

7.9.2017

Selvitys

—

Lämmitysmuodoista pientaloon Porvoon alueella



Motiva Services

Selvitys lämmitysmuodoista uudispientaloon Porvoon alueella

Selvitys lämmitysmuodoista uudispientaloon Porvoon alueella

Sami Seuna, Ilkka Hippinen ja Harri Heinaro, Motiva Services Oy

Esipuhe

Selvityksen tarkoituksena on tuottaa ajankohtaista tietoa lämmitysjärjestelmän ja lämmöntuotantotapojen kustannuksista ja päästöistä omakotitalojen rakentajille Porvoossa.

Vertailulaskelmia on tehty neljän (4) tyyppitalon avulla.

Vertailtavina lämmitysmuotoina ovat kaukolämpö, maalämpö, ilma-vesilämpöpumppu ja sähkölämmitys, johon on yhdistetty tukilämmitysmuotona ilmalämpöpumppu.

Selvityksen ovat toteuttaneet Motivassa asiantuntijat Sami Seuna ja Harri Heinaro sekä johtava asiantuntija Ilkka Hippinen. Työn on tilannut Porvoon kaupunki ja tilaajan puolelta työn ohjaamiseen ja kommentointiin ovat osallistuneet Maija-Riitta Kontio (Porvoon kaupunki), Ari Raunio (Porvoon Energia) ja Jukka Rouhiainen (Porvoon Energia).

Helsingissä, 7.9.2017

Sisällysluettelo

1	Johdanto ja rajaukset	5
1.1	Selvityksen rajaukset	5
2	Vertailun lähtötiedot	7
2.1	Tyypitalot	7
2.1.1	Tyypitalojen energiatarpeen määrittäminen	7
2.1.2	Tyypitalojen lämmönjako	8
2.1.3	Tyypitalojen lämmönluovutuksen, -säädön ja varastoinnin lämpöhäviöt	8
2.1.4	Vertailtavien lämmitysmuotojen uusinta- ja korjauskustannukset tyypitaloissa	8
2.2	Vertailtavat lämmitysmuodot tyypitaloissa	9
2.2.1	Kaukolämpö	9
2.2.2	Maalämpö	11
2.2.3	Ilma-vesilämpöpumppu	14
2.2.4	Sähkölämmitys	17
2.3	Selvityksessä käytetyt päästökertoimet	18
2.3.1	Kaukolämmön hiilidioksidipäästöt Porvoon osalta	18
2.3.2	Kaukolämmön hiilidioksidipäästöjen valtakunnallinen vertailuarvo	19
2.3.3	Sähköntuotannon päästöt	19
2.4	Laskennan muita lähtöarvoja	19
2.4.1	Lämpöpumppujen vuosihyötysuhteet tyypitaloissa	20
3	Tyypitalojen vertailut	22
3.1	Matalaenergiatalon kannattavuus	22
3.2	Lämmitysmuotojen vertailulaskelmat	23
3.3	Tyypitalojen energiankulutus normivuotena	24
3.4	Lämmitysmuotojen 30 vuoden kokonaiskustannus	27
3.5	Lämmitysmuotojen hiilidioksidipäästöt	31
3.6	Energiankulutus lämmitysmuodoittain	33
4	Johtopäätökset	34

1 Johdanto ja rajaukset

Selvityksen tarkoituksena on tuottaa ajankohtaista tietoa lämmitysjärjestelmän ja lämmöntuotantotapojen kustannuksista ja päästöistä omakotitalojen rakentajille Porvoossa.

Vertailulaskelmia on tehty neljän (4) tyyppitalon avulla.

Vertailtavina lämmitysmuotoina ovat kaukolämpö, maalämpö, ilma-vesilämpöpumppu ja sähkölämmitys, johon on yhdistetty tukilämmitysmuotona ilmalämpöpumppu.

1.1 Selvityksen rajaukset

Selvitys koskee vain Porvoon aluetta (Porvoon Energian kaukolämpöaluetta ja Porvoon Sähköverkon sähkönsiirtoaluetta).

Vertailtavina lämmitysmuotoina ovat

- kaukolämpö
- maalämpö
- ilma-vesilämpöpumppu
- sähkölämmitys + tukilämmitysmuotona ilmalämpöpumppu

Laskentavertailussa käsitellään lämmitysmuodon

- investointikustannukset,
- käyttökustannukset,
- elinkaarikustannukset 30 vuoden ajalle sekä
- hiilidioksidipäästöt.

Laskennassa vertaillaan vain uudisomakotitaloja (tyyppitalot).

Tyyppitalot (A-D):

- Tyyppitalo A, 120m² lämmitettyä lattiapinta-alaa, 1-kerroksinen, normaali rakenne
- Tyyppitalo B, 120m² lämmitettyä lattiapinta-alaa, 1-kerroksinen, matalaenergiarakenne
- Tyyppitalo C, 180m² lämmitettyä lattiapinta-alaa, 2-kerrosta, normaali rakenne
- Tyyppitalo D, 180m² lämmitettyä lattiapinta-alaa, 2-kerrosta, matalaenergiarakenne

Energiatohokkuustasojen tekniset eroavaisuudet normaalirakenteeseen verrattuna määritetään ja rakenteiden väliset hintaerot pyritään arvioimaan.

Laskennassa huomioidaan ns. tyypillinen ja keskimääräinen taloussähkön ja käyttöveden vuosikulutus (asukaslukuna 4 asukasta talossa).

Tyypitalojen lämmönjakotapana on vesikiertoinen lattialämmitys paitsi sähkölämmitystalossa sähköinen lattialämmitys.

Selvitys on suunnattu uudisomakotitalon rakentajille, ei rakennusalan ammattilaisille.

Kaukolämmön osalta hyödynnetään myös Porvoon Energialta saatavia tietoja.

2 Vertailun lähtötiedot

2.1 Tyypitalot

2.1.1 Tyypitalojen energiatarpeen määrittäminen

Tyypitalovariaatioille laskettiin vuotuinen ominaiskulutus käyttäen Motivan lämmitysmuotojen vertailulaskuria. Laskennassa käytettiin Etelä-Suomen ilmastovyöhykettä. Kulutus sisältää lämmitysenergian tarpeen huomioiden ilmanvaihdon jälkilämmityksen sekä käyttöveden lämmitystarpeen. Lämmitystarpeessa on huomioitu myös lämmöntuoton, varastoinnin ja jakelun lämpöhäviöt. Lämmitystarve koskee ns. normaalivuoden lämpötilaolosuhteita vuosina 1981-2010. Useimmat 2010-luvun vuodet ovat olleet selvästi leudompia kuin ns. normaalivuosi.

<https://www.motiva.fi/kulutuksennormitus>

Vertailtavana olevien tyypitalojen energiatarve on laskettu käyttäen Motivan lämmityslaskuria: <http://lammitysverailu.eneuvonta.fi/>

Tyypitalojen yhteisinä lähtöarvoina laskennassa ovat:

- Sisäkorkeus: 2,6m
- Ilmastovyöhyke 1-2 (Etelä-Suomi)
- Neljä (4) asukasta
- Laskentakorko kahdella variaatiolla: 2 % ja 4 %
- Energian hinnannousu 0 %
- Käyttöveden kulutus 122 l/vrk/hlö
- Käyttöveden lämmitys 1000 kWh/a/hlö

Vedenkulutus on arvioitu laskennallisesti arvoksi 122l/hlö/vrk, jolloin tätä vastaava käyttöveden lämmitystarve on 1000kWh/hlö vuodessa. Referensseinä on käytetty viime vuosien vedenkulutustilastoja.¹

¹https://www.motiva.fi/files/11847/Energiatehokkuussopimukset_Vuokra-asuntoyhteisöjen_toimenpideohjelman_vuosiraportti_2015.pdf
https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/vedenkulutus

2.1.2 Tyypitalojen lämmönjako

Tyypitaloissa on lattialämmitys, kuten useimmissa uudistaloissa on. Sähkölämmitystaloissa on sähkökaapelilämmitys ja muiden lämmitysmuotojen yhteydessä vesikiertoinen lattialämmitys.

Lämmönjakoputken asennusväli määräytyy niin, että viereisten putkien etäisyys saa olla enintään noin 30 cm silloin kun putki on 2-5 sentin syvyydellä betonissa ja asennuksessa ovat vierekkäin kuumempi "meno" ja viileämpi "paluu"putki eli asennuskuvio muistuttaa spiraalia. Jos putki on lähempänä pintaa, lämpötilaerot lattiapinnassa kasvavat mutta reagointinopeus paranee ja lämpöhäviöt pienenevät. Käytetty putki on yleensä 16-17mm paksua joskin 12mm putkea voidaan käyttää jos putken asennustiheys on suurempi tai kyseessä on matalaenergia-passiivi -tason talo. Usein käytetään myös tihennyksiä mm. pesutiloissa sekä ulkoseinillä. Sähköinen lattialämmitys toteutetaan joko 10 w/m tai 20 w/m -kaapelilla. Tehokkaampi kaapeli on paksumpi ja kalliimpi. Ohuempi 10 w/m -kaapeli riittää uudistalon lämmitykseen.

Vesikiertoisessa lattialämmityksessä on mukana huonetermostaatit kaikissa tiloissa paitsi pesutiloissa, saunassa, kodinhoitohuoneessa ja eteisessä. Sähköinen lattialämmitys edellyttää termostaatit kaikkiin piireihin (pesuhuoneen termostaatti ohjaa myös saunan lattialämmitystä).

Lattialämmitys vesikierto	8 termostaattia	180m ²	4 600 €
Lattialämmitys vesikierto	6 termostaattia	120m ²	3 600 €
Lattialämmitys sähkökaapelit	11 termostaattia	180m ²	4 600 €
Lattialämmitys sähkökaapelit	9 termostaattia	120m ²	3 600 €

2.1.3 Tyypitalojen lämmönluovutuksen, -säädön ja varastoinnin lämpöhäviöt

Lämmitysenergiaa tuotetaan tilojen lämmitykseen, tuloilman lämmitykseen ja käyttöveden lämmitykseen. Oletuksena käytetään tuloilman lämmitystä vesikiertoisen lämmönlähteen kautta silloin kun vesikiertoinen lämmitys on asennettu. Sähkölämmityksessä tuloilma lämmitetään sähkövastuksen avulla. Käytännössä lämpöä häviää myös lämmönluovutuksen (kiertovesipumppu, putket) -säädön (termostaattien tarkkuus, yllälämmitystilanteet) ja varastoinnin yhteydessä (vesivaraaja). Laskennassa käytetyssä lämmityslaskurissa on huomioitu lämmitysmuotojen hyötysuhteiden kautta häviöiden suuruuskertainen vaikutus. Käytännössä häviöistä saadaan suuri osa hyödyksi lämmityskaudella (=lämmitystarpeen alenema) mutta tämä voi vaihdella kohdekohtaisesti paljonkin.

2.1.4 Vertailtavien lämmitysmuotojen uusinta- ja korjauskustannukset tyypitaloissa

Vertailtavana olevat lämmitysmuodot ovat uudisrakentamisessa suosituimpia vaihtoehtoja. Elinkaari-kustannusten laskennassa on käyttöikä arvioitu niin, että jos 30 vuoden aikajaksolla uusitaan esim.

2000 euron hintainen osa 15 vuoden kohdalla niin 30 vuoden jaksolla lasketaan 1000 euron osuus eli puolet uusitun osan käytetystä eliniästä. Uusimistarpeet voivat olla hyvin tapauskohtaisesti vaihtelevia, tässä selvityksessä arvioidaan käyttöikä todennäköisimpien odotusarvojen mukaisesti.

Uusimiskustannus on laskettu alkuinvestoinnin päälle:

Investoinnin laskentakorko	4 %	2 %
Sisäinen korko	3 %	1 %

Mitä kauempana tulevaisuudessa on tuleva korjauskustannus, sitä alhaisemmaksi kustannuksen nykyarvo muodostuu (omalle rahalle voidaan saada pääoman tuottoa kunnes korjauskustannushetki saavutetaan).

2.2 Vertailtavat lämmitysmuodot tyyppitaloissa

Vertailussa olivat kaukolämpö, maalämpö, ilma-vesilämpöpumppu, sähkölämmitys ilmalämpöpumpulla tuettuna.

2.2.1 Kaukolämpö

Kaukolämpöä tuotetaan lämpöä ja sähköä tuottavissa voimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa. Lämpö siirretään käyttäjille kaukolämpöverkossa kiertävän 70-120 -asteisen lämmitysveden avulla. Lämmitys- ja käyttövesienergia siirretään kaukolämpövedestä lämmönvaihtimien avulla taloihin, joten talojen lämmitysvesi ei kierrä kaukolämpöverkossa. Kaukolämpöverkosta lämpö siirretään talon lämmönjakokeskukseen, jossa on oma lämmönsiirrin tilojen lämmitykselle ja lämpimälle käyttövedelle. Lämmönsiirrin erottaa kaukolämpöverkossa kulkevan veden ja talon lämmönjakojärjestelmässä kulkevan veden toisistaan. Kaukolämpö sopii erityisesti tiheästi rakennetulla alueella sijaitseviin pientaloihin, joissa kaukolämpöverkko on talon ulottuvilla.

Porvoon Energia tuottaa kaukolämmön sähkön ja lämmön yhteistuotantona.

Kaukolämmön ympäristövaikutukset riippuvat siitä millaisessa voimalaitoksessa sitä tuotetaan ja mitä polttoainetta voimalaitoksessa käytetään. Yhteistuotantolaitokset, joissa tuotetaan sähköä ja lämpöä, toimivat erittäin hyvällä hyötysuhteella. Jos kaukolämpölaitoksen polttoaineena käytetään uusiutuvaa energiaa (puu, hake, pelletti), se on erittäin ympäristöystävällistä².

² <https://porvoonenergia.fi/fi/lampo/kaukolampo/liittymismaksut/>

<https://porvoonenergia.fi/fi/porvoon-sahkoverkko-oy/hinnasto-ja-sopimusehdot/kaukolampohinnasto-porvoo/>

https://porvoonenergia.fi/wp-content/uploads/kaukolammon_abc/#/article/5/page/1

<https://porvoonenergia.fi/fi/lampo/kaukolampo/>

Pientalon lämmönjakokeskus on tehdasvalmisteinen kokonaisuus, johon kuuluu lämmönsiirtimien lisäksi säätölaitteet, kiertovesipumput, paisunta- ja varolaitteet, mittarit ja sulkuventtiilit. Kaukolämpö-talossa ei tarvita erillistä lämminvesivaraajaa.

Kaukolämmön hinta vaihtelee jonkin verran paikkakunnittain. Uuden kaukolämpöjärjestelmän investointikustannukset koostuvat lämmönvaihtimesta, liittymishinnasta, lämmönvaihtimen asennustyöstä. Käyttäjän kannalta kaukolämpö on hyvin vaivaton, sillä se ei vaadi juurikaan huoltoa tai ylläpitoa.

Kaukolämmön investointi

Lämmönvaihdin asennuksineen	4 300€
Liittymismaksu	3 200€
Yhteensä	7 500€

Lämmönvaihtimien uusiminen tapahtuu useimmiten 20-30 käyttövuoden jälkeen. Elinkaarikustannusten laskennassa uusinta arvioidaan tapahtuvaksi 25 vuoden kohdalla (jolloin uusinta noin 4 300€).

Kaukolämmön käyttökustannukset (Porvoon Energian hinnasto)

Tilausteho Q kW	Tehomaksu
0-11	444 €/vuosi
12-22	$(Q \times 40,36)$ €/vuosi
23-220	$336 + (Q \times 23,76)$ €/vuosi
221-660	$2,631 + (Q \times 13,45)$ €/vuosi
661 -	$3,678 + (Q \times 11,87)$ €/vuosi

Käyttökustannukset koostuvat tilaustehoon sidotusta tehomaksusta ja energiamaksusta. Tehomaksu on kiinteä vuotuinen perusmaksu ja energiakustannus määräytyvät kohteen kaukolämpömittauksen mukaisesta energiankulutuksesta. Porvoon Energian vuoden 2017 energiamaksu on 66,28€³.

³ https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolammon_hintatilasto.html#material-view

Kaukolämmön tehomaksut tyyppitaloille

	Tehomaksu €
Tyyppitalo A	444
Tyyppitalo B	444
Tyyppitalo C	525
Tyyppitalo D	444

2.2.2 Maalämpö

Maalämpöpumppu (MLP) kerää maaperään, kallioon tai veteen varastoitunutta auringon lämpöä. Lämpökaivon syvemmissä osissa lämpöä saadaan oleellisemmalta osalta maapallon ytimestä kallioon johtuvasta fissioenergiasta sekä lämpimistä pohjavesivirtauksista. Maalämpö edellyttää aina toimenpidelupaa kaupungin rakennusvalvonnasta. Toimenpideluvan saantiin vaikuttavat muun muassa mahdolliset maanalaiset rakenteet taajama-alueella, pohjavesialueet ja suojaetäisyydet rakennuksiin, tonttirajoihin sekä muihin kaivoihin. Jos putkistoa suunnitellaan asennettavaksi vesistöön, vesialueen omistajan lupa on myös saatava.

Ennen hankintapäätöstä on kuluttajan syytä olla yhteydessä oman talon sähkönsiirrosta vastaavaan verkkoyhtiöön ja selvittää onko maalämpöhankinnan vuoksi esim. suurennettava pääsulakekokoa, hankittava käynnistysvaiheen maksimivirtaa rajoittava niin sanottu pehmökäynnistin tai hankittava tasavirtaohjattu (inverter) maalämpöpumppumalli. Varsinkin haja-asutusalueilla maalämpöpumpun kompressori voi aiheuttaa muun muassa oman ja/tai naapuritalojen valojen välkyntää.

Lämpökaivo lämmönlähteenä

Porvoon alueella suurin osa maalämpökohteista toteutetaan lämpökaivoilla, koska tonttikoko rajoittaa usein vaakaputkiston käyttöä pientalotonteilla.

Lämpökaivo on ulkohalkaisijaltaan 115–165 mm porakaivo, johon asennetaan lämpöä keräävä putkisto, jossa etanoliliuos kiertää. Lämpökaivoa käyttäen maalämpöjärjestelmä pystytään tekemään ahtaallekin tontille mutta se on lämmönkeruuvaihtoehtona yleensä kallein.

Vaihtoehtona lämpökaivolle ovat vaakaputkisto tai vesistön käyttö keruupiirin asennuspaikkana. Vaakaputkistoa hyödyntävä lämmönkeruutapa edellyttää tyyppitalojen kohdalla ainakin 200–300m putkistoa savimaaperässä 1–1,2 m syvyydellä, joka vie ainakin 300–450 m² pinta-alaa tontilta. Hiekkaperäisessä maassa putkea tarvitaan noin 60 % enemmän kuin savimaa-asennuksessa.

Lähellä sijaitsevan vesistön pohja voi olla mahdollinen keruuputkiston sijoituspaikaksi mutta vesistön soveltuvuus on hyvin tapauskohtaista. Vesistöupotus on realistisin vaihtoehto lähinnä silloin kun talo sijaitsee tontilla jossa on omaa rantaa. Silloinkin vesistöupotuksen teknis-/taloudellinen mielekkäisyys on selvitettävä erikseen. Vesistöupotus on pientalojen osalta melko harvinainen erikoismenetelmä, jota vain pieni osa urakoitsijoista tarjoaa vaihtoehtona. Vesistöupotus edellyttää myös vesialueen omistajan lupaa.

Uudisomakotitalon (tyyppitalot) kohdalla kustannuserot lämmönkeruupiirien tyyppien välillä ovat melko pieniä, ja koska lämpökaivo on ylivoimaisesti yleisin maalämmön asennustapa, käytetään kustannusvertailussa lämpökaivoa.

Maalämpöpumpun tehomitoitus

Maalämpöpumppu mitoitetaan joko täystehoiseksi tai ns. osatehomitoituksella. Osatehomitoituksessa 60–80 prosentin tehoasteella tuotetaan noin 95–99 prosenttia vuotuisesta energiantarpeesta. Loput 1-5 prosenttia tuotetaan tuolloin maalämpöpumpun vara-/lisälämmitysvastuksella. Laskennassa käytetään täystehomitoituksen laskentatapaa.⁴

Maalämpöpumpun hyötysuhde riippuu oleellisesti lämmönlähteen ja lämmönluvutuksen lämpötiloista. Pieni lämpötilaero korreloi hyvän hyötysuhteen kanssa. Laitetasolla tähän vaikuttaa myös jopa huomattavasti laitekohtaiset erot, kuten mm. elektroninen/mekaaninen paisuntaventtiili, kierros-lukuohjattu/on-off -tyyppinen kompressori ja kiertovesipumppujen energiatehokkuus.

Lattialämmitystaloissa ja suuremmissa taloissa on yleensä parempi maalämmön vuosihyötysuhde kuin patterilämmitystaloissa. Runsas käyttöveden suhteellinen energiaosuus heikentää vuosilämpökerointia. Matalaenergiatalossa lattialämmityksen hyötysuhdetta parantaa erittäin alhainen lattialämmityksen lämpötilataso mutta toisaalta tilojen lämmityksen osuus maalämmön vuosituotannosta on selvästi pienempi kuin normaalirakenteisissa taloissa.

Hyötysuhteen arvioinnissa on huomattava että käytetyt lämpökertoimet ovat tasoltaan hieman vanhentuneita (määritetty Lämpöpumppujen energialaskentaoppaassa, joka on julkaistu jo vuonna 2012).

Taulukko 6. Maalämpöpumppujen SPF-lukuja.

Maalämpöpumppu max. lämpötila (menovesi), °C	SPF-luku	
	Vuotuinen keruupiirin paluunesteen keskilämpötila, °C	
	-3	+3
Tilojen lämmitys		
30	3,4	3,5
40	3,0	3,1
50	2,7	2,7
60	2,5	2,5
Käyttöveden lämmitys		
60	2,3	2,3

Lämpöpumppujen energialaskentaopas, 2012 (Ympäristöministeriö)

⁴ http://www.energiatehokaskoti.fi/files/380/Maapiirilla_lisaa_energiatehokkuutta_ja_asumismukavuutta.pdf

https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/kaikki_julkaisut/hanki_hallitusti_maalampojarjestelma.9236.shtml

http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/YO_2013_Energiakaivo%2824946%29

http://www.gtk.fi/export/sites/fi/_system/PressReleases/kuvat/2016/Geoenergiakartta.jpg

Vertailun vuoksi seuraavissa taulukoissa on Niben 6 ja 8kW:n laitemallien osalta valmistajien antamia suorituskykytietoja. Kyseessä on valmistajan ilmoittamat lämpökerroin-arvot eri lämpötiloissa. Lämpökertoimet ovat suuruusluokkaisesti tyypillistä uuden laitteen tasoluokkaa. Toisaalta standardista riippuen valmistajan ilmoittamassa lämpökertoimessa ei välttämättä ole kiertovesipumpun ja maaliuos-pumpun tehokulutusta mukana. Lämmityskauden aikana osa kiertovesipumppujen energiasta saadaan kuitenkin hyödyksi tilojen lämmitykseen. Normaali-rakenteisessa uudistalossa on käytetty lämpöpumpun olosuhdearvoa tilojen lämmitysvedelle +40 astetta ja matalaenergiatalolle +30 astetta. Matalaenergiatalossa riittää selvästi alhaisempi lämpötilataso kuin normaali-rakenteisessa. Lämmönkeruuliuksen paluulämpötilana on käytetty +3 astetta.

Keskimääräiset lämpökertoimet seuraaville lämpötilatasoille (Nibe F1226-6, 6kW malli):

60 astetta	3,00
40 astetta	4,68
30 astetta	5,16

Keskimääräiset lämpökertoimet seuraaville lämpötilatasoille (Nibe F1226-8, 8kW malli):

60 astetta	3,00
40 astetta	4,81
30 astetta	ei ole laskennassa mukana

Elinkaarikustannukset

Kompressorin on lähes aina vaihdettu yhden kerran 30 vuoden jaksolla. Kompressorin uusintatarve vaihtelee tapauskohtaisesti mutta keskimääräisenä vaihtovälinä voidaan pitää noin 15 vuoden aikajaksoa. Kompressorin kestävyys vaikuttavat mm. lämpötilaolosuhteet ja käynnistysjaksojen määrä.

Käytännössä myös kiertovesipumppu ja maaliuos-pumppu joudutaan uusimaan noin 15-20 vuoden jälkeen. Pumppujen uusintatarpeeseen vaikuttavat mm. käyttötunnit, veden lämpötilataso ja nesteen puhtaus. Uudet kiertovesipumput eivät ole niin pitkäikäisiä kun esim. 1950-1970 -luvun pumput, joita on vieläkin jonkin verran käytössä.

Ohjausautomaatiikan uusimistarve vanhalla laitteella saattaa johtaa koko laitteen uusimistarpeeseen, mikäli vastaavaa tai soveltuvaa ohjausyksikköä ei saada enää hankittua.

Mikäli kompressorin uusintatarve ilmenee vasta noin 20 käyttövuoden jälkeen, voi koko maalämpöpumpun uusinta kerralla olla kannattavampaa kerralla koska lämpöpumpputekniikan arvioidaan kehittyvän 20 vuodessa myös hyötysuhteensa puolesta merkittävästi.

Maalämpöpumppua uusittaessa ensimmäisen kerran lämpökaivoa ja keruuputkistoa ei tarvitse vaihtaa. Lämmönkeruuneste on kuitenkin suositeltavaa vaihtaa lämpöpumpun uusinnan yhteydessä. Lämmönkeruupiiri on PEM-muovia, joka on vastaavantyyppistä kuin kunnallistekniikassa käytetty vesi-johto. Keruuputki kestää noin 50 vuotta.

Koska uudemman laitteen arvioidaan toimivan aiempaa paremmalla hyötysuhteella, lämpökaivon tehon riittävyys voi olla uudella laitteella kyseenalainen. Tämän vuoksi maalämmön uusimisvai-

heessa kannattaa harkita aurinkolämpöjärjestelmän hankintaa⁵ tai ilmanvaihdon jäähdytyksen kytke- mistä kaivopiiriin niin että lämpöä saadaan kesäkaudella ladattua kaivoon. Tämä auttaa kaivoa kestä- mään uuden maalämpöpumpun keruutehon ilman kaivon jäätymisvaaraa.

Maalämpöjärjestelmän alkuinvestointi tyyppitaloissa

Tyypitalo A	14 590€
Tyypitalo B	13 930€
Tyypitalo C	15 450€
Tyypitalo D	14 425€

Korjauskustannukset 30 vuoden jaksolla

- Kompressorin uusinta keskimäärin 15 vuoden kohdalla 3 000 €.
- Maaliuos- ja kiertovesipumpun uusinta 900 €.

2.2.3 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu (UVLP) ottaa lämpöenergiaa ulkoilmasta. Ilma-vesilämpöpumppuja on pää- asiassa kahta tyyppiä: split-laitteita ja monoblock-laitteita. Split-laitteissa lämpöpumpun kylmäkoneis- to on jaettu kahteen osaan: ulkoyksikköön ja sisäyksikköön, joiden välillä kiertää kylmäaine. Mono- block-laitteissa kaikki tekniikka on ulkoyksikössä, sisällä olevien varaajien/varaajan ja ulkoyksikön välis- sä kiertää pelkkä vesi. Monoblock-laite voidaan myös kytkeä suoraan olemassa olevaan lämmitysjärjes- telmään, esimerkiksi öljykattilan rinnalle. Split-järjestelmä on Suomessa yleisin järjestelmätekniikka, joten sitä käytetään vertailussa.

Varsinkin haja-asutusalueilla maalämpöpumpun kompressorin voi aiheuttaa muun muassa oman ja/tai naapuritalojen valojen välkyntää. Suurin osa markkinoilla olevista ilma-vesilämpöpumpuista on niin sanottuja inverter-malleja, joissa laitteen tuottamaa lämmitystehoa säädetään kompressorin kier- roslukua ohjaamalla. Kierroslukuohjauksella lämpöpumppu tuottaa oikean määrän lämpöenergiaa rakennukseen. Tasavirtaohjaus parantaa myös hyötysuhdetta, kompressorin elinikää ja vähentää kompressorin käynnistymisestä johtuvaa hetkellistä sähkövirran kulutushuippua.

Ilma-vesilämpöpumpun mitoitus ja lämpökerroin

Korkea menoveden lämpötila heikentää lämpöpumpun antotehoa ja hyötysuhdetta. On huomioitava, että useilla UVLP-malleilla yli 50 asteinen lämmöntuotanto tilojen lämmitys- ja käyttövesipuolelle on ongelmallista varsinkin kovempien pakkasten aikana.

5

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelman_kaytto/aurinkolammon_varastointi/maalam popiirin_hyodyntaminen_aurinkolammon_varastoinnissa

Käyttövesi lämmitetään ainakin 60 asteeseen. Tarvittaessa veden lämpötilaa nostetaan vesivaraajan sähkövastuksella.

Laite sulattaa ulkoyksikköä noin +7 asteen ulkolämpötilan alapuolella ja kovemmilla pakkasilla sulatusajan osuus voi olla jopa 20 minuuttia tunnissa. Osa uusimmista malleista suoriutuu kuitenkin Porvoon maantieteellisellä korkeudella jopa vuoden ympäri ilman sähkövastuksen apua.

Laitekohtaiset energiatehokkuuserot voivat olla suuria. On huomattava, että ilma-vesilämpöpumppu antaa noin 50 % vähemmän tehoa -20 asteen kelillä kuin +7 asteen lämpötilassa, jossa laitteiden tehot yleensä ilmoitetaan. Jos laite on teholtaan liian pieni kohteeseen, voi sähkövastuksen käytön osuus vuotuisessa käytössä nousta tarpeettoman suureksi vaikka itse laitteen hyötysuhde olisikin korkea.

Lattialämmitystaloissa ja suuremmissa taloissa on yleensä parempi lämpöpumpun vuosihyötysuhde kuin patterilämmitystaloissa. Runsas käyttöveden suhteellinen energiaosuus heikentää vuosilämpökerrointa. Matalaenergiatalossa lattialämmityksen hyötysuhdetta parantaa erittäin alhainen lämpötilataso mutta toisaalta tilojen lämmityksen osuus maalämmön vuosituotannosta on selvästi pienempi kuin normaalirakenteisissa taloissa.

Ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhde riippuu oleellisesti lämmönlähteen ja lämmönluovutuksen lämpötiloista. Pieni lämpötilaero korreloi hyvän hyötysuhteen kanssa. Laitetasolla tähän vaikuttaa myös jopa huomattavasti laitekohtaiset erot, kuten mm. elektroninen/mekaaninen paisuntaventtiili, kierros- lukuohjattu/on-off -tyyppinen kompressori ja kiertovesipumppujen energiatehokkuus.

Normaalirakenteisessa uudistalossa on käytetty lämpöpumpun olosuhdearvoa tilojen lämmitysvedelle +40 astetta ja matalaenergiatalolle +30 astetta. Matalaenergiatalossa riittää selvästi alhaisempi lämpötilataso kuin normaalirakenteisessa.

Hyötysuhteen arvioinnissa on huomattava, että käytetyt lämpökertoimet ovat hieman vanhentuneita (määritetty Lämpöpumppujen energialaskentaoppaassa joka on julkaistu jo vuonna 2012).

Keskimääräiset lämpökertoimet seuraaville lämpötilatasoille

(Lämpöpumppujen energialaskentaopas, 2012):

60 astetta	1,8
40 astetta	2,5
30 astetta	2,8

Alla on vertailun vuoksi merkitty yleisimpien uusien laitemallien valmistajien antamia suorituskysykeitä. Toisaalta standardista riippuen valmistajan ilmoittamassa lämpökertoimessa ei välttämättä ole kiertovesipumpun tehokulutusta mukana. Lämmityskauden aikana osa kiertovesipumppujen energias- ta saadaan kuitenkin hyödyksi tilojen lämmitykseen.

Keskimääräiset lämpökertoimet seuraaville lämpötilatasoille

(Kyseessä Mitsubishiin 6 kW:n ja 8 kW:n laitemallien osalta valmistajan ilmoittamat lämpökerroin-arvot eri lämpötiloissa. Lämpökertoimet ovat suuruusluokkaisesti tyypillistä uuden laitteen tasoluokkaa):

Mitsubishi Ecodan PUHZSW50 (6kW)

60 astetta	2,5
40 astetta	3,2
30 astetta	3,6

Mitsubishi Ecodan PUHZSW75 (8kW)

60 astetta	2,3
40 astetta	3,1
30 astetta	ei ole laskennassa mukana

Erityisen tärkeää on muistaa, että kaikkein kylmimmissä olosuhteissa UVLP sammuttaa itse itsensä, joten laitteen sähkövastuksen tai rinnalla olevan toisen lämmönkehittimen on oltava teholtaan vähintään yhtä suuri kuin talon lämmitys- ja käyttöveden tehonkulutus suurimmillaan.⁶

Elinkaarikustannukset

ilma-vesi-lämpöpumpun kompressori jouduttaneen 30 vuoden jaksolla uusimaan keskimäärin kertaalleen noin 15 vuoden kohdalla. Kompressorin kestävyys vaikuttavat mm. lämpötilaolosuhteet ja käynnistysjaksojen määrä. Itse kiertovesipumpun uusintatarpeeseen vaikuttavat mm. käyttötunnit, veden lämpötilataso ja nesteen puhtaus.

Käytännössä myös kiertovesipumppu jouduttaneen uusimaan noin 15-20 vuoden kohdalla. Pumppujen uusintatarpeeseen vaikuttavat mm. käyttötunnit, veden lämpötilataso ja nesteen puhtaus. Uudet kiertovesipumput eivät ole niin pitkäikäisiä kuin esim. 1950-1970 -luvun pumput, joita on vieläkin jonkin verran käytössä.

Ohjausautomaatiikan uusimistarve vanhalla laitteella saattaa johtaa koko laitteen uusimistarpeeseen, mikäli vastaavaa tai soveltuvaa ohjausyksikköä ei saada enää hankittua.

Mikäli kompressorin uusintatarve ilmenee vasta lähellä 20 vuoden käyttöikä, voi koko lämpöpumpun uusinta kerralla olla kannattavaa koska lämpöpumpputekniikka kehittynee 20 vuodessa myös hyötysuhteensa puolesta merkittävästi.

⁶ https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu

https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/kaikki_julkaisut/hanki_hallitusti_ilma-vesilampopumppu.9236.shtml

http://www.energiatehokaskoti.fi/files/384/Tutkittua_saastoa_ilma-vesilampopumpulla.pdf

Korjauskustannukset 30 vuoden jaksolla

- Kompressorin uusinta keskimäärin 15 vuoden kohdalla 3000€
- Kiertovesipumpun uusinta 15 vuoden kohdalla 500€

2.2.4 Sähkölämmitys

Sähkölämmitys voidaan toteuttaa joko vesikiertoisena sähkölämmityksenä, ilmalämmityksenä tai huonekohtaisena sähkölämmityksenä patterien tai lämmityskaapeleiden avulla, jolloin käyttöveden lämmitykseen tarvitaan erillinen vesivaraaja. Tässä selvityksessä tarkastellaan vain sähkökaapeleilla toteutettua lämmitystapaa, koska se on yleisin tekninen ratkaisu sähkölämmitteisissä uudistaloissa.

Suoran sähkölämmityksen etuja ovat edullinen investointi, toimintavarmuus, nopea reagointi ja tarkkuus lämpötilasäädöissä sekä erittäin korkea energiatehokkuus lämmön jakamisessa. Haittapuoleina ovat korkeat käyttökustannukset.

Käyttövesivaraaja on tyypillisesti tilavuudeltaan noin 300-litrainen.

Ilmalämpöpumppu sähkölämmityksen tukilämmityslähteenä

Ilmalämpöpumppu (ILP) koostuu ulkoyksiköstä ja yhdestä tai useammasta sisäyksiköstä. Ulkoyksikkö kierrättää ulkoilmaa lävitseen ja jäädyttää sen, kun laite toimii lämmityskäytössä. Jäädytyskäytössä ulkoyksikkö puolestaan lämmittää ulkoilmaa. Kompressorin avulla talteen otettu lämpö siirretään sisäyksikköön, joka luovuttaa lämmön huoneilmaan tai haluttaessa esimerkiksi käyttöveteen tai lämmitysverkostoon. Useimmissa sähkölämmitystaloissa käytetään ilmalämpöpumppua tukilämmitysmuotona, siksi se on otettu mukaan vertailuun sähkölämmitysmuotoa täydentäväksi lämmitysmuodoksi.

Ilmalämpöpumput antavat noin 50 prosenttia vähemmän tehoa -20 asteen pakkasella, kuin +7 asteen lämpötilassa.

Yksi ilmalämpöpumpun sisäyksikkö levittää lämpöä tavallisesti rakennusmuodosta ja koosta riippuen noin 30–100 m² alueelle. Väliseinät ja monimutkainen talorakenne rajoittavat merkittävästi lämmön siirtymistä muihin huonetiloihin. Näin lämpöpumpun tehokkuuden lisääminen ei välttämättä aina alenna talon energiankulutusta. Tehokas energiansäästäminen edellyttää myös sitä, etteivät muut saman vaikutusalueen lämmittimet kilpaile lämmityksessä ilmalämpöpumpun kanssa.

Laadukkaan ilmalämpöpumpun kustannus on asennettuna noin 1 500-2 500 €. Laskennassa laiteinvestointina käytetään summaa 2 000 €. Ilmalämpöpumpun vuotuisen säästöarvion muodostamisessa on käytetty Motivan Elvari -hankkeen tutkimustuloksia, uusien ilmalämpöpumppujen teknisiä tietoja sekä VTT:n tutkimusta: Ilma-ilmalämpöpumppujen energiankulutusvaikutukset pientaloissa⁷. Sähkölämmityksen tehostamishankkeessa (Elvari) todettiin säästö määrän vaihtelevan merkittävästi talokohtaisten tekijöiden vuoksi. Myös muun lämmitysjärjestelmän säätö ja talon ominaislämmitystarve (kWh/m² vuodessa) vaikuttavat säästötulokseen paljon.

⁷ https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/kaikki_julkaisut/ilmalampopumpun_energiataloudellinen_kaytto.9236.shtml

http://www.energiatehokaskoti.fi/files/348/Tutkittua_energiansaastoa_ilmalampopumpulla.pdf

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/t262.pdf>

30 vuoden aikaiset korjauskustannukset

Ilmalämpöpumpun kohdalla on arvioitu kokonaisuusintatarve 15 vuoden kohdalla (2000€). On huomattava, että lämpöpumpputekniikka kehittynee 15 vuodessa myös hyötysuhteensa puolesta merkittävästi joten uusitulla laitteella säästöt tulevat olemaan aiempaa suurempia. Huolto- ja asennustöissä on ainakin kylmäainekytkentöjen ja -käsittelyn osalta lain mukaan käytettävä kylmäainepätevyys omaavaa asentajaa.

2.3 Selvityksessä käytetyt päästökertoimet

Sähkölle viiden viimeisen tilastovuoden keskimääräinen sähköntuotannon päästökerroin, yhdistetyssä sähkön ja lämmöntuotannossa CO₂-päästöt jaettu hyödynjakomenetelmällä.

Kaukolämmölle Porvoon energian kolmen viime vuoden myydyin kaukolämmön CO₂-kertoimen keskiarvo.

2.3.1 Kaukolämmön hiilidioksidipäästöt Porvoon osalta

Porvoossa hiilidioksidipäästöt ovat vain noin kymmenesosa verrattuna valtakunnalliseen keskimääräiseen kaukolämmön hiilidioksiditasoon. Porvoon Energian tiedoista on laskettu keskiarvo vuosilta 2014-2016, joista saadaan arvo 17 kgCO₂/MWh.

Vuonna 2015 tuotannosta 98,3 % oli biotuotantoa ja lopustakin kaasulla tuotetusta lämmöstä reilusti yli puolet oli Gasumilta ostettua biokaasua. Tämä selittää poikkeuksellisen pienen CO₂ -lukeman. Porvoon Energialla oli vuonna 2016 poikkeuksellisen suuria kattilan muutostöitä vanhemmassa biovoimalassa, mikä vähensi merkittävästi uusiutuvan osuutta kaukolämmössä.

Vuosi 2014-2016 kaukolämmön hiilidioksidipäästöt kg/CO₂ Porvoossa

2014 myynti	14,2	kgCO ₂ /MWh
2015 myynti	2,5	kgCO ₂ /MWh
2016 myynti	22,4	kgCO ₂ /MWh

Porvoossa hiilidioksidipäästöt ovat vain noin kymmenesosa verrattuna valtakunnalliseen keskimääräiseen kaukolämmön hiilidioksiditasoon. Porvoon Energian tiedoista on laskettu keskiarvo vuosilta 2014-2016, joista saadaan arvo 17 kgCO₂/MWh.⁸

⁸https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energian kulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet

<https://porvoonenergia.fi/fi/porvoon-sahkoverkko-oy/hinnasto-ja-sopimusehdot/kaukolampohinnasto-porvoo/>

<https://porvoonenergia.fi/fi/lampo/kaukolampo/liittymismaksut/>

2.3.2 Kaukolämmön hiilidioksidipäästöjen valtakunnallinen vertailuarvo

Kaukolämmön yhteistuotantoalueiden kolmen viimeisen vuoden keskiarvona määritetty CO₂-päästökerroin (päästöt jaettu sähkölle ja lämmölle hyödynjakomenetelmällä):

176 kg CO₂/MWh Valtakunnallisena vertailuarvona kaukolämmölle yhteistuotannossa (Lähde: Energiateollisuus ry, tilastovuosi 2015) (päivitetty 16.6.2017)

2.3.3 Sähköntuotannon päästöt

Keskimääräinen sähköntuotannon CO₂-päästökerroin Suomessa laskettuna viiden vuoden liukuvana keskiarvona: 181 kg CO₂/MWh, yhdistetty sähkön ja lämmöntuotanto (CHP) ja päästöt on jaettu sähkölle ja lämmölle hyödynjakomenetelmällä.⁹

2.4 Laskennan muita lähtöarvoja

Kussakin lämmitysmuodossa aiheutuu myös lämpöhäviöitä lämmönvarastoinnissa, lämmönjakelussa ja lämmönsäädössä. Osa lämpöhäviöistä saadaan hyödynnettyä lämmitystarpeen alenemana. Häviöitä aiheuttavat mm. lattialämmityksen lämpöhäviöt alapohjan kautta, säätötarkkuudesta ja säädön hitaudesta aiheutuva ajoittainen lievä huoneilman yllilämmitys, kierto-vesipumppujen kulutus ja vesivaraajan lämpöhäviö. Häviöiden suuruus ja hyödyntämismahdollisuus riippuu mm. lämmitysmuodosta, säätölanteesta, ulkolämpötilasta, itse rakennuksesta ja asukkaiden kulutusprofiilista. Se lämpöhäviöiden osa, jota ei saada hyödynnettyä lämmityksessä, vähentää järjestelmän kokonaishyötysuhdetta ja on huomioitu kunkin lämmitysmuodon osalta tämän selvityksen laskennassa hyötysuhdearvoon integroituna.

⁹https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet, (Lähde: Tilastokeskus, tilastovuosi 2015) (päivitetty 16.6.2017)

2.4.1 Lämpöpumppujen vuosihyötysuhteet tyypitaloissa

Laskennassa sovellettiin lämpöpumppujen laskentaoppaan (2012) taulukkoarvoja.

Maalämpöpumpun kokonaisvuosihyötysuhde tyypitalossa

Tyypitalo A	3,02
Tyypitalo B	2,89
Tyypitalo C	2,89
Tyypitalo D	3,01

Uuden maalämpöjärjestelmän investointikustannukset uudistaloon

Tyypitalo A	14 590€
Tyypitalo B	13 930€
Tyypitalo C	15 450€
Tyypitalo D	14 425€

Ilma-vesilämpöpumpun vuosihyötysuhde tyypitalossa

Tyypitalo A	2,40
Tyypitalo B	2,29
Tyypitalo C	2,31
Tyypitalo D	2,39

Ilma-vesilämpöpumpun vuosihyötysuhde tyypitalossa ennen energiapaiton huomioimista. Laskennassa sovellettiin lämpöpumppujen laskentaoppaan (2012) taulukkoarvoja. Energiapaitoksi ilma-vesilämpöpumpulla on laskennassa määritetty 85% (loppuosa tuotetaan sähkövastuksella).

Investointi ja huoltokustannukset kattavat kustannukset laiteusintoja myöten huomioituna jäljellä olevalla käyttöajalla. Ei sisällä energiakustannuksia.

Kaukolämmön tyypitalojen vuotuisen energian kokonaishinta

Tyypitalo A	9,8 snt
Tyypitalo B	11,1 snt
Tyypitalo C	9,4 snt
Tyypitalo D	10,1 snt

Tyypitalojen energiatarve sähkölämmityksellä

Tyypitalo A	13984kWh
Tyypitalo B	9928kWh
Tyypitalo C	18976kWh
Tyypitalo D	12892kWh

3.1 Matalaenergiatalon kannattavuus

Selvityksessä tehtiin kannattavuusvertailua myös tyypitalovaihtoehtona, joka on toteutettu matalaenergiatason rakenteena. Energiankulutustaso määritettiin lämmityslaskurin avulla, joiden perusteella energiankulutustaso oli tilojen lämmityksen osalta noin matalaenergiarakennetta käyttäen 45% alhaisempi 120m² talossa ja 41% alhaisempi 180m² talossa verrattuna normaalirakenteiseen taloon. Energiankulutuseroja vastaavat rakenne-erot määriteltiin ja eroavaisuuksille määritettiin kulutuseroa vastaavat rakenne-erot. Rakenne-erot pyrittiin määrittämään kustannusoptimaalisimmilla valinnoilla ja mahdollisimman vähän itse rakenteiden työmäärään vaikuttaen. Rakenne-erot laskettiin yläpohjaan ja ulkoseiniin ja alapohjaan. Hintaero ei siis sisällä kustannuseroja työmäärässä. Todettiin, että ikkunoiden parannuksesta tuleva pelkkä energiatehokkuuden kustannusero olisi vaikea verrattava ja IV-koneissa tavanomainen hyötysuhdetaso lämmöntalteenotossa on jo niin korkea ettei sen parantaminen ole enää kovin kannattava toimi.

Rakenteiden U-arvot

	Normaalirakenne	Matalaenergiarakenne
	Eriste	Uusi määrä
Katto	450, U-arvo 0,09	550 mm, U-arvo 0,07
Seinät	200 mm, U-arvo 0,17	245 mm, U-arvo 0,14
Ikkunat	0,8	0,8
Alapohja	200 mm, U-arvo 0,14	300 mm, U-arvo 0,12

Alla olevasta taulukosta nähdään rakenneparannuksien kannattavuus mikäli kaikki lämmitysenergia tuotetaan sähköllä. Lämpöpumppujen käyttö vähentää energiankulutusta mutta tällöin matalaenergiarakenteen kannattavuus heikkenee, koska samalla eristystasolla säästetään vähemmän. Suurempi (180 m²) talo on kaksikerroksinen, mikä selittää hyvin pienen investointieron verrattuna eroon lattiapinta-alassa (m²).

Matalaenergiatalon lisäkustannuksen kannattavuus täysin sähkölämmitetystä tyypitalossa (eli vertailu tyypitalojen välillä a-b ja c-d)

	120 m ²	180 m ²
Energiansäästö kWh / a	4 056	6 084
Investointi, €	2 083	2 199
Vuosisäästö sähkölämmitystalossa / €	446,16€	669,24€
TMA, a	4,67	3,29

30 vuoden aikajänteen korjauskustannukset

Mikäli talorakenteissa olevat lämpöeristeet eivät kastu esim. kosteusvaurion seurauksena, ei eristeitä tarvitse 30 vuoden jaksolla vaihtaa.

3.2 Lämmitysmuotojen vertailulaskelmat

Sähkön hinta

Sähkön hinnat: Valittiin 3*25A.

Porvoon sähkönsiirto Oy:n alue		
13	€ per kk	
2,8	snt / kWh sähkövero	
3,3	snt / kWh siirtohint	
5,5	sähköenergian hinta kWh*	

Sähköenergian voi yksityistalouskin kilpailuttaa vapaasti. Sähkön hinta määriteltiin ajankohdassa 2.8.2017.

Sähkösovimusten (1. vuoden määräaikaiset, 2. vuoden määräaikaiset, toistaiseksi voimassaolevat sopimukset) energianhintojen keskiarvo on noin 5,5 snt/kWh. Suuremmalla sähkön kokonaiskulutuksella sähkön yksikköhinta on hieman pienempi. Energianhintojen lähteenä käytettiin Energiaviraston ylläpitämää www.sahkonhinta.fi -sivustoa.

Sähkön vuotuiseksi kokonaishinnaksi saatiin eri kulutustasoilla:

10 000 kWh/a -> 13,16 snt/kWh

20 000 kWh/a -> 12,38 snt/kWh

Laskennassa käytettyyn Motivan lämmitysmuotojen vertailulaskuriin laitettiin asetusarvoiksi sähkölämmitykselle arvoa 12,4 snt/kWh ja muille lämmitysmuodoille arvoa 13,2 snt/kWh.

Energiahintojen nousun oletus on laskennassa tilaajan toivomuksesta 0 %.

3.3 Tyypitalojen energiankulutus normivuotena

Ominaiskulutukset

Tyypitalojen ominaiskulutukset laskettiin Motivan Lämmitysmuotojen vertailulaskurilla:

<https://www.motiva.fi/lammitysvertailu>

Alla Motivan lämmityslaskuriin syötetyt lähtötiedot tyypitaloista ja laskennassa saadut tyypitalojen vuotuiset lämmitysenergiatarpeet.

Haluan määrittää lämmitysenergian kulutustiedot: Rakennuksen tiedoilla Antamalla vuosikulutuksen

1. Rakennuksen tiedot		Lämmitysenergian tarve vuodessa
Rakennuksen pinta-ala	<input type="text" value="120"/> m ²	Käyttöveden lämmitysenergia <input type="text" value="4000"/> kWh/a
Huonekorkeus (m)	<input type="text" value="2.6"/> m	Lämmitysenergian kokonaistarve <input type="text" value="13984"/> kWh/a vuodessa
Asukasmäärä	<input type="text" value="4"/>	
Rakennuksen energiatehokkuus tai ikä	<input type="text" value="2010-"/>	
Rakennuksen sijainti	<input type="text" value="I ja II Etelä-Suomi"/>	

Tyypitalo A. 120m² normaalirakenteinen talo.

Lämmitysenergian kokonaiskulutus 13984kWh/a sisältäen tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksen.

Haluan määrittää lämmitysenergian kulutustiedot: Rakennuksen tiedoilla Antamalla vuosikulutuksen

1. Rakennuksen tiedot		Lämmitysenergian tarve vuodessa	
Rakennuksen pinta-ala	<input type="text" value="120"/> m ²	Käyttöveden lämmitysenergia	<input type="text" value="4000"/> kWh/a
Huonekorkeus (m)	<input type="text" value="2.6"/> m	Lämmitysenergian kokonaistarve vuodessa	<input type="text" value="9928"/> kWh/a
Asukasmäärä	<input type="text" value="4"/>		
Rakennuksen energiatehokkuus tai ikä	<input type="text" value="Matalaenergia"/>		
Rakennuksen sijainti	<input type="text" value="I ja II Etelä-Suomi"/>		

Tyypitalo B. 120m² matalaenergiarakenteinen talo.

Lämmitysenergian kokonaiskulutus 9 984 kWh/a sisältäen tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksen.

Haluan määrittää lämmitysenergian kulutustiedot: Rakennuksen tiedoilla Antamalla vuosikulutuksen

1. Rakennuksen tiedot		Lämmitysenergian tarve vuodessa	
Rakennuksen pinta-ala	<input type="text" value="180"/> m ²	Käyttöveden lämmitysenergia	<input type="text" value="4000"/> kWh/a
Huonekorkeus (m)	<input type="text" value="2.6"/> m	Lämmitysenergian kokonaistarve vuodessa	<input type="text" value="18976"/> kWh/a
Asukasmäärä	<input type="text" value="4"/>		
Rakennuksen energiatehokkuus tai ikä	<input type="text" value="2010-"/>		
Rakennuksen sijainti	<input type="text" value="I ja II Etelä-Suomi"/>		

Tyypitalo C. 180m² normaalirakenteinen talo.

Lämmitysenergian kokonaiskulutus 18 976 kWh/a sisältäen tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksen.

Haluan määrittää lämmitysenergian kulutustiedot: Rakennuksen tiedoilla Antamalla vuosikulutuksen

1. Rakennuksen tiedot

Rakennuksen pinta-ala m²

Huonekorkeus (m) m

Asukasmäärä

Rakennuksen energiatehokkuus tai ikä

Rakennuksen sijainti

Lämmitysenergian tarve vuodessa

Käyttöveden lämmitysenergia kWh/a

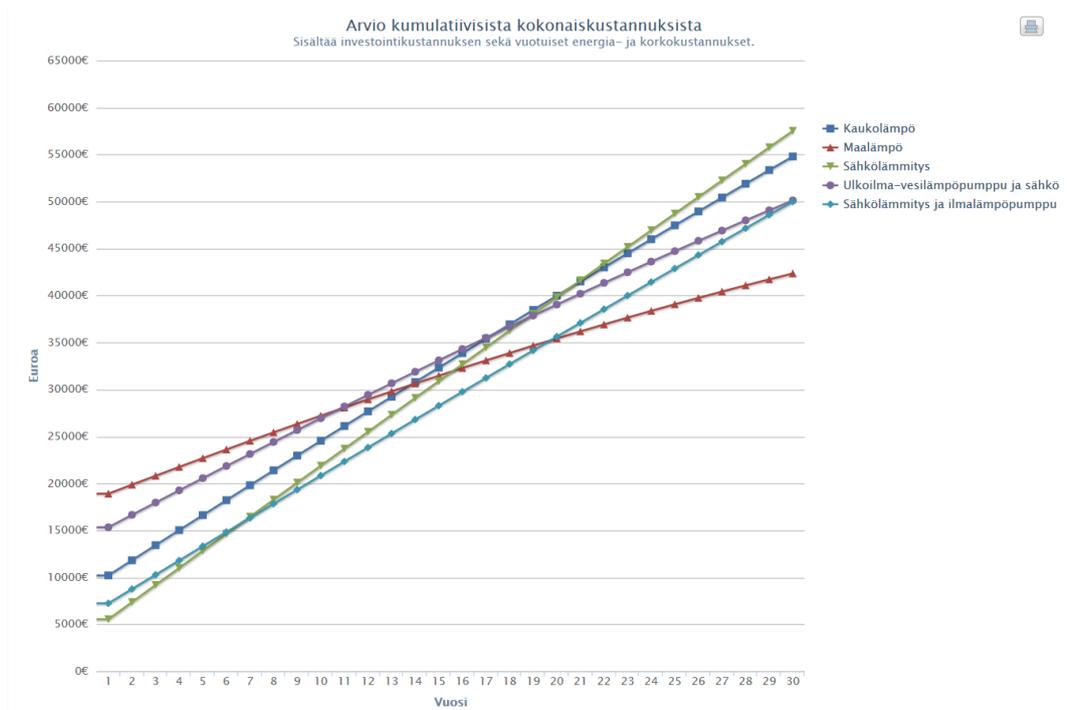
Lämmitysenergian kokonaistarve vuodessa kWh/a

Tyypitalo D. 180m² matalaenergiarakenteinen talo.

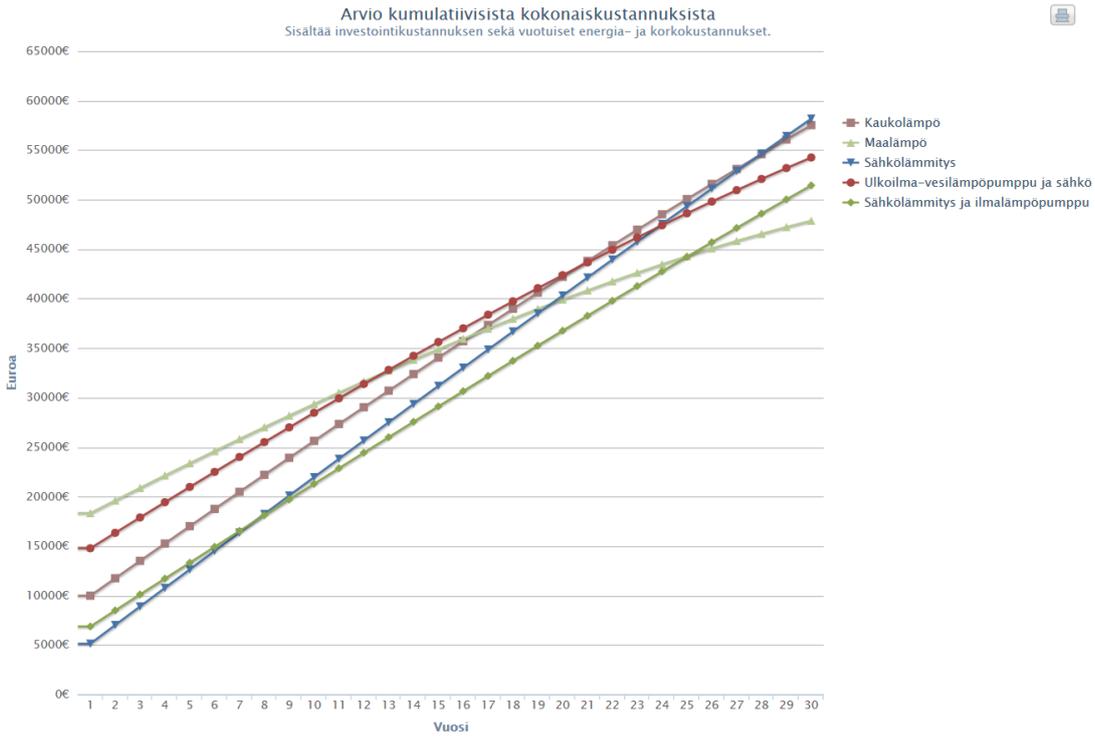
Lämmitysenergian kokonaiskulutus 12 892 kWh/a sisältäen tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksen.

3.4 Lämmitysmuotojen 30 vuoden kokonaiskustannus

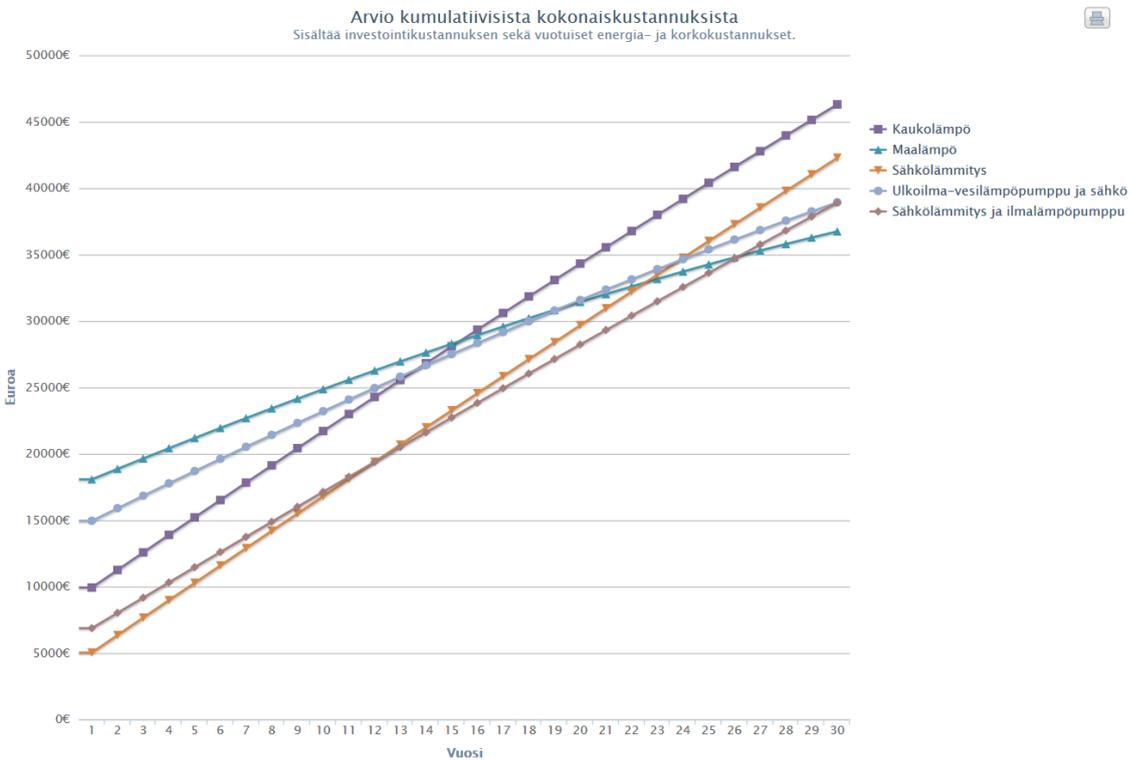
Seuraavissa kuvaajissa esitetään lämmitysmuotojen kumulatiivinen kokonaiskustannus kunkin tyyppitalon kohdalla. Kokonaiskustannus sisältää kaikki lämmitysjärjestelmän investointi-, uusinta-, korjaus- ja energiakustannukset. Laskennassa on huomioitu myös investointien laskentakorko. Energianhinnan muutos on laskennassa 0 %.



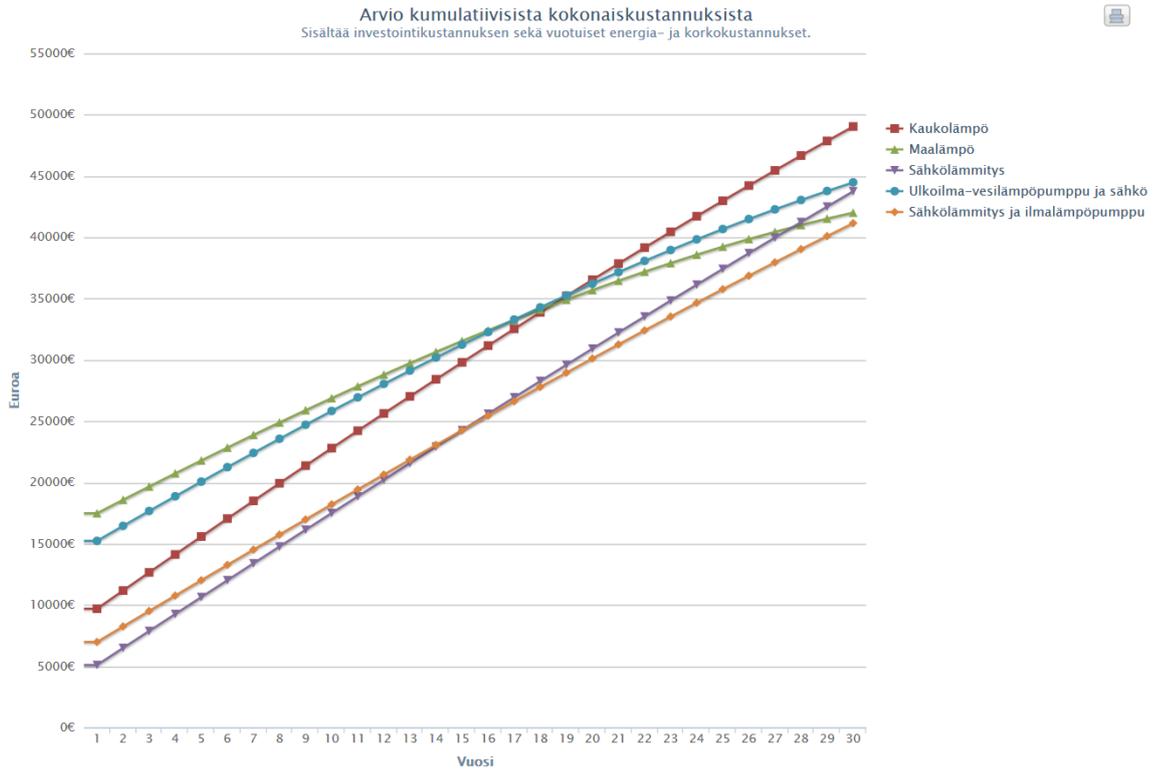
Tyypitalo A, laskentakorko 2 %.



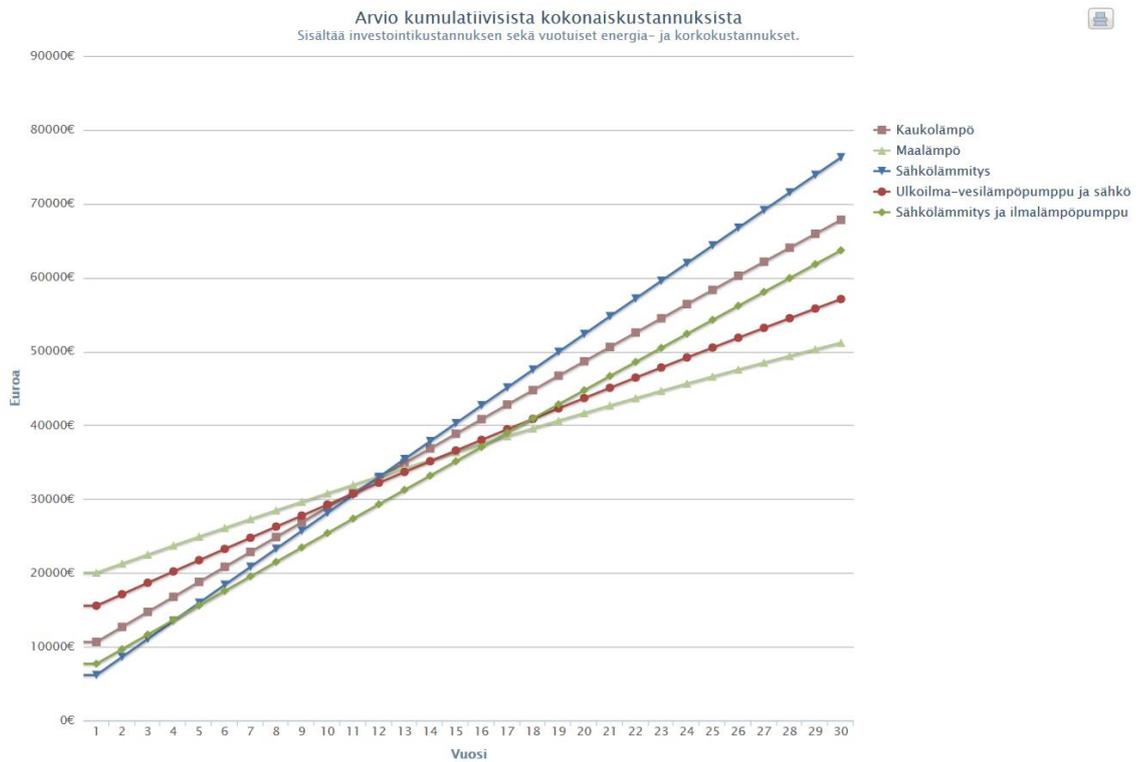
Tyypitalo A, laskentakorko 4 %.



Tyypitalo B, laskentakorko 2%.

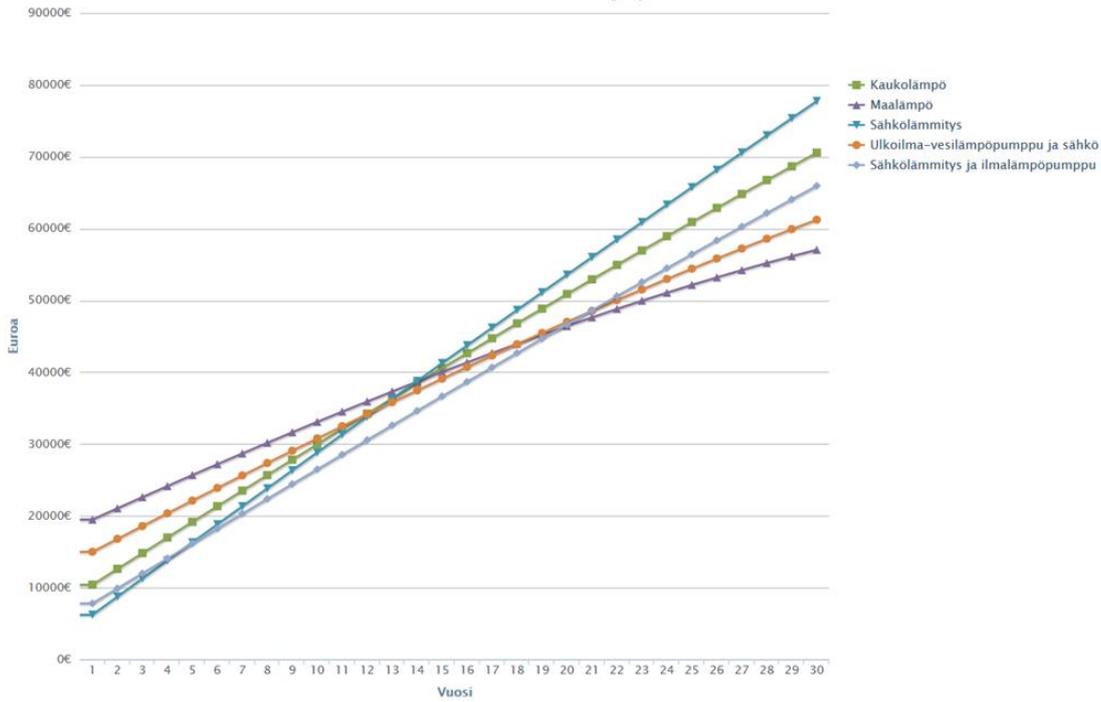


Tyypitalo B, laskentakorko 4%.



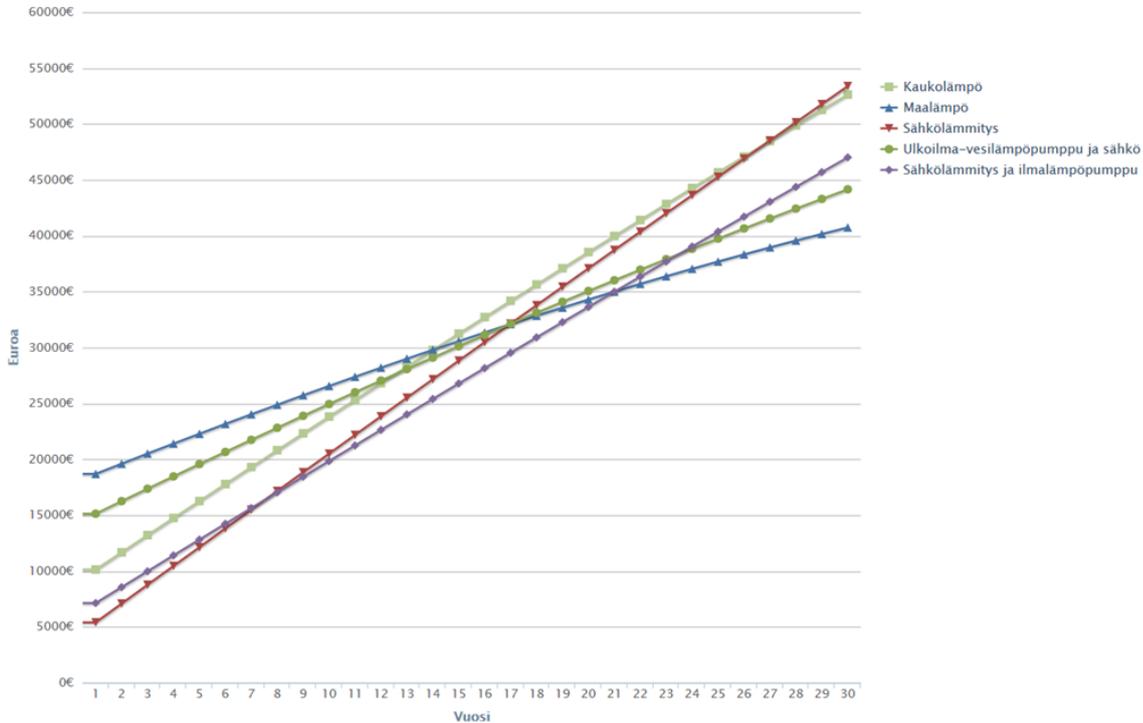
Tyypitalo C, laskentakorko 2%

Arvio kumulatiivisista kokonaiskustannuksista
Sisältää investointikustannuksen sekä vuotuiset energia- ja korkokustannukset.

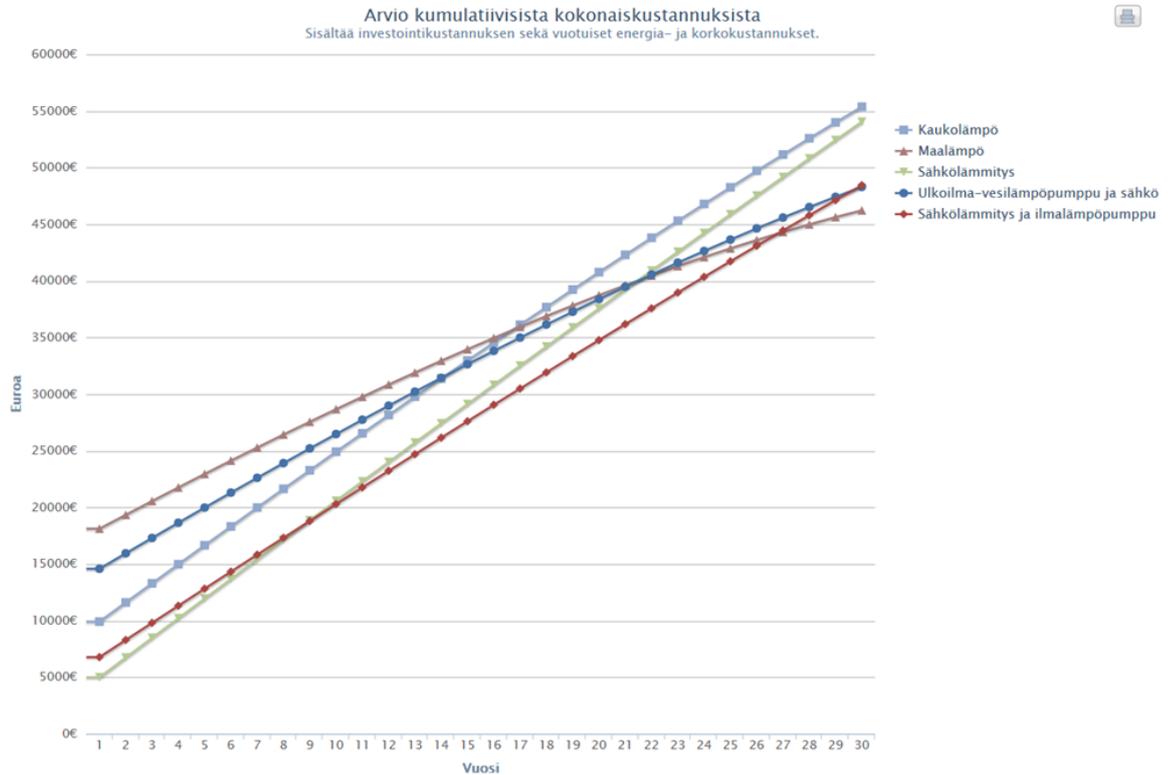


Tyypitalo C, laskentakorko 4 %

Arvio kumulatiivisista kokonaiskustannuksista
Sisältää investointikustannuksen sekä vuotuiset energia- ja korkokustannukset.



Tyypitalo D, laskentakorko 2 %



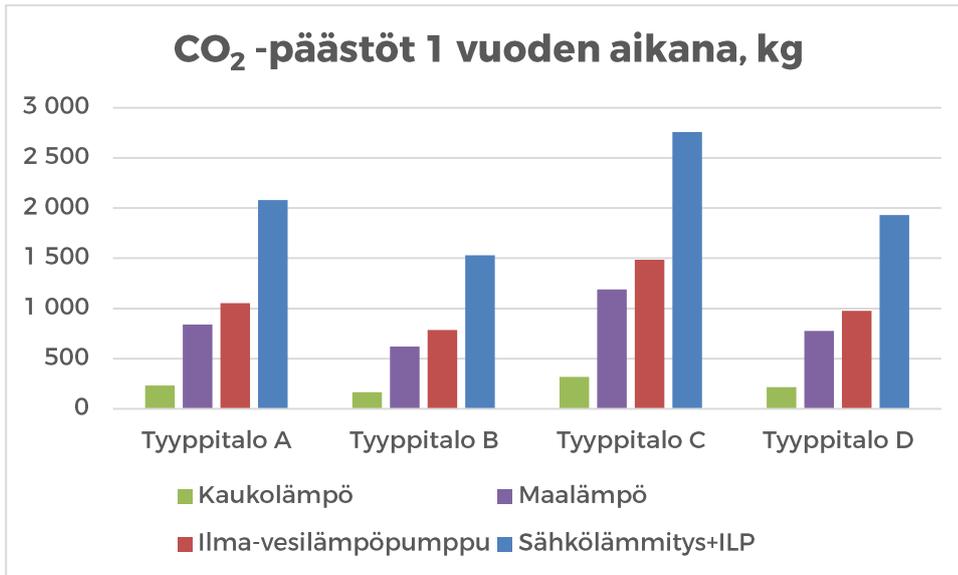
Tyypitalo D, laskentakorko 4 %

3.5 Lämmitysmuotojen hiilidioksidipäästöt

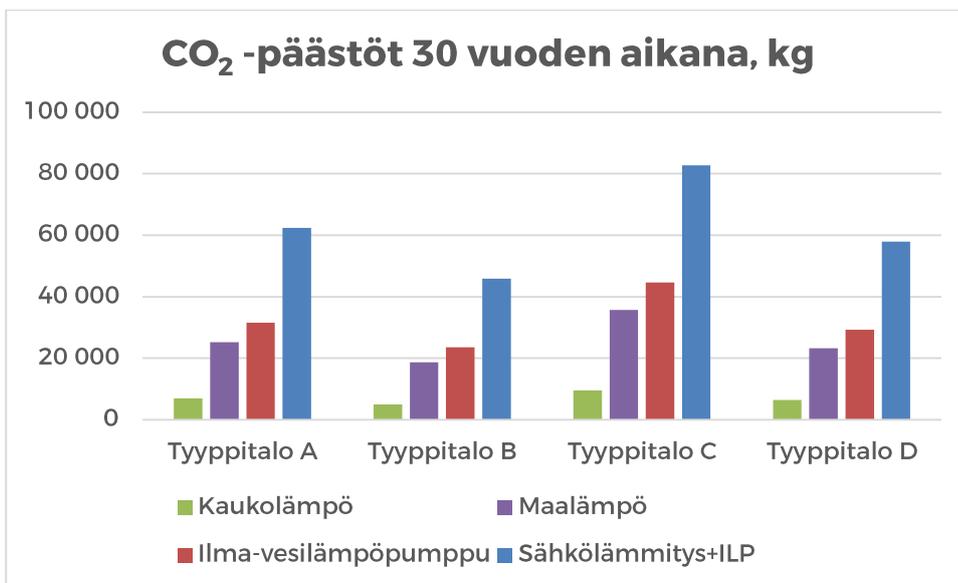
Alla on vertailtu kunkin tyypitalon ja lämmitysmuodon osalta hiilidioksidipäästöjä yhden ja 30 vuoden elinkaaren aikajaksolta.

CO₂-kertoimet sähkölle ja Porvoon Energian tuottamalle kaukolämmölle

Käytettävä CO ₂ -kerroin sähkölle, kgCO ₂ /MWh (valtakunnallinen keskiarvo)	181
Käytettävä CO ₂ -kerroin kaukolämmölle, kgCO ₂ /MWh (Porvoon Energia)	17



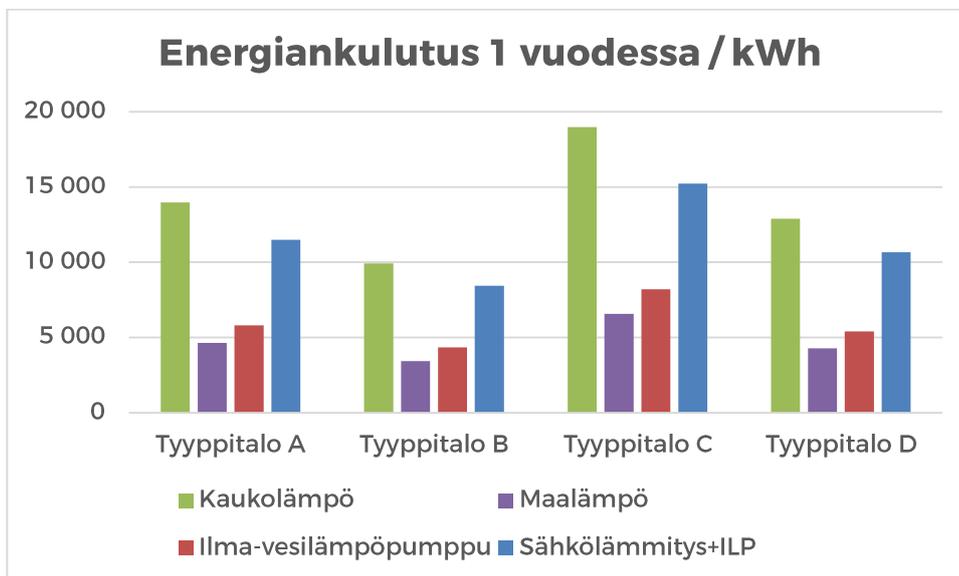
Hiilidioksidipäästöt kunkin tyypitalon ja lämmitysmuodon osalta vuodessa.



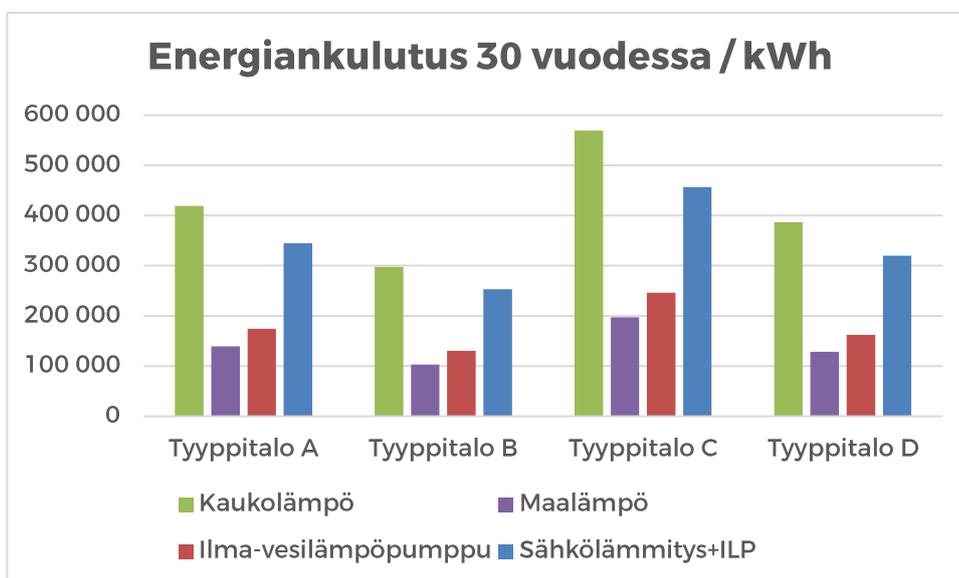
Hiilidioksidipäästöt kunkin tyypitalon ja lämmitysmuodon osalta 30 vuodessa.

3.6 Energiankulutus lämmitysmuodoittain

Ostoenergiankulutus kunkin tyyppitalon ja lämmitysmuodon osalta vuodessa koskien lämmitysenergiaa vuoden ja 30 vuoden aikajaksoilla.



Ostoenergiankulutus kunkin tyyppitalon ja lämmitysmuodon osalta vuodessa koskien lämmitysenergiaa.



Ostoenergiankulutus kunkin tyyppitalon ja lämmitysmuodon osalta 30 vuodessa koskien lämmitysenergiaa.

Energiamuotojen kannattavuusvertailussa energiamuodon hinta ja energian vuosikulutus on merkittävässä roolissa kuten myös kaikkiaan rakennuksen energiatarve käyttöveden lämmityksineen. Muutokset laskentakorossa tai energiahinnassa vaikuttavat merkittävästi tuloksiin.

Matalaenergiarakenteen valinta "syö" kannattavuutta muilta säästötoimilta koska säästöpotentiaali vähenee rakennetehokkuuden myötä.

Selvityksessä käytetyt energiahinnat on laskettu tämän päivän hinnoilla (8/2017). Laskennassa käytetty energianhintojen muutosoletus on tilaajan toivomuksesta laskennassa 0 %. Käytännössä kaikkien energiamuotojen hinnat ovat kuitenkin nousseet viimeisen 30 vuoden aikajaksolla selvästi. Hintakehitys tasoittuu hieman kun huomioidaan saman ajanjakson inflaatio.

Energiahinnan osalta ei aiempi historia kuitenkaan ole tae tulevasta hintakehityksestä. Sähkön ja kaukolämmön hintakehitys voivat poiketa toisistaan koska ne määräytyvät eri perusteilla. Tilastollista tietoa aiempien vuosien energiahinnoista löytyy mm. Tilastokeskuksen ja Energiatieteiden verkosivuilta.¹⁰

Rakentajaa suositellaan myös kokeilemaan erilaisia laskentaskenaarioita Motivan Lämmitysmuotojen vertailulaskurilla:

<https://www.motiva.fi/lammitysvertailu>

Lämmitysmuotojen vertailulaskuria käytettäessä, kannattaa avata myös Lämmitystapojen hinnat - asetusvalikko, jossa valitaan energiahinnat, korko (investoinnin laskentakorko), energiahinnan nousu %, laskenta-aika (investoinnin kuoletusaika). Lämmitysmuotojen investointia vertailtaessa kannattaa huomioida myös tulevat korjaus-/uusimis-tarpeet ja niiden arvottaminen vertailulaskentaa tehdessä.

Matalaenergiarakenteisiin satsaaminen on erittäin kannattavaa silloin kun valinnat koskevat kustannustehokkaimpia ratkaisuja ilman oleellista työmäärän lisäämistä ja erityisesti silloin kun kohteeseen on valittu energiakustannukseltaan kallis lämmitysmuoto. Mielekäs kannattavuustaso saavutetaan myös muillakin tässä selvityksessä vertailluilla lämmitysmuodoilla. On kuitenkin huomattava, että mikäli valinnat kohdistuvat heikompiin säästötoimiin tai edellyttävät merkittäviä lisätyömääriä, säästötoimien takaisinmaksuaika voi jopa moninkertaistua tämän selvitykseen laskentaan verrattuna. Mikäli eristeet pysyvät rakenteissa kuivina, uusintatarvetta ei välttämättä synny rakennuksen elinkaaren aika-

¹⁰ www.stat.fi

www.energia.fi

na. Käyttöveden kulutus on ollut pitkään laskusuunnassa erityisesti vesimittarien yleistymisen ja vesikalusteiden teknisen parantumisen johdosta. Kaikkiaan kustannustehokkaita matalaenergiavalintoja voisi suositella pientalon rakentajalle.

Vedenlämmitykseen kulunut energiamäärä vuositasolla voi edelleen vaihdella merkittävästi, muutamasta sadasta kilowattitunnista muutamaan tuhanteen kilowattituntiin vuodessa. Yleensä runsaampaa vedenkulutusta selittävät erityisesti hyvin pitkät suihkuajat. Omaa kulutusta arvioidessa kannattaa arvioida koko perheen vedenkäyttötottumuksia; kulutuksen yleisin vaihteluväli on 800-1300 kWh/hlö/a. Keskimääräisellä lämpimän käyttöveden käyttötavalla 1 000 kWh:n lämmitystarvetta vastaa noin 122 litran veden kulutus henkilöä kohden vuorokaudessa.

Kannattaa myös huomioida, että asuinrakennuksen elinkaari on yleensä ainakin 70-100 vuotta. Tänä aikana energiamuotojen hinnat voivat paljonkin. Yleisesti ottaen pitkällä aikavälillä energian hinta on ollut nouseva kaikissa energiamuodoissa.

Laitteiden korjauskustannuksissa on merkittäviä eroja kuten myös laitteiden todennäköisellä vaikutuksella talon jälleenmyyntiarvoon.

Kokonaiskustannuksissa maalämpö on 30 vuoden elinkaaritarkasteluissa kaikkien muiden tyyppitalojen osalta kumulatiivisessa kokonaiskustannuksessa edullisin. Poikkeuksena on tyyppitalo B laskettuna korkokannalla 4 %, jossa sähkölämmitys ilmalämpöpumpun tukilämmityksellä osoittautui edullisimmaksi 30 vuoden elinkaarilaskennassa. Mikäli kaukolämmölle ja sähkölle valittaisiin keskenään samansuuruinen nouseva vuotuinen hintakehitys, maalämmön ja ilma-vesilämpöpumpun takaisinmaksuaika suhteessa kaukolämpöön ja sähkölämmitykseen nopeutuisi.

Tutkituista lämmitysmuodoista Porvoon alueen kaukolämpö oli ylivoimaisesti ympäristöystävällisin vaihtoehto. Hiilidioksidipäästöjä syntyi maalämpöön nähden noin kolmannes ja sähkölämmitykseen verrattuna noin kymmenesosa. Muut lämmitysmuodot sijoittuivat päästövertailussa sähkönkulutuksensa mukaisesti.

