

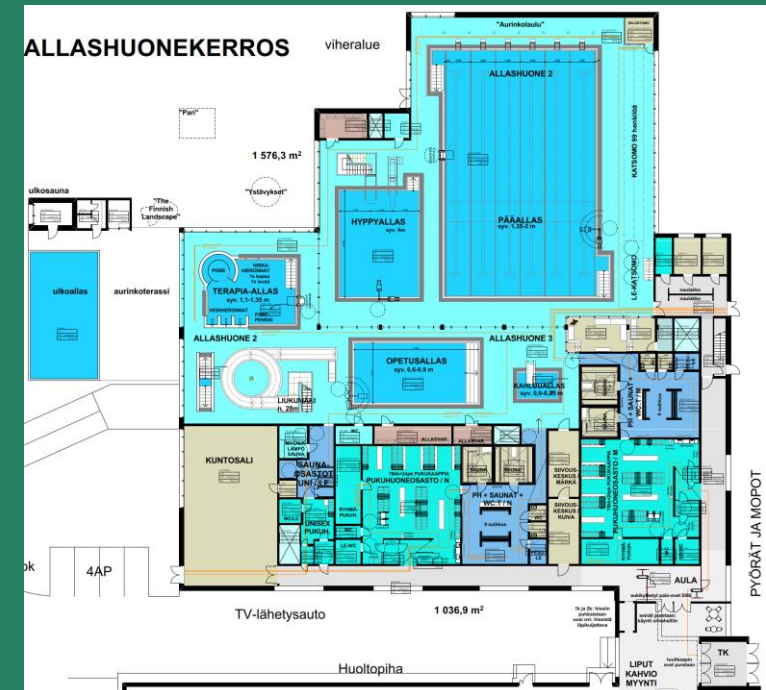
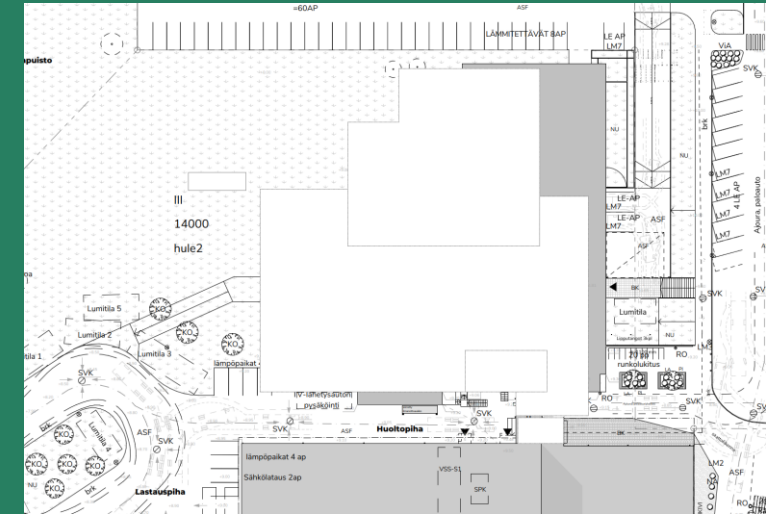
Uimahallin energiajärjestelmän vaihtoehtojen kartoitus

Kemin uimahalli

Projektinnumero 123661.HH253655

Yhteenveto

- Granlund toteutti energiajärjestelmän vaihtoehtojen kartoituksen, tavoitteena perustella Kemiin rakennettavaan uuteen uimahalliin energia- ja kustannustehokas lämmöntuotantojärjestelmä.
- Kokonaisuudessa huomioitiin rakennettavan harjoitusjäähallin lauhdelämmön hyödyntämismahdollisuudet sekä mahdollisen palvelinten hukkalämmön hyödyntäminen allasvesien lämmityksessä.
- Allastilaojen ilmanvaihdon osalta tarkasteltiin kannattaako investoida lämpöpumpulla varustettuihin ilmanvaihtokoneisiin vai valita perinteiset neste-LTO:lla varustetut koneet.
- Lopputuloksena noin 250 kW tehoista lämpöpumppujärjestelmää energiankierrätykseen. Järjestelmässä on suositeltavaa hyödyntää käytettävissä oleva jäteilman hukkalämpö ja jäteveden lämmöntalteenotto, jos järjestelmällä tuotettu lämpöä siirretään myös Areenan lämmitysverkostoon.
 - Lämmöntalteenottoinvestointeja kannattaa toisaalta rajoittaa, jos järjestelmällä tuotettua lämpöä päätetään hyödyntää vain uimahallin lämmityksessä.
 - Kaukolämpö on suositeltavaa pitää lisälämmönlähteenä.
 - Maalämmöllä saavutetaan korkeimmat elinkaarikustannussäästöt, mutta energiankierrätysjärjestelmällä saavutetaan kokonaisuudessaan paras kannattavuus.



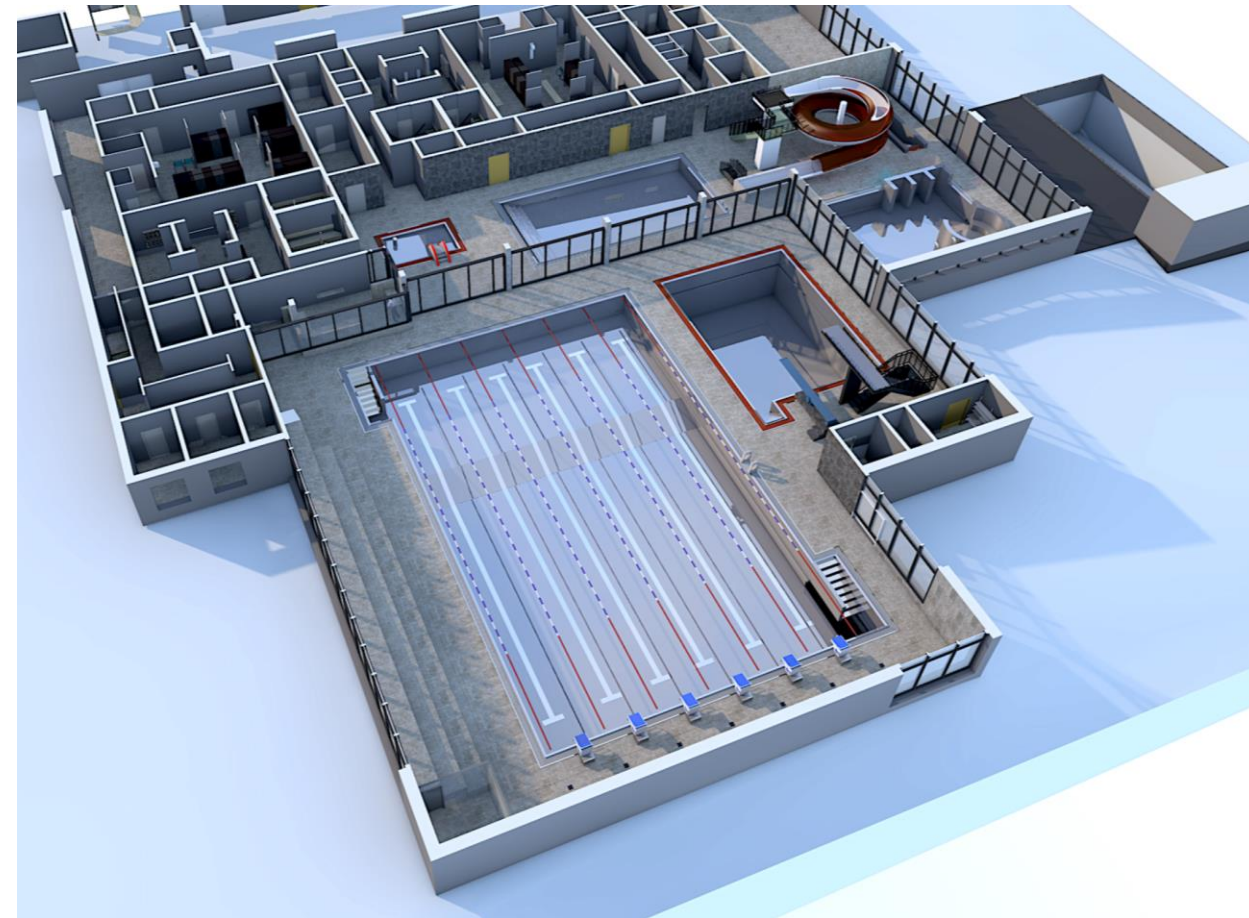
Sisällysluettelo

Yhteenveto suositellusta lämmöntuotantojärjestelmästä ja suositukset taloteknisille järjestelmille ja muille ratkaisuille

1. Energiankulutukset
2. Keskeiset lähtötiedot uimahallin taloteknisille järjestelmille
3. Vertailtavat lämmöntuotantoratkaisut uimahalliin
4. Elinkaarikustannuslaskennan lähtötiedot ja tulokset
5. Erillistarkastelu: 50 kW palvelinten hukkalämmön hyödyntäminen vedenkäsittelyjärjestelmän lämmityksessä
6. Joustavan energiajärjestelmän mahdollisuudet sähkökattiloilla
7. Aurinkosähköjärjestelmän alustava mitoitus

Liite 1 Periaatekuvaukset uimahallin keskeisistä lämmöntalteenotto-ratkaisuista

Liite 2 Energialaskennan kuvaus ja keskeiset energiajärjestelmän mitoitukseen vaikuttavat lähtötiedot



Suosittelun lämmöntuotantojärjestelmä

Ratkaisuehdotus	Menerga käytössä	JV-LTO	PI-LTO, pesu ja pukuhuone	PI-LTO, allas-laitetila	Jäähallin lauhde	Maalämpö	Lämpöpumput	Lämpö Areenalle	Lisälämpö	Lisälämpö: Uimahalli / Areena, MWh	Kokonaisinvestointi, k€	IV-osuus investoinnista, k€	Areenan kanssa		Ilman Areenaa	
													Säästöt CO ₂ päästöissä, tCO ₂ /a	Vuotuinen säästö referenssiratkaisuun, k€/a	Suora takaisinmaksuaika, a	Elinkaari-kustannus-säästöt, k€/20 a
Referenssiratkaisu	X	X	-	-	-	-	-	-	KL	1371 / 351	442 k€	232 k€	0	0 k€	-	0 k€
LPU energiankierrätys V1	-	-	X	X	-	-	250 kW	-	KL	385 / 351	767 k€	176 k€	56,9	40 k€/a	8,2 a	404 k€
LPU energiankierrätys V1	-	X	X	X	-	-	250 kW	X	KL	298 / 190	916 k€	176 k€	72,1	54 k€/a	9,0 a	488 k€

- Uimahallin lämmöntuotantojärjestelmäksi suositellaan noin 250 kW (2x 125 kW) tehoista lämpöpumppuihin pohjautuvaa energiankierrätysjärjestelmää. Järjestelmän yhteydessä on suositeltavaa hyödyntää allasiloissa perinteistä neste-LTO:ta, jonka jäteilmasta kerätään hukkalämpöä lämpöpumppujärjestelmän höyrystinpuolelle.
 - Ilman lämmönsiirtoa Areenalle, paras kannattavuus saavutetaan pitämällä energiankierrätysjärjestelmän investoinnit maltillisella tasolla. Jäteveden lämmöntalteenotto on tässä kohtaa raskas investointi verrattuna siihen, että kerätään hukkalämmöt maksimaalisesti neljän ilmanvaihtokoneen jäteilmasta: Allasalueen IV-koneet, puku- ja pesuhuoneita palveleva IV-kone sekä allasteknistä tilaa palveleva IV-kone. Suositeltavan ratkaisun takaisinmaksuaika on reilut 8 vuotta referenssiin verrattuna.
- Lämmönsiirtoyhteyden rakentaminen Areenalle parantaa lisäinvestointien kannattavuutta, jolloin jäteilman lämmöntalteenoton maksimaalinen hyödyntäminen ja jäteveden lämmöntalteenotto muuttuvat kannattaviksi. Ratkaisu parantaa vuotuisia säästöjä noin 35%.
 - Jäteveden lämmöntalteenotto on suositeltavaa toteuttaa esim. 25 m³ puskurialtaan ja kaksoisputkilämmönsiirtimen avulla, jolloin jätevettä puskuroidaan myös yöajalla.
 - Lämpöpumpputehon kasvattaminen ei paranna kannattavuutta koska lisälämmöntarve on jo muutenkin jo pieni, jolloin lisäinvestoinnille ei saada katetta.
 - LTO-linjan rakentaminen jäähallille on hyötyyn nähden hyvin arvokas toimenpide. On suositeltavaa hyödyntää jäähallin lauhdelämpö maksimaalisesti hallin lämmityksessä.
 - Mahdollisen palvelinlaitteiston (mini-datakeskus) hukkalämmön hyödyntäminen uimahallin lämmityksessä heikentää lämpöpumppujärjestelmään tehtäviä lisäinvestointeja.
- Kaukolämpö on suositeltavaa pitää lisälämmönlähteenä, sillä investointi maalämpöön vaatii kannattavuuteen suhteutettuna reilut lisäinvestoinnit.

Muut suositukset jatkosuunnittelua varten

- Pörssisähkön hyödyntäminen ei ole kokonaisuuden kannalta perusteltua tehokkaan lämpöpumppujärjestelmän yhteydessä. Halpaa sähköä esiintyy erityisesti kesällä, jolloin lämpöpumppujärjestelmä vastaa pääosin lämmön tuotosta. Ratkaisun kiinteät kustannukset ovat myös korkeat hyötyyn nähden.
- Investointi sähkökattiloita hyödyntävään reservimarkkinaratkaisuun ei ole nykyisen tuottotason sekä keskiänniteliittymän edellyttämien korkeiden lisäinvestointien myötä kannattavaa.
- Aurinkoenergian hyödyntäminen on suositeltavaa aurinkosähköjärjestelmän muodossa. Kiinteistön sähköenergiankulutuksen puitteissa kiinteistöön suositellaan noin 700 m² kokoista järjestelmää. Aurinkokeräinten hyödyntäminen ei ole investointikustannus- / hyötynäkökulmasta kannattavaa koska lämpöpumppujärjestelmä hoitaa valtaosan kesäaikaisesta lämmityksestä kustannustehokkaasti.
- Uimahallin simulointi toteutettiin pääosin rakentamismääräysten vertailutason rakenteita vastaavilla U-arvoilla. Ainoastaan allastilassa käytettiin parempia 0,8 W/m²K tason ikkunoita.
 - Granlundin aikaisemmin toteuttamien uimahallikiinteistöjen energiaoptimointien perusteella on harvoin kustannussäästöjen näkökulmasta perusteltua lisäeristää rakennusta vertailutason U-arvoihin nähden. On sen sijaan havaittu, että allastilassa on perusteltua investoida vertailutasoa paremmin lämpöä eristäviin ikkunoihin.
 - Investointien / saavutettavan hyödyn näkökulmasta lisäeristämistä on suositeltavaa kohdistaa erityisesti yläpohjaan. Lisäeristyksen myötä suunnittelussa ja toteutuksessa on vastaavasti kiinnitettävä enemmän huomiota rakenteiden rakennusfysikaaliseen toimivuuteen ja rakennuksen ilmatiiveyteen.
 - Lisäeristämisen kannattavuutta heikentää merkittävästi tehokas lämpöpumppujärjestelmä, joka itsessään kutistaa lisälämmöntarpeen pieneksi. Näin ollen kaikki investoinnit, jotka tähtäävät jo valmiiksi pienenhköön lisälämmöntarpeen pienentämiseksi eivät osoittaudu kannattaviksi. Säästetyt rahat kannattaa mieluummin käyttää energiajärjestelmään liittyviin investointeihin.
- Sähköjärjestelmän osalta suositellaan, että kiinteistön nykyinen 400 A pienjänniteliittymä päivitetään lämpöpumppujärjestelmän myötä 630 A liittymäksi, joka on isoin KENVEN tarjoama pienjänniteliittymä.

Energiankulutukset

- Arvioitu lämmityksen energiankulutus uimahallille
- Arviodut jäähdytyksen ja sähköenergian tuntiprofiilit
- Arvioitu lämmitysenergian kulutus ja lauhdelämmön tuotto jäähallille
- Areenan mitattu lämmitysenergian kulutus

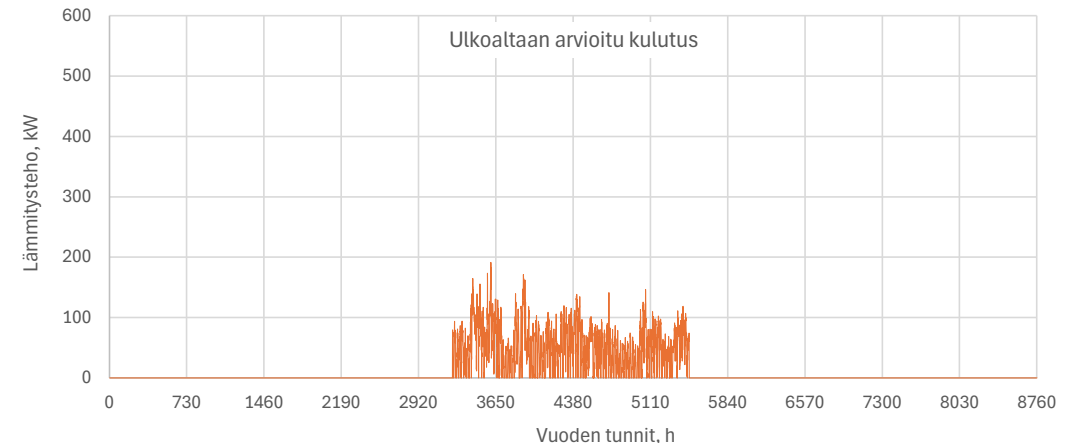
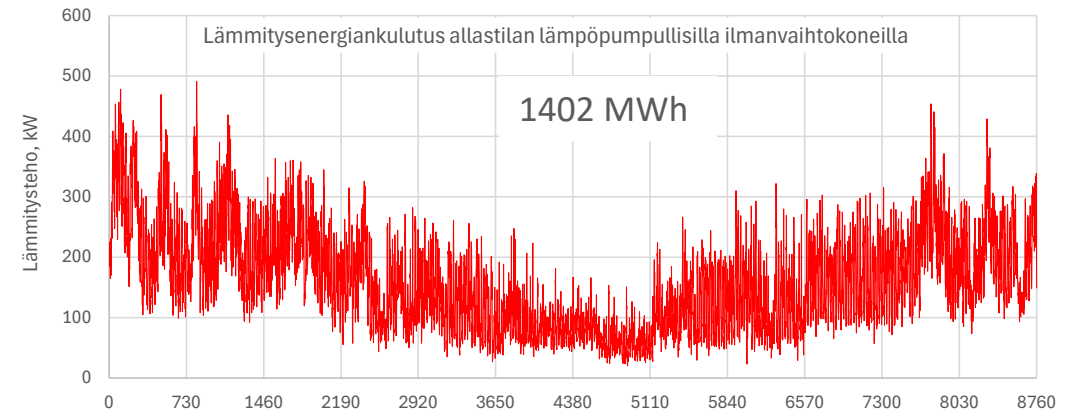
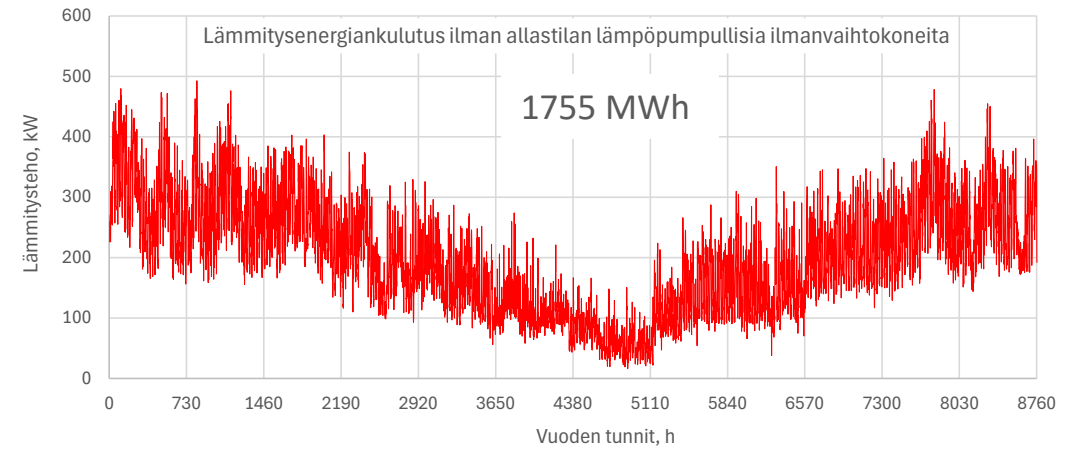


Uimahallin arvioidut kulutukset

Lämmitys

Uimahallin lämmitysenergiankulutus jakaantuu neljään pääkäyttökohteeseen:

- Ilmanvaihdon lämmitys, tilalämmitys, vedenkäsittelyjärjestelmät ja lämmin käyttövesi .
 1. Ilmanvaihdon lämmitys ilman allastilan ilmanvaihtokoneisiin integroitua lämpöpumppua: 669 MWh
 2. Ilmanvaihdon lämmitys allastilan ilmanvaihtokoneisiin integroidulla lämpöpumpulla: 316 MWh
 3. Tilalämmitys: 133 MWh
 4. Vedenkäsittelyjärjestelmät: 451 MWh
 5. Lämmin käyttövesi: 502 MWh
- Lämmityksen laskennallinen huipputeho on noin 500 kW energiasimuloinnin perusteella.
- Ulkoaltaan (120 m²) lämmitysenergiankulutus vuosittaisella käyttöajalla 15.5 – 15.8 on arviolta 116 MWh



Uimahallin arvioidut kulutukset

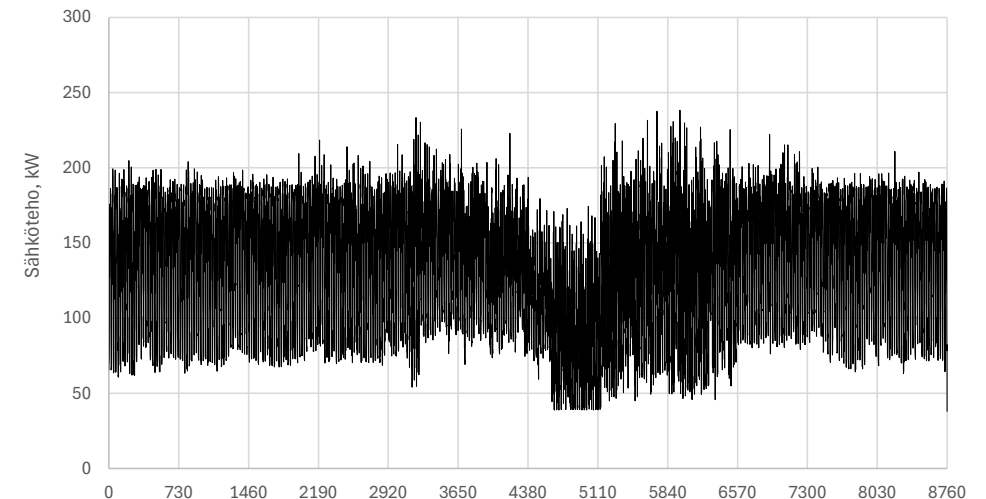
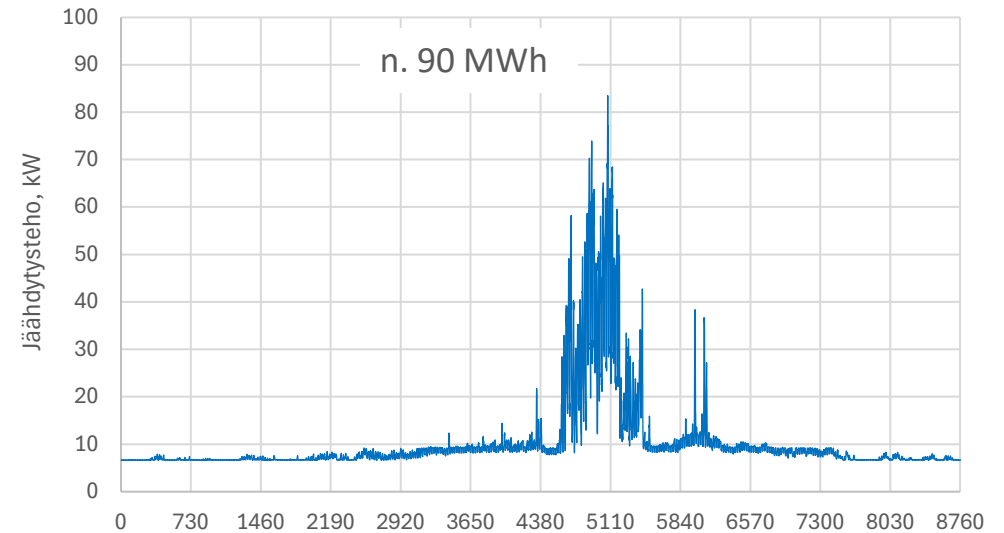
Jäähdytysteho ja sähkö

Jäähdytystä tarvitaan kiinteistössä yleistiloja palvelevan ilmanvaihtokoneen jäähdytykseen sekä valikoituja puhallinkonvektoreilla varustettavia tiloja varten.

Kiinteistön sähköenergiankulutukseksi on alustavissa energialaskelmissa arvioitu 1165 MWh edellyttäen, että kiinteistöön asennetaan 250 kW lämpöpumppujärjestelmä, jolla tuotettua lauhdelämpöä siirretään myös Areenan lämmitysverkostoon. Alustava sähköenergiankulutus jakaantuu seuraavasti:

- Vedenkäsittelyjärjestelmä: 305 MWh
- Talotekniikka ja saunat: 390 MWh
- Lämpöpumppujärjestelmä: 470 MWh

Sähkönkäytön profiili edellä mainitulla kokoonpanolla on esitetty viereisessä kuvaajassa. Alustavasti arvioitu huipputeho on luokkaa 230 kW. Lämpöpumppujärjestelmän yhteydessä on suositeltavaa, että pienjänniteliittymää kasvatetaan 400 A -> 630 A.



Viereisen harjoitusjäähallin arvioidut kulutukset sekä Areenan mitattu kulutus

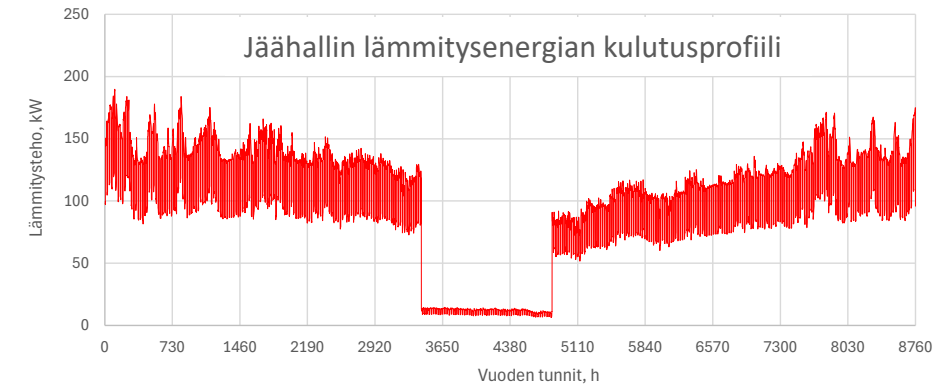
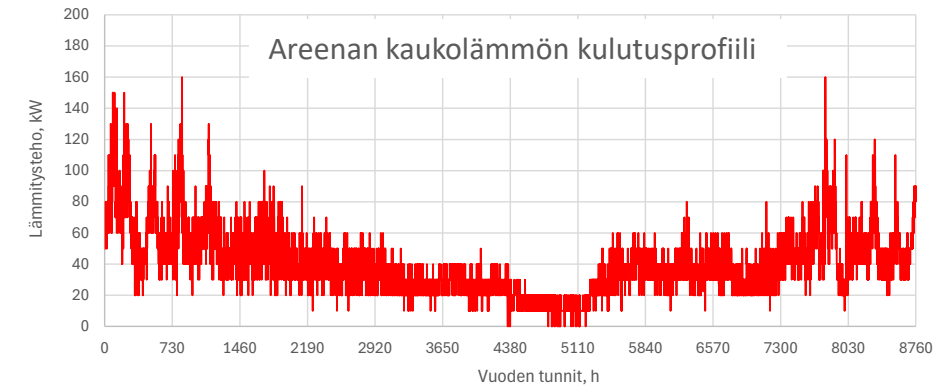
Lämmitys ja jäähallin lauhdelämpö

Areenan kaukolämmön kulutustiedot saatiin vuodelta 2025, jolloin kulutus oli 351 MWh.

Areenassa on sähkön osalta käytössä 630 A pienjänniteliittymä, josta otettiin vuoden 2025 kulutusdatan perusteella huipputeho 110 kW.

Uuden rakennettavan harjoitusjäähallin lämmitysenergiankulutusta arvioitiin karkeasti Aalto-yliopiston vuonna 2018 kehittämän jäähallin energialaskurin perusteella.

- Lähtötietoina yksiratainen harjoitusjäähalli, jota pidetään noin 8 °C lämpötilassa.
- Jäähallissa on oletuksena moderni lämmöntalteenotto, tehokas kiertoilma-ohjaus ja rakentamismääräysten vertailutason lämmönläpäisevyyttä vastaavat rakenteet.
- Jäähallin arvioitu lämmitysenergiankulutus sisältäen jäänhoitoveden lämmitys on 850 MWh ja oletuksena jäähalli on poissa käytöstä noin kaksi kuukautta.
- Lämmitysenergian tuntipohjainen profiili muodostettiin skaalamalla toisen jäähallin mitattua kulutusdataa vuoden 2025 säädään perustuvaksi.
- Lauhdelämmön kulutusprofiili arvioitiin toisen jäähallikohteen tuntidatan perusteella huomioiden kahden kuukauden tyhjäkäyntiaika. Keskimääräinen lauhdeteho on arviolta 150 kW ja vaihteluväli 80 – 200 kW.
- Vuotuisena lauhdelämpömääränä käytettiin 1180 MWh. Energiankulutuslaskelmissa oletettiin, että jäähalliin asennetaan lämpöpumppujärjestelmä, joka hyödyntää lauhdelämmön maksimaalisesti. Ylijäävä osuus voidaan siirtää uimahallille LTO-putkiston avulla.



Keskeiset lähtötiedot uimahallin taloteknisille järjestelmille



Uimahallin talotekniset järjestelmät

Ilmanvaihtokoneiden tiedot: Simuloinneissa käytetyt alustavat ilmavirrat

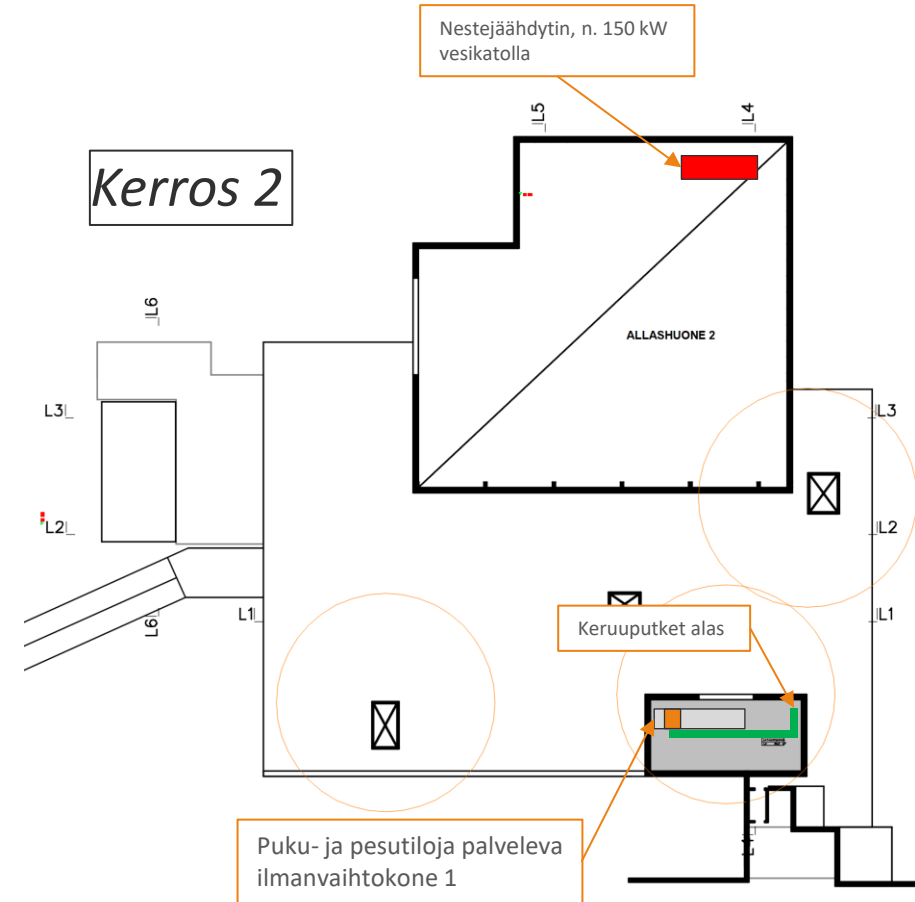
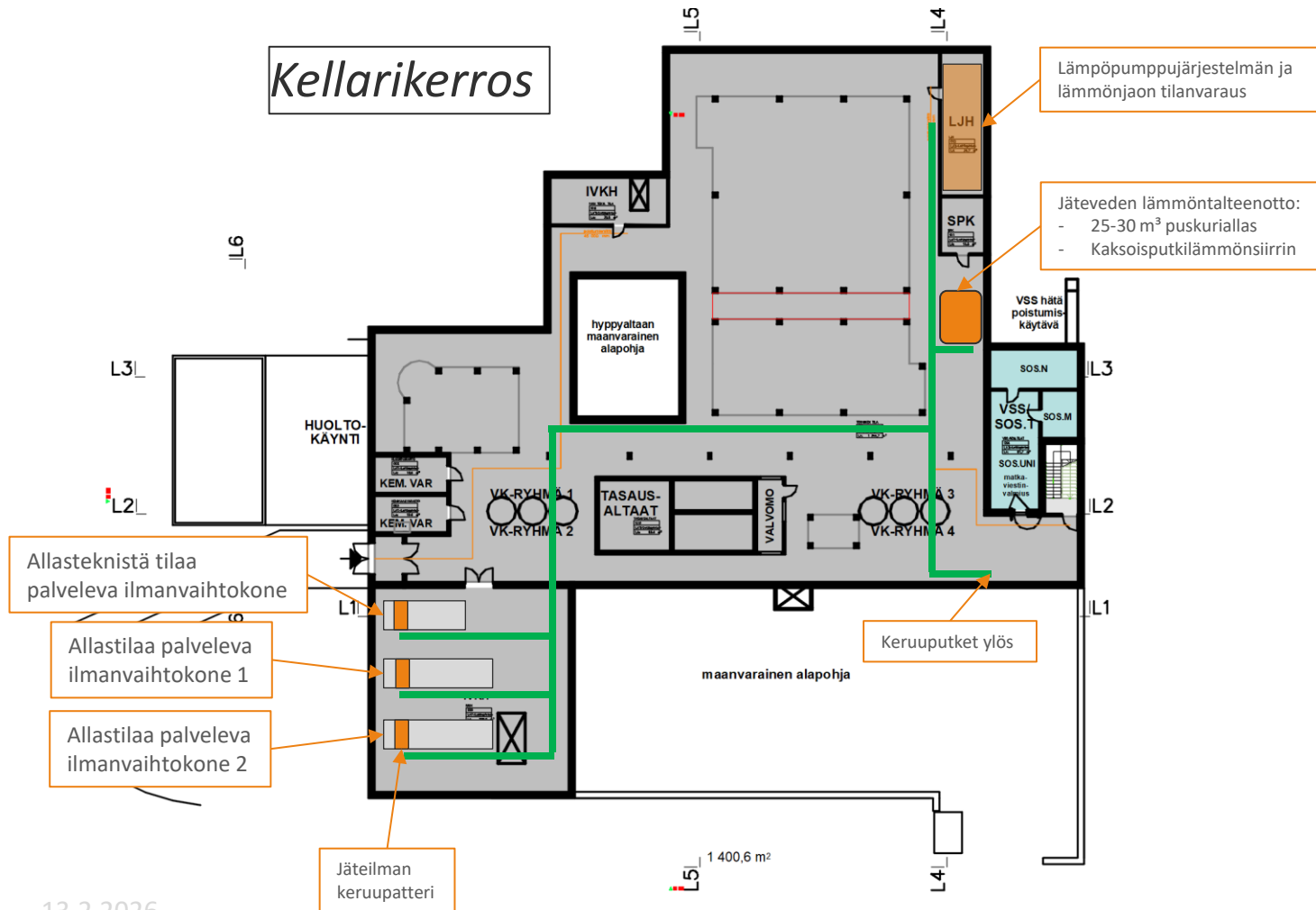
Ilmanvaihtokoneet	Lämmöntalteenoton tyyppi ja arvioitu lämpötilahyötysuhde	Ilmavirta	Aikataulu ja ohjaus
Allasalue, kaksi ilmanvaihtokonetta	Neste-LTO (55 %) / lämpöpumpullinen IV-kone	10,8 m³/s	Kiertoilmaohjaus CO ₂ ja kosteusohjauksella + aikataulu
Puku- ja pesuhuoneet	Neste-LTO (55 %)	2,7 m³/s	Aikatauluohjaus
Allaslaitetekninen tila	Neste-LTO (55 %)	2,1 m³/s	Aina käytössä nimellisilmavirralla
Kuntosali	Roottori (80%)	1,5 m³/s	Tarpeenmukainen CO ₂ ohjaus + aikataulu
Yleis- ja sosiaalitilat	Levy-LTO (73%)	1,2 m³/s	Aikatauluohjaus

Altaiden pinta-alat

Allasosasto	Pinta-ala
Opetusallas	80
vesiliukumäki	10
kahluuallas	10
Kuntouintiallas, 6-ratainen	390
Monitoimiallas hyppyalueella(säätöpohja), torni (1m, 3m)	140
virkistysallas	55
kylmäallas, avantopulahdus (ulkopuolella rakennuksen?)	5
Ulkoallas 10x12m, erotettavissa tenava-alue 20m2	120

Uimahallin talotekniset järjestelmät

Alustavat laitesijoittelut



Vertailtavat lämmöntuotantoratkaisut uimahalliin

Vertailtavat lämmöntuotantoratkaisut uimahalliin

Uimahallin energajärjestelmä

- Uimahallin lämmitysjärjestelmässä voidaan hyödyntää sisäisiä hukkalämmönlähteitä poistoilmasta sekä suihku- ja huuhteluvesistä. Keskeiset ratkaisuvaihtoehdot ovat:

1. Poistoilman lämmöntalteenoton mahdollisuudet

- a) Ilmanvaihtokoneen sisäisellä lämpöpumpulla varustettu lämmöntalteenottoratkaisu allastiloihin. Tässä selvityksessä oletuksena kaksi ilmanvaihtokonetta allastiloihin.
- b) Jäteilman lämmöntalteenottopatteri potentiaalisesti seuraaviin ilmanvaihtokoneisiin:
 - Allastiloja palvelevat ilmanvaihtokoneet. Lämmöntalteenottopatteri lämpöpumpulla varustetun IV-koneen jälkeen tai perinteisen neste-LTO:n jälkeen. Patterimitoitus lämmityskaudenaikaisen jäteilman keskimääräisen tilavuusvirran mukaan.
 - Puku- ja pesuhuoneita palveleva ilmanvaihtokone. Lämmöntalteenottopatteri neste-LTO:n jälkeen.
 - Allaslaitetilaa palveleva ilmanvaihtokone. Lämmöntalteenottopatteri neste-LTO:n jälkeen.

2. Jäteveden lämmöntalteenotto

- a) Suora jäteveden lämmöntalteenotto käyttöveden esilämmitykseen ilman lämpöpumppua. Hyödynnettävä osuus lämpimän käyttöveden lämmityksestä arviolta 30 %.
- b) Lämpöpumpun höyrystinpuolelle liitetty jäteveden lämmöntalteenotto (energiankierrätys).

3. Lämmöntalteenotto jäähdytysjärjestelmästä

- a) Lämmöntalteenotto lämpöpumppujärjestelmän avulla ympärivuotista jäähdytystä vaativasta jäähdytysverkosta (esim. puhallinkonvektorit laitetoissa). Ympärivuotinen jäähdytys tyypillisesti 10 – 15 kW.

Vaihtoehtoiset lämmöntuotantoratkaisut uimahalliin

Uimahallin energiajärjestelmä

- Uimahallin sisäisten hukkalämpöjen hyödyntämisen lisäksi kohteessa on mahdollista hyödyntää uimahallin läheisyyteen rakennettavan jäähallin hyödyntämätöntä lauhdelämpöä uimahallin lämpöpumppujärjestelmän höyrystinpuolella.
 - Tässä esiselvityksessä on oletettu, että lauhdelämpö hyödynnetään täysimääräisesti jäähallissa jäähalliin asennettavalla lämpöpumppujärjestelmällä ja hyödyntämätön lauhdelämpö johdetaan maahan kaivetun putkiparin kautta uimahallille. Investointikustannuksissa maahan kaivetun putkilinjan pituudeksi on arvioitu 240 metriä, jonka lisäksi on huomioitu 30 metriä rakennusten sisäistä putkivetoa sekä lisäinvestoinnit jäähallin puolella.
 - Energia- ja kustannuslaskelmissa oletettiin, että jäähallilta siirretään enintään 150 kW teho 5 °C lämpötilaerolla, putkikoko DN100.
- Osittaisena vaihtoehtona pitkälle viedylle hukkalämpöjen energiankierrätykselle, selvityksessä on tarkasteltu maalämmön hyödyntämistä muutamalla toteutuslaajuudella.
 - Maalämpöratkaisun yhteydessä on oletettu, että uimahallin ja areenan kahdesta pienjänniteliittymästä 2x 630 A saadaan riittävä sähköteho enintään 250 kW sähkökattilalle.
 - Nykyisessä uimahallissa on KENVE:n mukaan 400 A (huipputeho 250 kW) pienjänniteliittymä ja areenalla 630 A (huipputeho 410 kW)
- Esiselvityksessä on lämmöntuotannon osalta selvitetty vaihtoehtoa, että uimahallissa tuotettua lauhdelämpöä siirretään myös viereisen Areenan lämmönjakoverkostoon.
- Puhtaiden energiankierrätysratkaisuiden yhteydessä selvityksessä on oletettu, että kiinteistö käyttää lisälämpönä kaukolämpöä koska investointi keskijänniteliittymään heikentää kannattavuutta hyvin merkittävästi.

Vertailtavat lämmöntuotantoratkaisut uimahalliin

Elinkaarikustannuslaskelmiin valitut ratkaisu-ehdotukset

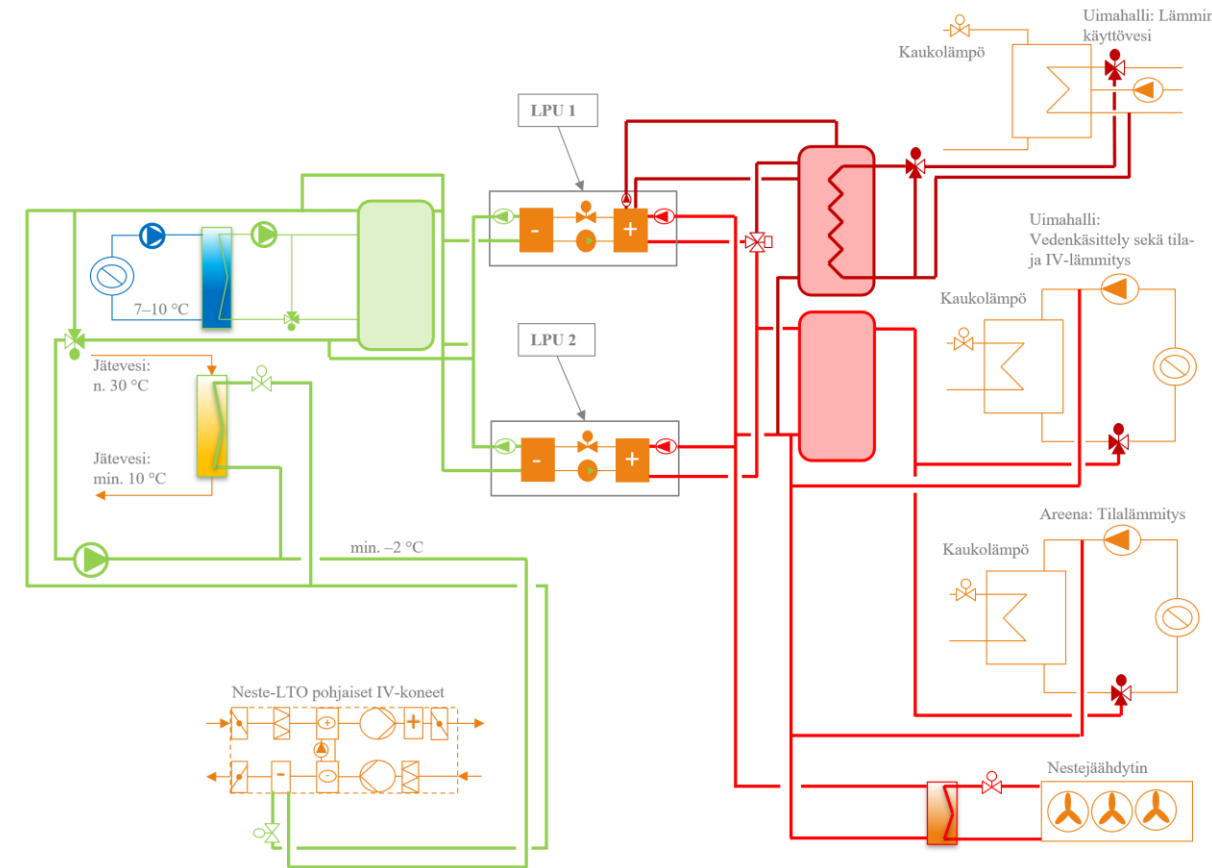
Ratkaisuehdotus	Lämpöpumppujärjestelmä	Muut järjestelmät
Referenssiratkaisu	Ei lämpöpumppujärjestelmää	- Allastilan ilmanvaihtokoneissa on <u>perinteisen lämmöntalteenoton lisäksi integroitu lämpöpumppu</u> - Lämmitysjärjestelmässä hyödynnetään suoraa jäteveden lämmöntalteenottoa käyttöveden esilämmitykseen - Lisälämpö kiinteistöön tuotetaan kaukolämmöllä - Kiinteistössä käytetään sähkön osalta pienjänniteliittymää - Jäähdytys tuotetaan 100 kW VJK:lla
Perustason maalämpöjärjestelmä aktiivilauhdutuksella kaivoihin	Lämpöpumpputeho n. 250 kW - Ei hukkalämmön kierrätystä lämpöpumppujärjestelmällä	- Allastilan ilmanvaihtokoneissa on <u>perinteisen lämmöntalteenoton lisäksi integroitu lämpöpumppu</u> - Lämmitysjärjestelmässä hyödynnetään suoraa jäteveden lämmöntalteenottoa käyttöveden esilämmitykseen - Lisälämpö kiinteistöön tuotetaan <u>sähkökattilalla</u> - Kiinteistössä käytetään pienjänniteliittymää - Jäähdytys tuotetaan lämpöpumpuilla
Lämpöpumppupohjainen energiankierrätysjärjestelmä V1	Lämpöpumpputeho 250 kW (erillistarkastelussa 375 kW) - Hukkalämpöä kierrätetään jäähdytysverkostosta, poistoilmasta, jätevedestä ja jäähallista ratkaisuvaihtoehdosta riippuen	- Allastilan ilmanvaihtokoneissa on <u>perinteinen neste-LTO</u> - Lisälämpö kiinteistöön tuotetaan kaukolämmöllä - Kiinteistössä käytetään pienjänniteliittymää - Jäähdytys tuotetaan lämpöpumpuilla - Lauhdelämpöä siirretään ratkaisuvaihtoehdoista riippuen myös Areenan lämmönjakojärjestelmään
Lämpöpumppupohjainen energiankierrätysjärjestelmä V2	Lämpöpumpputeho 250 kW - Hukkalämpöä kierrätetään jäähdytysverkostosta, poistoilmasta, jätevedestä ja jäähallista ratkaisuvaihtoehdosta riippuen	- Allastilan ilmanvaihtokoneissa on <u>perinteisen lämmöntalteenoton lisäksi integroitu lämpöpumppu</u> - Lisälämpö kiinteistöön tuotetaan kaukolämmöllä - Kiinteistössä käytetään pienjänniteliittymää - Jäähdytys tuotetaan lämpöpumpuilla - Lauhdelämpöä siirretään ratkaisuvaihtoehdoista riippuen myös Areenan lämmönjakojärjestelmään
Maalämpöjärjestelmä, jossa hyödynnetään energiankierrätystä V2	Lämpöpumpputeho 250 kW - Hukkalämpöä kierrätetään jäähdytysverkostosta ja soveltuvien osien poistoilmasta sekä jäteveden lämmöntalteenotosta	- Allastilan ilmanvaihtokoneissa on <u>perinteisen lämmöntalteenoton lisäksi integroitu lämpöpumppu</u> - Lisälämpö kiinteistöön tuotetaan <u>sähkökattilalla</u> - Kiinteistössä käytetään pienjänniteliittymää - Jäähdytys tuotetaan lämpöpumpuilla - Lauhdelämpöä siirretään myös Areenan lämmönjakojärjestelmään

Ilma-vesilämpöpumpun hyödyntämistä ei ole tarkasteltu koska energiankierrätysjärjestelmä pystyy tuottamaan merkittävän osan lämmityksestä ja tarvittavan jäähdytyksen, jolloin ilma-vesilämpöpumpun käyttö ei ole perusteltavissa.

Lämpöpumppujärjestelmän konseptiehdotus

Suosittelun lämmöntuotantoratkaisun periaatekaavio

- Suosittelavassa lämpöpumppujärjestelmässä hyödynnetään modulaarisia kiinteistölämpöpumppuja, esimerkiksi n. 125 kW kappale ja hyödyntävät luonnollista kylmäainetta R290.
- Suosittelavassa ratkaisuehdotuksessa lämpöpumppujärjestelmässä käytetään kahta lämpöpumppua, jolloin nimellinen lämpöteho on 250 kW.
- Lämpöpumpuilla tuotetaan lämmitystä kaikkiin uimahallin merkittävän kokoiisiin lämmitysverkostoihin sekä tuotetaan soveltuvasti lämmintä käyttövettä. Samalla järjestelmällä tuotetaan myös jäähdytystä yleisilmanvaihdon jäähdytykseen ja puhallinkonvektoreille.
- Ratkaisuehdotuksessa allastiloissa käytetään perinteisiä neste-LTO:lla varustettuja ilmanvaihtokoneita, joihin asennetaan lämpöpumppujärjestelmään liitetyt keruupatterit. Patterit mitoitetaan käyttötilanteen jäteilman tilavuusvirtojen mukaan.
 - Kokonaisuuteen on suositeltavaa myös lisätä jäteilman keruupatteri puku- ja pesutiloja palvelevaan ilmanvaihtokoneeseen.
 - Oheiseen periaatekaavioon on myös lisätty jäteveden lämmöntalteenotto
- Energiajärjestelmän kustannustehokkuuden puitteissa on suositeltavaa rakentaa putkiyhteys Areenan lämmitysjärjestelmään, jolloin uimahallin lämpöpumppujärjestelmällä tuotettua lämpöä voidaan hetkittäin hyödyntää myös Areenan lämmitysjärjestelmässä.
- Lisälämmitys uimahalliin on suositeltavaa tuottaa kaukolämmöllä.



Elinkaarikustannuslaskennan lähtötiedot ja tulokset



Granlund

Elinkaarilaskennan lähtötiedot

Kaikki hinnat ovat alv. 0%

- Elinkaari: 20 vuotta
- Laskentakorko: 3%
- Energiahintojen eskalaatio (vuotuinen kustannuskorotus)
 - Kaukolämpö: 2%
 - Sähkö: 2%
- Kaukolämpö
 - Energiahinta: 71,5 €/MWh KENVen hinnaston mukaan
 - Perusmaksu: Tilausvesivirran (m³/h) mukaan. Vaihteluvälillä V = 2,00 – 7,99 m³/h: $1,2 * (3000 + V * 1500)$
 - CO₂-päästökerroin 69 kgCO₂/MWh (vuosi 2024)
- Sähkö 84,2 – 93,6 €/MWh ajankohdan mukaan (sähköveroluokka 1)
 - Energia: 50,0 €/MWh
 - Siirto: 11,7 – 21,1 €/MWh (Pienjännitetehosiirto)
 - Tehomaksu 2,18 €/(kW,kk) (Pienjännitetehosiirto)
 - CO₂-päästökerroin 33 kg/MWh (vuosi 2025)

Elinkaarikustannustarkastelut

Tulosten tulkinta ja merkittävät yksittäiset investoinnit

- Elinkaarikustannuslaskelmissa esitettyjä ratkaisuvaihtoehtoja verrataan referenssiratkaisuun, jolle on ilmoitettu vertailun mahdollistamiseksi seuraavat investointikustannukset sisältäen suunnittelun ja asennukset:
 - Kaukolämmön alajakokeskus: 68 k€
 - Vedenjäähdytyskone 100 kW + nestejäähdytin: 64 k€
 - Jäteveden lämmöntalteenotto käyttöveden esilämmitykseen: 82 k€
 - Allastilaa palvelevat ilmanvaihtokoneet (2 kpl, yhteensä 10,5 m³/s): 232 k€ (sisältää raitisilman esilämmityspatterit)
- Vertailuratkaisuun on sisällytetty lisälämmön investointikustannukset (kaukolämpö / sähkökattila), jäähdytyksen tuoton kustannukset esitettyä järjestelmää hyödyntäen sekä allastilaa palvelevat ilmanvaihtokoneet.
 - Menerga-tyyppisten integroidulla lämpöpumpulla varustettujen ilmanvaihtokoneiden investointiin on sisällytetty raitisilman esilämmityspatterit putkivarusteineen. Vaihtoehtoisessa neste-LTO ilmanvaihtokoneessa esilämmityspatteria ei tarvita jäätymisenestoa varten.
 - Lämpöpumppuratkaisujen yhteydessä tarvitaan sähköliittymän kapasiteetin päivitys 400 A -> 630 A, jonka lisäkustannus on 7,5 k€.
 - Maalämpöratkaisujen yhteydessä on oletettu, että kaukolämmön purkukustannus on luokkaa 10 k€. Kaivokentän investointi arvioitiin kaivojen metrikohtaisella kustannuksella 30 €/m. Sähkökattilan yhteydessä on oletettu, että lisätehoa tulisi siirtää Areenan sähköpääkeskuksesta. Sähkön siirtoyhteyksille on 30 k€ kustannusvarausta.
 - Lämmöntuotantoratkaisuun liittyvät investoinnit sisältävät laskennallisen kustannusvarauksen +10%.
- Allastilan ilmanvaihdon perusratkaisuna käytettävien neste-LTO pohjaisten ilmanvaihtokoneiden investointikustannuksena käytettiin 176 k€. Investointi sisältyy ilmoitettuun kokonaisinvestointiin.

Elinkaarikustannustarkastelut

Tulosten tulkinta ja merkittävät yksittäiset investoinnit

- Jäähallin ja uimahallin välisen LTO-putkiston (maahan kaivettu osuus noin 250 m) kokonaiskustannukseksi on arvioitu 182 k€ sisältäen asennustyön ja suunnittelun. Maanrakennustyön kustannusarvio on 67 k€.
- Investointikustannus lämmönsiirtoyhteyden rakentamiseksi Areenalle on arviolta 63 k€ sisältäen lämmönjakokeskuksen muutostyöt, asennukset ja suunnittelun.
- Energiankierrätykseen pohjautuvat ratkaisuvaihtoehdot laskettiin vain kaukolämpö lisälämmönlähteenä. Kaukolämmöstä irtaantuminen energiankierrätysjärjestelmän yhteydessä edellyttäisi keskijänniteliittymään siirtymistä, mikä kasvattaisi investointikustannuksia merkittävästi.
 - Lisäinvestointi on kokonaisuudessaan vähintään 100 k€, mitä ei investoinnin kannattavuuden puitteissa voida perustella.

Elinkaarikustannustarkastelut

Vertailtavat ratkaisuvaihtoehtot 1/2

Ratkaisuehdotus	Menerga käytössä	JV-LTO	PI-LTO, pesu ja pukuhuone	PI-LTO, allas-laitetila	Jäähallin lauhde	Maalämpö	Lämpöpumput	Lämpö Areenalle	Lisälämpö	Lisälämpö: Uimahalli / Areena, MWh	Kokonais-investointi, k€	IV-osuus investoinnista, k€	Vuotuinen säästö referenssi-ratkaisuun, k€/a	Suora takaisin-maksuaika, a	Elinkaari-kustannus-säästöt, k€/ 20 a
Referenssiratkaisu	X	X	-	-	-	-	-	-	KL	1371 / 351	442 k€	232 k€	0 k€	-	0 k€
Perustason MLP aktiivi-lauhdutuksella kaivoihin	X	X suora	-	-	-	30x350 m	250 kW	-	SK	17 / 351	1080 k€	232 k€	64 k€/a	10,0 a	499 k€
LPU energiankierrätys V1	-	-	-	-	-	-	250 kW	-	KL	634 / 351	701 k€	176 k€	27 k€/a	9,8 a	215 k€
V1	-	-	X	-	-	-	250 kW	-	KL	445 / 351	737 k€	176 k€	37 k€/a	8,2 a	353 k€
V1	-	X	-	-	-	-	250 kW	-	KL	432 / 351	786 k€	176 k€	38 k€/a	9,1 a	332 k€
V1	-	-	-	X	-	-	250 kW	-	KL	500 / 351	730 k€	176 k€	34 k€/a	8,6 a	314 k€
V1	-	-	X	X	-	-	250 kW	-	KL	385 / 351	767 k€	176 k€	40 k€/a	8,2 a	404 k€
V1	-	X	X	-	-	-	250 kW	-	KL	333 / 351	822 k€	176 k€	44 k€/a	8,9 a	390 k€
V1	-	-	X	-	X	-	250 kW	X	KL	266 / 265	985 k€	176 k€	52 k€/a	10,6 a	367 k€
V1	-	X	X	-	-	-	250 kW	X	KL	333 / 205	886 k€	176 k€	51 k€/a	8,9 a	452 k€
V1	-	-	X	X	-	-	250 kW	X	KL	385 / 171	831 k€	176 k€	49 k€/a	8,1 a	476 k€
V1	-	X	X	X	-	-	250 kW	X	KL	298 / 190	916 k€	176 k€	54 k€/a	9,0 a	488 k€
V1	-	X	X	-	-	-	375 kW	X	KL	259 / 205	946 k€	176 k€	51 k€/a	9,8 a	406 k€

- Kaikkiin energiankierrätysratkaisuihin sisältyy lämmönkeruu jäteilmapattereilla allastilan ilmanvaihtokoneista.
- Ilman lämmönsiirtoa Areenalle paras kannattavuus saavutetaan maltillisilla investoinneilla: Suositeltava ratkaisu merkitty taulukkoon.
- Lämmönsiirrolla Areenan saavutetaan parempi kannattavuus lisälämmöntalteenotolla: JV-LTO + PI-LTO
- Lämpöpumpputehon kasvattaminen 250 kW -> 375 kW ei paranna kannattavuutta vaikka vuotuiset säästöt hieman kasvavat

Ilman Areenaa

Areenan kanssa

Elinkaarikustannustarkastelut

Vertailtavat ratkaisuvaihtoehtot 2/2

Ratkaisuehdotus	Menerga käytössä	JV- LTO	PI-LTO, pesu ja pukuhuone	PI-LTO, allas- laitetila	Jäähallin lauhde	Maalämpö	Lämpöpumput	Lämpö Areenalle	Lisälämpö	Lisälämpö: Uimahalli / Areena, MWh	Kokonais- investointi , k€	IV-osuus investoinnista, k€	Vuotuinen säästö referenssi- ratkaisuun, k€/a	Suora takaisin- maksuaika, a	Elinkaari- kustannus- säästöt, k€/ 20 a
LPU energiankierrätys V2	X	-	-	-	-	-	125 kW	-	KL	839 / 351	702 k€	232 k€	17 k€/a	15,8 a	33 k€
V2	X	-	X	-	-	-	250 kW	-	KL	559 / 351	795 k€	232 k€	30 k€/a	12,1 a	168 k€
V2	X	X	-	-	-	-	250 kW	-	KL	578 / 351	844 k€	232 k€	29 k€/a	14,0 a	111 k€
V2	X	-	-	X	-	-	250 kW	-	KL	654 / 351	789 k€	232 k€	26 k€/a	13,7 a	105 k€
V2	X	X	X	-	-	-	250 kW	-	KL	398 / 351	881 k€	232 k€	39 k€/a	11,6 a	239 k€
V2	X	-	X	X	-	-	250 kW	-	KL	464 / 351	825 k€	232 k€	35 k€/a	11,2 a	226 k€
V2	X	X	X	X	-	-	250 kW	-	KL	339 / 351	910 k€	232 k€	42 k€/a	11,4 a	265 k€
V2	X	-	X	-	X	-	250 kW	X	KL	291 / 211	1043 k€	232 k€	51 k€/a	12,0 a	295 k€
V2	X	X	X	-	-	-	250 kW	X	KL	398 / 249	945 k€	232 k€	44 k€/a	11,7 a	265 k€
V2	X	-	X	X	-	-	250 kW	X	KL	464 / 249	889 k€	232 k€	40 k€/a	11,4 a	252 k€
Maalämpö V2 aktiivilauhdutuksella	X	X	X	-	-	24x330 m	250 kW	X	SK	17 / 179	1140 k€	232 k€	72 k€/a	9,8 a	578 k€

- Allastilojen ilmanvaihtokoneisiin integroidulla lämpöpumpulla (Menerga) ei saavuteta yhtä hyvää kannattavuutta kuin ratkaisuvaihtoehtoisissa V1 (neste-LTO). Menerga ilmanvaihtokoneilla kohtuullinen kannattavuus edellyttää lisäinvestointia keruukohteisiin, mikä puolestaan kasvattaa investointia ja heikentää elinkaarikustannussäästöjä.
- Maalämpökentän investointikustannuksen pienentäminen (vähemmän kaivoja) edellyttää vastaavasti energiankierrätysosuuden kasvattamista. Maalämpö ja lämpöpumpuilla tuotetun lämmön syöttö Areenalle mahdollistaa korkeimmat elinkaarikustannussäästöt, mutta investointikustannukset ovat merkittävästi korkeammat kuin energiankierrätysratkaisuisissa.

Erillistarkastelu: 50 kW palvelinten hukkalämmön hyödyntäminen vedenkäsittelyjärjestelmän lämmityksessä



Erillistarkastelun tulokset

Vertailtavat vaihtoehdot

- Erillistarkastelussa on esitetty miten lämmöntuotantojärjestelmään tehtävien investointien kannattavuus muuttuu, jos uimahallin kellaritiloihin asennetaan mini-kokoluokan datakeskuslaitteisto, josta hukkalämpö johdetaan nestekierrolla lämpöpumppujärjestelmän höyrystinpuolelle.
 - Tarkastelussa on oletettu, että palvelinlaitteisto tuottaa jatkuvaa 50 kW lämpökuormaa. Kuorma on mitoitettu laskennassa siten, että hukkalämpö on läpi vuoden hyödynnettävissä erityisesti vedenkäsittelyyn liittyvässä lämmityksessä, mutta myös muissa verkostoissa.
 - Tarkastellussa on oletuksena allastiloissa normaalit neste-LTO:lla varustetut ilmanvaihtokoneet.
- Referenssiratkaisussa hukkalämpö hyödynnetään suoraan vedenkäsittelyjärjestelmässä ja hyödyntämätön lämpö lauhdutetaan pienehkön nestejäähdyttimen (lisäinvestointi) kautta ulkoilmaan. Investoinneissa on otettu huomioon kustannusvaraus tarvittaville lämmönsiirtoputkille ja lämmitysjärjestelmän muutostöille.

Ratkaisuehdotus	Menegerä käytössä	JV-LTO	PI-LTO, pesu ja pukuhuone	PI-LTO, allas-laitetila	Jäähallin lauhde	Maalämpö	Lämpöpumput	Lämpö Areenalle	Lisälämpö	Lisälämpö: Uimahalli / Areena, MWh	Kokonais-investointi, k€	IV-osuus investoinnista, k€	Vuotuinen säästö referenssiratkaisuun, k€/a	Suora takaisinmaksuaika, a	Elinkaari-kustannus-säästöt, k€/ 20 a
Referenssiratkaisu	X	X	-	-	-	-	-	-	KL	1010 / 351	488 k€	232 k€	0 k€/a	-	0 k€
LPU energiankierrätys V1	-	X	-	-	-	-	250 kW	-	KL	226 / 351	802 k€	176 k€	25 k€/a	12,8 a	141 k€
V1	-	-	X	-	-	-	250 kW	-	KL	269 / 351	753 k€	176 k€	21 k€/a	12,5 a	128 k€
V1	-	X	-	-	-	-	250 kW	X	KL	226 / 242	866 k€	176 k€	30 k€/a	12,6 a	170 k€
V1	-	X	X	-	-	-	250 kW	X	KL	205 / 227	902 k€	176 k€	32 k€/a	13,1 a	164 k€

- Kannattavuustarkastalusta nähdään, että lämpöpumppujärjestelmän kannattavuus heikkenee takaisinmaksuaikojen perusteella noin 3 vuotta, jos palvelinten hukkalämpöä hyödynnetään lämmityksessä.

Joustavan energiajärjestelmän mahdollisuudet sähkökattiloilla

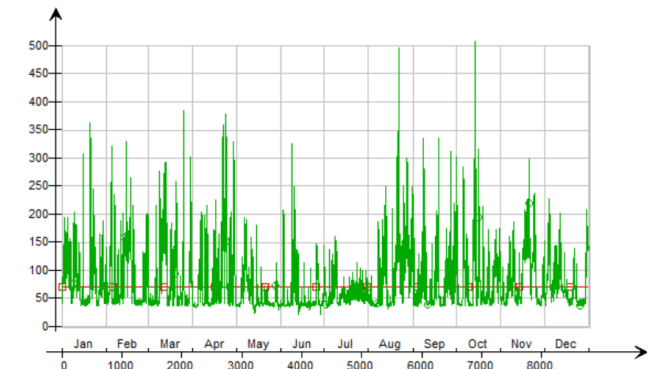


Granlund

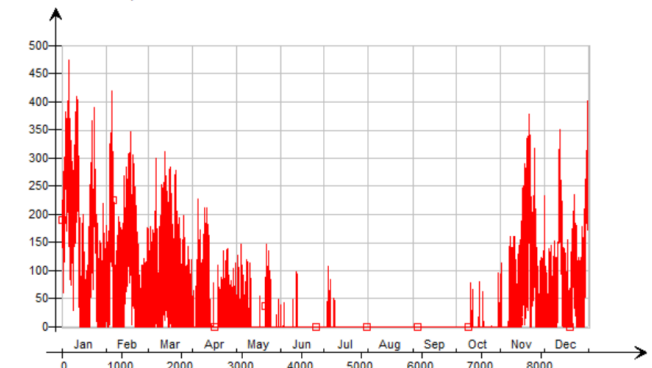
Joustavan energiajärjestelmän mahdollisuudet

Sähkökattilan hyödyntäminen kaukolämmön rinnalla

- Reservimarkkinoille osallistuminen sähkökattilan avulla edellyttää keskiönniteliittymään siirtymistä, mikä merkitsee merkittävää lisäinvestointia pienjänniteliittymään verrattuna.
 - Korkeiden investointikustannusten ja FCR-D (alas) markkinan epävarman tulevaisuuden näkymän takia reservimarkkinaratkaisuun ei suositella investointia. FCR-D markkina näyttää saturoituneen, jolloin markkinalta saatavat tuotot ovat laskeneet murto-osaan aikaisempiin vuosiin verrattuna. Näin ollen investoinnille ei saada enää kohtuullista takaisinmaksuaikaa.
- Uimahallin energiajärjestelmään voidaan kuitenkin hakea joustoa pörssisähköä hyödyntävän pienehkön sähkökattilan avulla.
 - Sähkön siirtoyhtiö KENVen mukaan kattilalle tarvittavan uuden käyttöpaikan vuosikustannus on 753 €, jonka lisäksi sähkökattilan käytöstä veloitetaan uimahallin pienjänniteliittymän lisäksi omaa sähkön tehomaksua 2,18 €/kW/kk. Esimerkiksi 50 kW sähkökattilan käyttö pörssisähköllä maksaa 1308 € tehomaksujen osalta.
 - Laskenta osoittaa, että pörssisähkön käyttö pienentää jonkin verran energiakustannuksia, mutta kiinteät maksut huomioiden se tuottaa tappiota. Heikko kannattavuus johtuu siitä, että lämpöpumppujärjestelmä tuottaa välikauden ja kesän aikana valtaosan lämpöenergiasta, jolloin spot-sähkön halpoja tunteja ei pystytä hyödyntämään vaikka lämpö siirretään myös Areenan suuntaan.
 - Sähkökattilan hyödyntäminen kaukolämmön perusmaksun leikkaamiseksi ei myöskään ole kannattavaa, koska KENVen perusmaksu on itsessään jo huokea.



— Kaukolämmön hinta
— Sähkön hinta pörssisähköllä



— Lämpöpumppujärjestelmän jälkeen ostettava kaukolämpö (ei sisällä LKV), kW

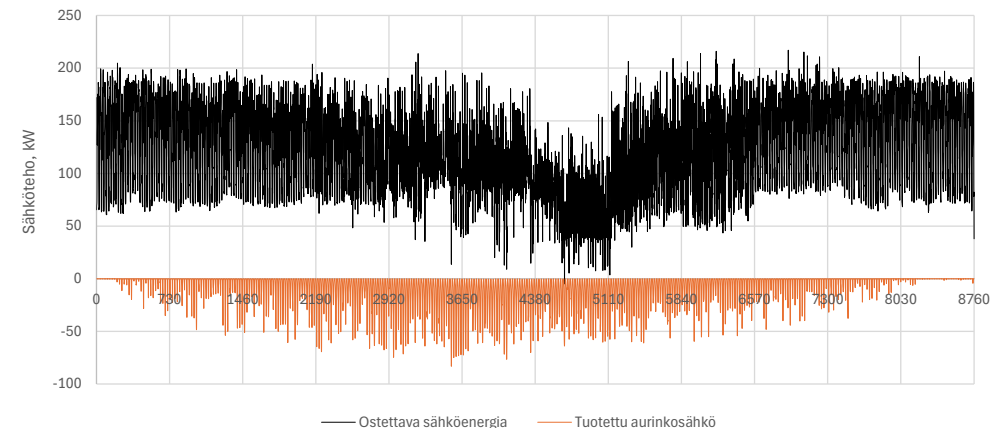
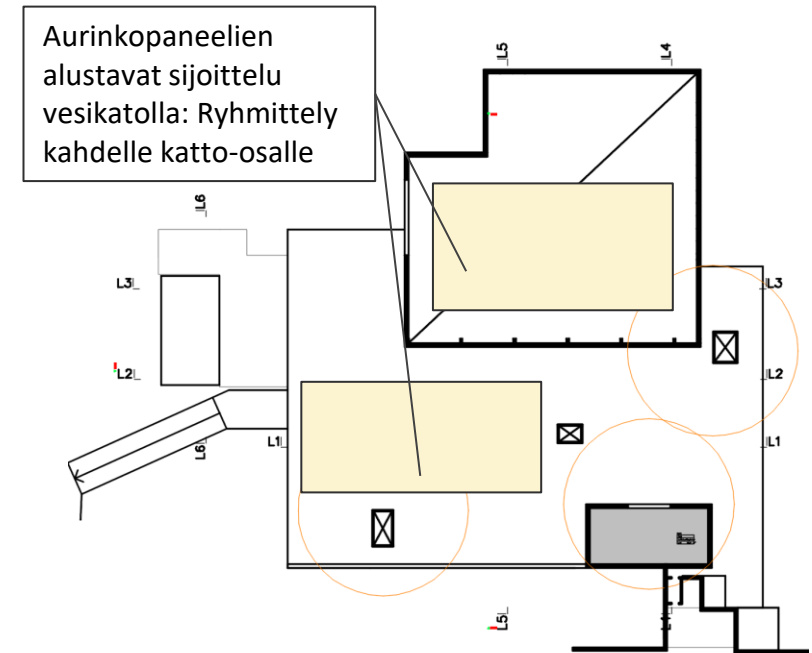
Aurinkosähköjärjestelmän alustava mitoitus



Granlund

Aurinkosähköjärjestelmän alustava mitoitus

- Aurinkosähköjärjestelmän mitoitusta tarkasteltiin kiinteistön laskennallisen sähköenergian kulutusprofiilin mukaan ottaen huomioon pienentynyt sähkönkulutus heinäkuun oletetun käyttökätkön aikana. Laskennassa rakennuksen laskennallinen sähköenergiankulutus on 1165 MWh.
- Aurinkosähkön laskennassa paneelin hyötysuhteena käytettiin 21 %, jonka lisäksi huomioitiin järjestelmähäviöt 10 %. Paneelit simuloitiin 45° kulmassa suunnattuna kohti etelää / lounasta.
- Kiinteistön arvioidun sähköenergiankulutuksen perusteella suurin perusteltavissa oleva paneelipinta-ala olisi luokkaa 700 m² ilman, että tuotettua sähköä myydään verkkoon.
 - Edellä mainittu paneelipinta-ala edellyttää paneelien sijoittamista sekä allashuoneen katolle (allashuone 2) että alemmalle tasolle
 - Allashuoneen 2 katon pinta-ala on noin 1000 m²
 - Aurinkosähköjärjestelmän laskennallinen piikkiteho on noin 75 kWp
 - Ostettavan sähköenergian määrä on 1035 MWh (tuotettu aurinkosähkö 128 MWh)



Liite 1

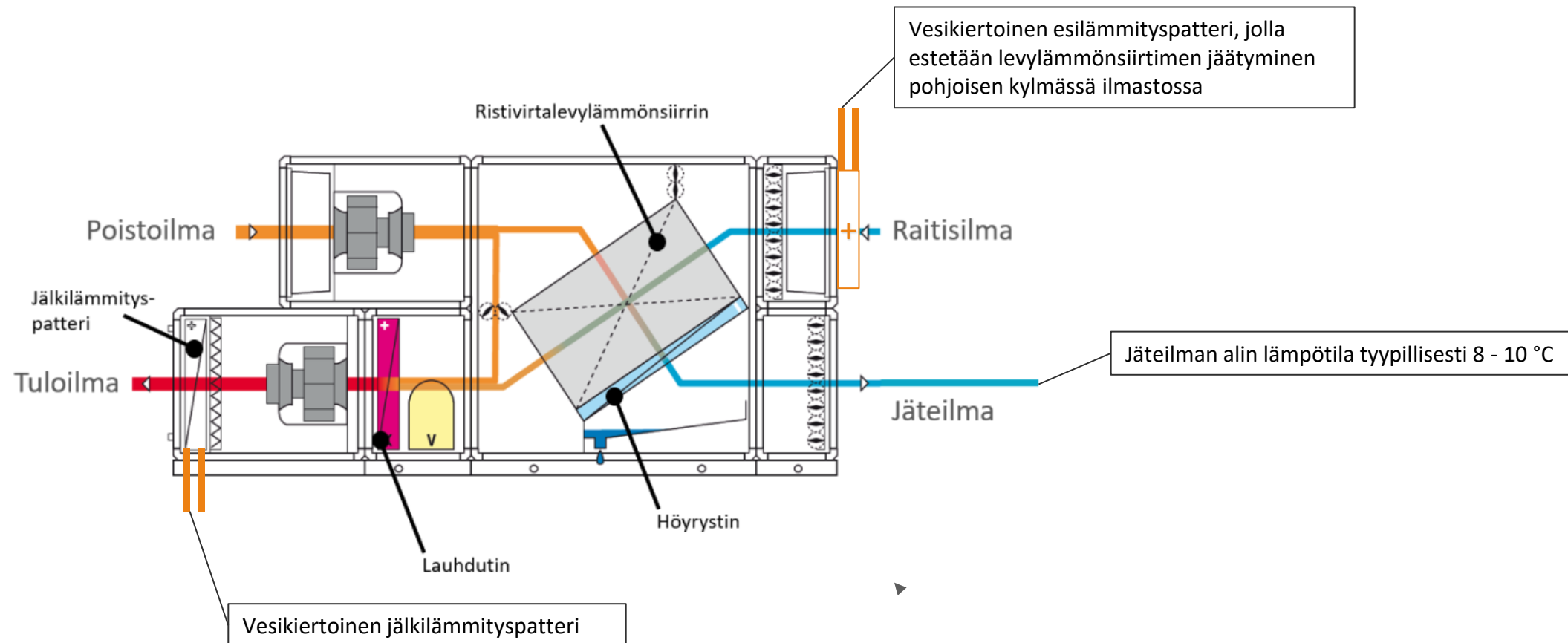
Periaatekuvaukset uimahallin keskeisistä lämmöntalteenotto-
ratkaisuista



Granlund

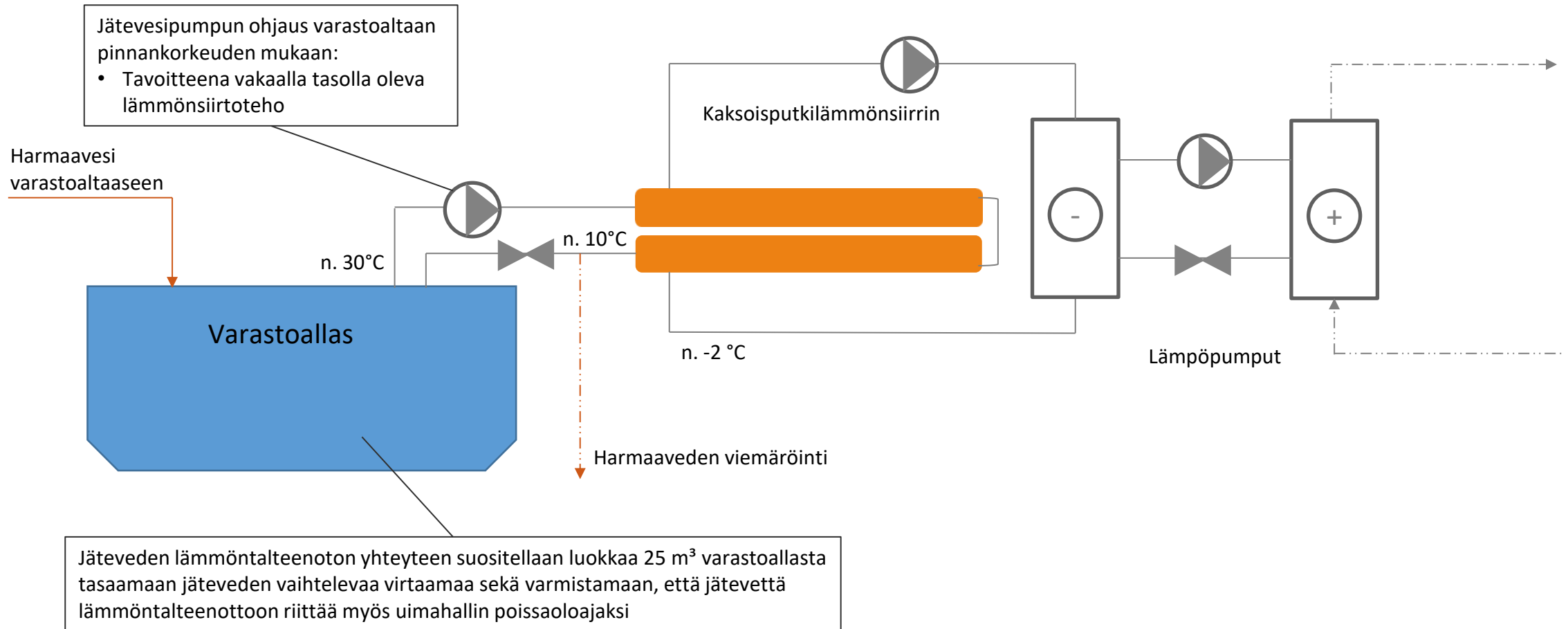
Liite 1

Integroidulla lämpöpumpulla varustettu ilmanvaihtokone: Menerga



Liite 1

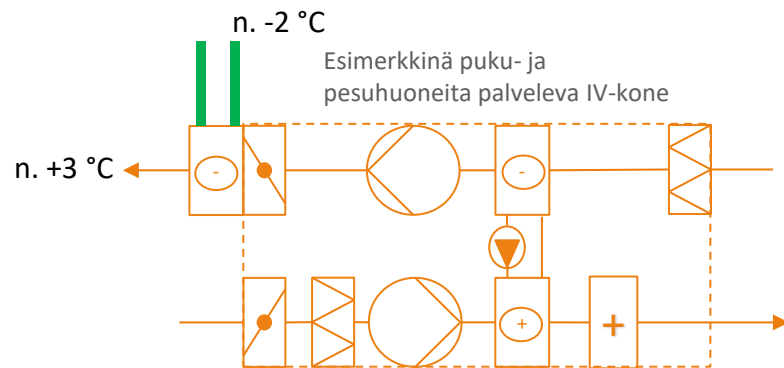
Jäteveden lämmöntalteenotto puskurialtaalla



Liite 1

Lämpöpumppujärjestelmään liitetyt jäteilman lämmöntalteenottopatterit

- Allastilojen, puku- ja pesuhuoneita sekä allaslaitetilan ilmanvaihtokoneiden jäteilmasta voidaan perinteisen lämmöntalteenoton jälkeen kerätä hukkalämpöä lämpöpumppujärjestelmän höyrystinpuolelle liitetyn jäähdytyspatteri (keruupatteri) avulla.
 - Allastilojen osalta on suositeltavaa mitoittaa keruupatteri todennäköiselle lämmityskauden aikana esiintyvälle jäteilmavirralla. Patterin mitoittava ilmavirta esimerkiksi noin 30% ilmanvaihtokoneen mitoitusilmavirrasta.



Liite 2

Energialaskennan kuvaus ja keskeiset energiajärjestelmän
mitoitukseen vaikuttavat lähtötiedot



Granlund

Liite 2

Energialaskennan kuvaus ja keskeiset energiajärjestelmän mitoitukseen vaikuttavat lähtötiedot

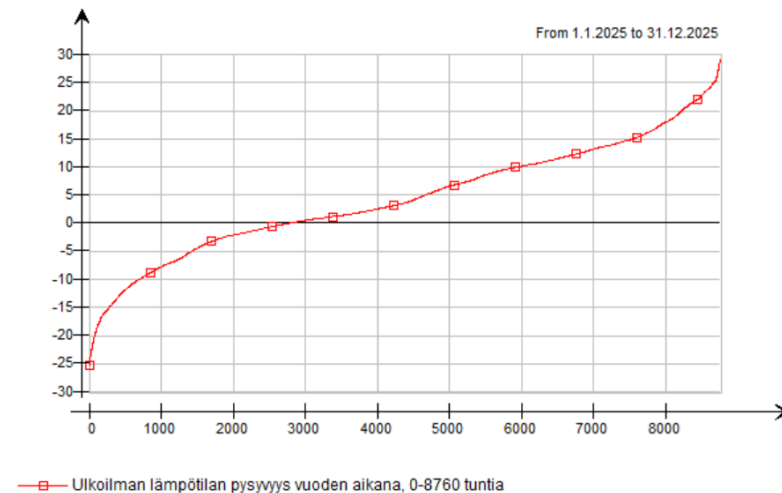
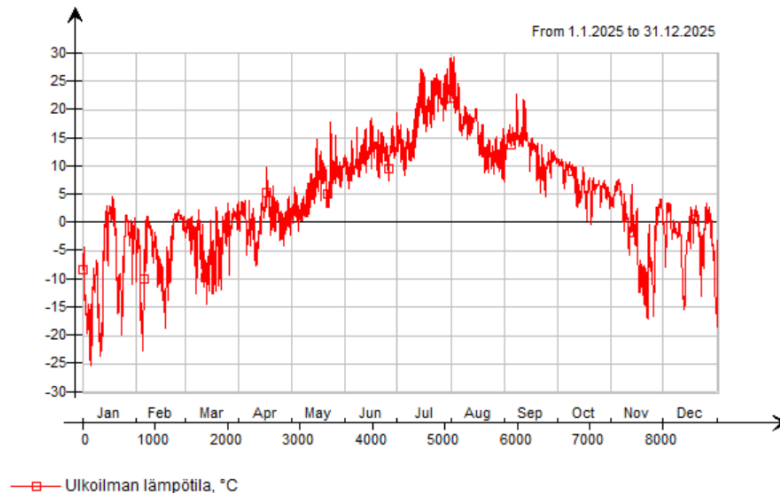
Uimahallin energiasimulointi toteutettiin dynaamisella energialaskentaohjelmistolla IDA ICE (Indoor Climate and Energy) arkkitehdin alustavaan tilaluetteloon perustuen, hankesuunnitelma 22.7.2025.

- Mallinnuksen aloitusvaiheessa ei käytetty varsinaista arkkitehdin tilamallia, vaan hyödynnettiin rakennuksen ulkomuodot, kerrosryhmytykset ja tilatyyppejen pinta-alat huomioivaa yksinkertaistettua simulointimallia.
 - Rakenneratkaisujen osalta oletettiin, että uimahalli on maahan rajoittuva, rakennetaan rakentamismääräysten vertailutason U-arvoja vastaavilla rakenteilla ikkunoita lukuun ottamatta. Ikkunoiden U-arvona käytettiin 0,8 W/m²K allastiloissa.
- Tehdyistä yksinkertaistuksista huolimatta käytetty simulointimalli huomioi talotekniset järjestelmät, altaiden pinta-alat ja uimahallin käyttöprofiilin selvityksen tekohetkellä käytettävissä olevalla tietotasolla.
- Energiajärjestelmän toimintaan merkittävästi vaikuttavat allastilat simuloitiin vastaaviin uudiskohteisiin käytettävällä ohjauksella huomioiden sisäilman tavoiteltu kosteustaso ja CO₂ –pitoisuus.
 - Energiankierrätyksen toimintaa liittyvä raitisilman minimiosuudeksi määritettiin 28%, jonka lisäksi huomioitiin yöaikainen pienempi puhallinteho uima-allastilan lämmityksen puitteissa.
 - Valittu raitisilman minimiosuus allastilassa edustaa konservatiivista käytössä olevaa tasoa. On kuitenkin tiedossa, että pienempi raitisilmaisuus talvella nostaisi allastilan kosteutta, vähentäisi veden haihtumista ja pienentäisi siten lämmitysenergiankulutusta.
- Pesuhuoneiden osalta simulointimallissa otettiin huomioon ilman vaihtuminen kohti allastilaa ja pukuhuoneita, jonka lisäksi huomioitiin suihkujen kosteuskuormat uimahallin aukioloaikana.

Liite 2

Energialaskennan kuvaus ja keskeiset energiajärjestelmän mitoitukseen vaikuttavat lähtötiedot

- Energialaskennassa hyödynnettiin kattavasti Granlundin käytössä olevaa dataa toisesta vuonna 2025 käyttöön otetusta uimahallista.
 - Lämpimän käyttöveden kulutus ja vedenkäsittelyn lämmöntarpeet määritettiin lähtötiedoksi mittauksiin perustuen, hyödyntämällä kuitenkin allaspinta-alaan pohjautuvaa skaalauskerrointa 0,7.
- Sisäilman todenmukainen lämpötila puku- ja pesuhuoneiden alueella (poistoilma keskimäärin 24 °C) sekä allaslaitetilassa (noin 25 °C) määritettiin käytettävissä olevaan mittausdataan pohjautuvasti.
 - Sisäilman kosteuskuormat pesu- ja allasiloissa suhteutettiin lisäksi käytettävissä oleviin kosteusmittauksiin talvikaudelta, jotta simuloinnin määrittämä kosteustaso vastaa tyypillisesti talvikaudella mitattua tasoa.
- Energiasimulointi suoritettiin Kemin vuoden 2025 mitatulla säädatalla, joka on esitetty alla.

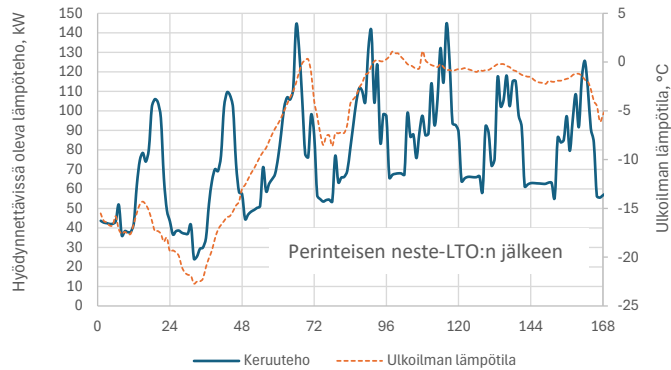


Liite 2

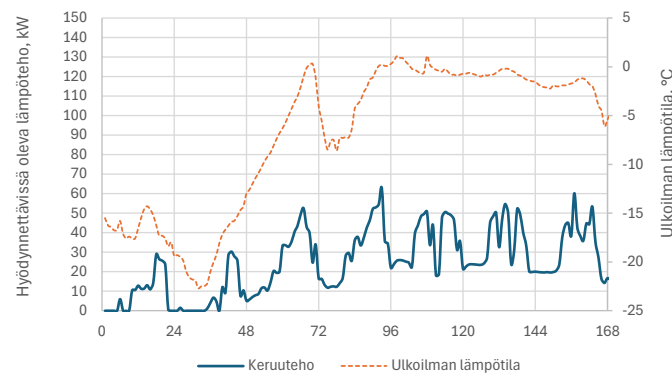
Energialaskennan kuvaus ja keskeiset energiajärjestelmän mitoittamiseen vaikuttavat lähtötiedot

Energiankierrätysjärjestelmän laskennassa käytettyjä lähtötietoja on havainnollistettu alla yhden tyypillisen talviviikon osalta

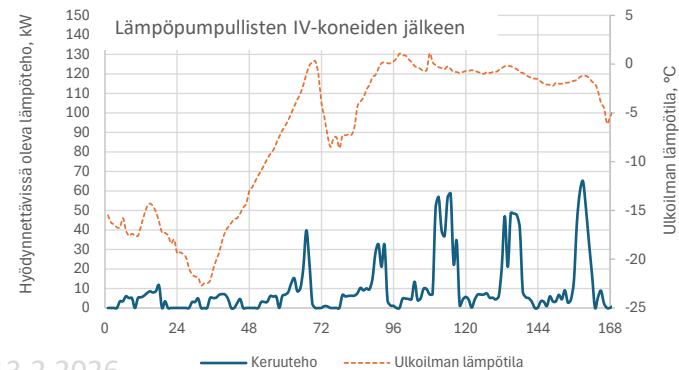
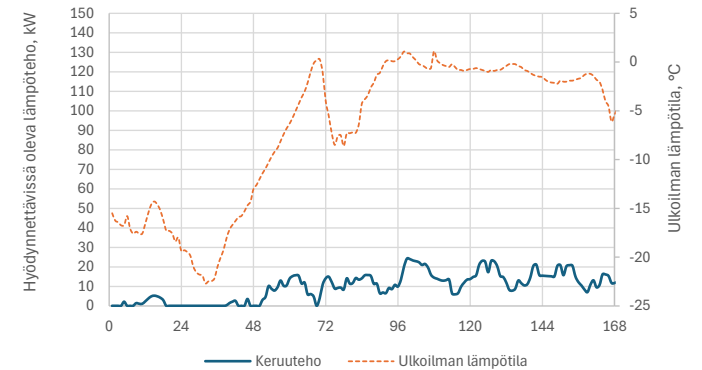
Hukkalämmön keruu allastilan ilmanvaihtokoneiden jäteilmasta



Hukkalämmön keruu puku- ja pesuhuoneita palvelevan ilmanvaihtokoneen jäteilmasta



Hukkalämmön keruu allaslaitetilaa palvelevan ilmanvaihtokoneen jäteilmasta

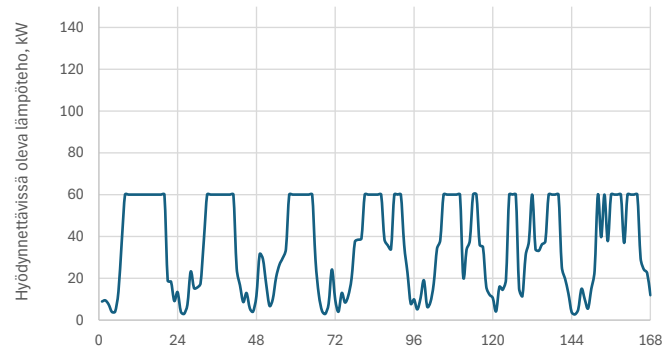


Liite 2

Energialaskennan kuvaus ja keskeiset energiajärjestelmän mitoitusvaikuttavat lähtötiedot

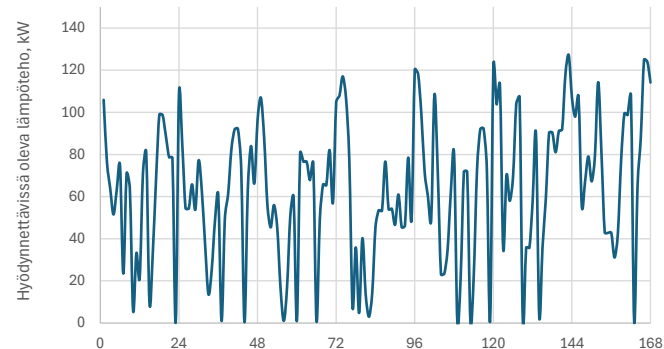
Energiankierrätysjärjestelmän laskennassa käytettyjä lähtötietoja on havainnollistettu alla yhden tyypillisen talviviikon osalta

Jäteveden lämmöntalteenotto: JV-LTO



JV-LTO:n laskennassa on otettu huomioon isompi puskuriallas (25–30 m³), jolloin lämmönsiirtimen kautta tuotetaan vakiotehoa puskurialtaan pinnan-korkeuden mahdollistamissa rajoissa

Hyödyntämätön lauhdelämpö jäähallista



Alustavan arvion perusteella keskimääräinen hyödynnettävissä oleva lauhdetehto jäähallilta on keskimäärin 50–60 kW

Yhteystiedot

Niklas Söderholm

niklas.soderholm@granlund.fi

044 3574375

Pentti Kuurola

pentti.kuurola@granlund.fi

040 6740655



Granlund