

Document type

Raportti

Päivämäärä

10/2019

HIILINEUTRAALIN MALMIN LENTOKENTÄN ALUEEN ENERGIASELVITYS

HIILINEUTRAALIN MALMIN LENTOKENTÄN ALUEEN ENERGIASELVITYS

Projekti **Hiilineutraalin Malmin lentokenttäalueen energiaselvitys**
Vastaanottaja **Helsingin kaupunki, Kaupunkiympäristön toimiala, palvelut ja luvat, ympäristöpalvelut (Tilaaaja)**
Dokumentti **Raportti**
Pvm **10/2019**
Laatinut **Lari Rajantie, Santeri Siren, Anna-Maria Rauhala, Kreetta Manninen, Jukka Kopra, Erkki Karjalainen**
Tarkistanut **Mirja Mutikainen**
Hyväksynyt **Mika Kovanen**

Ramboll
P.O. Box 25
Itsehallintokuja 3
FI-02601 ESPOO
Finland

T +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
<https://ramboll.com>

SISÄLLYSLUETTELO

1.	Johdanto	3
1.1	Malmin lentokentän alue	3
1.2	Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma	4
1.3	Energiaselvityksen tavoitteet	5
1.4	Benchmarking-selvitys	5
2.	Energiantuotannon Laskennalliset tarkastelut	9
2.1	Alueen tiedot ja rakennusten energiantarve	9
2.2	Alueellisen energiantuotannon vaihtoehtoja	16
2.2.1	Kaukolämpö	17
2.2.2	Kaasulämmitys	17
2.2.3	Sähkökattila	17
2.2.4	Maalämpöjärjestelmä	18
2.2.5	Syvämaalämpöjärjestelmä	19
2.2.6	Kaukojäähdytys	19
2.2.7	Vedenjäähdytyskoneikot	19
2.2.8	Hybridilämpöpumppu (tai CHC)	20
2.2.9	Alueellinen matalalämpötilaverkosto	20
2.2.10	Aurinkosähköjärjestelmä	21
2.2.11	Jäteveden lämmöntalteenotto (JVLTO)	22
2.2.12	Alueellinen lämpölaite	22
2.3	Elinkaarikustannuslaskennan lähtökohdat	22
2.4	Energiantuotannon hiilidioksidipäästöt	24
2.5	Ratkaisuvaihtoehdot ja -skenaariot	26
2.6	Valittujen ratkaisujen tulokset	29
3.	Älykäs energiajärjestelmä ja toimintamallit	38
4.	Muut energiakonseptit	40
4.1	Lämmön kausivarastointi kallioperään	40
4.2	Sähkön kausivarastointi hiekkaan	40
5.	Arvio ratkaisuehdotusten toteutettavuudesta	41
5.1.1	Vaihtoehto 1: Kaukolämpö + Maalämpö & JVLTO lohkoissa (Skenaario 28)	41
5.1.2	Vaihtoehto 2 Maalämpö ja Sähkökattila lohkoissa (Skenaario 76) - tonttikohtainen	42
5.1.3	Vaihtoehto 3 Alueellinen maalämpö + Kaukolämpö (Skenaario 128)	43
5.1.4	Vaihtoehto 4 Alueellinen maalämpö + Lämpölaite (Skenaario 160)	44
5.1.5	Vaihtoehto 5 Alueellinen maalämpö + Kaukolämpö (Skenaario 280)	45
5.2	Johtopäätökset	46
6.	Tavoitteiden mukaisen kehityksen edistäminen	48
6.1	Tavoitteet ja ohjattavat asiat	48
6.2	Ohjauskeinot ratkaisuehdotusten edistämiseksi	49

6.2.1	Kokonaisuuden ohjaus	51
6.2.2	Kaavoitus	53
6.2.3	Tontinluovutusehdot	57
6.2.4	Rakentamisen valvonta, neuvonta, seuranta	60
6.2.5	Muu ohjaus	62
6.3	Alueellisten energiaratkaisujen rahoitus	65
6.3.1	Julkisten hankintojen hyödyntäminen	65
6.3.2	Julkinen rahoitus puhtaiden ratkaisujen kehityshankkeisiin	65
6.3.3	Julkinen rahoitus energiainvestointeihin	66
6.3.4	Yksityinen investointien rahoitus	67
6.4	Päästövähennysten seuraaminen	67
6.5	Yhteenveto tavoitteiden mukaisen kehityksen edistämisestä	68
7.	Yhteenveto	70
8.	Lähdeluettelo	73
	Liite 1 Tekniset tiedot	74
	Liite 2 Benchmarking selvitys	76

1. JOHDANTO

Yhdyskuntien lämmitys, viilennys ja sähköistys muodostavat suuren osan ihmiskunnan energiantarpeesta. Portinvartijana energiantuotannossa ovat energiayhtiöt sekä lainsäädäntö. Veroratkaisut, energianhinnoittelu tai syöttötariffit voivat oikein käytettyinä ohjata energiantuotantoa kohti uusiutuvia energianlähteitä. Vaikuttamisen paikka on yksittäiseltä kuluttajalla omassa kodissaan, mutta myös yhdyskuntasuunnittelijalla, joka kohtaa työssään energian tuotantoon ja kulutukseen liittyviä suunnittelukysymyksiä. (Dahlqvist-Solin et al., 2013)

Alueellinen energiatehokkuus tarkoittaa sitä, että ulkoiset ja sisäiset toiminnot kuluttavat mahdollisimman vähän energiaa. Energiatehokkuuteen kuuluu myös tuotetun ja kulutetun energian haitallisten ympäristövaikutusten, kuten kasvihuonekaasupäästöjen, minimointi.

Helsingin kaupungin tavoitteena on saavuttaa hiilineutraalius vuonna 2035 ja sen toteuttamiseksi kaupunki on laatinut Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelman. Toimenpideohjelman mukaisesti Helsingin kaupunkialueelle rakentuvan uudisrakennuskannan energiankulutuksen tulee alentua merkittävästi, paikallisen uusiutuvan energiantuotannon kasvaa ja keskitetyn energiantuotannon päästöjen laskea merkittävästi.

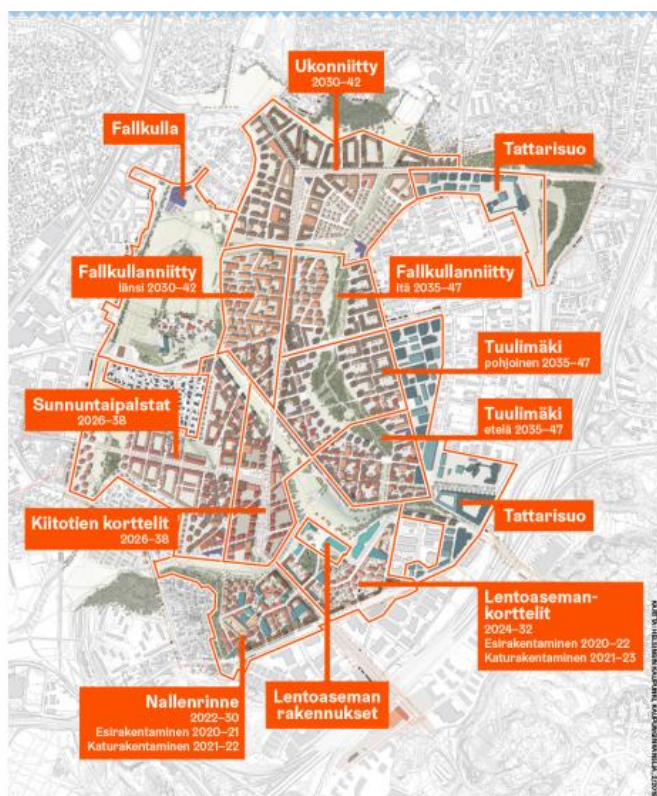
Hiilineutraalin Malmin lentokenttäalueen energiaselvitys on Helsingin kaupungin tilaama selvitystyö, joka sisältää erilaisia skenaarioita, joiden pohjalta alueen suunnittelu ja energiaratkaisuja voidaan ohjata kaupungin suunnittelu- ja päätöksenteonprosesseissa kohti hiilineutraaliustavoitetta. Selvitys keskittyy erityisesti alueelle tulevien rakennusten energiankulutuksen ja alueellisen energiantuotannon päästöttömyyteen.

Työn ohjaamista varten muodostettiin ohjausryhmä, jonka jäsenet olivat Kimmo Kuisma (ohjausryhmän puheenjohtaja/Helsingin kaupunki), Kaarina Laakso (Helsingin kaupunki), Jari Viinanen (Helsingin kaupunki), Petteri Huuska (Helsingin kaupunki), Miia Pasuri (Helsingin kaupunki), Jouni Kivirinne (Helen), Kaisa Jama (Helsingin kaupunki), Juha Viholainen (HSY), Mira Jarkko (Helsingin kaupunki), Katri Kuusinen (Helsingin kaupunki), Alpo Tani (Helsingin kaupunki) ja Valtteri Heinonen (Helsingin kaupunki).

1.1 Malmin lentokentän alue

Malmin lentokentän alue on uuden yleiskaavan merkittävin uusi rakentamisalue. Alueesta suunnitellaan monipuolista ja korkeatasoista, ja sinne tulee kaikkia eri asumisvaihtoehtoja. Rakentaminen Malmin lentokentällä ja sen ympäristössä alkaa suunnitelmien mukaan 2020-luvulla. Kerrosalatavoite on 1,35 miljoonaa kerrosneliometriä, josta 250 000 kerrosneliometriä on toimitilarakentamista sekä palveluita. Asukkaita alueelle voi tulla noin 25 000 (asuntoja noin 13 500). Suunnitelmissa varaudutaan lisäksi noin 2 000 työpaikan sijoittumiseen sekä kahden uuden koulun ja tarvittavien päiväkotien rakentamiseen. Alueelle suunnitellaan lähikeskustaa palveluineen ja työpaikkoineen.

Malmin lentokentän alueelle on laadittu kaavarunko, joka on asemakaavaa yleispiirteisempi ja yleiskaavaa yksityiskohtaisempi ohjeellinen maankäyttösuunnitelma, jolla ei ole oikeusvaikutuksia. Kaavarungossa esitetään yleispiirteisissään alueen kortteli- ja viherrakenne, liikennematkaisu sekä palveluiden ja virkistysmahdollisuuksien järjestäminen. Kaavarunko valmistui loppuvuodesta 2016.



Malmin lentokentän alueen rakentamisjärjestys. Kuva: Helsingin kaupunki, kaupunginkanslia

Asemakaavoitus on tarkoitus toteuttaa vaiheittain siten, että ensimmäisten osien esirakentaminen voisi alkaa vuonna 2020. Toteuttamisen arvioidaan kestävän noin 25–30 vuotta. Uusi kaupunkirakenne jaetaan 7–10 osa-alueeseen, joista jokainen suunnitellaan erikseen omalla teemallaan. Vuonna 2019 päätöksenteossa ovat ensimmäisten asuinalueiden eli Nallenrinteen ja Lentoesemankortteleiden asemakaavamuutokset sekä Malmin lentoeseman rakennusten suojelukaava. (Helsingin kaupunki, 2019)

Aluetta palvelee tulevaisuudessa poikittainen Raide-Jokeri 2 -yhteys sekä Viikki-Malmi (Viima) -pikaraitiotie, joka kulkee kantakaupungista Viikin kautta lentokentän alueen läpi pohjoiseen. (Helsingin kaupunki, 2019)

1.2 Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma

Helsingin kaupunkistrategiassa 2017-2021 on asetettu tavoitteeksi hiilineutraali Helsinki 2035 mennessä: päästöjä vähennetään 80 % ja 20 % kompensoidaan siten, että Helsinki huolehtii päästövähennysten toteutumisesta muualla. Helsingin kasviuonekaasupäästöjen merkittävimpiä lähteitä ovat lämmitys, sähkönkäyttö ja liikenne. Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma on kaupunginhallituksen hyväksymä ja kertoo, miten päästövähennykset käytännössä toteutetaan. Osa päästövähennystoimenpiteistä on suoraan kaupungin vastuulla, mutta suuri osa toimenpiteistä edellyttää asukkaiden, yritysten ja muiden organisaatioiden toimenpiteitä. Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma keskittyy kaupungin rajojen sisäpuolella syntyviin päästöihin ja niihin päästövähennystoimenpiteisiin, joita kaupunkiorganisaatio voi omilla ohjauksineillaan tai omistajuudellaan edistää. Toimenpideohjelman toimenpiteet on jaettu seuraaviin osa-alueisiin:

- 1) Liikenne
- 2) Rakentaminen ja rakennusten käyttö
- 3) Kuluttaminen, hankinnat, jakamis- ja kiertotalous,
- 4) Smart & Clean -kasvu,
- 5) Helenin kehitysohjelma,
- 6) Hiilinielut ja päästöjen kompensointi,
- 7) Viestintä ja osallistaminen sekä
- 8) Ilmastotyön koordinointi, seuranta ja arviointi.

1.3 Energiaselvityksen tavoitteet

Hiilineutraalin Malmin lentokentän energiaselvityksessä esitetään, kuinka alueen energiankulutus ja -tuotanto voidaan saada hiilineutraaliksi Helsingin ilmasto-ohjelman mukaisesti. Selvitys sisältää ehdotuksen, jonka pohjalta alueen suunnittelua ja energiaratkaisuja voidaan ohjata kaupungin suunnittelu- ja päätöksentekoprosesseissa kohti hiilineutraaliustavoitetta. Selvitys keskittyy alueelle tulevien rakennusten energiankulutuksen ja alueellisen energiantuotannon päästöttömyyteen. Selvitys keskittyy ensimmäisinä asemakaavoitukseen tuleviin alueisiin (Nallenrinne ja Lentoasemankorttelit), mutta esitetyt ratkaisut ovat skaalattavissa koko lentokenttäalueelle, joka rakentuu vaiheittain.

Selvitystyön energiataseen ja skenaarioiden mallinnuksessa on hyödynnetty Ramboll kehittämää palvelua alueellisten energiaratkaisujen suunnitteluun ja tarkasteluun. Palveluun sisältyy mm. rakennuskannan ja erilaisten energiantuotantoteknologioiden simuloinnit, sekä arviointi niiden vaikutuksista energia- ja elinkaarikustannuksiin sekä energianhankinnan CO₂-päästöihin. Skenaariotarkastelut ja tulosten visualisoinnit voidaan esittää erilaisilla karttapohjilla ja käyttöliittymillä.

1.4 Benchmarking-selvitys

Osana Hiilineutraali Malmin lentokenttäalueen energiaselvitystä tehtiin benchmarking-tutkimus sopiviin verrokkikohteisiin Suomeen ja ulkomaille. Kohteet valittiin selvityksen ohjausryhmän kanssa. Tutkimuksessa hyödynnettiin julkisia tietoja ja haastatteluita. Tutkittavat kohteet olivat:

1. Vauban, Freiburg, Saksa
2. Skanssi, Turku, Suomi
3. Hiukkavaara, Oulu, Suomi
4. Royal Sea Port, Tukholma, Ruotsi
5. Nordhavn, Kööpenhamina, Tanska
6. Carlsbergbyen, Kööpenhamina, Tanska
7. Finnöö, Espoo, Suomi
8. Hagastaden, Tukholma, Ruotsi

Taulukossa 1 on esitetty Malmin lentokenttäalueen kehittämisen kannalta tärkeimmät opit yhteenvetona. Tarkempi benchmarking-selvitys on liitteenä 2.

Taulukko 1: Tärkeimmät opit benchmarking-kohteista Malmin lentokenttäalueelle

Energianäkökulmat	Hiilineutraaliusnäkökulmat	Ohjauskeinot	Muut tärkeimmät opit
Vauban, Freiburg, Saksa (Alue rakennettu, noin 5 500 asukasta, 40 ha)			
Aurinkoenergia. Uusiutuviin pohjautuva kaukolämpöverkko (oma CHP-laitos). Keskitetty aurinkolämpölaitos.	Panostus pyörä- ja raideliikenteeseen, vähennetään liikkumistarvetta palvelujen sijoittelulla	Kaavamääräyksillä suuri merkitys ohjauksessa. Matalaenergiarakentaminen pakollinen alueella (tontinluovutusehdoissa ja kauppaehdoissa määritelty vaadittu energiataso). Sidosryhmäkehittämistä sekä yhteisrakentamista.	Profiloitunut kestävän kehityksen mallialueeksi. Sekarakentamista kortteilla (yksityistä rakentamista, vuokra-asuntotuotantoa sekä julkisia palveluja sekaisin) Asuinkorttelit rauhoitettu autoilulta.
Skanssi, Turku, Suomi (Rakentamisaika 2016-2030, alue 85 ha)			
Kaksisuuntainen matalalämpötilaverkko, erilaiset paikallisen lämmöntuotannon ratkaisut. Kaukojäähdytys.	Turun tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2029 mennessä.	Tontinluovutusehtojen energialiitteellä kehitetään asumisen energiatehokkaita ratkaisuja ja varmistetaan, että alueella voidaan myös pilotoida uusia ratkaisuja.	Sidosryhmien, kuten rakennuttajien, kanssa käyty tiiviisti läpi ratkaisuja ja vaikutuksia.
Hiukkavaara, Oulu, Suomi (Rakentaminen alkamassa, alue 1 462 ha)			
Uusiutuvan energian pilottialue, jossa voi kokeilla eri teknologioita.	Oulun tavoitteena on olla hiilineutraali vuonna 2040.	Integroivan kaupunkisuunnittelun käytännöt, jossa eri sidosryhmät tuodaan mukaan suunnitteluun josta alkuvaiheessa ja ovat mukana alueen koko elinkaaren ajan. Uusiutuvan energian pilottialue, jossa voidaan kokeilla ja vertailla teknologioita.	Talvikaupunki-strategia
Royal Sea Port, Tukholma, Ruotsi (Rakentaminen alkanut 2011, 236 ha)			
Panostus rakennusten energiatehokkuuteen ja lähes nollaenergiarakentamiseen. Matalalämpöverkko. Pilotointia jäteveden lämmöntalteenotossa.	Tavoitteena -80 % vähennys CO ₂ -päästöissä. Alueesta tulee resurssiviisas alue, jolla on pieni ympäristövaikutus.	Kiinteistökehittäjien ja rakennuttajien tulee osallistua seminaareihin projektin alkuvaiheessa. Tilaisuuksissa keskustellaan alueen tavoitteista. Tontinluovutusvaiheessa tarkat tavoitteet, joihin sidosryhmät sitoutuvat. Kaupunkikirjan sopimusliitteenä energiankäytön tavoitteet.	Vuosittainen raportointi alueen kestävän kehityksen tavoitteista ja seurannasta. Kahden vuoden päästä rakentamisesta raportoidaan toteutunut energiankulutus.

Nordhavn, Kööpenhamina, Tanska (suunnitteluvaiheessa)			
<p>Älykäs, joustava, integroitu energiajärjestelmä yhdistää sähkön, lämmityksen, rakennukset ja liikenteen.</p> <p>Keskitetysti ohjataan energiankulutusta joustavammaksi, esimerkiksi lataamalla akkuja ja ohjaamalla energiankäyttöä sääennusteiden mukaan.</p> <p>Neljän vuoden Energylab-hanke, joka toimii kokeellisena alustana uusille energiaratkaisuille.</p>	<p>Kööpenhaminan tavoitteena on olla hiilineutraali vuonna 2025.</p>		
Carlsbergbyen, Kööpenhamina, Tanska (suunnitteluvaiheessa)			
<p>Tavoitteena olla plus-energia-alue. Suurilla kiinteistöillä on kaukolämpöön liittymisvelvoite, jolla pyritään kustannustehokkuuteen ja ympäröivän infran hyödyntämiseen.</p>	<p>Kööpenhaminan tavoitteena on olla hiilineutraali vuonna 2025.</p> <p>Tavoitteena, että hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ja elämänlaadun parantaminen.</p>	<p>Alueen master planissa optimoitiin energiankulutusta massoituksella ja sijoittelulla (käytettiin kaavoituksen pohjana).</p>	<p>Vanha Carlsbergin panimoalue, jota täydennysrakennetaan (osa rakennuksista suojellaan ja otetaan uusiokäyttöön).</p>
Finnoo, Espoo, Suomi (Rakentaminen 2019-2030)			
<p>Kaukolämpö- ja kaukojäähdytysjärjestelmät, joilla pyritään pitämään energiat suljetussa kierrossa.</p> <p>Alueelle tehty energiasuunnitelma, joka keskittyy kokonaisuuteen.</p>	<p>Espoon tavoitteena on olla hiilineutraali vuonna 2030.</p> <p>Hyvät joukkoliikenneyhteydet (mm. metro).</p> <p>Lähipalvelut kävelyetäisyyksien päässä.</p> <p>Rakennusmateriaalien päästöjen huomioiminen.</p> <p>Energiatehokas kestävä kehityksen mallialue, jonka tavoitteena on olla hiilineutraali asuinalue.</p>	<p>Rakennuttajien sitouttaminen. Kaavoituksessa huomioitu energiatehokkuus.</p> <p>Tontinluovutuskilpailujen ehdot.</p> <p>Espoon kaupungin kestäväan kehitykseen tähtäävien kaavaratkaisuiden ja tontinluovutusehtojen pilottikohte.</p> <p>Tarkoitus kehittää ”Markkinaohjautuva energiatehokkuuden kehityskonsepti”.</p>	<p>Finnosta tavoitellaan kestäväan kaupunkirakentamisen edelläkävijää.</p>

Benchmarking-kohteet edustivat laaja-alaisesti erilaisia pohjoismaisia aluekehitysprojekteja, joissa energianäkökulmaa oli käsitelty monipuolisesti. Teknologioiden osalta työssä hyödynnettiin jonkin verran bm-tutkimuksen tuloksia: erityisen kiinnostavia Malmin lentokenttäalueen kannalta olivat Skanssin matalalämpöverkko, Vaubenin laaja aurinkoenergian hyödyntäminen ja Nordhavenin älykäs energiajärjestelmä. Kehityksen edistämisen kannalta ja ohjauskeinojen kannalta erityisen hyödylliseksi tunnistettiin Royal Sea Portin ohjausryhmä, Finnoon tontinluovutusehdot ja sen energialiite. Tärkeimmät opit benchmarking-kohteista olivat energianäkökulman merkittävyys ja monipuolinen käsittely (energiantuotanto, energiatehokkuus, älykkäät energiajärjestelmät) sekä kunnianhimoisten tavoitteiden tärkeys kehityksen edistäjänä.

2. ENERGIANTUOTANNON LASKENNALLISET TARKASTELUT

Malmin lentokentän alueella sijaitseville Nallenrinteen ja Lentoasemankorttelien osa-alueiden energiankäytölle suoritettiin laskennalliset tarkastelut. Tarkastelut painottuivat eri tyyppisten lämmön, jäädytyksen -ja sähköntuotantoratkaisuiden vertailuihin. Erityyppiset älykkäät teknologiat, kuten kysyntäjoustoratkaisut rajattiin laskennallisten tarkastelujen ulkopuolelle. Niitä on käsitelty erikseen raportin luvussa 3 ja ohjauskeinoissa.

Tässä työssä suoritettut laskennalliset tarkastelut sisältävät lukuisia arvioita, oletuksia ja yksinkertaistuksia liittyen niin teknisiin, kuin taloudellisiin parametreihin ja lähtöarvoihin. Tämän vuoksi tarkastelun tulokset ovat suuntaa-antavia, ja niiden tarkoitus on tuoda esiin suuruusluokat, ei esittää absoluuttista totuutta.

Tarkastelut voidaan karkeasti jakaa kahteen vaiheeseen. Ensin määritettiin alueen rakennusten energiantarpeet, eli kuinka paljon rakennukset kuluttavat lämpöä, jäädytystä ja sähköä, ottamatta kantaa energiantuotantomuotoihin. Toisessa vaiheessa vertailtiin erityyppisiä energiantuotantoratkaisuja, joilla rakennusten energiantarve voidaan kattaa.

Tarkasteluun sisällytettiin tuotantoratkaisujen vaikutukset alueen energiataseeseen, elinkaarikustannuksiin ja CO₂-päästöihin.

Alueen energijärjestelmän mallinnus on toteutettu Rambollin kehittämässä dynaamisessa tuntitason tarkasteluun pohjautuvassa simulointiympäristössä. Mallinnuksessa on otettu huomioon alueen rakennusten energiantarpeet, sekä kaikki alueellisen energijärjestelmän keskeiset osatekijät ja niiden keskinäinen dynamiikka ja toiminta yhtenä kokonaisuutena. Mallin avulla on mahdollista helposti vertailla useiden eri tuotantomuotojen vaikutusta energiataseeseen, elinkaarikustannuksiin sekä päästöihin. Mallilla tarkasteltiin 284 eri vaihtoehtoa toteuttaa Nallenrinteen ja Lentoasemankortteleiden energiantuotanto. Kaikki tarkastelut suoritettiin tunnin tarkkuudella ja tulokset vietiin visualisointiympäristöön, jossa niiden käsittely, vertailu ja analysointi on helppoa ja tehokasta.

2.1 Alueen tiedot ja rakennusten energiantarve

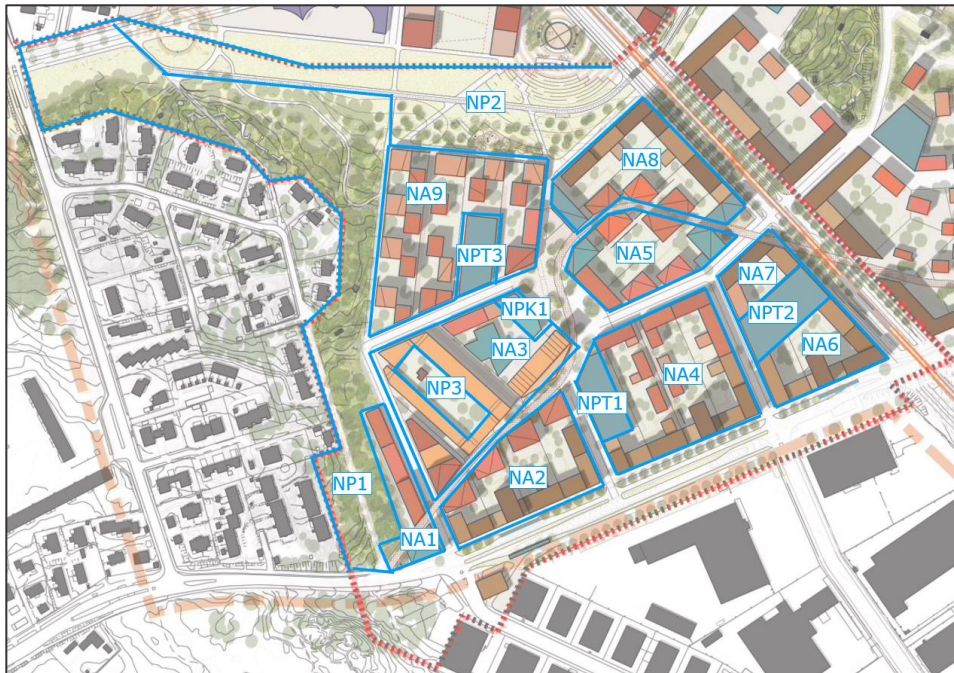
Molemmat tarkasteltavat alueet (Nallenrinne ja Lentoasemankorttelit) koostuvat valtaosin asuinkerrostaloista. Lisäksi alueelle on kaavoitettu koulu- ja päiväkotirakennuksia, asuinrakennusten kivijaloissa sijaitsevia liiketiloja, paloasema, parkkihalleja sekä päivittäistavarakauppa. Alueet jaettiin 28:aan erilliseen lohkokon, perustuen karkeasti korttelien jakautumiseen (Kuva 1). Lohkot käsiteltiin erillisinä energiaa kuluttavina yksiköinä, joille kullekin määritettiin tuotantojärjestelmät erikseen. Jokaiselle lohkolle arvioitiin tuntitasolla vuosittainen lämmön-, sähkön- ja jäädytyksentarve. Rakennusten energiantarpeet määritettiin niin, että ne vastaavat mahdollisimman hyvin nykyrakentamisen tasoa.

Lohkoille lasketut energiantarpeet perustuvat tuntitasoiseen energiankulutusdataan. Asuinkerrostalojen osalta energiantarpeet perustuvat vuosina 2013-2018 valmistuneiden asuinkerrostalorakennusten tuntikohtaiseen mittausdataan. Muiden rakennustyyppien osalta kulutustiedot perustettiin yksittäisten rakennusten mittausdataan sekä simulointidataan.

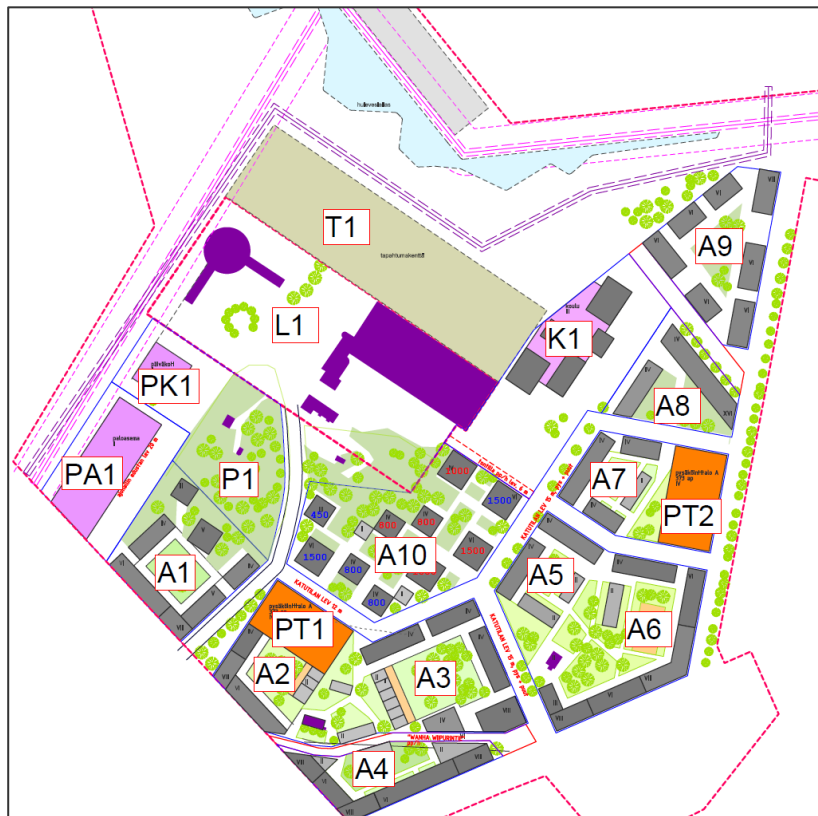
Kaikille rakennustyypeille määritettiin erikseen sähkön, tilalämmityksen, lämpimän käyttöveden, ja jäädytyksen energiantarpeet. Tässä kohtaa mainittu sähköntarve viittaa kaikkeen muuhun paitsi energiantuotannon sähköntarpeeseen (kuten lämpöpumppujen sähköntarve). Energiantuotannon sähköntarve määräytyi varsinaisten simulointien pohjalta ja riippuu aina valitusta

tuotantovaihtoehdosta. Näiden lisäksi asuinrakennuksille on määritetty myös sähköautojen lataamisen kulutusprofiili, joka kasvattaa alueen sähköntarpeen perusprofiilia ilta-aikaan. Asuinkerrostaloissa oletettiin olevan tuloilman viilennys, mutta ei tilajäähdytystä. Liiketiloiille on oletettu täysi jäähdytysmitoitus ja tehokas poistoilman lämmöntalteenotto. Laskennassa on oletettu, että energiantarve pysyy samana koko elinkaaren ajan.

Energiantarpeiden arviot perustettiin energialaskennan vuoden 2012 vyöhykkeen I testisäädään (TRY2012). Kaikki mittausdatat sääkorjattiin vastaamaan tätä säätiedostoa.



Kuva 1. Havainnekuva Nallenrinteen alueen lohkojaosta

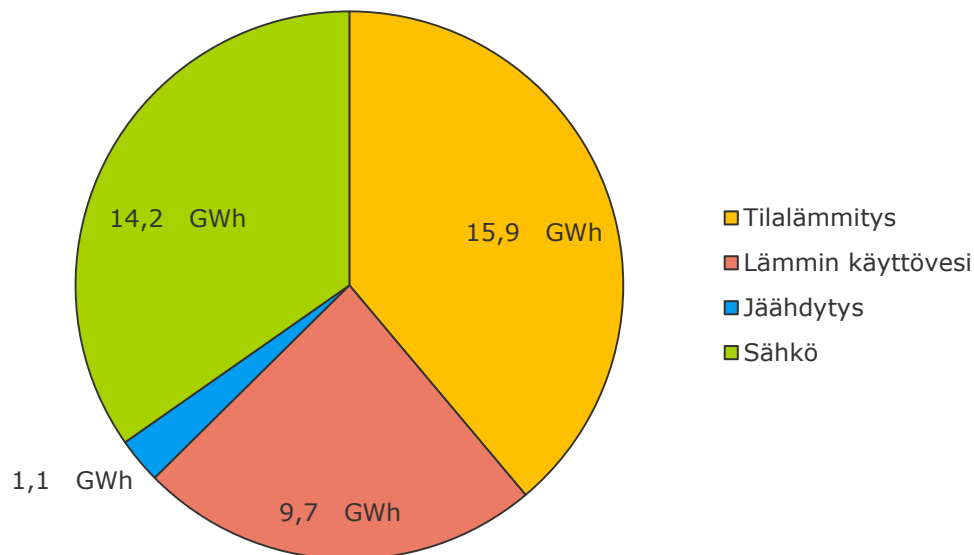


Kuva 2. Havainnekuva Lentoasemankortteliin lohkojaosta

Taulukko 2. Nallenrinteen ja Lentoseman korttelien lohkojen rakennustyytit ja laajuustiedot

Nallenrinteen korttelit		Pinta-alat (m ²)	Lentosemankorttelit		Pinta-alat (m ²)
NA1	Asuinkerrostalo ja liiketila	4100 + 100	LA1	Asuinkerrostalo	9800
NA2	Asuinkerrostalo ja liiketila	18400 + 300	LA2	Asuinkerrostalo	5780
NA3	Asuinkerrostalo ja liiketila	18500 + 200	LA3	Asuinkerrostalo	11600
NA4	Asuinkerrostalo ja liiketila	23000 + 400	LA4	Asuinkerrostalo	10800
NA5	Asuinkerrostalo ja liiketila	8500 + 200	LA5	Asuinkerrostalo	4200
NA6	Asuinkerrostalo ja liiketila	12700 + 500	LA6	Asuinkerrostalo	13750
NA7	Asuinkerrostalo ja liiketila	5000 + 200	LA7	Asuinkerrostalo	4400
NA8	Asuinkerrostalo ja liiketila	20400 + 600	LA8	Asuinkerrostalo	10800
NA9	Asuinkerrostalo ja liiketila	18100 + 100	LA9	Asuinkerrostalo	13700
NPT1	Parkkitalo	5750	LA10	Asuinkerrostalo	10470
NPT2	Päivittäistavarakauppa ja Parkkitalo	2000 + 10600	LK1	Koulu	10000
NPT3	Parkkitalo	5750	LPA1	Paloasema	4800
NPK1	Päiväkoti	1500	LPK1	Päiväkoti	1500
			LPT1	Parkkitalo	9400
			LPT2	Parkkitalo	9750

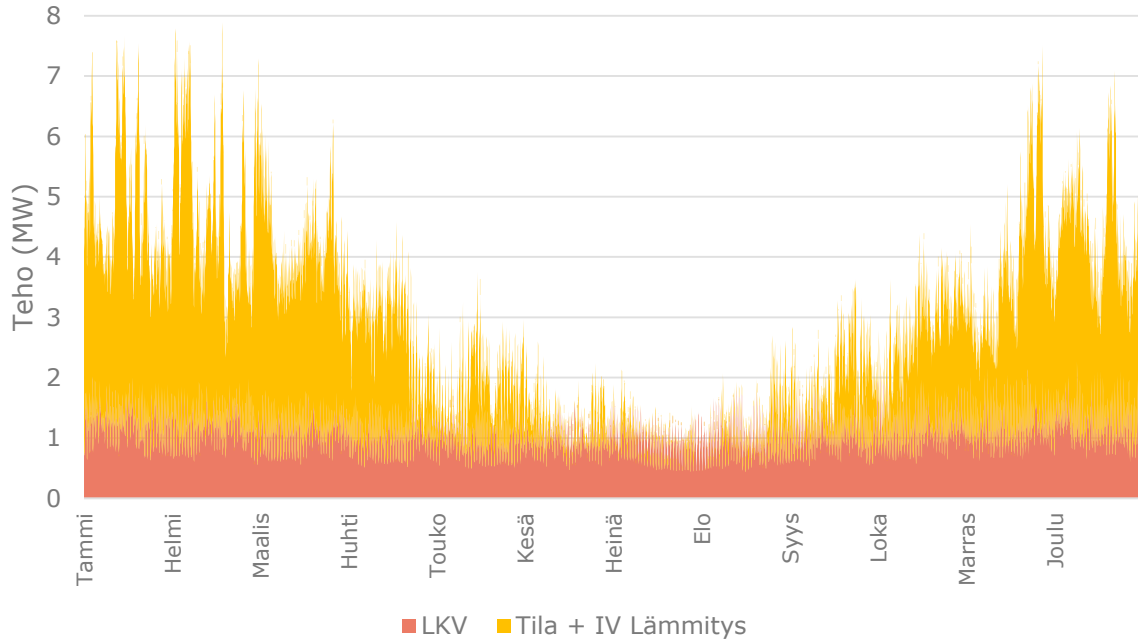
Tarkasteltavien alueiden kiinteistöjen yhteispinta-ala ilman parkkitaloja on noin 246 000 kem², josta on asuinrakennuksia 224 000 kem². Koko alueen vuosittaiset nettoenergiantarpeet ovat esitetty alla vuosi- ja tuntitasolla kuvissa 3-6.



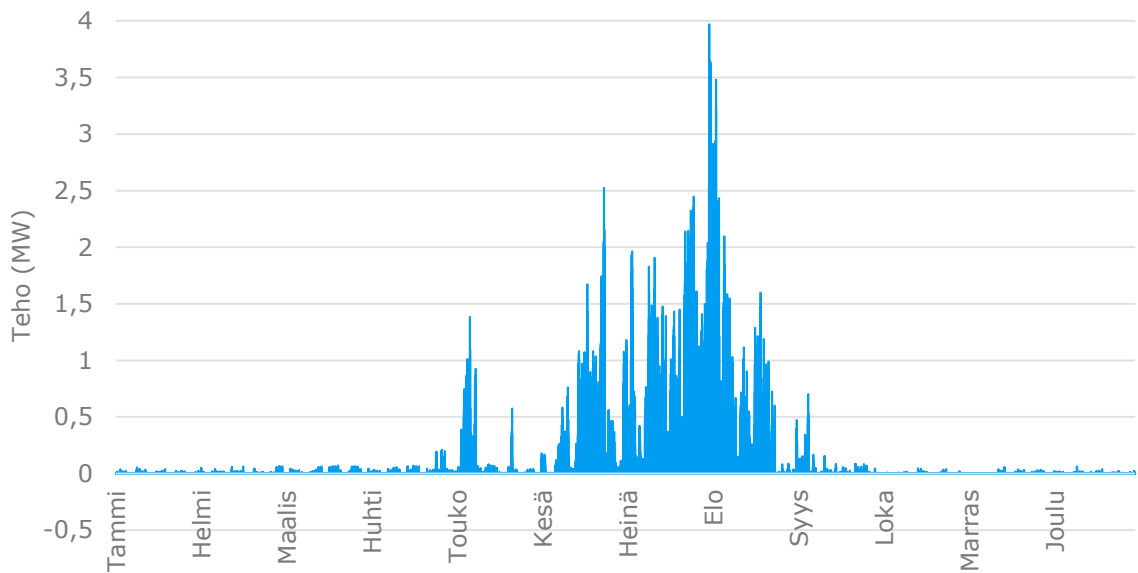
Kuva 3 Alueen energiatarpeet

Alueen kokonaisenergiantarve on noin 41 GWh, josta valtaosa on tilalämmityksen tarvetta. Lämmityksen huipputehontarve on noin 7,5 MW, jäähdytyksen noin 4 MW ja peruskuorman sähkön noin 2,6 MW. Suurin vaihtelu tehontarpeessa on jäähdytyksessä, jossa voidaan nähdä kesällä

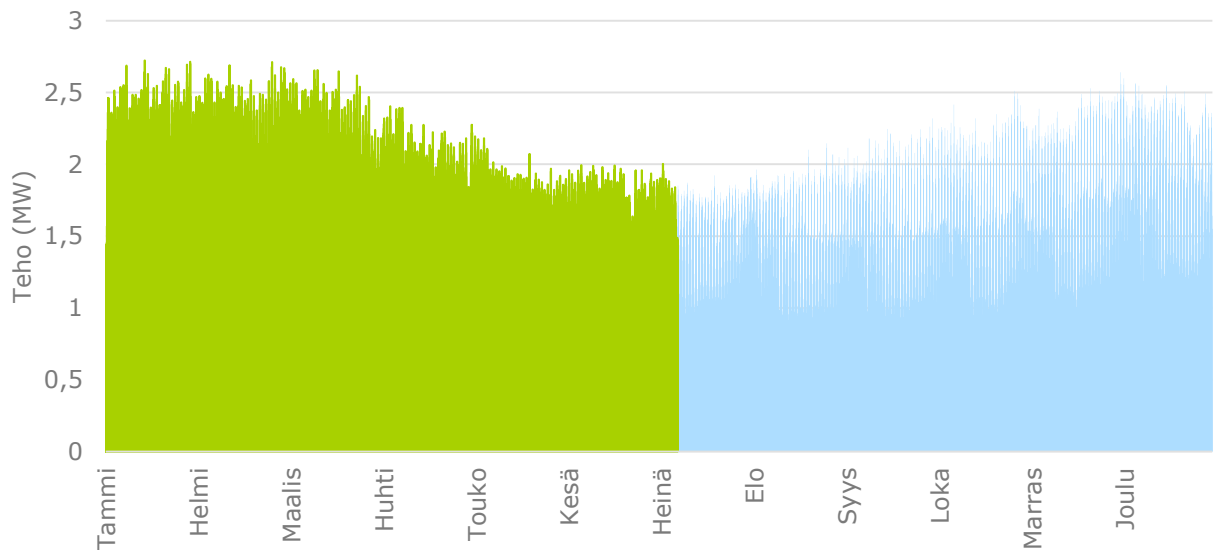
tulevan isoja tehonvaihteluja. Lämmityksessä on myös selkeä ero kesän ja talven välillä, jossa tila- ja ilmanvaihdon lämmityksen (IV) tarve vähenee kesällä hyvin pieneksi. Lämpimän käyttöveden (LKV) tehontarve on samantasoinen vuoden ympäri.



Kuva 4 Alueen tuntipohjainen lämmitystarve



Kuva 5 Alueen tuntipohjainen jäähdytysenergiatarve



Kuva 6 Alueen tuntipohjainen peruskuorman sähköntarve, joka pitää sisällään kaiken muun sähkönkäytön paitsi energiantuotantoon liittyvän sähkön (esim. lämpöpumppujen tarvitsema sähkö)

Erillistarkastelu: Ilmastonmuutoksen vaikutus alueen energiantarpeeseen

Edellä kuvatut lämmityksen ja jäähdytyksen energiantarpeet määritettiin vuoden 2012 säädatan lisäksi myös energialaskennan vuoden 2050 testisään mukaisesti (TRY2050) vuodelle 2050.

Näin arvioitiin ilmastonmuutoksen vaikutuksia alueen rakennusten energiantarpeisiin ja energiajärjestelmän toimintaan. Huomaa että luvussa 2.6 esitetyt tarkastelujen tulokset ja valitut ratkaisut pohjautuvat vuoden 2012 säädatalla suoritettuihin simulointeihin.

Vuoden 2050 sääolosuhteessa rakennusten tila- ja IV lämmityksentarve laskee noin **20%** verrattuna vuoden 2012 sääolosuhteeseen.

Vastaavasti jäähdytysenergiantarve kasvaa jopa noin **45%**.

Erillistarkastelu: Asuinkerrostalojen jäähdytys

Pelkän tuloilman viilennyksen lisäksi tarkasteltiin erikseen tapausta, jossa asuinkerrostaloissa on myös tilajäähdytys. Tilajäähdytyksellä voidaan varmistaa asunnoissa sisälämpötilaolosuhteen pysyvyys tavoitteessa selvästi paremmin kuin vain tuloilman viilennyksellä.

Tilajäähdytyksen lisääminen kasvatti asuinkerrostalojen jäähdytysenergiantarpeen ja jäähdytysjärjestelmien sähköenergiantarpeen noin **1,6 -kertaiseksi**.

Alueen jäähdytystarve on tässäkin tapauksessa suhteellisen pieni, verrattuna lämmitystarpeeseen.

2.2 Alueellisen energiantuotannon vaihtoehtoja

Laskennalliset tarkastelut sisälsivät joukon eri tyyppisiä lämmön, jäähdytyksen ja sähkön tuotantoteknologioita. Näiden teknologioiden pohjalta muodostettiin joukko vaihtoehtoisia tapoja (skenaarioita) toteuttaa alueen energiahankinta.

Tässä luvussa kuvataan yleisellä tasolla nämä teknologiat, niihin liittyviä oletuksia, niiden edut ja haitat, sekä yleiset mitoitusperusteet. Liitteessä 1 on kuvattu tarkemmin eri teknologioiden teknisiä tietoja.

Monissa tarkastelluissa skenaarioissa käytettiin useita eri lämmitys -ja jäähdytysteknologioita rinnakkaisesti niin sanottuina hybridijärjestelminä. Tällaisissa tapauksissa valittiin ns. ensisijainen ja toissijainen energiantuotantomuoto. Esimerkiksi maalämpöä käytetään tyypillisesti ensisijaisena lämmitysmuotona peruskuorman tuotantoon ja sen rinnalla on joku toissijainen tuotantomuoto, jolla katetaan huipputehoja.

Tarkasteluun sisällytetyt energiantuotantoskenaariot on tarkemmin kuvattu luvussa 2.5.

Tarkastelussa käytetyt lämmityksen tuotantoratkaisut voidaan jakaa kahteen kategoriaan:

1. Alueelliset lämmitysratkaisut

Alueelliset ratkaisut ovat keskitettyjä energiantuotantoyksiköitä, joiden tuottama lämpö jaetaan paikallisen lämmönjakeluverkoston kautta alueella sijaitseville rakennuksille. Tällaisia tuotantoyksiköitä ovat esimerkiksi: keskitetty maalämpöjärjestelmä, paikallinen lämpölaite, perinteinen kaukolämpö, jne.

2. Lohkokohtaiset lämmitysratkaisut

Nämä ovat rakennusten yhteyteen sijoitettuja hajautettuja tuotantoyksiköitä. Niistä tuotetaan lämpöä paikallisesti suoraan rakennuksille, joten niiden käyttö ei vaadi alueellista lämmönjakeluverkostoa. Tällaisia tuotantoyksiköitä ovat esimerkiksi: paikallinen maalämpöjärjestelmä, kaasu- ja sähkökattilat, liitäntäpiste alueelliseen lämpöverkkoon jne.

Jäähdytykselle ei olla tarkasteltu keskitettyjä tuotantoyksiköitä, jotka syöttäisivät jäähdytystehoa alueelliseen jäähdytysverkostoon. Jäähdytyksen osalta tuotantoratkaisut ovat siis kaikki lohko-kohtaisia, kuten myös liitäntäpiste perinteiseen kaukojäähdytysverkostoon.

Sähköntuotannon osalta ollaan tarkasteltu ainoastaan hajautettua aurinkosähköjärjestelmää, jossa paneelit asennetaan talojen katoille. Aurinkolämpö ollaan rajattu laskennallisista tarkasteluista pois, koska nähtiin aurinkosähkön olevan monikäyttöisempi ja taloudellisesti kannattavampi tapa hyödyntää aurinkoenergiaa. Aurinkoenergian kausivarastointia on käsitelty konseptitasolla luvussa 4.

Laskennalliset tarkastelut rajattiin myös energiantuotannon osalta koskemaan ainoastaan Nallenrinteen ja Lentoasemankorttelien alueita. Siten käsiteltävät energiantuotantoratkaisut on mitoitettu ja suunniteltu palvelemaan vain näitä kahta aluetta. Toisin sanoen laskennallisessa tarkastelussa ei otettu kantaa siihen, millä tavalla nämä järjestelmät voisivat palvella suurempaa aluetta.

2.2.1 Kaukolämpö

Kaukolämpö on Suomessa yleinen tapa lämmittää rakennuksia. Helsingissä kaukolämmön tuottaa ja toimittaa Helen Oy. Kaukolämpöverkon omistaa myös Helen Oy, johon alueen rakennukset tekevät omat liittämäsopimukset.

Tarkastelluissa skenaarioissa kaukolämpöä hyödynnettiin sekä rakennusten ensisijaisena lämmitysmuotona ja joissain tapauksissa toissijaisena. Esimerkiksi maalämmön rinnalla toimiva kaukolämpö käsiteltiin aina toissijaisena lämmitysmuotona, jolla katetaan lähinnä huipputehoja.

Tarkasteluissa kaukolämpö on lokeroitu alueelliseksi lämmöntuotantoratkaisuksi. Oletuksena on, että jokainen rakennus tekee perinteiseen tapaan oman kaukolämpösopimuksen ja jokaisella talolla on oma kaukolämmön alakeskus.

Vahvuudet	Heikkoudet
<ul style="list-style-type: none"> + Vakiintunut ja yleisesti käytössä oleva teknologia + Alkuinvestoinneiltaan edullinen + Vaatii vähän huoltoa ja ylläpitoa + Toimintavarma 	<ul style="list-style-type: none"> - Elinkaarikustannukset ja hiilijalanjälki riippuvat suurilta osin energiayhtiöstä. (Helenin tavoite on olla hiilineutraali vuonna 2035)

2.2.2 Kaasulämmitys

Kaasulämmityksessä poltetaan kaasua paikallisessa kaasukattilassa kattamaan kiinteistön lämmitystarvetta. Alueen rakennukset voidaan liittää kaasuverkkoon, jota hallinnoi Suomen kaasenergia Oy. Kaasuverkosta voi ostaa sekä maakaasua että biokaasua.

Tarkasteluissa kaasukattiloita käytetään ainoastaan lohkokohtaisena ratkaisuna. Lohkoon tulee yksi kaasuliitäntä ja lämpö tuotetaan koko lohkolle yhdellä keskitetyllä kattilalaitoksella, energiayhteisöperiaatteella. Kaasukattiloita on tarkasteltu sekä ensisijaisena, että huipputehontarpeen kattavana lämmitysmuotona.

Vahvuudet	Heikkoudet
<ul style="list-style-type: none"> + Yksinkertainen lämmöntuottomuoto + Nopea ylösajo mahdollistaa nopean reagoimisen lämpötarpeen vaihteluihin 	<ul style="list-style-type: none"> - Verraten kalliit käyttökustannukset - Maakaasulla korkeat päästöt ja biokaasun tuotanto rajallista - Maakaasun käytöstä aiheutuu hiilidioksidipäästöjä polton yhteydessä ja riskinä on putkesta vuotavat metaanipäästöt.

2.2.3 Sähkökattila

Sähkökattilassa sähkövastus lämmittää veden suoraan kiinteistön tarpeeseen, sekä tilalämmityksen, että lämpimän käyttöveden tarpeisiin. Sähkökattiloita on tarkasteltu vain toissijaisena tukilämmitysmuotona huipputehontarpeen kattamiseen. Oletuksena lohkoon tulee yksi keskitetty sähkökattilalaitos ja lämpö tuotetaan siitä koko lohkolle, energiayhteisöperiaatteella.

Vahvuudet	Heikkoudet
<ul style="list-style-type: none"> + Yksinkertainen teknologia + Edulliset investoinnit 	<ul style="list-style-type: none"> - Verraten kalliit käyttökustannukset - Sähkön todelliset päästöt riippuvat tuotannon rakenteesta

2.2.4 Maalämpöjärjestelmä

Maalämpöjärjestelmässä maahan poratuista energiakaivoista tuotetaan lämpöpumpun avulla rakennuksille lämmitysenergiaa. Tyypillisen maalämpökaivon syvyys on 300 m ja niitä porataan 15 metrin etäisyydelle toisistaan. Nallenrinteen ja Lentoasemankortteleiden alueella on valtaosin 1-10m kerros pintamaata (savi, humus), joka ei ole esteenä kaivojen poraamiselle.

Järjestelmän mitoituserusteena on tavoite kattaa 90% lohkon lämmitysenergian tarpeesta. Alueelle mahtuvien energiakaivojen lukumäärä arvioitiin perustuen lohkojen pinta-aloihin sekä niillä sijaitsevien rakennusten vaatimaan alaan. Oletuksena oli, että rakennusten alle ei porata. Laskennassa porakaivoja käytetään aina myös tuottamaan jäähdytysenergiaa vapaajäähdytyksellä. Vapaa jäähdytys on aina ensisijainen jäähdytysentuotantomuoto.

Simuloinneissa tarkasteltiin maalämpöä sekä alueellisena ja lohkokohtaisena vaihtoehtona. Lohkokohtaisessa järjestelmässä jokaisella loholla on oma maalämpöjärjestelmä, joka palvelee vain kyseistä lohkoa, energiayhteisöperiaatteella. Niissä skenaarioissa, joissa on sekä lohkokohtainen maalämpö että alueellinen maalämpö, lohkokohtaisia järjestelmiä hyödynnetään ensisijaisesti.

Aluetason järjestelmässä alueelle tehdään yksi suuri lämpökenttä, josta tuotetaan lämpöä palvelemaan koko aluetta. Lämpö jaetaan tällöin paikallisen matalalämpötilaverkoston kautta. Nallenrinteen ja Lentoaseman alueelle on alustavasti arvioitu voitavan asentaa noin 500 kaivon keskitetty maalämpökenttä. Tämän kokoinen järjestelmä voi tuottaa noin 40% koko alueen lämmöntarpeesta, jolloin on syytä tehdä tarkentava analyysi kentän muodostamisesta.

Isossa keskitetyssä porakaivokentässä maan keskilämpötila, etenkin kentän keskiosissa, alenee hajautettuja kaivoja nopeammin, jolloin voi olla kannattavaa ladata lämpöä kenttään jollain menetelmällä. Kappaleessa 4 on esitetty esimerkkejä kentän lataamisen mahdollistamiseksi.

Vahvuudet	Heikkoudet
<ul style="list-style-type: none"> + Hyvä lämpökerroin lämmityksessä + Erittäin korkea kylmäkerroin vapaajäähdytyksessä + Vakiintunut teknologia, josta on paljon kokemusta. + Matala hiilijalanjälki 	<ul style="list-style-type: none"> - Kohtalaisen korkeat investoinnit

2.2.5 Syvämaalämpöjärjestelmä

Syvät porakaivot vastaavat toimintaperiaatteeltaan perinteistä maalämpöjärjestelmää, mutta porattavien kaivojen syvyys on huomattavasti suurempi. Etuna on korkeampi lämpötilataso syvällä maaperässä. Tarkastelussa syvien porakaivojen syvyys on 2000 m. Tässä syvyydessä Etelä-Suomen maan lämpötila on pääsääntöisesti noin 40 °C, kun 300 m kaivoissa lämpötila on noin 7 °C. Yksi syväkaivo vastaa karkeasti arvioiden 40 perinteistä porakaivoa energiantuotannon potentiaaliltaan, jolloin niitä vaaditaan kappalemäärältään huomattavasti vähemmän. Syvien kaivojen yksi huono puoli on, että korkean lämpötilan takia niitä ei voida hyödyntää vapaajähdytyksessä. Syväkaivot ovat vielä uutta teknologiaa, josta ei ole paljoa kokemusta, eikä siten ole täyttä varmuutta sen teknisestä toiminnasta ja kustannuksista.

Simuloinneissa tarkasteltiin syvämaalämpöä alueellisena sekä lohko-kohtaisena vaihtoehtona. Alueellisessa järjestelmässä jokaisella loholla on oma syväkaivonsa, joka palvelee vain kyseistä lohkoa, energiayhteisöperiaatteella. Niissä skenaarioissa, joissa on sekä lohko-kohtainen syväkaivo että alueellinen syväkaivokenttä, lohko-kohtaisia järjestelmiä hyödynnetään ensisijaisesti.

Keskitettyssä järjestelmässä alueelle tehdään yksi suuri syväkaivokenttä, josta tuotetaan lämpöä palvelemaan koko aluetta. Lämpö jaetaan tällöin paikallisen matalalämpötilaverkoston kautta.

Vahvuudet	Heikkoudet
+ Perinteistä maalämpöjärjestelmää korkeampi hyötysuhde lämmityksessä	- Uutta teknologiaa, josta on vähän kokemusta ja tietoa.
+ Vaatii huomattavasti vähemmän kaivoja verrattuna perinteisiin kaivoihin	- Vapaajähdytys ei ole mahdollista
+ Matala hiilijalanjälki	

2.2.6 Kaukojäähdytys

Kaukojäähdytysverkon omistaa ja ylläpitää energiayhtiö Helen, johon lohkon rakennukset tekevät omat liittymäsopimuksensa ja hankkivat omat alakeskukset. Kaukojäähdytys on tarkasteluissa toissijainen jäähdytysmuoto ainoastaan, jos maajähdytystä on käytettävissä.

Vahvuudet	Heikkoudet
+ Vakiintunut ja yleisesti käytössä oleva teknologia	- Elinkaarikustannukset ja hiilijalanjälki riippuvat suurilta osin energiayhtiöstä
+ Alkuinvestoinneiltaan edullinen ratkaisu.	
+ Vaatii vähän huoltoa ja ylläpitoa	
+ Toimintavarma	

2.2.7 Vedenjäähdytyskoneikot

Koneikko koostuu kompressoriyksiköstä sekä lauhduttimesta, joka lauhduttaa lämmön ulkoilmaan. Lauhduttimet asennetaan tyypillisesti kiinteistöjen katoille. Laitteiden sijoitteluun ei ole otettu kantaa selvitystyössä. Tarkastelussa on oletettu, että jokaisella rakennuksella on omat vedenjäähdytyskoneensa.

Vedenjäähdytyskoneikko on toissijainen jäähdytysmuoto ainoastaan, jos maajähdytystä on käytettävissä.

Vahvuudet	Heikkoudet
<ul style="list-style-type: none"> + Tuttu ja toimiva järjestelmä + Talvella ja välikausina mahdollisuus vapaajäähdytykseen 	<ul style="list-style-type: none"> - Mahdollinen meluriski - Vaatii muita järjestelmiä enemmän huoltoa - Lauhdetta ei hyödynnetä

2.2.8 Hybridilämpöpumppu (tai CHC)

Hybridilämpöpumpulla tarkoitetaan tässä vedenjäähdytyskoneikkoa, sillä erotuksella että sen tuottamaa lauhdetta ei hukata ulkoilmaan, vaan se pyritään hyödyntämään rakennuksen lämmitykseen. Tätä voidaan kutsua myös yhdistetyksi lämmityksen ja jäähdytyksen tuotannoksi (Combined Heating and Cooling, CHC). Hybridilämpöpumppu käsiteltiin lohko-kohtaisena yksikkönä, jonka kautta lauhdelämmöt voidaan kierrättää koko lohkon rakennusten hyödyksi, energiayhteisöperiaatteella.

Tarkasteluissa lauhdelämpö hyödynnettiin ensisijaisesti lohkon omaan lämmitystarpeeseen. Tästä ylijäänyt lämpö voidaan myydä kaksisuuntaisella lämpökaupalla paikalliseen matalalämpöverkkoon, mikä vähentää osaltaan muiden lohkojen lämmöntarvetta. Hybridilämpöpumppu on toissijainen jäähdytysmuoto ainoastaan, jos maajäähdytys on käytettävissä.

Hybridilämpöpumpun hyödyt riippuvat suurelta osin jäähdytys- ja lämmitysenergiatarpeiden yhtäaikaaisuudesta. Asuinkerrostaloissa tapahtuva ympärivuotinen lämpimän käyttöveden kulutus luo hyvät perusolosuhteet CHC-tuotannolle. Lopullinen etu asuintalojen lämmitysjärjestelmälle on kuitenkin pienehkö vähäisen jäähdytystarpeen vuoksi.

Vahvuudet	Heikkoudet
<ul style="list-style-type: none"> + Oikeissa olosuhteissa erinomainen hyötysuhde + Samalla investoinnilla jäähdytyksen ja lämmön tuotantoa 	<ul style="list-style-type: none"> - Optimaalinen toiminta edellyttää yhtäaikaista lämmön ja jäähdytyksen tarvetta

2.2.9 Alueellinen matalalämpötilaverkosto

Matalalämpötilainen lämpöverkosto vastaa tässä tapauksessa toimintaperiaatteeltaan tavanomaista kaukolämpöverkkoa, mutta palvelee vain tiettyä pienehköä aluetta tai kaupunginosaa (tässä tapauksessa Nallenrinne ja Lentoasemankorttelit). Matalalämpötilaverkoston voidaan tuottaa lämpöä esimerkiksi keskitetyllä maalämpöjärjestelmällä tai lämpölaitoksella. Lämpöä voidaan kerätä järjestelmään myös datakeskuksen, päivittäistavara-kaupan kylmäjärjestelmän, aurinkolämpöjärjestelmän tai vastaavan paljon lämpöä tuottavan laitoksen hukkalämmön avulla.

Matalalämpötilainen lämmönjakeluverkosto mahdollistaa esim. verkostoon kytkettyjen lämpöpumppujen ja aurinkolämmön osalta korkeammat hyötysuhteet, joka edesauttaa näiden teknologioiden hyödyntämistä. Matalat lämpötilat antavat paremmat lähtökohdat kaksisuuntaisen lämpökaupan toiminnalle ja energiayhteisönä toimimiselle. Lisäksi verkoston lämpöhäviöt ovat sitä pienemmät, mitä alhaisempi lämpötila.

Matalalämpötilaverkostolle tarkasteltiin kahta eri vaihtoehtoa:

1. Menoveden lämpötila 70 °C.
2. Menoveden lämpötila 50 °C.

Näitä lämpötilatasoja vertaillen olennainen ero on lämpimän käyttöveden tuotanto kiinteistöissä. Rakennusten lämmin käyttövesi lämmitetään 60 °C lämpötilaan legionella-bakteerin kasvun ehkäisemiseksi. Alemmalla verkoston lämpötilatasolla (50 °C) ei voida suoraan tuottaa lämmintä käyttövettä, vaan kiinteistöihin tarvitaan lisäksi jokin erillinen lämmöntuotantoyksikkö tätä varten (simuloinneissa käytetään lämpöpumppua). Tilojen ja ilmanvaihdon lämmitys ei uudiskohteissa yleensä vaadi yhtä korkeaa lämpötilatasoa kuin käyttövesi. Siten oletuksena on, että rakennuksissa tilojen ja ilmanvaihdon lämmitys voidaan tuottaa suoraan 50 °C lämpötilaverkostosta. Matalan lämpötilatason verkostossa on se etu, että menoveden lämpötilaa ei tarvitse nostaa korkeaksi pelkän käyttöveden takia, jolloin verkostoon kytkettyjen lämpöpumppulaitteiden hyötysuhde kasvaa ja verkoston lämpöhäviöt ovat pienemmät.

Korkeamman lämpötilatason verkostossa (70 °C) lämpötilataso riittää myös käyttöveden lämmittämiseen pelkän lämmönsiirtimen avulla, jolloin erillistä lämpöpumppua ei tarvita. Järjestelmän lämpöhäviöt ovat kuitenkin hieman korkeammat ja siihen kytkettyjen lämpöpumppulaitteiden hyötysuhde on hieman huonompi kuin 50 °C tapauksessa.

Matalalämpötilaisen verkoston vahvuudet	Heikkoudet
+ Mahdollistaa lämpöpumppujen ja aurinkolämmön tehokkaan hyödyntämisen	- Suurempi massavirta ja putkidimensiot
+ Tukee 2-suuntaista lämpökauppaa ja energiayhteisöratkaisuja	- Saattaa vaatia erillisen lämmöntuottolaitteen, jolla tehdä lämmin käyttövesi
+ Pienet lämpöhäviöt verkostossa	

2.2.10 Aurinkosähköjärjestelmä

Tarkastelussa oletettiin, että rakennusten kattopinnat toimivat aurinkosähköjärjestelmän asennuspaikkana. Asennukseen oletetaan voitavan käyttää noin 60% kattojen kokonaisalasta. Järjestelmän mitoitusperusteena pyrittiin mahdollisimman suuriin paneelimääriin siten, että lohossa voidaan hyödyntää vähintään 90% tuotetusta sähköenergiasta. Ylimääräinen sähkö myydään yleiseen verkkoon sähkön pörssihinnalla. Tulevaisuudessa on mahdollista myös hyödyntää tehokkaammin kiinteistöjen julkisivuja aurinkosähköjärjestelmien asennukseen, jolloin tuotantoa voidaan kasvattaa.

Vahvuudet	Heikkoudet
+ Alentaa sekä hiilijalanjälkeä että elinkaarikustannuksia	- Tuotanto painottuu voimakkaasti kesäjaksolle, jolloin sähköntarve on usein pieni
+ Vähähuoltainen ja pitkäikäinen järjestelmä	

2.2.11 Jäteveden lämmöntalteenotto (JVLTO)

Asuinrakennusten lämmöntarpeesta noin 40% kuluu lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Jäteveden lämmöntalteenottolaitteistolla on mahdollista kerätä tästä lämmöstä talteen noin 30%-70%. Lohkolle oletetaan yksi keskitetty talteenottolaitteisto, joka vaatii viemäröntien tuomista yhteen pisteeseen lohkon alueella. Jäteveden lämmöntalteenotto vaatii myös lämpöpumpun sekä pumpun jäteveden siirtämiseen. Jäteveden lämmöntalteenotto on simuloinneissa aina ensisijainen lämmöntuottometodi.

Jäteveden lämmöntalteenotto on vielä uudehko teknologia ja sen laajemmassa käyttöönotossa on tiettyjä selvitettäviä tekijöitä. Jätevedenpuhdistamoiden käsittelyprosessi tarvitsisi jäteveden mahdollisimman korkeassa lämpötilassa laitokselle, jolloin kiinteistöistä poistuvan jäteveden lämpötilalle tulee määritellä minimilämpötila puhdistusprosessin tehokkaan toiminnan takaamiseksi. Huomioon tulisi myös ottaa kiinteistöltä laitokselle tapahtuvat lämpöhäviöt.

Vahvuudet	Heikkoudet
<ul style="list-style-type: none"> + Hukkalämmön hyödyntäminen + Hyvä hyötysuhde 	<ul style="list-style-type: none"> - Vaatii kohtalaisen suuren määrän käsiteltävää jätevettä, jotta yksittäisen keskitetyn talteenottolaitteiston takaisinmaksuaika on kohtuullinen

2.2.12 Alueellinen lämpölaitos

Lämpölaitosta hyödynnetään skenaarioissa, joissa on alueellinen lämpöverkko ja kytkentä kaukolämpöverkkoon. Laitoksen vaikutusta tarkastellaan skenaarioissa sekä peruskuorman tuottamiseen sekä huipputehontarpeiden kattamiseen. Peruskuorman tuottamisessa laitos on mitoitettu kattamaan 95% energiantarpeesta ja huipputehontarpeiden kattamiseen laitos mitoitettiin kattamaan huippulämmitystehontarpeet. Laitos voi käyttää polttoaineena esimerkiksi kaasua tai pellettejä. Selvitystyössä on oletettu, että laitos käyttää polttoaineenaan pellettejä.

Lämpölaitos mitoitettiin ainoastaan palvelemaan Nallenrinteen ja Lentoasemakorttelien alueita, koska laskennallinen tarkastelu rajoittui niihin. Käytännössä lämpölaitosta voisi hyödyntää laajemman alueen palvelemiseen, jolloin voidaan mahdollisesti saavuttaa skaalaetuja.

Vahvuudet	Heikkoudet
<ul style="list-style-type: none"> + Jakelujärjestelmän häviöt minimaaliset + Skaalautuu suuriin tehoihin 	<ul style="list-style-type: none"> - Suuret investointikustannukset - Polttoaineen varastointi - Polttoaineen kuorma-autologistiikan aiheuttamat paikalliset melu- ja päästöhaitat

2.3 Elinkaarikustannuslaskennan lähtökohdat

Laskennan elinkaarikustannuksissa on huomioitu eri järjestelmien tärkeimpien komponenttien investointikustannukset, huolto- ja ylläpitokustannukset, energianhankinnan kustannukset, sekä elinkaaren aikana vaadittavat laiteuusinnat.

Teknisten laitteiden investointi-, ylläpito- ja uusimiskustannukset perustuvat eri laitetoimittajien tarjouksiin ja kustannusarvioihin, sekä Rambollin omiin tyyppi-arvioihin. Investointeihin sisältyy

esimerkiksi erilaiset energiantuottolaitteistot, kaukoenergian alakeskukset, energiakaivot, alueellinen lämmönjakeluverkosto, muuntajat, siirtimet, liittymismaksut, lohkojen sisäinen lämmönjakeluverkosto jne.

Investointikustannuksiin vaikuttaa tapauskohtaisesti laitteiden ja liittymien mitoitus. Mitoittaminen on perustettu arvioon rakennusten lämmityksen ja jäähdytyksen mitoitusasteista, sekä käytönaikaisista huipputehoista. Myös sähkön tehontarpeen vaikutukset on huomioitu mitoituksissa. Hybridiratkaisuissa, joissa on useampi energiantuotantoyksikkö rinnakkain, on huomioitu tämän vaikutukset eri komponenttien mitoitukseen.

Energianhankintaan liittyvät kustannukset, kuten liittymis-, energia- ja tehomaksut, perustuvat suoraan energiayhtiöiden hinnastoihin ja arvioihin rakennusten energian- ja tehontarpeista sekä sopimustehon suuruuksista, kulutuslajeittain. Sopimustehoissa (esim. kaukolämpö) on huomioitu, että sopimustehon suuruus on yleensä pienempi kuin varsinainen mitoitusaste. Kaukolämmön kustannuksessa on myös huomioitu kuukausittainen hinnan vaihtelu. Sähkön hinnoittelussa on skenaariokohtaisesti arvioitu, käytetäänkö pien- tai keskijänniteliittymää ja sen vaikutukset kustannuksiin. Lisäksi sähkön tehomaksut on arvioitu kuukausikohtaisten huipputehojen pohjalta. Pelletin kustannuksissa on huomioitu materiaalin lisäksi toimituskustannukset lämpölaitokselle. Kaasun kustannuksissa on otettu huomioon bio- ja maakaasun eri hinnoitteluperusteet sekä kuukausittaisten huipputehojen vaikutus tehomaksuun.

Tarkasteltavan elinkaaren pituutena käytettiin 30 vuotta. Laskentakorkona käytettiin 3.0%. Yleisenä inflaationa, sekä kaikkien energialajien hinnankehityksen inflaationa käytettiin 2.0%. Kaikki kustannukset käsiteltiin ilman arvonlisäveroa (ALV 0%).

Kustannuslaskelmissa on taseraja asetettu alueen ulkopuolelle. Kustannukset on laskettu siitä energiamäärästä, joka alueelle tuodaan. Esimerkiksi alueellisen maalämpöskenaarioissa energiakustannuksissa on laskettu maalämpökentän vaatimat sähkönkustannukset, eikä yksittäisten rakennusten maksamaa lämpökustannusta kyseisestä maalämpökentästä. Laskennassa on käytetty seuraavia oletuksia energiakustannuksissa:

- **Sähkön** hintana on käytetty keskimääräistä spot-hintaa viimeisen kolmen vuoden ajalta, johon on lisätty sähkövero sekä Helen sähköverkkojen määrittämä siirtomaksu. Tapauksissa, joissa kiinteistön sähkötehon liittymä ylittää 700 kW:n ollaan käytetty keskijänniteliittymän määrittämiä hintoja siirrossa ja oletettu että lohkoon tulee investoida oma muuntaja. Alle 700 kW:n liittymissä on käytetty pienjänniteliittymän hintoja. Kiinteistösähkölle siirtomaksuna on käytetty Yleissiirron hintaa. (Helen, 2018)
- **Kaukolämmön** hintana on käytetty Helenin normaalin hinnaston mukaisia kaukolämmön hintoja niin energia-, teho- kuin liittymiskustannuksissa. Niissä skenaarioissa, joissa kaukolämpö toimii sekundäärisenä lämmönlähteenä, on tehomaksu laskettu sillä teholla, jolla koko lämmitystarve saadaan katettua. Sopimusvesivirta siis mitoitetaan, niin kuin mitään rinnakkaista lämmitysmuotoa ei olisi. (Helen, 2019a)
- Skenaarioissa, joissa on **alueellinen matalalämpöverkko**, on otettu huomioon lämmönvaihtimen investointikustannus kaukolämpöverkon ja aluelämpöverkon välillä. Investointikustannus on saatu teknologiatoimittajalta.
- **Kaukojäähdytyksen** hintana on käytetty Helenin määrittämiä hintoja.
- **Maa- ja biokaasun** hintana on käytetty Suomen Kaasuenergian määrittämiä hintoja. (Suomen kaasuenergia, 2019)

- **Pelletin** hintana on käytetty Vapon määrittämää hintaa.
- **Aurinkopaneelien ylijäävän tuotannon** tuotot on laskettu käyttämällä keskimääräistä sähkön Spot-hintaa.
- **Rakennusten ylijäämälämmön** myymisestä saadut tuotot on laskettu käyttäen Helenin maksamia hintoja. (Helen, 2019b)

2.4 Energiantuotannon hiilidioksidipäästöt

Mallinnuksessa on tunnistettu hiilidioksidipäästöjen kehitykselle erilaisia skenaarioita. Energiantuotannon CO₂-päästökertoimien kehitykselle on hyödynnetty eri lähteitä. On huomioitavaa, että energiantuotannon päästöt koostuvat monesta eri tekijästä, esimerkiksi polttoaineen käsittelystä, kuljetuksesta, vaikutuksesta maankäyttöön sekä poltosta. On siksi vaikeaa määritellä tarkasti mikä on tietyn energiamuodon tarkka päästökerroin milläkin hetkellä. Päästöjen tarkasteltava taseraja vaikuttaa myös merkittävästi päästökertoimeen, esimerkiksi otetaanko aurinkopaneelien valmistuksesta koituvat päästöt huomioon paneelien tuottaman sähkön päästöihin vai ei. Selvityksessä käytetyissä päästökertoimissa on huomioitu pääasiassa energiantuotannosta syntyvät päästöt.

Energiamallinnuksessa tarkasteltiin erilaisia skenaarioita päästökehitykselle (Taulukko 3).

Kaukolämmön päästöjä on mahdollista tutkia neljällä eri skenaariolla:

- Ympäristöministeriö – Skenaario
- Hiilineutraali Helsinki 2035 – Skenaario
- Helen – Skenaario
- Päästötön – Skenaario

Kaukojäähdytyksen päästöjä on mahdollista tutkia kolmella eri skenaariolla:

- Ympäristöministeriö – Skenaario
- Helen – Skenaario
- Päästötön – Skenaario

Sähkön päästöskenaariona on Ympäristöministeriö – skenaario ja Päästötön – skenaario. Ympäristöministeriö – skenaarion lähteenä on käytetty Rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmää (Ympäristöministeriö, 2019). Hiilineutraali Helsinki 2035 – Skenaarion lähteenä on käytetty Hiilineutraali Helsinki 2035 – toimenpideohjelmassa määriteltyä päästötasoja vuoteen 2035 asti (Helsingin Kaupunki, 2018). Tämän jälkeen on oletettu, että päästökertoimet kehittyvät samassa suhteessa kuin Ympäristöministeriö-skenaariossa. Helen-skenaarion pohjana on käytetty Helenin päivitettyjä päästötavoitteita vuodelle 2035, jonka jälkeen on myös oletettu päästökertoimien kehittyvän samassa suhteessa kuin Ympäristöministeriö-skenaariossa. Helen-skenaarion kaukojäähdytyksen päästökerroin pohjautuu Helenin vuoden 2019 päästökertoimeen ja sen kehityksen pohjana käytetään sähkön päästökertoimen kehitystä.

Sähkön päästökerroin ei kuvaa täydellisesti sähköntuotannosta syntyviä päästöjä, sillä sähkön päästökertoimessa ei ole otettu huomioon tuontisähkön päästöjä. Tuontisähkön määrä oli vuonna 2017 noin neljäsnes Suomen kokonaissähkönkulutuksesta. Tuontisähköstä noin 2/3 tuli Ruotsista ja loput Venäjältä ja Virosta. (Tilastokeskus, 2018) Sähkön todellinen päästökerroin on siis hieman eri kuin mitä on käytetty riippuen tuontimaan sähköntuotantotavoista.

Skenaarioita tarkasteltiin myös eri päästöttömillä skenaarioilla, esimerkiksi muuttamalla maakaasu biokaasuksi tai olettamalla ostaen sertifioitua päästötöntä energiaa markkinoilta. Maakaasun päästökerroin pohjautuu Tilastokeskuksen polttoaineluokitukseen.

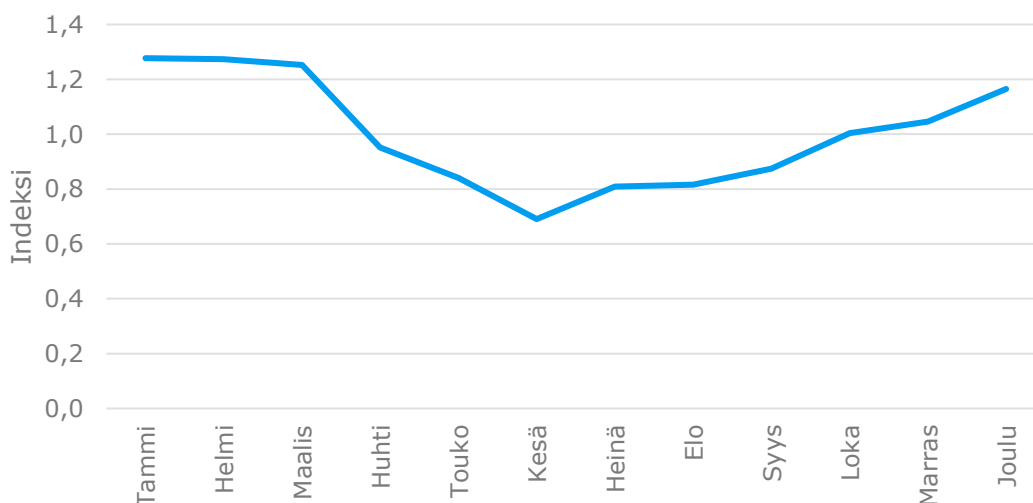
Pelletin polttamisesta ei synny laskennallisesti CO₂-päästöjä, kun päästötasetta tarkastellaan tarpeeksi pitkällä aikavälillä, johtuen siitä, että poltetun puun oletetaan kasvavan takaisin luonnossa. Tuloksissa on pelletin osalta käytetty IPCC:n määrittelemiä elinkaaripäästöjä, johon sisältyy muun muassa pelletin prosessointiin ja kuljetukseen liittyviä päästöjä. Tämä luku on noin 40 g/kWh (IPCC, 2014).

Päästökerroin skenaarioissa ei ole otettu huomioon energiayhtiöiden mahdollista hiilidioksidipäästöjen kompensointia, vaan päästöt on laskettu ottaen huomioon energiantuotannosta syntyvät hiilidioksidipäästöt.

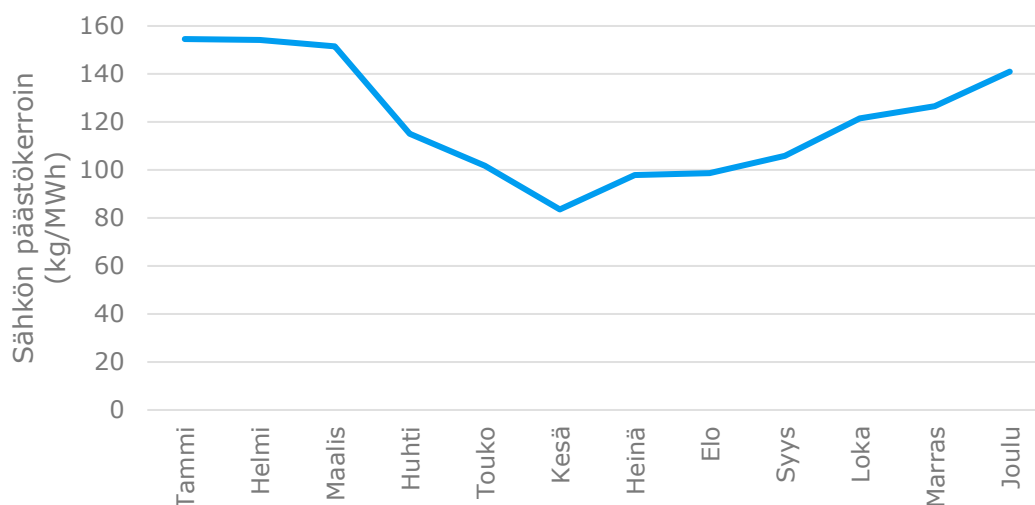
Taulukko 3 Päästökertoimien kehitys vuoteen 2070 asti (kg/MWh)

Vuosi	2019	2020	2030	2035	2040	2050	2060	2070
Kaukolämpö (YM)	158	130	93	78	63	37	33	22
Kaukojäähdytys (YM)	158	130	93	78	63	37	33	22
Kaukolämpö (HNN2035)	158	151	83	49	37	33	22	15
Kaukojäähdytys (Helen)	71	71	33	26	18	14	7	4
Kaukolämpö (Helen)	158	150	70	30	24	16	11	7
Sähkö	158	121	57	43	30	18	14	7

Sähkön päästökerroin vaihtelee paljon kuukausitasolla (Kuva 7). Tämä vaihtelu on otettu huomioon, kun on laskettu sähkönkulutuksesta johtuvia kokonaispäästöjä. Profiilin muodostamisessa on käytetty Energiateollisuuden laatimaa sähkön päästötietoja. Indeksi = 1 on keskimääräinen päästökerroin. Kuvassa 8 on esitetty esimerkkinä vuoden 2020 sähkön päästökertoimen vaihtelu.



Kuva 7 Sähkön kuukausitason päästöprofiili



Kuva 8 Sähkön kuukausitasoinen päästökerroin vuonna 2020

Verkkoon myydyin aurinkosähkön ja lämpökaupan energia on otettu huomioon päästölaskennassa siten, että ne vähentävät tuotantoa ja siten päästöjä yhtäläisen määrän.

Päästökertoimien kehitykseen valittiin tarkempaa tarkastelua varten Helen-skenaariot kaukolämmön ja -jäähdytyksen osalta, Ympäristöministeriö – skenaario sähkön sekä IPCC:n määrittelemä päästökerroin pelletille. Kaasuna tarkasteltiin maakaasun vaikutusta. Kaukolämmön ja -jäähdytyksen osalta valintaan vaikutti se, että Malmin alue liitettäisiin Helenin kaukoenergiaverkkoon, jos alueelle tulee kaukolämpö ja -jäähdytys.

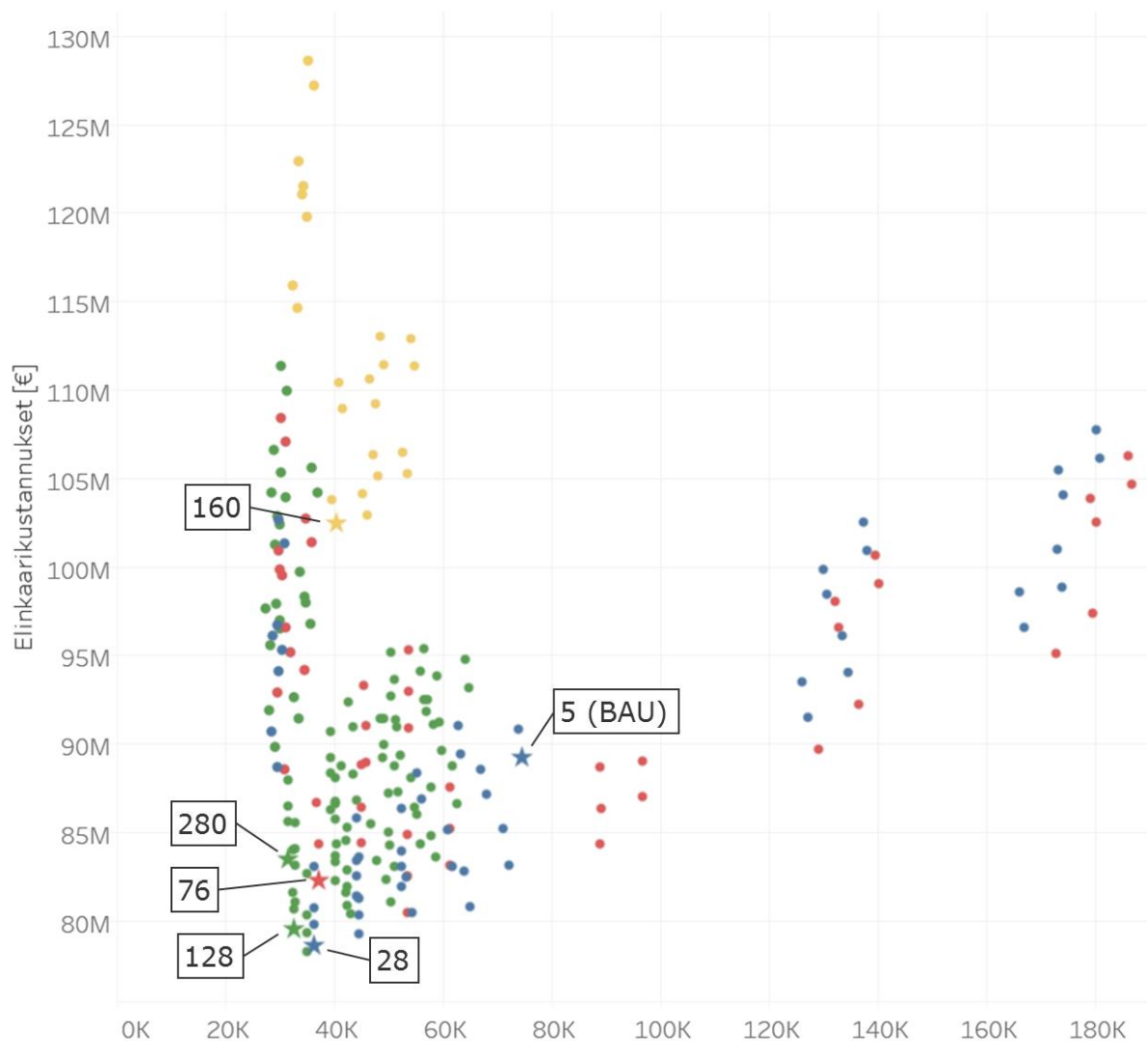
2.5 Ratkaisuvaihtoehdot ja -skenaariot

Energiamallinnuksessa tarkasteltiin yhteensä 284 eri skenaariota. Skenaariot muodostettiin tarkastelemalla eri aluelämmitysratkaisuja, joihin yhdistettiin valikoidusti sopivia lohko-kohtaisia lämmitys- ja jäähdytysmuotoja. Skenaarioissa tarkasteltiin myös jäteveden lämmöntalteenoton ja aurinkopaneelien vaikutusta.

Tarkasteluun sisällytettyjen skenaarioiden muodostuminen on esitelty alla (Taulukko 4 & Kuva 9).

Taulukko 4 Tarkastellut skenaariot

Aluelämmitys	Lohkokohtainen lämmitys	Lohko- kohtainen jäähdytys	Jäte- veden LTO	Aurinko paneelit
Kaukolämpö	Alueellinen lämpöverkko Maalämpö + Alueellinen lämpöverkko Kaasukattila + Alueellinen lämpöverkko Syväkaivot + Alueellinen lämpöverkko			
Alueellinen lämpölaitos + Kaukolämpö	Alueellinen lämpöverkko			
Ei alueellista lämmitystä	Maalämpö + Sähkökattila Maalämpö + Kaasukattila Kaasukattila Syväkaivot + Sähkökattila Syväkaivot + Kaasukattila	Veden- jäähdytyskone Kauko- jäähdytys		
Maalämpö + Kaukolämpö (70 °C verkosto)	Alueellinen lämpöverkko Maalämpö + Alueellinen lämpöverkko	Hybridilämpö- pumppu	Ei Kyllä	Ei Kyllä
Maalämpö + Kaukolämpö (50 °C verkosto)	Alueellinen lämpöverkko + Lämpöpumppu käyttövedelle Maalämpö + Lämpöpumppu käyttövedelle+ Alueellinen lämpöverkko	Hybridilämpö- pumppu + Lämpökauppa (Skenaarioissa , joissa alueellinen lämpöverkko)		
Maalämpö + Lämpölaitos (70 °C verkosto)	Alueellinen lämpöverkko			
Syväkaivot + Kaukolämpö (70 °C verkosto)	Alueellinen lämpöverkko Syväkaivot + Alueellinen lämpöverkko			
Syväkaivot + Kaukolämpö (50 °C verkosto)	Alueellinen lämpöverkko			
Syväkaivot + Lämpölaitos (70 °C verkosto)	Alueellinen lämpöverkko			



Kuva 9 Tarkastellut skenaariot elinkaarikustannusten (M€) ja CO₂-päästöjen mukaan (tkg)

Ylläolevassa kuvassa skenaariot on jaoteltu neljään eri kategoriaan projektissa järjestetyssä sidosryhmätyöpajassa (13.6.) työstettyjen näkökulmien mukaisesti:

- Sininen: Kaukolämpöön pohjautuva ratkaisu
- Vihreä: Kaukolämpöön yhteydessä oleva alueratkaisu
- Oranssi: Irrallinen alueratkaisu "Saari keskellä kaupunkia"
- Punainen: Tonttikohtainen ratkaisu

Kuvassa on tähdillä merkattu jokaisesta kategoriasta vähäpäästöisimpien skenaarioiden joukosta huomioiden järkevä kustannustaso, joka on valittu jatkotarkasteluihin. Edellä mainittujen vaihtoehtojen joukkoon ei valikoitunut yhtään skenaariota, jossa olisi hyödynnetty kaikista matalimmassa lämpötilatasossa käytettävää lämpöverkkoa (50 °C). Tämän vuoksi valintoihin lisättiin myös yksi erillinen skenaario, jossa on hyödynnetty 50 °C -matalalämpötilaverkostoa (skenaario no. 280). Tämä skenaario haluttiin nostaa esiin koska, matalalämpötilasoinen lämpöverkko avaa paljon mahdollisuuksia, kun ajatellaan Malmin lentokenttäalueen kehittymistä kokonaisuutena.

Syväkaivo-skenaarioita ei valittu jatkotarkasteluun teknologian ollessa vielä niin uusi. Tähdellä on myös merkattu Business-as-usual skenaario. Valitussa tarkastelussa on käytetty elinkaarena 30 vuotta.

Aluetason lämpölaitos on tutkittu teoreettisena vaihtoehtona, ottaen huomioon, että Helenillä on suunnitelmassa rakentaa alueen läheisyyteen Tattarisuolle uusi lämpölaitos.

2.6 Valittujen ratkaisujen tulokset

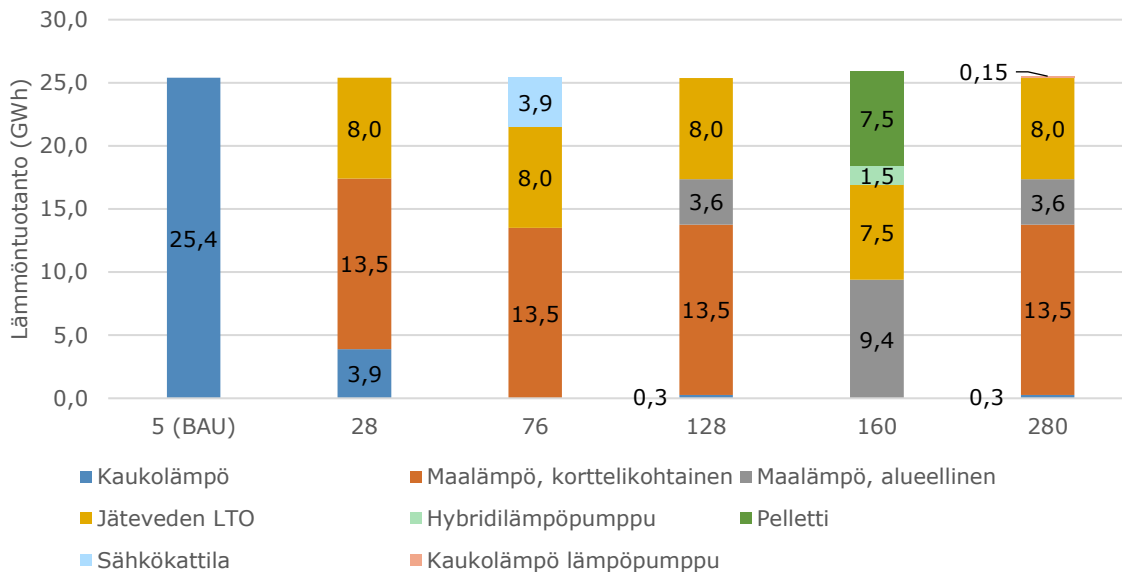
Valituista skenaarioista on esitelty seuraavaksi lämmön-, jäähdytyksen- ja sähköntuotantokaudat (Kuva 10, Kuva 11, Kuva 12), joita on verrattu Business-as-usual skenaarioon.

Taulukko 5 Valitut ratkaisut

Skenaario	Aluelämmitys	Lohkon lämmitysmuoto	Lohkon jäähdytysmuoto	Jätevesi-LTO	Aurinko-sähkö
5 (BAU)	Kaukolämpö	Alueellinen lämpöverkko	Kaukojäähdytys	Ei	Ei
28	Kaukolämpö	Maalämpö + Alueellinen lämpöverkko	Maajäähdytys + Hybridilämpöpumppu	Kyllä	Kyllä
76	Ei alueellista lämmitystä	Maalämpö + Sähkökattila	Maajäähdytys + Hybridilämpöpumppu	Kyllä	Kyllä
128	Maalämpö + Kaukolämpö (70 °C verkosto)	Maalämpö + Alueellinen lämpöverkko	Maajäähdytys + Hybridilämpöpumppu	Kyllä	Kyllä
160	Maalämpö + Alueellinen lämpölaitos (70 °C verkosto)	Alueellinen lämpöverkko	Hybridilämpöpumppu	Kyllä	Kyllä
280	Maalämpö + Kaukolämpö (50 °C verkosto)	Maalämpö + Alueellinen lämpöverkko	Maajäähdytys + Hybridilämpöpumppu	Kyllä	Kyllä

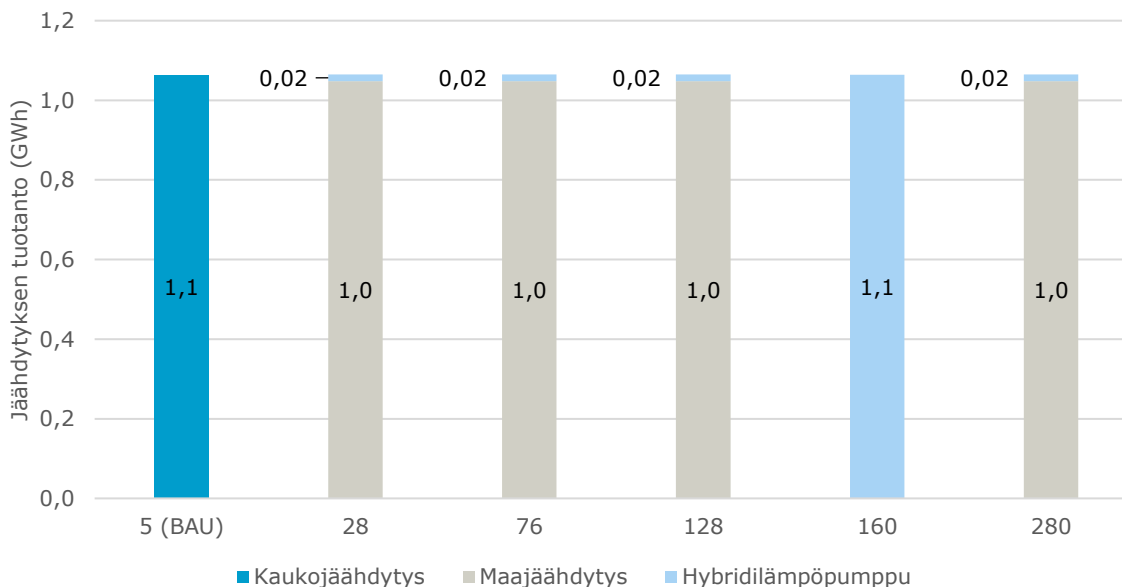
BAU-skenaariossa lämmitys katetaan täysimääräisesti kaukolämmöllä. Lämmityksen osalta on huomattavaa, että jäteveden lämmöntalteenotto kattaa noin kolmanneksen lämmitystarpeesta ja lohkoittainen maalämpö noin puolet skenaarioissa 28, 76, 128 ja 280. Skenaariossa 28 loput lämmöntarpeesta katetaan kaukolämmöllä, skenaariossa 76 sähkökattilalla ja skenaarioissa 128 ja 280 alueellisella maalämmöllä sekä kaukolämmöllä pieni osuus. Skenaariossa 280 pieni osuus lämmöstä tuotetaan kaukolämmön lämpöpumpuilla, jotka nostavat 50 °C-asteisen aluelämmön lämpimälle käyttövedelle sopivaksi. Skenaariossa 160 noin kolmannes lämmöntarpeesta katetaan alueellisella maalämmöllä, toinen kolmannes jäteveden lämmöntalteenotolla ja loput alueellisella lämpölaitoksella ja hybridilämpöpumpulla.

Laskennallisesti alueen rakennusmassan energiantarve ja energiatehokkuus pysyy oletuksena samana elinkaaren aikana, eikä vuositasolla oleteta tapahtuvan vaihtelua eri vuosien välillä.



Kuva 10 Alueen vuotuinen lämmöntuotannon jakauma tuotantomuodoittain (GWh)

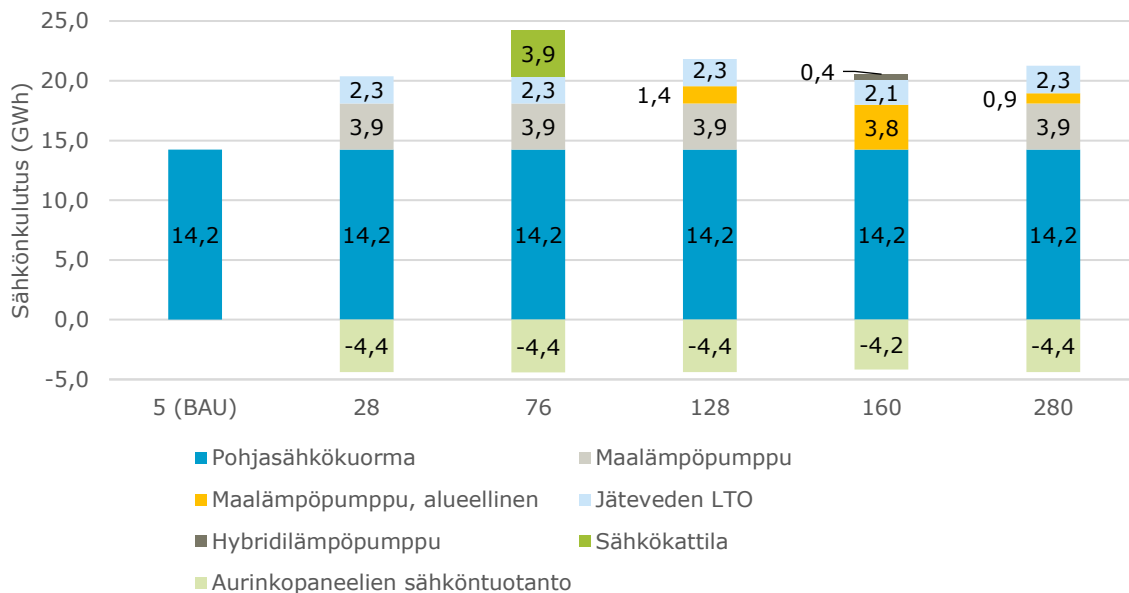
BAU-skenaariossa jäähdytys tuotetaan täysimääräisesti kaukojäähdytyksellä. Skenaarioissa 28, 76, 128 ja 280 jäähdytys tuotetaan pääasiallisesti lohko-kohtaisella maajäähdytyksellä. Näissä skenaarioissa hybridilämpöpumppua käytetään vain kovimpien jäähdytysuippujen kattamiseen, mistä johtuen sen jäähdytyksen tuotto on hyvin pientä ja siten myös hyödynnettävän lauhteen määrä on pieni. Skenaariossa 160 koko jäähdytystarve katetaan hybridilämpöpumpulla. Hybridilämpöpumpusta syntyvä hukkalämpö hyödynnetään lämmityksessä.



Kuva 11 Alueen jäähdytyksentuotannon jakauma tuotantomuodoittain (GWh)

Sähkönkulutuksessa on eroja skenaarioiden välillä, jotka johtuvat käytetyistä lämmitys- ja jäähdytysteknologioista. Pohjasähkökuorma on kaikissa sama. Tämä kuorma pitää sisällään asukas- ja yhtenäisen kiinteistösähkön. Tällä tarkoitetaan siis esimerkiksi valaistusta ja ilmanvaihtokoneita. Eriävät sähkönkulutukset on jaoteltu erikseen. Maalämpöpumput ovat isoin yksittäinen sähkönkuluttaja eri teknologioista. Jäteveden lämmöntalteenotto ja sähkökattilat

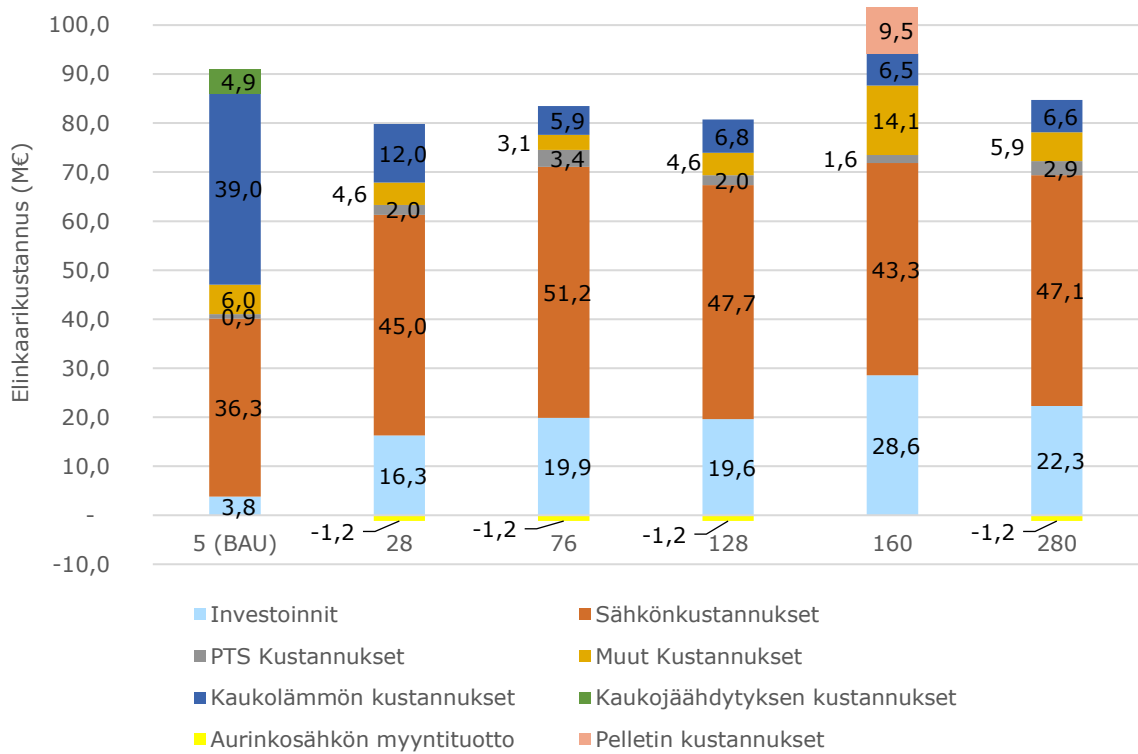
näkyvät myös kulutuksessa. Aurinkosähkö tuottaa skenaarioissa noin 4000 MWh, joka on pohjasähkökuormasta noin kolmannes.



Kuva 12 Alueen sähköntarpeen jakauma kulutuslajeittain (GWh)

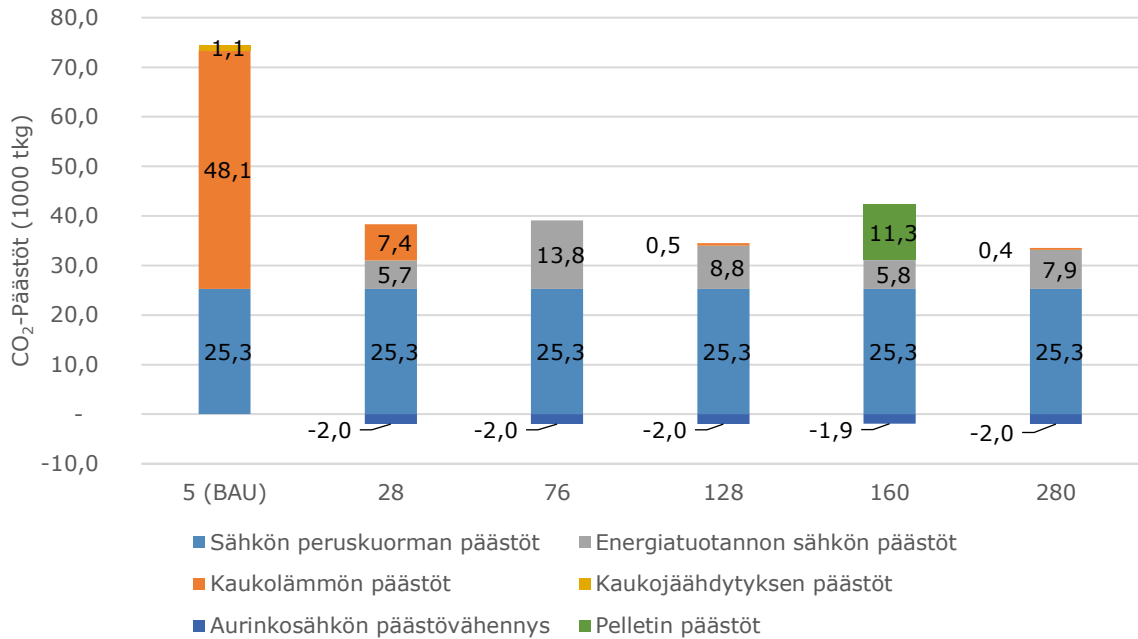
Investointikustannuksissa on merkittäviä eroja skenaarioiden välillä. BAU-skenaariossa ne ovat selkeästi pienimmät, kun investointitarpeena on vain liittymät kaukolämpö ja -jäähdytysverkkoon. Isoimmat investoinnit muissa skenaarioissa ovat maalämpöpumput, aurinkopaneelit, jäteveden lämmöntalteenotto, hybridilämpöpumppu ja sähkökattila.

Elinkaarikustannuksissa skenaarioiden välillä on pieniä eroja. Investointikustannusten vaikutukset kokonaiselinkaarikustannuksiin tasaantuvat 30-vuoden elinkaaren aikana käyttökustannusten vuoksi. Sähkönkustannukset ovat isot kaikissa skenaarioissa, joka selittyy peruskuorman suuruudella. Kaukolämmön kustannukset ovat suhteessa suuremmat kuin kaukolämmön energiankulutus. Tämä ero johtuu siitä, että kaukolämmön kustannuksiin on laskettu tehomaksut täyden mitoituksen mukaan, joka nostaa kustannuksia. Aurinkosähkön tuotolla tarkoitetaan kuvaajassa verkkoon myydyin aurinkosähköstä saatavia tuloja. Saadut tuotot ovat hyvin pienet suhteessa elinkaarikustannuksiin koska aurinkopaneelit on mitoitettu siten, että ylituottoa on erittäin vähän. PTS-kustannuksilla (Pitkän tähtäimen suunnitelma) tarkoitetaan kustannuksia, jotka liittyvät komponenttien uusimiseen. Muut-kustannukset pitää sisällään huoltoon ja ylläpitoon liittyvät kustannukset.



Kuva 13 Skenaarioiden elinkaarikustannukset (M€)

Skenaarioiden koko elinkaaren aikaisissa päästöissä on pieniä eroja. Pienimmät päästöt ovat skenaarioissa 128 ja 280, jossa lämpö tuotetaan pääosin maalämmöllä ja hyödynnetään matalalämpötilaverkostoa. BAU-skenaarioon verrattuna valikoitujen skenaarioiden päästöt ovat noin puolet. Ero johtuu pääasiallisesti kaukolämmön korvaamisella maalämmöllä ja muilla sähköä käyttävillä lämmitysmuodoilla. Lämpöpumppuratkaisujen korkeat hyötysuhteet tuovat merkittävää etua päästövähennyksiin verrattuna kaukolämpöön. Aurinkosähkön tuottama päästövähennys on pientä verrattuna kokonaispäästöihin.



Kuva 14 Skenaarioiden elinkaaren CO₂-päästöjakauma (1000 tkg)

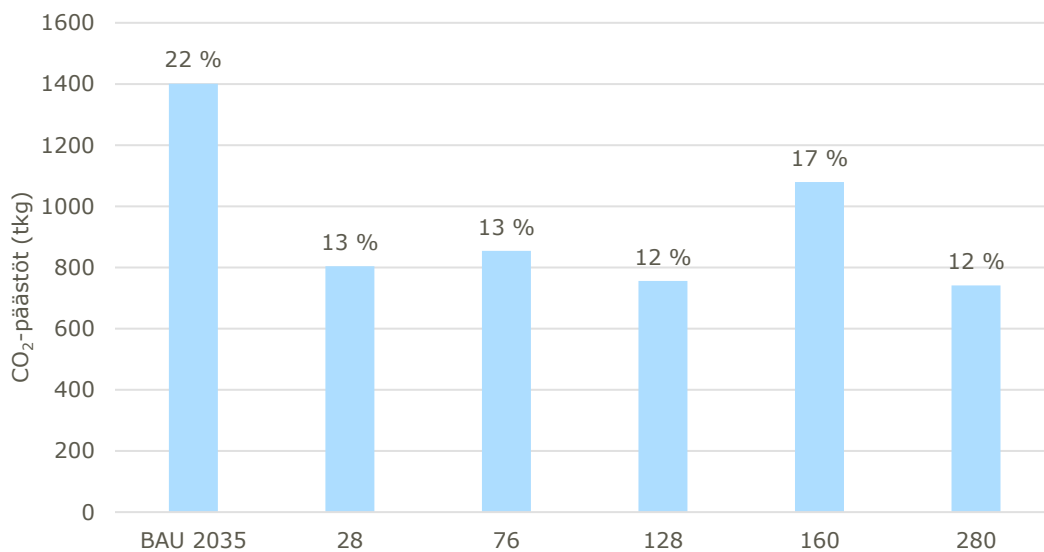
Skenaarioiden välillä on myös muita eroja kuin mitä edellä olevista kuvaajista voi havaita. Eri järjestelmävaihtoehdot vaikuttavat tulevaisuuden mahdollisuuksiin ja riskeihin. Skenaariossa 76, jossa toteutetaan tonttikohtainen ratkaisu lämmityksessä, on yhtenä heikkoutena sen kankeus. Kun alueella ei ole rakennettu alueellista lämpöverkkoa, ei tonttien välillä voi hyödyntää hukkalämpö- tai jäähdytysvirtoja. Lämpöverkon rakentaminen myöhemmin tulee kalliimmaksi kuin sen alkuperäinen investointi alueen rakentamisen yhteydessä. Alueellinen lämpöverkko ja sen liittyminen kaukolämpöverkkoon, mahdollistaa lämmöntuotannon myös kauempana kuin paikallisesti. Se mahdollistaa paremmin vähäpäästöisten lämmitysratkaisujen hyödyntämisen, esimerkiksi hyödyntämällä eri hukkalämpölähteitä ja muita lämpöpumppuratkaisuja. Lämpöverkon välityksellä lämmön saa helposti siirrettyä sinne missä käyttöä on.

Tuloksia vertailtaessa on muistettava, että tarkastelut rajattiin käsittämään ainoastaan Nallenrinteen ja Lentoasemankorttelien alueet, joiden rakennuskanta muodostuu lähes kokonaan asuinkerrostaloista. Asuinkerrostalot kuluttavat merkittävästi lämpöä, josta suuri osuus menee käyttöveden lämmittämiseen. Asuinkerrostaloilla on myös hyvin pieni jäähdytystarve. Jäähdytyksen tuotannosta syntyvät lämpövirrat ovat yksi keskeinen kaksisuuntaista lämpökauppaa ja matalalämpöverkostoa tukeva tekijä, tarkoittaen että asuinkerrostalojen potentiaali on tältä osin hyvin rajallinen. Alueelle kehittyvät erityyppiset rakennukset ja toiminnot voivat merkittävästi lisätä alueellisella matalalämpöverkostolla saavutettavia etuja. Esimerkiksi toimistot, kauppakeskukset, jäähallit, tekojärädat ja datakeskukset mahdollistavat asuinkerrostaloihin verrattuna selvästi suuremman potentiaalisen kaksisuuntaiselle lämpökaupalle.

Kun mietitään matalalämpötilaverkoston soveltuvuutta Malmin alueelle, onkin tärkeää ajatella koko lentokenttäalueen kehitystä kokonaisuutena (ei ainoastaan Nallenrinteen ja Lentoasemankorttelin alueita). Se että 50 °C:n verkostolla ei saavutettu tämän selvityksen laskennallisissa tarkasteluissa merkittäviä hyötyjä ei siksi tarkoita, etteikö koko Malmin lentokenttäaluetta palveleva verkosto voisi olla hyvinkin järkevä ratkaisu.

Päästönäkökulmasta on hyvä ottaa huomioon mihin järjestelmään tukeudutaan. Skenaarioissa, joissa lämmöntuotannossa hyödynnetään enimmäkseen kaukolämpöä, on kiinni kaukolämmöntuottajan ratkaisuissa. Alueen päästöihin ei voi siis vaikuttaa juurikaan itse. Jos pääasiallisesti lämpö tuotetaan esimerkiksi maalämmöllä, syntyy päästöjä käytetystä sähköstä. Tämä antaa enemmän mahdollisuuksia vaikuttaa päästöjen määrään vaikuttamalla mistä sähkön ostaa/miten sen tuottaa.

Vertailtaessa valittujen skenaarioiden vuoden 2035 CO₂-päästöjä (Kuva 15) on havaittavissa, että skenaarioiden päästöt ovat noin 10% nykytilanteen päästöistä. BAU-skenaarioiden päästöt ovat noin 20 % nykytilanteen päästöistä. Nykytilanteena käytetään vuoden 2019 BAU-skenaarioiden CO₂-päästöjä. Kuvassa Kuva 15 on esitetty prosentteina skenaarioiden päästöt verrattuna nykytilanteeseen.



Kuva 15 Valittujen skenaarioiden vuoden 2035 CO₂-päästöt. Prosentteina esitetty suhteessa vuoden 2019 BAU-skenaarioon.

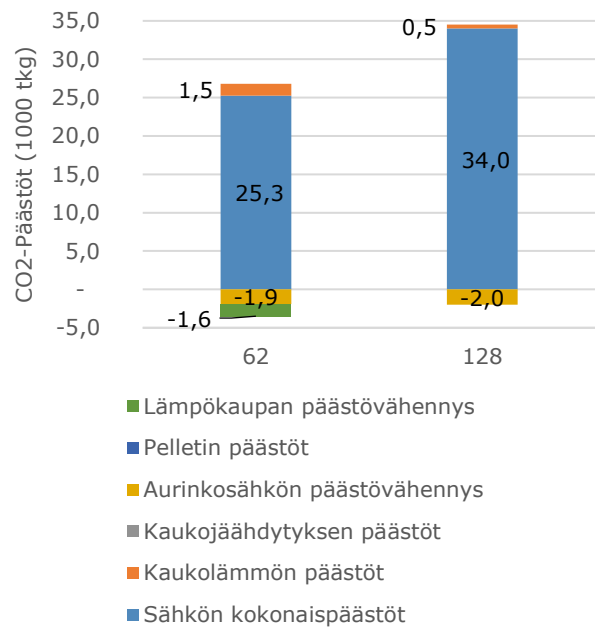
Erillistarkastelu: Pelletin hiilidioksidipäästöjen tarkastelu päästöttömänä polttoaineena

Pelletti on tällä hetkellä määritelty päästöttömäksi polttoaineeksi EU:n tasolla. Kun pelletin asettaa päästöttömäksi nousee vähäpäästöisimmäksi skenaarioksi skenaario 62.

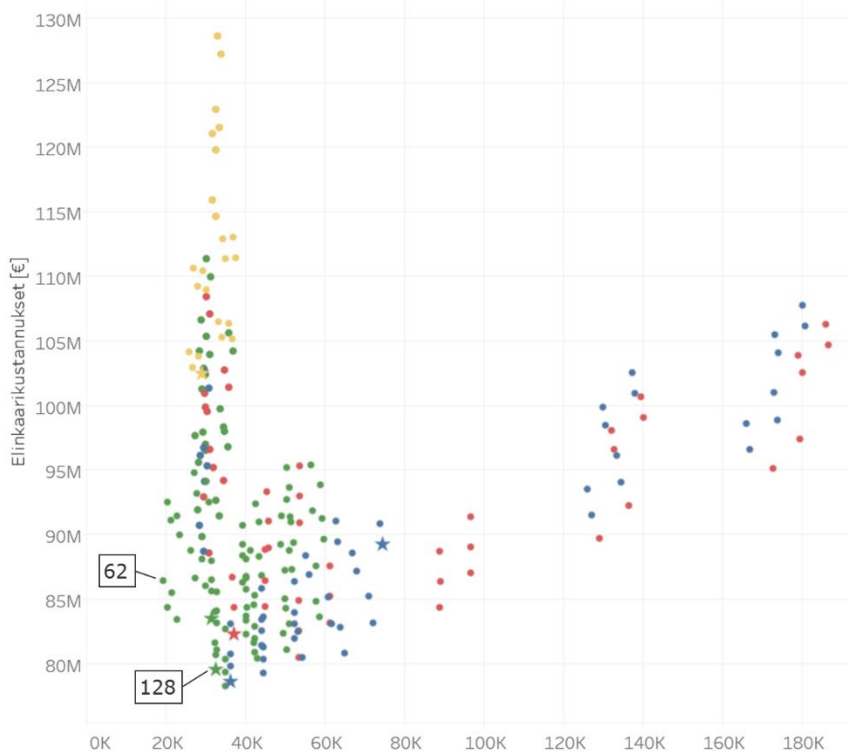
Skenaario	Aluelämmitys	Lohkon lämmitysmuoto	Lohkon jäähdytysmuoto	Jäteveden LTO	Aurinkopaneelit
62	Lämpölaite + Kaukolämpö	Alueellinen lämpöverkko	Hybridilämpöpumppu + Lämpökauppa	Ei	Kyllä

Skenaariossa on huomattavaa, että siinä ei ole käytössä jäteveden lämmöntalteenottoa. Tässä skenaariossa ei ole päästöjen näkökulmasta järkevää käyttää jäteveden lämmöntalteenottoa, sillä se kuluttaa sähköä, joka tuottaa päästöjä. Pelletillä tuotettu lämpö ei taas tuota päästöjä. Tulos kuvaa hyvin päästöihin liittyvää problematiikkaa, joka tulee ottaa huomioon päätöksiä tehdessä.

Ero tämän ja valittujen skenaarioiden vähäpäästöisimmän skenaarion (128) välillä on noin 30%. Keskustelu pelletin päästökertoimen ympärillä käy kuitenkin kiivaana ja sen päästöttömyyteen liittyy epävarmuuksia.

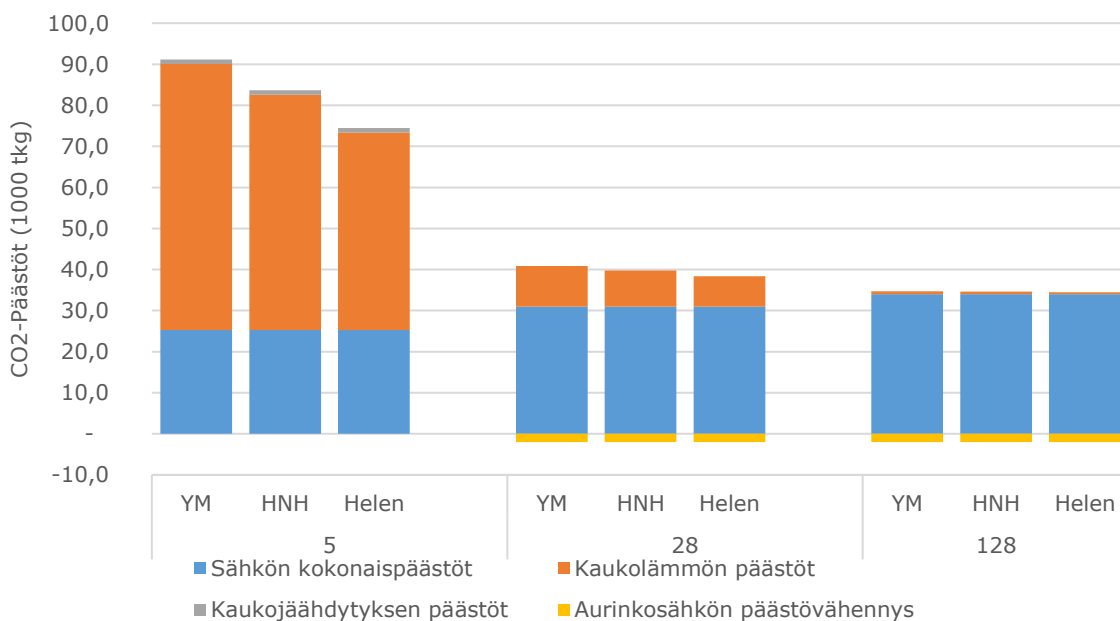


Kuva 16 Elinkaaripäästövertailu skenaarioiden 62 & 128 välillä



Erillistarkastelu: Muiden kaukolämpöpäästökertoimien vertailu valituissa skenaarioissa

Selvityksessä on tarkasteltu skenaarioita kolmella eri kaukolämmön päästökerroinkehityksellä sekä päästöttömällä vaihtoehdolla. YM-skenaariossa kaukolämmön päästöt ovat suurimmat. Hiilineutraali Helsinki 2035 – Skenaariossa (HNN) kaukolämmön päästöt ovat noin 10% pienemmät. Helen – skenaarion päästöt ovat noin 25% pienemmät kuin YM-skenaariossa. Muutoksen näkee selkeimmin Skenaariossa 5, jossa on suurin kaukolämmön kulutus valituista skenaarioista. Keskinäiset erot ovat kuitenkin samat kaikissa skenaarioissa, kun kaukolämmön päästökerrointa muutetaan.



Kuva 17 Kaukolämpö päästökerroinskenaario vertailut

Erillistarkastelu: Matalalämpötilaverkoston vertailu

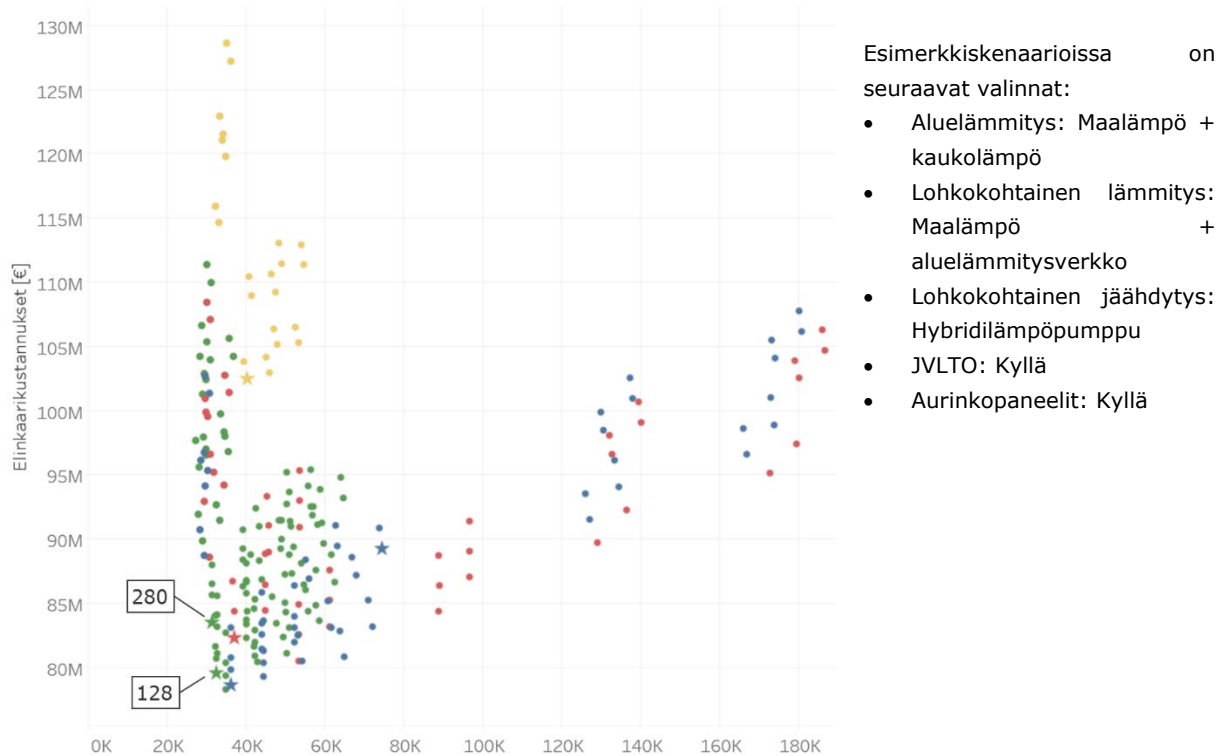
Selvityksessä tarkasteltiin kahta matalalämpötilaverkoston lämpötilatasoa: 50 °C ja 70 °C. Esimerkkiskenaariot on esitetty alla olevassa kuvassa. Laskennan tuloksena nähdään, että 50 °C:n tapauksella on suuremmat elinkaarikustannukset näistä kahdesta vaihtoehdosta. Suuremmat kustannukset johtuvat pääosin siitä, että joudutaan investoimaan ja ylläpitämään lohko-kohtaisia lämpöpumppuja, joita käytetään lämpimän käyttöveden tuotannon apuna.

50 °C-verkoston tapauksessa on hieman pienemmät päästöt kuin 70 °C -tapauksessa. Pienemmät päästöt johtuvat järjestelmään kytkettyjen lämpöpumppulaitteiden korkeammasta hyötysuhteesta. Kuitenkin, käyttöveden tuotannossa käytettävät lämpöpumput kuluttavat siinä määrin sähköä, että kokonaispäästövähennys jää pieneksi.

Lisäksi tulee huomioida, että skenaarioissa, joissa on sekä lohko-kohtainen maalämpö että alueellinen maalämpö, hyödynnetään ensisijaisesti lohko-kohtaisia ML järjestelmiä. Tämä vähentää näiden tapausten osalta alueellisen maalämpöjärjestelmän roolia energiantuotannossa, mikä edelleen vähentää alueellisen maalämpöpumpun korkean hyötysuhteen tuomaa etua 50 °C -tapauksessa.

50 °C-verkosto tukee myös 2-suuntaista lämpökauppaa paremmin kuin 70 °C-verkosto. Tällä saavutettavat hyödyt jäävät tuloksissa kuitenkin hyvin vähäisiksi, koska tarkasteltavalla alueella on todella pieni potentiaali 2-suuntaiselle lämpökaupalle.

Edellä mainitut seikat korostavat sitä, että matalalämpötilaisen verkoston vaikutukset alueellisen energiajärjestelmän toimintaan tulee punnita huolellisesti pyrkien huomioimaan kaikki kokonaisuuteen liittyvät osatekijät vaikutuksineen.



Kuva 18 Skenaario 128 (70 °C asteen verkosto) ja skenaario 280 (50 °C verkosto) esitetty pistepilvessä

3. ÄLYKÄS ENERGIAJÄRJESTELMÄ JA TOIMINTAMALLIT

Hiilineutraalien tavoitteiden saavuttamisen yhtenä merkittävänä mahdollistajana nähdään älykkään energijärjestelmän kehittyminen.

Älykäs energia tai energijärjestelmä kuvaa muutosta perinteisestä ajattelumallista ja energijärjestelmän hahmottamisesta. Älykäs energijärjestelmä on laajempi kuin yhden toimialan näkökanta. Siinä missä älyverkot kuvaavat sähköverkkoja, älykäs energijärjestelmä keskittyy kokonaisvaltaisesti lämpö-, jäähdytys-, sähköalan sekä rakennusten, teollisuuden ja liikenteen huomioimiseen. Näin integroimalla älykkäät energijärjestelmät mahdollistavat parhaiden ratkaisujen löytämisen tulevaisuuden uusiutuviin ja kestäviin energiaratkaisuihin.

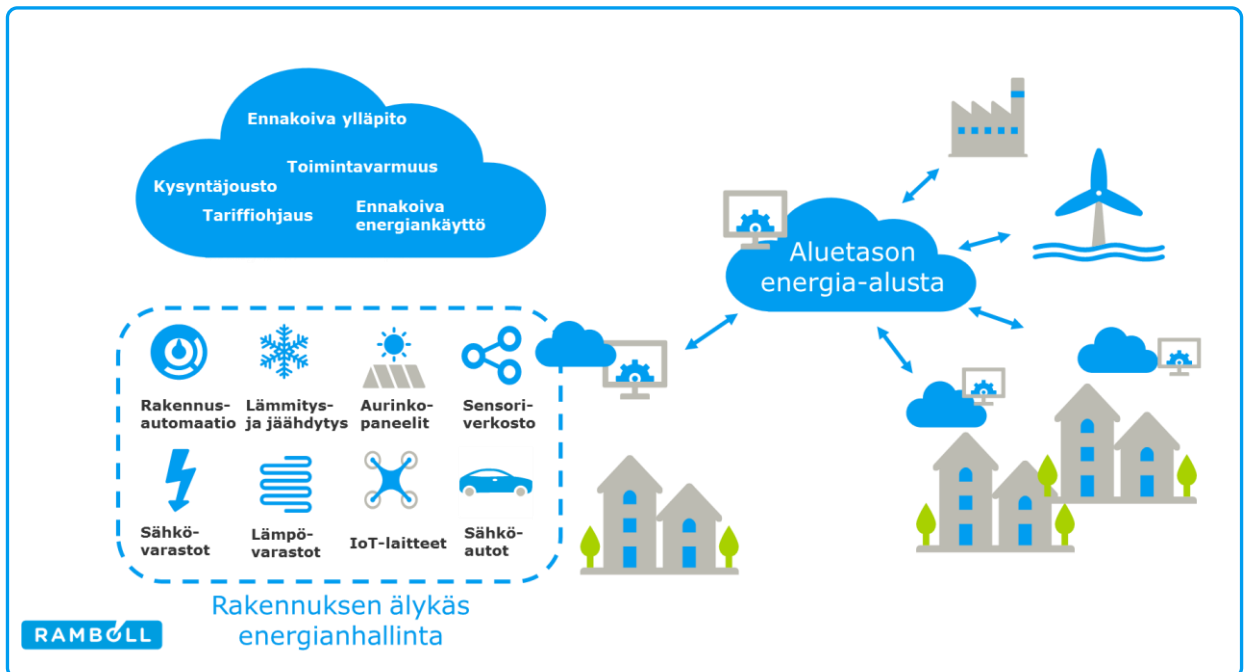
Älykäs energijärjestelmä kuvaa siis myös energijärjestelmän muuttunutta suunnittelua. Löydetään parhaiten saavutettavissa olevat ja samalla edullisimmat strategiat, joilla johdonmukaisesti tullaan toteuttamaan tulevaisuuden kestäviä energijärjestelmiä.

Älykäs energijärjestelmä voi sisältää monia rinnakkaisia energiantuotantoyksiköitä, joita pyritään ohjaamaan tehokkaasti erilaisilla algoritmeilla ja logiikoilla. Yksi vaihtoehto on optimoida eri tuotantomuotojen käyttöä sen mukaan, miten voidaan saavuttaa kokonaisuuden kannalta alhaisimmat päästöt. Tällaisen järjestelmän on tunnistettava päästökerrointen dynamiikka, ja huomioitava miten eri tuotantomuotojen päästöt vaihtelevat läpi vuoden. Näin voitaisiin priorisoida aina sellaista tuotantoa, jolla saavutetaan mahdollisimman pieni ilmastovaikutus.

Älyverkolla (Smart Grid), älykkäällä sähköverkolla, tarkoitetaan Työ- ja elinkeinoministeriön *Älyverkkovision* (2018) määritelmän mukaisesti laajaa toiminnallista kokonaisuutta eli palvelualustaa, joka kattaa sähkön fyysisen siirron ja jakelun lisäksi muun muassa tuotannon, hajautetut resurssit, sähköjärjestelmän joustot ja erilaiset älyverkkosovellukset ja joka yhdistää fyysisen sähkönsiirron tukku- ja vähittäismarkkinoille. Hajautetuista resursseista koostuvaa järjestelmää ei voi hallita ilman automatiikkaa ja tehokkaampaa tiedonvaihtoa osapuolten kesken.

Älykkäillä ratkaisuilla (Smart teknologia ja uudet toimintamallit) energijärjestelmässä on mahdollista lisätä alueen energijärjestelmän tehokkuutta, joustavuutta ja varmuutta sekä edistää vähähiilistä tuotantoa ja vähentää päästöjä. Älykkäillä ratkaisuilla on myös mahdollista kasvattaa viihtyvyyttä asumisessa ja toimitiloissa, parantaa oppimisviihtyvyyttä sekä tuoda kiinteistönomistajalle taloudellisia etuja esimerkiksi sähkön kysyntäjouston ja kokonaisvaltaisen energiankäytön optimoinnin kautta. Nämä ratkaisut tuovat kuluttajat mukaan monipuolisemmin ja mahdollistaa toimijoille parempien palveluiden tuottamisen niin rakentamisessa kuin liikenteessä.

Keskeistä onkin lisätä älykkyyttä rakennusten järjestelmiin, joilla voidaan vaikuttaa alueen energiankäyttöön ja edistää hiilineutraaliustavoitteita. Kiinteistön automaatiojärjestelmät on tällöin suunniteltu avoimesti ja niiden tuottama tieto on koneluettavaa, jolloin sitä voidaan helposti hyödyntää analytiikassa niin kiinteistö kuin aluetasolla. Jotta voidaan maksimoida rakennusten joustopotentiaalin (lämpö, sähkö, kylmä) hyödyntäminen, kiinteistöstä tulee kerätä kattava määrä olosuhdetietoa, jota voidaan hyödyntää.



Kuva 19 Rakennukset osana aluetason energia-alustaa.

Kysyntäjoustoa voidaan toteuttaa siihen soveltuviissa kohteissa esimerkiksi ohjaamalla rakennuksen sähkökuormia sähkön markkinahinnan tai sähköverkon taajuuden mukaan. Kysyntäjousto on parhaimmillaan käyttäjälle huomaamaton palvelu, joka toteutetaan automaattisesti ja vaikuttamatta esimerkiksi prosesseihin tai viihtyvyyteen.

Sähkömarkkinoille on mahdollista liittyä yksittäin tai nk. aggregaattorin kautta, joka kokoaa pienemmät kysyntäjousto soveltuvat kohteet yhdeksi pooliksi. Tällaista ratkaisua kutsutaan laajemmin **Virtuaalivoimalaitokseksi**. Virtuaalivoimalaitokseen voidaan liittää hajautettuja resursseja, jotka voivat olla energiantuotantoyksiköitä, energiaa kuluttavia kuormia tai energiavarastoja.

Energiayhteisöllä kuvataan pientuotannon erilaisia hankintamuotoja, joilla on mahdollista tuottaa ja jakaa hajautetusti tuotettua energiaa. Tällaista hankintamuotoa voidaan pitää yhtenä jakamistalouden muotona ja sillä ei ole vielä vakiintunutta asemaa Suomessa, mutta hankintamallia on pilotoitu erityisesti aurinkosähköjärjestelmille. Energiayhteisö voidaan nähdä paikallisena, kiinteistön sisäisenä mm. taloyhtiön muodostamana yhteisönä. Energiayhteisö voi myös laajentua kiinteistörajojen yli, jolloin mm. suurempi tuotantoyksikkö on yhdistettynä kauempana sijaitsevaan kulutuskohteeseen. Hajautetussa energiayhteisössä tuotantoyksikkö voi sijaita eri paikkakunnalla kuin kulutuskohteet, ja tällöin energiayhteisössä jaettavan resurssin tuotanto jaetaan **datahubin** kautta yhteisön jäsenille. (TEM Älyverkkovisio, 2018)

4. MUUT ENERGIAKONSEPTIT

Tässä luvussa tarkastellaan teknologioita ja konsepteja, joilla on tulevaisuudessa potentiaalia kasvattaa alueellista energiatehokkuutta ja vähentää energiantuotantoon liittyviä päästöjä.

4.1 Lämmön kausivarastointi kallioperään

Kausivarastoinnin ideana on tyypillisesti siirtää kesäaikana edullisesti tuotettua lämpöä käytettäväksi talvelle, jolloin ostettava lämpö voi olla kalliimpaa ja sen tuottamisesta syntyvät päästöt korkeita. Lämmön kausivarastointi kallioperään on mahdollista toteuttaa perinteistä maalämpökaivoa vastaavalla ratkaisulla, eli kallioon poratuilla kaivoilla, joissa on lämmönkeruuputket. Kausivarastona toimivassa lämpökentässä on kuitenkin tyypillisesti lyhyemmät porakaivot sijoitettuna lähemmäs toisiaan, kuin normaalissa maalämpökentässä. Tämä johtuu lämpöhäviöiden minimoinnista. Kaivokentän on oltava tarpeeksi suurikokoinen, jotta järjestelmä toimii tehokkaasti. Näin esimerkiksi energiayhteisöön pohjautuva toimintamalli voi luoda hyvät lähtökohdat kausivarastoinnille.

Porakaivokenttään voidaan ladata mitä tahansa käytettävissä olevaa lämpöä, joka on sopivassa lämpötilatasossa. Johtuen kaivojen lämpöhäviöistä, pääsääntönä kuitenkin on, että kenttää ei kannata ladata muulla kuin ns. hukkalämmöllä, jota ei muuten voitaisi suoraan hyödyntää lämmitykseen. Tällaista hukkalämpöä voi olla esim. erilaiset lauhdelämmöt tai kesäaikana tuotettava aurinkoenergian osuus, jota ei voida heti hyödyntää vähäisen lämmöntarpeen vuoksi. Esimerkkejä kuvatus kaltaisista kausivarastojärjestelmistä löytyy mm. Kanadan Drake Landingistä ja Tanskan Vojensin kaupungista. Aurinkoenergiaa voidaan ladata varastoon perinteisillä aurinkokeräimillä, tai aurinkopaneeleilla muuttamalla sähkö lämmöksi joko suoraan tai hyödyntämällä lämpöpumppuja.

Maalämpökentän lataamiseen voitaisiin hyödyntää myös mahdollisesti saatavilla olevan kaukojäähdytyksen paluuvettä sopivina ajankohtina. Tällöin energiakaivot toimisivat osana kaukojäähdytyksen tuotantoa viilentämällä paluuvettä, ja samalla maalämpökenttään latautuisi lämmitysenergiaa, joka kasvattaisi sen lämmöntuotantopotentiaalia ja parantaisi lämpöpumppujen hyötysuhdetta

4.2 Sähkön kausivarastointi hiekkaan

Uusiutuvan energian, kuten tuulen ja auringon merkitys sähköntuotannossa kasvaa jatkuvasti. Näissä teknologioissa on tyypillistä tuotannon hallitsematon ajoittuminen, joka saattaa johtaa tilanteisiin, jossa tuotannolle ei ole aina vastaavaa kysyntää. Tämä voi osaltaan rajoittaa uusiutuvan energian investointeja ja puhtaasti tuotetun sähkön osuutta energiantuotannossa.

Eräs uusi kiinnostava teknologia on sähkön kausivarastointi hiekkaan. Tässä ratkaisussa saatavilla oleva ylimääräinen uusiutuvilla tuotettu sähköenergia varastoidaan suureen maanalaiseen hiekkamassaan, lämmittämällä hiekka sähkövastuksilla korkeaan lämpötilaan (400 °C – 500 °C). Hiekan termiset ominaisuudet mahdollistavat alhaiset varastointihäviöt, ja lisäksi hiekka on materiaalina edullinen, eikä sisällä samalla tavalla haitallisia aineita kuten jotkut sähköakuteknologiat. Varastoitu energia voidaan käyttää esim. rakennusten lämmittämiseen sellaisena ajankohtana, kun lämmöntuotannon kustannukset ja päästöt ovat korkeat (esim. talvella). Energian varastointi hiekkaan on hyvin uusi tekninen konsepti, jonka käytännön toimivuus ja potentiaali selviää ajan kanssa.

5. ARVIO RATKAISUEHDOTUSTEN TOTEUTETTAVUUDESTA

Tässä luvussa arvioidaan valittujen ratkaisujen yhteensopivuutta kehitystavoitteisiin ja -toimenpiteisiin, sekä nykyiseen energiainfrastruktuuriin, vaihtoehtojen päästövähennyshyötyjä ja investointitarpeita, sekä niiden toteutettavuutta edistäviä ja hidastavia tekijöitä ja mahdollisia riskejä. Valitut ratkaisut on esitetty Taulukossa 6.

Taulukko 6 Valitut ratkaisut

Vaihtoehto	Skenaario	Aluelämmitys	Lohkon lämmitysmuoto	Lohkon jäähdytysmuoto	Jätevesi - LTO	Aurinko-sähkö
BAU	5 (BAU)	Kaukolämpö	Alueellinen lämpöverkko	Kaukojäähdytys	Ei	Ei
1	28	Kaukolämpö	Maalämpö + Alueellinen lämpöverkko	Maajäähdytys + Hybridilämpöpumppu	Kyllä	Kyllä
2	76	Ei alueellista lämmitystä	Maalämpö + Sähkökattila	Maajäähdytys + Hybridilämpöpumppu	Kyllä	Kyllä
3	128	Maalämpö + Kaukolämpö (70 °C verkosto)	Maalämpö + Alueellinen lämpöverkko	Maajäähdytys + Hybridilämpöpumppu	Kyllä	Kyllä
4	160	Maalämpö + Alueellinen lämpölaite (70 °C verkosto)	Alueellinen lämpöverkko	Hybridilämpöpumppu	Kyllä	Kyllä
5	280	Maalämpö + Kaukolämpö (50 °C verkosto)	Maalämpö + Alueellinen lämpöverkko	Maajäähdytys + Hybridilämpöpumppu	Kyllä	Kyllä

5.1.1 Vaihtoehto 1: Kaukolämpö + Maalämpö & JVLTO lohkoissa (Skenaario 28)

Vaihtoehto 1 Kaukolämpö + Maalämpö & JVLTO lohkoissa (28)	
Aluelämmitys	Kaukolämpö
Lohkon lämmitysmuoto	Maalämpö + Alueellinen lämpöverkko
Lohkon jäähdytysmuoto	Hybridilämpöpumppu
Jäteveden lämmöntalteenotto	Kyllä
Aurinkosähkö	Kyllä

Arvio päästövähennyshyödyistä, kustannuksista ja investointitarpeista: Elinkaarikustannuksiltaan edullisin. Investointitarpeet pienimmät, mutta silti määrällisesti suuret: vaatii investointeja kiinteistöiltä. Pienet päästöt verrattuna BAU-skenaarioon.

Yhteensopivuus energiainfrastruktuurin, kehitystavoitteiden ja -suunnitelmien ym. kanssa: Tukeutuu Helenin kaukolämpöverkkoon, mutta käyttää sitä melko vähän. Jäteveden

lämmöntalteenotto isossa roolissa, miten sopii yhteen HSY:n ja Helen muiden toimenpiteiden kanssa? Onko päästövähennykset riittävän suuret HNH 2035-ohjelman tavoitteisiin nähden?

Tekniset, taloudelliset mahdollisuudet ja riskit/haasteet, sidosryhmien sitoutuminen: Vaatii kiinteistöiltä merkittäviä investointeja maalämpöön (ja muihin teknologioihin), ja samaan aikaan liittymistä Helenin kaukolämpöverkkoon. Helenin sitoutuminen kaukolämpöverkon rakentamiseen ja kaukolämmön tarjoamiseen toissijaisena ratkaisuna. Kustannustarkasteluun vaikuttaa kaukolämpöliittymälle muodostuva hinta ja kaukolämmön hinnoittelu tulevaisuudessa.

Ohjattavat asiat

- Helenin kaukolämpöverkko ja kaukolämmön hinnoittelu
- Kiinteistöjen investoinnit omaan energiantuotantoon
- Soveltuvuus älykkääseen energiaverkkoon mahdollinen ja potentiaalinen joustokomponentti sähkö- sekä lämmitysjärjestelmälle. Vaatii ohjausta älykkäiden ratkaisujen käyttöönoton mahdollistamiseksi

SWOT-analyysi

Vahvuudet	Heikkoudet
Pienimmät elinkaarikustannukset vaihtoehtoista Maalämmöllä on vähäiset päästöt.	Pienimmät päästövähennykset Investointitarve suuri, tosin valituista vaihtoehtoista pienimmät.
Mahdollisuudet	Uhat
Kehittyminen osana Helenin kaupunginkattavaa kaukolämpöratkaisua. Kiinteistön panostus älykkäisiin ratkaisuihin.	Kiinteistöjen investointihalukkuus Helenin sitoutuminen ja hinnoittelu

5.1.2 Vaihtoehto 2 Maalämpö ja Sähkökattila lohkoissa (Skenaario 76) - tonttikohtainen

Vaihtoehto 2 Maalämpö ja Sähkökattila lohkoissa (76)	
Aluelämmitys	-
Lohkon lämmitysmuoto	Maalämpö + Sähkökattila
Lohkon jäähdytysmuoto	Hybridilämpöpumppu
Jäteveden lämmöntalteenotto	Kyllä
Aurinkosähkö	Kyllä

Arvio päästövähennyshyödyistä, kustannuksista ja investointitarpeista: Elinkaarikustannukset samaa tasoa vaihtoehtojen 1 ja 3 kanssa, hieman suuremmat investointitarpeet kuin Vaihtoehto 1:ssä. Investointikustannukset ovat kuitenkin isot verrattuna BAU-skenaarioon. Pienet päästöt verrattuna BAU-skenaarioon.

Yhteensopivuus energiainfrastruktuurin, kehitystavoitteiden ja -suunnitelmien ym. kanssa: Ei kytketty Helenin kaukolämpöverkkoon, joten ei ole riippuvainen sen kehityksestä, mutta ei myöskään voi käyttää hyödyksi sen tarjoamia mahdollisuuksia. Tekee panostuksen kiinteistöjen älykkäisiin järjestelmiin houkuttelevaksi. Jäteveden lämmöntalteenotto isossa roolissa, miten sopii yhteen HSY:n ja Helenin muiden toimenpiteiden kanssa?

Tekniset, taloudelliset mahdollisuudet ja riskit/haasteet, sidosryhmien sitoutuminen:

Kiinteistöjen on itse investoitava lämmitykseen (maalämpö, jäteveden talteenotto jne.). Haasteena on, miten varmistetaan, että kiinteistöt päätyvät päästöttömiin ja energiatehokkaisiin ratkaisuihin, joiden investointikustannus voi olla suurempi.

Ohjattavat asiat

- Kiinteistöjen investoinnit omaan energiantuotantoon
- Soveltuvuus älykkääseen energiaverkkoon mahdollinen ja potentiaalinen joustokomponentti sähköverkolle. Vaatii ohjausta älykkäiden ratkaisujen käyttöönoton mahdollistamiseksi

SWOT-analyysi

Vahvuudet	Heikkoudet
Pienet päästöt	Suuri investointitarve Ei mahdollista hyödyntää hukkalämpövirtoja lämmön myynnissä tai ostossa.
Mahdollisuudet	Uhat
Kiinteistöjen panostus älykkäisiin ratkaisuihin	Kiinteistöjen osaoptimointi

5.1.3 Vaihtoehto 3 Alueellinen maalämpö + Kaukolämpö (Skenaario 128)

Vaihtoehto 3 Alueellinen maalämpö + Kaukolämpö (128)	
Aluelämmitys	Maalämpö + Kaukolämpö (70 °C verkosto)
Lohkon lämmitysmuoto	Maalämpö + Alueellinen lämpöverkko
Lohkon jäähdytysmuoto	Hybridilämpöpumppu
Jäteveden lämmöntalteenotto	Kyllä
Aurinkosähkö	Kyllä

Arvio päästövähennyshyödyistä, kustannuksista ja investointitarpeista: Joukon pienimmät päästöt. Elinkaarikustannukset samaa tasoa kuin Vaihtoehtoissa 1 ja 2. Investointitarpeet hieman suuremmat kuin vaihtoehdossa 1.

Yhteensopivuus energiainfrastruktuurin, kehitystavoitteiden ja -suunnitelmien ym. kanssa: Tukeutuu Helenin kaukolämpöverkkoon, mutta käyttää sitä hyvin vähän. Jäteveden lämmöntalteenotto isossa roolissa, miten sopii yhteen HSY ja Helen muiden toimenpiteiden kanssa?

Tekniset, taloudelliset mahdollisuudet ja riskit/haasteet, sidosryhmien sitoutuminen:

Vaatii investoinnin alueelliseen maalämpökenttään. Kuinka sen toteutus ja operointi järjestetään? Vaatii kiinteistöiltä investointeja mm. jäteveden talteenottoon, ja samaan aikaan liittymistä Helenin kaukolämpöverkkoon. Helenin sitoutuminen kaukolämpöverkon rakentamiseen ja kaukolämmön tarjoamiseen toissijaisena ratkaisuna. Epävarmuutena (riskinä) on kaukolämpöliittymän ja kaukolämmön hinnoittelu.

Ohjattavat asiat

- Alueellisen maalämpökentän toteutus ja operointi
- Helenin kaukolämpöverkko ja kaukolämmön hinnoittelu
- Soveltuvuus älykkääseen energiaverkkoon mahdollinen ja potentiaalinen joustokomponentti sähkö- sekä lämmitysjärjestelmälle. Vaatii ohjausta älykkäiden ratkaisujen käyttöönoton mahdollistamiseksi.

SWOT-analyysi

Vahvuudet	Heikkoudet
Päästövähennyksiin nähden edullinen.	Suuri investointitarve Maalämpökentän vaatima tila
Mahdollisuudet	Uhat
Tukeutuminen Helenin kaukolämpöverkkoon mahdollistaa tulevaisuudessa kehittyvän vähäpäästöisen lämmön hyödyntämisen alueella oman tuotannon lisäksi.	Maalämpökentän toteutus ja omistajuus, Helenin sitoutuminen ja kaukolämmön hinnoittelu

5.1.4 Vaihtoehto 4 Alueellinen maalämpö + Lämpölaitos (Skenaario 160)

Vaihtoehto 4 Alueellinen maalämpö + lämpölaitos (160)	
Aluelämmitys	Maalämpö, lämpölaitos + Kaukolämpö (70 °C)
Lohkon lämmitysmuoto	Alueellinen lämpöverkko
Lohkon jäähdytysmuoto	Hybridilämpöpumppu
Jäteveden lämmöntalteenotto	Kyllä
Aurinkosähkö	Kyllä

Arvio päästövähennyshyödyistä, kustannuksista ja investointitarpeista: Valituista skenaarioista suurimmat päästöt, selvästi muita valittuja vaihtoehtoja kalliimpi. Päästövähennykset riippuvat siitä, millaista päästökerrointa puun poltolle käytetään (Katso luku 2.6, Erillistarkastelu). Tässä vaihtoehdossa on suurta epävarmuutta investointitarpeissa ja käyttökustannuksissa.

Yhteensopivuus energiainfrastruktuurin, kehitystavoitteiden ja -suunnitelmien ym. kanssa: Ei kytketty Helenin kaukolämpöverkkoon, joten ei ole riippuvainen sen kehityksestä, mutta ei myöskään voi käyttää hyödyksi sen tarjoamia mahdollisuuksia. Ratkaisun saarekemaisuus ja alueellinen itsenäisyys voi tehdä panostuksen alueellisiin ja kiinteistöjen älykkäisiin järjestelmiin houkuttelevammaksi.

Lämpölaitoksen polttoaineen (pelletin) kuljetus vaatii merkittävää liikennettä, mikä heikentää mahdollisuuksia vähentää liikenteen päästöjä. Kuljetuksella on myös vaikutusta ilmanlaatuun, meluun jne. Jos laitosta ei ole kytketty kaukolämpöverkkoon, sillä ei voi tuottaa lämpöä muille käyttäjille, mikä pienentää kokonaisuuden joustavuutta.

Tekniset, taloudelliset mahdollisuudet ja riskit/haasteet, sidosryhmien sitoutuminen:

Alueellinen saarekemainen ratkaisu on tässä keskeisessä roolissa (maalämpö, lämpölaitos, verkko). Haasteena on, miten sen toteutus ja operointi organisoidaan. Saarekemaisuus mahdollistaisi esim.

alueellisen energiayhteisön toteuttamisen tai alueellisen energiajärjestelmän kilpailuttamisen, mutta taloudelliset reunaehdot voivat olla rajoittavat tekijä tässä.

Ohjattavat asiat

- Alueellisen maalämpökentän ja lämpölaitoksen toteutus ja operointi
- Soveltuvuus älykkääseen energiaverkkoon mahdollinen ja potentiaalinen joustokomponentti. Vaatii ohjausta älykkäiden ratkaisujen käyttöönoton mahdollistamiseksi

SWOT-analyysi

Vahvuudet	Heikkoudet
Saarekemaisuuteen ja omavaraisuuteen liittyvät vahvuudet, toteutuvat erityisesti hyvissä olosuhteissa.	Saarekemaisuuteen ja omavaraisuuteen liittyvät heikkoudet (back-up ja "paisuntasäiliö" puuttuu) Vertailuskenaarioista suurimmat investointi- ja elinkaarikustannukset Puun polton ja polttoaineen kuljetuksen ympäristövaikutukset
Mahdollisuudet	Uhat
Yhteisöllisyyttä korostava ratkaisu, "meidän ratkaisu", joka voi mahdollistaa esim. joukkorahoituksen hyödyntämisen investoinneissa	Tulkinta puun päästöttömyydestä voi muuttua. Lämpölaitoksen toteutus ja omistajuus

5.1.5 Vaihtoehto 5 Alueellinen maalämpö + Kaukolämpö (Skenaario 280)

Vaihtoehto 3 Alueellinen maalämpö + Kaukolämpö (280)	
Aluelämmitys	Maalämpö + Kaukolämpö (50 °C verkosto)
Lohkon lämmitysmuoto	Maalämpö + Alueellinen lämpöverkko
Lohkon jäähdytysmuoto	Hybridilämpöpumppu
Jäteveden lämmöntalteenotto	Kyllä
Aurinkosähkö	Kyllä

Arvio päästövähennyshyödyistä, kustannuksista ja investointitarpeista: Joukon pienimmät päästöt. Elinkaarikustannukset samaa tasoa kuin Vaihtoehtoissa 1, 2 ja 3. Investointitarpeet hieman suuremmat kuin näissä skenaarioissa.

Yhteensopivuus energiainfrastruktuurin, kehitystavoitteiden ja -suunnitelmien ym. kanssa: Tukeutuu Helenin kaukolämpöverkkoon, mutta käyttää sitä hyvin vähän. Jäteveden lämmöntalteenotto isossa roolissa, miten sopii yhteen HSY ja Helen muiden toimenpiteiden kanssa?

Tekniset, taloudelliset mahdollisuudet ja riskit/haasteet, sidosryhmien sitoutuminen:

Vaatii investoinnin alueelliseen maalämpökenttään. Kuinka sen toteutus ja operointi järjestetään? Vaatii kiinteistöiltä investointeja mm. jäteveden talteenottoon sekä erillisiin lämpöpumppuihin lämmintä käyttövetä varten, ja samaan aikaan liittymistä Helenin kaukolämpöverkkoon. Helenin sitoutuminen kaukolämpöverkon rakentamiseen ja kaukolämmön tarjoamiseen toissijaisena ratkaisuna. Epävarmuutena (riskinä) on kaukolämpöliittymän ja kaukolämmön hinnoittelu.

Ohjattavat asiat

- Alueellisen maalämpökentän toteutus ja operointi
- Helenin kaukolämpöverkko ja kaukolämmön hinnoittelu
- Soveltuvuus älykkääseen energiaverkkoon mahdollinen ja potentiaalinen joustokomponentti sähkö- sekä lämmitysjärjestelmälle. Vaatii ohjausta älykkäiden ratkaisujen käyttöönoton mahdollistamiseksi.

SWOT-analyysi

Vahvuudet	Heikkoudet
Päästövähennyksiin nähden edullinen.	Suuri investointitarve Maalämpökentän vaatima tila Alueellisesta lämpöverkosta ei voi tuottaa lämmintä käyttövedtä ilman erillistä lämmitystä
Mahdollisuudet	Uhat
Tukeutuminen Helenin kaukolämpöverkkoon mahdollistaa tulevaisuudessa kehittyvän vähäpäästöisen lämmön hyödyntämisen alueella oman tuotannon lisäksi. Matalalämpötilaverkko mahdollistaa hukkalämpöjen ja kaksisuuntaisen lämpökaupan tehokkaamman toteuttamisen. Erityyppisten rakennusten ja toimintojen kehittyminen Malmin lentokentän alueelle voi huomattavasti kasvattaa koko aluetta kokonaisuutena palvelevan matalalämpötilaverkon tuomia hyötyjä.	Maalämpökentän toteutus ja omistajuus, Helenin sitoutuminen ja kaukolämmön hinnoittelu

5.2 Johtopäätökset

Vaihtoehtojen 1-5 välillä on pieniä eroja päästöissä. Kuitenkin BAU-skenaarioon verrattuna päästöt ovat noin puolet kaikissa vaihtoehdoissa. Päästövähennysten näkökulmasta vaihtoehto 5 on paras. On kuitenkin huomioitava, että ”parhaan” vaihtoehdon valintaan voi olla monia kriteereitä ja kaikki mallinnus pitää sisällään oletuksia.

Elinkaarikustannusten osalta valittujen vaihtoehtojen sekä BAU:n välillä on pieniä eroja. Suurimmat elinkaarikustannukset syntyvät vaihtoehdosta 4 sekä BAU:ssa. Vaihtoehtojen 1-3 ja 5 elinkaarikustannukset ovat pienemmät kuin BAU:ssa. Investointikustannukset ovat pienimmät BAU:ssa sekä vaihtoehdossa 1. Vaihtoehtojen investointikustannukset ovat tosin selvästi isommat kuin BAU:ssa. Vaihtoehdon 4 investointikustannukset ovat selvästi isommat kuin vaihtoehdossa 1.

Kun päästöt ja elinkaarikustannukset suhteutetaan toisiinsa, parhaiksi vaihtoehdoiksi nousevat vaihtoehdot 1, 3. Näissä molemmissa skenaarioissa lämmityksessä hyödynnetään maalämpöä.

Erilaisiin alueen tulevaisuusvaihtoehtoihin (esimerkiksi miten paljon ja missä aikataulussa rakennetaan), joustavat parhaiten vaihtoehdot 1 ja 2 niiden pohjautuessa vahvemmin lohko-kohtaisiin ratkaisuihin. Alueelliset ratkaisut (3, 4 ja 5) ovat enemmän riippuvaisia rakentamisen aikataulutuksesta ja vaihteistuksesta.

Aluetason järjestelmänä toteutettava keskitetty maalämpökaivojärjestelmä (4) kykenee tuottamaan alustavan mitoituksen perusteella vain noin 40% alueen kokonaislämmöntarpeesta, jolloin loppu lämmöntarpeesta tuotetaan muilla metodeilla. Skenaarioissa, joissa on aluemaalämmön lisäksi lohkokohtainen maalämpöjärjestelmä (3 & 5), aluejärjestelmän tuotantoa käytetään täyttämään huippulämmöntarpeita. On kuitenkin huomattavaa, että tämänlaisissa skenaarioissa alueellista maalämpöjärjestelmää voisi olla mahdollista hyödyntää muun Malmin alueen lämmöntarpeeseen. Tätä vaihtoehtoa pitäisi kuitenkin tutkia tarkemmin tulevaisuudessa. Syväkaivojärjestelmiltä voidaan odottaa huomattavasti parempaa energiantuottopotentiaalia kuin matalammilta lämpökaivoilta, pienemmillä tilavarauksilla. Syväkaivoista on kuitenkin tällä hetkellä hyvin vähän käytännön kokemusta. Tästä syystä on kannattavaa tarkastella syväkaivoja tarkemmin myöhemmällä ajankohdalla, kun on saatu alustavia tietoja järjestelmien todellisesta toiminnasta ja kustannuksista. Myös erilaiset lämmön kausivarastointikonseptit on syytä tarkastella aluetason tuotannossa (kappale 4).

Yleisen toteutettavuuden (vähän haasteita ja riskejä) näkökulmasta BAU-skenaario on varmin: vaihtoehdossa on vakiintuneet käytännöt eikä se vaadi uusia ratkaisuja. Investointikustannukset ovat matalat, mutta elinkaarikustannukset ovat korkeammalla tasolla. BAU-skenaariossa päästökehitys on riippuvainen Helenin kaukolämmön ja -jäähdytyksen tuotannon päästökehityksestä.

Jos valitaan vaihtoehto 2, niin sen seurauksena alueelle on hankalampaa toteuttaa alueellisia ratkaisuja, kun alueellista lämpöverkkoa ei ole. Alueelliset ratkaisut eivät poissulje kiinteistökohtaisia ratkaisuja, mutta ne heikentävät alueellisten ratkaisujen taloudellista kannattavuutta.

On muistettava, että laskennalliset tarkastelut rajautuivat ainoastaan Nallenrinteen ja Lentoasemankorttelien alueisiin, joissa rakennuskanta on lähinnä asuinkerrostaloja. Kun mietitään matalalämpötilaverkoston soveltuvuutta Malmin alueelle, onkin tärkeää käsitellä koko lentokenttäalueen kehitystä kokonaisuutena huomioiden kaikki erityyppiset rakennukset ja toiminnot, joita alueelle on tulossa.

Johtopäätöksenä vaihtoehtojen tarkastelusta pystytään toteamaan, että suhteessa BAU-vaihtoehtoon mallinnetuilla skenaarioilla pystytään kasvihuonekaasupäästöjä vähentämään noin 50% elinkaaripäästöissä (30 v). Tätä voidaan pitää jo merkittävänä päästövähennyksenä ja kannustimena uusien energiaratkaisujen toteuttamiselle. Tarkemmin tutkittujen vaihtoehtojen välillä ei ole merkittäviä eroja elinkaaripäästöissä, vaan näiden välillä ratkaisussa täytyy puntaroida myös muita näkökulmia.

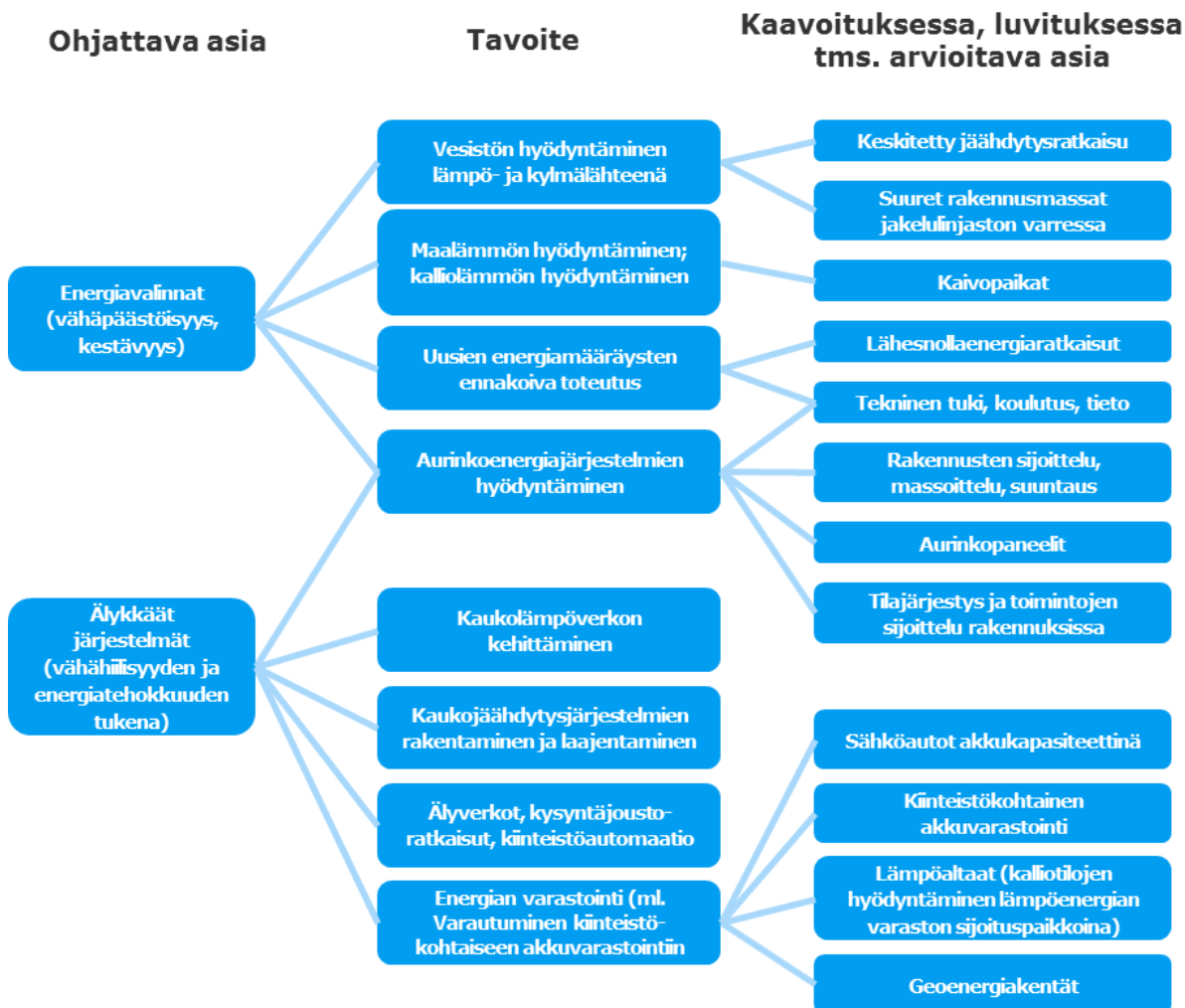
6. TAVOITTEIDEN MUKAISEN KEHITYKSEN EDISTÄMINEN

Tässä luvussa kuvataan laajalla skaalalla eri ohjauskeinot, joilla kaupunki voi edistää Malmin lentokenttäalueen energiaratkaisuja. Keskeisenä näkökulmana on, millä ohjauskeinoilla ja suunnitteluratkaisuilla ehdotettujen energiaratkaisujen toimeenpanoa voitaisiin edistää. Tämä konkretisoidaan ehdotuksina suunnittelua, rakentamista ja käyttöä ohjaavista kriteereistä, toimenpiteistä ja toimintatavoista. Toisena keskeisenä näkökulmana on, millaista strategista ohjausta alueen energiatavoitteiden saavuttaminen edellyttää ja mihin prosesseihin on kiinnitettävä huomiota. Strategisen ohjauksen osalta arvioidaan myös julkiseen rahoitukseen ja julkisrahoitettuihin kehityshankkeisiin perustuvia mahdollisuuksia.

6.1 Tavoitteet ja ohjattavat asiat

Alla taulukossa on koottu eri vaihtoehtoihin liittyviä keskeisiä asioita, joihin ohjauskeinoilla tulee pyrkiä vaikuttamaan.

Tavoitteet ja ohjattavat asiat
Vaihtoehto 0 (BAU, Business-as-Usual)
Vaihtoehto 1 Kaukolämpö + maalämpö & JVLTO lohkoissa (28) Helenin kaukolämpöverkko ja kaukolämmön hinnoittelu (liittymä, lämpöenergia) Kiinteistöjen investoinnit omaan energiantuotantoon
Vaihtoehto 2 Maalämpö ja sähkö lohkoissa (76) Kiinteistöjen investoinnit omaan energiantuotantoon
Vaihtoehto 3 Alueellinen maalämpö + kaukolämpö (128) Alueellisen maalämpökentän toteutus ja operointi Helenin kaukolämpöverkko ja kaukolämmön hinnoittelu (liittymä, lämpöenergia)
Vaihtoehto 4 Alueellinen maalämpö + lämpölaitos (160) Alueellisen maalämpökentän ja lämpölaitoksen toteutus ja operointi
Vaihtoehto 5 Alueellinen maalämpö + kaukolämpö (280) Alueellisen maalämpökentän toteutus ja operointi Helenin kaukolämpöverkko ja kaukolämmön hinnoittelu (liittymä, lämpöenergia)



Kuva 20: Esimerkkikaavio ohjattavien asioiden, tavoitteiden ja kaupungin prosessien välisistä yhteyksistä soveltaen Kuopion Savilahti-ohjeesta

6.2 Ohjauskeinot ratkaisuehdotusten edistämiseksi

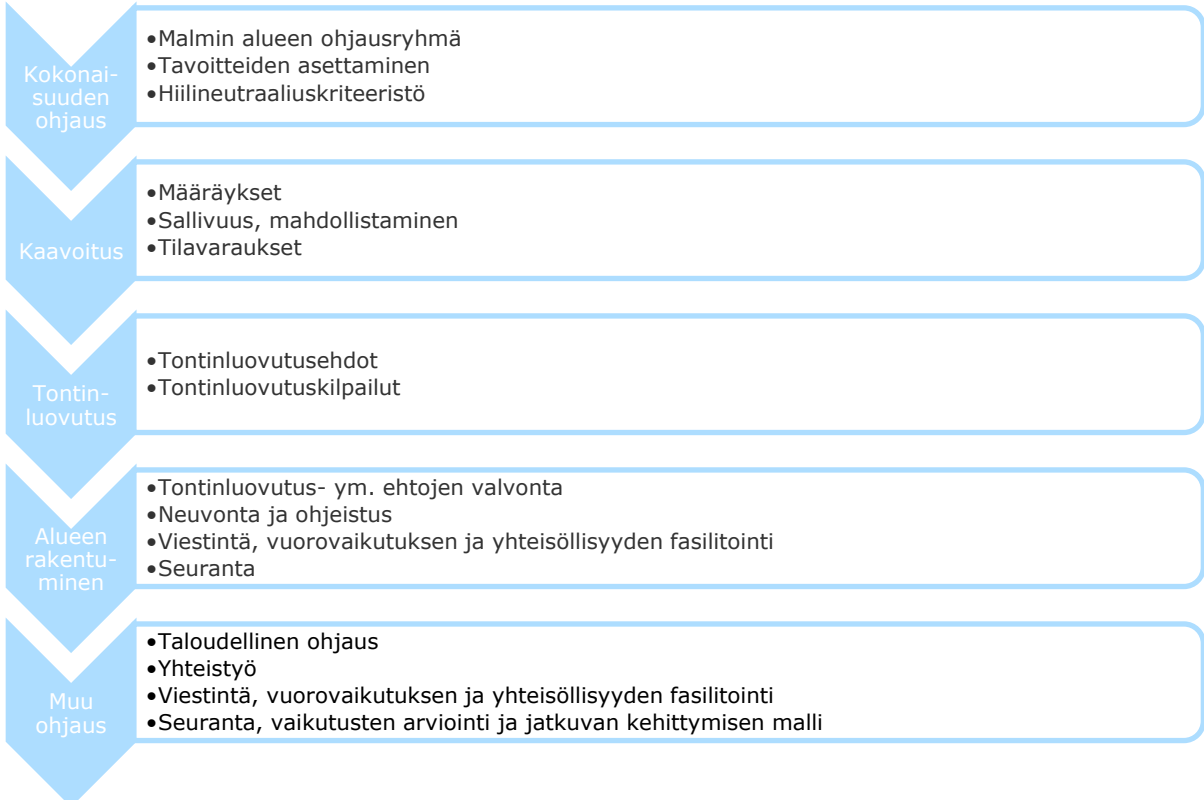
Hiilineutraalin Malmin toteuttamiseksi tarvitaan monipuolisia samaan suuntaan vieviä ohjauskeinoja. Keskeisiä kaupungin ohjauskeinoja ovat mm. strategiat, kaavoitus, maankäyttösopimukset, rakentamistapaohjeet, tontinluovutuskilpailut ja -ehdot, viestintä ja vuorovaikutus, taloudelliset ohjauskeinot, innovatiiviset julkiset hankinnat jne.

Hiilineutraalin Malmin toteuttamiseksi ei riitä vain kaupungin ohjauskeinot, vaan tarvitaan eri sidosryhmien yhteisiä toimia (Taulukko 7). Osa ohjauskeinoista on selkeästi kaupungin omia, mutta osa on valtion päätännän alla ja osa tärkeimpien sidosryhmien ja kaupungin omistamien yritysten ja kuntayhtymien toimintaan liittyviä. Ohjauskeinojen ajoittumista ja kriittisiä pisteitä on käsitelty taulukoissa 7 ja 8.

Taulukko 7: Ohjauskeinojen jakautuminen eri tahojen välille

Kaupunki	Valtio	Helen, HSY Muut sidosryhmät
Kaavoitus	Energiaverotus	Verkkoinfran vapauttaminen uusille toimintamalleille
Tontinluovutus	Energiatuet	Lämmöntalteenotto (HSYn ohjeistus)
Kaupungin saanto	Päästökertoimet	Energiankierrätys
Seuranta	Hiilineutraaliuskriteeristö	Lopputuloksen seuranta, mittarointi, vertailu ja todentaminen
Hiilineutraaliuskriteeristö, päästökertoimet	Aurinkosähkön hyödyntämisen esteiden purku	Konseptointi, ohjaus, säännöt ja maksut selkeästi esille
Viestintä, tavoitteiden asettaminen, tahtotila, eri ohjelmien yhteensovittaminen		Edellytysten turvaaminen ja mahdollisuus kokeiluille

Taulukko 8 Ohjauskeinojen järjestys eri projektin vaiheissa



Taulukko 9 Ohjauskeinojen kriittiset pisteet ja huomioitavat asiat

Tavoitteiden asettaminen	<ul style="list-style-type: none"> •Tavoitteiden selkeä ja tarkka määrittely – mitä halutaan ja miksi •Tunnistetaan parhaat keinot tavoitteiden savuttamiseksi •Tunnistetaan riskit ja uhat •Viestitään tavoitteista sekä mahdollistetaan vuorovaikutus ja sitoutuminen prosessissa
Kaavoitus	<ul style="list-style-type: none"> •Asetetaan reunaehdot alueen toteutukselle •Määritetään vähimmäisvaatimukset (kaavamääräykset) •Mahdollistetaan tavoitetta tukevat innovaatiot ja kokeilut •Luodaan toimiva kokonaisuus, jossa eri ohjelmat on sovitettu toisiinsa •Integroidaan mukaan vuorovaikutteisuutta
Tontinluovutus	<ul style="list-style-type: none"> •Vähimmäiskriteerit ja malli, millä ne todennetaan •Lisäpisteet kilpailutilanteessa (määriteltävä mitattavasti) •Energialiite (ohjeet rakentamiselle) tai energialomake (lisäpisteitä kilpailutukseen) •Kirstyvät vaatimukset
Alueen rakentuminen	<ul style="list-style-type: none"> •Tiedostetaan rakentamiselle asetetut tavoitteet ja valvotaan toteutumista •Neuvontaan ja kommunikaatiokanaviin panostetaan, ollaan tavoitettavissa •Yhteensovitetaan eri hankkeet, tunnistetaan mahdollisuuksia yhteistyöhön, fasilitoidaan yhteistyön syntymistä •Huolehditaan, että suunnitelmat toteutuvat laadukkaasti ja täysimääräisesti, ollaan läpinäkyviä ja tasapuolisia tässä
Muu ohjaus	<ul style="list-style-type: none"> •Raportoidaan (väli)tuloksista ripeästi, avoimesti ja positiivinen vire säilyttäen •Arvioidaan mahdollisuus palkkioihin (porkkanat) ja sanktioihin (kepit) eri vaiheissa; palkkiot voivat olla esim. kaupungin osin maksamaa yhteismarkkinointia messuilla tms.

6.2.1 Kokonaisuuden ohjaus

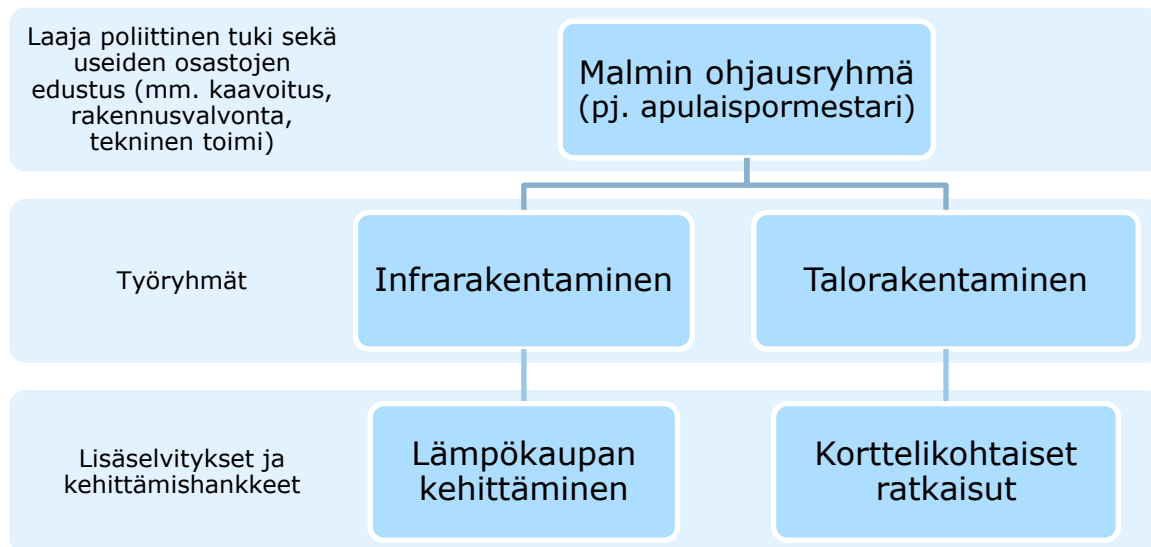
Kokonaisuuden hallinnan kannalta olennaista on tavoitteellinen ja aktiivinen kehitystoiminta, kaupallisten toimijoiden mukaan saaminen erilaisilla yhteistyötavoilla ja yhteisillä taloudellisilla panostuksilla sekä monipuoliset kaupunkisuunnittelun keinot (mm. kaavoitus, tontinluovutus).

Hiilineutraali Malmin lentokenttäaluetta suunnitellessa energiannäkökulmasta tulee huolehtia, että tehdyt alueelliset ratkaisut ovat samassa linjassa laajempien tavoitteiden kanssa, kuten esim. Hiilineutraali Helsinki 2035 – toimenpideohjelman kanssa.

Ehdotus 1.1. Malmin alueen ohjausryhmä

Perustetaan Malmin lentokentän alueen ohjausryhmä (tai vastaava), joka seuraa ja ohjaa kehitystä, tekee alueen edunvalvontaa sekä sitouttaa rakentajia yhteisiin tavoitteisiin, sovittaa mahdollisesti keskenään epäsopivia tavoitteita toisiinsa. Mallia voidaan ottaa Royal Seaportista Tukholmasta, missä on perustettu moniosastoinen ohjausryhmä, jolla on laaja poliittinen tuki ja ohjaus. Ohjausryhmän alla työskentelee eri teemojen pienemmät työryhmät, jotka keskittyvät tiettyihin aiheisiin sekä tunnistavat mm. jatkoselvitys ja -kehitystarpeet.

Ohjausryhmän rakennetta on hahmoteltu kuvassa Kuva 21. Päätason ohjausryhmä kokoontuu harvemmin ja keskittyy isoihin kysymyksiin, sillä on laaja poliittinen tuki sekä useiden kaupungin osastojen edustus. Sen alle perustetaan tarvittava määrä työryhmiä, joista osa voi olla lyhytikäisiä ja osa pysyviä. Työryhmien jäsenet valitaan teeman tarpeen mukaisesti ja työryhmät raportoivat ohjausryhmälle. Työryhmät voivat kokoontua useammin kuin ohjausryhmä. Tarvittaessa voidaan perustaa väliaikaisia työryhmiä, jotka keskittyvät yhteen, rajattuun projektiin.



Kuva 21: Ehdotus Malmi ohjausryhmän rakenteeksi Royal Sea Portin oppien mukaisesti

Ehdotus 1.2. Hiilineutraaliuskriteeristö

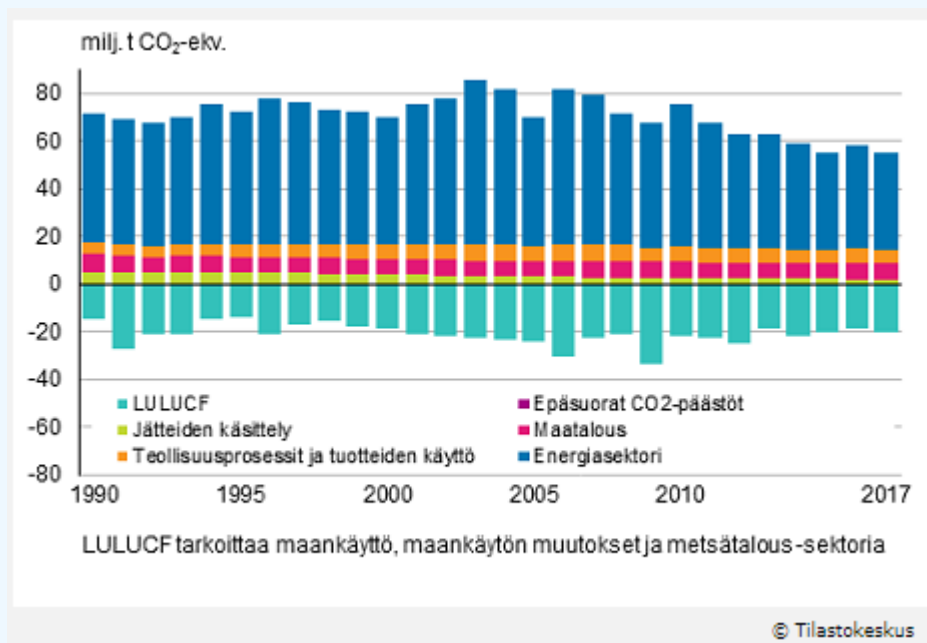
Määritellään alueelle yhtenäinen hiilineutraaliuskriteeristö, joka pitää sisällään alueellisen hiilineutraaliuden määrittelyt ja käsitteet, rajaukset, mittarit, käytettävät laskentamenetelmät, diskonttauskorot ja päästökertoimet jne. Kriteeristö voisi olla valtakunnallinen, kaupungin oma tai näiden väliltä.

Alueellisessa hiilineutraaliudessa ja siihen liittyvässä energian käytössä on sama tarve: kaikkien tulisi puhua samaa kieltä, laskelmien ja tiedon tulisi olla vertailukelpoista ja eri sidosryhmien tulisi ymmärtää esimerkiksi käsite hiilineutraalius samalla tavalla. Siksi olisi tärkeää laatia hiilineutraaliuskäsitteistö ja -kriteeristö kommunikoinnin tueksi joko valtiollisella tasolla (parempi vaihtoehto) tai vähintään kaupungin tasolla. Mm. rakennuttajien on helpompi sitoutua hiilineutraaliustavoitteeseen, mikäli he tietävät, mitä heiltä odotetaan ja vastaako heidän tuote kaupungin tavoitteita. Kriteeristöä rakentaessa tulee huomioida erilaiset käyttäjäryhmät ja tarpeet: jokaisen käsitteistöä käyttävän tulee löytää itselleen oleelliset asiat siitä helposti.

Jos valtio (esim. YM) lähtisi valmistelemaan valtakunnallista termistöä ja kriteereitä alueelliseen hiilineutraaliuteen, tehokkainta olisi hyödyntää niitä. Tätä valtakunnallista mallia voisi täydentää Helsingissä käytettävillä päästökertoimilla ja muilla laskennoissa käytettävillä lähtöarvoilla, jota eri toimijoiden laskelmat olisivat vertailukelpoisia. Mikäli valtakunnallista ratkaisua ei ole tulossa Helsingin tarvitsemassa aikataulussa, voisi olla perusteltua rakentaa ns. Helsingin-malli esim. osana Hiilineutraali Helsinki 2035-ohjelmaa ja toimeenpanoa tai alueellisena yhteistyönä esim. HSY:n johdolla, jolloin sama termistö ja kriteeristö olisi käytössä koko pk-seudulla. Tämä helpottaisi eri toimijoiden toimintaa koko seudulla, mutta mahdollistaisi tehokkaamman oppimisen ja vertailun pk-seudun toimijoiden kesken ja välillä.

Kokonaishiilijalanjälki

Eniten kasvihuonekaasupäästöjä aiheutuu Suomessa energiantuotannosta ja -kulutuksesta, pääosin fossiilisten polttoaineiden käytöstä. Energiasektorin korkeat päästöt johtuvat pääasiassa kylmästä ilmastosta, pitkistä välimatkoista sekä energiaintensiivisestä teollisuudesta. Energiasektorilla päästöjä aiheutuu eniten energiateollisuudesta ja polttoaineiden jalostuksesta. Energiateollisuuden lisäksi energiasektorin päästöinä raportoidaan teollisuuden ja rakentamisen polttoaineiden käyttö, kotimaan liikenne, rakennusten lämmitys sekä maa-, metsä- ja kalatalous ja niiden työkoneet. Liikenne on suuri päästöjen lähde. Maataloussektorin päästöt ovat noin 10 % Suomen päästöistä ja koostuvat pääosin maaperän dityppioksidipäästöistä, kotieläinten ruuansulatuksen metaanipäästöistä ja maan kalkituksen hiilidioksidipäästöistä. Jättesektorin päästöt ovat laskeneet maltillisesti 2000 - luvulla ja ovat noin 3 % kokonaispäästöistä. (Ilmasto-opas.fi, 2019)



ARA:n Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen pienentäminen kustannustehokkaasti vuokratalokohteissa -tutkimuksen (2018) mukaan noin 62-68 % rakennuksen elinkaaren (60 vuotta) hiilijalanjäljestä riippuu rakennuksen energiankulutuksesta ja noin 20-23 % rakennusmateriaalien määrästä ja tuotevalinnoista. Rakennusmateriaalien elinkaaren hiilijalanjäljen (tuotanto, kuljetus rakennuspaikalle, kunnossapito, purkaminen) osuus on noin 27-31 % koko 60 vuoden tarkastelujakson päästöistä. Energiankulutuksen hiilijalanjäljestä sähkönkulutuksen osuus tutkituissa kohteissa oli noin 25 % ja kaukolämmön osuus 75 %. Tutkimuksen mukaan suurin potentiaali rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen pienentämiselle on edelleen rakennuksen energiatehokkuuden parantamisessa, vaikka uudisrakennusten energiatehokkuus onkin parantunut viime vuosina. (Ahola & Liljeström, 2018)

Ehdotukset ohjauskeinoiksi jatkokehittämistä varten

Ehdotus 1.1. Malmin alueen ohjausryhmä

Ehdotus 1.2. Hiilineutraaliskriteeristö

6.2.2 Kaavoitus

Kaavoitus on tärkeä ohjauskeino tukemassa Hiilineutraalin Malmin toteutusta – tavoitteena kaupungin haluama toteutus kaavoituksen ohjausvaikutuksen kautta. Ohjauskeinoon voi sisältyä mm. asemakaavamääräykset ja kumppanuuskaavoitus.

Hiilineutraali Malmin lentokenttäalueen ja tämän energiaselvityksen pohjalta tehdyt tavoitteet ja ratkaisut tulee huomioida alueen kaikissa asemakaavoissa tarvittavalla tarkkuudella sekä pyrkiä asemakaavoilla edistämään ja edesauttamaan tavoitteiden saavuttamista. Vähintään kaavoitusprosesseissa tulee huolehtia, etteivät laaditut asemaakaavat estä tai hidasta alueen tavoitteiden toteutumista.

Vierekkäisiä asemakaavoja tulisi sovittaa yhteen niin, että ne mahdollistavat energijärjestelmien vaatimat tilavaraukset, maankäytön tehokkuuden ja energiainfrastruktuurin verkoston.

Kaavamääräyksillä ja -asiakirjoilla voidaan vaikuttaa siihen, mitkä mahdollisuudet ja sitoumukset rakentajilla on energiatehokkaiden ratkaisujen toteuttamiseen.

Kaavamääräyksissä sallitaan jatkossakin aurinkoenergian hyödyntäminen ja edistää sitä (Helsinki sallii kaavoissa aurinkoenergianhyödyntämisen ja on vapauttanut asennuksen rakennusluvasta), ja asemakaavassa voidaan tehdä tarvittavat tilavaraukset mm. energiahuollon tiloille. Aurinkoenergian hyödyntämisen kannalta olennaista on luoda rakennuksiin otollisia pintoja, joihin osuu mahdollisimman hyvin auringon säteilyä ja joihin voi sijoittaa paneeleja tai keräimiä sopivaan kulmaan. Aurinkoenergian tuotantoon vaikuttaa eniten rakennusten sijoittaminen ilmansuuntiin nähden, sekä niiden kattojen ja julkisivujen muodot sekä mahdollisten varjostusten hillitseminen.

Maalämmön osalta tulee huomioida maalämpökaivojen sijoittuminen toisiinsa nähden. Tontin kokoja ja muotoja on syytä tarkastella myös maalämpökaivojen näkökulmasta. Tontin hankkijoita ajatellen on hyödyllistä pystyä kertomaan, miten kaivoja on mahdollista sijoitella tonteille ja erityisesti huomioida sellaiset tontit, joille kaivoa ei saada mahtumaan.

Mikäli alueratkaisussa edistetään pientä lämpölaitosta, joka tuottaa lämpöä isommalle kiinteistömäärälle, täytyy kaavoituksessa ottaa huomioon laitoksen ja putkiverkon vaatimat tilat. Puupolttoaineiden käytössä merkittävä vaikutus kaupunkiympäristöön on polttoainekuljetuksiin liittyvän liikenteen määrä, joka on hyvä huomioida jo suunnitteluvaiheessa.

Ilma- ja ilma-vesilämpöpumppujen osalta kaavoituksessa (tai rakentamistapaohjeessa) voidaan tarvittaessa ottaa kantaa siihen, mihin rakennuksen seinään tuleva lauhdutinosa sijoitetaan rakennuksen julkisivussa ja siten vaikuttaa kaupunkikuvan muodostumiseen.

Asemakaavoituksen yhteydessä laadittavalla rakentamistapaohjeella voidaan täydentää yleis- tai asemakaavan ohjausta ja esittää hyviä malleja ja esimerkkejä kaavan toteutuksesta. Rakentamistapaohjeessa voidaan käsitellä energiatehokkuuteen tähtääviä suunnitteluperusteita ja velvoittaa varautumaan vaihtoehtoisten energiantuotantotapojen hyödyntämiseen rakennusten teknisten järjestelmien ja tilojen suunnittelussa ja mitoituksessa.

Ehdotus 2.1. Energiaratkaisujen vaatimat varaukset kaavassa

Erilaiset energijärjestelmät ja -ratkaisut vaativat erilaisia tilavarauksia ja näiden huomioiminen on hyvä tehdä jo kaavoitusvaiheessa. Näin eri tavoitteet tilankäytölle voidaan yhteensovittaa. Asemakaavassa tulisi tehdä ainakin tarvittavat varaukset puistomuuntajille, energiakonteille ja maalämpökentille.

Asemakaavassa huomioidaan maalämpökaivojen sijoittuminen toisiinsa nähden. Tarkastellaan tonttien kokoja ja muotoja myös maalämpökaivojen näkökulmasta. Laaditaan tontin hakijoille ohje siitä, miten kaivoja on mahdollista sijoitella tonteilla ja huomioidaan erikseen sellaiset tontit, joille kaivoa ei saada mahtumaan.

Tämän selvityksen pohjalta voidaan tarkentaa kaavavarauksia seuraavasti:

- Laskennallisissa tarkasteluissa käytetty keskitetty maalämpökenttä vaatii maa-alaa yhteensä noin 113 000 m². Tällainen kenttä on siten luonnollista sijoittaa alueelle, jossa on paljon vapaata tilaa poraamiseen. Näitä ovat esimerkiksi puistot, pellot tai kentät.
- Keskitettyjä maalämpökenttiä voi olla alueella useampiakin, riippuen poraamiseen käytettävissä olevista alueista
- Matalalämpötilainen lämmönjakeluverkosto voi vaatia hieman suuremmat putkidimensiot kuin perinteinen kaukolämpö. Tämä tulee ottaa huomioon, kun suunnitellaan, miten kunnallistekniikka sijoitetaan alueen ajoväylien ja teiden alla.
- Saarekemaiset ratkaisut, joissa esim. keskitetty lämmönjakokeskus palvelee kokonaista korttelia, asettavat vaatimuksia teknisille tilantarpeille. Korttelia palvelevalle lämmönjakokeskukselle on varattava vaadittu tila, ja sopiva sijainti. Sijainti on parhaimmillaan rakennuksiin nähden keskeisellä paikalla, jotta vältetään pitkiä putkivetoja.
- Kortteli- tai rakennuskohtaiset maalämpökaivot pyritään sijoittamaan niiden rakennusten tontille, lämmönjakokeskuksen läheisyyteen, joita ne palvelevat. Talojen alle poraaminen on mahdollista, vaikka yleensä huoltoteknisistä syistä ensisijaisesti kaivot pyritään sijoittamaan rakennuksen ulkopuolella sijaitsevalle tontin alueelle. Jos on tarvetta porata rakennuksen alle, niin poraaminen pitää tietysti ajoittaa ennen rakennustöitä. Kaivoja ei yleensä haluta sijoittaa kovin hajanaisesti, eli olisi hyvä suosia yhtenäisiä alueita, jonne kenttä voidaan keskittää. Maalämpökaivokentästä näkyy maanpinnalle lähinnä muutamia huoltokaivonkansia. Siten kaivokentän yläpuolista maa-aluetta voidaan kyllä hyödyntää erilaisiin tarkoituksiin, kuten parkkipaikkana tai piha-alueena yms.

Ehdotus 2.2. Aurinkoenergian mahdollistaminen

Aurinkoenergian mahdollistamiseksi asemakaavassa luodaan rakennusten sijoittelulla otollisia pintoja, joihin osuu hyvin auringon säteilyä ja joihin voi sijoittaa aurinkopaneeleita (ja keräimiä) sopivaan kulmaan. Lisäksi taataan asemakaavalla, että katoille ja julkisivuihin saa sijoittaa aurinkoenergian keräämiseen liittyviä laitteita ja rakenteita. Viestinnällisistä syistä ekologiset ratkaisut saavat näkyvä rakennusten ulkoasussa ja ne tulee suunnitella osaksi rakennusten arkkitehtuuria. Asemakaavassa korostetaan mahdollisuutta sijoittaa aurinkoenergiajärjestelmiä alueen rakennuksiin ja osoitetaan velvoite niiden sovittamisesta alueen arkkitehtuuriin tontti- tai korttelikohtaisella merkinnällä ja määräyksellä.

Aurinkoenergian kannalta on hyvä suosia tasakattopintoja ja välttää rakennusten keskinäisten varjostusten muodostumista. Julkisivuasenteisten aurinkopaneelien kannalta parhaat ilmansuunnat ovat länsi, etelä, itä.

Alueen aurinkoenergiantuotantoa voidaan kasvattaa keskitetyllä aurinkoenergiailaitoksella, jollainen voidaan asentaa johonkin sopivaan paikkaan, mielellään tasaiseen varjostamattomaan maastoon. Keskitetyn voimalan hallinnointi vaatii sopivan toimintamallin (esim. energiayhteisö) ja operaattorin. Lisäksi aurinkosähkölle tarvitaan todennäköisesti puistomuuntamo. Aurinkokeräimet (aurinkolämpö) lämmittävät vettä tai muuta lämmönsiirtonestettä, joka vaatii erilliset putkitukset ja pumput.

Ehdotus 2.3. Uusiutuvan energian tuottamista ja energiatehokkuutta koskevat kaavamääräykset

Asemakaavassa voidaan asettaa yleisiä määräyksiä liittyen uusiutuvaan energiaan ja energiatehokkuuteen. Mm. Porvoon Toukovuoren asemakaavassa on yleisissä määräyksissä määritelty kaukolämpöverkkoon liittymisvelvoite tehokkaan energiahuollon ja hiilijalanjäljen minimoimisen johdosta, määräyksissä on myös aurinkoenergian hyödyntämisen huomioiminen rakennusten sijoittelussa, samoin on määrätty, että rakennusten katoille on sallittua sijoittaa aurinkopaneeleita. Kaukolämpöön ei voi enää velvoittaa kaavamääräyksillä liittymään, mutta muita energiatehokkuuteen liittyviä näkökulmia voi kaavamääräyksillä edistää. Alueellisten energiaratkaisujen yhteydessä voidaan Malmin lentokenttäalueella asettaa kaavamääräyksillä energiatehokkuudelle tasoja tai määrätä esim. huomioimaan rakennusten teknisten tilojen mitoituksessa aurinkoenergian hyödyntäminen.

Ehdotus 2.4. Sähköautojen lataus

Yleismääräyksessä tai kortteli-/tontti-/rakennuslakohtaisessa määräyksessä on mahdollista osoittaa velvoite sähköautojen latauspisteiden toteuttamiseen. Latauspisteet sijoitetaan käytännössä pysäköintipaikkojen yhteyteen, niiden sijainteja tai tilavarauksia ei ole tarpeen luultavasti osoittaa erikseen kaavassa. Tarvittaessa kaavassa tai rakennusjärjestyksessä voidaan vaatia, että uudisrakentamisen yhteydessä sähkötiloihin tulee varata tilat tarvittaville keskuslaajennuksille ja pysäköintipaikat tulee toteuttaa valmiiksi putkitettuina ottaen huomioon sekä sähkön- että tiedonsiirron kaapelointitarpeet.

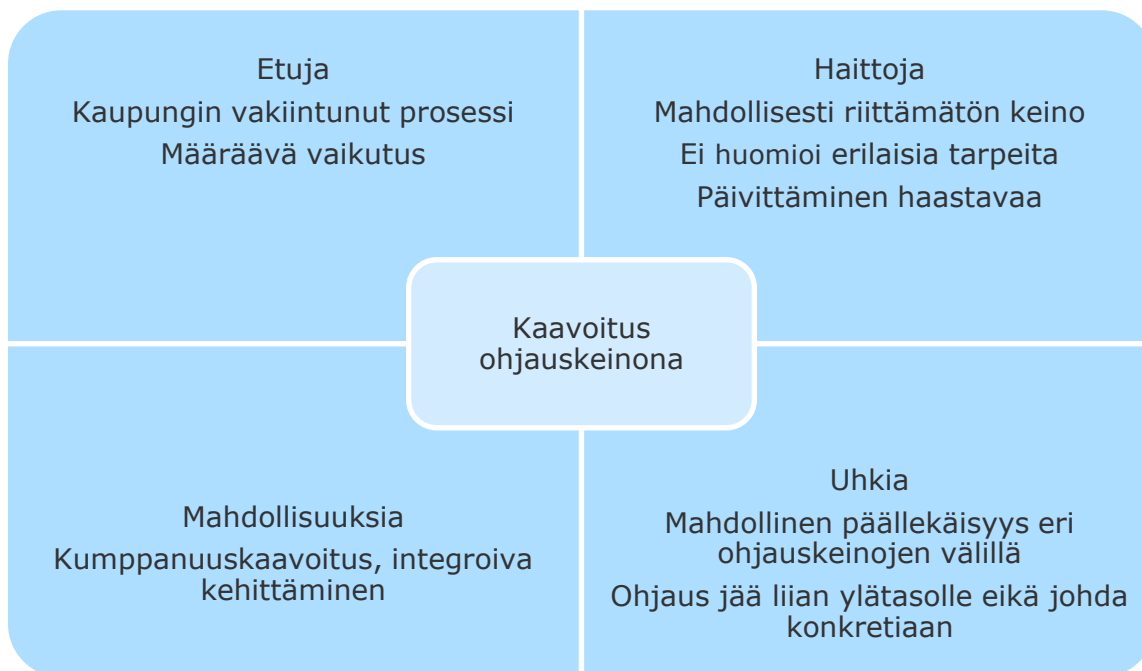
Ehdotus 2.5. Lämpölaitoksen liikenne (Vaihtoehto 2)

Jos alueelle toteutetaan lämpölaitos, otetaan sen polttoainehuollon synnyttämä liikenne huomioon liikennesuunnittelussa. Otetaan mahdolliset melu- ja ilmanlaatuhaitat huomioon kaavoituksessa.

Ehdotus 2.6. Kumppanuuskaavoitus

Kumppanuuskaavoitusta voidaan harkita Malmin lentokenttäalueen tulevilla asemakaava-alueilla soveltaen esim. Tampereen Vuoreksen -alueen kokemuksia. Kumppanuuskaavoitus mahdollistaa uusien, minimitasoa parempien ratkaisujen toteuttamisen tietyillä alueilla, kun maankäyttöä voidaan suunnitella yhdessä toteuttajien kanssa esim. suunniteltujen energiaratkaisujen pohjalta. Kumppanuuskaavoituksessa rakentajat valitaan ennen asemakaavoitusta ja yhteiskehittämällä tehdään kaavoitus: yhdessä päätetään alueen visio, rakentajat kehittävät omia projektejaan ja sovittavat niitä yhteen korttelitasolla, ja tämä toimii kaavoituksen pohjalla. Tällöin kaavamuuotosten tarve pienenee ja alue kehittyy yhtenäisten tavoitteiden mukaisesti.

Seuraavassa kaaviossa on arvioitu kaavoitusta SWOT-analyysillä.



Kuva 22 Kaavoituksen arviointi ohjauskeinona

Ehdotukset ohjauskeinoiksi jatkokehitystä varten
Ehdotus 2.1. Energiaratkaisujen vaatimat varaukset kaavassa
Ehdotus 2.2. Aurinkoenergian mahdollistaminen
Ehdotus 2.3. Uusiutuvan energian tuottamista ja energiatehokkuutta koskevat kaavamääräykset
Ehdotus 2.4. Sähköautojen lataus
Ehdotus 2.5. Lämpölaitoksen liikenne (Vaihtoehto 2)
Ehdotus 2.6. Kumppanuuskaavoitus (mahdollisesti tulevilla asemakaava-alueilla)

6.2.3 Tontinluovutusehdot

Tontinluovutusehdot ovat hyvä ja selkä ohjauskeino toteuttaa kaupungin tavoitteita rakentamisessa: rakennusliikkeet veloitetaan toteuttamaan tontinluovutusehdoissa esitettäviä vaatimuksia (vaaditut toimet tai vaaditut lopputulokset).

Kaupungin omistamalla maalle rakennettaessa tontinluovutusehdoissa voidaan sitovasti edellyttää esim. rakennusten energiatehokkuusvaatimuksista ja energiantuotantotavoista. Energiatehokkuustavoitteiden täyttyminen hankkeessa voidaan huomioida tontin myynti- tai vuokrahinnassa, mikäli tällainen ohjauskeino koetaan tarpeelliseksi/perustelluksi. Tontinluovutusehdoissa voidaan myös asettaa ehtoja mm. sähkönkäytön pienentämiseksi esim. niin sanottujen mukavuussähkölämmitysten ja ulkoalueiden sulatuslämmitysten kieltämiseksi tai rajoittamiseksi joillain alueilla. Tontinluovutuksen yhteydessä on myös mahdollista käyttää energiatehokkuuteen tähtääviä kannustimia. Kannusteiden yhteydessä täytyy niiden saamisen ehdot määritellä tarkkaan ja yhteneväsillä käytännöillä. (Oja et al., 2013) Tavoiteltaessa hiilineutraalia Malmin lentokenttäaluetta voidaan tontinluovutusehdoissa asettaa energiatehokkuustavoitteen sijasta tai lisäksi esim. rakennusten energiankäytön CO₂-tavoiteraja, joka täytyy alittaa. Koska älykkäillä ratkaisulla energijärjestelmässä on mahdollista lisätä alueen energijärjestelmän tehokkuutta, joustavuutta ja varmuutta sekä edistää vähähiilistä tuotantoa ja vähentää päästöjä, tulee ratkaisujen toteutumista ohjata mm. tontinluovutusehdoilla. Helsingin kaupungilla on Kalasatamassa kertynyt kokemuksia älykkäiden ratkaisujen ohjaamisesta

tontinluovutusehdoilla, ja näitä kokemuksia hyödyntäen on mahdollista jatkokehittää Malmin lentokenttäalueella toimiva malli.

Esimerkkejä: Turun Skanssissa ja Helsingin Kalasatamassa kaupunki on käyttänyt tontinluovutusehtoja, joilla alueiden kehittäjät on sitoutettu ottamaan käyttöön muun muassa energiankulutuksen optimointia edistäviä ratkaisuja uudistaloissa. Skanssissa taloyhtiöiden tulisi esimerkiksi pystyä osallistumaan kaksisuuntaisille kaukolämpömarkkinoille matalalämpöverkon kehittämisen ja muiden teknisten ratkaisujen myötä. Kalasatamassa alueiden kehittäjiä on muun muassa asetettu vaatimuksia kommunikaatorajapinnoille sekä kiinteistö- ja huoneistoautomaatiolle.

Rakentamistapaohjeet voidaan ottaa sitoviksi tontinluovutuksen ehtona, ja niillä voidaan velvoittaa rakennusten teknisten järjestelmien ja tilojen suunnittelussa ja mitoituksessa varautumaan vaihtoehtoisten energiantuotantotapojen hyödyntämiseen. Rakentamistapaohjetta on käsitelty edellä luvussa Kaavoitus.

Tontinluovutusehtoihin voi liittyä, että kaupunki voi harkintansa mukaisesti alentaa tonttivuokria, mikäli rakennuttaja sitoutuu hiilineutraaliustavoitteen edistämiseen energiatehokkailla ja uusiutuvaa energiaa käyttävillä rakennuksilla. Kovat hiilineutraaliustavoitteet voivat lisätä rakentamiskustannuksia ja tällainen vuokranalennus voisi lisätä investointihalukkuutta. Tätä on kuvattu myöhemmin taloudellisen ohjauksen yhteydessä.

Tontinluovutuskilpailut tarkoittavat tontinluovutusmuotoa, jossa tontti luovutetaan rakennettavaksi voittaneen ehdotuksen tekijälle. Hiilineutraaliuden keskeisiä vaatimuksia korostetaan kilpailuohjelmassa. Tonttia tavoittelevan hakijan tulee laatia viitesuunnitelma, jota arvioidaan suhteessa kilpailuohjelmaan liittyvän hiilineutraalin Malmin energiaselvityksen tuloksiin. Tontinluovutuskilpailu mahdollistaa kaupungin asettaman minimitaso ylittämisen – minimitasoa huonompi hanke ei voi saada työtä, luultavasti voittaja on parempi kuin vaadittu minimitaso. Ensimmäisen kilpailun tasoa voidaan hyödyntää seuraavassa kilpailussa jne. jatkuvan oppimisen ja kehittymisen mallilla.

Ehdotus 3.1. Tontinluovutusehtojen energialiite

Voimakkaan ohjauksen takaamiseksi Malmin lentokentän alueelle voidaan määrittellä tontinluovutusehtojen osaksi energialiite, jossa on rakentajia koskevat vaatimukset mm. energiatehokkuuden ja uusiutuvan energian suhteen, esim.

- Vaatimus rakennuksen energialuokalle
 - Vähintään A-energialuokka kaupungin luovuttamilla tonteilla
- Vaatimus jäteveden lämmön talteenotosta
- Vaatimus maalämmön ja hybridilämpöpumpun käytöstä
- Vaatimus sähköautojen latausinfra
- Vaatimus aurinkoenergian hyödyntämisestä
- Vaatimus liittymisestä alueelliseen energiaverkkoon
- Älykkäät energiajärjestelmät, mm.
 - Vaatimuksia kommunikaatorajapinnoista ja tiedonsiirtotavoista
 - Vaatimuksia kiinteistö- ja huoneistoautomaatiosta
 - Vaatimus kysyntäjoustopon mahdollistavista järjestelmistä

Esimerkki: Espoon Finnoossa on käytössä tontinluovutuslomakkeen liitteenä ”Rakennusten energia- ja kestävyyskriteerit”. Vaatimukset jakautuvat toteutettaviin ja valinnaisiin vaatimuksiin. Lomakkeessa kuvataan toimenpide, todentamistapa ja todentamisvaihe. Toteutettavissa (eli pakollisiin) toimenpiteissä on viisi toimenpidettä: projektilla tulee olla energia-asiantuntija,

rakennukselle laaditaan energiasuunnitelma, E-luku vähintään 5 % pienempi kuin lainsäädännön minimitaso, mittarointi ja mittaustiedon toimittaminen Finnoon mittarointiohjeen mukaisesti ja E-luvun lisäksi lasketaan tavoite-energiankulutus. Valinnaiset vaatimukset jakautuvat alakategorioihin (yleinen energiatehokkuus, taloautomaatio ja tehonhallinta, uusiutuva energia ja energiatehokkuusinnovaatiot, sisälämpötilan hallinta ja muut kestävä kehitys -kriteerit) ja toimenpiteille on määritelty eri pistearvoja (vaihteluväli 1-8). Projektin tulee kasata vähintään 12 pistettä, jolloin esimerkiksi vieläkin paremmasta E-luvusta eli vähintään 15 % pienemmästä saa 5 pistettä Finnoon pistejärjestelmässä.

Taulukko 10: Esimerkki pistejärjestelmästä Finnoon mallia mukaillen (toimenpiteet Finnoon energialiitteestä)

Pistearvo	Toimenpide	Todentamistapa	Todentamisvaihe
5	Rakennuksen E-luku on vähintään 15 % pienempi kuin lainsäädännön minimitaso	Kuvaukset menetelmäratkaisusta energiasuunnitelmassa + energiatodistus	rakennuslupavaihe + tarkistus käyttöönottovaiheessa
8	Rakennuksen E-luku on vähintään 20 % pienempi kuin lainsäädännön minimitaso	Kuvaukset menetelmäratkaisusta energiasuunnitelmassa + energiatodistus	rakennuslupavaihe + tarkistus käyttöönottovaiheessa
1	Jääkaappien, pakastimien ja astianpesukoneiden energialuokka on vähintään A+++.	Laiteluettelot	rakennuslupavaihe + tarkistus käyttöönottovaiheessa
3	Kohteessa pystytään varaamaan lämpöä lämminvesivaraajaan, jonka mitoitus on 1m ³ jokaista 1000 kerrosneliötä kohden. Vähintään 6 m ³ varaajakapasiteetti täyttää ehdon myös yli 6000 kerrosneliön kohteissa.		Vastaanotto
2	Kohteeseen toteutetaan aurinkolämpökeräimiä min. 10 neliötä tai aurinkosähköpaneeleja min. 20 neliötä.	Kuvaukset ratkaisusta energiasuunnitelmassa + vastaanottotarkastus	Vastaanotto
3	Kohteeseen toteutetaan kaukokylmään perustuva jäähdytys. Myös muilla uusiutuvalla energialla tehtävä jäähdytys täyttää kriteerin, mikäli se tehdään koko talon kattavalla keskitetyllä jäähdytyksellä.	Liittymissopimus kaukokylmään, LVI-piirustukset käyttöönottovaiheessa	rakennuslupavaihe + tarkistus käyttöönottovaiheessa
3	Rakennus luokitellaan LEED tai BREAAAM järjestelmällä tai rakennukselle myönnetään EU-ympäristömerkki tai Joutsenmerkki	Sertifikaatti/todistus	Vastaanotto

Ehdotus 3.2. Tontinluovutuskilpailut

Kaupungin omistamilla tonteilla järjestetään tontinluovutuskilpailuja, joissa tontti luovutetaan voittaneen ehdotuksen tekijälle. Hiilineutraaliuden keskeisiä vaatimuksia korostetaan kilpailuohjelmassa.

Kriteerejä voivat olla:

- Energia- ja ekotehokkuus sekä niihin liittyvät uudet innovaatiot
- Rakentamisen hiilijalanjälki ja ekotehokkuus

Tontinluovutuskilpailuihin ohjauskeinona liittyy erilaisia näkemyksiä. Seuraavassa kaaviossa on arvioitu tontinluovutuskilpailua ohjauskeinona SWOT-analyysin muodossa.



Kuva 23 Tontinluovutuskilpailun arviointi ohjauskeinona

Ehdotukset ohjauskeinoiksi

Ehdotus 3.1. Tontinluovutusehtojen energialiite

Ehdotus 3.2. Tontinluovutuskilpailut

6.2.4 Rakentamisen valvonta, neuvonta, seuranta

Rakennusjärjestyksellä ja rakentamistapaohjeilla on ennalta ohjaava käytännön vaikutus rakentamiseen. Ne laaditaan usein asemakaavoituksen yhteydessä ja niissä voidaan käsitellä energiatehokkuuteen tärkeitä suunnitteluperusteita. Rakentamistapaohjeet voidaan ottaa sitoviksi tontinluovutuksen ehtona, ja niillä voidaan velvoittaa rakennusten teknisten järjestelmien ja tilojen suunnittelussa ja mitoituksessa varautumaan vaihtoehtoisten energiantuotantotapojen hyödyntämiseen. Rakentamistapaohjetta on käsitelty edellä luvussa Kaavoitus.

Alueryhmämenettelyllä on tärkeä rooli Hiilineutraalin Malmin tavoitteiden edistämässä. Kanslian projektinjohtaja, asemakaavoituksen, rakennusvalvonnan ja tontit-yksikön edustajat muodostavat alueryhmä, joka käsittelee mm. tontinluovutusehtojen toteutumisen. Parhaimmillaan alueryhmällä on resursseja myös energiatehokkuusneuvontaan ja -tiedotukseen ja rakentamisen ennakoivaan laadunohjaukseen.

Ehdotus 4.1. Neuvonta ja vuorovaikutus

Järjestetään tontinluovutus- ja muihin ehtoihin liittyvä neuvonta rakennusten suunnitteluvaiheessa. Tässä keskeistä on hyvä tavoitettavuus ja monipuoliset kanavat tuloksekkaaseen vuorovaikutukseen rakennusliikkeen kanssa

Ehdotus 4.2. Valvonta

Varmistetaan että kaupungin rakennusvalvonta ja työmaavalvoja ovat tietoisia sovitusta ohjauskeinoista, tavoitteista, ehdoista ja niihin liittyvistä käytännön toteutusmalleista, ja heillä on kanavat keskustella asioista.

Kaupungin tekemän rakennusvalvonnan (rakennusvalvontaviranomaisen) tehtäviin kuuluu rakentamiseen ja rakennetun ympäristön hoitoon liittyvä neuvonta, valvonta ja lupakäsittely. Rakennusvalvontavirasto huolehtii rakennushankkeen sopeutumisesta ympäristöön sekä varmistaa rakennusten oikean suunnittelun ja toteutuksen. Viranomainen käsittelee rakennuslupa-asiat kuten luvat uuden rakennuksen aloittamiseen ja rakennustyönjohtajan hyväksyminen. Muita rakennusvalvontaviranomaisen tehtäviä ovat mm. työmaakatselmukset, joissa katselmoidaan rakennustyön loppuvaiheessa, onko rakennustyö tehty sovitusti.

Ehdotus 4.3. Seuranta

Toimeenpannaan seurantamalli tavoitteiden toteutumiseksi.

Esimerkki Kalasataman malli: Kalasatamassa tontinluovutuksen ehtoja seurataan alueryhmässä, jossa tarkistetaan suunnitelmat ja niiden vastaavuus tontinluovutusehtoihin nähden. Toteutusvaiheen ja käytön aikaista seurantaa Kalasatamassa ei ole toteutettu.

Esimerkki Royal Sea Port: Rakentajat sitoutuvat raportoimaan vuosittain kohteidensa kestävän kehityksen toimenpiteistä sekä energiankulutuksista online-portaalin kautta.

Seurantamallin rakentamisessa tulee huomioida tarpeeksi kattava mittarointi (Helen, HSY) ja oikeus kerätä ja käyttää tietoa ja tietosuojanäkökulmat. Rakennuttajat voidaan sitouttaa raportointiin esim. tontinluovutusehdoissa ja asukkaat ja asunto-osakeyhtiöt tontinvuokrasopimuksessa. Seurantamallin suunnittelussa, tulee myös ratkaista kenelle ja miten mahdolliset laadulliset kysymykset raportoidaan ja kuka raportoinnista on vastuussa (isännöitsijä, hallituksen pj). Teknisesti kevyempi ja mahdollisesti helpompi seurantamalli hyödyntäisi vain mittaroinnilla kerättävää tietoa.

Ehdotus 4.4. Korttelikohtainen ohjaus:

Toteutetaan tarkoituksenmukaisella tavalla korttelikohtainen ohjaus.

Erityisesti pientalorakentamisessa hyödynnetään useissa kaupungeissa ennakko-ohjausta rakennuslupaprosessissa ja, mikäli alueelle rakentuu paljon pientaloja yhtäaikaisesti, voidaan järjestää ns. korttelikohtaista ohjausta, jossa kaikki korttelin toimijat kutsutaan yhteiseen kokoukseen tutustumaan, kommentoimaan ja yhteensovittamaan projekteja. Malmilla korttelikohtaista ohjausta voitaisiin soveltaa myös kerrostalorakentamiseen ja mahdollistaa eri toteuttajien ja eri projektien yhteistyö energiaprojekteissa (esim. yhteiset maalämpöratkaisut). Projektien yhteensovittamisella tarkistetaan myös kaikkien mahdollisuus hyödyntää paikallisesti tuotettuja energialähteitä (mm. aurinkopaneelit/varjostukset, maalämpökaivojen sijainnit). Korttelikohtaisessa ohjauksessa voitaisiin myös ideoida uusia toimintamalleja sekä oppia hyviä käytäntöjä. Kaupunki/ohjausryhmä tai muu ulkopuolinen taho vastaisi kokoon kutsumisesta sekä tapaamisten ohjauksesta.

Ehdotus 4.5. Rakennusten energiatietojen julkisuus:

Arvioidaan rakennusten energiatietojen julkistamisen mahdollisuuksia ja toimeenpannaan se, mikäli eri osapuolet löytävät yhteisen toimintamallin. Energiatietojen julkisuus voisi kannustaa noudattamaan ehtoja ja parantamaan energiatehokkuutta ym. myöhemminkin.

Case: Kalasatama

Kalasatamassa testataan tulevaisuuden älykkäitä energiaratkaisuja. Uusinta energia-, informaatio- ja viestintäteknologiaa yhdistämällä syntyy kestävä kehityksen mukainen, vähäpäästöinen energijärjestelmä palveluineen. Alueelle tuleva älykäs sähköverkko on mallina sovellettavaksi myös muualle.

Kalasataman tavoitteiden edistämistä on tehty tontinluovutusehdoilla. Kaavoituksessa ei ole määritelty älykkäälle energijärjestelmälle ehtoja tai vaatimuksia. Tontinvarauksen yhteydessä on asetettu sitovia ehtoja, joiden toteutuminen on tarkistettu ulkopuolisen konsultin ja alueryhmän toimesta ennen tontinluovutusta. Käytännössä on tarkistettu suunnitelmat, rakentamisen aikaista valvontaa ei ole. Mikäli paljastuisi, että rakentaja ei ole noudattanut suunnitelmia, olisi mahdollista asettaa sanktioita sopimusrikkomuksesta, mutta tällaiseen ei ole Kalasatamassa jouduttu.

Haastavana Kalasatamassa on koettu ehtojen tulkinta (osa rakentajista ylitulkinnut, tärkeää ehtojen yksiselitteisyys), resurssointi (mikäli teknisiä ehtoja, tulee olla riittävä osaaminen niiden valvontaan), ehtojen päivittämistarpeen seuranta (vaikuttaa vain tuleviin projekteihin, ei takautuvaa päivittämistä), toteutus ei saisi olla vain yhden toimijan varassa, joten ehtojen auki kirjoittaminen tulee tehdä huolella.

Kalasataman oppien perusteella yleiset tavoitteet ovat helpommin seurattavia, mutta niiden tulisi olla kuitenkin yksiselitteisiä, prosessin tulee olla alusta asti selkeä kaikille osapuolille, ehtoja olisi hyvä koe ponnistaa kolmannella osapuolella ennen niiden soveltamista. Kalasatamassa on valvottu suunnitelmia, ei toteutuksia – seurannan taso on tärkeä pohtia. Ehtojen hyöty on hyvä kommunikoida avoimesti kaikille osapuolille, hyötyjen tulisi olla myös näkyvissä heti projektin valmistuttua. Kalasataman kokemuksen mukaan tontinluovutusehdot ovat toimiva ohjauskeino, mutta seuranta vaatii resurssia ja on haastavaa.

Kalasataman kehitysehdotus ja opit Malmille voisi tiivistää:

- **Prosessin miettiminen selkeäksi (mitä, milloin, miten, kuka)**
- **Selkeät ehdot ja ohjeet**
- **Neuvonta + valvonta + seuranta = hyvä lopputulos**

Haastattelut: Kalasataman projektijohtaja Hannu Asikainen (9.9.2019), Green Building Councilin vanhempi asiantuntija Lauri Tähtinen (11.9.2019)

Ehdotukset ohjauskeinoiksi jatkokehitystä varten

Ehdotus 4.1. Neuvonta ja vuorovaikutus

Ehdotus 4.2. Valvonta

Ehdotus 4.3. Seuranta

Ehdotus 4.4. Korttelikohtainen ohjaus

Ehdotus 4.5. Rakennusten energiatietojen julkisuus

6.2.5 Muu ohjaus

6.2.5.1 Kaupungin taloudellinen ohjaus

Kaupungin ohjauskeinona voidaan hyödyntää määräyksien ja ehtojen lisäksi taloudellisia ohjauskeinoja. Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset kannustimet (palkkiot) ja sanktiot, mahdolliset maksuhelpotukset ja kaupungin saannon pienentäminen tonteista.

Ehdotus 5.1 Kaupungin tekemät perusinvestoinnit, jotka mahdollistavat hiilineutraaliuteen tähtäävään alueellisen energiatuotannon valitulla vaihtoehdolla. Esimerkkinä voisi olla

maalämpökaivojen tekeminen alueelle valmiiksi perusinfran rakentamisen yhteydessä, jos ratkaisuvaihtoehdoksi valitaan alueellinen maalämpö tai maalämmön laajempaa toteutusta vaativa skenaario. Myös alueellisen lämpöverkon rakentaminen esimerkiksi kaupungin ja Helenin yhteisinvestointina voisi kuulua tähän luokkaan.

Ehdotus 5.2. Kannustimet ja sanktiot osana tontinluovutusehtojen noudattamisessa. Tontinluovutuskilpailussa voi saada lisäpisteitä ekstratoimista, millä on suoraan kilpailuun osallistujan liiketoimintamahdollisuuksia korottava vaikutus (esim. Finnoo). Yksi esimerkki sanktiosta on, että tontinluovutusehtojen rikkominen nostaa tonttivuokraa.

Ehdotus 5.3. Maksuhelpotukset tontinluovutusehtojen noudattamisessa. Esimerkiksi kaupunki voi harkintansa mukaisesti alentaa tonttivuokria, mikäli rakennuttaja sitoutuu hiilineutraaliustavoitteen edistämiseen energiatehokkailla ja uusiutuvaa energiaa käyttävillä rakennuksilla ja toteuttaa lupaamansa ratkaisut. Kovat hiilineutraaliustavoitteet voivat lisätä rakentamiskustannuksia ja tällainen vuokranalennus voisi lisätä investointihalukkuutta. Esimerkiksi Porvoon Skaftkärrissä on annettu alennusta tontin hinnasta kysyntäjoustovalmiuksia vastaan (lähde: Kuntaliitto).

Ehdotus 5.4. Kaupungin rahoitus yhteisöhankeille: kaupunki voi tukea alueelliseen energiaratkaisuun toimeenpanoon osallistuvia energiayhteisöjä antamalla niille rahoitusta (sijoitus, laina, takaus tms.). Tällaista tukea voi olla

- kaupungin teettämät markkina -, kehitys- ja rahoitusselvitykset
- kaupungin osakkuus yhteisöissä (alkupääoma, muu pääomitus, takaukset ja vakuudet)
- yhteisrahoitushankkeiden tukeminen kaupungin niihin laittamalla osuudella

Ehdotus 5.5. Kokeilurahoitus, kilpailut, sponsorointi: kaupunki voi korvamerkitä tietyn summan kokeiluille tai kilpailuille, joissa palkitaan parhaat ehdotukset toteutusrahoituksella. Nopeita kokeiluja on tuettu mm. Helsingin Kalasatamassa, Oulussa ja Tampereella osana 6Aika-hanketta, joka on Suomen kuuden suurimman kaupungin yhteinen kehityshanke. Myös esim. Ympäristöministeriön Kestävä kaupunki – ohjelma avustaa kokeiluja ja pilotteja.

6.2.5.2 Kaupungin yhteistyö eri toimijoiden ja sidosryhmien kanssa

Ehdotus 5.6. Rajapintojen kehittäminen / varmistaminen ulkopuoliseen yhteiskunnan infrastruktuuriin. Tähän kuuluu yhteistyön, toimintamallien hinnoittelun jne. sopiminen Helenin, HSY:n, Gasumin tms. kanssa alueellisen ratkaisun kytkemiseksi osaksi kaupungin ja valtakunnan infrastruktuuria. Tämän kokonaisuuden koordinoitua tarvitaan, ja asiaan liittyvät tiedot tulee olla koottuna yhteen paikkaan.

Ehdotus 5.7. Malmin sopimus alueen toimijoiden (ml. kiinteistöt, kaupunki, Helen, HSY) välillä energiajärjestelmän toteuttamisesta ja kehittämisestä. Tämä olisi Memorandum of Understanding (MoU)- tasoinen aiesopimus Hiilineutraalin Malmin toteuttamisesta, panemalla ”nimet papereihin” lisättäisiin toimijoiden sitoutumisastetta.

Sopimus voisi olla ensin kaupungin ja rakennuttajan välinen, ja ensimmäisessä taloyhtiön yhtiökokouksen yhteydessä myös taloyhtiö allekirjoittaisi sopimuksen. Tällä ohjausmallilla sitoutetaan toimijoita laajasti ja varmistetaan jatkuvuus. Käytännön ilmentymänä voisi olla vuosittainen tapaaminen verkostomallilla (”siirtolapuutarhamalli”), jolloin keskusteluyhteys säilyy ja on mahdollisuus seurantaan, tiedonvaihtoon ja ratkaisujen edistämiseen.

Ehdotus 5.8. Kaupungin fasilitoima alueellisen toimijan (energiayhteisön)

liiketoimintamalli ja organisointi. Alueellinen toimija hallinnoisi esim. alueverkkoa tai alueellista lämpölaitosta. Kaupungilta voi tulla tukea perustamiselle, esim. selvitykset liiketoimintamallista, kumppanien haku, perustamisen fasilitointi.

Ehdotus 5.9. Osallistuminen aktiivisesti yhteisiin kehittämishankkeisiin. Alueen toimijoiden kehittämishankkeiden fasilitointi, apu rahoituksen hakemiseen ja kumppanien hakuun jne.

Ehdotus 5.10. Yhteishankintojen fasilitointi ja toteuttaminen, esim. aurinkoenergia, kiinteistöjen maalämpö. Kaupungin kautta voitaisiin toimittaa ohjeita, sopimusmalleja, prosessin fasilitointia, auttaa ja neuvoa kilpailutuksessa. Kaupunki voisi osallistua osuudella yhteishankintoihin (esim. kaupungin osuus aurinkopaneeleista)

Ehdotus 5.11. Uusien ratkaisujen kehittäminen ja kokeileminen: Tämä ohjauskeino kattaa startupidit, kokeilut ja pilotit alueella, missä kaupunki voisi toimia katalyyttinä

6.2.5.3 Viestintä ja vuorovaikutus – kaupungin tahtotila ja vahva yhteisö

Vahva viesti kaupungin tahtotilasta voi luoda tietoisuutta tavoitteista kiinnostuneiden toimijoiden parissa ja toimia siten pehmeänä ohjauskeinona. Ohjauskeinoon toimivuuteen vaikuttaa viestin yhteneväisyys, ja se edellyttää mm. poliittista yksimielisyyttä.

Aluebrändin syntyemisessä ratkaisevaa on visio ja näkemys siitä, mihin suuntaan aluetta halutaan kehittää. Brändin rakentaminen on prosessi, jolla pyritään luomaan identifioitavissa oleva merkityssisältö alueelle, ja jolla tätä mielikuvaa, imagoa ja mainetta pyritään hallitsemaan. Brändiarkkitehtuurilla pyritään luomaan kokonaisuus, joka rakentuu strategisista tavoitteista. Kaupunki voi pyrkiä tuettu brändi -strategiaan, jossa pyritään linkittämään toivottuja ulottuvuuksia niin kaupunki-, yritys- kuin organisaatiobrändeistä, esim. eri toimijoiden hiilineutraaliusbrändien yhdistäminen ja viestin voimistaminen. (Jyrämä, Kajalo, 2014)

Alueen suunnittelun ja toteutuksen yhtenä haasteena on taata alueen asukkaiden (tai tulevien asukkaiden) ja muiden toimijoiden osallistuminen suunnitteluprosessiin sekä sitoutuminen yhteisiin tavoitteisiin ja strategioihin. Ihmisten valinnat ovat kuitenkin viime kädessä niitä tekijöitä, joiden myötä suunnitellut toimenpiteet konkretisoituvat ja tavoitteet toteutuvat – tai eivät. Toisaalta vastavuoroisesti ihmisten kysyntä ja valinnat voivat ohjata myös suunnittelua

Ehdotus 5.12. Alueen brändi: luodaan Malmin lentokentän alueelle vahva alueellinen brändi, joka perustuu edistykselliseen, hiilineutraaliin energiajärjestelmään, ja käytetään tätä hyväksi alueen markkinoinnissa ja luomaan koko Helsingille mielikuvaa edelläkävijänä.

Ehdotus 5.13. Energiaratkaisut näkyviin: tuodaan edistykselliset energiaratkaisut näkyviin hyvällä tavalla eri keinoin sekä fyysisessä ympäristössä (esim. Helen Alppilan piippu osoittaa konkreettisesti kaupunkikuvassa lämpöenergiankulutuksesta) että digitaalisesti (esim. alueella tuotetun energian seuraaminen näyttöruudulla tai netissä).

Ehdotus 5.14 Yhteisöllisyys, osallistaminen ja vuorovaikutus ottamalla asukkaat mukaan toteuttamaan energiajärjestelmää (neuvonta esim. energiaratkaisujen oikeasta käytöstä, yhteishankinnat, kokeilut, osallistava budjetointi jne.). Kaupunki voi ottaa roolin asukkaiden yhteisöllisyyden ja yhteistyön fasilitoinnissa, mikä parhaimmillaan voi tuottaa mahdollisuuksia esim. joukkorahoitettuihin investointeihin.

Ehdotus 5.15 Tietopaketti, jossa on yhteen paikkaan koottuna palvelumallit, erilaiset ratkaisut, rahoitusmahdollisuudet, kriteeristö/termistö. Kaupunki kokoaa ja antaa alueesta kiinnostuneille selkeän tietopaketin. Ei mene aikaa tiedon etsimiseen, kaikilla samat lähtötiedot.

Ehdotukset ohjauskeinoiksi (muu ohjaus) jatkokehittäväksi
Taloudellinen ohjaus
Ehdotus 5.1. Kaupungin tekemät perusinvestoinnit
Ehdotus 5.2. Kannustimet ja sanktiot
Ehdotus 5.3. Maksuhelpotukset
Ehdotus 5.4. Kaupungin rahoitus yhteisöhankeille
Ehdotus 5.5. Kokeilurahoitus, kilpailut
Yhteistyö eri toimijoiden ja sidosryhmien kanssa
Ehdotus 5.6. Rajapinnat ulkopuoliseen infrastruktuuriin
Ehdotus 5.7. Malmin sopimus
Ehdotus 5.8. Alueellinen toimija
Ehdotus 5.9. Yhteiset kehittämishankkeet
Ehdotus 5.10. Yhteishankinnat
Ehdotus 5.11. Uusien ratkaisujen kehittäminen ja kokeileminen
Viestintä ja vuorovaikutus
Ehdotus 5.12. Alueen brändi
Ehdotus 5.13. Energiaratkaisut näkyviin
Ehdotus 5.14. Yhteisöllisyys, osallistaminen ja vuorovaikutus

6.3 Alueellisten energiaratkaisujen rahoitus

Kestävyyttä edistävien energiaratkaisujen investointeihin on periaatteellisella tasolla monentyyppisiä rahoitusratkaisuja.

- Kaupunki hankkii investoinnit ja rahoittaa ne julkisista varoista
- Kaupungin, yritysten ja mahdollisesti käyttäjien yhteinen järjestely investointien rahoittamiseen (PPP, PPPP)
- Investoinnin rahoittajana kolmas taho
- Osallistuvien yritysten rahoitus
- Käyttäjäpainotteinen rahoitus
- Kehityshankkeet julkisella rahoituksella

Näitä eri vaihtoehtoja on lyhyesti kuvattu seuraavissa luvuissa.

6.3.1 Julkisten hankintojen hyödyntäminen

Kaupunki voi edistää omalla hankintavastuullaan olevia kehityspainotteisia investointeja sopivilla ei-perinteisillä julkisen hankinnan keinoilla, joita ovat mm. elinkaari- ja allianssimallit, PPP-tyyppiset ratkaisut ja innovatiiviset julkiset hankinnat.

Uudentyyppisiin puhtaita ratkaisuja edistäviin julkisiin hankintoihin on saatavissa tukea, esim. Business Finland Innovatiiviset julkiset hankinnat -rahoituksesta ja Keino-osaamiskeskuksesta.

6.3.2 Julkinen rahoitus puhtaiden ratkaisujen kehityshankkeisiin

Puhtaita ratkaisuja kehittäviin ja uutuusarvoa omaaviin hankkeisiin on saatavilla julkista hankerahoitusta esimerkiksi seuraavista lähteistä:

- Maakuntaliitto (ja ELY-keskus): kansallinen ja EU-rahoitus, kuten EAKR-rahoitus, kuuden suurimman kaupungin 6Aika-hanke, muut rakennerahastot

- Muu EU-rahoitus: mm. Horisontti 2020
- Business Finlandin ohjelmat: Smart Energy Finland, Bio and Circular Finland
- Pääkaupunkiseudun Smart&Clean -säätiön kautta saatava rahoitus
- Sitra: uusi kiertotalousohjelma

6.3.3 Julkinen rahoitus energiainvestointeihin

Energiainvestointien rahoitukseen on raportin kirjoitushetkellä saatavilla rahoitusta esimerkiksi seuraavista lähteistä:

- TEM energiatuki/ investointituki (ei uudisrakentaminen eikä asuntorakennukset, uudiskohteissa tuki vain aurinkosähkölle). Tämä on Business Finlandin kautta haettava tuki energiainvestoinneille ja -selvityksille. Tuki on suunnattu kaiken kokoisille yrityksille, sekä kunnille ja muille yhteisöille kuten seurakunnille ja säätiöille. Etusijalla ovat uuden teknologian hankkeet. Energiatukea myönnetään uusiutuvan energian investointi- ja selvityshankkeisiin ja energiajärjestelmän muuttumista vähähiiliseksi muutoin edistäviin investointi- ja selvityshankkeisiin. Vuoden 2018 tukiprosenteista esimerkkejä alla:

Lämpökeskushankkeet (puupolttoaineet)	10–15 %
Lämpöpumppuhankkeet	15 %*
Aurinkolämpöhankkeet	20 %
Aurinkosähköhankkeet	25 %

- Yritysten investointituki sähköautojen julkisille latauspisteille. Työ- ja elinkeinoministeriö myöntää tukea sähköautojen julkisen latausinfrastruktuurin kehittämiseen osan Juha Sipilän hallituksen käynnistämää Biotalous ja puhtaat ratkaisut -kärkihanketta. Pikalatausjärjestelmien osalta tukiprosentti on 35 %. Tukea voi saada vain energiatuen piiriin hakeutunut yritys. Normaalien latauspisteiden tukiprosentti on 30 %. Tuki myönnetään vain ns. älykkäille latausjärjestelmille. Hankkeen investointien takaraja 15.8.2019 on umpeutunut. Mikäli vastaavaa tukea myönnetään jatkossa, kannattaa tukea hyödyntää Malmin lentokenttäalueen sähköisen liikenteen latausinfrastruktuurin kehittämisessä.
- Energiavirasto järjestää sähkö- ja kaasujoneuvojen lataus- ja tankkausverkoston laajentamista edistäviä tukikilpailutuksia. Edellinen tarjousten jättöaika oli 30.9.2019 mennessä. Tukea oli tarjolla yhteensä 3 miljoonaa euroa ja tarjouskilpailussa kilpailtiin neljässä ryhmässä: kaasutankkausasemat, paikallisen joukkoliikenteen latausjärjestelmät, ajoneuvojen suuritehoiset latausjärjestelmät ja ajoneuvojen peruslatausjärjestelmät. Mikäli kilpailutuksia järjestetään jatkossa, kannattaa tukea hyödyntää Malmin lentokenttäalueen sähköisen liikenteen latausinfrastruktuurin kehittämisessä.
- ARA:n (Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus) avustus asuinrakennuksen omistaville yhteisöille sähköautojen latausinfrastruktuurin rakentamiseen: Avustus on 35 % toteutuneista kustannuksista (sis. alv.), kuitenkin enintään 90 000 euroa. Edellytyksenä avustukselle on, että yhteisö rakentaa valmiuden vähintään viidelle latauspisteelle. Avustusta voi saada myös latauslaitteiden hankintaan.

6.3.4 Yksityinen investointien rahoitus

Yksityisen rahoituksen eri tapoja investointien toimeenpanoon ovat

- Yritysten (esim. rakennusliikkeiden) oma rahoitus, joko omasta taseesta ("kassasta") tai tyypillisemmin markkinaehtoisella lainalla
- Yksityisten ulkopuolisten rahoittajien ja sijoittajien rahoitus (esim. Venture Capitalists, VC:t), joille tuottomalli ja Exit-mahdollisuus eli tehdyn sijoituksen myynti voitolla on tärkeää
- Yhteisörahoitus (joukkorahoitus, osuuskunnat jne.), jossa investoinnin vaatima pääoma kerätään suurelta joukolta investoreja, jotka voivat saada sijoituksestaan vastikkeen esim. halvemman energian muodossa

Tulevalle asukkaalle ainakin Nordea-pankki tarjoaa vihreää asuntolainaa, mikäli ostettava kohde täyttää vähintään yhden seuraavista vaatimuksista:

- energialuokka A (vuoden 2018 energiatodistuksen mukainen luokitus A tai vuoden 2013 energiatodistuksen mukainen luokitus A tai B)
- Joutsenmerkki
- RTS-ympäristöluokitus

Nordea-pankki tarjoaa vihreälle asuntolainalle hintaetuja sekä lainan ilman järjestelypalkkioita.

Tarkoituksena on, että tulevaisuudessa useammat pankit mahdollistaisivat vihreitä asuntolainoja, johon liittyen Green Building Council koordinoi aiheeseen liittyvää hanketta "Energy Efficient Mortgages Initiative (EeMAP)", joka tuo pankkialan ja energia-asiantuntijat yhteen miettimään vihreän rahoituksen kriteereitä.

6.4 Päästövähennysten seuraaminen

Hiilineutraali Malmin lentokenttäalue rakentuu vaiheittain ja siksi tavoitteiden edistymistä tulee seurata, jotta tiedetään toimenpiteiden riittävyys, ohjausvaikutusten toimivuus ja voidaan tarvittaessa kehittää toimintaa, mikäli tavoitteesta ollaan jäämässä. Yksi keino seurata edistymistä on päästövähennysten seuraaminen asettamalla vertailutaso ja jatkuvalla seurannalla vertailla toteutunutta tasoa vertailutasoon. Seuranta tuloksiin on tärkeä reagoida ja sopeuttaa ohjauskeinoja niiden mukaisesti. Alla on kuvattu mahdollisia keinoja toteuttaa seurantaa.

Toteutunut päästötaso voidaan laskea (karkeasti):

- $(\text{mitattu sähkönkulutus} \times \text{valtakunnan sähkön päästökerroin}) + (\text{mitattu lämmönkulutus} \times \text{kaukolämmön päästökerroin}) + (\text{mitattu jäähdytys} \times \text{kaukojäähdytyksen päästökerroin})$

Seurantaan varten tarvitaan ainakin seuraavia tietoja:

- Toteutunut energiankulutus (saadaan tieto kiinteistöiltä tai Heleniltä)
- Alueelle tuodun sähkön, lämmön, kaukojäähdytyksen, (kaasun) määrä (Helen, Gasum jne.)

Tarkempaa kiinteistökohtaista energiankäytön ja -tuotannon seurantaa varten tarvitaan ainakin seuraavia tietoja:

- Energian käyttö: sähkö, lämpö, jäähdytys
- Energian tuotanto omalla tontilla
- Energian hankinta: kaukolämpö, -kylmä, alueverkko
- Energian säästö, älykkäät ratkaisut ja joustomahdollisuus

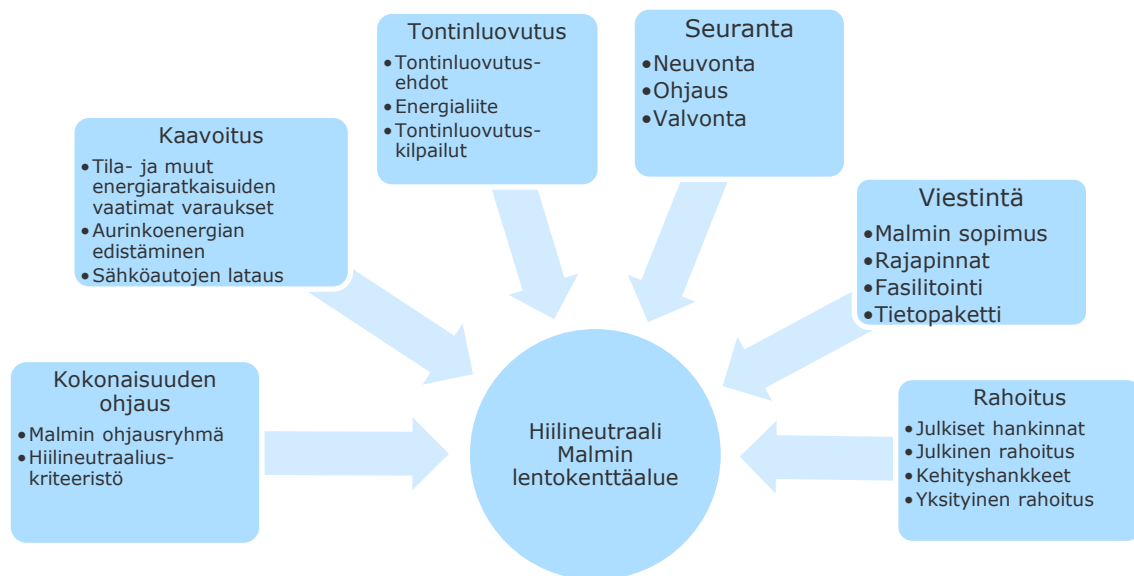
Tietojen hyödyntämistä varten tulee ratkaista seuraavia kysymyksiä:

- Voidaanko kiinteistöiltä vaatia mittausta ja raportointia?
- Palkkiot ja sanktiot toteutuneiden päästöjen mukaan?

- Mittaustietojen julkaiseminen?
- Mittarointi (laajempi kuin tämän hetkinen perustilanne) /HSY + Helen Sähkönsiirto
 - Aurinkoenergian tuotanto
 - Maalämmön tuotanto
 - Jäteveden lämmöntalteenotto
 - Lämmön kulutus
 - Sähkön kulutus
 - Veden kulutus
 - Automaattinen seuranta
 - Tulokset taloyhtiölle tiedoksi/kannustimeksi?

6.5 Yhteenveto tavoitteiden mukaisen kehityksen edistämisestä

Lopullinen ohjauskeinojen valinta riippuu ratkaisuista, joita lähdetään edistämään. Eri ratkaisuvaihtoehdoilla on omat erityispiirteet ja siksi osa vaatii erilaisia ohjauskeinoja, mutta osa ohjauskeinoista on yleispäteviä ja auttavat tavoitteen saavuttamisessa riippumatta valinnasta. Näiden ohjauskeinojen sisältö vain muokkautuu ratkaisuvaihtoehdoista riippuen. Tällaisia ovat mm. kuvassa 18 esitellyt ohjauskeinot.



Kuva 24: Tavoitetta kohden voidaan hyödyntää erilaisia ohjauskeinoja, jotka jakautuvat noin kuuteen pääkategoriaan.

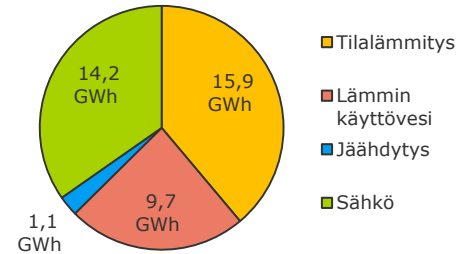
Taulukossa 10 on ehdotuksia tutkittujen vaihtoehtojen tarvitsemiksi ohjauskeinoiksi yleisten ohjauskeinojen lisäksi. Ohjauskeinovalikoima tarkentuu jatkosuunnittelussa ja vaihtoehdon valinnan kautta. Kaikissa vaihtoehdoissa voidaan hyödyntää erilaisia yhdistelmiä ohjauskeinoista ja niitä muokataan vaihtoehtojen mukaisiksi. Kaikki vaihtoehdot tarvitsevat kuitenkin kokonaisuuden ohjausta ja tehokasta viestintää valituista ratkaisuista ja alueen tavoitteista.

Taulukko 11: Valittujen skenaarioiden mahdollisia ohjauskeinoja

Skenaario	Ohjauskeinot
Vaihtoehto 0 (BAU)	Helenin ohjaaminen hiilineutraaleihin ratkaisuihin erityisesti kaupungin omistajaohjauksen kautta
Vaihtoehto 1	Kiinteistöjen investointien ohjaus omaan energiantuotantoon neuvonnan, fasilitoinnin, tontinluovutusehtojen ja muiden valittavien keinojen kautta Helenin päästökehityksen ja kaukolämmön hinnoittelun ohjaus kaupungin omistajaohjauksen ja sidosryhmätyöskentelyn kautta
Vaihtoehto 2	Kiinteistöjen investointien ohjaus omaan energiantuotantoon neuvonnan, fasilitoinnin, tontinluovutusehtojen ja muiden valittavien keinojen kautta
Vaihtoehto 3	Operointimallin fasilitointi ja rakentajien sitouttaminen alueelliseen maalämpökenttään neuvonnalla, Malmin sopimuksella, tontinluovutusehdoilla ja muilla valittavilla ohjauskeinoilla. Helenin päästökehityksen ja kaukolämmön hinnoittelun ohjaaminen kaupungin omistajaohjauksen ja sidosryhmätyöskentelyn kautta
Vaihtoehto 4	Alueen toimijoiden sitouttaminen alueelliseen maalämpökenttään ja lämpölaitokseen esim. Malmin sopimuksen, vahvan aluebrändin, viestinnän ja neuvonnan, tontinluovutusehtojen sekä muiden valittavien ohjauskeinojen kautta.
Vaihtoehto 5	Operointimallin fasilitointi ja rakentajien sitouttaminen alueelliseen maalämpökenttään neuvonnalla, Malmin sopimuksella, tontinluovutusehdoilla ja muilla valittavilla ohjauskeinoilla. Kaksisuuntaiseen lämpökauppaan selkeä palvelupolku sekä kannustava hinnoittelumalli. Helenin päästökehityksen ja kaukolämmön hinnoittelun ohjaaminen kaupungin omistajaohjauksen ja sidosryhmätyöskentelyn kautta

7. YHTEENVETO

Hiilineutraali Malmin lentokenttäalueen energiaselvityksellä mallinnettiin ja tutkittiin Nallenrinteen ja Lentoasemankorttelien osalta mahdollisuudet toteuttaa alueiden energiajärjestelmä noudattaen Hiilineutraali Helsinki 2035 -ohjelman tavoitteita. Taustatietona on käytetty alueiden asemakaavakarttaa, joka mahdollistaa kaikki tarkastellut vaihtoehdot. Poikkeuksena Nallenrinnettä ja Lentoasemakorttelien aluetta palveleva alueellinen lämpölaitos, jolle nykyisessä kaavassa ei ole varattu aluetta.



Tutkittujen alueiden kokonaisenergiantarve vuodessa on 40,9 GWh. Näiden tarpeiden pohjalta lähdettiin tarkastelemaan eri energiajärjestelmiä, joilla tuottaa tai hankkii tarvittut energiat.

Energiamallinnuksessa tarkasteltiin yhteensä 284 eri skenaariota, joissa eri tavoin yhdistettiin eri aluelämmitysratkaisuja, lämmitys- ja jäähdytysmuotoja, lämmöntalteenottomenetelmiä ja aurinkoenergian tuotantoa. Skenaarioista valittiin viisi perusratkaisuun (BAU) verrattavaa ratkaisuvaihtoehtoa päästöjen määrää ja kustannustasoa optimoiden. Ratkaisuvaihtoehtojen valinnassa hyödynnettiin sidosryhmätyöpajassa työstettyä jaottelua.

Vaihtoehto	Aluelämmitys	Lohkon lämmitysmuoto	Lohkon jäähdytysmuoto	Jätevesi-LTO	AurinkoSähkö
BAU	Kaukolämpö	Alueellinen lämpöverkko	Kaukojäähdytys	Ei	Ei
1	Kaukolämpö	Maalämpö + Alueellinen lämpöverkko	Maajäähdytys + Hybridilämpöpumppu	Kyllä	Kyllä
2	Ei alueellista lämmitystä	Maalämpö + Sähkökattila	Maajäähdytys + Hybridilämpöpumppu	Kyllä	Kyllä
3	Maalämpö + Kaukolämpö (70 °C verkosto)	Maalämpö + Alueellinen lämpöverkko	Maajäähdytys + Hybridilämpöpumppu	Kyllä	Kyllä
4	Maalämpö + Alueellinen lämpölaitos (70 °C verkosto)	Alueellinen lämpöverkko	Hybridilämpöpumppu	Kyllä	Kyllä
5	Maalämpö + Kaukolämpö (50 °C verkosto)	Maalämpö + Alueellinen lämpöverkko	Maajäähdytys + Hybridilämpöpumppu	Kyllä	Kyllä

Vaihtoehdot 1-5 haarukoitiin mallinnettujen skenaarioiden joukosta niin, että ne vastaavat mahdollisimman hyvin Malmin hiilineutraaliustavoitteeseen. Valitut vaihtoehdot vastaavat asetettuun tavoitteeseen suhteessa BAU-skenaarioon hyvin, keskinäiset erot vaihtoehtojen välillä ovat pienemmät. Päästövähennysten näkökulmasta vaihtoehto 5 on paras. On kuitenkin huomioitava, että ”parhaan” vaihtoehdon valintaan voi olla monia kriteereitä ja kaikki mallinnus pitää sisällään oletuksia.

Elinkaarikustannusten osalta valittujen vaihtoehtojen sekä BAU:n välillä on pieniä eroja. Suurimmat elinkaarikustannukset syntyvät vaihtoehdossa 4 sekä BAU:ssa. Vaihtoehtojen 1-3 ja 5

elinkaarikustannukset ovat pienemmät kuin BAU:n. Investointikustannukset ovat pienimmät BAU:ssa sekä vaihtoehdossa 1. Vaihtoehtojen investointikustannukset ovat tosin selvästi isommat kuin BAU:ssa. Vaihtoehdon 4 investointikustannukset ovat selvästi isommat kuin vaihtoehdossa 1.

Taulukko 12: Vaihtoehtojen elinkaarikustannukset (M€)

Vaihtoehto	Investoinnit (M€)	PTS ja Muut (M€)	Ostoenergia (M€)	Energian myynti (M€)	Summa
BAU	3,8	6,9	80,3	-	91,0
1	16,3	6,6	57,0	-1,2	78,7
2	19,9	6,5	57,1	-1,2	82,3
3	19,6	6,6	54,5	-1,2	79,6
4	28,6	15,8	59,3	-	103,7
5	22,3	8,7	53,7	-1,2	83,5

Kun päästöt ja elinkaarikustannukset suhteutetaan toisiinsa, parhaiksi vaihtoehdoiksi nousevat vaihtoehdot 1 ja 3. Näissä molemmissa skenaarioissa lämmityksessä hyödynnetään maalämpöä.

Erilaisiin alueen tulevaisuusvaihtoehtoihin (esimerkiksi, miten paljon ja missä aikataulussa rakennetaan), joustavat parhaiten vaihtoehdot 1 ja 2 niiden pohjautuessa vahvemmin lohkokohtaisiin ratkaisuihin. Alueelliset ratkaisut (3, 4 ja 5) ovat enemmän riippuvaisia rakentamisen aikataulutuksesta ja vaiheistuksesta.

Toteutettavuuden näkökulmasta BAU-skenaario on varmin: vaihtoehdossa on vakiintuneet käytännöt eikä se vaadi uusia ratkaisuja. Investointikustannukset ovat matalat, mutta elinkaarikustannukset ovat korkeammalla tasolla. BAU-skenaariossa päästökehitys on riippuvainen Helenin energiantuotannon päästöjen kehityksestä sekä polttoainehankinnasta.

Valitut viisi BAU-skenaariosta eroavaa ratkaisua korostivat maalämmön suurta merkitystä osana Malmin lentokenttäalueen hiilineutraalia energijärjestelmää. Myös lämmön talteenotolla jätevesiviemäriin menevästä vedestä oli selkeä merkitys hiilineutraaliustavoitteen saavuttamisessa.

Alueen energiantarpeiden täyttämiseksi tarkasteltiin useita eri teknologioita sekä aluetasolla, että lohkokotasolla. Iso osa teknologioista on hyvin tunnettuja ja laajassa tai vakiintuneessa käytössä, kuten kauko- ja maalämpö, sekä suoraan lämmöntuottoon polttamalla tai sähkönkulutuksella perustuvat teknologiat. Loput teknologioista edustavat uudemman sukupolven energijärjestelmiä, joiden toiminnasta tiedetään vähemmän ja siten sisältävät enemmän epävarmuustekijöitä. Jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmistä tulisi selvittää HSY:n tarpeet jäteveden puhdistusprosesseissa, sekä mahdolliset ongelmat viemäriverkostossa, mikäli lämpötila laskee merkittävästi. Syvistä maalämpökaivoista tarvitaan tietoa niiden todellisesta tuotosta, kustannuksista ja pitkän aikavälin toiminnasta.

Suurin epävarmuustekijä teknologioissa on todennäköisesti eri energiamuotojen, kaukolämmön, -jäähdytyksen, sähkön, puupellettien ja kaasun, asema tulevaisuuden energiayhteiskunnassa. Näiden kaikkien asema hiilijalanjäljen tuottajana, kustannukset ja saatavuus ovat merkittäviä epävarmuustekijöitä. Laskennan ulkopuolelle jätetyt muut energiakonseptit (kappale 4) ovat potentiaalisesti merkittävässä roolissa tulevaisuudessa. Muuttuvan ilmaston myötä myös alueen energiantarve tulee todennäköisesti muuttumaan. Ilmatieteenlaitoksen luoman vuoden 2050 testisään perusteella Helsingin alueen vuoden keskilämpötila nousisi yli kaksi celsius astetta, joka muuttaa merkittävästi energiantarpeen jakautumista.

Sähkönkulutukseen liittyvillä päästöillä on kaikissa ratkaisuvaihtoehdoissa merkittävä rooli, tähän voidaan toki jonkin verran vaikuttaa paikallisesti tuotetun aurinkosähkön käytöllä ja älykkäillä ohjausratkaisuilla. Sähköntuotantokokonaisuuden kehittäminen mahdollisimman vähäpäästöiseksi sekä seudullisella että valtakunnallisella tasolla on tärkeä elementti Malmin lentokenttäalueen hiilineutraaliuden kannalta. Alueen ja rakennusten älykäs energiajärjestelmä edesauttaa tässä tehostamalla sähkön ja muun energiankäyttöä. Näitä keinoja on tarkasteltu osana ohjauskeinoja, mutta ei osana laskentaa.

Malmin lentokenttäalueen kehittämishanketta seurataan Helsingissä ja pääkaupunkiseudulla monesta syystä, mm. hankkeen aiemman vastustuksen takia, ja hankkeesta saatavat imagohyödyt ovatkin tärkeitä kaupungille. Malmin lentokenttäalueen kehittämishanke on tärkeä valtakunnallisellakin tasolla, ja siksi alueella on hyvä mahdollisuus kehittyä showroomiksi, jossa esitellään uutta hiilineutraalia energiajärjestelmää sekä ilmastoystävällistä asumista. Kaupungin rooli on keskeinen kehityksen fasilitoimiseksi, jotta kaikki sidosryhmät osallistuvat yhteisen tavoitteen saavuttamiseen. Tähän pääseminen vaatii systemaattista ja monipuolista ohjaamista, viestintää sekä alueen kehittymisen johtamista.

8. LÄHDELUETTELO

Ahola & Liljeström, 2018, Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen pienentäminen kustannustehokkaasti vuokratalokohteessa, Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen raportteja 08/2018, https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2018/12/Hiilijalanj%C3%A4ljen-pienent%C3%A4minen-kustannustehokkaasti_2018.pdf

Dahlqvist-Solin et al., 2013, Energia- ja ilmastoasioihin vaikuttaminen yhdyskuntasuunnittelussa. Merkittävimmät kipupisteet, portinvartijat ja vaikuttamisen paikat. Energiayhdyskuntasuunnittelussa Aalto Pro –julkaisusarja

Helen, 2018, Sähkön siirtohinasto, <https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/hinnastot-ja-sopimusehdot/hsv/sahkon-siirtohinasto.pdf>

Helen, 2019a, Kaukolämmön energia- ja vesivirtamaksut 1.10.2019 alkaen, https://www.helen.fi/globalassets/hinnastot-ja-sopimusehdot/lampo-ja-jaahdytys/kotitaloudet/kaukol%C3%A4mm%C3%B6n-energia--ja-vesivirtamaksut-2019_10.pdf

Helen, 2019b, Avoin kaukolämpö, <https://www.helen.fi/lampo/yritykset/avoin-kaukolampo>

Helsingin Kaupunki, 2018, Hiilineutraali Helsinki 2035 – toimenpideohjelma, <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/HNH-2035-toimenpideohjelma.pdf>

Helsingin Kaupunki, 2019, Malmin lentokentän alue, <https://www.uuttahelsinki.fi/fi/malminlentokentanalue>

Ilmasto-opas.fi, 2019, "Suomen kasvihuonekaasujen päästöt ovat laskussa", <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/0be63fa0-533f-4986-b674-859b6577c8b5/suomen-kasvihuonekaasujen-paastot-ovat-laskussa.html>

IPCC, 2014, Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf

Jyrämä & Kajalo, 2014, Yritysten ja organisaatioiden rooli alue- ja kaupunkibrändin rakentumisessa - tapaustutkimus Helsingin ja Tallinnan brändikuvista. Metropolibrändi II – näkökulmia aluebrändin kehittämiseen Helsingin metropolialueella. toim. Pekka Lahti. Haaga-Helia ammattikorkeakoulu

Oja, T., Klap, A., Seppänen, E. & Tulonen, A, 2013, Energiamuodot ja energiatehokkuus eri kaavatasoilla. Energiaselvitysten tekeminen kaavoitusprosessin yhteydessä. Energiayhdyskuntasuunnittelussa Aalto Pro –julkaisusarja

Tilastokeskus, 2018, 3.1. Sähkön hankinta, https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2018/data/t03_01.xls

Suomen Kaasuenergia, 2019, Hinnastot, <https://suomenkaasuenergia.fi/tuotteet-ja-palvelut/hinnastot/>

TEM Älyverkkovisio, 2018, <https://tem.fi/alyverkot>

LIITE 1 TEKNISET TIEDOT**Käytetyt SCOP ja SEER arvot lämpöpumpuille ja vapaajäähdytykselle****SCOP arvot**

Maalämpöpumppu (lohkossa)	3,5
Maalämpöpumppu (alueellinen 50 °C)	4
Maalämpöpumppu (alueellinen 70 °C)	2,5
Syvämaalämpö (lohkossa)	4,5
Syvämaalämpö (alueellinen 50 °C)	6
Syvämaalämpö (alueellinen 70 °C)	3
Kaukolämpö-lämpöpumppu (alueellinen 50 °C)	5
Jäteveden lämmöntalteenotto	4,5
2-suuntainen lämpökauppa	3
Hybridilämpöpumppu	3,5

SEER arvot

Vapaajäähdytys energiakaivoista	15
VJK EER	3,5

Muut tekniset tiedot**Maalämpö**

Kaivojen keskinäinen etäisyys	15	m
Kaivojen syvyys	300	m
Järjestelmästä vuodessa saatava energia	80	kWh/m/v.
Järjestelmän ominaislämmitysteho	30	W/m
Porakaivon ominaisjäähdytysteho	18	W/m
Mitoituksen tavoitteena oleva lämmityksen energiaperitto	90	%

Kaasukattila

Kaasukattilan hyötysuhde	95	%
--------------------------	----	---

Lämpölaitos

Pellettikattilan hyötysuhde	80	%
-----------------------------	----	---

Syvämaalämpö

Kaivojen syvyys	2000	m
Järjestelmästä vuodessa saatava energia	500	kWh/m/v.
Järjestelmän ominaislämmitysteho	160	W/m
Kaivojen keskinäinen etäisyys	15	m
Mitoituksen tavoitteena oleva lämmityksen energiaperitto	90	%

Jäteveden lämmöntalteenotto

Talteenotolle tulevan veden lämpötila	25	°C
Talteenotolta poistuvan veden lämpötila	10	°C

Aurinkosähkö

Yksittäisen aurinkosähköpaneelin ala	1,6	m ²
Yksittäisen aurinkosähköpaneelin ominaisteho	300	Wp
Ominaistuotto	853	kWh/kWp
Paneelien suuntaus	Etelä	
Paneelien kallistuskulma	5	astetta
Paneelirivien asennusväli	0,6	m
Kattopinnasta asennukseen hyödynnettävä osuus	60	%
Mitoituksen tavoitteena oleva energian hyödynnysaste (ei parkkitalot)	95	%

Rakennusten nettoenergiatarpeet**Asuinkerrostalo**

Tilalämmitys	66,5	kWh/m ² /v.
Lämmin käyttövesi	41	kWh/m ² /v.
Jäähdytys (tuloilma)	3,7	kWh/m ² /v.
Jäähdytys (tuloilma+tila)	6,0	kWh/m ² /v.
Sähkö	54	kWh/m ² /v.

Paloasema

Tilalämmitys	11,6	kWh/m ² /v.
Lämmin käyttövesi	11,6	kWh/m ² /v.
Jäähdytys	3,6	kWh/m ² /v.
Sähkö	19,6	kWh/m ² /v.

Liikerakennus

Tilalämmitys	27	kWh/m ² /v.
Lämmin käyttövesi	9,0	kWh/m ² /v.
Jäähdytys	7,2	kWh/m ² /v.
Sähkö	28,4	kWh/m ² /v.

Koulu

Tilalämmitys	52,4	kWh/m ² /v.
Lämmin käyttövesi	24,8	kWh/m ² /v.
Jäähdytys	6,4	kWh/m ² /v.
Sähkö	50	kWh/m ² /v.

Rakennusten mitoitustehoja

Asuinkerrostalo

Tilojen ja ilmanvaihdon lämmitys	43	W/m ²
Lämmin käyttövesi	*	W/m ²
Jäähdytys (tuloilma)	14	W/m ²
Jäähdytys (tuloilma+tila)	22	W/m ²

*Perustuu asuntojen määrään

Paloasema

Tilalämmitys	79	W/m ²
Lämmin käyttövesi	19	W/m ²
Jäähdytys	76	W/m ²

Liikerakennus

Tilalämmitys	79	W/m ²
Lämmin käyttövesi	19	W/m ²
Jäähdytys	76	W/m ²

Koulu

Tilalämmitys	62	W/m ²
Lämmin käyttövesi	13	W/m ²
Jäähdytys	55	W/m ²

LIITE 2 BENCHMARKING SELVITYS

HIILINEUTRAALIN MALMIN ALUEEN ENERGIASELVITYS

BENCHMARKING

JOHDANTO

- Osana Hiilineutraalin Malmin alueen energiaselvitystä tehdään benchmark-selvitys kotimaisiin ja ulkomaisiin referensseihin vastaavista kohteista
- Benchmark-selvityksessä kartoitetaan hiilineutraaleja alueita sekä energiaselvityksiä ja -suunnitelmia kansainvälisesti.
 - Benchmark-selvityksessä keskitytään erityisesti Pohjoismaisiin kohteisiin.
- Selvityksessä hyödynnetään Rambollin kansainvälistä organisaatiota, jonka avulla tunnistetaan ja kuvataan parhaat ja Malmin alueen kannalta kiinnostavimmat kansainväliset esimerkit ja referenssit.
- Valitut alueet ovat:
 - Freiburg, Saksa
 - Skanssi, Turku
 - Hiukkavaara, Oulu
 - Royal Seaport, Tukholma, Ruotsi
 - Nordhavn, Kööpenhamina, Tanska
 - Carlsbergbyen, Kööpenhamina, Tanska
 - Finnö, Espoo
 - Hagastaden, Tukholma, Ruotsi

YHTEENVETO ALUEISTA - NOSTOJA

FREIBURG, SAKSA – profiloitunut voimakkaasti kestävä kehityksen mallialueeksi. Panostettu paljon raide- ja pyöräliikenteeseen sekä liikkumistarpeen vähentämiseen maankäytön suunnittelulla ja palvelujen sijoittelulla. Paljon aurinkoenergiaa.

SKANSSI, TURKU – Matalalämpötilainen kaukolämpöverkko, erilaisia paikallisen lämmöntuotannon ratkaisuja (maalämpö, energiapaalut, aurinkokeräimet, jäähdytyksen lauhdelämpö, lämmön varastointi)

HIUKKAVAARA, OULU – Integroivan kaupunkisuunnittelun käytännöt. Uusiutuvan energian pilottialue, jossa voi kokeilla eri teknologioita. Talvikaupunkistrategia

ROYAL SEAPORT, TUKHOLMA, RUOTSI – Vuosittainen seuranta ja raportointi alueen kestävä kehityksen tavoitteista ja niiden etenemisestä. Panostus rakennusten energiatehokkuuteen: lähes nollaenergiarakentaminen, tavoitteena 80 % vähennys CO₂-päästöissä.

NORDHAVN, KÖÖPENHAMINA, TANSKA – Älykäs, joustava, optimoitu energiajärjestelmä yhdistää energian osa-alueet: sähkön, lämmityksen, rakennukset, liikenteen, varastoinnin.

CARSLBRYGEN, KÖÖPENHAMINA, TANSKA

FINNOO, ESPOO – Energiatehokas ja kestävä kaupunkikehityksen edelläkävijä. Rakentajilta edellytetään sitoutumista rakennusten energiatehokkuutta edistäviin ratkaisuihin. Hyvät joukkoliikenneyhteydet.

SKANSSI, TURKU

Painopiste uusiutuva lähienergia ja kaksisuuntainen lähilämpöverkko

- Alueen energiaratkaisuja kehitettiin vuosina 2013-2013 yhteistyössä kaupungin ja yritysverkoston kanssa työpajoissa. Turku Energian johdolla projektia jatkettiin 2014 ja sille haettiin Tekesin tukea (osa Tekesin Fiksu kaupunki ohjelmaa).
- Tontinluovutusehtojen energialiitteellä tavoitteena kehittää asumisen energiatehokkaita ratkaisuja ja varmistaa, että alueella voidaan myös pilotoida sekä ottaa käyttöön projektin painopisteenä olevia ratkaisuja.
- Turku Energia kehittää Skanssiin uudenlaista matalalämpötilaista kaukolämpöverkkoa, jonka avulla on tarkoitus kehittää kaksisuuntaista ja avointa lämpökaupankäyntiä.
 - Lämpötila laskee talviajan normaalista 115 °C → 65 °C. Stabiili lämpötila verkossa ympäri vuoden mahdollistaa paikallisen pientuotannon, kuten aurinkoenergian ja lämpöpumppuratkaisun, liittymisen verkkoon.
- Tavoitteena tutkia ja kehittää erilaisia paikallisen lämmöntuotannon muita ratkaisuja kuten esimerkiksi energiapaalujen avulla lämmön varastointia maaperään, jäädytyksen lauhdelämpöä ja lämmön varastointia. Alueen talojen lämmöntoimitusten luotettavuus varmistetaan seudullisesta kaukolämpöverkosta.
- Alueelle kehitetään myös muita palveluita uusiutuvan energian hyödyntämiseen, älykkääseen asumiseen ja sähköisen liikenteen hyödyntämiseen liittyen. Tällä hetkellä keskittyminen on kuitenkin lämmön kehittämiseen.

Lähteet: Turku Energia; <http://www.turku.fi/skanssin-uudenlaiset-energiaratkaisut>; https://www.youtube.com/watch?v=QO4vTDNW_Ho; Tontinluovutusehdot

RAMBOLL

Skanssi

Rakentamisaika 2016-2030

8000 asukasta vuonna 2030

Alue 85 ha

Nyt Skanssissa käynnistynyt verkon rakentaminen ja ensimmäiset rakennukset liittyneet:

- Alueella 5 kerrostaloa kaukolämpöverkossa ja mitoitus menopuolelle 65 °C. Vesikiertoinen lattialämmitys kiinteistön lämmönjakopiirille.
- Kaksisuuntaiseen lämpökauppaan liittyviä asiakkaita haetaan vielä.



HIUKKAVAARA, OULU

Kestävä pohjoinen talvikaupunki

- Hiukkavaara on kestävä pohjoinen talvikaupunki – kaupunginosa, joka on käyttäjälähtöinen, älykkään energiatehokas ja neljän vuodenajan kaupunkielämän keskus.
- Hiukkavaara on uuden Oulun ja koko Pohjois-Suomen suurin lähivuosisikymmenien aikana rakentuva kaupunginosa. Vanhan kasarmialueen ympärille tulee asuntoja noin 20 000 uudelle asukkaalle.
 - Suunnittelussa on huomioitu erityisesti viihtyisyys, monipuolisuus ja energiatehokkuus, monipuolinen asuntotuotanto, väestörakenteen sekoittuminen, luonnonmukainen vesienkäsittely, kattava ja turvallinen kävely-, polkupyörä- ja ulkoilureitistöjen verkosto, joukko- ja autoliikenteen turvallisuus ja saavutettavuus, sekä hyvä palveluiden saavutettavuus.
- Hiukkavaaran Kivikkokankaalle rakennetaan uusiutuvan energian pilottialue, jossa yritykset voivat kokeilla ja vertailla eri uusiutuvan energian teknologioita ja samalla saadaa hyödyllistä tietoa toimivista ratkaisuista.
 - Idea pilottialueesta lähti liikkeelle vuoden 2013 alussa, jolloin Oulun rakennusvalvonnassa mietittiin keinoja saada konkreettista tietoa uusiutuvan energian laiteratkaisujen rakennuslupavaiheen ohjaustavoista.
 - Niin rakennusvalvonta kuin yritykset hyötyvät pilottialueesta. Yritykset voivat kehittää omia ratkaisujaan ja samalla rakennusvalvonta saa tärkeää tietoa uusiutuvan energian käytöstä. Parhaimmista käytännöistä muodostetaan ohjauskonseptit rakentajille koko Oulun alueelle.
- Tavoitteena on keskittyä arktisen ja ääriolosuhteisiin sopivan kestävä ja energiatehokkaan kaupunkisuunnittelun sekä rakentamisen kehittämiseen. Toinen merkittävä teema on ICT -teknologioita hyödyntävän älykkään kaupungin rakentaminen.
- Menetelmänä Oulussa käytetään integroivan kaupunkisuunnittelun käytäntöjä, jossa kehittämissprosessiin ja alueen toteuttamiseen liittyvät eri intressitahot tuodaan osaksi suunnittelua jo sen alkuvaiheessa. Intressitahot, kuten asukkaat, käyttäjät, kolmas sektori ja yritykset, ovat mukana koko alueen toteutuksen elinkaaren ajan.
 - Integroivalla kaupunkikehitystyöllä tarkoitetaan toimintatapaa, joka mahdollistaa keskinäisen oppimisen ja uusien ratkaisujen löytämisen
 - Aiemmasta käytännöstä poiketen yrityskumppanit ovat olleet mukana jo ennen asemakaavaprosessin käynnistymistä, ja yhteistyön toivotaan jatkuvan käytön elinkaaren loppuun saakka.
 - Tuloksena on syntynyt Hiukkavaaran keskuksen energisoiva asemakaava, jolla tarkoitetaan niitä Hiukkavaaran kaavarungon ja Hiukkavaaran keskuksen asemakaavaprosessissa syntyneitä kestävä kehityksen arvoja, joilla on ekologisia, sosiaalisia, kulttuurillisia ja taloudellisia vaikutuksia.
- Oulun Hiukkavaaran kehittämisen tueksi on laadittu Suomen ensimmäinen talvikaupunkistrategia. Strategian avulla Hiukkavaarasta rakennetaan kaupunginosa, jossa talvi ja vuodenaikojen ominaisuudet on huomioitu uudella tavalla.
 - Huomioidaan mm. kesäajan valo ja talven lämmön tarve, suunnitellaan erilaisia reittejä erilaisiin tarpeisiin, mm. sisäreitit huonon kelin varalle, edistetään talvipyöräilyä

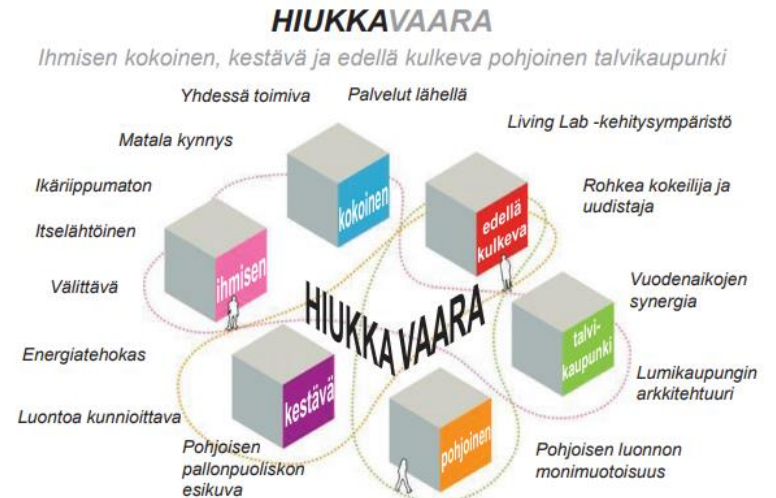
Hiukkavaara

9 500 asuntoa, 20 000 asukasta, 1 800 työpaikkaa vuonna 2035

Alue 1 462 ha



Kuvat: Oulun kaupungin nettisivut



FINNOO, ESPOO

- Finnoo on uusi metroomon tukeutuva kaupunginosa Matinkylän ja Kaitaan välissä Espoossa
 - Metron jatkon käyttöönotto vuonna 2023
 - Toimivat joukkoliikenne yhteydet ja Finnoon omat palvelut kävelyetäisyyksien päässä, sujuvat kävelyreitit metrolle ja kevyt liikenne etusijalla
- Finnoota kehitetään energiatehokkaana kestävä kehityksen mallialueena, jonka tavoitteena on olla hiilineutraali asuinalue. Finnoo on myös Espoon kaupungin kestävä kehitykseen tähtävien kaavaratkaisuiden ja tontinluovutusehtojen pilottikohte.
 - Finnoosta tavoitellaan kestävä kaupunkirakentamisen edelläkävijää unohtamatta elämän laatua.
 - Rakentamista ohjaavat vähäpäästöiset ja kestävät ratkaisut aina kaavoituksesta energiankäyttöön ja rakennusmateriaaleihin.
 - Uusi kaupunginosa (brown field -alue), jossa on tehty huolellinen energiasuunnitelma, jossa keskitytty kokonaisuvaan, ei osaoptimointia
 - Tavoitteena on energiankulutuksen optimointi, huipputehon leikkaus ja uusiutuvan energian tuotanto sekä energian kiertotalous uusiokäyttöineen.
 - Tärkeää tarkastella kokonaisuutena, mihin energiaa kuluu koko elinkaaren aikana.
 - Kiinnitetty huomiota lämpimään käyttöveteen. Esim. kaavamääräyksillä määrätty lämminvesivaraajat taloyhtiöille leikkaamaan mm. aamujen kulutushuippuja.
 - Finnooseen on suunnitteilla mm. kaukolämpö- ja -kylmäverkostot, kulutushuippujen leikkaaminen varastoinnilla ja koko alueen energian etäohjauksella sekä keskitetyt aurinkosähkön tuotantoyksiköt pysäköintilaitosten katoille.
 - Energiaverkot ovat avoimia uusille ratkaisuille, muun muassa energian ostolle ja myynnille.
 - Finnooseen valittavilta rakentajilta edellytetään myös sitoutumista rakennusten energiatehokkuutta edistäviin ratkaisuihin, joista yhtenä esimerkkinä on rakennusten energiankäytön mittaaminen.
 - Maankäyttösopimuksissa ja tontinluovutuksissa vähimmäistaso ja mahdollisuus lisäpisteisiin paremmalla energiatehokkuudella sekä innovatiivisilla ratkaisulla
 - Pakollisten kriteerien lisäksi tonttien hakijoiden on täytettävä vapaaehtoisia energiakriteerejä, jotka pisteystetään. Hakijan on sitouduttava vähintään 12 pisteen arvoisesti vapaaehtoisin vaatimuksiin. Kriteereitä kehitetty yhdessä teollisuuden kanssa (rakentajien, suunnittelijoiden, jne.)
- Finnoon alueen yksi merkittävimmistä tavoitteista on kehittää ”Markkinaohjautuva energiatehokkuuden kehityskonsepti”.
 - Ensimmäisenä konkreettisenä innovaationa Finnoossa toteutetaan energiakatuja. Nämä ovat alueen pääkatuja, jotka perustetaan maalämpöä keräävien energiapaalujen ja paalulaattojen varaan.



Finnoo

17 000 asukasta

Rakentaminen 2019-2030

Ensimmäiset tontinluovutuskilpailut 2019

Ensimmäiset asukkaat alueelle 2020 – ”jouluksi kotiin”

Djupsundsbacken, näkymä lännestä. Havainnekuva: Arkkitehdit Anttila & Rusanen Oy / Ramboll Finland Oy

Kuvat: Espoon kaupungin nettisivut



Finnoon keskus. Havainnekuva: Cederqvist & Jäntti arkkitehdit

RAMBOLL

FREIBURG, SAKSA

- Freiburg tunnetaan kestäväen kehityksen mallialueena. Freiburgin kaupunki tavoittelee 50 % kasvihuonekaasupäästövähennystä vuoden 1992 tasosta vuoteen 2030 mennessä ja kaupunki pyrkii olemaan täysin hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä.
- Freiburgin kaupungin maankäytön suunnittelussa on jo varhain herätty henkilöautoliikenteen aiheuttamiin pienhiukkaspäästöihin ja meluun.
 - Kaupungissa toimii hyvin kattava raitioliikenne ja ydinkeskusta on rauhoitettu henkilöautoilun ulkopuolelle. Freiburgissa on kaikkiaan 420 kilometriä erilaisia pyöräilyväyliä ja iso osa kaupunkilaisista kulkeekin matkansa polkupyörällä.
 - Polkupyöräilyn kulkutapaosuus on noussut vuodesta 1982 lähes 20 % ollen nyt 34 %. Samanaikaisesti myös joukkoliikenteen kulkutapaosuus on noussut ja henkilöautoilun vastaavasti puolittunut.
 - Ihmisten liikkumistarpeeseen on pyritty vaikuttamaan muun muassa palveluiden sijoittelulla. Asuinalueilta löytyvät korttelitorit, joista on mahdollista hankkia mm. lähiruokaa.
 - Keskeiset palvelut on pyritty sijoittamaan lähelle asutusta kaavoituksen avulla. Keskustan ulkopuoliset kauppakeskukset (huonekaluliikkeet, rautakaupat jne.) ovat saavutettavissa julkisten kulkuvälineiden avulla.
 - Liikenne on huomioitu myös uusien asuinalueiden suunnittelussa ja muun muassa julkisten rakennusten sijoittelulla pyritään torjumaan liikenteen aiheuttamaa melua. Katualueita on monin paikoin suunniteltu uudestaan ja autokaistojen määrää on vähennetty samalla lisäten tilaa kävelylle ja pyöräilylle.
 - Yhteiskäyttöautot ovat myös laajasti hyödynnettävissä kaupungissa ja ne löytyvät kaupungin parhailta pysäköintipaikoilta.
 - Autojen pysäköinti keskustassa on mahdollista, mutta hyvin kallista. Erilaisiin tapahtumalippuihin sisältyy myös julkinen liikenne samaan hintaan.
- Viherkatot olivat laajalti käytössä ja niiden etuina voidaan pitää pienilmaston parantumisen lisäksi myös kattopinnan pidempää käyttöikää, hulevesien hallintaa ja parempaa äänieristystä. Viherkatot toimivat myös lisäeristysenä ja vähentävät kesäisin viilennystarvetta.
- Freiburgin kaupunki on maankäytössä sekä asuntojen ja julkisten palvelujen suunnittelussa kiinnittänyt huomioita myös yhteisöllisyyteen. Alueille pyritään saamaan samassa suhteessa sekä omistus- ja vuokra-asuntoja, koska tällöin julkisten palvelujen tarve säilyy suhteellisesti samalla tasolla esimerkiksi koulujen ja päiväkotien osalta.
- Toteutettuja projekteja:
 - Saksan ensimmäinen aurinkosähköjalkapallostadion (Schwarzwald Stadion).
 - Aurinkovoimala hankittu joukkorahoituskampanjalla.
 - Energiamäki Eichelbuck – vanhalle kaatopaikalle perustettu aurinkovoimala
 - Freiburgin pyöräasema
 - Yliopiston kirjastorakennuksen energiaremontti
 - Green Industry Park (alue, jossa pyritään edistämään teollisia symbiooseja)
 - Heliotrop (maailman ensimmäinen plus-energia talo)
 - Vesivoimala (300 MWh/v, korkeusero 3 m)
 - Passiivienergia kerrostaloja (energiaremontti)
 - Solar Tower (19 kerroksien kerrostalon julkisivussa Saksan korkein aurinkovoimala)



Kuvat: Anna-Maria Rauhala



Freiburg

Kaupunki Saksassa

230 000 asukasta

Pinta-ala 153 km²

CO₂-tavoite: 50 % vähennys 2030
mennessä, hiilineutraali 2050

RAMBOLL

VAUBAN, FREIBURG, SAKSA

- Laajaa sidosryhmä yhteistyötä alueen kehittämisessä, samoin yhteisrakentamista sekä ympäristöstävällinen asuminen ollut tärkeä teema
- Matalaenergia rakentaminen pakollinen alueella (tontinluovutusehdoissa ja kauppaehdoissa määritelty vaadittu energiataso/”standardi” – 65 kWh/m²
 - n. 170 asumisyksikköä rakennettu passiivenergiarakennuksiksi (15 kWh/m²) ja n. 70 plusenergia-rakennuksiksi
 - Uusiutuviin pohjautuva kaukolämpöverkko on alueella
 - Oma CHP-lämpölaitos (pääpolttoaineena puuhake)
 - Keskitetty aurinkolämpölaitos
 - Lähes kaikissa rakennuksissa aurinkoenergian hyödyntämistä
 - Aurinkoenergiakylä
- Paljon viheralueita sekä viherkattoja
- Sekarakentamista kortteleissa (yksityistä rakentamista, vuokra-asuntotuotantoa ja julkisia palveluja sekaisin)
- Asuinalueet on rahoitettu autoilulta
 - Keskitetyt parkkitalot ja pysäköintikiellot pihalla
 - Asuinkadut yksisuuntaisia
 - Raitiovaunulinja keskustaan vuodesta 2006
 - Vaubanin alueelle on perustettu myös ”virtuaaliparkkihalli”, josta voi lunastaa 20 000 euron autohallipaikan sijaan 200 euron varauksen mahdolliselle autopaikalle. Alueella on varaus tulevalle parkkihallille, mikäli rakentamiskynnys ylittyy. Odotellessa tontti toimii korttelin siirtolapuutarhana.

RAMBOLL

Lähde: Anna-Maria Rauhalan matkaraportti Kohti öljyvapaata ja vähähiilistä Pohjois-Karjalaa –hankkeelle sekä Freiburgin kaupungin nettisivut.



Kuvat: Freiburgin kaupungin nettisivut



Vauban

5 500 asukasta

Entinen kasarmialue

40 hehtaaria

ROYAL SEAPORT, TUKHOLMA, RUOTSI

- Suunnittelu alkanut 2000-luvun alussa ja alue on valmis n. 2030
- Teollinen alue keskustan tuntumassa kehitetään urbaaniksi kaupunkiosaksi, joka liittyy läheisiin satamatoimintoihin ja olemassa olevaan rakennuskantaan
- Suunnittelun lähtökohtana varautuminen ilmastonmuutokseen, biodiversiteetin ja ekologisten arvojen suojele
- Tavoite: Alueesta tulee resurssiviisas alue, jolla on pieni ympäristövaikutus. Alueesta tulee kestävä urbaani alue ja kansainvälinen mallialue kestävästä kaupunkisuunnittelusta. Tavoitteena – 80 % CO₂-päästöjen vähennys alueella pääasiassa rakennusten energiatehokkuudella
 - Kiinteistökehittäjien ja rakennusliikkeiden tulee osallistua seminaareihin projektien alkuvaiheissa. Tilaisuuksissa keskustellaan alueen kestävä kehityksen tavoitteista ja toimijat oppivat toisiltaan hyviä käytännöistä.
 - Tontinluovutusvaiheessa tarkat tavoitteet, joihin sidosryhmät sitoutuvat allekirjoittaessaan sopimukset, sopimusliitteenä kestävä kehityksen vaatimukset ja energiankäytön tavoitteet. Käytäntö koskee kaupungin omistamaa maata (70 % alueesta)
 - Seuranta kestävä kehityksen portaalin (nettisivu) kautta: osasta kohteista vuosittain, kahden vuoden päästä rakentamisesta (raportoidaan toteutuneet energiankulutukset)
 - Kestävä kehityksen tavoitteita tarkennetaan alueen kehittyessä, kun uutta tietoa, kokemusta ja tutkimusta saadaan kehityksen tueksi.
- Julkinen liikenne alueella: metro, biokaasulla ja sähköllä kulkevia hybridibusseja ja lauttayhteys
- Kaikki alueen rakennukset suunnitellaan lähes nolla-energiataloiksi tarkoittaen, että ne ovat hyvin eristettyjä, ilmatiiviitä ja niissä on energiatehokkaita ratkaisuja
 - Keskimäärin rakennusten U-arvot ovat alueella alle Ruotsin vaatimustason
- Vuosittainen raportointi alueen kestävä kehityksen tavoitteista, niiden seurannasta ja monitoroinnista
- Tällä hetkellä osassa aluetta (Norra Djurgårdsstaden) matalalämpöverkko (65 -80 astetta). Tutkitaan mahdollisuutta laskea lämpötilaa, n. 40 astetta tai matalammaksi. Silloin integroiminen kaukokylmäverkon kanssa helpottuisi.
- Pilotointia jäteveden lämmöntalteenotossa:
 - keittiöiden ja suihkujen lämpimät vedet erotettaisiin wc-huuhteluviesistä. Korkeampi lämpöisestä harmaista vesistä olisi saatavissa enemmän lämpöä talteen. Lämpö kierrätettäisiin kiinteistöjen lämmittämiseen. Suunnitelmassa myös korttelikohtainen lämmöntalteenotto, jotta potentiaali olisi vielä suurempi. Mahdollistaa myös wc-huuhteluvien paremman hyödyntämisen biokaasulaitoksella.
- Aluetta kehitetään kolmessa vaiheessa:
 1. Selvitys alueesta
 2. Pilotti "Active house in the sustainable city" – Perhe asuu talossa, joka on varustettu automaatiojärjestelmällä sekä uusilla energiatehokkaila laitteilla
 3. 150 taloa liitetään osaksi älyverkkoa ja testataan toimintaaTaloja on varustettu älykodinkoneilla sekä älytermostaateilla, joiden avulla kotia voidaan ohjata energian hinnan mukaan.

RAMBOLL

Lähde: Tukholman kaupungin nettisivut ja sähköpostihaastattelu Örjan Lönngren (Tukholman kaupunki) kanssa

Royal Sea Port

Rakentaminen alkoi 2011

12 000 uutta kotia ja 35 000 työpaikkaa

Alue 236 ha

Investoinnit n. 2,2 Mrd €

Energian käytön tavoite 55 kWh/m²/vuosi

CO₂-tavoite: alle 1,5 tonnia/henkilö vuoteen 2020 mennessä, vapaa fossiilista polttoaineista 2030 mennessä

Kuvat: Tukholman kaupungin nettisivut



HAGASTADEN, TUKHOLMA, RUOTSI

Kuvat: Tukholman kaupungin nettisivut

- Tiiviin ja urbaanin rakentamisen alue, jossa myös Tukholmalle epätyypillistä korkeaa rakentamista
 - Pohjakerrokset toimivat päiväkoteina, julkisina rakennuksina, ravintoloina ja kahviloina luoden elävää kaupunkiympäristöä
- Hagastaden aluekehitysprojekti kehittää keskeisellä sijainnilla ja alihyödynnettyä maa-aluetta
- Alueella paljon yliopistoja ja muuta tieteellistä tutkimusta
- Uusien rakennusten keskelle rakennetaan iso puisto, jonka keskusaukiolla voidaan järjestää myös tapahtumia
 - Puisto yhdistyy yhteen Tukholman suosituimpaan viheralueeseen (Hagaparken)
- E4/E20 -moottoritiet ja junarata katetaan tunneliin, jonka päälle voidaan rakentaa taloja, toimistoja ja osa puistosta
- Liikkumisen suunnittelussa huomioidaan autojen lisäksi jalankulkijat, pyöräilijät ja julkinen liikenne
 - Metrolinjan rakentaminen alkanut 2016
 - Yksityisautoilijoille rakennetaan maanalainen pysäköintilaitos
- Kehittämisprojekteissa mukana Tukholman kaupunki, Solnan kaupunki, Karoliininen instituutti ja yliopistollinen sairaala, Tukholman kaupungin tiedejärjestö, Ruotsin liikenneviranomaiset (Trafikverket)



Hagastaden lyhyesti:

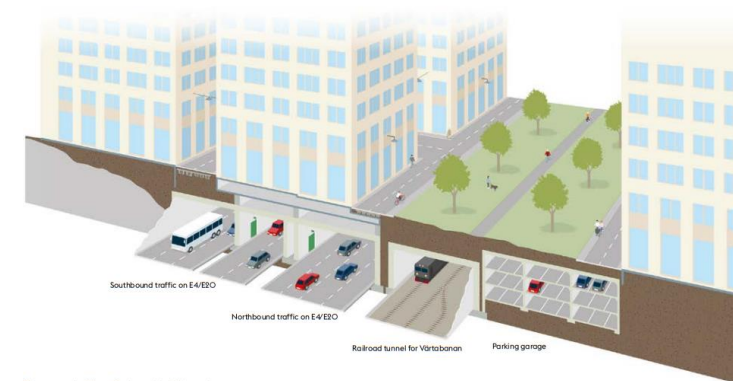
6000 uutta kotia

50 000 työpaikkaa

n. 10 Mrd kruunua julkisia investointeja

96 ha (30 ha Tukholman kaupungin alueella)

2010-2030 arvioitu rakentamisaika



The area north of Nora Station park is built over the car and railroad tunnel and the Nora Station park is to a large degree built on top of the parking garage.

RAMBOLL

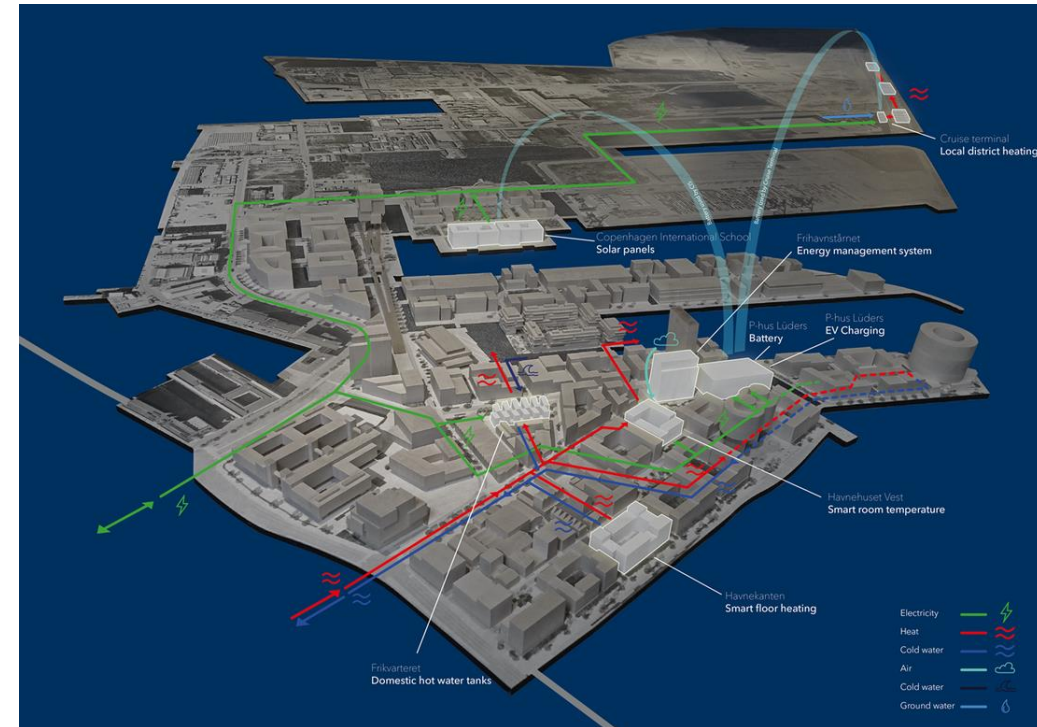
NORDHAVN, KÖÖPENHAMINA, TANSKA

Nordhavn

40 000 asukasta, 40 000
työpaikkaa tulevaisuudessa

A smart city energy lab

- Kööpenhaminalla on 2025 hiilineutraaliksi tavoite
- Energylab Nordhavn on neljän vuoden projekti 2015-2019, joka toimii kokeellisena alustana uusille energiaratkaisuille. Seuraavan 50 vuoden aikana alueelle odotetaan 40 000 uutta asukasta sekä 40 000 uutta työpaikkaa.
- Projektissa mukana mm. Kööpenhaminan kaupunki, DTU (Technical University of Denmark), ABB, Danfoss sekä monia muita yrityksiä
- Tavoitteena yhdistää sähkö- ja lämmitysjärjestelmät ja energiatehokkaat rakennukset sekä sähköinen liikenne älykkääseen, joustavaan ja optimoituun energijärjestelmään.
- Energiankulutus on keskitetysti ohjattu joustamaan ja lataamaan akkuja tarvittaessa sääennusteiden sekä muun ennustuksen perusteella.
- Projekti on hyvin laaja ja yhdistää kaikki energian osa-alueet. Alueella testataan matalalämpöistä kaukolämpöä ja lämpövarastoa, lämpöpumppujen ja sähkölämmityksen älykästä ohjausta, rakennuksien älykästä ohjausta, tuuli- ja aurinkovoimaa, sähköistä liikennettä sekä sähköakkuja.
- <http://energylabnordhavn.weebly.com/> <http://nordhavn.uptime.dk/>
http://energylabnordhavn.weebly.com/uploads/3/9/5/5/39555879/energylab-brochure_web_10082015.pdf



CARLSBERGBYEN, KÖÖPENHAMINA, TANSKA

Carlsbergbyen

3 100 asuntoa, 10 000
työpaikkaa

- Kööpenhamina haluaa olla hiilineutraali vuonna 2025. Alueen kehityksessä tätä tavoitetta tuetaan mm. seuraavasti:
 - Alueen tavoitteena olla plus-energia-alue
 - Alueella kaukolämpöön liittymisvelvoite (isoilla kiinteistöillä)
 - Alueelle tulee juna-asema (läheinen juna-asema siirretään lähemmäksi aluetta)
 - 95 % pysäköinnistä maan alaista, autoilla ajamista alueella rajoitetaan – kadut ovat elämää varten, ei autoja
 - Tavoitteena, että hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ja samalla parantaa elämänlaatua alueella
- Entinen Carlsbergin panimoalue (panimotoiminta alueella loppunut vuonna 2008)
 - Osa vanhoista rakennuksista suojellaan ja otetaan uusiokäyttöön
 - Uudisrakentamisessa korostetaan korkeaa arkkitehtuurista laatua ja kunnianhimoisia kestävä kehityksen tavoitteita
- 3 100 uutta asuntoa, 10 000 työpaikkaa
 - 35 % alueesta on varattu liiketoiminnalle
- Masterplanissa (tehty v. 2015-2017):
 - optimoitiin energiankulutusta mm. massoituksella ja sijoittelulla sekä huolehtimalla, että asuinkiinteistöt saavat paljon luonnonvaloa ja että ne varjostavat liikehuoneistoja, jotka tarvitsevat jäähdytystä
 - tutkittiin viherkattoja, sadeveden keräämistä ja muuntojoustavuutta

