

Viinikanlahden energiaselvitys

14.3.2022

Asemakaava numero 8755

Santeri Sirén
Jukka Kopra

RAMBOLL



Kuva: Lakes & Roses, the winning entry of the Viinikanlahti International Urban Ideas Competition 2019–2020, by Architecture studio NOAN from Tampere, Finland.

Sisällysluettelo

1. Johdanto	s. 3
2. Energiajärjestelmien vaihtoehdot	s. 7
3. Vaiheistus ja toteutettavuus	s. 30
4. Energiajärjestelmien elinkaarilaskennan tulokset	s. 38
5. Viinikanlahden aurinkosähköpotentiaali	s. 45
6. Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet	s. 48

1. Johdanto

Johdanto

Viinikanlahden energiaselvitys liittyy meneillään olevaan uuden kaupunginosan yleissuunnitteluun ja asemakaavoitukseen (asemakaava numero 8755), joista vastaa Tampereen kaupunki. Se on ensisijaisesti vaihtoehtojen kartoitus ja vertailu energiaan liittyvien kaupunki- ja infrasuunnitteluratkaisujen pohjaksi.

Selvityksen tavoitteena oli tarkastella alustavalla tasolla Viinikanlahden alueelle useita erilaisia energiajärjestelmien vaihtoehtoja ja vertailla niitä keskenään, sopivan ja toteutuskelpoisen ratkaisun tunnistamiseksi. Energiajärjestelmällä viitataan järjestelmään, joka tuottaa alueen lämmitys – ja jäähdytysenergian kokonaisuudessaan. Lisäksi tarkasteltiin paikallista aurinkoenergian tuotantopotentiaalia.

Keskeisiä energiaratkaisuihin liittyviä tavoitteita Tampereen kaupungille ovat energiatehokkuus, hiilineutraalisuus, kustannustehokkuus ja toteutuskelpoisuus.

Tarkastelut pohjautuvat 21.5.2021 päivättyyn luonnokseen Viinikanlahden alueen yleissuunnitelmasta.

Viinikanlahden yleissuunnitelmaa on tämän jälkeen 2021-2022 kehitetty edelleen asemakaavaluonnosta varten. Viinikanlahden energiaselvitys on asemakaavaluonnoksen valmisteluaineistoa. Sitä käytetään lähtötietona alueen ja sen yhdyskuntateknisen järjestelmien jatkosuunnittelussa, asemakaavan laadinnassa ja asemakaavan vaikutusten arvioinnissa.

Selvityksen tilaaja:

-Tampereen kaupunki, Viiden tähden keskusta - kehitysohjelma.

Selvityksen ohjausryhmä Tampereen kaupunki

-Raija Tevaniemi, Puheenjohtaja, Rakennuttajainsinööri, Tampereen kaupunki, Viiden tähden keskusta – kehitysohjelma

-Minna Seppänen, Hankekehityspäällikkö, Tampereen kaupunki, Viiden tähden keskusta –kehitysohjelma

-Anna Hyyppä, Projektiarkkitehti, Tampereen kaupunki asemakaavoitus

-Elina Seppänen, Energia- ja ilmastoasiantuntija, Tampereen kaupunki, Ilmasto- ja ympäristöpolitiikka yksikkö

-Tuomas Vanhanen, Projektipäällikkö, Tampereen kaupunki, Kehitysohjelmat

-Juha Kaivonen, Hankekehitysjohtaja, Tampereen kaupunki, Kehitysohjelmat

Selvityksen tekijä Ramboll Finland Oy

-Santeri Sirén: Projektipäällikkö, asiantuntija

-Jukka Kopra: Asiantuntija

Viinikanlahden alueen luonnos 21.5.2021

Energiaselvityksen ja sen vaihtoehtotarkastelujen pohjana on 21.5.2021 valmistunut yleissuunnitelman luonnos. Kaupunkisuunnitelmaa on energiaselvityksen laadinnan aikana kehitetty edelleen. Tämän takia energiaselvityksen ja vaihtoehtotarkastelun tulokset ovat alustavia. Tuloksia sovelletaan myöhempään kaupunki- ja infra- asemakaavasuunnitteluun.

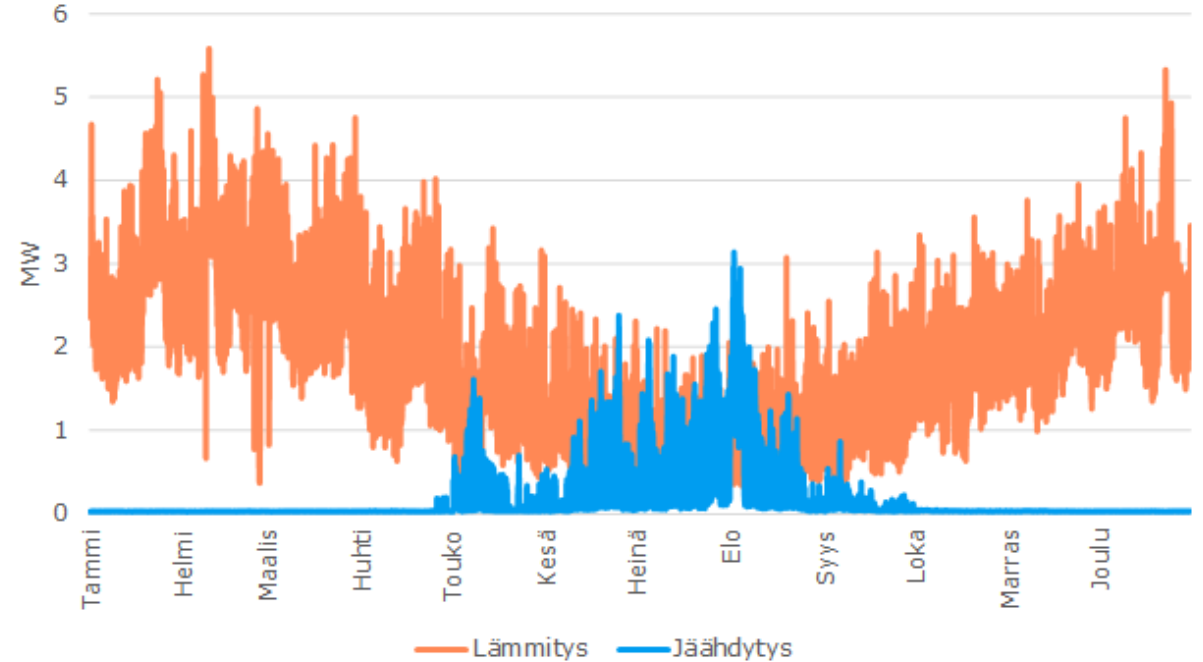
Rakennusten käyttötarkoitukset	Kerrosala [m ²]
Asuinkerrostalo	172 000
Liiketila	5 500
Päivittäistavarakauppa	1 000
Koulu, päiväkoti ja liikuntahalli	5 200
Pysäköintilaitokset	36 000



Viinikanlahden asemapiirros (luonnos 21.5.2021, Tampereen kaupunki. Arkkitehtitoimisto NOAN kaupunkisuunnittelu ja Ramboll liikennesuunnittelu)

Viinikanlahden lämmön- ja jäähdytysenttarve

- Alueen asuinkerrostalojen lämmön-, jäähdytyksen- ja sähkönkulutus on arvioitu perustuen 50:n, 2013-2017 rakennetun kerrostalon tuntitason mittausdataan, jota on muokattu Tampereen säädädataan sekä korjattu vastaamaan energiatehokasta nykyrakennusta.
- Koulun, liiketilojen ja päivittäistavarakaupan kulutukset perustuvat Rambollin simuloituihin malleihin vastaavista kohteista, jotka on skaalattu vastaamaan Viinikanlahden kohteita.
- Lämmityksen ja jäähdytyksen käytönaikaisella tehontarpeella sekä vastaavilla mitoitus-tehoilla on selvä ero.
 - Mitoitusteho on suurin mahdollinen teho, joka järjestelmän on kyettävä tuottamaan. Mitoitustehoon sisältyy tyypillisesti paljon varmuutta, jotta tehot varmasti riittävät kaikissa tilanteissa.
 - Käytönaikainen tehontarve on arvio todellisesta käytöstä. Käytönaikainen tehontarve on tyypillisesti huomattavasti pienempi kuin mitoitus-teho.



	Energiantarve [GWh]	Käytönaikainen huippu-tehontarve [MW]	Mitoitusteho [MW]
Lämmitys	15.0	5.6	9.5
Jäähdytys	1.6	3.1	3.4

2. Energiajärjestelmien vaihtoehdot

Energiajärjestelmien vertailu

- Työssä tarkasteltiin viittä erilaista energiajärjestelmävaihtoehtoa, jotka valittiin yhdessä ohjausryhmän kanssa.
- Energiajärjestelmällä viitataan järjestelmäkokonaisuuteen, joka tuottaa täysimääräisesti alueen lämmitys –ja jäähdytysenergian.
- Tämän selvityksen laskentatulosten on tarkoitus tuoda esiin suuruusluokat toimintaperiaatteiltaan eri tyyppisten järjestelmien välillä. Erilaisten järjestelmäratkaisuiden tekniset yksityiskohdat, mitoitukset ja tilantarpeet tulee tarkentaa suunnittelun edetessä.
- Tarkasteluista rajattiin pois esimerkiksi vesistölämpöpumput, sähkökattilat sekä paikallinen polttolaitos. Vesistöenergiassa tunnistettiin epävarmuuksia toiminnassa sekä toteutettavuudessa. Sähkökattilat ovat mahdollisia tukilämmitysmuotona järjestelmille, mutta kaukolämpö valikoitui vaihtoehdoksi sen kaksisuuntaisuuden mahdollisuuksien vuoksi. Polttolaitosta ei nähdä kaupunkikuvallisesti sopivana vaihtoehtona alueelle.

Vaihtoehto 1. Kaukolämpö + Kaukojäähdytys:

Alueen lämmitys tuotetaan kaukolämmöllä ja jäähdytys kaukojäähdytyksellä. Tämä on ns. Business-As-Usual ratkaisu, joka toimii vertailukohtana muille vaihtoehdoille.

Vaihtoehto 2. Korttelikohtainen lämpöpumppujärjestelmä:

Korttelikohtaiset lämpöpumppujärjestelmät lämmityksen ja jäähdytyksen tuotantoon. Lämmönlähteenä toimii sopivassa suhteessa korttelikohtainen maalämpökenttä yhdistettynä ulkoilman lämmönkeräimiin (IVLP). Jäähdytys tuotetaan vapaajäähdytyksellä maakerästä. Kaukolämpöverkko tukee korttelien talviaikaisia lämmönhuipputarpeita.

Vaihtoehto 3. Alueellinen keskitetty IVLP + ML:

Alueellinen keskitetty lämpöpumppujärjestelmä, joka ottaa ensisijaisesti lämmön ulkoilmasta (IVLP), jota tuetaan maalämpökaivoilla (ML) talviaikaisessa lämmöntuotannossa. Lämmityksen huipputuotanto otetaan kaukolämpöverkosta. Lämmitys jaetaan kortteleihin alueellisen matalalämpöverkoston kautta. Jäähdytys tuotetaan korttelikohtaisilla CHC-lämpöpumpuilla, jotka lauhduttavat suoraan matalalämpöverkkoon, hyödyntäen jäähdytyksen hukkalämmöt.

Vaihtoehto 4. Alueellinen keskitetty IVLP:

Alueellinen keskitetty lämpöpumppujärjestelmä, joka ottaa ensisijaisesti lämmön ulkoilmasta. Lämmityksen huipputuotanto otetaan kaukolämpöverkosta. Lämmitys jaetaan kortteleihin alueellisen matalalämpöverkoston kautta. Jäähdytys tuotetaan korttelikohtaisilla CHC-lämpöpumpuilla (combined heating and cooling), jotka lauhduttavat suoraan matalalämpöverkkoon hyödyntäen jäähdytyksen hukkalämmöt.

Vaihtoehto 5. Alueellinen keskitetty LP syväkaivoilla:

Alueellinen keskitetty lämpöpumppujärjestelmä, jonka lämmönlähteenä toimivat keskisyvät energiakaivot (syvyys >1500 m). Lämmityksen huipputuotanto otetaan kaukolämpöverkosta. Lämmitys jaetaan kortteleihin alueellisen matalalämpöverkoston kautta. Jäähdytys tuotetaan korttelikohtaisilla CHC-lämpöpumpuilla jotka lauhduttavat suoraan matalalämpöverkkoon, hyödyntäen jäähdytyksen hukkalämmöt.

Vaihtoehto 1.

Kaukolämpö + Kaukojäähdytys

VE1: Kaukolämpö + kaukojäähdytys

Järjestelmäkuvaus

Lämmön tuotanto ja jakelu

- Tavanomainen kaukolämpöratkaisu. Tampereen Sähkölaitos tuottaa kokonaisuudessaan alueen tarvitseman lämmön ja jakaa sen alueen rakennuksille kaukolämpöverkon kautta. Tyypillisesti jokaisella rakennuksella on oma kaukolämpöliittymänsä.

Jäähdytyksen tuotanto ja jakelu

- Tavanomainen kaukojäähdytysratkaisu. Tampereen Sähkölaitos tuottaa kokonaisuudessaan alueen tarvitseman jäähdytyksen ja jakaa sen alueen rakennuksille kaukojäähdytysverkoston kautta. Tyypillisesti jokaisella rakennuksella on oma kaukojäähdytysliittymänsä.

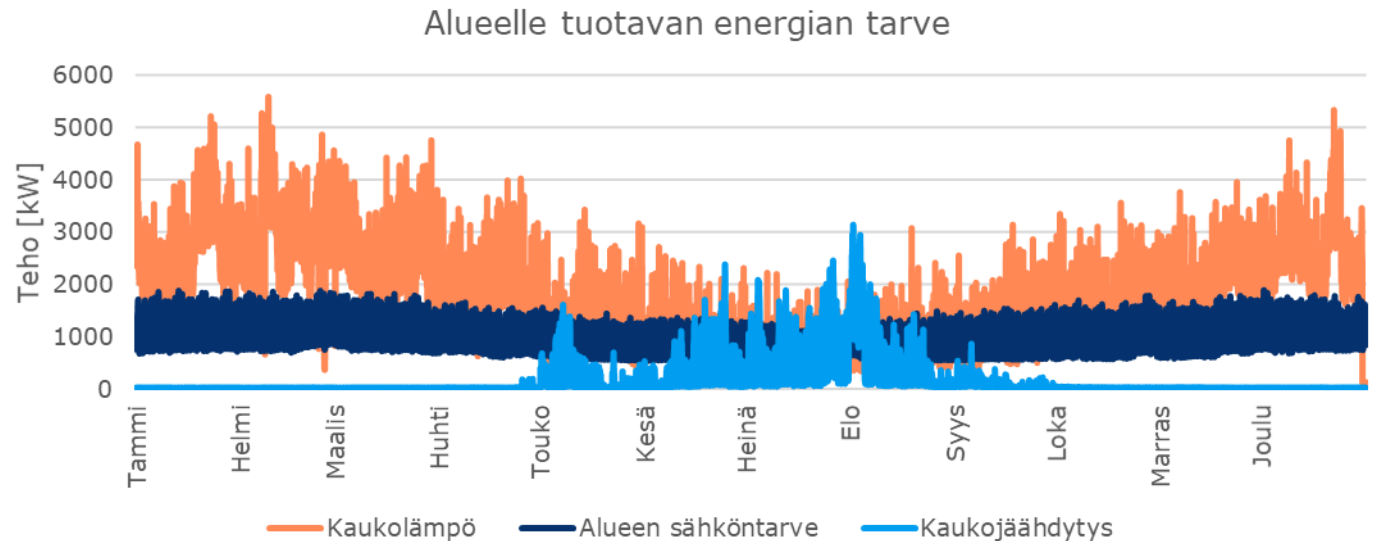
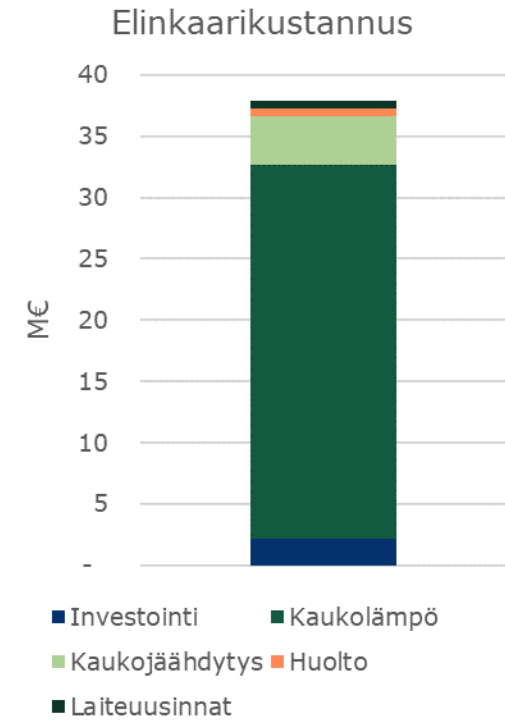
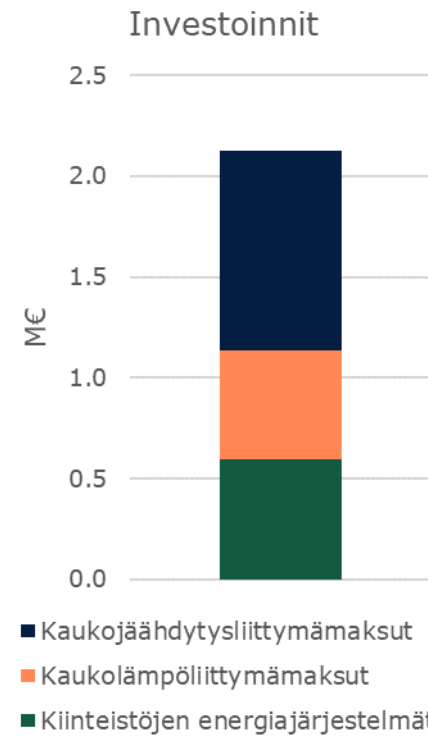
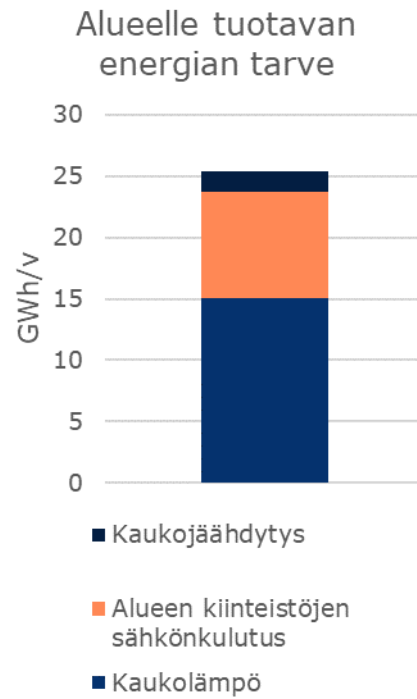
VE1: Järjestelmän osat Viinikanlahden alueella

- Järjestelmä koostuu kaukolämpö- ja kaukoyhjädytysverkkoista
- Kortteleissa on lähtökohtaisesti rakennuskohtaiset lämmönjakokeskukset.
- Kaukoenergiaverkon reitti perustuu 15.12.2021 päivättyyn Kaukolämpö- ja kaukoyhjädytysverkoston yleissuunnitelmaan.



VE1: Teknisiä tietoja

Rakennusten yhteenlaskettu kaukolämpöliittymäteho	9 MW
Rakennusten yhteenlaskettu kaukojäähdytyksen liittymäteho	3.4 MW
Korttelikohtaisten lämpöpumppujen yhteenlaskettu teho	3.2 MW
Kaukolämmön lämmönjakohuoneiden tekninen tilantarve	30-40 m ² / kiinteistö
Lämmönjakeluverkoston lämpötilataso kaukolämpötoimittajan mukaisesti.	75°C - 95°C



Vaihtoehto 2.

Korttelikohtainen lämpöpumppujärjestelmä

VE2: Korttelikohtainen lämpöpumppujärjestelmä

Järjestelmäkuvaus

Lämmön tuotanto ja jakelu

- Korttelikohtaiset lämmityksen –ja jäähdytyksen tuotantojärjestelmät. Korttelissa on energiakeskus, jossa sijaitsee lämpöpumppulaitteistot. Lämpöpumppujen ensisijaisena lämmönlähteenä toimii korttelikohtainen maalämpökaivokenttä (400 m syvyiset kaivot). Rinnakkaisena lämpöpumppujen lämmönlähteenä toimivat ilma-neste lämmönkeräimet.
- Talvikaudella maalämpökaivoista otetaan niin paljon lämpöä kuin mahdollista. Kesäkaudella maalämpökaivoja ”lepuutetaan” ja niihin myös ladataan lämpöä ulkoilman lämmönkeräinten kautta. Kesällä lämpöpumput toimivat ilma-vesi-lämpöpumppuina.
- Lämmityksen huipputehot otetaan Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämpöverkosta, energiakeskuksessa sijaitsevan lämmönsiirtimen kautta.
- Lämmitys toimitetaan rakennuksille korttelin sisäisellä lämmönjakeluverkostolla, jonka lämpötilataso mitoitetaan niin että se riittää juuri käyttöveden lämmittämiseen kiinteistöissä.
- Ilma-neste lämmönkeräimet on mahdollista korvata (tai niitä tukea) myös muilla saatavissa olevilla lämmönlähteillä, kuten ilmanvaihdon jäteilman lämmöllä tai jäteveden lämmöllä.

Jäähdytyksen tuotanto ja jakelu

- Jäähdytys tuotetaan vapaajäähdytyksellä maalämpökentästä. Vapaajäähdytys myös lataa lämpöä kenttään, tehostaen sen talviaikaista toimintaa lämmityskäytössä.
- Jäähdytys toimitetaan rakennuksille korttelin sisäisellä jäähdytyksen jakeluverkostolla.
- Huom. Tapauksesta riippuen, vapaajäähdytyksen teho saattaa loppua kesken korkeiden jäähdytystarpeen aikana. Tämä on huomioitava suunnittelussa esimerkiksi lisäämällä tarpeen mukaan koneellista jäähdytystä korttelin maalämpöpumpun avulla.

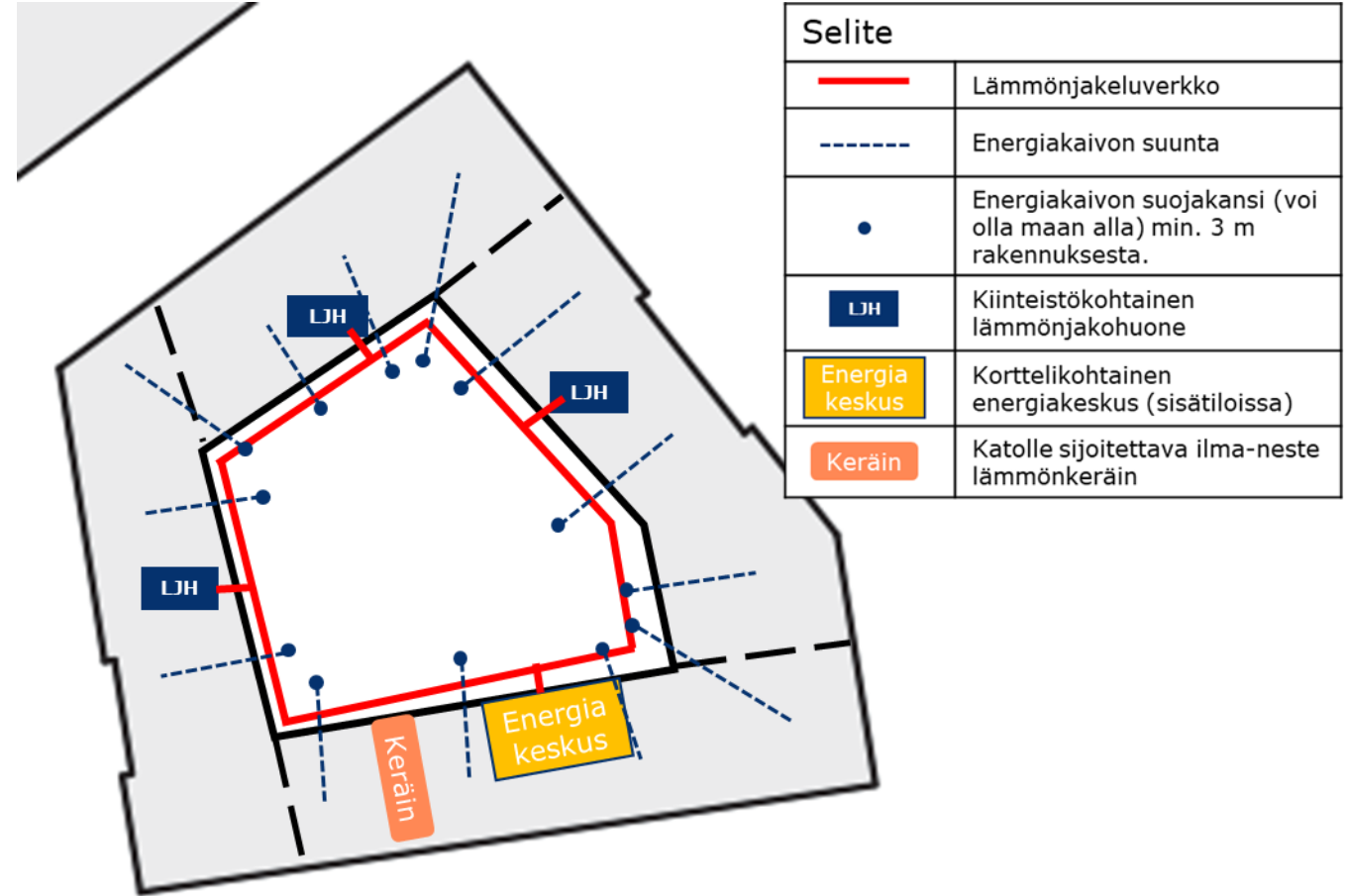
VE2: Järjestelmän osat Viinikanlahden alueella

- Järjestelmän keskeiset osat:
 - Kaukolämpöverkko
 - Maalämpökaivot: 228 kpl, 400 m syviä
 - Korttelikohtaiset ilma-neste lämmönkeräimet
 - Korttelikohtaiset energiakeskukset
- Maalämpökaivojen sijoittelussa on oletettu että kaivoja voidaan porata talojen alle vinoporaamalla.



VE2: Järjestelmän osat korttelitasolla

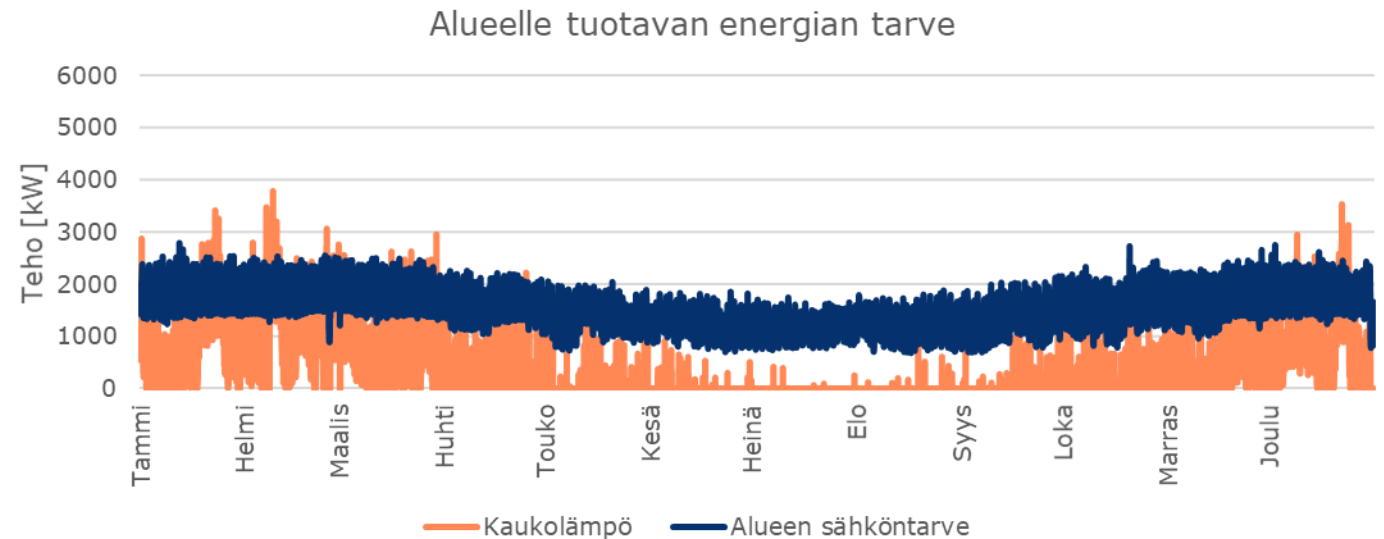
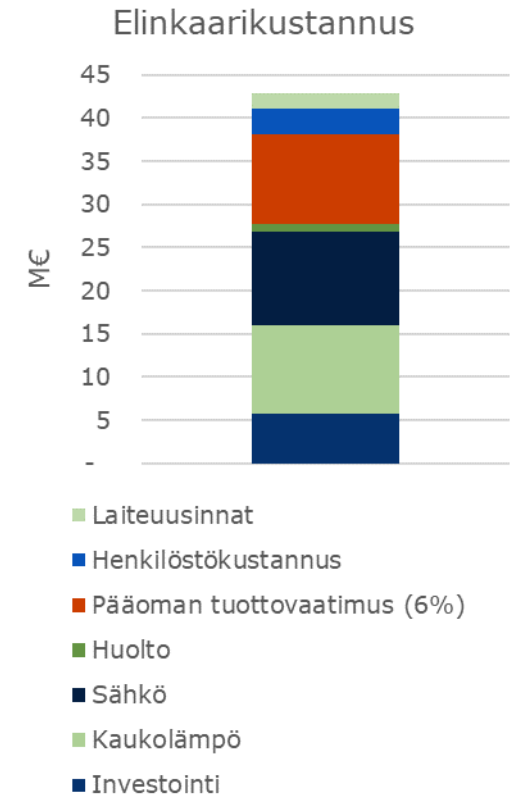
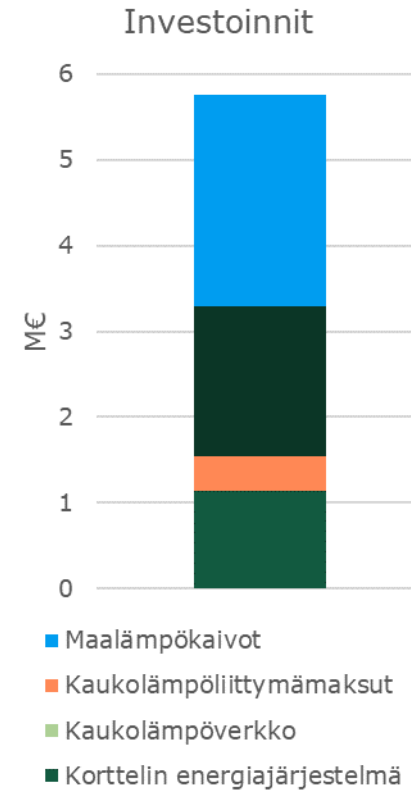
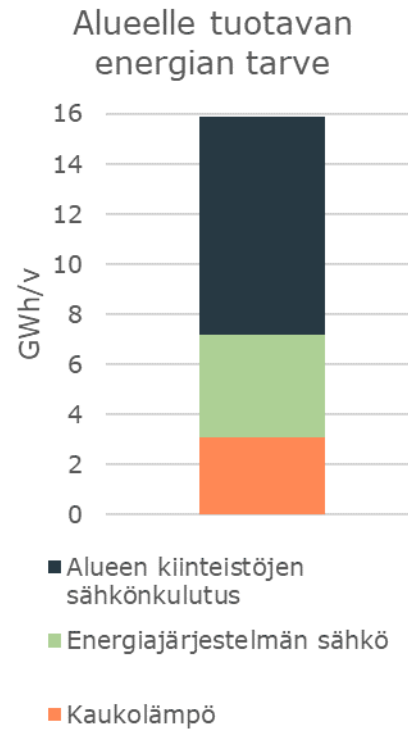
- Korttelin energiajärjestelmän keskeiset osat ovat:
 - Maalämpökenttä
 - Lämmönkeruuverkosto
 - Lämmönjakeluverkosto
 - Jäähdytyksenjakeluverkosto
 - Energiakeskus
 - Lämmönkeräimet
- Korttelikohtaisissa energiajärjestelmissä maalämpökaivot, energiakeskukset ym. laitteet tulee ensisijaisesti mahdollistaa tonteille.
- Kaivot ja lämmönkeruuverkosto voidaan sijoittaa myös korttelin ulkokehälle. Kaivot voidaan porata suoraan alas tai vinoporata kiinteistöjen alle (kuten kuvassa).
- Lämmönkeruu, sekä lämmön – ja jäähdytyksen jakeluputkistot asennetaan maan alle. Peittosyvyys on yleensä luokkaa 40 cm.



Periaatepiirustus korttelin energiajärjestelmästä (ei mittakaavassa, sijainnit ja etäisyydet viitteellisiä)

VE2: Teknisiä tietoja

Energiakaivojen lukumäärä	Kortteleissa yhteensä 228 kpl
Energiakaivojen syvyys	400 m
Korttelikohtaisten lämpöpumppujen yhteenlaskettu teho	3.2 MW
Korttelikohtaisten energiajärjestelmien tilantarve sisällä:	50-60 m ² / kortteli
Korttelikohtaisten ilma-vesi lämmönkeräimien tilantarve vesikatolla	20 m ² / kortteli



Vaihtoehto 3.

Alueellinen keskitetty IVLP + ML

VE3: Alueellinen, keskitetty VILP + ML järjestelmä

Järjestelmäkuvaus

Lämmön tuotanto ja jakelu

- Alueelle rakennetaan keskitetty energiakeskus, johon asennetaan lämpöpumput ja muut tarvittavat lämmöntuotannon laitteistot. Energiakeskuksia voi tarkemmasta suunnitteluratkaisusta riippuen tulla myös useampi kuin yksi. Laskelmat on tehty olettaen vain yksi energiakeskus.
- Lämpöpumppujen lämmönlähteenä toimivat ilma-neste lämmönkeräimet sekä katualueen alle porattu maalämpökaivokenttä (113 kpl, 400m syviä kaivoja).
- Talvikaudella ensisijainen lämpöpumppujen lämmönlähde on maalämpökenttä ja sitä tuetaan tarpeen mukaan ilma-neste lämmönkeräimillä. Lämmönkeräimet sijaitsevat lähtökohtaisesti energiakeskuksen yhteydessä.
- Kesäkaudella maalämpökaivoja "lepuutetaan" ja niihin myös ladataan lämpöä ulkoilman lämmönkeräinten kautta. Kesällä lämpöpumput toimivat siis pelkästään ilma-vesilämpöpumppuina.

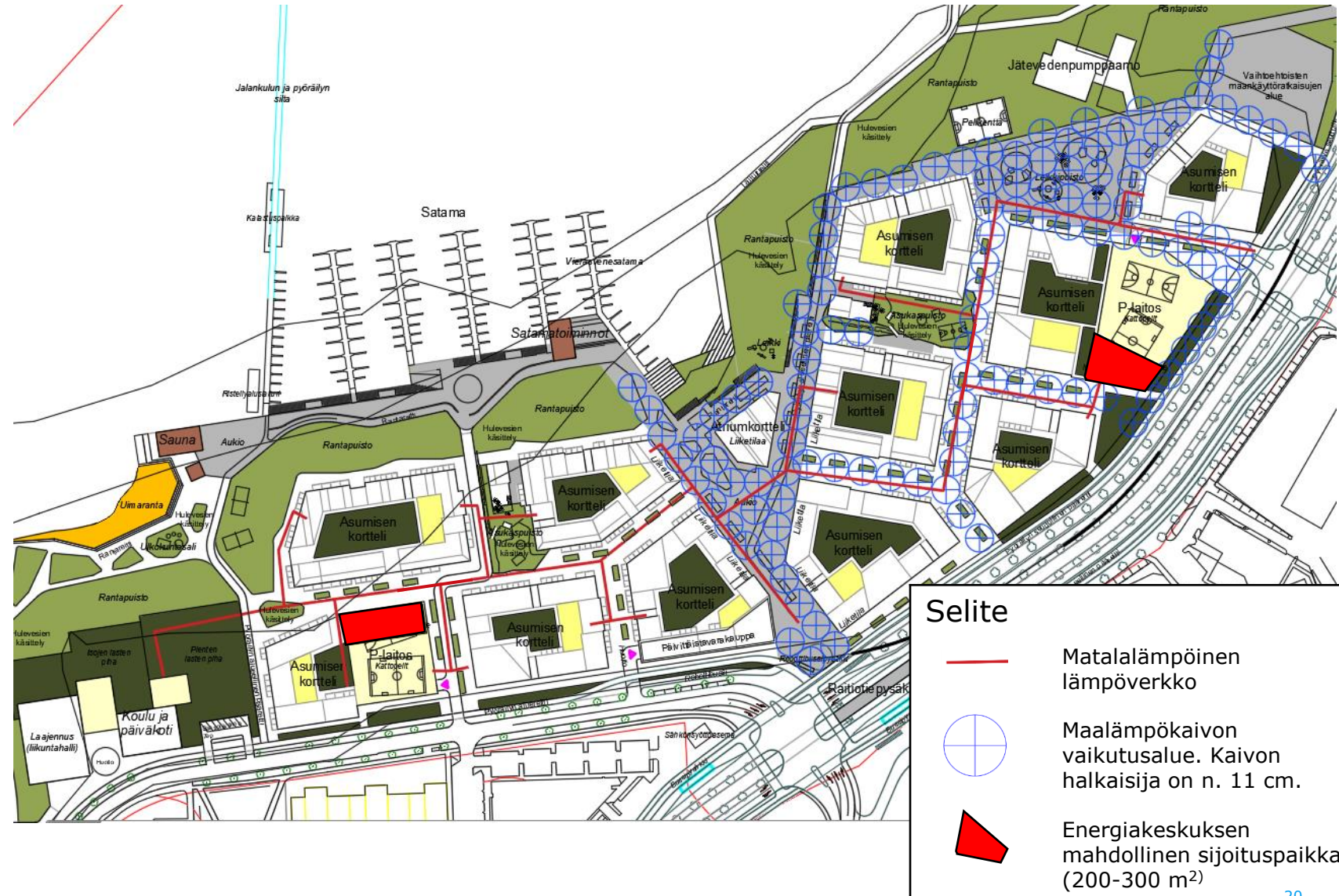
- Lämmityksen huipputehot otetaan Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämpöverkosta lämmönsiirtimen kautta.
- Lämmitys toimitetaan alueen rakennuksille lämmönjakeluverkostolla, jonka lämpötilataso mitoitetaan niin että se riittää juuri käyttöveden lämmittämiseen kiinteistöissä.

Jäähdytyksen tuotanto ja jakelu

- Rakennuksissa on kiinteistökohtaiset CHC-lämpöpumput (Combined heat and cooling), jotka tuottavat tarvittavan jäähdytysenergian ja lauhdelämpö syötetään alueelliseen lämmönjakeluverkostoon, missä se osaltaan vähentää lämmöntuotannon tarvetta.

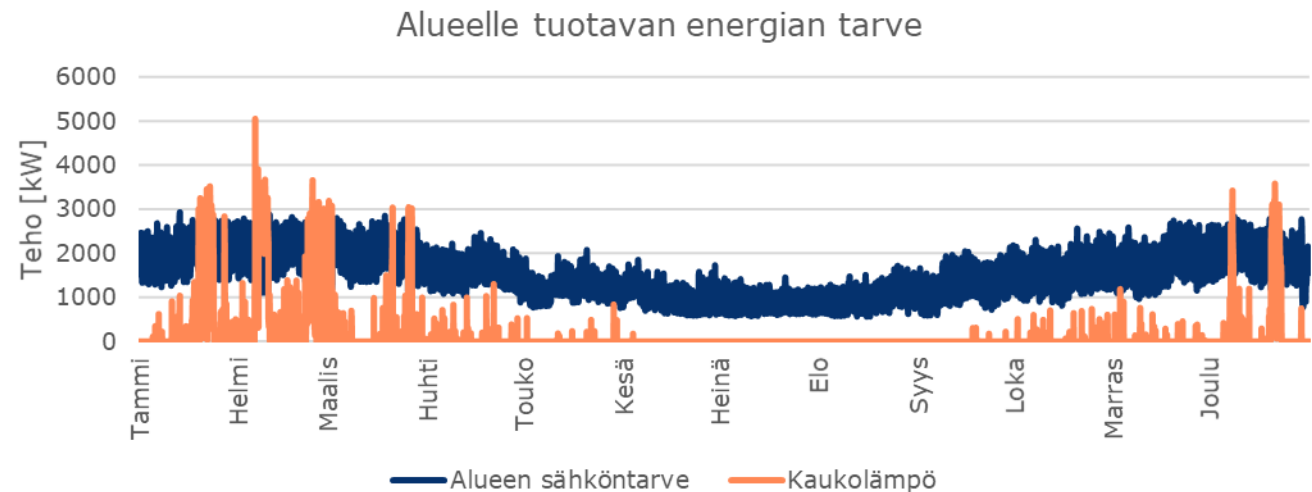
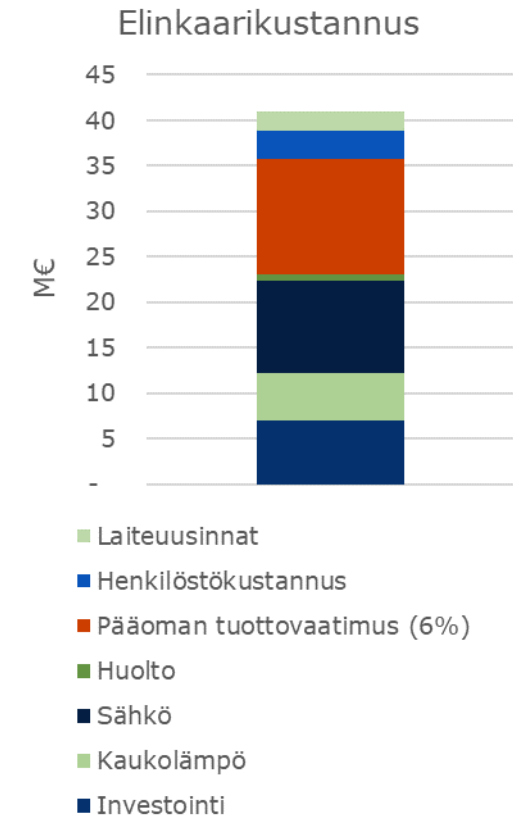
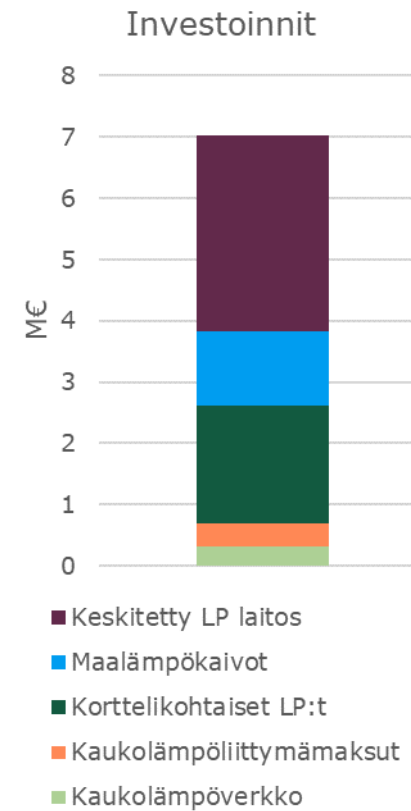
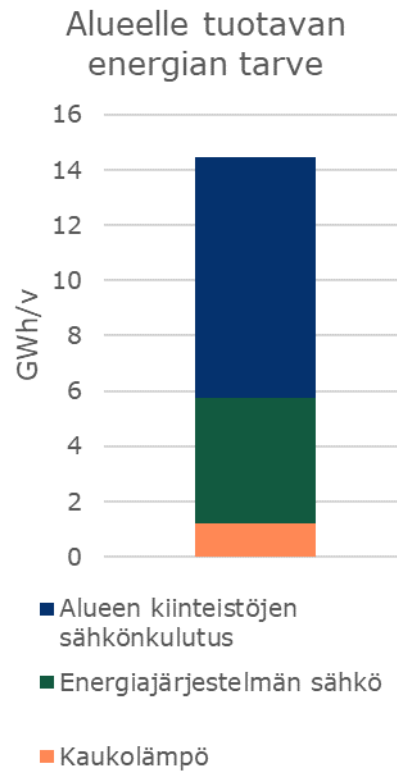
VE3: Järjestelmän osat Viinikanlahden alueella

- Järjestelmä koostuu lämmönjakeluverkosta, alueellisesta keskitetystä lämpöpumppulaitoksesta sekä maalämpökentästä (sis. keruuputkiston).
- Maalämpökaivojen sijoittelussa on oletettu että kaivoja voidaan porata katualueille. Kaivojen keskinäinen etäisyys on vähintään 15 metriä, joka erottuu kuvassa vaikutusympyröinä. Kaivot sijoitetaan myös vähintään 2.5 metrin päässä puista.
- Energiakeskus on oletettu pysäköintilaitokseen sisälle, sille varattuun tekniseen tilaan. Lämmönkeräimet on oletettu asennettavan pysäköintilaitoksen katolle. Myös muut sijainnit ovat mahdollisia
- Lämmönkeruuputkisto kiertää kaivojen kautta energiakeskukselle. Keruuputkiston runkoputket ovat muoviputkea halkaisijaltaan 200 – 400 mm riippuen suunnitteluratkaisusta.



VE3: Teknisiä tietoja

Energiakaivojen lukumäärä	113 kpl
Energiakaivojen syvyys	400 m
Lämpöpumppulaitoksen mitoitus-teho	3 MW
Kiinteistökohtainen teknisen tilan tarve	45-55 m ² / kiinteistö
Alueellisen lämpöpumppulaitoksen tilantarpeet	200-300 m ²
Alueellisen lämpöpumppulaitoksen lämmönkeräinten tilantarpeet ulkotiloissa	200-300 m ²
Lämmönjakeluverkoston lämpötilataso käyttöveden vaatiman lämpötilan mukaan.	70°C



Vaihtoehto 4.

Alueellinen keskitetty IVLP

VE4: Alueellinen, keskitetty VILP järjestelmä

Järjestelmäkuvaus

Lämmön tuotanto ja jakelu

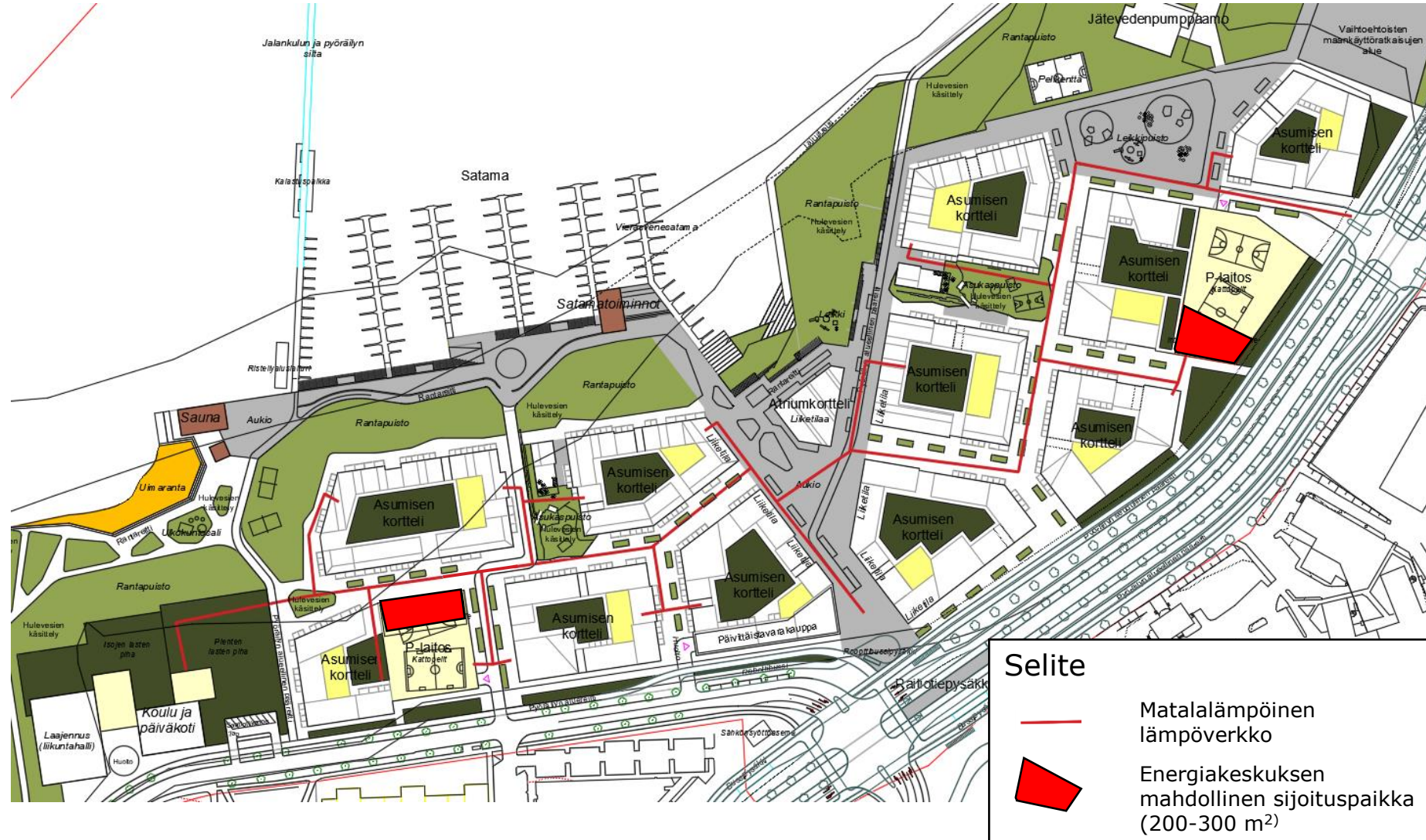
- Alueelle rakennetaan keskitetty energiakeskus, johon asennetaan lämpöpumput ja muut tarvittavat lämmöntuotannon laitteistot. Energiakeskuksia voi suunnittelusta riippuen rakentaa myös useamman kuin yhden, esimerkiksi molempiin pysäköintilaitoksiin omat. Tässä on oletettu yksi keskitetty laitos.
- Lämpöpumppujen lämmönlähteenä toimivat ilma-neste lämmönkeräimet, eli kyseessä on siis ilma-vesilämpöpumppulaitos. Lämmönkeräimet sijaitsevat lähtökohtaisesti energiakeskuksen yhteydessä.
- Lämmityksen huipputehot otetaan Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämpöverkosta lämmönsiirtimen kautta.
- Lämmitys toimitetaan alueen rakennuksille lämmönjakeluverkostolla, jonka lämpötilataso mitoitetaan niin että se riittää juuri käyttöveden lämmittämiseen kiinteistöissä.

Jäähdytyksen tuotanto ja jakelu

- Rakennuksissa on kiinteistökohtaiset CHC-lämpöpumput, jotka tuottavat tarvittavan jäähdytysenergian ja lauhdelämpö syötetään alueelliseen lämmönjakeluverkostoon, missä se osaltaan vähentää lämmöntuotannon tarvetta.

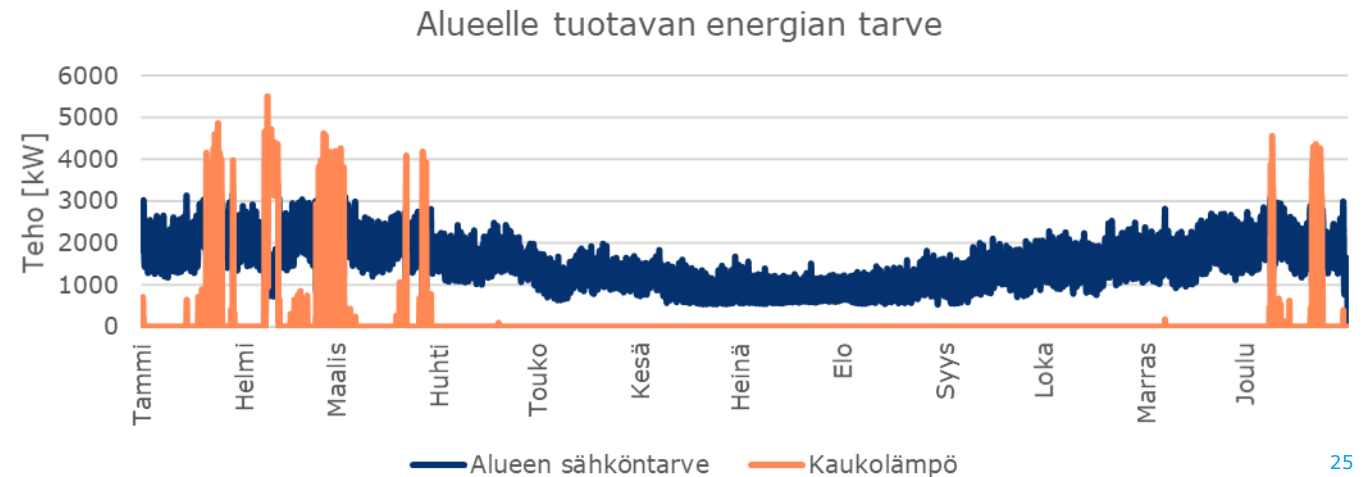
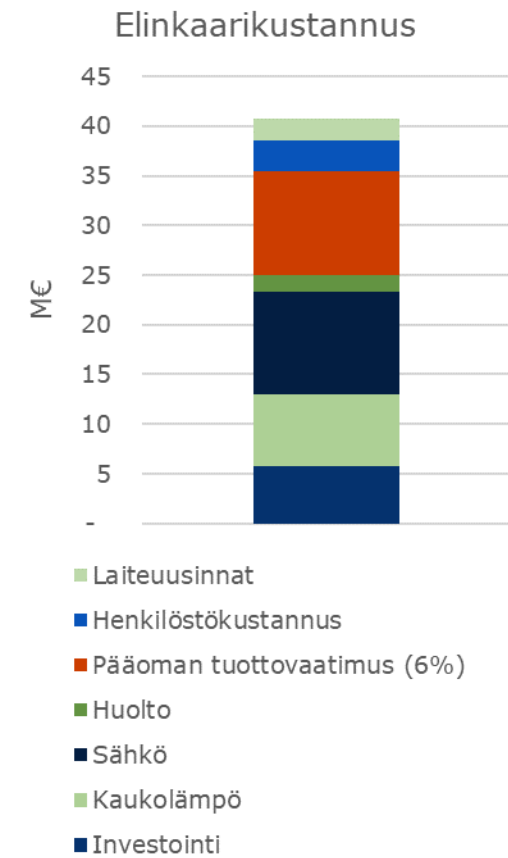
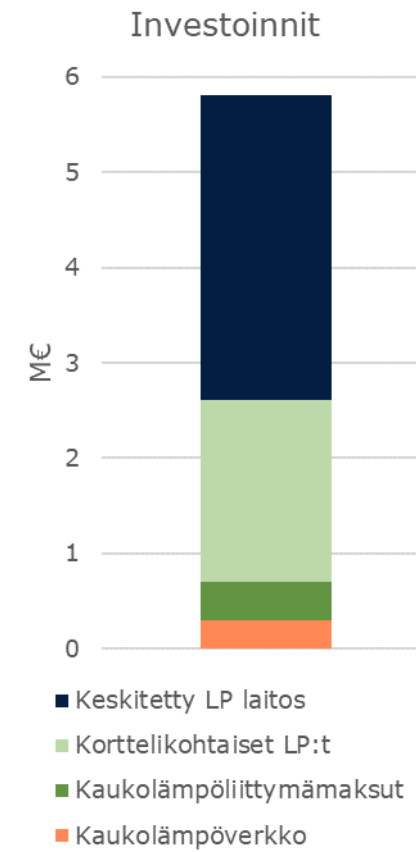
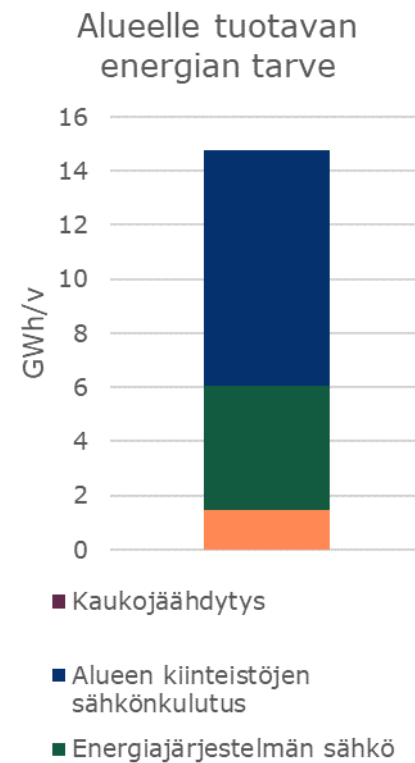
VE4: Järjestelmän osat Viinikanlahden alueella

- Järjestelmä koostuu lämmönjakeluverkosta sekä alueellisesta keskitetystä lämpöpumppulaitoksesta
- Energiakeskus on oletettu sisään pysäköintilaitokseen, sille varattuun tekniseen tilaan. Myös muut sijainnit ovat mahdollisia.
- Lämmönkeräimet on oletettu asennettavan pysäköintilaitoksen katolle.



VE4: Teknisiä tietoja

Lämpöpumppulaitoksen mitoitusteho	3 MW
Kiinteistökohtainen teknisen tilan tarve	45-55 m ² / kiinteistö
Alueellisen lämpöpumppulaitoksen tilantarpeet	200-300 m ²
Alueellisen lämpöpumppulaitoksen lämmönkeräinten tilantarpeet	200-300 m ²
Lämmönjakeluverkoston lämpötilataso käyttöveden vaatiman lämpötilan mukaan.	70°C



Vaihtoehto 5.

Alueellinen keskitetty LP syväkaivoilla

VE5: Järjestelmäkuvaus

Lämmön tuotanto ja jakelu

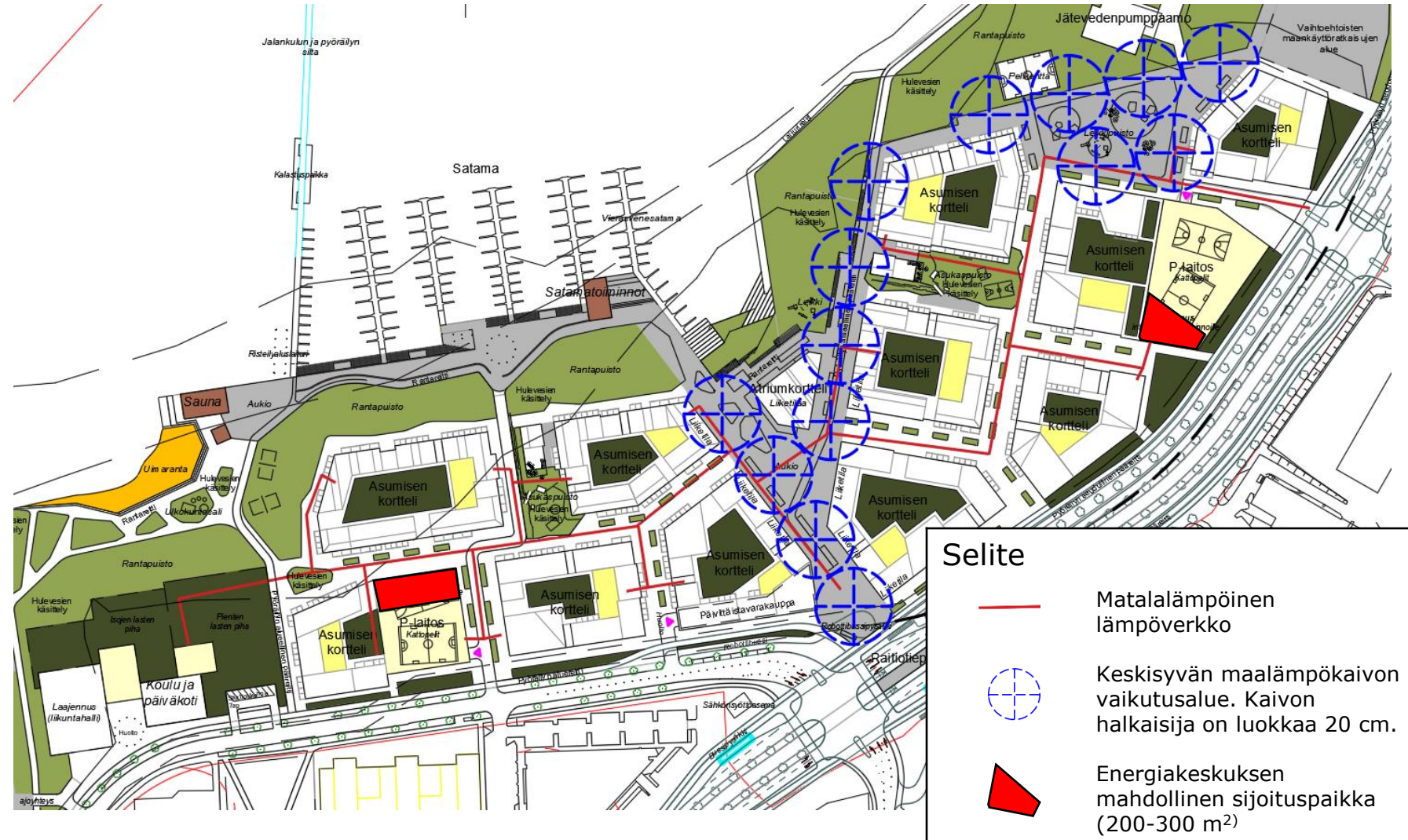
- Alueelle rakennetaan keskitetty energiakeskus, johon asennetaan lämpöpumput ja muut tarvittavat lämmön tuotannon laitteistot.
- Lämpöpumppujen lämmönlähteenä toimivat katualueen alle poratut keskisyvät energiakaivot (syvyys luokkaa 1500 m). Kaivojen lämmönkeruunesteinä toimii vesi, joka kuljettaa energiaa lämpöpumpuille energiakeskukseen.
- Lämmityksen huipputehot otetaan Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämpöverkosta lämmönsiirtimen kautta.
- Lämmitys toimitetaan alueen rakennuksille lämmönjakeluverkostolla, jonka lämpötilataso mitoitetaan niin että se riittää juuri käyttöveden lämmittämiseen kiinteistöissä.

Jäähdytyksen tuotanto ja jakelu

- Rakennuksissa on kiinteistökohtaiset CHC-lämpöpumput, jotka tuottavat tarvittavan jäähdytysenergian ja lauhdelämpö syötetään alueelliseen lämmönjakeluverkostoon, missä se osaltaan vähentää lämmöntuotannon tarvetta.

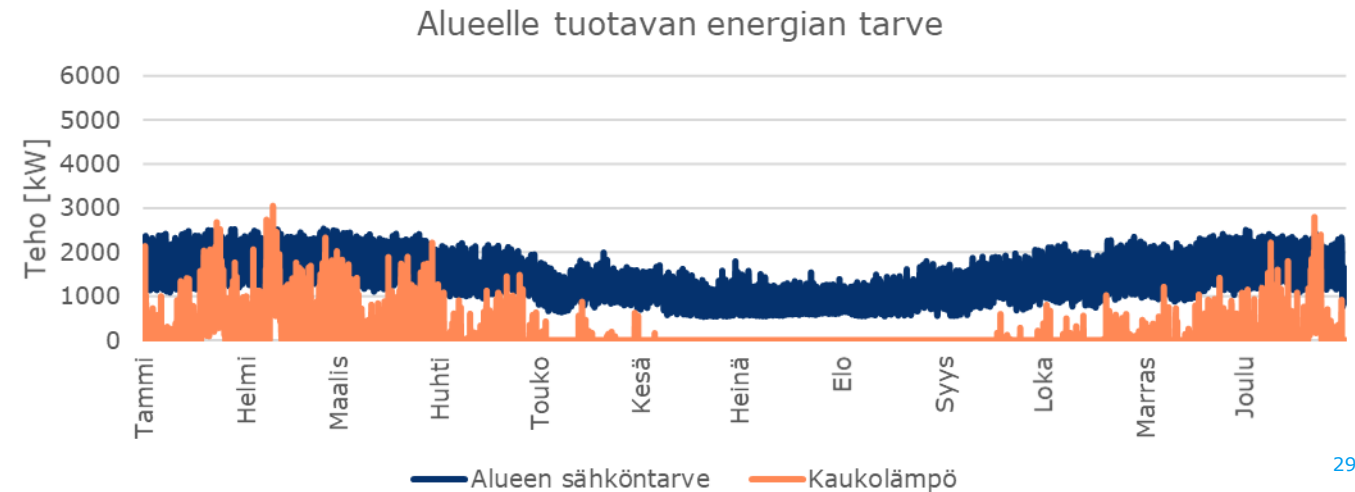
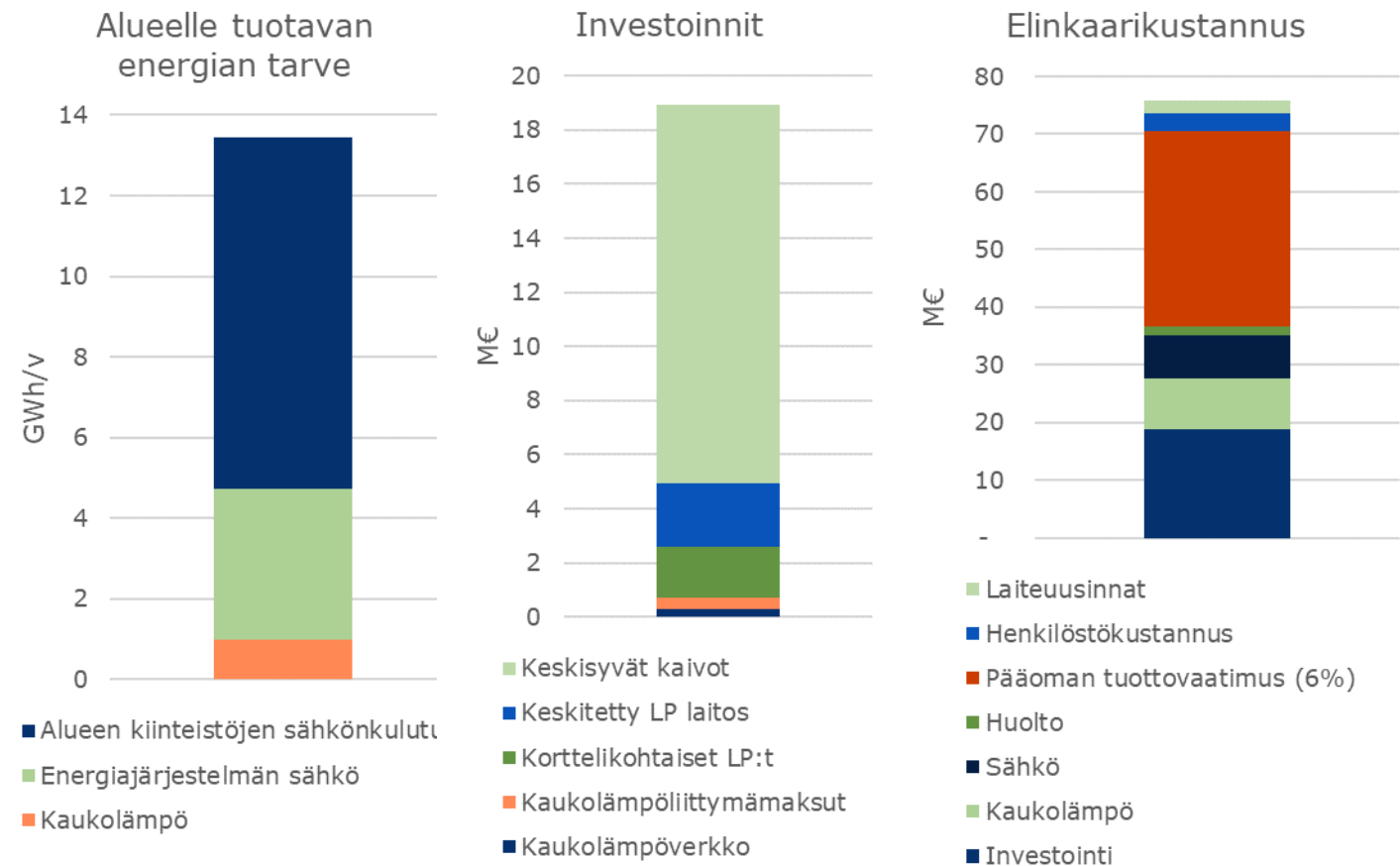
VE5: Järjestelmän osat Viinikanlahden alueella

- Järjestelmään sisältyy 14 kpl keskisyviä energiakaivoja, kaivojen keruuputkisto, lämmönjakeluverkko sekä energiakeskus.
- Energiakaivot on oletettu voitavan porata katualueelle. Kaivojen keskinäinen etäisyys on 40 metriä, joka näkyy kuvassa vaikutusympyröinä.
- Energiakeskus on oletettu sisään pysäköintilaitokseen, sille varattuun tekniseen tilaan. Myös muut sijainnit ovat mahdollisia.



VE5: Teknisiä tietoja

Energiakaivojen lukumäärä	14 kpl
Energiakaivojen syvyys	2000 m
Kiinteistökohtainen teknisen tilan tarve	45-55 m ² / kiinteistö
Lämpöpumppulaitoksen lämmöntuotannon mitoitus-teho	3 MW
Alueellisen lämpöpumppulaitoksen tilantarpeet	200-300 m ²
Lämmönjakeluverkoston lämpötilataso käyttöveden vaatiman lämpötilan mukaan.	70°C



3. Vaiheistus ja toteutettavuus

Rakentamisen vaiheistus

- Viinikanlahden alueen rakentaminen alkaa 2020 -luvun puolivälissä ja jatkuu 2030 -luvun loppupuolelle saakka.
- Energiajärjestelmän eri osien toteuttamisaikataulu vaihtelee tapauskohtaisesti.
- Tietyt järjestelmänosat on toteutettava selvästi etukäteen rakennusten rakentamiseen nähden ja toiset on mahdollista toteuttaa vaiheittain, samaa tahtia kuin rakennukset rakentuvat alueelle.
- Seuraavilla kalvoilla on käsitelty tarkasteluun sisältyvien energiajärjestelmävaihtoehtojen keskeisten järjestelmänosien vaiheistusta.

Energiajärjestelmän vaiheistus 1/2

Alueen energiaverkot (soveltuu VE1 – VE5)

Energiaverkkoihin luetaan tässä kaukolämpöverkko, kaukojäähdytysverkko, matalalämpötilaverkko ja alueellisen maalämpöjärjestelmän lämmönkeruuverkko.

Verkostot rakennetaan pääosin alueen katujen alle, joten niiden rakentaminen olisi luontevinta katualueiden infrarakentamisvaiheen yhteydessä. Mahdollisuudet verkostojen vaiheittaiseen rakentamiseen riippuvat siis pitkälti infrarakentamisen aikataulusta. Infrastruktuuri rakennetaan aina yleensä ennen rakennuksia, joten mikäli verkosto rakennetaan sen kanssa samaan aikaan, on verkostoinvestointi ns. etupainotteinen. Verkostot on täytettävä vedellä viimeistään siinä vaiheessa kun lämmön/jäähdytyksen tuotanto rakennuksille täytyy aloittaa. Tätä ennen verkosto voi olla tyhjillään. Tyypillisesti kuitenkin kaukolämpöverkot täytetään vedellä ennen kuin verkoston kaivannot peitetään johtuen mm. verkoston lämpölaajenemisesta, sekä tarvittavista painekokeista. Lähtökohtaisesti Tampereen Sähkölaitos vastaa kaukolämpö -ja kaukokylmäverkostojen toteutuksesta ja siten myös aikataulutuksesta. Tämä voi tarkoittaa verkoston rakentamista katujen rakentamisen jälkeen, joka vaatii katujen avaamista asennustöitä varten.

Korttelikohtainen energiaratkaisu (soveltuu VE2)

Korttelikohtainen energiajärjestelmä vaiheistuu luonnostaan korttelien toteutusaikataulun mukaisesti. Mitään järjestelmän osia ei tarvitse rakentaa etukäteen, vaan ne voidaan toteuttaa aina kyseisen korttelin rakentamisen yhteydessä. Myös energiakaivot, sekä niihin liittyvät keruu- ja jakeluverkostot, sijoitetaan lähtökohtaisesti kyseisen korttelin tonteille. Poikkeuksena on alueen kaukolämpöverkko, johon korttelin järjestelmä tukeutuu, joka on rakennettava etupainotteisesti korttelin rakentamiseen nähden.

Energiajärjestelmän vaiheistus 2/2

Alueellinen energiakeskus (soveltuu VE3-VE5)

Energiakeskuksia voi tulla yksi tai useampia. Keskusten määrän ja sijaintien optimointi on osa tarkempaa jatkosuunnittelua.

Energiakeskus voidaan sijoittaa esimerkiksi pysäköintirakennuksen yhteyteen sille varattuun tekniseen tilaan. Tekniset tilat tulee mitoittaa täysimittaisen energiajärjestelmän mukaiseksi. Tarvittavat lämmönkeräinyksiköt (ilma-neste) voidaan asentaa pysäköintirakennuksen tai viereisen kerrostalon katolle ja putkittaa alemmissa kerroksissa sijaitseville lämpöpumpuille.

Energiakeskus voidaan myös toteuttaa kokonaan erillisenä rakennuksena, jolloin sen rakentaminen ei ole suoraan sidottu muiden rakennusten rakentumisaikatauluun. Erillinen energiakeskusrakennus on mahdollista toteuttaa myös väliaikaisena ratkaisuna (esim. kontti), joka siirretään myöhemmässä vaiheessa esim. pysäköintitalon yhteyteen. Erilliselle energiakeskusrakennukselle olisi hyvä varata kaavassa sopiva paikka. Energiakeskus on mahdollista myös sijoittaa maan alle, tämä kuitenkin kasvattaa toteutuskustannuksia. IVLP järjestelmiin liittyvät lämmönkeräimet tulee aina sijoittaa ulos, mielellään energiakeskuksen yhteyteen.

Lämpöpumppulaitteistojen asentaminen energiakeskukseen voidaan jaksottaa siten, että tehoa kasvatetaan alueen vaiheittaisen rakentumisen tahdissa. Tällä tavoin lämpöpumppuinvestoinnit on

mahdollista jakaa pidemmälle aikavälille. Tämä on todennäköisesti kokonaisuudessaan kalliimpaa kuin asentaa kaikki kerralla.

Alueellisen järjestelmän energiakaivot (soveltuu VE3 ja VE5)

Alueelliseen energiajärjestelmään liittyvät energiakaivot sijoitettaisiin lähtökohtaisesti yleisten katualueiden alle, koska kaivojen poraaminen viheralueille nähtiin kaupungin puolesta epätoivottavana ratkaisuna. Kaivot olisi hyvä sijoittaa keskeiselle paikalle, lähelle energiakeskusta. Siten kaivot olisi järkevää toteuttaa ennen kyseisten katualueiden rakentumista. Katualueiden rakentumisaikataulu vaikuttaa siinä tapauksessa energiakaivojen rakentamisen aikataulutukseen. Infrastruktuuri rakennetaan aina yleensä ennen rakennuksia, joten myös energiakaivojen investointi tulisi tällöin olemaan hyvin etupainotteinen. Riippuen energiatoimijan omasta liiketoimintamallista kaivot saattavat kuitenkin rakentua vasta kun energialle on varmistunutta kysyntää.

Viinikanlahden alueen koilliskulmassa on havaittu ruhjeisuutta peruskalliossa noin 50-60 metrin syvyydessä. Mikäli ruhjeisuutta esiintyy alueella jolle halutaan porata kaivoja, se saattaa rajoittaa maalämpökaivojen poraamisen mahdollisuuksia. Kuitenkaan ruhjeisuudesta ei ole havaintoja niillä alueilla jonne energiakaivoja oltiin alustavasti sijoiteltu. Kattavammilla kairauksilla voidaan selvittää tarkemmin ruhjeisuutta alueella.

Toteutettavuuden periaatteita

Korttelikohtainen energiajärjestelmä (soveltuu: VE2)

Järjestelmän voi omistaa ja hallinnoida ulkopuolinen operaattori tai taloyhtiöt itse. Toimintavarmuuden ja optimaalisen toiminnan saavuttamiseksi voi olla parempi että ulkopuolinen ammattilainen vastaa järjestelmän operoinnista.

Korttelin energiajärjestelmä voidaan rakentaa samaan aikaan korttelin rakentumisen kanssa, jolloin toteutus vaiheistuu luonnostaan alueen rakentumisaikataulun mukaisesti. Tekniikka (esim. maalämpökaivot ja energiakeskus) sijaitsee kokonaan korttelin alueella. Korttelin energiakeskus vaatii arviolta noin 50 m² teknistä tilaa. Tarkka tilantarve määräytyy lopulta järjestelmän suunnittelun ja mitoituksen yksityiskohdista.

Kaukolämpöverkko tulee kuitenkin olla rakennettuna jo ennen järjestelmän käyttöönottoa, mikäli lämmityksen huipputehot tuotetaan kaukolämmöllä. On mahdollista käyttää myös muita tukevia lämmönlähteitä, kuten sähkökattilaa. Tällöin rakennusaikainen lämmitys on toteutettava käytännössä polttoöljykäyttöisillä lämpöpuhaltimilla

Kyseinen järjestelmä ei välttämättä tarvitse kaavamerkintöjä mutta, määräyksissä tulisi sallia kiinteistöjen väliset yhteisjärjestelyt. Yhteisjärjestelysopimus tonttien omistajien välillä mahdollistaa yhteisen energiajärjestelmän sekä kaivokentän kaikkien rakennusten tonttien alueella. Toisena vaihtoehtona on yhteiskäyttöinen tontti, jolloin ei vaadita erillisiä sopimuksia tonttien välillä. Vuokratontin tapauksessa nämä asiat voidaan määrittää vuokrasopimuksessa.

Energiajärjestelmään liittymiseen ei voi pakottaa vaan sen pitää olla

vapaavalintaista. Lisäksi järjestelmästä irtautuminen pitää mahdollistaa. Sopimuksissa pitää määrittää tarkat irtautumisen ehdot, esim. mitä energiakaivoille tapahtuu irtautumisen yhteydessä.

Maalämpökaivot tulisi sijoittaa suositeltujen suojaetäisyyksien päähän tontin reunoista sekä tontilla sijaitsevista puista. Kaivot voidaan myös porata vinoon rakennusten alle, jolloin niiden sijoittelu voi olla joustavampaa ja niitä voidaan saada mahtumaan enemmän tontille. Maalämpökentästä jää maanpinnalle näkyviin tyypillisesti vain kokoomakaivojen kannet.

Jos järjestelmä hyödyntää ilma-neste lämmönkeräimiä, niiden sijoittaminen rakennusten vesikatolle tulisi mahdollistaa. Ilma-neste lämmönkeräimet tuottavat ääntä, joka on huomioitava melunhallinnan suunnittelulla. Rakentamismääräyksissä määritellään asuinkerrostalojen julkisivuihin kohdistuva sallittu maksimi desibeli määrä. Lämmönkeräimet tuottavat suunnittelusta ja laitteesta riippuen 40 – 50 dB laitteen läheisyydessä. Melumallinnuksella voidaan määrittää mihin laitteita voidaan sijoittaa, sekä millä keinoin melua voi pienentää tarvittaessa (esimerkiksi äänivalli, puhaltimien nopeuden pienentäminen jne.).

Ilma-neste lämmönkeräimet voidaan korvata myös esimerkiksi jäteilman –tai jäteveden lämmöntalteenotolla. Näiden ratkaisujen tekniikka sijaitsee kokonaisuudessaan rakennusten sisällä.

Korttelin energiakeskus (jossa lämmöntuotannon laitteistot sijaitsevat) voidaan sijoittaa rakennusten sisään, tai sille voidaan rakentaa kokonaan oma piharakennus korttelin tontille.

Toteutettavuuden periaatteita

Alueellinen energiajärjestelmä (Soveltuu: VE3 - VE5)

Vaatii yhden tai useamman toimijan omistamaan ja operoimaan järjestelmää. Tätä varten on olemassa lukuisia erilaisia operointi- ja omistusmalleja joita voidaan soveltaa.

Toteutuvuuden kannalta taloudellisena haasteena on suuri etupainotteinen alkuinvestointi (varsinkin jos perustuu maalämpöön tai keskisyviin energiakaivoihin). Tuottoa investoinnille saadaan vasta kun alueen rakennukset ovat valmiita, jolloin energianmyynti voidaan aloittaa.

Jos mahdollista, investoinnit voidaan pyrkiä jaksottamaan alueen rakentumisen tahtiin, mutta tämä on monelta osin haasteellista.

Alueen taloyhtiöitä ei voi pakottaa liittymään järjestelmään, mikä lisää epävarmuutta tulevasta myynnistä. Esimerkiksi mikään ei estä taloyhtiöitä toteuttamasta omaa maalämpöjärjestelmäänsä. Myös järjestelmästä irtautuminen pitää mahdollistaa.

Energiakeskukselle on varattava sopiva paikka. Se voi sijaita esim. pysäköintirakennusten yhteydessä tai kokonaan erillisessä rakennuksessa. Energiakeskuksen sijainti on oltava sellaisessa kohteessa, jonka rakentuminen alkaa viimeistään samaan aikaan ensimmäisten kortteleiden aloitusten kanssa.

Energiakeskuksen yhteydessä sijaitseville ilma-neste lämmönkeräimille tulee varata sopiva asennuspaikka (yleensä vesikatolla). Ilma-neste lämmönkeräimet tuottavat ääntä, joka on huomioitava melunhallinnan

suunnittelulla. Talvella lämmönkeräimet tuottavat paljon sulatusvettä ja vedenpoisto on huomioitava suunnitelmissa. Vedenpoisto voidaan liittää esim. hulevesiverkostoon.

Energiakaivot ja lämmönkeruuverkostot voidaan sijoittaa katualueiden alle. Näkyville jää ainoastaan kokoomakaivojen kannet, joiden kautta voidaan suorittaa huoltotoimenpiteitä. Energiakaivot ovat halkaisijaltaan luokkaa 11-20 cm, eli ne eivät itsessään vie paljoa tilaa ja ne on lähtökohtaisesti helppo yhteensovittaa muun maan alla kulkevan tekniikan kanssa. Kaivokenttä on kuitenkin suunniteltava niin, että kaivot ovat tarpeeksi kaukana toisistaan kallion jäähtymisen estämiseksi. Kaivojen keskinäiset suosituksetäisyydet ovat 15 metriä 400 metriä syville maalämpökaivoille ja 40-50 metriä keskisyville lämpökaivoille. Lisäksi kaivot on suositeltava porata vähintään 2.5 metrin päähän puista.

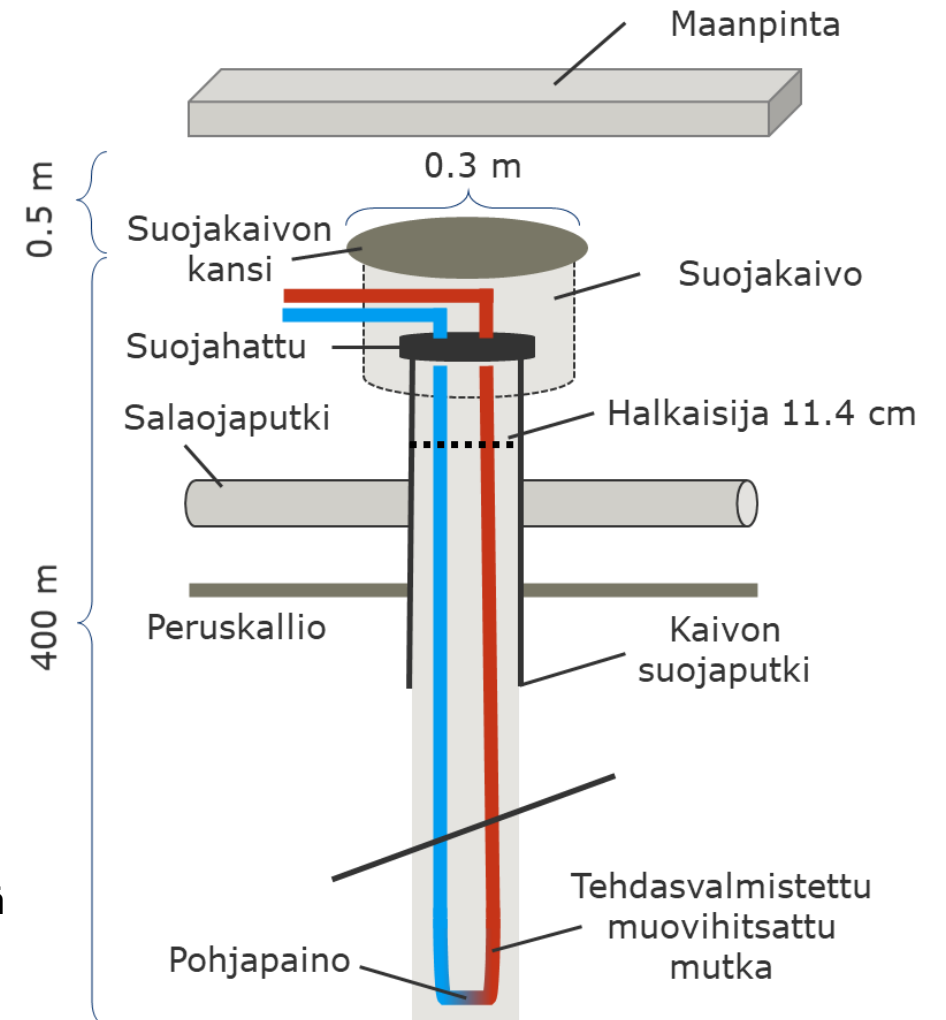
Maalämpökaivojen sijoitusperiaatteet ja lupa-asiat

- Maalämpökaivoja (syvyys 400m) on vaihtoehtoisissa 2 ja 3. Tässä selvityksessä on käytetty oheisia periaatteita maalämpökaivojen sijoitteluun. Työssä ei ole määritetty tarkkoja paikkoja kaivoille, vaan tutkittu potentiaalia ja sijoitettu mahdollisiin sijainteihin. Jatkosuunnittelussa tulee tarkemmin selvittää kaivoille soveltuvat sijoituspaikat ottamalla huomioon muun yhdyskuntatekniset rakenteet sekä vihersuunnittelu. Viinikanlahdella maaperän paksuus on noin 10 metriä, joka soveltuu maalämpökaivoille.
- Tampereen kaupunki on määrittänyt kriteereitä maalämpöjärjestelmän rakentamiselle sekä maalämpökaivojen sijoittamiselle. Maalämpöjärjestelmän rakentaminen edellyttää toimenpidelupaa sekä uudisrakentamisessa että lämmitysjärjestelmää vaihdettaessa. Uudiskohteen kohdalla maalämpöä koskeva lupa sisältyy rakennuslupaan.
- Tampereen kaupunki on määrittänyt seuraavat vaatimukset lämpökaivojen sijoittamiselle:
 - Lämpökaivon etäisyyden on oltava vähintään 7,5 m tontin rajoista. Lähemmäs rajaa voidaan tehdä vain naapurin kirjallisella suostumuksella. Porattaessa naapurin puolelle ulottuva vinoreikä, suositellaan suostumuksen lisäksi omistajavaihdokset turvaavan kiinteistörasitteen perustamista.
 - Lämpökaivon minimietäisyyden viemäreistä, vesijohdoista ja kaukolämpöputkista tulee olla vähintään 3 metriä.
- Tämän lisäksi kaivojen sijoittelussa on sovellettu seuraavia periaatteita (Lähde: SYKE 2013 Energiakaivon opas sekä Maalämpökaivot yleisillä alueilla Helsingissä, Helsingin kaupunki 2021):
 - Kaivon poraaminen voidaan aloittaa 3 metrin päästä rakennuksen seinälinjasta. Kaivoja voidaan porata vinoon rakennusten alle.
 - Suositus etäisyys kaivon ja puun välillä on 2.5 m
 - Kaivot ovat vähintään 7.5 metrin päässä tien keskilinjasta sekä viereisen tontin rajasta.
 - Kaivojen keskinäinen suositusetäisyys on 15 metriä. Tällä pyritään varmistamaan ettei peruskallio jäähdy liikaa ajan kuluessa.

Lisätietoja
Tampereen
kaupungin
[nettisivuilla.](#)

Maalämpökaivokentän rakenne

- Tyypillinen maalämpökaivon porareian halkaisija on noin 115 mm ja suojakaivon halkaisija 300-500 mm.
- Maalämpökaivot voivat sijaita kokonaisuudessaan (ml. suojakaivot) maanpinnan alapuolella. Liikennöidyillä alueilla peittosyvyytenä suositellaan 80-120 cm. Muilla alueilla suositus on 40-50 cm.
- Tyypillisesti noin 10 maalämpökaivoa kytketään yhteen kokoomakaivoon. Kokoomakaivon kansi on yleensä näkyvässä maanpinnalla, jotta mahdollistetaan helposti huoltotoimenpiteet kaivon kautta. Kokoomakaivo yhdistyy lämmönkeruun runkoputkistoon, joka menee energiakeskukselle.
- Kaivokentän suunnittelu on hyvä yhteensovittaa pihasuunnittelun kanssa jotta saavutetaan haluttu viherkerroin sekä energiatavoitteet.
- Tontille mahtuvien maalämpökaivojen määrään voidaan vaikuttaa massoittelulla ja pihasuunnittelulla.
- Korttelin tai tontin osat, jonne ei voi rakentaa maalämpökaivoja, voidaan merkitä kaavakarttaan.
- VE2:ssa ensisijaisena lämmönlähteenä toimii korttelikohtainen maalämpökenttä, joten on varauduttava maalämpökaivojen toteuttamiseen korttelin tontille. VE3:ssa kaivoja sijoitetaan katualueille, jolloin kaivot pitää yhteensovittaa muun infran kanssa.



Periaatekuva maalämpökaivon rakenteesta (ei mittakaavassa)

4. Energiajärjestelmien elinkaarilaskennan tulokset

Energiajärjestelmien keskeiset tunnusluvut

- Vaihtoehdon 1 ja muiden järjestelmien välille muodostuu suuret erot, johtuen siitä että vaihtoehdoissa 2-5 hyödynnetään lämpöpumppuja, jotka tuottavat yhdellä yksiköllä sähköä useita yksiköjä lämpöä.
- Suurimmat erot ovat huomattavissa ostoenergian määrässä sekä kaukolämmön ja sähkön kulutuksessa.
- Tehokkainta lämmöntuottaminen on VE5:llä. Keskisyvät maalämpökaivot mahdollistavat energiatehokkaan tavan tuottaa lämmitystä. Tämä näkyy sähkötehon -ja energiantarpeessa.
- VE2 kaukolämmön tehontarve on pienempi muihin vaihtoehtoihin verrattuna johtuen suuresta maalämpötehosta, jolla voidaan tuottaa lämmitystä talven huipputarpeiden aikaan. Muissa lämpöpumppuvaihtoehdoissa ensisijainen lämmönlähde on ulkoilma, jonka avulla ei laskelmissa voida tuottaa lämpöä kovilla pakkasilla.

	VE1: KL + KJ	VE2: Korttelien LP	VE3: Keskitetty IVLP + ML	VE4: Keskitetty IVLP	VE5: Keskitetty syväkaivo
Kaukolämmön huipputehontarve [MW]	5.6	3.7	5.1	5.6	3.1
Sähkön huipputehontarve [MW]	1.9	3.2	3.8	4	2.5
Kaukolämmöntarve [MWh]	15 000	3 100	1 200	1 500	1000
Sähköntarve [MWh]	0	4 100	4 500	4 600	3 700
Kaukojäähdytyksen tarve [MWh]	1 600	0	0	0	0
Alueelle tuotavan energiantarve* [MWh]	16 600	7 200	5 800	6 100	4 700
Tekninen tilantarve (korttelit) [m²]	30-40 m ² / kiinteistö	50-60 m ² / kortteli	45-55 m ² / kiinteistö	45-55 m ² / kiinteistö	45-55 m ² / kiinteistö
Tekninen tilantarve (yleiset alueet) [m²]	0	0	LP laitos 200 – 300 m ² Keräimet 200 – 300 m ²	LP laitos 200 – 300 m ² Keräimet 200 – 300 m ²	LP laitos 200 – 300 m ²

*Energiantuottojärjestelmän tarvitsema energia (kaukolämpö + kaukojäähdytys + sähkö), kuvaa järjestelmän energiatehokkuutta yleisellä tasolla

Kustannuslaskenta

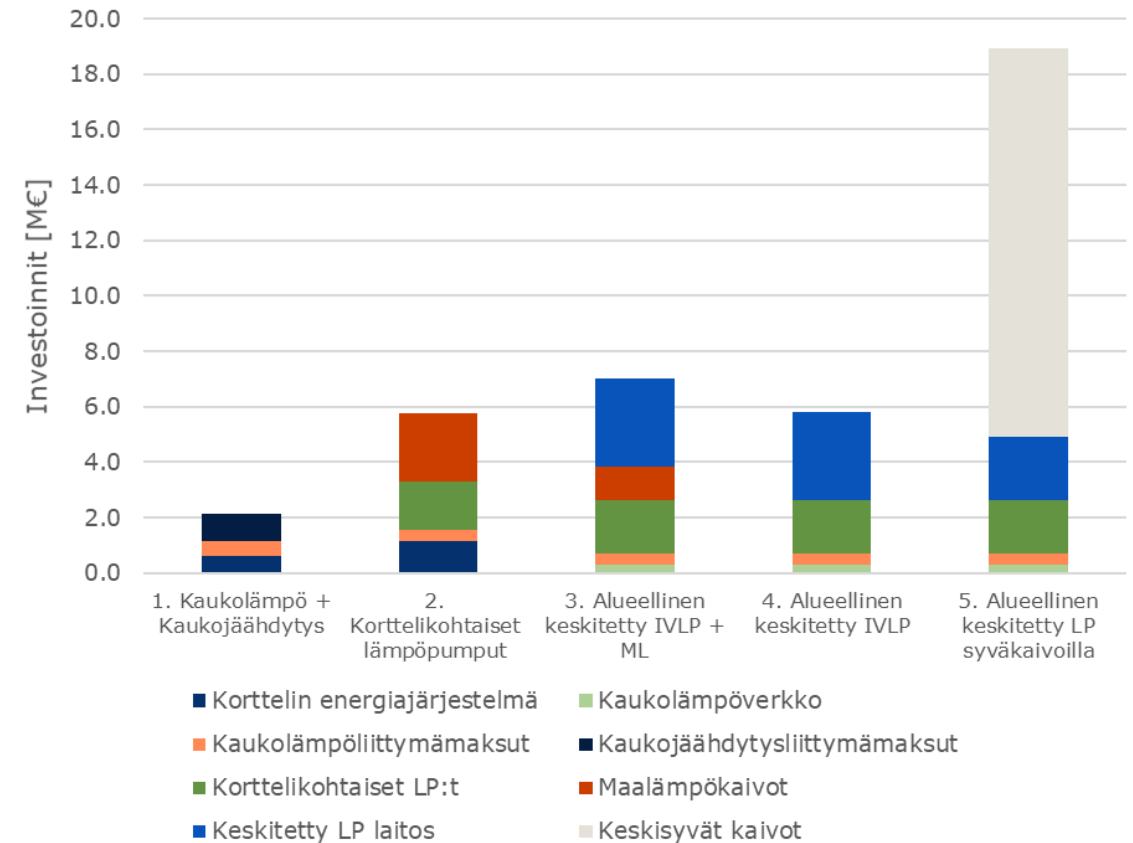
- Jokaisesta järjestelmävaihtoehdosta arvioitiin siihen liittyvät investoinnit, käyttö- ja huoltokustannukset, laiteuusinnat sekä kaikissa muissa paitsi kaukolämpövaihtoehdossa (VE1) sijoitetun pääoman tuotto ja organisaatiokustannukset.
- Kaukolämpö vaihtoehdossa on kustannuksia tarkasteltu taloyhtiöiden näkökulmasta. Energianhintaa tarkasteltaessa Tampereen sähkölaitoksen listahintoihin sisältyy yhtiön tuottovaatimukset sekä esimerkiksi organisaatiokustannukset.
- Jotta muut järjestelmävaihtoehdot ovat vertailukelpoisia kaukolämmön kanssa, tulee em. kustannukset ottaa niissäkin huomioon.
- Tämän vuoksi vaihtoehdoissa 2-5 elinkaarikustannus arvioon sisältyy sijoitetun pääoman tuottovaatimus sekä arvio organisaatiokuluista.
- Investointikustannukset perustuvat laitetoimittajien arvioihin sekä Rambollin tietokantoihin.
- Laskelmissa ei olla otettu mukaan mitään investointitukia. Esimerkiksi keskisyvät energiakaivot voivat tulevaisuudessa olla valtion tukema teknologia.

Elinkaarikustannuslaskennan oletuksia:

- Elinkaari 30 vuotta
- Sähkön hinta 80 €/MWh
- Kaukolämmön hinta Tampereen sähkölaitoksen hinnaston mukaisesti
- Laskenta tehtiin ilman inflaatioita
- Yli 500 kW lämpöpumppujen sähköveroluokka II
- Sijoitetun pääoman tuottovaatimus: 6%

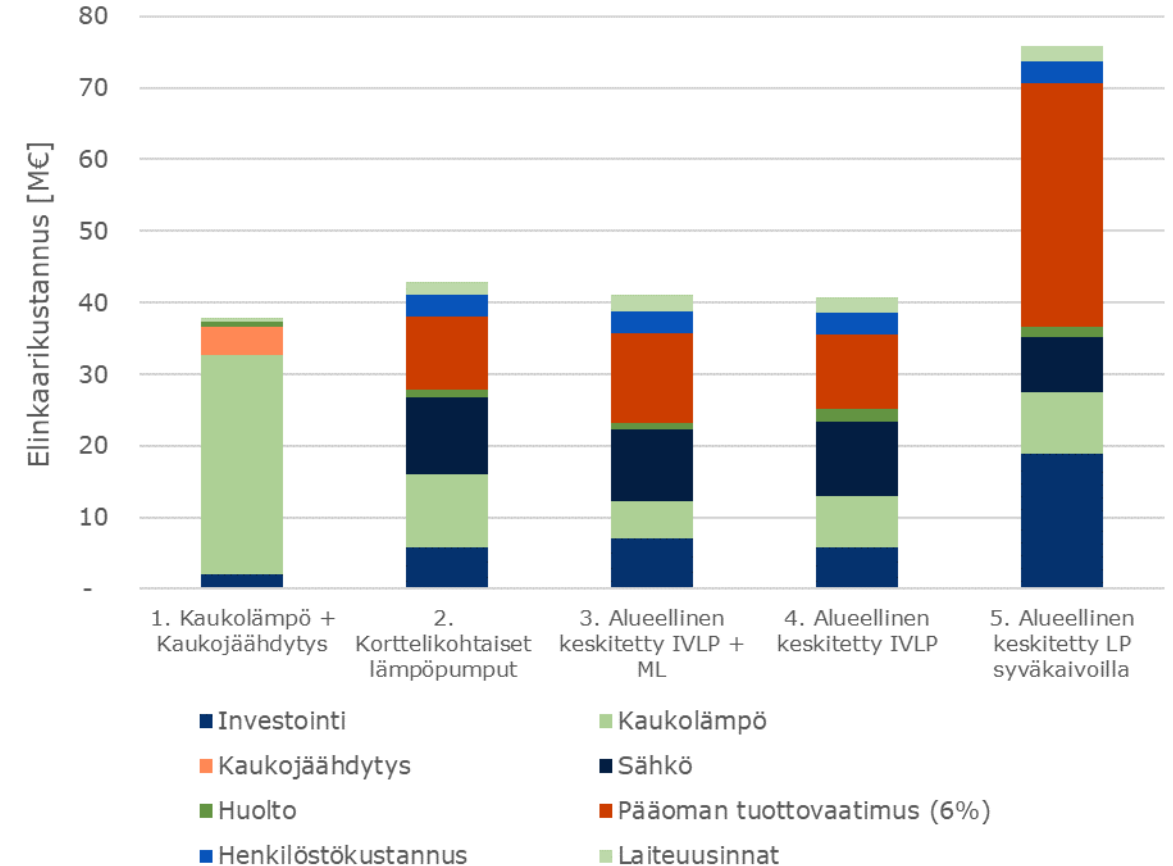
Investointikustannukset

- Investointikustannuksissa kaukolämpöjärjestelmällä on selvästi pienimmät kustannukset. Vaihtoehdossa 1 ei ole erikseen arvioitu kaukolämpöverkon kustannuksia, vaan taloyhtiöiden kaukolämpöliittymien kustannukset.
- Muilla järjestelmävaihtoehdoilla on otettu huomioon myös verkoston investointikustannus sekä kaukolämmön liittymismaksu. Tämä johtuu siitä että paikallinen toimija hyödyntää Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämpöä tukilämmitysmuotona ja siten tekee sopimuksen Sähkölaitoksen kanssa kaukolämmön toimittamisesta.
- Toimija joutuu myös rakentamaan energiaverkon alueelle.
- VE2:n energiakeskukselle ei ole laskettu rakennuskustannuksia koska se on oletettu sijoitettavan korttelin rakennusten sisään.
- Syväkaivoilla on selvästi suurimmat investointikustannukset. Keskisyvät energiakaivot ovat uutta teknologiaa, ja niiden kustannustaso saattaa pudota lähitulevaisuudessa pienemmäksi.
- Muut lämpöpumppuvaihtoehdot ovat investoinneiltaan samaa suuruusluokkaa toistensa kanssa.



Elinkaarikustannukset

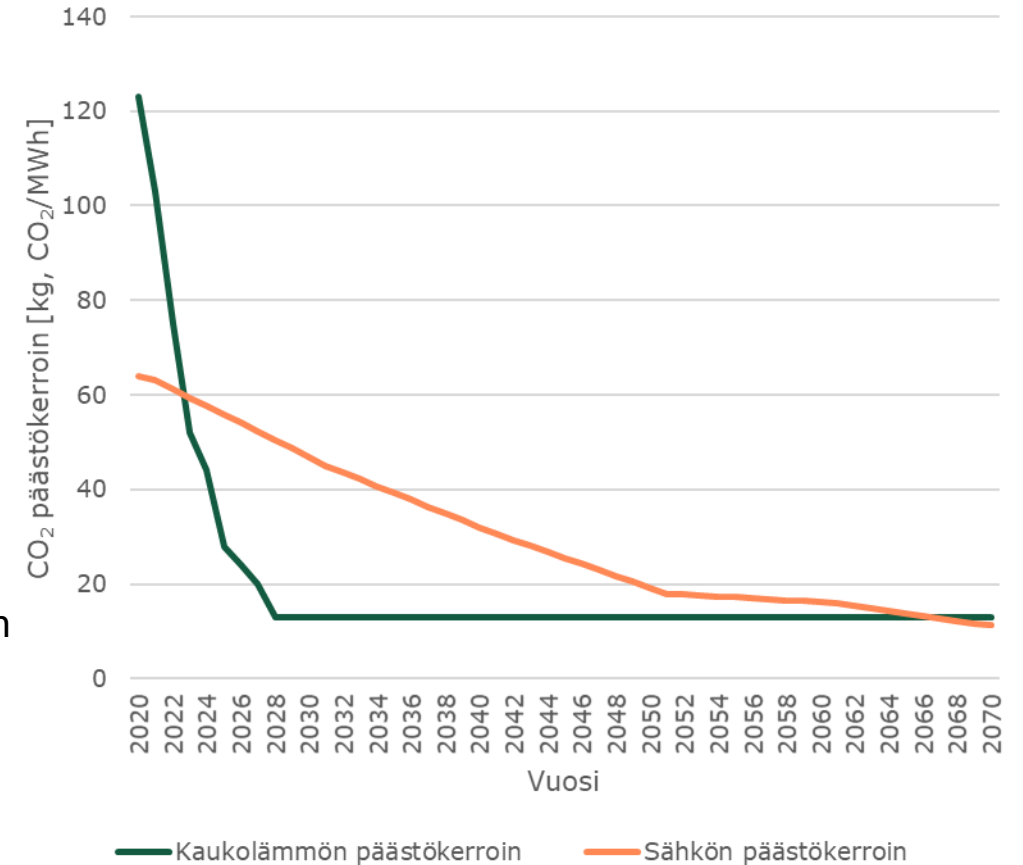
- 30 vuoden elinkaarikustannuksia arvioidessa on otettu huomioon investoinnit, energiajärjestelmän tarvitseman ostoenergian kustannukset, huollot, laiteusinnat. Vaihtoehdoille 2-5 on huomioitu pääoman tuottovaatimus.
- Vaihtoehdoille on myös erikseen arvioitu tuotetun energian hintaa [€/MWh], jolla tarkoitetaan järjestelmän tuottaman lämmön ja jäähdytyksen hintaa suhteessa 30 vuoden elinkaaren kustannuksiin.
- Tuloksissa on nähtävissä että näillä oletuksilla kaukolämpövaihtoehdolla on pienimmät elinkaarikustannukset sekä tuotetun energian hinta. Vaihtoehdot 2-4 ovat hyvin lähellä toisiaan ja vaihtoehdolla 5 on suuret elinkaarikustannukset verrattuna muihin.



	1. KL + KJ	2. Korttelien LP	3. Keskitetty IVLP + ML	4. Keskitetty IVLP	5. Keskitetty syväkaivo
Tuotetun energian hinta [€/MWh]	76	86	84	82	152

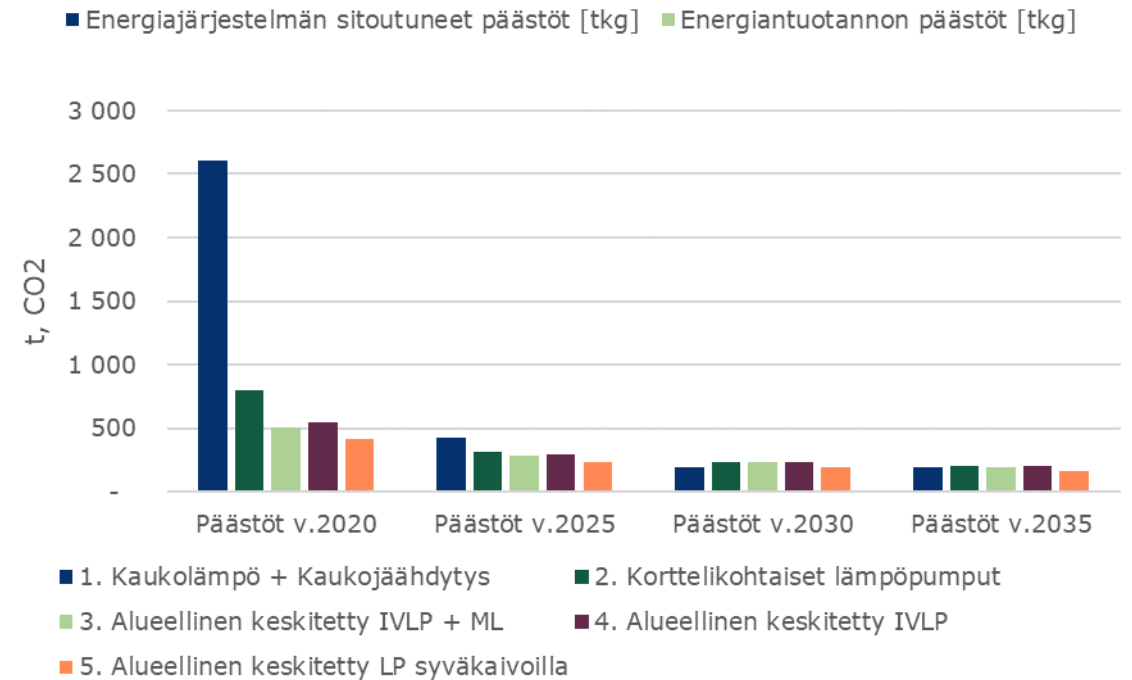
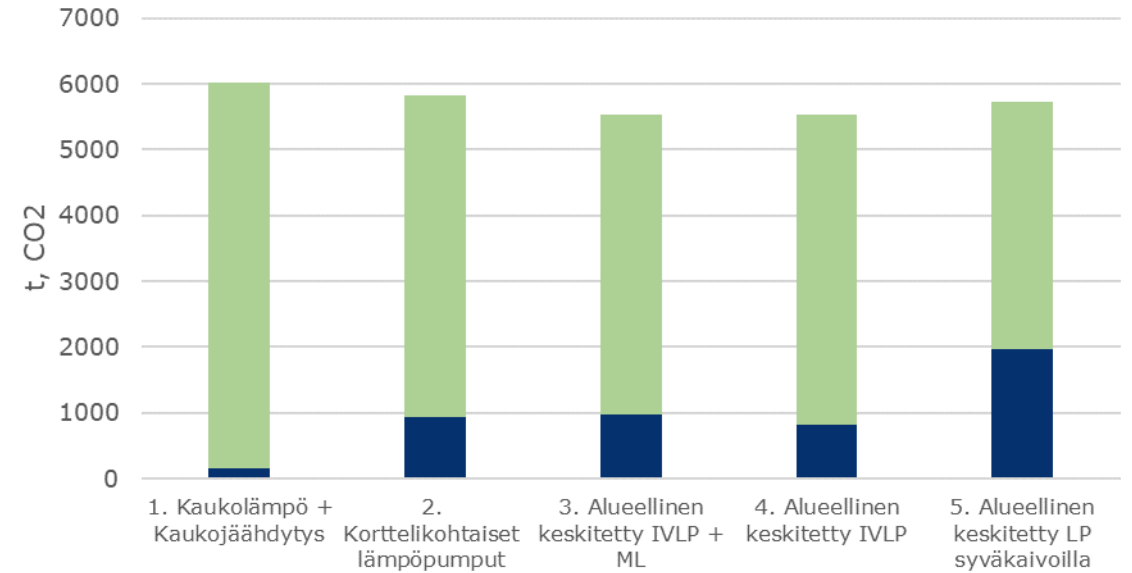
Päästölaskenta

- Eri järjestelmävaihtoehtojen osalta arvioitiin järjestelmien sitoutuneita päästöjä sekä energian käytöstä aiheutuvia päästöjä.
- Sitoutuneisiin päästöihin sisältyy laskennassa energiaverkostot, lämpöpumput, energiakaivot ja lämmönkeräimet.
- Sitoutuneiden päästöjen laskenta perustuu pääosin Ympäristöministeriön Rakentamisen päästötietokantaan sekä OneClickLCA -ohjelmiston tietokantaan.
- Energiantuotannon päästöjen arvioiminen perustuu vuosittaisen päästökertoimien kehityksen ennusteisiin. Nämä ennusteet ovat vain arvioita, joihin sisältyy paljon epävarmuutta.
- Kaukolämmön osalta käytettiin Tampereen sähkölaitoksen arviota päästökertoimen kehityksestä.
- Sähkön osalta käytettiin Ympäristöministeriön arviota päästökertoimen kehityksestä suhteessa vuoden 2021 mitattuun Suomen keskimääräiseen sähköntuotannon päästökertoimeen.
- Sähkön päästökerroin on ennusteen ensimmäisinä vuosina selvästi kaukolämpöä pienempi. Ennusteen mukaan kaukolämmön päästöt kuitenkin pienenevän erittäin nopeasti erittäin alhaiselle tasolle.
- Kaukojäähdytys on laskettu täysin päästöttömänä.



Elinkaaripäästöt

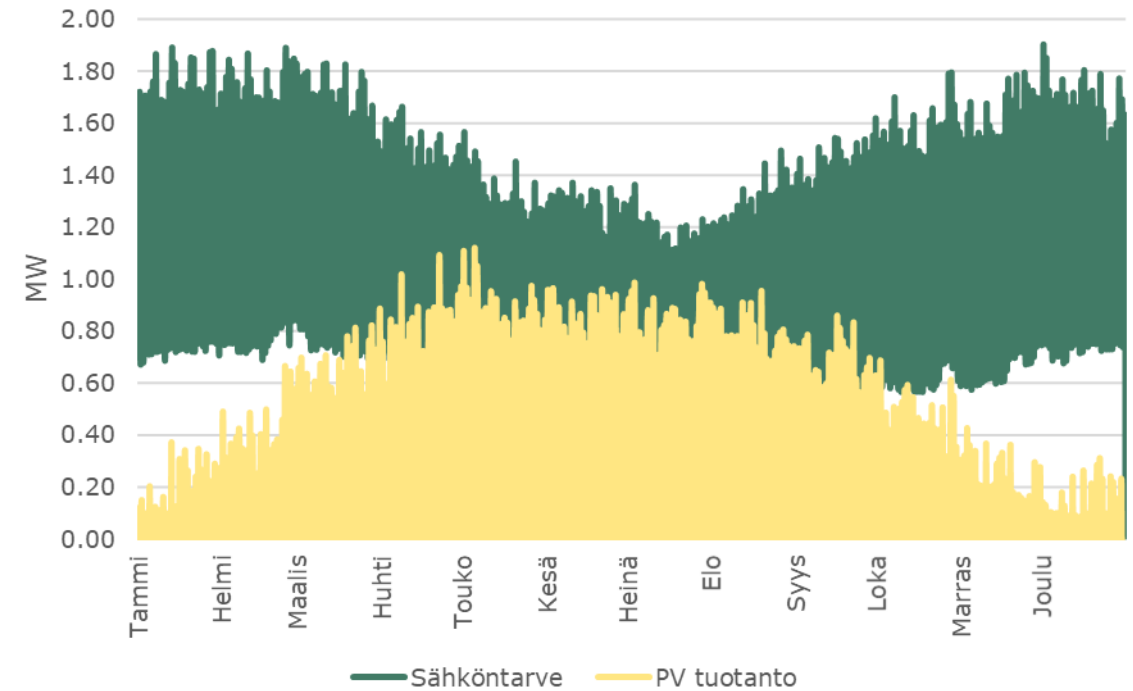
- Ylemmässä kuvassa on esitetty 30 vuoden elinkaaripäästöt laskettuna vuodesta 2028 eteenpäin.
- Alemmassa kuvassa on esitetty energiantuotannon päästöt eri vuosien päästökertoimilla laskettuna. Tämä havainnollistaa päästökertoimien ennusteen vaikutusta.
- Lämpöpumppuratkaisujen elinkaaripäästöt ovat hieman pienemmät verrattuna kaukolämpöratkaisun päästöihin. Tähän vaikuttaa pitkälti lämpöpumppujen hyötysuhde (COP).
- Sitoutuneet päästöt ovat suuremmat lämpöpumppuvaihtoehdoilla, johtuen tarvittavista järjestelmän osista. Laskennassa ei ole otettu huomioon kaukolämmön tuotannon sitoutuneiden päästöjen vaikutusta.
- VE5 sitoutuneet päästöt ovat muita suuremmat, johtuen energiakaivojen teräksisistä lämmönkeruuputkista. Putkissa on kuitenkin mahdollista käyttää muitakin materiaaleja, kuten muoviputkea, jonka päästöt ovat terästä pienemmät.



5. Viinikanlahden aurinkosähköpotentiaali

Viinikanlahden aurinkosähkötientiaali

- Aurinkosähkön (PV) tuotantopotentiaalia ja päästövaikutuksia Viinikanlahden alueella arvioitiin karkealla tasolla.
- Laskennassa on oletettu että 70% kaikista rakennusten kattopinnoista asennetaan täyteen paneeleja (huomioiden tarvittavat paneelirivien asennusvälit).
- Poikkeuksena pohjoiset harjakatot ja viherkatoiksi varatut alueet, joille ei ole laskelmissa asennettu paneeleja.
- Viherkattoja on mahdollista hyödyntää tietyissä määrin aurinkopaneelien asennukseen, mutta sillä saattaa olla vaikutuksia saavutettavaan viherkertoimeen.
- Laskennassa on oletettu tehokkaat 400 Wp aurinkopaneelit.
- Laskenta suoritettiin korttelitasolla, olettaen että korttelissa tuotettu sähkö voidaan hyödyntää vain kyseisen korttelin sisällä, ja loput sähköstä myydään verkkoon.
- Aurinkosähkö oletettiin voitavan hyödyntää myös asukassähkön kulutuksen kompensointiin.
- Energiajärjestelmän sähköenergiankulutusta (esim. lämpöpumput) ei sisällytetty laskelmaan.
- Laskenta on tehty 30 vuoden jaksolle, alkaen vuodesta 2028. Päästölaskennassa paneeleja ei uusita tarkasteltavan elinkaaren aikana.



Viinikanlahden aurinkosähkön hyödynnettävyys

- Laskennan perusteella noin 83% alueella tuotetusta sähköstä saadaan hyödynnettyä kortteleissa.
- Jos aurinkosähköntuotantoa tarkastellaan koko alueen tasolla, kohtaavat tuotanto ja kulutus hieman paremmin, jolloin hyödynnettävyys on noin 92%. Tämä kuitenkin vaatisi täysin uudenlaista operointimallia, kuten koko alueen kattavaa energiayhteisöä, jonka sisällä sähkön tuotantoa voidaan hyödyntää vapaasti.
- Aurinkopaneelien sitoutuneet päästöt on laskettu perustuen arvioon tämän hetken paneelituotannosta.
- Tuloksia tarkasteltaessa on tunnistettava että päästölaskennassa on paljon epävarmuuksia. Aurinkopaneelien sitoutuneet päästöt voivat olla tulevaisuudessa pienemmät kuin tämän hetkiset arviot, johtuen paneelituotannon kehittymisestä vähäpäästöisempään suuntaan. Lisäksi sähkön päästökertoimen pitkän aikavälin ennusteeseen sisältyy epävarmuutta.
- Kun lasketaan käyttämällä sähkön päästökertoimen ennustetta, niin paneelien sitoutuneet päästöt ovat suuremmat kuin paneeleilla saavutettava päästövähennys verkkosähkön korvaamisesta.
- Jos koko elinkaaren päästöt lasketaan vuoden 2021 toteutuneella sähkön päästökertoimella, niin paneelit vähentävät selvästi CO₂-päästöjä elinkaaren aikana.

Sähköntarve [GWh]	8.7
PV Tuotanto [GWh]	2.2
Hyödynnetty aurinkosähkö [GWh]	1.9
Hyödynnettävyys [%]	83 %
Aurinkosähkön osuus sähköntarpeesta	21 %
Lisäsähköntarve [GWh]	6.9
Paneelien sitoutuneet päästöt [t CO ₂]	2 500*
Sähkön tuoton elinkaaren päästövähennys [t CO ₂]	Kehittyvä sähkön päästökerroin 2 200 v. 2021 päästökerroin 4 600*

* Lue tekstistä tarkemmin päästölaskennan epävarmuustekijöistä

6. Johtopäätökset ja jatkoimenpiteet

Järjestelmävaihtoehtojen SWOT –analyysi (VE1 & VE2)

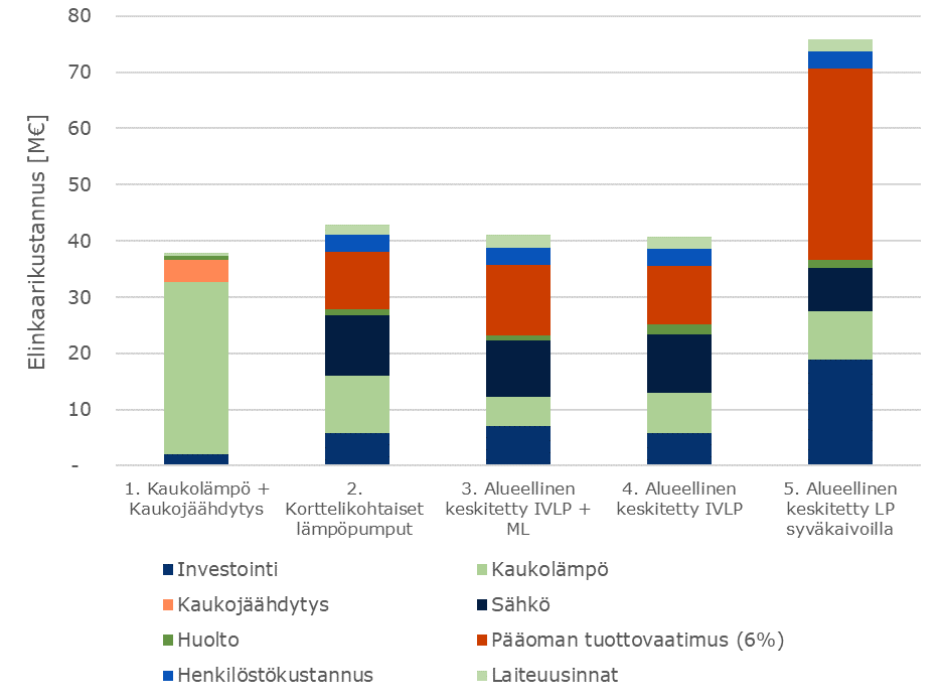
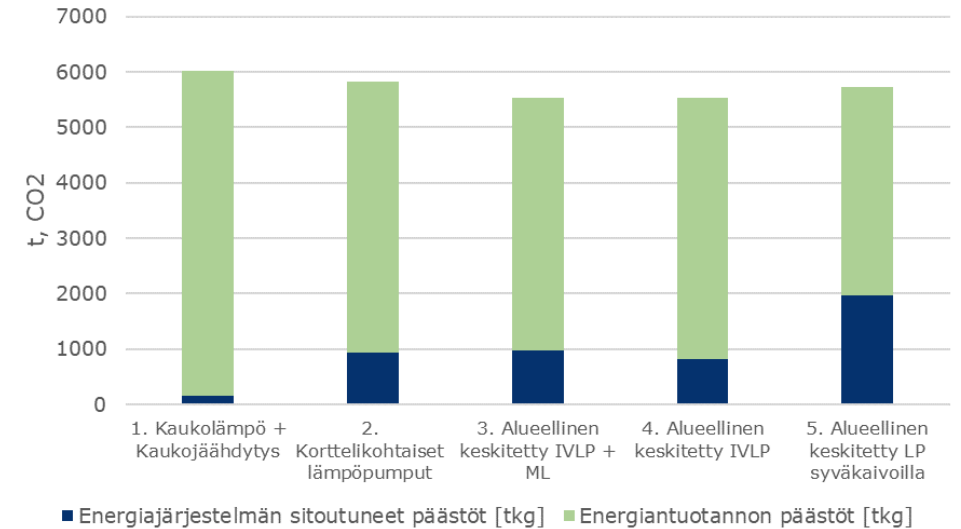
	VE1: Kaukolämpö ja kaukojäähdytys	VE2: Korttelikohtaiset lämpöpumput
Vahvuudet	<ul style="list-style-type: none"> Toimitusvarma ja yleisesti käytetty teknologia Vaatii vain energiansiirtoverkostot, ei muita tilavarauksia alueelle. Helppous: Tampereen Sähkölaitos vastaa kaikesta. Ei ongelmia vaiheistuksen kanssa. 	<ul style="list-style-type: none"> Vaiheistuu luonnostaan samaa tahtia korttelien kanssa. Koostuu useista itsenäisistä järjestelmäyksiköistä, jotka toteutetaan erikseen. Perustuu paikalliseen uusiutuvan energian tuotantoon. Vapaajäähdytys on energiatehokas jäähdytysmuoto.
Heikkoudet	<ul style="list-style-type: none"> Energiantuotanto perustuu tällä hetkellä paljolti polttamiseen. 	<ul style="list-style-type: none"> Huipputehot täytyy hankkia kaukolämpöverkostoa Kuormittaa kaukolämpöjärjestelmää päästöjen ja kustannusten kannalta pahimpaan aikaan. Lämpökaivojen määrä on rajallinen korttelien alueella.
Mahdollisuudet	<ul style="list-style-type: none"> Ennusteen mukaan kaukolämmön päästökerroin tulee merkittävästi pienemmään seuraavien vuosien aikana. 	<ul style="list-style-type: none"> Voidaan hyödyntää paikallisesti rakennusten hukkalämpövirtoja (esim. jätevedet ja jäteilma). Lämmönvarastoinnin mahdollisuus maalämpökaivoihin. Ulkopuolinen toimija voisi operoida järjestelmää ja vastata sen toiminnasta. Mahdollisuus hyödyntää päivittyvää teknologiaa.
Uhat ja epävarmuudet	<ul style="list-style-type: none"> Epävarmuus kaukolämmön päästökertoimen ennusteessa. 	<ul style="list-style-type: none"> Vapaajäähdytys saattaa vaatia rinnalle koneellisen jäähdytyksen. Ulkoilmanlämmönkeräimet tarvitsevat sopivat asennuspaikat ja niistä aiheutuvat ääni ja esteettisyys Haitat pitää huomioida suunnittelussa. Operointi taloyhtiön vastuulla voi olla haastavaa. Päästökerroin riippuu sähköntuotannon päästökertoimesta Huipputuotannon tuottaminen kaukolämmöllä on kallista kaukolämmön tuottajalle. Tulevaisuudessa on painetta hinnannousulle suhteessa keskimääräiseen kaukolämmön hintaan.

Järjestelmävaihtoehtojen SWOT –analyysi (VE3 –VE5)

	VE3: Keskitetty IVLP + ML	VE4: Keskitetty IVLP	VE5: Keskitetyt syväkaivot
Vahvuudet	<ul style="list-style-type: none"> Perustuu paikalliseen uusiutuvan energian tuotantoon. Maalämpö tuottaa energiaa hyvällä hyötysuhteella vuoden ympäri. 	<ul style="list-style-type: none"> Perustuu paikalliseen uusiutuvan energian tuotantoon. Ei vaadi lämpökaivoja, mikä halventaa investointeja. 	<ul style="list-style-type: none"> Perustuu paikalliseen uusiutuvan energian tuotantoon. Tasainen tuotanto hyvällä hyötysuhteella vuoden ympäri. Kohtuullinen määrä energiakaivoja suhteessa alueen kokoon.
Heikkoudet	<ul style="list-style-type: none"> Maalämpökenttä kasvattaa alkuinvestointia. Kuormittaa kaukolämpöjärjestelmää päästöjen ja kustannusten kannalta pahimpaan aikaan. Huipputehot täytyy hankkia kaukolämpöverkosta. Kaukolämmön tehontarve ei merkittävästi pienene verrattuna pelkkään kaukolämpöjärjestelmään. IVLP teho ja hyötysuhde pienenee kovilla pakkasilla. 	<ul style="list-style-type: none"> Huipputehot täytyy hankkia kaukolämpöverkosta. Kaukolämmön tehontarve ei pienene verrattuna pelkkään kaukolämpöjärjestelmään. IVLP teho ja hyötysuhde heikkenee selvästi kovilla pakkasilla. Kuormittaa kaukolämpöjärjestelmää päästöjen ja kustannusten kannalta pahimpaan aikaan. 	<ul style="list-style-type: none"> Tällä hetkellä kallis hyvin etupainotteinen investointi. Huipputehot täytyy hankkia kaukolämpöverkosta. Kuormittaa kaukolämpöjärjestelmää päästöjen ja kustannusten kannalta pahimpaan aikaan. Energiakaivojen työmaavaihe voi kestää useita kuukausia. Merkittävät päästöt rakentamisvaiheessa.
Mahdollisuudet	<ul style="list-style-type: none"> Maalämpökentän hyödyntäminen talven tehopiikkien leikkaukseen sekä hyödyntäminen lämpövarastona. Mahdollisuus keskittää lämmönkeräinten ympäristöhaitat ja silti hyödyntää energiatehokasta lämmitystä. 	<ul style="list-style-type: none"> Mahdollisuus keskittää lämmönkeräinten ympäristöhaitat (esim. melu) yhteen paikkaan ja silti hyödyntää energiatehokasta lämmitystä. 	<ul style="list-style-type: none"> Kustannustaso voi pudota tulevaisuudessa. Kaivojen hyödyntäminen lämpövarastona. Kaivojen hyödyntäminen talven tehopiikkien leikkaukseen.
Uhat ja epävarmuudet	<ul style="list-style-type: none"> Etupainotteinen investointi jota on haastava vaiheistaa pitkälle aikavälille. Vähän toimijoita markkinoilla. Lämmönkeräinten melu –ja ympäristövaikutukset huomioitava. Maalämpökaivojen yhteensovittaminen muun rakentamisen kanssa. Tässä kokoluokassa vielä uutta tekniikkaa. 	<ul style="list-style-type: none"> Etupainotteinen investointi jota on haastava vaiheistaa pitkälle aikavälille. Vähän toimijoita markkinoilla. Lämmönkeräinten melu –ja ympäristövaikutukset huomioitava. Tässä kokoluokassa vielä uutta tekniikkaa. 	<ul style="list-style-type: none"> Suuri etupainotteinen investointi jota on haastavaa vaiheistaa pitkälle aikavälille. Kaivojen poraamiseen liittyvät riskitekijät sekä poraamisen yhteensovittaminen muun rakentamisen kanssa. Yleinen osaamisen ja kokemuksen puute. Vähän toimijoita markkinoilla.

Johtopäätökset 1/2

- Elinkaarikustannukset ja elinkaaripäästöt ovat vaihtoehdoissa 1-4 samaa suuruusluokkaa, mikään vaihtoehdoista ei osoittautunut näiden kannalta selvästi muita paremmaksi.
- Vaihtoehto 5 on elinkaarikustannusten kannalta poikkeus, koska sillä on selvästi suuremmat investoinnit kuin muilla ratkaisuilla. Keskisyyvien energiakaivojen investointikustannus saattaa kuitenkin tulevaisuudessa olla halvempi kuin nykyhetkellä.
- Vertailtaessa kustannuksia ja päästöjä, tulee tiedostaa että laskentaan sisältyy epävarmuuksia, jotka tarkentuessaan voivat vaikuttaa tuloksiin.
- Merkittäviksi epävarmuustekijöiksi tunnistettiin energian tuotannon päästökertoimien ja energian hinnan kehittyminen tulevaisuudessa.



Johtopäätökset 2/2

- Elinkaarikustannusten ja päästöjen kannalta mikään vaihtoehtoista ei osoittautunut merkittävästi muita paremmaksi.
- Tämän vuoksi toteutettavuus ja toteutuskelpoisuus nousevat erityisen tärkeiksi tekijöiksi.
- VE1 (kaukoenergia) on toteutettavuudeltaan yksinkertaisin ja suoraviivaisin ratkaisu, joka vaatii myös vähän tilavarauksia alueelta (lähinnä kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkot). Lisäksi investointikustannukseltaan tämä oli selvästi edullisin vaihtoehto. Kaukolämpöverkko mahdollistaa myös VE2:n toteuttamisen tulevaisuudessa.
- Jos halutaan edistää paikallista lämpöpumpputuotantoa, niin VE2 soveltuu tähän hyvin. Korttelikohtaiset järjestelmät toteutuvat itsenäisinä yksiköinä, jotka vaiheistuvat luonnostaan korttelien rakentumisaikataulun tahtiin, jolloin ei vaadita niin suurta etupainotteista kertainvestointia. Tämä nähdään merkittävänä toteutuvuutta edistävänä tekijänä, erityisesti verrattuna keskitettyihin lämpöpumppuvaihtoehtoihin (VE3 - VE5).
- Keskitetyt lämpöpumppuvaihtoehdot (VE3-VE5) ovat toteutettavuudeltaan haasteellisimpia. Haasteena on esim. suuri alkuinvestointi yhdistettynä siihen että tuottoa saadaan vasta myöhemmin kun alueen rakennukset ovat valmiita, jolloin energianmyynti voidaan aloittaa. Tämän vuoksi saattaa olla haastava löytää halukkaita toimijoita investoimaan järjestelmään. Lisäksi keskitetyt lämpöpumppujärjestelmät on haastavampi rakentaa vaiheistetusti verrattuna korttelikohtaisiin järjestelmiin. Keskitettyjen ratkaisujen etuna on mm. että yksi toimija vastaa energiantuotannosta ja laitteiden ylläpidosta.

Jatkotoimenpiteet ratkaisun edistämiseksi

Jatkotoimenpide ehdotuksena on laatia tiekartta tyyppinen etenemispolku:

- Tunnistetaan energiajärjestelmän toteuttamisen prosessin keskeiset vaiheet lähtien tästä energiaselvityksestä ja päättyen valmiiseen energiajärjestelmään
- Tunnistetaan keskeiset toimijat ja organisaatiot ja niiden roolit ja vaikutusmahdollisuudet kyseisen prosessin eri vaiheissa
- Osallistetaan Tampereen Sähkölaitos mukaan miettimään heidän rooliaan prosessissa sekä järjestelmän yhteensovittamista heidän energiajärjestelmänsä kanssa
- Tunnistetaan kyseisen energiaratkaisun yksilöllisten ominaispiirteiden tuomat reunaehdot ja vaikutukset prosessiin
- Yhteensovitetään energiajärjestelmän toteutumisen prosessin vaiheet Viinikanlahden muiden suunnitteluvaiheiden kanssa.
- Varmistetaan yhteensovitus ja etäisyysvaatimukset muihin yhdyskuntateknisiin järjestelmiin, joita sekä korttelialueilla että kaduilla ja muilla yleisillä alueilla. Varmisteen yhteensovitus vihersuunnittelun kanssa.
- Tunnistetaan kaupunkiorganisaation eri henkilöiden ja osastojen vaikutusmahdollisuudet ja ohjauskeinot prosessin ja suunnittelun eri kohdissa. Kaupungin ohjauskeinoihin voi kuulua mm. asemakaavoituksen eri vaihtoehdot, tontinluovutusehdot, alueelliset erilliset sitoumukset jne.
- Luodaan tiekartta / etenemispolku jossa kuvataan aikajärjestyksessä askel kerrallaan prosessin vaiheet sisältäen kuka ja miten voidaan edistää tavoitetta energiajärjestelmän toteutumiseksi

Bright
ideas.
Sustainable
change.

RAMBOLL