

Asuinkerrostalon energiaremonttisuunnitelma

Case: Saihokatu Jyväskylä

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

2022

Pietu Valtonen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Pietu Valtonen	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 29	Valmistumisaika 2022
Työn nimi Asuinkerrostalon energiaremonttisuunnitelma Case: Saihokatu Jyväskylä		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikka		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja) Asunto-osakeyhtiö Saihokatu 3 Jyväskylä		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön lähtökohtana on Saihokatu 3:n energiaremontin mahdollisuudet lämmityksen ja energiatehokkuuden osalta. Työ opastaa taloyhtiötä energiaremonttiin sisältäen tietoa erilaisista uusiutuvista energiantuotantomuodoista asuinkerrostalossa sekä mahdollisuuksista ottaa niitä käyttöön kiinteistön lämmityksessä. Työn tarkoitus on myös toimia tietolähteenä energiaremontin suunnittelussa. Työ keskittyy lähinnä maalämmön mahdollisuuksiin hankekohteen tontilla. Energiatehokkuuden parantamisen osalta käydään läpi lisäeristäminen ja lämmöntalteenotto.</p> <p>Työ on tehty teoreettisia menetelmiä käyttäen, löydettyjä ja saatuja tietoja analysoiden. Tutkimus on kvantitatiivinen.</p> <p>Tuloksista saatiin selville, että kiinteistön tontti soveltuu erinomaisesti maalämmön hyödyntämiseen. Kallioperä on lähellä maanpintaa ja suotuisaa kivilajia geotermisen energian hyödyntämisen kannalta.</p> <p>Kiinteistö on aurinkoisella paikalla. Katto on korkealla ja melko varjoton. Aurinkoenergian hyödyntämiseen olisi hyvät mahdollisuudet.</p>		
Asiasanat energiaremontti, maalämpö, aurinkoenergia, energiatehokkuus, rakennusfysiikka		

Abstract

Author(s) Pietu Valtonen	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 29	
Title of Publication Energy renovation of an apartment building Case: Saihokatu Jyväskylä		
Degree and field of study Bachelor of Engineering, Energy and Environmental technology		
Name, title and organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party) Housing cooperative of Saihokatu 3 Jyväskylä		
Abstract <p>This thesis tries to figure out the possibilities of energy renovation of the housing cooperative of Saihokatu 3. The focus is on energy efficiency and heating improvements. The work guides the housing company to energy renovations, including information on various forms of renewable energy production in a residential apartment building and the possibility of using them in the heating of the property. The purpose of the work is also to act as a source of information in the design of energy renovation. The work focuses mainly on the possibilities of geothermal heat in the property. In terms of improving energy efficiency, further insulation and heat recovery will be reviewed.</p> <p>The work has been done by means of theoretic methods, analysing the information found and obtained. The study is quantitative.</p> <p>The results showed that the property is ideal for the utilisation of geothermal heat. The rock base is close to the ground and the favorable rock species from a geoenergy point of view.</p> <p>The property is in a sunny place. The roof is high and quite shadowless. The use of solar energy would be a good starting point.</p>		
Keywords energy renovation, geothermal heat, solar energy, energy efficiency, building physics		

Sisällys

1	Johdanto.....	2
2	Energiaremontin suunnittelun lähtökohtia	3
2.1	Energiaremontin kohdekiinteistön tietoja.....	3
2.2	Rakennuksen fysikaalinen energiatehokkuus	4
2.3	Erilaisia uusiutuvia energiantuotantomuotoja.....	6
2.3.1	Maalämpöpumppu (MLP)	6
2.3.2	Poistoilmalämpöpumppu (PILP).....	8
2.3.3	Aurinkolämpökeräinjärjestelmä	9
2.3.4	Esimerkki energiaremontista vastaavassa taloyhtiössä	9
2.3.5	Aran myöntämät avustukset energiatehokkuuden parantamisesta	9
3	Tuloksia	10
3.1	Tontin maaperä	10
3.1.1	Geoenergiapotentiaali 300 metriä	10
3.1.2	Maa- ja kallioperän lämmönjohtavuus.....	12
3.1.3	Tontin soveltuvuus maaperäenergian hyödyntämiseen	14
3.2	Maalämpökaivojen poraamiseen tarvittavat luvat.....	14
3.2.1	Suojaetäisyydet	15
3.2.2	Kaavoitus.....	16
3.3	Energiakaivokentän suunnittelu	16
3.3.1	Energiakaivojen mahdolliset sijoituspaikat tontille	17
3.3.2	Useamman kiinteistön yhteinen energiakaivokenttä.....	18
3.4	Sähkön ja kaukolämmön hinta	18
3.5	Lämpöenergialaskun muodostuminen	19
3.6	Aurinkoenergian hyödyntämisen mahdollisuudet kiinteistössä	20
4	Tulosten tarkastelua	22
4.1	Lämmitysenergian kulutus kiinteistössä	22
4.2	Hybridilämmitysjärjestelmä	23
4.3	Ulkolämpötilan vaikutus lämmitysenergian kulutukseen ja hintaan	25
5	Yhteenveto ja pohdinta	27
	Lähteet	28

1 Johdanto

1960–1970-lukujen asuinkerrostalot ovat monesti saneerauksen tarpeessa. Ihmisillä on usein kiinnostusta remonttien yhteydessä myös kehittää talon energiatehokkuutta ja -omavaraisuutta. Tämä opinnäytetyö pyrkii kartoittamaan lähtökohtia ja vaihtoehtoja energiaremonttiin. Ideana on etsiä kehityskohteita ja -ideoita talon, Saihokatu 3, energiatehokkuuden ja -omavaraisuuden kehittämiseen. Energiatehokkuustoimet toisivat rahallisia säästöjä lämmityskuluissa, lisäisivät asumismukavuutta sekä edistäisivät ilmastotavoitteiden saavuttamista. Työ tutkii erilaisten lämmitysmuotojen mahdollisuuksia kiinteistölle, painottuen maalämmön mahdollisuuksiin. Vaihtoehtojen soveltuvuutta asuinkerrostalon lämpöenergian tuotantoon arvioidaan, kattaen joko täysin rakennuksen lämmitysenergian tarpeen tai osittain. Uuden lämmitysjärjestelmän soveltuvuutta arvioidaan nimenomaan sen kannalta, soveltuuko se tarkastelussa olevaan taloon.

2 Energiaremontin suunnittelun lähtökohtia

2.1 Energiaremontin kohdekiinteistön tietoja

Talo on rakennettu vuonna 1966. Asuinhuoneistoja talossa on 26 ja lisäksi talossa on 4 muuta tilaa kuten pesutupa ja sauna. Kerrosalaa kiinteistössä on 1910 m² ja tilavuutta on 6735 Rm³. Pääasiallinen rakennusaine talossa on teräsbetoni. Kattotyyppi on loiva harjakatto, jonka materiaali on pelti. Lämmitysmuotona toimii kaukolämpö ja ilmanvaihto toteutetaan koneellisella poistolla. Korvausilma otetaan ikkunoiden ja ovien raoista sekä mahdollisista tuuletusräppänöistä. Kiinteistö sijaitsee taloyhtiön omalla, 3976,9 m²:n tontilla. (Honkanen 2021.) Kuvassa 1 näkyy kiinteistön pohjoispuoli ja tonttia. Tontti jatkuu vielä hiukan kuva-alueen oikealle puolelle ja talon toisella puolella on myös tonttimaata.



Kuva 1. Saihokatu 3:n pihapiiriä

Talon runkotyyppi on nauhaosaelementti-kirjahyllyrunko. Talon päätyseinät koostuvat tiilijulkisivusta, mineraalivillaeristeestä ja teräsbetonista. Pitkät sivut ovat elementtejä, joiden välissä on mineraalivillaeriste. Kantavat väliseinät ovat paikallavalettua teräsbetonia. Kivi-jalkana talossa on teräsbetonivalu, mineraalivillaeriste ja sisäseinät ovat tiiliverhoiltuja. Pohjakerroksessa sijaitsevat lämmönjakohuone ja kaukolämpölaitteisto (Kuva 2). Talossa on vielä erillinen ullakotila, missä sijaitsevat taloyhtiösauna, ilmanvaihtohuone, hissikonehuone ja varastotilaa. Saunatiloissa ja pukuhuoneessa on vesikiertoinen lattialämmitys.

Ullakkokerros ei kata koko katon alaa. Katossa on loivat viisteet. (Mäkiö ym. 1994, 50, 53, 63, 65.)

Käytössä oleva kaukolämpölaitteisto

Talossa on käytössä lämmönvaihtimena kuvassa 2 näkyvä Danfoss HKL-2 -lämmönjakokeskus. Laitteisto on otettu käyttöön vuonna 2006, joten se on ollut käytössä 14 vuotta (Honkanen 2021). Kaukolämpölaitteiden tekninen käyttöikä on 20–25 vuotta, joten laitteiston uusiminen on odotettavissa 10 vuoden sisällä. Lämmönjakeluputkisto ja lämmityspatterit taas kestävät oletettavasti huomattavasti kauemmin, jopa koko talon elinajan. Venttiilien, termostaattien ja pumppujen tekninen käyttöikä on kuitenkin vain 15–25 vuotta. (Pylsy & Virta 2011, 107.)



Kuva 2. Saihokatu 3:n kaukolämpölaitteiston mittaristo ja lämmönjakokeskus

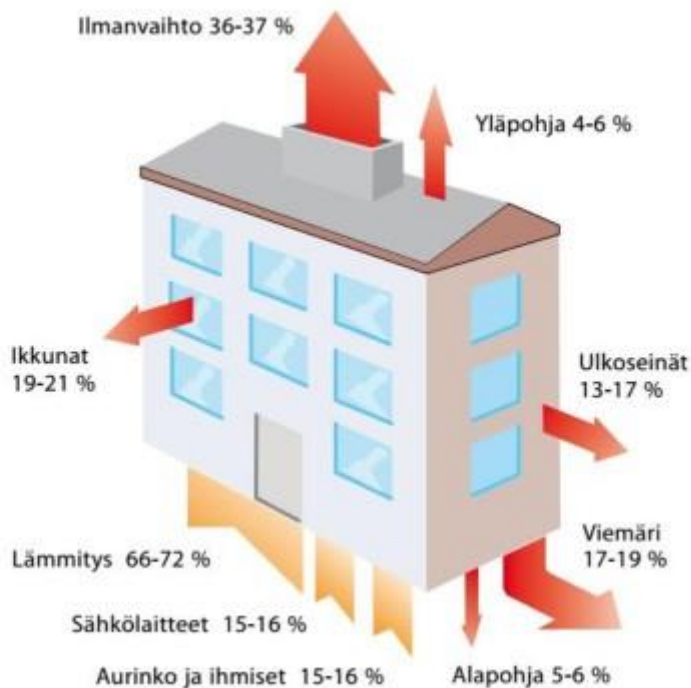
2.2 Rakennuksen fysikaalinen energiatehokkuus

Energiatehokkuuden osalta tärkeimmät rakennusfysiset ominaisuudet talossa ovat rakenteiden lämmöneristävyys, lämmönvarastointikyky sekä ilman- ja tuulenpitävyys.

Lämmöneristävyttä kuvaa lämmönläpäisykerroin eli U-arvo. Mitä pienempi U-arvo rakenteella on, sitä parempi on sen lämmöneristyskyky. Eri rakennusosien määritellyt U-arvot löytyvät rakentamismääräyskokoelmasta. Esimerkiksi uusien ikkunoiden U-arvo saa olla korkeintaan $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. (Liedes 2017, 22.) U-arvon yksikkö, $\text{W/m}^2\text{K}$, tarkoittaa hukattua lämpötehoa pinta-alayksikköä ja pintojen välistä lämpötilaeroa kohden. $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ on siinänsä melko pieni luku ja näin ollen tiivis ikkuna, verrattuna esimerkiksi kohdekiinteistön vanhoihin kaksilasisisiin ikkunoihin, joiden lämmönläpäisykerroin on noin $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. (Hemmilä & Saarni 2001, 21.)

Lämmitysenergia poistuu suurimmaksi osaksi poistoilman mukana, mikäli rakennus on tiivis. Vanhemmissa taloissa on kuitenkin enemmän tai vähemmän ”vuotokohtia”, mistä lämpö pääsee karkaamaan ulos hukkalämpönä. Lämpöä siirtyy johtumalla ylä- ja alapohjan, ulkoseinien ja ikkunoiden sekä ovien kautta. Lämpöenergian siirtymistä kuvaa kuvio 1. Mitä parempi näiden edellä mainittujen kohtien eristys on, sitä vähemmän lämpöä pääsee haihtumaan ulos. Lisäksi rakennuksessa voi olla varsinkin ikkunoiden ja ovien kohdilla ilmavuotoja, mistä lämmin ilma pääsee suoraan ulos. Ikkunoiden uusimisella ja tiivistämisellä on merkittävimmät vaikutukset energiankulutukseen rakennuksen fyysisten ominaisuuksien osalta. (Hemmilä & Saarni 2001.)

Kylmäsillat rakennuksessa eli kohdat, mistä lämpö pääsee johtumaan muuta rakennusta paremmin, esimerkiksi puutteellisen eristyksen takia, ovat ongelmallisia sillä ne lisäävät lämmityksen tarvetta ja aiheuttavat kosteusriskin mahdollisuuden tiivistyneen vesihöyryn takia. Kylmäsillat lisäävät myös epämukavuutta. Kylmäsillat voidaan havaita esimerkiksi lämpökamerakuvauksella tai kylmänä pintana rakennuksessa. Rakennuksen tiivistäminen täytyy tehdä huolella, jotta ilma kiertää riittävästi ja kosteus ei pääse kertymään. (Liedes 2017, 22–23.) Julkisivuremontin yhteydessä tehtävä ikkunasaneeraus sekä mahdollinen rakennuksen vaipan lisäeristys muuttaa rakennuksen lämmitystarvetta. Mikäli saneeraus onnistuu, lämmitystarve vähenee ja näin ollen myös lämmitysenergiaa tarvitaan vähemmän.



Kuvio 1. Asuinkerrostalon lämpöenergian siirtyminen (Pylsy & Virta 2011, 19)

2.3 Erilaisia uusiutuvia energiantuotantomuotoja

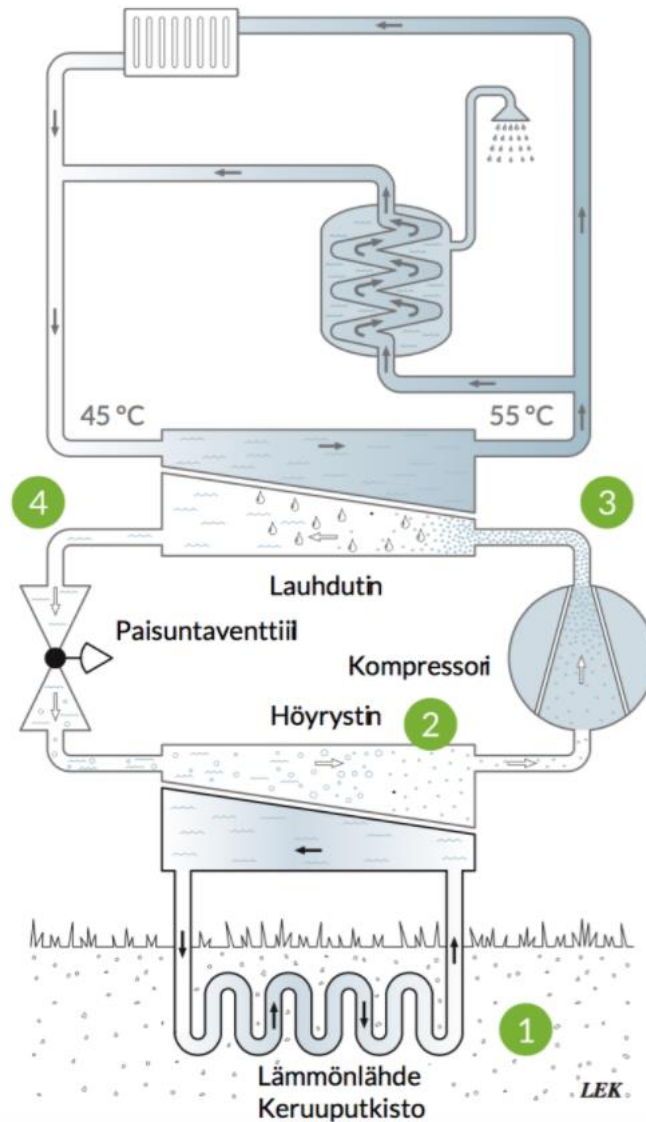
Lämmitysenergiaa voidaan nykyään tuottaa eri menetelmillä. Yleisesti energiaa tuotetaan energialaitoksissa, joista tuotettu energia siirretään sähköinä tai kaukolämpönä kiinteistön tarpeisiin. Energiaa on kuitenkin mahdollista tuottaa myös paikallisesti yhden tai useamman kiinteistön tarpeisiin. Energia pyritään yleisesti tuottamaan uusiutuvasti ja sekä taloudellisesti että ekologisesti kestävästi. Lämpöenergiaa voidaan ottaa talteen Auringosta, maaperästä, vesistöistä tai hukkalämmöstä ja siirtää sitä kiinteistön lämmitykseen lämpöpumppujen avulla. Lämmitysenergiamuotoja voidaan yhdistää yhdeksi kokonaisuudeksi. Uusiutuvilla, paikallisilla lämmitystavoilla voidaan kattaa koko kiinteistön tai kiinteistöjen lämmittäminen tai niitä voidaan käyttää myös yhdessä esimerkiksi kaukolämmön ohella, jolloin käytetään yleisesti termiä hybridijärjestelmä (Pylsy & Virta 2011, 123–124) tai osatehoinen järjestelmä.

2.3.1 Maalämpöpumppu (MLP)

Maalämpöpumpun toiminta perustuu maaperästä, kallioperästä tai vesistöistä, keruuputkiston avulla, kerätyn lämpöenergian hyödyntämiseen rakennuksen, käyttöveden tai molempien lämmityksessä. Apuna käytetään sähköä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2014, 50–51.)

Kuviossa 2 on havainnollistettu maalämpöpumpun toimintaperiaate. Energiakaivosta tai vesistöstä kerätty lämpöenergia johdetaan maalämpöpumpun höyrystimelle. Keruuputkiston noin +4°C jäätyvätön vesi-etanoliliuos höyrystää lämpöpumpussa kiertävän kylmäaineen höyryksi. Höyryn painetta nostetaan ylöspäin kompressorilla, mikä myös nostaa höyryn lämpötilaa. Paineistettu höyry jäähtyy lämpöpumpun lauhduttimessa takaisin nesteeksi. Lauhtumisessa vapautunut lämpöenergia lämmittää talon lämmönjakoverkkoa tai käyttövettä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2014, 50–51.)

Maalämpöjärjestelmän rakentamista on hyvä harkita, kun vanha lämmitysjärjestelmä on tulossa teknisen käyttöikänsä päähän. Halvat käyttökustannukset ja ympäristöystävällisyys puhuvat maalämpöjärjestelmän puolesta. Rakentamisen suhteellisen korkeat kustannukset taas voivat viedä intoa järjestelmän rakentamiselta. Järjestelmän hinta-arvio on keskikokoisissa taloyhtiöissä 200 000–300 000 euroa. Huomioon otettavana seikkana on myös se, että maalämpöjärjestelmän tuottama lämpö on hiukan viileämpää kuin kaukolämpö, joten täysitehoisessa järjestelmässä patteriverkostoa saatetaan joutua muuttamaan. Mikäli järjestelmä on osatehoinen esimerkiksi kaukolämmön kanssa, tätä ongelmaa ei ole, sillä kaukolämmöstä saadaan tarvittava lisälämpö. (Tuovinen 2022, 27–28.)



Kuvio 2. Maalämpöpumpun toimintaperiaate (Suomen vesitekniikka 2022)

2.3.2 Poistoilmalämpöpumppu (PILP)

Poistoilmalämpöpumppu hyödyntää poistoilmasta kerättyä lämpöä. Lämpö kerätään poistoilmasta lämmönkeruukenoilla ja siirretään lämpöpumpulle, mikä tuottaa lämpöä ilmaan, vesikiertoiseen patterilämmitykseen tai käyttöveden lämmitykseen. (RIL ry 2014, 51.) Poistoilmalämpöpumppujärjestelmä voi täydentää hyvin maalämpöjärjestelmää ja näin ollen vähentää maalämpökaivojen määrää ja lisäenergian tarvetta (Tuovinen 2022, 28).

2.3.3 Aurinkolämpökeräinjärjestelmä

Aurinkolämpöä käytetään Suomessa lämpimän käyttöveden lämmittämiseen sekä lisälämpöjärjestelmänä esimerkiksi maalämpöjärjestelmässä. Auringon lämpöä otetaan talteen aurinkokeräimillä, joissa lämmönkeruuneste, vesi-glykoli-seos, lämpenee. Lämmönkeruuneste johdetaan pumpulla lämmittämään käyttövettä tai maalämpöpumpun keruunestettä. Järjestelmää ohjataan automatiikalla. (Pylsy & Virta 2011, 126–127.)

2.3.4 Esimerkki energiaremontista vastaavassa taloyhtiössä

Jyväskylässä sijaitsevassa kahden kerrostalon taloyhtiössä aloitettiin maaliskuussa 2021 laaja lvi- ja energiaremontti. Kahden talon, yhteensä 68 huoneiston ja 2910 neliömetrin kokonaisuus oli remonttia ennen kuluttanut lämmitysenergiaa noin 485 MWh vuodessa. Tämän energiamäärän tuottaminen pelkällä maalämmöllä olisi vaatinut noin 10 energiakaivoa. Määrä vaikutti 3000 neliön tontille turhan suurelta ja taloyhtiö päätyi hybridienergiantuotantjärjestelmään, minkä investointikustannus rakennusvaiheessa on pienempi. Järjestelmä koostuu kahdesta maalämpökaivosta ja poistoilmanvaihdon lämmöntalteenotosta ilmalämpöpumpulla. Kaukolämpö pysyy mukana lisälämmönlähteenä.

Arvioitu lämmitysenergian kulutus remontin jälkeen olisi 100 MWh: a kaukolämpöä ja 90 MWh: a sähköä lämpöpumpuille. Lämpöpumput tuottaisivat 244 MWh: a lämmitysenergiaa. Energiaoptimointi vähentää energian kulutusta 35 MWh: a. Maa- ja poistoilmalämpöjärjestelmä maksoi noin 210 000 euroa. Investoinnille on mahdollista saada energia-avustusta ARA:lta. (Sillanpää 2021, 19–21.)

2.3.5 Aran myöntämät avustukset energiatehokkuuden parantamisesta

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA) jakaa avustuksia suoritetuista talon energiatehokkuutta parantavista toimenpiteistä. Avustus on taloyhtiöille enintään 50 %, energiatehokkuutta parantavista, hyväksytyistä rakennuskustannuksista, mutta kuitenkin maksimissaan 4000 euroa asuntoa kohden. Hakemus velvoittaa laskelmaa sekä rakennusvuoden E-luvusta että korjausten vaikutuksesta E-lukuun. (Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA 2022.)

3 Tuloksia

3.1 Tontin maaperä

Kiinteistön tontin maaperä on kalliomaata sekä pinta- että pohjamaan osalta. Yleistetyti kivilajeina esiintyvät granodioriitti ja kvartsidioriitti. (Gtk Maankamara 2022.) Kalliopohjan pystyy havaitsemaan tontilla paljaskalliona (Kuva 3). Gtk:sta käy myös ilmi, että tontti ei sijaitse pohjavesialueella, joten maalämmön käytön edellytykset on tontilla erinomaiset.

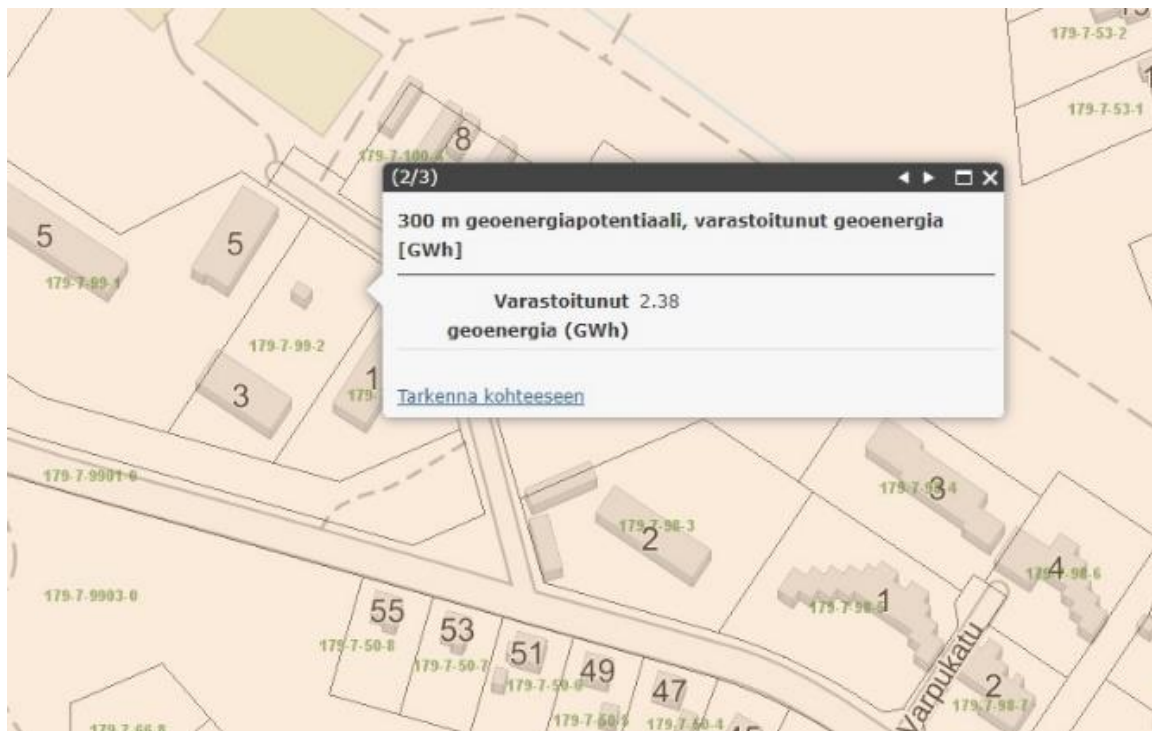


Kuva 3. Pintamaa ja avokallio Saihokatu 3:n tontilla

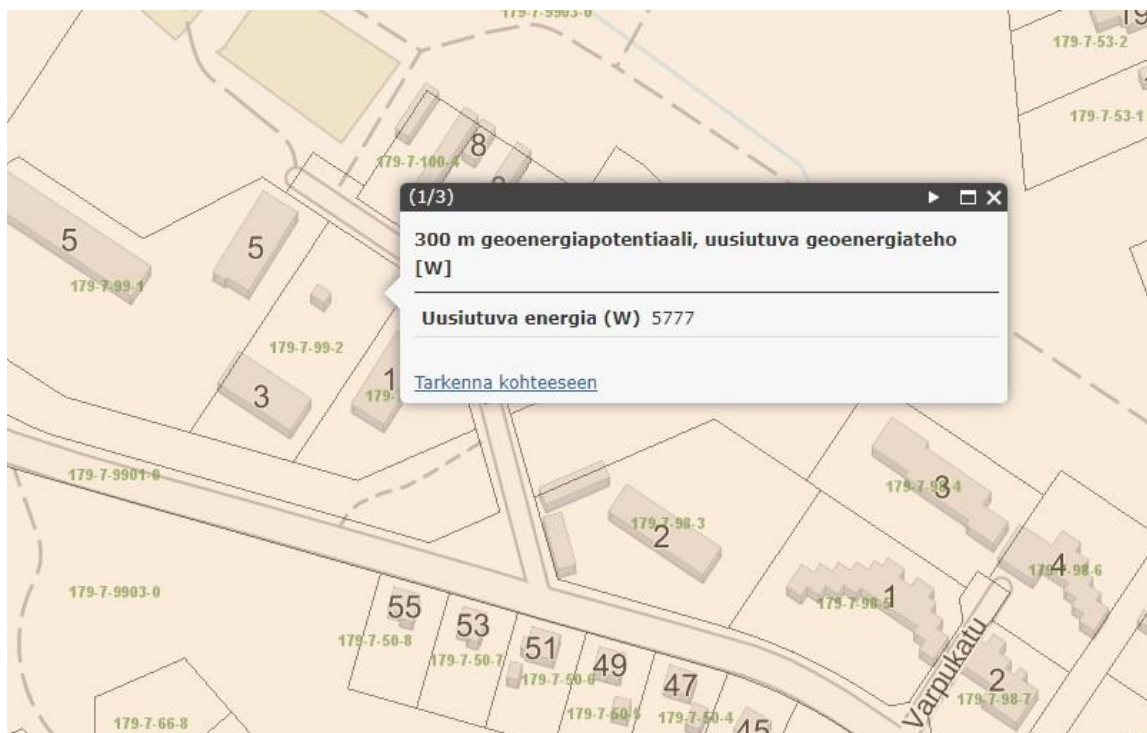
3.1.1 Geoenergiapotentiaali 300 metriä

300 metrin geoenergiapotentiaalilla tarkoitetaan 0–300 metrin syvyydestä maanpinnasta hyödynnettävissä olevaa, maalämpöpumpulla hyödynnettävää lämpöenergiapotentiaalia. Kuvioista 3 tarkasteltuna, maaperään varastoitunut geoenergiapotentiaali 300 metrin syvyyteen asti, tontin alueella, on 2,38 GWh. Geoenergiapotentiaali tarkoittaa varastoitunutta lämpöenergiaa. Uusiutuva geoenergiateho eli uusiutuva lämmöntuottoteho on 5,78 kW (Kuvio 4). (Geologian tutkimuskeskus 2018.) Nämä ovat kuitenkin suuntaa antavia

havainnelukuja eikä todellisia mitattuja arvoja. Useamman energiakaivon mitoitukseen GTK suosittelee tekemään geologiset tutkimukset ja geofysikaaliset mittaukset energiakaivojen suunniteltujen paikkojen kohdalla, jotta saadaan selville alueen maa- ja kallioperän todelliset ominaisuudet maalämmön kannalta olennaisimmilta osilta. Tutkittavia asioita ovat muun muassa lämmönjohtavuus ja lämpötilat eri korkeuksilla maan alla. (Husko ym. 2015, 1.)



Kuvio 3. Varastoitunut geenergia 0–300 metriä (Gtk Mankamara 2022)



Kuvio 4. Uusiutuva geoenergiateho 0–300 metriä (Gtk Maankamara 2022)

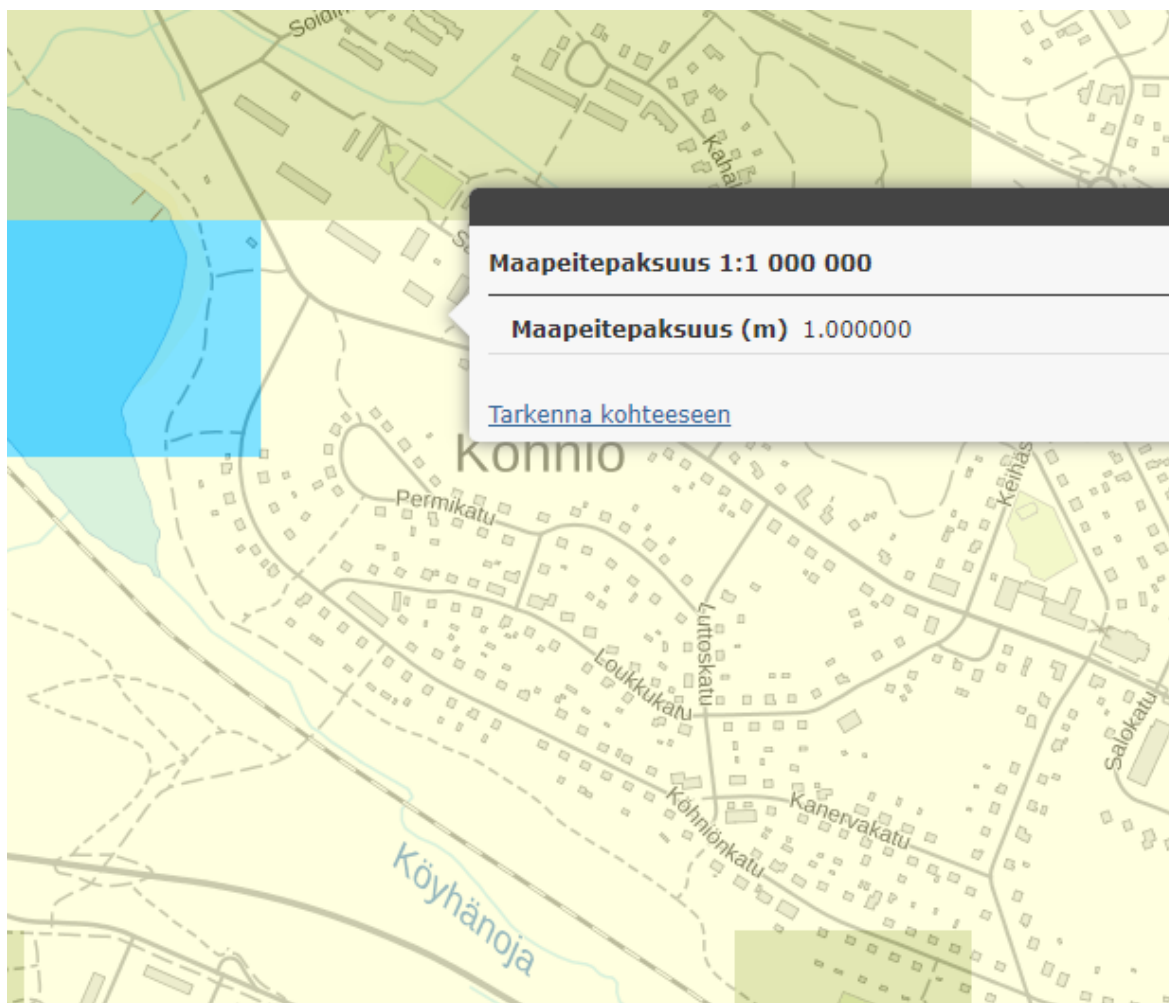
3.1.2 Maa- ja kallioperän lämmönjohtavuus

Taulukosta 1 voidaan nähdä maaperän kivilajien, granodioriitin ja kvartsidioriitin lämmönjohtavuus, aktiivinen poraussyvyys ja energiapotentialiaali. Lämmönjohtavuus molemmilla kivilajeilla on hyvä tai jopa erinomainen. Kuvio 5 kuvaa tontin maanpeitteen paksuutta. Maanpeitteen paksuus tontilla on kartan mukaan yksi metri, mikä ei ole paljon. Energiakaivojen poraamisen kannalta on hyvä asia, että kallioperä alkaa lähellä maanpintaa.

	Lämmönjohtavuus	Aktiivinen	Energian otto	Tehon otto
	W/mK	poraussyvyys m	kWh/m	W/m
Savi	1,3	356	48	21
Saviliuske	1,9	269	63	28
Kalkkikivi	2	259	65	29
Porfyriitti	2,5	220	77	34
Muuttuneet emäksiset kivilajit	2,6	214	79	35
Hiekkainen savikivi	2,6	214	79	35
Syeniitti, doriitti yms.	2,7	208	81	36
Trakyytti, basaltti yms	2,8	203	83	37
Kvartsidioriitti	2,9	198	86	38
Hiekkakivi	3	193	88	39
Tuntematon	3	193	88	39
Tonaliitti	3,2	185	92	40
Apliitti, Pegamiitti	3,3	181	94	41
Granodioriitti	3,3	181	94	41
Ryoliitti, dasiitti	3,4	177	96	42
Graniitti	3,5	174	98	43
Gneissi	3,5	174	98	43
Muuttuneet sedimentit	3,5	174	98	43
Porfyry	3,6	170	99	44
Leptiitti, leptiittigneissi	3,6	170	99	44(48)
Muu kvartsiitti	4,7	142	119	52
Kvartsiitti	6,6	114	149	66

Esimerkissä SFP 4,4; säävyöhyke 2; energian vuosikulutus 25000kWh, josta käyttöveten 4500kWh

Taulukko 1. Kivilajien ominaisuuksia (Maalämpöfoorumi 2015)



Kuvio 5. Maanpeitteen paksuus tontilla (Gtk Maankamara 2022)

3.1.3 Tontin soveltuvuus maaperäenergian hyödyntämiseen

Tontti soveltuu maaperänsä puolesta hyvin geotermisen energian hyödyntämiseen. Kivilaji on kestävä, peruskallio on lähellä Maanpintaa ja geotermistä energiaa pitäisi riittää paljon hyvällä teholla. Tontti ei sijaitse pohjavesialueella ja taloyhtiö omistaa tontin, joten maalämpökaivojen poraamiselle ei pitäisi olla esteitä.

3.2 Maalämpökaivojen poraamiseen tarvittavat luvat

Koska kiinteistö ja tontti eivät sijaitse pohjavesialueella, energiakaivojen poraamiseen ja maalämpöjärjestelmän rakentamiseen riittävät toimenpidelupa (132/1999, 126 a §). Toimenpidelupa haetaan kirjallisesti tai sähköisesti kunnan rakennusvalvonnasta asiaankuulluvalla lomakkeella. Toimenpidelupahakemukseen kuuluu liitteitä (Jyväskylän kaupunki 2022):

- asemapiirros, mistä selviää energiakaivojen sijainti, mitat ja suojaetäisyydet (ks. 3.4.1 Suojaetäisyydet), lämmönkeruupiirin paikka, jos porareikä on vino
- julkisivupiirrustukset, mistä käy ilmi putkivedot lämpöpumpulle
- mahdolliset lisäselvitykset
- tarvittaessa naapurien kuulemislomake.

Mikäli kiinteistöön asennetaan lämmöntalteenottojärjestelmä ja poistoilmalämpöpumppu, tarvitaan siihen rakennuslupa (Juvonen & Lapinlampi 2013, 15–16; Jyväskylän kaupunki 2022).

3.2.1 Suojaetäisyydet

Energiakaivon paikalle on määritelty tietyt minimietäisyydet toisiin energia- ja porakaivoihin, rakennuksiin, kiinteistön rajoihin, lämpöputkiin, viemäriin jne. (Taulukko 2). Energiakaivojen keskinäinen välimatka voi olla lyhyempikin, jos porareikä on vino. Myös etäisyys kiinteistön rajasta voi olla mahdollisesti lyhyempi, mikäli siitä ei aiheudu haittaa viereisen tontin käyttöön. (Juvonen & Lapinniemi 2013, 25.)

Kohde	Suosittelut minimietäisyys
Energiakaivo	15 m*
Lämpöputket ja kaukolämpöjohdot	3 m**
Kallioporakaivo	40 m
Rengaskaivo	20 m
Rakennus	3 m
Kiinteistön raja	7,5 m*
Kiinteistökohtaisen jätevedenpuhdistamon purkupaikka	Kaikki jätevedet 30 m, Harmaat vedet 20 m ^[14]
Viemärit ja vesijohdot	3 m (omat putket)-5 m (muiden putket)**
Tunnelit ja luolat	25 m, etäisyys selvitetään tapauskohtaisesti

* porareikä ollessa pystysuora

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

Taulukko 2. Energiakaivon suojaetäisyydet (Juvonen & Lapinniemi 2013, 25)

3.2.2 Kaavoitus

Yleiskaava

Tontti sijaitsee Jyväskylän kaupungin yleiskaava-alueella, kaavatunnus: 179 y:100. Yleiskaava on tullut voimaan 25.11.2016. Yleiskaava sallii maalämpökaivojen poraamisen tontin alueelle. (Jyväskylän karttapalvelu 2022.)

Asemakaava

Tontti sijaitsee Jyväskylän kaupungin asemakaava-alueella, kaavatunnus: 179 07:021, mikä on tullut lainvoimaiseksi 12.1.1965. Asemakaava sallii maalämpökaivojen poraamisen tontin alueella. (Jyväskylän karttapalvelu 2022.)

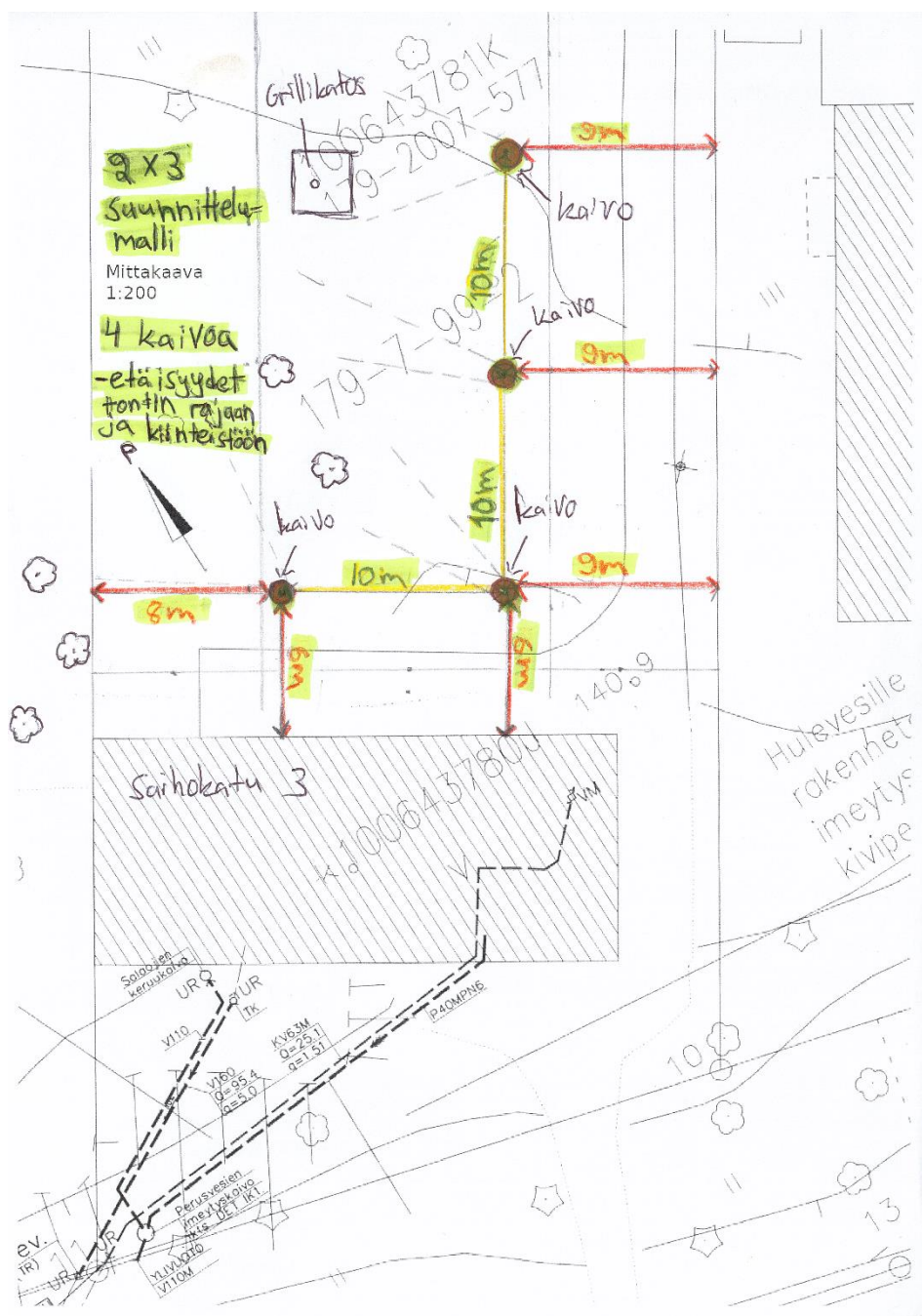
3.3 Energiakaivokentän suunnittelu

Tärkeimpiä seikkoja energiakaivojen suunnittelussa on kaivojen sijoitus tontille sekä oikea mitoitus (Juvonen & Lapinlampi 2013, 22). Sijoituksen apuna voidaan käyttää taulukkoa 2. Sijoitteluun vaikuttaa maalämpöpumpun sijainti rakennuksessa. Johtolinja pyritään tekemään mahdollisimman lyhyeksi kustannusten ja lämpöhukan minimoimiseksi, mutta kuitenkin niin, että lämpöjohdot saadaan rakennettua ja läpivietyä kaivoilta lämpöpumpulle mahdollisimman yksinkertaisesti. Kaivojen paikkoihin vaikuttaa mahdolliset maanalaiset rakenteet, kuten viemärit ja sähköjohdot. Nämä rakenteet täytyy ottaa selville energiakaivokenttää suunniteltaessa. Myös porauskaluston pitää päästä paikalle, joten se on myös otettava huomioon energiakaivojen sijaintia valitessa. Toki kaivojen sijaintiin voivat vaikuttaa myös esteettiset kysymykset tai jotkin muut syyt, mitkä estävät rakentamisen. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 23–24.)

Energiakaivokentän mitoituksen lähtökohtana on rakennuksen lämmitysenergian tarve sekä päätös, tehdäänkö maalämpöjärjestelmä osa- vai täystehomitoituksella. Lämmityksessä huomioidaan myös mahdollinen käyttöveden lämmitys. Kun tehon tarve on selvillä, voidaan ruveta suunnittelemaan energiakaivokenttää. Keruuputkiston lämpötuottokapasiteettiin vaikuttavat rakennuksen maantieteellinen sijainti sekä maa- ja kallioperän koostumus ja rakenne. Myös pohjavesiolosuhteet vaikuttavat mitoitukseen. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 30.)

3.3.1 Energiakaivojen mahdolliset sijoituspaikat tontille

Kuvio 6 esittää mahdollisuuden, miten 2x3-mallinen energiakaivokenttä sijoittuisi tontille. Kuvioon on merkitty punaisilla nuolilla toteutuvat suojaetäisyydet tontin rajoihin ja kiinteistöön. Kuvassa kaivojen väliset etäisyydet ovat vain 10 metriä, mutta tämä on mahdollista, mikäli kaivot porataan hiukan vinoon. Kaivot mahtuvat tontille pidemmilläkin väleillä tarvittaessa.



Kuvio 6. Energiakaivojen mahdollinen sijoittelu tontille ja suojaetäisyydet

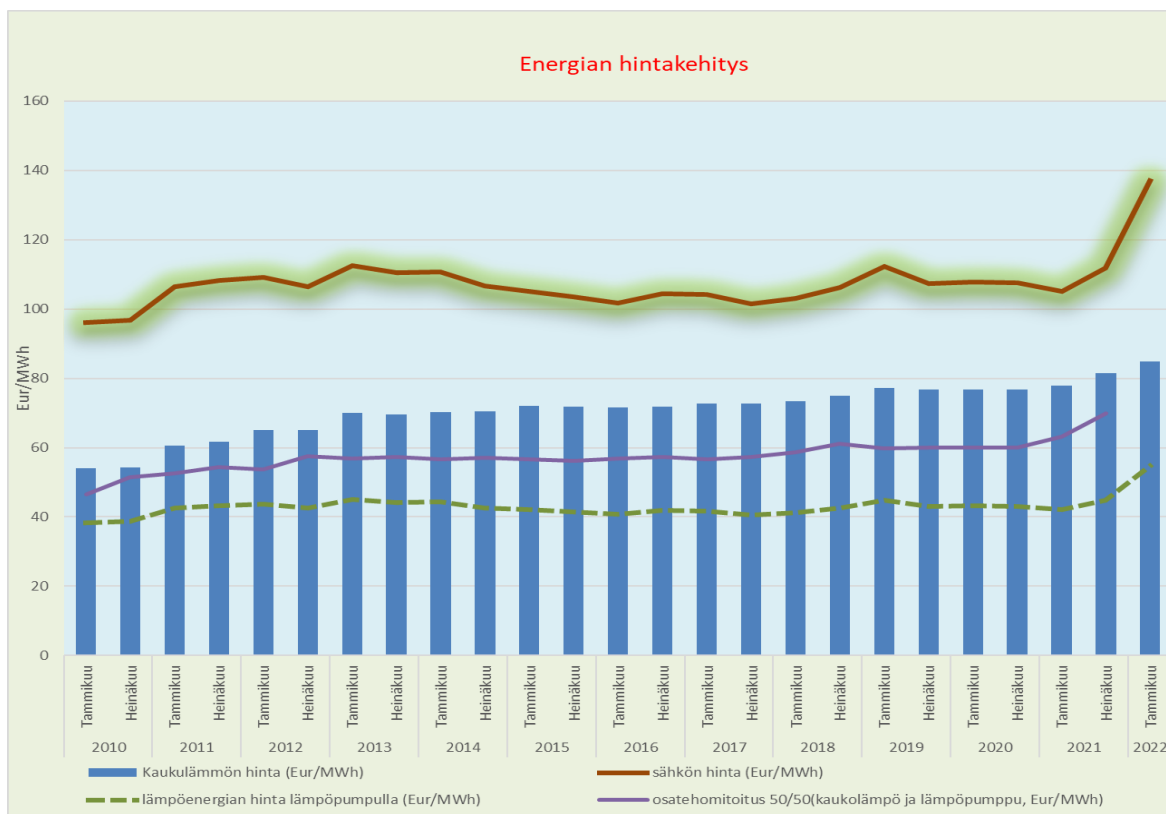
3.3.2 Useamman kiinteistön yhteinen energiakaivokenttä

Tässä tapauksessa, missä kiinteistön lähellä on toinenkin talo, Saihokatu 1, sekä mahdollisesti vielä Saihokatu 5, voisi harkita yhteisen energiakaivokentän rakentamista, mikäli se vain teknisesti on mahdollista. Tällöin rakentamiskulut jakautuisivat isommalle osalle ja lämmitystehoa voisi kasvattaa. Tämä ratkaisu vaatii kuitenkin halukkuutta toisilta taloyhtiöiltä sekä teknisen arvion.

3.4 Sähkön ja kaukolämmön hinta

Tilastokeskuksen internet-sivuilta kerättyjen tietojen avulla voidaan tutkia sähkön ja kaukolämmön hintakehitystä vuosien varrelta. Kerättyjen tietojen pohjalta on tehty kaavio (Kuvio 7), missä on kuvattuna graafisesti kaukolämmön ja sähkön hintakehitystä vuodesta 2010 vuoteen 2022. Hintojen kuluttajatyypinä on kerrostalo ja sähkön osalta asiakasryhmänä yritys- ja yhteisöasiakkaat. Sähkön hinta sisältää siirtomaksun ja verot. Sähkön hinta on muutettu taulukkoon muotoon Eur/MWh. Tilasto käsittää Suomessa myytävän sähkön ja kaukolämmön. Alueellisesti sähkönsiirtohinnoissa on jonkin verran eroja (Sähkön kilpailutus.fi 2022). Myös kaukolämmön hinnoissa on alueellisia vaihteluita kuten energiateollisuuden tilastoista voi havaita (Energiateollisuus 2022).

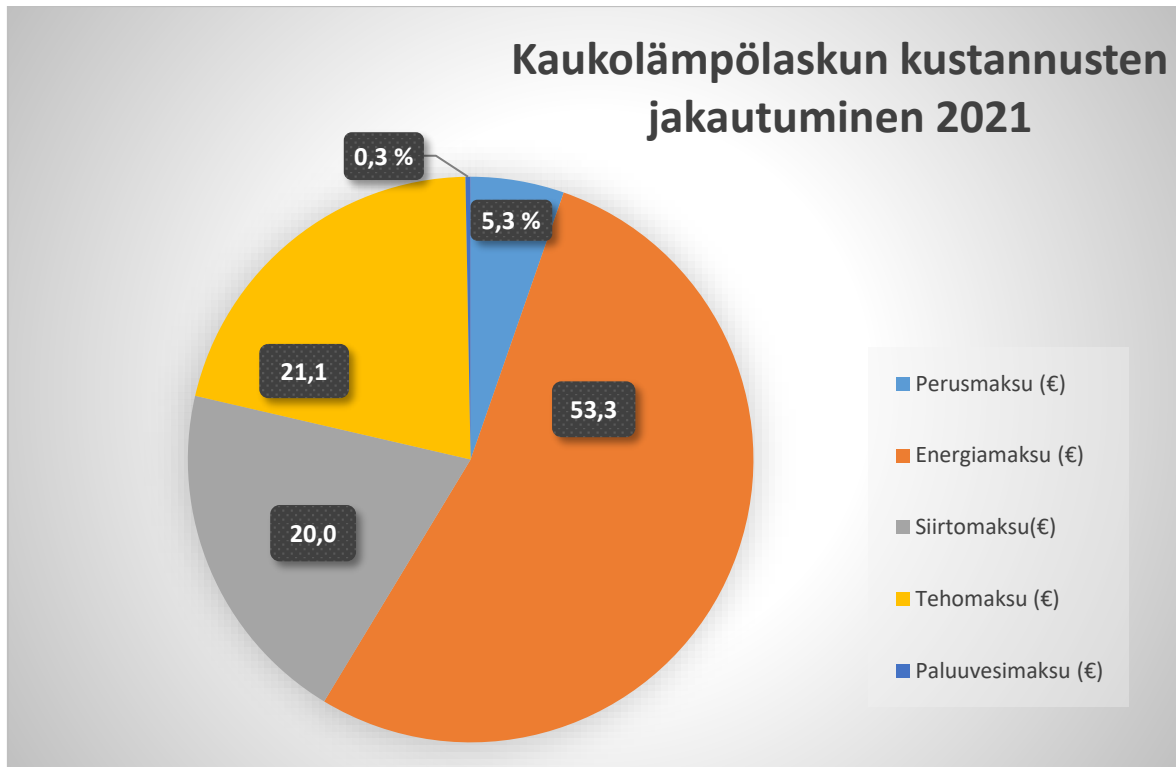
Graafiin (Kuvio 7) on laskettu myös lämmitysenergian hinta lämpöpumpulla, hyötysuhteella 2,5, kuviossa olevan sähkön hinnan mukaan sekä hinta kaukolämmön ja lämpöpumpun osatehomitoitukselle. Hinnat ovat nousseet tasaisesti sekä sähkön että kaukolämmön osalta, mutta 2021 vuoden lopulla on nähtävissä hintapiikki kalliimpaan suuntaan. Kaukolämmön hintaan vaikuttavat lämmityspolttoaineiden hinnat ja niiden verotus sekä päästöoikeuksien hinnat (Juuti 2021).



Kuvio 7. Energian hintakehitys (mukailtu Tilastokeskus 2022)

3.5 Lämpöenergiälaskun muodostuminen

Kaukolämpöenergiälasku muodostuu Jyväskylän Alva-energiayhtymän alueella tehomaksusta, paluuvesimaksusta, lämpöenergiamaksusta ja 24 prosentin arvonlisäverosta. Tehohuiput määrittävät tehomaksun suuruuden. Paluuvesimaksun suuruuteen vaikuttaa paluueden jäähtymä eli kuinka paljon kiinteistö käyttää lämpöä. Paluuvesimaksu voi olla myös nolla euroa. (Alva-yhtiöt Oy 2022.) Kuvio 8 käy ilmi, että lämpöenergiälaskusta suurimman osan muodostaa energiamaksu, minkä osuus laskusta on yli puolet kokonaishinnasta. Tehomaksu ja siirtomaksu ovat kumpikin noin viidenneksen kokonaissummasta. Loput alle kymmenen prosenttia summasta koostuvat perusmaksusta, mikä on viiden prosentin luokkaa ja paluuvesimaksusta, mikä on alle puoli prosenttia.



Kuvio 8. Kaukolämmön kustannusten jakautuminen vuonna 2021 (mukailtu Honkanen 2022)

3.6 Aurinkoenergian hyödyntämisen mahdollisuudet kiinteistössä

Aurinkoenergian mahdollisuuksia ja kannattavuutta voidaan arvioida erilaisilla laskureilla. Taulukossa 3 on taulukoituna kahden eri laskurin tuloksia.

	Järjestelmän tuotto [kWh]	Aurinkosähkön hinta [€/ kWh]	Takaisinmaksuaika (vuotta)
Sun Energia	9273	0,04	9
Pv gis	7855	0,128	sisältyy yksikköhintaan
Järjestelmän koko	10,8 kW		
Suuntaus	katon suuntainen, noin 35° luoteeseen		
Paneelien lukumäärä	40		
Paneelien pinta-ala	64 m ²		

Taulukko 3. Aurinkoenergiälaskureiden tuloksia (mukailtu European commission 2022 & sunenergia 2022)

Talo on pituussuunnassa lounaan suuntaan noin 35 astetta etelästä. Talon eteläpääty soveltuu hyvin aurinkoenergian hyödyntämiseen. Kuvassa 4 on kuvattuna suotuisimmat

paikat Aurinkoenergian hyödyntämiseen kiinteistön katolla. Katto soveltuisi aurinkopaneelleille hyvin, sillä siihen paistaa hyvin Aurinko ja varjoja ei juurikaan ole.



Kuva 4. Kiinteistön suotuisat paikat Aurinkoenergian hyödyntämiseen (sun energia 2022)

4 Tulosten tarkastelua

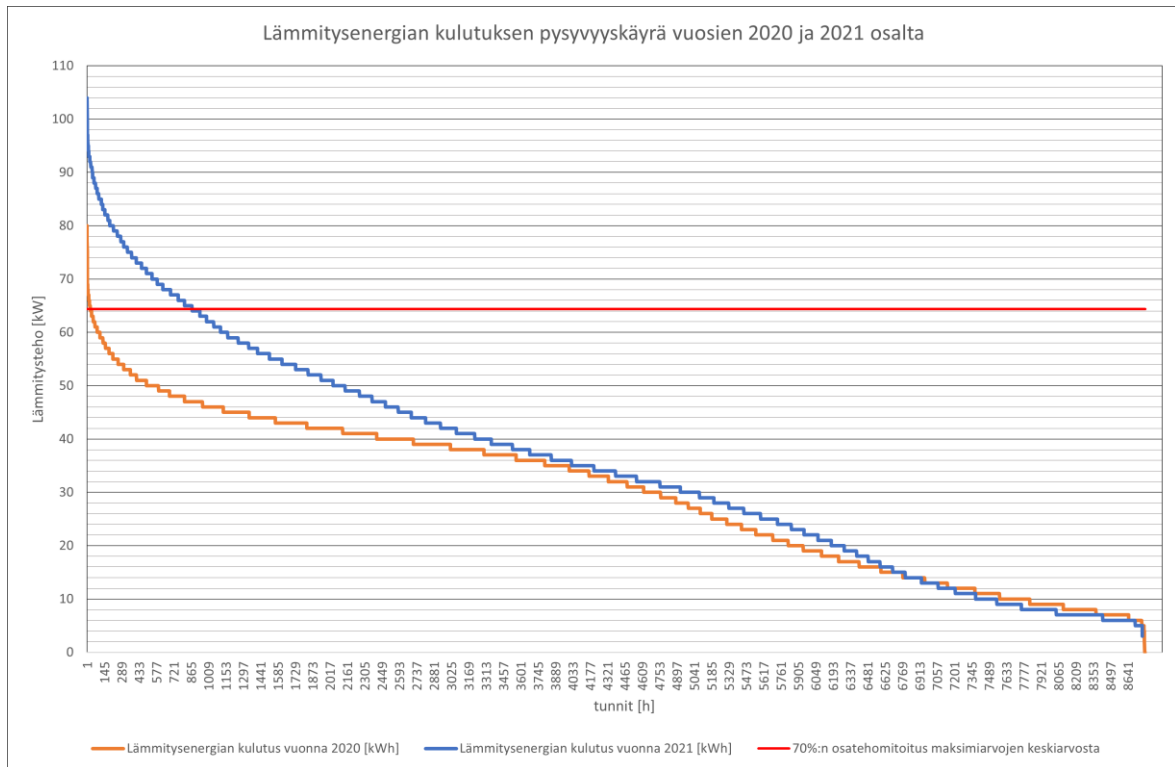
4.1 Lämmitysenergian kulutus kiinteistössä

Energian kulutuksen vuositasolla pystyy havaitsemaan taulukosta 3. Lämpöenergiaa on kulunut vuositasolla noin 300 MWh, normeerattuna hieman enemmän. Lämpöä kului vuodessa keskimäärin 45,64 kWh/Rm³. Sähköä on kulunut vuosina 2018–2021 hieman alle 22 MWh:a joka vuosi melko tasaisesti. Vuonna 2017 sähköä kului hieman yli 26 MWh:a, mikä selittyy taloyhtiössä tehdyillä remonteilla. Tavallinen sähkönkulutus on keskimäärin 21 825 kWh: a vuodessa.

Vuosi	Lämmitys			Sähkö		Vesi		Perustietoja	
	Lämpö (MWh)	Normeerattu lämpö	kWh/Rm ³ /v	Sähkö (kWh)	kWh/Rm ³ /v	vesi (m ³)	l/hlö/vrk	astepäivä-luku	asukkaita
2017	296	310	46,01	26 104	3,88	1 188	76	4 458	43
2018	310	327	48,60	21 951	3,26	1 415	84	4 405	46
2019	284	301	44,71	21 766	3,23	1 383	86	4 376	44
2020	258	291	43,23	21 759	3,23	1 446	88	3 915	45

Taulukko 4. Energian- ja vedenkulutus vuosina 2017–2021 (Honkanen 2022)

Kaukolämmön kulutusta voidaan tarkastella myös tuntitasolla (kuvio 9), milloin todellinen lämmitystarve ja etenkin huipputehotunnit pystytään havaitsemaan paremmin kuin vuositasolla tarkasteltaessa. Kuvion tiedot on kerätty vuosien 2020 ja 2021 todellisista kaukolämmön kulutustiedoista vuoden jokaisen tunnin osalta. Kuvion pystysuuntainen akseli kertoo kuluneen lämmitysenergian kilowatteina ja vaaka-akselilla on vuoden jokainen tunti. Tiedot on lajiteltu suurimmasta kulutuksesta pienimpään. Huippuarvot ovat siis kuvion vasemmalla puolella ja vaaka-akselilta voidaan lukea, kuinka monta tuntia kyseinen tehoarvo on ollut käytössä. Huippuarvojen tietäminen auttaa lämmitysjärjestelmän suunnittelussa merkittävästi, sillä niiden avulla voidaan mitoittaa todelliseen lämmitystarpeeseen soveltuva järjestelmä. Mikäli uutta lämmitysjärjestelmää ei suunnitella täysitehoiseksi, voidaan kuvaajasta havaita, millä tehoilla on eniten kysyntää. Mikäli taas halutaan irtaantua kokonaan kaukolämmöstä ja tehdä uudesta lämmitysjärjestelmästä täystehoinen, koko lämmitystarpeen kattava järjestelmä, täytyy uuden järjestelmän kattaa myös huippuarvot ja mieluiten myös ylittää ne. Tämän kuvion perusteella voidaan havaita, että lämmitysjärjestelmä täystehoisena täytyisi pystyä 110 kW:n lämmityskuorman tuottamiseen.



Kuvio 9. Energian kulutuksen pysyvyyskäyrä (mukailtu Honkanen 2022)

Kiinteistöön suunnitella oleva julkisivuremontti parantaa onnistuessaan rakennuksen lämmöneristyskykyä ja näin ollen vähentää lämmitystarvetta. Toteutuessaan julkisivuremontti muuttaa kuvion 9 lämmitystehoarvoja alentavasti. Mikäli lämmitysjärjestelmän uusiminen tehdään julkisivuremontin jälkeen, olisi hyvä tutkia lämmitysenergian kulutusta silloin uudestaan ja tehdä uusi pysyvyyskäyrä tai vastaava havainnollistava kuvio tai taulukko lämmitystarpeen arvioimiseksi. Julkisivuremontin vaikutuksen lämmitystarpeeseen voi myös arvioida, mikäli energiaremontti halutaan tehdä julkisivuremontin yhteydessä.

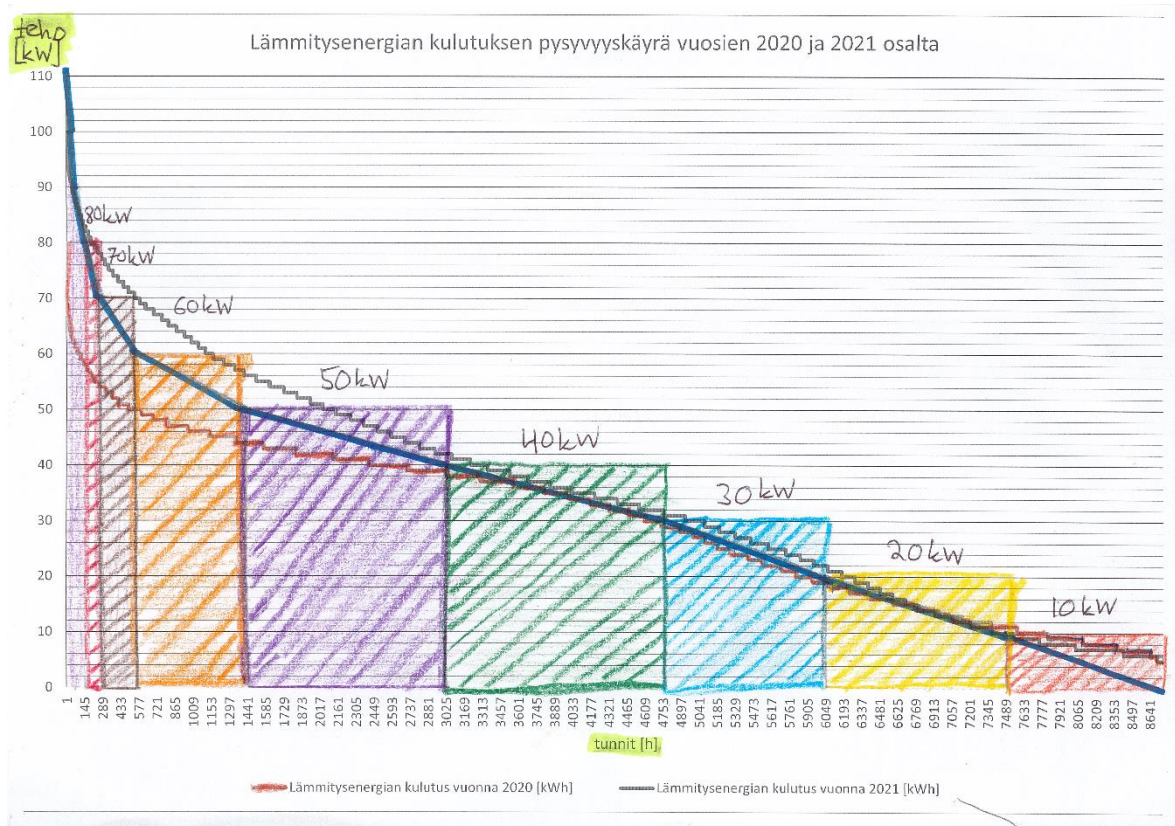
4.2 Hybridilämmitysjärjestelmä

Kuvion 9 punainen viiva kuvastaa osatehoista maalämpöjärjestelmää. Osatehoarvo on 70 % huipputehoarvojen keskiarvosta. Tämä tarkoittaa siis 70 prosentin lämmön tuotantoa lämmitysenergian kulutushuippuihin verrattuna. Kuviosta voi lukea, että 70 prosentin osatehomoitus kattaisi suurimman osan kiinteistön lämmitystarpeesta ja vain kylmimpinä talvipäivinä, milloin lämmitystarve on suurimmillaan, tarvittaisiin lisälämmitystä. Taulukko 4 havainnollistaa numeraalisesti, miten 70 prosentin osatehomoitus lämpöenergian tuotannosta kattaisi vuoden tunnit, päivät ja prosentuaalisen osuuden vuoden tunneista, vuosina 2020 ja 2021. 70 prosenttia täydestä tehosta näyttäisi kattavan lähes koko vuoden lämmityksen. 70 prosentin osateho on laskettu vuosien 2020 ja 2021 lämmitysenergian huippuarvojen keskiarvosta, mikä on 92 kW: a.

	tuntien lukumäärä	vuorokausiksi muutettuna	prosentteina kokonaistunneista	vuoden tunnit
tunnit yli 70 % mitoituksen 2020	37	1,5	0,4 %	8784
tunnit yli 70 % mitoituksen 2021	937	39,0	10,7 %	8760
summarivi	974	40,6		17544
keskiarvoprosentti			6 %	
70 %:n prosentin osatehomitoituksen kattavuus koko vuoden energiankäytöstä			94 %	

Taulukko 5. 70 %:n osatehomitoituksen kattavuus kokonaislämpöenergiamäärästä vuosina 2020 ja 2021 (mukailtu Honkanen 2022)

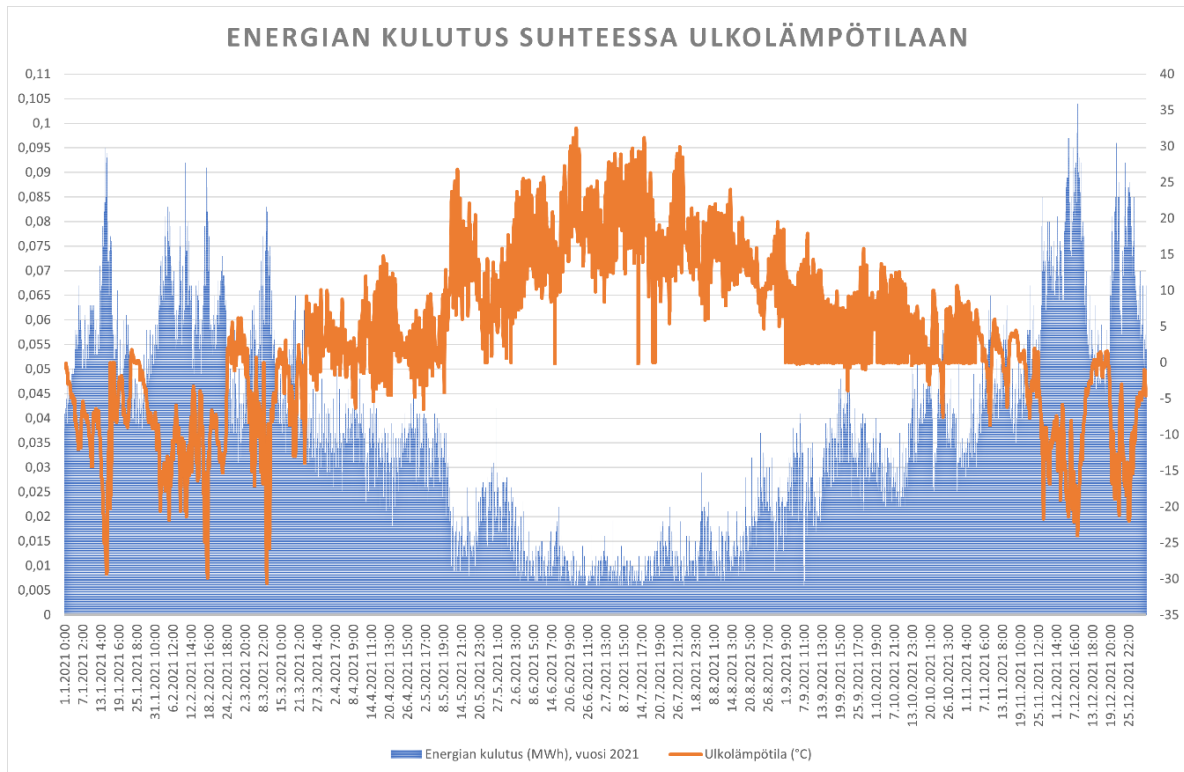
Kuvio 10 havainnollistaa osatehoisen lämmitysjärjestelmän kyvyn kiinteistön lämmitystarpeen kattamiseen. Kuviota luetaan oikealta vasemmalle. Väritetty palkki kuvaa aina 10 kW:n lämmitystehoporrasta. Kuvion alapuolella on vuoden tunnit. Kuvioista voi nähdä, kuinka monta tuntia lämmitysjärjestelmä kattaa vuodessa. Esimerkiksi 50 kW:n järjestelmä kattaisi kuviosta nähtynä 8641–1441 tuntia eli 7200 tuntia, mikä tekee vuorokausina 300 vuorokautta. Se tarkoittaa, että 50 kW:n osatehojärjestelmä kattaisi kokonaan 300 vuorokauden lämmitystarpeen ja 65 tai 66 vuorokautena tarvittaisiin lisälämmitystä. Toki 50 kW:n järjestelmä ei välttämättä koko ajan pystyisi 50 kW:n lämpöenergian tuottamiseen, vaan 50 kW:a olisi järjestelmän maksimituotantokyky. Kuvion perusteella maksimikuormitusta ei tarvittaisi noiden 300 vuorokauden aikana kuin joinakin päivinä. Jos laskee 50 kW:n osatehojärjestelmän kattavan 265 vuorokautta kokonaan, lisälämmitystä tarvittaisiin 100 vuorokauden ajan eli kylmimpien talvikuukausien aikana.



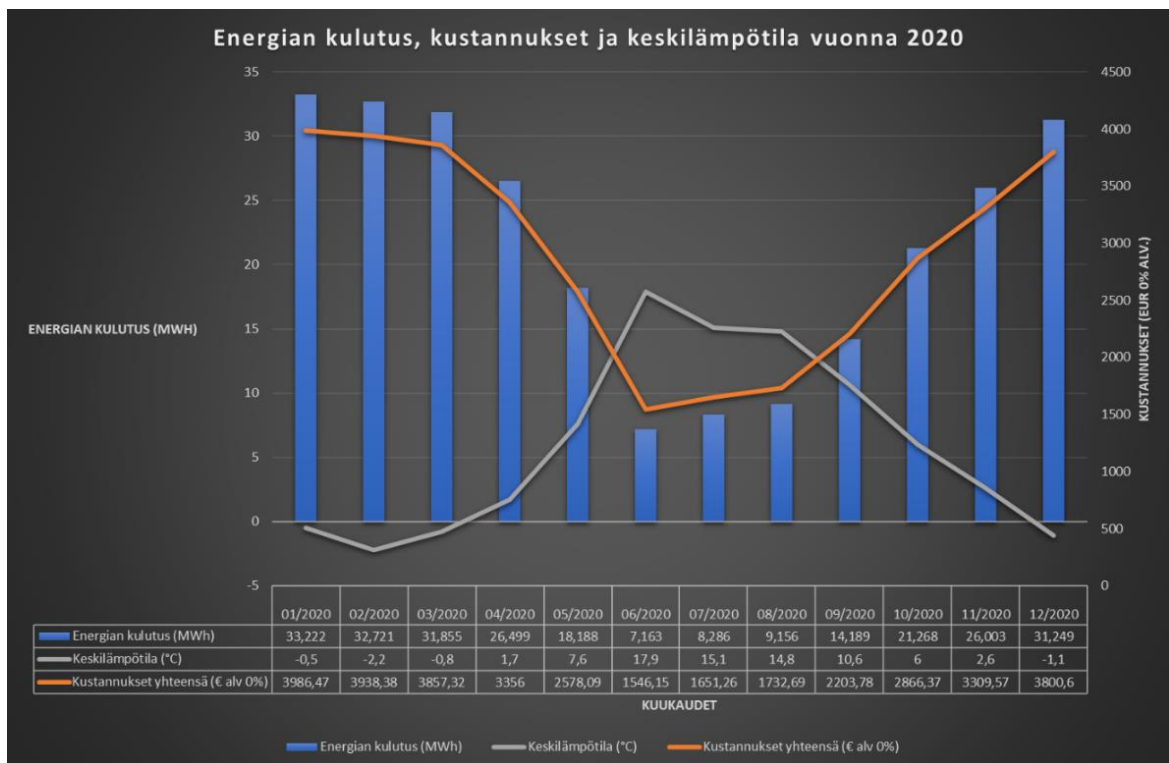
Kuvio 10. Pysyvyyskäyrä osatehomoituksilla, 10 kW:n nousuilla (mukailtu Honkanen 2022)

4.3 Ulkolämpötilan vaikutus lämmitysenergian kulutukseen ja hintaan

Lämmitysenergian kulutukseen vaikuttaa eniten ulkolämpötila ja voidaan todeta kuvion 11 pohjalta, että energian kulutus on kääntäen verrannollinen ulkolämpötilaan; lämpötilan laskiessa lämpöenergian kulutus nousee samassa suhteessa kuin lämpötila laskee. Lämpötilasta johtuvaa energiankulutusta voidaan parantaa rakennuksen lämpöeristystä tehostamalla. Lämpiminä talvina osatehoinen maa- tai aurinkolämpöjärjestelmä tai hybridijärjestelmä kattaa paremmin koko lämmityksen kuin kylmempinä talvina, milloin lisälämmitystä tarvitaan enemmän. Mitä kylmempi ulkolämpötila on, sitä korkeampi lämmitystarve on ja sitä myöten myös lämmitys maksaa enemmän taloyhtiölle, kuten kuviosta 12 voidaan havaita.



Kuvio 11. Energian kulutus suhteessa ulkolämpötilaan (mukaiiltu Honkanen 2022)



Kuvio 12. Kustannusten jakautuminen vuonna 2020 kuukausittain (mukaiiltu Honkanen 2022)

5 Yhteenveto ja pohdinta

Yhtenä vaihtoehtona lämpöenergian tuottamiseksi voisi olla yhdistelmä erilaisia energiantuotantotapoja eli niin kutsuttu hybridimalli. Maalämpöpumppu voisi lämmitellä talon patteriverkostoa ja lämmintä käyttövettä. Maalämpökaivoja mahtuisi tontille hyvin 2–5. Tämä määrä riittäisi kattamaan kiinteistön lämmityksen lämpiminä aikoina jopa kokonaan ja kylmimpinä aikoina tarvittaisiin lisälämmitystä. Lisälämmitystarpeen takia kaukolämpö kannattaa säilyttää vara- ja lisälämmitysjärjestelmänä. Mikäli rakennetaan yhteinen energiakaivokenttä naapuritalon tai -talojen kanssa, voi kaivoja olla useampia.

Lämmöntalteenotto poistoilmalämpöpumpulla olisi todennäköisesti järkevä ratkaisu lämmitykseen. Se toisi maalämmölle tarvittavaa lisälämpöä, jotta patteriverkostossa kiertävä vesi saadaan tarpeeksi lämpimäksi. Koska talo on aurinkoisella paikalla ja varjoja ei juurikaan ole, aurinkoenergian hyödyntämiselle olisi myös hyvät puitteet. Vaihtoehtoina olisi aurinkolämpö tai -sähkö. Aurinkopaneelit tai -keräimet kannattaa sijoittaa talon katolle, mihin paistaa hyvin aurinko. Lämpöpumppujen vaatima sähköenergia pystytään tuottamaan osittain aurinkopaneeleilla. Aurinkokeräimillä taas voidaan lämmitellä käyttövettä tai maalämpöjärjestelmän paluuvettä. Yksi vartenotettava vaihtoehto olisi myös kaukolämmön säilyttäminen lämmönlähteenä, mutta rinnalle otettaisiin lisäksi poistoilmalämpöpumppu. Tämän kaltaisen ratkaisu olisi melko edullinen toteuttaa. Kaukolämpölaitteiston uusiminen tulee kuitenkin todennäköisesti eteen kymmenen vuoden sisällä.

Lähteet

Alva-yhtiöt Oy. 2022. Kaukolämmön hinnasto. Viitattu 23.11.2022. Saatavissa https://www.alva.fi/app/uploads/1/2021/12/Kaukolammon-hinnasto_yritysassiakkaat_01-02-2022-alkaen.pdf

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA. 2022. Energia-avustus taloyhtiöille. Viitattu 23.11.2022. Saatavissa https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat_ja_avustukset/Energiaavustus/Taloyhtiöt

Energiateollisuus. 2022. Kaukolämmön hintatilasto. Viitattu 26.4.2022. Saatavissa https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/kaukolammon_hintatilasto.html#material-view

European Commission. 2022. Photovoltaic geographical information system. Viitattu 11.8.2022. Saatavissa https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

Fraati. 2015. Kallioperän kiviaines. Vastaus nro. 3. Maalämpöfoorumi. Viitattu 16.6.2022. Saatavissa <https://www.maalampofoorumi.fi/index.php?topic=6615.0>

Geologian tutkimuskeskus GTK. 2018. Geoterminen energiapotentiaali: 300 m geoenergiapotentiaali. Viitattu 22.11.2022. Saatavissa https://tupa.gtk.fi/paikkatieto/meta/geoterminen_energiapotentiaali_300_m_geoenergiapotentiaali.html

Gtk Maankamara. 2022. Viitattu 25.4.2022. Saatavissa <https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>

Hemmilä, K. & Saarni, R. 2001. Ikkunaremontti. Rakennustieto Oy.

Honkanen, K. 2022. Lämmitystietoja. Jyväskylä: Noste isännöinti.

Honkanen, K. 2021. Isännöitsijäntodistus. Jyväskylä: Noste isännöinti.

Huusko, A., Lahtinen, H., Martinkauppi, A., Putkinen, N., Putkinen, S. & Wik, H. 2015. Keski-Suomen geoenergiapotentiaali. Geologian tutkimuskeskus. Viitattu 7.6.2022. Saatavissa https://keskisuomi.fi/wp-content/uploads/2020/09/24387-Keski-Suomen_geoenergiapotentiaali_4162018_loppuraportti.pdf

Juuti, P. 2021. Kaukolämpölaskut nousseet pääkaupunkiseudulla 46–70 % reilussa vuosikymmenessä – selvitimme, kannattaako nyt vaihtaa maalämpöön. Yle uutiset 6/2021. Viitattu 26.4.2022. Saatavissa <https://yle.fi/uutiset/3-11971453>

Juvonen, J. & Lapinlampi, T. 2013. Energiakaivo – Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöopas 2013. Ympäristöministeriö. Viitattu 27.4.2022. Saatavissa

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jyväskylän karttapalvelu. 2022. Jyväskylän kaupunki. Viitattu 22.11.2022. Saatavissa <https://kartta.jkl.fi/IMS/?layers=Asemakaava&cp=6903968,486858&z=2>

Jyväskylän kaupunki. 2022. Energiakaivo (maalämpö), aurinkoenergia, tuulivoimala. Viitattu 27.4.2022. Saatavissa <https://www.jyvaskyla.fi/rakentaminen/rakentamisen-luvat/maalampokaivo-aurinkoenergia-tuulivoimala>

Liedes, R. 2017. Rakennuksen energiatehokkuus – ST-ohjeisto 15. 2. uusittu painos. Sähkötieto ry. Sähköinfo Oy. Espoo.

Malinen, M., Mäenpää, R., Mäkiö, E., Neuvonen, P., Saarenpää, J., Tähti, E. & Vikström, K. 1994. Kerrostalot 1960–1975. Rakennustietosäätiö. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Pylysy, P. & Virta, J. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Sitran julkaisusarja (Sitra 295). Ensimmäinen painos. Kiinteistöalan kustannus Oy.

Sillanpää, T. 2021. Remontin aika. Kiinteistöviesti 2/2021. Kiinteistöliitto Keski-Suomi.

Sun energia. 2022. Aurinkoenergiälaskuri. Viitattu 7.12.2022. Saatavissa <https://app.sunenergia.com/>

Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry. 2014. RIL 265-2014. Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa.

Suomen vesitekniikka. 2022. Maalämpö. Viitattu 4.8.2022. Saatavissa <https://suomenlampopumppu.fi/maalampo>

Sähkön kilpailutus.fi 2022. Sähkön hinta – paljonko kWh maksaa?. Viitattu 26.4.2022. Saatavissa <https://www.sahkon-kilpailutus.fi/sahkon-hinta/>

Tilastokeskus. 2022. StatFin Energian hinnat. Viitattu 26.4.2022. Saatavissa <https://www.stat.fi/tietokantataulukot?topic=ene&statistic=ehi>

Tuovinen, M. 2022. Kenelle maalämpö sopii?. Kotitalo 1/ 2022. Helsinki: Isännöintiliiton Palvelu Oy.