

VIHREÄ KORTTELI

MONITAVOITEOPTIMOINTI

30.10.2020

RAMBOLL

TAVOITE

- Tämän työn tavoitteena oli tutkia Vihreän korttelin erityyppisiä teknisiä ratkaisuja ja niiden vaikutuksia kustannuksiin, energiankulutukseen, sisäolosuhteisiin ja päästöihin.
- Tarkasteltavat vaihtoehdot sisältävät erilaisia taloteknisiä sekä rakenneratkaisuja.
- Työn keskeinen tavoite oli suorittaa kattavat simuloinnit, joissa mallinnetaan suuri joukko erilaisia ratkaisuja ja niiden kombinaatioita sekä esitetään kaikkien mallinnettujen ratkaisujen vaikutukset:
 - Investointi- ja elinkaarikustannuksiin
 - Rakennuksen energiankäyttöön ja energiatehokkuuteen
 - Elinkaarenaikaisiin hiilidioksidipäästöihin
 - Sisälämpötilaolosuhteeseen
 - Lämmityksen- ja jäähdytyksen mitoitustehoihin

YLEISTÄ

- Tässä raportissa esitetään laskennallisten tarkastelujen lähtöarvot, muuttujat sekä yhteenveto tärkeimmistä tuloksista
- **Pääasiallinen tapa tarkastella työn tuloksia on hyödyntää interaktiivista datan visualisointia, joka jaetaan pilvipalvelun kautta työn tilaajalle**
- Työssä suoritettut laskennalliset tarkastelut sisältävät lukuisia arvioita, oletuksia ja yksinkertaistuksia liittyen niin teknisiin, kuin taloudellisiin parametreihin ja lähtöarvoihin. Tämän vuoksi tarkastelun tulokset ovat suuntaa-antavia, ja niiden tarkoitus onkin tuoda esiin suuruusluokat sekä erityisesti erilaisten ratkaisuiden väliset erot
- Työn pohjalta voidaan ohjata hanketta ja valita kokonaisvaltaisesti parhaimmiksi osoittautuvat ratkaisut joiden pohjalta voidaan tehdä tarkempaa jatkosuunnittelua.
- Rakennuksen energiasimulointi suoritettiin dynaamisella energiasimulointiohjelmistolla IDA ICE v4.8

SISÄLTÖ

1. Mallinnuksen lähtötiedot
2. Optimoinnin muuttujat
3. Tulokset
4. Johtopäätökset ja suositukset

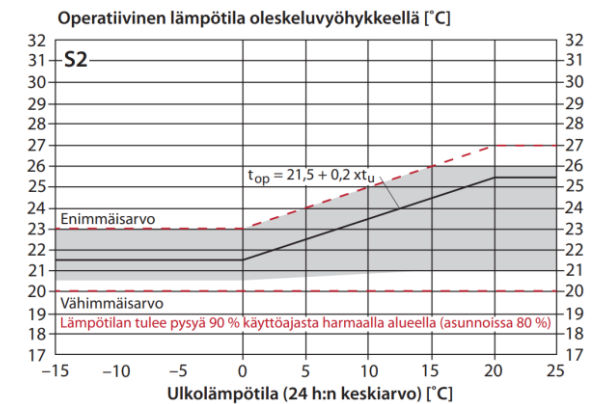
1. MALLINNUKSEN LÄHTÖTIEDOT

- Simulointimallit pohjautuvat ark-tasokuvaan ja massamalliin (päiväys 1.6.2020). Lisäksi olosuhde- ja teholaskennassa apuna on käytetty 18.6.2020 päivättyjä arkkitehdilta saatuja asuntopohjaesimerkkejä.
- Olosuhde- ja mitoitustehotarkasteluja varten valittiin tyyppiasunnot, joille laskenta tehtiin. Tyyppiasuntoja on eri julkisivuilta. B-talosta on valittu neljä asuntoa. C1 talosta valittiin kaksi asuntoa ja rivitaloa edustaa asunto C2-talosta.

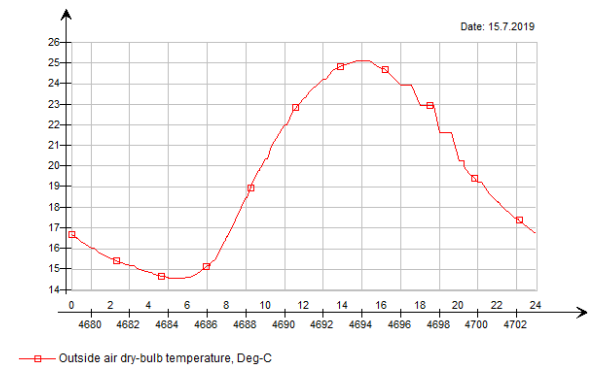


1. MALLINNUKSEN LÄHTÖTIEDOT

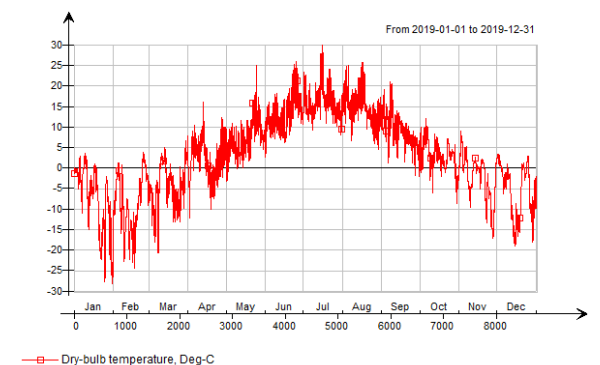
- IDA ICE Simulointimallit on tehty kolmelle eri tapaukselle.
 - **Energialaskennassa** on mukana kaikkien rakennusten kaikki tilat. Sisäiset lämpökuormat sekä lämpökuormien profiilit on pyritty asettamaan vastaamaan todellista käyttöä. Energialaskennassa lasketaan rakennusten vuosittainen energiantarve eli tarkastelujaksona on koko vuosi.
 - **Olosuhdelaskennassa** simulointi on tehty ainoastaan tyyppitiloille. Tiloissa sisäiset lämpökuormat sekä lämpökuormien profiilit on pyritty asettamaan vastaamaan todellista käyttöä. Olosuhdelaskennassa selvitetään täyttääkö ratkaisulla tila sisäilmastoluokituksen S2- tai S3-tason. S2-tason lämpötilarajat on esitetty vieressä olevassa kuvassa 1. S3-tasossa operatiivisen lämpötilan on pysyttävä 21 – 25 °C välillä ulkoilman lämpötilan ollessa alle 10 °C ja 21 – 25 °C välillä, jos ulkolämpötila on yli 10 °C. Tarkastelujaksona on koko vuosi.
 - **Tehomitoituksessa** simulointi on tehty samoille tyyppitiloille kuin olosuhdelaskennassa. Sisäisten lämpökuormien profiilit vastaavat tilojen maksimikuormia. Tuloksena saadaan suurin mahdollinen lämmitys- tai jäähdytystehontarve, mitä tiloille kohdistuu. Jäähdytystehomitoituksessa simuloinnissa käytetään heinäkuun hellepäivää (kuva 2) ja lämmitystehomitoituksessa talvista pakkaspäivää (-32 °C).
- Energia- ja olosuhdesimuloinnissa käytetyn säätietojen lämpötiläkäyrä on esitetty kuvassa 3. Säätiedosto on ASHRAEn määrittelemä Oulun sää.



Kuva 1: S2-taso



Kuva 2: Hellepäivän lämpötila



Kuva 3: Käytetyn säätiedoston ulkolämpötila

1. MALLINNUKSEN LÄHTÖTIEDOT

- Sisäiset lämpökuormat energialaskennassa
 - Henkilöt
 - Asunnon makuuhuoneiden määrä +1 henkilöä. Arkisin läsnäolo klo 18-08, viikonloppuisin klo 18-09.
 - Valaistus
 - 80 W. Käyttö arkisin klo 6-8 ja klo 18-23, viikonloppuisin klo 7-9 ja klo 18-23.
 - Laitekuorma
 - Olohuone 250 W. Käyttö arkisin klo 9-10 ja klo 18-22. Keittiö 90 W, käyttö osateholla 24 tuntia vuorokaudessa. Kokoteholla arkisin klo 7-9 ja klo 17-21 ja viikonloppuisin klo 8-9 ja klo 17-21.

1. MALLINNUKSEN LÄHTÖTIEDOT

- Sisäiset lämpökuormat olosuhdelaskennassa
 - Henkilöt
 - Asunnon päämakuuhuone 2 hlö, muuten 1 hlö. Läsnaolo arkisin klo 22-07, viikonloppuisin klo 22-09.
 - Olohuone asunnon makuuhuoneiden määrä +1 henkilöä. Läsnaolo klo 8-22.
 - Valaistus
 - Makuuhuone 20 W. Käyttö arkisin klo 6-8 ja klo 21-24, viikonloppuisin klo 8-10 ja klo 21-24
 - Olohuone 50 W. Käyttö klo 9-12 ja klo 19-22 100 %, klo 16-19 50 %.
 - Laitekuorma
 - Makuuhuone 0 W.
 - Olohuone 250 W. Käyttö klo 9-19 50 %, klo 19-22 100%

1. MALLINNUKSEN LÄHTÖTIEDOT

- Sisäiset lämpökuormat jäähdytyksen mitoituksessa
 - Henkilöt
 - Asunnon päämakuuhuone 2 hlö, muuten 1 hlö. Läsnäolo aina klo 00-24.
 - Olohuone asunnon makuuhuoneiden määrä +1 henkilöä. Läsnäolo klo 8-22.
 - Valaistus
 - Makuuhuone 20 W. Käyttö arkisin klo 6-8 ja klo 18-23 100 %, klo 8-18 50 %. Viikonloppuisin klo 8-10 ja klo 18-23 100 %, klo 10-18 50 %.
 - Olohuone 50 W. Käyttö klo 9-11 ja klo 19-22 100 %, klo 11-19 50 %.
 - Laitekuorma
 - Makuuhuone 0 W.
 - Olohuone 250 W. Käyttö klo 9-22 100 %.
- Lämmityksen mitoituksessa ei käytetä sisäisiä lämpökuormia.

1. MALLINNUKSEN LÄHTÖTIEDOT

- Ilmanvaihto
 - Ilmavirta
 - Energialaskennassa rivitaloilla keskimäärin 0,52 l/s/m² ja asuinkerrostaloissa keskimäärin 0,65 l/s/m²
 - Olosuhdelaskennassa ja tehomitoituksissa huonekohtaisesti: OH +10 - +12 l/s, MH 2 hlö +12 l/s, MH 1hlö 8 l/s
 - Lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde on asunnoissa ja yhteistiloissa 80 % ja porrashuoneissa 75 %.
 - IV-koneiden SFP-lukuna on käytetty 1,6 kW/(m³/s)
 - Ohjaukset (*katso luku 2*)
 - Tuloilman lämpötilaa ohjataan poistoilman lämpötilan mukaisesti. Kun sisäilman lämpötila on alle 20 °C, on tuloilman lämpötila 19,5 °C. Kun sisäilman lämpötila on yli 25 °C, on tuloilman lämpötila 17 °C. Lopullinen säätömahdollisuus riippuu ulkoilman lämpötilasta ja tuloilman viilennysmahdollisuudesta. (*katso luku 2*)

1. MALLINNUKSEN LÄHTÖTIEDOT

- Lämmitys ja jäähdytys (energia, sisäolosuhde, mitoitustehöt)
 - Asetusarvot
 - Energia: lämmitys 22,0 °C, jäähdytys 24,5 °C
 - Tehomitoitukset: lämmitys 21,5 °C, jäähdytys 25 °C
 - Olosuhdelaskenta: lämmitys 21,5 °C, jäähdytys 24,5 °C
 - Teho-oletukset: Lämmityksessä ääretön teho, lattiaviilennyksessä keskimäärin 10 W/m²
- Rakenteet ja ikkunat
 - Rakenteiden U-arvot rakentamismääräyskokoelman vertailuarvojen mukaiset
 - Ulkoseinä 0,17 W/m²K, yläpohja 0,09 W/m²K, alapohja 0,16 W/m²K.
 - Ikkunoiden koko ja ominaisuudet ovat muuttujia optimoinnissa (*katso luku 2.*)
 - Q50 luku = 1,0 m³/(h m²)
 - Ikkunoissa sälekaihtimet uloimmassa lasivälissä, säleet ovat aina alhaalla
 - Väliovet ovat aina auki. Asuntojen ja porrashuoneiden väliset ovet ovat aina kiinni.

1. MALLINNUKSEN LÄHTÖTIEDOT

- Kiinteistön energiantarpeet
 - Käyttöveden (35,5 kWh/m²) ja asukassähkön (34,4 kWh/m²) kulutukset perustuvat mittausdataan olemassa olevista kohteista.
 - Asukassähkö koostuu asukkaan käyttämästä sähköstä mm. kodinkoneet, liesi, asunnon sauna, jääkaappi, televisio.
 - Kiinteistösähkö (noin 19,9 kWh/m²) koostuu kiinteistön laitteiden kuluttamasta sähköstä, joka koostuu mm. ilmanvaihdon puhaltimista, pumpuista ja piha- ja porrasvalaistuksesta.

1. MALLINNUKSEN LÄHTÖTIEDOT KUSTANNUSLASKENTA

- Laskennan elinkaarikustannuksissa on huomioitu eri järjestelmien tärkeimpien komponenttien investointikustannukset, huolto- ja ylläpitokustannukset, energianhankinnan kustannukset, sekä elinkaaren aikana vaadittavat laiteuusinnat. Teknisten laitteiden investointi-, ylläpito- ja uusimiskustannukset perustuvat eri laitetoimittajien tarjouksiin ja kustannusarvioihin, sekä Rambollin omiin tyyppiarvioihin.
- Investointikustannuksissa ei ole huomioitu arvolisäveroja. Energiankustannuksissa arvolisävero on huomioitu, sillä ne kohdistuvat kuluttajille.
- Energian hinnat
 - Kaukolämmön liittymis-, energia- ja perusmaksuissa on käytetty Oulun energian hinnastoja
 - Sähkönhintana on käytetty 110 €/MWh, joka perustuu kolmen viimeisen vuoden ajan SPOT-hinnan keskiarvoon, johon on lisätty Oulun energian sähkönsiirron kustannus sekä sähkövero.
- Tässä raportissa esitellyt tulokset on laskettu alla esitetyillä oletuksilla. Kaikki kyseiset oletukset on mahdollista muuttaa visualisointiohjelmassa, joka päivittää tulokset niiden mukaisesti.
 - Elinkaari: 30 vuotta
 - Sähkönhinta: 110 €/MWh
 - Laskentakorko: 3%
 - Lämmityksen inflaatio: 2%
 - Sähkön inflaatio: 2%

1. MALLINNUKSEN LÄHTÖTIEDOT

- Energian päästökertoimina on käytetty Ympäristöministeriön ennustetta sähkön päästökertoimen kehityksestä.
- Kaukolämmön osalta päästökertoimina on käytetty Oulun energian ennustetta kaukolämmön päästökertoimen kehityksestä. Päästökerroin on oletettu kehittyvän lineaarisesti Oulun energian vähähiilisyystavoitteiden mukaisesti. Visualisointiohjelmassa on myös mahdollisuus tarkastella tuloksia Ympäristöministeriön ennusteen mukaisesti.

Vuosi	2020	2030	2035	2040	2050	2060	2070
YM Sähkön päästökerroin [kg/MWh]	121	57	43	30	18	14	7
YM KL päästökerroin [kg/MWh]	130	93	78	63	37	33	22
Oulun energia KL päästökerroin [kg/MWh]	218	37	18	0	0	0	0

2. OPTIMOINNIN MUUTTUJAT

2. OPTIMOINNIN MUUTTUJAT

- Kaikille muuttujille on laskettu kustannukset ja niiden vaikutus on huomioitu dynaamisesti rakennuksen energialaskennassa.
- Optimoinnin muuttujat, suluissa vaihtoehtojen lukumäärä:
 1. Lämmitysmuoto (4)
 1. Maalämpö hajautettu/keskitetty (2)
 2. Ikkunoiden ominaisuudet (5)
 3. Ikkunoiden koko (3)
 4. Ilmanvaihdon ohjaus (2)
 5. Aurinkovoimalan koko (10)
 6. Tilajäähdytys (2)
 7. IV-jäähdytys (2)
 8. Lämmityspäätelaite (2)
 9. Betonirunko materiaali (3)

Simuloitujen tapauksen määrä yhteensä:

47 520

2. OPTIMOINNIN MUUTTUJAT

Lämmitysmuoto	Maalämpöjärjestelmä	PV-mitoitus	Tilajäähdytys	IV-jäähdytys	IV-ohjaus	Ikkunat	Ikkunat (Koko vs. suunniteltu)	Lämmityspäätelaite	Betoni
Kaukolämpö	Hajautettu	0 kW	Ei viilennystä	Ei viilennystä	Ei ohjausta, aina 100%	U-arvo: 0.8 g-arvo: 0.40	90%	Lattia	Betoni
Kaukolämpö + Jäteveden LTO	Keskitetty	27.5 kW	Tilaviilennys	Tuloilman viilennys	Poissa/kotona, Poissa 60%	U-arvo: 0.8 g-arvo: 0.55	100%	Patteri	Ekobetoni
Maalämpö		35 kW				U-arvo: 0.75 g-arvo: 0.35	110%		Ekobetoni (hitaasti kovettuva 91 vrk)
Maalämpö + Jäteveden LTO		42.5 kW				U-arvo: 1.0 g-arvo: 0.4			
		50 kW				U-arvo: 1.0 g-arvo: 0.55			
		57.5 kW							
		65 kW							
		80 kW							
		95 kW							
		110 kW							
		125 kW							

2. OPTIMOINNIN MUUTTUJAT

Ikkunoiden ominaisuudet

- Laskentaan sisältyi viisi teknisiltä ominaisuuksiltaan ja hinnaltaan erityyppistä ikkunaa. Ikkunoiden ominaisuudet ja kustannukset:

U-arvo [W/m ² K]	g -arvo [-]	Kustannus [€/m ²]
1.0	0.55	132
1.0	0.4	118
0.8	0.55	136
0.8	0.4	167
0.75	0.35	181

- Ikkunoiden pinta-alat
 - Yksi muuttuja oli ikkunoiden koko, joista tutkittiin 90%, 100% ja 110%. Ikkunakoon muuttuessa myös rakenteiden määrä muuttuu. Seinärakenteen hintana on käytetty **155 €/m²**

2. OPTIMOINNIN MUUTTUJAT

Sitoutuneet päästöt

- Sitoutuneiden päästöjen osalta tarkasteltiin eri betonilaatuja sekä niiden suhdetta rakennuksen muihin sitoutuneisiin päästöihin.

- Eri betonilaadut:

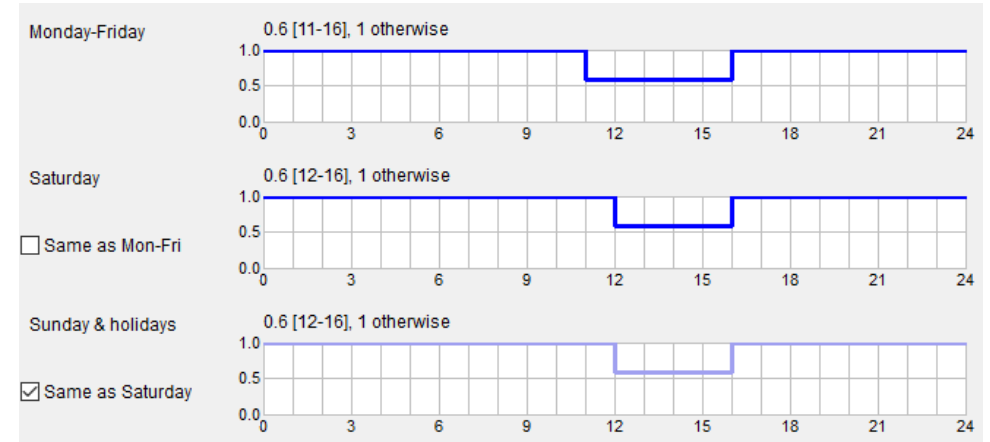
Betoni	€/m ³	kg,CO ₂ / m ³ ,betoni
Betoni	62.57	217.29
Ekobetoni	64.45	204
Ekobetoni hitaasti kovettuva (91 vrk)	65.7	110.63

- Muut sitoutuneet päästöt on arvioitu tyypillisten asuinkerrostalon pohjalta. Päästöihin sisältyy kaikkien muiden materiaalien sitoutuneet päästöt kuin betonin kuten esimerkiksi ikkunat, teräs ja tiilet. Tyypillisesti betoni vastaa noin 32% päästöistä, jolloin rakennuksen muut sitoutuneet päästöt ovat noin 68%.

2. OPTIMOINNIN MUUTTUJAT

Ilmanvaihdon ohjaus

- Hajautetun ilmanvaihdon tapauksessa on laskelmissa otettu huomioon mahdollisuus ohjata ilmanvaihtoa huoneistokohtaisesti. Keskitetyn ilmanvaihdon tapauksessa ei tällaista mahdollisuutta ole.
- Ilmavirtojen profiili kotona/poissa ohjauksella →
- Ilmanvaihdon ohjaus muuttuja pitää sisällään eri IV-koneiden investoinnit. Kun IV-ohjaus on "poissa/kotona" sisältyy siihen hajautettujen asuntokohtaisten IV-koneiden investoinnit. Kun muuttuja on "100% päällä" on oletettu keskitetyn IV-koneen investointi.



- Investointikustannukset:

IV-ohjaus	IV-kone	Kustannus [€/huoneisto m2]	Kustannus [€]
100% päällä	Keskitetty	4100	717 500
Poissa / kotona	Hajautettu	2400	420 000

2. OPTIMOINNIN MUUTTUJAT

Lämmityksen ja jäähdytyksen tuotanto

- Tarkastelussa on mukana lämmöntuoton osalta Maalämpö / Kaukolämpö / Jäteveden lämmöntalteenotto ja jäähdytyksentuoton osalta Vedenjäähdytyskoneet / Vapaajäähdytys
- Tuotantojärjestelmien kombinaatioissa vapaajäähdytys on aina osa maalämpöjärjestelmää
- Maalämpöjärjestelmät mitoitettiin perustuen Oulun alueella tehtyyn lämpökaivojärjestelmän mitoitukseen. Kentän laajuus ja lämpöpumpun teho optimoitiin jokaiselle skenaariolle vastaamaan noin 90% lämmöntarpeen peittoastetta.
- Maalämpö vaatii aina tukilämmitysmuodon, koska ei ole taloudellisesti järkevää mitoittaa sitä 100% lämmityspeitolle. Tukilämmitysmuotona tarkasteltiin vain sähkökattiloita, sillä Oulun energia totesi etteivät he ole valmiita asentamaan kaukolämpöverkkoa alueelle, jos he toimivat vain tukilämmityksessä.
- Jätevedenlämmöntalteenotto erillisellä lämpöpumpulla on vaihtoehtoinen lisä muihin lämmöntuottojärjestelmäkokonaisuuksiin.
- Tarkastelussa tutkittiin myös maalämpöjärjestelmiä hajautettuna sekä keskitettynä ratkaisuna. Hajautetussa järjestelmässä jokaisella talolla olisi oma lämpöpumppu. Käytännössä ero näkyy kustannuksissa siten, että keskitetyssä ratkaisussa lämpöpumppu investointi on halvempi skaalaetujen vuoksi. Keskitetyssä ratkaisussa investointeja kasvattaa kuitenkin myös korttelin sisäiset putkivedot.

2. OPTIMOINNIN MUUTTUJAT

Lämmityksen ja jäähdytyksen tuotanto

- Maalämpö (ML)
 - Maalämpöjärjestelmät mitoitettiin perustuen Oulun alueella aiemmin tehtyyn lämpökaivojärjestelmän mitoitukseen. Kentän laajuus ja lämpöpumpun teho optimoitiin jokaiselle skenaariolle vastaamaan noin 90 % lämmöntuoton peittoastetta, mukaan lukien JLTO.
 - Kaivokenttää voidaan käyttää vapaajäähdytyksen tuottoon (COP = 15), joka samalla lataa lämpöä kenttään.
 - Tontille on arvioitu mahtuvan ainakin 40 kaivoa.
 - Tekniset tiedot:
 - COP = 3,
 - Syvyys = 300 m, ominaistuotto 75 kWh/m ja teho 17 W/m
 - Kaivojen välinen etäisyys 15 m
 - Investointikustannuksissa otettiin huomioon porakaivot, lämpöpumput sekä TRT-mittaus.
 - Lämpöpumppu 350 €/kW
 - Energiakaivot 27 €/m
 - TRT-mittaus 4000€

2. OPTIMOINNIN MUUTTUJAT

Lämmityksen ja jäähdytyksen tuotanto

- Jäteveden lämmöntalteenotto (JLTO)
 - Jäteveden talteenotto kerää lämpöä kiinteistön viemäriverdestä erillisen jätevesilämmönsiirimen kautta. Riippuen käytetystä tekniikasta talteen voidaan saada 30-70% jäteveden lämmöstä.
 - Laskennassa oletetaan että koko korttelin viemäröinnit kootaan yhteen pisteeseen josta lämpö kerätään talteen. JLTO:n kanssa käytetään simuloinneissa erillistä lämpöpumppua (COP = 4.1)
 - Jäteveden lämmöntalteenoton investointi perustuu toimittajalta (Wasenco) saatuihin arvioihin vastaavanlaisiin kohteisiin.
 - Investointikustannus on **70 000€**, ja pitää sisällään lämmönsiirtimen sekä lämpöpumpun.
- Sähkökattila (SK)
 - Sähkökattilan investointi perustuu toimittajalta saatuihin arvioihin vastaavanlaisiin kohteisiin.
 - Investointikustannus on arvioitu tapauskohtaisesti maalämmön mitoituksen mukaan ja vaihtelee välillä **23 000 € - 25 000 €**

2. OPTIMOINNIN MUUTTUJAT

Lämmityksen ja jäähdytyksen tuotanto

- Vedenjäähdytyskoneikko (VJK)
 - Vedenjäähdytyskoneikolla tuotetaan kiinteistöjen jäähdytys tapauksissa, missä ei ole maalämpökenttää
 - Vedenjäähdytyskoneikon toiminta pohjautuu lämpöpumppuun, joka tuottaa rakennukselle jäähdytystä ulkoilmasta lämpöpumpun avulla.
 - Lämpöpumpun keskimääräinen EER = 3.5
 - Investointikustannus on **60 000 €**

2. OPTIMOINNIN MUUTTUJAT

Lämmönjakojärjestelmät

- Tarkastelussa tutkittiin patterit sekä lattialämmitys. Lattialämmityksen kanssa on mahdollista toteuttaa samalla myös tilajäähdytys lattiaviilennyksen kautta.
- Vaikuttaa jakeluhäviöiden kautta hieman energiankulutukseen
 - Patterilämmityksessä häviöt 10 %, lattialämmityksessä 15 %
- Käytetyt kustannukset:

Päätelaite	Kustannus [€/m ²]
Patterit	42
Lattialämmitys	28
Lattialämmitys ja -viilennys	55

2. OPTIMOINNIN MUUTTUJAT

Aurinkosähkö

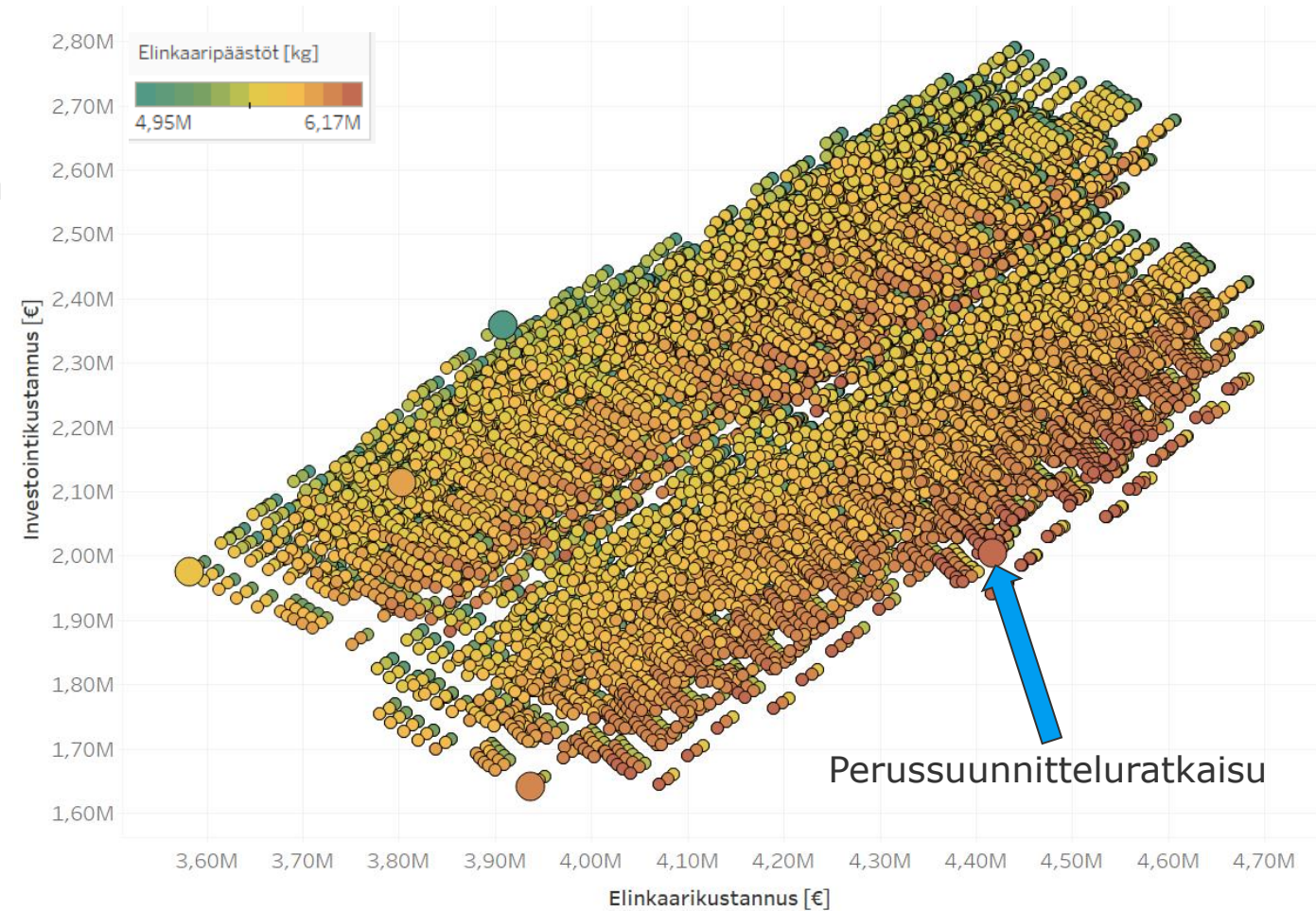
- Aurinkosähköjärjestelmää tarkasteltiin kahdelle eri tapaukselle:
 1. Aurinkosähköä voidaan hyödyntää ainoastaan kiinteistösähköön
 2. Aurinkosähkö voidaan hyödyntää kiinteistö- ja asukassähköön
- Paneelit sijoitetaan priorisoiden isoja kerrostalojen eteläsivun lappeita 10-asteen kulmaan maahan nähden.
- Paneelit tuottavat noin 850 kWh/kWp ja kustantavat 0.9 €/Wp
- Investointeja varten on mahdollista hakea tukea 20% Business Finlandilta. Tableaussa on mahdollista tarkastella tuloksia tuen kanssa.
- Tarkastellut järjestelmäkoot
 - Kiinteistösähkö: 27.5 kW, 35 kW, 42.5 kW, 50 kW, 57.5 kW
 - Asukas- + kiinteistösähkö: 65 kW, 80 kW, 95 kW, 110 kW, 125 kW
- Aurinkojärjestelmän ylimääräinen tuotanto on oletettu myytävän verkkoon, Oomi energian lupaamalla ostohinnalla, eli Nordpool SPOT:in tuntihintaisella hinnalla.



3. TULOKSET

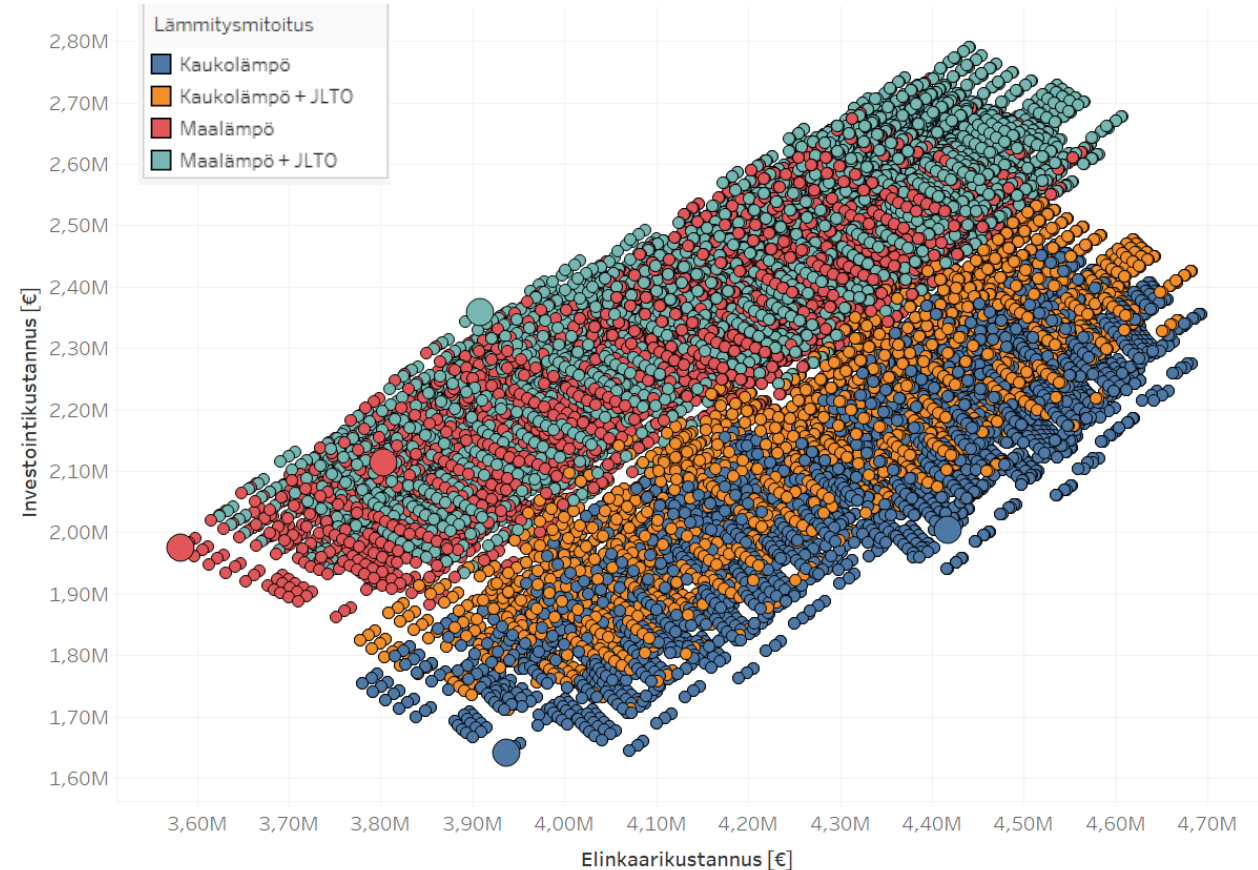
3. TULOKSET

- Jokainen piste kuvaa yhtä ratkaisua 47 520 ratkaisun joukosta
- Y-akselilla on esitetty investointikustannus ja X-akselilla elinkaarikustannukset (sis. investoinnit)
- Pisteet on värjätty skenaarion mukaisten elinkaari päästöjen mukaan
- Perussuunnitteluratkaisu on esitetty nuolella pistepilvestä
- Seuraavaksi on esitelty **merkittävimmät muuttujat** tarkastelussa



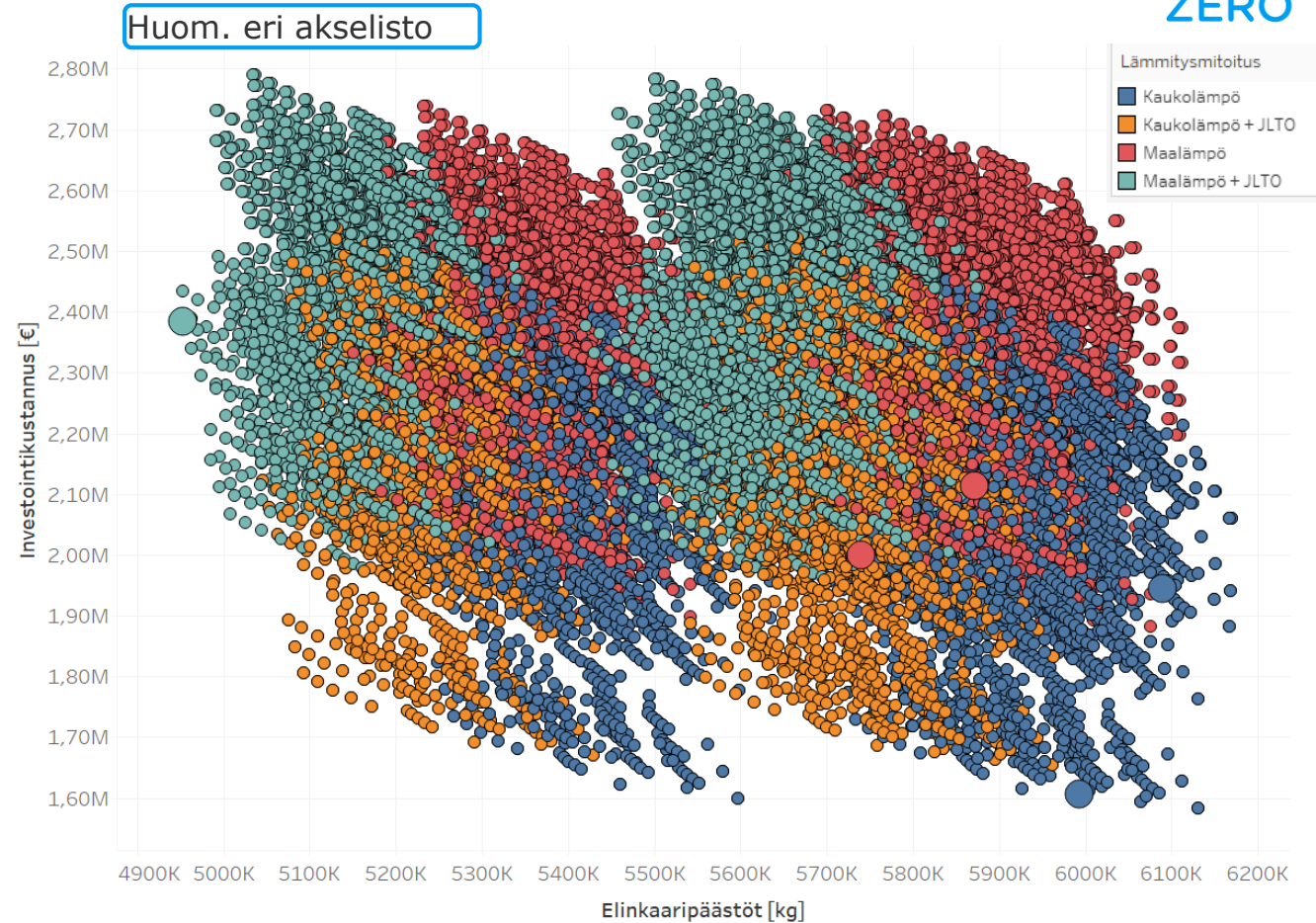
3. TULOKSET LÄMMITYSMUOTO

- Maalämpö-skenaariot erottuvat todella selkeästi kaukolämpöskenaarioista isommilla investoinneilla ja pienemmällä elinkaarikustannuksillaan.
- Jäteveden lämmöntalteenotto osoittautui kannattavaksi erityisesti kaukolämpöön yhdistettynä.
- Jäteveden LTO:n kannattavuus ja toimivuus yhdistettynä maalämpöön voi myös olla kannattava ratkaisu mutta sen tarkasteluun suositeltaisiin vielä tarkempaa erillistarkastelua



3. TULOKSET LÄMMITYSMUOTO

- Lämmitysmuodon vaikutus päästöihin vaihtuu elinkaaren pituuden myötä. Taulukossa esimerkki.
- 30 vuoden elinkaarella maalämmöllä tuotetaan pienemmät energian CO2-päästöt. Kuitenkin 50 vuoden elinkaarella kaukolämmön päästöt ovat pienimmät.
- Ero johtuu oletuksesta että Oulun energia pystyy tarjoamaan hiilineutraalia kaukolämpöä vuoden 2040 jälkeen. Sähkölle on oletettu olevan vielä päästöjä vielä tulevaisuudessa Ympäristöministeriön ennusteen mukaisesti.
- Tuloksia muuttaisi merkittävästi jos ostettu sähkö olisi sertifioitua hiilineutraalia sähköä.
- Päästövaikutuksia tarkasteltaessa suositellaan herkkyystarkastelujen tekemistä Tableau ympäristössä.

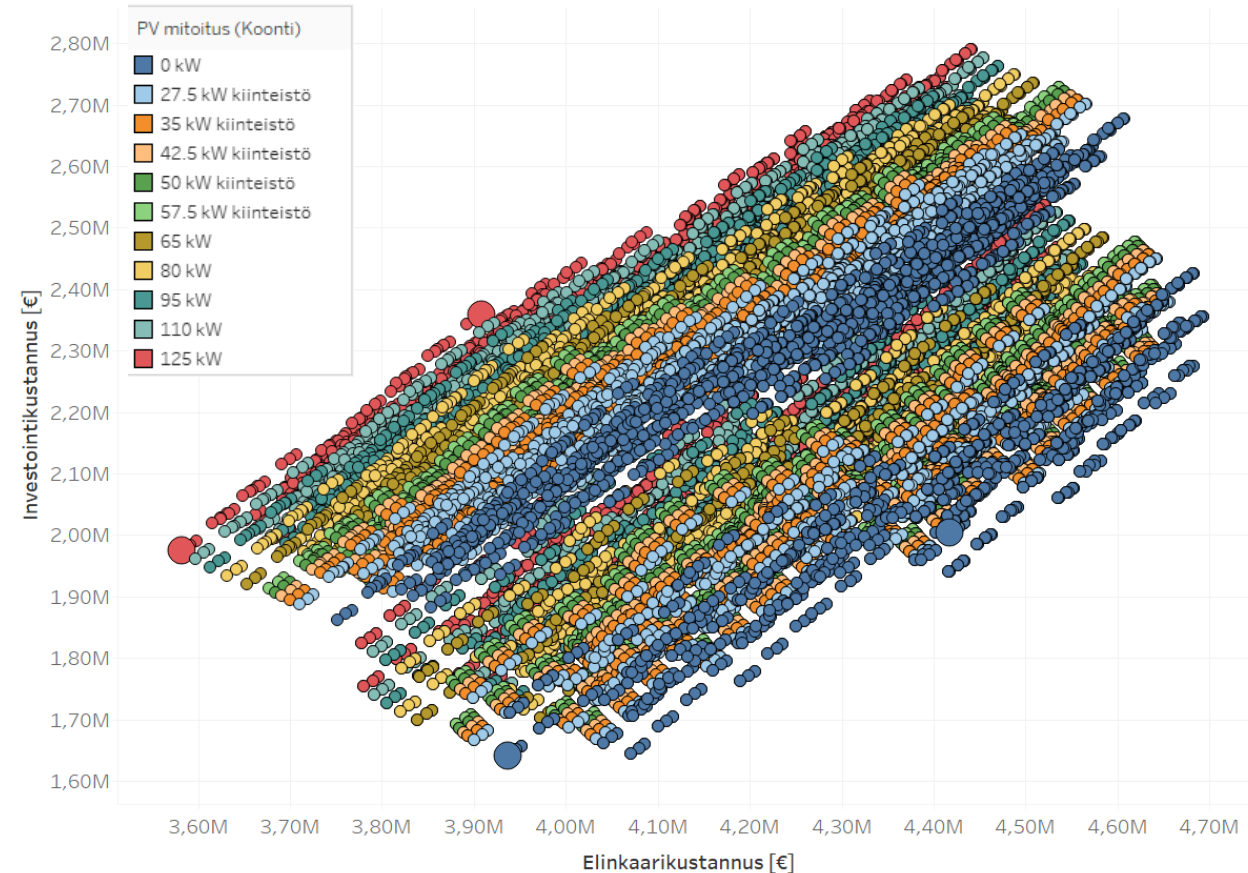


Lämmitysmuoto	30 vuoden elinkaaren päästöt [Mkg]	Suhde kaukolämpöön	50 vuoden elinkaaren päästöt [Mkg]	Suhde kaukolämpöön
Kaukolämpö	2.71	-	3.06	-
Kaukolämpö + JLTO	2.54	94 %	2.90	95 %
Maalämpö	2.66	98 %	3.40	111 %
Maalämpö + JLTO	2.46	91 %	3.14	103 %

3. TULOKSET

AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ

- Aurinkosähköjärjestelmä on kannattava investointi pitkälti muista muuttujista riippumatta.
- Investoinnin kannattavuus paranee erityisesti jos aurinkosähköä voidaan hyödyntää kiinteistösähkön lisäksi myös asukassähköön.
- Tämänhetkinen lainsäädäntö tekee tästä kuitenkin hankalaa.
- Mitoitus kannattaa tutkia tarkemmin muiden muuttujien pohjalta, esimerkiksi aurinkosähkö tukee maalämpöjärjestelmää paremmin kuin kaukolämpöjärjestelmää.



Bright ideas. Sustainable change.

