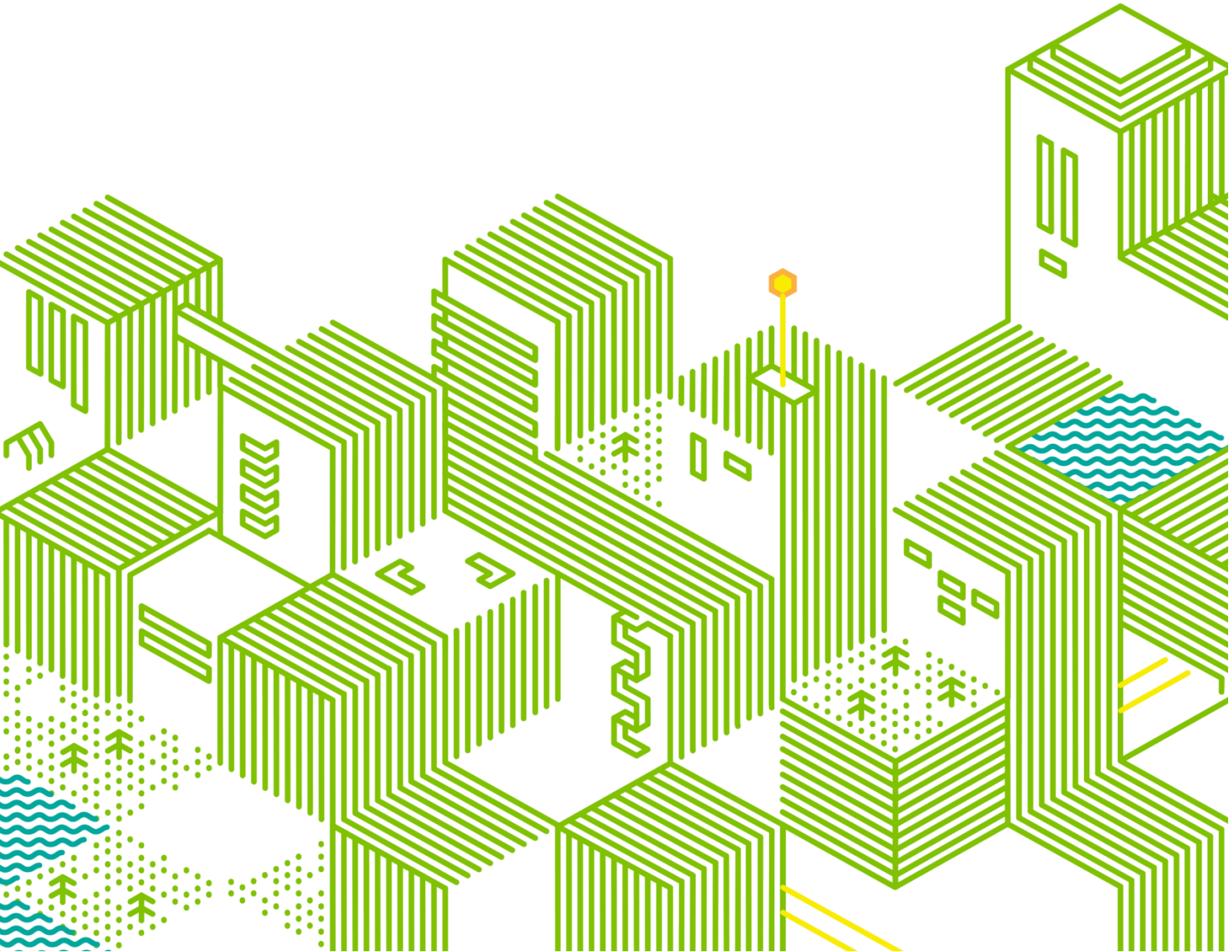
SITOWISE

Hiedanrannan dynaaminen energia-mallinnus – Tulokset ja analyysit

Päiväys	20.01.2020
Projekti	Hiedanrannan dynaaminen energiamal-linnus
Osoite	Hiedanranta 33400 Tampere



Tiivistelmä

Tampereen Hiedanrannasta kehitetään 25 000 asukkaan ja 10 000 työpaikan aluetta, jonka tavoitteena on toimia hiilinieluna. Tämän projektin keskeinen päämäärä oli tuottaa tietoa uusien älykkäiden ohjausteknologioiden vaikutuksista rakennusten energiatehokkuuteen, päästöihin ja kustannuksiin. Luodun tiedon avulla pystytään valitsemaan vaikuttavimmat teknologiat Hiedanrannassa hyödynnettäviksi.

Tässä projektissa tutkittiin kahden Hiedanrannan tyyppikorttelin energiaprofiileja, elinkaarikustannuksia ja elinkaaripäästöjä eri automaatioteknologioilla ja palvelutasoilla. Tutkituista kortteleista asuntokortteli sisältää pelkkiä asuntoja ja yleisiä tiloja. Liiketilakortteli sisältää näiden lisäksi liiketiloja.

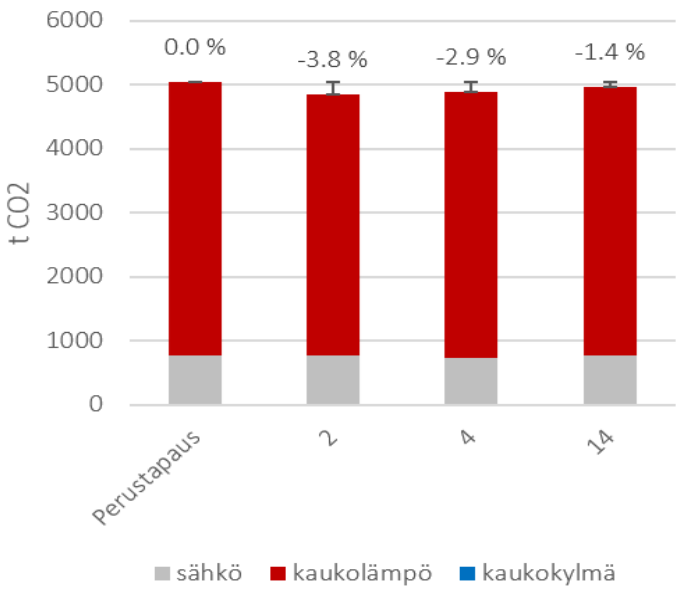
Tutkimuksen tavoitteena oli pienentää kortteleiden energian ja tehon tarpeita soveltaen erilaisia nykykäytäntöjä edistyneempiä teknologioita. Elinkaarilaskelmia varten tutkimuksessa selvitettiin simuloitujen energiaprofiilien ohella teknologioiden laitetarpeet.

Energiaprofiilit mallinnettiin IDA ICE 4.8 -ohjelmalla soveltaen osaa energiatehokkuusdirektiivin (2018/844) SRI luettelon ohjausteknologioista.

Tulokset

Seuraavat kolme teknologiaa osoittautuivat tutkimuksessa kokonaisuudessaan parhaiksi

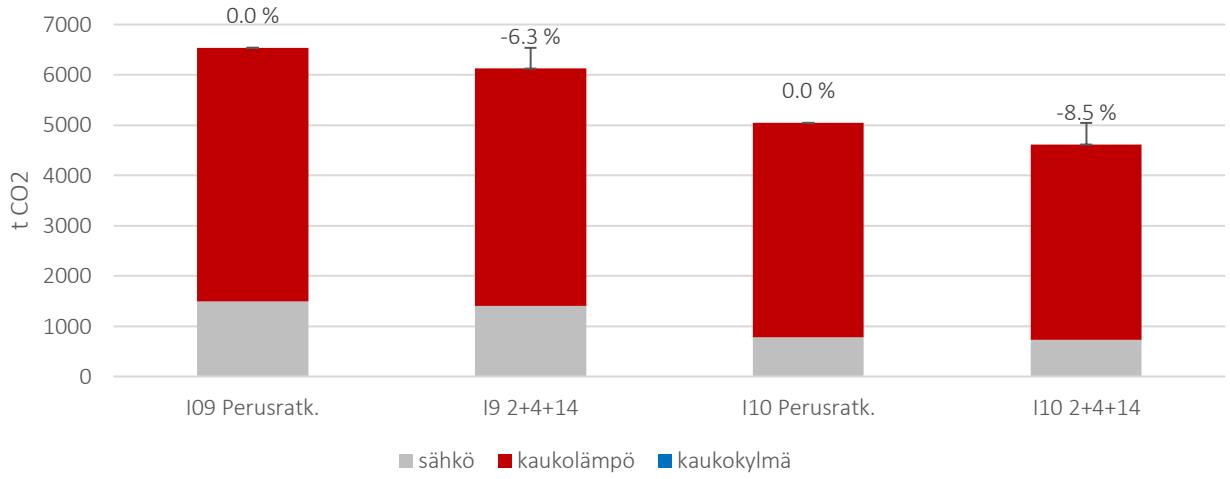
- Teknologia 2 – Kulutuspiikkien leikkaus lämmönjakojärjestelmän älykkäillä säädöillä
- Teknologia 4 – Läsnäolon ja tarpeen huomiointi ilmanvaihdossa
- Teknologia 14 - Vikojen ja hälytysten ilmoitus sekä ongelmien diagnosointi (talotekniikan toiminnan etävalvonta)



Parhaiden teknologioiden elinkaaripäästöt suhteessa perustapaukseen asuntokorttelissa.

Tutkimuksessa selvisi, että yksittäisten automaatioteknologioiden vaikutukset rakennusten elinkaaren kasvihuonekaasupäästöihin ovat verrattain pieniä. Jos kortteleissa hyödynnetään kaikkia lupaavimpia automaatioteknologioita, on elinkaaripäästöjä kuitenkin mahdollista pienentää merkittävämpiä määriä. Kortteleille tehtiin yhdistelmäsimulaatiot, joilla tutkittiin usean teknologian hyödyntämisen vaikutus elinkaaripäästöihin. Teknologioiden 2, 4 ja 14 yhdistelmien tulokset ovat alla

olevassa kuvaajassa. Kuvaajasta nähdään, että useita teknologioita yhdistämällä voidaan päästä noin 5 – 10 % vähennyksiin elinkaaripäästöissä.



Yhdistelmien elinkaaripäästöt molemmissa tutkituissa kortteleissa.

Parhaimmiksi osoittautuneiden teknologioiden energiansäästöt pohjautuvat seuraaviin periaatteisiin:

- Teknologia 2 – Kulutuspiikkien leikkaus lämmönjakojärjestelmän älykkäillä säädöillä
    - Lämmitysjärjestelmä kykenee ennakoimaan sään ja rakennuksen käytön vaikutuksia rakennuksen lämmitysenergian- ja tehontarpeisiin. Näin voidaan välttää tilojen turhaa lämmitystä ja leikata lämpöenergian kulutuspiikkejä. Hyödyt ovat suurimpia lattialämmityskohteissa. Teknologia tarjoaa lisähyötyä alueelliselle energiajärjestelmälle, jos rakennusten lämmitystä optimoidaan energiajärjestelmän toiminnan näkökulmasta.
- Teknologia 4 – Läsnäolon ja tarpeen huomiointi ilmanvaihdossa
    - Ilmanvaihtojärjestelmä pudottaa asuntojen ilmamääriä asukkaiden ollessa poissa. Liiketiloissa ilmavirrat säädetään vastaamaan tilojen tarvetta. Ilmanvaihtokoneiden puhaltimet kuluttavat vähemmän sähköä ja ilman lämmitykseen tarvitaan vähemmän lämpöenergiaa.
- Teknologia 14 - Vikojen ja hälytysten ilmoitus sekä ongelmien diagnosointi (talotekniikan toiminnan etävalvonta)
    - Rakennusten talotekniikan toiminnan etävalvonnalla ja datan älykkäällä analyysillä rakennusten kunnossapito voidaan muuttaa ennakoivaksi. Oikein ajoitetuilla kunnossapitotöillä voidaan optimoida lämmitysjärjestelmän sekä ilmanvaihdon energiatehokkuutta sekä korjata vakavat ongelmat ennen niiden syntymistä.

Kehittyneempien automaatioteknologioiden lisääminen rakennuksiin nostaa hieman elinkarikustannuksia suhteessa perustapaukseen. Useimmat teknologiat eivät siis tämän tutkimuksen valossa maksa itseään takaisin 50 vuoden tarkasteluajanjakson aikana, joten niiden hyötyjen on löydyttävä muualta.

Osalla tarkastelluista teknologioista on merkittävää potentiaalia sekä lämmön-, että sähkönkulutuksen huipputehon tarpeen pienentämiseen. Voidaan olettaa, että huipputehojen pienentäminen

edesauttaa alueen energiaverkon rakentamista uusiutuvan energian varaan, mikä puolestaan pienentää alueen kasvihuonekaasupäästöjä. Tämän vaikutuksen tarkasteleminen ei sisältynyt tutkimussuunnitelmaan.

Suosituksia jatkoselvityksistä tämän selvityksen pohjalta

Tässä tutkimuksessa tehtyjen tarkastelujen perusteella ei voida suoraan vetää sitä johtopäätöstä, että tarkastellut teknologiat ovat taloudellisesti kannattamattomia ja hiilivaikutuksiltaan vähäpätöisiä. Suoritettu tarkastelu ei sisällä kaikkia teknologioiden hyötyjä ja toisaalta tarkasteluun sisältyy epävarmuustekijöitä.

Tulosten pohjalta tulisi valita tutkimuksessa esitetyt parhaimmat teknologiat (laajempi joukko kuin edellä esitetyt kolme parasta teknologiaa) ja tarkastella niiden soveltuvuutta Hiedanrannan alueen kokonaisuuteen tarkemmin. Tarkemmassa tarkastelussa tulisi selvittää, kuinka laajasti teknologiat ovat käytössä, millaisia muutoksia niillä on ollut rakennusten energiantarpeisiin ja tehoihin käytännössä, millaisia kokemuksia niiden toiminnasta on saatu sekä mitä muita mahdollisia hyötyjä niillä voi olla.

Kortteleiden energiankulutusta voidaan vähentää vain pieniä määriä vaikuttamalla niiden energiankulutusprofiiliin ja tästä syystä kortteleiden hiilinielutavoitteeseen tulisi pyrkiä mahdollisimman hiilineutraalilla energiantuotannolla sekä energiavirtojen alueellisella kierrätyksellä. Hiilinielutavoite ei toteudu vain kortteleiden energiankulutusprofiilia optimoimalla, jos kortteleissa käytetty energia tuotetaan tavanomaisilla energianlähteillä.

Sisällys

1 Projektin tausta ja tavoitteet 8

2 Tutkimusprosessi 8

3 Kortteleiden esittely 10

4 Tulokset 11

4.1 Projektissa syntyneet dokumentit 11
4.2 Elinkaarikustannukset (LCC) 11
4.2.1 Liiketilakorttelin elinkaarikustannukset 12
4.2.2 Asuntokorttelin elinkaarikustannukset 13
4.3 Elinkaaripäästöt (LCA) 14
4.3.1 Liiketilakorttelin elinkaaripäästöt 15
4.3.2 Asuntokorttelin elinkaaripäästöt 16
4.4 Elinkaarikustannus ja -päästölaskelmien tulosten analysointi 17
4.5 Energia 19
4.5.1 Liiketilakorttelin energialaskennan tulokset 20
4.5.2 Asuntokorttelin energialaskennan tulokset 21
4.6 Huipputeho 22
4.6.1 Liiketilakorttelin huipputeho 23
4.6.2 Asuntokorttelin huipputeho 24
4.7 Energia- ja teholaskennan tulosten analysointi 25

5 Johtopäätökset 27

6 Suosituksia jatkoselvityksistä tälle selvitykselle rinnakkaisista aiheista 29

Yhteystiedot

Kohde

Hiedanrannan asuinalue
33400 Tampere

Tilaaja

Tampereen kaupunki
PL 284
33101 Tampere

Suunnittelu

Tyyppikortteleiden dynaaminen energiamallinnus

Sitowise Oy
puh 029 005 9202
Linnoitustie 6
02600 Espoo

Projektipäällikkö
Marko Tulamo
puh +358 50 301 8660
email marko.tulamo@sitowise.com

Asiantuntija
Eero Puurunen
puh +358 40 1882182
email eero.puurunen@sitowise.com

Energiasuunnittelija
Nicholas Stewart
puh +358 44 427 9416
email nicholas.stewart@sitowise.com

Määrittelyt

Elinkaari	Tarkasteluajanjaksoksi valittiin 50 vuotta. Tarkastelu kattaa teknologioiden elinkaaren tällä ajanjaksolla.
Elinkaarikustannukset	Tarkasteltujen teknologioiden asennus- ja uusintakustannukset, mahdolliset palvelukustannukset sekä elinkaarenaikaiset energiakustannukset.
Elinkaaripäästöt	Korttelin energiankulutuksesta aiheutuvat päästöt tarkastelujakson aikana.
SRI	Smart readiness indicator - Älyindikaattori
Palvelutaso	SRI-luettelon indikaattorikohtainen taso väliltä 0-4.
Energiaprofiili	Kortteleiden tuntikohtaiset energiankulutustiedot vuoden aikajaksolle.
Huipputehontarve	Suurin korttelin tarvitsema teho vuoden aikajaksolla.
Hiilinielu	Hiilivarasto, jonka koko kasvaa.
Superkortteli	Monimuotoinen useista rakennuksista koostuva kokonaisuus

1 Projektin tausta ja tavoitteet

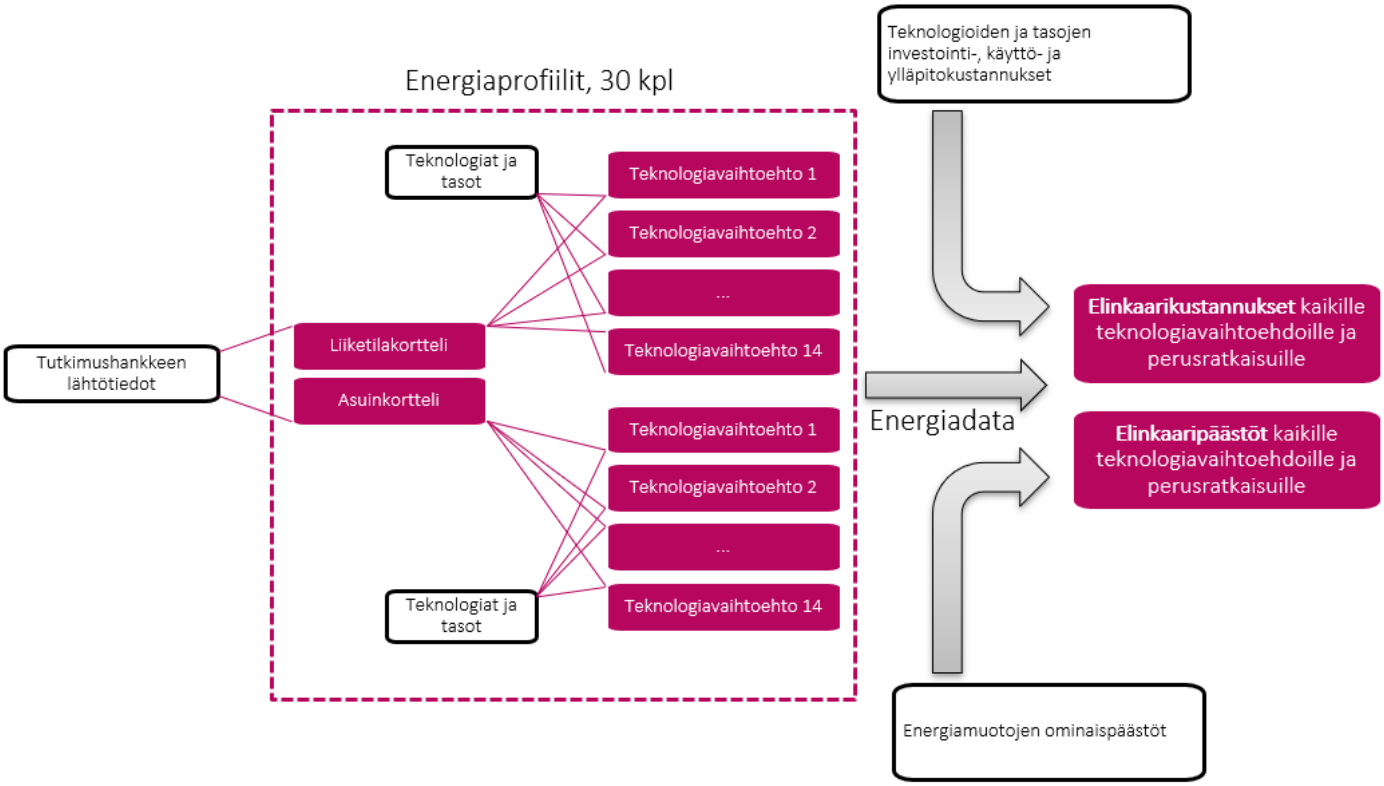
Hiedanrannan uuden kaupunginosan tavoitteena on olla 25 000 asukkaan ja 10 000 työpaikan alue, joka toimii hiilinieluna. Alueen kehitysohjelman tavoitteiden mukaisesti alueelle rakennetaan kaksisuuntaiset avoimet energiaverkot, joiden kautta alueen energiavirtoja voidaan tasata niin kutsuttujen superkortteleiden välillä. Superkorttelit ovat monimuotoisesti asumista ja palveluita yhdistäviä suuria kokonaisuuksia, jotka muodostavat energiayhteisöjä.

Tämän projektin tavoitteena oli mahdollisimman realistisesti mallintaa Hiedanrannan keskeisimpien korttelityyppien energiankulutuksen profiilit ja tunnistaa tärkeimmät näihin profiileihin vaikuttavat automaatioteknologiat sekä arvioida niiden vaikutus.

Projektin keskeinen tavoite oli tuottaa tietoa, jonka pohjalta voidaan valita rakennusten energiatehokkuuden kannalta vaikuttavimmat ohjausteknologiat Hiedanrannan alueen päästöjen minimoimiseksi kustannustehokkaasti.

2 Tutkimusprosessi

Automaatioteknologiat valittiin rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2018/844) älyindikaattoreiden (SRI) luettelosta. Tavanomaisille kortteleille valittiin teknologioiden osalta tasot, jotka vastaavat tavanomaista rakentamista. Tavanomaista paremmille teknologiavaihtoehdoille valittiin indikaattoreista palvelun taso, joka on toteutettavissa ja vastaa tavanomaista rakentamista parempaa tasoa. Tutkimusprosessi näkyy kuvassa 1.



Kuva 1. Tehdyn tutkimuksen prosessikaavio.

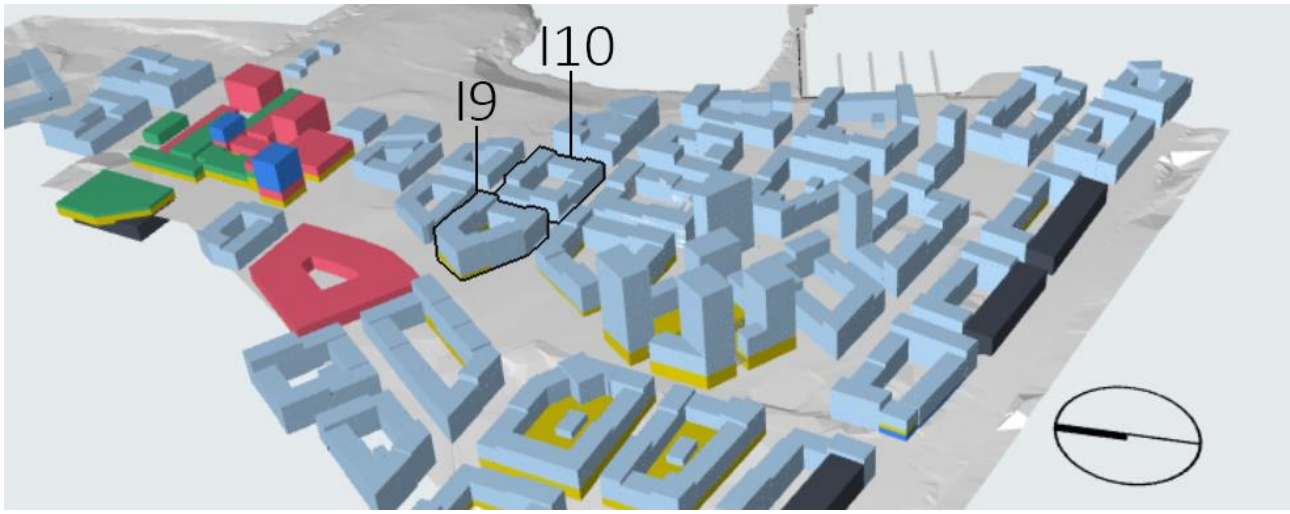
Tutkimushankkeessa tuotetut tulokset on esitetty punaisella ja lähtötiedot valkoisella (kuva 1). Ensimmäisessä vaiheessa kortteleiden tietomalleista ja teknisten järjestelmien sekä käytön oletuksista muodostettiin kortteleiden tavanomaiset energiamallit. Toisessa vaiheessa teknologiavaihtoehtojen energiamallit muodostettiin tavanomaisten ratkaisujen malleista muuttamalla kuhunkin malliin kutakin teknologiaa ja palvelutasoa vastaava säätöjärjestelmä. Energiamalleilla simuloitiin eri vaihtoehtojen energiaprofiili. Kolmannessa vaiheessa energiaprofiileista ja investointi-, käyttö- sekä ylläpitokustannustiedoista laskettiin eri vaihtoehtojen elinkaarikustannukset. Kolmannessa vaiheessa myös laskettiin energiaprofiileista ja energiamuotojen ominaispäästöistä eri vaihtoehtojen elinkaaripäästöt.

Taulukko 1. Tutkimuksessa käytetyt teknologiavaihtoehtojen numeroinnit ja lyhyet kuvaukset. Tarkemmat kuvaukset löytyvät lähtötietoraportista.

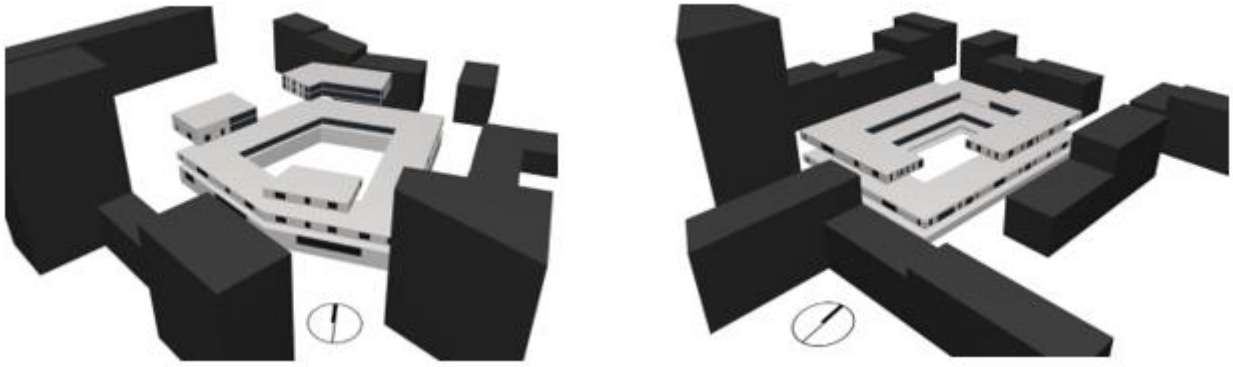
Numero	SRI koodi	Säädön kohde	Säätö
1	Heating-1a	Tilalämmitys	Käyttöaikojen huomiointi tilalämmityslaitteiden asetusarvoissa (läsnäolon huomiointi)
2	Heating-1g	Tilalämmitys	Kulutuspiikkien leikkaus lämmönjakojärjestelmän säädöillä (lämpimän käyttöveden profiilin ja sääennusteen huomiointi tilalämmityksen säädössä)
3	Cooling-1a	Tilaviilennys	Käyttöaikojen huomiointi tilaviilennyslaitteiden asetusarvoissa
4	Ventilation-1a+c	Ilmanvaihto	Läsnäolon ja tarpeen huomiointi ilmanvaihdossa
5	Ventilation-2a	Ilmanvaihto	Kulutuspiikkien leikkaus ilmanvaihdon asetusarvojen säädöillä
6		Ilmanvaihto	Kulutuspiikkien leikkaus ilmanvaihdon ilmamäärien säädöillä
7	Ventilation-2c	Ilmanvaihto	Palvelualueiden lämpötilojen huomiointi LTO-ohituksessa
8	Ventilation-2d	Ilmanvaihto	Palvelualueiden lämpötilojen huomiointi tuloilman asetusarvoissa
9	Ventilation-3	Ilmanvaihto	Vapaajäähdytys ilmanvaihdolla
10	Lighting-1a+2	Valaistus	Läsnäolon ja luonnonvalon huomiointi valaistuksessa
11	DE-1	Aurinkosuojaus	Tilojen lämpötiloihin ja auringonvaloon perustuva aurinkosuojauksen säätö
12	DSM-19	Laitekuormat (asunnot)	Kulutuspiikkien leikkaus laitekuormien hallinnalla
13	EV-15+16	Sähköautojen lataus	Lataustehon ja latauskuorman hallinta
14	MC-4	-	Vikojen ja hälytysten ilmoitus sekä ongelmien diagnosointi

3 Kortteleiden esittely

Tarkasteltujen kortteleiden ja näitä ympäröivien rakennusten ulkomuoto pohjautuu kaupungilta saatuun 3D-malliin. Tarkasteltavana oli kaksi korttelia: puhdas asuinkortteli (kortteli I10) ja asuinkortteli, jonka katutasossa on liiketilaa (kortteli I9). Kortteleihin viitataan tässä raportissa nimillä ”asuinkortteli” ja ”liiketilakortteli”. Kyseiset korttelityypit muodostavat suurimman osan Hiedanrannan rakennusmassasta ja ne valittiin tästä syystä tarkastelun kohteeksi.



Kuva 2. Simuloidut korttelit kaupungin toimittamassa 3D-mallissa.



Kuva 3. Korttelien simulointimallit käsittävät tyypilliset kerrokset. Loput kerroksista tuotetaan kertoimien avulla.

Tutkimuksessa tuotettiin kortteleista tilakohtaiset mallit, jotka pohjautuvat uskottaviin pohjaratkaisuihin energiamallinnukseen riittävällä tarkkuudella. Pohjaratkaisut tuotettiin kaupungilta saatujen oletusten ja arkkitehdin asiantuntijanäkemyksen pohjalta. Tavoitteena oli, että tilojen koko, sekoittuminen ja sijoittelu vastaa nykyrakentamiselle tyypillisiä käytäntöjä. Energiamallinnusta varten vierekkäiset, saman tilatyypin huoneet yhdistettiin, jotta mallista saadaan laskennallisesti mahdollisimman kevyt. Yhdistettyjen tilojen tietoihin tallennettiin tieto siitä, kuinka monesta huoneesta kukin tila koostuu, jotta mahdollisia tilalaitteita pystytään sijoittamaan oikea määrä kuhunkin tilaan.

Kortteligeometrioiden luontia kuvataan tarkemmin raportin liitteessä.

4 Tulokset

Tässä osiossa esitetään kortteleiden elinkaarikustannusvertailut, energiankäytön elinkaaripäästövertailut ja energian- sekä tehontarpeet, jotka määritettiin kortteleiden simuloiduista energiaprofiileista. Tuloksissa vertaillaan tavanomaista ratkaisua erilaisiin parannetulla automaatioteknologialla varustettuihin ratkaisuihin.

4.1 Projektissa syntyneet dokumentit

Tämän raportin ja sen liitteen ohella tämä projekti tuotti sarjan kortteleiden IDA-ICE -energiasimulointimalleja, sekä kortteleiden energiankulutusprofiilit (lämmityksen, jäähdytyksen ja sähkönkulutuksen tuntikohtaiset vuosiprofiilit Excel-taulukkotietona). Nämä tiedostot sisältävät versiot molempien kortteleiden perustapauksesta ja kaikista kortteleissa tarkastelluista teknologioista. Mainitut tiedostot on tallennettu Tampereen M-Files -järjestelmään seuraavan nimisinä zip-tiedostopaketteina: IDA-mallit_kortteli_I10_perus&v1-4, IDA-mallit_kortteli_I10_v11-13, IDA-mallit_kortteli_I9 ja Energiaprofiilit_korttelit_I9_ja_I10.

4.2 Elinkaarikustannukset (LCC)

Elinkaarikustannusvertailun aikajaksona käytettiin aikaväliä 2025-2075 ja laskelmiin sisällytettiin kortteleiden energiakustannukset sekä teknologioiden ominaiskustannukset.

Eri teknologioiden investointikustannukset määritettiin pääosin laite-, järjestelmä ja palvelutoimittajilta saaduista kustannustiedoista. Osalle teknologioista investointikustannukset voitiin määrittää toteutuneiden hankkeiden kustannustietoihin perustuen. Osassa teknologioita kustannustiedot määritettiin tarvittavien laitteiden yksikkökustannuksiin perustuen. Investointikustannuksista ilmeni, että tutkittujen teknologioiden kustannusten suuruuteen vaikuttaa merkittävimmin, millä tasolla ohjausteknologian säätö tapahtuu. Kiinteistö- tai IV-konetasolla ohjausteknologioiden kustannukset ovat merkittävästi pienemmät kuin säätöjen, jotka vaativat asunto- tai liiketilakohtaista automaatiota.

Kiinteistötason säädöissä automaation toimilaitteita ja mittauksia tarvitaan ainoastaan kiinteistön tiloissa. Asuntokohtaisessa automaatiossa jokaisessa asunnossa tulee olla toimilaitteet säädettäville kohteille, mittalaitteet mitattaville parametreille sekä näiden ja kiinteistön välille toteutettu tiedonsiirto. Tarvittavien automaatiolaitteiden määrä kasvaa tällöin merkittävästi.

Seuraavissa osioissa 4.1.1 ja 4.1.2 esitetään elinkaarikustannusvertailun tulokset.

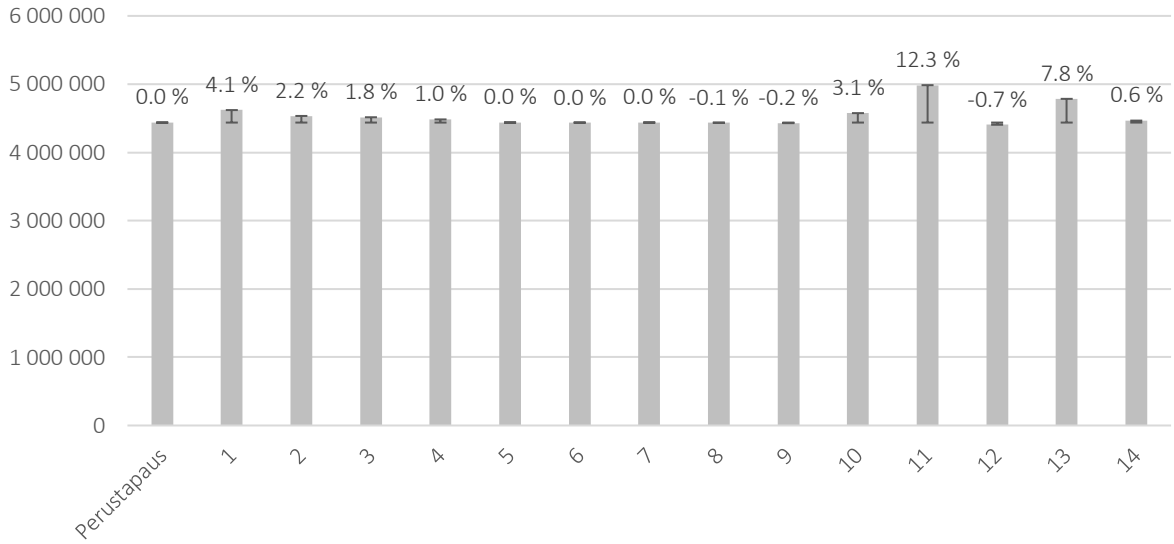
Energian hintojen oletettiin nousevan 2 % vuodessa. Muut laskelmien lähtötiedot löytyvät lähtötietoraportin osiosta 5.

Elinkaarikustannusvertailun tulosten analyysit löytyvät osiosta 4.3.

4.2.1 Liiketilakorttelin elinkaarikustannukset

Eri teknologioiden soveltaminen kortteliin I9 pääosin kasvattaa sen elinkaarikustannuksia. Tuloksissa on epävarmuutta ja elinkaarikustannuksiltaan lähellä perustapausta olevat teknologiat voivat todellisuudessa vähentää korttelin elinkaarikustannuksia (osa 4.3). Lupaavimpia teknologioita tulee tutkia tarkemmin.

Alla olevasta kuvaajasta nähdään liiketilakorttelin elinkaarikustannukset. Laskelmaan sisältyvät energiankulutuksen kustannukset ja tutkittujen teknologioiden ominaiskustannukset. Perustapaus sisältää pelkän energiankulutuksen kustannuksen.



Kuvaaja 5. Liiketilakorttelin elinkaarikustannukset tutkituille teknologioille.

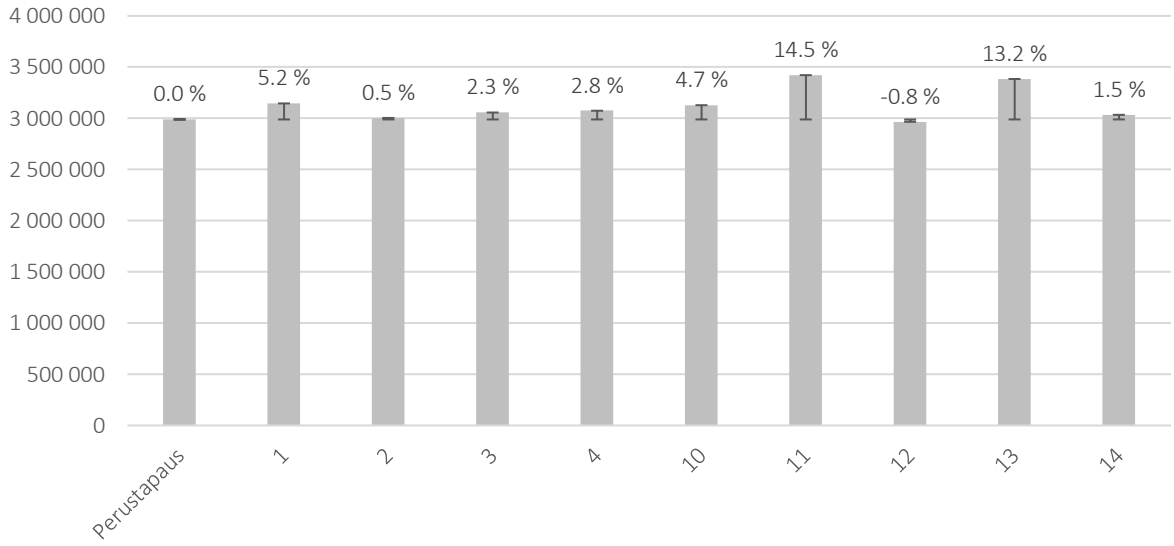
Yleiset vaikutukset elinkaarikustannuksiin: Kuvaajasta nähdään, että useimmat teknologiat kasvattavat korttelin elinkaarikustannuksia ja muutos on välillä -0.7 – 12.3 %.

Erittelyt teknologioittain: Liiketilojen ilmanvaihtokoneiden paremmat säätötavat (8, 9) ja kuluttajalaitteiden käytön optimointi tuntihinnan perusteella (12) ovat ainoat vaihtoehdot, jotka tehdyssä vertailussa ovat elinkaarikustannuksiltaan perusratkaisua parempia. Ikkunoiden dynaaminen aurinkosuojaus (11) muodostuu elinkaarikustannuksiltaan selkeästi kalleimmaksi vaihtoehdoksi. Kuormienhallinnalla varustetut sähköautojen latauspisteet (13) kasvattivat elinkaarikustannuksia n. 8 % ja käyttöaikojen huomiointi tilalämmityksessä kasvatti kustannuksia n. 4 %. Muiden vaihtoehtojen vaikutus elinkaarikustannuksiin oli vähäistä.

4.2.2 Asuntokorttelin elinkaarikustannukset

Eri teknologioiden soveltaminen kortteliin I10 pääosin kasvattaa sen elinkaarikustannuksia. Tuloksissa on epävarmuutta ja elinkaarikustannuksiltaan lähellä perustapausta olevat teknologiat voivat todellisuudessa vähentää korttelin elinkaarikustannuksia (osa 4.3). Lupaavimpia teknologioita tulee tutkia tarkemmin.

Alla olevasta kuvaajasta nähdään liiketilakorttelin elinkaarikustannukset. Laskelmaan sisältyvät energiankulutuksen kustannukset ja tutkittujen teknologioiden ominaiskustannukset. Perustapaus sisältää pelkän energiankulutuksen kustannuksen.



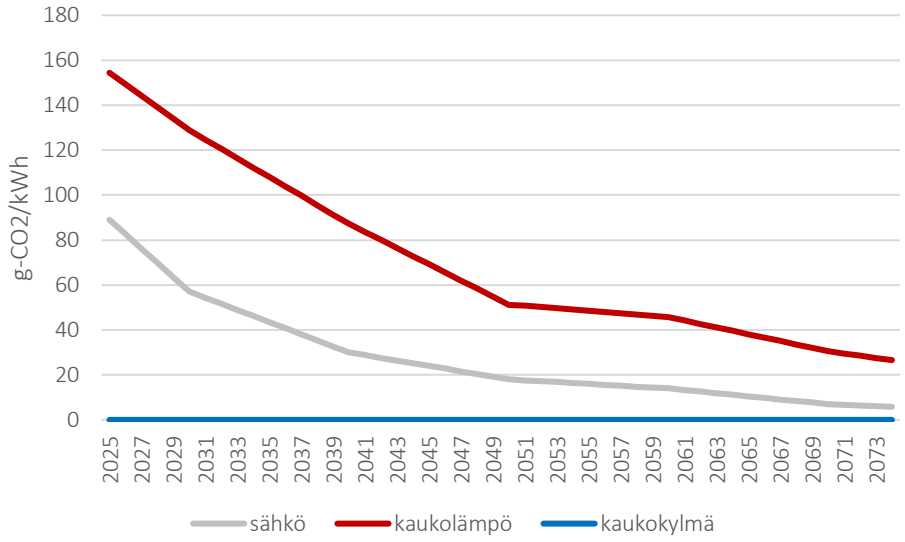
Kuvaaja 6. Asuntokorttelin elinkaarikustannukset tutkituille teknologioille.

Yleiset vaikutukset elinkaarikustannuksiin: Kuvaajasta nähdään, että useimmat teknologiat kasvattavat korttelin elinkaarikustannuksia ja muutos on välillä -0.8 – 14.5 %.

Erittelyt teknologioittain: Kuluttajalaitteiden käytön optimointi tuntihinnan perusteella (12) on ainoa vaihtoehto, jotka tehdyssä vertailussa on elinkaarikustannuksiltaan perusratkaisua parempi. Ikkunoiden dynaaminen aurinkosuojaus (11) ja kuormienhallinnalla varustetut sähköautojen latauspisteet (13) muodostuivat elinkaarikustannuksiltaan kalleimmiksi teknologioiksi. Käyttöaikojen huomiointi tilalämmityksessä (1) ja tarpeenmukainen valaistus (10) kasvattivat myös elinkaarikustannuksia huomattavasti. Tarpeenmukaisessa valaistuksessa asuntojen valaistuksen säätö toteutettiin käsikytkimillä ja läsnäoloantureilla. Muiden vaihtoehtojen vaikutus elinkaarikustannuksiin oli vähäistä.

4.3 Elinkaaripäästöt (LCA)

Eri teknologioilla varustettujen rakennusten elinkaaripäästöt määritettiin energialaskentatulosten energiamäärillä ja laskennassa otettiin huomioon korttelin käytön energiankulutuksen päästöt. Rakennukset oletettiin rakennettavan vuonna 2025 ja niiden elinkaaren tarkastelujaksoksi valittiin 50 vuotta. Sähkönkäytön ominaispäästönä käytettiin Suomen sähköverkon päästöjen keskiarvoa ja kaukolämmön ominaispäästönä käytettiin Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämmön ominaispäästöä. Päästöjen tulevaisuuden kehittymisskenaariona käytettiin Ympäristöministeriön julkaisun 2019:22 liitteen 4 kehitysskenaariota. Ominaispäästöt laskennan eri vuosina voidaan nähdä alla olevassa kuvaajassa.



Kuvaaja 7. Eri energiamuotojen ominaispäästöjen kehittyminen laskentajaksolla.

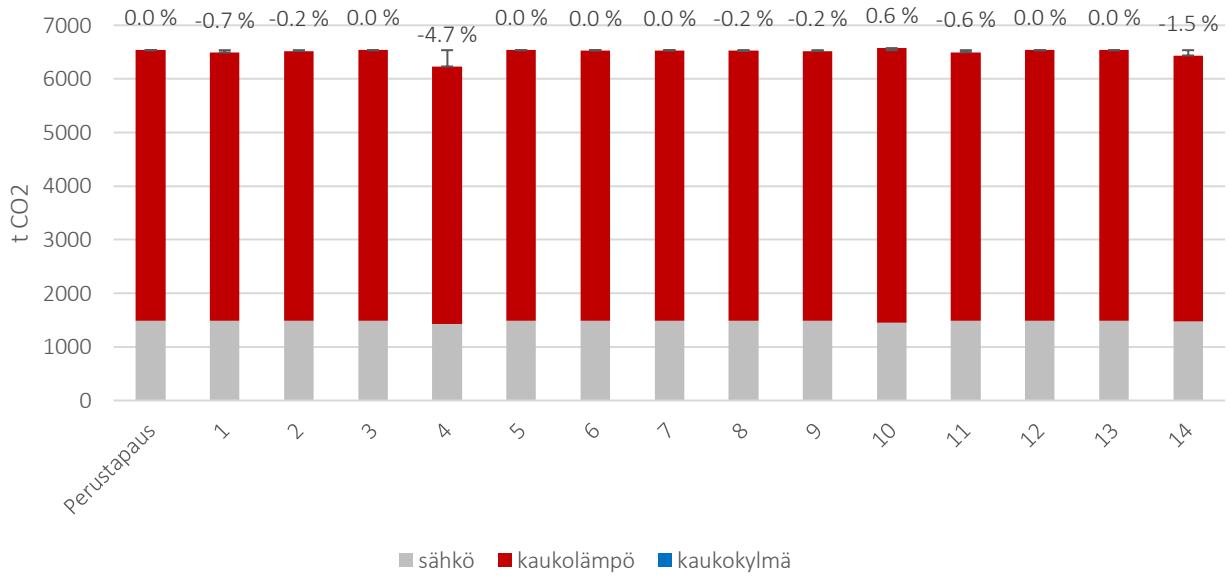
Seuraavissa osioissa 4.2.1 ja 4.2.2 esitetään elinkaaripäästövertailun tulokset. Laskelmien lähtötiedot löytyvät lähtötietoraportin osiosta 6.

Elinkaaripäästövertailun tulosten analyysit löytyvät osiosta 4.3.

4.3.1 Liiketilakorttelin elinkaaripäästöt

Teknologioilla on vain vähäisiä vaikutuksia korttelin I9 elinkaaripäästöihin. Merkittävään osaan korttelin kokonaisenergiankulutuksesta ei voida tutkituilla teknologioilla vaikuttaa. Kaukolämmön päästöt muodostavat suurimman osan energiankulutuksen elinkaaripäästöistä.

Alla olevasta kuvaajasta nähdään liiketilakorttelin energiankulutuksen elinkaaripäästöt.



Kuvaaja 8. Liiketilakorttelin energiankulutuksen elinkaaripäästöt.

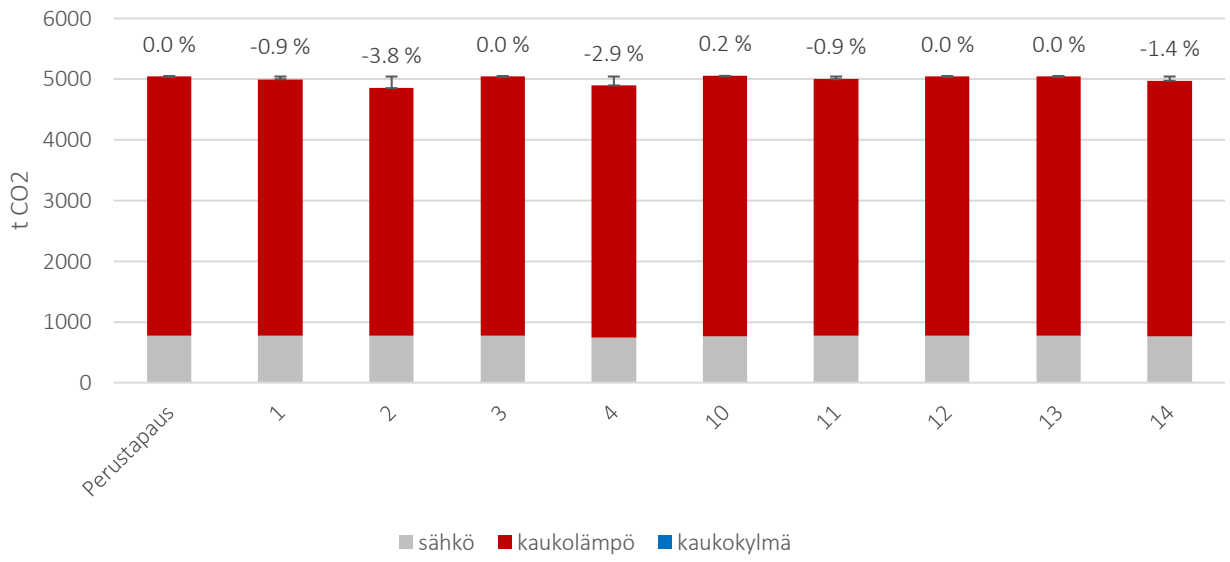
Yleiset vaikutukset elinkaaripäästöihin: Kuvaajasta nähdään, että tutkituilla teknologioilla on vain pieni vaikutus korttelin elinkaaripäästöihin. Vaikutus elinkaaripäästöihin on maksimissaan noin 5 %. Suurin osa energiankulutuksen elinkaarenaikaisista päästöistä muodostuu kaukolämmöstä, sillä sen vuosittainen energiamäärä on suurempi ja käytetyssä päästöjen kehittymisskenaariossa sen ominaispäästöt laskevat hitaammin kuin sähköllä. Suuri osa korttelin kaukolämmön kulutuksesta muodostuu lämpimästä käyttövedestä, jonka kulutusmääriin on haastavaa vaikuttaa, joten energiantarpeeseen vaikuttamalla on vaikeaa pudottaa merkittävästi rakennusten elinkaaripäästöjä. Kaukokylmästä ei aiheudu elinkaaripäästöjä, sillä se tuotetaan Tampereella vapaajäähdytyksellä lauhduttamalla lämpö järveen.

Erittelyt teknologioittain: Tarpeenmukainen ilmanvaihto (4) on liiketilakorttelissa ainoa tutkittu teknologia, joka pudottaa merkittävästi korttelin energiankulutuksen elinkaaripäästöjä. Liiketilojen IV-koneiden parempien säätöjen (8, 9) vaikutus voi olla liiketilojen osalta merkittävä. Liiketilojen osuus liiketilakorttelissa on kuitenkin pieni ja tästä syystä koko korttelin tuloksissa kahden liiketilan ilmanvaihtokoneeseen rajoittuva säätö tee merkittävää muutosta. Tarpeenmukainen valaistus (6) kasvattaa elinkaaripäästöjä, sillä valaistuksen vähentäminen pienentää valaistuksen lämmittävää vaikutusta ja kasvattaa kaukolämmön kulutusta. Kaukolämmön ominaispäästöjen ollessa elinkaarenaikana suuremmat kuin sähkön, ovat tarpeenmukaisen valaistuksen elinkaaripäästöt suuremmat.

4.3.2 Asuntokorttelin elinkaaripäästöt

Teknologioilla on vain vähäisiä vaikutuksia korttelin I10 elinkaaripäästöihin. Merkittävään osaan korttelin kokonaisenergiankulutuksesta ei voida tutkituilla teknologioilla vaikuttaa. Kaukolämmön päästöt muodostavat suurimman osan energiankulutuksen elinkaaripäästöistä.

Alla olevasta kuvaajasta nähdään asuntokorttelin energiankulutuksen elinkaaripäästöt.



Kuvaaja 9. Asuntokorttelin energiankulutuksen elinkaaripäästöt.

Yleiset vaikutukset elinkaaripäästöihin: Kuvaajasta nähdään, että tutkituilla teknologioilla on vain pieni vaikutus korttelin elinkaaripäästöihin. Vaikutus elinkaaripäästöihin on maksimissaan n. 4 %. Kuvaajasta nähdään, että suurin osa energiankulutuksen elinkaarenaikaisista päästöistä muodostuu kaukolämmöstä, sillä sen vuosittainen energiamäärä on suurempi ja käytetyssä päästöjen kehittymisskenaariossa sen ominaispäästöt laskevat hitaammin kuin sähköllä. Suuri osa korttelin kaukolämmön kulutuksesta muodostuu lämpimästä käyttövedestä, jonka kulutusmääriin on haastavaa vaikuttaa, joten energiantarpeeseen vaikuttamalla on vaikeaa pudottaa merkittävästi rakennusten elinkaaripäästöjä. Kaukokylmästä ei aiheudu elinkaaripäästöjä, sillä se tuotetaan Tampereella vapaajäähdytyksellä lauhduttamalla lämpö järveen.

Erittelyt teknologioittain: Tarpeenmukainen ilmanvaihto (4) ja lämmitysjärjestelmän älykäs säätö (2) ovat asuinkorttelissa ainoat tutkitut teknologiat, jotka pudottavat merkittävästi korttelin energiankulutuksen elinkaaripäästöjä. Tarpeenmukainen valaistus (6) kasvattaa elinkaaripäästöjä, sillä valaistuksen vähentäminen pienentää valaistuksen lämmittävää vaikutusta ja kasvattaa kaukolämmön kulutusta. Kaukolämmön ominaispäästöjen ollessa elinkaarenaikana suuremmat kuin sähkön, ovat tarpeenmukaisen valaistuksen elinkaaripäästöt suuremmat.

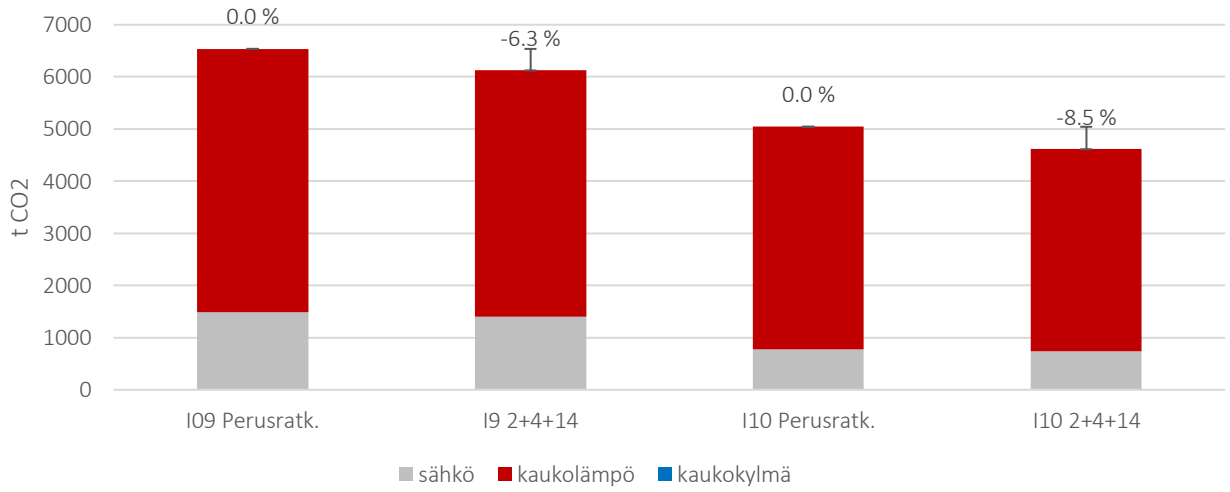
4.4 Elinkaarikustannus ja -päästölaskelmien tulosten analysointi

Elinkaarikustannukset: Elinkaarikustannusvertailun tuloskuvaajista nähdään, että useimmilla tutkituilla teknologioilla ei saavuteta säästöjä elinkaarikustannuksissa. Elinkaarilaskennan lähtötiedoissa on kuitenkin paljon epävarmuustekijöitä, joka johtaa siihen, että tulokset ovat suuntaa antavia. Energiasimulointiohjelmalla ei voida realistisesti huomioida teknologioiden kaikkia vaikutuksia ja teknologioiden kustannukset voivat vaihdella paljon toteutustavasta ja korttelin talotekniikasta riippuen. Teknologioilla voi myös olla merkittäviä kustannusvaikutuksia alueelliseen energiajärjestelmään kortteleiden tehontarpeiden muuttuessa ja näitä kustannusvaikutuksia ei otettu tutkimuksessa huomioon.

Tuloksista voidaan kuitenkin sanoa olevan todennäköistä, että merkittävän kustannuslisän aiheuttavat teknologiat, kuten dynaaminen aurinkosuojaus tai käyttöaikojen huomiointi tilalämmityksessä, ovat elinkaarikustannuksiltaan perustoteutustapaa kalliimpia. Useat muut teknologiat ovat laskennassa elinkaarikustannuksiltaan lähellä perustoteutustapaa ja ne voivat olla joissain tapauksissa sitä halvempia. Jotkut teknologiat ovat laajasti käytössä asuinkerrostaloissa ja niiden tiedetään käytännössä maksavansa sijoituksena itsensä takaisin. Esimerkiksi lämmityksen kulutuspiikkien leikkaus lämmönjakojärjestelmän etähallinnalla (2) on käytössä Suomessa erittäin laajalti ja palvelua tarjoavat useat kaukolämpöyhtiöt sekä muut alan toimijat.

Kuluttajalaitteiden sähkökuormien hallinta muodostui kannattavimmaksi vaihtoehdoksi, sillä se tutkittiin tapauksena, jossa asukkailla on käytössä tuntihintaperusteinen sähköliittymä ja käytettävissä tulevien tuntien hinta-arvio. Asukkaiden oletettiin toimivan aktiivisina kuluttajina ja ajoittavan sähkönkulutustaan halvemmille tunneille. Etähallinnasta ei tästä syystä oletettu aiheutuva kustannuksia ja asukkaan käyttämän sähkön hinta oletettiin matalammaksi. Kuluttajalaitteiden sähkökuormien etähallintapalvelua ei toistaiseksi ole Suomessa tarjolla, mutta etähallintaan tarvittava asuntoautomaatio ja todennäköinen palvelumaksu aiheuttavat sen, että laitteiden etähallittavuus ei ole todennäköisesti elinkaarikustannuksiltaan kannattavaa.

Elinkaaripäästöt: Elinkaaripäästövertailun tuloskuvaajista nähdään, että teknologioiden vaikutus kortteleiden elinkaaripäästöihin on vähäistä. Yli prosentin elinkaaripäästövähennyksiä saavutettiin vain teknologioilla 2, 4 ja 14. Merkittävänä syynä on kortteleiden suuri lämpimän käyttöveden energian tarve, johon ei voitu tutkituilla teknologioilla vaikuttaa. Elinkaaripäästövertailussa päästölaskenta tehtiin vuositasolla käyttäen vuoden sisällä jokaiselle tunnille samaa ominaispäästöä. Sähkön ja kaukolämmön ominaispäästöt kuitenkin vaihtelevat tunneittain ja erityisesti huipputehontarpeiden aikana on tyypillistä, että ominaispäästöt ovat keskiarvoa suuremmat. Tulee siis huomioida, että lämmön ja sähkön kysyntäjoustoa toteuttavat teknologiat (2, 12, 13) todennäköisesti siirtävät kulutusta vähäisemmän ominaispäästön tunneille ja tämä voi laskea lisää kortteleiden elinkaaripäästöjä. Kortteleille tehtiin yhdistelmäsimulaatiot, joilla tutkittiin usean teknologian hyödyntämisen vaikutus elinkaaripäästöihin. Teknologioiden 2, 4 ja 14 yhdistelmien tulokset ovat alla olevassa kuvaajassa. Kuvaajasta nähdään, että useita teknologioita yhdistämällä voidaan päästä noin 6 – 10 % vähennyksiin elinkaaripäästöissä.



Kuvaaja 10. Yhdistelmien elinkaaripäästöt.

Kokonaisuus: Tämän tutkimuksen elinkaarikustannus ja -päästö laskelmien pohjalta ei voida suoraan sanoa, mitä SRI teknologioita Hiedanrannan alueella tulisi ottaa käyttöön. Tutkimus kuitenkin tuo ilmi, mitä teknologiat ovat otollisia, joita tulisi tarkastella lisää. Tarkemmassa tutkimuksessa tulisi arvioida kuinka laajasti teknologia on käytössä ja millaisia kustannussäästöjä sillä on todellisessa käytössä saavutettu. Elinkaarikustannus- ja -päästövertailun perusteella asunnoille tulisi tutkia tarkemmin teknologioita 2 (älykäs lämmönjakojärjestelmän säätö), 4 (tarpeenmukainen ilmanvaihto), 12 (laitesähkön kulutuspiikkien leikkaus), 14 (vikojen ja ongelmien automaattinen diagnosointi). Liiketilojen otollisimpien teknologioiden valinta ei ole yhtä suoraviivaista ja teknologioiden valinta tulisi pohjautua liiketilatyyppiin sekä liiketilan käyttöön. Esimerkiksi tarpeenmukainen ilmanvaihto voi tuottaa erittäin suuria säästöjä liiketiloissa, joiden tilojen käyttö on vaihtelevaa. Tasaisen käytön liiketiloissa säästöt voivat olla erittäin pieniä. Liiketilojen ilmanvaihdon ja valaistuksen säädön valinta tulisi aina tehdä liiketilakohtaisesti.

Sähköautojen latauspisteiden lisääminen keskitettyyn pysäköintiin kasvattaa elinkaarikustannuksia, mutta päätös sähköautojen latauspisteistä tulisi tapahtua latauspisteiden tarpeen mukaan. On oletettavissa, että Hiedanrannan autokannasta osa tulee koostumaan sähköautoista ja ladattavista hybrideistä. Tällöin sähköautojen latauspisteet ovat tarpeellisia, sillä latauspisteet lyhentävät latausaikoja, ovat lataamiseen turvallisempia ja helpottavat ladatun sähkö laskutusta. Sähköautojen latauspisteet mahdollistavat myös latauksen kuormienhallinnan ja virtuaalivoimalan, joilla voidaan tasoittaa merkittävästi keskitetyn pysäköinnin sähkökuormaprofiilia.

4.5 Energia

Tässä osiossa esitetään molempien kortteleiden lämmitys-, jäähdytys- ja sähköenergian kulutukset. Kulutukset esitetään kokonaismäärinä ja vaihtoehtoina esitetään vain ratkaisut, joilla oli energialaskennassa merkittävää vaikutusta korttelien energiankulutukseen. Kaikki vaihtoehdot ja kulutusten jakaumat kulutuskohteittain sisältävät kuvaajat löytyvät lähtötietoraportin osiosta 7.

Kuvaajien tulokset perustuvat energialaskennan tuloksiin kaikille muille vaihtoehdoille paitsi vikojen sekä ongelmien automaattiselle diagnosoinnille. Vikojen ja ongelmien automaattisen diagnosoinnin hyötyjä ei voida tutkia energiasimulointiohjelmilla, joten energiansäästö määritettiin tyypillisistä säästöistä, joita kiinteistöissä voidaan saavuttaa. Vikojen ja ongelmien automaattisen diagnosoinnin arvioitiin säästävän 5 % vuodessa tila- ja IV-lämmityksen sekä LVI-sähkön energiasta.

Kuluttajalaitteiden sähkökuormien hallinta tutkittiin vaihtoehtona, jossa asukkailla on käytössä tuntihintaperusteinen sähköliittymä ja käytettävissä tulevien tuntien hinta-arvio. Oletuksena on myös, että asukkaat toimivat aktiivisina kuluttajina, jotka pyrkivät optimoimaan sähkönkulutustaan halvemmille tunneille. Tutkimuksessa tutkittiin asukkaiden saunomisen ajoittamista halvemmille sähkönkulutuksen tunneille ja sen vaikutusta koko rakennuksen sähkön huipputehoon.

Sähkökuormia ei tutkittu etähallittavana vaihtoehtona, sillä pilottikohteista saatujen kokemusten mukaan asuinkerrostaloasuntojen hallittavissa olevia sähkökuormia voidaan käyttää sähköverkon tasapainotuksessa vain harvoissa tilanteissa vaikuttamatta asumismukavuuteen. Tampereen Sähkölaitoksella ei toistaiseksi ole kuluttajille tarjolla tehontarpeeseen pohjautuvaa siirtohinnoittelua, joten kuluttajalaitteiden tehonleikkauksen potentiaalisia siirtomaksuissa saatavia hyötyjä kuluttajille ei voitu määrittää.

Päivittäistavarakaupan kylmälaitteiden energiat on eritelty omaan osioonsa, sillä niiden hyödyntämismahdollisuudet ovat riippuvaisia siitä, miten kauppojen laitteet on integroitu korttelin energiajärjestelmään. Kaupan kylmä on laskelmassa oletettu tuotettavan kaupan omilla kylmäkoneilla. Automaatioteknologioiden soveltaminen päivittäistavarakaupan kylmälaitteisiin on rajattu tutkimuksen ulkopuolelle, sillä kaupoilla on usein omat suunnitteluohjeensa, jotka määräävät, miten heidän järjestelmänsä tulee toteuttaa. Laskelmassa esiintyvä lauhteen määrä esittää sen kokonaismäärää ilman kaupan omaa lauhteen hyötykäyttöä.

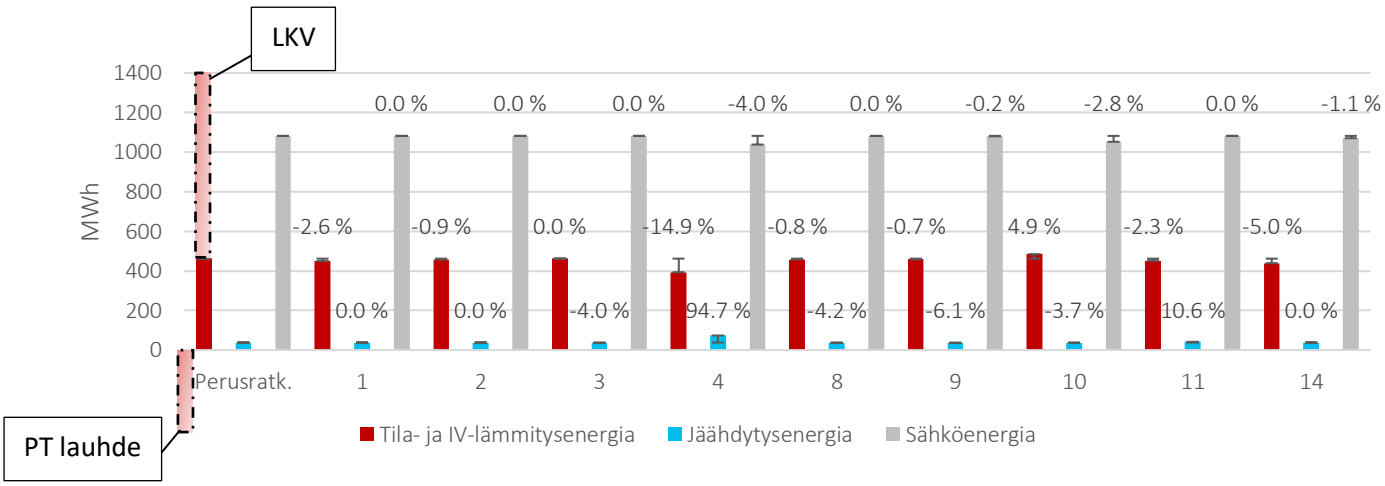
Seuraavissa osioissa 4.4.1 ja 4.4.2 esitetään energialaskennan tulokset. Laskelmien lähtötiedot ja tarkemmat tulokset löytyvät lähtötietoraportin osiosta 4 ja 7.

Energialaskennan tulosten analyysit löytyvät osiosta 4.6.

4.5.1 Liiketilakorttelin energialaskennan tulokset

Yksittäisellä teknologialla voidaan vähentää korttelin I9 tila- ja IV-lämmitysenergiankulutusta jopa 15 %, sähkönkulutusta jopa 4 % ja kylmänkulutusta jopa 6 %. Liiketilakorttelien liiketilojen määrät ja tyypit sekä automaatioteknologioiden toteutustavat vaikuttavat voimakkaasti useiden teknologioiden energiansäästöpotentiaaliin.

Alla olevasta kuvaajasta nähdään liiketilakorttelin energiankulutuksen vaikuttavimmat teknologiat ja vaikutusten suuruusluokat.



Kuvaaja 10. Liiketilakorttelin I9 vuosittainen energiankulutus vaikuttavimmille teknologioille.

Energiajakauma: Kuvaajan perustapauksesta nähdään korttelin energiankulutuksen jakauma. Lämmin käyttövesi ja päivittäistavarakaupan lauhde esitetään vain perustapauksessa, sillä tutkitut teknologiat eivät vaikuta niiden energiamääriin. Lämpöenergia ja sähköenergia muodostavat suurimman osan korttelin energiantarpeesta. Niiden muutoksilla voidaan parhaiten vaikuttaa korttelin kokonaisenergiantarpeeseen. Kylmän tarve on pientä, joten muutokset kylmäenergian tarpeessa aiheuttavat vain pieniä muutoksia kokonaisenergiaan.

Vaikuttavimmat teknologiat: Lämpöenergian tarvetta voidaan madaltaa käyttöajat huomioivalla tilalämmityksellä (1), älykkäällä lämmitysjärjestelmällä (2), tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla (4), liiketilojen IV-koneiden paremmilla säädöillä (8, 9), automaattisilla aurinkosuojauksilla (11) ja vikojen sekä ongelmien automaattisella diagnosoinnilla (14). Suurin vaikutus saavutetaan tutkitussa korttelissa tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla, jonka vaikutus on suurin liiketiloissa. Tästä syystä teknologia on sitä parempi, mitä enemmän säädettäviä liiketiloja korttelissa on. Käyttöajat huomioivan tilalämmityksen vaikuttavuutta voidaan kasvattaa muuttamalla säädön suuruutta ja täten tekemällä vaihtoehdosta merkittävämpi vaihtoehto. Tulee huomioida, että älykkään lämmitysjärjestelmän energiamäärien energiamallinnustuloksissa on epävarmuutta ja säästö tila- ja IV-lämmitysenergiassa on noin 10 % eri rakennuksissa (Leanheat Oy markkinointimateriaali).

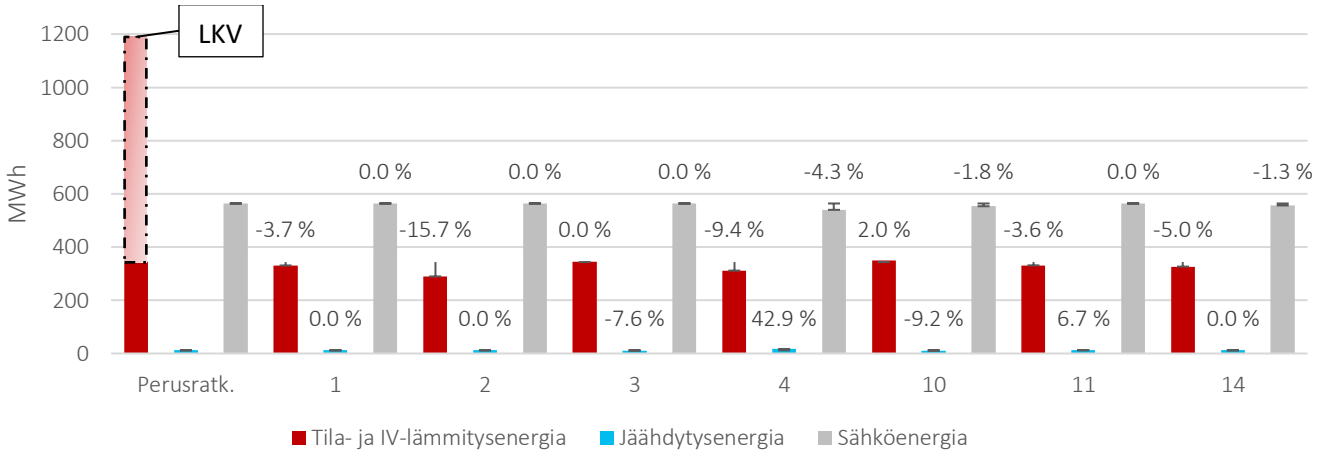
Sähköenergian tarvetta voidaan madaltaa tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla (4), tarpeenmukaisella valaistuksella (10) ja vikojen sekä ongelmien automaattisella diagnosoinnilla (14). Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ja valaistuksen vaikutukset tulevat energialaskennassa realistisesti ilmi, mutta ongelmien automaattisen diagnosoinnin hyödyt perustuvat arvioihin.

Kylmäenergian tarvetta voidaan madaltaa tilaviilennyslaitteiden automaattisilla asetusarvon muutoksilla (3), liiketilojen IV-koneiden paremmilla säädöillä (8, 9) ja tarpeenmukaisella valaistuksella (10). Tilaviilennyksen automaattisesti muuttuvilla asetusarvoilla (3) ei saavuteta suuria säästöjä asuntojen osalta, mutta liiketiloissa voidaan saavuttaa suurempia vaikutuksia riippuen liiketilatyypistä. liiketilojen IV-koneiden parempien säätöjen (8, 9) vaikutusten suuruus on myös vahvasti riippuvainen liiketilatyypeistä ja niiden kokonaisilmamääristä.

4.5.2 Asuntokorttelin energialaskennan tulokset

Yksittäisellä teknologialla voidaan vähentää korttelin I10 tila- ja IV-lämmitysenergiankulutusta jopa 16 %, sähkönkulutusta jopa 4 % ja kylmänkulutusta jopa 9 %. Asuntokorttelien arkkitehtuuri ja talotekniikka sekä automaatioteknologioiden toteutustavat vaikuttavat voimakkaasti useiden teknologioiden energiansäästöpotentiaaliin.

Alla olevasta kuvaajasta nähdään asuntokorttelin energiankulutuksen vaikuttavimmat teknologiat ja vaikutusten suuruusluokat.



Kuvaaja 11. Asuntokorttelin I10 vuosittainen energiankulutus vaikuttavimmille teknologioille.

Energiajakauma: Kuvaajan perustapauksesta nähdään korttelin energiankulutuksen jakauma. Lämmin käyttövesi esitetään vain perustapauksessa, sillä tutkitut teknologiat eivät vaikuta sen energiamäärään. Lämpöenergia ja sähköenergia muodostavat suurimman osan korttelin energiantarpeesta, sähköenergian määrän ollessa noin puolet lämpöenergian määrästä. Niiden muutoksilla voidaan parhaiten vaikuttaa korttelin kokonaisenergiantarpeeseen. Kylmän tarve on erittäin pientä, joten muutokset kylmäenergian tarpeessa aiheuttavat vain pieniä muutoksia kokonaisenergiaan. Tulee huomioida, että kylmän tarve korttelissa on suurempaa, jos asunnoissa on laskennasta poiketen olohuoneen viilennyspalkin sijasta lattiaviilennys koko asunnossa.

Vaikuttavimmat teknologiat: Lämpöenergian tarvetta voidaan madaltaa käyttöajat huomioivalla tilalämmityksellä (1), älykkäällä lämmitysjärjestelmällä (2), tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla (4), automaattisilla aurinkosuojauksilla (11) ja vikojen sekä ongelmien automaattisella diagnosoinnilla (14). Suurin vaikutus saavutetaan tutkitussa korttelissa älykkäällä lämmitysjärjestelmällä, joka laskee tila- ja IV-lämmityksen tarvetta noin 16 %. Tulee huomioida, että teknologian energiamäärien energiamallinnustuloksissa on epävarmuutta ja säästö tila- ja IV-lämmitysenergiassa on noin 10 % eri rakennuksissa (Leanheat Oy markkinointimateriaali). Käyttöajat huomioivan tilalämmityksen vaikuttavuutta (-4 %) voidaan kasvattaa muuttamalla säädön suuruutta ja täten tekemällä vaihtoehdosta merkittävämpi vaihtoehto. Huonelämpötilojen tulee kuitenkin säilyä suunniteltuina käyttöaikoina viihtyisinä ja lisäksi tulee pysyä STM 545/2015 liite 1 raja-arvoissa (+18 - +26 °C).

Sähköenergian tarvetta voidaan madaltaa tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla (4), tarpeenmukaisella valaistuksella (10) ja vikojen sekä ongelmien automaattisella diagnosoinnilla (14). Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ja valaistuksen säästöt tulevat energialaskennassa realistisesti ilmi, mutta ongelmien automaattisen diagnosoinnin hyödyt perustuvat arvioihin.

Kylmäenergian tarvetta voidaan madaltaa tilaviilennyslaitteiden automaattisilla asetusarvon muutoksilla (3) ja tarpeenmukaisella valaistuksella (10).

4.6 Huipputeho

Tässä osiossa esitetään molempien kortteleiden lämmitys-, jäähdytys- ja sähkötehon tarpeet. Tehot esitetään kokonaismäärinä ja vaihtoehtoina esitetään vain ratkaisut, joilla oli energialaskennassa merkittävää vaikutusta korttelien tehontarpeeseen.

Kuvaajissa näkyvät tehot kuvastavat sitä ajanhetkeä, jolloin kokonaistehontarve on suurimmillaan ja eri vaihtoehdoissa maksimit voivat toteutua eri aikoina. Lämmitysjärjestelmän mitoitusteho on kaikissa vaihtoehdoissa sama ja suurempi kuin kuvaajissa näkyvä teho, sillä lämmitysjärjestelmä tulee mitoittaa maksimi-ilmavirroille ulkoilman lämpötilassa -29 °C ja lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaamalle. Muutokset perustapauksen tehontarpeisiin eivät siis vaikuta laitteiden ja liittymien mitoituksiin, mutta vaikuttavat liittymien tehomaksuihin.

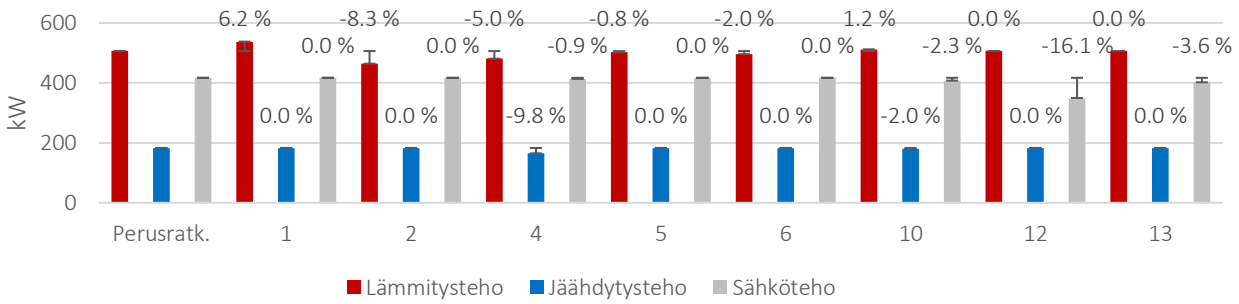
Seuraavissa osioissa 4.5.1 ja 4.5.2 esitetään huipputehojen määrityksen tulokset. L Laskelmien lähtötiedot ja tarkemmat tulokset löytyvät lähtötietoraportin osiosta 4 ja 7.

Huipputehojen määrityksen tulosten analyysit löytyvät osiosta 4.6.

4.6.1 Liiketilakorttelin huipputeho

Yksittäisellä teknologialla voidaan vähentää korttelin I9 tila- ja IV-lämmitystehoa jopa 8 %, sähkötehoa jopa 16 % ja jäähdytystehoa jopa 10 %. Energiamalleissa rakennuksen käyttö poikkeaa aina todellisesta ja tulokset tulee varmentaa parhaimmille vaihtoehdoille olemassa olevista kohteista.

Alla olevasta kuvaajasta nähdään liiketilakorttelin tehotarpeeseen vaikuttavimmat teknologiat ja vaikutusten suuruusluokat.



Kuvaaja 12. Liiketilakorttelin I9 vuosittaiset maksimitehontarpeet vaikuttavimmille teknologioille.

Tehojakauma: Kuvaajan perustapauksesta nähdään korttelin tehontarpeiden jakautuminen. Lämmitysteho sisältää tila-, IV- ja lämpimän käyttöveden lämmityksen. Korttelin lämmityksen huipputehon tarve on noin 500 kW, jäähdytyksen huipputehontarve on noin 180 kW ja sähkön huipputehontarve on noin 420 kW.

Vaikuttavimmat teknologiat: Lämmitystehontarvetta voidaan madaltaa älykkäällä lämmitysjärjestelmällä (2), tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla (4) ja liiketilojen IV-koneiden tehonleikkauksen säädöillä (5, 6). Suurin vaikutus lämmitystehontarpeeseen on älykkäällä lämmitysjärjestelmällä, joka kykenee leikkaamaan tilalämmityksen tehontarvetta lämpimän käyttöveden kulutuspiikkien aikana. Tulee huomioida, että todellisuudessa teknologian vaikutus tehoon on energiasimuloinnissa saatua vaikutusta suurempi. Tämä johtuu siitä, että energiasimuloinnissa käytetyn käyttövesiprofiilin piikit eroavat todellisista rakennuksista. Profiilina käytettiin FINVAC NZEB profiilia. Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla on myös merkittävä vaikutus ja suurin osa tehonleikkauksesta syntyy liiketiloissa, joiden ilmamäärät vastaavat tilojen tarvetta. Tästä syystä teknologia on sitä parempi, mitä enemmän säädettäviä liiketiloja korttelissa on. Liiketilojen IV-koneiden tehonleikkauksen säätöjen vaikuttavauus riippuu liiketilojen määrästä ja liiketilatyypistä. Enemmän liiketiloja sisältävässä korttelissa niiden vaikutus on suurempi. Käyttöajat huomioiva tilalämmitys (1) ei todellisuudessa aiheuta 6 % lisäystä maksimitehoon, sillä rakennusten todellisessa käytössä kaikkia asuntoja ei tule lämmittää takaisin 21 °C:n asetusarvoon samaan aikaan.

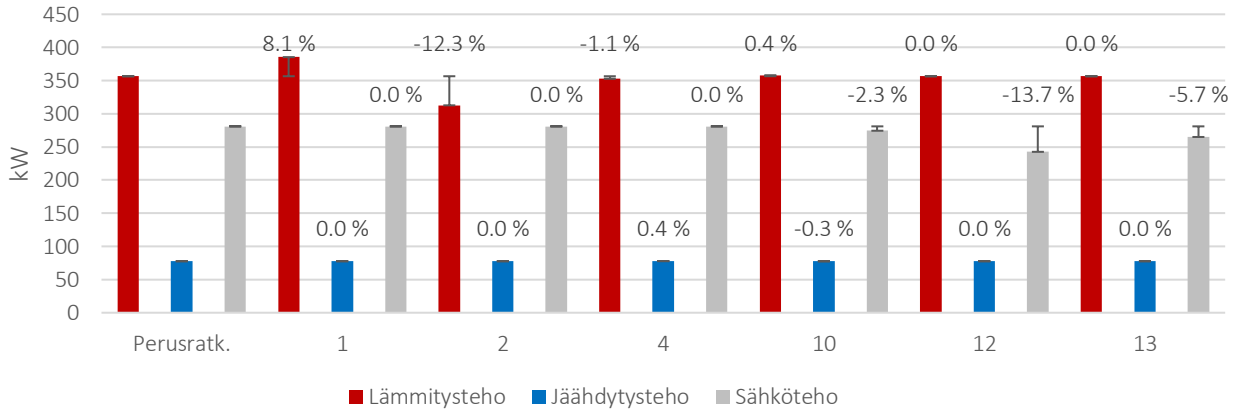
Sähkötehontarvetta voidaan madaltaa tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla (4), tarpeenmukaisella valaistuksella (10), kuluttajalaitteiden kuormienhallinnalla (12) ja sähköautojen latauksen kuormienhallinnalla (14). Kuluttajalaitteiden kuormienhallinnassa oletettiin, että puolet klo. 19-21 tapahtuvasta saunomisesta voidaan siirtää myöhempään tai aiempaan ajankohtaan. Energialaskentatuloksista ilmenee, että tavanomaisessa käytössä saunat muodostavat noin 40 % korttelin sähkötehon tarpeesta huippukulutushetkellä.

Jäähdytystehontarvetta voidaan madaltaa tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla (4) ja tarpeenmukaisella valaistuksella (10). Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon tehonleikkaus syntyy liiketilojen IV-koneissa, joiden pienemmät ilmamäärät huipputehotilanteessa johtavat pienempään tuloilman viilennyksen tehontarpeeseen. Tarpeenmukainen valaistus pienentää valaistustehoa, joka taas lämmittää tiloja vähemmän, johtaen pienempään jäähdytystehontarpeeseen.

4.6.2 Asuntokorttelin huipputeho

Yksittäisellä teknologialla voidaan vähentää korttelin I9 tila- ja IV-lämmitystehoa jopa 12 % ja sähkötehoa jopa 14 %. Energiamalleissa rakennuksen käyttö poikkeaa aina todellisesta ja tulokset tulee varmentaa parhaimmille vaihtoehdoille olemassa olevista kohteista.

Alla olevasta kuvaajasta nähdään asuntokorttelin tehotarpeeseen vaikuttavimmat teknologiat ja vaikutusten suuruusluokat.



Kuvaaja 13. Asuntokorttelin I10 vuosittaiset maksimitehontarpeet vaikuttavimmille teknologioille.

Tehojakauma: Kuvaajan perustapauksesta nähdään korttelin tehontarpeiden jakautuminen. Lämmitysteho sisältää tila-, IV- ja lämpimän käyttöveden lämmityksen. Korttelin lämmityksen huipputehon tarve on noin 350 kW, jäähdytyksen huipputehontarve on noin 80 kW ja sähkön huipputehontarve on noin 280 kW.

Vaikuttavimmat teknologiat: Lämmitystehontarvetta voidaan madaltaa älykkäällä lämmitysjärjestelmällä (2) ja tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla (4). Suurin vaikutus lämmitystehontarpeeseen on älykkäällä lämmitysjärjestelmällä, joka kykenee leikkaamaan tilalämmityksen tehontarvetta lämpimän käyttöveden kulutuspiikkien aikana. Tulee huomioida, että todellisuudessa teknologian vaikutus tehoon on energiasimuloinnissa saatua vaikutusta suurempi. Tämä johtuu siitä, että energiasimuloinnissa käytetyn käyttövesiprofiilin piikit eroavat todellisista rakennuksista. Profiilina käytettiin FINVAC NZEB profiilia. Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla on vain pieni vaikutus, sillä asuntojen ilmamäärät ovat pienet ja todellisessa tilanteessa maksimitehontarpeen ajanhetkellä suuressa osassa asuntoja on läsnäoloajan ilmamäärät. Käyttöajat huomioiva tilalämmitys (1) ei todellisuudessa aiheuta 6 % lisäystä maksimitehoon, sillä rakennusten todellisessa käytössä kaikkia asuntoja ei tule lämmittää takaisin 21 °C:n asetusarvoon samaan aikaan.

Sähkötehontarvetta voidaan madaltaa tarpeenmukaisella valaistuksella (10), kuluttajalaitteiden kuormienhallinnalla (12) ja sähköautojen latauksen kuormienhallinnalla (14). Kuluttajalaitteiden kuormienhallinnassa oletettiin, että puolet klo. 19-21 tapahtuvasta saunomisesta voidaan siirtää myöhempään tai aiempaan ajankohtaan. Energialaskentatuloksista ilmenee, että tavanomaisessa käytössä saunat muodostavat noin 50 % korttelin sähkötehon tarpeesta huippukulutushetkellä.

Asuntokorttelin osalta tutkituilla teknologioilla ei ollut merkittävää vaikutusta jäähdytyksen huipputehontarpeeseen. Tarpeenmukainen valaistus (10) voi laskea hieman jäähdytyksen huipputehontarvetta.

4.7 Energia- ja teholaskennan tulosten analysointi

Energia: Energialaskennan tuloksista nähdään, että tutkituilla teknologioilla voidaan parhaiten vaikuttaa tila- ja IV-lämmitysenergian määrään. Tutkimuksen kohteena olevissa kortteleissa 15 % säästöt tila- ja IV-lämmitysenergiassa ovat mahdollisia yksittäisillä teknologioilla. Sähköenergian määrään teknologioilla on vain pieni vaikutus ja yksittäisellä teknologialla voidaan vähentää kulutetun sähköenergian määrää vain noin 4 %. Jäähdytysenergian tarve on tutkituissa kortteleissa erittäin pientä, joten jäähdytysenergian tarpeeseen vaikuttavilla teknologioilla on vähän vaikutusta kortteleiden energiantarveprofiiliin.

Kortteleiden energiaprofiileista nähdään, että lämmin käyttövesi muodostaa suurimman osan kortteleiden lämpöenergiantarpeesta. Tilalämmityksen osuus kortteleissa on pieni ja merkittävin syy tähän ovat lasitetut parvekkeet, joiden parvekelasien oletettiin olevan auki vain kesäisin. Lasitetut parvekkeet pienentävät huomattavasti ulkoseinien lämpöhäviöitä ja kortteleiden sisäpihojen julkisivu oletettiin koostuvan täysin lasitetuista parvekkeista. Jos kortteleiden lasitettujen parvekkeiden määrä on pienempi, on tilalämmitysenergian tarve suurempi ja kyseiseen energiaan vaikuttavilla teknologioilla voidaan saavuttaa suurempia säästöjä.

Tutkituilla teknologioilla voitiin vaikuttaa vain vähän sähköenergian kokonaismäärään, sillä noin puolet kortteleiden sähköenergiankulutuksesta muodostuu kulutusryhmistä, joiden energiamääriin ei voida vaikuttaa automaatiolla (saunat, sähköautojen lataus, kuluttajalaitteet). Tutkimuksessa tutkittiin säätöjä, jotka vaikuttavat LVI- tai valaistussähköön.

Energialaskennan tuloksista nähdään, että parhaimpia teknologioita asuntojen energiantarpeen pienentämiseen ovat älykäs kiinteistön lämmitysjärjestelmä, tarpeenmukainen ilmanvaihto ja taloteknisten järjestelmien oikeaoppisen toiminnan varmistus vikojen sekä ongelmien diagnosoinnilla (arvio).

Teho: Energialaskennan tuloksista nähdään, että tutkituilla teknologioilla voidaan merkittävästi pienentää lämmitys-, jäähdytys- ja sähkötehontarvetta. Lämmitystehontarvetta voidaan vähentää tulosten mukaan parhaiten kiinteistön älykkäällä lämmitysjärjestelmällä, jolla voidaan vähentää lämmitystehontarvetta noin 12 %. Lämmitystehontarvetta liiketilakorttelissa laski tehokkaasti myös tarpeenmukainen ilmanvaihto. Energialaskelman tuloksina saadut lämmityksen mitoitustehot ovat pienemmät kuin useimmissa todellisissa rakennuksissa. Yhtenä syynä pieneen tehoon on käytetty säädata, jossa ulkoilman lämpötilat laskevat minimissään vain -20 °C asteeseen. Säädatana käytettiin yleisesti energialaskennassa käytettyä referenssisäätä, joka pyrkii kuvastamaan mahdollisimman hyvin tyypillistä vuosittaista säätä. Toisena merkittävänä syynä on käytetty käyttövesiprofiili, jonka kulutuspiikit eivät ole mahdollisesti yhtä suuria kuin todellisissa rakennuksissa. Kulutusprofiilina käytettiin FINVAC:n FINZEB -hankkeen yhteydessä kehitettyä asuinkerrostalojen käyttövesiprofiilia, joka pyrkii kuvastamaan asuinkerrostalojen todellista käyttövesiprofiilia. Myös suuri määrä lasitettuja parvekkeita vaikuttaa tehoon. Normaalia pienemmät mitoitustehot voivat aiheuttaa myös todellista pienempiä teknologioilla saavutettavia hyötyjä lämmitystehoissa.

Tuloksista nähdään, että sähköautojen latauspisteiden kuormienhallinnalla voidaan saavuttaa noin 5 % pienennys kortteleiden maksimi sähkötehontarpeessa. Kuormienhallinnan vaikuttavuuteen vaikuttaa merkittävästi sähköautojen latauspisteiden määrä, jotka toteutuksessa voivat poiketa tarkastelussa käytetystä määrästä. Kuluttajalaitteiden kuormienhallinnalla voidaan teoriassa saavuttaa merkittäviä pudotuksia kortteleiden sähkötehon maksimitarpeeseen. Tutkimuksessa tarkasteltiin pelkkien saunojen sähkökuormien osittaista tasausta kulutuspiikkien ulkopuoliselle ajanjaksolle ja tällä toimenpiteellä voitiin pienentää sähkökuormien huippuja noin 15 %. On kuitenkin epätodennäköistä, että sähkökuormia saadaan siirrettyä riittäviä määriä pelkällä dynaamisella hinnoittelulla ja asukkaan käyttötottumusmuutoksilla. Varmemmin kuormia saataisiin siirrettyä ulkoisella kuormienhallinnalla. Kuluttajalaitteiden ulkoisen kuormienhallinnan käyttöönotto vaatii kuitenkin

asuntoautomaatiota, uudenlaista sähkön siirron hinnoittelua ja kuormienhallinnan palvelua. Tarvittava asuntoautomaatio voidaan nykytilanteessa toteuttaa, mutta asukkaalle kuormien leikkaamiseen kannattavampia siirtosopimuksia ja kuormienhallintapalveluita tulisi kehittää.

Jäähdytystehohuippuja pystyttiin energiatarkasteluissa leikkaamaan merkittävästi ainoastaan tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla.

Kokonaisuus: Energiasimuloinnit laadittiin kortteleille, jotka pyrkivät mahdollisimman hyvin kuvastamaan merkittävää osaa Hiedanrannan rakennuskannasta. Simuloitujen tyyppikortteleiden energian- ja tehontarpeet saattavat kuitenkin poiketa merkittävästi Hiedanrannassa aikanaan toteutuvien kortteleiden tarpeista. Tämä johtuu yhtäältä siitä, että simuloidut tyyppikorttelit edustavat geometrialtaan toteutuvia kortteleita vain likimääräisesti. Asiaan vaikuttavia muuttujia ovat mm. korttelimuoto, ympäristön rakennusten varjostavuus, tila- ja asuntojakauma, kortteleiden talotekniikka sekä aukotus- ja parvekeratkaisut. Toisaalta kaikkeen energiasimulointiin liittyy epävarmuutta, joka johtuu mm. laskennallisten mallien epätarkkuudesta ja rakennusten käyttöprofiilien oletuksista (toteutuva käyttö poikkeaa aina simuloidusta).

Energiasimuloinneissa tutkittiin yhtä tapaa toteuttaa jokainen parempi säätötapa. Tutkittujen teknologioiden säädöt voidaan kuitenkin toteuttaa useilla erilaisilla suuruusluokilla ja valitulla suuruudella on suuri vaikutus siihen, minkä suuruisia energiansäästöjä saavutetaan. Esimerkiksi asuntokohtaisen lämmityksen asetusarvon muutosta tutkittiin yhden asteen poissaoloaikaisella tiputuksella. Lämmityksen asetusarvojen muutoksen vaikuttavuutta voitaisiin kuitenkin kasvattaa esimerkiksi tiputtamalla asetusarvoja myös öisin ihmisten nukkuessa tai kasvattamalla muutoksen suuruutta. Muuttaessa lämmityksen asetusarvoja käyttöaikojen mukaan asuinkerrostaloissa, on hyvä ottaa huomioon, että asuntojen väliset seinät tyypillisesti johtavat hyvin lämpöä. Tämän takia asukkaiden oleskeluaikataulujen poiketessa toisistaan, lämpöenergiasäästö muutoksilla on pienempää, sillä lämmitysenergian leikkaus asunnossa johtaa lämmitysenergian kasvuun viereisissä asunnoissa. Ero laskennallisten ja todellisten tulosten välillä tällöin korostuu isommilla lämpötilaeroilla.

Osassa tutkittuja vaihtoehtoja on myös lisähyötyjä, joita ei voida ottaa energiasimulointiohjelmassa huomioon. Esimerkiksi palvelut, jotka tarjoavat kaukolämmön kulutuspiikkien leikkausta, sisältävät useimmiten myös lämmitysjärjestelmän toiminnan optimointia ja valvontaa. Näillä saavutetaan lisäsäästöjä lämmitysenergiassa, mitkä eivät ilmene energialaskennan tuloksista. Valvonnan puuttuminen ja tästä johtuva rakennusautomaation epätaloudellinen toiminta on yksi tyypillisimpiä syitä siihen, että uudehko rakennus käyttää merkittävästi oletettua enemmän energiaa.

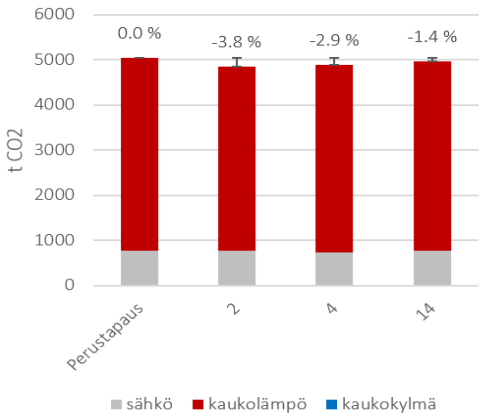
Epävarmuustekijöistä huolimatta voidaan olettaa, että parhaat teknologiat erottuvat tarkastelussa joukosta ja että kyseisillä teknologioilla saavutettavien säästöjen suuruusluokka on oikea. Kun energialaskelmien tuloksia tarkastellaan kriittisesti ottaen huomioon tarkastelun puutteet, voidaan vaikuttavimmat teknologiat valikoida joukosta. Teknologiat, joilla saadaan merkittävimpiä muutoksia kortteleiden energian- ja tehontarpeisiin ovat huipputehoja leikkaava älykäs lämmitysjärjestelmä (2), tarpeenmukainen ilmanvaihto (4), kuluttajalaitteiden kuormienhallinta (12), sähköautojen latauksen kuormienhallinta (13) ja vikojen sekä ongelmien diagnosointi (14), joka tutkitussa tapauksessa tarkoittaa kortteleiden taloteknisten järjestelmien etävalvontaa.

5 Johtopäätökset

Hiedanrannan uuden kaupunginosan tavoitteena on olla alue, joka toimii hiilinieluna. Alueen kehitysohjelman tavoitteiden mukaisesti alueelle rakennetaan kaksisuuntaiset avoimet energiaverkot, joiden kautta alueen energiavirtoja voidaan tasata niin kutsuttujen superkortteleiden välillä. Tämän tutkimuksen energialaskennan tuloksista selvisi, että lämpimän käyttöveden mukana kulkee merkittäviä määriä hukkalämpöä. Erityisesti päivittäistavarakaupoilla varustetuissa kortteleissa syntyy lisäksi suuria määriä lauhdetta, jota voidaan hyödyntää superkortteleiden välillä.

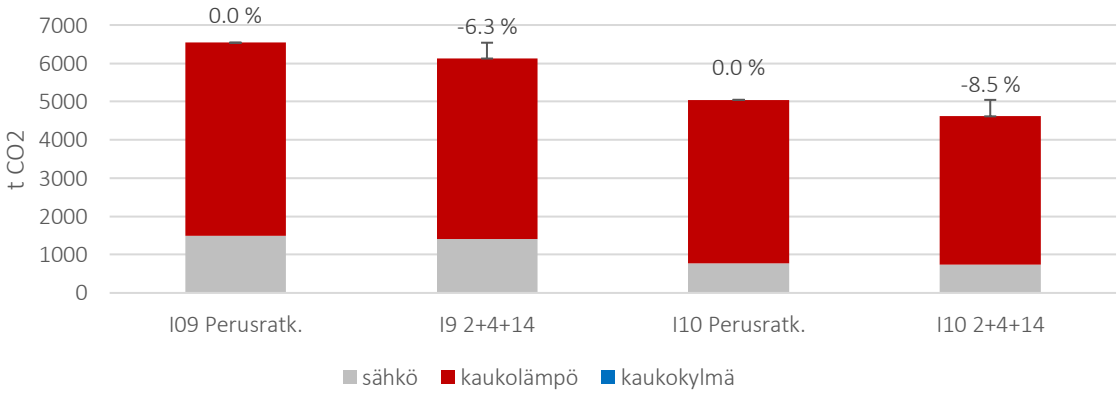
Seuraavat kolme teknologiaa osoittautuivat tutkimuksessa kokonaisuudessaan parhaiksi

- Teknologia 2 – Kulutuspiikkien leikkaus lämmönjakojärjestelmän älykkäillä säädöillä
- Teknologia 4 – Läsnäolon ja tarpeen huomiointi ilmanvaihdossa
- Teknologia 14 - Vikojen ja hälytysten ilmoitus sekä ongelmien diagnosointi (talotekniikan toiminnan etävalvonta)



Parhaiden teknologioiden elinkaaripäästöt suhteessa perustapaukseen asuntokorttelissa.

Tutkimuksessa selvisi, että yksittäisten automaatioteknologioiden vaikutukset rakennusten elinkaaren kasvihuonekaasupäästöihin ovat verrattain pieniä. Yhdistelemällä useampia teknologioita samassa rakennuksessa on elinkaaripäästöjä kuitenkin mahdollista pienentää merkittävämpiä määriä. Kortteleille tehtiin yhdistelmäsimulaatiot, joilla tutkittiin usean teknologian hyödyntämisen vaikutus elinkaaripäästöihin. Teknologioiden 2, 4 ja 14 yhdistelmien tulokset ovat alla olevassa kuvaajassa. Kuvaajasta nähdään, että useita teknologioita yhdistämällä voidaan päästä noin 6 – 10 % vähennyksiin elinkaaripäästöissä.



Yhdistelmien elinkaaripäästöt.

Kehittyneempien automaatioteknologioiden lisääminen rakennuksiin nostaa hieman elinkarikustannuksia suhteessa perustapaukseen. Useimmat teknologiat eivät siis tämän tutkimuksen valossa maksa itseään takaisin 50 vuoden tarkasteluajanjakson aikana.

Osalla tarkastelluista teknologioista on merkittävää potentiaalia sekä lämmön-, että sähkönkulutuksen huipputehon tarpeen pienentämiseen. Voidaan olettaa, että huipputehojen pienentäminen edesauttaa alueen energiaverkon rakentamista uusiutuvan energian varaan, mikä puolestaan pienentää alueen kasvihuonekaasupäästöjä. Tämän vaikutuksen tarkasteleminen ei sisältynyt tutkimussuunnitelmaan.

Tässä tutkimuksessa tehtyjen tarkastelujen perusteella ei voida suoraan vetää sitä johtopäätöstä, että tarkastellut teknologiat ovat taloudellisesti kannattamattomia ja hiilivaikutuksiltaan vähäpätöisiä. Suoritettu tarkastelu ei sisällä kaikkia teknologioiden hyötyjä ja toisaalta tarkasteluun sisältyy epävarmuustekijöitä. Tulosten pohjalta tulisi valita tutkimuksessa esitetyt parhaimmat teknologiat (laajempi joukko kuin edellä esitetyt kolme parasta teknologiaa) tarkempaan tarkasteluun ja tutkia niiden soveltuvuutta Hiedanrannan alueen kokonaisuuteen tarkemmin.

Kortteleiden energiankulutusta voidaan vähentää vain pieniä määriä vaikuttamalla niiden energiankulutusprofiiliin ja tästä syystä kortteleiden hiilinielutavoitteeseen tulisi pyrkiä mahdollisimman hiilineutraalilla energiantuotannolla sekä energiavirtojen alueellisella kierrätyksellä. Hiilinielutavoite ei toteudu vain kortteleiden energiankulutusprofiilia optimoimalla, jos kortteleissa käytetty energia tuotetaan tavanomaisilla energianlähteillä.

6 Suosituksia jatkoselvityksistä tälle selvitykselle rinnakkaisista aiheista

Tämä selvitys käsittelee kapeahkoa osaa niistä tekijöistä, jotka vaikuttavat rakennusten elinkaaren hiilijalanjälkeen. Alle on listattu muita merkittäviä asiaan vaikuttavia tekijöitä, joita voitaisiin tarkastella erillisessä tutkimuksessa. Hiedanrannan hiilijalanjälkitavoitteen kannalta on oleellista hyödyntää kaikkia kustannustehokkaimpia tapoja pienentää rakennusten hiilijalanjälkeä.

Energian tuotantomuodot ja energiavirtojen kierrätys

Kortteleiden hiilinielutavoitteeseen tulisi pyrkiä mahdollisimman hiilineutraalilla energiantuotannolla sekä energiavirtojen alueellisella kierrätyksellä. Keskitettyjen energiantuotantomuotojen hiilipäästöjen pienentämisen lisäksi oleellista on hajautetun, uusiutuvan energian tuotannon lisääminen. Rakennusten jäähdytyksessä syntyvän lauhteen lisäksi lämpimän käyttöveden mukana rakennuksista virtaava lämpö on yksi keskeinen hyödynnettävä energiavirta.

Rakennusten muoto ja jäsentely

Rakennusten muodolla: muotokertoimella (rakennuksen ulkokuoren pinta-alan suhde tilavuuteen), suuntauksella, aukotuksen ja kiinteän aurinkosuojauksen tyypillä, ja mm. lasitettujen parvekkeiden sijoittelulla on vaikutus energiatehokkuuteen. Rakennusten muodolla on myös suora vaikutus rakennuksiin integroitujen aurinkopaneelien tuotantopotentiaaliin.

Rakennusmateriaalit ja rakenteelliset ratkaisut

Jos energiantuotannon ominaispäästöt laskevat Ympäristöministeriön skenaarion mukaisesti, on rakennuksen rakennusmateriaaleista koostuva hiilijalanjälki tyypillisissä asuinkerrostaloissa saman suuruinen kuin elinkaaren energiankulutuksen hiilijalanjälki. Rakennuksen rakennusmateriaalien elinkaaren hiilijalanjälkeen voidaan vaikuttaa suunnitelmilla tai materiaalitoimittajavalinnoilla. Tyypillisen rakennuksen rakentamisen aikaisten päästöjen kannalta merkittävimmät ratkaisut tehdään liittyen rakennuksen runkoon, perustuksiin ja pohjatöihin. Puurakennusten päästöt ovat tyypillisesti betonirakennuksia alhaisemmat. Betonirakennuksissa on mahdollisuuksia rakenteen hiilijalanjäljen optimointiin hyvällä suunnittelulla. Useimpien betonilaatujen elinkaaren hiilijalanjälkeä voidaan pienentää noin 30 % myös valitsemalla ekologinen betonitoimittaja. Rakenteellisiin kysymyksiin kytkeytyy myös perustamis- ja pohjatöiden hiilijalanjäljen optimointi.

Tilojen käytön tehokkuus ja joustavuus

Tilojen käytön tehokkuuteen ja joustavuuteen liittyviä ratkaisuja voidaan kehittää kaikissa rakennustyypeissä. Tilojen tehokkaampi käyttö voi olla joissain tilanteissa merkittävin tapa pienentää rakennusten käytön hiilijalanjälkeä.

Rakennusvaipan eristävyys

Kokonaisuutena voidaan todeta, että suomalaisten nykyrakennusten vaipan (eli ulkokuoren) eristävyys (ennen kaikkea lämmönjohtavuus ja ilmatiiveys) ovat hyvällä tasolla ja näihin liittyvillä parannuksilla ei laskennallisesti saavuteta merkittäviä energiatehokkuuden parannuksia. Oleellista on varmistaa, että laskennalliset arvot toteutuvat myös käytännössä. Esimerkiksi rakenteiden kylmäsiltoja ja vaippaan syntyviä kontrolloimattomia vuotokohtia voidaan vähentää suunnittelun ja rakentamisen ohjauksella.