

LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
School of Energy Systems  
Energiatekniikka  
BH10A0202 Energiatekniikan kandidaatintyö

# **MAAKAASUN KORVAAMINEN MAALÄMMÖLLÄ OMAKOTITALOSSA**

Lappeenrannassa 21.06.2021  
Aapo Länsimies

## **TIIVISTELMÄ**

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto  
School of Energy Systems  
Energiatekniikka

Aapo Länsimies

### **Maakaasun korvaaminen maalämmöllä omakotitalossa**

Kandidaatintyö 2021

Tarkastaja: Professori Tapio Ranta

Ohjaaja: Mika Laihanen, Antti Karhunen

22 sivua, 7 taulukkoa ja 5 kuvaa

Hakusanat: maalämpö, maakaasu, kannattavuuslaskenta

Maalämpö on maaperään sitoutunutta energiaa, jota voidaan käyttää rakennusten lämmitykseen. Kalliista investoinnista huolimatta se on noussut suosituksi lämmitysvaihtoehdoksi pientalojen keskuudessa. Maalämpöpumpulla tuotettu halpa energia ja lämmitysjärjestelmän ympäristöystävällisyys vetävät kuluttajia puoleensa.

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan Kaakkois-Suomessa sijaitsevan omakotitalon syksyllä 2020 vaihdettua lämmitysmuotoa. Talon alkuperäinen lämmitysmuoto maakaasu vaihdettiin maalämpöön. Työssä perehdytään maalämpöjärjestelmään ja kuinka lämpö saadaan energiakaivosta maalämpöpumpun kautta talon käyttöön. Työssä myös esitellään maakaasu ja pohditaan syitä, mitkä johtivat maakaasusta luopumiseen ja maalämpöjärjestelmän investointiin.

Lisäksi maakaasulle ja maalämmölle arvioidaan vuosittaiset kustannukset, joiden perusteella voidaan määrittää investoinnin kannattavuus ja takaisinmaksuaika. Lopuksi tarkastellaan investoinnin herkkyyttä ostosähkön hinnan avulla ja katsotaan miten koron muuttaminen vaikuttaa investoinnin kannattavuuteen.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

1	JOHDANTO .....	5
2	MAALÄMPÖ .....	6
2.1	Maalämmön keruu ja energiakaivo .....	6
2.2	Maalämpöpumpun toiminta .....	8
3	MAAKAASU .....	10
3.1	Maakaasu omakotitalon lämmönlähteeksi. ....	11
3.2	Maakaasusta luopuminen .....	11
3.2.1	Haastattelu .....	12
4	KANNATTAVUUSLASKENTA .....	14
4.1	Kohteen lämmitystarve .....	14
4.2	Maakaasun kustannukset.....	14
4.3	Maalämmön kustannukset.....	16
4.4	Nykyarvomenetelmä ja takaisinmaksuaika.....	19
4.5	Kannattavuuslaskennan tarkastelu ja vertailu muutokseen .....	20
	YHTEENVETO.....	23
	LÄHDELUETTELO .....	24

## SYMBOLILUETTELO

### Roomalaiset

$NA$	nykyarvo	€
$a_{n-i}$	nykyarvotekijä	-
$S$	säästö	€
$JA$	jäännösarvo	€
$I$	investointi	€
$n$	pitoaika	a, v
$i$	korko	%
$TA$	takaisinmaksuaika	a, v

### Alaindeksit

$i$	korollinen
$k$	koroton

### Lyhenteet

LNG	nesteytetty maakaasu
CNG	paineistettu maakaasu
snt	sentti
kWh	kilowattitunti
MWh	megawattitunti
kk	kuukausi
CO <sub>2</sub>	Hiilidioksidi
CH <sub>4</sub>	Metaani

## 1 JOHDANTO

Suomessa pientalojen lämmittämiseen on käytössä useita eri vaihtoehtoja. Suomen ilmaston takia taloja joudutaan lämmittämään lähes koko vuosi. Talojen energianlähteenä käytetään mm. sähköä, maalämpöä, erilaisia lämpöpumppuja, kaukolämpöä, öljyä, maakaasua ja puuta. Viime vuosisadan loppupuolella suosituimpia lämmitysvaihtoehtoja olivat öljy ja kaukolämpö. Nykypäivänä halutaan päästä eroon etenkin uusiutumattomista luonnonvaroista ja korvata ne halvemmilla ja ekologisimmilla lämmitysvaihtoehdoilla. (Heljo & Vihola 2012.)

Maalämpö on ollut suosituin valinta uuden pientalon lämmitysvaihtoehdoksi viimeiset 10 vuotta. Nykypäivänä yli 50 % uusista pientaloista valitsee sen lämmitysmuodoksi (Tilastokeskus). Maalämpöpumpulla tuotetun energian hinta on jopa kolme kertaa edullisempi kuin suoraan sähköllä tuotettu energia. Investointikustannukset maalämpöön ovat korkeammat kuin muiden lämmitysmuotojen, mutta ajan kanssa se maksaa itsensä takaisin. Maalämpöpumpusta saadaan myös hyötyä lämpiminä kesäaikoina, jolloin sitä voidaan käyttää rakennusten viilentämiseen siirtämällä talosta lämpöenergiaa maaperään. Keruupiirin kytkentä viilennykseen voi aiheuttaa lisäkustannuksia. (Heljo & Vihola 2012.)

Tässä työssä tarkastellaan Kotkassa sijaitsevaa omakotitaloa, jossa lämmitysmuoto vaihdettiin maakaasusta maalämpöön. Työssä esitellään maalämmön toimintaperiaate ja rajataan sen keruupiiri lämpökaivoon, joka kyseisessä kohteessa on käytössä. Omakotitalossa maalämpö tuottaa lämpöenergiaa talon lämmitysjärjestelmään ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen. Lämmitysjärjestelmien kustannuksia verrataan ja maalämmölle lasketaan takaisinmaksuaika ja arvioidaan investoinnin kannattavuutta.

## 2 MAALÄMPÖ

Maalämpö on maa- ja kallioperään sitoutunutta lämpöenergiaa. Maanpinnan pintaosissa suurin osa energiasta on peräisin auringon lämpösäteilystä. Syvemmälle sitoutunut energia on maansisäistä geotermistä energiaa, josta osa on peräisin maan sisällä tapahtuvista radioaktiivisista hajoamisista ja osa maapallon syntymästä. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 7.)

Maalämpöä on käytetty jo 1970-luvun puolivälistä alkaen pientalojen lämmityksessä, mutta vasta 2000-luvulta lähtien se on alkanut yleistymään. Nykypäivänä uusien pientalojen selkeästi suosituin lämmitysmuoto on maalämpö. Uusiutuvien raaka-aineiden ja sähkön hinnan nousu on avannut tietä maalämmön nopeaan yleistymiseen. Maalämpöpumpulla saadaan tuotettua muita järjestelmiä edullisemmin energiaa. Investointina maalämpö on kuitenkin melko hintava. (Motiva 2012, 2.)

### 2.1 Maalämmön keruu ja energiakaivo

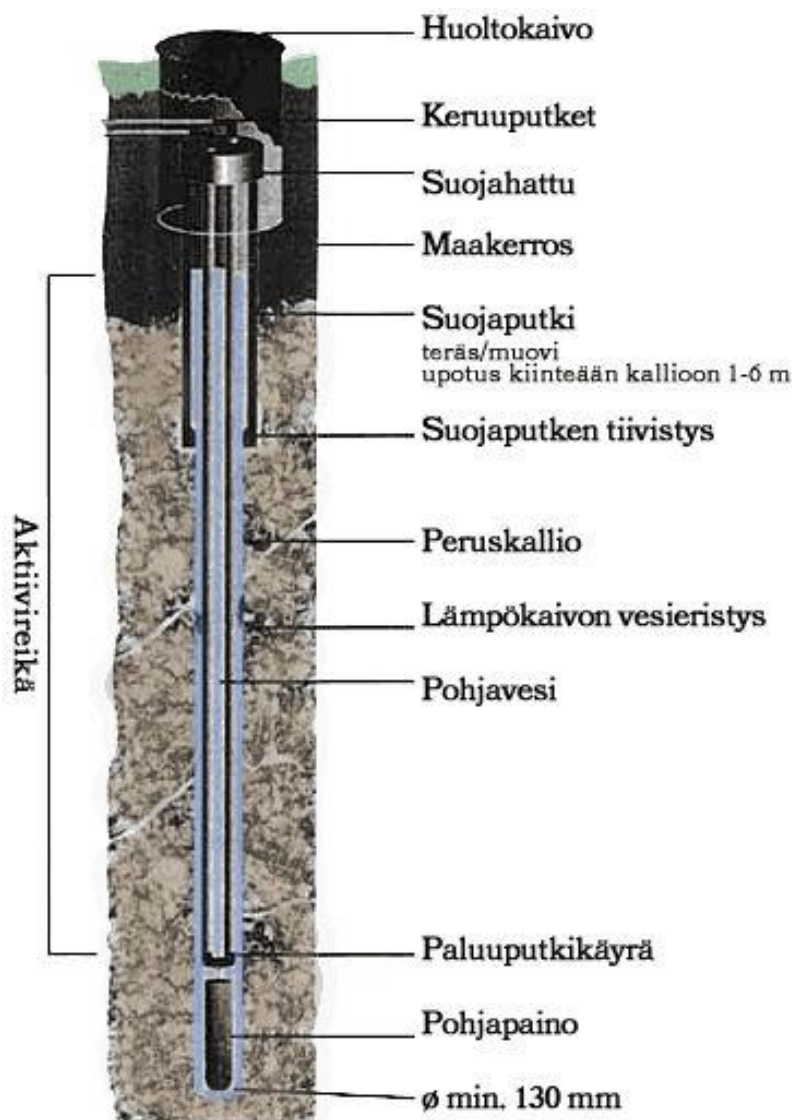
Lämpöenergiaa saadaan kerättyä talteen usealla tavalla eri syvyyksistä. Maalämpöjärjestelmä koostuu lämpöpumpusta, siirtoputkista ja keruupiiristä. Keruupiiri voidaan sijoittaa maaperään, kallioperään tai vesistöön. Keruujärjestelmät ovat maapiiri, energiakaivo, vesistöpiiri tai avoinpiiri. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 8.)

Energiakaivo on keruupiireistä yleisin ja tehokkain. Energiakaivot ovat suljettuja kiertopiirejä ja niissä energiaa kerätään syvältä maaperästä. Kallioperään porataan maksimissaan 200–250 metriä syvä reikä, johon asennetaan keruuputkisto. Jos lämmitettävän rakennuksen lämmitettävät neliöt ovat suuret, voidaan reikiä joutua poraamaan useampia. Reikien välimatka on kuitenkin oltava 15–20 metriä. Kun reikiä porataan useita, aletaan niiden yhdistelmää kutsua energiakentäksi. Tällöin kuitenkin lämmitettävän rakennuksen koko on jo melko suuri. Omakotitaloihin riittää yleensä vain yksi reikä. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 8, Motiva 2012, 4)

Energiakaivoa porattaessa on etu, jos peruskallio tulee nopeasti vastaan, koska kalliota on helpompi ja halvempi porata kuin maata. Peruskalliota edeltävään maaperään on asennettava suojaputki, jotta reikä pysyy kasassa ja että pintavedet eivät pääse reiän pohjalle.

Rakennuksen lämmöntarve on suurin vaikuttava tekijä, lämpökaivon syvyyteen. Riippuen vuodenajasta, energiakaivon lämpötila vaihtelee kahden ja kolmen asteen välillä. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 8. Motiva 2012, 4.)

Tarkasteltavan kohteen keruupiirinä toimii energiakaivo, jonka syvyys on 200 metriä. Kaivoa poratessa peruskallio saavutettiin neljän metrin kohdalla, ja reikää suojaava teräksinen suojaputki ulottuu kuuden metrin syvyyteen. Kuvassa 1 nähdään energiakaivon rakenne.



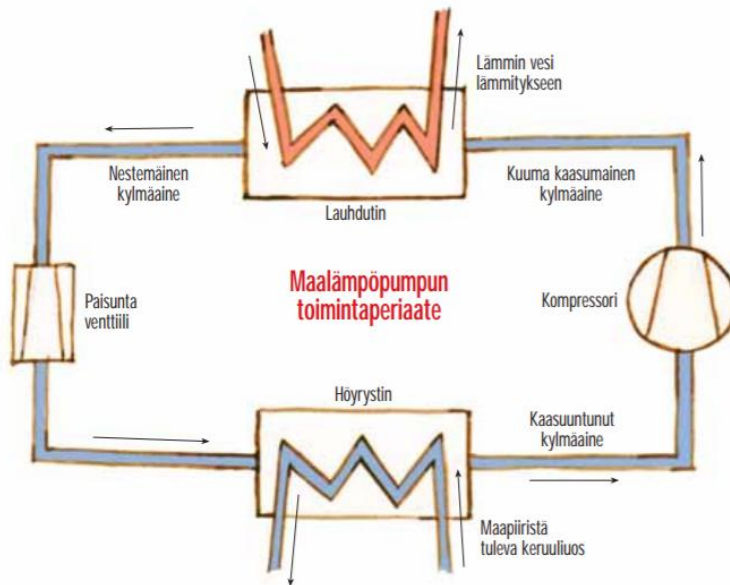
**Kuva 1.** Energiakaivo (Maalämpötukku)

Energiakaivossa on myös se hyöty, että sitä voidaan käyttää talon viilennykseen. Keruupiiri voidaan kytkeä ilmanvaihtoon, jossa keruupiirin kylmä neste viilentää huoneisiin tulevaa ilmaa. Toisena vaihtoehtona on, että keruupiiri kytketään lattialämmitysverkoston, jossa keruupiirin neste viilentää lattialämmityspiirin vettä. Rakennukseen voidaan myös rakentaa ihan oma vesikiertoinen jäähdytyspiiri. Piiriä ei tarvitse asentaa koko taloon, riittää että se kulkee viilennystä tarvitsevien huoneiden läpi. Jäähdytyspiiri on huomattavasti tehokkain ratkaisu, koska sillä voidaan laskea huoneen lämpötilaa jopa 6–8 astetta kun taas keruupiirin kytkentä ilmanvaihtoon tai lattialämmitysverkkoon laskee lämpötilaa vain noin 1–2 astetta. Maalämpöjärjestelmän asennuksen yhteydessä kannattaa hyödyntää myös tämä mahdollisuus viilentämiseen. Näin taloihin ei tarvita ylimääräisiä sähköä kuluttavia jäähdytyskoneita. (Motiva 2012, 5)

## **2.2 Maalämpöpumpun toiminta**

Keruupiirillä siirretään kallioperään sitoutunut lämpöenergia putkistoa pitkin maalämpöpumpulle. Keruupiiri kulkee lämpöpumpulla höyrystimen läpi, jonka jälkeen palaa takaisin maahan. Höyrystimessä lämpöenergia siirtyy keruupiiristä lämpöpumpun kylmäainepiirin kylmäaineeseen. Työn tarkasteltavassa kohteessa lämpöpumpun kylmäaineena on R410A. Kylmäaine höyrystyy saadun energian seurauksena ja jatkaa matkaa kompressoriin. Kompressorissa höyrystynyttä kylmäainetta puristetaan ja sen paine sekä lämpötila kasvaa. Kompressorin jälkeen kylmäaine voi olla jopa 100 asteista riippuen sen paineesta. Paineistettu kylmäaine kulkee lauhduttimen läpi, jossa se siirtää lämpöenergiaansa lämmityspiirin veteen ja samalla muuttuu takaisin nesteeksi. Tarkasteltavassa kohteessa lämmityspiirissä lämmennyttä vettä käytetään talon lämmittämiseen lattialämmityksen kautta ja lämpimänä käyttövetenä. Lauhduttimen jälkeen nestemäinen kylmäaine kulkee paisuntaventtiilin läpi, jossa sen paine ja lämpötila tippuvat takaisin normaaliin ja on valmis jatkamaan uuteen kiertoon takaisin höyrystimeen. Kuvassa 2 on havainnollistettu maalämpöpumpun toimintaa. (Motiva 2012, 3.)





**Kuva 2.** Maalämpöpumpun toimintaperiaate

### 3 MAAKAASU

Maakaasu on fossiilinen polttoaine, joka koostuu pääosin (noin 98 %) metaanista CH<sub>4</sub>. Maakaasu on syntynyt maaperässä biomassan hajoamisen seurauksena. Maakaasua jalostetaan eri käyttötarkoituksia varten ja siitä voidaan tehdä joko nestemäistä (LNG) tai paineistettua (CNG). Maakaasua voidaan hyödyntää sähköntuotannossa, lämmityksessä, eri teollisuuden prosesseissa ja liikenteen polttoaineena. (Suomenkaasuenergia 2020.)

Suurin osa Suomen kaasun ostajista on suuria teollisuusyrityksiä, sähköä tai kaukolämpöä tuottavia energiayhtiöitä, tai paikallisia jakeluyhtiöitä. Yksityinen kuluttaja voi ostaa kaasua paikallisen jakeluyhtiön kautta pientalon lämmitykseen. Suomi on täysin riippuvainen kaasun tuonnista, koska sillä ei ole omaa tuotantoa. Valtaosa kaasusta tulee maakaasuputkistoapitkin Venäjältä. Kaasua tuodaan Suomeen myös Suomen ja Viron välisellä merenalaisella Baltic Connector putkistolla sekä laivoilla nesteytettynä. (Energiavirasto 2020.)

Kaikille kuitenkin maakaasua ei ole tarjolla. Kaasua on saatavilla Etelä- ja Länsi-Suomessa siirtoverkon läheisyydessä kuten kuvasta 3 nähdään. Kaasuputkiston ulkopuolella maakaasua on esimerkiksi tarjolla autoilijoille tankkausasemilla.



**Kuva 3.** Maakaasun siirtoputkisto (Suomen Kaasuenergia 2021)

### **3.1 Maakaasu omakotitalon lämmönlähteeksi.**

Maakaasun myynti Suomessa oli nousussa 1980-lopulla ja sitä alettiin ottaa teollisuuden ja lämmöntuotannon rinnalla käyttöön enemmän myös kotitalouksissa. Gasumin maakaasun myynti kasvoi tuolloin noin 10 vuodessa 400 %. Tuona aikoina maakaasunjakeluverkosto laajeni merkittävästi Etelä-Suomessa ja toi monille kotitalouksille mahdollisuuden käyttää maakaasua kodin lämmityksessä. (Gasum vuosikertomus 2000, 8.)

Samoihin aikoihin, kun maakaasun käyttö nousi Suomessa, öljyn hinta nousi tasaisesti melkein koko 1990-luvun. Vuosina 1990–1997 öljyn maailmanlaajuinen kulutus kasvoi 1240 miljoonaa litraa päivässä ja samalla Venäjällä öljyn tuotanto laski huomattavasti, jopa 1000 miljoonaa litraa päivässä. Koska kysyntä oli kovaa, niin oletus oli, että hinta jatkaisi nousuaan vielä 2000-luvun alkuun. (Williams 2011.)

Lämmitysmuotoa harkittaessa oli tarkasteltavalle kohteelle valmis kaasuverkko tarjolla, joten erillistä säiliötä ei olisi tarvittu. Lisäksi toiseen yleiseen polttoaineeseen öljyyn verrattuna maakaasu palaa puhtaammin ja tuottaa vähemmän CO<sub>2</sub> päästöjä. Näillä perusteilla oli luonnollista valita maakaasu vuonna 1999 syyskuussa valmistuneen omakotitalon lämmönlähteeksi. Maakaasu poltettiin kattilassa ja saatu energia käytettiin talon kiertoveden ja lämminvesivaraajan veden lämmittämiseen.

### **3.2 Maakaasusta luopuminen**

Vuonna 2015 Pariisissa tehdyn ilmastopimuksen tavoitteena on hidastaa maapallon keskilämpötilan nousua ja osallistuvat osapuolet, kuten Suomi, ovat sitoutuneen vähentämään huomattavasti päästöjään. Tämä koskee erityisesti fossiilisista polttoaineista luopumista. Vaikka maakaasu on puhtaampi kuin hiili tai öljy, sekin aiheuttaa päästöjä. Sopimus on osaltaan vaikuttanut myös yksityisiin henkilöihin, jotka haluavat tehdä oman osuutensa puhtaamman ilmaston puolesta vaihtamalla esimerkiksi kotitaloutensa lämmöntuotannon fossiilisesta polttoaineesta uusiutuvaan.

Maakaasun hinta on ollut Suomessa nousussa, mikä johtuu vahvasti sen kasvaneesta verotuksesta. Vuonna 2019 verotus muodostui seuraavista: hiilidioksidivero 12,94 €/MWh,

energiasisältöveron 7,63 €/MWh ja huoltovarmuusmaksu 0,084 €/MWh, jolloin kokonaisveroksi tulee 20,654 €/MWh. Maakaasun hinta on sidottuna öljyn ja hiilen maailmanmarkkina hintaan. Maakaasun verotus on kiristynyt seuraavina vuosina edelleen lisää ja verotuksen odotetaan kiristyvän entisestään. (Energiavirasto 2019.)

### **3.2.1 Haastattelu**

Kohteen omistajaa haastatellessa keskusteltiin syistä, jotka johtivat maakaasusta luopumiseen ja mitä uusia etuja maalämpö tarjoaa. Tärkeimpinä syinä esille nousi ympäristöystävällisempi lämmitysmuoto, kiinteistön jälleenmyyntiarvon paraneminen ja halvemmat vuotuiset kustannukset. Maakaasuun verrattuna maalämpö ei tuota kasvihuonekaasuja muuten kuin välillisesti jos sen käyttöön ostettu sähkö ei ole tuotettu uusiutuvasti. Tämä on omistajan mukaan yksi keino tehdä oma osuus ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Uusi energiajärjestelmä nostaa talon jälleenmyyntiarvoa maakaasuun verrattuna. Maakaasun kulutus on kalliimpaa kuin sähkön, etenkin maakaasun korkea kiinteä kuukausimaksu aiheuttaa valtaosan kesän maksuista. Kesällä tuntuu väärältä maksaa korkeaa kuukausimaksua, kun kulutus on pieni. Lisäksi maakaasun hinta on sidottu öljyyn ja saattaa sen kautta muuttua nopeasti. Myös maakaasun hintaa on hankalampi kilpailuttaa kuin sähkön.

Uudistunut lämmitysjärjestelmä tuo myös mukavuuksia mukanaan. Uudessa järjestelmässä on paikallisesti parempi säädettävyys. Lämpöpumpun kosketusnäyttöä on helppo käyttää ja siinä toimintoja mitä vanhassa järjestelmässä ei ollut. Lämpöpumpussa voi esimerkiksi ajastimella asentaa, jos vaikka vuorokauden päästä haluaa lisätä tai laskea lämmitystehoa. Lämpöpumpun saa kytkettyä myös kotiverkkoon, jolloin sitä pystyy etäohjata puhelimella. Vaikka maakaasu oli melko huoltovapaa, voidaan sanoa, että maalämpö on lähes täysin huoltovapaa.

## 4 KANNATTAVUUSLASKENTA

Kannattavuuslaskennassa esitetään kohteen lämmitystarve sekä maakaasun ja maalämmön kustannukset. Maakaasun kustannuksia verrataan maalämmön kustannuksiin ja arvioidaan, oliko investointi kannattava. Vaikka maalämpö on pysyvä energiantuotantomuoto ja sitä ei enää vaihdeta toiseen energiantuotantomuotoon tai uusita kokonaan, käytetään laskelmien pitoaikana 20 vuotta. Korkokantana toimii 5 % vuotuinen korko. Poistoarvo maakaasulle ja maalämmölle voidaan suoraan arvioida nolllaksi. Maakaasujärjestelmä oli poistohetkellä niin vanha, että sen jäännösarvoksi voidaan olettaa vain romutusarvo. Maalämpöjärjestelmän jäännösarvo esitetään kahdella tavalla. Ensimmäisellä tavalla jäännösarvo oletetaan nolllaksi eli sillä on vain sen romutusarvo. Toisen tavan jäännösarvoksi jätetään maalämmön porauskustannukset. Jos 20 vuoden pitoajan jälkeen maalämpöjärjestelmä uusittaisiin kokonaan tai tontille rakennettaisiin uusi talo, jonka lämmitysmuodoksi tulisi myös maalämpö, ei uutta energiakaivoa tarvitse porata.

### 4.1 Kohteen lämmitystarve

Kohde on kaksikerroksinen omakotitalo, jonka täysin lämmitetty huoneistoala on 152 m<sup>2</sup> ja kokonaisala 232 m<sup>2</sup>. Lämmitys on tiputettu normaalia pienemmälle autotallista ja askarteluhuoneesta, joissa ei tarvitse olla yhtä lämmintä kuin muualla. Kohteessa energiaa kuluu lämpimän käyttöveden ja asuintilojen lämmittämiseen. Vanhalla lämmitysmuodolla vuoden energiantarve on vaihdellut 20 000 kWh ja 25 000 kWh välillä. Tämä ei ole kuitenkaan kohteen todellinen energiantarve, koska etenkin talviaikaan kohdetta lämmitetään myös puulla kahdella takalla. Puun käyttö on kuitenkin pysynyt vuosittain määriltään ja ajanjaksoiltaan tasaisena ja tulee suunnitellusti myös jatkumaan yhtä tasaisena, niin voidaan puun käyttö jättää pois laskennasta.

### 4.2 Maakaasun kustannukset

Maakaasun kustannus riippuu kaasun siirto- ja kulutusmaksuista. Siirtomaksu koostuu siirron kiinteästä kuukausimaksusta, siirron kulutusmaksusta ja energiaverosta. Kulutusmaksu koostuu energiankulutuksesta, kapasiteettimaksusta ja velvoitevarastointimaksusta. Kaasun kulutus riippuu vahvasti sääolosuhteista ja sen takia kulutus vaihtelee vuosittain jopa 5 MWh. Tästä johtuen kaasun kulutuksesta otetaan keskiarvo vuosilta 2011–2019, jota käytetään maakaasun vuotuisen kustannuksen

laskennassa. Kaasun kulutus kyseisinä vuosia ja niiden keskiarvo on nähtävissä taulukosta 1. Maakaasun kulutustiedot tallentuvat Suomen Kaasuenergian verkkosivuille, josta ne on ladattu tarkasteltaviksi. Lisäksi maakaasusta on aiheuttanut huoltotyötä, mitkä lisätään kuluihin.

**Taulukko 1** Kaasun kulutus vuosina 2011–2019 ja niiden keskiarvo

Kulutusvuosi	kWh
2011	23940
2012	24980
2013	22140
2014	21230
2015	20740
2016	21010
2017	24760
2018	20170
2019	22350
Keskiarvo	22368,89

Siirto- ja kulutusmaksujen arvolisäverolliset hinnat on saatu Suomen Kaasuenergian viimeisestä laskusta 5.10.2020 ennen maalämmön käyttöönottoa ja ne on esitetty taulukossa 2. Taulukossa 3 on laskettu maakaasun siirrosta ja myynnistä aiheutuneet kustannukset vuodessa taulukon 2 hintojen ja taulukosta 1 saadun keskiarvon 22,4 MWh avulla. Kaasun siirrosta vastaa Aurin Kaasunjakelu Oy ja myynnistä Suomen Kaasuenergia Oy.

**Taulukko 2.** Kaasun siirron ja myynnin ja hinnat

Kaasun siirto		
Siirron kulutusmaksu	21,7744	€/MWh
Siirron kiinteä maksu	22,0875	€/kk
Energiaverot	25,6110	€/MWh
Kaasun myynti		
Energian kulutusmaksu	21,0130	€/MWh
Kapasiteettimaksu	5,58000	€/MWh
Velvoitevarastointimaksu	1,31440	€/MWh

**Taulukko 3.** Maakaasun siirron ja myynnin kustannukset vuodessa

Siirron kulutusmaksu	487,07 €/v
Siirron kiinteä maksu	265,05 €/v
Energiaverot	572,89 €/v
Energian kulutusmaksu	470,04 €/v
Kapasiteettimaksu	124,82 €/v
Velvoitevarastointimaksu	29,40 €/v
Yhteensä	1 949,27 €/v

Maakaasujärjestelmä oli käytössä vuoden 1999 syksystä vuoden 2020 vuoden syksyyn. 21-vuotisen käytön aikana tehtiin kaksi polttimen huoltoa ja yksi korjaus. Huolloissa poltin putsattiin ja säädettiin, ja korjauksessa vaihdettiin kuluvia osia. Työt yhteensä kustansivat noin 700 €. Kustannukset jaettuna yhdelle vuodelle ovat:

$$\frac{700 \text{ €}}{21} = 33,33 \text{ €}$$

Jolloin vuotuiset kokonaiskustannukset ovat:

$$1\,949,27 \text{ €} + 33,33 \text{ €} = 1\,982,60 \text{ €}$$

### 4.3 Maalämmön kustannukset

Maalämmön kustannukset koostuvat investoinnin kustannuksesta ja käyttö- ja kunnossapitokustannuksista. Ennen kun maalämpöjärjestelmä voidaan asentaa, on toimenpiteelle haettava toimenpidelupaa. Kyseisen kohteen kaupungin rakennusvalvonta on asettanut maalämpökaivon ja maalämpökeruunpiirin valvonnasta seuraavat kustannukset: toimenpidettä kohti 500 € ja enintään 2-asuntoinen asuinrakennus 250 € (Säädöskokoelma 2019, 3.). Pelkästään luvasta kertyi 750 € kustannus. Investoinnin loput kustannukset aiheutuivat energiakaivon porauksesta, lämpöpumpusta ja asennustöistä, johon kuului myös vanhan järjestelmän purkaminen. Lisäksi tarjouksessa tarjottiin ylimääräistä 100 L lämminvesivaraajaa mikä päätettiin myös hankkia.

Maalämpöjärjestelmästä on mahdollista hakea kotitalousvähennystä. Vähennyksen enimmäismäärä on 2 250 € veronmaksavaa henkilöä kohden kotitaloudessa. Kuitenkin maksimissaan kaksi henkilöä voi vain hakea vähennystä. Vähennys maksetaan vain työn osuudesta ja siitä vähennetään 100 € omavastuu henkilöltä. Saatava kotitalousvähennys voidaan laskea seuraavasti (Vero 2021):

$$\text{vähennys} = 0,4 \cdot \text{työn osuus} - 100 \text{ €} \quad (1)$$

Työn osuuteen kuuluu poraus 6 607 € ja asennus 3 659 €. Vähennykset laskettuna yhtälön 1 mukaisesti:

$$0,4 * (6\,607 \text{ €} + 3\,659 \text{ €}) - 2 * 100 \text{ €} = 3\,906,4 \text{ €}$$

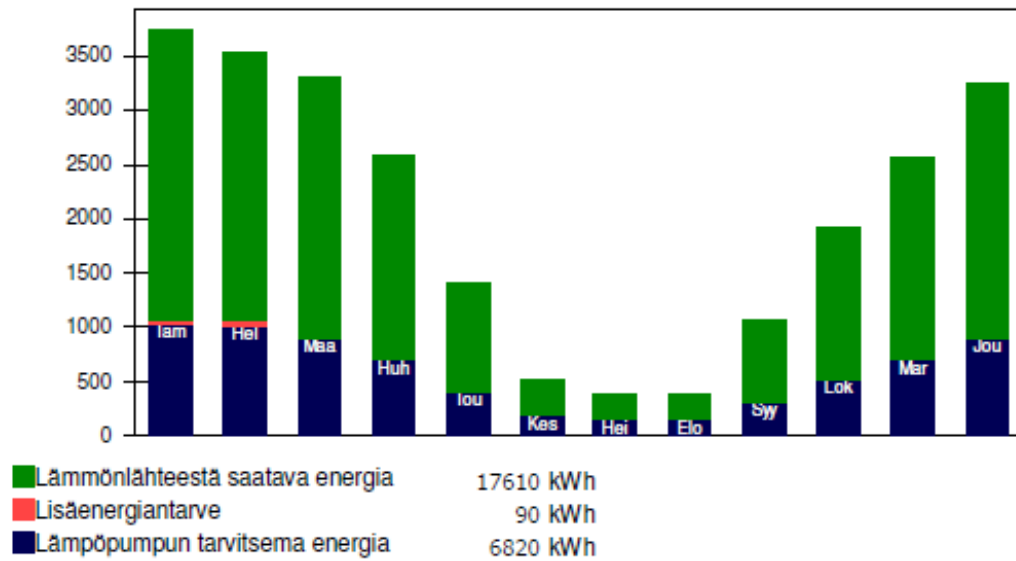
Vähennyksen määrä ei ylitä kahden henkilön 4 500 € rajaa, joten koko laskettu vähennys saadaan. Investoinnin kokonaiskustannukset on esitetty taulukossa 4.

**Taulukko 4.** Investoinnin kustannukset

Toimenpidelupa	750,00 €
Energiakaivo 200 m	6 607,00 €
Bosch Compress7001i LWM 2-8 kW maalämpöpumppu	7 900,00 €
Lämminvesivaraaja 100 L	790,00 €
Maalämpöpumpun asennus	3 650,00 €
Kotitalousvähennys	- 3 906,40 €
<hr/>	
Yhteensä	15 790,60 €

Vuotuiset kustannukset koostuvat lämpöpumpun sähkölukutuksesta ja ylläpitokustannuksista. Lämpöpumppu on ollut toiminnassa kuuden kuukauden ajan lokakuun 2020 alusta huhtikuun 2021 alkuun, joten siitä ei saada vielä koko vuoden energiantarvetta selville. Tarjouksessa lämpöpumpun energiantarve oli arvioitu olevan 6820 kWh mutta se on selvästi laskettu yläkanttiin. Kuuden kyseisen kuukauden aikana lämpöpumpun energiantarve on yhteensä 3080 kWh. Kesällä lämpöpumppua tullaan käyttämään vain lämpimän käyttöveden lämmitykseen, joten lämpöpumpun koko vuoden aikana tarvitsema energia ei voi olla suurempi kuin 5000 kWh. Kuvassa 5 on esitetty hyväksytyyn tarjoukseen antama pylväsdiagrammin mikä näyttää normaalin vuoden kuukausittaisen energian kulutuksen jakauman.





**Kuva 5.** Energian kulutus kuukausittain

Jakaumasta voidaan tarkastella, miten lämpöpumpun tarvitsema energia on suunniteltu jakautuvan kuukausille. Arvioitu 6820 kWh jakautuu suurin piirtein seuraavasti: Lokakuu-Maaliskuu 4970 kWh ja huhtikuu-syyskuu 1850 kWh. Kulutusten suhteella saadaan seuraavasti ratkaistua, paljonko oikeasti lämpöpumppu tarvitsee energiaa huhti-syyskuussa:

$$\frac{4970 \text{ kWh}}{3080 \text{ kWh}} = \frac{1850 \text{ kWh}}{x} \rightarrow x = \frac{3080 \text{ kWh} \cdot 1850 \text{ kWh}}{4970 \text{ kWh}} = 1146 \text{ kWh}$$

Lämpöpumpun arvioidaan myös tarvitsevan lisäenergiaa 90 kWh, joten vuoden kokonaisenergiatarve on:

$$3080 \text{ kWh} + 1146 \text{ kWh} + 90 \text{ kWh} = 4316 \text{ kWh}$$

Sähkön hinta kotitaloudessa on 0,12 €/kWh mihin kuuluun sähkön osto ja siirto. Kiinteitä kuukausimaksuja sähkön hinnassa ei tarvitse ottaa huomioon, koska ne maksetaan joka tapauksessa kotitaloussähkön ostossa eikä nykyinen sulakekoko 3 x 25 A muuttunut suurempaan investoinnin johdosta. Sähkön kustannukset vuodessa ovat:

$$4316 \text{ kWh} \cdot 0,12 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 517,98 \text{ €}$$

Järjestelmä voidaan olettaa olevan aika huoltovapaa. Laiteelle ja kuluville osille takuu on 6 vuotta, kompressorille 10 vuotta ja energiakaivolle 10 vuotta. Lämpöpumpun suodattimen pystyy itse helposti puhdistamaan/vaihtamaan. Arvioidaan huoltokustannusten olevan 20 €. Kokonaiskustannukset vuodessa lämpöpumpulle ovat:

$$517,98 \text{ €} + 20 \text{ €} = 537,98 \text{ €}$$

#### 4.4 Nykyarvomenetelmä ja takaisinmaksuaika

Nykyarvomenetelmää käytetään investoinnin kannattavuuden arviointiin. Menetelmässä diskontataan tuotot ja kustannukset laskentakoron avulla nykyhetkeen. Jos nykyarvosta saadaan suurempi kuin 0, on investointi kannattava. Investoinnin nykyarvo  $NA$  [€] lasketaan seuraavasti:

$$NA = a_{n-i} \cdot S + JA - I \quad (2)$$

jossa  $a_{n-i}$  on jaksollinen nykyarvotekijä [-],  $S$  on säästöt vuodessa [€],  $JA$  on investoinnin jäännösarvo pitoajan jälkeen ja  $I$  on investoinnin kustannukset [€]. Nykyarvotekijä saadaan laskettua seuraavasti:

$$a_{n-i} = \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \quad (3)$$

jossa  $i$  käytetty korkokanta [%] ja  $n$  investoinnin pitoaika. Vuotuiset tuotot saadaan seuraavasti laskemalla maakaasun vuosikustannusten ja maalämmön vuosikustannusten erotus:

$$S = 1982,60 \text{ €} - 537,98 \text{ €} = 1\,444,62 \text{ €}$$

Nykyarvotekijän laskennassa käytetään 5 % korkokantaa ja 20 vuoden pitoaika. Nykyarvon laskenta yhtälöllä 3:

$$a_{20-5\%} = \frac{1 - (1 + 0,05)^{-20}}{0,05} = 12,46$$

Investoinnin nykyarvo voidaan nyt laskea yhtälöllä 2. Ensimmäiseksi on esitetty nykyarvo  $NA$ , kun investoinnin jäännösarvo on nolla ja sen jälkeen nykyarvo  $NA_{JA}$ , kun investoinnin jäännösarvoksi huomioidaan porauskustannukset. Porauskustannukset olivat 6 607 € mutta inflaation takia 20 vuoden päästä ostovoima ei ole sama. Jäännösarvon määrittämiseksi käytetään 2,2 % hinnan vuosimuutosta. (SVT 2021). Jäännösarvoksi saadaan:

$$JA = 6\,607 \text{ €} \cdot (1 - 0,022)^{20} = 4\,234,3 \text{ €}$$

$$NA = 12,46 \cdot 1\,444,62 \text{ €} + 0 \text{ €} - 15\,790,6 \text{ €} = 2\,212,59 \text{ €}$$

$$NA_{JA} = 12,46 \cdot 1\,444,62 \text{ €} + 4\,234,3 \text{ €} - 15\,790,6 \text{ €} = 6\,446,88 \text{ €}$$

Investointi on todettu kannattavaksi nykyarvomenetelmällä. Investoinnille lasketaan vielä takaisinmaksuaika mikä kertoo, milloin investointi on maksanut itsensä takaisin ja alkaa tekemään ns. voittoa. Investoinnin takaisinmaksu aika voidaan laskea joko korollisena tai korottomana. Koroton  $TA_k$  ja korollinen  $TA_i$  takaisinmaksuaika lasketaan seuraavasti ja laskennassa käytetään 5 % korkoa.

$$TA_k = \frac{I}{S} \quad (4)$$

$$TA_k = \frac{15\,790,6 \text{ €}}{1\,444,62 \text{ €}} = 10,93061$$

$$Ta_i = \frac{\ln\left(\frac{1}{1 - i \cdot \frac{I}{S}}\right)}{\ln(1 + i)} \quad (5)$$

$$Ta_i = \frac{\ln\left(\frac{1}{1 - 0,05 \cdot \frac{15\,790,6 \text{ €}}{1\,444,62 \text{ €}}}\right)}{\ln(1 + 0,05)} = 16,21279$$

(Sinkkonen T. 2020)

#### 4.5 Kannattavuuslaskennan tarkastelu ja vertailu muutoksiin

Kannattavuuslaskennalla investointi osoitettiin kannattavaksi ja sille laskettiin takaisinmaksuajat. Järjestelmälle laskettiin nykyarvo kahdella eri tavalla. Kun laskennassa otettiin huomioon energiakaivon porauksesta syntyvä jäännösarvo, tuli nykyarvosta melkein kolme kertaa suurempi kuin ilman jäännösarvoa. Ei voida kuitenkaan vielä tietää uusitaanko maalämpöjärjestelmä joskus kokonaan ja onko energiakaivolle uudestaan käyttöä. Tämän takia on laskettu kummatkin jäännösarvot.

Osa laskennasta on kuitenkin vain arvioita, koska maalämpöpumpun koko vuoden käyttämää tehoa ei ole vielä tiedossa ja sitä on tarkasti vaikea arvioida, koska COP tulee laskemaan kesäksi ja taas uudelleen nousemaan kesän jälkeen. Maalämpöjärjestelmästä saadut tarjoukset on esitetty taulukossa 5

**Taulukko 5.** Maalämpöjärjestelmän tarjoukset

	Tarjous 1	Tarjous 2	Tarjous 3
Lämpöpumppu	Bosch 7001i LWM 2-8 kW	Nibe S1255-12	Nibe S1255-6(8)
Energiankulutus [kWh/v]	24520	28200	15300
Sähköteho [kW]	8	10,7	7,6
Lämpökaivo [m]	200	210	170
Hinta [€]	17 950	20 250	18 590

Tarjouksia pyydettiin paikallisilta ja lähellä sijaitsevilta yrityksiltä. Tarjouksissa esiintyy eroja vuosikulutuksen arvioinnissa. Myöskään tehontarve ja sen myötä lämpökaivon syvyys ei ole missään arvioitu samaksi. Tarjous 1 valittiin, koska siinä energian vuosikulutus oli arvioitu parhaiten ja hinta oli alhaisin. Tarjoukset olivat kuitenkin vain arvioita kustannuksista, ja lisäkustannuksia tuli esimerkiksi ylimääräisestä lämminvesivaraajasta ja lisäputkituksesta.

Investoinnin kustannukset pysyivät kuitenkin arvioiduissa rajoissa. Vuosittaisesta säästöstä saatiin laskemalla suurempi kuin se oli tarjouksessa arvioitu. Tämä johtuu siitä, että lämpöpumppu ei käytä niin paljon sähköä, kun oli arvioitu. Maakaasun kulutus saatiin arvioitu tarkasti edellisten vuosien keskiarvolla, joten sen aiheuttamat kulutkin ovat tarkkoja. Heittoa säästöön tulee kuitenkin maalämpöpumpun kulutuksen arvioinnissa ja sähkön hinnassa. Taulukossa 6 on esitetty miten säästö ja sen myötä nykyarvo ja takaisinmaksuaika muuttuvat, jos ostetun sähkön kokonaiskustannukset laskevat/nousevat.

**Taulukko 6.** Sähkön kustannusten vaikutus säästöön, nykyarvoon ja takaisinmaksuajkaan

Sähkön hinta [€/kWh]	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14
Energiankustannusten säästö €/v	1530,95	1487,79	1444,62	1401,46	1358,29
Investoinnin nykyarvo [€]	3288,44	2750,51	2212,59	1674,66	1136,73
Nykyarvo kun JA on 4 234,3 € [€]	7522,74	6984,81	6446,88	5908,95	5371,026
Koroton TA [a]	10,31	10,61	10,93	11,27	11,63
Korollinen TA [a]	14,83	15,51	16,21	16,98	17,84

Jos ostetun sähkön kustannukset laskevat 2 senttiä, säästöä ei kerry lisää kuin vajaa 100 € mutta silti se vaikuttaa takaisinmaksuajaa yli vuodella. Myös kustannusten nousu aiheuttaa huomattavaa muutosta takaisinmaksuajkaan. Sähkön hinnan nousu heikentää nykyarvoa ja sen liika nousu saisi nykyarvon negatiiviseksi mikä tarkoittaa, ettei investointi olisi kannattava. Ilman jäännösarvoa nykyarvo muuttuisi negatiiviseksi, jos sähkön kustannukset olisivat yli 0,1613 €/kWh. Tämä olisi vain vähän yli 4 sentin nousu nykyiseen hintaan. Jos jäännösarvo huomioidaan nykyarvossa, pitäisi sähkön hinnan olla melkein 0,24 €/kWh ennen kuin se muuttuisi negatiiviseksi. Kannattavuuslaskuihin oli valittu pitoajaksi 20 vuotta, jotta laskut saataisiin tehtyä mutta todellisuudessa todellinen pitoaika on pitempi ja

sitä ei tarkkaan tiedetä. Myös laskennassa käytetty 5 % korko on vähän yläkanttiin arvioitu. Jos investointiin olisi otettu pankista laina, vuotuinen korko olisi 1 % luokkaa. Tässä tilanteessa lainalle ei kuitenkaan ollut tarvetta. Jos investointiin kuluneen summan olisi sijoittanut esimerkiksi rahastoihin tai osakkeisiin, olisi niistä voinut saada 5 % vuotuisen tuoton. Taulukossa 7 on vielä esitetty miten alhaisempi korko vaikuttaa investoinnin nykyarvoon ja korolliseen takaisinmaksu-aikaan. Koroton takaisinmaksu-aika pysyy vakiona koska investointi tai säästöt eivät muutu.

**Taulukko 7.** Koron vaikutus nykyarvoon ja takaisinmaksu-aikaan

Korko [%]	1	2	3	4	5
Nykyarvo [€]	10278,40	7831,04	5701,73	3842,29	2212,59
Nykyarvo kun JA on 4 234,3 € [€]	14512,70	12065,34	9936,03	8076,58	6446,88
Korollinen TA [a]	11,63	12,46	13,44	14,66	16,21

## YHTEENVETO

Viileän ilmaston takia Suomessa joudutaan lämmittämään omakotitaloja lähes koko vuosi. Talojen lämmitykseen on käytössä monia eri vaihtoehtoja. 2000-luvulla maalämmöstä on tullut suosittu lämmitysmuoto ja nykypäivänä yli puolet valitsee sen uuden pientalon lämmitysmuodoksi. Työssä tutkittiin lämmitysmuodon vaihtamista maakaasusta maalämpöön ja sen investoinnin kannattavuutta.

Maalämpö on maaperään sitoutunutta energiaa, joka otetaan talteen keruupiirillä maasta, kalliosta tai vesistöistä. Suosituin ja tehokkain keruupiiri on energiakaivo. Energiakaivot ovat syvälle kallioperään porattuja reikiä, joista lämpö saadaan talteen keruuputkistoa pitkin. Maasta talteen saatu lämpö muutetaan maalämpöpumpulla kodin energiaksi talouden käyttöön. Maalämpöpumpulla saadaan tuotettua energiaa edullisesti ja sen tuottama lämpöteho on jopa kolminkertainen verrattuna maalämpöpumpun käyttämään sähköön. Maalämpöjärjestelmän huono puoli on kallis investointi.

Maakaasu on pääosin metaanista koostuva polttoaine, jota käytetään sähköntuotannossa, lämmityksessä, eri teollisuuden prosessissa ja liikenteen polttoaineena. Suomessa eniten maakaasua käyttävät teollisuusyritykset sekä sähköä tai kaukolämpöä tuottavat energiayhtiöt. Kotitalouksien käyttöön maakaasua voi ostaa paikallisten jakeluyhtiöiden kautta. Kaikki kaasu tuotetaan ulkomailta, koska Suomella ei ole omia kaasuvarantoja.

Kannattavuuslaskennan kohteena käytettiin todellista Kaakkois-Suomessa sijaitsevaa omakotitaloa. Aluksi määritettiin kohteen lämmitystarpeen perusteella maakaasun ja maalämmön kustannukset. Kustannusten perusteella maalämmölle laskettiin nykyarvo ja takaisinmaksuaika. Laskelmissa käytettiin 20 vuoden pitoaikaa ja 5 % laskentakorkoa. Nykyarvosta saatiin positiivinen, mikä osoitti investoinnin kannattavaksi. Investoinnin herkkyyttä tarkasteltiin sähkön ostohinnan muutoksen avulla. Lisäksi laskettiin koron pienentämisen vaikutus nykyarvoon ja korolliseen takaisinmaksu-aikaan.

## LÄHDELUETTELO

- Gasum. 2001. Vuosikertomus 2000. [verkkojulkaisu] Saatavilla:  
<https://web.lib.aalto.fi/fi/old/yrityspalvelin/pdf/2000/Fgasum.pdf>
- Energiatehokas koti. 2020. [verkkosivu] [viitattu 7.11.2020] Saatavilla:  
[https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys)
- Energiavirasto 2020. [verkkosivu] [viitattu 24.11.2020] Saatavilla:  
<https://energiavirasto.fi/maakaasun-ostajalle>
- Energiavirasto 2019. Kaasun toimintavarmuus vuonna 2019. [verkkojulkaisu] Saatavilla:  
<https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12722768/Raportti-kaasun-toimitusvarmuus-2019.pdf/7325ed49-38a0-e8d4-6d70-f527e2e4bc2d/Raportti-kaasun-toimitusvarmuus-2019.pdf>
- Heljo Juhani & Vihola Jaakko. 2012 Lämmitystapojen kehitys 2000–2012. [verkkojulkaisu] Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Saatavilla:  
[https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/116611/vihola\\_heljo\\_lammitystapojen\\_kehitys\\_2000\\_2012.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/116611/vihola_heljo_lammitystapojen_kehitys_2000_2012.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Juvonen Janne & Lapinlampi Toivo. 2013. Energiakaivo. [verkkojulkaisu] Ympäristöopas 2013. Ympäristöministeriö. Saatavilla:  
[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO\\_2013.pdf?sequence=4](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4)
- Motiva. 2012. Lämpöä omasta maasta. [verkkojulkaisu] Saatavilla:  
[https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa\\_omasta\\_maasta\\_Maalampopumput.pdf](https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf)
- Maalämpötukku. 2020. [verkkosivu] [viitattu 13.11.2020] Saatavilla:  
<https://www.maalampotukku.fi/product/198/rototec-energiakaivo>
- Sinkkonen Tiina. 2020. Kustannusjohtamisen peruskurssi. Investointilaskenta. [Kurssimateriaali]

Suomenkaasuenergia. 2020. Maakaasu ja biokaasu [verkkosivu] [viitattu 24.11.2020]  
Saatavilla: <https://suomenkaasuenergia.fi/maakaasu-ja-biokaasu/>

Suomen virallinen tilasto (SVT): Kuluttajahintaindeksi [verkkajulkaisu].  
ISSN=1796-3524. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 21.6.2021].  
Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/khi/index.html>

Säädöskokoelma. 2019. Kotkan kaupunki. Rakennusvalvonnan tarkastus- ja  
valvontatehtävistä sekä muista viranomaistehtävistä suoritettavat maksut. [verkkajulkaisu]  
Saatavilla: <https://www.kotka.fi/wp-content/uploads/2019/09/2019-nro-18-Rakennusvalvonnan-tarkastus-ja-valvontateht%C3%A4vist%C3%A4-sek%C3%A4-muista-viranomaisteht%C3%A4vist%C3%A4-suoritettavat-maksut.pdf>

Tilastokeskus. 2016. Rakennus- ja asuntotuotanto. Maalämmön osuus lämmönlähteenä  
kasvussa. [verkkajulkaisu] Saatavilla:  
[https://www.stat.fi/til/ras/2016/09/ras\\_2016\\_09\\_2016-11-25\\_kat\\_001\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/ras/2016/09/ras_2016_09_2016-11-25_kat_001_fi.html)

Vero. 2021. Kotitalousvähennys [verkkosivu] [viitattu 4.4.2021] Saatavilla:  
<https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/verokortti-ja-veroilmoitus/tulot-ja-vahennykset/kotitalousvahennys/>

Williams James L. 2011. Oil Price History and Analysis. WTRG Economics. [verkkosivu].  
[viitattu 11.2.2021]. Saatavilla: <http://www.wtrg.com/prices.htm>