 %	9 296	5 810	30 096	-	83,0	
-14	461,0	52,0	-14,1	1,64	8	118,4	100 %	7 459	4 548	21 586	-	63,0	
-13	447,5	51,5	-12,7	1,68	8	124,8	100 %	8 986	5 349	23 233	-	72,0	
-12	433,9	51,0	-11,2	1,72	8	131,2	100 %	6 822	3 967	15 741	-	52,0	
-11	420,4	50,5	-9,8	1,76	8	137,6	100 %	6 742	3 831	13 855	-	49,0	
-10	406,8	50,0	-8,3	1,90	8	144	100 %	7 056	3 714	12 877	-	49,0	
-9	393,2	49,5	-6,9	1,84	8	148,8	100 %	11 458	6 227	18 822	-	77,0	
-8	379,7	49,0	-5,5	1,90	8	153,6	100 %	19 046	10 024	28 034	-	124,0	
-7	366,1	48,5	-4,0	1,94	8	158,4	100 %	23 126	11 921	30 327	-	146,0	
-6	352,6	48,0	-2,6	2,47	8	163,2	100 %	27 581	11 166	32 002	-	169,0	
-5	339,0	47,5	-1,1	2,52	8	168	100 %	29 232	11 600	29 754	-	174,0	
-4	325,4	47,0	0,3	2,58	8	172,8	100 %	33 350	12 927	29 460	-	193,0	
-3	311,9	46,5	1,8	2,64	8	177,6	100 %	38 006	14 396	28 736	-	214,0	
-2	298,3	46,0	3,2	2,70	8	182,4	100 %	43 229	16 011	27 473	-	237,0	
-1	284,8	45,5	4,7	2,76	8	187,2	100 %	56 347	20 416	29 366	-	301,0	
0	271,2	45,0	6,1	2,82	8	192	100 %	99 648	35 336	41 105	-	519,0	
1	257,6	44,5	7,5	2,88	8	196,56	100 %	97 101	33 716	30 174	-	494,0	
2	244,1	44,0	9,0	2,94	8	201,12	100 %	92 515	31 468	19 762	-	460,0	
3	230,5	43,5	10,4	3,76	8	205,68	100 %	72 811	19 365	8 793	-	354,0	
4	217,0	43,0	11,9	3,89	8	210,24	100 %	58 867	15 133	1 882	-	280,0	
5	203,4	42,5	13,3	4,02	8	214,8	58 %	61 223	15 230	-	-	285,0	
6	189,8	42,0	14,8	4,17	7	191,94	92 %	52 965	12 702	-	-	241,5	
7	176,3	41,5	16,2	4,28	7	195,93	30 %	52 884	12 356	-	-	236,2	
8	162,7	41,0	17,7	4,32	6	175,74	56 %	45 562	10 547	-	-	194,4	
9	149,2	40,5	19,1	4,35	5	152,95	88 %	42 511	9 773	-	-	173,7	
10	135,6	40,0	20,6	4,40	5	159,45	25 %	39 324	8 937	-	-	154,1	
11	122,0	39,5	22,0	4,47	4	132,76	68 %	35 758	7 999	-	-	134,7	
12	108,5	39,0	23,4	4,54	4	137,96	15 %	31 785	7 001	-	-	115,2	
13	94,9	38,5	24,9	4,60	3	107,37	65 %	30 564	6 644	-	-	106,7	
14	81,4	38,0	26,3	4,67	3	111,27	19 %	24 164	5 174	-	-	81,4	
15	67,8	37,5	27,8	4,74	2	76,78	77 %	19 730	4 162	-	-	64,2	
16	54,2	37,0	29,2	4,80	2	79,38	37 %	16 760	3 492	-	-	52,8	
17	40,7	36,5	30,7	4,88	1	40,99	99 %	8 502	1 742	-	-	25,9	
18	27,1	36,0	32,1	4,95	1	42,29	64 %	4 882	986	-	-	14,4	
19	13,6	35,5	33,6	5,02	1	43,59	31 %	2 170	432	-	-	6,2	
20	0,0	35,0	35,0	5,09	0	0	100 %	-	-	-	-	-	
21								1 232 369	391 888	537 252	1 769 621	6144,6 h	
22								70 %		30 %			

Taulukko 9. Mitoitustietoja

Menovesi -20°C	55	°C
Energiantarve	1770000	kWh
Tehontarve per h	13,56	kW/°C
Sisälämpötila	20	°C
Tuotettu energia	1 232 369	kWh
Ottoenergia	391 888	kWh
Varalämmönlähde	537 252	kWh
Lämpimän käyttöveden tuotto	64090	kWh
Varalämmönlähde + Käyttövesi	601 342	kWh

Kuten yllä olevista taulukoista 8 ja 9 huomataan, että lämmitysenergian tarve on suuri ja kokonaiskulutuksesta pystytään kattamaan 70 % neljällä Dimplex:n LA 60S-TU(R) ilma-vesilämpöpumpulla, jonka tekniset tiedot on esitetty kuvassa 22. Lämpöpumpun hyötysuhde on laskettu COP-lukujen keskiarvoista, jolloin hyötysuhteeksi saadaan 3,1. Loppuosuus ja lämmin käyttövesi tullaan tuottamaan maakaasulla.

Mallinimi / Tehotaso	LA 60S-TU Air-to-water heat pump.	LA 60S-TUR Air-to-water heat pump.
Tuotenumero	378450	374620
Mallinimi	LA 60S-TU	LA 60S-TUR
Energialuokka matala / korkea lämpötila*	Julkaistaan myöhemmin.	Julkaistaan myöhemmin.
Lämpimän veden maksimi lämpötila	Jopa 62 °C - 2 / tulovesi 22 °C	Jopa 62 °C - 2 / tulovesi 22 °C
Toimintarajat / (lämmityksellä)	-22 °C - + 40 °C	-22 °C - + 40 °C
Toimintarajat / (jäähdytyksellä)	-	+ 10° C - + 45° C
Äänitehotaso ulkona (Normaali / Hiljainen käynti)	75 dB (A) / 72 dB (A)	75 dB (A) / 72 dB (A)
Äänenpaine ulkona 10 m päästä mitattuna (Normaali / Hiljainen käynti)	46 dB (A) / 42 dB (A)	46 dB (A) / 2 dB (A)
Käyttöjännite	3 / N / PE ~400 V (50Hz)	3 / N / PE ~400 V (50Hz)
Käynnistysvirta	78 A	78 A
Sulake	C 50 A	C 50 A
Lämmitysteho A7 / W 35 / COP	1 kompressori: 35.3 kW / 4.5 2 kompressoria: - / -	1 kompressori: 35.3 kW / 4.5 2 kompressoria: - / -
Lämmitysteho A2 / W 35 / COP	1 kompressori: 26.6 kW / 3.6 2 kompressoria: 43.4 kW / 3.4	1 kompressori: 26.6 kW / 3.6 2 kompressoria: 43.4 kW / 3.4
Lämmitysteho A-7 / W 35 / COP	1 kompressori: 22.2 kW / 3.2 2 kompressoria: 38.0 kW / 3.0	1 kompressori: 22.2 kW / 3.2 2 kompressoria: 38.0 kW / 3.0
Jäähdytysteho A35 / W18 / EER	-	1 kompressori: 33.2 kW / 3.1 2 kompressoria: 59.8 kW / 2.7
Kylmäaine / täytösmäärä	R407C / 15.7 kg	R407C / 15.7 kg
Ulkoyksikön mitat (L x K x S)**	1,900 x 2,300 x 1,000 mm	1,900 x 2,300 x 1,000 mm
Paino	1,020 kg	1,020 kg
Ulkokuoren väri	2-värinen, Alumiinin harmaa (lähellä RAL 9007) Antrasiitin harmaa (lähellä RAL 7016)	2-värinen, Alumiinin harmaa (lähellä RAL 9007) Antrasiitin harmaa (lähellä RAL 7016)

Kuva 22. LA 60S-TU(R) tekniset tiedot

Äänentehotaso lasketaan kaavalla 5:

(5)

$$L_{WA} = 46 \text{ dB} - 10 \lg \left(\frac{4}{4} * \pi * (10\text{m})^2 \right) = 70,97 \text{ dB} \approx 71 \text{ dB}$$

Ilma-vesilämpöpumppuja on neljä, joten ääniteho lasketaan kaavalla 6:

(6)

$$\Delta L = 10 \lg(4) = 6 \text{ dB}$$

Eli yhteenlaskettu ääniteho on 77 dB.

Käyttämällä kaavaa 7 saadaan laskettua äänitaso ulkona:

(7)

$$L_{pA} = 77 \text{ dB} + 10 \lg \left(\frac{4}{4} * \pi * (10\text{m})^2 \right) = 52,02 \text{ dB} \approx 52 \text{ dB}$$

Lisälämmönlähteestä syntyvät vuotuiset hiilidioksidipäästöt lasketaan kaavalla 4:

(4)

Vuotuiset päästöt: $199,332 \text{ kgCO}_2/\text{MWh} \times 548,24 \text{ MWh} = 98\,354,85 \text{ kgCO}_2$

9.2 Maalämpöpumppu ja energiakaivot Elimäen yhtenäiskoulu

Maalämpöpumpun mitoituksessa on käytetty Gebwell:n mitoitusohjelmaa. Mitoitusohjelmaan on syötetty kohteen lämmitysenergiantarve, sijainti, mitoittava ulkolämpötila, lämmitettävä nettopinta-ala ja sisälämpötila. Mitoitus on tehty osatehomitoituksena. Kuvassa 23 on kiinteistön lämpöpumppujen mitoitusraportti.

Energiansäästö-laskema

Gebwell kpl ja 4 kpl Taurus 110 EVI Maalämpöpumput

Kiinteistön lämmitysenergian tarve	1 770 660 kWh/vuosi
Josta käyttöveden lämmityksen osuus	0 kWh/vuosi
Lämpöpumpun tuottama energia	1 652 099 kWh/vuosi
Lisälämmitysenergian tarve	118 561 kWh/vuosi
Rakennuksen lämmitystehontarve	815,6 kW
Rakennuksen käyttöveden tehontarve	0,0 kW
Kokonaistehontarve	815,6 kW
Lämpöpumpun antoteho	400,4 kW
Lisälämmitysteho	415,2 kW
Energianpeittoaste	93 %
Osuus huipputehon tarpeesta	49 %
Mitoitusulkolämpötila DUT	-26 °C

Lämmönlähde, lämpökaivo

Energiaa kaivometriltä	112 kWh/m
Tehoa kaivometriltä	34 W/m
Kaivon vedenpinnan syvyys	9 m
Lämpökaivojen lukumäärä	38 kpl
Tarvittava aktiivisyvyys	11139 m
Tarvittava poraussyvyys	11514 m
Porareikien keskimääräinen etäisyys toisistaan oltava vähintään 20 metriä!	

Vuosihyötysuhde, huomioi lisäenergian	3,38	SCOP	4,38
Lämpöpumpun vuosihyötysuhde, ei lisäenergiaa	4,08	SPF, Käyttövesi	#####

Kuva 23. Mitoitusraportti

Yllä olevasta kuvasta 23 saadaan tietoon energiakaivojen määrä ja syvyys. Kuten huomataan, kyseisen kohteen lämmitystarpeiden kattamiseen tarvitaan neljä Taurus 110 EVI -maalämpöpumppua. Maalämpöpumpun vuotuiseksi hyötysuhteeksi saadaan 4,38. Kuvassa 24 on esitetty pumpun tekniset tiedot.

		Taurus 80 EVI	Taurus 110 EVI
LVI-numero		5362676	5362645
Tehotiedot (EN 14511 mukaan)			
Lämmitysteho kW (0°/35° ja 0°/55°)	kW	71,4 ja 74,3	93,6 ja 97,8
Viihennysteho kW (0°/35° ja 0°/55°)	kW	56,4 ja 50,0	74,1 ja 65,2
Ottoteho (0°/35° ja 0°/55°)	kW	16,1 ja 25,5	20,9 ja 32,6
Nimellinen lämmitysteho (0°/35° ja 0°/55°)	kW	71,4 ja 74,3	93,6 ja 97,8
Nimellissähköteho (0°/35° ja 0°/55°)	kW	16,1 ja 25,5	20,9 ja 32,6
COP (0°/35° ja 0°/55°)		4,4 ja 2,9	4,5 ja 3,0
SCOP (0°/35° ja 0°/55°, EN 14825 mukaan)		5,2 ja 4,4	5,2 ja 4,5
Lämmityspiirin nimellisvirtaama	l/s	2,4	3,2
Lämmönkeruuneste		Denaturoitu etanoli 25-30 p-%	Denaturoitu etanoli 25-30 p-%
Lämmönkeruunesteen nimellisvirtaama	l/s	3,4	4,4
Suurin sallittu ulkoinen painehäviö nimellisvirtaamalla	kPa	130	120
Lämmitysjärjestelmän / Lämmönkeruupiirin maksimikäyttöpaine (verkoston paine huomioitava)	bar	6 / 6	6 / 6
Lämmitysveden korkein menolämpötila	°C	0/+65 - +68 lauhduttimelta	0/+65 - +68 lauhduttimelta
Käyttölämpötila, keruupiiri	°C	-5...+20	-5...+20
Kompressorit		Scroll (EVI)	Scroll (EVI)
Kompressorien lukumäärä		2	2
Pehmökäynnistin		kyllä	kyllä
Sisäänrakennettu latauspumppu		kyllä (taajuusmuuttaja)	kyllä (taajuusmuuttaja)
Sisäänrakennettu maaliuospiirin pumppu		kyllä (taajuusmuuttaja)	kyllä (taajuusmuuttaja)
Sähköliitäntä		400 VAC, 50 Hz, 3-vaihe	400 VAC, 50 Hz, 3-vaihe
Sulakkeet	A	3x80	3x80
Sisältää fluorattuja kasvihuonekaasuja		kyllä	kyllä
Hermeettisesti suljettu		kyllä	kyllä
Kylmäaine		R410A	R410A
GWP (global warming potential)		2088	2088
Kylmäaineen määrä	kg	9,0	9,8
CO ₂ vastaavuus	ton CO ₂ kg	18,792	20,462
Äänitehotaso	dB (A)	52-58	52-58
Mitat ja liitännät			
Ulkomitat (pituus x leveys x korkeus)	mm	1300 x 700 x 1860	1300 x 700 x 1860
Paino	kg	700	700
Lämpöjohtopiiri		DN50 - G2" uk	DN50 - G2" uk
Lämmönkeruupiiri		DN50 - G2" uk	DN50 - G2" uk
Tulistus		DN25 - G1" uk	DN25 - G1" uk

Kuva 24. Taurus 110 EVI tekniset tiedot

Rakennuksen lämmitysenergiantarve on suuri ja neljälle Taurus 110 EVI maalämpöpumpulla peittoaste on 93 %. Kyseessä on hybridiratkaisu, joten lisälämmitystehontarve tuotetaan maakaasulla.

Lisälämmönlähteestä syntyvät vuotuiset hiilidioksidipäästöt ovat laskettu kaavalla 4:

(4)

Vuotuiset päästöt: $199,332 \text{ kgCO}_2/\text{MWh} \times 182,65 \text{ MWh} = 36 408,59 \text{ kgCO}_2$

9.3 Ilma-vesilämpöpumppu Asunto Oy Ullankara

Kohteen mitoitus on toteutettu hybridilämmitysjärjestelmänä sekä osatehomi-toituksena. Ilma-vesilämpöpumpun mitoituksessa on käytetty Excel-laskentapohjaa, johon on syötetty rakennuksen lämmitysenergian kulutustiedot, maksimi lämmityspiirin menoveden lämpötila ja sisälämpötila. Taulukoista 10 ja 11

saadaan tarvittavat tiedot kohteen tulevasta lämmitysjärjestelmästä, jonka jälkeen voidaan valita sopiva ilma-vesilämpöpumppu kiinteistöön.

Taulukko 10. IVLP mitoitusohja Asunto Oy Ullankara

Ulkoilman lämpötila	Lämpötilavälin kesto h	Rakennuksen tehontarve -20°C	Menovesi °C	Paluuvesi °C	COP	Lämpöpumppujen käyntit	tot kW	Kompressorin käyntinopeus %	Lämpöpumpun tuottama lämpöenergia kWh	Ensijäsenen lämmönlähteen tuottama lämpöenergia kWh	Lisälämmönlähteen tuottama lämpöenergia kWh	Lämmitys teho yhteensä	Kompuran käyttöaika h
		83,3											
-22	0	76,0	56,0	45,1	1,45	2	23,4	0 %	-	-	-	-	0,0
-21	7	74,2	55,5	44,9	1,47	2	23,8	100 %	167	113	353	7,0	
-20	19	72,4	55	44,6	1,49	2	20	100 %	380	255	996	19,0	
-19	23	70,6	54,5	44,4	1,51	2	21,6	100 %	497	329	1 127	23,0	
-18	21	68,8	54,0	44,1	1,53	2	23,2	100 %	487	318	957	21,0	
-17	30	67,0	53,5	43,9	1,55	2	24,8	100 %	744	480	1 265	30,0	
-16	55	65,2	53,0	43,7	1,58	2	26,4	100 %	1 452	917	2 132	55,0	
-15	83	63,4	52,5	43,4	1,60	2	28	100 %	2 324	1 453	2 934	83,0	
-14	63	61,5	52,0	43,2	1,64	2	29,6	100 %	1 865	1 137	2 012	63,0	
-13	72	59,7	51,5	42,9	1,68	2	31,2	100 %	2 246	1 337	2 054	72,0	
-12	52	57,9	51,0	42,7	1,72	2	32,8	100 %	1 706	992	1 306	52,0	
-11	49	56,1	50,5	42,5	1,76	2	34,4	100 %	1 686	958	1 064	49,0	
-10	49	54,3	50,0	42,2	1,90	2	36	100 %	1 764	928	897	49,0	
-9	77	52,5	49,5	42,0	1,84	2	37,2	100 %	2 864	1 557	1 177	77,0	
-8	124	50,7	49,0	41,7	1,90	2	38,4	100 %	4 762	2 506	1 523	124,0	
-7	146	48,9	48,5	41,5	1,94	2	39,6	100 %	5 782	2 980	1 353	146,0	
-6	169	47,1	48,0	41,3	2,47	2	40,8	100 %	6 895	2 792	1 058	169,0	
-5	174	45,3	47,5	41,0	2,52	2	42	100 %	7 308	2 900	565	174,0	
-4	193	43,4	47,0	40,8	2,58	2	43,2	100 %	8 338	3 232	46	193,0	
-3	214	41,6	46,5	40,5	2,64	2	44,4	88 %	8 909	3 375	-	200,6	
-2	237	39,8	46,0	40,3	2,70	2	45,6	75 %	9 437	3 495	-	207,0	
-1	301	38,0	45,5	40,0	2,76	2	46,8	62 %	11 441	4 145	-	244,5	
0	519	36,2	45,0	39,8	2,82	2	48	51 %	18 788	6 662	-	391,4	
1	494	34,4	44,5	39,6	2,88	2	49,14	40 %	16 989	5 899	-	345,7	
2	460	32,6	44,0	39,3	2,94	2	50,28	30 %	14 987	5 098	-	298,1	
3	354	30,8	43,5	39,1	3,76	2	51,42	20 %	10 893	2 897	-	211,8	
4	280	29,0	43,0	38,8	3,89	2	52,56	10 %	8 109	2 085	-	154,3	
5	301	27,2	42,5	38,6	4,02	2	53,7	1 %	8 172	2 033	-	152,2	
6	279	25,3	42,0	38,4	4,17	1	27,42	92 %	7 070	1 695	-	128,9	
7	300	23,5	41,5	38,1	4,28	1	27,99	84 %	7 059	1 649	-	126,1	
8	280	21,7	41,0	37,9	4,32	1	29,29	74 %	6 082	1 408	-	103,8	
9	285	19,9	40,5	37,6	4,35	1	30,59	65 %	5 674	1 304	-	92,7	
10	290	18,1	40,0	37,4	4,40	1	31,89	57 %	5 249	1 193	-	82,3	
11	293	16,3	39,5	37,2	4,47	1	33,19	49 %	4 773	1 068	-	71,9	
12	293	14,5	39,0	36,9	4,54	1	34,49	42 %	4 243	935	-	61,5	
13	322	12,7	38,5	36,7	4,60	1	35,79	35 %	4 080	887	-	57,0	
14	297	10,9	38,0	36,4	4,67	1	37,09	29 %	3 225	691	-	43,5	
15	291	9,1	37,5	36,2	4,74	1	38,39	24 %	2 634	556	-	34,3	
16	309	7,2	37,0	36,0	4,80	1	39,69	18 %	2 237	466	-	28,2	
17	209	5,4	36,5	35,7	4,88	1	40,99	13 %	1 135	233	-	13,8	
18	180	3,6	36,0	35,5	4,95	1	42,29	9 %	652	132	-	7,7	
19	160	1,8	35,5	35,2	5,02	1	43,59	4 %	290	58	-	3,3	
20	142	0,0	35,0	35,0	5,09	0	0	100 %	-	-	-	-	
21	98								213 391	72 844	22 820	236 210	4459,7
22	48								90 %		10 %		

Taulukko 11. Mitoitustietoja

Menovesi -20°C	55	°C
Energiantarve	236000	kWh
Tehontarve per h	1,81	kW/°C
Sisälämpötila	21	°C
Tuotettu energia	213 391	kWh
Ottoenergia	72 844	kWh
Varalämmönlähde	22 820	kWh
Lämpimän käyttöveden tuotto	26000	kWh
Varalämmönlähde + Käyttövesi	48 820	kWh

Kuten yllä olevasta taulukosta 10 huomataan, yhdellä Dimplex:n LA 60S-TU(R) ilma-vesilämpöpumpulla katetaan rakennuksen vuotuisesta lämmitystehontarpeesta 90 % ja lisälämmönlähteen osuus on 10 % ja ilma-vesilämpöpumppujen hyötysuhde on 3,1. Tarvittaessa lisälämmönlähteellä katetaan tarvittava lisälämpöteho. Loppuosuus ja lämmin käyttövesi tullaan tuottamaan kaukolämmöllä.

Äänentehotasoksi saadaan kaavalla 5:

(5)

$$L_{WA} = 46 \text{ dB} - 10 \lg \left(\frac{4}{4} * \pi * (10\text{m})^2 \right) = 70,97 \text{ dB} \approx 71 \text{ dB}$$

Kaukolämmön tuotannosta syntyvät hiilidioksidipäästöt ovat laskettu kaavalla 4:

(4)

Vuotuiset päästöt: $403,2 \text{ kgCO}_2/\text{MWh} \times 48,82 \text{ MWh} = 19\,684,224 \text{ kgCO}_2$

9.4 Maalämpöpumppu ja energiakaivot Asunto Oy Ullankara

Maalämpöpumpun mitoituksessa on käytetty Thermian mitoitusohjelmaa. Mitoitusohjelmaan on syötetty kohteen lämmitysenergiantarve, sijainti, mitoittava ulkolämpötila, lämmitettävä nettopinta-ala ja sisälämpötila. Mitoitus on tehty täystehomitoituksena. Kuvassa 25 on kiinteistön lämpöpumpun mitoitusraportti.

Lämmitys ja lämmin käyttövesi	
Rakennuksen energiantarve	262 000 kWh
josta huoneenlämmöksi	236 000 kWh
josta lämpimälle käyttövedelle	26 000 kWh
Tuotettu kokonaisenergia, sis käyttövesi	262 918 kWh
Tuotettu energia lämpöpumppu	262 911 kWh
Lämpöpumpun käyttämä energia	71 856 kWh
josta sis kiertopumppujen osuus	1 976 kWh
josta sisäärakennettu puhallin	0 kWh
Lisälämmön käyttämä energia	7 kWh
Sahko ($\eta=100\%$)	7,00 kWh
Kokonaisenergia (ostettu)	71 864 kWh
Energian säästö	191 054 kWh
SPF, ilman lisälämpöä	3,7
SPF	3,7
Tehontarve MUT:lla	95,6 kW
Lämpöpumpun teho MUT:lla	78,1 kW
Pyydetty lisälämpö MUT:lla	17,6 kW
Energian peittoaste	100 %
Tehonpeitto, vain lämpöpumppu	82 %
Käyttötunnit	5 816 h
Lämmönlähde (kollektori): Pystysuora	
Maks.laskettu keruul. lämpötila	6,2 °C
Min keruuliuksen lämpötila	-1,9 °C
Aktiivinen energiakaivon syvyys	185 m
Energiakaivojen lukumäärä	11
Asetettu teho MUT:lla	26 W/m
Asetettu energia	93 kWh/m
Ilmastotiedot	
Sijainti: Kouvola (60,9066N, 26,6163E)	
Vuodenkeskilämpötila	4,0 °C
Rakennus: Building1	
Lämmitettävä pinta-ala	1 922 m ²
Sisälämpötila	21,0 °C
Asumisesta tuleva lämpö	3,0 °C
Mitoitusulkolämpötila	-26 °C
Lämmitysjärjestelmä	Muokkaa
Menoveden lämpötila MUT:lla	70 °C
Paluuveden lämpötila MUT:lla	40 °C
Aikaisempi energian käyttö	262 000 kWh
Kaukolämpö ($\eta=100\%$)	262,0 MWh
josta käyttöveden energia osuus	26 000 kWh
Sisälämpötila ennen toimenpidettä	21 °C
Lämpimän käyttöveden Energia	26 000 kWh
Varaajan tilavuus	500 l
Lämmönlähde (kollektori): Pystysuora	
Kalliotyyppi	Graniitti
Lämmönjohtavuus (Lambda)	3,0 W/mK
Energiakaivon halkaisia	115 mm
Maks. sallittu keruul. lämpötila	20,0 °C
Mitoitusvaihtoehto: Määrittele lämpötila	
Min keruuliuksen lämpötila	-2,0 °C
Lämpöpumppu(t)	
Mega XL 2020	1 kpl

Kuva 25. Mitoitusraportti

Yllä olevasta kuvasta 25 saadaan tietoon energiakaivojen määrä ja syvyys. Kuten huomataan, kyseisen kohteen lämmitystarpeiden kattamiseen riittää

yksi Thermia Mega XL 2020 -maalämpöpumppu. Maalämpöpumpun vuotuisesti hyötysuhteeksi saadaan 3,7. Kuvassa 26 on esitetty pumpun tekniset tiedot.

Mega			Mega ^{S-E}	Mega ^S	Mega ^M	Mega ^L	Mega ^{XL}	
Kylmäaine	Tyyppi		R410A	R410A	R410A	R410A	R410A	
	Paine ¹	kg	3,9	3,9	4,4	6,3	9,0	
	Koepaine (matala-/korkeapaine)	MPa	3,0/4,5	3,0/4,5	3,0/4,5	3,0/4,5	3,0/4,5	
	Mitoituspaine	MPa	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	
Kompressor	Tyyppi		Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	
	Öljy		POE	POE	POE	POE	POE	
Sähköliitännät 3-N	Jännite	Volt	400	400	400	400	400	
	Nimellisteho, kompressor	kW	14	14	17,5	22,2	32,5	
	Nimellisteho, kiertopumput	kW	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0	
	Sulake, vain kompressor	A	32	32	40	50	63	
	Lämmitysvastus, 3-portainen	kW	5/10/15	N/A	N/A	N/A	N/A	
	Sulake sis. kompressorin ja kiertopumput	A	32/40/50 ¹	N/A	N/A	N/A	N/A	
Hyötysuhde	COP ²		4,73	4,73	4,60	4,50	4,71	
	Lämmitysteho ²	kW	20,18	20,18	26,71	35,60	52,00	
	Ottoteho ²	kW	4,26	4,26	5,81	7,91	11,00	
	SCOP, Lattilämmitys (35°C)		5,72 ³	5,72 ³	5,86 ³	5,29 ⁷	5,30 ⁹	
	SCOP, Patterilämmitys (55°C)		4,33 ⁴	4,33 ⁴	4,55 ⁴	4,20 ⁸	4,32 ¹⁰	
	Tehoalue (B0/W35)		10-33 ¹¹	10-33 ¹¹	11-44 ¹²	14-59 ¹²	21-88 ¹²	
Energialuokka ohjauksella¹⁷	Lattilämmitys (35°C)		A+++	A+++	A+++	A+++	N/A ²⁰	
	Patterilämmitys (55°C)		A+++	A+++	A+++	A+++	N/A ²⁰	
Energialuokka ilman ohjausta¹⁸	Lattilämmitys (35°C)		A+++	A+++	A+++	A+++	N/A ²⁰	
	Patterilämmitys (55°C)		A+++	A+++	A+++	A+++	N/A ²⁰	
Max järjestelmäpaine	Keruupiiri	bar	6	6	6	6	6	
	Lämmönjako	bar	6	6	6	6	6	
Max/min lämpötila¹³	Keruupiiri	°C	20/-10	20/-10	20/-10	20/-10	20/-10	
	Lämmönjako	°C	65 ¹⁴ /20	65 ¹⁴ /20	65 ¹⁴ /20	65 ¹⁴ /20	65 ¹⁴ /20	
Max/min kylmäainepiiri	Matalapaine	MPa	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	
	Korkeapaine	MPa	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	
Äänitaso	Min/Max ^{15a}	dB(A)	41-56 ¹¹	41-56 ¹¹	41-56 ¹²	40-59 ¹²	45-63 ¹²	
	Äänitaso ^{15b}	dB(A)	47	47	50	43	50	
Lämmönkeruuneste			Etanoli + vesiliuos -17°C ± 2 ¹⁶					
Mitat LxSxK (ilman putkia)*			mm	692x796x1652 ± 10	692x796x1652 ± 10	692x796x1652 ± 10	900x849x1644 ± 10	900x849x1644 ± 10
Mitat LxSxK (putkien kanssa)*			mm	692x796x1722 ± 10	692x796x1722 ± 10	692x796x1722 ± 10	900x849x1744 ± 10	900x849x1744 ± 10
Paino			kg	309	300	310	407	487

Thermia Lämpöpumput ja sen valtuutetut jälleenmyyjät pidättävät itsellään oikeuden muutoksiin ilman ennakkoilmoitusta. Painovirhevaraukset: 03/2022, Mega2020_FIN

Kuva 26. Mega XL tekniset tiedot

Maalämpöä käytettäessä ei ole taloudellisesti kannattavaa jättää kaukolämpöä lisälämmönlähteeksi, kun lisälämmönlähteen tarve on vain 7 kWh. Tarvitava lisälämpö kannattaa tuottaa maalämpöpumpun sähkövastuksilla.

10 KUSTANNUKSET

Konttien valmistuksen kustannuksia ei opinnäytetyössä tuoda ilmi. Kustannuksiin sidoksissa olevien energiakaivojen ja sähköliittymien hinnat tuodaan esille. Konttien kokonaishinta tullaan esittämään, joka sisältää asennukset, laitteistot, materiaalit, lupaprosessin kulut ja kuljetukset.

Sähköliittymän ja energiamaksujen laskennassa on käytetty KSS Energia Oy:n hinnastoja. Energiakaivojen porauksien laskennassa on käytetty Suomen Porakaivon hinnastoa.

10.1 Sähköliittymä

Sähköliittymä sekä sähkön hinta perustuu KSS Energian hinnastoon. Sähköverkon liittymismaksu ja yleissiirron perusmaksu määräytyvät liittymän sulakekoon mukaan. Hintoihin on lisätty arvonlisävero 24 %. Sähköliittymien hinnat ovat vyöhykekohtaisia, jotka ovat esitetty taulukossa 12. [61; 62]

Taulukko 12. KSS Energian sähköliittymien perusmaksut liittymäkoon ja vyöhykkeen mukaan [61]

Liittymän koko A	Vyöhyke 1 euroa	Vyöhyke 2 euroa	Vyöhyke 3 euroa	Vyöhyke 4 euroa
3 x 25	1 813	2 451	3 584	5 634
3 x 35	2 416	3 269	5 026	7 941
3 x 50	3 356	4 637	6 870	
3 x 63	4 161	5 665	8 518	
3 x 80	5 345	7 217		
3 x 100	6 732	9 040		
3 x 125	8 342	10 883		
3 x 160	10 689	13 978		

Kohteet ovat vyöhyke 1 alueella, joten hinnat muodostuvat taulukon 12 vyöhyke 1 ja liittymäkokojen mukaisesti. Kohteiden vaatimat sulakekoot on selvitetty sähköalan työnjohtajalta. [63]

10.2 Elimäen yhtenäiskoulu IVLP & MLP

Elimäen yhtenäiskoulun lämmitystehontarve on niin suuri, että kohde vaatii neljä ilma-vesilämpöpumppua, joten pääsulakkeiden koko tulisi olla 3x100 A. Alla olevassa taulukossa 13 on esitetty ostoenergiakustannukset vuodelle Elimäen yhtenäiskoulun osalta.

Taulukko 13. Ostoenergian kustannukset neljällä ilma-vesilämpöpumpulla

	IVLP 4 kpl	
Sähköliittymän perusmaksu [€/kk]	84,00	1008,00
Sähkösiiromaksu [€/kWh]	0,0376	14734,99
Perusmaksu sähkösopimus [€/kk]	4,3896	52,68
Ostoenergia [€/kWh]	0,1022	40051,27
Yhteensä [€/a]		55846,93

Kuten taulukosta 13 huomataan neljällä ilma-vesilämpöpumpulla ostoenergian ja kuukausimaksujen vuotuiseksi hinnaksi yhteensä muodostuu 55 846,93 €. Kahden IVLP-energiakontin vaatiman sähköliittymän kertamaksu on 6 732 €.

Maalämpöpumput ovat kookkaita ja niiden tarvitsema pääsulakekoko on 3x125 A. Alla olevassa taulukosta 14 on esitetty ostoenergiankulutus Elimäen yhtenäiskoulun osalta maalämmöllä toteutettuna.

Taulukko 14. Ostoenergian kustannukset neljällä maalämpöpumpulla

	MLP 4 kpl	
Sähköliittymän perusmaksu[€/kk]	102,20	1226,40
Sähkönsiirtomaksu [€/kWh]	0,0376	15211,31
Perusmaksu sähkösopimus [€/kk]	4,3896	52,68
Ostoenergia [€/kWh]	0,1022	41345,95
Yhteensä [€/a]		57836,33

Kuten taulukosta 14 huomataan neljällä maalämpöpumpulla ostoenergian ja kuukausimaksujen vuotuiseksi hinnaksi yhteensä muodostuu 57 836,33 €. Kahden MLP-energiakontin sähköliittymän kertamaksu on 8 342 €.

Kohteeseen joudutaan poraamaan 38 energiakaivoa, joiden poraussyvyys on yhteensä 11 514 metriä. Tehollinen syvyys on 11 139 metriä. Porauksien kustannukset on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Energiakaivojen porauksien kustannukset

	Elimäen yhtenäiskoulu	
Energiakaivon poraus	40 €/m	
Suojaputki	80 €/m	
Keruuputkisto rakennukseen	60 €/m	
Maa-aineksen pois kuljetus	500 €/kaivo	
Kaivon paineavaus	1000 €	
Yhteensä	497000 €	

Kuten taulukossa 15 huomataan, alkuinvestoinniksi vaadittava porauksien kustannus on suuri. Alkuinvestointien kokonaiskustannukset ovat 505 342 €, joka sisältää energiakaivojen porauksien kustannukset sekä sähköliittymän kertamaksun.

10.3 Asunto Oy Ullankara

Asunto Oy Ullankarassa pääsulakekoon tulisi olla 3x63 A. Alla olevassa taulukossa 16 on esitetty ostoenergiankulutus Asunto Oy Ullankaran osalta ilma-vesilämpöpumpulla toteutettuna.

Taulukko 16. Ostoenergian kustannukset yhdellä ilma-vesilämpöpumpulla

	IVLP 1 kpl	
Sähköliittymän perusmaksu[€/kk]	52,50	630,00
Sähkönsiirtomaksu [€/kWh]	0,0376	2738,93
Perusmaksu sähkö Sopimus [€/kk]	4,3896	52,68
Ostoenergia [€/kWh]	0,1022	7444,72
	Yhteensä [€/a]	10866,32

Yllä olevasta taulukosta 16 huomataan, yhdellä ilma-vesilämpöpumpulla vuotuisiksi kustannuksiksi muodostuu 10 866,32 €. Yhden IVLP-energiakontin vaatiman sähköliittymän kertamaksu on 4 161 €.

Maalämpöpumpun vaatima pääsulakekoon tulisi olla 3x80 A. Taulukossa 17 on esitetty maalämpöpumpukontin ostoenergiankulutus Asunto Oy Ullankaran osalta.

Taulukko 17. Ostoenergian kustannukset yhdellä maalämpöpumpulla

	MLP 1 kpl	
Sähköliittymän perusmaksu[€/kk]	68,40	820,80
Sähkönsiirtomaksu [€/kWh]	0,0376	2702,09
Perusmaksu sähkö Sopimus [€/kk]	4,3896	52,68
Ostoenergia [€/kWh]	0,1022	7344,56
	Yhteensä [€/a]	10920,12

Yllä olevasta taulukosta 17 huomataan, yhdellä maalämpöpumpulla vuotuisiksi kustannuksiksi muodostuu 10 920,12 €. Yhden MLP-energiakontin vaatiman sähköliittymän kertamaksu on 5 345 €.

Kohteeseen joudutaan poraamaan 11 energiakaivoa, joiden Tarvittava poraussyvyys yhteensä on 2 035 metriä. Tehollinen syvyys on 1 936 metriä. Porauksien kustannukset on esitetty taulukossa 18.

Taulukko 18. Energiakaivojen porauksien kustannukset

	Asunto Oy Ullankara	
Energiakaivon poraus	40	€/m
Suojaputki	80	€/m
Keruuputkisto rakennukseen	60	€/m
Maa-aineksen pois kuljetus	500	€/kaivo
Kaivon paineavaus	1000	€
Yhteensä	93300	€

Kuten taulukosta 18 huomataan, alkuinvestoinniksi vaadittava porauksien kustannus on maltillinen. Alkuinvestointien kokonaiskustannukset ovat 98 645 €, joka sisältää energiakaivojen porauksien kustannukset sekä sähköliittymän kertamaksun.

10.4 Leasing

Energiakonttien jäännösarvoksi on määritelty 30 % konttien hinnoista, joka tarkoittaa leasing sopimuksen päätyttyä olevaa hintaa, jonka arvolla asiakas voi lunastaa kontin itselleen. Vuotuiseksi koroksi eli halutuksi tuotoksi on määritelty 10 %, joka on kuukaudelle 0,0083 %. Kohteille on laskettu leasinghinta sekä leasing kerroin.

10.4.1 Leasing Elimäen yhtenäiskoulu

Elimäen yhtenäiskouluun tarvitaan kaksi energiakonttia. IVLP- ja MLP-energiakonttien hinnat ovat yhtenäiset. Kahden lämpöpumpun energiakontin hinta on 195 000 €, eli kahden hinta on 390 000 €. Taulukoissa 19, 20 ja 21 on esitetty eri leasing ajanjaksojen hinnan muodostumiset sekä leasing kerroin, jotka on laskettu kaavoilla 8 ja 9.

(8)

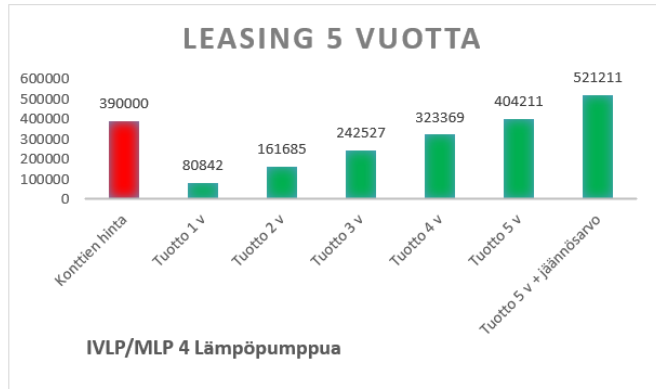
$$x = \frac{390\,000\ \text{€} - \frac{117\,000\ \text{€}}{1,0083^{60}}}{1 + \frac{1,0083^{60-1} - 1}{1,0083^{60-1} \times 0,0083}} = 6736,85\ \text{€/kk}$$

(9)

$$\text{Leasing kerroin} = \frac{6736,85\ \text{€/kk}}{390\,000\ \text{€}} \times 100 = 1,7$$

Taulukko 19. Leasing 5 vuoden laskennalla

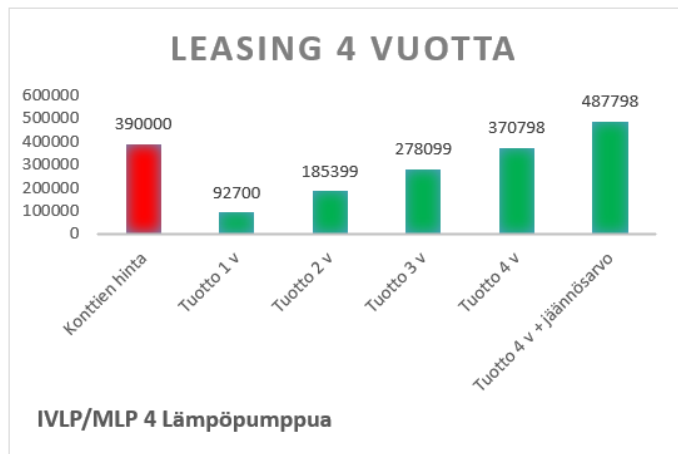
Kuukausivuokra 5 vuotta	6736,85 e
Kokonaistuotto 5 vuotta	404211,28 e
Jäännösarvo + 5 vuoden tuotto	521211,28 e
Leasing kerroin	1,7



Taulukosta 19 saadaan selville palveluntarjoajan kertyneen tuoton viiden vuoden leasing sopimuksen aikana sekä tilaajan näkökulmasta leasing sopimuksen kannattavuuden eli leasing kertoimen.

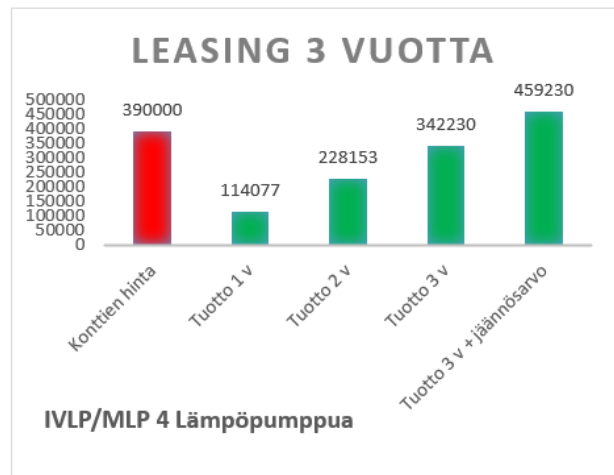
Taulukko 20. Leasing 4 vuoden laskennalla

Kuukausivuokra 4 vuotta	7724,97 e
Kokonaistuotto 4 vuotta	370798,34 e
Jäännösarvo + 4 vuoden tuotto	487798,34 e
Leasing kerroin	2,0



Taulukko 21. Leasing 3 vuoden laskennalla

Kuukausivuokra 3 vuotta	9506,38 e
Kokonaistulot 3 vuotta	342229,54 e
Jäännösarvo + 3 vuoden tuotto	459229,54 e
Leasing kerroin	2,4



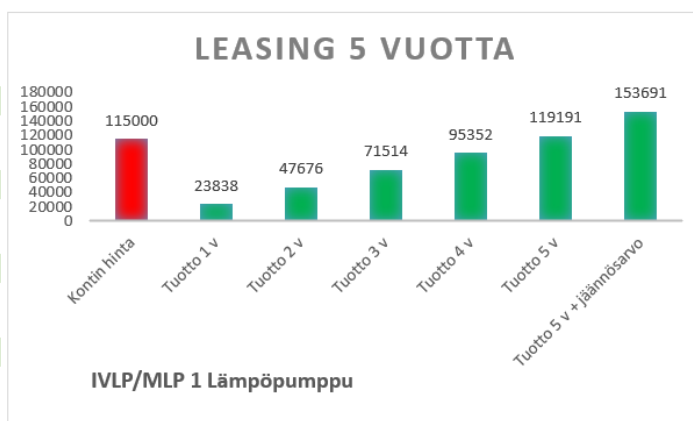
Kuten taulukoista 19, 20 ja 21 huomataan, viiden vuoden leasing sopimus on tilaajalle edullisempi, leasing kertoimen ollessa 1,7. Leasing tarjoaja alkaa tehdä puhtaasta tuottoa neljännen vuoden lopulla. Energiakonttijärjestelmän jäännösarvo on 117 000 €, tilaaja voi lunastaa energiakontin itselleen jäännösarvon hinnalla.

10.4.2 Leasing Asunto Oy Ullankara

Asunto Oy Ullankaraan toimitettaisiin pienempi energiakonttijärjestelmä, eli kontti sisältäisi yhden lämpöpumpun. Kuten suuremmassa kontissa, IVLP- ja MLP-kontit ovat saman hintaisia. Pienemmän energiakontin hinta on 115 000 €. Taulukoissa 22, 23 ja 24 on esitetty eri leasing ajanjaksojen hinnan muodostumiset sekä leasing kerroin.

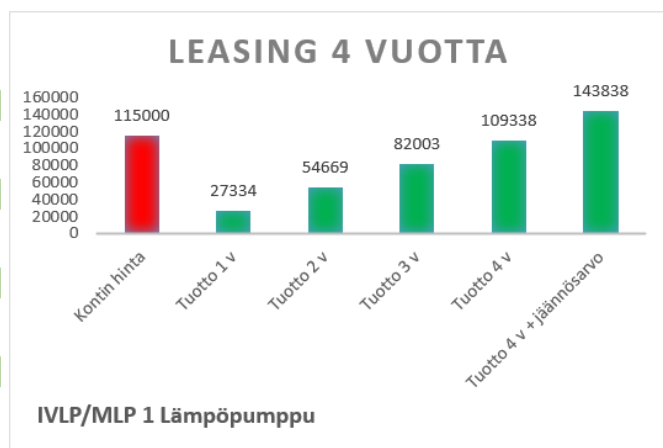
Taulukko 22. Leasing 5 vuoden laskennalla

Kuukausivuokra 5 vuotta	1986,51 e
Kokonaistuotto 5 vuotta	119190,51 e
Jäännösarvo + 5 vuoden tuotto	153690,51 e
Leasing kerroin	1,7



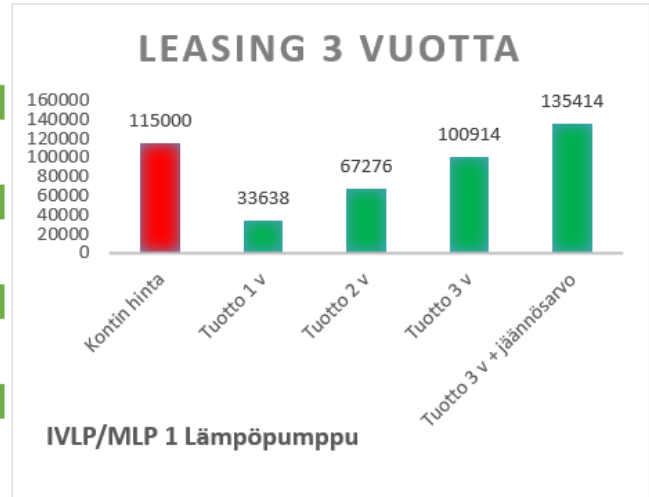
Taulukko 23. Leasing 4 vuoden laskennalla

Kuukausivuokra 4 vuotta	2277,87 e
Kokonaistuotto 4 vuotta	109337,97 e
Jäännösarvo + 4 vuoden tuotto	143837,97 e
Leasing kerroin	2,0



Taulukko 24. Leasing 3 vuoden laskennalla

Kuukausivuokra 3 vuotta	2803,16 e
Kokonaistulot 3 vuotta	100913,84 e
Jäännösarvo + 3 vuoden tuotto	135413,84 e
Leasing kerroin	2,4



Kuten taulukoista 22, 23, 24 huomataan, viiden vuoden leasing sopimus on tilaajalle edukkein, leasing kertoimen ollessa 1,7. Leasing tarjoaja alkaa tehdä puhdasta tuottoa neljännen vuoden lopulla. Energiakonttijärjestelmän jäännösarvo on 34 500 €, tilaaja voi lunastaa energiakontit itselleen jäännösarvon hinnalla.

11 TULOKSET

Vertailussa tullaan käyttämään maakaasuhinnaston osalta vuoden 2022-hinnastoa, jotta se on vertailukelpoinen tämänhetkisen sähkön hinnan kanssa, joka on myös moninkertaistunut verrattuna vuoden 2021 sähkön hintaan. Sähkön hintana on käytetty 0,14 snt/kWh ja tuotannosta syntyvien hiilidioksidipäästöjen arvona 32 gCO₂/kWh [55; 64]. Laskennassa on käytetty viiden vuoden leasing sopimusta, koska leasingajat tulevat todennäköisesti pidempiä, kuin 3 ja 4 vuotta.

Takaisinmaksuajat on laskettu korottomana sekä korollisina takaisinmaksuajoina. Koroton takaisinmaksulaskelma ei ota huomioon rahan aika-arvoa. Pitkien aikavälien investointien laskelmat voivat tämän takia antaa väärän kuvan. Korollisen takaisinmaksuajan laskentaan on käytetty Excel-laskentafunktioita. [57]

Taulukko 25. Maakaasun hinnat vuodelta 2022

Maakaasu energia [MWh]	Verollinen hinta [€/MWh]	Hinta [€]
267,37	172,78	46 197,04
265,63	150,54	39 988,62
227,80	140,75	32 062,85
149,87	200,80	30 094,59
88,00	179,16	15 766,64
30,97	170,18	5 270,25
15,79	213,20	3 367,06
49,11	263,87	12 959,88
120,58	335,24	40 424,02
154,55	301,59	46 609,83
202,77	218,55	44 314,33
262,30	189,81	49 786,31
1 834,75	2 536,47	366 841,41

Kuten taulukosta 25 huomataan, lämmityskustannukset olisivat valtavat nykyhinnoilla. Tulokset osiossa tullaan vertaamaan säästöjen osuutta yllä olevaan vuotuisiin lämmityskustannuksiin.

11.1 Elimäen yhtenäiskoulu IVLP-kontti

Elimäen yhtenäiskoulun osalta tarkasteltiin energiakontin kannattavuutta ja hyötyjä kyseisessä kiinteistössä. Kohteeseen liitetään kaksi suurempaa energiakonttia eli neljä ilma-vesilämpöpumppua. Sähköntuotannosta syntyvät hiilidioksidipäästöt on laskettu kaavalla 10.

(10)

$$Vuotuiset\ päästöt = \frac{391\ 888\ kWh \times 34\ gCO_2/kWh}{1000} = 13\ 324\ kgCO_2$$

Taulukosta 26 nähdään vuotuiset säästöt lämmityksen osalta sekä vähentyneet hiilidioksidipäästöt.

Taulukko 26. Vuotuiset energiasäästöt sekä vähentyneet hiilidioksidipäästöt

IVLP 4 Elimäen yhtenäiskoulu	[kWh]	[€]
Ostoenergia	391888	54786
Tuotettu lämpöenergia	1232369	172286
Maakaasun kulutus	601342	127107
Kustannukset yhteensä	993230	182954
Vertailukulutus	1834750	387132
Vuotuiset säästöt		204178

Vuotuiset säästöt on laskettu vähentämällä vertailukulutuksesta IVLP:n ja maakaasun yhteiset kustannukset

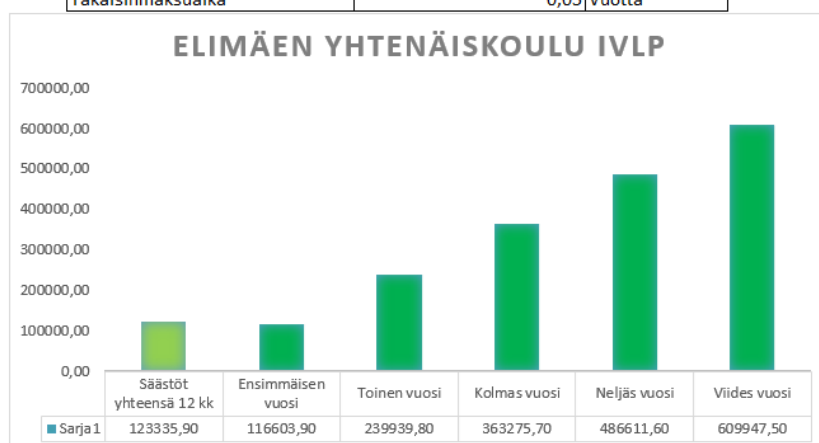
	Energia [MWh]	Vuotuiset päästöt [kgCO ₂]
IVLP + Maakaasu	993	133191
Maakaasu	1835	365725
Vähentyneet päästöt [kgCO ₂]		232534

Laskelmissa on otettu huomioon energiayhtiön kuukausimaksut, sähkönsiirto ja sähkön kulutus. Kuten Taulukosta 26 huomataan, vuotuiset energiakustannukset ja vähentyneet hiilidioksidipäästöt ovat mittavat.

Taulukossa 27 on esitetty kohteen kokonaiskustannukset. Laskennassa on käytetty korotonta takaisinlaskumenetelmää, jossa vuosittaiset nettotuotot ovat samansuuruiset. Korottomassa takaisinmaksumenetelmässä ei oteta huomioon rahan aika-arvoa [56].

Taulukko 27. Alkuinvestointi ja takaisinmaksuaika

	IVLP	
Alkuinvestointi	6732,00	€
Leasing 12 kk	80842,26	€
Energiakustannukset 12 kk	182954,09	€
Säästöt yhteensä 12 kk	123335,90	€
Ensimmäisen vuosi	116603,90	€
Toinen vuosi	239939,80	€
Kolmas vuosi	363275,70	€
Neljäs vuosi	486611,60	€
Viides vuosi	609947,50	€
Takaisinmaksuaika	0,05	Vuotta



Alkuinvestointi tarkoittaa sähköliittymän kustannuksia. Kuten taulukosta 28 huomataan, IVLP-järjestelmällä vuotuiset kokonaissäästöt ovat 123 335,90 €. Taulukosta 27 huomataan, että takaisinmaksu aika on 0,05 vuotta, koska alkuinvestoinnit ovat koostuvat vain uudesta sähköliittymästä. Viiden vuoden aikana säästöjä on kertynyt 609 947,50 €.

Taulukossa 28 on esitetty kontin lunastuksen jälkeinen takaisinmaksuaika ja suora energiakontin oston takaisinmaksuaika. Takaisinmaksuaika on laskettu korottomana, kaavalla 11.

(11)

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{396\,732\ \text{€}}{204\,178\ \text{€}} = 1,9\ \text{vuotta}$$

Taulukko 28. Kahden IVLP-kontin takaisinmaksuajat

	IVLP	
Energiakonttien lunastus	117000	€
Säästöt vuodessa	204178	€
Takaisinmaksuaika	0,6	Vuotta

	IVLP Suora osto	
Energiakonttien osto	390000	€
Alkuinvestointi	6732	€
Kustannukset yhteensä	396732	€
Säästöt vuodessa	204178	€
Takaisinmaksuaika	1,9	Vuotta

Kuten taulukosta 28 huomataan, ovat energiakonttien lunastuksen takaisinmaksuaika hyvin lyhyt. Suoraan ostettuna kontin takaisinmaksu aika on myös lyhyt. Tämä johtuu suuresta kulutuksesta, erittäin kalliista maakaasun hinnasta ja ilma-vesilämpöpumpun hyvällä hyötysuhteella tuottamasta lämmitysenergiasta.

Korollisen takaisinmaksuaikaan täytyy laskea diskontattu arvo. Diskontattu arvo tarkoittaa rahan aika-arvoa eli rahan arvo voi vuosien saatossa vähentyä. Diskontattu nykyarvo lasketaan kaavalla 11.

(11)

$$\text{Nykyarvo} = \frac{204178,16\ \text{€}}{(1 + 5\%)^1} = 194\,455\ \text{€}$$

Taulukossa 29 on laskettu korollinen takaisinmaksuaika käyttäen kaavaa 12.

(12)

$$NJAKSO = (5 \% ; 204\,178,16 \text{ €} ; -396\,732,00 \text{ €}) = 2,09 \text{ vuotta}$$

Taulukko 29. Korollinen takaisinmaksuaika

Korkokanta	5 %
Investointi, €	396732,00
Säästöt €/a	204178,16

Vuodet	Tuotto	Diskontattu tuotto	Kumulatiivinen tuotto
1	204178,16	194455,39	194 455,39 €
2	204178,16	185195,61	379 650,99 €
3	204178,16	176376,77	556 027,76 €
4	204178,16	167977,88	724 005,64 €
5	204178,16	159978,93	883 984,57 €

Menot yhteensä	-396 732,00 €
Säästöt	883 984,57 €
Takaisinmaksuaika	2,09

Kuten taulukosta 29 nähdään, takaisinmaksuaika on hieman pidempi, kuin korottomalla laskutavalla. Molemmilla takaisinmaksuajan laskentatavoilla takaisinmaksu olisi kannattava, koska lämmitysjärjestelmän elinikä on huomattavasti suurempi.

11.2 Elimäen yhtenäiskoulu MLP-kontti

Kuten IVLP-kontin kohdalla, maalämpöpumppukontteja tarvitaan kaksi. Taulukosta 30 nähdään vuotuiset säästöt lämmityksen osalta sekä vähentyneet hiilidioksidipäästöt.

Taulukko 30. Vuotuiset energiasäästöt sekä vähentyneet hiilidioksidipäästöt

MLP 4 Elimäen yhtenäiskoulu	[kWh]	[€]
Ostoenergia	404556	56557
Tuotettu lämpöenergia	1652099	230965
Maakaasun kulutus	182653	38608
Kustannukset yhteensä	587209	96444
Vertailukulutus	1834750	387132
Vuotuiset säästöt		290688

Vuotuiset säästöt on laskettu vähentämällä vertailukulutuksesta MLP:n ja maakaasun yhteiset kustannukset

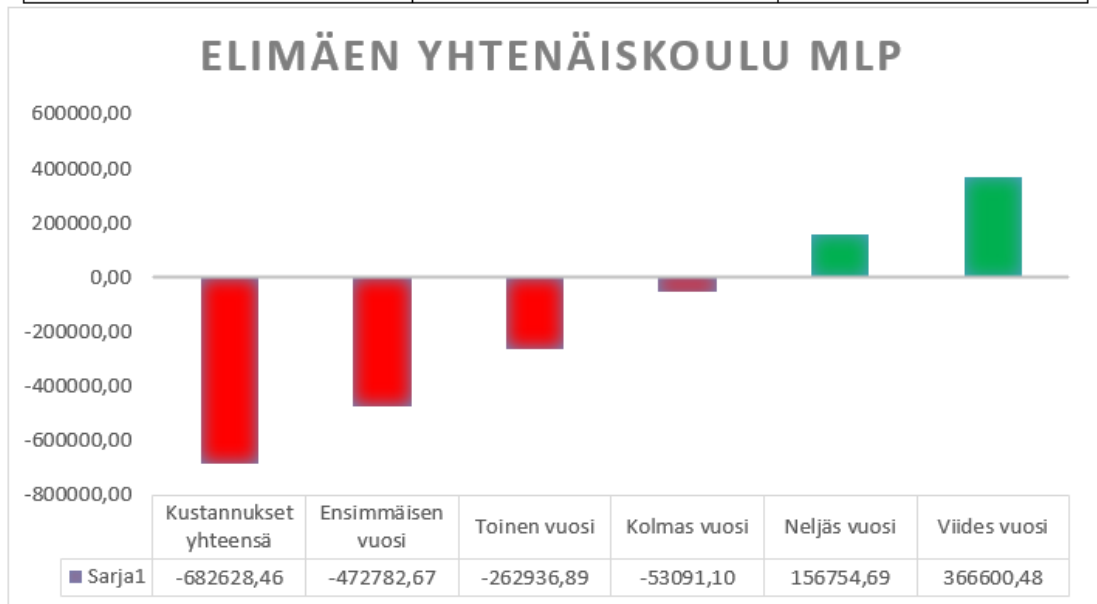
	Energia [MWh]	Vuotuiset päästöt [kgCO ₂]
MLP + Maakaasu	587	50164
Maakaasu	1835	365725
Vähentyneet päästöt [kgCO ₂]		315561

Laskelmissa on otettu huomioon energiayhtiön kuukausimaksut, sähkönsiirto ja sähkön kulutus. Kuten huomataan, vuotuiset säästöt ja vähentyneet hiilidioksidipäästöt ovat mittavat.

Taulukossa 31 on esitetty kohteen kokonaiskustannukset. Laskennassa on käytetty korotonta takaisinlaskumenetelmää, jossa vuosittaiset nettotuotot ovat samansuuruiset. Korottomassa takaisinmaksumenetelmässä ei oteta huomioon rahan aika-arvoa [56].

Taulukko 31. Kokonaiskustannukset ja takaisinmaksuaika

	MLP	
Alkuinvestointi	505342,00	€
Leasing 12 kk	80842,26	€
Energiakustannukset 12 kk	96444,20	€
Kustannukset yhteensä	-682628,46	€
Ensimmäisen vuosi	-472782,67	€
Toinen vuosi	-262936,89	€
Kolmas vuosi	-53091,10	€
Neljäs vuosi	156754,69	€
Viides vuosi	366600,48	€
Takaisinmaksuaika	3,3	Vuotta



Alkuinvestointi tarkoittaa sähköliittymän ja energiakaivojen porauksista syntyviä kustannuksia. Alkuinvestointi on huomattavan suuri kulu, johtuen energiakaivojen määrästä. Kuten taulukosta 31 huomataan, takaisinmaksuaika on lyhyt. Taulukossa 32 on esitetty kontin lunastuksen jälkeinen takaisinmaksuaika ja suora energiakontin oston takaisinmaksuaika.

Taulukko 32. MLP-kontin takaisinmaksuajat

	MLP	
Energiakonttien lunastus	117000	€
Säästöt vuodessa	290688	€
Takaisinmaksuaika	0,4	Vuotta

	MLP Suora osto	
Energiakonttien osto	390000	€
Alkuinvestointi	505342	€
Kustannukset yhteensä	895342	€
Säästöt	290688	€
Takaisinmaksuaika	3,1	Vuotta

Kuten taulukosta 32 huomataan, koulurakennuksen takaisinmaksuajat ovat lyhyitä. Tämä johtuu suuresta kulutuksesta sekä erittäin kalliista maakaasun hinnasta. Taulukossa 33 on laskettu korollinen takaisinmaksuaika [57].

Taulukko 33. Korollinen takaisinmaksu

Korkokanta	5 %
Investointi, €	895342,00
Säästöt €/a	290688,05

Vuodet	Tuotto	Diskontattu tuotto	Kumulatiivinen tuotto
1	290688,05	276845,76	276 845,76 €
2	290688,05	263662,63	540 508,39 €
3	290688,05	251107,27	791 615,66 €
4	290688,05	239149,78	1 030 765,44 €
5	290688,05	227761,69	1 258 527,13 €

Menot yhteensä	-895 342,00 €
Säästöt	1 258 527,13 €
Takaisinmaksuaika	3,43

Kuten taulukosta 33 huomataan, korollinen takaisinmaksuaika on hieman pidempi, kuin koroton. Molemmissa tapauksissa sijoitus on kannattava, vaikka investointi on mittava. Maalämmön tuominen maakaasun rinnalle tuo suuret vuotuiset säästöt.

11.3 Asunto Oy Ullankara IVLP-kontti

Asunto Oy Ullankara on 32-asuntoinen kerrostalo. Kyseisessä rakennuksessa toimisi pienempi kontti, jossa on yksi ilma-vesilämpöpumppu. Taulukosta 34 nähdään vuotuiset säästöt lämmityksen osalta sekä vähentyneet hiilidioksidipäästöt.

Taulukko 34. Vuotuiset energiasäästöt sekä vähentyneet hiilidioksidipäästöt

IVLP 1 Asunto Oy Ullankara	[kWh]	[€]
Ostoenergia	72844	10184
Tuotettu lämpöenergia	213391	29832
Kaukolämmön kulutus	48820	4582
Kustannukset yhteensä	121664	15449
Vertailukulutus	262000	25491
Vuotuiset säästöt [€]		10042,29

Vuotuiset säästöt on laskettu vähentämällä vertailukulutuksesta IVLP:n ja maakaasun yhteiset kustannukset

	Kaukolämmön tuotanto [MWh]	Vuotuiset päästöt [kgCO ₂]
IVLP + Kaukolämpö	121,66	22160,92
Kaukolämpö	262	105638,40
Vähentyneet päästöt [kgCO ₂]		83477,48

Laskelmissa on otettu huomioon energiayhtiön kuukausimaksut, sähkönsiirto ja sähkön kulutus. Kuten taulukosta 34 huomataan, vuotuiset energiasäästöt ja vähentyneet hiilidioksidipäästöt ovat kulutukseen nähden hyvät.

Taulukosta 35 nähdään kokonaiskustannukset. Laskennassa on käytetty korotonta takaisinlaskumenetelmää, jossa vuosittaiset nettotuotot ovat samansuuruiset. Korottomassa takaisinmaksumenetelmässä ei oteta huomioon rahan aika-arvoa [56].

Taulukko 35. Kokonaiskustannukset ja koroton takaisinmaksuaika

	IVLP	
Leasing 12 kk	23838	€
Säästöt vuodessa	10042	€
Tappiot vuodessa	-13796	€

	IVLP Suora osto	
Energiakonttien osto	115000	€
Alkuinvestointi	4161	€
Kustannukset yhteensä	119161	€
Säästöt vuodessa	10042	
Takaisinmaksuaika	11,9	Vuotta

Vuoden tappiot on laskettu vähentämällä 12 kuukauden leasing maksuista vuotuiset säästöt, kuten taulukossa 35 on esitetty. Ilma-vesilämpöpumpun lisääminen lämmitysjärjestelmään ei ole leasingsopimuksella kannattava.

Suora kauppa ei myöskään ole kannattava ratkaisu. Taulukossa 36 on esitetty korollisen takaisinmaksuajan laskenta [57]

Taulukko 36. Korollinen takaisinmaksuaika

Korkokanta	5 %
Investointi, €	-119161,00
Säästöt €/a	10042,29

Vuodet	Tuotto	Diskontattu tuotto	Kumulatiivinen tuotto
1	10042,29	9564,09	9 564,09 €
2	10042,29	9108,65	18 672,74 €
3	10042,29	8674,91	27 347,65 €
4	10042,29	8261,82	35 609,46 €
5	10042,29	7868,40	43 477,86 €
6	10042,29	7493,71	50 971,57 €
7	10042,29	7136,87	58 108,44 €
8	10042,29	6797,02	64 905,46 €
9	10042,29	6473,35	71 378,81 €
10	10042,29	6165,09	77 543,90 €
11	10042,29	5871,52	83 415,42 €
12	10042,29	5591,92	89 007,34 €
13	10042,29	5325,64	94 332,98 €
14	10042,29	5072,04	99 405,02 €
15	10042,29	4830,51	104 235,54 €
16	10042,29	4600,49	108 836,02 €
17	10042,29	4381,42	113 217,44 €
18	10042,29	4172,78	117 390,22 €
19	10042,29	3974,08	121 364,30 €

Menot yhteensä	-119 161,00 €
Säästöt	121 364,30 €
Takaisinmaksuaika	18,44

Korollinen takaisinmaksuaika maalämpökontille on lähes 18,5 vuotta. Investointina se ei ole kannattava.

11.4 Asunto Oy Ullankara MLP-kontti

Maalämpöpumppukontin osalta toimiva ratkaisu olisi yhden maalämpöpumpun kontti, kuten IVLP-kontissakin. Taulukosta 37 nähdään vuotuiset säästöt lämmityksen osalta sekä vähentyneet hiilidioksidipäästöt.

Taulukko 37. Vuotuiset energiasäästöt sekä vähentyneet hiilidioksidipäästöt

MLP 1 Asunto Oy Ullankara	[kWh]	[€]
Ostoenergia	71864	10047
Tuotettu lämpöenergia	262918	36756
Vertailukulutus	262000	25491
Vuotuiset säästöt		14762

Vuotuiset säästöt on laskettu vähentämällä vertailukulutuksesta IVLP:n ja maakaasun yhteiset kustannukset

	Energia [MWh]	Vuotuiset päästöt [kgCO ₂]
MLP	72	2443
Kaukolämpö	262	105638
Vähentyneet päästöt [kgCO ₂]		103195

Laskelmissa on otettu huomioon energiayhtiön kuukausimaksut, sähkönsiirto ja sähkön kulutus. Maalämpöpumppu mitoitettiin täystehomitoituksella, joten tarvittaessa lisälämmönlähteenä toimii sähkövastukset. Vuotuiset säästöt ovat lähellä IVLP-kontin säätöjä.

Taulukosta 38 nähdään kokonaiskustannukset. Laskennassa on käytetty korotonta takaisinlaskumenetelmää, jossa vuosittaiset nettotuotot ovat samansuuruiset. Korottomassa takaisinmaksumenetelmässä ei oteta huomioon rahan aika-arvoa [56].

Taulukko 38. Kokonaiskustannukset

	MLP	
Leasing 12 kk	23838	€
Säästöt vuodessa	14571	€
Tappiot vuodessa	-9267,23	€

	MLP Suora osto	
Energiakonttien osto	115000,00	€
Alkuinvestointi	98645,00	€
Kustannukset yhteensä	213645,00	€
Takaisinmaksuaika	14,7	Vuotta

Vuoden tappiot on laskettu vähentämällä 12 kuukauden leasing maksuista vuotuiset säästöt, kuten taulukossa 38 on esitetty. Maalämpöpumpun lisääminen lämmitysjärjestelmään ei ole investointina kannattava. Maalämpöpumpun suora osto ei myöskään ole suositeltava ratkaisu. Taulukossa 39 on esitetty korollisen takaisinmaksulaskennan tulokset [57].

Taulukko 39. Korollinen takaisinmaksuaika

Korkokanta	5 %
Investointi, €	-213645,00
Säästöt €/a	14570,87

Vuodet	Tuotto	Diskontattu tuotto	Kumulatiivinen tuotto
1	14570,87	13877,02	13 877,02 €
2	14570,87	13216,21	27 093,23 €
3	14570,87	12586,87	39 680,09 €
4	14570,87	11987,49	51 667,58 €
5	14570,87	11416,66	63 084,24 €
6	14570,87	10873,01	73 957,25 €
7	14570,87	10355,25	84 312,50 €
8	14570,87	9862,14	94 174,63 €
9	14570,87	9392,51	103 567,15 €
10	14570,87	8945,25	112 512,40 €
11	14570,87	8519,29	121 031,68 €
12	14570,87	8113,61	129 145,29 €
13	14570,87	7727,24	136 872,53 €
14	14570,87	7359,28	144 231,81 €
15	14570,87	7008,84	151 240,65 €
16	14570,87	6675,08	157 915,73 €
17	14570,87	6357,22	164 272,95 €
18	14570,87	6054,50	170 327,45 €
19	14570,87	5766,19	176 093,64 €
20	14570,87	5491,61	181 585,25 €
21	14570,87	5230,10	186 815,35 €
22	14570,87	4981,05	191 796,40 €
23	14570,87	4743,86	196 540,26 €
24	14570,87	4517,96	201 058,22 €
25	14570,87	4302,82	205 361,04 €
26	14570,87	4097,92	209 458,96 €
27	14570,87	3902,78	213 361,74 €
28	14570,87	3716,94	217 078,68 €

Menot yhteensä	-213 645,00 €
Säästöt	176 093,64 €
Takaisinmaksuaika	27,07

Korollinen takaisinmaksuaika maalämpökontille on 27 vuotta. Investointina se ei ole millään tapaa kannattavaa.

11.5 Energiakonttien lämpöhäviöt

Kontit on mallinnettu Autocad-ohjelmistolla ja viety IFC-muodossa IDA ICE-ohjelmistoon. IDA ICE-ohjelmalla on laskettu konttien lämpöhäviöt. Sijainniksi on asetettu Kouvola ja sääasemaksi Kouvolan Utti kuten kuvasta 27 huomataan.



Kuva 27. Rakennuskohtaisia tietoja IDA ICE-ohjelmistossa

Sijainti ja sääasema kertovat tarkat säätiedot, jotka on saatu mitta-aseman kautta. Konttien lämpöhäviöt on esitetty taulukossa 40.

Taulukko 40. Konttien lämmitystehontarve

Järjestelmien energia		Järjestelmien energia	
	Maks., kW		Maks., kW
Kontti, Pieni		Kontti, Iso	
Tilalämmitys	1,088	Tilalämmitys	1,915
Lämmitys IV-koneella	0	Lämmitys IV-koneella	0
Lämmin käyttövesi	0	Lämmin käyttövesi	0
Yhteensä	1,088	Yhteensä	1,915

Laskelman mukaan pienempi kontti vaatisi ~1,1 kW lämmitystehoa, jotta +14 asteinen sisälämpötila toteutuisi. Suuremmassa kontissa vaaditaan ~1,9 kW kokoinen lämmityspatteri.

11.6 Paikkakuntien rakennusvalvonta

Paikkakuntakohtaisia vaatimuksia on käytä läpi Kotkan, Kouvolan ja Lahden rakennusvalvonnan henkilöiden kanssa. Vaatimuksissa ei ilmennyt eroja. Jokainen haastateltu henkilö näki suurimmiksi haitallisiksi asioiksi IVLP:sta syntyvät melusaasteet sekä kontin visuaalisen haitan. [65; 66; 67]

Energiakonttien sijoitus kiinteistölle voi vaatia rakennusluvan, sillä kontin katsotaan olevan pysyvä rakennus kiinteistön tontilla. Lupahakemusprosessi kestää 2–4 viikkoa. Uusi rakentamislaki astuu voimaan 1.1.2025, jonka myötä tu-

lee helpotuksia alle 30 m² rakennuksien osalta. Aiemmin alle 30 m² rakennukset ovat vaatineet rakennusluvan, konttien osalta tämä tarkoittaa, että todennäköisesti vaadittava lupa olisi toimenpidelupa. [68.]

Kontin saa sijoittaa ainoastaan asemakaava-alueelle. Sijoittamisessa täytyy ottaa huomioon kontin etäisyys naapurin rajasta. Tämän lisäksi on hyvä kuulla naapuria ennen kontin sijoitusta kiinteistön pihalle. Kontit tulee sijoittaa tontille siten, että ne eivät estä näkyvyyttä, esimerkiksi pyörä- tai autotielle [65; 66; 67]. Etäisyys naapurikiinteistön rajaan tulee olla vähintään 4 metriä. Naapuritontin rakennukseen etäisyyttä tulee olla vähintään 10 metriä. [68]

”LVI-laitteiden ulkoyksikkö tulee sijoittaa sisäpihan puolelle. Kadun/tien puoleiselle (kaupunkikuva) ja alle 8 m:n etäisyydellä olevan naapurin suuntaan näkyvälle julkisivulle (meluhaitta) asennusta ei sallita.” [65.]

12 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä oli tarkoitus selvittää energiakonttien käyttöä eri lämmitysjärjestelmien rinnalla sekä olla osana vihreää siirtymää. Työssä selvitettiin konttien kannattavuus leasingperiaatteella sekä suorana investointina. Tämän lisäksi työn tarkoituksena on tuoda vaihtoehtoinen tapa tuottaa lämpöenergiaa yritysten, rakennuttajien ja taloyhtiöiden tietoisuuteen.

Elimäen yhtenäiskouluun mitoitettiin IVLP- ja MLP-kontit osatehomitoituksena. Saaduista tuloksista voidaan päätellä, että energiakontit ovat hyvä ratkaisu päivittää lämmöntuotantotapa puhtaammaksi lämpöenergiaksi. Jos kohteessa lämmöntuotantotapa on maakaasu saadut hyödyt ovat mittavat niin rahallisesti, kuin hiilidioksidipäästöjen osalta. Mitä suurempi ostoenergiankulutus, sen suuremmat ovat säästöt. Elimäen yhtenäiskoulun ostoenergian määrä pienentyi todella rajusti maalämpöpumpulla sekä ilma-vesilämpöpumpulla. Säästöt tulevat olemaan suuret myös, jos kohteessa on lämmöntuotantotapana öljy tai suorasähkö, molempien hinnat ovat nousseet reilusti viime vuosien aikana. Takaisinmaksuajat koulukohteelle olivat erittäin kannattavat molemmille energiakonttiratkaisuille. Tässä tulee huomioida maalämpöpumpun edellyttämä sitoumus, energiakaivot tekevät sopimuksesta ”pysyvemmän”, joka voi pienentää kynnystä suoraan kaupantekoon.

Toisena kohteena tarkasteltiin 32-asuntoista asuinkerrostaloa, joka oli kaukolämmityspiirissä. Tähän kohteeseen mitoitettiin IVLP-kontti osatehomitoituksena ja MLP-kontti täystehomitoituksena. Tuloksista huomattiin, että energiakonttien liittäminen kaukolämmön rinnalle ei ole kannattava investointi leasingtyylisesti eikä suorana ostona, vaikka vuotuiset käyttökustannukset laskevat paljon molemmilla lämpöpumppuratkaisuilla. Kaukolämmön tuotannosta syntyvät päästöt alenisivat reilusti, mutta tämä tuskin vaikuttaisi investointipäätökseen. Kaukolämmön tuotantotapa on myös muuttumassa puhtaampaan suuntaan, joka todennäköisesti tulee vaikuttamaan kaukolämpöhintaan korottavasti. Takaisinmaksuajat olivat molemmilla ratkaisuilla todella pitkät.

Energiakonttiratkaisut ovat erittäin tervetullut ratkaisu LVI-alalle. Asiakkaalle energiakontit ovat helppo tapa lisätä lämpöpumput osaksi lämmitysjärjestelmää. Leasingtyylisellä sopimuksella vältetään suuret lämmönjakohuoneremontit ja investoinnit. Energiakontit soveltuvat uudis- ja saneerauskohteisiin tilapäiseksi tai pysyväksi lämmitysratkaisuksi sekä työmaiden väliaikaiseksi lämmitykseksi. Energiakonttiratkaisuilla voidaan tuoda ”lisäaikaa” esimerkiksi lakkautusuhan alla oleville kunnan kiinteistöille. Tällä hetkellä eletään murrosaikaa ja tavoitellaan puhtaampaa ympäristöä. Hintojen nousut ovat vaikuttaneet tiettyjen lämmitysjärjestelmien kannattavuuteen rajusti. Lämpöpumpputekniikalla saadaan suuria rahallisia säästöjä sekä lämpöpumpuilla voidaan vähentää runsaasti hiilidioksidipäästöjä. Vähentyneitä päästöjä ei voi rahalla mitata.

13 POHDINTA

Opinnäytetyön eteneminen on sujunut vaihtelevasti, johtuen kolmansista osapuolista. Tiettyjä tietoja ja asioita on joutunut odottamaan viikkoja, jotta pääsee taas jatkamaan työtä. Tietojen ollessa saatavilla työ on edennyt vauhdikkaasti. Anssi Liljan kanssa käydyt keskustelut aiheesta ovat auttaneet paljon opinnäytetyön loppuun viemiseen.

Opinnäytetyö on ollut laaja ja tämän takia todella opettavainen ja silmiä avaava. Mielestäni energiakontit ovat puuttuva osa vihreän siirtymän ajanjak-

soa sekä tulevaisuuden tuote LVI-alalla. Konttien avulla talousahdinkoon ajautuneet yritykset ja taloyhtiöt voivat päästä takaisin jaloilleen pienillä kustannuksilla sekä lämpöpumpputeknologian tuomilla suurilla vuosittaisilla säästöillä. Uutisista on viime aikoina useasti lukenut taloudellisiin vaikeuksiin ajautuneita yhtiöitä, yrittäjiä ja omakotitalollisia ihmisiä sähkönhinnan rajujen nousujen takia. Sama vaikutus on myös maakaasun sekä öljyn hintojen nousulla. Taloudellisesti huonossa tilanteessa olevat yritykset tulevat myös pitämään olemassa olevat työpaikkansa. Pienellä paikkakunnalla yrityksen ajautuminen konkurssiin kustannusten nousun takia voi olla ”kuolonisku” paikkakunnalle sekä yhteisöllinen takaisku. Mielestäni opinnäytetyö vastaa tilaajan haluamaa tuotetta ja aloituspalaverissa asetettuja tavoitteita.

Opinnäytetyötä voidaan käyttää tuotteen markkinointiin, poikkeavan tuotteen julkiseen tietoon tuontiin sekä eri lämmitysjärjestelmien kannattavuuteen taloudellisesti ja päästöllisesti. Mielestäni opinnäytetyötä olisi mahdollista jatkojalostaa vuoden tai kahden päästä. Mahdollisessa jatkotyössä voitaisiin vertailla toteutuneita säästöjä ottaen huomioon hintojen muutokset. Tämän lisäksi voitaisiin suorittaa haastatteluja sekä kyselyjä asiakkailta tyytyväisyydestä tuotteeseen. Jatkotyössä voi myös olla kilpailevia yrityksiä, jotka ovat tuoneet vastaavan tuotteen markkinoille. Näistä olisi myös mahdollista tehdä kontti-kohtaiset vertailut.

LÄHTEET

1. Wickholm Oy. Yrityksen historia. WWW-dokumentti. 2023. Saatavissa: <https://www.wickholm.fi/yritys/> [viitattu 8.2.2023].
2. Valtioneuvoston asetus maankäyttö- ja rakennusasetuksen 62 ja 63 §:n muuttamisesta.
3. Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.
4. Techeat. Maalämpölupa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.techeat.fi/maalampo/maalampokaivo/maalampo-lupa/> [viitattu 8.2.2023].
5. Helsingin kaupunki rakennusvalvonta. Maalämpö. PDF-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/Maalampo.pdf> [8.2.2023].
6. Kiinteistönmuodostamislaki 12.4.1995/554.
7. Ympäristöopas. Lämpökaivo. PDF-dokumentti. 2009. Saatavissa: <http://www.suomenporakaivo.fi/pdf/ymparisto-opas-lampokaivo.pdf> [viitattu 11.2.2023].
8. Motiva. Uusiutuva energia Suomessa. WWW-dokumentti. Päivitetty 9.5.2022. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa [viitattu 12.2.2023].
9. Työ- ja elinkeinoministeriö. Uusiutuva energia Suomessa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tem.fi/uusiutuva-energia> [viitattu 12.2.2023].
10. Tilastokeskus. Lämmityskulutuksen lasku peitti etätöön vaikutuksen asumisen energiankulutuksessa vuonna 2020. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: https://www.tilastokeskus.fi/til/asen/2020/asen_2020_2021-12-16_tie_001_fi.html [viitattu 1.5.2023]
11. Tilastokeskus. Energian kokonaiskulutus väheni 5 % vuonna 2022. WWW-dokumentti. 2022. Saatavissa: <https://www.stat.fi/julkaisu/cl8lnt36ar51h0duts69hbekz> [viitattu 1.5.2023]
12. Mäkelä, V-M & Tuunanen, J. Suomalainen kaukolämmitys. 2015. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docplayer.fi/1286811-Suomalainen-kaukolammitys-veli-matti-makela-ja-jarmo-tuunanen.html> [viitattu 12.2.2023].

13. Energiateollisuus. Energiavuosi 2022 Kaukolämpö. PDF-dokumentti. 26.1.2023. Saatavissa: https://energia.fi/files/5650/Kaukolampovuosi_2022.pdf [viitattu 12.2.2023].
14. Helen Oy. Mistä hinta koostuu? PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.helen.fi/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/hinnat/mista-hinta-muodostuu> [viitattu 12.2.2023].
15. Motiva. Kaukolämpö. WWW-dokumentti. Päivitetty 13.4.2022. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/lammitys-jarjestelman_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo [viitattu 12.2.2023].
16. Helen Oy. Kaukolämpölaitteet. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.helen.fi/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/nykyisille-asiak-kaille/kaukolampolaitteet> [viitattu 14.2.2023].
17. Oulun Energia. Ohjeita kaukolämpörakentajalle. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docplayer.fi/storage/22/1287051/1678207675/vJBU7k0K3iUdgtkjxF4Jzmg/1287051.pdf> [viitattu 14.2.2023].
18. Gebwell. G-Power® -kaukolämmönjakokeskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://gebwell.fi/tuotteet/kaukolampo/g-power-kaukolam-monjakokeskus/> [viitattu 14.2.2023].
19. Energiavirasto. Suomen maakaasumarkkinat. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://energiavirasto.fi/maakaasumarkkinat> [16.2.2023].
20. Motiva. Maakaasu. WWW-dokumentti. Päivitetty 17.1.2023. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/lammitys-jarjestelman_valinta/lammitysmuodot/maakaasu [viitattu 16.2.2023].
21. Energiavirasto. Kaasun toimitusvarmuus vuonna 2022. PDF-dokumentti. 2022. Saatavissa: <https://energiavirasto.fi/documents/11120570/13026619/Kaasun+toimitusvarmuus+vuonna+2022.pdf/f440f64c-28d0-6581-1609-89775b660b45/Kaasun+toimitusvarmuus+vuonna+2022.pdf?t=1669885238572> [viitattu 16.2.2023].
22. Vattenfall Oy. Maakaasu. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://group.vattenfall.com/fi/mita-teemme/energialajimme/maakaasu> [viitattu 16.2.2023] .
23. Ympäristöministeriö. Öljylämmityksestä luopuminen. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ym.fi/oljylammityksesta-luopuminen> [viitattu 16.2.2023].

24. Suomen kaasuyhdistys. Maakaasukäsikirja. PDF-dokumentti. 2014. Saatavissa: <https://www.kaasuyhdistys.fi/julkaisut/maakaasun-kasikirja/> [viitattu 16.2.2023].
25. Motiva. Öljylämmitys. WWW-dokumentti. Päivitetty 23.3.2022. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitys-jarjestelman_valinta/lammitysmuodot/oljylammitys [viitattu 16.2.2023].
26. Summarum Media Oy. Öljylämmitys ja lämmitysöljyn tilaaminen. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.summarum.fi/lammitysoljy/> [viitattu 16.2.2023].
27. Sulpu ry. Lämpöpumpputilasto 2021. PDF-dokumentti. 2022. Saatavissa: https://drive.google.com/file/d/10CegE81gNkIO3SQaoq5ZtCAkU-6OR16t/view?usp=share_link [viitattu 16.2.2023].
28. Enviromental Protection Agency. Geothermal Heating and Cooling Technologies. WWW-dokumentti. Päivitetty 6.9.2022. Saatavissa: <https://www.epa.gov/rhc/geothermal-heating-and-cooling-technologies#Ground-Source-Heat-Pumps> [viitattu 28.2.2023].
29. International Energy Agency. How a heat pump works. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-heat-pumps/how-a-heat-pump-works> [viitattu 28.2.2023].
30. Nilan Suomi Oy. COP VS. SCOP – HYÖTYSUHTEIDEN EROT. WWW-dokumentti. 2022. Saatavissa: <https://www.nilan.fi/energian-saasto/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot/> [viitattu 4.3.2023].
31. Ympäristöhallinto. Fluoratut kasvihuonekaasut. WWW-dokumentti. Päivitetty 16.8.2021. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/fkaasut> [viitattu 5.3.2023].
32. European Commission. Climate-friendly alternatives to HFCs. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/fluorinated-greenhouse-gases/climate-friendly-alternatives-hfcs_en [viitattu 5.3.2023].
33. Motiva. Lämpöä ilmassa. PDF-dokumentti. 2008. Saatavissa: <https://www.motiva.fi/files/175/Ilmalampopumput.pdf> [viitattu 28.2.2023].

34. Heating Ventilating & Plumbing. WORCESTER BOSCH LAUNCHES NEW AIR TO WATER HEAT PUMPS. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://www.hvpmag.co.uk/Worcester-Bosch-launches-new-air-to-water-heat-pumps/12835> [viitattu 28.2.2023].
35. LämpöYkkönen. Ilma-vesilämpöpumppu: 20 usein kysyttyä kysymystä. WWW-dokumentti. 2022. Saatavissa: <https://lampoykkonen.fi/artikkelit/ilma-vesi-lampopumppu-usein-kysytyt-kysymykset/> [viitattu 28.2.2023].
36. Energiatehokas koti. Ilma-vesilämpöpumppu. WWW-dokumentti. Päivitetty 30.10.2020. Saatavissa: <https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan-suunnittelu/lammitys/ilmalampo-ja-maalampopumput/ilma-vesilampopumppu> [viitattu 6.3.2023].
37. Asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017.
38. Lämmitysenergia Yhdistys LEY. Uusien energiaratkaisujen haasteet. HYBRIDILÄMMITYS? PDF-dokumentti. 2018. Saatavissa: <https://www.ley.fi/wp-content/uploads/2018/05/Monoblock-vs.-Split-ja-yleist%C3%A4.pdf> [viitattu 28.2.2023].
39. Motiva. Ilma-vesilämpöpumppu. WWW-dokumentti. Päivitetty 21.12.2022. Saatavissa: <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva-energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu> [viitattu 28.2.2023].
40. HiiliHelppi. Vaihda pienessä talossa öljy tai sähkö ilma-vesilämpöpumppuun. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://hiilihelppi.fi/uusiutuvat-energiamuodot/ilma-vesilampopumppu/> [viitattu 28.2.2023].
41. Peda. Fissio. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://peda.net/kyy-jarvi/nopolankoulu/ainesivut/fysiikka-7-9/I%C3%A4mp%C3%B6oppi/fy92-2-ydinfysiikka/o2y/ydinreaktiot/fissio-ja-fuusio/fissio> [viitattu 28.2.2023].
42. Motiva. Maalämpöpumppu. WWW-dokumentti. Päivitetty 21.12.2022. Saatavissa: <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva-energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampopumppu> [viitattu 1.3.2023].
43. Ympäristöministeriö. Energiakaivo. PDF-dokumentti. 2013. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf [viitattu 1.3.2023].
44. Oma Kiinteistö. Maalämpö houkuttelee myös taloyhtiöitä. WWW-dokumentti. 2018. Saatavissa: <https://www.omakiinteisto.com/maalampo-houkuttelee-myos-taloyhtioita/> [viitattu 1.3.2023].

45. Motiva. Lämpöä omasta maasta. PDF-dokumentti. 2012. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampo-pumput.pdf [viitattu 1.3.2023].
46. Eksergia. Lämmöntuotantojärjestelmät. WWW-dokumentti. Päivitetty 7.10.2013. Saatavissa: <https://slideplayer.fi/slide/13432237/> [viitattu 1.3.2023].
47. Energy saving trust. Hybrid heat pumps. WWW-dokumentti. Päivitetty 6.12.2021. Saatavissa: <https://energysavingtrust.org.uk/advice/hybrid-heat-pumps/> [viitattu 4.3.2023].
48. LVI-Tohtori. Hybridilämmitys. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://lvi-tohtori.fi/hybridilammitys/> [viitattu 4.3.2023].
49. Energiatehokas koti. Hybridilämmitys. WWW-dokumentti. Päivitetty 17.3.2020. Saatavissa: https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/hybridilammitys [viitattu 4.3.2023].
50. Saaranen, P., Kolttola, E. & Pösö, J. 2016. Liike-elämän matematiikka. 11. painos. Helsinki: Edita.
51. Motiva. Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. WWW-dokumentti. Päivitetty 30.12.2022. Saatavissa: https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energiankaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kaytto-vesi [viitattu 18.3.2022].
52. KSS Energia Oy. KAUKOLÄMPÖHINNASTO. PDF-dokumentti. 2022. Saatavissa: <https://kssenergia.fi/object/50031fa0859eeba687ab669a6467bcda8334> [viitattu 22.3.2023].
53. LAB OPEN. Energian hiilidioksidipäästöjen laskenta materiaalikatselmuksissa. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://www.labopen.fi/lab-pro/energian-hiilidioksidipaastojen-laskenta-materiaalikatselmuksissa/> [viitattu 18.3.2023].
54. CLIMECON. Äänitekniikan opas. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://climeconair.com/fi-fi/suunnittelijalle/opaat-ja-ohjeet/aanitekniikan-opas/> [viitattu 10.4.2023].
55. FINGRID. Sähkötuotannon ja -kulutuksen CO₂-päästöarviot. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformatio/co2/> [viitattu 5.5.2023].

56. Kuntaliitto. Investointien edullisuusvertailu. WWW-dokumentti. 2007. Saatavissa: <https://slideplayer.fi/slide/2033191/> [viitattu 1.5.2023].
57. Excel-Makrot. PDF-dokumentti. 2007. Saatavissa: http://myy.haaga-heija.fi/~h00471/office2013/excel/ohjeet/funktiot_jatko.pdf [viitattu 1.5.2023].
58. Lindqvist, K. 2021. Yhtenäiskoulun rakentaminen Korialle on vastuullista päätöksentekoa, joka perustuu faktoihin. *Kouvolan sanomat*. Saatavissa: <https://www.kouvolansanomat.fi/paakirjoitus-mielipide/4123330> [viitattu 13.3.2023].
59. PEDAGOGIIKKA NETISSÄ. Elimäen yhtenäiskoulu. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://peda.net/kouvola/perusopetus/koulut/elimaenyhtenaiskoulu> [viitattu 13.3.2023].
60. Seppänen, M. 2023. Suunnitteluinsinööri. Sähköpostikeskustelu 3.4.-6.4.2023. KSS Energia.
61. KSS Energia Oy. Sähköverkon liittymismaksut. PDF-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://kssenergia.fi/object/49808676f5115fb6e7fb16883718458d6eb8> [viitattu 15.4.2023].
62. KSS Energia Oy. Verkkopalvelumaksut. PDF-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://kssenergia.fi/object/4727c4f9a1e03cafa3f02095ac1250fd54d6> [viitattu 15.4.2023].
63. Harju, M. 2023. Sähköinsinööri. Keskustelu sähköliittymistä 19.4.2023. ESP Suomi.
64. KSS Energia Oy. Sähkö sopimukset. WWW-dokumentti. 2023. Saatavissa: <https://kssenergia.fi/kssvalintayritykselle> [viitattu 15.4.2023].
65. Tolvanen, O. 2023. LVI-tarkastusinsinööri. Haastattelu 15.4.2023. Kouvolan kaupunki.
66. Karhunen, A. 2023. LVI-tarkastusinsinööri. Haastattelu 20.4.2023. Kotkan kaupunki.
67. Kauppinen, M. 2023. LVI-insinööri. Haastattelu 24.4.2023. Lahden kaupunki.

68. Kouvola kaupunki. KOUVOLAN KAUPUNGIN RAKENNUSJÄRJESTYS. PDF-dokumentti. 2021. Saatavissa:
https://www.kouvola.fi/wp-content/uploads/2021/03/Rakennusjarjestys_KV_08.02.2021_%C2%A75_saavutettava.pdf [viitattu 15.4.2023].

LÄMPÖKAIVO, LUPAHAKEMUKSEN SISÄLTÖ -ohje

21.5.2014

Tämä ohje korvaa Energiakaivo – Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa -oppaan **liitteen nro 2** (Ympäristöopas 2013, YM).

Yleistiedot

Omistustiedot (kiinteistö ja rekisterinumero, osoite)
Yleiskartta, josta näkyy kiinteistön sijainti
Kartta missä näkyvät porauskohdat, poraussyvyydet ja kiinteistön rajat
Naapurien yhteystiedot (kiinteistö, omistajan nimi ja osoite) ja kartta missä kiinteistörajat

Pohjavesialue

Pohjavesialueen kartta ja kiinteistön sijainti merkittynä siihen
Pohjavesialueen kuvaus (maaperän ja kallion laatu, pohjavesialueen pinta-ala, pohjaveden virtaussuunnat. Tähän saadaan kuulemisen yhteydessä myös viranomaisilta tietoa.
Pohjavesialueen vedenhankintaan käytettävät kaivot ja lämpökaivot (myös kartalle) ja omistajien yhteystiedot 100 m säteellä.
Mahdollisen pohjavedenottamon omistaja ja tiedot pohjavedenotosta (mihin johdetaan ja paljonko otetaan vettä)
Arvio hankkeen mahdollisista pohjavesivaikutuksista ja riskeistä pohjavedelle rakentamisen ja käytön aikana (esim. putkiston rikkoontuminen ja vuodot, pohjaveden purkautuminen porauksen aikana).

Lämpökaivo

Poraussyvyys
Tiedot putkista (materiaali, pituus, seinämäpaksuus)
Mahdollinen vesieristys
Suojaputki ja sen upotussyvyys sekä kallion ja putken liittymäkohdan tiivistys
Käytettävät lämmönsiirtonesteet ja niiden määrä ja kiertonopeus
Lämmönsiirtonesteiden pääsyn estäminen pohjaveteen putkiston rikkoontumisen tai vuodon seurauksena.
Pintaveden pääsyn estäminen porausreikään
Asennustyön tekeminen käytännössä
Porausvesien ja lietteen käsittely

Pintakenttä

Pintakentän lupahakemus on periaatteessa samanlainen kuin kaivonkin. Tekninen rakenteen kuvaus on tietysti sovellettu pintakenttään. Lisäksi pitää olla tiedot maaperän laadusta ja millaisia maakerroksia on pohjaveden ja lämpöputkien välissä. Tämä sen vuoksi, että voidaan arvioida onko lämpöputkistosta jotain riskiä pohjavedelle.

Asiakirjoihin pyydetään tarvittaessa täydennystä.

Päättösmaksu: arviolta 1 410 euroa

Asiakirjat kolmena kappaleena tai vaihtoehtoisesti sähköisesti:

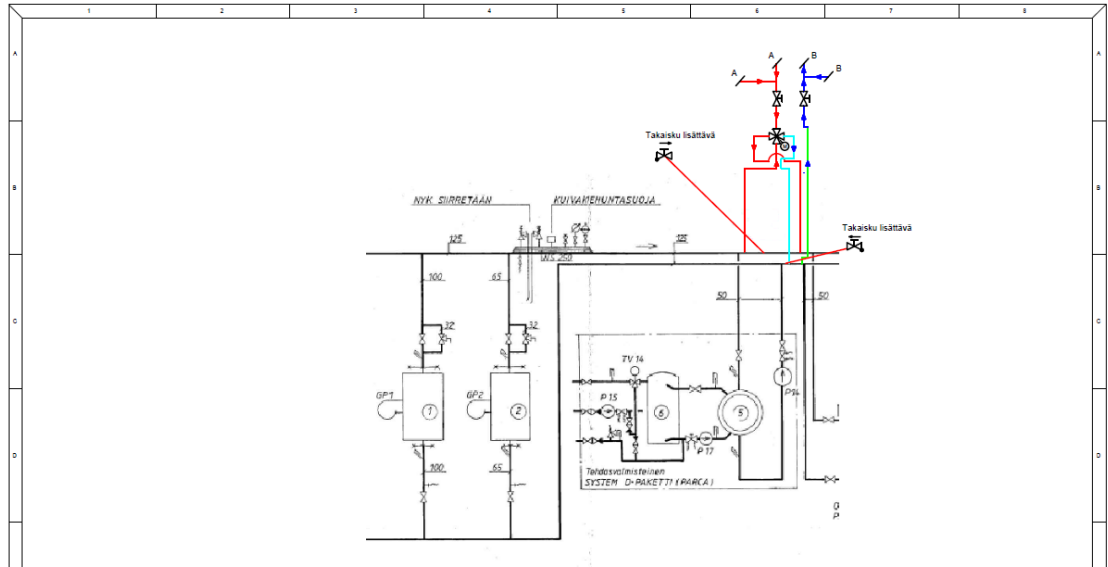
ETELÄ-SUOMEN ALUEHALLINTOVIRASTO/YMPÄRISTÖLUPAVASTUUALUE
PL 110, 00521 Helsinki
sähköposti: [ymparistolupa.etela\(at\)avi.fi](mailto:ymparistolupa.etela(at)avi.fi)

ITÄ-SUOMEN ALUEHALLINTOVIRASTO/YMPÄRISTÖLUPAVASTUUALUE
PL 50, 50101Mikkeli
sähköposti: [ymparistolupa.ita\(at\)avi.fi](mailto:ymparistolupa.ita(at)avi.fi)

LÄNSI- JA SISÄ-SUOMEN ALUEHALLINTOVIRASTO/ YMPÄRISTÖLUPAVASTUUALUE
PL 200, 65101 Vaasa
sähköposti: [ymparistolupa.lansi\(at\)avi.fi](mailto:ymparistolupa.lansi(at)avi.fi)

POHJOIS-SUOMEN ALUEHALLINTOVIRASTO/YMPÄRISTÖLUPAVASTUUALUE
PL 293, 90101 Oulu
sähköposti: [ymparistolupa.pohjois\(at\)avi.fi](mailto:ymparistolupa.pohjois(at)avi.fi)

LIITE 2



LIITE 3

