

Lempäälän Hauralan asemakaava

Energiaselvitys

6.4.2023



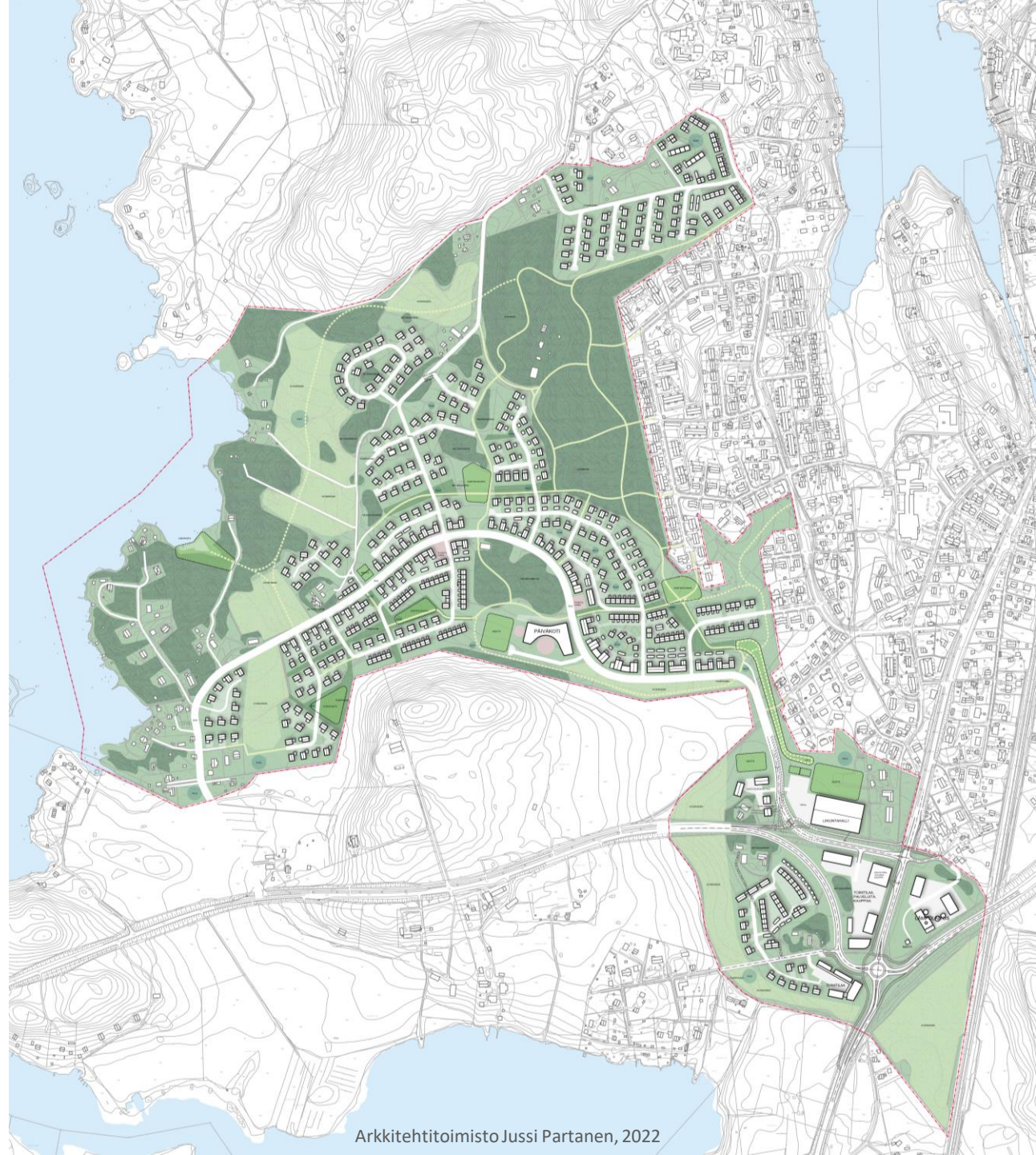
Euroopan unionin rahoittama –
NextGenerationEU



Granlund

Sisälllys

1.	Tausta	3
2.	Yhteenveto ja johtopäätökset	4
3.	Lyhenteet	6
4.	Alueen energiankulutus	7
5.	Energiantuotannon vaihtoehdot	21
6.	Laskennan tulokset	29
	<ul style="list-style-type: none">• Energiatase• Energiantuotantokustannus• Päästölaskenta	
7.	Yhtymäkohdat kaavoitukseen	52
8.	Vaiheistus	64
9.	Energiayhteisömallin soveltuvuustarkastelu	66
10.	Liite 1 Lähtötiedot ja oletukset	77



1. Tausta

- Tässä selvityksessä tutkittiin Lempäälän Hauralan asemakaavan valmisteluvaiheessa alueen potentiaalisia energiaratkaisuja.
- Hauralan kaava-alue koostuu pääosin rakentamattomasta alueesta Lempäälän eteläpuolella. Alue on selkeästi jakaantunut pohjoiseen ja eteläiseen alueeseen.
 - Pohjoisen alueelle on suunnitelmissa kaavoittaa pääosin matalaa asuinrakentamista.
 - Etelän alueelle on suunniteltu asuinrakennusten lisäksi myös PT-kauppaa, käsityökorttelia, urheiluhalli ja –kenttä. Etelän alueen rakennus- ja energiatiheys on pohjoista suurempi.
- Energiajärjestelmän tavoitteena olivat kustannustehokkuus ja hiilineutraaliuden edistäminen.
- Eri energiantuotantomuodoista valittiin alkukarsinnassa alueelle sopivimmat vaihtoehdot jatkotarkasteluun ja –laskentaan. Lisäksi tutkittiin eri verkostovaihtoehtoja.
- Laskelmien perusteella suositeltiin eri vaihtoehtoja ja vaikutuskeinoja kaavoitukseen.



Havainnekuva, Yleiskaavan selostus, Kaava nro 12019, Hauralan eteläosan osayleiskaava, ehdotus 5.10.2022, Lempäälän kunta



2. Yhteenveto ja johtopäätökset

- Lämmitysenergian kulutus jakaantuu tasaisesti pohjoisen ja etelän alueiden välillä. Pohjoisen alueella kulutustiheys on kuitenkin matalampi. Sähköenergian ja jäädytyksen kulutukset taas painottuvat etelän alueelle, jossa sijaitsee palvelurakennuksia asuinrakennusten lisäksi.
- Alkukarsinnan tuloksena tarkempaan selvitykseen valittiin **ilma-vesilämpöpumput sekä perinteinen maalämpö** näiden energian skaalautuvuuden, saatavuuden, tekniikan kypsyyden sekä kustannustason perusteella. Sähköntuotantoon valittiin **aurinkosähkö** realistisimmaksi tuotantomuodoksi. Alueelle soveltuvina lämmön huipputuotantomuotoina tutkittiin **sähkökattilaa sekä biokaasukattiloita**.
- Kannattavin energiantuotannon päätuotantomuoto on lähes kaikissa rakennuskohtaisissa vaihtoehdoissa **maalämpöpumppu (MLP)**.
 - **Ilma-vesilämpöpumppu (IVLP)** tulee kilpailukykyisemmäksi suuremmissa rakennuksissa ja aluetasolla.
 - Myös **kaukolämpö** (Business as Usual, BaU-vaihtoehto) on hyvin kilpailukykyinen.
 - Vertailtaessa vaihtoehtoja koko alueen tasolla, **etelän alueen keskitetty verkko IVLP:llä** sekä **pohjoisen alueen hajautettu ratkaisu pääasiassa MLP:llä** ovat kannattavimmat vaihtoehdot.
 - **Aurinkosähkö** on alueelle realistisin sähköntuotantomuoto. Aurinkolämmön ja aurinkosähkön välillä kannattavin valinta kustannusten ja omavaraisuuden kautta on aurinkosähkö.
 - **Biokaasun ja sähkökattiloiden** kustannusten välillä ei ole suurta eroa arvioituilla kustannuksilla. Lisäksi energian hinnan kehityksessä on suuria epävarmuuksia, mitkä vaikuttavat vahvasti siihen, kumpi huipputuotantomuoto on kannattavampi.
- Päästöjen osalta mahdollisuutena on suuret vähennykset jopa ilman hiilineutraalia sähköä. MLP:llä päästövähennykset ovat suurempia suuremman energiapitoisuuden ja paremman hyötysuhteen takia. Verrattuna perustapaukseen (kaukolämpö), SYKE:n skenaarioiden mukaisilla sähkön ja kaukolämmön päästökertoimilla, lämpöpumppujen **päästövähennyspotentiaali on jopa yli 50 %**.

2. Yhteenveto ja johtopäätökset

- **Kaavoituksessa tärkeää on mahdollistaa riittävästi tilaa useille vaihtoehtoisille energiantuotantoratkaisuille.** Eniten tilaa tarvitsee mahdollinen aluelämpöverkko, alue-energiakeskus sekä mahdollinen aurinkosähkökenttä. Lisäksi maalämmön kaivoille voidaan mahdollistaa porauspaikkoja myös tonttien ulkopuolelta tai tonttien rajoille, erityisesti tiheän energiankulutuksen alueilla.
- Kaavoituksen on oltava joustava ja pitkäikäinen, minkä takia **tarkemmat vaatimukset suositellaan annettavaksi tontinluovutusehdoissa- ja sopimuksissa.** Teknologiat ja kustannukset kehittyvät, jolloin teknologiakohtaiset kaavamääräykset eivät ole alueen eduksi.
- **Aurinkopaneelien suuntauksella voidaan maksimoida aurinkosähkön omakäyttö.** Erityisesti sähkön markkinahinnan laskiessa ja uusiutuvan tuotannon lisääntyessä, omakäytön hyödyt verrattuna paneelien tuotannon maksimoimiseen kasvavat. Tällöin rakennusten ja aurinkopaneelien **suuntaus tulisi miettiä arvioidun sähkönkulutuksen profiilin kautta.** Esimerkiksi asuinrakennuksissa kulutus voi painottua iltaan, jolloin myös sähköautoja yleensä ladataan, minkä takia lounaaseen suunnatut aurinkopaneelit ovat hyvä ratkaisu. Hyvin suuren sähkönkulutuksen rakennuksissa tai verkkoon syötettäessä paneelien suuntaus etelään on paras vaihtoehto, jolloin sähkön kokonaistuotanto saadaan maksimoitua.
- Vaikeinta on saada aluelämpöverkko rakennettua alueelle yksityisellä rahalla. Tätä voitaisiin edistää hyvin vahvoilla ohjauskeinoilla, mutta ”pakottamisen” negatiiviset seuraukset tekevät keinosta ei-suositeltavan. **Aluelämpöverkon mahdollistamisessa tärkeintä onkin energihuollon tilojen tilavaraukset, putkistojen huomioiminen katutilassa sekä energiantuotantoyksiköiden ja –lähteiden mahdollistaminen.** Apuna voidaan käyttää myös markkinavuoropuheluita aluelämpöoperaattorien kanssa sekä yhteistyökaavoitusta. Tiiviimpi kulutus on alueratkaisulle edullinen pienempien yksikkökustannusten takia mm. alueverkon investointien osalta.
- **Hauralan alueella energiayhteisö voisi muodostua paikallisen sähköntuotannon ja –jakelun ympärille.** Alueella energiayhteisöä käsiteltäisiin kiinteistörajat ylittävänä, joko paikallisena tai hajautettuna energiayhteisönä. Hajautettu energiayhteisö on lainsäädännön kannalta yksiselitteisempi ja helpompi toteuttaa, mutta tällöin tuotannosta joudutaan maksamaan jakeluverkkoyhtiön siirtomaksuja ja veroja normaalisti, jolloin oman tuotannon kannattavuus kärsii. Paikallisessa mallissa vaadittaisiin alueen oma sisäinen sähköverkko tai erilliset suorat linjat voimalalta, jolla oma tuotanto jaetaan kiinteistöihin.
- Lisäksi alueen sisällä on mahdollista toteuttaa pienempiä kiinteistörajojen sisäisiä paikallisia energiayhteisöjä, esim. alueelle rakennettavien rivitaloyhtiöiden yhteydessä, joissa esimerkiksi rakennuksen katolle asennettavan aurinkovoimalan sähköä jaetaan asukkaiden käyttöön.

3. Lyhenteet

LCoE	Levelized Cost of Energy, energian kokonaiskustannus
BaU	Business as Usual, vertailutapaus, perusratkaisu
IVLP	Ilma-vesilämpöpumppu
ILP	Ilmalämpöpumppu
MLP	Maalämpöpumppu
SK	Sähkökattila
KL	Kaukolämpö
VJK	Vedenjäähdytyskone
CHC	Combined Heating and Cooling, yhdenaikaista lämmön ja kylmän tuotantoa lämpöpumpulla
LTO	Lämmön talteenotto
PILP	Poistoilmalämpöpumppu
JLP	Järvilämpöpumppu
JVLP	Jätevesilämpöpumppu
CHP	Combined Heat and Power, yhdenaikainen sähkön ja lämmön tuotanto
BIO	Biokaasukattila huippulämmöntuotantoon

4. Alueen energiankulutus



4. Alueen energiankulutus

Tausta

- Energiaselvityksen lähtötiedoksi saatiin alustavat kaava-alueen havainnekuvat ja kerrosalatiedot jaettuna eri rakennustyypeille.
- Koko alue koostuu selkeästi kahdesta erityyppisestä alueesta.
 - Pohjoinen alue, joka on kokonaan matalan asuinrakentamisen aluetta, omakoti-, rivi- sekä kerrostaloja. Pohjoisen alueen eteläosaan on lisäksi kaavailtu tulevan päiväkotia.
 - Etelän alue, jossa on asuinrakennusten lisäksi erityyppisiä palvelu- ja liikerakennuksia. Näihin lukeutuvat kaksi ”käsityökorttelia”, liikuntahalli ja jalkapallokenttä sekä suuri päivittäistavara-kauppa. Etelän alueeseen lukeutuu lisäksi suuri kolmion muotoinen pelto sekä suunnitellun erillisen lämpölaitoksen alue.
- Energiaselvityksessä tutkittiin rakennuksia sekä eri aluekokonaisuuksia: koko alue, etelän alue ja pohjoinen alue.
- Asuinrakentamisessa on kaksi eri skenaariota: 1. kaikki kerrosala käytössä sekä 2. puolet kerrosalasta käytössä.
- Lämmityksen kulutus koostuu tila- ja IV-lämmityksestä sekä lämpimästä käyttövedestä.
- Jäähdytyksen kulutus koostuu tila- ja IV-jäähdytyksestä sekä kaupankylmästä.
- Sähkössä on otettu huomioon kiinteistö- ja laitesähkö sekä sähköautojen lataus.

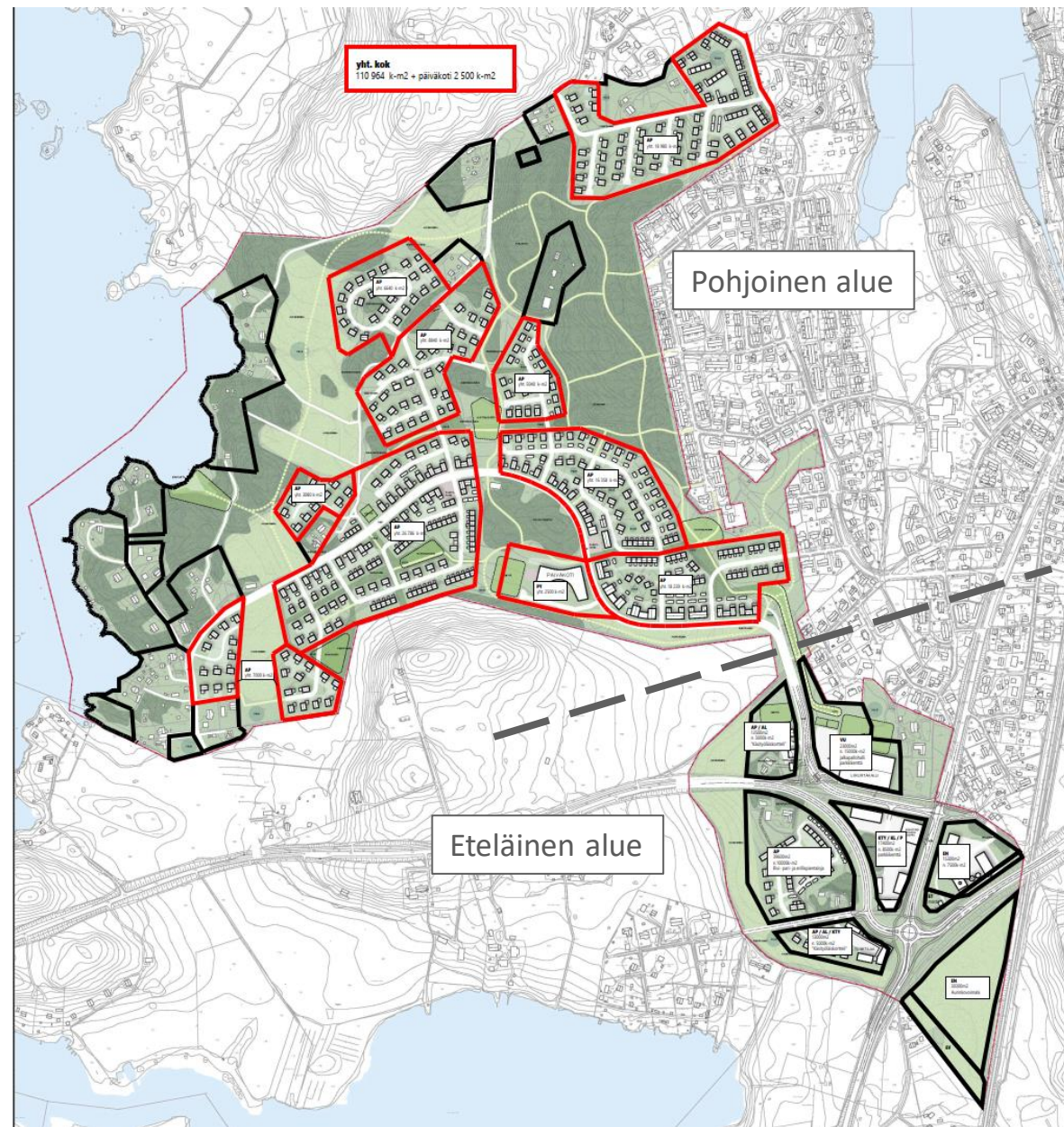
4. Alueen energiankulutus

Alueen energialaskennassa käytetyt alat

Pohjoinen	Pinta-ala (k-m ²)
Rivitalot	27 740 – 13 870*
OKT	83 222 – 41 611*
Päiväkoti	2 500

Etelä	Pinta-ala (k-m ²)
Rivitalot	16 525 – 8 262*
OKT	49 575 – 24 787*
PT-kauppa	5 000
Urheiluhalli	7 500
Käsityökorttelit, palvelut	10 000

Yksittäiset rakennukset	Pinta-ala (k-m ²)
Rivitalo	560
OKT	160
PT-kauppa	5 000
Urheiluhalli	7 500
Käsityökortteli, liike	500
Päiväkoti	2 500



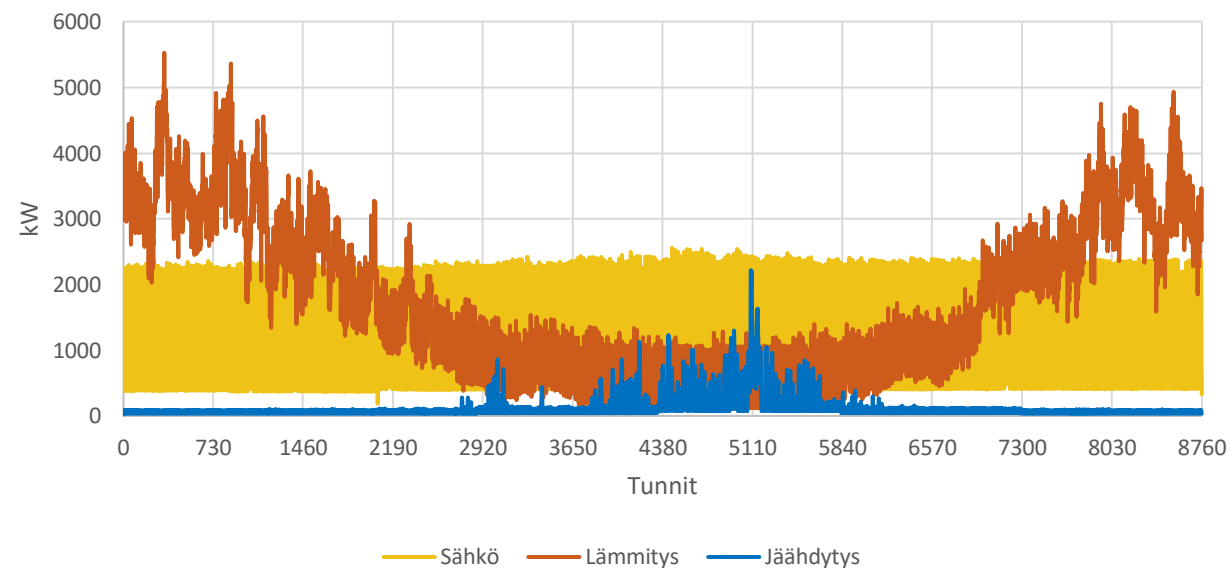
* Jälkimmäinen luku on skenaario 2, jossa AP alueet laskettu puolella havainnekuvien k-m² määristä

4. Alueen energiankulutus

Koko alueen energiankulutukset

- Viereisessä kuvaajassa on esitetty koko alueen lämmityksen, jäähdytyksen ja sähkön arvioitu kulutus tuntisarjoina.
- Kulutukset on arvioitu rakennustyypeittäin Granlundin referenssikohteista.
 - Rakennusten lämmönkulutuksessa huomioidaan ilmanvaihdon LTO:n lämmöntarvetta vähentävä vaikutus. Rakennusten energiatehokkuutta olisi mahdollista yhä parantaa PILP:eillä.
- Taulukossa on esitetty koko alueen energiankulutuksen tunnusluvut.
- Koko alueen tasolla tila- ja IV-lämmityksen osuus on paljon lämpimän käyttöveden kulutusta suurempaa.

Energiankulutukset - Koko alue



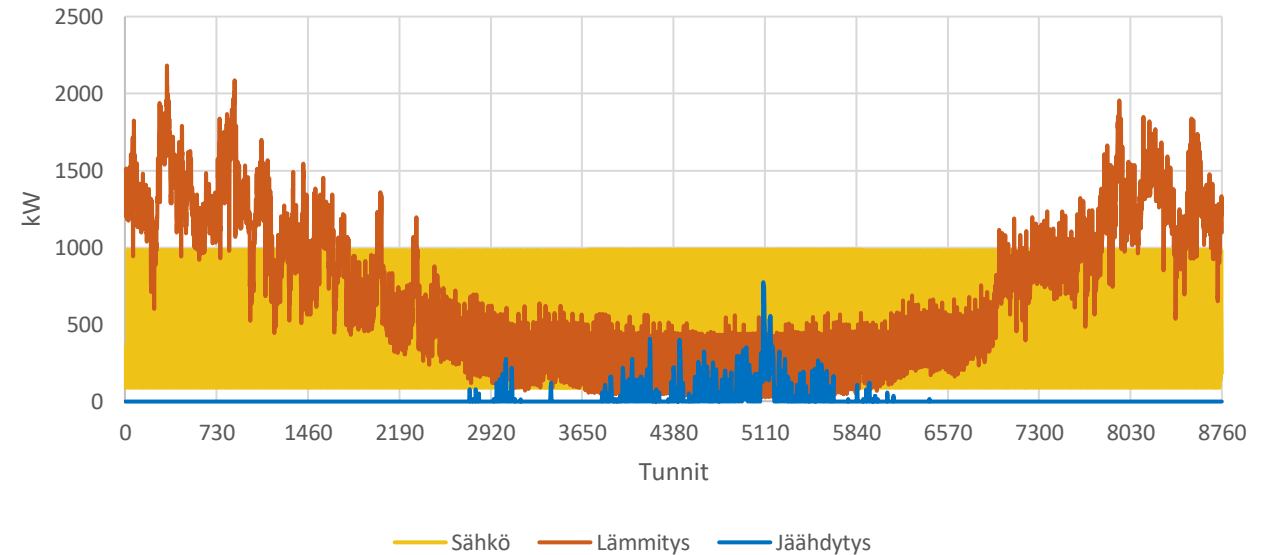
	Koko alue
Lämmitysenergia (MWh/v)	14 650
IV + Tilalämmitys, teho (kW)	15 080
LKV, teho (kW)	1 100
Jäähdytysenergia (MWh/v)	1 185
Jäähdytysteho (kW)	2 220
Sähköenergia (MWh/v)	10 220
Sähkötehot (kW)	2 560

4. Alueen energiankulutus

Pohjoisen alueen energiankulutukset

- Pohjoisen alueen arvioidut tuntikulutukset on esitetty viereisessä kuvaajassa.
 - Alue on lähes kokonaan asuinrakentamista, jonka kulutusprofiilit ovat samanlaisia.
 - Kesäajan lämmityksen tarve on kohtuullisen suuri lämpimän käyttöveden tarpeen takia.
 - Asuinrakennusten jäähdytystarve on hyvin piikikästä, ja se ajoittuu kesälle.
- Kuvaajan alla olevassa taulukossa on esitetty alueen energiankulutuksen tunnusluvut.
 - Päiväkodin kulutus on suuri muihin yksittäisiin kulutuskohteisiin verrattuna.

Energiankulutukset - Pohjoinen



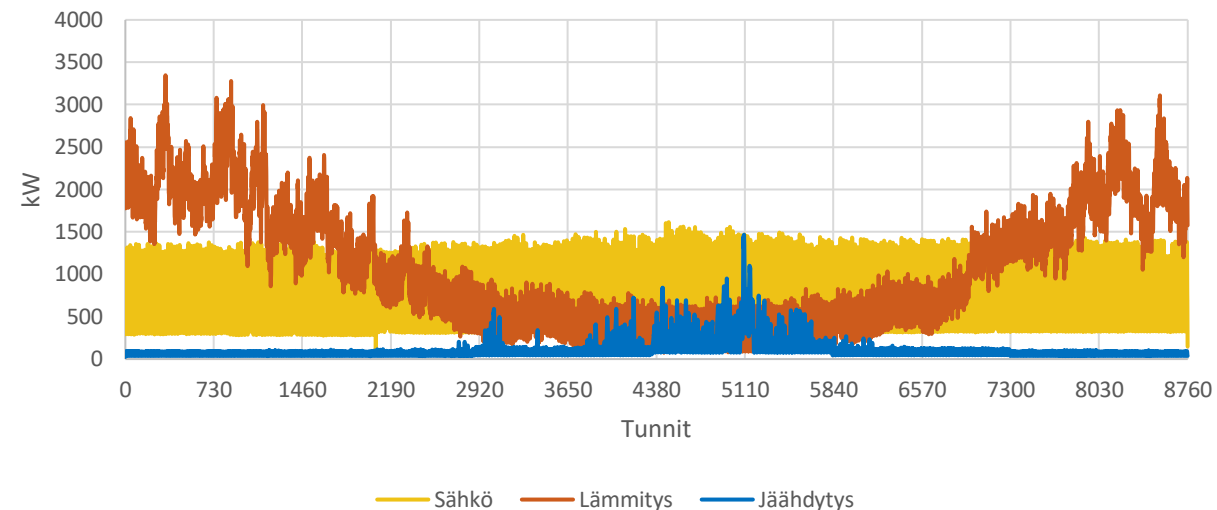
	Asuintalot	Asuintalot skenaario 2	Päiväkoti	Summa skenaario 2
Lämmitysenergia (MWh/v)	10 500	5 300	330	5 630
IV + Tilalämmitys, teho (kW)	5 300	2 850	230	3 080
LKV, teho (kW)	380	230	20	250
Jäähdytysenergia (MWh/v)	270	130	15	145
Jäähdytysteho (kW)	1 350	660	115	775
Sähköenergia (MWh/v)	5 150	2 580	225	2 805
Sähkötehot (kW)	1 960	980	100	1 080

4. Alueen energiankulutus

Eteläisen alueen energiankulutukset

- Eteläisen alueen arvioidut tuntikulutukset on esitetty viereisessä kuvaajassa.
 - Alueella on paljon asuinrakentamista, joten kulutusprofiilit ovat samankaltaisia kuin pohjoisessa.
 - PT-kauppa tuo alueelle paljon lisää jäähdytystarvetta, joka on ympärivuotista.
- Kuvaajan alla olevassa taulukossa on esitetty alueen energiankulutuksen tunnusluvut.
 - PT-kaupan jäähdytyksen energiantarve on asuinrakennuksia suurempi suhteessa jäähdytyksen huippuun.

Energiankulutukset - Etelä



	Asuintalot	Asuintalot skenaario 2	PT-kauppa	Liikunta-halli	Käsityö-kortteli	Summa skenaario 2
Lämmitysenergia (MWh/v)	6 300	3 200	760	800	1 190	5 950
IV + Tilalämmitys, teho (kW)	3 200	1 700	700	600	500	3 500
LKV, teho (kW)	260	165	—**	45	—**	210
Jäähdytysenergia (MWh/v)	160	80	660 *	45	175	300
Jäähdytysteho (kW)	785	400	260	15	460	1 135
Sähköenergia (MWh/v)	3 070	1 535	2 350	670	710	5 265
Sähköteho (kW)	1 160	580	540	215	330	1 665

*Tila- ja IV-jäähdytys sekä kaupankylmä

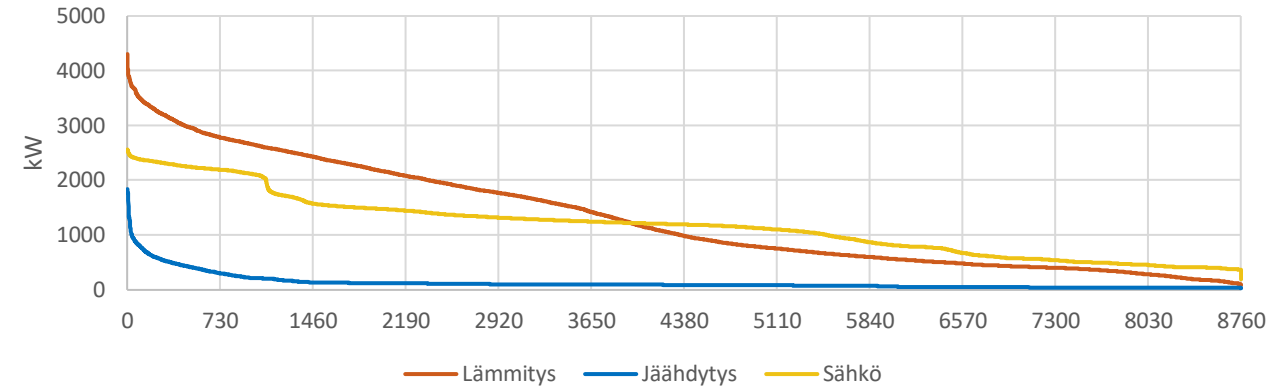
** PT-kaupan ja käsityökorttelin lämpimän käyttöveden kulutus oletettiin hyvin pieneksi

4. Alueen energiankulutus

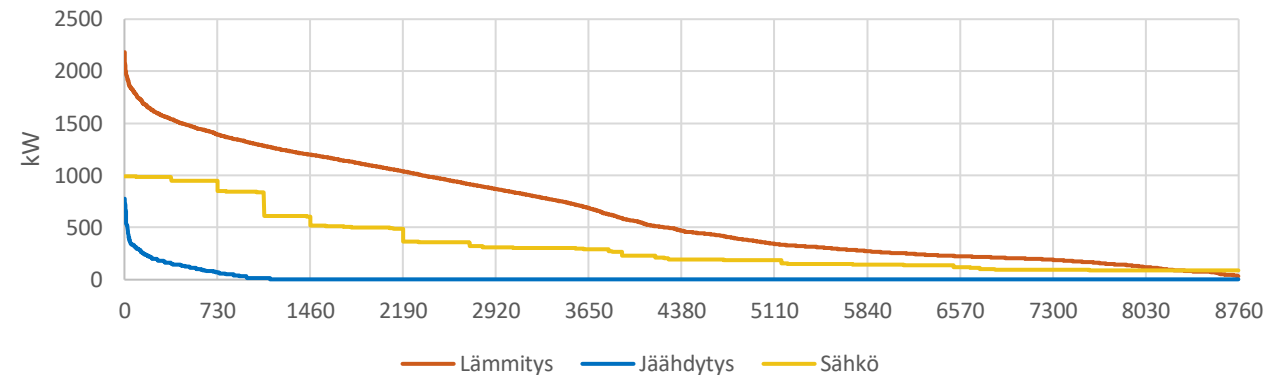
Pysyvyyskäyrät

- Ohessa on esitetty pysyvyyskäyrät lämmityksen, jäähdytyksen ja sähkön kulutuksille.
- Lämmityksen osalta asuinrakennukset sekä IV- ja tilalämmitys ovat määrääviä, joten pysyvyyskäyrät ovat hyvin samankaltaisia.
- Jäähdytyksen osalta peruskuormaa on vähän pohjoisen alueen osalta asuinrakennusten piikikkäästä jäähdytystarpeesta johtuen. Etelän alueella peruskuormaa on enemmän johtuen palvelu- ja liikerakennuksista.
- Sähkön osalta peruskuormaa on enemmän etelän alueella palvelu- ja liikerakennuksista johtuen.

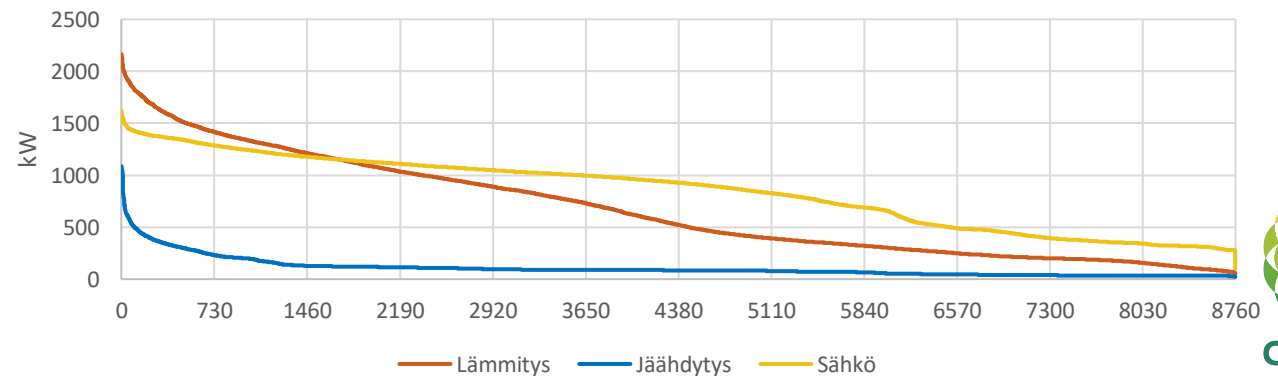
Koko alue, Pysyvyyskäyrä



Pohjoisen alueen energian pysyvyyskäyrät



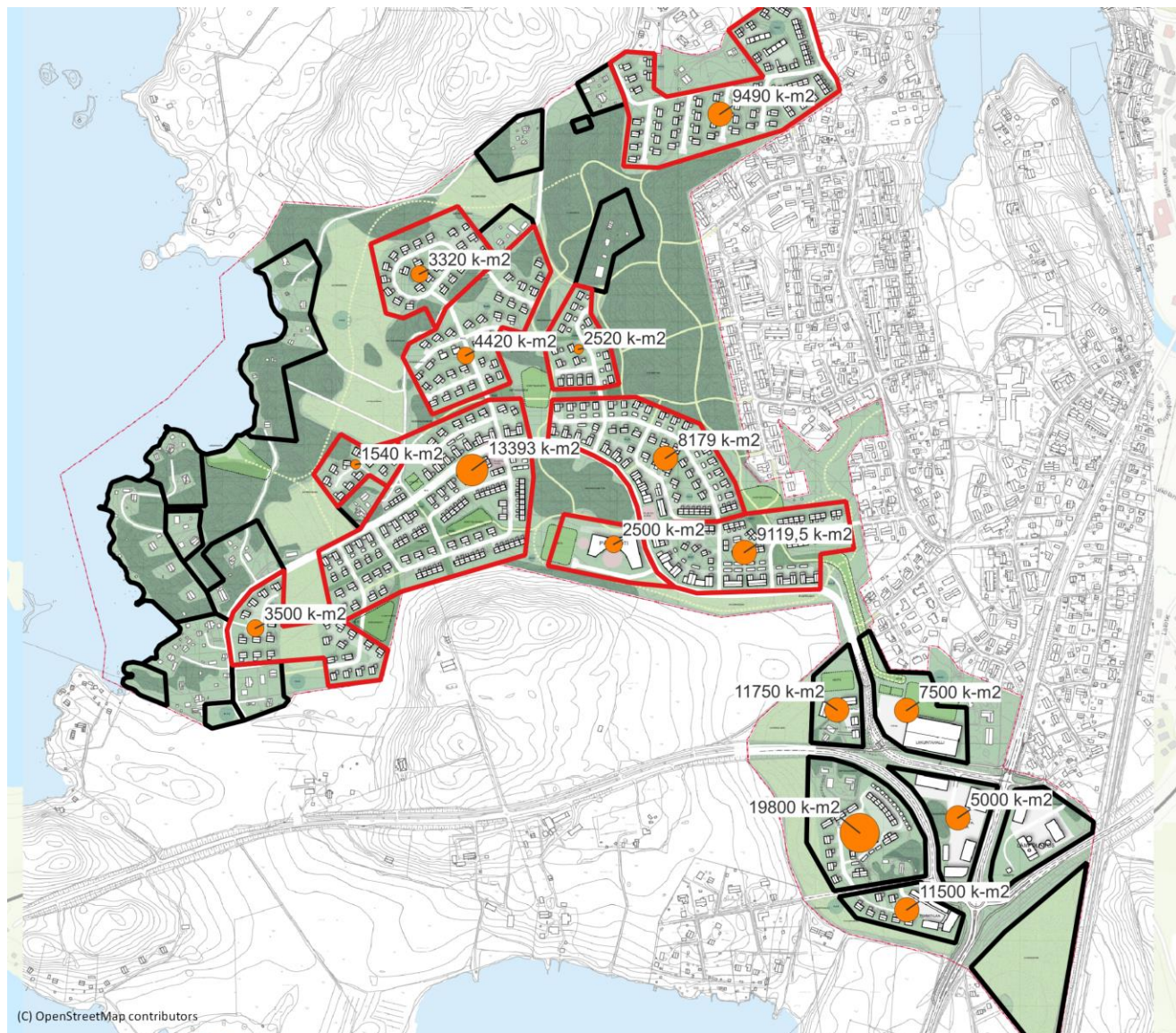
Etelän alueen energian pysyvyyskäyrät



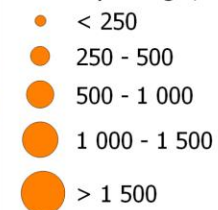
4. Alueen energiankulutus

Lämmityksen aluejakauma

- Oheisessa kartassa on esitetty "kortteleiden" kerrosalat sekä lämmityksen energiankulutus.
- Pallon koko on verrannollinen alueen energiatarpeeseen viereisen taulukon mukaisesti.
- Suurimmat kulutukset ovat etelän suuressa korttelissa sekä pohjoisen alueen keskellä olevassa suuressa korttelissa, jonka suuri kulutus johtuu pääosin korttelin suuresta alasta.
- Päiväkoti, PT-kauppa ja urheiluhalli ovat suuria yksittäisiä kulutuspeisteitä.



Lämmitysenergia, MWh/v



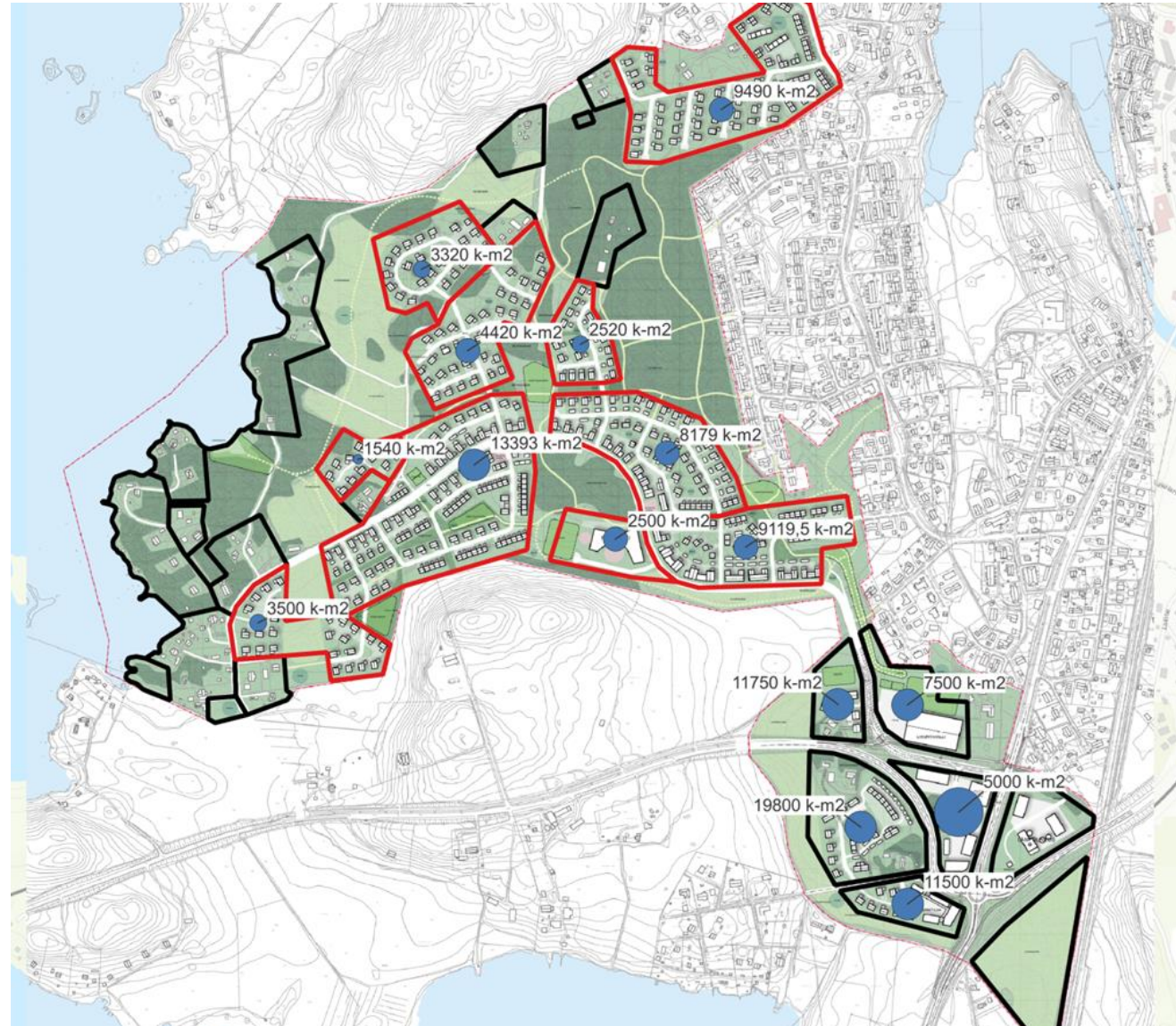
Lempäälän Haurala

Lempäälän Hauralan energiaselvitys
6.3.2023

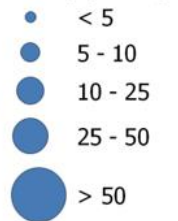
4. Alueen energiankulutus

Jäähdytyksen aluejakauma

- Oheisessa kartassa on esitetty "kortteleiden" kerrosalat sekä jäähdytyksen energiankulutus.
- Suurimmat kulutukset ovat etelän kortteleissa, erityisesti PT-kaupan korttelissa.
- Myös pohjoisessa suuri kortteli sekä päiväkoti ovat suuria jäähdytyksen kulutuskohteita.



Jäähdytysenergia, MWh/v



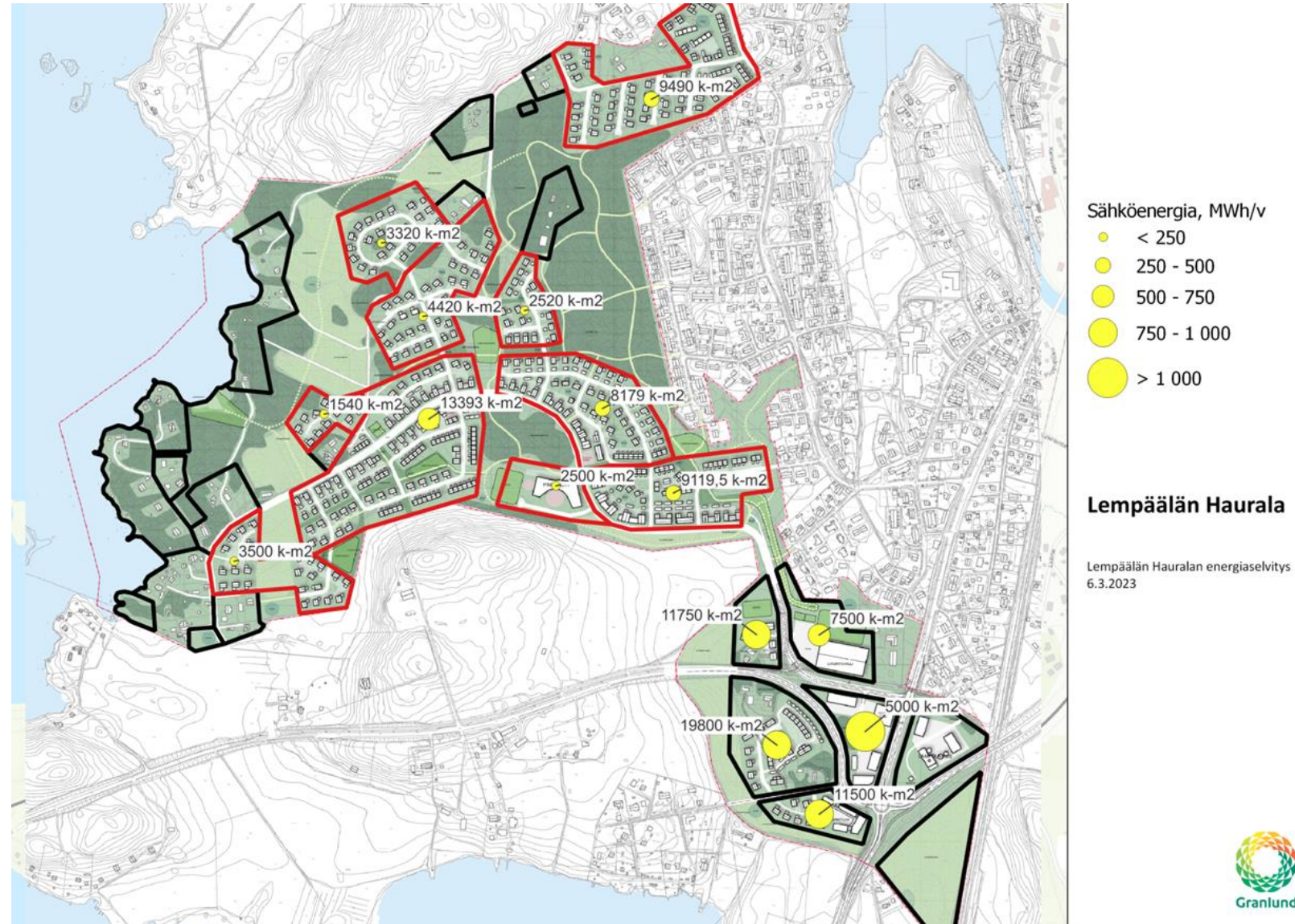
Lempäälän Haurala

Lempäälän Hauralan energiaselvitys
6.3.2023

4. Alueen energiankulutus

Sähkön aluejakauma

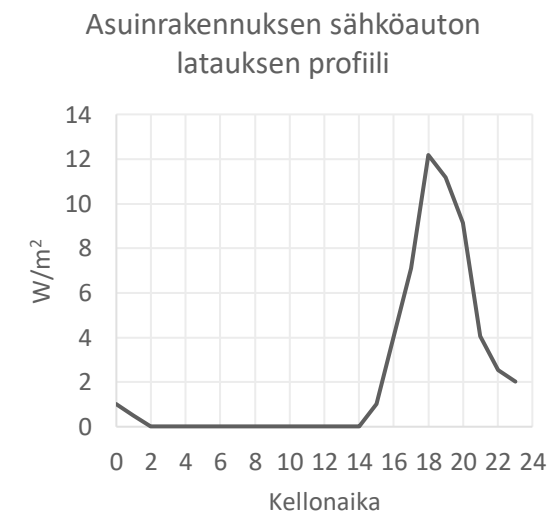
- Oheisessa kartassa on esitetty "kortteleiden" kerrosalat sekä sähköenergiankulutus.
- Suurimmat kulutukset ovat etelässä PT-kaupan korttelissa sekä muissa palvelu- ja liiketiloissa.



4. Alueen energiankulutus

Sähköautot

- Energiankulutuksissa huomioitiin sähköautojen kulutus sähkönkulutuksessa. Sähköautojen määrä arvioitiin oletettujen autopaikkojen määrän mukaan. Oletuksena oli sähköautojen laaja käyttöönotto tulevaisuudessa ja uudella asuinalueella. Sähköautojen latausten profiilit arvioitiin erikseen eri rakennustyypeille.
- Laskennassa käytetyt lähtöarvot ja oletukset:
 - Asuinrakennuksissa oletettiin, että 50 % omistaa sähköauton ja yli 89 m² asunnoissa on vähintään kaksi autopaikkaa. Muissa rakennuksina oletettiin, että 20 % autopaikoista on sähköpaikkoja, autopaikkoja 1 ap/40 kem².
 - Laturien teho 11 kW/paikka.
 - Sähköauton kulutus 20 kWh/100 km.
 - Keskimääräinen ajo 50 km/päivä.
- Autojen lataukseen tarvittavaa sähkö määrää arvioitaessa on kuitenkin suuria epävarmuustekijöitä sähköautojen hinnan kehityksessä, akkujen hintojen ja akkumateriaalien kehityksessä, tuissa ja lataustavoissa. Asuinrakennuksille oletettiin ilta- ja yöpainotteinen latausprofiili (kuvaajassa oikealla).
- Sähköautojen latauksen lisääntyessä alueella, alueen sähkönkulutus kasvaa, ja yhä enemmän aurinkosähköstä saadaan käytettyä kiinteistöissä parantaen aurinkosähkön kannattavuutta. Alueen omavaraisuus kuitenkin heikkenee tällöin.

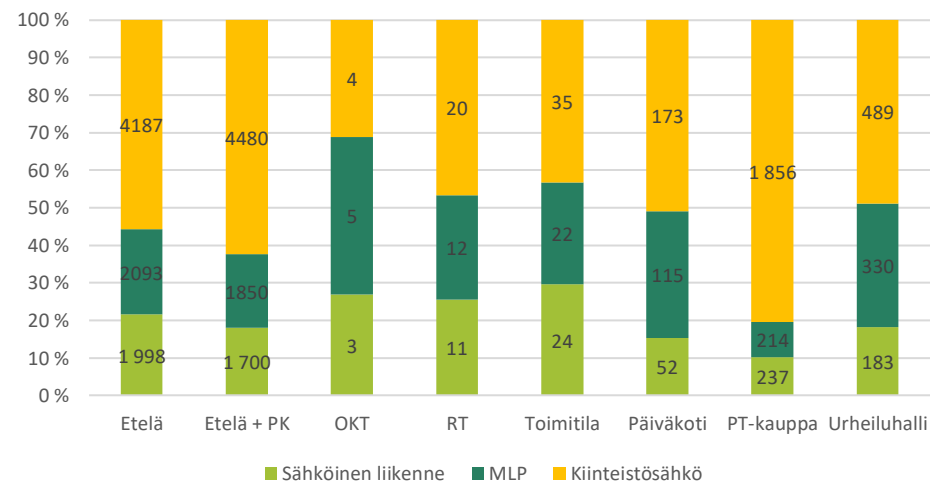


4. Alueen energiankulutus

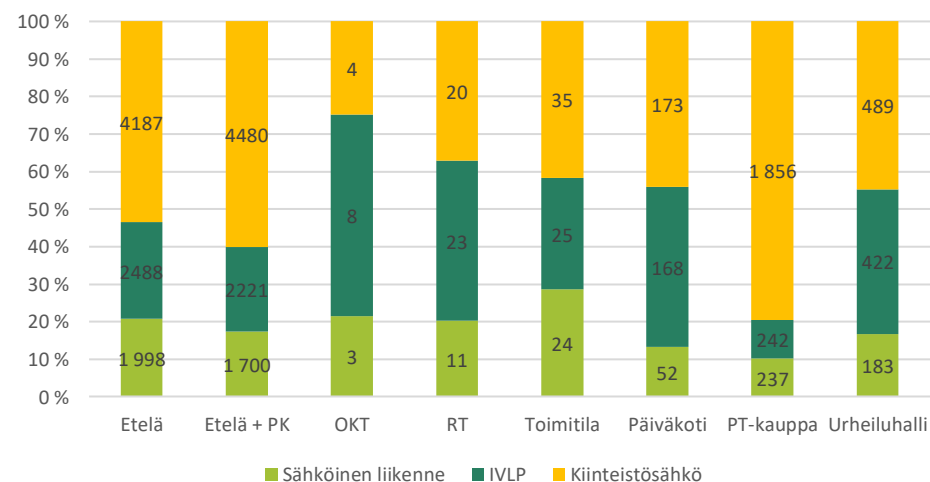
Sähkön jakautuminen

- Kuvaajassa esitetty, miten sähkönkulutus jakautuu
 - kiinteistösähköön,
 - energiantuotannon kuluttamaan sähkөөn,
 - sähköiseen liikenteeseen.
- Asuinrakennuksissa sähkönkulutus on pienempää, ja kiinteistösähkön osuus on pienin.
- Erityisesti PT-kaupassa sekä muissa palvelurakennuksissa kiinteistösähkön osuus on suurin.
- Suurin sähköautojen latauksen kulutuksen osuus on arvioitu kuuluvan toimitiloille.

Maalämpö ensisijaisena energiantuotantomuotona, MWh/v



IVLP ensisijaisena energiantuotantomuotona, MWh/v



4. Alueen energiankulutus

Esimerkkirakennusten energiankulutukset

- Esimerkkirakennuksien energiakulutukset on koostettu yhteen alla olevassa taulukossa.

	Omakotitalo 160 k-m ²	Omakotitalo 320 k-m ²	Rivitalo 560 k-m ²	Rivitalo 1 120 k-m ²	PT-kauppa	Liikuntahalli	Käsityökortteli, liike	Päiväkoti
Lämmitysenergia (MWh/v)	15	30	50	100	760	800	6	330
IV + Tilalämmitys, teho (kW)	10	14	40	50	700	600	20	230
LKV, teho (kW)	5	6	15	24	-.**	45	-.**	20
Jäähdytysenergia (MWh/v)	0,5	0,8	1,3	2,7	660 *	45	2	15
Jäähdytysteho (kW)	2	4	7	14	260	15	20	115
Sähköenergia (MWh/v)	7	14	31	62	2 350	670	59	225
Sähköteho (kW)	3	5	11	22	540	215	15	100

*Tila- ja IV-jäähdytys sekä kaupankylmä

** PT-kaupan ja käsityökorttelin lämpimän käyttöveden kulutus oletettiin hyvin pieneksi

4. Alueen energiankulutus

Yhteenveto

- Pohjoisen alueen lämmityksen tarve on n. 5 600 MWh/v ja etelän alueen n. 6 000 MWh/v.
- PT-kaupan jäähdytyksen ja sähkön tarve ovat suuria muihin kohteisiin verrattuna.
- Lämmityksen tarve on suuri liikuntahallilla, mutta myös PT-kaupalla.
- Etelän alueen energiankulutus on tiivistä ja etelän alueen kulutus on myös kokonaisuudessaan pohjoista suurempaa.
- Sähkön kulutuksissa on huomioitu lisäksi sähköautojen lataus.
- Tuntiaikasarjat ja kulutukset ovat tässä vaiheessa alustavia arvioita tyyppillisistä rakennuksista. Tuntikulutukset sekä kokonaiskulutukset riippuvat lopulta toteutuvista rakennusneliöistä, teknisistä ratkaisuista, vaaditusta energiatehokkuudesta ja asukkaiden sähköautojen määrästä ja lataustottumuksista.
- Lisäksi ilmastonmuutos voi vaikuttaa tulevien vuosikymmenten lämmityksen ja jäähdytyksen tarpeeseen.

5. Energiantuotannon vaihtoehdot



5. Energiantuotannon vaihtoehdot

Lämmityksen vaihtoehdot

- **Ilma-vesilämpöpumput** (IVLP) ja ilma-ilmalämpöpumput (ILP), joissa energia otetaan ympäristön ilmasta ja siirretään veteen, rakennusten sisäilmaan tai alueverkkoon.
- **Maalämpö** (MLP), joissa lämpö otetaan kerätään maapiirissä kiertävään keruunesteeseen. Lämpö siirretään rakennusten verkostoihin tai aluelämpöverkkoon.
- **Yhdistetty lämmön ja kylmän tuotanto** (CHC), jossa kylmän tuotannosta syntynyt lauhdelämpö otetaan talteen rakennusten verkostoihin tai aluelämpöverkkoon.
- **Jätevesilämpöpumput** (JVLP), joissa rakennuksissa syntyvän jäteveden lämpö otetaan talteen rakennusten verkostoihin tai aluelämpöverkkoon.
- **Järvilämpöpumput** (JLP), jolloin järivedestä voidaan ottaa lämpöä talteen rakennuksille tai aluelämpöverkkoon.
- **Poistoilmalämpöpumput ja lämmöntalteenotto** (PILP ja LTO), jossa poistoilmasta lämpö otetaan talteen lämpöpumpun avulla rakennusten lämmitysverkostoihin tai aluelämpöverkkoon (PILP) tai suoraan rakennuksen tuloilman lämmitykseen LTO-patterin avulla (LTO).
- **Aurinkolämpö**, jossa aurinkokeräimet lämmittävät keruunestettä, josta lämpö otetaan talteen rakennusten verkostoihin tai aluelämpöverkkoon.
- **Lämpökattilat**, jotka lämmittävät rakennusten tai aluelämpöverkon menovettä sähkövastuksilla tai polttamalla biomassaa, nestemäisiä polttoaineita, kaasua tai hiiltä.

5. Energiantuotannon vaihtoehdot

Jäähdytyksen vaihtoehdot

- Vaihtoehtoina on **keskitetty jäähdytyksen tuotanto**, jolloin tuotantolaitteiston investoinneissa hyödytään suuruuden ekonomiasta.
 - Jäähdytys täytyy tällöin siirtää aluejäähdytysverkoston avulla, mikä pientalovaltaisella alueella tulee kalliiksi.
 - Keskitetyn jäähdytyksen tuotannon pysyvyys on rakennuskohtaista parempi, ja lämpö saadaan aluelämpöverkkoon talteen.
 - Keskitetty jäähdytyksen tuotanto alhaisen rakennus- ja kulutustiheyden alueilla on kallista.
 - Keskitetty jäähdytyksen tuotanto on pienestä jäähdytyksenkulutuksesta johtuen jätetty pois tarkastelusta. Alueverkko voisi soveltua kauppa-, toimisto- tai sairaanhoitoalueelle.
- Jäähdytystä voidaan tuottaa **rakennuskohtaisesti**.
 - Soveltuu pientaloihin ja myös suurempiin rakennuksiin.
 - Lämpö voidaan kuitenkin ottaa aluelämpöverkkoon talteen suuremmista rakennuksista, jos jäähdytyksestä syntyy ylimääräistä lämpöä.
 - Ylimääräistä lämpöä voidaan myös syöttää energiakaivoihin, jolloin niiden toiminta paranee.
- Asuinrakennuksiin myös soveltuu ILP, jolla voidaan tuottaa lämmitystä tai jäähdytystä huoneilmaan.
- Asuinrakennuksissa voidaan hyödyntää poistoilman LTO:ta kylmän talteenottamisessa.
- Palvelurakennuksissa voidaan käyttää nestekiertoisen keskitetyn jäähdytyksen kanssa IVLP:tä, CHC:tä tai maaviileää perinteisistä lämpökaivoista.

5. Energiantuotannon vaihtoehdot

Sähköntuotannon vaihtoehdot

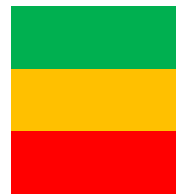
- Aurinkosähkö on tällä hetkelläärkevin pienen kokoluokan sähköntuotannon vaihtoehto.
 - Muita vaihtoehtoja voivat olla polttomoottoriin perustuva yhteistuotanto (CHP), jossa polttamalla tuotetaan lämpöä ja sähköä tai polttokennot.
 - Polttokennot ovat yhä kalliita ja vaativat vedyn jakelua.
 - CHP on mahdollinen pienen kokoluokan rakennuskohtainen ratkaisu, jos biokaasua on saatavilla.
 - Polttomoottoreissa on huono sähkön tuotannon hyötysuhde. Lämpöä voidaan kuitenkin ottaa talteen.
 - Sähköntuotanto on kallista energiayhteisöjen ulkopuolella siirtomaksujen ja verojen takia. Sähkön suuren mittakaavan tuottaminen polttamalla alueella ei tuo etuja.
 - Geoterminen lämpölaite on kallis ja toteutus on epävarma.
- Sähköntuotannon kannalta paras ratkaisu on **rakennuskohtaiset aurinkopaneelit** tai **aurinkopaneelikenttä energiayhteisöllä/verkkoon myynnillä.**

5. Energiantuotannon vaihtoehdot

Hyvä

Välttävä

Huono



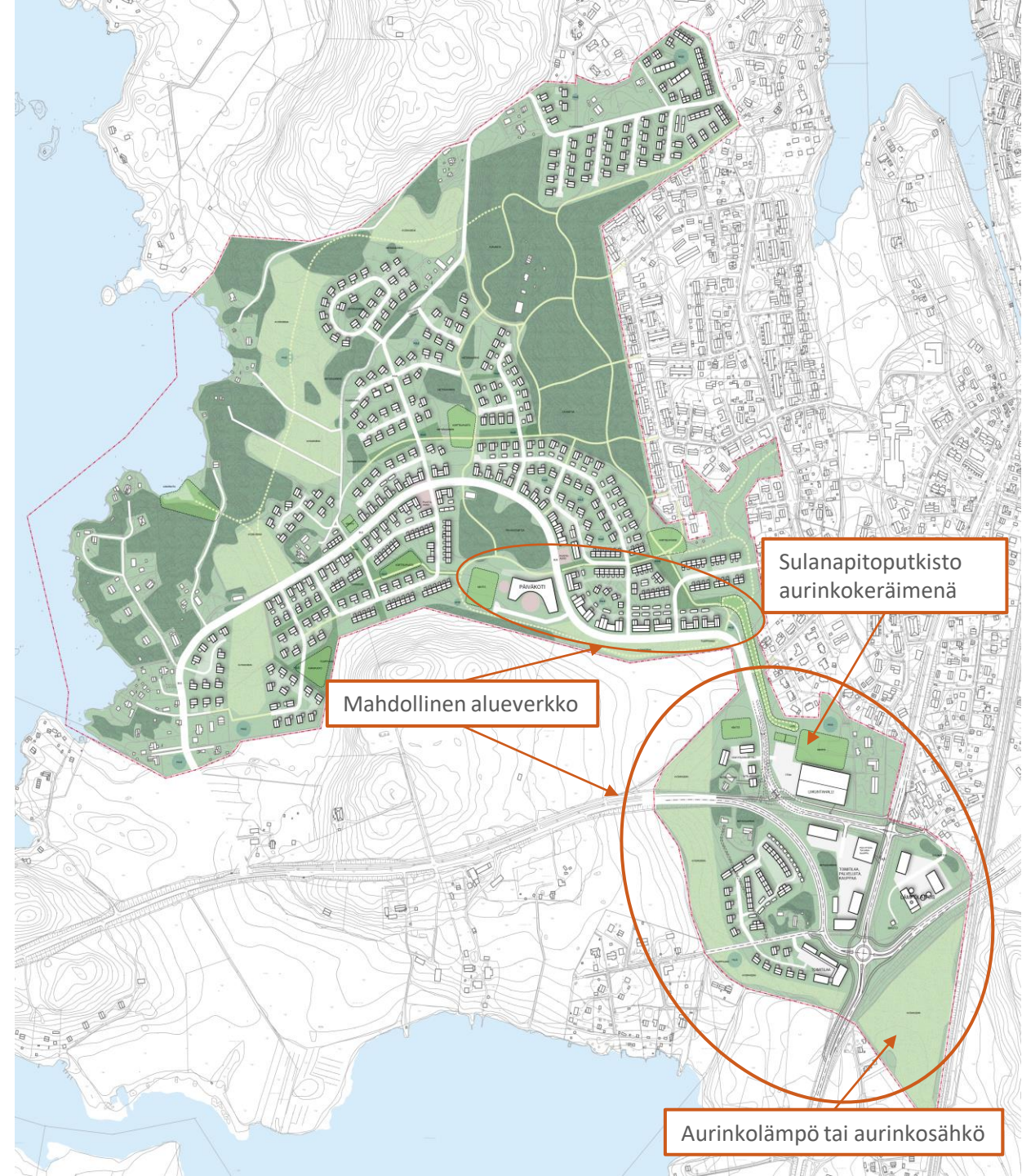
Yhteenveto

	Investoinnit	Keskittetty lämmöntuotanto	Hajautettu lämmöntuotanto	Käyttö-kustannukset	Tilantarve	Omavaraisuus	Energian saatavuus	Energian hyödynnettävyys	Jäähdytys
IVLP	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Välttävä	Hyvä	Välttävä	Hyvä	Hyvä	Välttävä
ILP	Hyvä	Huono	Hyvä	Välttävä	Hyvä	Välttävä	Välttävä	Välttävä	Hyvä
CHC	Hyvä	Välttävä	Välttävä	Hyvä	Hyvä	Välttävä	Huono	Välttävä	Hyvä
MLP 800+ m	Huono	Hyvä	Välttävä	Hyvä	Välttävä	Välttävä	Hyvä	Hyvä	Huono
MLP 300-400 m	Välttävä	Välttävä	Hyvä	Hyvä	Huono	Välttävä	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Järvivesi-LP	Huono	Huono	Huono	Välttävä	Hyvä	Välttävä	Välttävä	Välttävä	Hyvä
Jätevesi-LP	Välttävä	Hyvä	Välttävä	Hyvä	Hyvä	Välttävä	Huono	Välttävä	Huono
Aurinkosähkö	Hyvä	Välttävä	Hyvä	Hyvä	Huono	Hyvä	Välttävä	Hyvä	Huono
Aurinkolämpö	Välttävä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Huono	Hyvä	Välttävä	Huono	Huono
Biokaasu	Välttävä	Hyvä	Huono	Välttävä	Hyvä	Välttävä	Hyvä	Hyvä	Huono
Sähkökattila	Hyvä	Hyvä	Välttävä	Huono	Hyvä	Huono	Hyvä	Hyvä	Huono
Kaukolämpö	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Välttävä	Hyvä	Huono	Hyvä	Hyvä	Huono
Sähkövarasto	Huono	Huono	Välttävä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Välttävä	Hyvä	Huono
Lämpövarasto	Välttävä	Huono	Välttävä	Hyvä	Välttävä	Hyvä	Välttävä	Hyvä	Huono

5. Energiantuotannon vaihtoehdot

Jatkotarkastelun vaihtoehdot

- Alueverkko
 - Alueverkko tulisi suurimpien kiinteistöjen alueelle, kaava-alueen eteläosalle. Alueverkkoon voidaan sisällyttää päiväkotia, päiväkodin ja etelän alueen väliset asuinrakennukset sekä kaikki etelän rakennukset.
 - Kaupalla kaupan kylmän lämmön talteenotto ja maalämpö 400 m. Hukkalämpöä voidaan hyödyntää myös lämpökaivojen latauksessa.
 - Muulle alueelle IVLP tai MLP, matalimmat mahtuvat kaivot.
 - Maaviileä tai CHC maalämpöratkaisuissa.
 - Eteläisimmän ”kolmion” alueelle aurinkolämpökeräimet alueverkkoon syötöllä tai aurinkosähkö verkkoon myynnillä.
 - Jalkapallokentän sulanapitoputkistojen käyttöä aurinkolämmön keräämiseen tutkitaan.
- Hajautettu tuotanto
 - Toisena vaihtoehtona ehdotetaan rakennuskohtaisia energiaratkaisuja. Hajautettu tuotanto on pientaloalueella ja yhtenä skenaariona koko kaava-alueella.
 - Lämmitykseen IVLP tai MLP ja CHC.
 - Jäähdytykseen ILP tai maaviileä ja CHC.
 - Sähköntuotantoon aurinkopaneelit katoilla ja mahdollinen akusto.
- Huipputuotantoon sähkökattilat tai maalämpö. Keskitetyssä ratkaisussa myös biokaasulla.



5. Energiantuotannon vaihtoehdot

Alueverkko

- Aluelämpöverkko mahdollistaa hukkalämmön jakamisen rakennuksista muille alueen rakennuksille. Erityisesti suuren jäähdytystarpeen alueilla, missä hukkalämpöä syntyy yli rakennuksen kulutuksen vuoden ympäri, aluelämpöverkko on hyödyllinen.
- Myös olemassa olevien rakennusten tapauksessa aluelämpöverkko on eduksi, jos rakennuksissa ei ole tilaa omalle energiantuotannolle.
- Aluelämpöverkko kannattaa usein rakentaa mahdollisimman matalalämpöisenä, mikä vähentää lämpöhäviöitä sekä mahdollistaa lämpöpumppujen tehokkaamman hyödyntämisen. Esimerkiksi voidaan käyttää 65-asteista menovettä, jolloin alueverkolla voidaan kattaa uusien rakennusten tila- ja IV-lämmitys sekä lämmin käyttövesi. Tässä selvityksessä alueverkon meno/paluu-mitoituksena käytettiin 65/35 °C.
- Hyödyksi voidaan lisäksi laskea keskitetyn aluelämpöverkon suuruuden ekonomia. Alueella, jossa on eri rakennustyyppisiä, lämmönkulutus jakaantuu laajemmin, jolloin lämmöntuotannon tehomitoitusta voidaan alentaa ja saadaan suurempi käyttöaika tuotannolle. Tämä ei kuitenkaan välttämättä toteudu asuinrakennusalueella. Tällöin suuruuden ekonomian edut koskevat lähinnä tuotantolaitteistojen, kuten lämpöpumppujen, investointeja ja asennuskustannuksia.

5. Energiantuotannon vaihtoehdot

Käsiteltävät skenaariot

Skenaario	Yksikkö	Verkosto	Päälämmitysmuoto	Pääjäähdytysmuoto	Aurinkoenergian hyödyntäminen	Huipputuotanto
1	Omakotitalo	Hajautettu	MLP (400-800 m)	Maaviileä	Aurinkosähkö katoilla (+ akusto)	MLP tai SK
2			IVLP	IVLP tai ILP		SK
3	Rivitalo		MLP (400-800 m)	Maaviileä		MLP tai SK
4			IVLP	IVLP tai ILP		
5	Päiväkoti		MLP (400-800 m)	Maaviileä + CHC		SK
6			IVLP	IVLP		
7	Kauppa		Kylmän LTO-LP (+ MLP)	CHC	Aurinkosähkö katolla (+ akusto)	MLP tai SK
8			Kylmän LTO-LP (+ IVLP)			SK
9	Urheilukeskus		Aurinkolämpö maassa + MLP	Lauhdutus kaivoihin	Aurinkolämpö maassa + aurinkosähkö katolla	MLP tai SK
10			IVLP	IVLP	SK	
11	Toimitila		MLP (400-800 m)	Maaviileä	Aurinkosähkö katoilla (+ akusto)	MLP tai SK
12			IVLP	IVLP tai ILP		SK
13	"Kolmio"	Keskitetty	-	-	Aurinkolämpö maassa (+ varasto)	-
14			Aurinkosähkö maassa (+ akusto)			
15	Etelän alue	MLP (400-2000 m)	Maaviileä + CHC (+ VJK)	Aurinkosähkö katolla (+ akusto) Aurinkolämpö tai aurinkosähkö maassa	SK tai BIO	
16		IVLP	IVLP + CHC (+ VJK)			
17	Etelän alue + viereisiä asuinrakennuksia päiväk.:lle	Paras etelän keskitetystä ratkaisuista	Paras ylemmästä	Paras ylemmästä	SK tai BIO	
Vertailu	Koko kaava-alue		KL	VJK/ILP	Aurinkosähkö katoilla	KL

6. Laskennan tulokset

Energia-, kustannus- ja päästölaskenta



6. Laskennan tulokset

Johdanto

- Seuraavaksi esitellään tutkittujen vaihtoehtojen laskennan tulokset. Käsiteltävät kokonaisuudet ovat:
 - koko käsiteltävä alue,
 - etelän alue mukaan lukien päiväkotia ja viereiset asuinrakennukset,
 - pienempi etelän alue ilman päiväkotia ja viereisiä asuinrakennuksia ja
 - tyyppirakennukset:
 - omakotitalo,
 - rivitalo,
 - toimitila,
 - päiväkotia,
 - PT-kauppa sekä
 - urheiluhalli.
 - Tutkittujen vaihtoehtojen laskelmien tulokset esitetään kokoluokaltaan pienenevässä järjestyksessä.
- Alueelle suunnitellut rakennukset on mallinnettu tyyppirakennuksia käyttäen. Tyyppirakennuksien kulutusten kattamiseksi on koottu erilaiset energiaratkaisut, jotka hyödyntävät eri teknologioita, pääasiassa IVLP:tä tai MLP:tä sekä eri verkostovaihtoehtoja. Keskitetyt energiaratkaisut kattavat etelän alueen joko päiväkodin kanssa tai ilman. Ratkaisussa, jossa päiväkotia on mukana, myös asuinrakennukset etelän alueelta päiväkodille matkan varrelta on kytketty keskitettyyn energiaratkaisuun.
- Kaikkia energiaratkaisuja verrataan perusratkaisuun (BaU, Business as Usual). BaU:ssa energiantuotantona on käytetty kaukolämpöä lämmitykseen ja jäähdytykseen VJK:ta tai ILP:ta. Sähkönkulutus katetaan ostosähköllä.

6. Laskennan tulokset

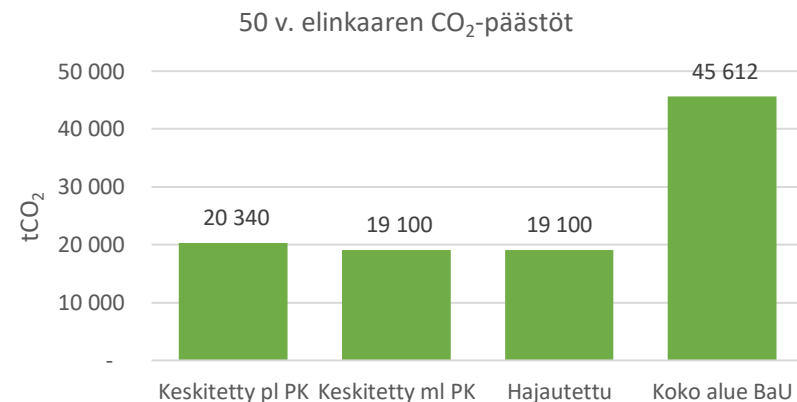
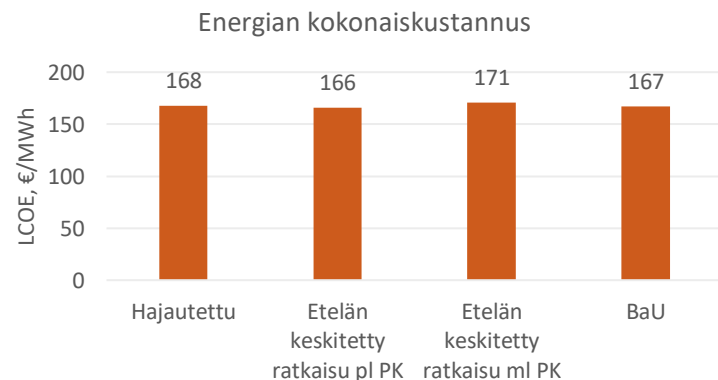
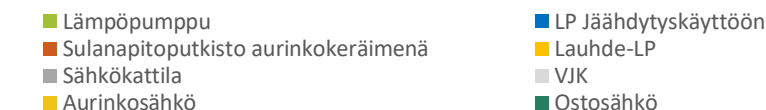
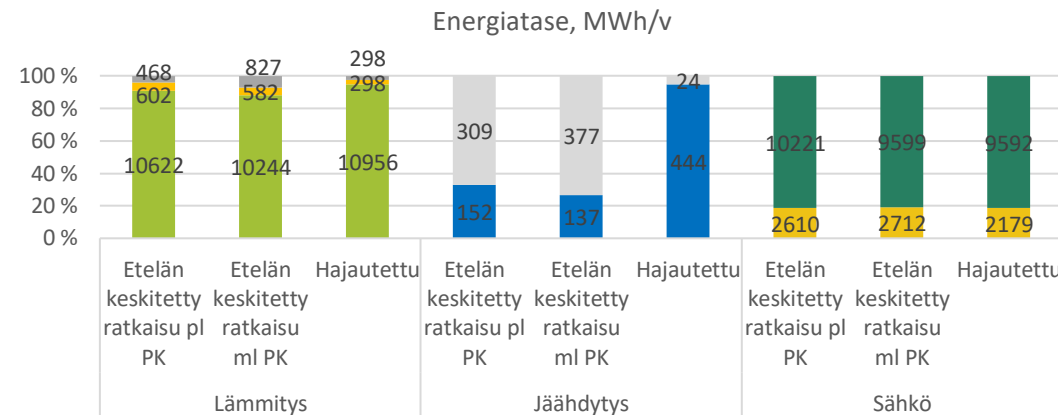
Johdanto

- Elinkaarikustannuslaskelmissa huomioitiin arvioidut investointikustannukset, huoltokustannukset, sähkön kustannukset (siirto, energia, verot, teho- ja perusmaksut, liittymäkustannus) sekä korvausinvestoinnit lämpöpumppujen kompressoreille. Sähkön kustannuksissa huomioitiin myös aurinkosähkön tuoma sähkön myynnin kustannusetu.
 - BaU-tapauksen kaukolämmön kustannuksina on käytetty Lempäälän lämmön hinnastoa.
- Laskentakorkona käytettiin 4 % tai 8 % voittoa tavoitteleville kohteille, kuten kaupalle. Elinkaarikustannusten laskenta-aikana käytettiin 25 vuotta.
- Kustannuksista on laskettu jokaiselle vaihtoehdolle keskimääräinen energiantuotantokustannus, LCoE, johon on laskettu mukaan kaikki energiankulutus: lämmitys, jäähdytys sekä sähkö.
- Päästölaskennassa kaukolämmön ja sähkön energian päästökertoimina käytettiin SYKE:n kansallisia sähkön ja kaukolämmön päästökertoimien kehitysskenaariota 50 vuoden laskenta-ajalle. Päästölaskennassa on huomioitu vain käytön ajan energian päästöt laskenta-ajan aikana SYKE:n kertoimilla.
- Lämmityksen (MLP ja IVLP) mitoituksena käytettiin noin 90 % lämmitystarpeesta omavaraisuuden ja päästövähennysten parantamiseksi. Mitoitusta on vielä mahdollista optimoida edelleen alueen ja rakennusten suunnittelun edetessä.
- Jäähdytyksen osalta mitoitusta tulee lämmityksen mukaan mitoitettujen lämpöpumppujen jäähdytyksen tuotannon kapasiteetista. Lämpöpumppuja kannattaa harvoin mitoitaa täydelle jäähdytyksen teholle, joka voi olla suuri. Tämä johtaa monesti kalliisiin ylimitoituksiin.
- Aurinkosähkön tuotannossa oletettiin, että 70 % katon pinta-alasta voidaan hyödyntää aurinkopaneeleille. Kolmion alueen aurinkosähkökentän oletettiin voivan kattaa koko alue.
- Aurinkosähkökentän alueelle myös sijoitettiin perinteisiä maalämpökaivoja keskitetyn maalämpöjärjestelmän tarkastelussa.

6. Laskennan tulokset

Koko alueen energiantuotanto ja tuotantokustannus

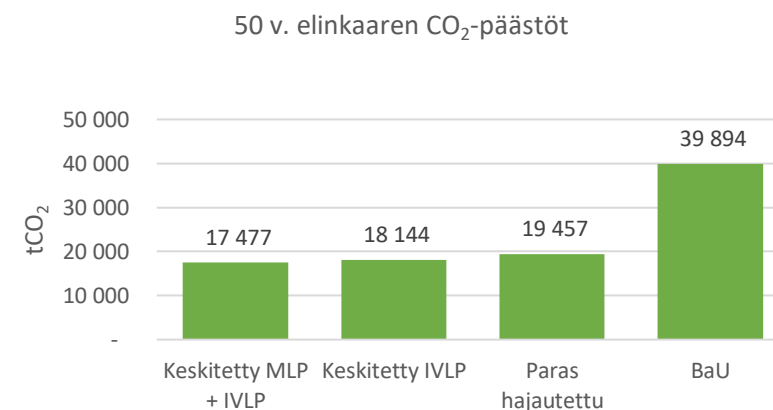
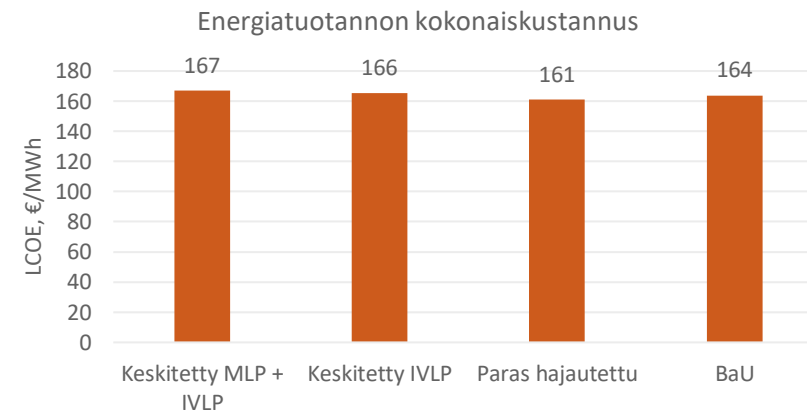
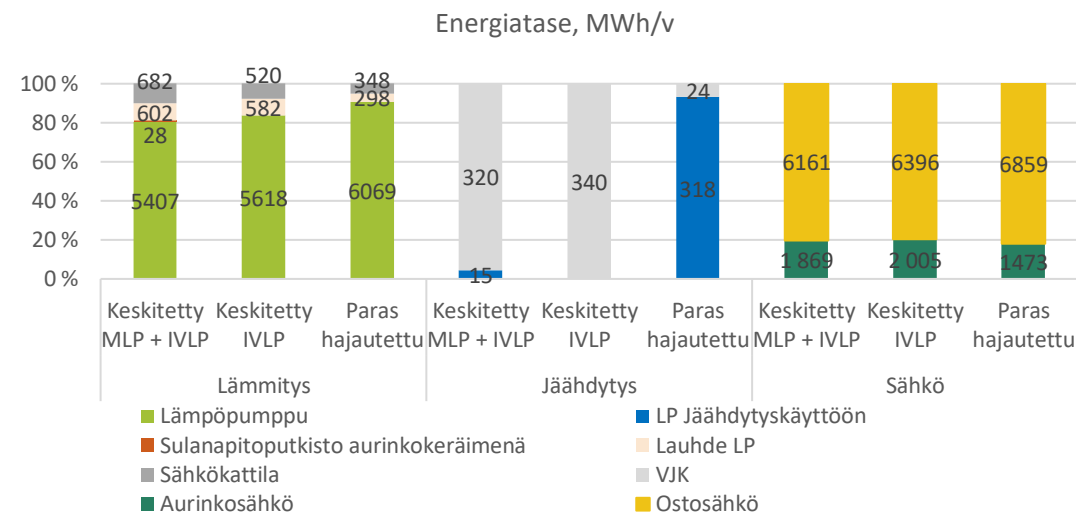
- Ylimmästä kuvaajasta nähdään koko alueen tuotantovaihtoehtojen energiataseen jakauma lämmitysratkaisun mukaan nimettynä.
- Koko alueen keskitetyssä ratkaisussa esitetään etelän keskitetyn alueen paras ratkaisu, johon on lisätty keskitetyn alueen ulkopuoliset hajautetut ratkaisut, jolloin eri vaihtoehtoja voidaan verrata koko alueen tasolla.
- Koko alueen hajautetussa vaihtoehdossa esitetään pienempien alueiden tulosten perusteella valittu paras vaihtoehto rakennuskohtaisia ratkaisuja. Suurimmassa osassa paras on maalämpö, paitsi kaupalla ja urheilukeskuksella IVLP on pienellä marginaalilla parempi. Nämä tulokset on esitetty jäljempänä.
- Huipputuotanto on tuotettu sähkökattilalla.
- Lämpöpumput kattavat noin 90 % lämmitystarpeesta, jonka lisäksi pieni osuus on CHC:ta sekä hyvin pieni osa jalkapallokentän sulanaputkiston lämmön hyödyntämistä lämmityksessä. Jäähdytyksestä lämpöpumput kattavat noin 30 %.
- Sähkökattilan huipputuotannon osuus jää pienimmäksi hajautetussa vaihtoehdossa, mutta on matala myös keskitetyissä ratkaisuissa.
- Sähkönkulutuksesta noin 20 % pystytään kattamaan aurinkopaneeleilla. Etelän kolmion alueen aurinkopaneelikentän tuotanto on laskettu tässä mukaan energiataseeseen. Aurinkosähköä on tarkastellaan tarkemmin jäljempänä.
- Päästöjen osalta kaikki vaihtoehdot ovat huomattavasti BaU-ratkaisua parempia. Kustannuksiltaan kaikki vaihtoehdot ovat hyvin lähellä toisiaan.



6. Laskennan tulokset

Etelän alue ml. päiväkotia

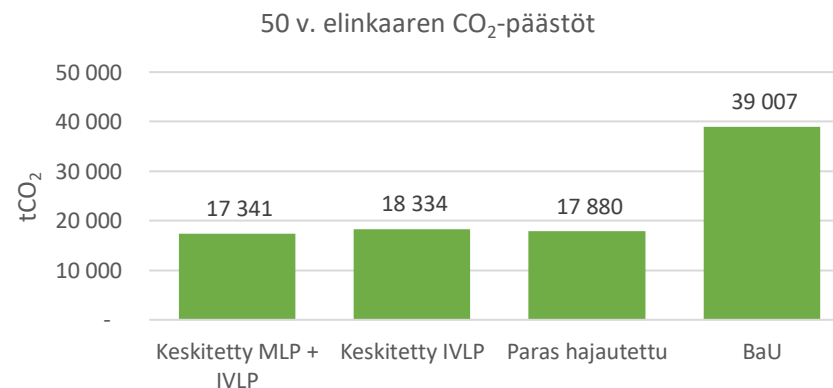
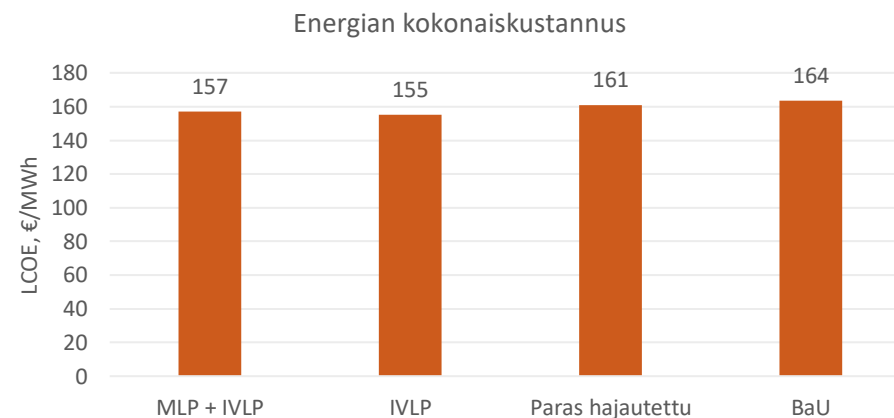
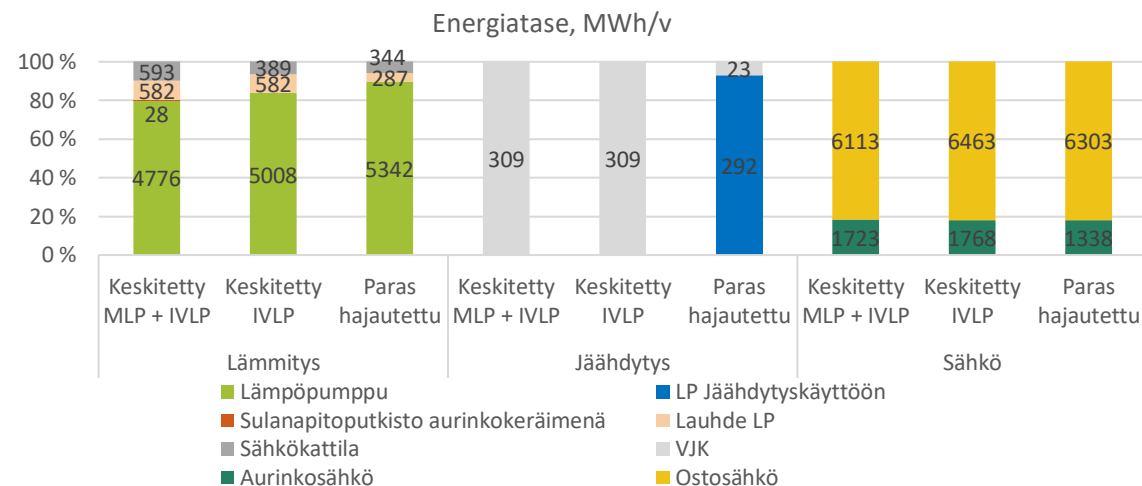
- Alueverkkoon on oletettu etelän alueen lisäksi kuuluvan päiväkotia ja päiväkodin ja etelän alueen väliset, verkon viereiset asuinrakennukset.
- Tarkastelussa olivat MLP + IVLP -ratkaisu ja vain IVLP, joiden energiapito on noin 90 %.
 - MLP-vaihtoehtoon on lisätty IVLP, koska kolmion alueen pinta-ala rajoittaa maalämpökaivojen määrää. IVLP:n lisääminen laskee tässä tapauksessa sähkökattilan käytön tarvetta.
 - Keskitetyssä ratkaisussa kaupan hukkalämpöä voidaan hyödyntää paremmin alueverkon avulla.
- Sähkön käytöstä voidaan kattaa noin 20 % aurinkosähköllä.
- Päästöiltään paras keskitetty ratkaisu on MLP paremman hyötysuhteen (COP) takia. Hajautetun ratkaisun päästöt ovat vaihtoehtoista matalimmat. Kaikki ratkaisut säästävät noin 50-60 % verrattuna BaU-vaihtoehtoon.
- Paras hajautettu energiaratkaisu on ratkaisuista halvin, mutta kustannukset ovat hyvin lähellä toisiaan.



6. Laskennan tulokset

Etelän alue pl. päiväkot

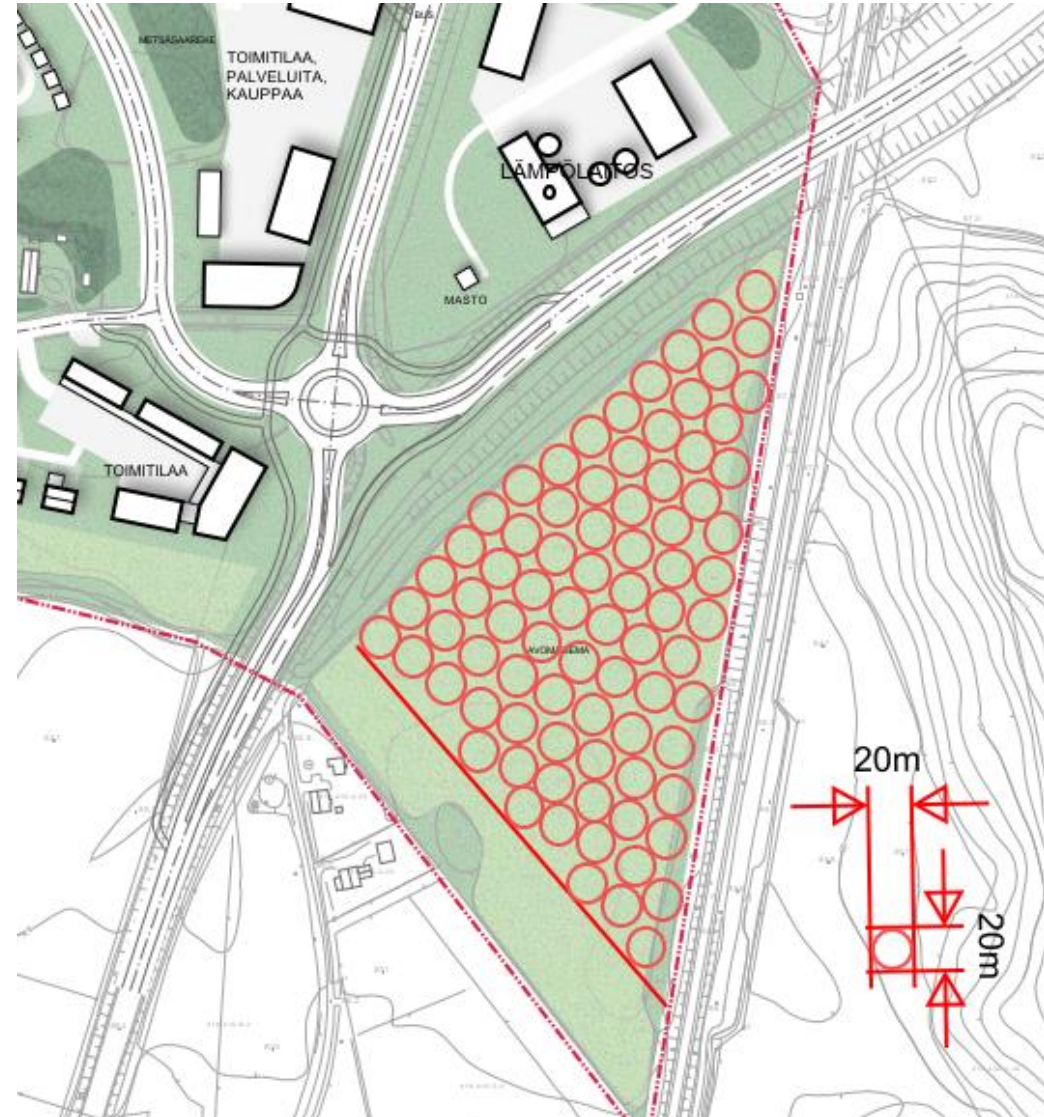
- Alueverkon muodostaa etelän alueen rakennukset.
- Keskitetyissä energiaratkaisuissa tarkastelussa olivat MLP + IVLP sekä IVLP. Molempien lämpöenergiapito on noin 90 %. Vertailukohteena on myös saman alueen hajautetut parhaat energiaratkaisut.
- Päästöt on matalimmat hajautetussa ratkaisussa, koska siinä ei tarvitse rakentaa jakeluverkostoa. Kuitenkin myös keskitettyjen energiaratkaisujen päästöt ovat huomattavasti matalammat kuin BaU:n.
- Halvin vaihtoehto on keskitetty IVLP ja sähkökattila, mutta kaikki esitetyt ratkaisut ovat lähellä toisiaan.



6. Laskennan tulokset

Etelän alue

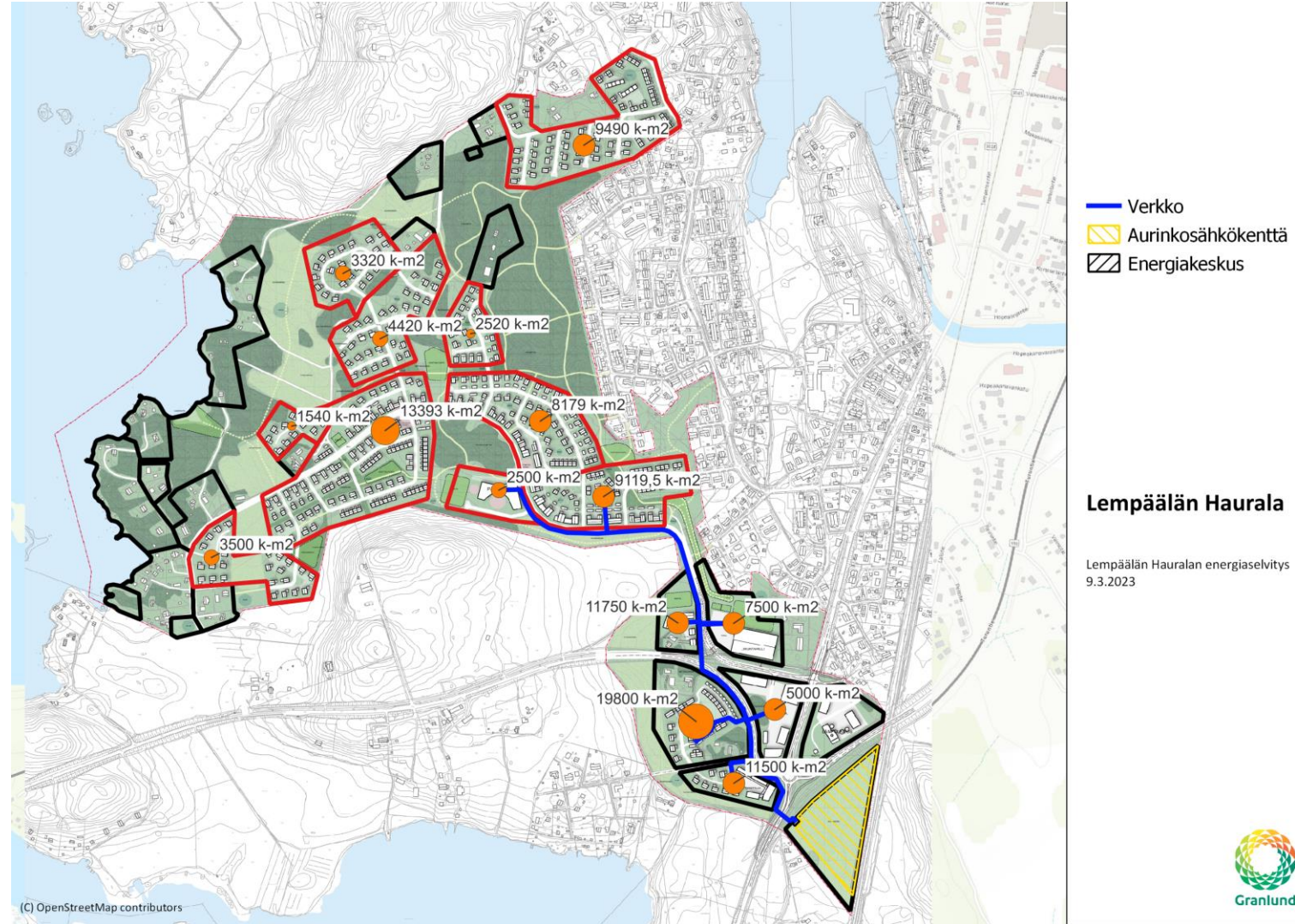
- Oheinen kartta näyttää 400 metriä syvien maalämpökaivojen alustavan sijoittelun kolmion alueelle keskitettyyn lämmöntuotantoon. Kaikissa keskitetyissä MLP-ratkaisuissa on oletettu samanlainen maalämpökaivokenttä.
- Kaivojen keskipisteiden välinen etäisyys on 20 m. Hyvin lähellä vierekkäin olevat kaivot kilpailevat samasta maaperään sitoutuneesta lämmöstä, joten niiden väljempi sijoittelu auttaa kaivojen lämmöntuotannossa. Sijoittelua ja etäisyys voidaan optimoida edelleen simulointien ja TRT-mittausten avulla.
- Itse kaivo sijaitsee punaisen ympyrän keskipisteessä.
- Kaivoja tontille mahtuu noin 75 kpl, mikä rajoittaa MLP:n kokoa keskitetyssä energiaratkaisussa.



6. Laskennan tulokset

Keskitetty vaihtoehto, kartta, laajempi verkko

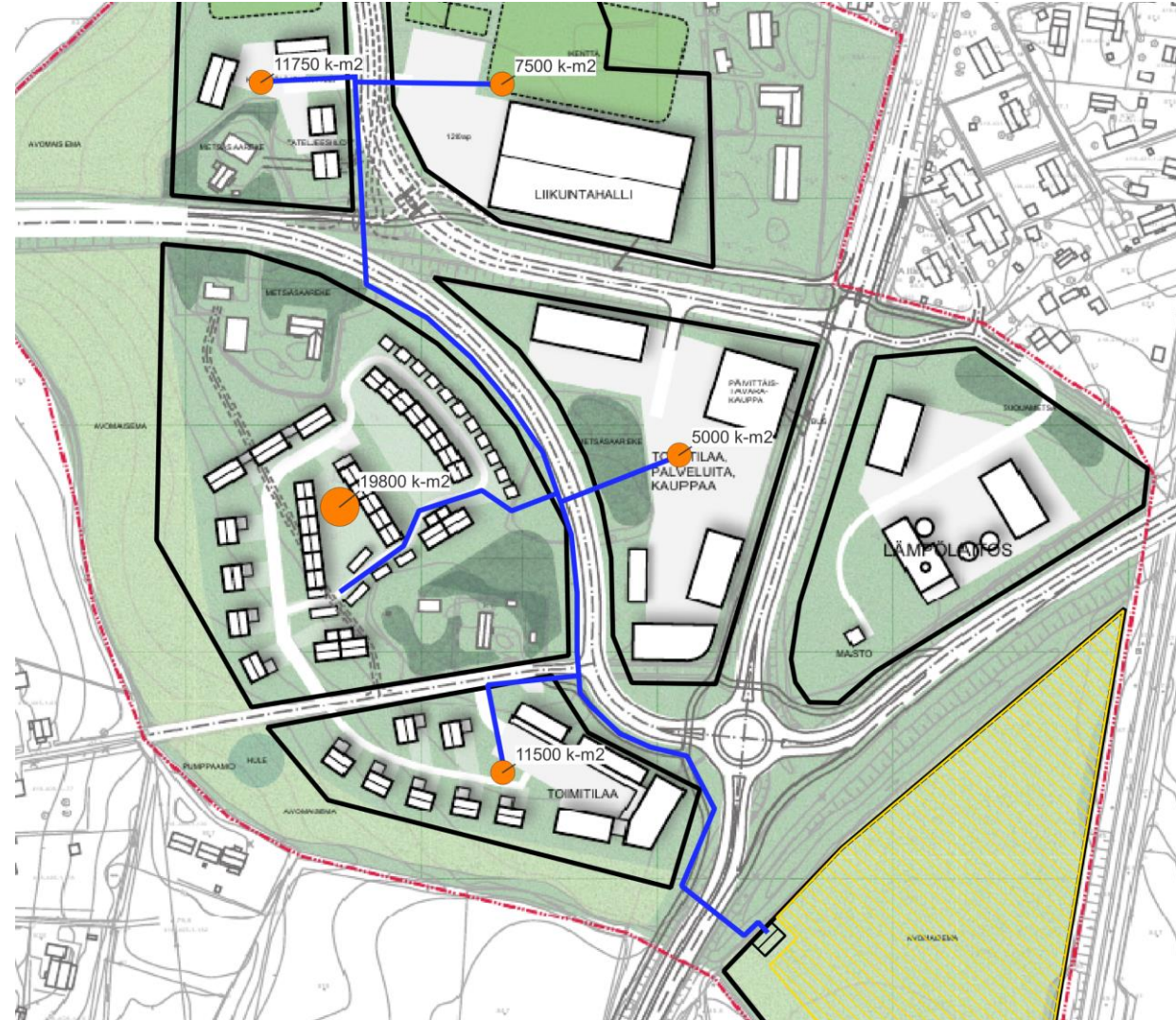
- Oheisessa kartassa on esitetty alustava laajempi alueverkko, aurinkosähkökenttä sekä aurinkosähkökentän vieressä sijaitseva n. 150 m² energiakeskus (tarkempi kuva seuraavalla dialla). Tähän tilavaraukseen on hyvä lisätä hieman tilaa mahdollisia suurempia puskurivarastoja, rakennus- ja huoltotiloja sekä laajennuksia varten.
- Kartan aluelämpöverkko seuraa tietä, ja yhdistää etelän energiantuotantoalueen päiväkotiin asti.
- Aluelämpöverkkoon liitetään etelän kulutukset, päiväkoti sekä päiväkotiin matkalla vieressä oleva asuinrakennusten kulutus.



6. Laskennan tulokset

Keskitetty vaihtoehto, kartta, pienempi verkko

- Oheisessa kartassa on esitetty alustava pienempi alueverkko, aurinkosähkökenttä sekä aurinkosähkökentän vieressä sijaitseva myös n. 150 m² energiakeskus.
- Kartan aluelämpöverkko seuraa tietä, ja kattaa etelän kulutuskohteet.
- Aurinkosähkökentän ala voidaan myös hyödyntää maalämpökenttänä, alueen vaiheistus huomioiden.



Lempäälän Haurala

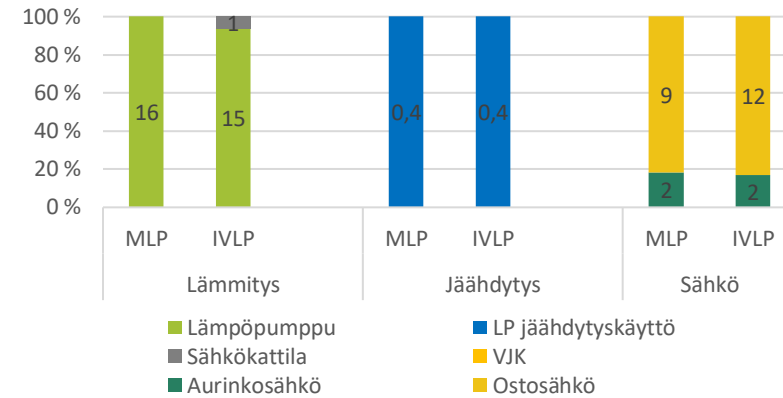
Lempäälän Hauralan energiaselvitys
9.3.2023

6. Laskennan tulokset

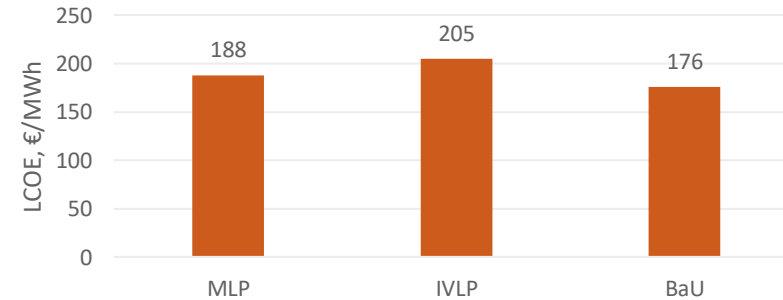
Omakotitalo - esimerkkirakennus

- Omakotitalon tapauksessa maalämmöllä saadaan tuotettua koko lämmitys- ja jäähdytystarve pienen energiankulutuksen ja huipputehon takia. Tähän riittää vain yksi energiakaivo, joten kaivojen sijoittelussa tontille ei pitäisi tulla tilaongelmia.
- Aurinkosähkö kattaa noin 16 % koko sähköntarpeesta.
- CO₂-päästöt ovat pienimmät maalämmöllä, mutta myös ilma-vesilämpöpumpulla huomattavasti pienemmät, kuin vertailutapauksessa.
- Kokonaiskustannuksiltaan halvin ratkaisu on BaU, mutta maalämpö ei ole paljoa kalliimpi. IVLP on kallein vaihtoehto.
 - MLP ja IVLP vaihtoehdot ovat kalliita, koska ne on mitoitettu koko energiatarpeeseen. Mitoitusta voisi hieman laskea, jolloin kilpailukyky BaU vaihtoehtoon verrattuna nousisi.
 - Yleinen korkotaso on tällä hetkellä korkea, jolloin investoinnit ovat kalliita. Korkea korko nostaa sellaisten vaihtoehtojen hintaa, joissa on suhteessa suuri investointi. BaU-vaihtoehdossa, kaukolämmössä, on suhteessa pieni alkuinvestointi.
 - Energiakustannuslaskuissa on käytetty sähkön hintaa, jossa näkyy vielä viimeisen reilun vuoden korkeat sähkön hinnat. Jos sähkön hinta laskee, myös MLP- ja IVLP-vaihtoehtojen kilpailukyky nousee suhteessa BaU-vaihtoehtoon.

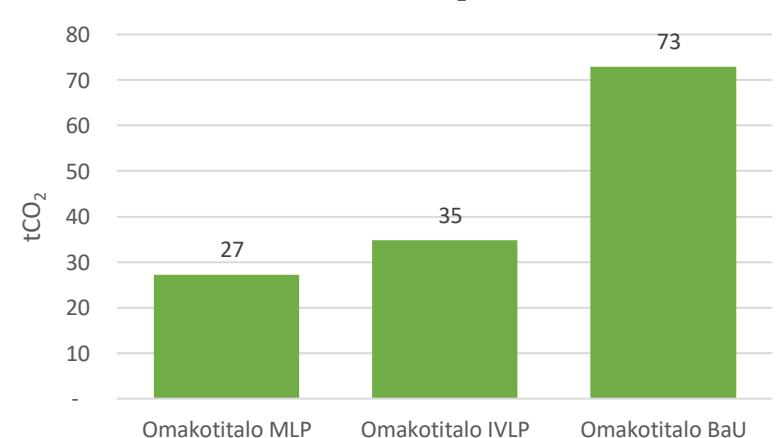
Energiatase, MWh/v



Energian kokonaiskustannus



50 v. elinkaaren CO₂-päästöt

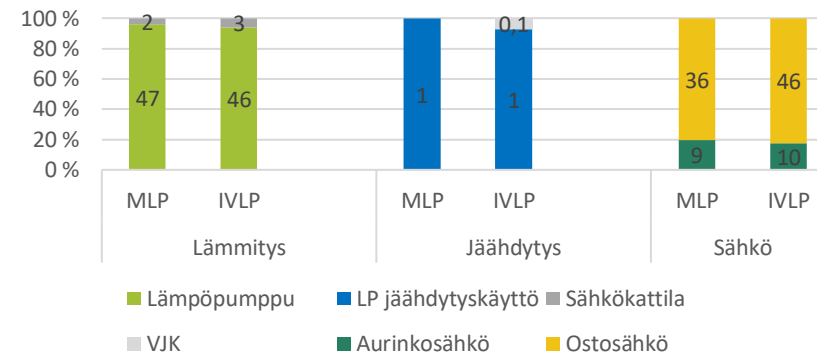


6. Laskennan tulokset

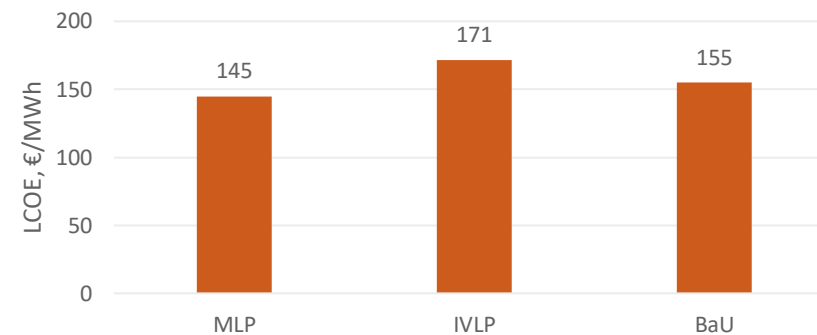
Rivitalo - esimerkkirakennus

- Sekä maalämmöllä että ilma-vesilämpöpumpulla saadaan tuotettua noin 95 % lämmitystarpeesta.
- Maalämpökaivoja riittää yhä yksi kappale.
- Aurinkosähkö kattaa noin 20 % koko sähköntarpeesta molemmissa tapauksissa.
- CO₂-päästöt ovat pienimmät maalämmöllä, mutta myös ilma-vesilämpöpumpulla huomattavasti pienemmät, kuin vertailutapauksessa.
- Elinkaarikustannuksiltaan halvin vaihtoehto on maalämpö. IVLP kuitenkin häviää yhä BaU-tapaukselle kannattavuudessa.

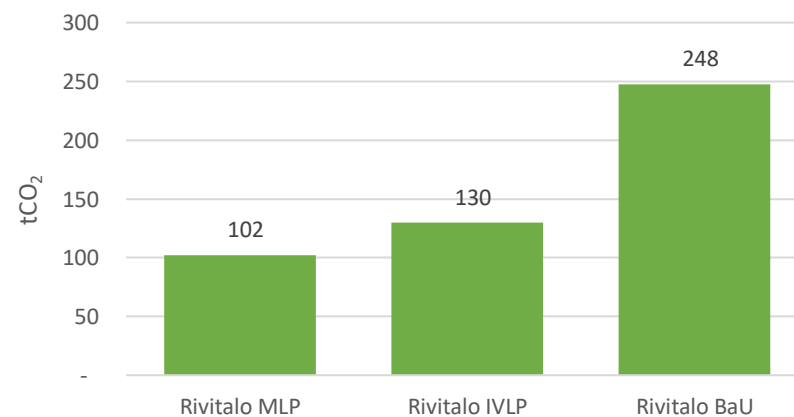
Energiatase, MWh/v



Energian kokonaiskustannus



50 v. elinkaaren CO₂-päästöt

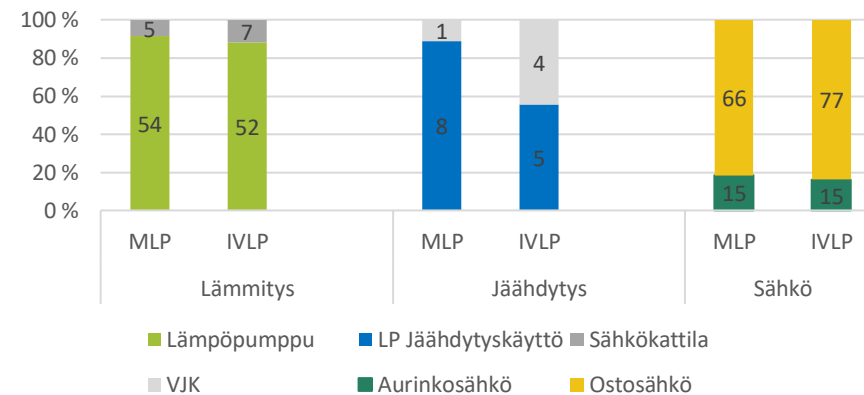


6. Laskennan tulokset

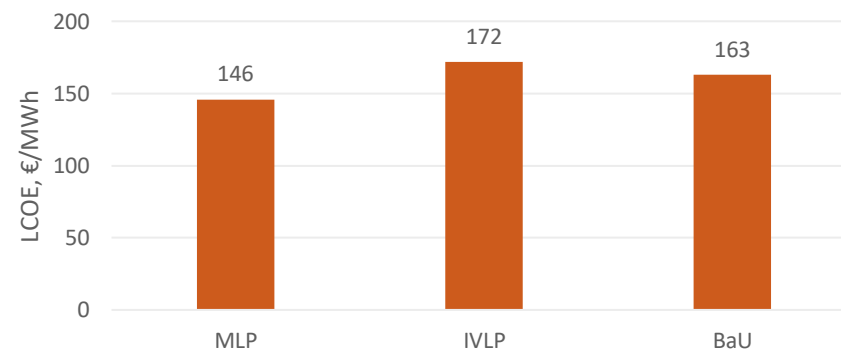
Liiketila - esimerkkirakennus

- Käsityökortteleiden tapauksessa molemmilla lämpöpumppuvaihtoehdoilla saadaan tuotettua noin 85—90 % lämmitystarpeesta.
- Maalämmöllä saadaan tuotettua lähes koko jäähdytystarve, toisin kuin ilmavesilämpöpumpulla, jolla päästään vain noin puoleen jäähdytystarpeesta.
- Aurinkosähkö kattaa noin 16-19 % koko sähköntarpeesta molemmissa tapauksissa.
- CO₂-päästöt ovat pienimmät maalämmöllä, mutta myös ilma-vesilämpöpumpulla huomattavasti pienemmät, kuin vertailutapauksessa.
- Liiketilan tapauksessa maalämpö on huomattavasti muita vaihtoehtoja kannattavampi. Tähän vaikuttaa lämmityksen huipun ja energiantarpeen suhde sekä suurempi jäähdytyksen tarve.

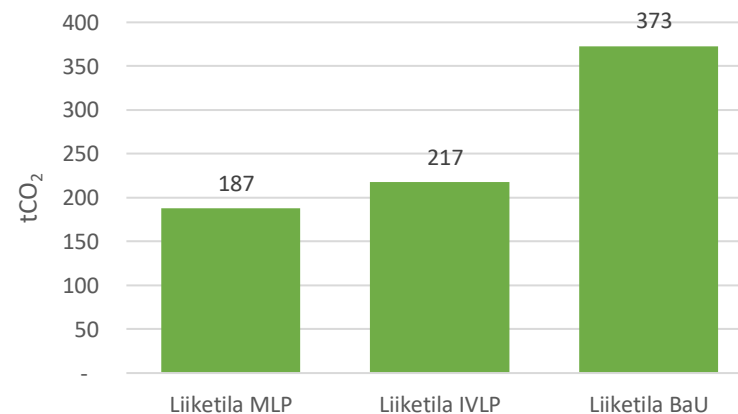
Energiatase, MWh/v



Energian kokonaiskustannus



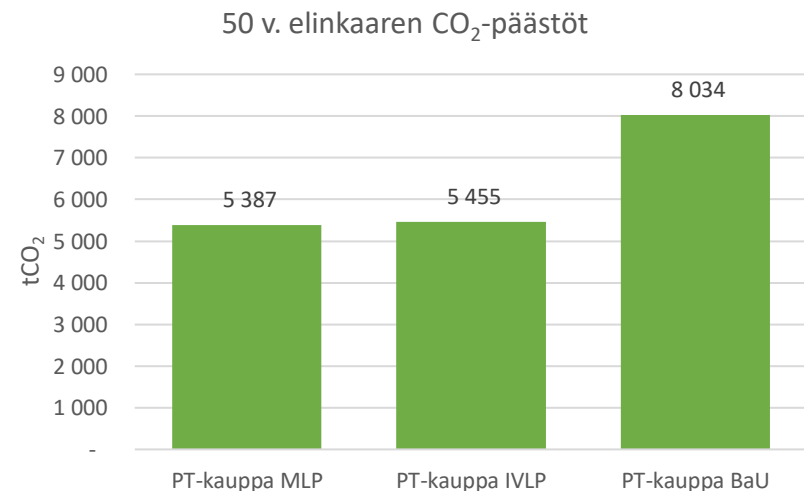
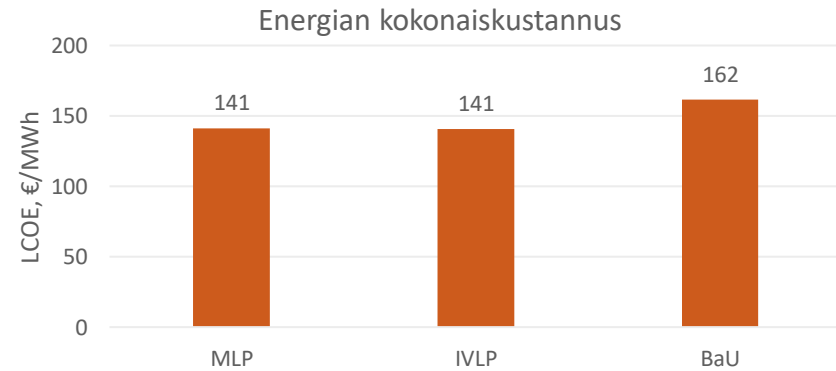
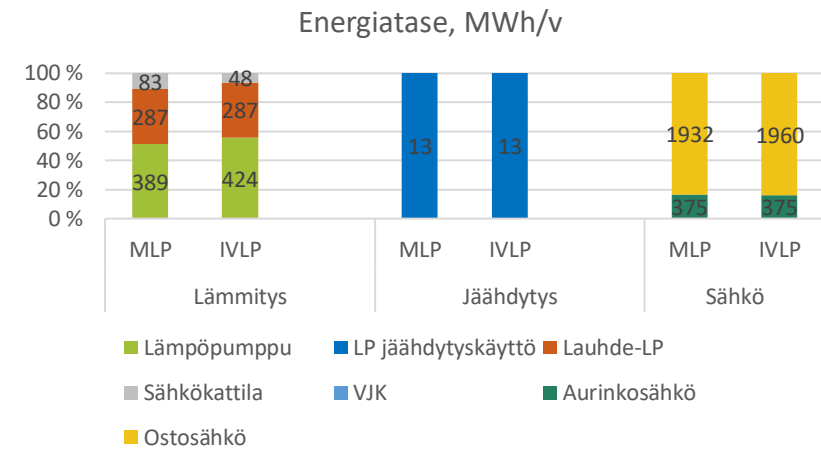
50 v. elinkaaren CO₂-päästöt



6. Laskennan tulokset

PT-kauppa - esimerkkirakennus

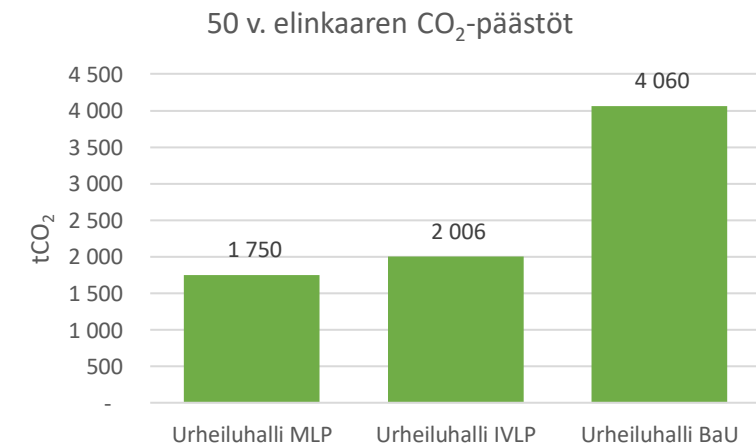
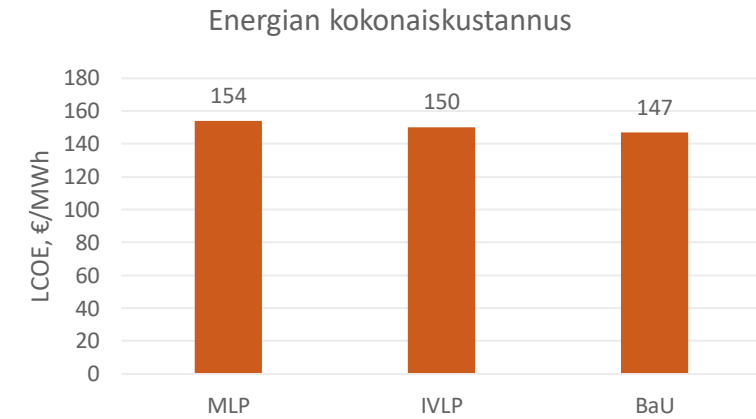
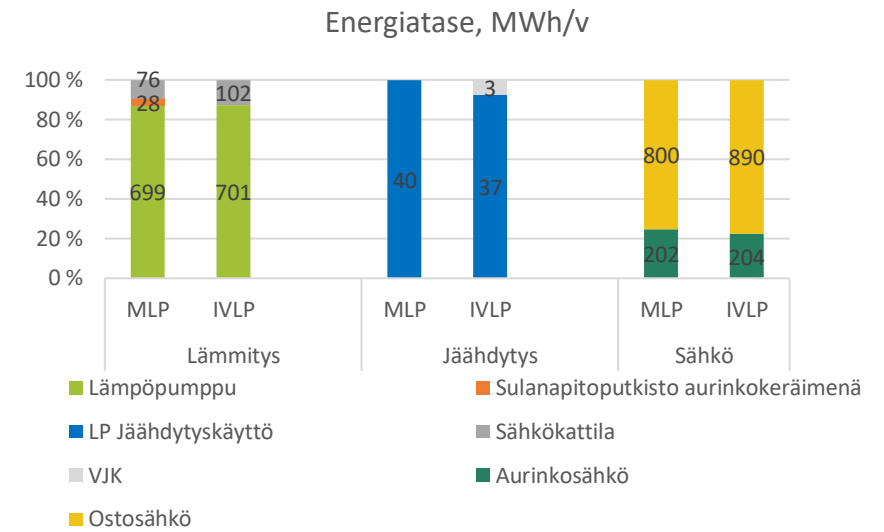
- Molemmilla lämpöpumppuvaihtoehdoilla saadaan tuotettua noin 85—90 % lämmitystarpeesta.
- IV- ja tilajäähdytystarve saadaan tuotettua kokonaan.
- Kaupankylmän tuotannosta saatu hukkalämpö saadaan kierrätettyä lämmityskäyttöön hyvällä hyötysuhteella. Lähes 40 % lämmityksentarpeesta saadaan katettua hukkalämmöllä.
- Aurinkosähkö kattaa noin 16 % koko sähköntarpeesta molemmissa tapauksissa.
- CO₂-päästöt ovat pienimmät maalämmöllä, mutta myös ilma-vesilämpöpumpulla huomattavasti pienemmät, kuin vertailutapauksessa.
- Kustannuksiltaan MLP ja IVLP ovat samalla tasolla. Tähän vaikuttaa se, että hukkalämmön hyödyntämisen jälkeen jäljelle jää vain kohtalaisen pieni ja piikikäs lämmöntarve.
- Kummatkin lämpöpumppuvaihtoehdot ovat kuitenkin BaU-tapausta kustannustehokkaampia.



6. Laskennan tulokset

Urheiluhalli - esimerkkirakennus

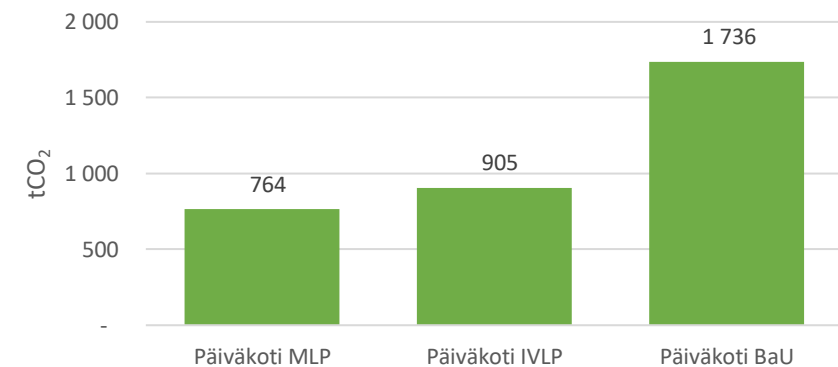
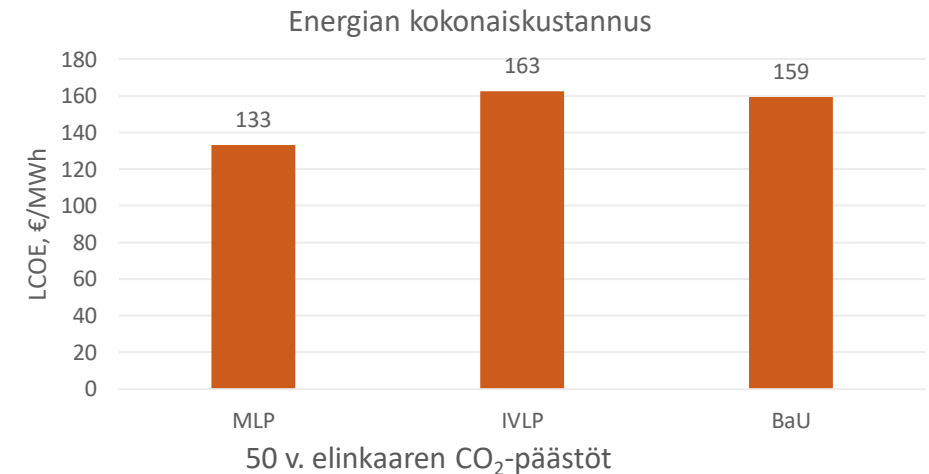
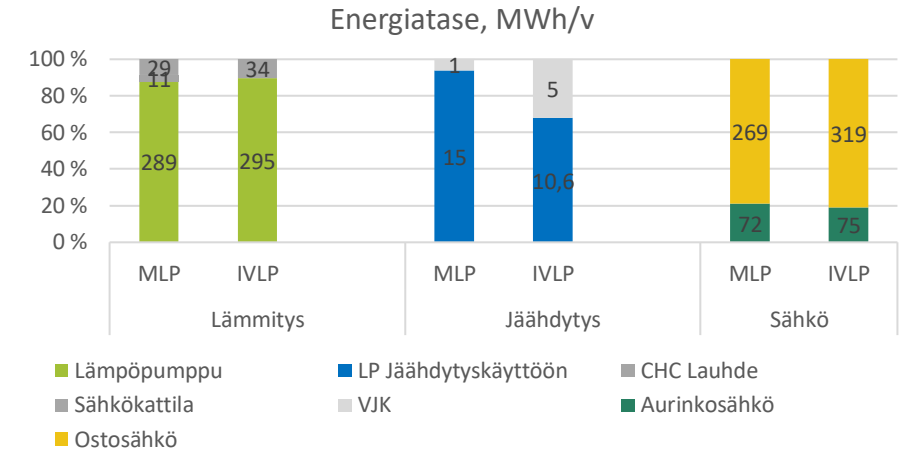
- Molemmilla lämpöpumppuvaihtoehdoilla saadaan tuotettua noin 85—90 % lämmitystarpeesta. Jäähdytystarve saadaan tuotettua maakylmällä kokonaan, ilmavesilämpöpumpulla n. 90 %.
- Sulanapitojärjestelmän putkistolla kerättyä aurinkolämpöä voidaan hyödyntää kiinteistön lämmityksessä. Ylimääräisellä lämmöllä voidaan ladata energiakaivoja. Hyödynnettävän energian osuus on kuitenkin hyvin pieni.
- Aurinkosähkö kattaa noin 25 % koko sähköntarpeesta molemmissa tapauksissa.
- CO₂-päästöt ovat pienimmät maalämmöllä, mutta myös ilma-vesilämpöpumpulla huomattavasti pienemmät kuin vertailutapauksessa.
- BaU-tapaus on hieman lämpöpumppuvaihtoehtoja kannattavampi. IVLP ja MLP ovat kustannuksiltaan samalla tasolla, mutta IVLP on hieman kustannustehokkaampi.



6. Laskennan tulokset

Päiväkoti - esimerkkirakennus

- Molemmilla lämpöpumpuvaihtoehdoilla saadaan tuotettua noin 90 % lämmitystarpeesta. Maalämpöpumpun kanssa mahdollinen CHC-tuotanto kattaa vain hyvin pienen osa lämmitystarpeesta.
- Jäähdytystarve saadaan tuotettua maakylmällä 90 %:sesti, ilmavesilämpöpumpulla n. 70 %:sesti. Huippu katetaan vedenjäähdytyskoneella.
- Aurinkosähkö voi kattaa noin 20 % koko sähkötarpeesta molemmissa tapauksissa.
- CO₂-päästöt ovat pienimmät maalämmöllä, mutta myös ilmavesilämpöpumpulla huomattavasti pienemmät, kuin vertailutapauksessa.
- Kustannuksiltaan MLP on selkeästi kannattavin vaihtoehto.
- IVLP on BaU-tapausta kalliimpi elinkaarikustannuksiltaan.

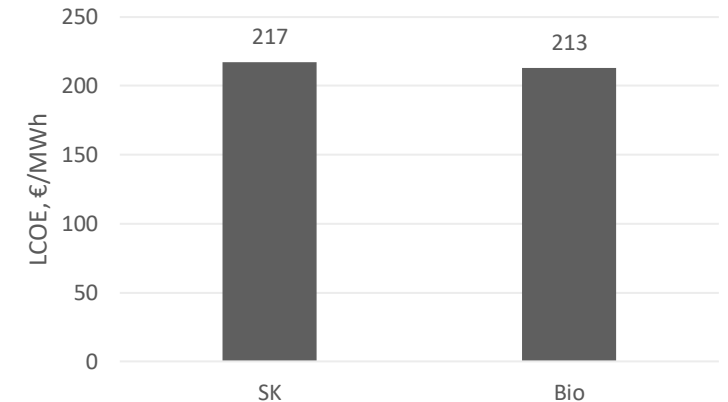


6. Laskennan tulokset

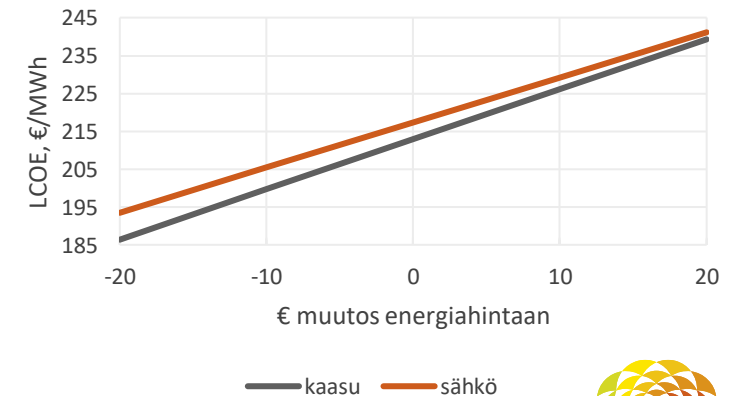
Sähkökattilan ja biokaasukattilan vertailu

- Ylemmässä kaaviossa on verrattu etelän alueen (pl. päiväkotia) lämmön huipputuotantovaihtoehtoja keskenään.
 - Vaihtoehdot ovat sähkökattila (SK) ja biokaasukattila (Bio).
 - Huipputuotantoa käytetään keskitetyssä ratkaisussa silloin, kun lämpöpumpun teho ei riitä kattamaan koko järjestelmän lämmönkulutusta.
 - Biokattilan hyötysuhteena käytetty 90 %. Sähkökattilalle on oletettu 100 %.
- Huipputuotannon osuus on noin 10 % koko Etelän alueen lämmöntarpeesta.
 - Pienen osuuden takia pienikin sähkön tai biokaasun hinnanmuutos näkyy kokonaistuotantokustannuksissa.
 - Kokonaiskustannuksen laskennassa on käytetty sähkön ja biokaasun energian hintana vakioarvoja tuntihintojen sijasta. Todellisuudessa molemmat voivat olla volatiileja, jolla on iso vaikutus kokonaiskustannukseen. Sähkön ja kaasun hinnan vaikutusta on kuvattu oikealla alhaalla olevassa kaaviossa.
- Sähkökattila on hieman kalliimpi vaihtoehto kuin biokaasukattila.
 - Biokaasukattilajärjestelmän investointi on sähkökattilaa suurempi.
 - Biokaasun arvioitu hinta on sähköä halvempaa. Noin 5 €/MWh lasku sähkön hintaan tekisi SK ja Bio – vaihtoehdot kustannuksiltaan saman suuruisiksi.
- Aiemmin esitetyissä energiaratkaisuissa huippulämmöntuotannoksi valittiin kuitenkin sähkökattila, sillä kustannukset ovat hyvin lähellä toisiaan, sähkön keskihinnan lasku tulevaisuudessa näyttää todennäköiseltä, sähkökattilat eivät tuota paikallisia piipunpään päästöjä ja polttavan teknologian poliittinen tausta on tällä hetkellä epävarmempaa.

Huipputuotannon energian kokonaistuotantokustannus



Huipputuotannon energiahinnan herkkyydestarkastelu



6. Laskennan tulokset

Aurinkosähkö

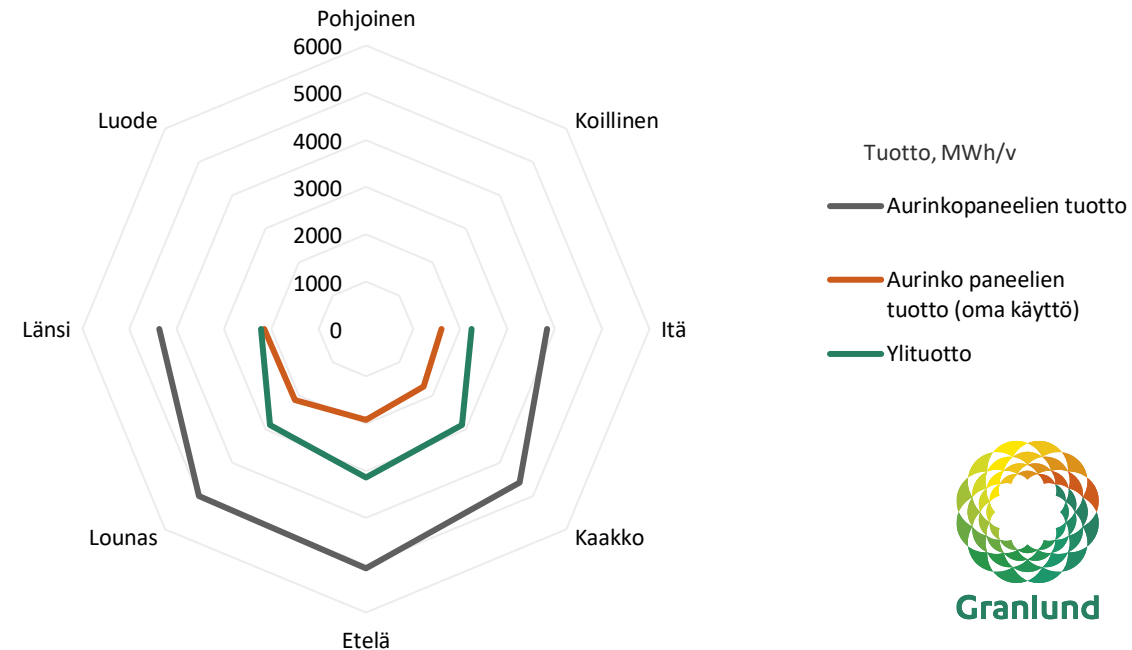
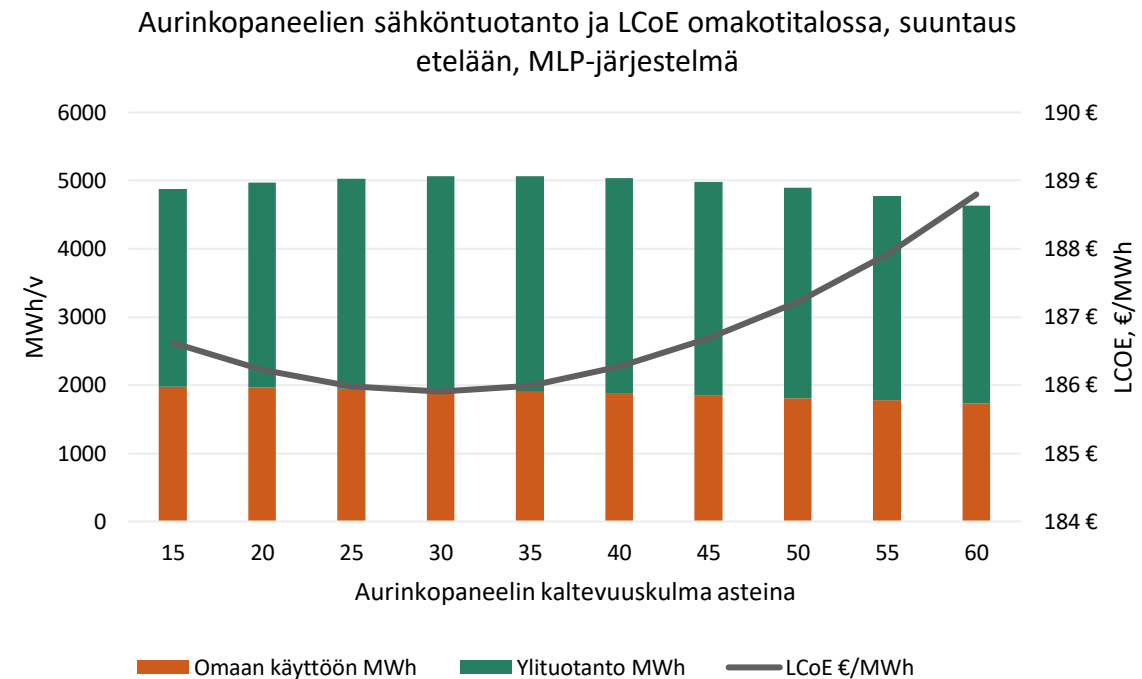
- Taulukossa on koottuna koko alueen aurinkosähkötuotantopotentiaali.
- Asuinrakennusten kattojen suuntauksessa oletettiin, että 50 % katoista on suunnattu pohjois-eteläsuuntaisesti ja 50 % itä-länsisuuntaisesti.
- Alla on esitetty koko alueen (etelän keskitetty + pohjoisen hajautettu järjestelmä) sähkönkulutuksen jakauma MWh/v ja osuus koko kulutuksesta. Koko alueen sähkönkulutus on 14 109 MWh/v.
 - Keskitetty energiajärjestelmä, 18 %, sähkönkulutus, 2 487 MWh/v
 - Hajautetut energiajärjestelmät, 10 %, sähkönkulutus 1 404 MWh/v
 - Sähköautojen latauksen sähkönkulutus, 19 %, 2 720 MWh/v
 - Kiinteistösähkönkulutus, 51 %, 7 498 MWh/v.
- Kolmion alueen aurinkosähköä voidaan hyödyntää 2 659 MWh/v koko alueen sähkönkulutukseen tuntitasolla tarkasteltuna. Se kattaa siitä 19 %.
- Keskitettyyn energiantuotantojärjestelmään kolmion aurinkosähköstä voidaan hyödyntää tuntitasolla 607 MWh/v, joka kattaa koko sähkönkulutuksesta 4 %.
- Vuositasolla tarkasteltuna kolmion alueen aurinkosähkökentän sekä kattojen aurinkopaneeleilla voidaan kattaa n. 40 %.

Rakennus	Paneelien pinta-ala m ²	Järjestelmän huipputeho kW	Tuotanto yhteensä MWh/v
Asuinrakennukset (kaikki)	23 300	3 889	2 336
Päiväkoti	535	108	90
Kauppa	2 138	370	377
Liiketilat	1 740	320	320
Urheiluhalli	1 604	278	282
Kolmion alueen aurinkosähkökenttä	18 515	3 700	3 385
Yhteensä	47 832	8 665	6 790

6. Laskennan tulokset

Aurinkosähkö

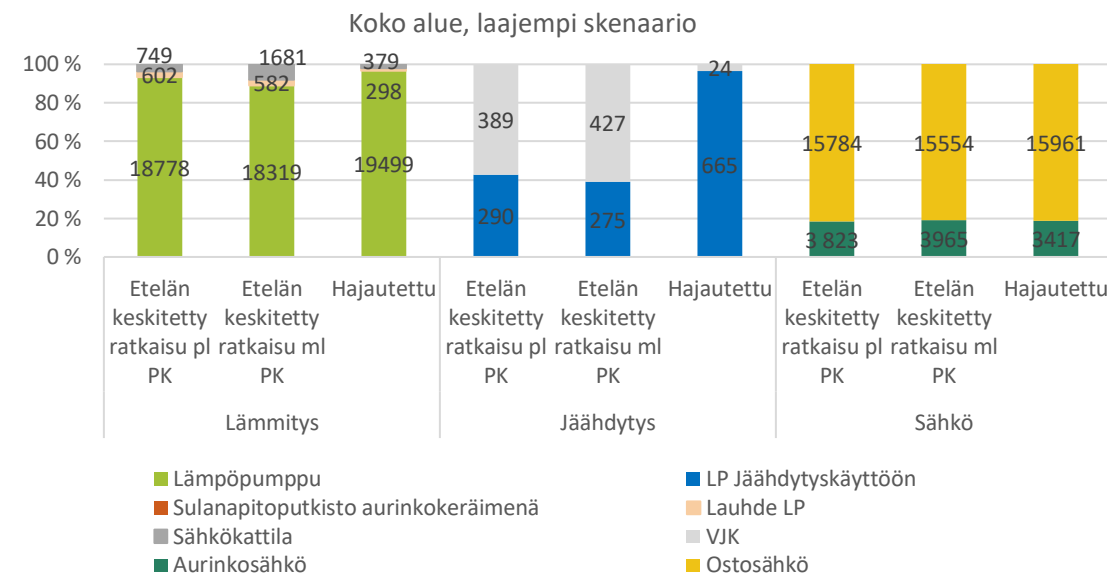
- Ylhäällä olevassa kuvaajassa on esitettyä 14 kpl aurinkopaneelien kaltevuuskulman vaikutus sähköntuotantoon ja yhden omakotitalon energiatuotantokustannuksiin. Esitettyssä LCOE-hinnassa on mukana niin lämmitys, jäähdytys kun muu sähkönkulutus.
- 30 asteen kulmalla rahallinen hyöty samasta määrästä aurinkopaneeleja on suurimmillaan. Erot ovat kuitenkin hyvin pieniä.
- Alhaalla on esitetty aurinkopaneelien suuntauksen vaikutus tuotantoon. Pohjoisen puolen suunnat jätettiin tarkastelusta pois, sillä ne eivät ole aurinkopaneeleille kannattavia suuntia huonon valoisuuden takia.
- Aurinkopaneeleja ei kannata suunnata pohjoiseen, luoteeseen tai koilliseen, jolloin paneeleihin kohdistuva auringon säteily jää pieneksi.
- Aurinkopaneelien yhteenlaskettu tuotanto on lounaaseen ja etelään suunnatuilla paneeleilla suurin. Lounaaseen ja länteen suunnatessa aurinkosähkön omakäyttö on hieman etelää suurempi.
- Omaan käyttöön aurinkopaneelien tuotantoa saa parhaiten länteen suunnatuista paneeleista. Tämä johtuu siitä, että omakotitalon arvioitu sähkötarve painottuu iltaan, kuten länteen suunnattujen paneelien tuotantokin.



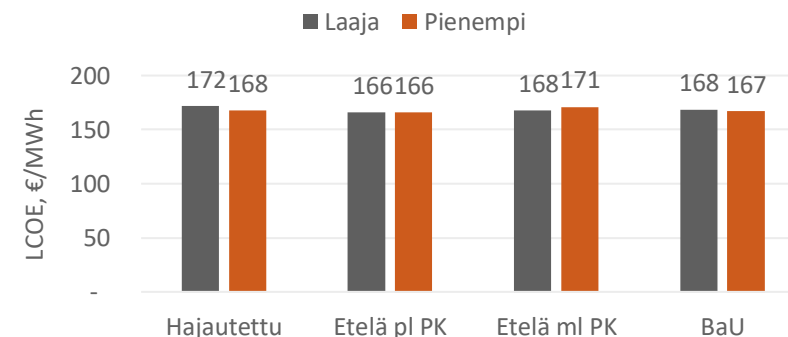
6. Laskennan tulokset

Herkkyystarkastelu, asuinrakennusten kulutustiheyden kasvu

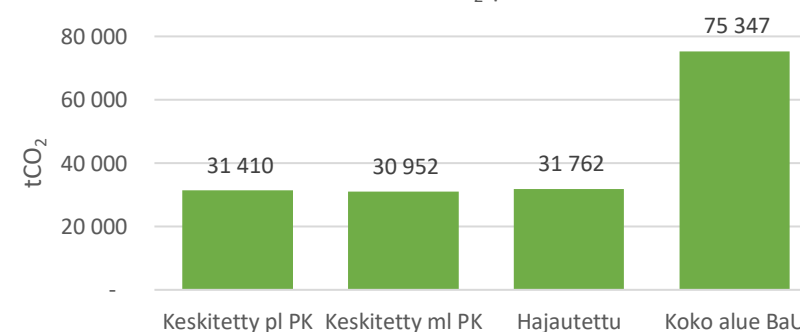
- Herkkyystarkastelussa tutkittiin tiiviimmän asuinrakentamisen vaikutusta etelän alueella. Tällöin asuinrakennusten tapauksessa kulutus ja kerrosala kaksinkertaistuvat raportin alussa esiteltyjen skenaarioiden mukaisesti.
- Energiatuotannon kokonaiskustannusta tarkasteltiin tällä laajemman asuinrakennuskannan skenaariolla ja vertailtiin sitä pienemmän rakennus- ja kulutustiheyden skenaarioon.
- Keskitetty energiaratkaisu, mukaan lukien päiväkotit, on kannattavampi, jos asuinrakennuksia on enemmän tai ne ovat suurempia. Keskitetyssä ratkaisussa, pois lukien päiväkotit, kustannukset ovat hyvin samaa tasoa.
- Hajautetulla ratkaisulla on pienemmät energiantuotannon kokonaiskustannukset pienemmän tiheyden skenaariossa, kuin laajemmassa, suuremman tiheyden skenaariossa.
- Keskitetyn energiaratkaisun kannattavuus tulee suuruuden ekonomiasta, joten on odotettavissa, että se on suhteessa halvempi, kun alue on isompi.
- Hajautetussa ratkaisussa asuinrakennusten osuuden kasvaessa etelän alueen rakennuskannassa, asuinrakennusten vaikutus etelän alueen hajautetun ratkaisun kokonaiskustannuksissa vahvistuu, mikä kasvattaa hajautetun ratkaisun kokonaiskustannuksia.



Energiatuotannon kokonaiskustannus



50 v. elinkaaren CO₂-päästöt



6. Laskennan tulokset

Yhteenveto ja johtopäätökset

- Maalämpö on lähes joka tapauksessa parempi elinkaarikustannusten ja päästöjen näkökulmasta. Elinkaarikustannuksissa maalämmön etuna on parempi hyötysuhde ja siitä koitua pienempi sähkön kustannus.
 - Maalämmön kanssa ei tarvita yhtä suurta sähkökattilaa kuin IVLP:n kanssa eikä sähkökattilaa tarvitse käyttää yhtä paljon. IVLP:n tapauksessa sähkökattila joudutaan mitoittamaan koko lämmitystehon mukaan, sillä IVLP ei tuota lämpöä kaikista kylmimmillä keleillä. IVLP:n etuna on kuitenkin pienemmät alkuinvestointikustannukset.
 - BaU on lähes kaikissa tapauksissa hyvin kilpailukykyinen kokonaiskustannuksiltaan, erityisesti investoinneiltaan.
- Päästöjen näkökulmasta pieni sähköntarve ja hyvä hyötysuhde ovat etuja, jolloin MLP on vähäpäästöisin ratkaisu.
 - Koko alueen ratkaisuissa on pienimmät päästöt, sillä siinä energiaperiteito on hieman korkeampi kuin keskitetyissä, jolloin sähkönkäytön päästöt vähenevät.
 - Aurinkosähköllä voidaan lisätä paikallista tuotantoa ja vähentää ostosähkön päästöjä. Aurinkosähkön osalta tulee kuitenkin huomioida myös paneelien tuotannon päästöt, jotka voivat jossain tapauksissa olla suuremmat kuin elinkaaren tuotannon päästövähennys.
- Rakennuskohtaisissa energijärjestelmissä tilan kanssa ei pitäisi tulla ongelmia.
 - Alueesta on tulossa kohtuullisen matalan rakentamisen aluetta, ja rakennusten pihoilta pitäisi mahtua tarvittava määrä energiakaivoja. Omakotitalojen ja rivitalojen tapauksessa riittää vain yksi tai muutama kaivo.
 - Pienessä kokoluokassa IVLP vaatii vain ulkoyksikön rakennuksen seinustalle tai katolle, sekä hieman tilaa teknisestä tilasta. Maalämmön tilantarve on hieman pienempi, sillä ulkoyksiköitä ei tarvita. Kahden lämpöpumpun noin 200 kW järjestelmä vaatii tilaa noin 35-40 m². Tällöin ei kuitenkaan puhuta enää OKT-luokan järjestelmistä vaan suuremmista rakennuksista.
 - OKT-luokan lämpöpumput vaativat tekniseen tilaan noin 1-2 m² lämpöpumppujärjestelmän komponenteille.

6. Laskennan tulokset

Yhteenveto ja johtopäätökset

- Suppeampi keskitetty aluelämpöverkko (ei päiväkotia) on kustannuksiltaan hieman parempi vaihtoehto kuin laajempi (päiväkoti mukana).
 - Tilanne kuitenkin muuttuu, jos asuinrakennusten kerrosalatiheys alueella kasvaa. Tämän suuremman rakennusalatiheyden tapauksen kanssa investointikustannukset ja tilavaraukset kasvavat, mutta parhaassa, etelän keskitetyn ratkaisun vaihtoehdossa ilman päiväkotia, kasvanut energiatiheys parantaa alueverkon kannattavuutta.
- Koko alueen ratkaisuja verrattaessa vaihtoehdot ovat hyvin tasaväkisiä. Sekä hajautettu ratkaisu, etelän keskitetty ratkaisu ilman päiväkotia sekä BaU ovat kaikki kustannuksiltaan samalla tasolla. Näistä vaihtoehdoista edullisin on kuitenkin etelän keskitetty ratkaisu. Etelän keskitetty ratkaisu päiväkodin kanssa taas on kustannuksiltaan kallein vaihtoehto. Tämä johtuu siitä, että kohtuullisen suuri lisäinvestointi aluelämpöverkkoon ei tuo tarpeeksi kulutusta ja suuruuden ekonomiaa verkolle.
- Suuruuden ekonomia asuinalueella liittyy lähinnä LP-laitoksen investointeihin sekä asennuksiin. Laajalla alueella, jossa on paljon erityyppisiä rakennuksia etuna on myös lämmöntarpeen hajautuminen, mikä auttaa vähentämään LP-tehomitoitusta ja parantaa lämpöpumppujen käyttöaika. Asuinalueella keruulinjojen ja lämpöverkon rakentaminen voi helposti syödä suuruuden ekonomian edut.
- Tilaa etelän keskitetyt järjestelmät tarvitsevat luokkaa 150 m². Tämän lisäksi on kuitenkin hyvä varata energiakeskusrakennuksen ympärille rakennus- ja huoltotilaa sekä lisärakennusoikeutta mahdollisia laajennuksia ja suurempia lämpöenergiavaraajia varten, jos ne nähdään tarpeelliseksi jatkosuunnittelussa.
- Energiajärjestelmän toteutusta miettiessä tulee huomioida myös omistus- ja operointivaihtoehdot. Energiajärjestelmän voi omistaa kiinteistö, erillinen voittoa tavoitteleva tai tavoittelematon yhtiö tai muu energiaoperaattori. Operaattorin etuna on hallinnoinnin ja vastuun siirtyminen operaattorille sekä pienemmät alkuinvestoinnit energian käyttäjälle, mutta haittapuolena on operaattorin tuottomarginaalin maksaminen, joka lopulta nostaa elinkaarenajan kustannukset omaomisteista vaihtoehtoa suuremmiksi. Laskelmissa ei huomioitu operaattorin kustannuksia keskitetylle järjestelmälle.

6. Laskennan tulokset

Yhteenveto ja johtopäätökset

- Aurinkosähkö on kustannuksiltaan kannattavampi vaihtoehto kuin aurinkolämpö. Aurinkosähkön takaisinmaksuaika voi olla jopa 7-9 vuotta laskennan sähkön hinnan oletuksilla.
- Aurinkolämmön haittana on, että tuotanto keskittyy kesälle, kun lämmön tarve ja arvo ovat matalia. Lisäksi sähkön omavaraisuutta on huomattavasti vaikeampi kasvattaa muutoin kuin aurinkosähköllä, toisin kuin lämmitystä. Tästä syystä aurinkolämpöä ei ollut mukana esitellyissä tuloksissa.
- Aurinkosähkön tapauksessa paneelien kaltevuudella ei ole suurta merkitystä paneelien tuottoon. Suuntauksella voidaan vaikuttaa kokonaisenergiatuotantoon sekä sähkön omakäyttöön.
- Etelään suunnatessa paneelien kokonaistuotto on suurin, mutta lounaaseen suuntaaminen vastaa paremmin arvioidun sähkönkulutuksen ja sähköautojen latauksen profiilia.
- Latausprofiili vaikuttaa aurinkopaneelien optimaaliseen suuntaukseen, mutta toisaalta aurinkosähkön tuotanto vaikuttaa myös lataustottumuksiin.
- Itä-länsisuuntaus mahdollistaa katon kahden lappeen käytön sähköntuotantoon, kun taas etelään suuntaus antaa paremman tuoton paneelialaa kohden. Yksi ratkaisu on myös etelänmyötäinen pulpettikatto, jossa olisi laaja lape etelään päin.
- Uudisasuinrakennuksille ei ole saatavissa investointitukea aurinkosähkölle. Palvelurakennuksille ja kaupallisille kohteille on mahdollista hakea noin 15 % investointitukea Business Finlandilta.

6. Laskennan tulokset

Yhteenveto ja johtopäätökset

- Biokaasua hyödyntäviä lämpökattiloita tutkittiin myös vaihtoehtona keskitettyjen ratkaisujen huippu- ja varalämmöntuotannossa.
 - Verrattuna sähkökattiloihin, biokaasukattilavaihtoehto on hieman halvempi. Tämä johtuu siitä, että biokaasun energian kustannus on edullisempi. Biokaasun tapauksessa selvittää myös pienemmällä sähköistyksen tarpeella ja kustannuksilla, vaikka kokonaisinvestoinnit arvioitiin biokaasukattilalle suuremmiksi.
 - Biokaasun etuna sähkökattiloihin verrattuna on biokaasun käsittely hiilineutraalina lämmöntuotantona. Tämä vaikutus on kuitenkin pieni johtuen vähäisestä huippulämmityksen tarpeesta. Kuitenkin myös sähkö voidaan hankkia hiilineutraalina alkuperävarmennettuna sähköinä.
 - Sähkökattilat valittiin energiaskenaarioihin huippulämmöntuotannoksi, sillä biokaasukattilan ja sähkökattilan kustannukset ovat hyvin lähellä toisiaan, sähkön keskihinnan lasku tulevaisuudessa näyttää todennäköiseltä, sähkökattilat eivät tuota paikallisia piipunpään päästöjä ja polttavan teknologian poliittinen tausta on tällä hetkellä epävarmempaa.
- Sähköakkuja tarkasteltiin aurinkosähkön yhteydessä, mutta ne eivät osoittautuneet kannattavaksi nykyhinnoilla. Myös lämpövarastojen ei nähdä olevan kannattavia aluemittakaavassa, sillä alueen hukkalämpöpotentiaali on pieni, jota lämpövarastoon voitaisiin ladata talven varalle.
 - Tulevaisuudessa keskitetyt lämpövarastot sekä sähkövarastot voivat osoittautua kannattavaksi hintojen laskiessa, ja sähkön tuntihintojen volatiliteetin kasvaessa. Tällöin voidaan esimerkiksi hyödyntää normaalia suurempia energiavaraajia energiakeskuksessa tai kiinteistöjen teknisessä tilassa.
- Myös esimerkiksi faasimuunnokseen perustuvien lämpövarastojen ja hiekkavarastojen kehittyessä, ne voivat tulla kannattaviksi kiinteistö- ja energiakeskustasolla.
- Laskelmissa huomioitiin kuitenkin lämmön varastointi energiakaivoihin, jolloin esimerkiksi kesällä syntyvä ylimääräinen hukkalämpö voidaan syöttää kaivoihin, mikä parantaa kaivojen kWh/m-tuottoa sekä pidentää kaivojen käyttöikää, lämpötilaa ja sen kautta hyötysuhdetta.

7. Yhtymäkohdat kaavoitukseen



7. Yhtymäkohdat kaavoitukseen

Vaikutuskeinot

- Tietyn energiantuotantomuodon määrääminen kaavan tai tontinluovutusehtojen kautta on lähtökohtaisesti lainvastaista.
 - Kilpailuoikeudellisesti ongelmallinen, sillä voi olla poissulkeva ja syrjivä. (Pois lukien jos järjestämisvastuu on lailla säädetty, esim. yhdyskuntajätekeräys.)
- Ohjaaminen toiminnallisten vaatimusten ja tavoitteiden kautta on mahdollista.
 - Ohjaavat ja mahdollistavat määräykset, aluevaraukset, pakottavat raja-arvot, rakennusten sijoittelu, rakentamistapa, materiaali, viherkertoimet, kattojen hyödyntäminen.
 - Hiilijalanjälkeä ja energiatehokkuutta koskevat vaatimukset (keinovalikoima esim. tee 3/5).
 - ”Rakennukset on varustettava maasta tai ilmasta saatavaa energiaa hyödyntävillä järjestelmillä.”
 - Voi johtaa tonttikohtaiseen tarkasteluun kokonaisuuden sijaan.
- Kaavassa rakennuksille voidaan antaa vaihtoehtoja, joista jokin täytyy täyttää. Esimerkiksi:
 - uusiutuvan energian tuotantoa
 - muuta ympäristöön edullisesti vaikuttavaa
 - katoille aurinkolämpökeräimet tai aurinkopaneelit
 - viherkatto tms.

7. Yhtymäkohdat kaavoitukseen

Vaikutuskeinot

- Kaavalla voidaan mahdollistaa eri energiantuotantotapoja.
 - Tarvittava tila energiakaivoille.
 - Tila teiden varsilla kaikille putkille ja infrastruktuurille.
 - Tila energiakeskukselle tai –keskuksille.
 - Tila mahdollista aluelämpöä palvelevalle aurinkolämpökentälle, tai aurinkopaneelikentälle.
- Ulkonäköön vaikuttavien teknisten ratkaisujen, kuten lämpöpumppujen salliminen julkisivulle, erilliset tekniset tilat.
- Tonttien ulkopuolisen maa-alueen osoittaminen energiakaivoille.
- Yhteistyö ja rakennusyhtiöiden sitouttaminen tavoitteisiin tontinluovutuskilpailun ja –prosessin yhteydessä edesauttavat toivotun ratkaisun löytymistä.
 - Tontinluovutusehtojen ohjevalikoimaa voidaan myöhemmin joustavasti muuttaa.
 - Esim. noudatettava rakennustapaohjetta, myyntihinnan alennus perustuen energiatehokkuuteen, vakuus kriteerien saavuttamiselle.
 - Tontinluovutuskilpailu voi tulla kalliiksi rakennusliikkeelle ja järjestäjälle: kohteen pitää olla kiinnostava. Laskelmat eivät välttämättä ole vertailukelpoisia.
- Kaavoituksen on hyvä olla joustavaa sen pitkäikäisyyden vuoksi (uudet teknologiat).

7. Yhtymäkohdat kaavoitukseen

Tilantarpeet

- Yksi merkittävimmistä kaavaan vaikuttavista sekä kaavan ohjauseinona energiajärjestelmään vaikuttavista asioista on tilantarve ja tilavaraus. Eniten tilaa tarvitsevat mahdollinen aurinkosähkökenttä sekä maalämpökaivot.
- Aurinkosähkökentän oletettiin kattavan koko kolmion peltoalue. Lisäksi aurinkosähkökentän alle voidaan porata maalämpökenttä, jolloin aurinkopaneelien asentaminen täytyy ajoittaa vasta maalämmön poraamisen jälkeen.
- Aurinkopaneelien välinen etäisyys on optimoitavissa, kuten myös kaltevuus ja suuntaus, mitkä vaikuttavat paneelien tilantarpeeseen. Tässä työssä oletettiin paneelirivien etäisyydeksi 1,8 m paneelin etureunasta etureunaan.
- Maalämpökaivojen etäisyys toisistaan on optimointikysymys. Suositellut minimietäisyydet on esitetty viereisessä taulukossa. Laskennassa käytetty etäisyys on 20 m.
- Maalämpökaivoilla pääsy tarvitaan käytännössä vain kokoomakaivolle, joka jää maan pinnalle. Tällöin itse maalämpökaivot vievät hyvin vähän tilaa rakentamisen jälkeen. Rakentamisen aikana rakennusmaan sijoitus (esim. kontti) sekä porauskalusto vaativat tilaa.
- Jos rakennustoissa pitää liikkua juuristojen päällä, ne tulee suojata. Maalämmön rakentamisen vaikutukset ympäristöön ovat merkittäviä, erityisesti luonnonmukaisilla alueilla.
- Itse energiakeskus tutkituissa tapauksissa vaatii karkeasti arvioiden noin 150 m² tilaa, johon sisältyy myös muuntamo. Maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppujen energiakeskuksen tilantarve on samaa luokkaa, mutta ilma-vesilämpöpumput vaativat lähes saman verran ilmalämmön keräinkenttää varten. Keräinkenttä voidaan myös sijoittaa energiakeskuksen katolle. Tilavaraukseen on hyvä laittaa lisävaraa eri teknisten ratkaisujen ja laajennusvaran takia.

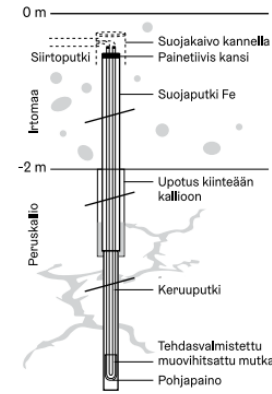
Kaivojen ja putkien etäisyydet	Suosittelut minimietäisyydet (Helsingin kaupunki/SYKE)
Yksittäisten kaivojen etäisyys	15 m
Kaivojen etäisyys kentässä	>15-20 m
Kiinteistön raja – kaivon keskipiste	7,5 m
Vinoporausporauspiste – tontin raja	2,5 m
Katualueen keskilinja	7,5 m
Rakennus	3 m
Puusto: maisemapuut ja arvokkaat puut / suuret puut / katupuut	1,5 m latvuksen ulkoreunasta / 6 m rungon keskeltä, useampi kaivo 10 m / 2,5 m rungon keskeltä tai kantavan kasvialustan ulkopuolelle
Muu putkisto, omat	3 m
Muiden viemärit ja vesijohdot	5 m
Kaasuverkosto	5 m
Rengaskaivo	20 m
Kallioporakaivo	40 m
Kiinteistökohtaisen jätevedenpuhdistamon purkupaikka: Harmaat / Kaikki jätevedet	20/30 m

7. Yhtymäkohdat kaavoitukseen

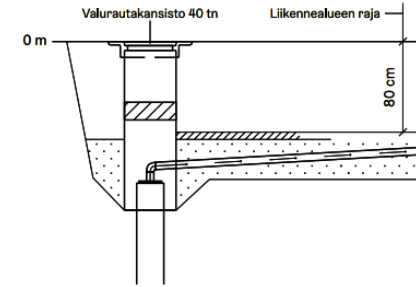
Tilantarpeet

- Oheisissa kuvissa on esitetty esimerkkipiirroksat energiakaivoista sekä kaivojen ja lämpöverkon sijoittelusta katualueelle.
- Energiakaivosta näkyviin voi jäädä valurautakansi, mutta erityisesti piha- ja viheralueilla kaivosta ei välttämättä jää näkyviin mitään.
- Useampi energiakaivo on monesti yhdistetty yhteiselle kokoomakaivolle, jonne on hyvä jättää huoltoyhteys, ja jonka kansi jää näkyviin maan pinnalle.

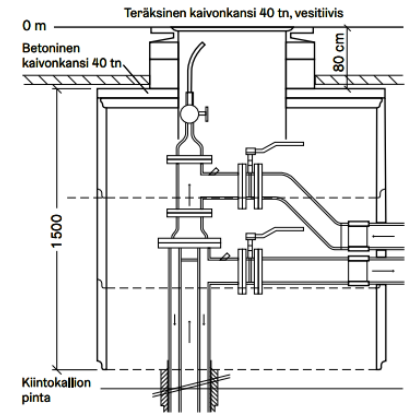
Kuva 5. Tyypillinen energiakaivo piha-alueella.



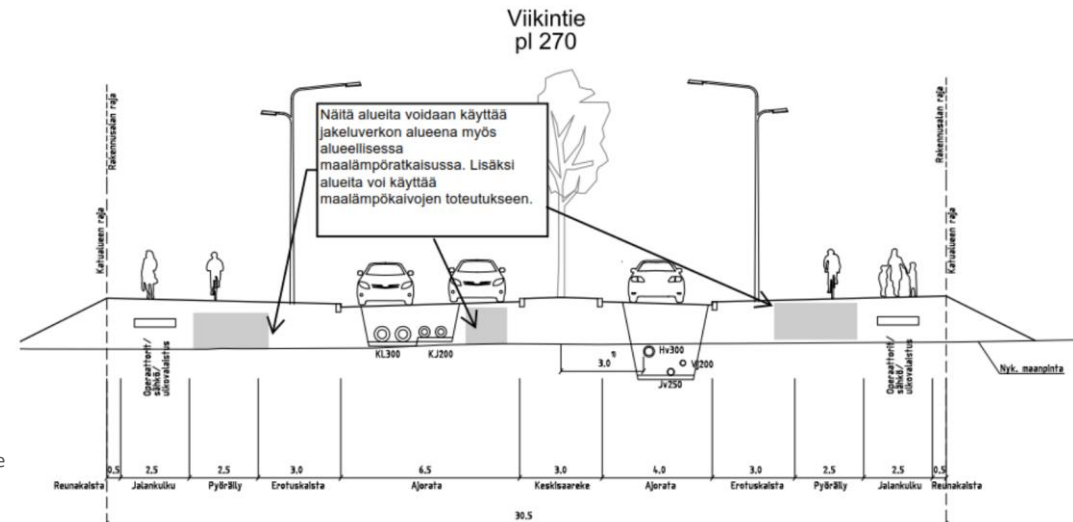
Kuva 6. Tyypillinen energiakaivo liikennealueella.



Kuva 7. Keskisyvän geotermisen energiakaivon yläosan poikkileikkaus.



Kaupunkiympäristön julkaisuja 2021:20,
Maalämpökaivot yleisillä alueilla Helsingissä, 2021.



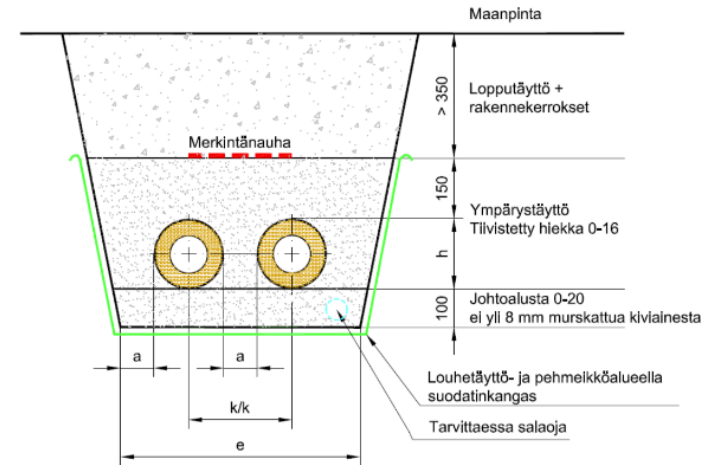
Ote Karhunkaatajan KTYS, Viikintien tyyppipoikkileikkauksesta. Laatija: Sitowise 24.8.2018. Merkinnät Sweco 10/2020, Alueellisten maalämpöratkaisujen periaatteet maankäytön suunnittelussa ja toteutuksessa -raportissa.

7. Yhtymäkohdat kaavoitukseen

Tilantarpeet

- Viereisessä kuvassa on esitetty esimerkki lämpökanavan poikkileikkauksesta.
- Kanavan leveys on helposti yli metrin ja syvyys yli puoli metriä.
- Aluelämpöverkolle tulisi olla hyvä pääsy mahdollisia huoltotarpeita ajatellen.
- Aluelämpöverkko voidaan asentaa katujen rakentuessa liikenneväylien alle tai tarvittaessa väylien viereen.

2MPUK-JOHTO. TYYPIPIIRUSTUS. KANAVAN POIKKILEIKKAUS



HUOM! Liitoskohdissa tulee huomioida hitsaus- ja liitostöiden vaatima työvara

HUOM! Haaroituskohdissa tulee peittösyvyyden olla haaraputken päältä mitattuna vähintään 400 mm

HUOM! Luiskakaltevuus määritetään maaperäolosuhteiden mukaan työturvallisuus huomioiden

DN	Elementti	Putket				Kanava			Täyttö m³/m	Kaivu m³/m	Pinta 1) m²/m	Pinta 2) m²/m
		tilavuus m³/m	d _e mm	s mm	k/k mm	vesitilavuus dm³/johto-m	h mm	e mm				
15	0,019	21,3	2,0	260	0,47	110	670	150	0,56	0,58	0,95	1,35
20	0,025	26,9	2,0	275	0,82	125	700	150	0,59	0,61	0,99	1,39
25	0,025	33,7	2,3	275	1,33	125	700	150	0,59	0,61	0,99	1,39
32	0,031	42,4	2,6	290	2,17	140	730	150	0,62	0,65	1,03	1,43
40	0,031	48,3	2,6	290	2,92	140	730	150	0,62	0,65	1,03	1,43
50	0,040	60,3	2,9	310	4,67	160	770	150	0,66	0,70	1,07	1,47
65	0,051	76,1	2,9	330	7,76	180	810	150	0,70	0,75	1,12	1,52
80	0,063	88,9	3,2	350	10,69	200	850	150	0,75	0,81	1,17	1,57
100	0,098	114,3	3,6	400	18,02	250	950	150	0,85	0,95	1,29	1,69
125	0,123	139,7	3,6	430	27,58	280	1010	150	0,92	1,04	1,36	1,76
150	0,156	168,3	4,0	465	40,36	315	1080	150	1,00	1,16	1,45	1,85
200	0,251	219,0	4,5	600	69,27	400	1400	200	1,35	1,60	1,80	2,20
250	0,393	273,0	5,0	700	108,65	500	1600	200	1,61	2,00	2,04	2,44
300	0,493	323,9	5,6	760	153,59	560	1720	200	1,77	2,26	2,18	2,58
400	0,792	406,4	6,3	910	243,60	710	2020	200	2,20	2,99	2,54	2,94
500	1,005	508,0	6,3	1000	385,51	800	2200	200	2,47	3,47	2,76	3,16
600	1,272	610,0	7,1	1100	557,60	900	2400	200	2,78	4,05	3,00	3,40

Energiateollisuus, 2018, Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet, Suositus L11/2013

Täyttö, Kaivu ja Pinta laskettu kuvan mukaisilla minimimitoilla ja luiskakaltevuudella 5:1.

Täyttö = Rakenneteoreettinen m³/m

Pinta 1) = Kaivannon pinta

Kaivu = Kiintoteoreettinen m³/m

Pinta 2) = Kaivannon pinta + asfaltti 200 mm kaivannon reunojen yli

7. Yhtymäkohdat kaavoitukseen

Ohjauskeinot

- Alue-energiajärjestelmään liittymistä ei voida nykyisellä maankäyttö- ja rakennuslailla edellyttää rakennuttajalta kaavassa. Alue-energiajärjestelmän toteutumista voidaan kuitenkin ohjata ja edistää.
 - Valmiiksi pureskeltu alue-energiajärjestelmä selvityksineen operaattoreille.
 - Suurempi rakennus- ja energiatiheys alueelle (esim. suurempi kerrosala tontille tai tiivimmät tontit), jolloin putki- ja energiantuotantoinvestoinneille saadaan parempi kulutus ja kate yksikköä kohden. (Vrt. pitkän putkireitin rakentaminen pientä kulutusta varten ei ole kannattavaa.)
 - Alue-energiajärjestelmän edistäminen on aloitettava hyvissä ajoin aluehankkeen alussa.
 - Tilavaraukset energiakeskukselle, putkistoille sekä energiakaivoille.
 - Monet operaattorit haluavat valmiin sitoutumisen aluejärjestelmään, osalle riittää osittainen sitoutuminen. Alue-energiajärjestelmän helpoin aloitus tai kohde olisikin esimerkiksi kaupungin vuokratoyhtiöihin, kaupungin päätöksellä.
 - Sopimusasiat, sitoutuminen ja osapuolien suuri määrä ovat aluejärjestelmiä hankaloittavia ongelmia. Alue-energiajärjestelmä voidaan myös pilkkoa pienempiin aluejärjestelmiin, mutta tällöinkin tontilla (kortteli) voi olla useita osapuolia.
 - Laaja vaiheistus kasvattaa alkuinvestointiriskiä, mikä vähentää mahdollisia operaattoreita (korke- ja lyhennysmaksut).
 - Operaattorit eivät näe liiallista rajoittamista ja alueverkkoon pakottamista hyvänä erityisesti asuinrakennusalueella (pientalo), sillä se johtaa negatiiviseen mielipiteeseen operaattoreita kohtaan.
 - Alue-energiajärjestelmän joustavan mahdollistamisen edistämiseksi, voidaanko yleiskaavan määräyksissä todeta, että alueiden aluevarauksiin sisältyvät esimerkiksi alue-energiaverkot, -laitokset ja niiden suoja-alueet.
 - Vahva keino on kohdemerkinnöin osoittaa yhdyskuntateknisen huollon alueita ja maalämpökaivojen sijainteja yleiskaavassa.

7. Yhtymäkohdat kaavoitukseen

Ohjausekeinot

- Uusiutuvan energia käyttöönottoa on helpompi edistää kuin erityisesti alue-energiajärjestelmien. Tämä on kuitenkin syytä tehdä teknologianeutraalisti, sillä kaavan määräykset vaikuttavat pitkälle tulevaisuuteen, jolloin uusia teknisiä ratkaisuja voi olla käytössä. Ohjaus- ja mahdollistamiskeinoja ovat mm.:
 - Sallitaan tekniikan sijoittaminen joustavasti tontille ja julkisivulle, esimerkiksi ILP, ilmalämpökeräimet, lämpöpumppujen tekniset tilat.
 - Mahdollistetaan viheralueiden, urheilukenttien, teiden, pysäköintialueiden ja vastaavien alueiden käyttö lämpökaivoille.
 - Kevyenliikenteen väylille voidaan laittaa lisäys että alue ”jolla maalämpökaivojen poraus ja putkistus sallittua”.
 - Mahdollistetaan yhteiskäyttöalueita, jolloin sama lämpöpumppu(rakennus) tai esimerkiksi syvämpi energiakaivo palvelee useampaa pien- tai rivitaloa.
 - Osayleiskaavassa voidaan vaatia, että rakentamisessa ja energiahuollossa tulee suosia energiatehokkaita ja ympäristöystävällisiä ratkaisuja. Lisäksi voidaan vaatia uusiutuvien energiamuotojen edistämistä.
 - Voidaanko kaavamääräyksiin lisätä, että eri kaavamerkintäalueille sallitaan yhdyskuntateknisen huollon tiloja.
 - Vähäisen asuntoalueen omaan tarpeeseen tarkoitettu lämpökeskus voidaan osoittaa asumista palvelevalle yhteiskäyttöiselle korttelialueelle.
 - Melun huomioiminen äänisuunnittelulla, äänen ja värinän vaimennuksilla sekä sijoittelulla. Voidaan antaa lisäys: ”ympäristöhaittoja aiheuttamattomia”.
 - Maalämpöön ohjatessa ja varautumisessa on hyvä turvata naapurikiinteistöjen tasa-arvoinen maalämmön riittävyys. Tämä voidaan tehdä vaatimalla tarvittaessa mallinnusta, esimerkiksi yli 10 kaivon kentässä tai yli 100 m syvissä kaivoissa.

7. Yhtymäkohdat kaavoitukseen

Ohjausekeinot

- Osa vaikutuskeinoista kannattaa olla tontinluovutus sopimusten ehdoissa, joissa niitä on helppo muuttaa ajan kuluessa tai tonteittain.
 - Tontinluovutus sopimuksessa voidaan asettaa rajoja, esimerkiksi E-lukuraja ja uusiutuvien edistäminen. Esimerkiksi tontinluovutuksessa E-luvusta ja uusiutuvien hyödyntämisestä voidaan antaa laatupisteitä.
 - Tässä tapauksessa ei kuitenkaan ole takeita toteutumisesta, sillä tontin luovutuksen sopimusten rajojen ja vaatimusten seuranta on hankala toteuttaa.
 - Velvoite esimerkiksi maalämpö- tai kunnallisteknisen yleissuunnitelman tekemisestä.
 - Ehtoja voidaan hyödyntää tontinluovutus kilpailuissa. Esimerkiksi tontinluovutuksessa E-luvusta ja uusiutuvien hyödyntämisestä voidaan antaa laatupisteitä. Vaatimusten kustannusvaikutus voidaan huomioida tontin hinnassa, jossa tontin hinta tai vuokra voi olla esimerkiksi sidottu vaatimuksien täyttymiseen tai elinkaaren hiilijalanjälkeen.
 - Lisäksi lämpöpumppujen käytön tehostamiseksi rakennuksissa kannattaa suosia matalalämpöisiä vaihtoehtoja. Tällöin rakennusten ratkaisuihin voidaan edellyttää lämmitysverkostojen mitoitus matalalle lämpötilalle ja esimerkiksi lattialämmityksen suosimista.
 - Jotta mahdollistetaan myös rakennuskohtaiset lämpöpumppuratkaisut, tulee niille varata tarpeeksi tilaa teknisiin tiloihin, huomioiden myös varaajien ja lämpöpumppujen tilantarve. Tulevaisuudessa rakennuskohtaiset energiavarastot, kuten sähköakustot sekä faasimuutoslämpövarastot voivat tulla kannattaviksi, jolloin näillekin ratkaisuille tulisi löytyä tilaa.
 - Voidaanko energiantuotantoon varattu tekninen tila laskea pois rakennusoikeudesta?
 - Rakennusten ikkunapinta-alan suuntaaminen etelään vähentää lämmityksen tarvetta jotain prosentteja, riippuen rakennuksesta, mutta lisää jäähdytyksen tarvetta kesällä. Tämä pitää huomioida jäähdytyksensuunnittelussa. Ylilämpemistä voidaan myös estää ikkunoiden varjostuksella.
 - Tontinluovutusehdoissa tai sopimuksissa voidaan myös määrätä liittyminen alue-energiajärjestelmään.

7. Yhtymäkohdat kaavoitukseen

Sähköautot ja aurinkosähkö

- Sähköautot edistävät alueen ilmanlaatua ja siirtymistä nopealla tahdilla kohti uusiutuvaa ja vähähiilisempää liikennettä. Sähköautojen lataus kasvattaa alueella rakennuskohtaista energiankulutusta, riippuen lataustottumuksista. Tämä kuitenkin kasvattaa aurinkosähkön tuotannon omakäyttöä, ja siten omalta osaltaan aurinkosähkön kannattavuutta. Sähköautojen latauksen pystyy myös kohdistamaan suurimman aurinkosähkön tuotannon hetkille, jolloin aurinkopaneelien asento ja lataustottumukset vaikuttavat toinen toisiinsa. Ilta-aurinkoon suunnatut paneelit mahdollistavat siten aurinkosähkön käyttämisen kotilataukseen töistä paluun jälkeen.
 - Sähköautojen latausta varten voidaan asettaa määräys sähköautojen lataamisen valmiudesta esimerkiksi vähintään yhdelle latauspaikalle per asunto. Määräyksessä voidaan vaatia vain valmius, jolloin johdotus ja sähköistys tehtäisiin valmiiksi varautuen mahdollisiin latauspisteisiin, joihin voidaan halutessa investoida rakennusvaiheessa tai myöhemmin.
 - Lisäksi läheisin biokaasun tuotannon hyödyntäminen liikenteessä on mahdollista. Tätä varten voidaan tehdä varaus biokaasutankkausasemalle biokaasuputkiston läheisyyteen. Samalle asemalle voidaan myös kohdistaa/tehdä varaus sähköautojen tehollatauspaikoille. Lataus- ja tankkausasema on kuitenkin hyvä sijoittaa alueen reunalle liikennevirran läheisyyteen.

7. Yhtymäkohdat kaavoitukseen

Sähköautot ja aurinkosähkö

- Katon kaltevuudella ei ole suurta merkitystä aurinkosähkön kannattavuuteen tai tuotannon suuruuteen. Suurempi merkitys on katon suuntauksella.
 - Pohjois-eteläsuuntaus mahdollistaa suurimman aurinkosähköntuotannon paneelia kohden kun taas itä-länsisuuntaus mahdollistaa kummankin harjakaton lappeen hyödyntämisen aurinkosähkön tuotantoon. Tämä olettaen, että rakennuksilla on symmetrinen kattorakenne lappeiden osalta.
 - Vaihtoehtona on kasvattaa etelän tai lounaan suuntaista lapetta pulpettikattomaiseksi, jolloin etelään voidaan asentaa enemmän paneeleita.
 - Energiakulutuksen vuorokaudenaikaisella ajoittumisella on kuitenkin suuri merkitys. Riippuen esimerkiksi sähköauton latauksen ajankohdasta, aurinkosähkön tuotanto voidaan kohdistaa näille suuremman kulutuksen tunneille, ja saada siten parempi tuotto ja omavaraisuus. Erityisesti edellä mainitun merkitys korostuu, kun sähkön tukkuhinta laskee, ja verkkoon myytävän sähkön arvo pienenee. Tällöin siirron osuus ostosähkön hinnasta kasvaa suhteellisesti, ja paneelien tuotto on yhä kannattavampaa käyttää itse siirtomaksujen (ja verojen ja energian) kustannusten pienentämisessä.
- Asuinrakennusten energiatiheys vaikuttaa erityisesti aurinkosähkön hyödynnettävyyteen kulutuksen kasvaessa. Energiakaivojen osalta tilan ei pitäisi muodostua vielä ongelmaksi. Rakennuskohtaiset oman LP-järjestelmän energiakustannukset jopa laskevat, kun samalla asennus- ja poraustyöllä voidaan kerralla rakentaa suurempitehoinen järjestelmä. Myös etelän alueen keskitetyn ratkaisun osalta suuruuden ekonomia tehostuu.

7. Yhtymäkohdat kaavoitukseen

Hiilijalanjäljen huomioiminen kaavoituksessa

- Muuntojoustavuus (mm. rakenneratkaisut, runkosyvyydet, valonsaanti) pidentää rakennuksen elinkaarta.
- Maaperän huomioiminen rakennettavien alueiden sijoittelussa (heikolle maaperälle perustaminen on hiili-intensiivistä).
- Kellaritilojen minimoiminen.
- Rakennusmateriaalit: uusiutuvien, kierrätettyjen ja kierrätettävien materiaalien suosiminen.
- Massatasapaino: maamassojen hyödyntäminen alueella, jolloin vältetään pitkät kuljetusmatkat.
- Olemassa olevan puuston ja kasvillisuuden säästäminen hiilinieluinä (olevat puut varastoivat huomattavasti enemmän hiiltä kuin pienet istutettavat taimet).
- Mahdollisten olemassa olevien rakennusten ja rakenteiden hyödyntäminen.
- Infran optimointi: mahdollisimman paljon olemassa olevan infraverkoston hyödyntämistä ja uuden verkoston tehokas hyödyntäminen.
- Suunnittelualueen suhde kaupungin olemassa olevaan liikenne- ja palveluverkkoon: joukkoliikenteen kannattavuuden parantaminen ja ilman autoa kuljettavien matkojen mahdollistaminen (ja houkuttelevaksi tekeminen), kevyen liikenteen reittien huolellinen suunnittelu.
- Hiilijalanjäljen huomioiminen massoittelussa.

8. Vaiheistus



8. Vaiheistus

- Alueen rakennus vaiheistuu laajalle aikavälille, mikä aiheuttaa haasteensa energiantuotannolle, erityisesti keskitetylle ratkaisulle.
- Vaiheistaminen on kuitenkin teknisesti mahdollista. Vaiheistettu rakentaminen ja asennukset aiheuttavat lisäkustannuksia, mutta mahdollistaa tarpeenmukaiset ja hajautetut investoinnit. Toisaalta kulutuksen vaiheittainen syntyminen aiheuttaa investointiriskin keskitetylle ratkaisulle.
- Vaiheistamisessa huomioitavaa:
 - Vaiheistamisen yhteydessä on huomioitava se, että maalämpö pitää rakentaa ennen kuin sen päälle tulee muuta rakentamista.
 - Ensin keskitetyn kolmion alueen mahdolliset maalämpökaivot ja sitten aurinkopaneelit samassa tahdissa kuin maalämpöä tarvitaan.
 - Maalämpö kannattaa rakentaa ennen viherrakentamista.
 - Kevyenliikenteen väylien kannattaa rakentua maalämmön jälkeen. Maalämmön asennus ja varaus katuun hyvä tehdä niin että kaivettavissa auki ilman että häiritsee muuta tekniikkaa.
 - Käytettäessä pysäköintialueita (pysäköintitaloa) maalämmölle, kannattaa maalämpö porata ensin, ettei pysäköintialuetta tarvitse korjata heti jälkikäteen.
 - Tilan loppuessa tontilta ja viereisiltä helposti hyödynnettäviltä alueilta, energiakaivoja voidaan porata myös rakennusten alle suoraan, tai vinosti rakennuksen vierestä.
 - Rakennuksia voi vaiheistaa keskitetyssä ratkaisussa. Tulevia rakennuksia varten tehdään keskitetyssä ratkaisussa runkoverkot valmiiksi teiden rakennuksen yhteydessä ja tulpataan mahdolliset taloliittymähaarojen alut.
 - Energiakeskukseen tehdään varaus laajennuksille rakennuksen tilaan, putkistoihin, sähköistykseen ja muuhun tekniikkaan.

9. Energiayhteisömallin soveltuvuustarkastelu



9. Energiayhteisömallin soveltuvuustarkastelu

Tausta

- Työn tässä osiossa selvitettiin energiayhteisömallilla toteutettavan alueverkkohankkeen soveltuvuutta alueella.
- Energiayhteisömalli on vielä varsin uusi konsepti Suomessa ja aiheeseen liittyvää ja mallin toteuttamista helpottavaa lainsäädäntöä on tullut voimaan vasta aivan viime vuosina.
- Energiayhteisö voi muodostua periaatteessa minkä tahansa energiahyödykkeen ympärille (sähkö, lämpö, jäähdytys, polttoaineet). Sähköä lukuun ottamatta muiden energialajien kohdalla markkinasääntely on vähäistä, joten energiayhteisön perustamisen rajoitteet ovat lähinnä teknis-taloudellisia. Esimerkiksi kaukolämpöverkosta erillinen pienempi, useamman kiinteistön yhdistävä matalalämpöverkko voi olla esimerkki energiayhteisömallista lämpöenergian kohdalla, jos verkon omistukseen ja operointiin perustetaan oma, kiinteistöjen käyttäjistä koostuva energiayhteisö.
- Sähköenergian osalta markkinasääntelyä on selvästi enemmän, jolloin lainsäädännölliset reunaehdot on myös huomioitava energiayhteisöä muodostettaessa.
- Yleisenä ajurina energiayhteisöjen lainsäädännölle EU-direktiivi energiayhteisöistä, joka ajaa myös kansallisella tasolla hajautetun uusiutuvan ja hiilineutraalin sähköenergian tuotannon kasvattamista muutenkin kuin keskitetysti.
- Tässä selvityksessä tarkastellaan reunaehtoja ja vaatimuksia tämän tyyppisellä mallilla toteutettavalle aluehankkeelle sekä myös mallin tuomia hyötyjä energiayhteisön jäsenille. Tarkastelussa keskitytään pääasiallisesti sähköenergian tuotannon ympärille perustettavaan energiayhteisöön.

9. Energiayhteisömallin soveltuvuustarkastelu

Energiayhteisön toteutustyypit

- Energiayhteisöt voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin, *paikallisiin* sekä *hajautettuihin energiayhteisöihin*.
 - **Paikallisessa energiayhteisössä** yhteisön energian tuotanto siirretään samalla alueella sijaitseville yhteisön kuluttajille omaa erillistä alueverkkoa pitkin. Koska alueverkko on oma eriytetty kokonaisuutensa, ei siirretystä sähköstä tarvitse maksaa sähkönsiirtomaksuja sähköverkkoyhtiölle.
 - **Hajautetussa energiayhteisössä** energia (sähkö) tuotetaan eri paikassa kuin energiaa kuluttavat yhteisön jäsenet sijaitsevat. Esimerkkinä energiayhteisö voi yhteishankintana varata osuuden merelle rakennettavasta tuulipuistosta, jonka tuottama sähkö allokoidaan täysimääräisesti energiayhteisön jäsenille. Sähkö tuodaan tuotantopaikalta yhteisöön yleistä sähkön jakeluverkkoa pitkin, jolloin siitä peritään myös sähkönsiirtomaksut.
- Paikalliset energiayhteisöt voidaan jakaa edelleen *kiinteistön sisäisiin energiayhteisöihin* ja *kiinteistön rajat ylittäviin energiayhteisöihin*.
 - **Kiinteistön sisäinen energiayhteisö** tulee kyseeseen kun kiinteistön yhteistä sähköntuotantoa halutaan jakaa kiinteistön sisällä useammalle käyttöpaikalle. Esimerkkinä kerros- tai rivitalotaloyhtiö, jonka katolle asennettavan aurinkovoimalan sähköä halutaan jakaa kaikkien asukkaiden käyttöön.
 - **Kiinteistörajat ylittävissä energiayhteisössä** paikallista tuotantoa jaetaan useampaan energiayhteisöön kuuluvaan kiinteistöön, joista osa sijaitsee eri tontilla kuin tuotantojärjestelmä.

9. Energiayhteisömallin soveltuvuustarkastelu

Energiayhteisöihin liittyvä ajantasainen lainsäädäntö

- Valtioneuvoston asetuksessa 1133/2020 **paikallinen energiayhteisö** määritellään seuraavasti:
 - Energiayhteisö tuottaa, toimittaa, kuluttaa, aggregoi tai varastoi energiaa tai tarjoaa energiatehokkuuspalveluja, sähköajoneuvojen latauspalveluja tai muita palveluja jäsenilleen. Energiayhteisön ensisijainen tarkoitus on rahallisen voiton sijasta tuottaa ympäristöön, talouteen tai sosiaaliseen yhteisöön liittyviä hyötyjä jäsenilleen tai alueelle, jossa yhteisö toimii.
 - Energiayhteisö perustuu vapaaehtoiseen ja avoimeen osallistumiseen ja sen jäsenet ovat henkilöitä, kuntia tai muita paikallisviranomaisia taikka PK-yrityksiä.
 - Energiayhteisön jäsenten sähkökäyttöpaikat sijaitsevat samalla kiinteistöllä tai sitä vastaavalla kiinteistöryhmällä ja jotka on liitetty jakeluverkonhaltijan jakeluverkkoon samalla liittymällä. Energiayhteisön sähkökäyttöpaikkojen sähkön mittauksista vastaa jakeluverkonhaltija ja yhteisön sähköntuotantolaitteisto ja sähkövarasto kuuluvat samaan liittymään.
- Sähkömarkkinalain määräysten mukaisesti **sähkönjakelu yli kiinteistörajojen** on luvanvaraista sähköverkkotoimintaa. Yhtenä poikkeuksena on mainittu VN asetuksessa 1133/2020 myös mainitut kiinteistöryhmät, joiden välille voidaan rakentaa sähköverkko ilman erillistä lupaa.
 - Kiinteistöryhmän käsite on energiayhteisön toteutuksen kannalta kriittinen, mutta sitä ei ole kuitenkaan määritelty VN asetuksessa tai sähkömarkkinalaissa kovin tarkasti. Lempäälän Lämpö Oy on pyytänyt Energiavirastolta lausuntoa kiinteistöryhmän käsitteestä 25.6.2020, ja lausunnon perusteella kiinteistöryhmän edellytykset täyttyvät jos kaikki kyseisen ryhmän kiinteistöjen tontit ovat saman tahon hallinnassa perustuen joko omistukseen tai maanvuokraussopimukseen ja lisäksi kiinteistöt rajoittuvat maantieteellisesti toisiinsa. Viraston hallintokäytännössä on edelleen katsottu, että säännöksessä tarkoitetut kiinteistöryhmän sisällä voi kulkea yleinen tie. Mikäli tonttien kiinteistöjä on vuokrattu eteenpäin, eivät kiinteistöryhmän edellytykset enää täyty ja sähkönjakelu kiinteistöjen välillä muuttuu luvanvaraiseksi sähköverkkotoiminnaksi.
 - Energiaviraston lausunnon perusteella Hauralan alue ei täten täyttäisi sähkömarkkinalain kiinteistöryhmän määritelmää, jolloin energiayhteisön oman sähkönjakeluverkon rakentamiseen vaaditaan tällä hetkellä lupa.

9. Energiayhteisömallin soveltuvuustarkastelu

Energiayhteisöihin liittyvä ajantasainen lainsäädäntö

- Hauralan kaltaiselle alueelle, jossa kiinteistöt perustaisivat energiayhteisön, voisi olla myös mahdollista hakea sähkömarkkinalain 588/2013 luvun 2 momentin 11 § mukaista suljetun jakeluverkon sähköverkkolupaa, jos hakija eli energiayhteisö täyttää sähkömarkkinalain mukaiset sähköverkkotoiminnalle asetetut tekniset, taloudelliset ja organisatoriset vaatimukset (esitetty sähkömarkkinalain luvuissa 3, 4 ja 6). Kuitenkin Energiaviraston LEMENE-hankkeen ennakkopäätöksen perusteella suljetun sähköverkon toteutusluvan saaminen on epätodennäköistä.
- Ilman jakeluverkonhaltijan suostumusta voidaan toteuttaa sähkön siirto yli kiinteistörajojen kattavaan kokonaisuuteen enintään 2 MW tuotantokokonaisuudesta *erillisillä linjoilla* eli niin, että jokaiseen kiinteistöön tuodaan oma kaapeli tuotantolaitokselta.
 - Tässä toteutusmallissa jokaiselta erilliseltä tuotantolaitokselta tulee vetää oma erillinen linja kiinteistöihin eli periaatteessa malli on toteuttamiskelpoisin siinä tapauksessa, että koko energiayhteisössä on vain yksi oma keskitetty paikallinen sähköntuotantolaitos, esimerkiksi aurinkovoimala.
- Energiayhteisön kiinteistörajat ylittävä sähkönjakelu ei saa muodostaa rengasverkkoa paikallisen jakeluverkkoyhtiön verkon suhteen, eli energiayhteisön sisäisessä sähkönjakelussa tulee olla vain yksi liittymäpiste sähkön jakeluverkkoon.
- Energiayhteisön vaaditaan joka tapauksessa rekisteröityvän paikalliselle jakeluverkkoyhtiölle ja toimittavan sille jäsentensä jako-osuudet, joilla yhteisössä tuotettu ja kulutettu energia jaetaan.
- Energiayhteisöjen olennainen osa on oma paikallinen energiantuotanto ja sen hyödyntäminen alueella. Sähkön pientuotannossa alle 100 kVA:n nimellistehoiset tuotantolaitokset on vapautettu kokonaan sähköverotuksen velvollisuuksista. Yli 100 kVA:n nimellistehoiset, mutta enintään 800 MWh vuodessa tuottavat laitokset on veloitettu rekisteröitymään Verohallinnolle sähköverovelvollisiksi ja ilmoittamaan laitoksen sähköntuotanto kerran vuodessa, mutta varsinaista sähköveroa ei tarvitse maksaa. Mikäli 800 MWh/v raja ylittyy, tulee sähkön valmistevero ja huoltovarmuusmaksu maksaa koko vuoden tuotannosta. Jos energiayhteisö myy tuotantolaitoksen ylijäämä sähköä jakeluverkkoon, myynnistä saatavat tulot ovat verovelvollisuuden alaista tuloa.

9. Energiayhteisömallin soveltuvuustarkastelu

Energiayhteisöihin liittyvä ajantasainen lainsäädäntö

- Lainsäädäntö määrittää myös reunaehdot ja vaihtoehtoja energiayhteisön oman tuotannon ja jakeluverkosta hankitun sähkön laskennalle. Useista sähkökuluttajista koostuvan energiayhteisön kohdalla on tärkeää, että oman tuotannon hyödyt jaetaan tasapuolisella tavalla yhteisön jäsenten kesken, esimerkiksi vuokratun tonttialan tai kiinteistöjen kerrosalojen suhteessa kokonaistuotannosta. Esitetyt mallit on laadittu pitkälti taloyhtiön energiayhteisöjen toimintaa ajatellen, mutta ovat sinällään sovellettavissa myös kiinteistörajat ylittäviin energiayhteisöihin.
- VN asetuksessa määrätään, että jakeluverkkoyhtiöiden on tarjottava hyvityslaskentapalvelua asiakkailleen viimeistään 1.1.2023 alkaen, jolloin energiayhteisöä ei tarvitse toteuttaa takamittarointimallilla (ellei se ole yhteisön tahtotila).
 - Hyvityslaskentamallissa jokainen energiayhteisön jäsen voi edelleen tehdä omat sähköhankintasopimuksensa ja oman tuotannon hyödynjako ja jakeluverkosta kiinteistöihin hankittavan sähkön määrät määritetään laskennallisesti hyödyntäen sähkökäyttöpaikkojen nykyisiä verkkoyhtiöiden älykkäitä mittareita ja niiden keräämää dataa.
 - Takamittarointimallissa energiayhteisöllä on ainoastaan yksi yhteinen sähköhankintasopimus ja koko energiayhteisö on vain yhden summamittauksen takana jakeluverkkoyhtiön suuntaan.
- Koska Hauralassa kiinteistöjen kokonaissähkökulutukset mitataan joka tapauksessa, ei kummassakaan vaihtoehdossa synny mittaroinnin osalta lisäkustannusta. Kiinteistöjen omistajille tai haltijoille on todennäköisesti on tärkeää, että he voivat myös jatkossa solmia omat sähköhankintasopimuksensa sille osalle sähköstä jota ei saada katettua paikallisella tuotannolla, joten edellä kuvattu hyvityslaskentamalli on tähän kohteeseen paremmin soveltuva.

9. Energiayhteisömallin soveltuvuustarkastelu

Energiayhteisön soveltuvuus

Soveltuvuus yleisellä tasolla

- Hauralan kohdalla energiayhteisöä käsiteltäisiin kiinteistörajat ylittävänä, joko paikallisena tai hajautettuna energiayhteisönä. Hajautettu energiayhteisö on lainsäädännön kannalta yksiselitteisempi ja helpompi toteuttaa, mutta tällöin tuotannosta joudutaan maksamaan jakeluverkkoyhtiön siirtomaksuja ja veroja normaalisti, jolloin oman tuotannon kannattavuus kärsii.
- Lisäksi alueelle voisi muodostua myös kiinteistörajojen sisäisiä paikallisia energiayhteisöjä esimerkiksi alueelle rakennettavien taloyhtiömuotoisten asuinrakennusten yhteyteen.
- Teknisestä näkökulmasta paras toteutettavuus on uudisalueilla, koska energiayhteisön vaatimat tekniset reunaehdot ja kiinteistön omistajien/haltijoiden sitoutuminen energiayhteisöön voidaan huomioida jo hankinta- ja rakentamisvaiheessa. Uusiutuvaa energiantuotantoa on myös helpompi toteuttaa vielä rakentamattomalle alueelle.
- Konsepti on laajennettavissa myös olemassa oleviin kiinteistöihin, jos yritykset ovat innokkaita liittymään yhteisöön, mutta vaatii kiinteistökohtaisesti tarkemman tarkastelun mitä energiayhteisö vaatii mm. sisäisen sähköverkon rakentamisen ja mittarointien suhteen.

Reunaehtoja toteutukselle

- Omaa uusiutuvaa sähköenergian tuotantoa alueella.
- Alueen oma sisäinen sähköverkko tai erilliset suorat linjat voimalalta, jolla oma tuotanto jaetaan kiinteistöihin. Mahdollisen alueen sisäisen sähköverkon ja paikallisen siirtoyhtiön sähköverkon välillä vain yksi sähköliittymäpiste.
- Energiayhteisön jäsenkiinteistöillä energiankulutuksen mittaus ja seuranta sillä tasolla, että energiayhteisön itse tuottaman energian hyödyt voidaan jakaa tasapuolisesti kaikille yhteisön osapuolille ja mittaustietojen avulla voidaan tuottaa taseselvitysmateriaali jakeluverkonhaltijalle (verkosta hankittu ja verkkoon syötetty sähkö taseselvitysjakson aikana).
- Mahdollisen sähkömarkkinalain mukainen sähkönjakeluverkkotoiminnan lupaprosessin vaatimat toimenpiteet
- Energiayhteisön perustamiseen liittyvät lainsäädännölliset rekisteröinnit mm. jakeluverkonhaltijalle sähköntoimitusten selvitystä varten ja verohallinnolle riippuen oman tuotannon laajuudesta. Em. osapuolille tulee ilmoittaa vaadittavat tiedot yhteisöön kuuluvista sähkökäyttöpaikoista ja sähköntuotannosta.

9. Energiayhteisömallin soveltuvuustarkastelu

Energiayhteisön soveltuvuus

Energiayhteisömallin hyödyt ja mahdollisuudet

- Oman uusiutuvan sähköntuotannon potentiaali ja hyödynnettävyys alueella kasvaa, kun esimerkiksi aurinkovoimaloiden tuottoa voidaan jakaa useampaan kiinteistöön.
- Edullinen sähkön hinta energiayhteisön jäsenille luo houkuttimen liittyä energiayhteisöön.
- Energiayhteisö luo foorumin, jossa yhteisön jäsenet voivat yhdessä tunnistaa myös muita energiatehokkuutta parantavia tai CO₂-päästöjä pienentäviä toimia sekä edistää niiden toteuttamista tehokkaammin.
- Imagolliset tekijät: energiayhteisöjä on Suomessa vasta hyvin vähän, joten konseptilla on selvää uutuusarvoa ja innovatiivisuutta.
- Rahoitusta voi olla mahdollisesti saatavilla tarkempaan selvitykseen ja toteutukseen. Esimerkkeinä Kalajoki Smart Grid –selvityshanke (ELY-keskuksen rahoittama) sekä LEMENE-hanke (TEM kärkihanke -rahoituksella).

Energiayhteisömallin keskeiset haasteet

- Vaikka lainsäädännön muutokset ovat mahdollistaneet kiinteistörajat ylittävät energiayhteisöt, on lainsäädäntö edelleen epäselvä eikä välttämättä mahdollista tämän tyyppisen energiayhteisön toteutusta mahdollisimman kustannustehokkaasti. Varsinaisia toteutettuja energiayhteisöjä ei myöskään vielä ole, joten ennakkotapausta hankkeen läpiviennistä loppuun asti ei ole olemassa ja riskinä on lupaselvitysten ja –prosessin venyminen.
- Energiayhteisön organisoituminen ja tehokas toiminta vaatii yhteisön yrityksiltä aktiivista otetta ja kiinnostusta oman ydinliiketoimintansa ulkopuolelle.
- Energiayhteisöhankeiden taloudelliset kannusteet ja kannattavuus potentiaalisille jäsenille, kun vertailukohtana on esimerkiksi pienempimuotoiset investoinnit uusiutuvaan energiantuotantoon vain oman kiinteistön käyttöön.

9. Energiayhteisömallin soveltuvuustarkastelu

Case-esimerkkejä energiayhteisömallin hankkeista Suomessa

- LEMENE, Lempäälän energiayhteisö (toteutettu): <http://www.lempaalanenergia.fi/content/fi/1/20126/LEMENE.html>
 - TEM:n 2017-2019 toteutettu Lempäälän Energian kärkihanke, jossa Lempäälän Marjamäen teollisuusalueelle perustettiin toimintaympäristö älykkäälle hajautetulle energiajärjestelmälle paikallisella sähköntuotannolla aurinkopaneelein (4 MW), kaasumoottoreilla (8,1 MW) ja polttokennoilla (130 kW). Hankkeessa on mukana oman sähköntuotannon lisäksi hukkalämpöjen tehokas kierrätys alueella kaukolämpöverkon välityksellä. Energiayhteisö LEMENE:n toimintaympäristön, johon liittyminen on vapaaehtoista, tavoitteina ovat energiantuotannon omavaraisuus ja jäsenten resurssien tehokas jako keskenään.
 - Tällä hetkellä LEMENE-yhteisö on tuotantoverkkotilassa eli tuotantojärjestelmät on asennettu ja tuotettava energia myydään täysimääräisesti sähkömarkkinoille.
 - Ongelmana toimijoiden liittämiseksi energiayhteisöön on ollut alueelle kaavailtu sisäinen sähköjakeluverkko: LEMENE haki lupaa teollisuusalueen suljetulle sähköverkolle mutta Energiavirasto on hylännyt sen ja näin ollen alueen sisäistä erillistä sähköverkkoa ei ole voitu rakentaa. Oma tuotanto koostuu useammasta erillisestä sähköntuotantolaitoksesta, jolloin erillislinjojen rakentaminen tarkoittaisi useampaa rinnakkaista aluesähköverkkoa tämän hetken lainsäädännöllä.
- Kalajoki Smart Grid (suunniteltu): <https://kalajoki.fi/wp-content/uploads/2020/08/hankekortti-nettiin.pdf>
 - 2020-2021 toteutettu selvityshanke Kalajoen alueelle perustettavan energiayhteisön / kaupungin toteuttaman erillisen sähkönsiirtoverkon toteutusmallista, jolla alueella tuotettua uusiutuvaa energiaa voitaisiin hyödyntää paikallisesti teollisen puhtaan teknologian investointien houkuttelemiseen.
- Masalan Ekoälykylä (suunniteltu): <https://www.ekoalykyla.fi/ekologisuus-ja-energia/>
 - Kirkkonummelle suunniteltu ekologisen ja yhteisöllisen uudispientaloalueen energiayhteisö, jossa sähköä tuotetaan paikallisesti alueen käyttöön 3 MW maa-asenteisella aurinkosähköpuistolla.

9. Energiayhteisömallin soveltuvuustarkastelu

Linkkejä

- VN asetus 1133/2020: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20201133>
- Ajantasainen lainsäädäntö sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta (12.8.2021/767): <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2021/20210767#L4P1>
- Sähkömarkkinalaki (9.8.2013/588): <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>
- VTT:n & Elenia Oy:n laatia energiayhteisökäsikirja: <https://www.elenia.fi/files/7de35936c413685a502e8cfe531bdc1e42653201/elenia-energiayhteisokasikirja.pdf>
- Energiaverotus Suomessa: <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56206/energiaverotus2/>
- Energiaviraston lausunto kiinteistöryhmän käsitteestä: https://www.eehanke.fi/wp-content/uploads/2021/11/Energiavirasto-Lempaalan-Lampo-Oy-lausunto-1468_403_2020.pdf

9. Energiayhteisömallin soveltuvuustarkastelu

Yhteenveto

- Yhteenvetona energiayhteisöihin liittyvää lainsäädäntöä on helpotettu vuoden 2021 alusta alkaen, mutta säädökset Hauralan alueen kaltaiselle useamman kiinteistön haltijan kiinteistöryhmälle perustettavalle energiayhteisölle ovat edelleen varsin epäselvät ja aiheuttavat haasteita kustannusten kannalta optimaaliselle energiayhteisön toteutukselle.
- Tämän hetken lainsäädännöllä ns. paikallisen hajautetun energiayhteisön perustaminen on yksiselitteistä ja suoraviivaisesti toteutettavissa, mutta koska tällöin joudutaan tuotetun sähkön jakelusta maksamaan myös jakeluverkon sähkönsiirtomaksut ei se ole välttämättä taloudellisesta näkökulmasta kannattavaa. Kuitenkin jos sähkönjakelun toimintaympäristöä kehitetään jatkossa avoimempaan suuntaan, voisi myös jakeluverkon yli toimiva energiayhteisö tulla kannattavammaksi. Jakeluverkkoyhtiö osallistuisi tällöin energiayhteisöön aktiivisena jäsenenä tarjoten ydinosaamistaan eli sähkönjakeluinfraa kustannustehokkaasti ja läpinäkyvällä hinnoittelulla.
- Paikallisen kiinteistörajat ylittävän energiayhteisön perustamiseen sen sijaan liittyy merkittäviä lainsäädännöllisiä sudenkuoppia, liittyen erityisesti sähkömarkkinalain määräyksiin ja määräyksiin, ja tämän kaltaisen energiayhteisön perustaminen Hauralaan vaatii vähintään merkittävää panostusta lupaprosessien läpikäyntiin sekä energiayhteisöorganisaatiolta vaadittaviin asioihin. Oman keskitetyn energiantuotannon jako energiayhteisön kiinteistöihin voitaneen toteuttaa ainakin erillisillä linjoilla jokaiseen kiinteistöön, mutta tämä ei ole kustannusten kannalta järkevää.
- Energiayhteisöjä voisi myös muodostua alueelle paikallisina kiinteistön sisäisinä energiayhteisöinä taloyhtiömallisen asuinrakentamisen yhteyteen, joissa esimerkiksi kiinteistön sisällä tuotettua aurinkoenergiaa jaeltaisiin taloyhtiön osakkaille.
- Mikäli energiayhteisömallinen hanke halutaan Hauralassa toteuttaa, suositellaan, että paikallisen kiinteistörajat ylittävän energiayhteisön toteutusmahdollisuutta jatkoselvitetään vielä tarkemmin ja asiasta keskustellaan sekä Energiaviraston että paikallisen jakeluverkkoyhtiön kanssa, jotta energiayhteisön toteutusmalli saadaan toteutettua mahdollisimman kustannustehokkaasti.
- Lainsäädäntöön on alalla esitetty parannusehdotuksia, jossa energiayhteisön tuotanto voitaisiin lähialueelta siirtää kiinteistöihin sähköverkkoyhtiön jakeluverkkoa käyttäen, jolloin rinnakkaisten verkkojen rakentamisen tarvetta ei olisi. Lainsäädännön edelleen kehittämisen suhteen ei kuitenkaan ole tällä hetkellä aikataulua tai suunnitelmia tiedossa, joten energiayhteisön perustamisen helpotuksista tulevaisuudessa ei voida tässä antaa arvioita.

Liite 1

Lähtötiedot ja oletukset



Lähtötiedot ja oletukset

Energian hinnat

Laskennassa käytetyt energian hintatiedot (alv. 0 %)

- Kaukolämpö
 - Energiamaksu **85,92 €/MWh** Lempäälän lämmön 1.3.2023 alkaen voimassa olevan hinnan mukaisesti.
 - Perusmaksut Lempäälän lämmön 1.11.2022 alkaen voimassa olevan hinnaston mukaisesti (kuvassa).
 - Liittymismaksut Lempäälän lämmön hinnaston mukaisesti (kuvassa).
- Sähkö
 - Sähköeneriahinta: **91,95 €/MWh**, arvio pitkän ajan keskihinnasta.
 - Sähköenergian myyntimarginaali: **4 €/MWh**
 - Sähkövero:
 - Luokka 1: **22,53 €/MWh**
 - Luokka 2 (jos lämpöpumput yli 0,5 MW): **0,63 €/MWh**
 - Sähkön siirtohinnot Elenian sähköverkon hinnaston mukaisesti. Käytetyt hinnastot ovat Yleissiirto ja tehosiirrot 1 sekä 3, jotka näkyvät kuvissa.
 - Sähkön liittymähinnat Elenian sähköverkon hinnaston mukaisesti:
 - Siirtohinnastona on käytetty yleissiirtoa toimitilalle, omakoti- ja rivitalolle, tehosiirto 1:tä päiväkodille, urheilukeskukselle sekä kaupalle ja tehosiirto 3:ta keskitetylle energiaratkaisulle.
- Biokaasu
 - Biokaasunhinta: **95 €/MWh**, johon sisältyy kaasun hinta, biokaasulisä sekä siirto.
 - Liittymäkustannuksena on käytetty Tampereen sähkölaitoksen hinnastoa, joka on liittymismaksu=12 000 + 30 x liittymäkoko €/MWh.

Yleissiirto

Tuote sopii asiakkaalle, jonka sähkökäyttö painottuu päiväaikaan. Yleensä lämmitysmuoto on muu kuin sähkö. Siirtomaksu pysyy samana vuorokauden ja vuoden ympäri.

Siirtomaksu		Lisäksi perusmaksu pääsulakkeen mukaan:
Sähköveroton	5,62 snt/kWh	1 x 25 A* ja 1 x 35 A* 11,96 €/kk
Sähköveroluokka 1	8,41 snt/kWh	3 x 25 A** 21,24 €/kk
		3 x 35 A 36,67 €/kk
		3 x 50 A 68,78 €/kk
		3 x 63 A 91,89 €/kk
		3 x 80 A 141,96 €/kk
		3 x 100 A 167,38 €/kk

Tehosiirto 1

Siirtomaksu		Perusmaksu	
Sähköveroton	30,92 €/MWh	Perusmaksu	55,59 €/kk
Sähköveroluokka 1	53,45 €/MWh	Tehomaksu	2,87 €/kW, kk
Sähköveroluokka 2	31,55 €/MWh	Loistehomaksu	6,80 €/kVA, kk

Tehosiirto 3 (20 kV toimitus)

Siirtomaksu	Talvialkuperä 1.11.-31.3. ma-la klo 07-22	Muu aika	Perusmaksu
Sähköveroton	31,08 €/MWh	15,28 €/MWh	341,12 €/kk
Sähköveroluokka 1	53,61 €/MWh	37,81 €/MWh	2,63 €/kW, kk
Sähköveroluokka 2	31,71 €/MWh	15,91 €/MWh	Loistehomaksu 5,79 €/kVA, kk

Tehosiirto 1-3 päätöksen veloitusteho on viimeisen 12 kuukauden kahden suurimman kuukausitehon keskiarvo, kuitenkin vähintään 40 kW. Tehosiirto 3 kesäkuukausina veloitustehoa laskettaessa otetaan kuukausitehosta huomioon 80 % (kuukausiteho = kuukauden suurin mitattu 60 minuutin keskitheho). Tehosiirto 1-3 veloitusloisteho on kuukausittain mitattu suurin 60 minuutin loiskeittho, josta vähennetään 16 % laskettavan päätöksen määrästä.

Kaukolämpötariffi

Lempäälän Lämpö Oy:n kaukolämpöverkoon liittyneet kiinteistöt maksavat tilaamastaan lämpötehosta perusmaksun ja käyttämästään lämpöenergiasta energiamaksun.

A. Perusmaksu

Perusmaksun suuruus riippuu kuluttajan tilaustehosta seuraavasti:

$P = k_3 \times (c + d \times \Phi) + \text{alv}$, jossa
 P = perusmaksu EUR/a
 k_3 = kustannustasokerroin, jota tarkistetaan vuosittain
 c ja d vakioita, jotka riippuvat kuluttajan tilaustehosta
 Φ = tilausteho kW.

Kustannustasokerroin $k_3 = 1,15$. Pienin tilausteho on 15 kW.

Asiakasryhmä	Tilausteho kW	Perusmaksu euroa/vuosi
1	15	$P_1 = k_3 \times 288$
2	20 - 45	$P_2 = k_3 \times (10 + 23,20 \times \Phi)$
3	50 - 95	$P_3 = k_3 \times (140 + 20,60 \times \Phi)$
4	100 - 245	$P_4 = k_3 \times (700 + 15,00 \times \Phi)$
5	250 - 745	$P_5 = k_3 \times (975 + 13,90 \times \Phi)$
6	750 -	$P_6 = k_3 \times (1285 + 13,50 \times \Phi)$

Lämmönmyyjällä on oikeus rajoittaa kiinteistön lämpöteho tilaustehon mukaiseen arvoon.

PIENJÄNNITELIITYMÄT

(sis. alv 24 %)

Pääsulake/A	Vyöhyke 1	Vyöhyke 2	Vyöhyke 3	Vyöhyke 4
3x25	1795 €	2214 €	3153 €	5515 €
3x35	2499 €	3100 €	4414 €	7722 €
3x50	3570 €	4429 €	6306 €	11031 €
3x63	4498 €	5580 €	7945 €	13899 €
3x80	5711 €	7086 €	10089 €	17649 €
3x100	7139 €	8857 €	12612 €	22062 €
Yli 100 (1kW-1,5 A)	71,4 €/A	88,6 €/A	126,1 €/A	*
3-vaiheistus 25 A	1190 €	1476 €	2102 €	3677 €

* tapauskohtainen hinnoittelu

Elenian verkossa suurin pienjännitteellä toteutettava liittymäkoko on 3x1250 A

20 kV:N SÄHKÖLIITYMÄT

(sis. alv 24 %)

Kulutus max 2 MVA

43,6 €/kVA

Liittymismaksutariffi

Liitettäessä kiinteistö Lempäälän Lämpö Oy:n kaukolämpöverkoon, asiakas maksaa liittymismaksun, joka määräytyy tilaustehon mukaan seuraavasti:

$L = k_1 \times k_2 \times (a + b \times \Phi)$ euro (alv 0 %), jossa

L = liittymismaksu

k_1 = kustannustasokerroin, joka tarkistetaan vuosittain hintakehitystä vastaavaksi

Kustannustasokerroin k_1 määrätään vuosittain erikseen talvi- ja kesäkaudelle. Talvi- ja kesäkauden käyttö määräytyy tonttijohdon tilatun rakennusajankohdan mukaan. Talvikerrointa käytetään ajalla 1.12 -31.4. Talvikustannustasokerroin on 1,2 kertaa kesäkustannustasokerroin.

Kustannustasokerroin $k_1 = 1,06$. 1.12.2008 alkaen

k_2 = rakennuksen kattilalaitoksen iästä riippuva kerroin, joka määräytyy seuraavasti:

$k_2 = 0,5$ kun kattilalaitos on alle 5 vuotta vanha
 $k_2 = 0,6$ kun kattilalaitos on 5 - 10 vuotta vanha
 $k_2 = 0,7$ kun kattilalaitos on 11 - 15 vuotta vanha
 $k_2 = 0,8$ kun kattilalaitos on yli 15 vuotta vanha
 $k_2 = 1$ uudisrakennuksilla

a ja b vakioita, jotka riippuvat tilaustehosta

Φ = tilausteho kW, joka lasketaan rakennuksen koon, käytön ja iän sekä lämmityksen ja ilmanvaihtojen lämmöntarpeen mukaan.

Pienin hyväksytty tilausteho on 15 kW. Tilausteho määrätään 5 kW portain.

Asiakasryhmä	Tilausteho kW	Perusmaksu euroa/vuosi
1, 2 ja 3	15-100	$L = k_1 \times k_2 \times (1300 + 80 \times \Phi)$ e
4	101-250	$L = k_1 \times k_2 \times (4100 + 52 \times \Phi)$ e
5	251-700	$L = k_1 \times k_2 \times (7100 + 40 \times \Phi)$ e
6	701-	$L = k_1 \times k_2 \times (17600 + 25 \times \Phi)$ e

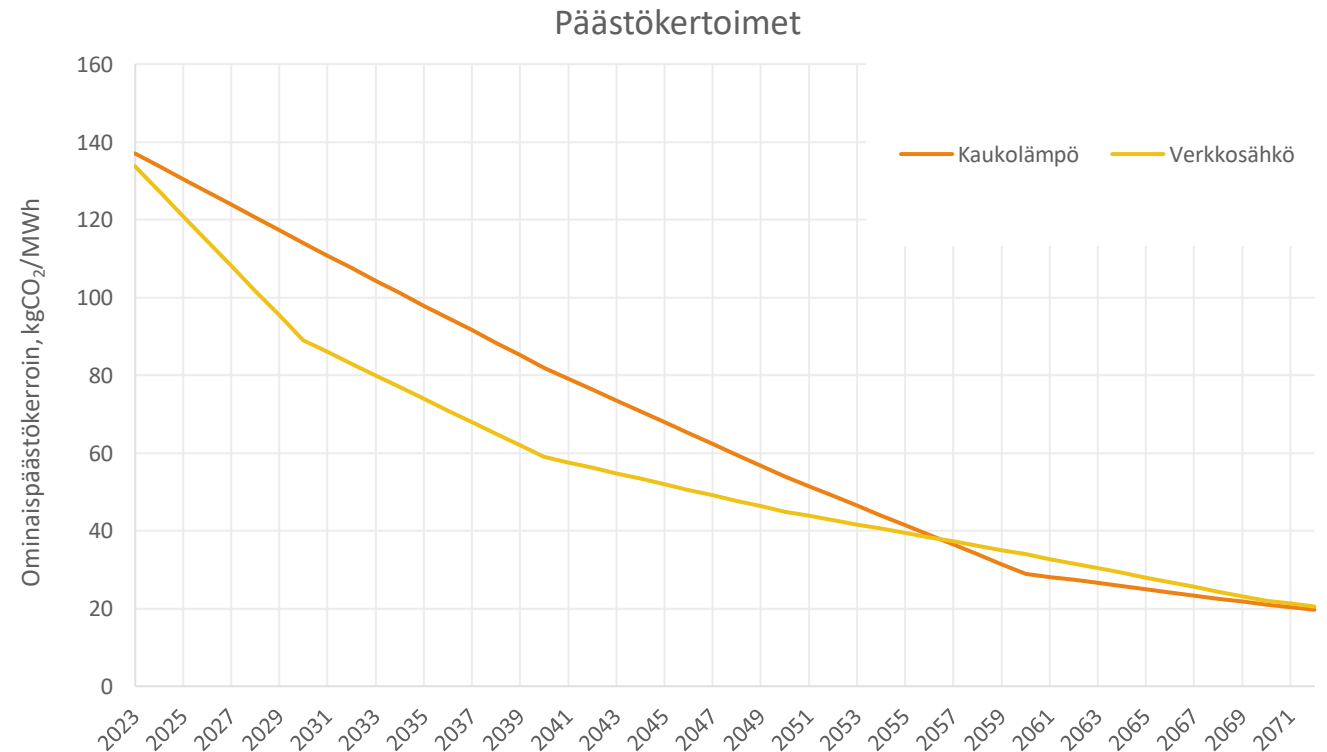


Granlund

Lähtötiedot ja oletukset

Päästölaskennan lähtötiedot

- Energiankulutuksen päästöjen laskennassa on käytetty kaukolämmön ja sähkön päästökertoimena Ympäristöministeriön ja SYKE:n julkaisemia skenaarioita (hyödynjakomenetelmäperusteisesti määriteltyjä) molempien energialajien osalta (<https://co2data.fi>)
- Käytetyt päästökertoimet ja niiden kehitys on esitetty viereisessä kuvaajassa 2021-2050.



Lähtötiedot ja oletukset

Aurinkosähkö

- Käytetyt oletukset aurinkosähkön osalta on esitetty alla olevassa taulukossa.

	Omakotitalo	Rivitalo	PT-kauppa	Liikuntahalli	Käsityökortteli, liike	Päiväkoti	Kolmio
Paneelikoko	400 W _p						
Kaltevuus	30° ja 15°	30° ja 15°	15°	15°	30°	15°	35°
Suuntaus	270°, 90° ja 0°	270°, 90° ja 0°	5°	0°	45°	0° ja 90°	0°
Asennustyyppi	Harjakattoasennus	Harjakattoasennus	Tasakattoasennus	Harjakattoasennus	Harjakattoasennus	Tasakattoasennus	Tasakattoasennus
Järjestelmähäviöt	10 %						
Hyötysuhde	20 %						

Lähtötiedot ja oletukset

Kustannuslaskenta

- Teknisten järjestelmien jäännösarvot on huomioitu tulona laskentajakson lopussa arvioidun teknisen käyttöiän perusteella.
- Huoltokustannukset
 - Vuosihuollot sisältävät energiakeskukseen sijoitettavien laitteiden vuotuiset huoltokustannukset.
 - Kompressorien uusinta 15 vuoden jälkeen.
 - Pienten lämpöpumppujen huollot noin 5 vuoden välein. Kustannus jaettu joka vuodelle.

Huoltokustannukset	LP huollot, MLP (€/vuosi)	LP huollot, IVLP (€/vuosi)	Kertakorjaukset MLP (15 v. kohdalla, €)	Kertakorjaukset IVLP (15 v. kohdalla, €)
OKT	80 €	80 €	-	-
RT	80 €	80 €	-	-
Päiväkoti	1 550 €	1 550 €	5 600 €	5 600 €
Urheiluhalli	1 900 €	2 200 €	18 400 €	12 800 €
PT-kauppa	2 050 €	2 450 €	16 000 €	23 200 €
Liiketila	80 €	80 €	-	-
Etelä + PK,	5 000 €	5 000 €	144 000 €	168 000 €
Etelä	5 000 €	5 000 €	144 000 €	160 000 €

Yhteystiedot

Oskari Fagerström

Ryhmäpäällikkö, Alueelliset energiaratkaisut

oskari.fagerstrom@granlund.fi

+358 50 3823 813

Markus Kurkinen

Asiantuntija, DI

markus.kurkinen@granlund.fi

+358 40 480 7397



Granlund