

Alustavia konsepteja alue-energiajärjestelmistä simulaatioiden ja yhteis- kehittämisen perusteella

- tarkastelukohteina uudisrakentamisen asuinalue
ja olemassa oleva asuinalue

LOPPURAPORTTI



**Raportti on BLOCKCC-Energiakorttelit -alueelliset toimintamallit
ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi – Block the Climate Change
– EAKR- hankkeen tulosjulkaisu**

Taitto: Tiina Kuoppala, Graforma

Julkaisija: Green Net Finland ry, Kuortaneenkatu 2, 00510 Helsinki

Julkaisupäivä: 13.5.2025

Green Net Finlandin julkaisu 2/2025

2

Rahoittajat:



**Euroopan unionin
osarahoittama**



**Uudenmaan liitto
Nylands förbund**

Partnerit:



Esipuhe

Tämä raportti on BLOCKCC – Energiakorttelit -alueelliset toimintamallit ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ”Block the Climate Change” -hankkeen (Ryhmähanke R-00055) tulospöytäkirja (R.5.3). Raportin rakenteen suunnittelua, sisällön hahmottamista ja kirjoitusta on toteutettu elokuusta 2024 toukokuuhun 2025. Päävastuullinen toteuttaja on Green Net Finland (GNF), joka on myös koko BLOCKCC-ryhmähankkeen päätoteuttaja.

BLOCKCC-hanke toteutettiin vuosina 2023–2025 Green Net Finlandin, Aalto-yliopiston ja Metropolia Ammattikorkeakoulun yhteistyönä. Hanketta on rahoittanut Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027 EU:n alue- ja rakennepolitiikan ohjelma (EAKR).

Tämän raportin kirjoittajat ovat: Evilina Lutfi (johdanto, lyhenteet ja käsitteet, luvut 2.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5.1 ja 6.1), Green Net Finland; Juha Jokisalo (luku 4), Aalto-yliopisto; Kaisa Rapanen, Antti Tohka (luvut 1, 3.5.2, 3.6 ja 6.2), Metropolia Ammattikorkeakoulu; Kaisa Rapanen, Antti Tohka, Sergio Rossi, Jaana Numminen (luvut 2.2, 3.1 ja 5), Metropolia Ammattikorkeakoulu. Toimitustyössä avusti Susanna Nuolimaa-Fere, Green Net Finland ry. Luku 7 ovat kirjoittaneet yhdessä kaikki kirjoittajat.

Kehitystyötä ohjasi hankkeelle asetettu ohjausryhmä, johon kuuluivat: Jussi Hirvonen, Suomen lämpöpumppuyhdistys SULPU ry; Tapio Tuomi, Lähienergialiitto; Karoliina Auvinen, Suomen Ympäristökeskus Syke; Petri Penttinen, Vantaan Energia Oy; Marikka Sand, HSY (12/2024 asti); Kirsi-Leena Helle, Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY (01/2025 alkaen); Miika Lindholm, Helen Oy; Tuomas Ojanperä, NollaE; Jorma Säteri, Metropolia ammattikorkeakoulu Oy; Ilkka Aaltio, Green Net Finland ry; Risto Kosonen, Aalto-yliopisto.

BLOCKCC-hankkeen projektiryhmä haluaa välittää kiitoksensa kaikille hankkeessa mukana olleille asiantuntijoille, hankkeen ohjausryhmälle, yhteiskehittämiseen osallistuneille yrityksille ja muille sidosryhmille.

Projektiryhmän puolesta,

Evilina Lutfi, julkaisun kirjoituksen koordinaattori, Green Net Finland

Sisällys

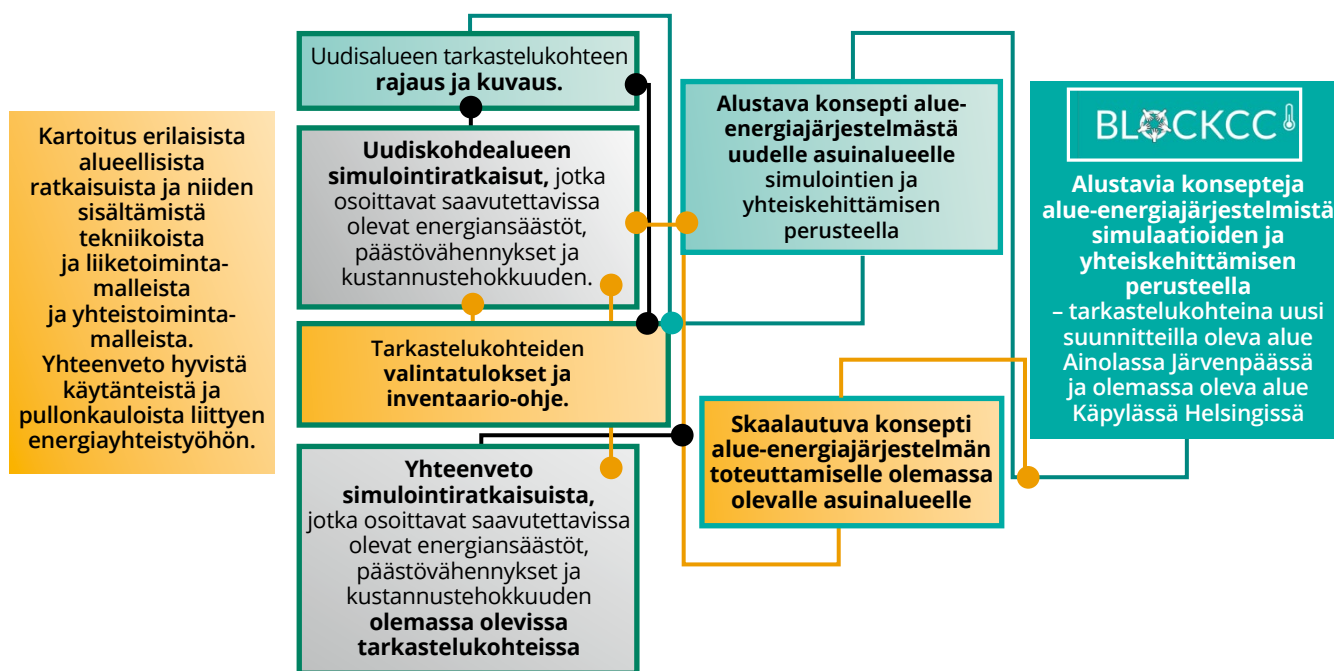
Esipuhe	3
Johdanto	6
1. Nykytilanteen kuvaus	8
1.1 Taloudelliset näkökulmat	10
1.2 Alueellisen energiajärjestelmän toteuttamisen pullonkaulat ja esteet	11
2. Hankkeen tarkastelukohteet	13
2.1 Uudisrakentamisen alue – Ainola	15
2.2 Olemassa oleva alue – Käpylä	18
3. Simulointien ja yhteiskehittämisen prosessit	21
3.1 Olemassa olevan alueen tarkastelukohteen lähtötietojen kerääminen	22
3.2 Kaukolämmön, sähkön ja investointien hinnat simulointitutkimuksissa	25
3.3 Simulointi dynaamisella laskentamenetelmällä	28
3.4 Sääaineisto simuloinneissa	29
3.5 Yhteiskehittäminen ja markkinavuoropuhelu viiteryhmissä	29
3.5.1 Viiteryhmä A	30
3.5.2 Viiteryhmä B	31
3.6 Taloyhtiön energiatoimenpiteet -peli	34
4. Simulointien tuloksia	36
4.1 Ainolan tarkastelukohde	36
4.1.1 Kaukolämmön paluuvessilämmitys	36
4.1.2 Kaukolämmön kulutusjousto	40
4.1.3 Maalämpö- ja kulutusjoustoratkaisut	42
4.1.4 Johtopäätökset	44
4.2 Käpylän tarkastelukohde	45
4.2.1 Energiakorjausratkaisut	45
4.2.2 Kaukolämmön kulutusjousto	48
4.2.3 Johtopäätökset	51

5. Hankkeen muiden tutkimus- ja kehitysprojektien tuloksia	52
5.1 Pienemmät kehitysprojektit	52
5.2 Tutkimusprojekti: Maalämpöä palveluna	54
6. Kehitettyjen konseptien kuvaus	57
6.1 Uudisrakentamisen alue	57
6.2 Olemassa oleva asuinalue	64
7. Johtopäätökset ja jatkokehitys	67
Lähteet	71
Liite 1	73

Johdanto

BLOCKCC-hankkeessa kehitettiin kokonaisvaltaista tapaa edesauttaa alueellista energiayhteistyötä kaukolämmön tuotantotapojen kehittämiseksi. Tavoitteena oli löytää nopealla aikavälillä energiasiirtymää nopeuttavia innovatiivisia ratkaisuja energian tuottajien sekä muita energiapalveluita tarjoavien yritysten ja asiakkaiden välille. Hanke on tuottanut kahteen erityyppiseen tarkastelualueeseen uutta tietoa ja ratkaisumalleja erilaisten alueelliseen lämpöliiketoimintaan keskittyvien kumppanuusmallien tueksi. [1]

Yhteistoimintaperiaatteita noudattaen kehitettiin asiakkaiden, rahoittajien sekä erilaisten lämpöenergiaratkaisujen toimittajien ymmärrystä tarjolla olevista vaihtoehdoista järjestelmän koko elinkaaren ajalta. Työ perustui mallinnukseen ja yhteiskehittämiseen/markkinavuoropuheluun. Kuvassa 1 on kaavio, joka esittää energiajärjestelmien suunnitteluun ja kehittämiseen liittyviä prosesseja ja vaiheita sekä hankkeen päätuotokset.



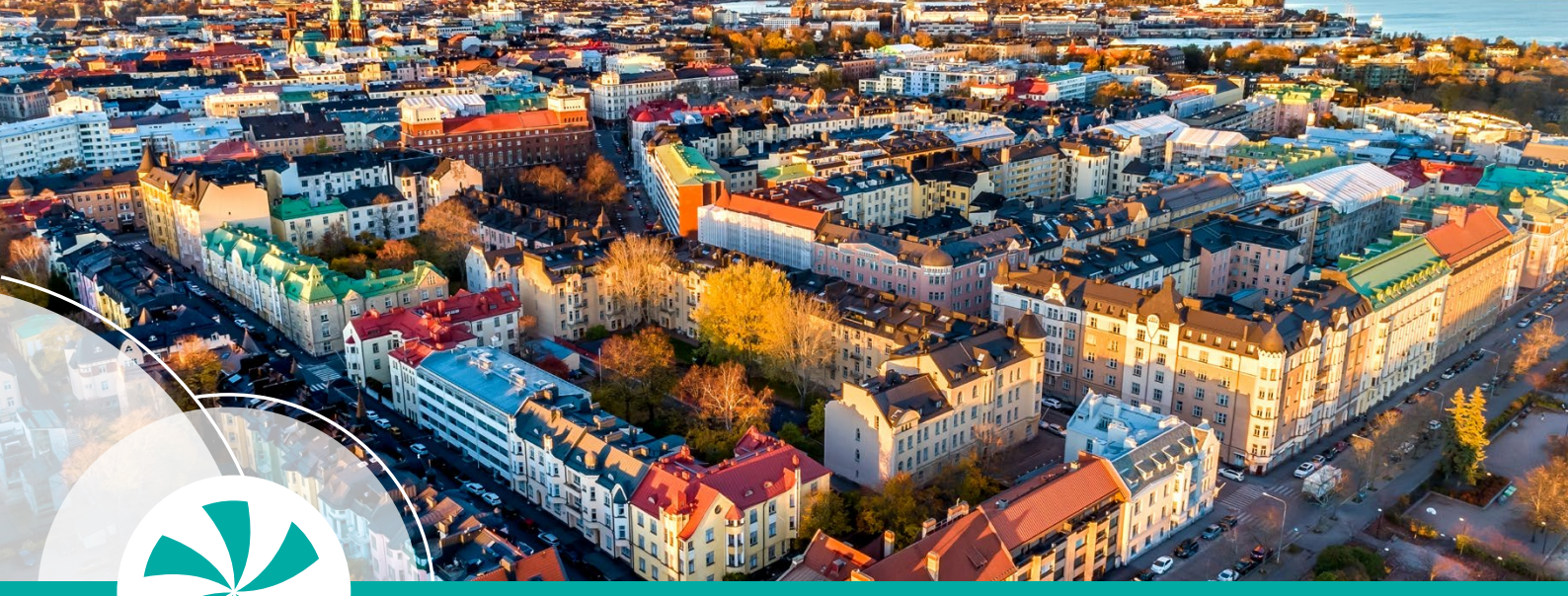
Kuva 1. BLOCKCC-hankkeen kokonaisuus prosessina ja vaiheina sekä päätuotokset.

BLOCKCC-hanke keskittyi uusien asuinalueiden ja olemassa olevien alueiden energiajärjestelmien kehittämiseen. Simulointiratkaisut ovat olleet keskeisessä roolissa, ja niillä arvioidaan energiansäästöjä, päästövähennyksiä ja kustannustehokkuutta. Yhteistyö ja yhteiskehittäminen olivat tärkeitä osia prosessissa. Tarkastelualueita BLOCKCC-hankkeessa olivat Ainola Järvenpäässä uutena asuinalueena ja Käpylä Helsingissä olemassa olevana asuinalueena. Päätuotoksena valmistui alustavia konsepteja alue-energiajärjestelmistä, molempien tarkastelualueiden näkökulmasta.

Julkaisussa käytetään lukuisia lyhenteitä, koska siinä käsitellään monimutkaisia käsitteitä (Taulukko 1). Lyhenteiden avulla pyritään selkeyttämään tekstiä ja helpottamaan sen ymmärtämistä laajalle lukijakunnalle. Listassa on sekä yleisesti tunnettuja että hankkeessa käyttöön otettuja lyhenteitä.

Taulukko 1. Julkaisussa käytettyjen käsitteiden ja lyhenteiden luettelo.

Lyhenne	Käsite
ALJ	apulämmitysjärjestelmä
As Oy	asunto-osakeyhtiö
DL	dynaaminen lataus (dynamic charge)
EKK	energiankäytön kustannukset
IDA ICE	IDA Indoor Climate and Energy
IK	investointikustannukset
HKJ	hajautettu kulutusjousto (distributed demand control)
IoT	Internet of Things (termi liittyy älykkääseen kulutusjousto-ohjaukseen)
KKJ	keskitetty kulutusjousto
KKLJK	kiinteistökohtainen lämmönjakokeskus
KKSK	kiinteistökohtainen sähkökattila
KL	kaukolämpö
KLMV	kaukolämmön menovesi
KLPV	kaukolämmön paluuvesi (district heat return water)
LCC	elinkaarikustannukset (life cycle costs)
LKV	lämmin käyttövesi
LP	lämpöpumppu
LVV	lämmivesivaraaja
MLP	maalämpöpumppu
N	diskontattu takaisinmaksuaika
PVLP	paluuviesilämpöpumppu
PTS	taloyhtiön pitkän tähtäimet korjaussuunnitelma
sr-1	korkein suojeluluokka (valtakunnallisesti merkittävä suojelukohde)
SSH	sähkön spot-hinta
TKI	tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta
TMA	takaisinmaksuaika
TRY2012	rakennusten energialaskennassa käytettävä testivuosi
U-arvo	lämmönläpäisykerroin
VTL	vakioteholataus



1. Nykytilanteen kuvaus

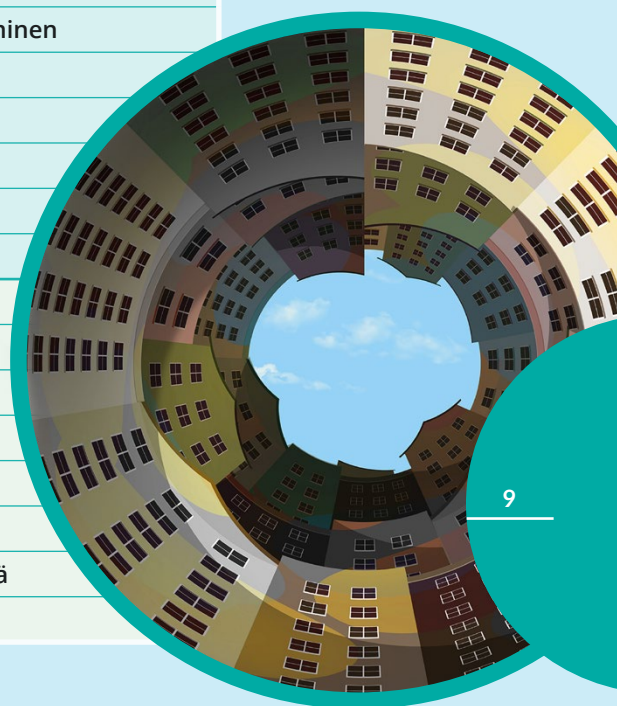
Alueellisten energiajärjestelmien ja alueellisen yhteistyön kehittämistyön nykytilanteen hahmottamista varten hankkeessa koottiin yhteen alueellisten energiaratkaisujen taustakartoitus. Tavoitteena oli koota mahdollisimman kattava ja ajankohtainen työelämä- ja asiakaslähtöinen kartoitus kehitystyön taustamateriaaliksi. Kartoitukseen nostettiin alueellisiin ja yhteisöllisiin energiaratkaisuihin ja niiden parissa toimiviin tahoihin liittyen:

- Linkkejä aiemmin toteutettuihin alueelliseen tai yhteisölliseen energiaan liittyviin ja muihin BLOCKCC-hanketta tukeviin julkisrahoitettuihin TKI-hankkeisiin
- Linkkejä julkisiin alueellisiin energiaprojekteihin, joissa toteutuksen jälkeen osapuolina useampi toimija (esim. useampi taloyhtiö, taloyhtiö ja hukkalämmöntuottaja, jne.)

Kartoitukseen ja kartoituksen liitteeseen on listattu menneitä ja käynnissä olevia hankkeita alalta sekä linkkejä uutisiin, artikkeleihin, case-esimerkkeihin ja tutkimuksiin. Raportissa on käyty läpi erilaisiin alueellisiin energiaratkaisuihin liittyviä toteuttamistapoja ja liiketoimintamalleja ja summattu niiden havaintoja. Kartoituksen työstövaiheessa siihen kerättiin kommentteja myös hankkeen viite- ja sidosryhmiltä.

Kartoitukseen löydettiin hyvin monenlaisia hankkeita ja ratkaisuja, joita on kehitetty energiantuotannon muuttuvassa ajassa. Mukana on mm. energiapositiivisten alueiden kehittämistä, energiaa palveluna -mallien tutkimista, energian varastointiin ja energian käytön joustoihin liittyvää kehitystyötä, energiayhteisöjen kehittämistä ja hukkalämmön hyödyntämisen tutkimusta (Kuva 2). Myös Euroopan eri kaupunkien yhteistyöhankkeita on useita, joissa energiantuotanto on ollut mukana kaupunki-kehityksen ja vihreän siirtymän teemoissa. Myös energiankäytön optimointi sekä älykkyyden ja digitalisaation hyödyntäminen on useissa hankkeissa esillä.

Linkin/esimerkin tyyppi	Kehitettäviä teemoja muun muassa
Hankkeet ja projektit	Energiapositiiviset alueet
	Alueelliset energiaratkaisut
	Taloyhtiöt ja asukkaiden osallistaminen
	Energiankäytön optimointi
	Energian varastointi
	Älykäs energiankäyttö
	Energiayhteisöt
	Kansainvälisiä hankkeita
Case-esimerkit	Energiaremontit
	Uudiskohteita
	Energiayhteisöt
	Tietojärjestelmiä
	Teknologisia ratkaisuja
	Muita tutkimustuloksia
	Avustuksia – menneitä esimerkkejä
	Opinnäytteitä



Kuva 2. Hahmotelma nykytilanteesta alueellisten energiajärjestelmien kehittämisessä.

Mukana on myös erilaisia asumiseen liittyviä ja asukkaiden aktiivisuuteen ja yhteisöllisyyteen liittyviä projekteja. Monet projektit kehittävät yhteistyötä eri tahojen välillä ja pyrkivät lisäämään tietoa.

Toteutuneissa esimerkkitapauksissa on esitelty taloyhtiöissä toteutuneita alueellisia ja omavaraisia ratkaisuja ja eri teknologioita. Mukana on esimerkkejä kaupunkikeskuksista, alueista ja julkisista rakennuksista, joissa on toteutettu innovatiivisia energiaratkaisuita. Kartoitus ja siihen lisätty liite löytyvät verkosta [2].

Varsinaista kaikenkattavaa synteesiä ei kartoituksen sisällöstä pysty vetämään. Raportti osoittaa, että monipuolisia kokeiluita on ollut hyvin paljon ja niitä löytyy koko ajan lisää. Kuitenkin aluetason yhteistyö on usein jäänyt niukaksi ja sen edistämiseksi BLOCKCC-hanke on pyrkinyt tuomaan ehdotuksia ja näkemyksiä.

Hankkeen jälkeen taustakartoituksen pohjalta voi miettiä mihin suuntaan kehitystyötä kannattaisi suunnata. Teknisiä kestävästä alueellisen energiaratkaisun toteuttamiseen tarvittavia ratkaisuja on jo nyt runsaasti tarjolla, tutkitusti toimivia ja helppoja alueellisia toimintatapoja on sen sijaan vähemmän. Voiko toimintatapojen kankeus ja toimivien yhteistyömuotojen puute olla syy siihen, että kaikkia alueen teknis-taloudellisesti kannattavia mahdollisuuksia ei päästä hyödyntämään? Tähän pohdintaan hanke pyrkii vastaamaan kehitystyöllään, jota esitellään seuraavissa luvuissa.

1.1 Taloudelliset näkökulmat

Hankkeen kehitystyössä otettiin myös taloudelliset näkökulmat huomioon. Alueellisten energijärjestelmien toteutuksen kannalta on tärkeää huomioida erilaiset hankkeita edistävät tai estävät taloudelliset seikat.

Hankkeen alkaessa taloyhtiöiden energiainvestointien toteuttamista helpotti suuresti energia-avustus, jota Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus Ara (nyk. Valtion tukeman asuntorakentamisen keskus) myönsi vuosina 2020–2023 asuinrakennusten energiatehokkuutta parantaviin korjaushankkeisiin (nk. ara-avustus) [3]. Vuonna 2023 energia-avustusta myönnettiin yhteensä ennätyselliset 98,67 miljoonaa euroa, josta 74,5 miljoonaa taloyhtiöille. Avustusta sai 1285 asunto-osakeyhtiötä. Avustussumma oli keskimäärin n. 69 000 euroa, joten vaikutus kustannuksiin on ollut merkittävä. [4] Hankkeen päättyessä ollaan tilanteessa, jossa vastaavaa tukea ei ole tarjolla.

Hankkeessa selvitettiin muita rahoitusmahdollisuuksia, mm. EU:n investointiohjelman (InvestEU-ohjelma) kestävyystakauslainojen tarjoamia mahdollisuuksia energiatehokkuuden investointeihin. Uudistuksen jälkeen takausta (enimmillään 70–80 % lainan määrästä) voivat saada myös taloyhtiöt ja yksityishenkilöt. Euroopan investointirahasto (EIR) takauksen ansiosta pankit voivat tarjota parempia lainaehdotuksia taloyhtiöille. Uuden lainaohjelman yhtenä tavoitteena on tukea asunto-osakeyhtiöitä energiatehokkuusremonttien rahoituksessa. [5]

Hankkeessa käytiin läpi myös erilaisia palvelumalleja ja energiayhteisöitä ja alueellisia Mankala-periaate [6] toimivia esim. asunto-osakeyhtiöiden omistamia energiayhtiöitä, jollainen oli toisella valituista tarkastelualueista. Näiden eri mallien taloudellisia ja sopimuksellisia hyötyjä käydään läpi raportissa *Skaalautuva konsepti alue-energiajärjestelmän toteuttamiselle olemassa olevalla asuinalueella*. [7]

1.2 Alueellisen energiajärjestelmän toteuttamisen pullonkaulat ja esteet

Alueellisten energiajärjestelmien nykytilanteen kartoituksen osana koottiin yhteen eri tahoilta myös pullonkauloja ja esteitä, jotka rajoittavat alueellista energiayhteistyötä. Tietoa kerättiin koko hankkeen ajan, mm. sidosryhmätapaamisissa, erilaisissa tilaisuuksissa sekä asiantuntijakeskusteluissa.

Yhtenä keskeisenä havaintona nousi esiin se, että energiayhteistyötä estävät seikat eivät välttämättä liity teknisiin ratkaisuihin, vaan muihin osa-alueisiin, mm. hallintoon, päätöksentekoon, yhteistyön sujuvuuteen tai tiedon puutteeseen. Teknisiä ratkaisuja löytyy jo, mutta toteutuneita esimerkkejä useamman taloyhtiön ja muun alueen toimijan yhteistyössä toteuttamasta energiaratkaisusta ei niinkään.

Kun puhutaan yhteisöllisestä energiaratkaisusta, jossa on mukana esimerkiksi useampi taloyhtiö, se voi tuoda yhteistyön mahdollisuuksien lisäksi mukanaan monia haasteita. Viiteryhmän keskustelussa nousi esiin mm. hankkeen taloudelliset vaikutukset osakkaan näkökulmasta sekä eri toimijoiden yhteinen tahtotila, luottamus ja sitoutuminen. Tiedotus nousee myös tärkeään rooliin, sillä ilman hyvin aktiivista ja selkeää/kansantajuista tiedotusta, eivät taloyhtiöiden osakkaat osaa arvioida hanketta ja tehdä päätöksiä. Tiedonpuute usein myös lisää vastustusta hankkeista päätettäessä. Lisäksi taloyhtiöiden keskenään erilaiset peruskorjaustarpeet tai erilaiset päätöksenteon tavat ja aikataulut vaikuttavat. Taloudelliset vaikutukset esimerkiksi yhtiövastikkeeseen ja etenkin niistä viestiminen selkeästi ovat keskiössä toteutuksen onnistumisessa. Lisäksi nousi esiin tarve hallinnolliselle toimijalle, joka koordinoi isoa kokonaisuutta ja tiedottaa eri osapuolia. Hallinnoinnin osaamisen puute, asiantuntemuksen puute ja sopimustekniset asiat nostettiin myös esiin mahdollisina esteinä. Toki myös käytännön toteutukseen liittyvät asiat ovat mukana, mutta ne ovat usein sovittavissa ja niistä löytyy myös paremmin esimerkkejä. Infolaatikossa 1 on esitetty yleisimpiä energiajärjestelmän toteuttamisen esteitä ja pullonkauloja.



Hallinnon tai yhteistyön pullonkaulat

- Yhteistä tahtotasoa ei löydy taloyhtiöiden välillä
- Taloyhtiöiden aikatauluerot PTS:ssa ja/tai korjaushistoriassa
- Jompi kumpi yhtiökokous ei hyväksy hankevalmistelua
- Jompi kumpi yhtiökokous ei hyväksy toteutussuunnitelman tilaamista
- Rakennusvalvonta ei anna lupaa tai on ruuhkautunut
- Yksi toteuttajista vetäytyy hankkeesta
- Jompi kumpi yhtiökokous ei hyväksy hankkeen toteutuksen aloittamista
- Asunto-osakeyhtiö ei saa lainaa
- Osaajapula / työvoimapula
- Tiedotuksen puute
- Hallinnoinnin osaamisen puute



Teknisiin järjestelmiin tai alueeseen liittyvä pullonkaula

- Komponenttien saatavuus
- Alue ei sovellu valitulle tekniselle ratkaisulle
- Maaperä/tontti ei sovi valitulle tekniselle ratkaisulle
- Suojelumääräykset (eri tasoja)
- Rakennusten etäisyydet toisistaan
- Rakenteiden ikä ja kunto
- Yhteishankkeissa rakennusten korjaustaso pahassa epätasapainossa
- Rakennuksista ei löydy tilaa teknisille laitteistoille, kuten lämpöpumpuille





2. Hankkeen tarkastelukohteet

BLOCKCC-hankkeessa haluttiin tutkia ja kehittää kahta erityyppistä asuinrakennusta/tarkastelukohdetta (uudisrakentamisen alue ja jo rakennettu/olemassa oleva alue – kuva 3) useista syistä:

Erilaisten haasteiden ja mahdollisuuksien ymmärtäminen:

Uudisrakentaminen: Tarjoaa mahdollisuuden suunnitella ja toteuttaa rakennukset alusta alkaen uusimpien energiatehokkuusvaatimusten, kestävä kehityksen periaatteiden ja innovatiivisten ratkaisujen mukaisesti. Tässä voidaan integroida uusien asuinrakennusten talotekniset/LVI-ratkaisut tehokkaammin osaksi kaukolämpöverkkoa. Haasteita voivat olla esimerkiksi uusien teknologioiden käyttöönotto ja alkuinvestoinnit.

Olemassa oleva rakennuskanta: Edustaa suurta osaa nykyisestä rakennuskannasta, ja sen energiatehokkuuden parantaminen on kriittistä ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Tässä korostuvat peruskorjaukset, energiatehokkuustoimenpiteet olemassa oleviin rakennuksiin, asukkaiden motivointi energiansäästöön ja mahdollisesti rakennusten käyttötarkoituksen muuttaminen. Haasteita voivat olla rakenteelliset rajoitteet, korkeammat yksikkökustannukset peruskorjauksissa ja asukkaiden moninaiset tarpeet.

Ratkaisujen räätälöinti eri ympäristöihin:

Uudisrakentaminen: Mahdollistaa uusien, kokonaisvaltaisten ratkaisujen kehittämisen, jotka on suunniteltu nimenomaan uudelle alueelle ja sen tuleville asukkaille.

Olemassa oleva rakennuskanta: Vaatii usein räätälöityjä ratkaisuja, jotka ottavat huomioon rakennusten iän, tyypin, kunnon, sijainnin ja asukkaiden tarpeet. Yleis-pätevät ratkaisut eivät välttämättä toimi tehokkaasti erilaisissa olemassa olevissa rakennuksissa.

Erilaisten teknologioiden ja lähestymistapojen arviointi:

Uudisrakentaminen: Voi toimia testialustana uusille ja innovatiivisille teknologioille ja ratkaisuille, joita ei ehkä ole mahdollista tai järkevää soveltaa olemassa olevaan rakennuskantaan.

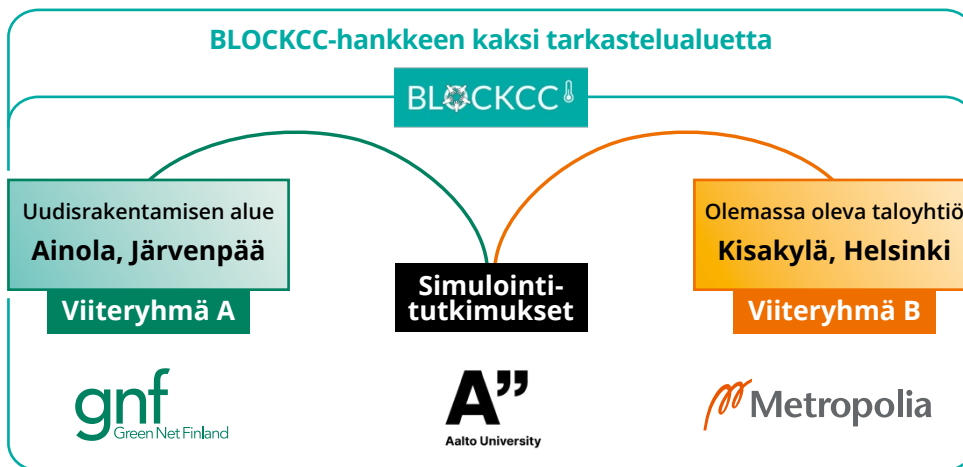
Olemassa oleva rakennuskanta: Tarjoaa mahdollisuuden arvioida erilaisten energiatehokkuustoimenpiteiden ja peruskorjausmenetelmien toimivuutta käytännössä ja erityyppisissä rakennuksissa.

Skaalautuvien ratkaisujen kehittäminen:

Ymmärtämällä molempien kohdetyyppien haasteet ja mahdollisuudet voidaan kehittää ratkaisuja, jotka ovat skaalautuvia ja sovellettavissa laajemmin sekä tulevaan rakentamiseen että olemassa olevaan rakennuskantaan.

Kokonaisvaltaisempi näkemys kehittämistarpeista:

Tutkimalla sekä uudisrakentamista että olemassa olevaa rakennuskantaa hanke pyrki luomaan kattavan ymmärryksen erilaisten asuinalueiden erityispiirteistä, kehittämään niihin sopivia ratkaisuja ja edistämään kestävästä kehityksestä ja energiatehokkuutta laajemmin.



Kuva 3. BLOCKCC-hankkeen tarkastelukohteet.

Kaukolämpöjärjestelmä Järvenpäässä

Tuusulanjärven Lämpö Oy (ent. Vantaan Energia Keski-Uusimaa, nimimuutos keväällä 2024) tuottaa lämpöä ja lämpöpalveluita Järvenpäässä ja Tuusulassa. Lämpöyhtiö tarjoaa Fiksulämpö-tuotetta taloyhtiöille ja yrityksille. Kaukolämmön fiksumyyntihinnasto koostuu energiamaksusta ja perusmaksusta. Energiamaksu määräytyy asiakkaan energian kulutuksen (MWh) sekä kuukauden energiamaksun mukaan. Fiksulämpö-tuotteessa energiahinta vaihtelee kausittain. Joulukuusta helmikuuhun kaudena energiahinta on noin kolminkertainen verrattuna kesä-elokuun maksumuutokseen. Perusmaksun teho-osuus perustuu asiakkaan käyttämään lämmitystehoon (kW). Tehomaksun perusteena on viimeisen 36 kuukauden korkein kolmen tunnin keskiteho. Rakennustilavuus osuus perustuu käyttöpaikan rakennustilavuustietoihin. Rakennustilavuusmaksu on vähintään 85 % teho-osuus maksusta. Tarkempi kuvaus Järvenpään alueen kaukolämmön taloudellisista näkökulmista löytyy edellisestä raportista [8] sekä tämän julkaisun luvusta 3.2.



Kuva: Eviina Lutfi, Green Net Finland.

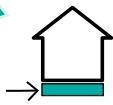
Asunto Oy
Järvenpään
Ainolan
Aura

BLOCKCC-uudisrakentamisen kerrostalokohde

Ainola-alue sellaisenaan on liian iso alue simuloitavaksi, joten BLOCKCC-hankkeen alussa (1/2023) aloitettiin hahmottamaan rakennuttamisen etenemistä ja päädyttiin tekemään tarkastelualueen rajausta muuttamaan rakennukseen. Tarkastelukohteeksi valikoitui kohde, josta jo oli rakennustietoa, kuten esimerkiksi piirustuksia. Samoin valinnan yhteydessä toivottiin, että tulevaan kohteeseen olisi jo tehty sopimus energiyhtiön kanssa liittämistä kaukolämpöverkkoon. Hartelan Aura kerrostalosta tällainen jo löytyi.

Asunto Oy Järvenpään Ainolan Aura sijaitsee Järvenpään Ristinummen kaupunginosassa korttelissa no. 2135 tontilla no. 2. Tontin pinta-ala on 1757 m² ja kaavan mukainen rakennusoikeus 3050 k-m². Ainolan Aura rakentuu valinnaiselle vuokratontille. Asuinrakennus on kuusi- ja viisikerroksinen sekä osittain nelikerroksinen ja koostuu kahdesta porrashuoneesta. Asuntoja on 48, yhteensä 2 644 as-m². Rakennuksen energiatehokkuusluokka on A2018. [8]

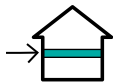
BLOCKCC-uudisrakentamisen kohteen rakenteet:



- **Perustus ja alapohja:** Rakennus on perustettu maanvaraisesti teräsbetonipaalujen ja betoniantureiden avulla. Alapohja on pääosin tuulettuvaa betonirakennetta.



- **Yläpohja ja vesikatto:** Yläpohja on betonista ontelolaattaa, ja vesikatteena on konesaumattu pelti. Sadevedet johdetaan pois ulkopuolisella sadevedenpoistolla.



- **Välipohjat:** Asuinrakennusten välipohjat ovat betonisia ontelolaattarakenteisia kuorielementtejä.



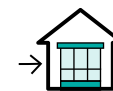
- **Ulkoseinät ja julkisivu:** Ulkoseinät ovat pääosin betonielementtejä (sandwich tai kantavia), ja julkisivu on uritettua betonia tai puupaneelia. Parvekkeiden seinät ovat puupaneelia.



- **Väliseinät:** Huoneistojen väliset seinät ja seinät porrashuoneeseen ovat betonirakenteisia. Huoneiston sisäiset väliseinät ovat kevyitä kipsilevyseiniä.



- **Ikkunat ja ovet:** Ikkunat ovat puu-alumiini-ikkunoita (useimmissa sälekaihtimet). Osassa ikkunoita on matkapuhelinkuuluvuutta parantava rakenne. Parveke- ja terassiovet ovat yksilehtisiä puu-alumiiniovina sälekaihtimilla.



- **Parvekkeet:** Lasitetut parvekkeet, joissa on parvekematto ja betonireunat. Kattopinnat ovat betonia, ja kaiteet ovat metallirunkoista lasia. [8]

BLOCKCC-uudisrakentamisen kohteen talotekniikka:



- **Lämmitys:** Asuinhuoneistojen lämmitysmuotona on kaukolämpöön liitetty vesipatterilämmitys. Asunnon kylpyhuoneessa ja osin saunassa on sähkötoiminen mukavuuslattialämmitys, joka on liitetty asunnon sähkömittaukseen.

- Yleisissä tiloissa on vesikiertoinen patterilämmitys.

- Talosaunan pesuhuone varustetaan sähköisellä mukavuuslattialämmityksellä.



- Sekä **kylmän että lämpimän veden kulutuksen mittaus** on huoneistokohtainen. Vesiputket asennetaan pääosin pinta-asenteisina ja osittain seinän sisälle.



- Asunnoissa on **lämmöntalteenotolla varustettu huoneistokohtainen ilmanvaihtokone**, joka on kytketty yhtiön sähköön. Ilmanvaihtokone sijaitsee asunnon kylpyhuoneessa. Asunnon liesikuvussa on ilmanvaihdon tehostusmahdollisuus.



- Yhtiö liitetään **alueelliseen sähköverkkoon**. **Kiinteistö varustetaan aurinkopaneeleilla.** [8]

2.2 Olemassa oleva alue – Käpylä

Hankkeen toinen tarkastelualue oli jo olemassa oleva asuinalue. Tähän etsittiin asuin-alue, josta oli mahdollisuus saada teknisiä tietoja ja muuta dataa hankkeen kehitystyön tueksi. Alueeksi valittiin 1950-luvulla rakennettu asuinalue Helsingin Käpylässä.

Alueella toimii neljä tiettyyn kokonaisuuteen kuuluvaa asunto-osaakeyhtiötä, joista hankkeen tarkastelualueeksi saatiin viidestä rakennuksesta koostuva **As Oy L** (myöhemmin tekstissä asoy-L). Tarkastelualueen talot muodostavat kolmelta sivulta suljettuja peräkkäisiä pihoja, jotka jäävät suojaan kadulta ja toisiltaan. Tarkastelualueen rakennusten ominaispiirteitä ovat satulakatot, rapatut julkisivut ja sisäänvedetyt parvekkeet pitkällä sivuilla ja päädyissä. Asuinrakennukset ovat sr-1 (korkein suojelu-luokka) suojeltuja julkisivujen ja porrashuoneiden osalta. Myös pihat ovat sr-1 suojelutasolla suojeltuja. Vuonna 1952 rakennetuissa taloissa hyödynnettiin ensimmäistä kertaa elementtirakentamista. Suojelumääräysten vuoksi rakennusta tai sen osaa ei saa purkaa eikä siinä tai sen arvokkaissa sisätiloissa saa tehdä sellaisia korjaus-, muutos- tai lisärakentamistöitä, jotka heikentävät rakennuksen tai sen arvokkaiden sisätilojen rakennustaiteellisia, historiallisia tai kaupunkikuvallisia arvoja tai muuttavat arkkitehtuurin ominaispiirteitä.

Asuinrakennuksissa on rapattu tiilinen ulkoseinä, jossa piirustuksen mukaan on myös ”tehdasvalmistettu aluslevy eriste”. Yläpohjan rakenne näytti käynnillä erilaiselta kuin Lupapisteestä hankituissa piirustuksissa. Piirustuksissa on merkitty ”mine-raali lämpöeristys”, mutta käynnillä kävi ilmi että yläpohja on eristetty yläpuolelta Siporex-tyyppisellä aineella, todennäköisesti paikan päällä valettu/tehty. Taloissa on painovoimainen ilmanvaihto. Rakennukset on liitetty Helenin kaukolämpöverkkoon siten, että sama lämmönvaihdin palvelee useaa asuinrakennusta. Piha-alueella kasvaa vanhoja lehtipuita.



Kuva: Kaisa Rapanen, Metropoliä.

Kuva 5. Olemassa oleva tarkastelukohde on 1950-luvulla rakennettu alue Helsingissä.

Lisäksi alueellisessa tarkastelussa olivat vahvasti mukana As Oy M (myöhemmin tekstissä asoy-M), sekä asoy-L:n ja asoy-M:n yhdessä omistama osakeyhtiöpohjainen huoltoyhtiö K. Huoltoyhtiö K:n yhtenä tehtävänä on toimittaa lämpöä omistajilleen, eli toimia lämpöpalvelun tarjoajana Mankala-periaatteella (voittoa tavoittelematta). Huoltoyhtiö K:lla on alueella oma rakennus, joissa on huollon lisäksi vuokralla pesula ja erilaisia pienyrityksiä. Pesulaa on hankkeessa tutkittu potentiaalisena hukkalämmön lähteenä. Toinen potentiaalinen hukkalämmön lähde alueella on päivittäistavarakauppa yhden asuinrakennuksen kyljessä. Osa alueen kaukolämmönsiirtimistä on myös sijoitettu huoltoyhtiö K:n rakennukseen.

Taloyhtiöillä on toteutuneet huoltotoimenpiteet edenneet hieman eri tahdissa samasta valmistumisajasta huolimatta. Käytännössä voidaan kuitenkin arvioida, että PTS:t kiinnittävät huomiota samantyyppisiin korjaustarpeisiin.

Alueen suojelumääräykset täytyy huomioida suunniteltaessa rakennusten tai pihan erilaisia korjaus- tai muutostöitä. Tämä on osaltaan vaikuttanut alueella tutkittuihin ja mallinnettuihin ratkaisuihin. Rakennusten ja pihojen muutos- ja korjaustöistä tulee pyytää Helsingin kaupunginmuseon lausunto.

Kaukolämpöjärjestelmä tarkastelualueella

Tällä hetkellä tarkastelualueella toimii Helenin kaukolämpöverkko, eli lämmityspalvelu ostetaan Heleniltä Huoltoyhtiö K:n kautta. Järjestely on perua ajalta, jolloin alueella toimi aluelämmitysverkko, jonka kattila sijaitsi huoltorakennuksessa. Huoltoyhtiö K toimii lämmityksen suhteen Mankala-periaatteella, eikä sen ole tarkoitus tehdä voittoa. Huoltoyhtiöllä K on kaksi kaukolämmönsiirrintä, joista toinen palvelee asoy-L:ää ja toinen asoy-M:ää. Järjestely on katsottu tarpeelliseksi, jotta kumpaakin yhtiötä osattaisiin veloittaa ainoastaan heidän kuluttamasta energiasta.

BLOCKCC-hankkeen yhtenä tarkoituksena oli tutkia, mitkä seikat edistäisivät energiaremonttia tukevan alue-energiajärjestelmän syntymistä rakennetulla asuinalueella. Tutkimuksen apuna hyödynnettiin siis alueellista inventaariodataa, IDA ICE -simulointia (ks. Luku 3.3), viiteryhmätahtumia ja lukuisia asiantuntijakeskusteluja. Lisäksi hyödynnettiin aiempien tutkimushankkeiden tuloksia.

Olemassa olevan tarkastelualueen tarkempi kuvaus löytyy *Käpylän tarkastelukohteen kuvaus ja kohdeinventaarioraportista* (myöh. kohdeinventaarioraportti) [9].

Inventaario-ohje olemassa olevaan asuinkerrostaloon

Hankkeen yhtenä toimenpiteenä on ollut laatia skaalattava inventaario-ohje olemassa olevalle asuinalueelle teknisten tietojen keräämiseksi ennen energiaremonttia. Inventaario-ohje on luotu Käpylän tarkastelukohteesta saatujen kokemusten perusteella. Ohje käy lyhyesti läpi sitä, millainen tekninen soveltuvuusinventaariorakennuksen energiaratkaisujen toteutusta suunniteltaessa. Ohjeen avulla voidaan kerätä rakennuksen keskeiset tiedot, joiden avulla voidaan määrittää energiankulutus sekä eri ratkaisujen säästöpotentialiaali.

Inventaario-ohje on jaoteltu seuraaviin lukuihin.

1. Yleiset tiedot
2. Rakennuksen piirustukset
3. Korjaushistoria
4. Rakennuksen vaipan osien kuvaus
5. Aurinkosuojaus
6. Sisätilojen lämpötila- ja kosteustiedot
7. Talotekniikka
8. Lämmityksen ja lämpimän veden käyttölämpötilat
9. Energian ja veden kulutustiedot.
10. Uusiutuvien energialähteiden potentiaali
11. Paikallisesti saatavilla olevien hukkalämpölähteiden hyödyntämismahdollisuudet

Hankkeessa julkaistua *Käpylän tarkastelukohteen kuvaus ja kohdeinventaarioraporttia* [9] voi tarkastella myös mainitun oppaan käytännön sovelluksena.

Kirjallisuudessa löytyy useita vastaavia oppaita tai esimerkkejä siitä, miten tällainen inventaario voidaan laatia. BLOCKCC-hankkeen oppaassa tuodaan esiin joitakin käytännön ratkaisuja esimerkiksi asuntojen lämpötila- ja kosteusolosuhteiden, rakennuksen energiankulutuksen, laitteistojen käyttölämpötilojen, julkisivujen varjostuksen esiintymisen jne. mittaamiseen. Inventaario-ohje on julkaistu hankkeen verkkosivuilla [10].

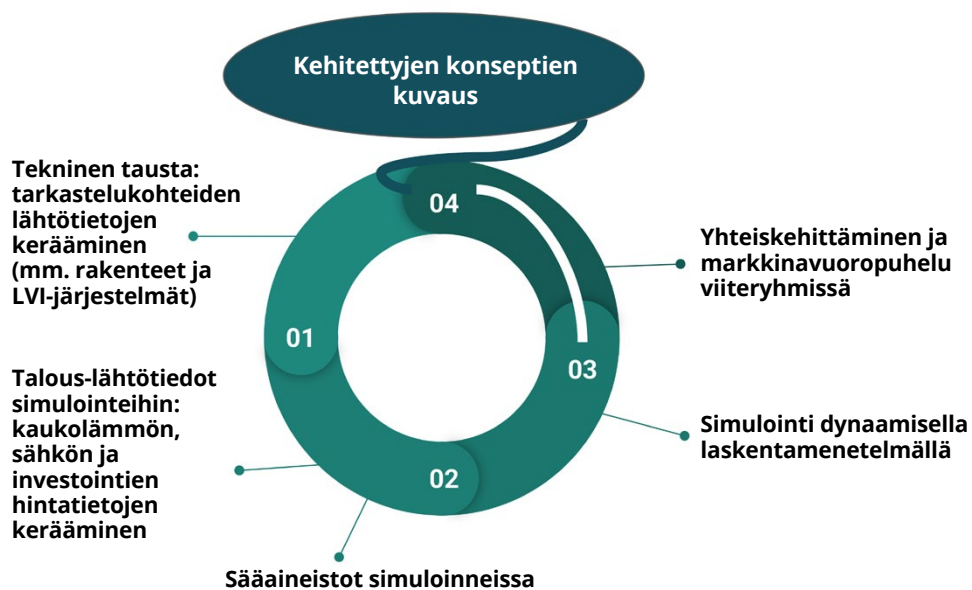


3. Simulointien ja yhteiskehittämisen prosessit

BLOCKCC-hankkeen simulointien ja yhteiskehittämisen prosessikokonaisuus sisälsi viisi päävaihetta:

1. Tarkastelukohteiden lähtötietojen kerääminen (mm. rakenteet ja LVI-järjestelmät)
2. Kaukolämmön, sähkön ja investointien hintatietojen kerääminen
3. Sääaineisto simuloinneissa
4. Simulointi dynaamisella laskentamenetelmällä
5. Yhteiskehittäminen ja markkinavuoropuhelu viiteryhmissä (Kuva 6).

21



Kuva 6. Simulointien ja yhteiskehittämisen prosessi BLOCKCC-hankkeessa.

3.1 Olemassa olevan alueen tarkastelukohteen lähtötietojen kerääminen

Käpylän tarkastelukohteessa kerättiin energiaratkaisuiden simulointien lähtötiedoiksi tilojen olosuhdetietoja maaliskuusta 2023 alkaen. Asuntoihin ja yleisiin tiloihin asennettiin olosuhdeantureita, jotka mittasivat lämpötilaa ja kosteutta. Lämönjakohuoneesta kerättiin dataa ja myös ulkolämpötilaa ja yleisiä tiloja, kuten rappuja ja kellareita, seurattiin. Lisäksi olosuhteita tutkittiin alueella sijaitsevassa pesulassa. Kaikki mittaukset kestivät vähintään 12 kuukautta, jotta kaikki eri sääolosuhteet voitiin ottaa huomioon.

Mittaustyöt suoritettiin seuraavissa vaiheissa:

- kiinteistön tutkiminen, käyttökohteiden (sähkö, vesi ja lämmitys) tyyppin määrittäminen ja tutkimuksen painopisteiden tarkistaminen.
- mittausmahdollisuuksien ja käytettävissä olevien mittauslaitteiden alustava kartoitus
- tarkastus paikan päällä suunniteltujen mittausmenetelmien tarkistamiseksi.
- asukkaiden rekrytointi tutkimukseen (tiedotusta ja kyselyä halukkaista taloyhtiön kautta)
- tarvittavien mittalaitteiden hankinta
- mittausten aloittaminen: laitteiden asentaminen asuntoihin ja yleisiin tiloihin ja mittausten tallentavien/siirtolaitteiden aktivointi.
- mittausten laajentaminen pesulan tiloihin
- tietojen säännöllinen kerääminen, analysointi ja tulosten raportointi yksityisyyden suojaa koskevien säännösten mukaisesti.
- kerättyjen tietojen ajoittainen toimittaminen muille hankekumppaneille, erityisesti Aalto-yliopistolle, joka käytti niitä osittain rakennuksen eri energiankulutusskenaarioiden matemaattisten simulointimallien kalibrointiin.
- laitteiden talteenotto seurantajakson päätyttyä.

Mittaustulokset ja -tekniikat kuvataan tarkemmin raportissa *Käpylän tarkastelukohteen kuvaus ja kohdeinventaario* [9]. Alla on lyhyt yhteenveto siitä, mitä mitattiin.

Lämpötila- ja kosteusmittaukset asuntojen sisällä

Lämpötilaa ja kosteutta mitattiin viidessä eri asunnossa jatkuvasti ja yli 12 kuukauden ajan. Tätä varten käytettiin olosuhdeantureita, jotka asennettiin kunkin asunnon olohuoneeseen ja kylpyhuoneeseen. Olohuone valittiin, koska se on asunnon ”keskus”, kylpyhuone valittiin, koska siellä on lisälämmitys. Mittaukset osoittivat, että lämpötila vaihteli hienovaraisesti asuintiloissa ja että kylpyhuoneissa lämpötila oli usein liian korkea. Mittausten aikana havaittiin myös, että asuntojen sisälämpötilat eivät olleet missään vaiheessa kesällä terveydelle haitallisen korkeita.

Tiedonkeruu osoittautui vaikeammaksi kuin oli oletettu, koska mittauksista kiinnostuneita asukkaita oli haastava löytää. Lisäksi seinien paksuus vaikeutti bluetooth-yhteyden toimivuutta ja reitittimien määrää jouduttiin kesken hankkeen lisäämään.

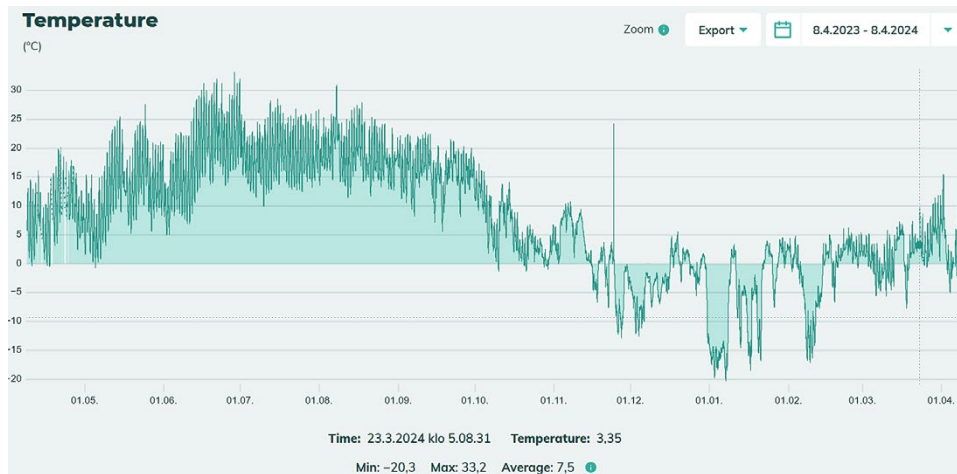
Kuvassa 7 on kuvakaappaus yhden asunnon olohuoneesta mitatuista lämpötiloista.



Kuva 7. Esimerkkikuvaaja yhden asunnon olohuoneen mittausdatasta.

Muut lämpötilan ja kosteuden mittaukset

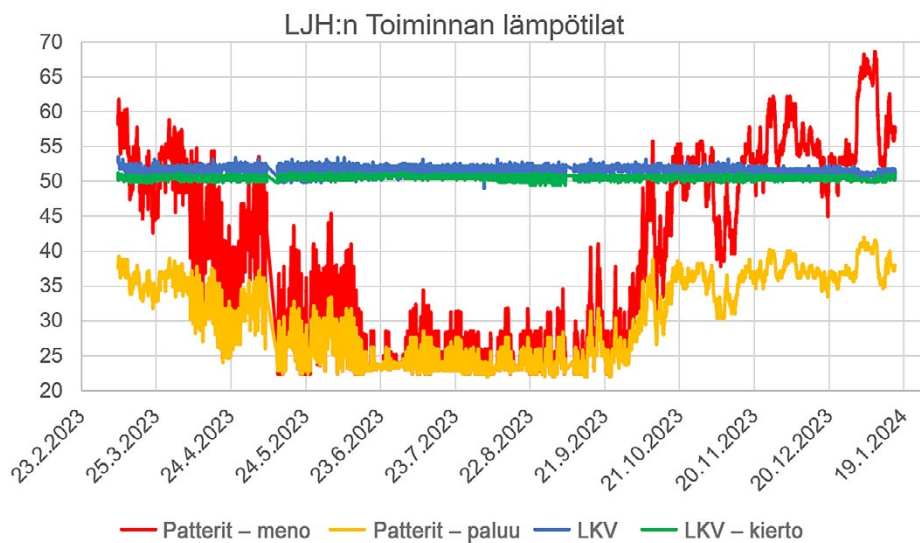
Samaa anturijärjestelmää käytettiin myös ulkoilmaolosuhteiden seurantaan, mikä oli olennaista tietojen tulkinnan ymmärtämisen ja laskelmien kalibroinnin kannalta. Lisäksi lämpötilaa ja kosteutta seurattiin myös puoliksi lämmitetyissä tai lämmittämättömissä tiloissa, kuten porraskäytävissä ja kellaritiloissa. Kuvassa 8 on mittasarja ulkolämpötilasta.



Kuva 8. Kuvaaja ulkoilman mittausdatasta.

Lämmitysjärjestelmän käyttölämpötilat

Rakennuksessa on patterilämmitysjärjestelmä, jota lämmitetään kaukolämmöllä. Käyttövesi lämmitetään myös kaukolämmöllä. Hankkeessa mitattiin lämmityksen meno- ja paluulämpötilat (toissijainen puoli eli patterit) sekä lämpimän käyttöveden jakelu- ja kierrätyslämpötilat. Nämä mittaukset tehtiin nelikanavaisella dataloggerilla, joka asennettiin lämmönjakokeskukseen ja jonka tiedot ladattiin manuaalisesti ajoittain. Kuvassa 9 on esitetty tilalämmityksen ja lämpimän käyttöveden lämmityksen toimintalämpötilat.



Kuva 9. Lämmityksen ja lämpimän käyttöveden toiminnan lämpötilat.

Pesula

Alueella toimii myös ammattimainen pesula. Hankkeen aikana haluttiin tutkia mahdollisuuksia hyödyntää pesulan toiminnassa syntyvää hukkalämpöä, joten myös pesulan tilojen lämpötilaa ja kosteutta seurattiin. Toimisto- ja pesutiloihin asennettiin kaksi Bluetooth-anturia, jotka liitettiin samaan tiedonkeruujärjestelmään, jota käytettiin asunnoissa.



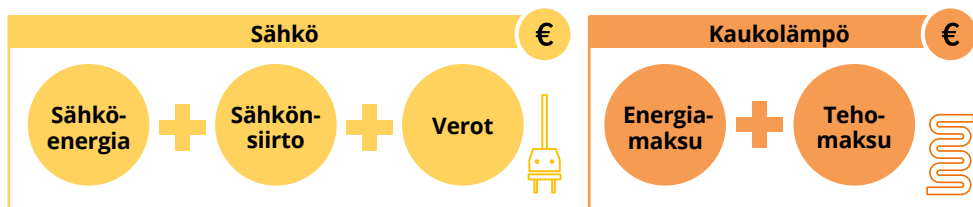
3.2 Kaukolämmön, sähkön ja investointien hinnat simulointitutkimuksissa

Kaukolämmön, sähkön ja energiainvestointien hinnat ovat toisiinsa kytkeytyneitä tekijöitä, jotka vaikuttavat energijärjestelmän kannattavuuteen kokonaisvaltaisesti. Hinnat määrittävät tuotantokustannukset, tulot ja investointien **takaisinmaksuajan (TMA)**, mikä vaikuttaa järjestelmän taloudelliseen menestykseen pitkällä aikavälillä. Hintojen muutokset voivat vaikuttaa merkittävästi energijärjestelmän kilpailukykyyn ja kestävyys. Kaukolämmön myynti on keskeinen tulonlähde kaukolämpöyhtiöille. Kaukolämmön hinta vaikuttaa siihen, kuinka nopeasti investoinnit uusiin tuotantolaitoksiin tai verkoston laajennuksiin voidaan maksaa takaisin.

Sähkö on merkittävä tuotantokustannus monissa energijärjestelmissä, erityisesti lämpöpumppujen ja muiden sähköä käyttävien laitteiden osalta. Monet kaukolämpöyhtiöt (ml. *BLOCKCC-tapauksessa Helen ja Tuusulanjärven Lämpö*) tuottavat myös sähköä (yhteistuotanto), jolloin sähkön hinta vaikuttaa merkittävästi laitoksen kokonaistuloihin. Sähkön hinta kannustaa energiatehokkuuteen ja sähkönkulutuksen optimointiin, mikä voi parantaa järjestelmän kannattavuutta pitkällä aikavälillä. **Investointien kustannukset (IK)** ja **TMA** vaikuttavat energijärjestelmän pitkän aikavälin kannattavuuteen ja kilpailukykyyn.

Sähkön ja kaukolämmön kokonaishinta loppuasiakkaalle (esim. taloyhtiölle) muodostuu muutamasta osasta (Kuva 10).

Loppuasiakkaan (taloyhtiön) sähkön/kaukolämmön kokonaishinnan muodostavat:



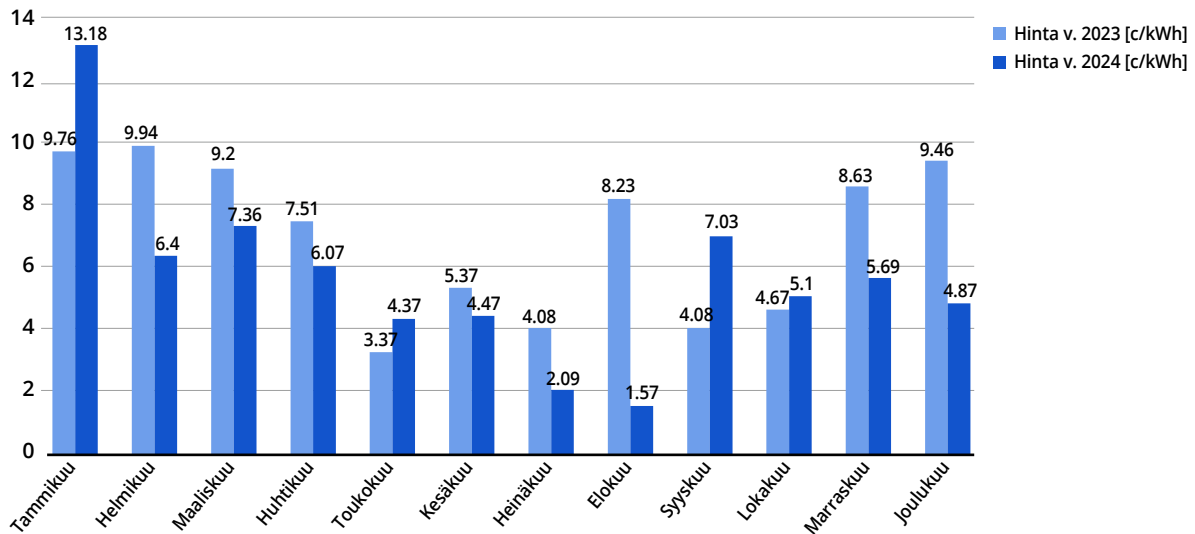
Kuva 10. Energiankäytön kokonaishinnan muodostus taloyhtiölle.

Sähkön kokonaishinta lasketaan summaamalla itse sähkön hinta, sähkönsiirtomaksu ja verot:

- **Sähköenergia** on itse sähkön hinta, joka määräytyy sähkömarkkinoiden mukaan. Siihen vaikuttavat muun muassa tuotantokustannukset, kysyntä ja tarjonta sekä sääolosuhteet.
- **Sähkönsiirto** (verkkopalvelumaksu). Tämä maksu kattaa sähkön siirtämisen voimalaitoksesta loppukäyttäjälle. Verkkopalvelumaksuun sisältyy sähköverkkoyhtiön ylläpito-, rakennus- ja korjauskustannukset.
- **Verot.** Sähkön hintaan lisätään arvonlisävero sekä sähkövero, joka koostuu valmisteverosta ja huoltovarmuusmaksusta.

Hankkeen simuloinneissa on käytetty Suomen pörssisähkön spot-hintoja vuodelta 2023. Kuvaan 11 on kerätty kuukausittaiset keksiarvohinnat vuosina 2023 ja 2024 [11].

Suomen pörssisähkön spot-hintoja v. 2023 ja v. 2024 [c/kWh]

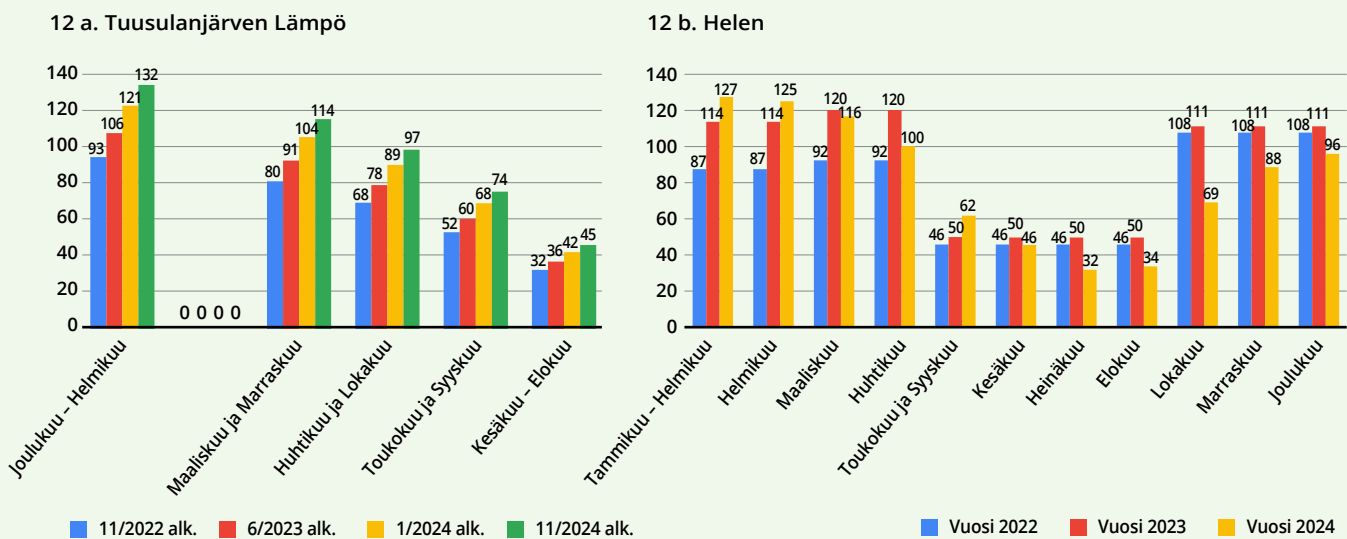


Kuva 11. Suomen pörssisähkön spot-hintoja 2023 ja 2024. [11]

Kaukolämmön kokonaishinta:

- **Energiamaksu.** Tämä on kaukolämmön kulutukseen perustuva maksu, joka kattaa lämmön tuotantokustannukset.
- **Tehomaksu.** Tämä on kiinteä maksu, joka perustuu kiinteistön lämmitystarpeeseen (tehoon). Tehomaksu kattaa kaukolämpöverkon ylläpitokustannuksia.

BLOCKCC-hankkeen tarkastelualueilla operoivien kaukolämpöä tarjoavien yhtiöiden hinnoittelut vaihtelevat. Kuva 12 havainnollistaa energiamaksu-asian tarkastelualueilla. Tuusulanjärven Lämmön kaukolämpöhinnoittelu -asia on kuvattu tarkemmin edellisissä BLOCKCC-raporteissa [8] ja [12].



Kuva 12. Kaukolämpöhinnat taloyhtiöille (Kuva 12 a. Tuusulanjärven Lämpö ja Kuva 12 b. Helen).

Kuva 13 havainnollistaa kaukolämmön kokonaishinta-asian tämän raportin kirjoitusvaiheessa (huhtikuussa 2025) Tuusulanjärven Lämmön osalta [13].

Fiksulämpö taloyhtiölle ja yrityksille		
Muut rakennukset		
Energiamaksut kuukausittain		
Kaukolämmön myyntihinnasto koostuu kolmesta komponentista: energiamaksusta, perusmaksusta ja kiinteistön rakennustilavuudesta. Energiamaksu määräytyy asiakkaan energian kulutuksen (MWh) sekä kuukauden energiamaksun mukaan. Perusmaksu perustuu asiakkaan käyttämään lämmitystehoon (kW). Perusmaksu on viimeisen 36 kk:n korkein 3 h keskiteho. Kiinteistön rakennustilavuus perustuu asiakkaan ilmoittamiin rakennustilavuustietoihin. Fiksulämpö-tuotteessa energia-hinta vaihtelee kuukausittain. Uusiolämpö-tuote Fiksulämmön yhteydessä on 0,9 €/MWh.		
	Alv 24 %	Alv 0 %
Tammi	121,43 €	97,93 €
Helmi	121,43 €	97,93 €
Maalis	104,35 €	84,15 €
Huhti	89,17 €	71,91 €
Touko	68,29 €	55,07 €
Kesä	41,76 €	33,68 €
Heinä	41,76 €	33,68 €
Elo	41,76 €	33,68 €
Syys	68,29 €	55,07 €
Loka	89,17 €	71,91 €
Marras	104,35 €	84,15 €
Joulu	121,43 €	97,93 €
Perusmaksu		
Kaukolämmön fiksumyyntihinnasto koostuu energiamaksusta ja perusmaksusta. Perusmaksun teho-osuus perustuu asiakkaan käyttämään lämmitystehoon (kW). Tehomaksun perusteena on viimeisen 36 kk:n korkein 3 h keskiteho. Rakennustilavuus osuus perustuu käyttöpaikan rakennustilavuustietoihin. Rakennustilavuusmaksu on vähintään 85% teho-osuus maksusta.		
	Alv 24 %	Alv 0 %
Teho 1-80 kW		
Tehomaksu	52,12 €/kW	42,03 €/kW
-	50,27 €	40,54 €
Rakennus-tilavuusmaksu*	0,5163 x m³	0,4164 x m³
Teho 81-260 kW		
Tehomaksu	22,33 €/kW	18,01 €/kW
+	614,22 €	495,34 €
Rakennus-tilavuusmaksu*	0,4562 x m³	0,3679 x m³
Teho 261-400 kW		
Tehomaksu	31,64 €/kW	25,52 €/kW
+	2 337,78 €	1885,31 €
Rakennus-tilavuusmaksu*	0,4473 x m³	0,3607 x m³
Teho 401-1 000 kW		
Tehomaksu	16,76 €/kW	13,52 €/kW
+	6 319,08 €	5096,03 €
Rakennus-tilavuusmaksu*	0,3514 x m³	0,2834 x m³
Teho >1 000 kW		
Tehomaksu	13,03 €/kW	10,51 €/kW
+	9 635,89 €	7770,88 €
Rakennus-tilavuusmaksu*	0,1052 x m³	0,0848 x m³

Kuva 13. Kuvakaappaus Tuusulanjärven Lämmön kotisivuilta. Otettu 22.4.2025. [13].



3.3 Simulointi dynaamisella laskentamenetelmällä

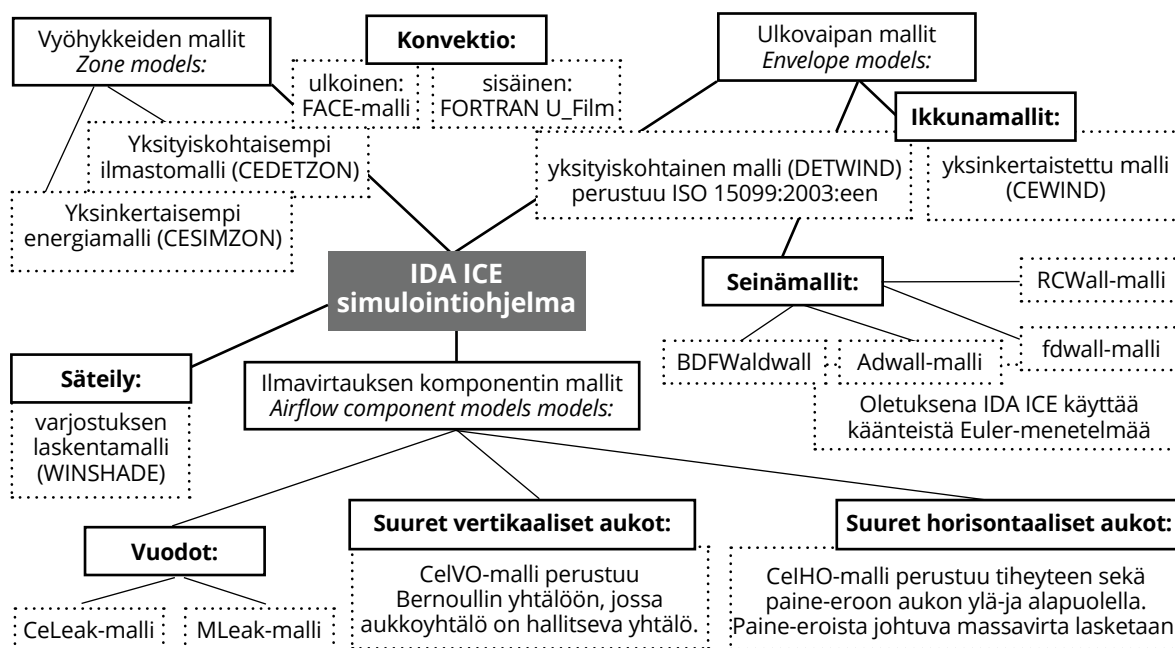
Aalto-yliopisto on toteuttanut tarkastelukohteiden energiajärjestelmien simulointeja IDA ICE 5.0 ohjelmistolla, jonka tarkempi kuvaus on esitetty BLOCKCC-hankkeen edellisessä raportissa [12]. Tässä raportissa esitellään ohjelmistoa tiivistetysti.

IDA ICE on monipuolinen ja tehokas simulointiohjelmisto, joka on suunniteltu rakennusten sisäilmaston ja energiatehokkuuden analysointiin. Tässä tiivistelmä sen keskeisistä ominaisuuksista:

- IDA ICE mahdollistaa tarkkojen simulointien suorittamisen rakennusten ja niiden järjestelmien energiatehokkuudesta ja sisäilmastosta.
- Ohjelmisto tarjoaa käyttäjäystävällisen käyttöliittymän, jonka avulla monimutkaistenkin mallien rakentaminen ja simulointi on sujuvaa.
- IDA ICE:n ydin perustuu matemaattisiin malleihin, jotka mahdollistavat tarkkojen ja yksityiskohtaisten simulointien tekemisen.
- Ohjelmiston modulaarinen rakenne mahdollistaa sen laajentamisen uusilla mallinnustyökaluilla tarpeen mukaan. [14]

IDA ICE:n laajat mallinnusominaisuudet (Kuva 14):

- Voidaan mallintaa tarkasti rakennuksen ulkovaipan eri osia, kuten ikkunoita ja seiniä, sekä ilmapirran komponentteja.
- Vyöhykemallit mahdollistavat huoneiden ja muiden tilojen tarkan mallinnuksen.
- Säteilymallinnus mahdollistaa ulkoisten tekijöiden vaikutuksen huomioimisen.
- Ohjelmisto tukee BIM-mallien tuontia, mikä parantaa työn tehokkuutta ja mahdollistaa saumattoman yhteistyön eri suunnittelutyökalujen välillä.
- IDA ICE tuottaa tuloksia sekä taulukkomuodossa että 3D-grafiikkana, mikä helpottaa simulointien tulosten analysointia ja tulkintaa.
- Perusversio, sekä Expert-versio, jossa on lisäominaisuuksia. [14]



Kuva 14. IDA ICE:n mallinnusominaisuudet.

3.4 Sääaineisto simuloinneissa

Rakennusten lämmitys- ja jäähdytysenergiankulutuksen laskennassa käytetään ns. TRY2012, joka on testivuosi. TRY2012 kehitettiin vuonna 2011, ja se pyrki vastaamaan mahdollisimman tarkasti sen aikaista ilmastoa. Tämä testivuosi on luotu käyttäen Ilmatieteen laitoksen säähavaintoja. Testivuoden avulla voidaan laskea rakennusten energiankulutusta mahdollisimman tarkasti.

Testivuoden käyttötarkoitus on kuvata tilastollisilta ominaisuuksiltaan tyypillisiä sääoloja Suomessa. Suomi on jaettu neljään lämpötilavyöhykkeeseen. Kahdelle eteläisimmälle vyöhykkeelle käytetään samaa Vantaan havaintoaineistoon perustuvaa energialaskennan testivuotta [15]. BLOCKCC-hankkeen tarkastelualueet sijaitsevat eteläisimmällä lämpötilavyöhykkeellä.

3.5 Yhteiskehittäminen ja markkinavuoropuhelu viiteryhmissä

BLOCKCC-viiteryhmien keskeisenä tehtävänä on ollut toimia tarkastelukohteiden yhteiskehittämisen ja kohderyhmien laajemman alue-/yhteisöenergiaan liittyvän vuoropuhelun foorumina. Yhteiskehittämiseen on kutsuttu mukaan eri intressejä edustavia kohderyhmiä.

Hanke on perustanut ja fasilitoinut/operoinut kaksi Viiteryhmää – A ja B. Viiteryhmä A keskittyi tarkastelualueeseen Ainola ja Viiteryhmä B Käpylän alueeseen. Hankepartneri Green Net Finland ry vastasi Viiteryhmän A:n vetämisestä ja Metropolia Ammattikorkeakoulu vastasi Viiteryhmän B:n vetämisestä.

3.5.1 Viiteryhmä A

BLOCKCC-hanke edisti uudisrakentamisen energiaratkaisuja kehittämällä sovellettua tuplatimanttii tai 4D-mallia (kuvattu yksityiskohtaisesti raportissa [12]). Tätä mallia sovellettiin käytännössä Ainolan alueen yhteiskehittämisessä ja markkinavuoropuhelussa, jonka yhtenä konkreettisena päämääränä oli uudisrakentamisalueen alustavan lämpöjärjestelmäkonseptin luominen. Vaikka Järvenpään Ainola toimi tärkeänä, konkreettisena kehitysympäristönä, hankkeen tavoitteena on tuottaa yleistettäviä ratkaisuja ja oivalluksia, jotka ovat relevantteja uudisrakentamisen lämpöjärjestelmien kehittämisen kannalta valtakunnallisesti.

Viiteryhmä A kokoontui hankkeen aikana viisi kertaa. Taulukko 2 vetää yhteen kokousten aikatauluja, esittää linkkejä uutiskirjeisiin, listaa osallistuvia organisaatioita sekä esittelee käsiteltävät pääaiheet tiivistettynä.

Taulukko 2. BLOCKCC-hankkeen Viiteryhmän A yhteenveto.

Osallistuneet organisaatiot	Käsittelyt pääaiheet tiivistettynä
UUTISKIRJE 4/2023	
• Green Net Finland (GNF), • Metropolia AMK, • Aalto-yliopisto. Muut organisaatiot: • Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut HSY, • Kymi-Solar Oy, • NollaE Oy, • Sähköinfo Oy, • Turku AMK, • Vantaan Energia Oy.	Alustavia vaihtoehtoja tutkittavista teemoista, jotka ovat KL-kulutusjousto uudiskerrostalossa, rakennus- tai aluetason lämpövaraston hyödyntäminen KL-huipputehontarpeen vähentämiseksi ja hukkalämmön hyödyntäminen rakennustasolla tai alueellisessa matalalämpötilaverkossa.
UUTISKIRJE 10/2023	
• Green Net Finland (GNF), • Aalto-yliopisto, • Metropolia AMK, • Vantaan Energia Oy, • Kymi-Solar Oy, • NollaE Oy, • Residentia Oy, • Sähköinfo Oy, • Aalto- ja LUT-opiskelijoita.	Keskustelua simulointeihin liittyvistä ehdotuksista ja miten jatketaan -yhteenveto, HEC flow-ratkaisun esitys ja keskusteluja, joiden pohjalta simulointiehdotuksia: KL-kulutusjousto ja KLPV:n käyttäminen kohteen lämmitykseen.
UUTISKIRJE 4/2024	
• Green Net Finland (GNF), • Aalto-yliopisto, • Kymi-Solar Oy, • HögforsGST Oy.	Ainolan tarkastelukohteelle tehty simulointitutkimus osoittaa, että tyypillisen suomalaisen uudiskerrostalon vuotuisesta lämmitysenergian tarpeesta 66–77 % voitaisiin kattaa kaukolämmön paluuviesilämmityksellä. Tulokset osoittavat, että kaukolämmön paluuviesilämmityksellä voitaisiin kattaa samalla 70–90 % uudiskerrostalon lämmityksen huipputehon tarpeesta.
UUTISKIRJE 11/2024	
• Green Net Finland (GNF), • Aalto-yliopisto, • Metropolia AMK, • Vantaan Energia Oy, • Kymi-Solar Oy, • Action Energy Finance, • Equa Simulation Finland Oy, • Tampereen yliopisto, • Helen.	Aalto-yliopisto esitteli tilaisuudessa Ainola-kerrostalon simulointituloksia. Simuloinneissa vertailtiin erilaisten kaukolämmön kulutusjoustoratkaisujen taloudellista kannattavuutta kiinteistön omistajan näkökulmasta. Tulokset osoittivat, että kaukolämmön alakeskuksen varustaminen käyttövesivaraajalla tehopiikkien leikkaamiseksi on tutkituista ratkaisuista ylivoimaisesti kannattavin ja sillä voidaan vähentää jopa lähes 30% tutkitun kohteen kaukolämmön tehontarvetta. Lisäksi tilaisuudessa esitettiin tiivistelmä aiemmin käsitellyistä simulointituloksista kaukolämmön paluuviesin käyttämisestä kohteen lämmitykseen.
UUTISKIRJE 1/2025	
• Green Net Finland (GNF), • Aalto-yliopisto, • Metropolia AMK, • Helen Oy, • Kymi-Solar Oy, • Alajärven kunta, • Suomen ympäristökeskus Syke, • NollaE Oy, • Kymi-Solar Oy, • SULPU ry.	Aalto-yliopisto esitteli tilaisuudessa Ainola-kerrostalon simulointituloksia. Tarkastelussa oli Järvenpäässä sijaitsevan kaukolämpöön liitetyn uudiskerrostalokohteen mahdolliset MLP-ratkaisut. Simulointien tuloksena selvisi mm. se, että MLP-järjestelmällä saadaan vähennettyä kokonaisostoenergiankulutusta hieman alle 40 %. Samalla lämmityskustannukset vähenevät 13–17 % ratkaisusta riippuen. MLP-järjestelmän takaisinmaksuaika uudiskerrostalossa on noin 20 vuotta.

Viiteriymän A kokousten lisäksi pienempimuotoisia tapaamisia ja/tai keskusteluja on käyty yhteiskehittämiseen osallistuneiden yritysten kanssa. BLOCKCC-viiteriymä A on toiminut yhteiskehittämisen ja markkinavuoropuhelun foorumina. Viiteriymään osallistuvilta organisaatioilta kerättiin signaaleja ja toiveita simuloitaviin asioihin. Viiteriymän A operointimallissa seuraava kokous jatkaa keskustelua yhteiskehittämistä siitä, mihin edellinen kokous jäi. Viiteriymän A toisen ja kolmannen kokouksen välillä Aalto-yliopisto on toteuttanut simulointitutkimuksen. Hankkeen suunnitelman mukaisesti konseptin kehittämisessä pitää huomioida eri kohderyhmien intressejä. Huomioon otetaan esimerkiksi alueella operoiva kaukolämpöyhtiö, energiaratkaisuja tarjoavat yritykset sekä kaukolämmön kuluttajat.

3.5.2 Viiteriymä B

Viiteriymä B:ssä yhteiskehitettiin alue-energiajärjestelmän konseptia olemassa olevan Käpylän tarkastelukohteen lähtökohdista. Viiteriymän toiminta alkoi syyskuussa 2023. Viiteriymään kutsuttiin laajasti energia-alan toimijoita sekä taloyhtiöiden edustajia, alueellisia toimijoita, pk-yritysten edustajia (mm. teknisten ratkaisujen tarjoajia), kiinteistöalan ammattilaisia sekä energiaratkaisuiden asiantuntijoita mm. muista hankkeista ja Helsingin kaupungilta (Taulukko 3).

Viiteriymän B työn keskeisenä tavoitteena on ollut kehittää skaalautuvaa konseptia alue-energiajärjestelmän toteuttamiseksi olemassa olevalle asuinalueelle. Tavoitteena oli löytää energiaratkaisuja, jotka olisivat teknistaloudellisesti kannattavia ja tukisivat vihreää siirtymää sekä taloyhtiötasolla että laajemmin korttelitasolla tarkasteltuna. Tavoitteena on myös ollut lisätä tietoa, kehittää yhteistyön tekemisen tapoja ja huomioida kohderyhmän näkökulmat. Lisäksi viiteriymä on ollut aktiivisesti mukana kartoittamassa alue-energiaan liittyviä esteitä ja pullonkauloja.

Taulukko 3. BLOCKCC-hankkeen Viiteriymän B ilmoittautuneet organisaatiot.

Osallistuneet organisaatiot	
• As Oy L • Vantaan kaupunki • Sähköinfo Oy • Helsingin kaupunki • Kymi-Solar Oy • Taloyhtiöklubi-hanke / Good House Oy • NollaE Oy • Valvea Oy (ent. Vatajankoski) • Suomen energiainsinöörit Oy • Mr Washingman Oy • Suomen ympäristökeskus Syke • Tampereen yliopisto • Suomen Kaivonporausurakoitsijat ry	• As Oy A • LUT-yliopisto • Eksergia • LämpöYkkönen Oy / Energion • Kiinteistöliitto Uusimaa • Business Tampere • Tampereen kaupunki • Suomen lämpöpumppuyhdistys SULPU ry • Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY • Aitoenergia Oy • Helen Oy • Helsingin kaupungin asunnot Oy / Heka • Quantitative Heat Oy

Viiteriymä tapasi hankkeen aikana 3 kertaa ja alueellisen energiajärjestelmän toteuttamista ja siihen liittyviä haasteita käsiteltiin tapaamisissa. Tapaamisissa esiteltiin hankkeen tuloksia eri vaiheissa ja kehitystyötä tehtiin työpaja-tyyppisesti mm. pienryhmissä keskustellen. Tapaamisten väleissä hanketiimi jatkoi kehitystyötä ja viiteriymälle tuotiin aina uusia aihioita työstöön ja keskusteluun. Tapaamisten sisällöt on esitelty lyhyesti kuvassa 15.

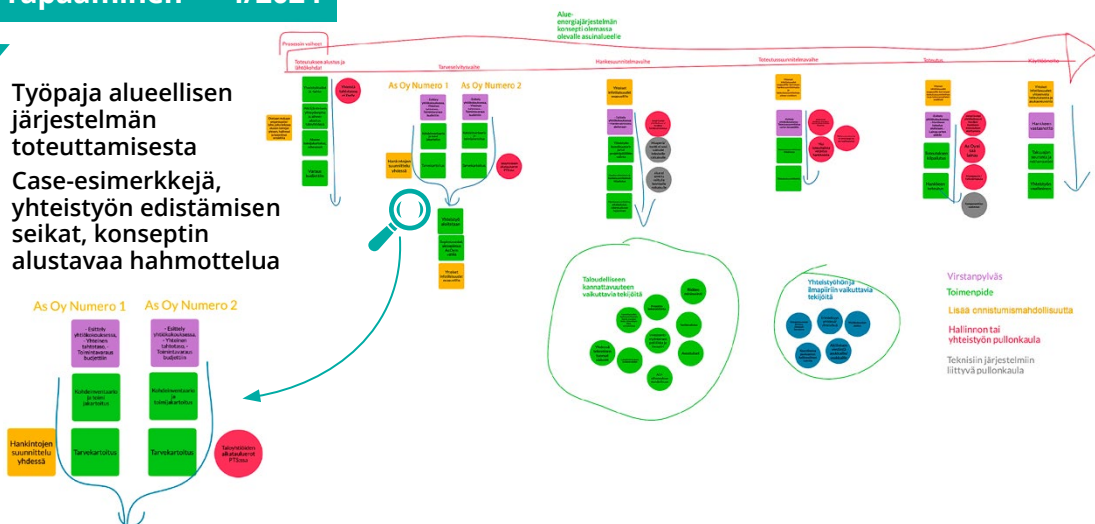
1. Tapaaminen • 9/2023

- Alueelle sopivien teknisten ratkaisujen kartoitus
- Keskustelut ja huomiot alueellisen järjestelmän piirteistä



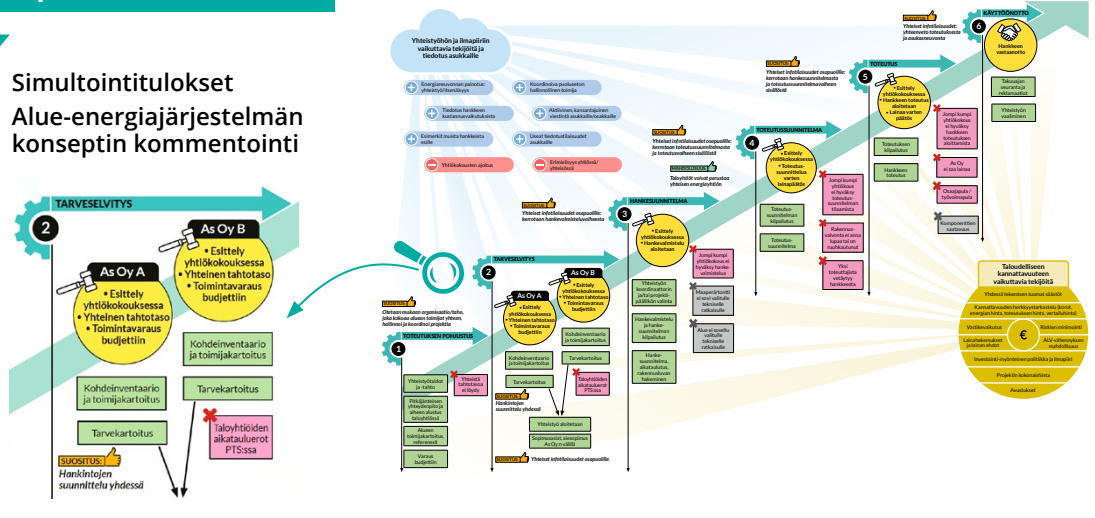
2. Tapaaminen • 4/2024

- Työpaja alueellisen järjestelmän toteuttamisesta
- Case-esimerkkejä, yhteistyön edistämisen seikat, konseptin alustavaa hahmottelua



3. Tapaaminen • 1/2025

- Simulointitulokset
- Alue-energiajärjestelmän konseptin kommentointi



Kuva 15. Viiteriymä B:n toiminnan kuvaus.

Ensimmäinen tapaaminen

Ensimmäinen viiteryhmä B:n tapaaminen pidettiin syyskuussa 2023. Tapaamisessa esiteltiin Käpylän tarkastelukohde ja kartoitettiin osallistujien näkemyksiä siitä, millaisia energiaratkaisuja he ehdottaisivat kyseiseen kohteeseen, reunaehdot huomioiden.

Viiteryhmän esiin tuomat ratkaisut koottiin hankkeessa ensin sanapilveksi, sitten toimenpidelistaukseksi ja lopuksi energiansäästötoimenpiteitä alettiin jaotella helpouden, hinnan ja energiansäästön mukaan. Näistä päätettiin vielä laatia toimenpidekortit, jotka ovat konkreettinen apu taloyhtiöille energiansäästötoimien suunnittelussa. Toimenpidekortit on julkaistu hankkeen verkkosivuilla. [\[16\]](#)

Energia-alan toimijoiden ehdotuksia pilottitaloyhtiön teknisiksi ratkaisuksiksi



Kuva 16. Viiteryhmä B:n ehdotuksia pilottikohteen energiansäästöratkaisuksiksi.

Toimenpidekortteihin pyydettiin sidosryhmien (advisory boardin ja ohjausryhmän jäseniä) kommentteja ja niitä kehitettiin tiimin omissa työpajoissa. Lopulta korteista rakennettiin Taloyhtiön energiatoimenpiteet -lautapeli, joka tuo esille laajan kirjon vaihtoehtoja ja kannustaa valitsemaan konkreettisia, kuhunkin taloyhtiöön sopivia energiansäästön toimenpiteitä. Peli esitellään tarkemmin luvussa 3.6.

Toinen tapaaminen

Toinen viiteryhmä B:n tapaaminen pidettiin huhtikuussa 2024 hankkeen järjestämän seminaaritapahtuman jälkeen. Tapaamisessa järjestettiin työpaja, jossa pohdittiin alueellisen energiayhteistyön toteuttamisen mahdollisuuksia ja esteitä. Ryhmä jaettiin kolmeen pienryhmään, jotka pohtivat sitä, miten lähteä toteuttamaan alueellista energiaratkaisua olemassa olevalla asuinalueella ja miten edistää yhteistyötä eri toimijoiden välillä. Ryhmässä keskusteltiin myös esimerkeistä, jo toteutuneista alueellisista ratkaisuista. Ryhmien työskentelyn tuloksena syntyi useita ehdotuksia miten alueellista energiayhteistyötä voisi edistää, eri toimijoiden ja sidosryhmien näkökulmia nousi esiin ja saatiin ajatuksia viiteryhmän kehitystyön seuraaviin vaiheisiin. Työpajojen materiaalit koottiin pohjaksi alue-energiajärjestelmän konseptin työstämiseksi (kts. luku 6.2).

“Eri taloyhtiöillä tulisi olla jokin yhteinen hallinnollinen toimija sekä sama tahtotila ja sitoutumisen taso”

“Osakkaalla on oltava luottamus (energia)ratkaisuun”

Kolmas tapaaminen

Kolmannessa viiteryhmä B:n tapaamisessa esiteltiin Käpylän tarkastelukohteen energiaratkaisujen simulointien tulokset sekä hanketyöryhmän laatima alue-energiajärjestelmän konseptin ensimmäinen versio, jota viiteryhmä sai kommentoida. Ryhmä jaettiin jälleen kolmeen ryhmään ja kaikki keskustelivat ja kommentoivat alue-energiajärjestelmän prosessia huomioiden laajasti myös eri tahojen yhteistyön edistämisen, tiedotuksen ja taloudelliset puitteet. Työskentelyssä syntyneet kommentit kerättiin yhteen ja konseptia muokattiin vielä niiden pohjalta. Tuloksena syntyi alustava, skaalautuva konsepti alue-energiajärjestelmän toteuttamiselle olemassa olevalle asuinalueelle. Konseptissa on luotu toteutussuunnitelma alue-energiajärjestelmän toteuttamiseksi. Lähtökohtana on ollut alue-energiajärjestelmän toteutuksen prosessi, jossa kaikki vaiheet on käyty läpi huomioiden alueellisen toteutuksen puitteet mm. hallinnon osalta. Konsepti esitellään luvussa 6.2.

3.6 Taloyhtiön energiatoimenpiteet -peli

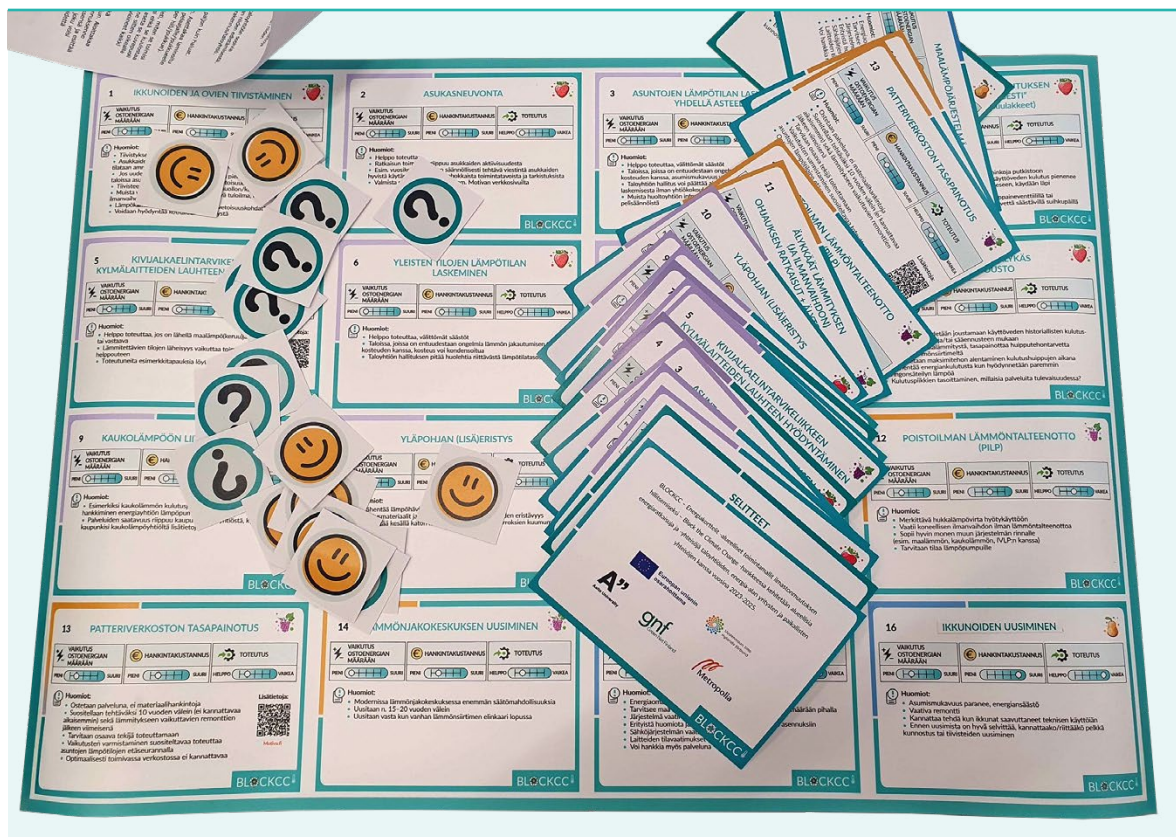
Viiteryhmä B:n ensimmäisen tapaamisen pohjalta saatiin hyvä listaus erilaisista taloyhtiön energiatoimenpiteistä, joka soveltuvat hankkeen olemassa olevaan tarkastelukohteeseen sekä laajasti muihin taloyhtiöihin. Tiedettiin, että kun taloyhtiöissä vertaillaan erilaisia energiansäästöratkaisuja, niiden toteutuksen etenemiseen vaikuttaa toimenpiteen hinta, toteutuksen helppous sekä energiansäästöpotentiaali. Siksi toimenpiteitä haluttiin tarkastella kaikki nämä näkökulmat huomioiden. Hankkeessa on myös haluttu tuoda esiin sitä, että on monia helppoja ja edullisia (jopa ilmaisia) toimenpiteitä, joita taloyhtiöt voivat tehdä energiaa säästääkseen ja ilman suuria investointeja ja remontteja.

Näiden asioiden pohjalta luotiin toimenpidekortit, tavoitteena visualisoida helppoon ja ymmärrettävään muotoon erilaisia energiansäästöratkaisuja. Kortit värikoodattiin hintaluokan mukaan ja niihin lisättiin hedelmä-symbolit toteutuksen helppouden mukaan. Lopulta korttien ympärille kehitettiin taloyhtiön energiatoimenpiteet -lautapeli, jotta kortit tulisivat oikeasti käyttöön ja aktivoisivat toimintaan.

Taloyhtiön energiatoimenpiteet -peli on suunnattu esimerkiksi taloyhtiön hallituksen jäsenille ja isännöitsijöille tai muille tahoille, jotka tarvitsevat tietoa eri energiatoimenpiteistä ja niiden vaikutuksista taloyhtiössä. Pelissä on listattuna 16 eri toimenpidettä, jotka on kaikki arvioitu karkeasti energiansäästön, hinnan ja helppouden mukaan. Näin kortit helpottavat päätöksentekoa ja esimerkiksi helppojen ja edullisten ratkaisujen tunnistamista. Lisäksi korteissa on nostettu esiin keskeisiä huomioitavia asioita jokaisen toimenpiteen kohdalla. Peliä voidaan käyttää esim. taloyhtiöiden hallituksessa tai asukasilloissa päätöksentekoprosessin tukena.

Pelin tarkoituksena on visuaalisesti selkeyttää energiatehokkuustoimenpiteitä ja niiden vaikutuksia asuinkerroistaloissa sekä saada taloyhtiön sidosryhmät ja päättäjät miettimään erilaisia vaihtoehtoja rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi ja saada heidät keskustelemaan niiden toteuttamisesta. Kortit antavat ideoita siihen, millaisia mahdollisuuksia ylipäänsä on olemassa ja voivat toimia keskustelun avaajana. Pelin jälkeen osalliset voivat ottaa tarkemmin selvää vaihtoehdoista, jotka erityisesti heidän kohteeseen sopisivat. Pelatessa on hyvä muistaa jokaisen kohteen yksilöllisyys ja erilaiset tarpeet ja olosuhteet.

Hankkeen päättyessä peli on käytössä mm. HSY:n koulutuksissa ja Metropolian toiminnassa.



Kuva 17. Taloyhtiön energiatoimenpiteet -peli.



4. Simulointien tuloksia

Luvussa 2 esitellyille Järvenpään Ainolassa ja Helsingin Käpylässä sijaitseville tarkastelukohteille toteutettiin kaikkiaan viisi erillistä simulointitutkimusta, joissa tarkasteltiin hankkeen viiteryhmätyöskentelyn tuloksena valittujen ratkaisujen taloudellista kannattavuutta. Käpylän tarkastelukohteen energiakorjausten taloudelliseen kannattavuuteen keskittyvässä simulointitutkimuksessa tutkittiin lisäksi myös simuloidujen ratkaisujen CO₂-päästövaikutuksia.

Tarkastelukohteissa simuloitujen ratkaisujen taloudellista kannattavuutta tutkittiin käyttäen investointikustannuksina kunkin ratkaisun toteuttamiseen tarvittavia lisäinvestointikustannuksia lähtötilannetta edustavaan vertailutapaukseen verrattuna mukaan lukien asentamiskustannukset. Kaikki luvussa 4. esitetyt kustannukset sisältävät arvonlisäveron sekä muut tapauskohtaiset verot kuten sähköveron. Takaisinmaksuajat ja 25 vuoden elinkaarikustannusten nykyarvo on laskettu käyttäen reaalkorkona 3 % ja energian hinnan eskalaationa 2 %.

4.1 Ainolan tarkastelukohde

Järvenpään Ainolassa sijaitsevalle uudiskerrostalolle toteutettiin kolme erillistä simulointitutkimusta, joissa tarkasteltiin kaukolämmön paluuviesilämmituksen, kaukolämmön kulutusjousto-ohjauksen sekä maalämpöjärjestelmän kulutusjousto-ohjauksen taloudellista kannattavuutta. Tässä luvussa esitetään simulointitutkimusten tulokset.

4.1.1 Kaukolämmön paluuviesilämmitys

Kaukolämmön paluuviesilämmituksen kannattavuutta tutkittiin kahdella eri kaukolämmön paluuviesin lämpötilatasolla. Kaukolämmön paluuviesin lämpötila vaihtelee Järvenpään Ainolan alueella noin 50–55°C välillä, jonka vuoksi sitä lämpötilatasoa käytettiin simulointitarkastelussa. Koska kaukolämmön paluuviesin lämpötila vaihtelee Suomessa tyypillisesti 40–60°C välillä, valittiin toiseksi tarkasteltavaksi paluuviesin

lämpötilatasoksi 40–45°C. Valittujen paluuveden lämpötilatasojen avulla pystytään osoittamaan, kuinka merkittävästi paluuveden lämpötilataso vaikuttaa paluuviesilämmituksen kannattavuuteen.

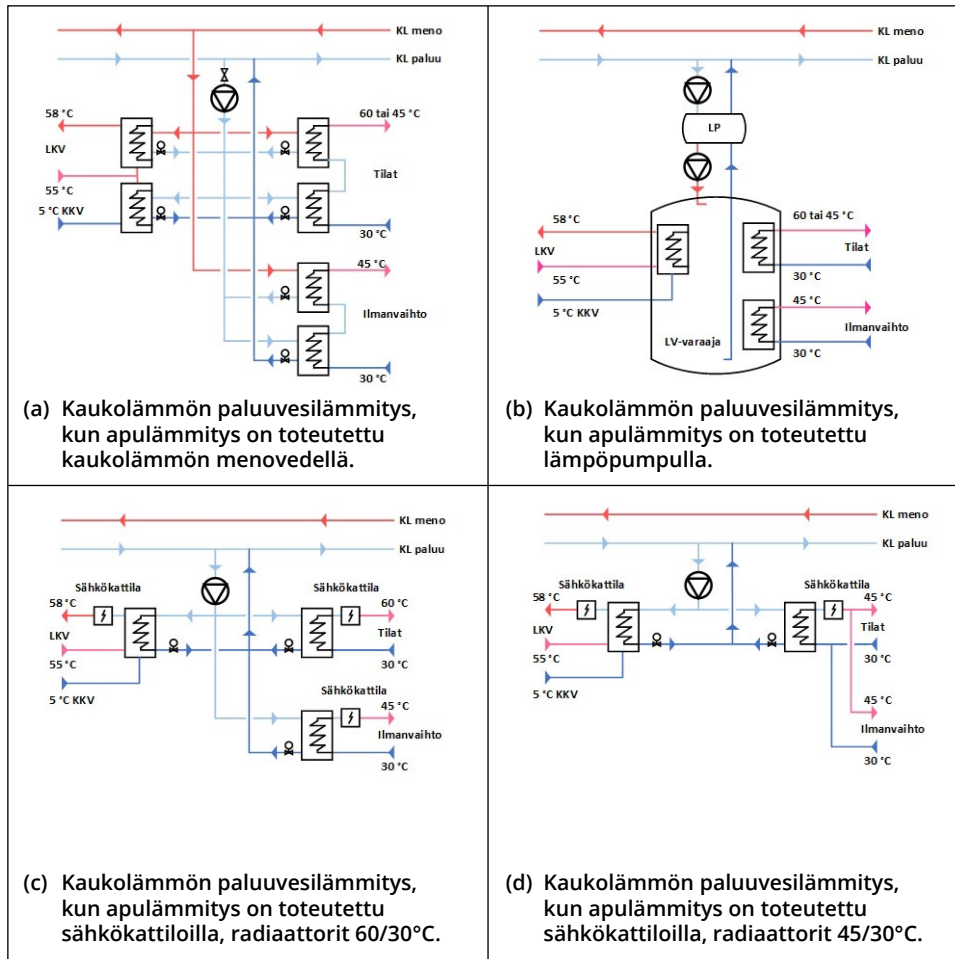
Taulukossa 4 on esillä tutkimukseen valitut tapaukset, joita simuloitiin molemmilla valituilla paluuveden lämpötilatasoilla. Tutkimuksen vertailutapauksina (tapaukset 1. ja 2.) käytetään perinteisellä kaukolämmön menovesilämmityksellä varustettuja vertailutapauksia. Sekä vertailutapaukset, että paluuviesilämmityksellä varustetut tapaukset simuloitiin tyypillisesti uudiskerrostaloissa käytetyillä radiaattoreilla, joiden meno- ja paluuveden mitoituslämpötilat ovat 60/30°C. Vaihtoehtoisesti käytettiin matalalämpötilaradiaattoreita 45/30°C mitoituksella. Kaukolämmön paluuviesilämmitystä käytettäessä rakennus tulee varustaa apulämmitysjärjestelmällä ja tutkimuksessa vertailtiin kolmea eri apulämmitysratkaisua: kaukolämmön menovesilämmitystä, kiinteistökohtaista sähkökattilaa tai paluuviesilämpöpumppua. Kuvassa 18 on esillä tarkastelukohteen lämmönjakokeskuksen yksinkertaistetut kytkentäkaaviot kaukolämmön paluuviesilämmityksellä ja vaihtoehtoisilla apulämmitysratkaisulla varustettuna.

Taulukko 4. Simuloidut kaukolämmön paluuviesilämmitystapaukset eri apulämmitysratkaisulla ja radiaattoriverkoston lämpötilatasoilla.

Tapaus	Päälämmitys	Apulämmitys	Radiaattorit (°C/°C)
1. DHSW 60/30 (Ref.)	KL menovesi	–	60/30
2. DHSW 45/30 (Ref.)	KL menovesi	–	45/30
3. DHRW+SW 60/30	KL paluuvesi	KL menovesi	60/30
4. DHRW+SW 45/30	KL paluuvesi	KL menovesi	45/30
5. DHRW+EB 60/30	KL paluuvesi	Sähkökattila	60/30
6. DHRW+EB 45/30	KL paluuvesi	Sähkökattila	45/30
7. DHRW+HP 60/30	KL paluuvesi	Lämpöpumppu	60/30
8. DHRW+HP 45/30	KL paluuvesi	Lämpöpumppu	45/30

DHSW = kaukolämmön menovesi, DHRW = kaukolämmön paluuvesi, SW = menovesi, EB = kiinteistökohtainen sähkökattila, HP = lämpöpumppu ja KL = kaukolämpö





Kuva 18. Kiinteistön lämmönjakokeskus kaukolämmön paluuviesilämmityksellä ja erilaisilla apulämmitysratkaisuilla varustettuna.

Simulointitutkimus osoitti, että kaukolämmön paluuvien lämpötilatason ollessa 40–45°C välillä, kaukolämmön paluuviedellä voidaan kattaa noin 66 % tarkastelukohteen vuotuisesta lämmitystarpeesta riippumatta siitä, onko radiaattorit mitoitettu 60/30°C vai 45/30°C lämpötilatasoille. Kaukolämmön paluuviedellä voidaan kattaa tällöin 72 % tai 82 % tarkastelukohteen kaukolämmön huipputehontarpeesta riippuen siitä, onko radiaattoreiden lämpötilataso korkeampi vai matalampi. Kaukolämmön paluuvien ollessa 50–55°C välillä, kaukolämmön paluuviedellä voidaan kattaa 77 % tarkastelukohteen vuotuisesta lämmitystarpeesta ja 91 % kaukolämmön huipputehontarpeesta riippumatta radiaattoreiden lämpötilatasosta.

Taulukossa 5 on esillä simuloitujen kaukolämmön paluuviesilämmitysratkaisujen korollinen takaisinmaksuaika erilaisilla kaukolämmön paluuviesilämmityksen hintatasoilla. Paluuviesilämmityksen hintatasot on esitetty hinnanalennuksina Ainolan alueella myytävän Tuusulanjärven Lämmön normaalin kaukolämmön hintaan verrattuna. Tällöin esimerkiksi hinnanalennus 0 % tarkoittaa sitä, että kaukolämmön paluuviesilämmityksen energia- ja tehomaksut olisivat yhtä suuret kuin normaalin kaukolämmityksen tapauksessa. Taulukossa punainen taustaväri tarkoittaa tapauksia, joiden korollinen takaisinmaksuaika on yli 10 vuotta.

Taulukko 5. Kaukolämmön paluuesilämmitysratkaisujen korollinen takaisinmaksuaika erilaisilla kaukolämmön hinnanalennuksilla sekä kaukolämmön paluuveden lämpötilatasoilla. Taulukossa punainen taustaväri tarkoittaa yli 10 vuoden takaisinmaksuaikaa.

Tapaus	Kaukolämmön hinnanalennus (%)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Kaukolämmön paluuveden lämpötila 40–45°C											
3. DHRW+SW 60/30	16	10	7	5	4	4	3	3	2	2	2
4. DHRW+SW 45/30	–	12	8	6	5	4	3	3	2	2	2
5. DHRW+EB 60/30	–	–	16	7	5	3	3	2	2	2	1
6. DHRW+EB 45/30	–	–	–	6	3	2	2	1	1	1	1
7. DHRW+HP 60/30	14	13	11	10	9	9	8	7	7	7	6
8. DHRW+HP 45/30	18	15	13	12	11	10	9	8	8	7	7
Kaukolämmön paluuveden lämpötila 50–55°C											
3. DHRW+SW 60/30	–	15	8	6	5	4	3	3	2	2	2
4. DHRW+SW 45/30	–	15	8	6	5	4	3	3	2	2	2
5. DHRW+EB 60/30	–	–	9	4	3	2	2	1	1	1	1
6. DHRW+EB 45/30	–	–	6	3	2	1	1	1	1	1	1
7. DHRW+HP 60/30	–	–	18	15	13	11	10	9	8	8	7
8. DHRW+HP 45/30	–	–	18	15	13	11	10	9	8	8	7

DHRW = kaukolämmön paluuesi, SW = menovesi, EB = kiinteistökohtainen sähkökattila, HP = lämpöpumppu ja KL = kaukolämpö

Taulukon 5 tulokset osoittavat, että matalammalla kaukolämmön paluuveden lämpötilalla (40–45°C) tutkittujen ratkaisujen korollinen takaisinmaksuaika vaihtelee 2 ja 10 vuoden välillä apulämmitysratkaisusta ja radiaattoreiden lämpötilatasosta riippuen, kun kaukolämmön hinnanalennus on 25 %. Apulämmitysratkaisun vaikutus takaisinmaksuajan pituuteen on merkittävä ja 10 vuoden takaisinmaksuikaan päästään pienimmällä 5 % hinnanalennuksella kaukolämmön menovettä hyödyntävällä apulämmityksellä. Sen sijaan paluuesilämpöpumpulla varustetussa ratkaisussa tarvitaan 25 % kaukolämmön hinnanalennus 10 vuoden takaisinmaksuajan saavuttamiseksi, johtuen paluuesilämpöpumpun muita apulämmitysratkaisuja korkeammasta investointikustannuksesta.

Taulukon 5 tulokset osoittavat, että korkeammalla kaukolämmön paluuveden lämpötilalla (50–55°C) tutkittujen ratkaisujen korollinen takaisinmaksuaika vaihtelee 1 ja 10 vuoden välillä apulämmitysratkaisusta ja radiaattoreiden lämpötilatasosta riippuen, kaukolämmön hinnanalennuksen ollessa 30 %. Kaukolämmön paluuvettä tai sähkökattiloita apulämmityksenä hyödyntävät tapaukset saavuttavat alle 10 vuoden takaisinmaksuajan jo 10 % hinnanalennuksella riippumatta radiaattoreiden lämpötilatasosta. Sen sijaan paluuesilämpöpumpulla varustetussa tapauksessa tarvitaan 30 % hinnanalennus 10 vuoden takaisinmaksuajan saavuttamiseksi.

4.1.2 Kaukolämmön kulutusjousto

Kaukolämmön kulutusjousto-ohjauksen sekä kaukolämmön tehonleikkauksen taloudellista kannattavuutta tutkittiin kahden erilaisen kulutusjoustoratkaisun sekä kahden käyttövesivaraajalla toteutetun tehonleikkauksratkaisun avulla. Tutkimuksessa käytetty kaukolämmön tunnittainen energian hinta perustuu Yuchen Ju ym. julkaisemassa artikkelissa [17] määritettyyn synteettiseen kaukolämmön hintaan, joka normitettiin vastaamaan Tuusulanjärven Lämmön vuoden 2024 kuukausittaista kaukolämmön energian hintaa. Tutkittavien tapauksien kaukolämmön perusmaksu määritettiin Tuusulanjärven Lämmön vuoden 2024 hinnaston perusteella.

Taulukossa 6 on esillä simuloitujen ratkaisujen keskeiset ominaisuudet. Tutkimuksen vertailutapauksena (1. Ref) käytetään olemassa olevaa tarkastelukohdetta kuvaavaa tapausta, jossa ei hyödynnetä kaukolämmön kulutusjousto- tai kohteen lämmönjakokeskukseen asennettavaa lämminvesivaraajaa.

Taulukko 6. Simuloidut kulutusjousto- ja tehonleikkauksratkaisut.

Tapaus	Kulutusjoustotekniikka	Tehonrajoitus (K/E)	LKV-varaajan lataus	Lämmityksen asetusarvot (°C)					
				As. oleskelutilat			Yleiset tilat		
				Min.	Norm.	Max.	Min.	Norm.	Max.
1. Ref	–	E	–	–	21	–	–	17	–
2. KKJ	Keskitetty	E	–	20	21	–	–	17	–
3. HKJ+TR	Hajautettu	K	–	20	21	23	–	17	–
4. HKJ+TR+YT	Hajautettu	K	–	20	21	23	15	17	19
5. LVV+Vak	–	E	Vakio	–	21	–	–	17	–
6. LVV+Vak+HKJ+TR	Hajautettu	K	Vakio	20	21	23	–	17	–
7. LVV+DL	–	E	Dynaaminen teholaatus	–	21	–	–	17	–
8. LVV+DL+HKJ+TR	Hajautettu	K	Dynaaminen teholaatus	20	21	23	–	17	–

KKJ = Keskitetty kulutusjousto, HKJ = hajautettu kulutusjousto, TR = tehon rajoitus, YT = yleisilat, LVV = lämminvesivaraaja, VAK = vakioteholaatus ja DL = dynaaminen lataus

Taulukossa 6 esitetyssä keskitetyllä kulutusjousto-ohjauksella varustetussa tapauksessa radiaattoriverkoston menoveden lämpötilaa ohjataan kaukolämmön tunnittaisen energian hinnan avulla laskemalla menoveden lämpötilaa silloin, kun kaukolämmön hintatrendi on laskeva ja asuintilojen lämpötila on 20°C tai korkeampi.

Hajautetulla kulutusjousto-ohjauksella varustetuissa tapauksissa tilojen lämpötilaa ohjataan kaukolämmön tunnittaisen energian hinnan avulla laskemalla tilojen lämpötilan asetusarvoa kaukolämmön hintatrendin ollessa laskeva ja nostamalla asetusarvoa hintatrendin ollessa nouseva. Muutoin käytetään taulukossa 6 esitetyjä normaaleja tilojen lämmityksen asetusarvoja. Hajautetussa kulutusjousto-ohjauksessa käytetään lisäksi kaukolämmön tehonrajoitusta, joka palauttaa lämpötilan asetusarvon maksimiarvosta normaaliksi, mikäli kohteen kaukolämmön tehontarve ylittää vertailutapauksen max. tehontarpeen simuloidun lämmityskauden aikana.

Kaukolämmön tehonleikkausta tutkittiin lämmönjakokeskuksen käyttöveden lämmityspiiriin asennettavan 2.5 m³ lämminvesivaraajan avulla. Varaajan lämmityksen ohjaustavan vaikutusta kohteen lämmitystehontarpeeseen tutkittiin kahden eri ohjausratkaisun: vakioteholatauksen ja dynaamisen teholatauksen avulla. Vakioteholatauksen tapauksessa varaajaan lämmitetään jatkuvasti vakio lämmitysteholla rajoittamalla lataustehoa silloin, kun kaukolämmön paluuveden lämpötila ylittää lämpötilan 33°C. Tapauksessa lämmitysteho valittiin siten, että lämpimän käyttöveden lämpötila saavuttaa 58°C lämpötilan myös käyttöveden kulutushuippujen aikana. Dynaamisen teholatauksen tapauksessa varaajaa lämmitetään vuorokaudessa vain 18 tunnin ajan käyttäen muuttuvaa lämmitystehoa. Dynaamisen teholatauksen tapauksessa käyttövesivaraajan lämmitykseen voidaan käyttää myös tilojen ja ilmanvaihdon lämmityspiireille varattua lämmitystehoa, mikäli lämmönjakokeskuksen kokonaistehoa ei ylitetä. Myös dynaamisen teholatauksen tapauksessa varaajan lataustehoa rajoitetaan, mikäli kaukolämmön paluuveden lämpötila ylittää lämpötilan 33°C. Lisäksi molemmat lämminvesivaraajalla varustetut tapaukset simuloitiin myös varustettuna hajautetulla kulutusjousto-ohjauksella.

Taulukossa 7 on esillä simuloitujen kulutusjousto- ja teholeikkausratkaisujen vaikutus kaukolämmön ja sähkön energia- ja perusmaksuihin. Tulokset osoittavat, että keskitetyllä kulutusjousto-ohjauksella kaukolämmön ja sähkön kokonaiskustannukset jopa hieman kasvavat tarkastelukohteessa. Sen sijaan hajautetulla kulutusjousto-ohjauksella kokonaiskustannukset vähenevät 2–3 % riippuen siitä, käytetäänkö kulutusjousto-ohjausta asuintilojen lisäksi myös yleistiloissa. Käyttövesivaraajan hyödyntäminen tehonleikkaukseen kasvattaa hieman kaukolämmön energiakustannuksia riippumatta varaajan latausperiaatteesta, mutta dynaamisella tehollatauksella pystytään leikkaamaan kaukolämmön kokonaishuipputehoa lämmönjakokeskuksessa jopa 27 %, joka pienentää kaukolämmön perusmaksua merkittävästi (25 %). Dynaamisella tehollatauksella kaukolämmön ja sähkön kokonaiskustannuksia saadaan vähennetty hieman yli 4 %. Hajautetun kulutusjousto-ohjauksen käyttö käyttövesivaraajan kanssa kasvattaa kustannussäätöjä vakioteholatauksen tapauksessa, mutta puolestaan vähentää säästöjä dynaamisen teholatauksen yhteydessä.

Taulukko 7. Simuloitujen ratkaisujen vaikutus kaukolämmön ja sähkön energia- ja perusmaksuihin.

Tapaus	Energiamaksut				Perusmaksut		Yhteensä	
	KL	Sähkö	KL	Sähkö				
	€	Δ%	€	Δ%	€	€	€	Δ%
1. Ref	18640	0	12022	0.0	6463	631	37756	0.0
2. KKJ	18296	-1.8	12172	1.2	6712	631	37810	0.1
3. HKJ+TR	18516	-0.7	11244	-6.5	6498	631	36888	-2.3
4. HKJ+TR+YT	18288	-2	11245	-6.5	6545	631	36708	-2.8
5. LVV+Vak	18899	1.4	12024	0.0	6073	631	37626	-0.3
6. LVV+Vak+HKJ+TR	18773	0.7	11253	-6.4	5922	631	36579	-3.1
7. LVV+DL	18669	0.2	12023	0.0	4839	631	36162	-4.2
8. LVV+DL+HKJ+TR	18585	-0.3	11239	-6.5	6007	631	36462	-3.4

KKJ = Keskitetty kulutusjousto, HKJ = hajautettu kulutusjousto, TR = tehon rajoitus, YT = yleistilat, LVV = lämminvesivaraaja, VAK = vakioteholataus ja DL = dynaaminen lataus

Taulukko 8 osoittaa tutkittujen ratkaisujen vaikutuksen tarkastelukohteen kassavirtaan, ratkaisujen investointikustannukset sekä korollisen takaisinmaksuajan. Tulokset osoittavat, että keskitetty kulutusjousto-ohjaus ei ole tarkastelukohteessa kiinteistön omistajan kannalta taloudellisesti kannattava ratkaisu vaikkakin ratkaisun investointikustannus on varsin pieni. Hajautettu kulutusjousto-ohjaus ei ole myöskään taloudellisesti kannattava ratkaisu kiinteistön omistajan kannalta, koska tarkastelukohteessa tarvittavat investointikustannukset ovat saavutettaviin vuotuisiin säästöihin verrattuna suuret. Käyttövesivaraajan dynaamisen tehoolatausratkaisun korollinen takaisinmaksuaika on 10 vuotta, joten sitä ratkaisua voidaan pitää kiinteistön omistajan näkökulmasta taloudellisesti kannattavana ratkaisuna.

Taulukko 8. Simuloitujen ratkaisujen aiheuttama vuotuinen kassavirta, investointikustannus ja korollinen takaisinmaksuaika.

Tapaus	Kassavirta, (€/a)	Investointikustannus (€)	Takaisinmaksuaika (a)
1. Ref	0	0	-
2. KKJ	-80	1432	-
3. HKJ+TR	867	45760	75
4. HKJ+TR+YT	1047	52565	70
5. LVV+Vak	129	14483	-
6. LVV+Vak+HKJ+TR	1177	60243	72
7. LVV+DL	1594	14483	10
8. LVV+DL+HKJ+TR	1294	60243	63

KKJ = Keskitetty kulutusjousto, HKJ = hajautettu kulutusjousto, TR = tehon rajoitus, YT = yleistilat, LVV = lämminvesivaraaja, VAK = vakiokehilataus ja DL = dynaaminen lataus

4.1.3 Maalämpö- ja kulutusjoustoratkaisut

Maalämpöjärjestelmän ja sen kulutusjousto-ohjauksen taloudellista kannattavuutta tutkittiin kahdella eri tehomitoituksella suunnitellun maalämpöjärjestelmän sekä hajautetun kulutusjoustoratkaisun avulla. Simulointitutkimuksessa kulutusjousto-ohjauksessa käytettiin tunnitista sähkön spot-hintaa.

Taulukossa 9 on esillä simuloitujen ratkaisujen keskeiset ominaisuudet. Tutkimuksen vertailutapauksena (1. KL) käytetään olemassa olevaa tarkastelukohdetta kuvaavaa tapausta, jonka lämmitys on toteutettu kaukolämmöllä ilman kulutusjousto-ohjausta. Maalämpöjärjestelmän kannattavuutta tutkittiin tapausten 2 ja 3 avulla käyttämällä maalämpöpumpun tehomitoituksena 60 tai 80 % rakennuksen tilojen ja ilmanvaihdon maksimi lämmitystehontarpeesta lämmityskauden aikana. Tällöin lämpöpumpujen teho on 44 tai 59 kW ja lämpökerroin 4.5 standardoiduissa testausolosuhteissa (0/35°C) [18]. Maalämpöjärjestelmän apulämmitys on toteutettu kiinteistökohtaisella sähkökattilalla, jonka teho on 92 tai 77 kW maalämpöpumpun tehomitoituksesta riippuen. Tapauksissa 4 ja 5 edellä mainitut maalämpötapaudet on varustettu hajautetulla kulutusjousto-ohjauksella, joissa asuintilojen sekä yleisten tilojen lämpötilaa ohjataan sähkön spot-hinnan avulla laskemalla tilojen lämpötilan asetusarvoa kaukolämmön hintatrendin ollessa laskeva ja nostamalla asetusarvoa hintatrendin ollessa nouseva. Muutoin käytetään taulukossa 8 esitettyjä normaaleja tilojen lämmityksen

asetusarvoja. Kaikissa edellä mainituissa tapauksissa vesiradiaattoreiden mitoituslämpötilat ovat 60/30°C ja ilmanvaihdon jälkilämmitys toteutettu 45/30°C mitoituksella.

Taulukko 9. Simuloidut maalämpö- ja kulutusjoustoratkaisut.

Tapaus	Pää-lämmitys	MLP mitoitus (%)	Apu-lämmitys	Kulutus-jousto-tekniikka	Lämmityksen asetusarvot (°C)					
					As. oleskelutilat			Yleiset tilat		
					Min.	Norm.	Max.	Min.	Norm.	Max.
1. KL (ref)	KL	–	–	–		21			17	
2. MLP (60 %)	MLP	60	KKSK	–		21			17	
3. MLP (80 %)	MLP	80	KKSK	–		21			17	
4. MLP (60 %) +HKJ	MLP	60	KKSK	HKJ	20	21	23	15	17	19
5. MLP (80 %) +HKJ	MLP	80	KKSK	HKJ	21	21	23	15	17	19

KL = Kaukolämpö, MLP = maalämpöpumppu, HKJ = hajautettu kulutusjousto ja KSKS = kiinteistökohtainen sähkökattila

Taulukossa 10 on esillä simuloitujen kulutusjousto- ja teholeikkauksratkaisujen vaikutus kaukolämmön ja sähkön energia- ja perusmaksuihin. Tulokset osoittavat, että kaukolämmön korvaaminen maalämpöpumpulla, kun kulutusjousto-ohjausta ei hyödynnetä, vähentää lämmityksen kokonaiskustannuksia lämpöpumpun tehomitoituksesta riippuen 13–16 %. Lämmityksen kokonaiskustannus on 3,5 % pienempi 80 % tehomitoituksella. Hajautetun kulutusjousto-ohjauksen hyödyntäminen maalämmöllä varustetuissa tapauksissa vähentää lämmityksen kokonaiskustannuksia noin 2 %.

Taulukko 10. Simuloitujen ratkaisujen vaikutus kaukolämmön ja sähkön energia- ja perusmaksuihin.

Tapaus	Energiakustannukset				Perusmaksut		Yhteensä		
	Kauko-lämpö	Sähkö	Yht		Kauko-lämpö	Sähkö			
	€	€	€	Δ%	€	€	€	Δ€	Δ%
1. KL (ref)	18095	12172	30267	0,0	6392	612	37272	0	0,0
2. MLP (60 %)	–	28599	29513	–2,5	0	3906	32506	–4766	–12,8
3. MLP (80 %)	–	27928	28831	–4,7	0	3530	31457	–5815	–15,6
4. MLP (60 %) +HKJ	–	27826	28744	–5,0	0	4076	31902	–5370	–14,4
5. MLP (80 %) +HKJ	–	27064	27964	–7,6	0	3722	30786	–6486	–17,4

KL = Kaukolämpö, MLP = maalämpöpumppu ja HKJ = hajautettu kulutusjousto

Taulukko 11 osoittaa tutkittujen ratkaisujen vaikutuksen tarkastelukohteen kassavirtaan, ratkaisujen investointikustannukset sekä korollisen takaisinmaksuajan. Tulokset osoittavat, että tarkastelukohteena olevassa uudiskerrostalossa maalämpöjärjestelmän korollinen takaisinmaksuaika olisi hieman yli 20 vuotta molemmilla tutkituilla tehomitoitusratkaisuilla. Jos maalämpöjärjestelmän lisäksi tarkastelukohteessa investoitaisiin hajautettuun kulutusjousto-ohjaukseen, kasvaisi ratkaisun korollinen takaisinmaksuaika noin 30 vuoteen.

Taulukko 11. Simuloitujen ratkaisujen aiheuttama vuotuinen kassavirta, investointikustannus ja korollinen takaisinmaksuaika.

Tapaus	Kassavirta, (€/a)	Investointikustannus (€)	Takaisinmaksuaika (a)
2. MLP (60 %)	4766	90057	21,0
3. MLP (80 %)	5815	112729	21,6
4. MLP (60 %) +HKJ	5370	142622	30,9
5. MLP (80 %) +HKJ	6486	165294	29,5

KL = Kaukolämpö, MLP = maalämpöpumppu ja HKJ = hajautettu kulutusjousto

4.1.4 Johtopäätökset

Järvenpään Ainolassa sijaitsevalle uudiskerrostalolle toteutettiin simulointitutkimukset, joissa tarkasteltiin kaukolämmön paluuesilämmityksen, kaukolämmön kulutusjousto-ohjauksen sekä maalämpöjärjestelmän kulutusjousto-ohjauksen taloudellista kannattavuutta.

Kaukolämmön paluuesilämmityksellä voidaan kattaa suurin osa uudiskerrostalon lämmitysenergian ja tehontarpeesta, mutta paluuesilämmitys vaatii rinnalleen aina apulämmitysjärjestelmän. Kaukolämmön paluuesilämmitys on kaikilla tutkituilla apulämmitysratkaisuilla taloudellisesti kannattava ratkaisu tarkastelukohteessa kiinteistön omistajan näkökulmasta, mikäli kaukolämmön tuottaja myöntää alennusta energia- ja tehomaksuista normaaliin kaukolämmön menovedellä toteutettuun ratkaisuun verrattuna. Pyritäessä 10 vuoden korolliseen takaisinmaksuaikaan, tarvittavan alennuksen määrä vaihtelee 5–30 % välillä käytettävästä apulämmitysratkaisusta ja paluuveden lämpötilatasosta riippuen.

Tutkitut kaukolämmön kulutusjoustoratkaisut eivät ole kiinteistön omistajan näkökulmasta taloudellisesti kannattavia ratkaisuja tarkastelukohteessa. Tämä johtuu siitä, ettei keskitetyllä kulutusjousto-ohjauksella saada pienennettyä lämmityksen vuotuisia kokonaiskustannuksia tarkastelukohteessa ja hajautetulla kulutusjousto-ohjauksella saadut vuotuiset säästöt ovat liian pienet tarkastelukohteessa tarvittaviin investointeihin nähden. Käyttövesivaraajan dynaamisella tehollausratkaisulla pystytään sen sijaan pienentämään kaukolämmön huipputehontarvetta lämmönjakokeskuksessa jopa 27 %, joka pienentää kaukolämmön perusmaksua merkittävästi, kun perusmaksun hinnoitellaan tuntitason tehontarpeen perusteella, kuten tarkastelukohteessa kolmen huipputunnin keskimääräistä tehontarvetta käyttäen. Käyttövesivaraajan dynaamisen tehollausratkaisun korollinen takaisinmaksuaika on tarkastelukohteessa 10 vuotta, joten ratkaisua voidaan pitää kiinteistön omistajan näkökulmasta taloudellisesti kannattavana ratkaisuna.

Maalämpöjärjestelmän takaisinmaksuaika uudiskerrostalossa on suhteellisen pitkä, johtuen suuresta alkuinvestoinnista suhteessa energiatehokkaan uudiskerrostalon vähäiseen lämmitysenergiantarpeeseen. Tulokset osoittavat myös, että hajautetun kulutusjousto-ohjauksen hyödyntämisen kannattavuus maalämpöjärjestelmällä varustetussa uudiskerrostalossa kärsii merkittävästi kulutusjousto-ohjauksen suurista investointikustannuksista.

4.2 Käpylän tarkastelukohde

Helsingin Käpylässä sijaitsevalle vanhalle kerrostalolle toteutettiin kaksi erillistä simulointitutkimusta, joissa tarkasteltiin erilaisten energiakorjausratkaisujen taloudellista kannattavuutta sekä CO₂-päästövaikutuksia ja kaukolämmön kulutusjousto-ohjauksen taloudellista kannattavuutta. Tässä luvussa esitetään simulointitutkimusten tulokset.

4.2.1 Energiakorjausratkaisut

Tarkastelukohteen korkean suojelustatuksen vuoksi (kts. luku 2.2) simulointitutkimuksessa tarkasteltiin energiakorjausratkaisuja, jotka eivät aiheuta muutoksia kohteen julkisivuihin tai ilmanvaihtoon. Tutkimuksessa simuloitujen maalämpöratkaisujen toteuttaminen edellyttää maalämpökaivojen poraamista tontille, jonka toteuttamismahdollisuus on syytä selvittää tapauskohtaisesti pihan suojelustatus huomioon ottaen (kts. luku 2.2), mikäli tarkastelukohhteessa päädyttäisiin vaihtamaan lämmitysratkaisua.

Taulukossa 12 on esillä simuloitujen ratkaisujen keskeiset ominaisuudet. Tutkimuksen ensimmäinen vertailutapaus (Ref 1) kuvaa tarkastelukohdetta siinä kunnossa, jossa se oli kohteen lähtötietojen keräämisen ja seurantamittausten toteutusaikana (kts. luku 3.1). Tällöin tarkastelukohteen lämmöneristystaso oli alkuperäinen ja asuntojen huonelämpötilat vaihtelivat lämmityskaudella asunnon sijainnista riippuen. Toisessa vertailutapauksessa (Ref 2) tarkastelukohteelle toteutettiin radiaattoriverkoston tasapainotus ja huonelämpötilat säädettiin samalle tasolle kuin Ainolan uudiskerrostalokohteessa (kts. luku 4.1). Muissa simulointitapauksissa radiaattoriverkosto on tasapainotettu ja huonelämpötilat ovat samalla tasolla kuin toisessa vertailutapauksessa.

Kolmannessa simulointitapauksessa tarkastelukohteen ullakkotilaan asennettiin lisälämmöneristettä, jonka seurauksena yläpohjan lämmöneristystaso nousi ullakkotilan osalta päätyhuoneistojen yläpohjaa lukuun ottamatta uudiskerrostalon yläpohjan tyypilliselle lämmöneristystasolle. Neljännessä simulointitapauksessa tarkastelukohteeseen asennettiin 80 % tehomitoituksella varustettu maalämpöpumppu ja apulämmitysratkaisuna käytettiin kaukolämpöä. Viides simulointitapaus vastaa muuten neljättä simulointitapausta, mutta siinä alkuperäiset korkealämpötilaiset (80/60°C) radiaattorit korvattiin matalalämpötilaradiaattoreilla, joiden mitoituslämpötilat ovat 45/30°C. Kuudennessa simulointitapauksessa käytetään alkuperäisiä radiaattoreita, mutta maalämpöpumpun apulämmityksenä käytetään kiinteistökohtaista sähkökattilaa. Seitsemäs simulointitapaus on muilta osin samanlainen kuin kuudes tapaus, mutta siinä tapauksessa alkuperäiset radiaattorit korvataan matalalämpötilaradiaattoreilla. Kahdeksannessa simulointitapauksessa tarkastelukohteen yläpohjaan on asennettu lisälämmöneriste kuten tapauksessa kolme ja kohde on varustettu sähköisellä apulämmityksellä varustetulla maalämpöjärjestelmällä sekä alkuperäisillä radiaattoreilla. Tapauksissa yhdeksän ja kymmenen maalämpöjärjestelmän tehomitoitus on 60 % ja tapaukset poikkeavat toisistaan vain apulämmitysjärjestelmän osalta. Maalämpöjärjestelmän tehomitoituksen ollessa 60 % tai 80 % maalämpöpumpun teho on 108 kW tai 144 kW ja lämpökerroin 4.5 standardoiduissa testausolosuhteissa (0/35°C) [18].

Taulukko 12. Simuloidut energiakorjausratkaisut.

Tapaus	Pää- lämmitys	MLP mitoitus (%)	Apu- lämmitys	Radiaattoriverkosto		Lämmöneristys- taso
				Tasapaino	Lämpötilat	
1. Ref 1	KL	–	–	Alkup. ^A	80/60°C	Alkup. ^C
2. Ref 2	KL	–	–	Korjattu ^B	80/60°C	Alkup. ^C
3. YP lisäeristys	KL	–	–	Korjattu ^B	80/60°C	YP lisäeristys ^D
4. MLP+KL	MLP	80 %	KL	Korjattu ^B	80/60°C	Alkup. ^C
5. MLP+KL+Rad (45/30)	MLP	80 %	KL	Korjattu ^B	45/30°C	Alkup. ^C
6. MLP+KKSK	MLP	80 %	KKSK	Korjattu ^B	80/60°C	Alkup. ^C
7. MLP+KKSK+ Rad (45/30)	MLP	80 %	KKSK	Korjattu ^B	45/30°C	Alkup. ^C
8. MLP+KKSK+YP	MLP	80 %	KKSK	Korjattu ^B	80/60°C	YP lisäeristys ^D
9. MLP (60 %) +KL	MLP	60 %	KL	Korjattu ^B	80/60°C	Alkup. ^C
10. MLP (60 %) +KKSK	MLP	60 %	KKSK	Korjattu ^B	80/60°C	Alkup. ^C

YP = yläpohja, MLP = maalämpöpumppu, KL = kaukolämpö, Rad = radiaattorit ja
KKSK = kiinteistökohtainen sähkökattila

A Patteriverkostossa alkuperäinen tasapainotus ja huonelämpötilat lämmityskaudella (asuintilat: 20,5–22°C, kylpyhuoneet 25°C, yleistilat 16–17°C).

B Patteriverkosto tasapainotettu ja huonelämpötilat lämmityskaudella (asuintilat: 21°C, kylpyhuoneet 23°C, yleistilat 17°C).

C Alkuperäinen lämmöneristystaso, jolloin rakenteiden U-arvot (ulkoseinät ja yläpohja 0,7 W/m²K, ikkunat 2,9 W/m², K).

D Rakenteiden U-arvot alkuperäisiä, mutta yläpohjan U-arvo 0,09 W/m², K.

Taulukossa 13 on esillä simuloitujen energiakorjausratkaisujen takaisinmaksuajat ja 25 vuoden elinkaarikustannusten nykyarvot sekä tarkastelukohteen kaukolämmön ja sähkön käytöstä peräisin olevat CO₂-päästöt. Ratkaisujen taloudellista kannattavuutta tarkasteltiin käyttäen vuoden 2024 ja 2025 Helenin kaukolämmön energian hintoja, koska vuonna 2025 energian hinta on keskimäärin noin 7 % matalampi kuin vuonna 2024. Kaukolämmön perusmaksu laskettiin molempina vuosina samojen hinnoitteluperiaatteiden mukaisesti. CO₂-päästöt laskettiin sekä Helenin vuoden 2023 päästökertoimien että Suomen vuosien 2020–2022 keskimääräisten päästökertoimien avulla. Helenin päästökertoimet ovat (sähkö: 271 kg-CO₂/MWh ja kaukolämpö: 162 kg-CO₂/MWh [19]) ja Suomen keskimääräiset päästökertoimet (sähkö: 70 kg-CO₂/MWh ja kaukolämpö: 145 kg-CO₂/MWh [20]).

Taulukko 13. Energiakorjausratkaisujen korollinen takaisinmaksuaika, elinkaarikustannukset (LCC) ja vuotuiset CO₂-päästöt.

Tapaus	Takaisinmaksuaika (a)		LCC (€/m ²)		Päästöt (kg-CO ₂ /m ² , a)	
	2024	2025	2024	2025	HELEN	Suomi
1. Ref 1	-	-	-	-	39,2	30,9
2. Ref 2	-	-	561,8	528,3	39,5	31,1
3. YP lisäeristys	2,8	3,2	531,2	499,7	37,7	29,5
4. MLP+KL	7,4	8,5	340,0	338,5	26,5	7,9
5. MLP+KL+Rad (45/30)	10,6	12,1	331,0	330,4	24,8	6,9
6. MLP+KKSK	7,2	8,2	320,1	320,1	27,5	7,1
7. MLP+KKSK+Rad (45/30)	10,4	11,9	320,1	320,1	25,3	6,5
8. MLP+KKSK+YP	7,1	8,1	308,2	308,2	26,4	6,8
9. MLP (60 %) +KL	6,2	7,1	350,5	346,1	26,8	9,7
10. MLP (60 %) +KKSK	6,4	7,4	336,2	336,2	29,5	7,6

YP = yläpohja, MLP = maalämpöpumppu, KL = kaukolämpö, Rad = radiaattorit ja KKKSK = kiinteistökohtainen sähkökattila

Taulukon 13 tulokset osoittavat, että vuoden 2024 kaukolämmön hinnalla yläpohjan lisälämmöneristämisen takaisinmaksuaika on hieman alle 3 vuotta ja maalämpöpumpulla varustettujen ratkaisujen takaisinmaksuaika vaihtelee noin 6 ja 11 vuoden välillä riippuen maalämpöpumpun mitoituksista sekä apulämmitys- ja radiaattoriratkaisuista. Tällöin maalämpöpumpun käyttö laskee ratkaisujen elinkaarikustannuksia tapauksesta riippuen 37–43 %. Tulokset osoittavat, että elinkaarikustannukset ovat 3–5 % pienemmät maalämpöpumpun 80 % tehomitoituksella pienempään tehomitoitukseen verrattuna. Myös sähköinen apulämmitys on elinkaarikustannusten näkökulmasta 3–6 % kannattavampi ratkaisu kuin kaukolämmön käyttö apulämmitykseen. Alkuperäisten radiaattoreiden vaihto matalalämpötilaradiaattoreihin on elinkaarikustannusten näkökulmasta kannattava ratkaisu, kun apulämmitys toteutetaan kaukolämmöllä. Elinkaarikustannusten näkökulmasta tapaus 8 on simuloituista ratkaisuista kustannustehokkain, jossa maalämpöpumppu on varustettu kiinteistökohtaisella sähkökattilalla, radiaattorit ovat alkuperäisiä ja yläpohjaan on asennettu lisälämmöneristys.

Verrattuna vuoden 2024 kaukolämmön hinnalla laskettuihin tuloksiin, taulukon 13 tulokset osoittavat, että vuoden 2025 matalampi kaukolämmön hinta pidentää ratkaisujen takaisinmaksuaikaa 0,2–1,5 vuotta. Samalla pelkällä kaukolämmöllä varustettujen ratkaisujen elinkaarikustannukset pienenevät 6 % ja kaukolämpöä apulämmityksenä käyttävien ratkaisujen elinkaarikustannukset pienenevät 0,2–1,3 %. Samoin kuin vuoden 2024 kaukolämmön hintaa käytettäessä, myös vuoden 2025 kaukolämmön hinnalla sähköinen maalämpöpumpun apulämmitys on kannattavampi kuin kaukolämpö ja radiaattoreiden vaihto kannattaa siinä tapauksessa, että apulämmityksenä käytetään kaukolämpöä. Tapaus 8 on ratkaisuista kustannustehokkain myös vuoden 2025 kaukolämmön hintaa käytettäessä.

Taulukon 13 tulokset osoittavat, että simuloitujen ratkaisujen päästövaikutukset riippuvat merkittävästi tarkastelukohteessa käytetyn sähkön ja kaukolämmön tuotantorakenteesta. Helenin tuotantorakenteella tarkastelukohteen CO₂-päästöt vaihtelevat välillä 24,8–39,3 kg-CO₂/m²,a, kun Suomen keskimääräisellä tuotantorakenteella ne vaihtelevat välillä 6,5–30,9 kg-CO₂/m²,a.

Helenin tuotantorakenteella simuloituilla ratkaisuilla saadaan pienennettyä tarkastelukohteen CO₂-päästöjä enimmillään 40 %, kun Suomen keskimääräisellä tuotantorakenteella päästövähennys on enimmillään jopa 80 %. Helenin tuotantorakenteella suurimmat päästövähennykset saadaan aikaiseksi tapauksessa 5, jossa maalämpöpumpun apulämmitys on toteutettu kaukolämmöllä ja alkuperäiset radiaattorit on korvattu matalalämpötilaradiaattoreilla. Suomen keskimääräisellä tuotantorakenteella suurimmat päästövähennykset saavutetaan tapauksessa 7, joka vastaa muutoin tapausta 5, mutta apulämmitys on toteutettu kiinteistökohtaisella sähkökattilalla. Kun simuloitujen ratkaisujen elinkaarikustannukset otetaan huomioon, kustannustehokkain päästövähennysratkaisu on tapaus 8, jossa maalämpöpumppu on varustettu kiinteistökohtaisella sähkökattilalla, radiaattorit ovat alkuperäisiä ja yläpohjaan on asennettu lisälämmöneristys.

4.2.2 Kaukolämmön kulutusjousto

Kaukolämmön kulutusjousto-ohjauksen sekä kaukolämmön tehonleikkauksen taloudellista kannattavuutta tutkittiin sekä keskitetyn että hajautetun kulutusjousto-ohjausratkaisun sekä käyttövesivaraajan avulla. Ratkaisujen toimintaperiaatteet ovat samoja, joita käytettiin myös Ainolan uudiskerrostalokohteen kulutusjoustotutkimuksessa (kts. Luku 4.1.2). Myös lämmityksen ohjauksessa käytetty kaukolämmön tunnittainen energian hinta perustuu samaan synteettiseen kaukolämmön hintaan [17], jota käytettiin uudiskerrostalon tutkimuksessa. Käpylän tarkastelukohteen tapauksessa synteettinen kaukolämmön hinta normitettiin kuitenkin vastaamaan Helenin vuoden 2024 kuu-kausittaista kaukolämmön energian hintaa, koska tarkastelukohde sijaitsee Helenin kaukolämpöverkon alueella. Myös kaukolämmön perusmaksu laskettiin Helenin hinnoitteluperiaatteita noudattaen käyttäen vuoden 2024 hintoja.

Taulukossa 14 on esillä simuloitujen ratkaisujen keskeiset ominaisuudet. Tutkimuksen vertailutapauksena (1. Ref) käytetään olemassa olevaa tarkastelukohdetta kuvaavaa tapausta, jossa ei hyödynnetä kaukolämmön kulutusjousto-ohjausta tai kohteen lämmönjakokeskukseen asennettavaa lämminvesivaraajaa. Keskitetyllä kulutusjousto-ohjauksella varustetussa tapauksessa radiaattoriverkoston menoveden lämpötilaa ohjataan kaukolämmön tunnittaisen energian hinnan avulla ja hajautetulla kulutusjousto-ohjauksella varustetuissa tapauksissa ohjataan vastaavasti tilojen lämpötilaa huonekohtaisesti luvussa 4.1.2 esitettyjen periaatteiden mukaisesti. Kaukolämmön tehonleikkauksen vaikutuksia tutkittiin käyttöveden lämmityspiiriin asennettavan 2.5 m³ lämminvesivaraajan avulla, jonka lämmitystä ohjataan luvussa 4.1.2 esitettyä dynaamista teholatausperiaatetta käyttäen.

Taulukko 14. Simuloidut kulutusjousto- ja tehonleikkausratkaisut.

Tapaus	Kulutusjousto- tekniikka	Tehon- rajoitus (K/E)	LV- varaaja (K/E)	Lämmityksen asetusarvot (°C)					
				Asuntojen oleskelutilat			Yleiset tilat		
				Min.	Norm.	Max.	Min.	Norm.	Max.
1. Ref	–	E	E	–	21	–	–	17	–
2. KKJ	Keskitetty	E	E	20	21	–	–	17	–
3. HKJ	Hajautettu	K	E	20	21	23	15	17	19
4. LVV+DL	–	K	K	–	21	–	–	17	–

KKJ = keskitetty kulutusjousto, HKJ = hajautettu kulutusjousto, LVV = lämminvesivaraaja ja DL = dynaaminen teholaatus

Taulukossa 15 on esillä simuloitujen kulutusjousto- ja tehonleikkausratkaisujen vaikutus kaukolämmön ja sähkön energia- ja perusmaksuihin. Tulokset osoittavat, että keskitetyllä kulutusjousto-ohjauksella kaukolämmön energiakustannukset pienenevät lähes 4 % ja myös perusmaksu pienenee hieman, jolloin kaukolämmityksen kokonaiskustannukset vähenevät kaikkiaan yli 3 %. Hajautetun kulutusjousto-ohjauksen käyttö pienentää kaukolämmön energiakustannuksia hieman enemmän kuin keskitetty kulutusjousto, jolloin kaukolämmityksen kokonaiskustannukset vähenevät lähes 5 %.

Käyttövesivaraajan hyödyntäminen tehonleikkaukseen kasvattaa kaukolämmön energiakustannuksia 1,5 % ja vähentää kaukolämmön perusmaksua vain 1 %, jolloin kaukolämmityksen kokonaiskustannukset kasvavat yli 1 %. Käyttövesivaraajan hyödyntämisen vaikutukset kaukolämmityksen kustannuksiin tässä tarkastelukohteessa poikkeavat merkittävästi luvussa 4.1.2 esitettyihin tuloksiin verrattuna, joiden mukaan kaukolämmön perusmaksu uudiskerrostalossa pienenee 25 % ja kokonaiskustannukset pienenevät yli 4 % käyttövesivaraajan dynaamisen latausratkaisun seurauksena. Tehonleikkausratkaisun vaikutus kaukolämmön perusmaksuun on täysin erilainen valituissa tarkastelukohteissa, koska uudiskerrostalon tapauksessa kaukolämmön perusmaksun laskennassa käytetään kolmen huipputunnin keskimääräistä tehontarvetta Tuusulanjärven Lämmön hinnoitteluperiaatteiden mukaisesti. Sen sijaan Käpylän tarkastelukohteen perusmaksu määräytyy Helenin hinnoitteluperiaatteiden mukaisesti huippuvuorokauden keskimääräisen tehon perusteella. Käpylän tarkastelukohteessa käyttövesivaraajan avulla saadaan pienennettyä kolmen huipputunnin keskimääräistä tehontarvetta 16 %, mutta huippuvuorokauden keskimääräistä tehontarvetta vain 1 %, jonka vuoksi vaikutukset kaukolämmön perusmaksuun jäävät vähäisiksi.

Taulukko 15. Simuloitujen ratkaisujen vaikutus kaukolämmön energia- ja perusmaksuihin.

Tapaus	Energiamaksu		Perusmaksu		Yhteensä	
	€	Δ%	€	Δ%	€	Δ%
1. Ref	57253	0,0	7375	0,0	64628	0,0
2. KKJ	55097	–3,8	7344	–0,4	62441	–3,4
3. HKJ	54095	–5,5	7380	+0,1	61475	–4,9
4. LVV+DL	58139	+1,5	7302	–1,0	65442	+1,3

KKJ = keskitetty kulutusjousto, HKJ = hajautettu kulutusjousto, LVV = lämminvesivaraaja ja DL = dynaaminen teholaatus

Taulukko 16 osoittaa tutkittujen ratkaisujen vaikutuksen tarkastelukohteen kasvavirtaan, ratkaisujen investointikustannukset sekä korollisen takaisinmaksuajan. Tulokset osoittavat, että keskitetty kulutusjousto-ohjaus on tarkastelukohteessa taloudellisesti kannattava ratkaisu kiinteistön omistajan näkökulmasta. Keskitetyllä kulutusjousto-ohjauksella aikaansaadut vuotuiset säästöt ovat merkittäviä investointikustannuksiin verrattuna, jonka seurauksena takaisinmaksuaika on huomattavan lyhyt, vain alle vuoden. Hajautetun kulutusjoustoratkaisun takaisinmaksuaika on merkittävästi pidempi, noin 21 vuotta, johtuen huomattavan korkeista investointikustannuksista. Käyttövesivaraajan dynaaminen teholatausratkaisu ei ole kiinteistön omistajan näkökulmasta taloudellisesti kannattava ratkaisu tarkastelukohteessa, koska ratkaisu kasvattaa vuotuisia lämmityksen kokonaiskustannuksia.

Simuloitujen ratkaisujen vaikutukset vuotuisiin lämmityskustannuksiin ja takaisinmaksuajat poikkeavat merkittävästi luvussa 4.1.2 esitetyistä uudiskerrostalon tuloksista. Erot johtuvat mm. siitä, että vanhan kerrostalon märkätiloissa ei ole käytössä sähköistä lattialämmitystä, toisin kuin uudiskerrostalossa ja kaukolämmön perusmaksun hinnoitteluperiaatteet ovat tarkastelukohteissa erilaiset. Esimerkiksi uudiskerrostalossa keskitetyn kulutusjousto-ohjauksen käyttö kasvattaa märkätilojen sähköisen lattialämmityksen kustannuksia ja kaukolämmön perusmaksua, jotka ylittävät kaukolämmityksen energiakustannussäästöt tehden ratkaisun taloudellisesti kannattamattomaksi. Sen sijaan vanhassa kerrostalossa keskitetty kulutusjousto-ohjaus pelkästään pienentää kaukolämmön energiakustannusta ja myös kaukolämmön perusmaksu pienenee tehden ratkaisusta kannattavan. Kulutusjoustoratkaisujen vaikutukset kaukolämmityksen energiakustannuksiin poikkeavat tarkastelukohteiden välillä myös siksi, että kohteiden energiatehokkuus, esimerkiksi vaipan lämmöneristystaso ja ilmanpitävyys poikkeavat merkittävästi toisistaan. Sen vuoksi huonelämpötilan laskulla lämmityksen ohjaustoimenpiteiden seurauksena on merkittävämpi vaikutus vanhan kerrostalon energiakustannuksiin kuin uudiskerrostalossa.

Taulukko 16. Simuloitujen ratkaisujen aiheuttama vuotuinen kassavirta, investointikustannus ja korollinen takaisinmaksuaika.

Tapaus	Kassavirta, (€/a)	Investointikustannus (IK) (€)	Takaisinmaksuaika (TMA) (a)
2. KKJ	2147	1432	0,7
3. HKJ	3157	60580	21,4
4. LVV+DL	-784	14983	-

KKJ = keskitetty kulutusjousto, HKJ = hajautettu kulutusjousto, LVV = lämminvesivaraaja ja DL = dynaaminen teholataus

4.2.3 Johtopäätökset

Helsingin Kypylässä sijaitsevalle vanhalle kerrostalolle toteutettiin kaksi erillistä simulointitutkimusta, joissa tarkasteltiin energiakorjausratkaisujen taloudellista kannattavuutta sekä CO₂-päästövaikutuksia ja kaukolämmön kulutusjousto-ohjauksen taloudellista kannattavuutta.

Tutkitut energiankorjausratkaisut ovat kiinteistön omistajan kannalta taloudellisesti kannattavia. Yläpohjan lisälämmöneristämisen takaisinmaksuaika on noin 3 vuotta ja maalämpöjärjestelmän 6–12 vuotta ratkaisusta ja kaukolämmön hinnasta riippuen. Maalämpöjärjestelmään siirtyminen pienentää elinkaarikustannuksia noin 35–43 % ratkaisusta ja kaukolämmön hinnasta riippuen. Maalämpöpumpun sähköinen apulämmitys on elinkaarikustannusten näkökulmasta kannattavampi apulämmitysratkaisu kuin kaukolämpö, riippumatta siitä, käytetäänkö laskennassa vuoden 2024 vai vuoden 2025 keskimäärin 7 % matalampaa kaukolämmön energian hintaa. Energiakorjausratkaisu, jossa maalämpöpumppu on varustettu kiinteistökohtaisella sähkökattilalla, radiaattorit ovat alkuperäisiä ja yläpohjassa on lisälämmöneristetty, on tutkituista ratkaisuista kustannustehokkain riippumatta käytetystä kaukolämmön hinnasta.

Simuloitujen ratkaisujen päästövaikutukset riippuvat merkittävästi tarkastelukohhteessa käytetyn sähkön ja kaukolämmön tuotantorakenteesta. Tarkastelukohde on liitetty Helenin kaukolämpöverkkoon ja tutkimuksessa mukana olevilla ratkaisuilla saadaan pienennettyä tarkastelukohteen CO₂-päästöjä tutkimuksen teko aikaan enimmillään 40 %, kun Suomen keskimääräisellä tuotantorakenteella ratkaisuilla aikaansaatu päästövähennys olisi tarkastelukohhteessa enimmillään jopa 80 %. Merkittävä ero johtuu siitä, että tutkimuksen teko aikaan Helen käytti energiantuotannossaan vielä kivihiltä, mutta sittemmin kivihilen käyttö energiantuotannossa on lopetettu Helsingissä ja sen myötä myös koko Suomessa. Muutoksen myötä ero Helenin ja Suomen keskimääräisellä tuotantorakenteella laskettujen energiakorjausten päästövaikutusten välillä tulee jatkossa pieneneään.

Keskitetyn kulutusjousto-ohjauksen takaisinmaksuaika on tarkastelukohhteessa huomattavan lyhyt, vain alle vuoden ja ratkaisu on taloudellisesti kannattava kiinteistön omistajan näkökulmasta. Hajautetun kulutusjoustoratkaisun takaisinmaksuaika on merkittävästi pidempi, hieman yli 20 vuotta, johtuen huomattavan korkeista investointikustannuksista. Käyttövesivaraajan dynaaminen tehollausratkaisu ei ole kiinteistön omistajan näkökulmasta taloudellisesti kannattava tarkastelukohhteessa, koska ratkaisulla ei pystytä pienentämään merkittävästi kaukolämmön perusmaksua ja ratkaisun käyttö kasvattaa vuotuisia lämmityksen kokonaiskustannuksia.

Merkittävät erot tarkastelukohhteiden välillä tutkittujen kulutusjousto- ja tehonleikkausratkaisujen kannattavuudessa osoittaa sen, että kulutusjousto- ja tehonleikkaukseen liittyvien ratkaisujen kannattavuutta on syytä tarkastella tapauskohtaisesti ottaen huomioon tarkastelukohteen ominaisuudet, käyttö sekä alueella tarjolla olevan kaukolämmön perusmaksun hinnoitteluperiaatteet.



5. Hankkeen muiden tutkimus- ja kehitysprojektien tuloksia

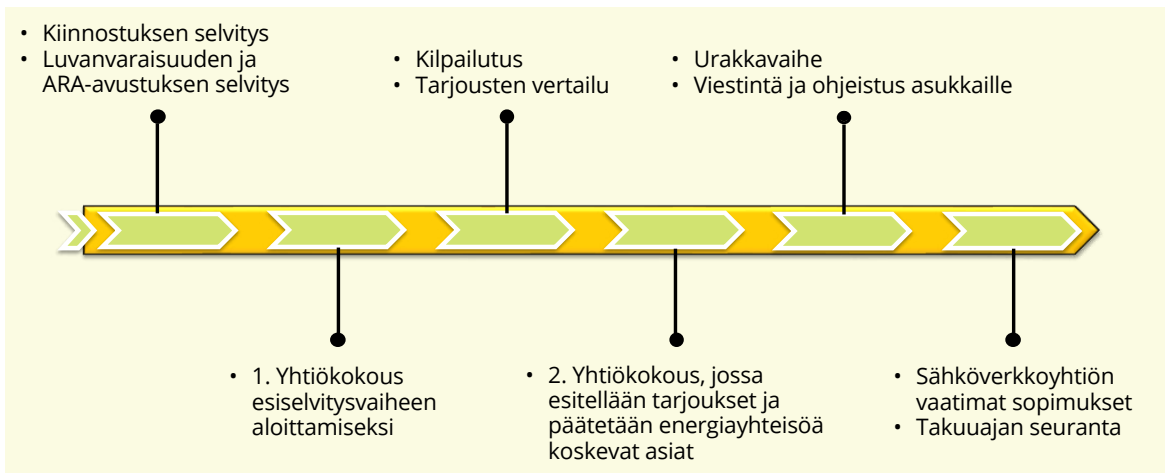
Osana BLOCKCC-hanketta Metropolia Ammattikorkeakoulussa on toteutettu opiskelijayhteistyönä innovaatioprojekteja sekä yksi tutkimustyö hankkeeseen ja Käpylän tarkastelualueeseen liittyen. Tässä kappaleessa kuvataan tiivistetysti niiden aiheita ja päätuloksia.

5.1 Pienemmät kehityspojektit

Energiayhteisön perustamisopas taloyhtiöille

Taloyhtiön aurinkovoimalan tuottamaa sähköä voidaan nykyään käyttää kiinteistö-sähkön kulutuksen lisäksi suoraan osakkaiden hyväksi. Tämän inspiroimana hankkeessa laadittiin opiskelijayhteistyönä energiayhteisön perustamisopas taloyhtiölle syksyllä 2023. [\[21\]](#)

Opas on suunnattu ensisijaisesti taloyhtiön hallitukselle ja isännöitsijälle tukemaan energiayhteisön perustamisen prosessia. Se keskittyy kiinteistön sisäiseen energiayhteisöön, joka on oppaan näkökulmasta aurinkosähkön tuottaja-kuluttaja. Oppaan oleellinen sisältö on energiayhteisön perustamisen kronologinen esittely aina osakkaiden kiinnostuksen selvityksestä aurinkovoimalan toteutukseen ja takuuajan seurantaan (kuva 19). Energiayhteisön perustamiseksi tarvittavien yhtiökokousten esityslistoista ja asukastiedottamisesta laadittiin lisäksi mallipohjat, jotka ovat helposti kopioitavissa taloyhtiöiden käyttöön.



Kuva 19. Energiayhteisön perustamisen aikajana [21].

Hukkalämmön tuottajat osana alueellista energiaosuuskuntaa

Käpylän tarkastelualueella sijaitsee pesula, jonka hukkalämmön hyödyntämisen mahdollisuuksia on tutkittu hankkeessa. Syksyllä 2023 tehtiin pesulaan olosuhde-mittauksia, jossa mitattiin kosteutta, lämpötilaa ja virtausnopeuksia mm. poisto-ilmastointikanavassa. Niiden perusteella arvioitiin hukkalämmön hyödyntämistä alueellisesti. Kehitysprojektin aikana tehtiin myös kaksi demonstraatiota, missä hukkalämpövirtoja tutkittiin erilaisissa kuormitustilanteissa.

Asuntokohtaisten mittausten mahdollisuudet

Käpylän tarkastelualueella toteutettiin tutkimusprojekti, jossa tutkittiin lämmitys-energian asuntokohtaisen kulutuksen mittauksen aihepiiriä suomalaisessa kerros-talokohteessa. Käytäntö, jossa lämmitysenergiasta maksetaan todellisen kulutuksen mukaan, on laajalti käytössä Euroopassa, mutta ei Suomessa tai Ruotsissa.

Projektissa tehtiin sekä asuntojen olosuhteiden (lämpötilan ja kosteuden) mittauksia että lämmönjakohuoneen meno- ja paluuvien lämpötilojen mittauksia. Yhteistä molemmille vastuualueille oli ulkolämpötilojen mittaus. Joihinkin asuntoihin ja läm-mönjakohuoneeseen asennettiin erillisiä verkkoyhteydessä olevia mittaustureita ja niistä saatua dataa kerättiin ja jalostettiin.

Lämmön kausivarastointi kaupan hukkalämmöistä

Projektissa tutkittiin alueella olleen päivittäistavarakaupan hukkalämpövirtoja yhteis-työssä kauppaketjun kanssa. Lisäksi selvitettiin kehitysprojektina, miten kesällä syn-tyvää hukkalämpöä voisi pilottialueella varastoida lämmityskaudelle asti.

Sähköisen lisälämmityksen hyödyntäminen asunto-osakeyhtiön kaukolämpökustannuksissa

Projektissa tutkittiin erilaisia kaukolämpötuotteita ja sitä, miten sähköisellä lisäläm-mityksellä pystyttäisiin leikkaamaan kaukolämmityksen tehomaksuja.

Taulukko 17. Yhteenveto BLOCKCC-hankkeen muista tutkimus- ja kehitysprojeekteista.

Projekti	Lisätietoja
Energiayhteisön perustamisopas taloyhtiöille	Opas on suunnattu ensisijaisesti taloyhtiön hallitukselle ja isännöitsijälle tukemaan monivaiheista prosessia, jota energiayhteisön perustaminen edellyttää.
Hukkalämmön tuottajat osana alueellista energiaosuuskuntaa.	Pilottialueella sijainneen pesulan hukkalämpövirtojen ja energiataseen selvittäminen.
Asuntokohtaisten mittauksen mahdollisuudet	Käpylän kohteen olosuhde- ja kaukolämpödatan mittaamisjärjestelmän pystyttäminen.
Lämmön kausivarastointi kaupan hukkalämmöstä	Tutkittiin erilaisia materiaaleja ja tekniikoita, joilla tarkastelualueella olevan vähittäiskaupan lauhdelämpöä voitaisiin kausivarastoida kesältä lämmityskaudelle.
Sähköisen lisälämmityksen hyödyntäminen asunto-osakeyhtiön kaukolämpökustannuksissa	Tutkittiin erilaisia kaukolämpötuotteita ja sähköisen lisälämmityksen kustannusvaikutuksia.
Maalämpöä palveluna	Yritys- ja palvelukartoitus maalämpöä palveluna tarjoavista yrityksistä

5.2 Tutkimusprojekti: Maalämpöä palveluna

Hankkeessa tehtiin kyselytutkimus, jossa vertailtiin palveluna tarjottavia maalämpöratkaisuja.

Maalämpö on puhdasta ja uusiutuvaa energiaa, joka on varastoitunut maaperään auringon lämpöenergiasta tai johtuu kuumasta maan sisuksesta. Lämmityksessä maalämpöä siirretään maalämpöpumpuilla putkistossa kiertävästä lämmönkeruunesteestä kiinteistön käyttöön. Soveltuvalla ratkaisulla lämpöä voidaan myös palauttaa maaperään, eli jäähdyttää. Maalämpöön siirtyminen on kiinnostanut energiamaksujen säästöpotentiaalin lisäksi energiaomavaraisuuden näkökulmasta.

Palvelumallilla hankittu maalämpö tarkoittaa sitä, ettei asiakkaan tarvitse tehdä kertainvestointia maalämpölaitteistoon ja -putkistoon asennuksineen, vaan sen sijaan solmitaan kuukausimaksullinen sopimus palvelusta, jossa palveluntuottaja vastaa energiantoimituksesta sopimuksen mukaan. Tämä on kiinnostavaa, kun laitteiston hankinnan ja maaperän poraamisen kertainvestointi on tyypillisesti suuri ja taloyhtiöiden on entistä vaikeampi saada rahoitusta.

Hankkeessa tutkittiin ja vertailtiin eri yritysten palveluna tarjoamia maalämpöratkaisuja. Työssä etsittiin yrityksiä, jotka voisivat tuottaa maalämpöä palveluna taloyhtiöille. Löytyi yli 20 yritystä, jotka vaikuttivat sopivan kohderyhmään. Muutama yritys jäi ulkopuolelle heti aluksi, koska ne ilmoittivat näkyvästi palvelevansa vain teollisuuskohteita. Tarkemmassa tarkastelussa kaksi muutakin oli rajannut taloyhtiöt asiakasryhmänsä ulkopuolelle, vaikka se ei tullut verkkosivuilta nopeasti ilmi. On mahdollista, että tutkittavaa yritysten joukkoa ei löydetty kokonaisuudessaan.

Kyselyn kohderyhmäksi valikoitui 18 energiayritystä, joille lähetettiin sähköinen kyselytutkimuslomake keväällä 2025. Lomakkeella kysyttiin yritysten perustietoja,

sekä miksi alkoivat tuottaa energiaa palveluna, millaisia kohteita voivat palvella ja millaisiin kohteisiin ovat jo lähteneet mukaan. Samalla kysyttiin taustaa alueellisten energiaratkaisujen tuottamisesta, sähkön valmisteveroluokkien hyödyntämisestä ja palvelumallin tulevaisuuden näkymistä. Moneen yritykseen saatiin keskusteluyhteys ja muutamalta kieltävä vastaus.

Huhtikuun 2025 alkupuolelle mennessä lähes puolet valikoidusta kohderyhmästä – kahdeksan yritystä – vastasi kyselylomakkeeseen. Vastausprosentiksi muodostui 44. Kyselyyn vastasi kutsumenetelmällä autentikoidusti talous- ja myyntijohtajia, energia-asiantuntija, kehitysjohtaja ja yrittäjä-perustaja. Vastaajat olivat kaikki pienistä tai keskisuurista yrityksistä. Pienet yritykset olivat Aitoenergia Oy, St1 Lähienergia Oy, Cleanheat Energy Oy ja Geonova Oy. Keskisuurista yrityksistä vastasivat Lempeä Lämpö Oy, Voltan Lähienergia Oy, Tom Allen Senera Oy ja Geo Geo Oy.

Suurin osa vastaajista oli tarjonnut maalämpöä palveluna 1–5 vuotta. St1 Lähienergia on vastauksensa perusteella tuonut palvelumallin markkinoille ensimmäisenä ja uskoo sen kannattavuuteen edelleen. Geonova puolestaan kertoi yhtiön perustetun energiaa palveluna -toimintaa varten. Yritysten muita syitä palvelumallilla toimimiseksi olivat markkinanäkymät, alan tuntemus ja kasvun hakeminen ydinalueen ulkopuolelta. Maalämmön palvelumallin osuus kyselyvastaajien liikevaihdosta vaihteli suuresti, mutta oli tyypillisimmin enintään puolet.

Lähes kaikilla oli vaatimuksia asiakaskohteen lämmitettävälle tai jäähdytettävälle pinta-alalle tai energiankulutukselle. St1 ei asettanut rajoitusta. Aitoenergia ei kyselyhetkellä tehnyt omakotitaloja vaan rivi- ja kerrostaloja. Cleanheat Energy ilmoitti pinta-alavaatimukseksi 1000 m², Lempeä Lämpö, Geonova ja Geo Geo viittasivat puolestaan vähintään 200 MWh:n vuosittaiseen lämmitysenergiantarpeeseen. Tom Allen Seneran mukaan rajoitus riippuisi olosuhteista.

Osalla yrityksistä oli lisäksi vaatimuksia kohteiden maantieteelliselle sijainnille Suomessa, esimerkiksi vaatimus sijoittumisesta kasvukeskukseen tai Etelä-Suomeen. Voltan Lähienergia, Lempeä Lämpö ja Geonova vastasivat, ettei maantieteellinen sijainti ole este Suomessa.

Palvelumallilla toteutettujen kohteiden määrä osoittautui arkaluontoiseksi kysymykseksi yrityskohtaisesti. Vastaajien (8 kpl) toteutukset yhteensä olivat ainakin yli 240 kohdetta, mutta tietoja puuttui. Yritykset olivat toteuttaneet maalämpöä palveluna jopa yllättävän eri-ikäisiin kiinteistöihin, aina aikakauden 1921–1939 saneerauskohteesta uudiskohteisiin asti. Kaikki olivat tehneet saneerauskohteita. Kaksi vastaajista ei ollut tehnyt uudiskohteita ollenkaan ja useimpien vanhimmat saneerauskohteet olivat 60–70-luvulta. Talotyypeistä erillisiä pientaloja oli ollut kohteina vain St1 Lähienergialla, toisaalta se ei ollut tehnyt muita kuin asuinrakennuksia. Tyypillisimmät yritysten toteutuskohteet olivat odotetusti rivi- ja asuinkeuhkotaloja. Lähes kaikki olivat tuoneet palvelumallin myös muihin kuin asuinrakennuksiin.

Vastaajilla oli tarjolla määräaikaista ja toistaiseksi olevia sopimuksia maalämpöpalvelusta. Voltan Lähienergialta sopimuksen sai kyselyhetkellä kummallakin kestolla. Aitoenergia, Tom Allen Senera ja Geo Geo kertoivat toimittavansa toistaiseksi voimassa olevia sopimuksia, kun taas määräaikaista tarjosivat St1 Lähienergia, Cleanheat Energy, Lempeä Lämpö ja Geonova.

Lähes kaikki hyödynsivät alempaa sähkön valmisteveroluokkaa energiaa palveluna -toimintamallissaan. Kaikilta vastaajilta löytyi myös tarjontaa hybridijärjestelmistä maalämpöpalvelun lisäksi, kuten kaukolämpöä, aurinkosähköä, aurinkolämpöä, poistoilman lämmöntalteenottoa, kattilalämmitystä, sähköautojen latauspisteitä, ilma-vesilämpöpumppuratkaisuja tai jäähdytystä – myös maaviileällä. Ratkaisuja tehdään myös yleisemmin sanottuna suunnittelun mukaan. Maaviileää ei lähtökohtaisesti ollut sisällytetty erityisen suureen osaan kohteista, joskin yhdellä yrityksellä se oli tehty lähes kaikkiin. Tämän saattaa selittää myös toteutettujen kohteiden suuresti vaihteleva kokonaismäärä ja yrityksen markkinoilla olon aika. Lyhimmän ajan maalämpöä palveluna tuottanut yritys oli toteuttanut suhteellisesti eniten maaviileää maalämpöratkaisun ohella.

Vastanneet yritykset eivät pääsääntöisesti olleet osallistuneet alueellisiin energiaratkaisuihin. Geonova kertoi kuitenkin hankkineensa vastikään muutaman pienen hakkeella lämmitettävän aluelämpöverkon One1 Oy:ltä ja tutkii, miten näihin aluelämpöverkkoihin saisi kannattavasti tuotua lämpöpumppu- ja sähkökattilateknologiaa päästöjen vähentämiseksi. Lisäksi Voltan Lähienergia ilmoitti useita alueellisia hankkeita olevan suunnittelussa.

Maalämmön palvelumallin tulevaisuus nähtiin kyselyn vastauksissa hyvänä. Syinä mainittiin vahvasti kasvava mielenkiinto ja kysyntä, joiden perusteena pidettiin alkuinvestoinnin välttämistä, matalampia lämmityskustannuksia ja pienempiä päästöjä. Palvelumallia pidettiin tulevaisuuden hankintamallina, koska asiakkaan tulisi nähdä taloudellinen hyöty ja kannattavuus nopeasti. Toisaalta, yhden vastauksen mukaan, palvelumalli sopii tietyntylaiselle asiakassegmentille. Vastuiden selkeys toimivuudesta ja avainosaamisen sijoittuminen taloyhtiöiden ulkopuolelle mainittiin tärkeinä näkökulmina. ARA-avustuksen poistumisen reilua vuotta aiemmin kerrottiin lisäävän kysyntää edelleen. Vastaajat tunnistivat kilpailun lisääntymisen ja sen toivottiin olevan pysyvää, jotta asiakkaiden etu säilyisi toiminnan keskiössä. Rakennusalan hartaasti odotetun uudistuotannon elpymisen odotettiin avaavan paljon mahdollisuuksia myös maalämmön palvelumallille.



6. Kehitettyjen konseptien kuvaus

Tässä luvussa esitetään tiivistetyssä muodossa BLOCKCC-hankkeen kaksi päätulosta – alueellisten energiajärjestelmien alustavia konsepteja, jotka pohjautuvat hankkeessa toteutettujen simulointien tuloksiin, viiteryhmissä tapahtuvaan yhteiskehittämismenettelyyn, innovaatioprojektien tuloksiin ja hankkeen muuhun kehitystyöhön.

Tarkemmin näiden konseptien osioita sekä kehittämisprosessia on kuvattu hankkeen edellisissä raporteissa. [7] ja [12].

57

6.1 Uudisrakentamisen alue

Uudisrakentamisen alueellisen energiajärjestelmän konseptin alkukehitys lähti liikkeelle **kaukolämmön paluuveden (KLPV)** hyödyntämisestä. Miksi se kiinnosti? KLPV:n hyödyntämisen kiinnostukseen liittyvät argumentit ovat:

- energiatehokkuus,
- ympäristöystävällisyys ja
- taloudelliset hyödyt.

Paluuveden hyödyntämisen idea on siinä, että vaikka paluuvesi on jäähtynyt, se sisältää edelleen merkittävän määrän lämpöenergiaa. Perinteisesti tämä energia menee osittain hukkaan. Paluuveden hyödyntämisessä pyritään ottamaan tämä hukkalämpö talteen ja käyttämään sitä uudelleen tilojen lämmitykseen. Paluuveden lämpöenergia voidaan siirtää lämmönvaihtimien avulla kiinteistön omaan lämmitysjärjestelmään. Tämä mahdollistaa paluuveden lämmön hyödyntämisen esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmässä.

Energiatehokkuuden parantaminen:

Kaukolämpöjärjestelmässä veden tulisi jäähtyä mahdollisimman paljon luovuttaessaan lämpöä kiinteistöille. Matala paluuveden lämpötila on merkki siitä, että järjestelmä toimii tehokkaasti.

Hyödyntämällä paluuveden sisältämää lämpöenergiaa voidaan vähentää tarvetta tuottaa uutta lämpöä, mikä parantaa koko järjestelmän energiatehokkuutta.

Ympäristöystävällisyys:

Paluuveden hyödyntäminen vähentää fossiilisten ja muiden (esim. puuhake ja turve) polttoaineiden käyttöä ja siten kasvihuonekaasupäästöjä. Se edistää hukkalämmön hyödyntämistä, mikä on tärkeää ilmastonmuutoksen torjunnassa.

Taloudelliset hyödyt:

Energiatehokkuuden paraneminen pienentää lämmityskustannuksia. Kaukolämpö-yhtiöt voivat hyötyä pienemmistä pumppauskustannuksista ja verkoston lämpöhäviöistä. Taloyhtiöt voivat neuvotella energiyhtiön kanssa perusmaksunsa pienentämisestä.

Tiivistetysti voidaan ajatella, että KLPV:n hyödyntäminen on osa laajempaa pyrkimystä kohti kestävämpää ja tehokkaampaa energiantuotantoa ja -käyttöä. KLPV:n energian hyödyntäminen parantaa jäähtymää. KL-verkoston lämpöhäviöt ja pumppauskustannukset pienenevät.

KLPV-lämmitystä käytettäessä rakennus tulee varustaa **apulämmitysjärjestelmällä (ALJ)**. Miksi ALJ tarvitaan ja minkälaisia ratkaisuja on? ALJ:n käytön argumentteja liittyvät pääasiassa lämmityksen varmistamiseen ja järjestelmän tehokkaaseen toimintaan vaihtelevissa olosuhteissa.

ALJ:n käytön argumentteja:

- **Vaihteleva paluuveden lämpötila:**

KLPV:n lämpötila vaihtelee vuodenajan ja kulutuksen mukaan. Erityisesti kylmimpinä talvipäivinä paluuveden lämpötila ei välttämättä riitä kattamaan rakennuksen koko lämmitystarvetta. ALJ varmistaa, että rakennuksessa on riittävästi lämpöä myös silloin, kun paluuveden lämpötila on alhainen.

- **Huipputehontarve:**

Erittäin kylminä päivinä rakennuksen lämmitystarve voi ylittää KLPV-järjestelmän kapasiteetin. ALJ toimii lisätehona huipputehontarpeen aikana, jolloin se varmistaa riittävän lämmityksen.

- **Järjestelmän varmistus:**

ALJ toimii varajärjestelmänä, jos KLPV-järjestelmässä ilmenee häiriöitä tai huoltotarpeita. Tämä varmistaa, että rakennuksessa on aina lämmitystä saatavilla.

- **KLPV-järjestelmän tehokkuus:**

KLPV-järjestelmä toimii parhaimmillaan silloin, kun paluuveden lämpötila pidetään mahdollisimman alhaisena. ALJ mahdollistaa tämän, koska se ottaa osan kuormasta silloin kun KLPV:n teho ei riitä.

ALJ-ratkaisuihin lukeutuvat:

Sähkövastuslämmitys tai toisin sanoen, kiinteistökohtainen **sähkökattila (KKSK)**, joka on yksinkertainen ja yleinen ratkaisu. Sähkövastukset kytetään päälle tarvittaessa, kun KLPV:n lämpötila ei riitä.

Lämpöpumppu (LP), joka on energiatehokas ratkaisu. Lämpöpumppu voi hyödyntää mm.

- maaperää lämmönlähteenä, jolloin puhutaan **maalämpöpumpusta (MLP)** ja
- paluuveden lämpöä, jolloin puhutaan **paluuviesilämpöpumpusta (PVLP)**.

Kaukolämmön menovesi (KLMV) tai toisin sanoen, normaali menovesilämmitys, joka voi toimia myös ALJ:na.

BLOCKCC-hankkeessa tehty vertailu apulämmitysjärjestelmistä (ALJ) kaukolämmön paluuveden (KLPV) lämmityksen yhteydessä antoi arvokasta tietoa eri ratkaisujen taloudellisesta kannattavuudesta. Kaikki tutkitut ALJ-ratkaisut osoittautuivat taloudellisesti kannattaviksi kiinteistönomistajille, edellyttäen, että kaukolämmön tuottaja myöntää energia- ja tehomaksuista 25 prosentin alennuksen verrattuna normaaliin KLMV toteutettuun ratkaisuun. Tämä korostaa kaukolämpöyhtiöiden roolia KLPV-lämmityksen yleistymisessä, sillä taloudelliset kannustimet ovat merkittävä tekijä kiinteistöjen valinnoissa. BLOCKCC-hankkeen simuloinneissa käytetyillä energian hinnoilla ALJ KKSK osoittautui kannattavimmaksi ratkaisuksi kiinteistönomistajan näkökulmasta.

Tämä tulos on merkittävä, mutta on tärkeää huomata, että energian hinnat vaihtelevat, ja tämä voi vaikuttaa eri ratkaisujen kannattavuuteen. On tärkeää muistaa, että ALJ:n valinta riippuu monista tekijöistä, kuten rakennuksen koosta, sijainnista, lämmitystarpeesta ja käytettävissä olevista energialähteistä. Tämän vuoksi tuloksia ei voida yleistää suoraan kaikkiin kohteisiin, vaan jokainen tapaus on arvioitava erikseen.

KLPV-lämmitys on lupaava ratkaisu energiatehokkuuden parantamiseen ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. ALJ:n rooli on keskeinen KLPV-lämmityksen toimivuuden varmistamisessa.

Kaukolämpöyhtiöiden ja kiinteistönomistajien välinen yhteistyö on tärkeää KLPV-lämmityksen yleistymisen edistämiseksi. On olennaista muistaa, että vaikka tutkimus antaa arvokasta tietoa, paikalliset olosuhteet ja yksilölliset tarpeet vaikuttavat aina lopulliseen päätökseen.

Seuraava näkökulma, jota lähdetty tutkimaan BLOCKCC-hankkeessa on **kulutusjousto**. Miksi se kiinnosti? BLOCKCC-hankkeessa kulutusjoustoja lähdettiin tutkimaan siksi, että se on avainasemassa tulevaisuuden älykkäissä energijärjestelmissä. Kulutusjouston yhteydessä BLOCKCC-hankkeessa **tehopiikkien leikkaaminen lämminvesivaraajalla (LVV)** oli yksi tutkituista ratkaisuista. Tähän ratkaisuun liittyivät sellaiset käsitteet, kuten **vakioteholataus (VTL)** ja **dynaaminen lataus (DL)**. Myös **keskitetty vs. hajautettu kulutusjousto-ohjaus (KKJ vs. HKJ)** ovat osa kulutusjousto konseptia. Kuva 20 hahmottaa tätä kulutusjoustokokonaisuutta BLOCKCC-kontekstissa.

Vakioteholataus (VTL):

- Pyritään pitämään lämpimän käyttöveden (LKV) lämmitys tasaisena.
- Lämminvesivaraajaa (LVV) ladataan jatkuvasti samalla teholla, 24 tuntia vuorokaudessa.
- Latausta rajoitetaan sen perusteella, kuinka lämmintä kaukolämmön paluuvesi (KLPV) on.
- VTL on kuin tasainen, jatkuva virta, joka pitää lämpimän veden saatavuuden vakaana.

Dynaaminen lataus (DL):

- Pyritään vähentämään lämmityksen huipputehoja, jotta lämmityskeskus ei kuormitu liikaa.
- Latausteho vaihtelee ja määräytyy 18 tunnin latausajan mukaan, jolloin tehoa voidaan muokata.
- Latausta rajoitetaan sen perusteella, kuinka paljon tehoa kiinteistön lämmönjakokeskus (KKLJK) käyttää kokonaisuudessaan.
- DL on kuin älykäs säätelijä, joka mukauttaa lämmitystehoa tarpeen mukaan, jotta huippukuormitusta vältetään.

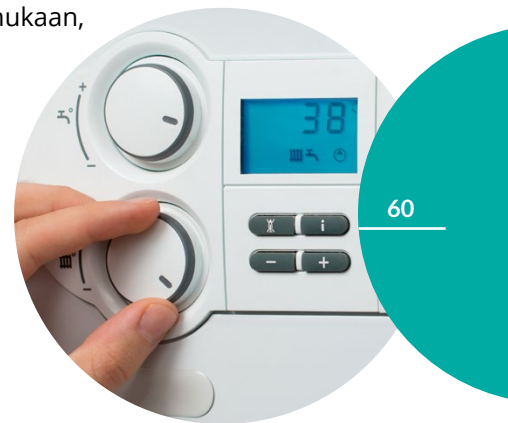
Vertailu keskitetyn ja hajautetun kulutusjousto-ohjauksen eroista:

Keskitetty kulutusjousto-ohjaus (KKJ):

- Ohjaa lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa.
- Ei mahdollista latausjaksoja huonetermostaattien johdosta.
- Ohjaus on rajoitettu kylmimpien tilojen lämpötilan perusteella.
- Keskitetty ohjaus tarkoittaa, että lämmitystä säädetään keskitetysti, yleensä **kiinteistökohtaisesta lämmönjakokeskuksesta (KKLJK)**.
- Vaikuttaa koko rakennuksen lämmitykseen samanaikaisesti.

Hajautettu kulutusjousto-ohjaus:

- Ohjaa huonelämpötilan asetusarvoa.
- Mahdollistaa latausjaksot nostamalla huonelämpötilaa.
- Edellyttää IoT-termostaattiventtiileitä.
- Hajautettu ohjaus tarkoittaa, että lämmitystä säädetään yksittäisten huoneiden tai tilojen tasolla.
- Mahdollistaa tarkemman ja joustavamman lämmityksen.



	Keskittetty kulutusjousto-ohjaus (KKJ):	Hajautettu kulutusjousto-ohjaus (HKJ):
Mitä ohjaa?	– Lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa	– Huonelämpötilan asetusarvoa
Latausjakso-asia?	– Ei mahdollista latausjaksoja huonetermostaattien johdosta	– Mahdollistaa latausjaksot nostamalla huonelämpötilaa
Rajoituksia?	– Ohjaus rajoitettu kylmimpien tilojen lämpötilan perusteella	– Edellyttää IoT termostaatti-venttiilit
	Vakioteholataus (VTL):	Dynaaminen lataus (DL):
Mikä on tavoite?	– Tasata lämpimän käyttöveden (LKV) lämmitystehoa	– Leikata lämpökeskuksen huipputehoa LKV:n lämpötilaa ja olosuhteita vaarantamatta
Miten latausta rajoitetaan?	– Rajoitus kaukolämmön paluuveden (KLPV:n) lämpötilan perusteella	– Rajoitus kiinteistökohtaisen lämmönjakokeskuksen (KKLJK) kokonaistehon perusteella
Minkälainen on latauksen tehon rytmi?	– Ladataan lämminvesivaraajan (LVV:n) säiliötä vakioteholla 24/7	– Latausteho 18 tunnin latausajan mukaan

Kuva 20. Kulutusjousto-ohjauksen kokonaisuus BLOCKCC-hankkeen kontekstissa.

INFOLAATIKKO 2.

Keskeiset erot keskittetty vs. hajautettu kulutusjousto-ohjaus

Ohjaustapa:

- ➡ **Keskittetty ohjaus** vaikuttaa koko rakennukseen,
- ➡ kun taas **hajautettu ohjaus** vaikuttaa yksittäisiin huoneisiin.

Joustavuus:

- ➡ **Hajautettu ohjaus** tarjoaa enemmän joustavuutta, koska lämmitystä voidaan säätää tarpeen mukaan eri tiloissa.

Teknologia:

- ➡ **Hajautettu ohjaus** edellyttää kehittyneempää teknologiaa, kuten IoT-termostaatti-venttiileitä.

Latausjaksot:

- ➡ **Hajautettu ohjaus** mahdollistaa latausjaksot,
- ➡ **keskittetty ohjaus** ei.

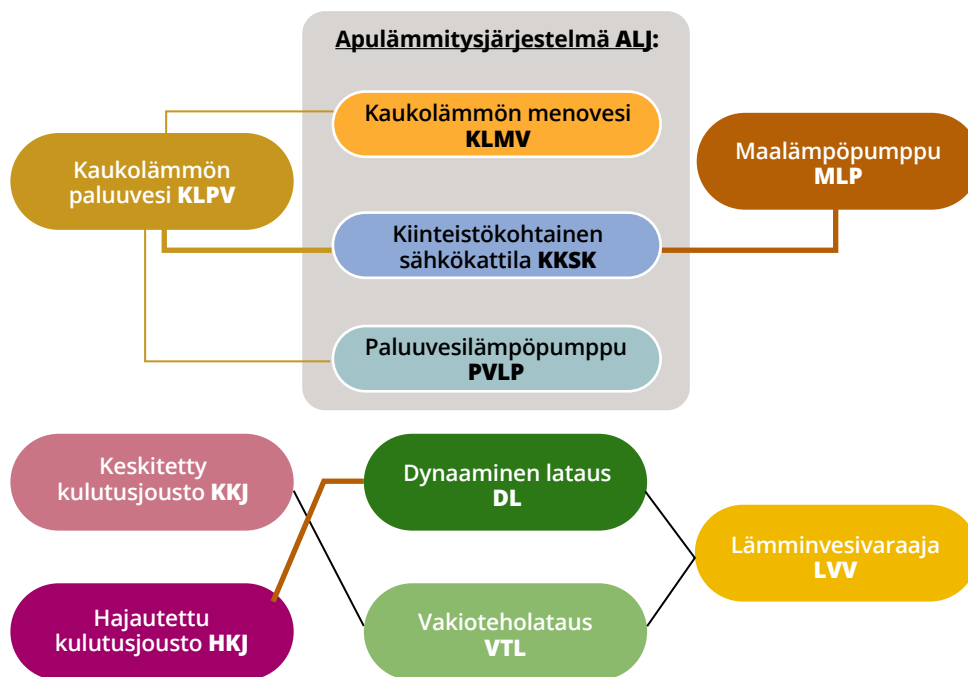
Keskittetty ohjaus on kuin koko talon lämmityksen säätäminen yhdellä napilla, kun taas hajautettu ohjaus on kuin jokaisen huoneen lämmityksen säätäminen erikseen.

Pääerot: lämminvesivaraajan (LVV:n) vakioteholataus (VTL) vs. dynaaminen lataus (DL)

- ➡ **VTL** on tasaista ja jatkuvaa ➡ **DL** on vaihtelevaa ja mukautuvaa.
- ➡ **VTL:n** rajoitus perustuu paluuveden lämpötilaan ➡ **DL:n** rajoitus kokonaistehoon.
- ➡ Yksinkertaisesti sanottuna **VTL** on kuin tasainen peruslämmitys, ➡ kun taas **DL** on kuin lisäteho, jota käytetään tarvittaessa.

Edellä kuvattujen **kulutusjouston** ratkaisujen lisäksi BLOCKCC-hankkeessa arvioitu myös **maalämpöpumppu (MLP) hajautetulla kulutusjoustolla** ratkaisuja. Kuten käy ilmi luvussa 4.1.3 esitetyistä simulointien tuloksista, MLP-ratkaisun simulointeja oli tehty kahdella eri mitoitusteholla - mitoitus 60 % tai 80 % teholla. Se tarkoittaa sitä, että MLP mitoitetaan tuottamaan vain tietty osuus rakennuksen lämmityksen huipputehontarpeesta. Että esimerkiksi kovimmilla pakkasilla lämmitystä tuotetaan maalämmön lisäksi myös muilla keinoilla, kuten sähkövastuksilla. Toisin sanoen, osateholle mitoitettu MLP-järjestelmä tarvitsee rinnalleen **apulämmitysjärjestelmän (ALJ)**. Samalla analogiaalla kuten edellä kuvatussa **kaukolämmön paluuvesi (KLPV)** -ratkaisussa. Tämä osatehomitoitus pienentää **investointikustannuksia (IK)**, mutta vaatii rinnalleen **ALJ:n**.

Kuvaan 21 on yhdistetty **käsitteiden karttaan** tässä 6.1 luvussa kuvattuja uudisalueen energiajärjestelmän konseptin osia. Käsitteiden kartta on suunniteltu selkeyttämään ja jäsentämään monimutkaista energiajärjestelmäkokonaisuutta. Se auttaa hahmottamaan, mitkä ovat keskeiset käsitteet ja miten ne liittyvät toisiinsa. Tavoitteena on helpottaa lukijan ymmärrystä ja tarjota kokonaisvaltainen näkemys järjestelmästä. Kuvassa käytetään käsitteiden lyhenteitä ja värikoodausta, jotta lukeminen olisi sujuvampaa.



Kuva 21. Käsitteiden kartta BLOCKCC-uudisalueen alustavassa energiajärjestelmän konseptissa.

Käsitteiden kartta (kuva 21) toimii pohjana konkreettisemmalle hahmotelmalle uudisalueen alue-energiajärjestelmän alustavasta konseptista (Kuva 22). Hahmotelma pyrkii luomaan alustavan kuvan energiajärjestelmän mahdollisesta toteutuksesta. Hahmotelma sisältää myös tarvittavat laitteet tai toisin sanoen, teknologiset elementit. Hahmotelma auttaa konkretisoimaan käsitteiden kartan sisältämiä ideoita.

Kiinteistökohtainen sähkökattila (KKSK) on teknologinen elementti, jota tutkittu apulämmitysjärjestelmänä (ALJ) BLOCKCC-simuloinneissa sekä **kaukolämmön paluuedellä (KLPV)** että **maalämpöpumpulla (MLP)** lämmitysratkaisuisa.

Kiinteistökohtaisen sähkökattilan (KKSK) rooli apulämmitysjärjestelmänä (ALJ):

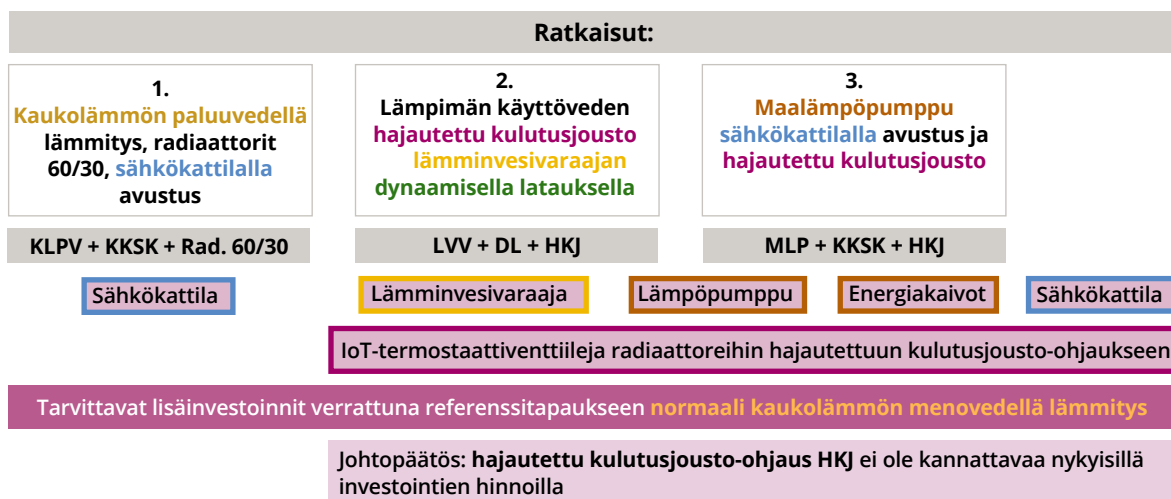
- Huipputehon tasauksen hyödyt kustannussäästöinä:
 - Sähkön hinta vaihtelee tunneittain. Sähkökattilalla voidaan hyödyntää edullisia tunteja lämmitykseen, jolloin kustannukset pienenevät.
 - Vältetään huippukulutuksen aikainen kallis sähkö.
- Sähkökattila on joustava lämmitysratkaisu, koska sen tehoa voidaan säätää nopeasti.
- Kuten aiemmin mainittiin, MLP:n osatehomitoituksessa KKSK:ta käytetään lisälämmityksenä kovimmilla pakkasilla, jolloin MLP ei yksinään riitä kattamaan lämmitystarvetta.
- Vastaavasti KLPV-ratkaisussa KKSK voi toimia lisälämmityksenä, kun kaukolämmön paluuveden lämpötila ei riitä kattamaan lämmitystarvetta.

Hajautettu kulutusjousto (HKJ) -asiakokonaisuutta on tutkittu BLOCKCC-hankkeessa sekä **lämmivesivaraajan dynaamisella latauksella (LVV+DL)** että **maalämpöpumppu sähkökattilan** avustuksella (**MLP+KKSK**) ratkaisujen yhteydessä. Kuten edellä jo mainittiin, **HKJ:n** toteutus edellyttää niin sanottujen **IoT-termostaattiventtiilien** käyttöä (ks. kuva 20). IoT-termostaattiventtiilit ovat laitteita, jotka yhdistävät perinteisten termostaattiventtiilien toiminnallisuuden internetiin (IoT = Internet of Things). Termostaattiventtiili on taas laite, jota käytetään tilojen lämpötilan säätämiseen erityisesti vesikiertoisissa lämmitysjärjestelmissä joissa lämpö siirretään huoneisiin pattereiden avulla (kuten esim. kaukolämpö). Ne ovat yleisiä erityisesti vesikiertoisissa lämmitysjärjestelmissä. Termostaattiventtiili nimensä mukaisesti koostuu kahdesta pääosasta: itse venttiilistä ja termostaatista, joka mittaa tilan lämpötilaa). Kun esim. lämpötila laskee, termostaatti avaa venttiiliä, jolloin lämmintä vettä virtaa enemmän radiaattoriin.

Termostaattiventtiilien avulla voidaan:

- ylläpitää tasaista ja miellyttävää huonelämpötilaa;
- säästämään energiaa (kun lämmitystä ei tarvitse pitää jatkuvasti täydellä teholla);
- säätää eri tilojen lämpötiloja yksilöllisten mieltymyksien mukaisesti.

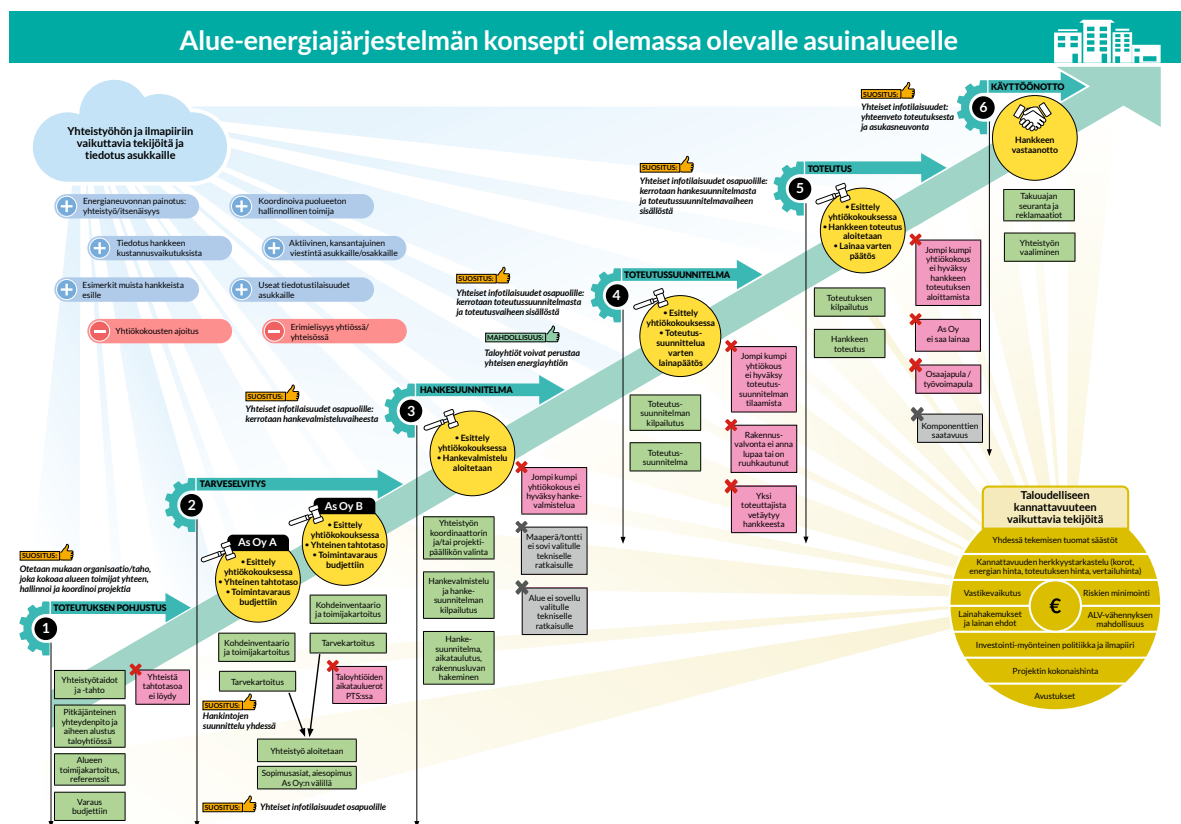
Kuten voi ymmärtää, IoT-termostaattiventtiilien käyttöönotto tuo vaikutusta ylimääräisiin **investointikustannuksiin (IK)**. BLOCKCC-simulointien tulosten perusteella on tultu johtopäätökseen, ettei hajautettu kulutusjousto HKJ-ratkaisu ei ole taloudellisesti kannattavaa nykyisillä IK:lla.



Kuva 22. Hahmotelma uudisalueen alue-energiajärjestelmän alustavasta konseptista.

6.2 Olemassa oleva asuinalue

Olemassa olevan tarkastelualueen sekä viiter ryhmä B:n työskentelyn pohjalta hankkeessa rakennettiin alue-energiajärjestelmän skaalautuva konsepti olemassa olevalle asuinalueelle. Konsepti kuvaa alueellisen energiajärjestelmän toteuttamisen prosessia, jossa on mukana useampi taloyhtiö. Konseptissa on huomioitu myös hukkalämmön hyödyntäminen. Konsepti esittelee prosessin kuusi vaihetta, tuo esiin huomioitavia seikkoja sekä teknisestä että hallinnollisesta näkökulmasta. Lisäksi konseptissa on esitelty yhteistyön toimivuuteen, tiedotukseen ja taloudellisiin seikkoihin liittyviä asioita. Visuaalinen konsepti, kehitystyön tulokset ja viiter ryhmän havainnot on vaiheittain esitelty hankkeen raportissa *Skaalautuva konsepti alue-energiajärjestelmän toteuttamiselle olemassa olevalle asuinalueelle* [7].



Kuva 23. Alue-energiajärjestelmän konsepti olemassa olevalle asuinalueelle. Kuva suurempana Liitteessä 1.

Lähtökohdat

Alue-energiajärjestelmän prosessista tehtiin alueellisten energiaratkaisujen taustakar-toituksen ja Käpylän tarkastelukohteen kohdeinventaarion perusteella aluksi kaavio, jossa hyödynnettiin hankkeen aikana kerättyä tietoa ja hankkeessa tehtyjä simuloin-teja. Konseptia, jonka lopullinen versio on esitetty kuvassa 23 ja [Liitteessä 1](#), hyödyn-nettiin myös energiajärjestelmän pullonkaulojen ja niiden ratkaisua edistävien toimen-piteiden löytämisessä. Kerätystä tuloksista käytiin aktiivista keskustelua projekti- ja vii-teryhmien kanssa ja heidän nostamat huomiot on otettu mukaan konseptiin. Lisäksi kommentteja pyydettiin myös ohjausryhmältä ja muilta asiantuntijatahoilta.

Konseptissa on esitelty tyypillinen energiahankkeen prosessi, mutta siihen on liitetty mukaan havainnot, jotka liittyvät alueelliseen ratkaisuun, joka tehdään usean tahon kanssa yhteistyössä. Konseptin kuusi vaihetta on esitelty lyhyesti alla kuvassa 24.

Prosessin vaihe	Vaiheen kuvaus	Huomioita
	TOTEUTUKSEN POHJUSTUS – Yhteinen tahtotaso – Valmistelutyö yhteistyön aloittamiseksi – Aiheen alustus eri osapuolille – Hanke vuosibudjetteihin	Ulkopuolisten puolueettomien asiantuntijoiden käyttö ja laadukas viestintä tärkeitä jo tässä vaiheessa.
	TARVESELVITYS – Alueinventarioiden tekeminen ja tarvekartoitus – Alueen toimijakartoitus – Toteutusmallien kartoitus – Mahdollinen aiesopimus	Yhteishankkeissa olisi hyvä, jos yhtiöiden tehdyt korjaukset ja PTSt olisivat saman suuntaiset.
	HANKESUUNNITELMA – Yhteisprojekteille puolueeton koordinaattori – Puolueettoman asiantuntijan (eri kuin koordinaattori) toteuttama hankesuunnitelma esittelee eri toteutusvaihtoehdot	Suunnitellut tekniset ratkaisut eivät välttämättä sovi valituille alueille yhteismitallisesti tai ollenkaan. Huomioitava suojelumääräykset ja muut rajaukset.
	TOTEUTUSSUUNNITELMA – Luotettava yritys laatimaan toteutussuunnitelma (kilpailutus) – Aikataulutus	On mahdollista että yhteis-hankkeissa joku osapuoli vetäytyy vielä tässä vaiheessa. Hyvä suunnittelu ennalta-ehkäisee ongelmia jatkossa.
	TOTEUTUS – Toteutuksen huolellinen kilpailutus – Lainahakemukset	Toteutukseen voi tulla viiväs-tyksiä esim. koska pätevää toteuttajaa ei saa-da, rakennusvalvonta on ruuhkautunut tai esim. laite-toimittajalla on komponentti-pula.
	KÄYTTÖÖNOTTO – Hankkeen vastaanotto – Puutteiden korjaaminen – Dokumentointi – Asukasneuvonta – Mahdollinen huoltosopimus	Hankkeiden dokumentointi ja yhteistyön vaaliminen tärkeää. Selkeät pelisäännöt esim. energiankulutuksen monitoroinnin suhteen.

Kuva 24. Alue-energiajärjestelmän toteuttamisen prosessin vaiheet.

Muita huomioita

Konseptin kehitystyössä nousi esiin monia huomioitavia asioita yhteisen järjestelmän suunnitteluun ja toteutukseen liittyen. Näitä ovat mm. taloyhtiöiden päätöksentekoprosessit, eri tahojen tahtotila hankkeen toteuttamiseksi, sekä ennen kaikkea yhteistyön toimivuus toimijoiden välillä. Konseptissa esitellään ensin helpon prosessin vaihekuvaus ja kannustetaan kokeilemaan yhteistyötä esimerkiksi taloyhtiöiden välillä jonkin pienen yhteisen energiansäästötoimen kanssa. Kehittämällä yhteistyö toimivaksi yhteisen pienen hankkeen toteutuksessa, voidaan ehkäistä yhteistyöhön liittyviä ongelmia isomman hankkeen kanssa. Iso hanke vaatii paljon hallinnointia ja koordinoitua sekä erityisasiantuntemusta.

Konseptin visualisointia voi hyödyntää taloyhtiöissä ja alueen toimijoiden keskuudessa, kun suunnitellaan ja toteutetaan energiajärjestelmiä. Konseptiin on sisällytetty pullonkaulat ja esteet, jotka hankkeessa on löydetty liittyen alueellisen energiajärjestelmän toteuttamiseen. Pullonkaulojen ja esteiden esilletuomisen avulla voidaan pyrkiä ennaltaehkäisemään niitä ja kehittämään mm. tiedotusta ja yhteistyötä toimijoiden välillä. Mitä paremmin valmisteltuna hankkeen eri vaiheet tuodaan yhtiökokouksiin päätettäväksi, sitä todennäköisempää on, että päätöksiä tehdään tietoon perustuen. Tekstiosuudessa on kuvattu visuaalisen konseptin keskeisiä seikkoja ja avattu kuvallisen konseptin eri kohtia tarkemmin sekä tuotu viiteryhmän tuomia näkökulmia esille (kts. *Skaalautuva konsepti alue-energiajärjestelmän toteuttamiselle olemassa olevalle asuinalueelle* [7]).

Tarkoitus on, että alue-energiajärjestelmän konseptia voi hyödyntää laajasti eri taloyhtiöissä, soveltaen sitä kullekin alueelle ja kohteelle sopivaksi.



7. Johtopäätökset ja jatkokehitys

Tämän luvun yleiset johtopäätökset pohjautuvat suoraan edellisissä luvuissa esitettyihin uudiskohteen ja olemassa olevan kerrostalokohteen simulointituloksiin, viiteryhmiä yhteiskehittämiseen ja projektiryhmän konseptien kehittämiseen. Ne on jäsennelty seuraavasti:

- Simulointien johtopäätökset
- Yhteiskehittämisen johtopäätökset
- Energiajärjestelmäkonseptin johtopäätökset.
- Jatkotoimenpiteet ja huomioitavat asiat

Yleiset johtopäätökset simulointitulosten perusteella

Seuraavat johtopäätökset on johdettu suoraan luvuissa 4.1.4 (uudiskohde) ja 4.2.3 (olemassa oleva kohde) esitetyistä simulointituloksista.

Yleiset johtopäätökset uudiskohteisiin liittyen:

- Kaukolämmön paluuvesilämmitys voi olla taloudellisesti houkutteleva uudiskohteissa, mutta se edellyttää kannustimia kaukolämmön tuottajalta.
- Kaukolämmön kulutusjoustoratkaisut eivät välttämättä ole taloudellisesti kannattavia asuinkiinteistöille ilman merkittäviä energian hintavaihteluita tai muita kannustimia kaukolämmön tuottajalta.
- Lämminvesivaraajan dynaaminen ohjaus näyttää lupaavalta keinolta pienentää kaukolämmön perusmaksuja huipputehon optimoinnin avulla, mikäli perusmaksun hinnoittelussa otetaan huomioon lyhytaikaiset tehontarpeen muutokset.
- Maalämmön taloudellinen kannattavuus uudiskerrostaloissa voi olla haastavaa vähäisen lämmitystarpeen ja korkeiden alkuinvestointien vuoksi.

Yleiset johtopäätökset olemassa oleviin vanhoihin kohteisiin liittyen:

- Hankkeen simulointien perusteella kaikki niissä tutkitut energia-korjausratkaisut ovat taloudellisesti kannattavia. Tutkituista ratkaisuista kohdealueella kannattavin oli yläpohjan lisäeristys, maalämpöjärjestelmä olemassa olevilla pattereilla ja sähkökattila apulämmityksenä.
- Vanhojen paljon energiaa kuluttavien rakennusten energiakorjauksilla voidaan saada aikaan merkittäviä CO₂-päästövähennyksiä.

Yhteiskehittämiseen perustuvat johtopäätökset:

- Aktiivinen ja monipuolinen osallistuminen: yhteensä kahdeksan viiteryhmiä kokousta osoittaa aktiivista sitoutumista hankkeeseen. Osallistujajoukko on ollut monipuolinen kattaen tutkimuslaitoksia, energiayhtiöitä, ratkaisutoimittajia ja jopa opiskelijoita, mikä on mahdollistanut laaja-alaisen näkökulman tuomisen kehitystyöhön.
- Konkreettiset simulointitulokset: Yhteiskehittämisen pohjalta tehdyt simuloinnit ovat tuottaneet konkreettisia ja lupaavia tuloksia.
- Taloudelliset näkökulmat on keskusteltu, tutkittu ja analysoitu.
- Kohderyhmien intressien huomioiminen: Hanke on pyrkinyt aktiivisesti huomioimaan eri kohderyhmien (kaukolämpöyhtiö, energiatarjoajat, yritykset, kuluttajat) intressit konseptin kehittämisessä, mikä on olennaista onnistuneen ja laajasti hyväksytyn ratkaisun luomiseksi.
- Yhteiskehittäminen toimivana menetelmänä: Viiteryhmiä ovat toimineet onnistuneesti yhteiskehittämisen ja markkinavuoropuhelun foorumina, mahdollistaen tiedon jakamisen, ideoiden synnyttämisen ja simuloitavien asioiden tunnistamisen.
- Olemassa olevaan alueeseen liittyen, viiteryhmiä kanssa käytiin läpi hankkeen aikana tehtyjä havaintoja ja viiteryhmiä saatiin uusia näkökulmia hankkeelle. Palautetta tuli erityisesti viestinnän ja tiedottamisen sekä puolueettomien asiantuntijoiden käytön tärkeydestä jokaisessa hankevalmistelun vaiheessa.
- Teknologisia ratkaisuja löytyy, mutta alueellisten ratkaisujen toteuttamisen esteeksi näyttävät usein tulleen hallinnolliset tai sopimukselliset asiat tai se, ettei yhteistyö ole sujunut.
- Olemassa olevalla alueella simulointiratkaisuiden perusteella kaikki simuloimalla tutkitut energiakorjausratkaisut ovat kustannustehokkaita ja takaisinmaksuajat selkeästi alle 10 vuotta.
- As Oy -ympäristössä on otettava huomioon, että isompien remonttien päätökset saattavat tarvita useamman yhtiökokouksen puoltavan päätöksen. Ryhmähankkeissa puoltava päätös tarvitaan kaikilta As Oy -osapuolilta. Yhtiökokouksiin pitää mennä hyvin valmistautuneena ja taloudelliset asiat hyvin selvitettyinä. Sama koskee myös energia/lämpöpalveluiden tarjoamista.
- As Oy -ympäristössä tiedolla johtaminen on tärkeää ja sen avulla karsitaan perusteeton kritiikki päätöksentekotilanteesta.
- Myös taloudelliset vaikutukset tulee viestiä selkeästi, sillä niillä on iso painoarvo taloyhtiön päätöksenteossa.

Yleiset johtopäätökset kehitettävien energiajärjestelmän konseptien näkökulmasta

Uudiskohteiden lämpöjärjestelmän konseptin näkökulmasta:

- Kaukolämmön paluuveden hyödyntäminen uudisrakennusten lämmityksessä vaikuttaa erittäin lupaavalta keinolta laskea kaukolämmön paluuveden lämpötilaa ja parantaa kaukolämpöjärjestelmän energiatehokkuutta.
- Kaukolämmön kulutusjousto, erityisesti lämminvesivaraajan avulla, tarjoaa merkittävää potentiaalia tehopiikkien hallintaan ja kustannussäästöihin. Tämän integroimista uudisrakentamisen lämpöjärjestelmiin tulisi edelleen kehittää ja pilotoida.
- Vaikka maalämpöjärjestelmän takaisinmaksuaika on pitkä, sen potentiaali energiankulutuksen ja kustannusten vähentämisessä tekee siitä harkinnan arvoisen vaihtoehdon, erityisesti jos elinkaarikustannukset ja ympäristövaikutukset otetaan laajemmin huomioon.
- Lämpöjärjestelmän konseptin kehittämisessä on tärkeää tarkastella eri ratkaisujen yhdistelmiä ja niiden yhteisvaikutuksia kokonaisenergiankulutukseen, kustannuksiin ja ympäristövaikutuksiin.
- Skaalattavuuden ja sovellettavuuden varmistaminen: Vaikka Ainola on toiminut hyvänä tarkastelukohteena, konseptin on oltava sovellettavissa laajemmin Suomen uudisrakentamisen tarpeisiin ja erilaisiin paikallisiin olosuhteisiin.

Olemassa olevan kohteen energiajärjestelmän konseptin näkökulmasta:

- Aina kannattaa ensin tehdä pienet, helpot energiansäästötoimenpiteet ja varmistaa kohteen energiatehokkuus ennen isoa energiaremonttia.
- Jokainen olemassa oleva kohde on yksilöllinen, joten jonkinlaista skaalaamista tarvitaan aina tapauskohtaisesti.
- Alue-energiajärjestelmän konseptissa teknisen prosessin lisäksi tärkeitä huomioitavia seikkoja ovat toimivan yhteistyön rakentaminen, selkeä tiedotus asukkaille ja taloudelliset lähtökohdat.
- Hankkeita edistävät henkilöt, hallinnollinen osaaminen ja moni muu ns. näkymättömämpi asia voi edistää järjestelmien toteutusta selvästi.
- Taloyhtiöiden päätöksentekoprosessin vaatima aika on hyvä huomioida alue-energiajärjestelmän toteutuksessa.
- Monia esteitä ja pullonkauloja on, mutta niitä voidaan myös ehkäistä esimerkiksi selkeällä ja pitkäjänteisellä tiedotuksella ja hyvällä projektin koordinoinnilla ja hallinnoinnilla.

Jatkotoimenpiteet ja huomioitavat asiat uudisrakennuskohteisiin liittyen:

- **Syventää taloudellisia analyysejä:** Erityisesti maalämpöjärjestelmän ja muiden vaihtoehtojen ratkaisujen taloudellista kannattavuutta tulisi analysoida laajemmin, huomioiden elinkaarikustannukset, mahdolliset tukimekanismit ja energian hintakehitys.
- **Pilotointi ja demonstraatio:** Lupaavimpia konseptiratkaisuja tulisi pilotoida ja demonstroida todellisissa uudisrakennuskohteissa, jotta saadaan käytännön kokemuksia ja varmistetaan niiden toimivuus.
- **Sidosryhmäyhteistyön jatkaminen:** Viiteryhmän A kaltaisen aktiivisen sidosryhmäyhteistyön jatkaminen on tärkeää konseptin kehittämisen, hyväksyttävyyden ja markkinoille leviämisen kannalta.
- **Tiedon levittäminen:** Hankkeen tuloksista ja kehitetystä konseptista tulisi tiedottaa aktiivisesti alan toimijoille ja päättäjille.

Jatkotoimenpiteet ja huomioitavat asiat olemassa oleviin asuinalueisiin liittyen:

- Liiketoimintamallien kehittäminen ja selkiyttäminen erityisesti alueellisiin useamman toimijan hankkeisiin liittyen.
- Taloudellisten analyysien herkkyystarkastelu tärkeää ja mitä enemmän erilaisia variaatioita (esim. korkotaso, kaukolämmön hinta, tuet) pystyy esittelemään, sitä uskottavammaksi energiatoimenpiteet tulevat. Taloyhtiöiden päätöksissä taloudellisilla vaikutuksilla on iso painoarvo.
- Tiedon levittäminen, sidosryhmäyhteistyön jatkaminen ja yhteistyö muiden vastaavien hankkeiden kanssa. Tieto ei saa jäädä hiljaiseksi ja jokainen kohtaaminen voi tuoda uusia ratkaisuideoita.
- Taloyhtiötoimintaan liittyy monia erityispiirteitä – niiden huomioimiseen tulee varata resursseja hankkeita toteutettaessa.
- Parhaimmillaan taloyhtiöissä on hyvin aktiivisia osakkaita, jotka osallistuvat selvitys- ja kehitystyöhön, ottavat asioista selvää ja tiedottavat muita. Tämä kannattaa huomioida ja hyödyntää projekteissa.

Lähteet

1. BLOCKCC-hankkeen nettisivu Green Net Finlandin kotisivuilla. <https://gnf.fi/fi/gnf/blockcc/>
2. Alueellisten energiaratkaisujen taustakartoitus (6/2024). https://gnf.fi/wp-content/uploads/2024/06/Alueellisten-energiaratkaisujen-taustakartoitus_BLOCKCC_hanke2024.pdf
3. Ympäristöministeriö (2025). Verkkosivu. Päättäneet yhteisöjen avustukset; <https://www.varke.fi/fi/yhteisot-ja-yhtiot/avustukset-yhteisöille-ja-yhtiöille/paattyneet-avustukset#energia-avustus-taloyhti%C3%B6ille-2020%E2%80%932023>; Luettu 8.4.2025.
4. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus Ara (2024) Selvitys 4/2024: Korjaus-, energia- ja latausinfra-avustukset 2023. Julkaistu: 26.3.2024 Dnro: ARA-08.03-2024-2; <https://www.varke.fi/fi/document/korjaus-energia-ja-latausinfra-avustukset-2023-0>; Luettu 8.4.2025.
5. Ympäristöministeriö (2024). Tiedote 7.6.2024. EIR ja kahdeksan kumppanuuspankkia tarjoavat miljardin euron lainaohjelman suomalaisten pk-yritysten ja asunto-osakeyhtiöiden kestäviin investointeihin; <https://ym.fi/-/eir-ja-kahdeksan-kumppanuuspankkia-tarjoavat-miljardin-euron-lainaohjelman-suomalaisten-pk-yritysten-ja-asunto-osakeyhtiöiden-kestaviin-investointeihin>; Luettu 8.4.2025.
6. Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Mankala-periaate>; Luettu 8.4.2025.
7. Skaalautuva konsepti alue-energiajärjestelmän toteuttamiselle olemassa olevalle asuinalueelle (5/2025); <https://gnf.fi/wp-content/uploads/2025/05/BLOCKCC-energiajärjestelmän-prosessi.pdf>
8. Ainolan tarkastelualueen raja- ja kuvaus (9/2023); https://gnf.fi/wp-content/uploads/2023/09/29.9.2023_BLOCKCC_TP2.1_raportti.docx.pdf
9. Käpylän tarkastelualueen kuvaus ja kohdeinventaario; <https://gnf.fi/wp-content/uploads/2025/05/2.2-Käpylän-tarkastelualueen-kuvaus-ja-kohdeinventaarioVp.pdf>
10. Inventaario-ohje olemassa olevaan asuinrakennustaloon; https://gnf.fi/wp-content/uploads/2025/05/Inventaario-ohje-olemassa-olevaan-asuinrakennustaloon-R2_2.pdf
11. Pörssisähköä.fi -nettisivusto; <https://www.porssisahkoa.fi/porssisahko-keskihinta>; Luettu 2.1.2025.
12. Alustava konsepti alue-energiajärjestelmästä uudelle asuinalueelle simulointien ja yhteiskehittämisen perusteella (5/2025). https://gnf.fi/wp-content/uploads/2025/05/BLOCKCC_R.4.1_Alustava-konsepti-alue-energiajärjestelmästä-uudelle-asuinalueelle-simulointien-ja-yhteiskehittämisen-perusteella.pdf
13. Kaukolämmön myyntihinnastot Järvenpää ja Tuusula, Myyntihinnasto Alkaen 1.1.2024; https://www.tuusulanjarvenlampi.fi/app/uploads/2024/03/TJL_kaukolammon-myyntihinnastot_Jarvenpaa-Tuusula_01012024_v02.pdf. Luettu 22.4.2025.

14. Schaffer M. et al (2023). Experience-based user guide for IDA-ICE. Aalborg University; https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/544437496/Lecture_notes_IDA_ICE_4_8.pdf; Luettu 4.10.2024.
15. Ilmatieteen laitoksen kotisivut. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/energiailaskennan-testivuodet-nyky>. Luettu 1.4.2025.
16. Toimenpidekortit. <https://gnf.fi/wp-content/uploads/2024/11/27.11-BLOCKCC-toimenpidekortit-muokatut.pdf>
17. Yuchen Ju, Pauli Hiltunen, Juha Jokisalo, Risto Kosonen and Sanna Syri. Benefits through Space Heating and Thermal Storage with Demand Response Control for a District-Heated Office Building. Buildings. 13. 2670. 2023. <https://doi.org/10.3390/buildings13102670>
18. SFS-EN 14511-2. Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps for space heating and cooling and process chillers, with electrically driven compressors. Part 2: Test conditions. 2022.
19. Helen. Energian ominaispäästöt. <https://www.helen.fi/tietoa-meista/energia/tietoa-energiasta/sahkon-ja-lammon-ominaispaastot> (viitattu 1.11.2024).
20. Motiva. CO2 päästökertoimet. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto-suomessa/co2-paastokertoimet> (viitattu 1.11.2024).
21. Energiayhteisön perustaminen – opas taloyhtiölle (2023). <https://gnf.fi/wp-content/uploads/2024/12/Energiayhteisoonopas.pdf>

Alue-energiajärjestelmän konsepti olemassa olevalle asuinalueelle

