

Hakametsä Sport Campus alue-energiaselvitys

Loppuraportti

Tampereen kaupunki
Kehitysohjelmat-palveluryhmä

31.1.2022



Granlund

Johdanto

- Hakametsä Sport Campus alue-energiaselvityksen tarkoituksena oli selvittää Hakametsän jäähallin ympärille rakentuvalle uudisalueelle soveltuvia paikallisia uusiutuvia energiantuotantomuotoja ja niistä koostettavia alueellisia energiajärjestelmiä.
- Hakametsä Sport Campukselle on suunniteltu jäähallin peruskorjauksen lisäksi uusi ns. hybridikortteli, joka sisältää monimuotoisia sisäliikuntatiloja, liiketiloja, lyhytaika-asumistiloja sekä toimitiloja (toimisto tai oppilaitos). Alueeseen kuuluu myös kolme kappaletta uusia kerrostalokortteleita jäähallin pohjois- ja itäpuolella.
- Työ suoritettiin kahdessa vaiheessa, joista ensimmäisessä arvioitiin koko tarkastelualueen energiantarpeet tuntitasolla perustuen saatavilla olleisiin konseptisuunnitelmiin ja benchmark-tietoihin vastaavien rakennusten energiankulutuksista sekä kartoitettiin erilaisten uusiutuvien energiamuotojen soveltuvuutta hankealueella. Ensimmäisen vaiheen tuloksena laadittiin muutama energiajärjestelmäkokonaisuus, joita tutkittiin tarkemmin työn seuraavassa vaiheessa. Työn toisessa vaiheessa energiajärjestelmäkokonaisuudet laskettiin auki ja vertailtiin toisiinsa energiantuotannon, elinkaarikustannusten sekä elinkaaren päästöjen kannalta.
- Selvityksen tavoitteena oli vertailla potentiaalisimpien paikallisten tuotantojen soveltuvuutta ja toteutettavuutta alueella niin, että selvityksen jälkeen voidaan edetä projektin seuraavaan vaiheeseen eli tarkempaan energiasuunnitteluun selvityksessä esitettyjen tulosten ja johtopäätösten pohjalta valitulla energiajärjestelmällä.

Energiajärjestelmävaihtoehdot

Tarkastellut energiajärjestelmävaihtoehdot

- Selvityksen vaihtoehtoistarkastelu-osiossa on tarkasteltu seuraavia alueen energiajärjestelmävaihtoehtoja energiantuotanto-, elinkaarikustannus- ja elinkaaren CO₂-päästölaskelmien osalta:
 - VE 1: Vaihtoehdossa 1 lämmityksen ja jäähdytyksen tuotanto on jaettu korttelitason matalalämpöverkkoratkaisuihin niin, että kaikki kolme asuinkorttelia ovat omissa kortteliverkoissaan ja jäähalli + hybridikorttelikonaisuus on omassa verkossa. Asuinkortteleissa lämpö- ja jäähdytysenergian tuotetaan maalämmöllä ja maakylmällä, jäljelle jäävä huipputuotannon osuus pienillä sähkökattiloilla tai kaukolämmöllä. Jäähalli + hybridikorttelikonaisuudessa energiantuotanto perustuu jäähalli kylmäkoneiden lauhde-energian kierrätykseen sekä muun korttelikonaisuuden samanaikaisen jäähdytyksen ja lämmityksen tarpeen tuottoon lämpöpumpuilla. Huipputuotanto on myös tässä tutkittu sekä sähkökattila, että kaukolämpövaihtoehtoa.
 - VE 2a: Vaihtoehdossa 2a alueen lämmityksen ja jäähdytyksen tuotanto toteutetaan keskitetysti koko alueen kattavan matalalämpöverkon ja jäähdytysverkon avulla. Lämmitystä alueelle tuotetaan ensisijaisesti jäähallin lauhdelämmöstä sekä samanaikaista lämmityksen ja jäähdytyksen tarvetta hyödyntäen lämpöpumpuilla. Lämpöpumppuyksikköön on lisäksi liitetty pieni määrä ilmalämpöpumpun ulkoilmayksikkökapasiteettia, ilmalämpökeräimiä, jolla tuotetaan lämpöä alueelle kun jäähallin tai jäähdytyksen lauhdeita ei ole käytettävissä. Huippulämmöntuotanto toteutetaan sähkökattilalla tai kaukolämmöllä, huippujäähdytys vedenjäähdytyskoneilla.
 - VE 2b: Vaihtoehto 2b vastaa yllä kuvattua vaihtoehtoa 2a sillä erotuksella, että lämpöpumppuyksikköön ei liitetä ilmalämpökeräimiä vaan kaikki lämmityksen tarve jota lauhdelämmöllä ei voida kattaa hankitaan kaukolämpöverkosta.
 - VE 3: Vaihtoehdossa 3 kaikki alueen rakennukset liitetään Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkkoihin rakennuskohtaisilla liittymillä.

Tulosten yhteenveto

Energiajärjestelmävaihtoehtojen vertailu

- Yhteenvetotaulukko tarkasteltujen energiajärjestelmävaihtoehtojen laskennallisista tunnusluvuista on esitetty alla.
 - LCOE (Levelized Cost of Energy) kuvaa 20 vuoden laskentajakson elinkaarikustannusten nettonykyarvoa jaettuna saman laskentajakson aikana tuotetulla lämpö- ja jäähdytysenergialla.
 - Uusiutuvan omavaraisen energian osuuden määritelmänä on taulukossa käytetty lämpöpumppujen tuotannon osuutta kokonaislämmön- ja jäähdytyksen tuotannossa.
 - CO₂-päästöjen vähenemä on laskettu verrattuna perustapauksen eli vaihtoehdon 3 elinkaaren päästöihin, huomioiden hankittavan kaukolämmön, kaukojäähdytyksen ja verkkosähkön ominaispäästöjen ennustettu kehitys 20v laskentajaksolla.

	VE 1	VE 2a	VE 2b	VE 3
LCOE (20v, 3%)	Asuinkorttelit: 83 – 94 €/MWh Jäähalli + hybridi: 57 – 59 €/MWh	Koko alue: 54 – 58 €/MWh	Koko alue: 58 €/MWh	Asuinkorttelit: 80 – 89 €/MWh Jäähalli + hybridi: 79 €/MWh Koko alue: 81,7 €/MWh
Investointi	Yhteensä 5,9 – 6,1 M€	Yhteensä 4,7 M€	Yhteensä 4,4 M€	Yhteensä 1,4 M€
Uusiutuvan omavaraisen energian osuus (MLP, CHC, IVLP)	Asuinkorttelit: lämpö n. 98%, jäähdytys n. 99 % Jäähalli + hybridi: lämpö 96 %, jäähdytys 39 %	Lämpö 99 % Jäähdytys 59 %	Lämpö 89 % Jäähdytys 59 %	-
20v CO ₂ -päästöjen vähennys	Yhteensä 22 – 25 %	Yhteensä 27 – 28 %	Yhteensä 26 %	-

Energiajärjestelmävaihtoehdot

Energiajärjestelmävaihtoehtojen arviointi

- Alla olevassa taulukossa on esitetty energiajärjestelmävaihtoehtojen vertailua erilaisten kvalitatiivisten tekijöiden kannalta.

	VE 1	VE 2a	VE 2b	VE 3
Maankäyttö	Vaatii eniten maankäytön kannalta korttelikohtaisten energiaverkkojen ja energiakeskusten sekä maalämpökaivojen vuoksi	Vaihtoehdot 2a ja 2b samantyyppiset maankäytön kannalta; kummassakin yksi iso energiakeskus (tai kaksi jos VJK:t eri paikassa), joka vaatii tilat sekä alueelle rakennettavat aluelämpö- ja aluejäähdytysverkot (vastaavat käytännössä KL- ja KJ-verkkoja rakenteellisesti)		Minimaalinen maankäyttö hankealueella, ainoastaan KL- ja KJ-verkot
Kaupungin kestävyystavoitteiden toteutuminen	Kaikki tarkastellut paikalliset tuotantovaihtoehdot edistävät Kestävä Energia –teeman mukaista uusiutuvan energian osuuden kasvattamista Tampereella sekä myös hajautetun paikallisen energiantuotannon pilotointia.			Vaihtoehto ei varsinaisesti edistä kaupungin kestävyystavoitteiden toteutumista
Soveltuvuus eri tyyppisille energiaoperaattoreille	Paikalliset tuotantovaihtoehdot soveltuvat laajalti eri tyyppisille energiaoperaattoreille ja energiakumppaneille aina kokonaan omasta toteutuksesta ja operoinnista EaaS-mallin kokonaisvaltaisiin energiapalveluihin erilaisilla toimitusrajoilla.			Ainoastaan Tampereen Sähkölaitos
Vaikutus ympäristösertifiointeihin (BREEAM, LEED, RTS)	Ympäristösertifioinneissa kiinnitetään pääasiassa huomiota rakennusten energia- ja ympäristötehokkuuteen, mutta muutamissa krediiteissä paikallisella uusiutuvalla tuotannolla voidaan saavuttaa hieman parempia pisteitä kuin perusratkaisulla. Rakennusten E-lukuun voi lämpöpumppuratkaisuilla olla myös pieniä positiivisia vaikutuksia.			Tämä vaihtoehto on ns. perusratkaisu joka ei missään nimessä estä sertifiointeja mutta ei tuo varsinaisesti lisäpisteitäkään

Energiajärjestelmävaihtoehdot

Energiajärjestelmävaihtoehtojen arviointi

- Alla olevassa vertailutaulukossa on esitetty riskejä ja muita huomioita energiajärjestelmävaihtoehtoihin liittyen

	VE 1	VE 2a	VE 2b	VE 3
Riskit ja muut huomiot	<ul style="list-style-type: none">MLP-kaivoja paljon -> maankäyttöasiatVaatii energiakeskustilat kaikissa kortteleissa (tosin asuinkortteleissa vain pieni tilantarve)Kokonaisuus on vaihtoehtoista kaikkein monimutkaisin ja koostuu pienemmistä osakokonaisuuksista -> toteutustapa, kustannukset?Pienemmät riskit energian hintojen kehitykseen liittyen, koska ostoenergiamäärä (MWh) on perustapausta pienempiAsuinkorttelit eivät pääse tässä tapauksessa Sähköveroluokan 2 piiriin, koska LP-yksiköt ovat sen verran pieniä	<ul style="list-style-type: none">Energiakeskus vaatii tilaa jäähallin läheltäRiskit liittyen lauhteen riittävyyteen -> IVLP-kapasiteetilla pienennetään riskiäSuuren kokoluokan LP-laitoksen operointi ja suunnitellun toiminnan varmistus erittäin tärkeääPienemmät riskit energian hintojen kehitykseen liittyen, koska ostoenergiamäärä (MWh) on perustapausta pienempi	<ul style="list-style-type: none">Energiakeskus vaatii tilaa jäähallin läheltäRiskit liittyen lauhteen riittävyyteen -> ei IVLP:tä pienentämässä riskiäSuuren kokoluokan LP-laitoksen operointi ja suunnitellun toiminnan varmistus erittäin tärkeääPienemmät riskit energian hintojen kehitykseen liittyen, koska ostoenergiamäärä (MWh) on perustapausta pienempi	<ul style="list-style-type: none">Tekniset riskit vähäisetKaukojäähdytyksen saatavuus hieman epävarmaa (verkkoa ei ole rakennettu vielä alueelle)Kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen hintojen kehitys vaikuttaa paljon elinkaarikustannuksiinEnergiajärjestelmän CO₂-päästöt riippuvat kokonaan Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämmön hiilineutraaliustiekartan skenaarion toteutumisesta

Tulosten yhteenveto

- Elinkaarikustannuslaskelmien perusteella jäähallin lauhde-energian kierrätykseen perustuvat lämpöpumppu- ja matalalämpöverkkoratkaisut ovat kannattavia verrattuna sekä muihin paikallisiin uusiutuviin energiantuotantomuotoihin, että perinteiseen kaukolämpöön ja kaukojäähdytykseen. Lauhde-energiaa riittää laskelmien perusteella hyvin koko Hakametsä Sport Campus –alueen tarpeisiin, mikä edesauttaa koko alueen kattavan matalalämpöverkkoratkaisun toteutettavuutta. Laskelmien perusteella energiankierrätysratkaisujen takaisinmaksuaika perustapaukseen verrattuna on noin 10-12 vuotta (ilman energiainvestointitukea).
- Asuinkortteleille vaihtoehtoisesti tutkitut korttelikohtaiset, maalämpöön perustuvat matalalämpöverkot eivät ole yhtä kannattavia ja niiden elinkaarikustannukset ovat suurin piirtein samaa luokkaa perinteisen kaukolämpö- ja kaukojäähdytysratkaisun kanssa.
- Luonnollisesti investointikustannukset ovat paikallisen energiantuotannon tapauksessa perustapausta selvästi raskaammat, mutta vastaavasti käytön aikaisissa energian hankintakustannuksissa saavutetaan merkittäviä säästöjä.
- Elinkaaren (20v laskenta-aika) CO₂-päästöjen kannalta paikalliseen energian tuotantoon perustuvilla ratkaisuilla saavutetaan noin 25-30 % säästöt perustapaukseen verrattuna. Säästöjä selvästi pienentää Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämmön hiilineutraaliustiekarttaskenaarion perusteella nopeasti laskeva kaukolämmön ominaispäästökerroin (kaukolämpö on hiilineutraalia vuodesta 2035 eteenpäin), jota on käytetty tässä selvityksessä päästöjen laskennassa.

Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet

- Tulosten perusteella voidaan suositella **energiankierrätykseen perustuvan paikallisen energiantuotantoratkaisun edistämistä hankkeen energiaratkaisun kehityksen seuraavassa vaiheessa**. Lauhdetta vaikuttaisi riittävän koko alueen tarpeisiin saatavilla olleiden lähtötietojen ja oletusten perusteella, joten **lähtökohdaksi suositellaan koko Hakametsä Sport Campuksen alueen kattavaa matalalämpöverkkoratkaisua** jossa jäähallin lauhdelämmöt saataisiin hyödynnettyä maksimaalisesti.
- Ylijäämälauhteen myynnistä ulos alueelta Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämpöverkkoon ei ole saatavilla suuria tuottoja nykyisillä ostohinnoilla. Potentiaalia kokonaisvaltaisempaan lauhdelämmön hyödyntämiseen voisi olla siinä tapauksessa, että Tampereen Sähkölaitos tulisi Hakametsän alueellisen lämpöpumppujärjestelmän toteuttajaksi ja operaattoriksi.
- Suositellut jatkotoimenpiteet (energiasuunnitteluvaiheessa)
 - Energiankulutustietojen tarkentaminen: tarkemmat lähtötiedot suunnittelun edistyessä (mm. asuinrakennusten jäähdytys)
 - Rakentamisen vaiheistus
 - Energiakonseptin optimointi edelleen päivitettyt energiankulutustiedot huomioiden: lämpötilatasot, lämpöpumppujen toiminta ja toimittajavaihtoehdot, jäähdytysverkon laajuus
 - Energiaoperaattoritarkastelut ja markkinavuoropuhelut
 - Energiaratkaisun täydennysmahdollisuudet: kulutusjoustopon mahdollisuudet, lämmön varastointi
 - Aurinkosähkön potentiaali kun rakennusten suunnitelmat edistyvät

Sisällysluettelo

- Alueen rakennusten/korttelien energiankulutusten mallinnuksen tulokset
- Paikallisten energiantuotantovaihtoehtojen arviointi ja alustavat energialaskennan tulokset
- Alustavat ehdotukset tarkasteltavista energiajärjestelmäkokonaisuuksista
- Energiantuotantolaskelmat
 - Energiajärjestelmien mitoitukset
 - Energiaverkot, energiajärjestelmien tilavaraukset ja maalämpökaivojen sijoittelu
- Elinkaarikustannuslaskelmat
 - Investointikustannukset
 - Käyttö- ja huoltokustannukset
 - Elinkaarikustannukset
 - Elinkaaren CO₂-päästöt
 - 2-suuntainen kaukolämpö
- Yhteystiedot
- LIITTEET
 - Lähtötiedot
 - Case-esimerkkejä vastaavista aluehankkeista

Alueen energiankulutusten mallinnuksen tulokset

31.1.2022



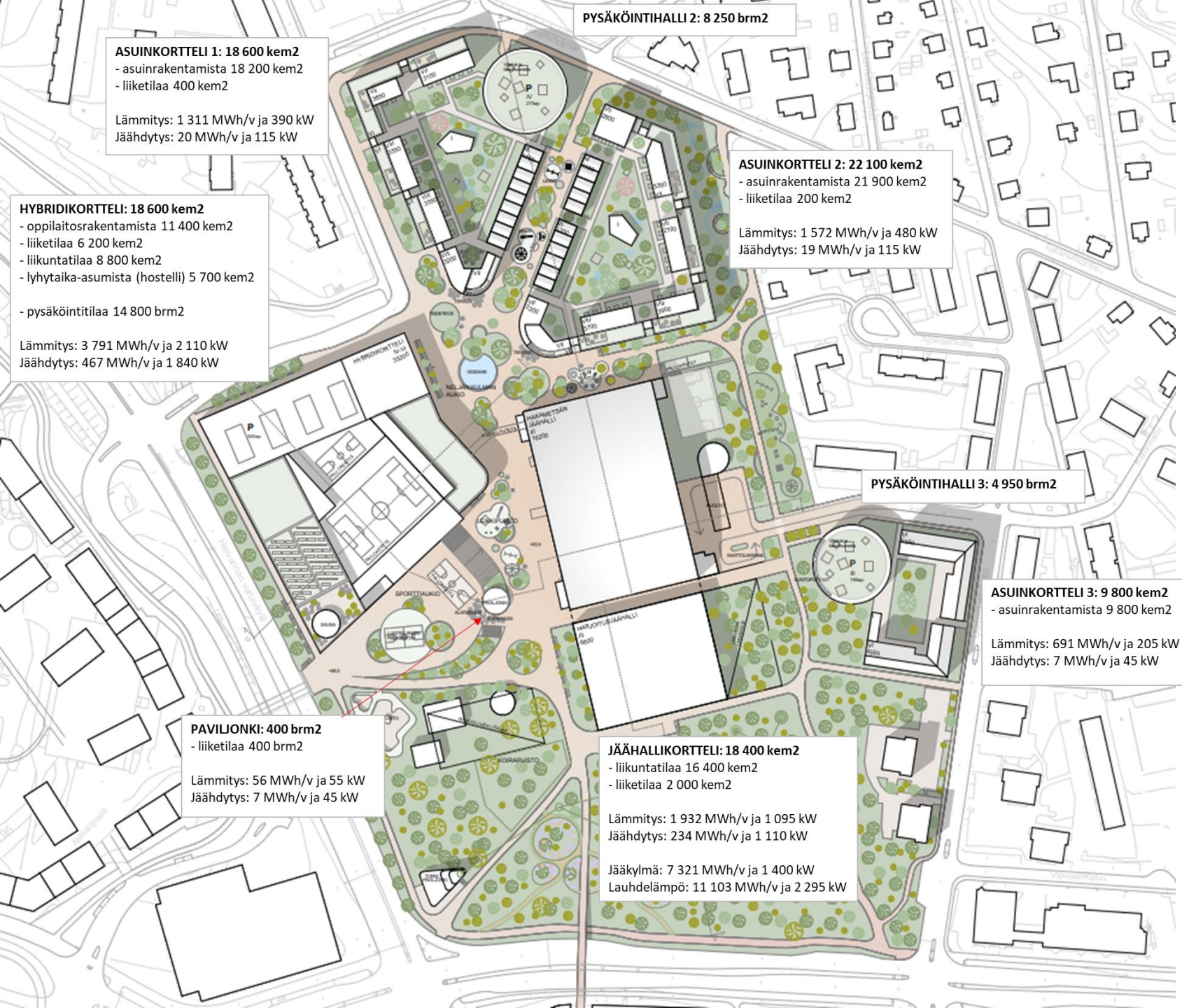
Granlund

Alueen rakennusten energiankulutusten mallinnus

Yhteenveto energiankulutuksista

- Simuloinneissa käytetyt tekniset ja rakenteelliset ratkaisut perustuivat Hakametsä Sport Campus –alueen viitesuunnitelman mukaisiin rakennusten/korttelien laajuustietoihin sekä benchmark- tietoihin alueen rakennusten käyttötarkoituksia vastaavien rakennusten energiankulutuksista.
- Yhteenveto koko tarkastelualueen laskennallisista lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutuksista on esitetty alla olevassa taulukossa. Jäähallikorttelin kulutukset eivät sisällä jäiden kylmäenergian tuotantoa ja kulutusta.

Kortteli	Rakennusala	Lämmitysenergia	Lämmitysteho	Jäähdytysenergia	Jäähdytysteho
Asuinkortteli 1	18 600 kem2	1 311 MWh/v	390 kW	20 MWh/v	120 kW
Asuinkortteli 2	22 100 kem2	1 572 MWh/v	480 kW	19 MWh/v	120 kW
Asuinkortteli 3	9 800 kem2	691 MWh/v	210 kW	7 MWh/v	50 kW
Hybridikortteli + Paviljonki	32 500 kem2	3 847 MWh/v	2 160 kW	474 MWh/v	1 890 kW
Jäähallikortteli	18 400 kem2	1 932 MWh/v	1 100 kW	234 MWh/v	1 110 kW
Pyräköintihallit (yhteensä)	28 100 brm2	-	-	-	-
YHTEENSÄ	129 100 kem2	9 352 MWh/v	3 840 kW	753 MWh/v	3 090 kW

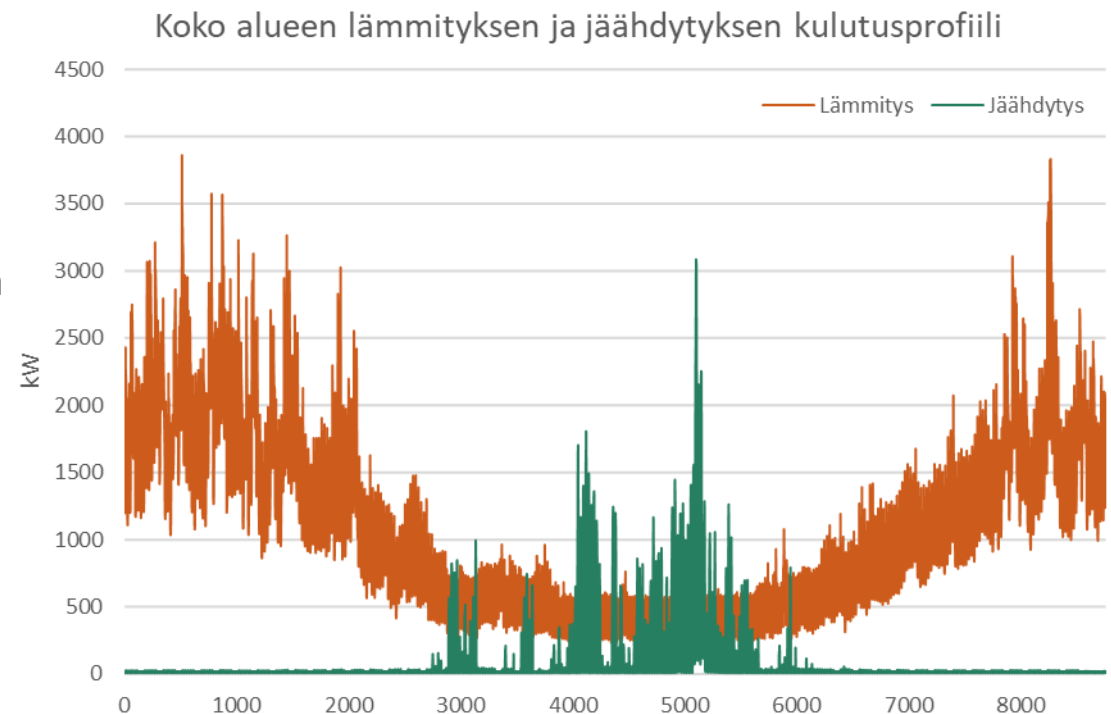


- Oheiseen viitesuunnitelman karttakuvaan on merkitty kortteleittain rakennuslaajuudet (kem² tai brm²) sekä korttelikohtaisesti mallinnetut lämmön- ja jäähdytyksen vuosikulutukset ja laskennalliset tehontarpeet.
- Kortteleiden energiankulutukset on mallinnettu huomioiden rakennusten eri käyttötarkoitukset, esimerkiksi hybridikorttelin kulutus on summa erikseen mallinnetuista oppilaitososan, liiketilaosan, liikuntatilaosan ja hostelliosan energiankulutuksista.
- Jäähallikorttelille on erikseen esitetty laskennallinen jääkenttien Haka 1-4 kylmäenergian tarve sekä kyseisten kylmäkoneiden lauhdelämpöpotentiaali.

Alueen rakennusten energiankulutusten mallinnus

Energiankulutuksen profiili

- Oheisessa kuvaajassa on esitetty koko alueen laskennallinen lämmitys- ja jäähdytysenergiankulutuksen profiili (ei sis. jääkenttien kylmäenergian tarvetta) yhteensä.
- Ympäri vuotista jäähdytystarvetta arvioidaan olevan vähäinen määrä, lähinnä hybridikorttelin teknisissä tiloissa (sähkötilat tms.). Kesäaikaan jäähdytystarvetta on merkittävästi ilmanvaihdossa sekä tilajäähdytyslaitteissa.
- Lämmitystarve koostuu tilalämmityksistä, ilmanvaihdon lämmityksestä (ilmanvaihdon tehokkaat LTO:t huomioiden) sekä lämpimän käyttöveden lämmityksestä. Kesäaikaan lämmitystarve on lähinnä viimeksi mainittua LKV:n lämmitystä.



Energiantuotanto- vaihtoehtojen arviointi ja energiajärjestelmä- ehdotukset

31.1.2022



Granlund

Energiantuotantovaihtoehtojen arviointi

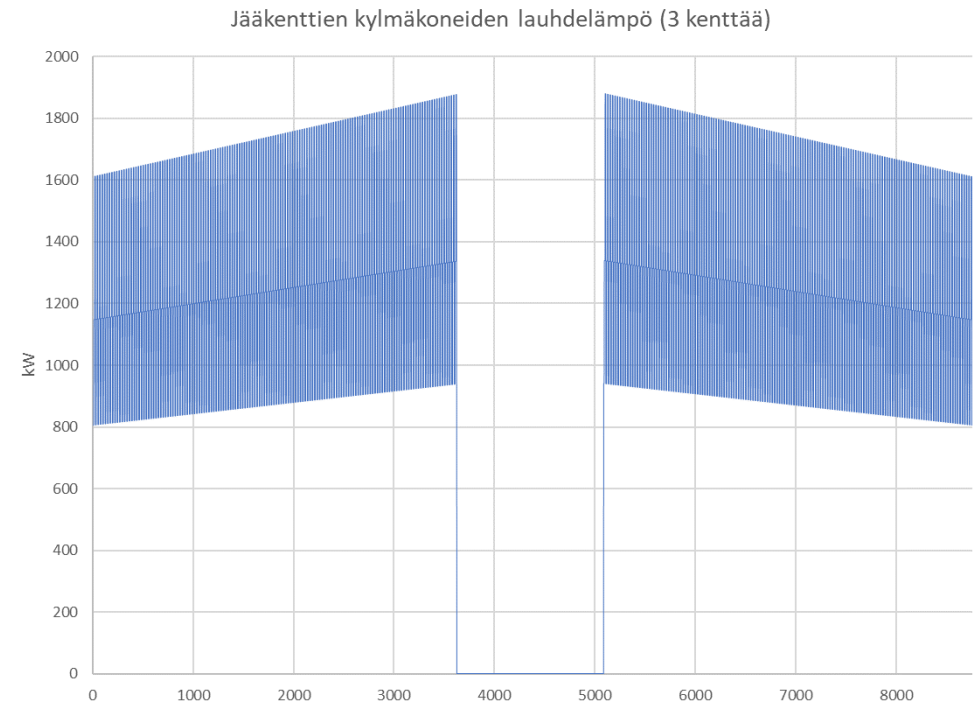
Energiantuotantovaihtoehdot

- Tunnistettuja energiantuotantovaihtoehtoja alueella:
 - Jäähallin kylmäenergian tuotannon lauhteiden kierrätys lämpöpumpuilla
 - Muut CHC-lämpöpumppuratkaisut, hyödyntäen muita jäähallin jäähdytystarpeiden lauhdelämpöjä
 - Maalämpö ja maakylmä: tavanomaisen kaivot (syvyys 300-350 m), keskisyvät kaivot (syvyys 600-800 m) tai syvät kaivot (syvyys > 1 km)
 - Ilma-vesilämpöpumput
 - Kaukolämpö ja kaukojäähdytys
 - Aurinkoenergia (sähkö & lämpö)
 - Sähkökattila (lämmön huipputuotanto)
 - Vedenjäähdytyskoneet (jäähdytyksen huipputuotanto)
- Energiantuotantovaihtoehdot voivat olla kiinteistökohtaisia tai keskitettyjä niin, että lämmöntuotantolaitteet sijaitsevat alueen tai korttelin keskitetyssä energiakeskuksessa, josta lämpö/jäähdytys jaetaan kiinteistöihin
- Erityisesti uusiutuvien energiantuotantovaihtoehtojen yhteydessä on järkevää tarkastella matalalämpöverkkoratkaisuja, joilla maksimoidaan lämpöpumppuratkaisujen energiatehokkuus.

Energiantuotantovaihtoehtojen arviointi

Energiankierrätys - jäähalli

- Jäähallin energiantarpeen simuloinnin yhteydessä arvioitiin jäähallin jääkenttien kylmäenergian tarve ja sen tuotannon yhteydessä syntyvä lauhdelämpö, jota voidaan lämpöpumpun kanssa käyttää hyväksi rakennuksen ja alueen lämmöntuotannossa.
- Jäähallikortteliin on tulossa Hakametsän jäähallin nykyisen kunnostettavan kilpajään vähintään 2 uutta harjoitusjääkenttää, joiden lisäksi vielä kolmas harjoitusjääkenttä on pöydällä optiona. Aloituspalaverissa arvioitiin, että jäät ovat käytössä ja jäädytettyinä 10 kk vuodessa, ainoastaan kesä-heinäkuussa poissa käytöstä. Käyttöajaksi arvioitiin tyypillisesti klo 8-22.
- Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jääkenttien kylmäkoneiden lauhde-energiaa on käytettävissä ympäri vuoden kesä-heinäkuuta lukuun ottamatta. Päiväsaikaan, kun kentät ovat käytössä, jäähdytystä tarvitaan lämpökuormista johtuen enemmän ja lauhdettakin on näin ollen enemmän käytettävissä, mutta myös yöaikaisen ylläpitojäähdytyksen ansiosta lauhdetta on käytettävissä myös käyttöajan ulkopuolella. Kesä-heinäkuussa jäät ovat sulatettu, jolloin lauhde-energiaa ei ole hyödynnettävissä.
- Viereisessä kuvassa on esitetty jäähallin arviot lauhde-energiamääristä vuoden tuntien yli. Lauhdemäärä vaihtelee n. 800 kW ja 1600-1900 kW välillä riippuen kellon- ja vuodenajasta (käyttöaste, ulkolämpötila). Kesä-heinäkuussa lauhdetta ei ole saatavilla. Yhteensä lauhde-energiaa olisi saatavilla laskennallisesti n. 9,2 GWh/v kolmella kentällä ja neljällä kentällä n. 11,1 GWh/v.



Energiantuotantovaihtoehtojen arviointi

Muut lämpöpumppuratkaisut

- CHC-lämpöpumput
 - Lämmityksen ja tilajäähdytyksen samanaikainen tuotanto lämpöpumpulla. Soveltuu hyvin kohteisiin, joissa on jatkuvaa jäähdytystehon tarvetta esimerkiksi paljon jäähdytystä tarvitsevia sähkötiloja.
 - Yhdistettävissä myös muihin lämmönlähteisiin niin, että käytetään ensisijaisesti jäähdytysten lauheteita ja toissijaisena jotain muuta lämmönlähdettä, esimerkiksi maalämpökaivoja.
- Maalämpöpumppuratkaisut (MLP)
 - SYKE pohjavesialuekarttojen perusteella Hakametsä Sport Campus hankealue ei sijaitse pohjavesialueella, joka rajoittaisi maalämpökaivojen porausta kohteessa. GTK:n geoenergiapotentiaalin kartoituksen perusteella hankealueen maaperä soveltuu myös hyvin maalämpöön.
 - Maalämpö soveltuu parhaiten lämmön ja jäähdytyksen pohjatuotantoa varten; investoinnin yksikkökustannus €/kW on esimerkiksi kaukoenergiaa selvästi suurempi, mutta käyttökustannuksissa säästöä tulee merkittävästi, jolloin kannattavuus on parempi mitä suurempi on huipunkäyttöaika.
 - Tavanomaiset maalämpökaivot 300-350 m syvyisiä per kaivo, teknologia on tuttua ja investointikustannusten taso maltillinen. Suurten kiinteistöjen kohdalla kaivoja tarvitaan kuitenkin erittäin suuri määrä, jolloin tilavaatimukset rajoittavat toteutettavuutta.
 - Keskisyvät kaivot noin 800 m syvyisiä, uudempaa teknologiaa ja investoinnin yksikkökustannukset hieman korkeammat. Etuna on se, että yhdestä kaivosta saatava energia ja teho on reilusti tavanomaista kaivoa suurempi -> huomattavasti helpompi sijoitella tiiviissä rakennusympäristössä.
 - Syvät kaivot noin 1500-2500 m syvyisiä, uutta teknologiaa joka on vasta enemmän pilotointivaiheessa ja kustannustaso korkeahko. Energia ja teho kaivoista suuri (esim. lämpöä 1000 MWh/v per kaivo) -> yksikin kaivo voi riittää korttelitason järjestelmissä. Markkinoilla vain muutama syväkaivojen toteuttaja Suomessa tällä hetkellä ja kokemuksia toteutuksista on vähän.

Energiantuotantovaihtoehtojen arviointi

Muut lämpöpumppuratkaisut

- Ilma-vesilämpöpumput (IVLP)
 - Lämmöntuotanto suuren kokoluokan ilma-vesilämpöpumpuilla ulkoilmasta
 - Investoinneiltaan maalämpöä edullisempi lämpöpumppuvaihtoehto, mutta lämpöpumpun hyötysuhde on heikompi talvisin verrattuna maalämpöratkaisuihin. Kesäaikaan hyötysuhde on kuitenkin erittäin hyvä, jolloin järjestelmä sopisi hyvin jäähallien lauhdelämpöpumppujen rinnalle vaikka lämpöpumppuratkaisuna ei varsinaisesti olekaan ideaali muuhun kuin pohjatuotantoon. Konsepti olisi kuitenkin toteutettavissa kustannusten kannalta tehokkaasti yhdistämällä samaan lämpöpumppuyksikköön lämmönlähteiksi sekä jäähallin lauhteet että ulkoilmakeräimet, jolloin erillistä IVLP:lle dedikoitua lämpöpumppukapasiteettia eri tarvita.
 - Ilma-vesilämpöpumput vaativat maalämpöä enemmän maanpäällistä tilaa ulkoilmayksiköille lämmönkeruuseen ja järjestelmä on myös maalämpöjärjestelmää äänekkäämpi ulkoilmayksiköistä johtuen. Ulkoilmayksiköt voidaan sijoittaa myös rakennuksen vesikatolle.

Energiantuotantovaihtoehtojen arviointi

Aurinkoenergia ja lämmön varastointi

- Aurinkolämpö
 - Lämmöntuotanto kiinteistöjen tarpeisiin aurinkokeräimillä. Soveltuu lähinnä jotakin muuta uusiutuvaa lämmöntuotantoa tukevaksi ratkaisuksi, koska lämmön saatavuus on hyvin vähäistä talviaikaan, kun lämmöntarve on suurimmillaan.
 - Suuren kokoluokan kausivarastointiratkaisuilla (isot terässäiliöt, kallioluolat tms.) kesällä kerättyä lämpöä pystyttäisiin hyödyntämään myös muina vuodenaikoina, mutta varaston ja keruujärjestelmän koko kasvaa suureksi, jos halutaan saavuttaa korkea energiapeittoaste.
 - Kilpailee sijoittelun ja tilantarpeen puolesta samoista alueista aurinkosähkön kanssa -> aurinkosähkö on yksi harvoista toteutettavissa olevista paikallisista uusiutuvista sähköntuotantomuodoista, jolloin on järkevämpää käyttää alueet aurinkopaneeleille, jos tavoitteena korkea energiaomavaraisuusaste.
- Aurinkosähkö
 - Paikallinen uusiutuvan sähkön tuotanto aurinkopaneeleilla, tyypillisesti kiinteistötason järjestelmiä esimerkiksi vesikatoille sijoitettuna (myös keskitetyt järjestelmät mahdollista toteuttaa, mutta tuotannon jako useampaan kiinteistöön aiheuttaa lainsäädännön kannalta tiettyjä vaatimuksia jotta kannattavuus säilyy hyvänä.
 - Tavanomaista teknologiaa ja markkinoilla on monia toimijoita ja eri tason paneeleita -> tehokkuuden ja järjestelmien laajuuden optimointi mahdollista.
 - Tyypillinen takaisinmaksuaika oikein mitoitetuille aurinkosähköjärjestelmille noin 5-10v riippuen sähkön hinnasta

Energiantuotantovaihtoehtojen arviointi

Energian varastointi

- Lämmön varastointiratkaisuilla voidaan
 - Nostaa uusiutuvan lämmöntuotannon kapasiteetin hyödynnettävyyttä, kun hetkittäistä ylijäämätuotantoa saadaan varastoitua ja käytettyä silloin, kun uusiutuvan tuotannon kapasiteetti ei riitä lämmöntarpeen kattamiseksi
 - Leikata huipputuotannon kapasiteetin tarvetta tai huippukapasiteetin käyttöön sidottuja maksuja (esim. kaukolämmön tehomaksu)
 - Optimoida sähköä käyttävän perustuotannon käyttöä esimerkiksi sähkön hinnan suhteen varastoiden lämpöä edullisen hinnan ajanhetkillä ja purkaen varastoa käyttöön kun hintataso on korkea.
- Vaihtoehtoina hajautettu tai keskitetty varastointi
 - Hajautettu toteutuksessa lämpöä varastoidaan pienemmissä varastoissa rakennustasolla (vrt normaalit lämmitysjärjestelmien pienet varaajat)
 - Keskitetyssä toteutuksessa rakennetaan matalalämpöverkon yhteyteen yksi suuremman kokoluokan varasto, esimerkiksi iso tankkivarasto, kallioon louhittu luola tms.
 - Maalämpöjärjestelmien porakaivot toimivat tyypillisesti eräänlaisina lämpövarastoina, kun kesäaikaan jäähdytyksen lauhdelämpö vietään kaivoihin.
 - Markkinoilla on myös innovatiivisempia varastointiratkaisuja, jotka ovat pitkälti vielä pilotointivaiheessa ja kustannusten taso täten korkea (mm. Heliostorage, Polar Night Energy (power-to-heat))

Energiantuotantovaihtoehtojen arviointi

Vara- ja huipputuotantovaihtoehdot

- **Kaukolämpö ja kaukojäähdytys**
 - Perusratkaisuna alueen lämmitys- ja jäähdytystarpeiden kattamiseksi liittyminen Tampereen Sähkölaitoksen kaukoenergiaverkostoihin.
 - Kaukolämpö voi alueella toimia myös alueellisen uusiutuvan energiajärjestelmän vara- ja huipputuotantona
 - Kaukojäähdytysverkko on rakennettu tällä hetkellä vain noin 800 m – 1 km päähän Hakametsän jäähallista ja alustavien Tampereen Sähkölaitoksen kanssa käytyjen keskustelujen perusteella kaukojäähdytyksen hyödyntäminen alueella tulee käytännössä kyseeseen vain jos sillä katetaan merkittävä osuus alueen jäähdytyksen tarpeesta, ts. se ei sovellu (tällä hetkellä) vara- ja huipputuotannoksi.
 - Kaukolämmössä 2-suuntaisuus; jos hukkalämpöä syntyy ylimäärin, voitaisiin sitä myydä KL-verkkoon riippuen hetkellisistä tuotantokustannuksista, myynnistä saatavasta korvauksesta ja mahdollisista rajoitteista lämpötilatasojen suhteen.
- **Sähkökattila**
 - Keskitetty (tai hajautettu) oma sähkökattila vaihtoehtona kaukolämmölle lämmityksen vara- ja huipputuotannoksi.
 - Investoinnin yksikkökustannus (€/kW) pieni, käyttökustannukset riippuvat sähkön hinnasta.
- **Vedenjäähdytyskoneet**
 - Keskitetty tai hajautettu vedenjäähdytyskonekapasiteetti jäähdytyksen vara- ja huipputuotantona
 - Vaatii tilaa kiinteistöistä/energiakeskuksesta vedenjäähdytyskoneille ja nestejäähdyttimille.

Johtopäätökset energiantuotantovaihtoehdoista

Energiajärjestelmien valinta

- Johtopäätökset energiantuotantovaihtoehtojen kartoituksesta:
 - Jäähallin kenttien jäädytystarpeiden laskennan perusteella kylmäkoneiden lauhdelämpöä on runsaasti käytettävissä, riippumatta siitä tuleeko alueelle kolme vai neljä jääkenttää, ja se on edullisen lämmönkeruun sekä hyvän saatavuuden vuoksi valittu keskeiseksi lämmöntuotantoratkaisuksi ehdotetuissa energiajärjestelmävaihtoehdoissa.
 - Jäähallin lauhteet riittävät yksinään hybridi- ja jäähallikorttelikonaisuuden lämmöntarpeen kattamiseksi lähes kokonaan. Lämpöpumppukapasiteettia voidaan käyttää kesäaikaan myös rakennusten jäähdytykseen (CHC-käyttö).
 - Yhdistetyssä hybridi- ja jäähallikorttelissa ei tarvittaisi muita lämmönlähteitä perustuotantoa varten jäähallin hukkalämpöjen lisäksi. Kesäajalle sekä huipputuotannoksi kaukolämpö tai sähkökattila, tai rinnalle voitaisiin rakentaa IVLP-kapasiteettia kesäajan tuotantoon, jos tavoitteena on erittäin korkea uusiutuvan oman tuotannon osuus.
- Saatavilla olevan lauhteen määrä on niin suuri, että hybridi + jäähallikorttelienkin jalostetun lauhde-energian käytön jälkeen jäähallin hukkalämpöjä jää reilusti käytettäväksi muualla Hakametsä Sport Campuksen alueella
- Tarkastellaan myös tapaus, jossa koko Hakametsä Sport Campuksen hankealue on saman alueellisen matalalämpöverkon sekä alueellisen jäähdytysverkon piirissä hyödyntäen jäähallin lauhteet maksimaalisesti sekä tarvittaessa muuta uusiutuvaa lämpöpumppukapasiteettia sen rinnalla. Huipputuotantona joko sähkökattila tai kaukolämpö.

Johtopäätökset energiantuotantovaihtoehdoista

Energiajärjestelmien valinta

- Asuinkortteleiden 1, 2 ja 3 kohdalla tarkasteluvaihtoehtoina ehdotetaan korttelikohtaisia keskitettyjä maalämpö- ja maajäähdytysratkaisuja, sekä toisena vaihtoehtona edellä mainittua yhdistämistä koko alueen yhteiseen matalalämpöverkkoon.
 - Korttelikohtainen ratkaisu tarkoittaa sitä, että kaikissa kolmessa korttelissa olisi oma pienempi matalalämpöinen kortteliverkko, joka jakaa kortteleiden energiakeskuksista lämpöä ja jäähdytystä kaikille saman korttelin rakennuksille.
 - Perinteisiä kaivoja tarvittaisiin alustavan arvion mukaan kortteleissa 1 ja 2 noin 50-60 kpl. Perinteiset maalämpökaivot voidaan myös korvata keskisyvillä- tai syvälämpökaivoilla, jolloin kaivoja tarvittaisiin huomattavasti vähemmän.
 - Asuinkortteli 3:ssa lämmön- ja jäähdytyksen tarve on vähäisempi verrattuna asuinkortteli 1 ja 2:een, ja tämän vuoksi perinteisiä kaivoja tarvitaan huomattavasti vähemmän. Alustavan laskelman perusteella tavanomaisetkin kaivot mahtuisivat hyvin tämän korttelin alueelle.
 - Osa maalämpökaivoista voitaisiin tarvittaessa myös korvata muilla lämmönlähteillä, kuten ilmavesilämpöpumpuilla.

Energiantuotanto- ja elinkaarikustannus- laskelmat

31.1.2022



Granlund

Energiajärjestelmävaihtoehdot

- Energiajärjestelmävaihtoehtoina työn 2. vaiheessa tarkasteltiin seuraavia ratkaisuja (projektin välipalaverissa 11.1.2022 sovitun mukaisesti)
 1. Pienemmistä korttelitason matalalämpöverkkoratkaisuista koostuva energiajärjestelmävaihtoehto
 - Omat kortteliverkot asuinkortteleissa, joissa perustuotantona tavanomainen maalämpö ja maakylmä
 - Hybridikortteli ja jäähallikortteli yhdessä matalalämpöverkossa, jossa hyödynnetään jäähallin lauhteiden kierrätys sekä samanaikainen lämmityksen ja jäähdytyksen tuotanto lämpöpumpulla kesäaikaan
 - Huippu- ja varatuotantovaihtoehtoina tarkastellaan lämmitykselle kaukolämpö & sähkökattila, jäähdytykselle VJK
 2. Koko alueen kattava matalalämpöverkko yhdellä keskitetyllä energiakeskuksella
 - 2a. Jäähallin lauhteiden kierrätys tehokkaasti koko alueella + rinnalle pieni määrä ilmalämpökeräimiä (IVLP) energiantuotannoksi kun lauhteita tai samanaikaista lämmityksen ja jäähdytyksen tarvetta ei ole
 - 2b. Jäähallin lauhteiden kierrätys tehokkaasti koko alueella + rinnalle kaukolämpö
 - Huippu- ja varatuotantovaihtoehtoina tarkastellaan lämmitykselle kaukolämpö & sähkökattila, jäähdytykselle VJK
 3. Kaukolämpö + kaukojäähdytys
- Matalalämpöverkkovaihtoehdoissa huomioidaan lisäksi mahdollisen neljännen jääkentän vaikutusta lauhdelämpöpotentiaaliin ja mitoituksiin.

Energiajärjestelmävaihtoehdot

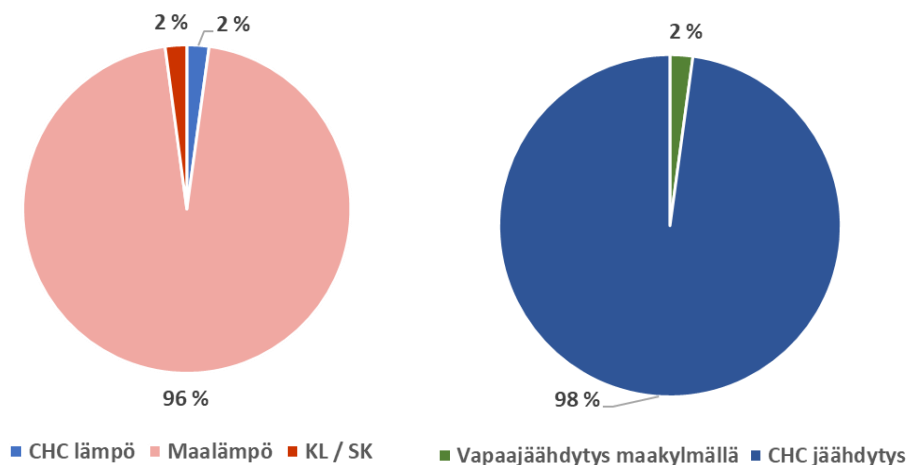
Jääkenttien kylmäkoneiden lauhde-energian hyödyntäminen

- Raportissa tästä eteenpäin esitetyt laskelmat on laadittu sillä oletuksella, että jäähalliin toteutetaan 3 kpl jääkenttiä.
- Energiantuotantolaskelmien yhteydessä todettiin, että sekä vaihtoehdon 1 jäähalli + hybridikorttelin kohdalla, että vaihtoehtojen 2a ja 2b koko alueen kattavan matalalämpöverkkoratkaisun kohdalla jo kolmella jääkentällä saatavilla olevan lauhteen määrä käytetyillä laskentaoletuksilla ylittää lämmöntarpeen lähes aina, lukuun ottamatta kesä-heinäkuuta jolloin kentät eivät ole käytössä. Näin ollen mahdollinen neljäs jääkenttä ei lisää uusiutuvan energian käytön potentiaalia alueella, koska kulutusta lauhteelle ei ole, vaan lisää ainoastaan alueelta ulos hyödynnettävissä olevan ylijäämälauhteen määrää.

Energiantuotantolaskelmat - mitoitukset

1. Korttelitason matalalämpöverkot – Asuinkortteli 1 (AK1)

- Tarkasteluvaihtoehdossa 1 Asuinkortteli 1:n lämmitys- ja jäähdytysenergia tuotetaan keskitetysti lämpöpumpulaitoksessa hyödyntäen maalämpöä ja maakylmää sekä samanaikaista lämmitys- ja jäähdytystarvetta. Huippulämmitys tuotetaan sähkökattilalla tai kaukolämmöllä..
- Viereisessä taulukossa on esitetty yhteenveto tarkastellun vaihtoehdon 1 energiantuotantamuodot, tuotantojärjestelmien mitoitustehöt ja tuotannon energiatase Asuinkortteli 1:n osalta. Alla olevissa kuvaajissa on lisäksi esitetty energiantuotannon taseet lämmitykselle (vasemmalla) ja jäähdytykselle (oikealla)

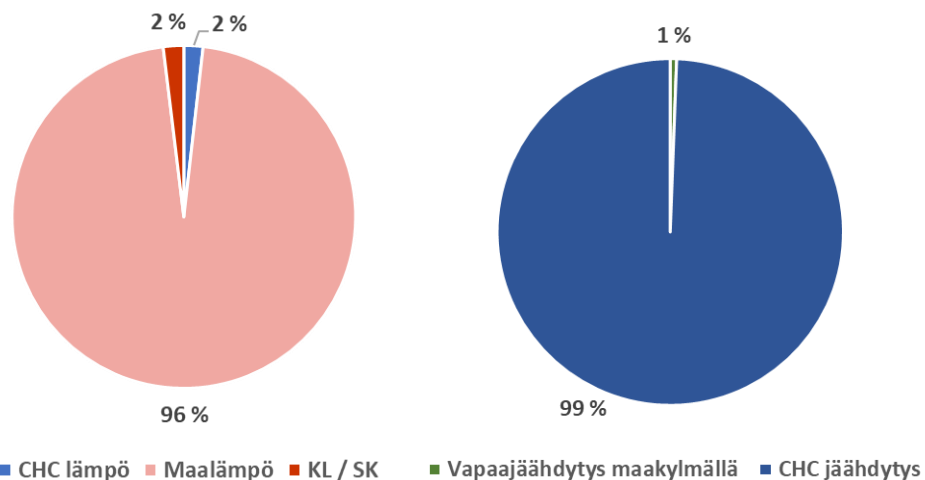


	Asuinkortteli 1
Energiantuotantomuodot	<ul style="list-style-type: none">Maalämpö ja maakylmä (MLP)Sähkökattila (SK) tai kaukolämpö (KL)
Tuotannon mitoitustehöt	<ul style="list-style-type: none">MLP: 300 kWSK/KL: 250 kW
Maalämpökaivot	46 kpl (320 m)
Energiantuotannon jakauma	
Lämmitysenergia	Maalämpö: 1 281 MWh/v CHC-lämmitys: 29 MWh/v SK/KL: 28 MWh/v
Jäähdytysenergia	CHC-jäähdytys: 19 MWh/v Maakylmä: 1 MWh/v
Energiantuotannon sähkönkulutuksen jakauma	
Lämpöpumput (sis. kiertovesipumput)	526 MWh/v
Huipputuotanto (jos sähkökattila)	28 MWh/v

Energiantuotantolaskelmat - mitoitukset

1. Korttelitason matalalämpöverkot – Asuinkortteli 2 (AK2)

- Tarkasteluvaihtoehdossa 1 Asuinkortteli 2:n lämmitys- ja jäähdytysenergia tuotetaan keskitetysti lämpöpumpulaitoksessa hyödyntäen maalämpöä ja maakyilmää sekä samanaikaista lämmitys- ja jäähdytystarvetta. Huippulämmitys tuotetaan sähkökattilalla tai kaukolämmöllä..
- Viereisessä taulukossa on esitetty yhteenveto tarkastellun vaihtoehdon 1 energiantuotantamuodot, tuotantojärjestelmien mitoitustehöt ja tuotannon energiatase Asuinkortteli 2:n osalta. Alla olevissa kuvaajissa on lisäksi esitetty energiantuotannon taseet lämmitykselle (vasemmalla) ja jäähdytykselle (oikealla)

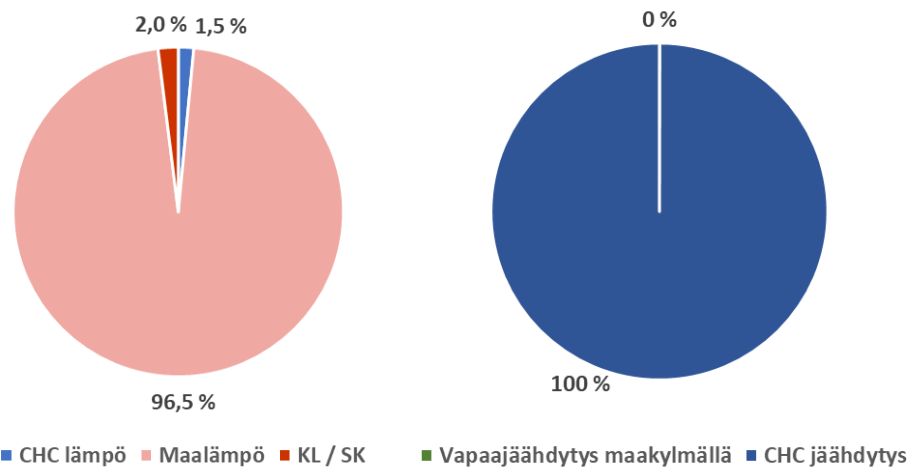


	Asuinkortteli 2
Energiantuotantomuodot	<ul style="list-style-type: none"> Maalämpö ja maakyilmä (MLP) Sähkökattila (SK) tai kaukolämpö (KL)
Tuotannon mitoitustehöt	<ul style="list-style-type: none"> MLP: 350 kW SK/KL: 250 kW
Maalämpökaivot	54 kpl (320 m)
Energiantuotannon jakauma	
Lämmitysenergia	Maalämpö: 1 513 MWh/v CHC-lämmitys: 28 MWh/v SK/KL: 30 MWh/v
Jäähdytysenergia	CHC-jäähdytys: 19 MWh/v Maakyilmä: 1 MWh/v
Energiantuotannon sähkönkulutuksen jakauma	
Lämpöpumput (sis. kiertovesipumput)	619 MWh/v
Huipputuotanto (jos sähkökattila)	30 MWh/v

Energiantuotantolaskelmat - mitoitukset

1. Korttelitason matalalämpöverkot – Asuinkortteli 3 (AK3)

- Tarkasteluvaihtoehdossa 1 Asuinkortteli 3:n lämmitys- ja jäähdytysenergia tuotetaan keskitetysti lämpöpumpulaitoksessa hyödyntäen maalämpöä ja maakylmää sekä samanaikaista lämmitys- ja jäähdytystarvetta. Huippulämmitys tuotetaan sähkökattilalla tai kaukolämmöllä..
- Viereisessä taulukossa on esitetty yhteenveto tarkastellun vaihtoehdon 1 energiantuotantamuodot, tuotantojärjestelmien mitoitustehöt ja tuotannon energiatase Asuinkortteli 3:n osalta. Alla olevissa kuvaajissa on lisäksi esitetty energiantuotannon taseet lämmitykselle (vasemmalla) ja jäähdytykselle (oikealla)

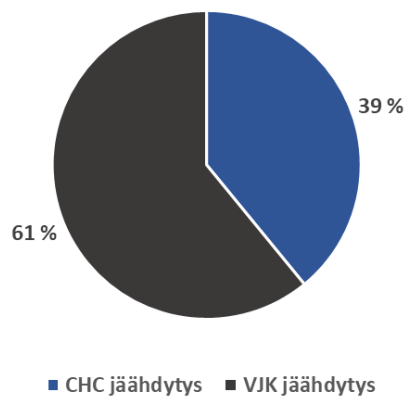
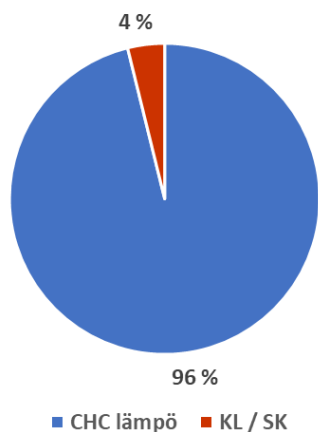


Asuinkortteli 3	
Energiantuotantomuodot	• Maalämpö ja maakylmä (MLP) • Sähkökattila (SK) tai kaukolämpö (KL)
Tuotannon mitoitustehöt	• MLP: 150 kW • SK/KL: 100 kW
Maalämpökaivot	24 kpl (320 m)
Energiantuotannon jakauma	
Lämmitysenergia	Maalämpö: 667 MWh/v CHC-lämmitys: 10 MWh/v SK/KL: 14 MWh/v
Jäähdytysenergia	CHC-jäähdytys: 7 MWh/v Maakylmä: 0 MWh/v
Energiantuotannon sähkönkulutuksen jakauma	
Lämpöpumput (sis. kiertovesipumput)	272 MWh/v
Huipputuotanto (jos sähkökattila)	14 MWh/v

Energiantuotantolaskelmat - mitoitukset

1. Korttelitason matalalämpöverkot – jäähalli + hybridikortteli

- Tarkasteluvaihtoehdossa 1 jäähalli + hybridikorttelikokonaisuuden lämmitys- ja jäähdytysenergia tuotetaan keskitetysti lämpöpumppulaitoksessa hyödyntäen jäähallin lauhde-energiaa ja samanaikaista lämmitys- ja jäähdytystarvetta. Huippulämmitys tuotetaan sähkökattilalla tai kaukolämmöllä, huippujäähdytys vedenjäähdytyskoneella.
- Viereisessä taulukossa on esitetty yhteenveto tarkastellun vaihtoehdon 1 energiantuotantamuodot, tuotantojärjestelmien mitoitus-tehot ja tuotannon energiatase jäähallin ja hybridikorttelin osalta. Alla olevissa kuvaajissa on lisäksi esitetty energiantuotannon taseet lämmitykselle (vasemmalla) ja jäähdytykselle (oikealla)



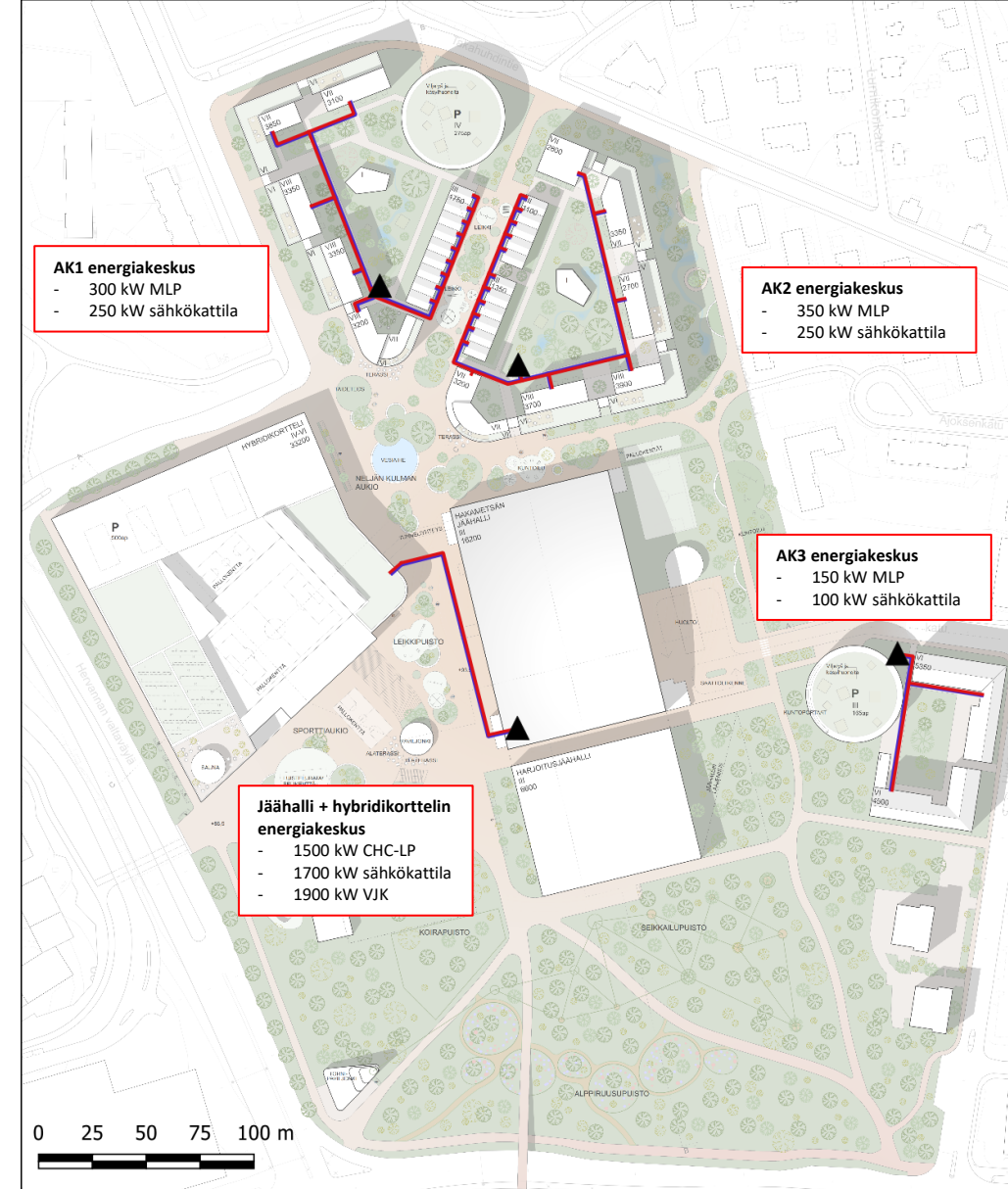
Jäähalli + hybridikortteli	
Energiantuotantomuodot	<ul style="list-style-type: none">Jäähallin lauhdeiden kierrätys CHC-lämpöpumpullaVedenjäähdytyskoneet (VJK)Sähkökattila (SK) tai kaukolämpö (KL)
Tuotannon mitoitus-tehot	<ul style="list-style-type: none">CHC: 1 500 kWVJK: 1 900 kWSK/KL: 1 700 kW
Energiantuotannon jakauma	
Lämmitysenergia	CHC-lämmitys: 5 502 MWh/v SK/KL: 220 MWh/v
Jäähdytysenergia	CHC-jäähdytys: 274 MWh/v Vedenjäähdytyskoneet: 427 MWh/v
Energiantuotannon sähkönkulutuksen jakauma	
Lämpöpumput (sis. kiertovesipumput)	2 026 MWh/v
Vedenjäähdytyskoneet	140 MWh/v
Huipputuotanto (jos sähkökattila)	220 MWh/v

Energiaverkot ja tilavaraukset

1. Korttelitason matalalämpöverkot

- Viereisessä kuvassa on esitetty hahmotellut energiajärjestelmävaihtoehdon 1 korttelikohtaiset aluelämpö- ja aluejäähdytysverkkoit sekä niihin liittyvä energiakeskukset. Aluelämpöverkot on mitoitettu lämpötilatasolle 65/33 ja aluejäähdytysverkot 8/16.
- Energiakeskustiloihin sijoitetaan korttelitason energiajärjestelmiin liittyvät energiantuotantolaitteet (lämpöpumput, sähkökattilat/kaukolämpöliittymät, jäähdytyskoneet) niihin liittyvine oheisjärjestelmineen. Energiakeskuksista lämpö ja jäähdytys jaetaan esitettyjä verkkoja pitkin rakennusten lämmityksen ja jäähdytyksen alajakokeskuksiin.
- Energiakeskusten alustava sijoitus
 - Jäähalli + hybridikorttelissa energiakeskus (120 m²) kannattaa sijoittaa jäähallin teknisten tilojen yhteyteen, koska lämpöpumpun lämmönlähde eli jäähallin lauhdelämpö, on siellä. Huippujäähdytyksen vedenjäähdytyskoneet (100 m² tilantarve) voidaan sijoittaa myös hybridikortteliin, jos jäähallin yhteydessä ei ole sopivaa paikkaa niille. Korttelin vedenjäähdytyskoneiden lauhduttimet tarvitsevat myös tilaa esimerkiksi vesikatolla n. 200 m².
 - Asuinkortteleiden energiakeskukset voidaan sijoittaa joko erillisiin teknisiin piharakennuksiin tai integroida jonkin kortteliin jo suunnitellun rakennuksen teknisiin tiloihin.

	Asuin-kortteli 1	Asuin-kortteli 2	Asuin-kortteli 3	Jäähalli + hybridikortteli
Energiakeskuksen tilantarvearvio*	30 m ²	30 m ²	20 m ²	120 m ² + 100 m ² (VJK:t)



AK1 energiakeskus
- 300 kW MLP
- 250 kW sähkökattila

AK2 energiakeskus
- 350 kW MLP
- 250 kW sähkökattila

AK3 energiakeskus
- 150 kW MLP
- 100 kW sähkökattila

Jäähalli + hybridikorttelin energiakeskus
- 1500 kW CHC-LP
- 1700 kW sähkökattila
- 1900 kW VJK

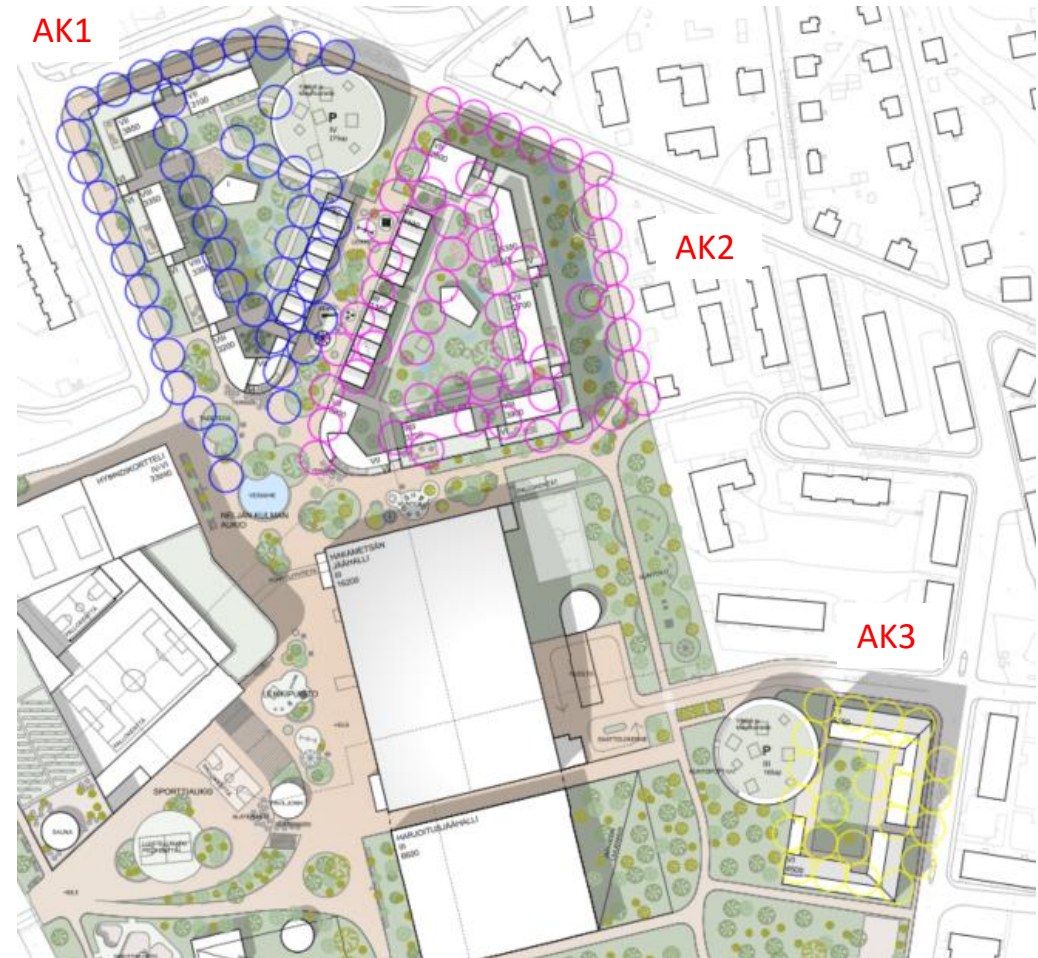
▲ Energiakeskus
— Matalalämpöverkko
— Jäähdytysverkko

Koko alueen energiaverkot
Projekti: Hakametsä Sport Campus alue-energiaselvitys
Asiakas: Tampereen kaupunki
Päivämäärä: 2022-01-26

Maalämpökaivojen sijoittelu

1. Korttelitason matalalämpöverkot

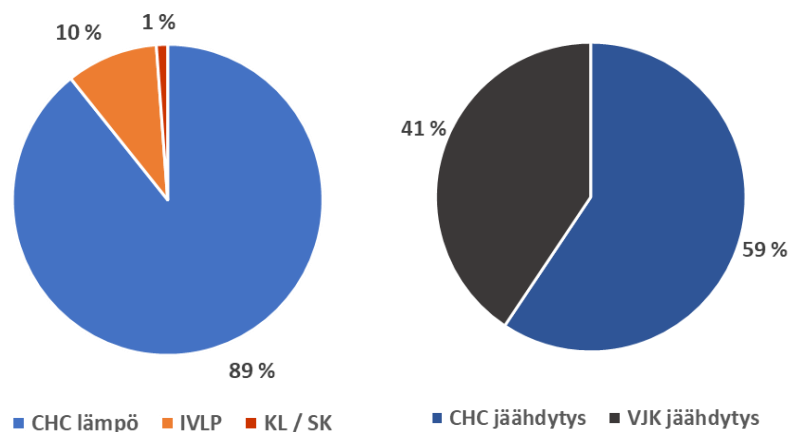
- Viereisessä kuvassa on esitetty hahmotelma energiajärjestelmävaihtoehdon 1 korttelikohtaisiin maalämpöjärjestelmiin liittyvien maalämpökaivojen sijoittelusta.
 - Kaivoja tarvitaan Asuinkorttelissa 1 46 kpl (siniset kaivot), Asuinkorttelissa 2 54 kpl (vaaleanpunaiset kaivot) ja Asuinkorttelissa 3 24 kpl (keltaiset kaivot)
- Suunnitelmat on tehty käyttäen tavanomaisia 320 m maalämpökaivoja lämmön- ja jäähdytyksen tuotannossa, sillä ne ovat tällä hetkellä kustannustehokkain maalämpökaivovaihtoehto kun tilantarve ei ole rajoitettu.
 - Esitettyä syvemmillä kaivoilla tarvittava kaivojen määrä pienenee, mutta porauskustannus (€/m) kasvaa.
 - Esimerkiksi 800 m syviä kaivoja tarvittaisiin alustavasti Asuinkorttelissa 1 vain 3 kpl, Asuinkorttelissa 2 vain 4 kpl ja Asuinkorttelissa 3 vain 2 kpl.
- Kaivot yhdistetään keruupiireillä kokoomakaivoihin ja edelleen energiakeskuksen lämpöpumpuille. Keruuputkisto kulkee maan alla lähellä maanpintaa eikä kaivoista jää käytännössä mitään näkyville maan pinnan yläpuolelle.



Energiantuotantolaskelmat - mitoitukset

2a. Koko alueen kattava matalalämpöverkko

- Tarkasteluvaihtoehdossa 2a lämmitys- ja jäähdytysenergia tuotetaan keskitetysti lämpöpumppulaitoksessa hyödyntäen jäähallin lauhde-energiaa, samanaikaista lämmitys- ja jäähdytystarvetta sekä ilmalämpökeräimiä. Huippulämmitys tuotetaan sähkökattilalla tai kaukolämmöllä, huippujäähdytys vedenjäähdytyskoneella.
- Viereisessä taulukossa on esitetty yhteenveto tarkastellun vaihtoehdon 2a energiantuotantamuodot, tuotantojärjestelmien mitoitus-tehot ja tuotannon energiatase. Alla olevissa kuvaajissa on lisäksi esitetty energiantuotannon taseet lämmitykselle (vasemmalla) ja jäähdytykselle (oikealla)



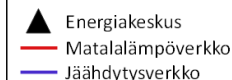
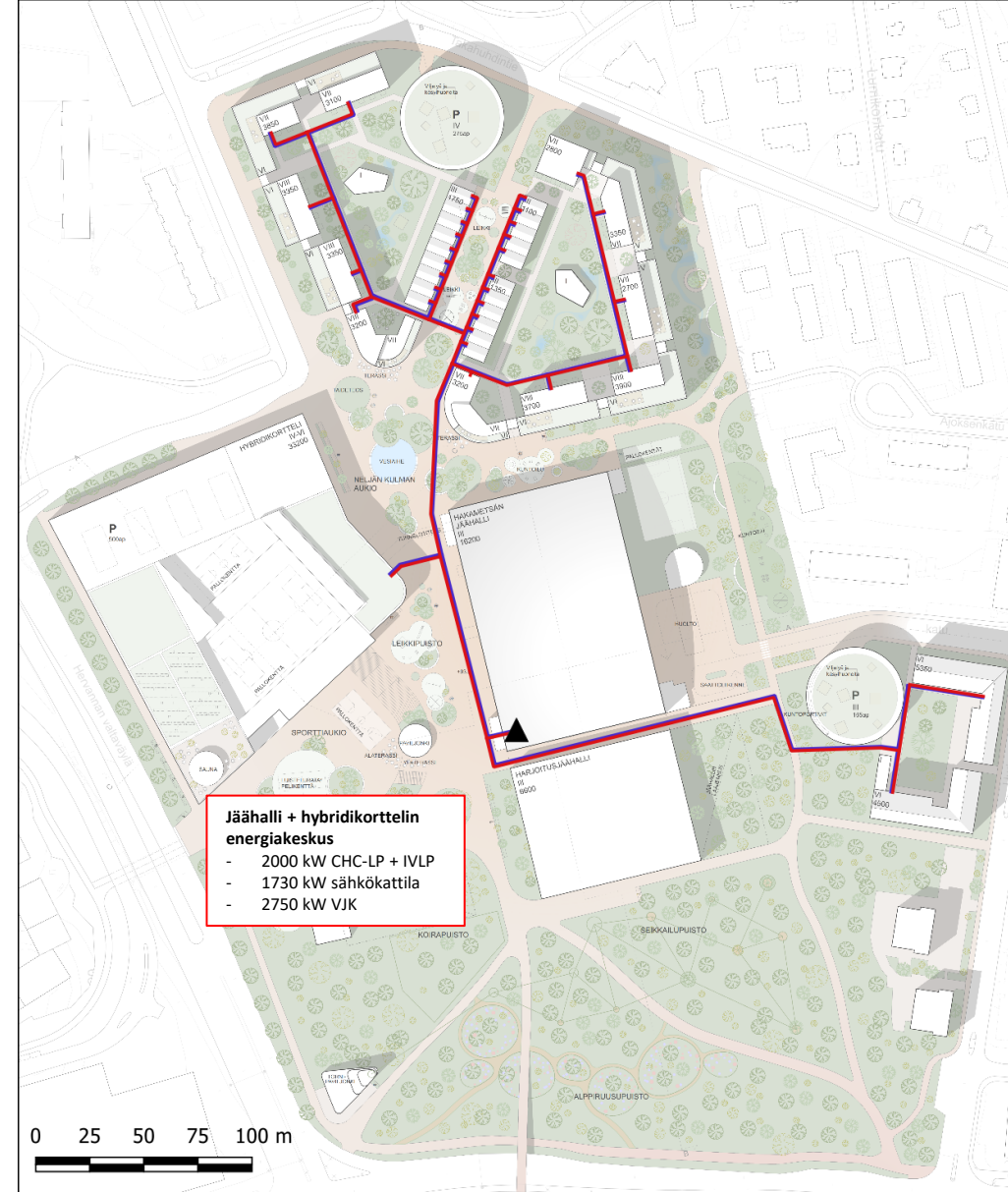
Koko alueen kattava matalalämpöverkko	
Energiantuotantomuodot	<ul style="list-style-type: none"> Jäähallin lauhteiden kierrätys CHC-lämpöpumpulla ja yhdistettynä ilmavesilämpöpumppuun Vedenjäähdytyskoneet (VJK) Sähkökattila (SK) tai kaukolämpö (KL)
Tuotannon mitoitus-tehot	<ul style="list-style-type: none"> CHC + IVLP: 2 000 kW VJK: 2 750 kW SK/KL: 1 730 kW
Energiantuotannon jakauma	
Lämmitysenergia	CHC-lämmitys: 8 318 MWh/v IVLP: 892 MWh/v SK/KL: 110 MWh/v
Jäähdytysenergia	CHC-jäähdytys: 443 MWh/v Vedenjäähdytyskoneet: 303 MWh/v
Energiantuotannon sähkönkulutuksen jakauma	
Lämpöpumput (sis. kiertovesipumput)	3 511 MWh/v
Vedenjäähdytyskoneet	100 MWh/v
Huipputuotanto (jos sähkökattila)	110 MWh/v

Energiaverkot ja tilavaraukset

2a. Koko alueen kattava matalalämpöverkko

- Viereisessä kuvassa on esitetty hahmotellut energiajärjestelmävaihtoehdon 2a koko alueen kattavat aluelämpö- ja aluejäähdytysverkkoreitit sekä niihin liittyvä energiakeskus. Aluelämpöverkko on mitoitettu lämpötilatasolle 65/33 ja aluejäähdytysverkko 8/16.
- Energiakeskustilaan sijoitetaan aluetason energiajärjestelmään liittyvät energiantuotantolaitteet (lämpöpumput, sähkökattila/kaukolämpöliittymä, jäähdytyskoneet) niihin liittyvine oheisjärjestelmineen. Energiakeskuksista lämpö ja jäähdytys jaetaan esitettyjä verkkoja pitkin rakennusten lämmityksen ja jäähdytyksen alajakokeskuksiin.
- Energiakeskuksen alustava sijoitus
 - Energiajärjestelmän energiakeskus (180 m²) kannattaa sijoittaa jäähallin yhteyteen koska lämpöpumppujen pääasiallinen lämmönlähde, eli jäähallin lauhde, on siellä.
 - Huippujäähdytykseen tarvittava vedenjäähdytyskonekapasiteetti (140 m² tilantarve) voidaan sijoittaa myös esimerkiksi hybridikortteliin tai muualle aluejäähdytysverkon varrelle. Vedenjäähdytyskoneiden lauhduttimet tarvitsevat myös tilaa esimerkiksi vesikatolla n. 280 m².

	Koko alueen energiakeskus
Energiakeskuksen tilantarvearvio*	180 m ² + 140 m ²



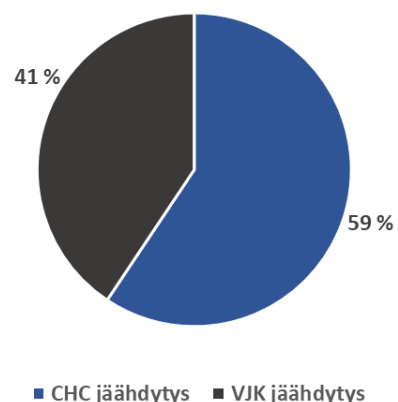
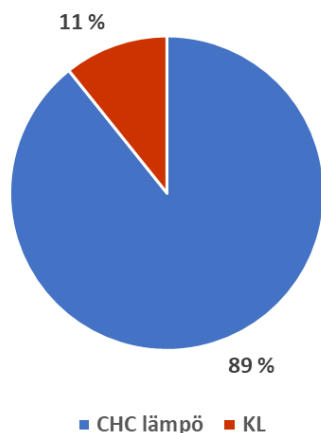
Koko alueen energiaverkot

Projekti: Hakametsä Sport Campus alue-energiaselvitys
Asiakas: Tampereen kaupunki
Päivämäärä: 2022-01-26

Energiantuotantolaskelmat - mitoitukset

2b. Koko alueen kattava matalalämpöverkko

- Tarkasteluvaihtoehdossa 2b lämmitys- ja jäähdytysenergia tuotetaan keskitetysti lämpöpumppulaitoksessa hyödyntäen jäähallin lauhde-energiaa ja samanaikaista lämmitys- ja jäähdytystarvetta. Huippulämmitys tuotetaan kaukolämmöllä, huippujäähdytys vedenjäähdytyskoneella.
- Viereisessä taulukossa on esitetty yhteenveto tarkastellun vaihtoehdon 2b energiantuotantamuodot, tuotantojärjestelmien mitoitus-tehot ja tuotannon energiatase. Alla olevissa kuvaajissa on lisäksi esitetty energiantuotannon taseet lämmitykselle (vasemmalla) ja jäähdytykselle (oikealla)



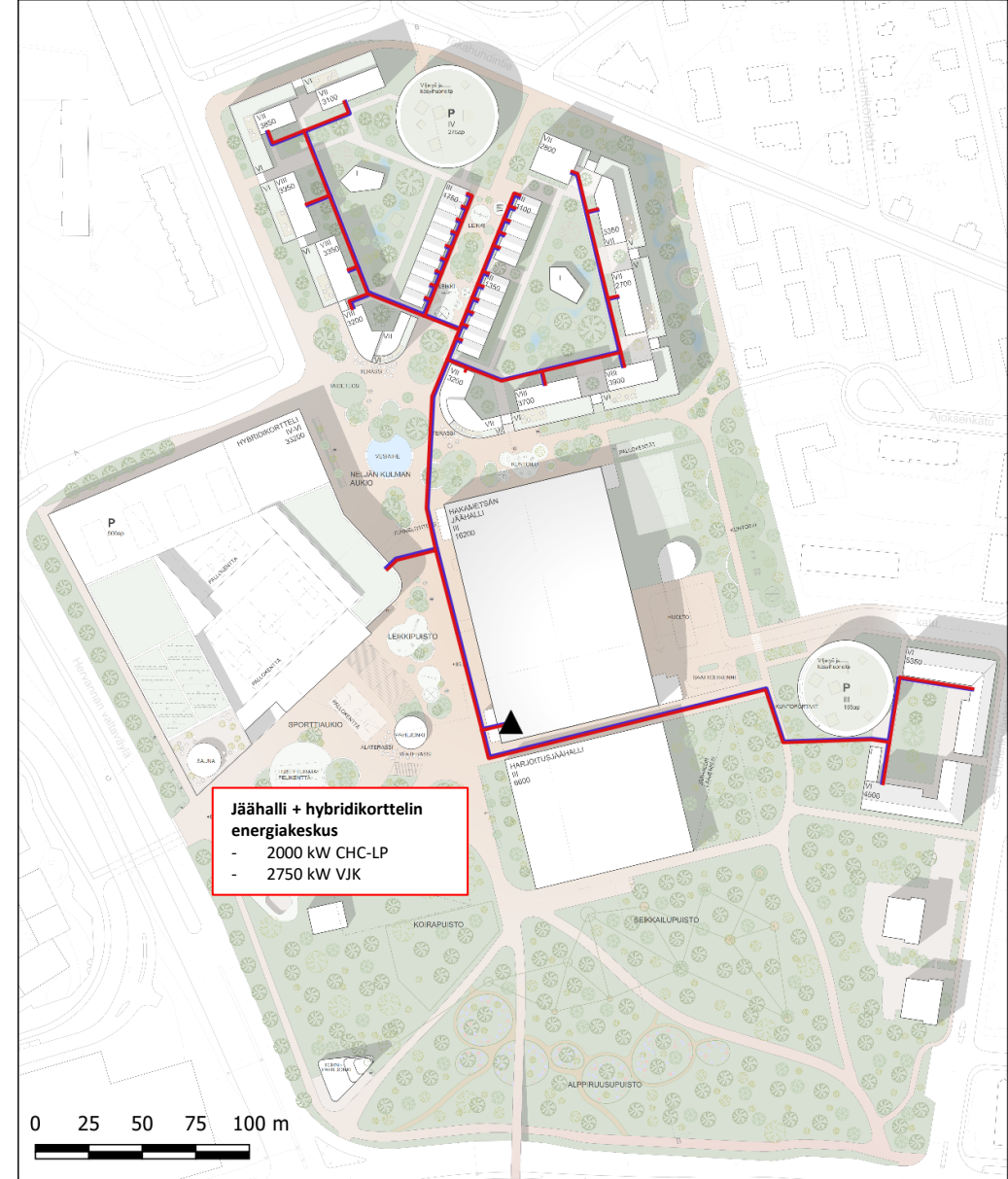
Koko alueen kattava matalalämpöverkko	
Energiantuotantomuodot	<ul style="list-style-type: none">Jäähallin lauhteiden kierrätys CHC-lämpöpumpullaVedenjäähdytyskoneet (VJK)Kaukolämpö (KL)
Tuotannon mitoitus-tehot	<ul style="list-style-type: none">CHC: 2 000 kWVJK: 2 750 kWKaukolämpö: 2 100 kW
Energiantuotannon jakauma	
Lämmitysenergia	CHC-lämmitys: 8 318 MWh/v Kaukolämpö: 1 001 MWh/v
Jäähdytysenergia	CHC-jäähdytys: 443 MWh/v Vedenjäähdytyskoneet: 303 MWh/v
Energiantuotannon sähkönkulutuksen jakauma	
Lämpöpumput (sis. kiertovesipumput)	3 148 MWh/v
Vedenjäähdytyskoneet	100 MWh/v

Energiaverkot ja tilavaraukset

2b. Koko alueen kattava matalalämpöverkko

- Viereisessä kuvassa on esitetty hahmotellut energiajärjestelmävaihtoehdon 2b koko alueen kattavat aluelämpö- ja aluejäähdytysverkkoreitit sekä niihin liittyvä energiakeskus. Aluelämpöverkko on mitoitettu lämpötilatasolle 65/33 ja aluejäähdytysverkko 8/16.
- Energiakeskustilaan sijoitetaan aluetason energiajärjestelmään liittyvät energiantuotantolaitteet (lämpöpumput, kaukolämpöliittymä, jäähdytyskoneet) niihin liittyvine oheisjärjestelmineen. Energiakeskuksista lämpö ja jäähdytys jaetaan esitettyjä verkkoja pitkin rakennusten lämmityksen ja jäähdytyksen alajakokeskuksiin.
- Energiakeskuksen alustava sijoitus
 - Energiajärjestelmän energiakeskus (150 m²) kannattaa sijoittaa jäähallin yhteyteen koska lämpöpumppujen pääasiallinen lämmönlähde, eli jäähallin lauhde, on siellä.
 - Huippujäähdytykseen tarvittava vedenjäähdytyskonekapasiteetti (140 m² tilantarve) voidaan sijoittaa myös esimerkiksi hybridikortteliin tai muualle aluejäähdytysverkon varrelle. Vedenjäähdytyskoneiden lauhduttimet tarvitsevat myös tilaa esimerkiksi vesikatolla n. 280 m².

	Jäähallin energiakeskus
Energiakeskuksen tilantarvearvio*	150 m² + 140 m²



- ▲ Energiakeskus
- Matalalämpöverkko
- Jäähdytysverkko

Koko alueen energiaverkot

Projekti: Hakametsä Sport Campus alue-energiaselvitys
Asiakas: Tampereen kaupunki
Päivämäärä: 2022-01-26

Energiantuotantolaskelmat - mitoitukset

3. Perinteinen kaukolämpö ja kaukojäähdytys

- Vaihtoehdossa 3 kaikki hankealueen rakennukset liitetään Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkkoihin rakennuskohtaisilla liittymillä, joilla katetaan 100% rakennusten lämmitys- ja jäähdytysenergian tarpeista.
- Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto korttelikohtaisista kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen kulutuksista sekä lämpö- ja jäähdytysliittymien mitoitus-tehoista tässä tarkasteluvaihtoehdossa.

	Kaukolämpö-energia	Kaukolämmön mitoitus-teho	Kaukojäähdytys-energia	Kaukojäähdytyksen mitoitus-teho
Asuinkortteli 1	1 311 MWh/v	550 kW	20 MWh/v	120 kW
Asuinkortteli 2	1 572 MWh/v	600 kW	19 MWh/v	120 kW
Asuinkortteli 3	691 MWh/v	260 kW	7 MWh/v	50 kW
Hybridikortteli + Paviljonki	3 847 MWh/v	2 110 kW	474 MWh/v	1 840 kW
Jäähallikortteli	1 932 MWh/v	1 100 kW	234 MWh/v	1 110 kW
YHTEENSÄ	9 352 MWh/v	4 100 kW	753 MWh/v	3 050 kW

Elinkaarikustannuslaskelmat

Investoinnit – korttelikohtaiset matalalämpöverkot

- Alla olevassa taulukossa on esitetty korttelikohtaisen matalalämpöverkkovaihtoehdon 1 asuinkortteleiden investointikustannusten erittely. Vertailutapauksena on esitetty perinteisen kaukolämpö & kaukojäähdytys –tapauksen investointikustannukset, kun taserajana on käytetty samoja asuinkortteleita.
- Energiainvestointitukea ei ole investointikustannuslaskennassa huomioitu.

	Asuinkortteli 1			Asuinkortteli 2			Asuinkortteli 3		
ENERGIANTUOTANTO	MLP + SK	MLP + KL	KL + KJ	MLP + SK	MLP + KL	KL + KJ	MLP + SK	MLP + KL	KL + KJ
Lämpöpumput	99 k€	99 k€	-	113 k€	113 k€	-	56 k€	56 k€	-
Vedenjäähdytyskoneet, sähkökattilat	10 k€	-	-	10 k€	-	-	5 k€	-	-
Muut energiakeskusinvestoinnit	170 k€	170 k€	-	192 k€	192 k€	-	94 k€	94 k€	-
Maalämpökaivot	486 k€	486 k€	-	571 k€	571 k€	-	254 k€	254 k€	-
Aluelämpö- ja jäähdytysverkot	83 k€	83 k€	-	87 k€	87 k€	-	37 k€	37 k€	-
KL-, KJ- ja sähköliittymät	8 k€	28 k€	120 k€	8 k€	29 k€	133 k€	2 k€	16 k€	57 k€
Suunnittelu, hankinta, valvonta, projektinjohto (15 %)	127 k€	126 k€	-	146 k€	144 k€	-	67 k€	66 k€	-
Hankevaraus (15 %)	146 k€	145 k€	-	168 k€	166 k€	-	71 k€	76 k€	-
YHTEENSÄ	1 130 k€	1 137 k€	120 k€	1 295 k€	1 302 k€	133 k€	587 k€	599 k€	57 k€

Elinkaarikustannuslaskelmat

Investoinnit – korttelikohtaiset matalalämpöverkot

- Alla olevassa taulukossa on esitetty korttelikohtaisen matalalämpöverkkovaihtoehdon 1 jäähalli + hybridikortteliverkon investointikustannusten erittely. Vertailutapauksena on esitetty perinteisen kaukolämpö & kaukojäähdytys –tapauksen investointikustannukset, kun taserajana sama jäähalli + hybridikorttelikokonaisuus.
- Energiainvestointitukea ei ole investointikustannuslaskennassa huomioitu. Energiankierrätysratkaisujen investointituki on tyypillisesti 20%.

	Jäähalli + hybridikortteli		
ENERGIANTUOTANTO	CHC + SK	CHC + KL	KL +KJ
Lämpöpumput	436 k€	436 k€	-
Vedenjäähdytyskoneet, sähkökattilat	634 k€	570 k€	-
Muut energiakeskusinvestoinnit	1 125 k€	1 015 k€	-
Aluelämpö- ja jäähdytysverkot	94 k€	94 k€	-
KL-, KJ- ja sähköliittymät	40 k€	107 k€	890 k€
Suunnittelu, hankinta, valvonta, projektinjohto (15 %)	343 k€	317 k€	-
Hankevaraus (15 %)	395 k€	365 k€	-
YHTEENSÄ	3 067 k€	2 905 k€	890 k€

Elinkaarikustannuslaskelmat

Investoinnit – koko alueen kattavat ratkaisut

- Tarkasteltujen koko alueen kattavien energiajärjestelmävaihtoehtojen arvioitujen investointikustannusten erittely on esitetty alla olevassa taulukossa. Vertailutapauksena on esitetty perinteisen kaukolämpö & kaukojäähdytys –tapauksen investointikustannukset, kun taserajana siinä on koko hankealue.
- Energiainvestointitukea ei ole investointikustannuslaskennassa huomioitu.

	VE 2a: Koko alueen matalalämpöverkko	VE 2a: Koko alueen matalalämpöverkko	VE 2b: Koko alueen matalalämpöverkko	VE 3: Perinteinen kaukoenergia
ENERGIANTUOTANTO	CHC + IVLP + SK + VJK	CHC + IVLP + KL + VJK	CHC + KL + VJK	KL + KJ
Lämpöpumput	683 k€	683 k€	577 k€	-
Vedenjäähdytyskoneet, sähkökattilat	619 k€	540 k€	540 k€	-
Muut energiakeskusinvestoinnit	1 778 k€	1 778 k€	1 700 k€	-
Aluelämpö- ja jäähdytysverkot	415 k€	415 k€	415 k€	-
KL-, KJ- ja sähköliittymät	50 k€	128 k€	128 k€	1 367 k€
Suunnittelu, hankinta, valvonta, pj (15 %)	524 k€	512 k€	485 k€	-
Hankevaraus (15 %)	603 k€	589 k€	558 k€	-
INVESTOINNIT YHTEENSÄ	4 671 k€	4 645 k€	4 403 k€	1 367 k€

Elinkaarikustannuslaskelmat

Huolto- ja käyttökustannukset – korttelikohtaiset matalalämpöverkot

- Tarkasteltuvaihtoehdon 1 korttelikohtaisten matalalämpöverkkoratkaisujen asuinkortteleiden järjestelmien arvioitujen huolto- ja käyttökustannukset erittely on esitetty alla olevassa taulukossa
- Sähkö-, lämmitys- ja jäähdytyskustannukset sisältävät sekä energia että tehomaksut
- Vuosihuollot sisältävät energiakeskuksen laitteiden vuotuiset huoltokustannukset
- Jaksotetut kertakorjaukset sisältävät lämpöpumppujen kompressorien uusiminen 15v käytön jälkeen

	Asuinkortteli 1			Asuinkortteli 2			Asuinkortteli 3		
ENERGIANTUOTANTO	MLP + SK	MLP + KL	KL + KJ	MLP + SK	MLP + KL	KL + KJ	MLP + SK	MLP + KL	KL + KJ
Ostosähkö	54 100 €/v	48 000 €/v	-	62 600 €/v	56 100 €/v	-	28 600 €/v	25 700 €/v	-
Kaukolämpö	-	11 300 €/v	95 200 €/v	-	11 400 €/v	113 400 €/v	-	5 900 €/v	46 400 €/v
Kaukojäähdytys	-	-	18 900 €/v	-	-	18 900 €/v	-	-	6 300 €/v
Vuosihuollot	2 500 €/v	2 500 €/v	-	2 500 €/v	2 500 €/v	-	2 500 €/v	2 500 €/v	-
Jaksotetut kertakorjaukset (15v kohdalla)	47 500 €	47 500 €	-	55 400 €	55 400 €	-	23 800 €	23 800 €	-
VUOSIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ	56 600 €/v	61 800 €/v	114 100 €/v	65 100 €/v	69 900 €/v	132 300 €/v	31 100 €/v	34 200 €/v	52 700 €/v

Elinkaarikustannuslaskelmat

Huolto- ja käyttökustannukset – korttelikohtaiset matalalämpöverkot

- Tarkasteltuvaihtoehdon 1 korttelikohtaisten matalalämpöverkkoratkaisujen jäähalli + hybridikorttelikonaisuuden energiajärjestelmän arvioitujen huolto- ja käyttökustannukset erittely on esitetty alla olevassa taulukossa
- Sähkö-, lämmitys- ja jäähdytyskustannukset sisältävät sekä energia että tehomaksut
- Vuosihuollot sisältävät energiakeskuksen laitteiden vuotuiset huoltokustannukset
- Jaksotetut kertakorjaukset sisältävät lämpöpumppujen kompressorien uusiminen 15v käytön jälkeen

	Jäähalli + hybridikortteli		
ENERGIANTUOTANTO	CHC + SK	CHC + KL	KL +KJ
Ostosähkö	197 700 €/v	157 800 €/v	-
Kaukolämpö	-	57 300 €/v	405 600 €/v
Kaukojäähdytys	-	-	55 000 €/v
Vuosihuollot	2 500 €/v	2 500 €/v	-
Jaksotetut kertakorjaukset (15v kohdalla)	47 500 €	47 500 €	-
VUOSIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ	200 200 €/v	217 500 €/v	460 600 €/v

Elinkaarikustannuslaskelmat

Huolto- ja käyttökustannukset – koko alueen kattavat ratkaisut

- Tarkasteltujen koko alueen kattavien energiajärjestelmävaihtoehtojen arvioitujen huolto- ja käyttökustannukset erittely on esitetty alla olevassa taulukossa
- Sähkö-, lämmitys- ja jäähdytyskustannukset sisältävät sekä energia että tehomaksut
- Vuosihuollot sisältävät energiakeskuksen laitteiden vuotuiset huoltokustannukset
- Jaksotetut kertakorjaukset sisältävät lämpöpumppujen kompressorien uusiminen 15v käytön jälkeen

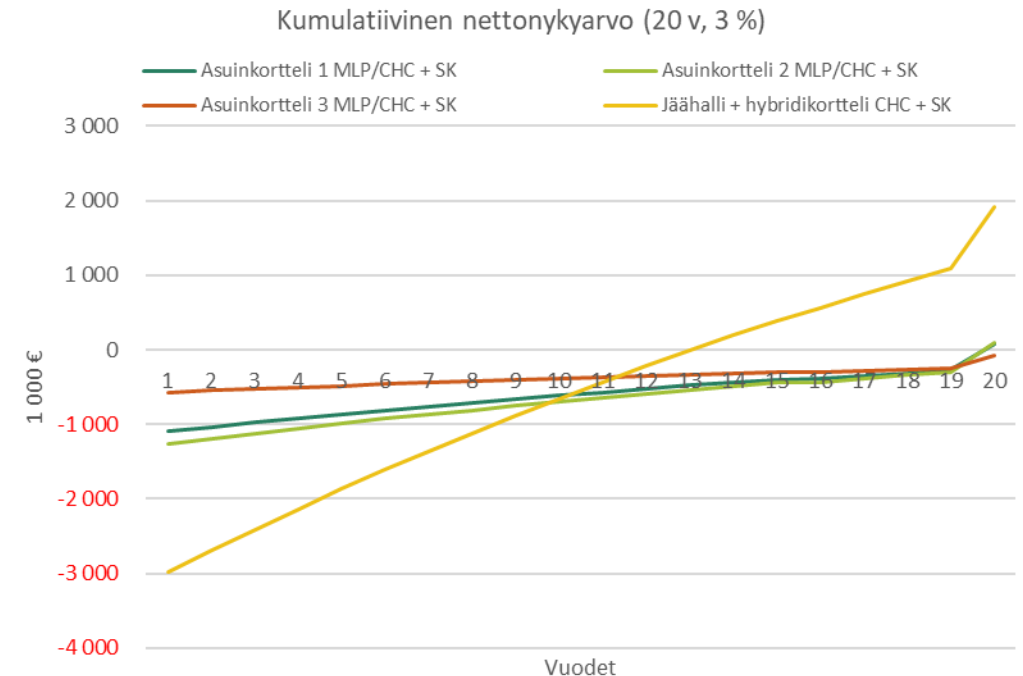
	VE 2a: Koko alueen matalalämpöverkko	VE 2a: Koko alueen matalalämpöverkko	VE 2b: Koko alueen matalalämpöverkko	VE 3: Perinteinen kaukoenergia
ENERGIANTUOTANTO	CHC + IVLP + SK + VJK	CHC + IVLP + KL + VJK	CHC + KL + VJK	KL + KJ
Ostosähkö	275 800 €/v	249 400 €/v	218 900 €/v	-
Kaukolämpö	-	63 800 €/v	106 700 €/v	660 500 €/v
Kaukojäähdytys	-	-	-	99 100 €/v
Vuosihuollot	7 500 €/v	7 500 €/v	7 500 €/v	-
Jaksotetut kertakorjaukset (15v kohdalla)	275 000 €	275 000 €	275 000 €	-
VUOSIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ	283 300 €/v	320 700 €/v	333 100 €/v	759 600 €/v

Elinkaarikustannuslaskelmat

Elinkaarikustannukset - korttelikohtaiset matalalämpöverkot

- Alla olevassa taulukossa on esitetty vaihtoehdon 1 korttelikohtaisten matalalämpöverkkoratkaisujen elinkaarikustannukset (20v) verrattuna vaihtoehdon 3 perustapaukseen.
- Tässä esitetyissä korttelitason ratkaisuissa lämmityksen huipputuotanto on toteutettu **sähkökattilalla**.
- Viereisessä kuvaajassa on lisäksi esitetty em. vaihtoehtojen kumulatiivinen nettonykyarvo VE 3 verrattuna. Jäähalli + hybridikorttelin takaisinmaksuaika on noin 13v, asuinkortteleiden maalämpöjärjestelmissä elinkaarikustannukset ovat samaa luokkaa KL + KJ –vaihtoehdon kanssa.

VE 1: Korttelikohtaiset matalalämpöverkot, huipputuotanto sähkökattilalla	VE 3 LCOE, €/MWh	VE 1 LCOE, €/MWh	NNA, k€ (20v) (VE 3 verrattuna)	IRR, % (20v) (VE 3 verrattuna)
Asuinkortteli 1	88,6	84,7	74 k€	3,6 %
Asuinkortteli 2	87,6	83,0	101 k€	3,7 %
Asuinkortteli 3	79,8	88,3	-83 k€	1,7 %
Jäähalli + Hybridikortteli	79,0	57,6	1 910 k€	8,6 %
YHTEENSÄ	81,7	67,4	2 003 k€	6,0 %

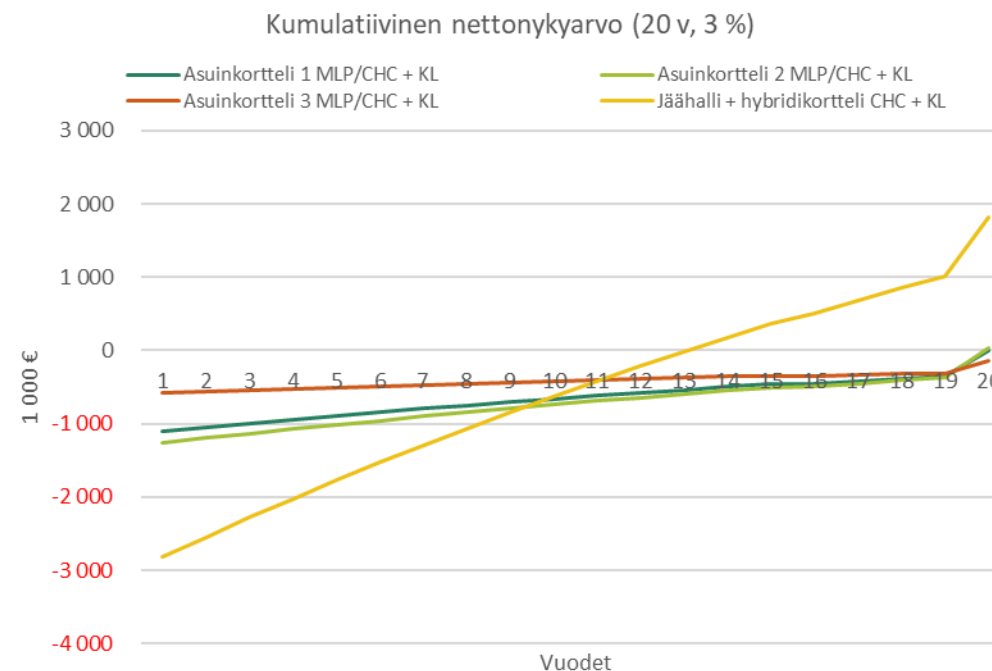


Elinkaarikustannuslaskelmat

Elinkaarikustannukset - korttelikohtaiset matalalämpöverkot

- Alla olevassa taulukossa on esitetty vaihtoehdon 1 korttelikohtaisten matalalämpöverkkoratkaisujen elinkaarikustannukset (20v) verrattuna vaihtoehdon 3 perustapaukseen.
- Tässä esitetyissä korttelitason ratkaisussa lämmityksen huipputuotanto on toteutettu **kaukolämmöllä**.
- Viereisessä kuvaajassa on lisäksi esitetty em. vaihtoehtojen kumulatiivinen nettonykyarvo VE 3 verrattuna. Jäähalli + hybridikorttelin takaisinmaksuaika on noin 13v, asuinkortteleiden maalämpöjärjestelmissä elinkaarikustannukset ovat samaa luokkaa KL + KJ –vaihtoehdon kanssa.

VE 1: Korttelikohtaiset matalalämpöverkot, huipputuotanto kaukolämmöllä	VE 3 LCOE, €/MWh	VE 1 LCOE, €/MWh	NNA, k€ (20v) (VE 3 verrattuna)	IRR, % (20v) (VE 3 verrattuna)
Asuinkortteli 1	88,6	88,6	0 k€	3,0 %
Asuinkortteli 2	87,6	86,2	31 k€	3,2 %
Asuinkortteli 3	79,8	93,6	-134 k€	0,9 %
Jäähalli + Hybridikortteli	79,0	58,6	1 819 k€	8,6 %
YHTEENSÄ	81,7	69,5	1 716 k€	5,6 %

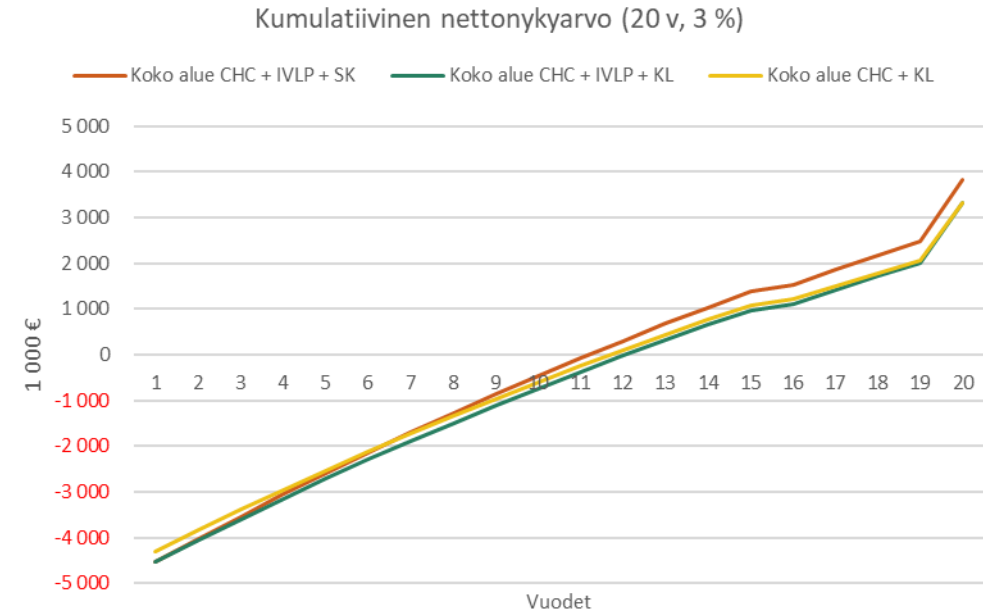


Elinkaarikustannuslaskelmat

Elinkaarikustannukset – koko alueen kattavat ratkaisut

- Alla olevassa taulukossa on esitetty koko alueen kattavien energiajärjestelmävaihtoehtojen 2a ja 2b elinkaarikustannukset (20v) verrattuna vaihtoehdon 3 perustapaukseen koko alueen osalta
- Viereisessä kuvaajassa on lisäksi esitetty 2a ja 2b –vaihtoehtojen kumulatiivinen nettonykyarvo VE 3 verrattuna, josta voidaan nähdä, että energiajärjestelmä maksaa itsensä takaisin n. 10-12 vuodessa

VE 2a ja 2b: Koko alueen matalalämpöverkko	VE 3 LCOE, €/MWh	VE 2 LCOE, €/MWh	NNA, k€ (20v) (VE 3 verrattuna)	IRR, % (20v) (VE 3 verrattuna)
2a: Koko alue, CHC + IVLP + Sähkökattila	81,7	54,4	3 816 k€	10,2 %
2a: Koko alue, CHC + IVLP + Kaukolämpö		57,9	3 337 k€	9,4 %
2b: Koko alue, CHC + Kaukolämpö		57,8	3 343 k€	9,7 %

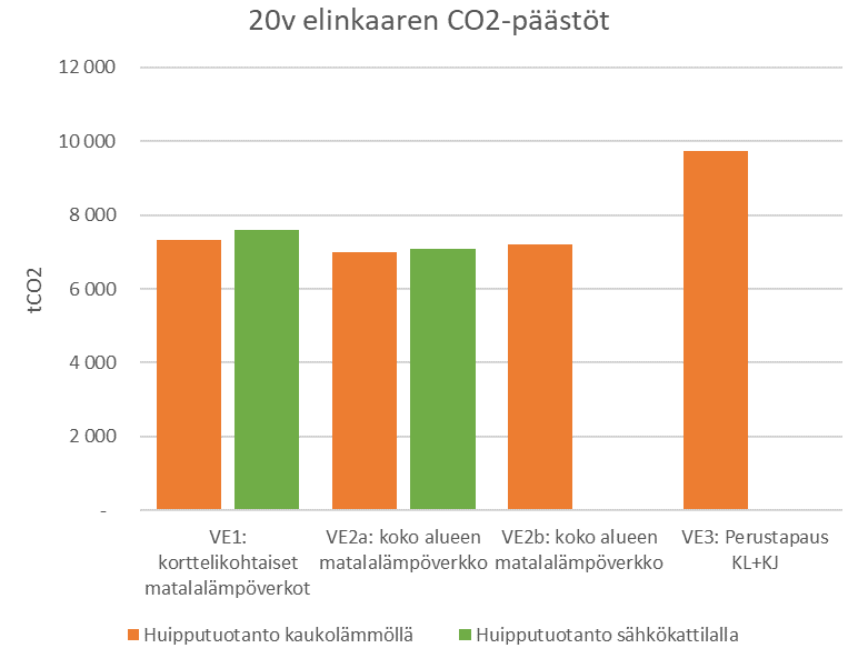


Elinkaarikustannuslaskelmat

Elinkaaren CO₂-päästöt

- Tarkasteltujen energiajärjestelmävaihtoehtojen elinkaaren CO₂-päästöjen vertailu on esitetty alla olevassa taulukossa sekä kuvaajassa. Laskenta-aikana on käytetty 20 vuotta ja laskennassa käytetyt energiamuotojen ominaispäästökertoimet löytyvät raportin liitteestä. Taserajana on käytetty koko hankealuetta.
- Taulukossa esitettyjen kgCO₂/MWh ominaispäästöjen jakajana on käytetty koko alueen lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutusta.
- Päästöjen muutos prosentteina on esitetty verrattuna vaihtoehtoon 3 eli perinteiseen kaukolämpöön ja kaukojäähdytykseen

	VE 1		VE 2a		VE 2b	VE 3
	Sähkökattila	Kaukolämpö	Sähkökattila	Kaukolämpö		
tCO ₂ (20v)	7 597	7 329	7 099	6 998	7 216	9 727
kgCO ₂ /MWh	37,7	36,4	35,2	34,7	35,8	48,3
Päästöjen vähennys	21,9 %	24,6 %	27,0 %	28,0 %	25,8 %	-



Elinkaarikustannuslaskelmat

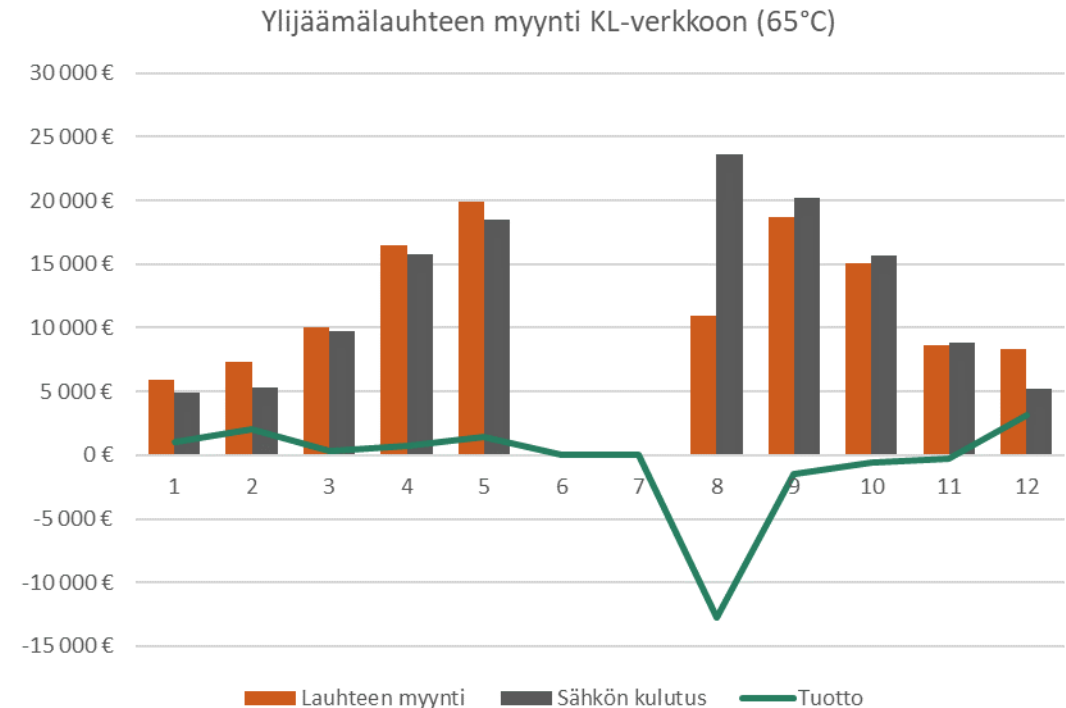
2-suuntainen kaukolämpö

- Jäähallin lauhteiden ylijäämälämpöä voitaisiin myydä tarkasteluvaihtoehdoissa 1 ja 2 myös Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämpöverkkoon niinä ajanhetkinä kun ylijäämälauhdetta on saatavilla ja koko lämpöpumppukapasiteetti ei ole käytössä.
- Alustavan keskustelun perusteella Tampereen Sähkölaitos on kiinnostunut ylijäämälauhteesta, vaikka saatavuus ei olekaan täysin jatkuvaa vaan vaihtelee hieman kellonajan ja vuodenajan mukaan.
- Myynnin teknisenä rajoitteena on lämpöpumpun tuottolämpötilan ja kaukolämpöverkon lämpötilatason suhde; talviaikaan kaukolämpöverkossa lämpötilataso voi olla yli 100°C, johon tarvitaan kalliimpia korkean lämpötilan lämpöpumppuja. Mitä korkeampaa tuottolämpötilaa lämpöpumpulta vaaditaan, sitä huonompi on sen hyötysuhde ja sitä enemmän se myös kuluttaa sähköä. Kesäaikaan verkon lämpötilataso on matalampi, mutta myynnistä saatava korvauskin on pienempi.
 - Toisaalta kun lämpöpumppujen pääasiallinen tarkoitus on tuottaa 65°C lämpöä Hakametsän alueen matalalämpöverkkoon, ei ole järkevää hankkia korkean lämpötilatason tuotantoon optimoitua lämpöpumppua, joka ei toimi tehokkaasti matalammalla lämpötilatasolla.
- Jotta lämmön myynti KL-verkkoon olisi järkevää, tulee
 - Tuottolämpötilatason olla toteutettavissa alueelle ehdotettavilla lämpöpumppuyksiköillä
 - Myynnistä saatavan korvauksen kattaa sähkönkäytön kustannukset (energia + siirto + sähköveroluokka 2 sähkövero)

Elinkaarikustannuslaskelmat

2-suuntainen kaukolämpö

- Viereisessä kuvassa on esitetty esimerkkilaskelma lauhteen myynnin tuloista, kulutetun sähkön kustannuksista sekä tuotoista kuukausitasolla, kun energiajärjestelmävaihtoehdon 1 1 500 kW lämpöpumppuyksikköä ja käytettävissä olevaa ylijäämälauhdetta hyödynnetään maksimimaalisesti.
- Kuten laskelmasta voidaan nähdä, huolimatta sähköveroluokan 2 ansiosta edullisesta sähkön hinnasta, ovat tuotot lauhteen myynnistä parhaassakin tapauksessa vähäisiä.
- Suurimmat tuotot saavutetaan talvikuukausina, kun myydystä lämmöstä saatava korvaus on 30 €/MWh. Jos kuitenkin lämpöpumpun tuottolämpötilaa joudutaan näinä kuukausina edelleen nostamaan 65 asteesta ylöspäin, tuotot pienevät. Eikä myynti ole järkevää.
- Laskelma on laadittu olettaen jääkenttiä rakennettavan alueelle 3 kpl. Jos neljäs kenttä toteutuu, lauhdetta on käytössä vielä enemmän mutta se ei muuta laskennan johtopäätöksiä.



Yhteystiedot

Sami Sihvonen

Projektipäällikkö, alueelliset energiaratkaisut

sami.sihvonen@granlund.fi

Puh. +358 40 631 0025

Oskari Fagerström

Ryhmäpäällikkö, alueelliset energiaratkaisut

oskari.fagerstrom@granlund.fi

Puh. +358 50 382 3813



LIITTEET

31.1.2022



Granlund

Lähtötiedot

Elinkaarikustannuslaskennan lähtötiedot

- Elinkaarikustannusten laskennassa on käytetty Tampereen Sähkölaitoksen ajantasaisia hinnastoja (alv. 0%) kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen liittymismaksujen, teho/vesivirtamaksujen ja energiatariffien osalta.
 - Kaukolämmön liittymishinnasto: https://www.sahkolaitos.fi/globalassets/tiedostot/ohjeet-ja-opasteet/sahkolaitos/hinnastot-ja-sopimusehdot/lahilampo_liittymishinnasto_010417.pdf
 - Kaukolämmön teho- ja energiamaksut: https://www.sahkolaitos.fi/globalassets/tiedostot/ohjeet-ja-opasteet/sahkolaitos/hinnastot-ja-sopimusehdot/lahilampo_myyntihinnasto_yritykset_010122.pdf
 - Kaukojäähdytyksen teho- ja energiamaksut: https://www.sahkolaitos.fi/globalassets/tiedostot/ohjeet-ja-opasteet/sahkolaitos/hinnastot-ja-sopimusehdot/lahijaahdytys_myyntihinnasto_1.1.2016_2018_2.pdf
- Kaukojäähdytysliittymien kustannukset määritellään tapauskohtaisesti eikä hinnastoa ole vapaasti saatavilla. Kaukojäähdytyksen liittymäkustannukset on arvioitu kokemuseräisesti sekä Tampereen Sähkölaitoksen kanssa käydyn Teams-keskustelun pohjalta.
- Lämmön KL-verkkoon myynnin ostohinnat ovat OmaLämpö-pientuotantohinnaston mukaiset: <https://www.sahkolaitos.fi/yrityksille-ja-taloyhtiaille/lamporatkaisut/omalampo/hinnasto/>

	Kaukolämpö	Kauko- jäähdytys	OmaLämpö
Tammikuu	61,8 €/MWh	27 €/MWh	30 €/MWh
Helmikuu	61,8 €/MWh	27 €/MWh	30 €/MWh
Maaliskuu	56,1 €/MWh	27 €/MWh	20 €/MWh
Huhtikuu	50,3 €/MWh	27 €/MWh	20 €/MWh
Toukokuu	40,3 €/MWh	27 €/MWh	20 €/MWh
Kesäkuu	30,3 €/MWh	27 €/MWh	10 €/MWh
Heinäkuu	30,3 €/MWh	27 €/MWh	10 €/MWh
Elokuu	30,3 €/MWh	27 €/MWh	10 €/MWh
Syyskuu	40,3 €/MWh	27 €/MWh	20 €/MWh
Lokakuu	50,3 €/MWh	27 €/MWh	20 €/MWh
Marraskuu	56,1 €/MWh	27 €/MWh	20 €/MWh
Joulukuu	61,8 €/MWh	27 €/MWh	30 €/MWh

Lähtötiedot

Elinkaarikustannuslaskennan lähtötiedot

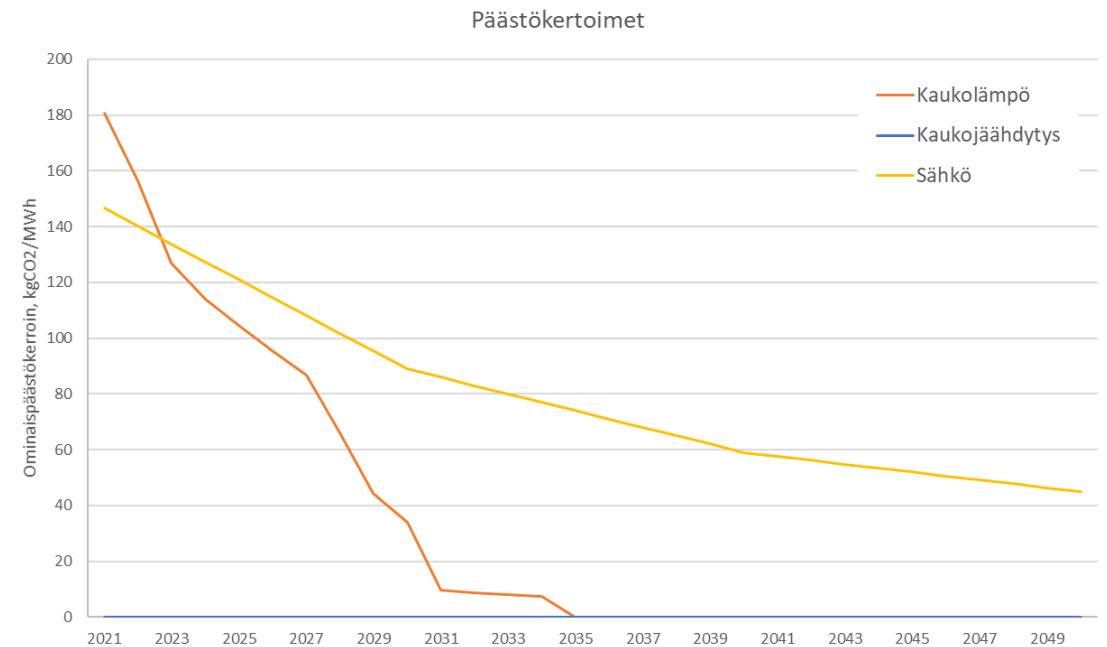
- Sähköenergian kustannuksissa on huomioitu seuraavat komponentit
 - Verkkosähkön SPOT-hinta (pitkän aikavälin) ja marginaali, esitetty viereisessä taulukossa kk-tasolla
 - Sähkövero: aluelämpö- ja jäähdytysverkkoja palvelevilla lämpöpumpuilla veroluokka 2 eli 0,63 €/MWh
 - Sähkön siirto Tampereen Sähkölaitoksen pienjännitetelesiirron hinnaston mukaisesti: päiväsiirto 13,9 €/MWh ja muu siirto 9,5 €/MWh
 - Sähkön tehomaksu Tampereen Sähkölaitoksen hinnaston ja kuukausittaisen sähkön huipputehon perusteella laskettuna
- Sähkön liittymäkustannukset on määritetty Tampereen Sähkölaitoksen liittymishinnaston perusteella huomioiden energiajärjestelmien vaatimat liittymätehot
- Elinkaarikustannuslaskennan lähtötiedot
 - Laskenta-aika 20 vuotta
 - Laskentakorko 3%
 - Energian hintojen eskaalatioita ei ole huomioitu
 - Investointien jäännösarvot on huomioitu laskenta-ajan lopussa, huomioiden komponenttien tekniset käyttöiät

	SPOT ja marginaali
Tammikuu	55,8 €/MWh
Helmikuu	46,8 €/MWh
Maaliskuu	40,0 €/MWh
Huhtikuu	41,4 €/MWh
Toukokuu	39,8 €/MWh
Kesäkuu	30,7 €/MWh
Heinäkuu	45,9 €/MWh
Elokuu	48,8 €/MWh
Syyskuu	48,8 €/MWh
Lokakuu	46,3 €/MWh
Marraskuu	45,7 €/MWh
Joulukuu	38,4 €/MWh

Lähtötiedot

Päästölaskennan lähtötiedot

- Energiankulutuksen päästöjen laskennassa on käytetty kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen osalta Tampereen Sähkölaitoksen energiantuotannon päästökertoimia ja Sähkölaitoksen julkaisemaa kaukolämmön ominaispäästöjen kehittymisen skenaariota.
 - Kaukolämmön ominaispäästöjen kehitysskenaarion mukaan kaukolämmön päästöt ovat vuodesta 2035 eteenpäin 0 kgCO₂/MWh tai negatiiviset, jos Sähkölaitos investointi CCS-tekniikkaan. Negatiivisia kertoimia ei kuitenkaan ole järkevää huomioida tämän tyyppisessä kiinteistöjen energiankulutuksen päästöjen laskennassa, joten päästökertoimena on käytetty nollaa 2035 ->
 - Kaukojäähdytys on Tampereella uusiutuvaan vesistöjäähdytystä ja sen tarvitsema sähköenergia on vihreää sähköä, joten kaukojäähdytyksen päästökerroin on 0 kgCO₂/MWh
- Sähkön päästökertoimena on käytetty Ympäristöministeriön ja SYKE:n julkaisemaa skenaariota (<https://co2data.fi/>).
- Käytetyt päästökertoimet ja niiden kehitys on esitetty viereisessä kuvaajassa 2021-2050



Case-esimerkit

31.1.2022



Granlund

Case-esimerkkejä vastaavista hankkeista

Hippoksen alue, Jyväskylä

- Jyväskylään Hippoksen jäähallin ympärille rakentuva Hakametsä Sport Campuksen tyyppinen liikunnan ja hyvinvoinnin keskus.
- Hankkeessa olemassa oleva jäähalli peruskorjataan ja sen ympärille rakennetaan monimuotoisia sisäliikuntatiloja sekä tutkimus-, toimisto-, opetus- ja liiketiloja. Hankealueen pinta-ala on yhteensä 105 000 m².
- Aluetta on kehitetty vuosia ja hanke on nyt siinä pisteessä, että rakentaminen on tarkoitus aloittaa nyt 2022 alkuvuodesta, tavoitteena käyttöönotto vuonna 2024.
- Energiajärjestelmäksi alueelle on tulossa paikallinen alueellinen 2-suuntainen matalalämpöverkko, jossa hyödynnetään jäähallin lauhde-energiaa tehokkaasti koko Hippoksen alueen lämmitystarpeisiin. Ylijäämälauhde-energiaa voidaan syöttää myös alueelta ulos kaupungin kaukolämpöverkkoon. Energiajärjestelmän toteuttajaksi ja operaattoriksi on valittu paikallinen kaukolämpöyhtiö Alva.



<https://hippos.businessjyvaskyla.fi/hanke>

Case-esimerkkejä vastaavista hankkeista

Kampuskortteli, Kotka

- Kotkan Kantasatamaan sijoittuva, uudesta Xamk-kampuksesta, Kotkan kaupungin tapahtumakeskuksesta sekä mahdollisista yrityskehitys/hotellitiloista koostuva korttelihanke.
- Hankealueella ollaan toteuttamassa paikallisesta energiakeskuksesta ja alueellisesta matalalämpö- sekä jäähdytysverkosta muodostettava, uusiutuvaa energiantuotantoa hyödyntävä energiantuotantojärjestelmä.
- Alueen energiantuotannossa käytetään ensisijaisesti lämpöpumppuja, lämmönlähteinä alueen jäähdytysverkon lauhde-energia sekä maalämpökaivot. Lämpöpumppujen lisäksi energiakeskus kytkeytyy kaupungin kaukolämpöverkkoon, jolla katetaan loput alueen lämmöntarpeesta.
- Energiajärjestelmän toteuttaja Kampuskorttelissa on Kotkan Energia Oy. Hanke on tällä hetkellä rakentamisvaiheessa.



Case-esimerkkejä vastaavista hankkeista

Finnoon Djupsundsbacken, Espoo

- Espoon Finnooseen Djupsundsbackenin uudisrakentamisalueelle rakennettava kolmen kerrostalon korttelikonaisuudesta koostuva aluelämpöratkaisu.
- Hankkeessa kerrostaloja palvelemaan rakennetaan pieni mutta edistysellinen alueellinen matalalämpöverkko, johon tuotetaan lämpöä kahdesta noin 1 400 – 1 600 metriä syvästä geotermisestä kaivosta ja niihin liittyvästä lämpöpumppulaitoksesta koostuvalla energiajärjestelmällä.
- Finnoon alueen rakentaminen on aloitettu vuonna 2020 ja koko Djupsundsbackenin alue valistuu 2020-2028 välillä. Aluelämpöverkkoon sisältyvien geotermisten kaivojen poraus on aloitettu 2021 loppuvuodesta ja lämmöntuotanto on tarkoitus aloittaa jo keväällä 2022.
- Aluelämpöhankkeen toteuttajina ovat Avaran ja TA-yhtiöiden perustama Finnoon Syvälämpö Oy sekä Qheat.



Kuva: Cederqvist & Jäntti Arkkitehdit Oy

Case-esimerkkejä vastaavista hankkeista

Skanssi, Turku

- Turun Skanssin uudelle kerrostaloalueelle toteutettava matalalämpöverkkoratkaisu, jolla palvellaan uusien kerrostalorakennusten lämmitystarpeita.
- Skanssin alueelle rakennetaan Turku Energian toimesta mitoituslämpötilaltaan 65 asteinen matalalämpötilainen aluelämpöverkko, joka on myös yhdistettynä 2-suuntaisesti kaupungin kaukolämpöverkkoon.
- Skanssin alueen tavoitteena on kehittää paikallisten energiantuotantoratkaisujen käyttöä ja tähän varaudutaan matalalämpötilaverkkoratkaisulla, joka mahdollistaa vähähiilisten uusiutuvien tuotantoratkaisujen integroinnin verkkoon tulevaisuudessa tehokkaasti
- Skanssin alueen ja matalalämpötilaverkon rakentaminen on tällä hetkellä käynnissä.



Havainnekuva: LPR-arkkitehdit Oy