Energiatavoiteraportti

Skanssin monitoimitalo

Laatija: Joonas Kouvo

Laadunvarmistaja: Teemu Salonen

Laadittu: 9.6.2020 **Viimeisin päivitys: 14.8.2020**

Granlund

Building on Innovation

Granlund

Työn tarkoitus

Tehtävä

Tehtävänä on määrittää kohteelle suositustapaus suunnitteluratkaisuille ja esitetyn suositustapauksen mukainen E-lukutavoite, kWh_E/m^2.

Lisäksi määritetään laskennallinen tavoitekulutus valituilla suositustapauksen mukaisilla suunnitteluratkaisuilla, valitun referenssikohteen lähtötietoja hyödyntäen mm. rakennuksen muodon ja teknisten järjestelmien osalta. Tuloksena saadaan arvio tavoitetasosta lämmitys-, sähkö-, ja jäähdytysenergian tarpeelle bruttoalaa kohden (kWh/brm^2) sekä ostoenergian tarve vertailtavilla energiaratkaisuilla.

Sisällysluettelo

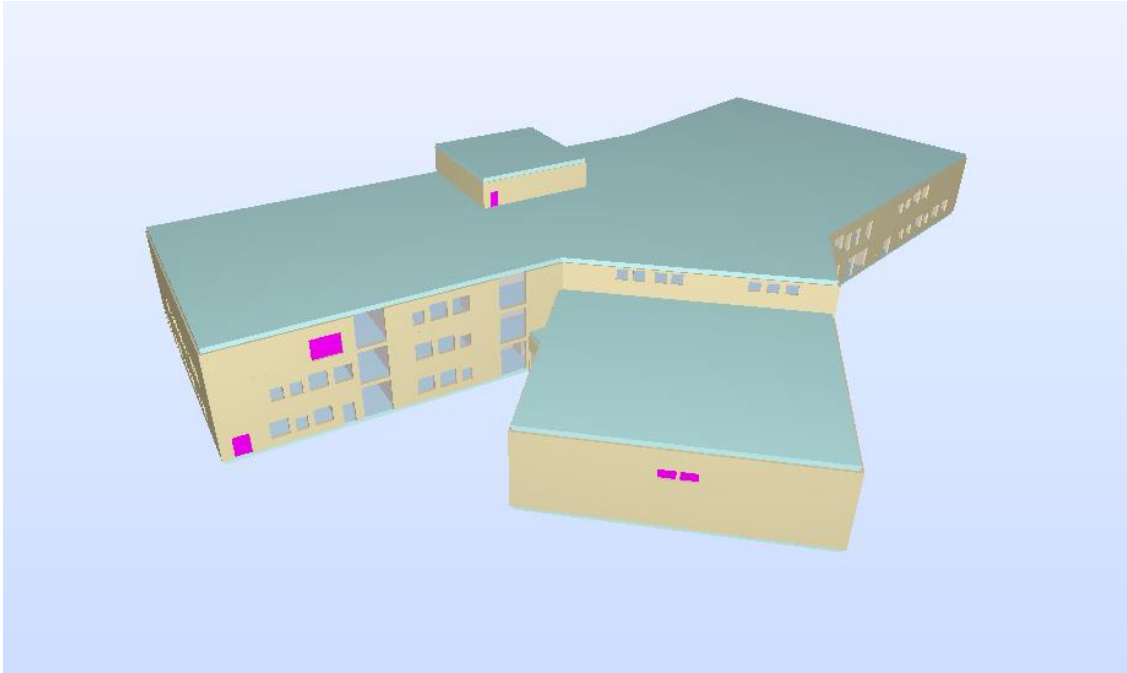
1 Laskennan lähtötiedot
2 E-lukulaskennan tulokset
3 Tavoitekulutuslaskennan lähtötiedot
4 Tavoitekulutuslaskennan tulokset
5 Pohjavesienergiaselvitys
6 Energiaratkaisuiden ostoenergian tarpeen vertailu
7 Energiaratkaisuiden kustannusvertailu
8 Johtopäätökset
9 Suositukset jatkosuunnittelua varten

Granlund

1 Rakennusten perustiedot

Geometriamalli		
Kohde	**Energialaskennan geometriamalli**	**Rakennuksen enimmäislaajuus**
Lämmitetty nettoala	8 184 n-m²	-
Lämmitetty bruttoala	8 534 brm²	10 500 brm²
Tilavuus	35 759 m³	-
Laskennan referenssikohteena on käytetty Turun Yli-Maarian koulua. Energialaskennan geometriamalli vastaa laajuuden, julkisivun aukotusten (ikkunat ja ovet) sekä muiden laskennan lähtötietojen osalta referenssikohteen lähtötietoja.		

Muut lähtötiedot	
Lämmöntuottotapa	• Kaukolämpö
Lämmönjakotapa	• Pääasiassa vesikiertoinen radiaattorilämmitys • Päiväkodin tiloissa vesikiertoinen lattialämmitys • Ei sähköisiä tilalämmityksiä
Jäähdytys	• Keittiön, henkilökunnan tilojen ja kirjaston IV-koneissa tuloilman jäähdytys • Tilajäähdytys henkilökunnan tiloissa, keittiössä ja kirjastossa • Jäähdytyksen tuottotapana kaukojäähdytys
Ilmanvaihto-järjestelmä	• Kaikkia tiloja palvelee koneellinen tulo-poisto ilmanvaihto lämmöntalteenotolla • Myös porrashuoneet omalla IV-koneella.



Kuva 1. Kuva laskennassa käytetyn referenssirakennuksen geometriamallista.

- E-luku on laskettu dynaamisella laskentamenetelmällä RIUSKA-energiasimulointiohjelmistoa käyttäen.
- Geometriamalli simulointia varten on laadittu MagiCAD-mallinnusohjelmalla MagiRoom-sovellusta käyttäen.

2 E-lukulaskennan tulokset

	VE1: Perustapaus	VE2: Suositustapaus
Ilmanvuotoluku, q50–luku ($m^3/h,m^2$)	**q50–luku 2,0 $m^3/h,m^2$** (vastaa n50-lukua 0,7 1/h)	**q50–luku 2,0 $m^3/h,m^2$** (vastaa n50-lukua 0,7 1/h)
Rakenteiden U-arvo, W/m^2K*		
• Ulkoseinät, yleensä • Ulkoseinät, maanvastainen	0,17 0,16	
• yläpohja	0,09	
• Alapohja, tuuletettu • Alapohja, maanvastainen	0,17 0,16	
• Ikkunat (sis. lasiulko-ovet)	1,0	
• Ovet	1,0	
Lasirakenteiden g-arvo	Ikkunat 0,38, lasiulko-ovet 0,55	
IV-järjestelmä: Vuosihyötysuhde, SFP-luku	70,0 % / 1,80 kW/(m^3/s)	75,4 % / 1,58 kW/(m^3/s)
Valaistus	**8,0 W/m^2***	**8,0 W/m^2***
Lämpöpumpun suoritusarvot - Pohjavesienergia	**Lämmitysenergianpeitto 91%, jäähdytysenergianpeitto 100%:** • Lämpökerroin 3,0 • Kylmäkerroin, IV-jäähdytys 30,0 • Kylmäkerroin, tilajäähdytys 3,0	
Muut tarkennukset	Käyttövesiverkostossa ei ylläpidetä vakiopainetta.** Käyttöveden kiertojohto sijaitsee kokonaisuudessaan vaipan sisäpuolella.	
E-luku, kWh_E/m^2 - Kaukolämpö + kaukokylmä	**82**	**76**
E-luku, kWh_E/m^2 – Pohjavesienergia + kaukolämpö	**75**	**69**

* Tarvitaan Dialux-laskelmat valaistuksen erillisselvitystä varten. Laskennassa käytetty tavanomaista, saavutettavissa olevaa arvoa opetusrakennukselle.

** Mikäli käyttövesiverkostossa ylläpidetään vakiopaine (esimerkiksi vakiopaineventtiili), vaikutus E-lukuun on n. -1 kWh_E/m^2

3 Tavoitekulutuslaskennan lähtötiedot

	Suositustapaus
Ilmanvuotoluku, q50–luku ($m^3/h,m^2$)	**Tavoitetaso: q50–luku 2,0 $m^3/h,m^2$** (vastaa n50-lukua 0,7 1/h) Laskennassa on hyödynnetty referenssikohteista saatua tietoa mm. ovien ja ikkunoiden aukaisujen aiheuttamien hallitsemattomien ilmavirtojen vaikutuksesta keskimääräiseen ilmanvuotolukuun. Tämän tiedon perusteella laskennassa on käytetty ilmanvuotolukuna q50–luku 3,0 $m^3/h,m^2$
Rakenteiden U-arvo, W/m^2K*	
• Ulkoseinät, yleensä • Ulkoseinät, maanvastainen	0,17 0,16
• yläpohja	0,09
• Alapohja, tuuletettu • Alapohja, maanvastainen	0,17 0,16
• Ikkunat (sis. lasiulko-ovet)	1,0
• Ovet	1,0
Lasirakenteiden g-arvo	Ikkunat 0,38, lasiulko-ovet 0,55
IV-järjestelmä: Vuosihyötysuhde, SFP-luku	75,4 % / 1,58 $kW/(m^3/s)$
Muut tarkennukset	Lämpimän käyttöveden kulutus arvioitu vertailukohteiden tietojen perusteella.

3 Tavoitekulutuslaskennan lähtötiedot

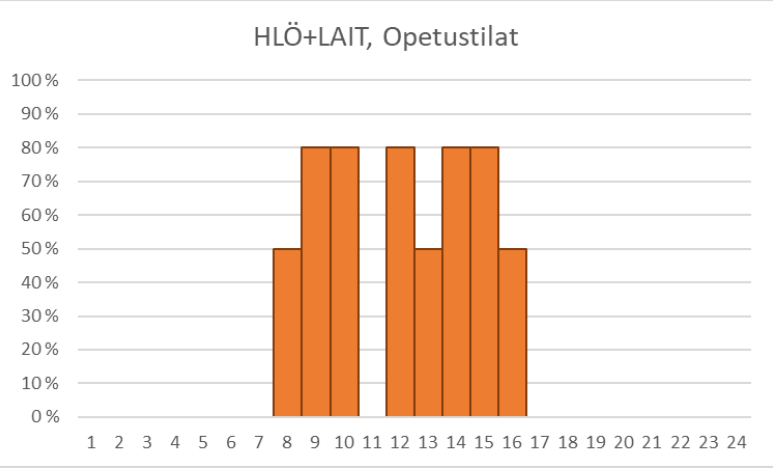
Alla olevassa taulukossa on esitetty laskennassa käytetty ulkoilmavirta sekä valaistus-, henkilö- ja laitekuormat tilatyypeittäin.

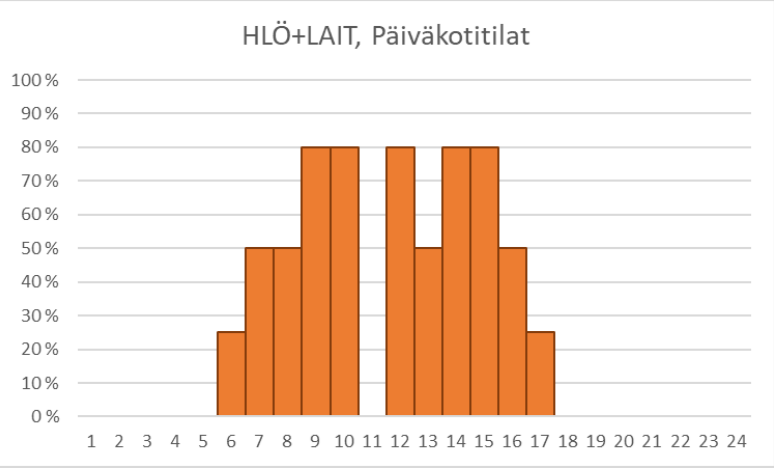
Tilatyyppi	Ilmamäärä, max. $dm^3/ s,m^2$	Valaistus, W/m2	Laitteet, W/m2	Ihmiset, hlö/m2	Lämpökuormien aikataulu*
Opetustilat, luokka	4	8	10	0,5	VAL: 8-17 (80%) LAIT+HLÖ: Ma-pe 8-17, opetustilojen käyttöprofiili
Opetustilat, ryhmätyö	4	10	15	0,3	
Päiväkotitilat	4	8	8	0,5	VAL: 6-18 (80%) LAIT+HLÖ: Ma-pe 6-18, päiväkotilojen käyttöprofiili
Toimistotilat	2	10	15	0,15	VAL: ma-pe 8-17 (100%) LAIT+HLÖ: Ma-pe 8-17, toimistotilojen käyttöprofiili
Neuvotteluhuoneet	4	8	15	0,3	VAL: ma-pe 8-17 (80%) LAIT+HLÖ: Ma-pe 8-17, toimistotilojen käyttöprofiili
Kirjasto	1,5	6	2	0,1	VAL: ma-pe 7-21 (100%) LAIT+HLÖ: Ma-pe 7-21, kirjaston käyttöprofiili
Taukotilat	5	5	2	0,3	VAL+LAIT+HLÖ: ma-pe 8-17 (80%)
Aula/käytävä	0,5	5	-	0,1	VAL: ma-pe 8-17 (100%) HLÖ: ma-pe 8-17 (60%)
Liikuntasali	6	8	-	0,5	VAL+HLÖ: ma-su 8-23 (60%)
Keittiö	20	8	Lämpökuorma 20 W/m^2. Keittiölaitteiden sähkönkulutus esitetty erilliskulutuksissa	10 hlö	VAL: ma-pe 9-15 (100%) HLÖ: ma-pe 9-15 (100%)
Ruokala	6	5	-	0,3	VAL: ma-pe 8-17 (100%) HLÖ: ma-pe 10-14 (80%)
Porrashuone	0,5	5	-	0,1	VAL: ma-pe 8-17 (80%) HLÖ: ma-pe 8-17 (60%)
Puku- ja Pesuhuoneet	5	5	-	0,1	VAL: 8-17 (10%) HLÖ: 8-17 (10%)
Varastot	0,5	5	-	-	VAL: 8-17 (10%)
Tekniset tilat	0,5	-	5	-	LAIT: 24h (100%)

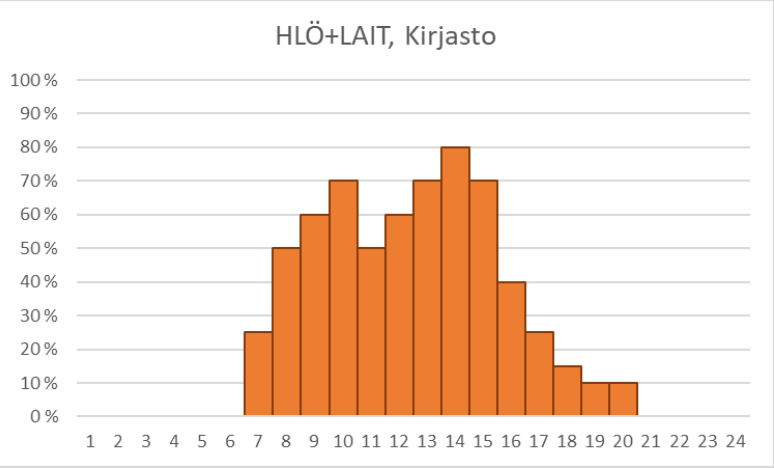
*Koulutiloissa, ruokalassa ja keittiössä esitetyt käyttöajat käytössä aikavälillä 1.8-4.6.

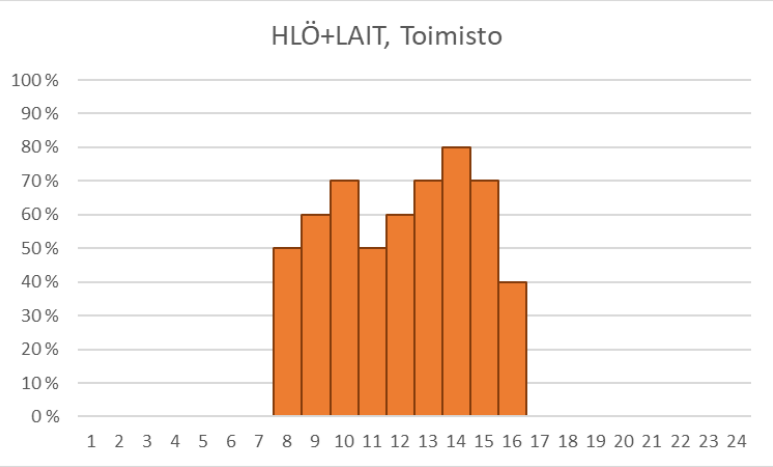
3 Tavoitekulutuslaskennan lähtötiedot

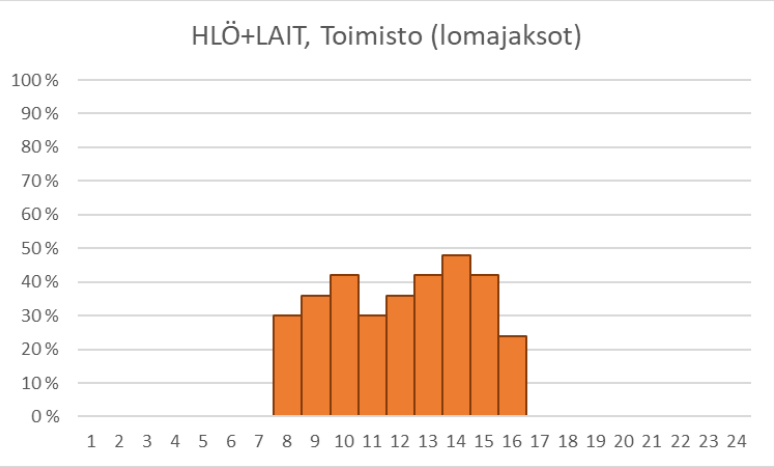
Alla on esitetty laskennassa käytetyt lämpökuormien profiilit











Lämpökuormien profiileita arvioitaessa on käytetty laskentahetkellä saatavilla olevia tietoja vastaavista referenssikohteista.

3 Tavoitekulutuslaskennan lähtötiedot

Alla olevassa taulukossa on esitetty laskennassa käytetyt ilmanvaihtokoneet ja niiden ominaisuudet .

Palvelualue	Konemerkki	LTO-tyyppi	Lämpötilahyötysuhde (EN308)	Min. jäteilma	SFP kW/ (m³/s)	IV-järjestelmän käyttöaika*
Tekninen työ	eQ-041 (Fläktwoods)	Pyörivä	82,7%	-8 °C	1,41	Ma-pe 7-18 (100%), muuten 25%
Opetustilat 2.krs. Pohjoinen	eQ-041 (Fläktwoods)	Pyörivä	80,4%	-8 °C	1,45	Ma-pe 7-18 (100%), muuten 25%
Opetustilat 1. ja 3. krs. Pohjoinen	eQ-041 (Fläktwoods)	Pyörivä	81,6%	-8 °C	1,31	Ma-pe 7-18 (100%), muuten 25%
1.-3. krs. WC-tila pohjoinen	Kair EcoCounter 4385-EC-VP	Levy	70,0%	0 °C	1,55	24h (100%)
Liikunta-/juhlasali	eQ-036 (Fläktwoods)	Pyörivä	84,4%	-8 °C	1,67	Ma-su 7-23 (100%), muuten 25%
1.krs sos.tilat	Kair EcoCounter 4385-EC-VP	Levy	83,7%	0 °C	1,54	24h (100%)
Keittiö	eQ-072 (Fläktwoods)	Neste	67,8%	4 °C	1,40	Ma-pe 8-17 (100%), muuten 25%
2.krs opetuskeittiö	Kair EcoCounter 4385-EC-VP	Levy	70,7%	0 °C	1,65	Ma-pe 7-18 (100%), muuten 25%
Kirjastotilat	eQ-050 (Fläktwoods)	Pyörivä	79,7%	-8 °C	1,97	Ma-pe 6-22 (100%), muuten 25%
Opetustilat 3.krs keskiosa	eQ-050 (Fläktwoods)	Pyörivä	77,2%	-8 °C	1,81	Ma-pe 7-18 (100%), muuten 25%
Terv.huolto ja henkilökunta	eQ-018 (Fläktwoods)	Pyörivä	79,8%	-8 °C	1,43	Ma-pe 7-18 (100%), muuten 25%
Päiväkoti 2. ja 3.krs	eQ-041 (Fläktwoods)	Pyörivä	81,1%	-8 °C	1,25	Ma-pe 5-19 (100%), muuten 25%
2-3.krs WC-tilat. Etelä	Kair EcoCounter 6485-EC-VP	Levy	67,7%	0 °C	1,99	24h (100%)
Porrashuone 1	Vallox 096 MV	Levy	Vuosihyötysuhde 75%		1,00	24h (100%)
Porrashuone 2	Vallox 096 MV	Levy	Vuosihyötysuhde 75%		1,00	24h (100%)
YHTEENSÄ	IV-järjestelmän LTO:n kokonaisvuosihyötysuhde: **75,4%** Ilmavirroilla painotettu SFP-luvun keskiarvo: **1,58 kW/ (m³/s)**					

*Opetustilojen ja keittiön IV-koneiden osalta esitetyt käyttöajat käytössä aikavälillä 1.8-4.6. Muuna aikana käyttöaika 24h 25%.

Yllä esitettyjen IV-koneiden lisäksi tavoitekulutuslaskennassa on huomioitu seuraavat erillispoistot:

- Veto-/maalauskaapit ja muut työtilojen erillispoistot arvioitu referenssikohteen tietojen perusteella
- Ilmamäärä yhteensä 2,16 m³/s
- Käyttöaika laskennassa ma-pe 8-16 (50%) aikavälillä 1.8-4.6.
- SFP-luku 0,9 kW/ (m³/s)

3 Tavoitekulutuslaskennan lähtötiedot

Laskennassa on huomioitu seuraavat **sähköenergian** erilliskulutukset, jotka on arvioitu referenssikohteiden tietojen perusteella.

	Määrä / teho	Käyttö	Kulutus, MWh/a
Keittiölaitteet	1110 annosta/päivä	0,9 kWh/annos, 190 d/a	**189,9**
Hissit	1 hissi	2 MWh/hissi/a	**2,0**
Ulkovalaistus	1500W	4153 h/a	**6,2**
Sulanapitolämmitykset	8200W	2270h/a (Lämpötilavälillä -3/+3°C)	**18,2**
Oviverhokojeet, puhaltimet	Oviverhokojeet 6 kpl	Yhteensä referenssikohteessa 1,5 MWh/a	**1,5**
Yhteensä	…		**217,8**

Laskennassa on huomioitu seuraavat **lämmitysenergian** erilliskulutukset, jotka on arvioitu referenssikohteiden tietojen perusteella.

	Määrä / teho	Käyttö	Kulutus, MWh/a
Oviverhokojeet	6kpl	Yhteensä referenssikohteessa 35,5 MWh/a	**35,5**

Erillisiä energiankulutuksia arvioitaessa on käytetty laskentahetkellä saatavilla olevia tietoja vastaavista referenssikohteista.

4 Tavoitekulutuslaskennan tulokset - Kaukolämpö

Tilalämmityksen ja IV-lämmityksen kulutus on normitettu alla olevaan taulukkoon Turun normaalivuoden astepäiväluvulla 4 021°Cd. Vertailuarvona on käytetty energialaskennan testivuoden TRY 2012 astepäivälukua 3 952 °Cd. Kokonaisostoenergiantarve on määritetty bruttoalan 10 500 brm^2 mukaan.

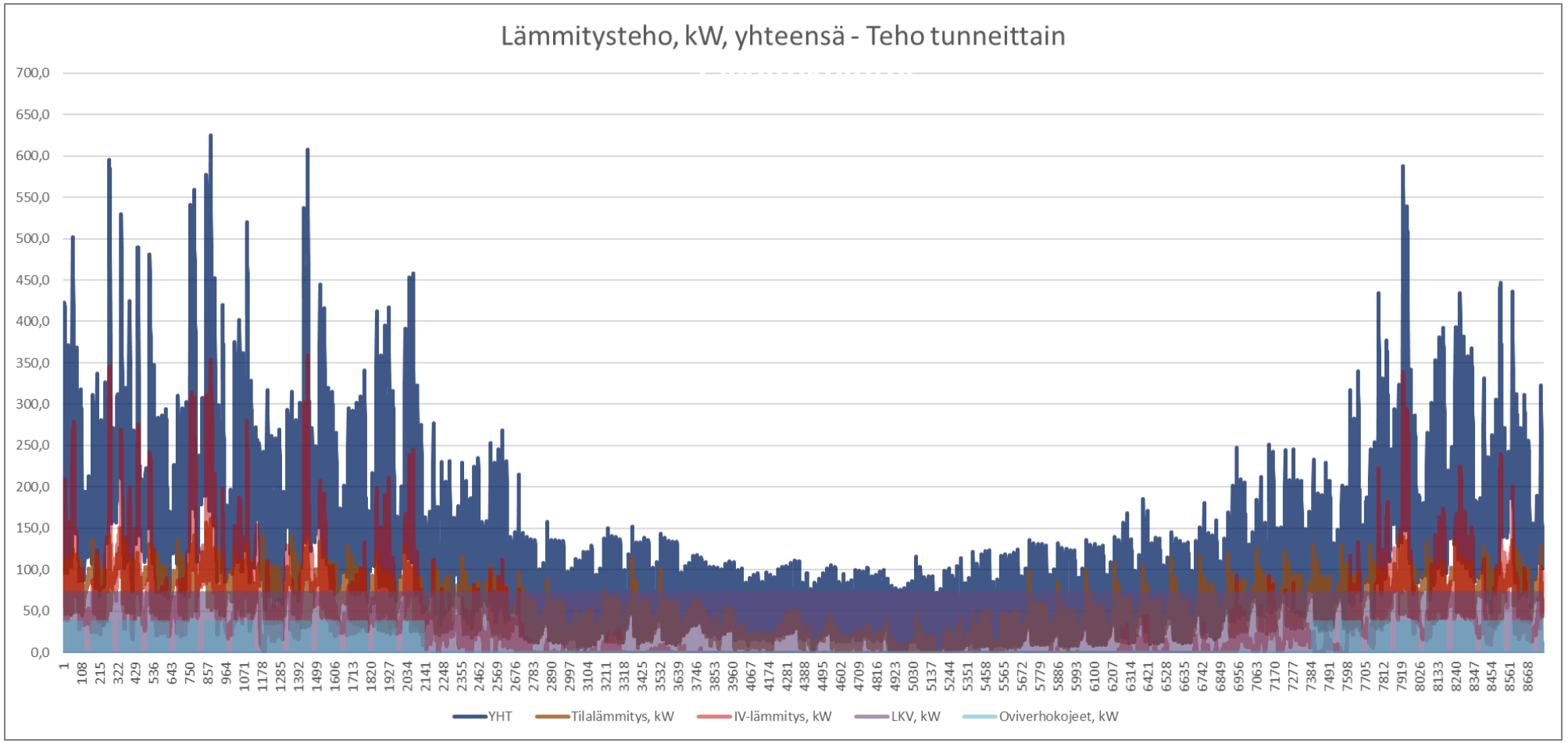
	kWh/n-m^2	kWh/brm^2	MWh/a
Lämmitysenergia – Kaukolämpö	**91,0**	**87,4**	**918,2**
Tilalämmitys	40,7	39,1	410,4
IV-lämmitys	28,8	27,7	290,4
Lämmin käyttövesi	17,9	17,2	180,7
Oviverhokojeet	Laskennassa 6 kpl oviverhokojeita		36,6
Jäähdytysenergia - Kaukokylmä	**1,7**	**1,7**	**17,1**
IV-jäähdytys	1,5	1,5	15,4
Tilajäähdytys	0,2	0,2	1,7
Sähköenergia – Yleinen sähköverkko	**68,2**	**65,5**	**688,3**
Jäähdytyssähkö, apulaitteet	0,1	0,1	1,4
LVI-sähkö (puhaltimet)	22,5	21,6	226,9
LVI-sähkö (muu)*	4,8	4,6	48,0
Valaistussähkö, tilat	10,8	10,4	108,9
Valaistussähkö, kiinteistö	Laskennassa ulkovalaistus 1500W		6,2
Laitesähkö, tilat	10,4	10,0	105,1
Laitesähkö, kiinteistö	Keittiölaitteiden ja yhden hissin sähkönkulutus		191,9

*LVI-sähkö (muu) sisältää oviverhokojeiden puhaltimien ja sulanapitolämmityksen lisäksi lämmityksen ja lämmityksen tuoton apulaitteet.

Granlund

4 Tavoitekulutuslaskennan tulokset

Alla on esitetty kokonaislämmitystehon tarve tuntitasolla

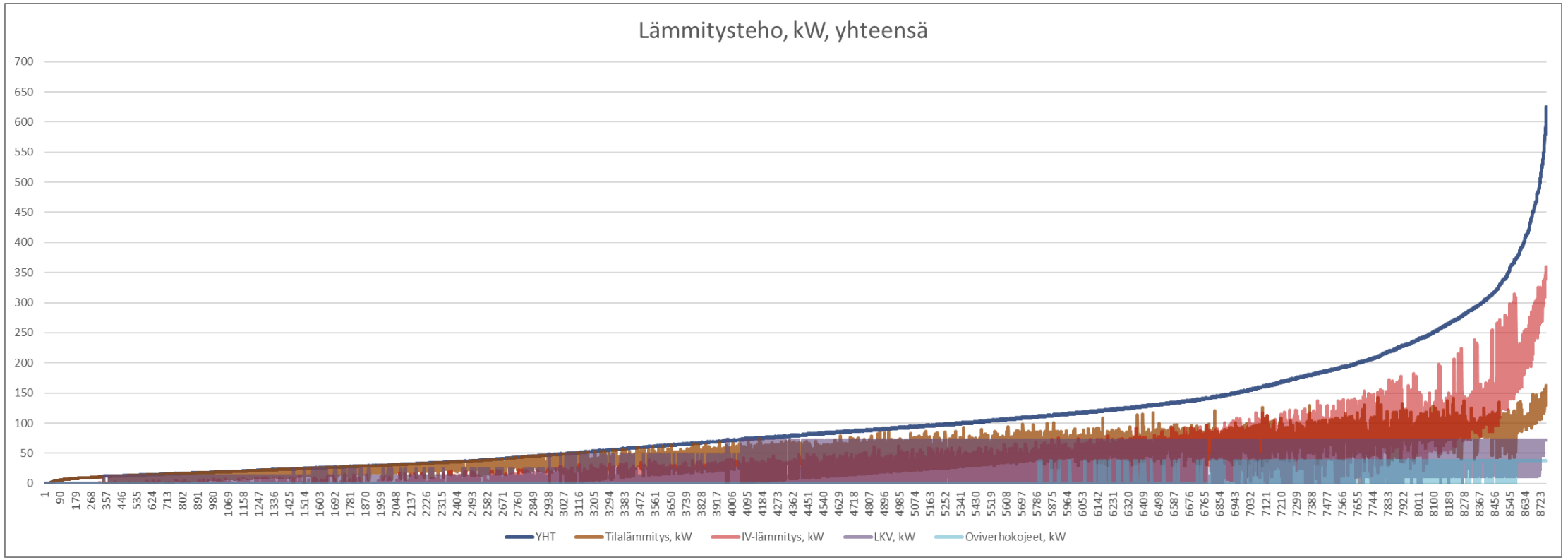


Building on Innovation

Granlund

4 Tavoitekulutuslaskennan tulokset

Alla on esitetty kokonaislämmitystehon tarpeen pysyvyyskäyrä

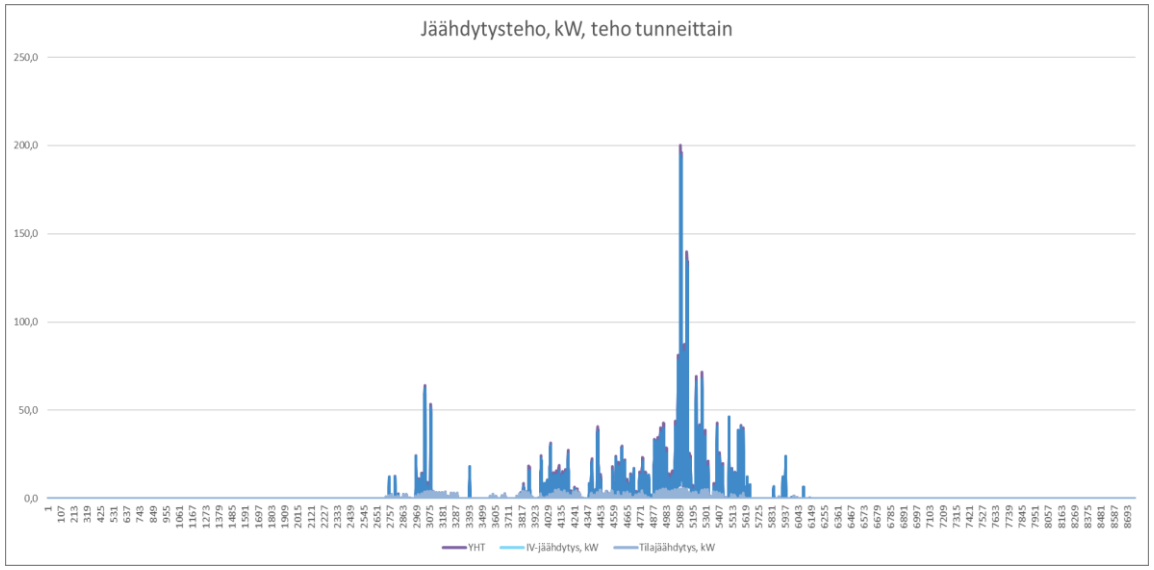


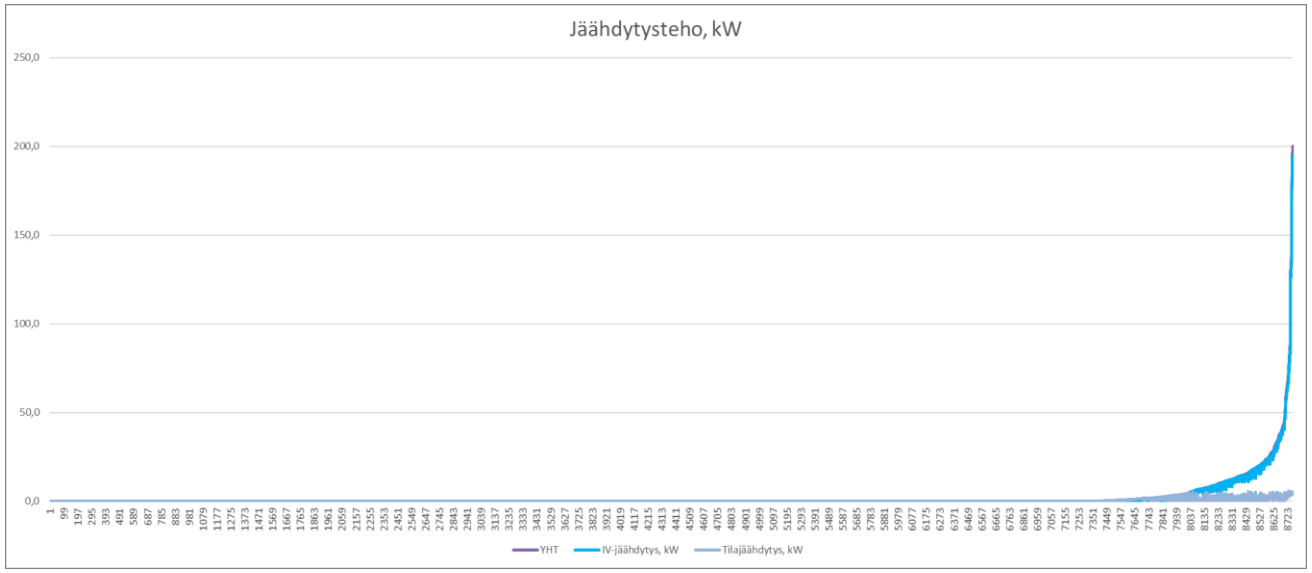
Building on Innovation

Granlund

4 Tavoitekulutuslaskennan tulokset

Alla on esitetty IV-jäähdytyksen tehon tarve tuntitasolla sekä pysyvyyskäyrä





Building on Innovation

Granlund

5 Pohjavesienergiaselvitys

Alla on esitetty pohjavesijärjestelmän mitoituksessa käytetyt laskenta-arvot. Pohjavesijärjestelmän pumppauskapasiteetti on määritetty tavoitekulutuslaskelman mukaisen jäähdytystehon tarpeen mukaan.

Vapaajäähdytys (IV-jäähdytys)	
Pohjaveden lämpötila luonnontilaisella alueella	6,5 °C
Jäähdytysverkosto, lämpötila, meno/paluu	8 °C / 15 °C
Pohjavesi, lämpötila, meno/paluu	6,5 °C / 13,5 °C
IV-jäähdytys, tehontarve, maks.	**195,1kW**
Vesivirta, pumppaus, maks.*	**6,7 dm^3/s → Vastaa jatkuvalla pumppauksella 575 m^3/d**

Aktiivijäähdytys (tilajäähdytys)	
Pohjavesi, lämpötila, meno/paluu	6,5 °C / **25,0 °C → Paluulämpötila rajoitettu lämpötilaan 25 °C**
Tilajäähdytys, tehontarve, maks.	**5,9 kW**
Kylmäkerroin	10
Jäähdytysteho, pohjavesi	5,3 kW
Jäähdytysteho, kompressori	**0,6 kW**
Vesivirta, pumppaus, maks.*	**0,1 dm^3/s → Vastaa jatkuvalla pumppauksella 5,9 m^3/d**

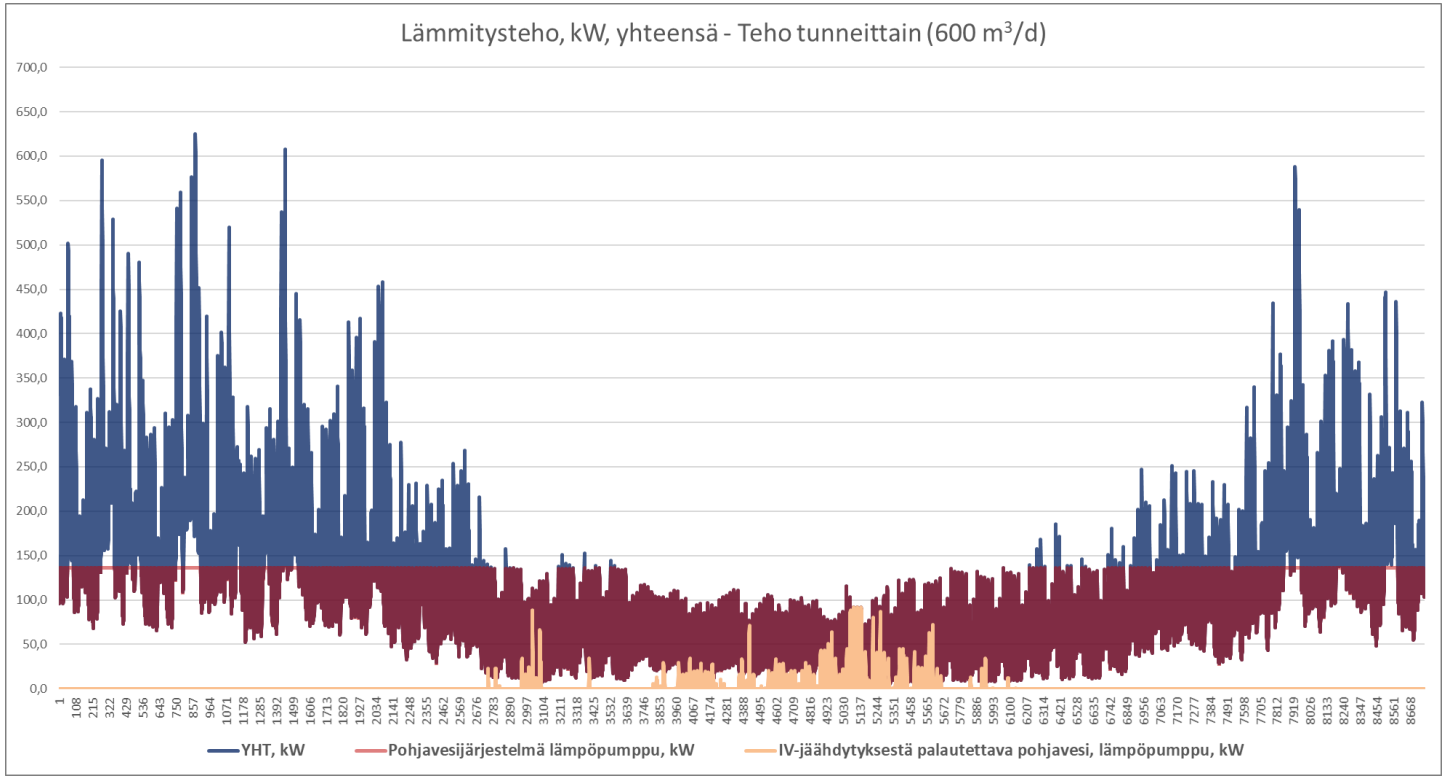
Jäähdytys - Ostoenergia	
IV-jäähdytyksen kylmäkerroin	30
Tilajäähdytyksen kylmäkerroin	10
Ostoenergia, sähkö, IV-jäähdytys	0,51 MWh/a
Ostoenergia, sähkö, tilajäähdytys	0,20 MWh/a
Ostoenergia, sähkö, yhteensä	**0,71 MWh/a**

→ Tulosten perusteella pumppausmäärällä 600 m3/d jäähdytysenergianpeitto on 100%.

5 Pohjavesienergiaselvitys

Alla on esitetty pohjavesijärjestelmän mitoituksessa käytetyt laskenta-arvot.
Pohjavesijärjestelmän pumppauskapasiteetiksi on määritetty tavoitekulutuslaskelman mukaisen jäähdytystehon tarpeen mukaan 600 m^3/d.

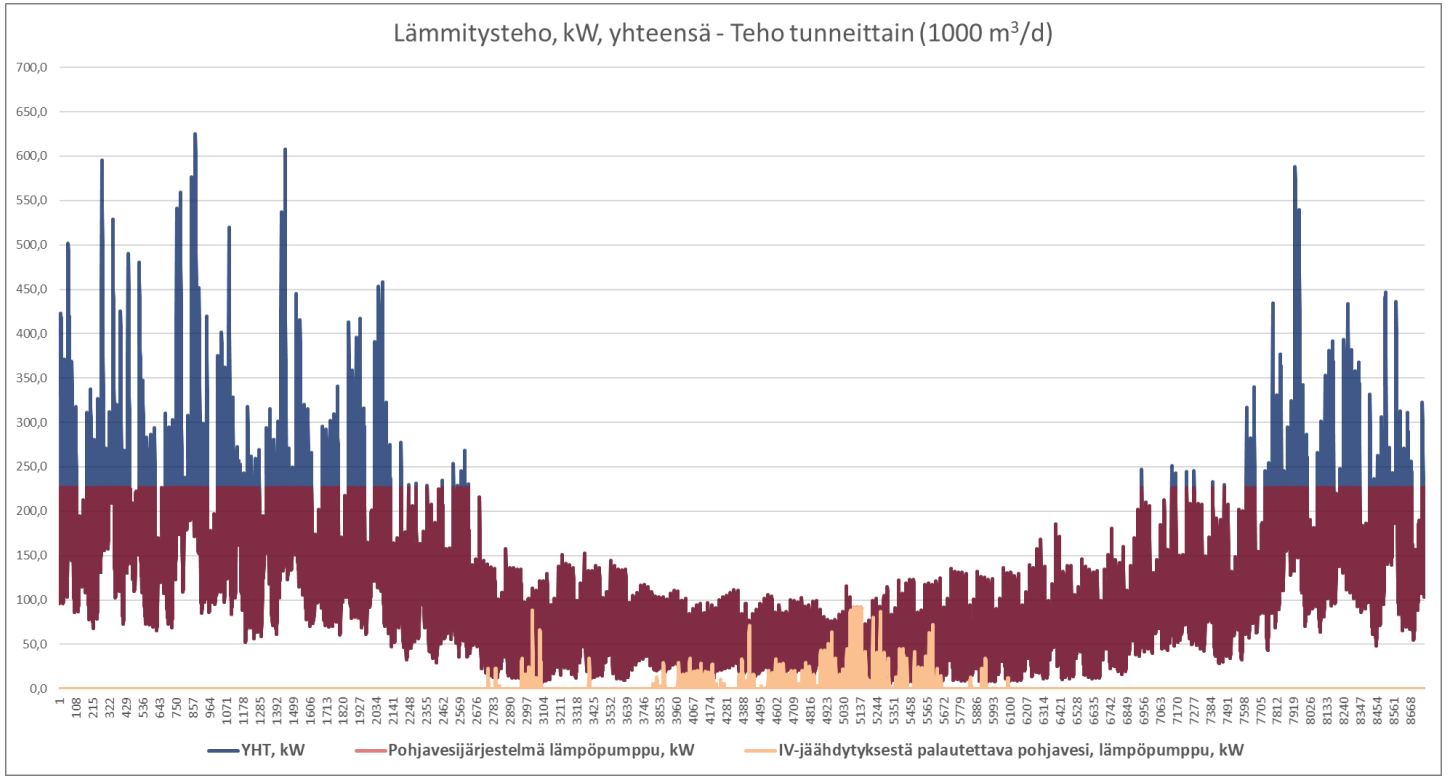
Lämmitystehon määritys	
Pohjavesi, lämpötila, meno/paluu	6,5 °C / **3,0 °C → Paluulämpötila rajoitettu lämpötilaan 3 °C**
Lämpökerroin	• Luonnontilainen pohjavesi, lämpötila 6,5°C, COP=4 • IV-jäähdytyksestä palaava pohjavesi, lämpötila 13,5°C, COP=5
Vesivirta, pumppaus, maks.	**6,9 dm^3/s → Vastaa jatkuvalla pumppauksella 600 m^3/d**
Lämmitysteho	**135,8 kW** • Lämmönlähde, pohjavesi 101,8 kW • Kompressori, sähkö 33,9 kW
Lämmitys-energianpeitto	77 %



5 Pohjavesienergiaselvitys

Alla on esitetty pohjavesijärjestelmän lämmitysenergian tuotto tuntitasolla, kun pumppauskapasiteetti on 1000 m^3/d. Tämä vastaa kahden kaivon järjestelmälle arvioitua pumppauskapasiteettia.

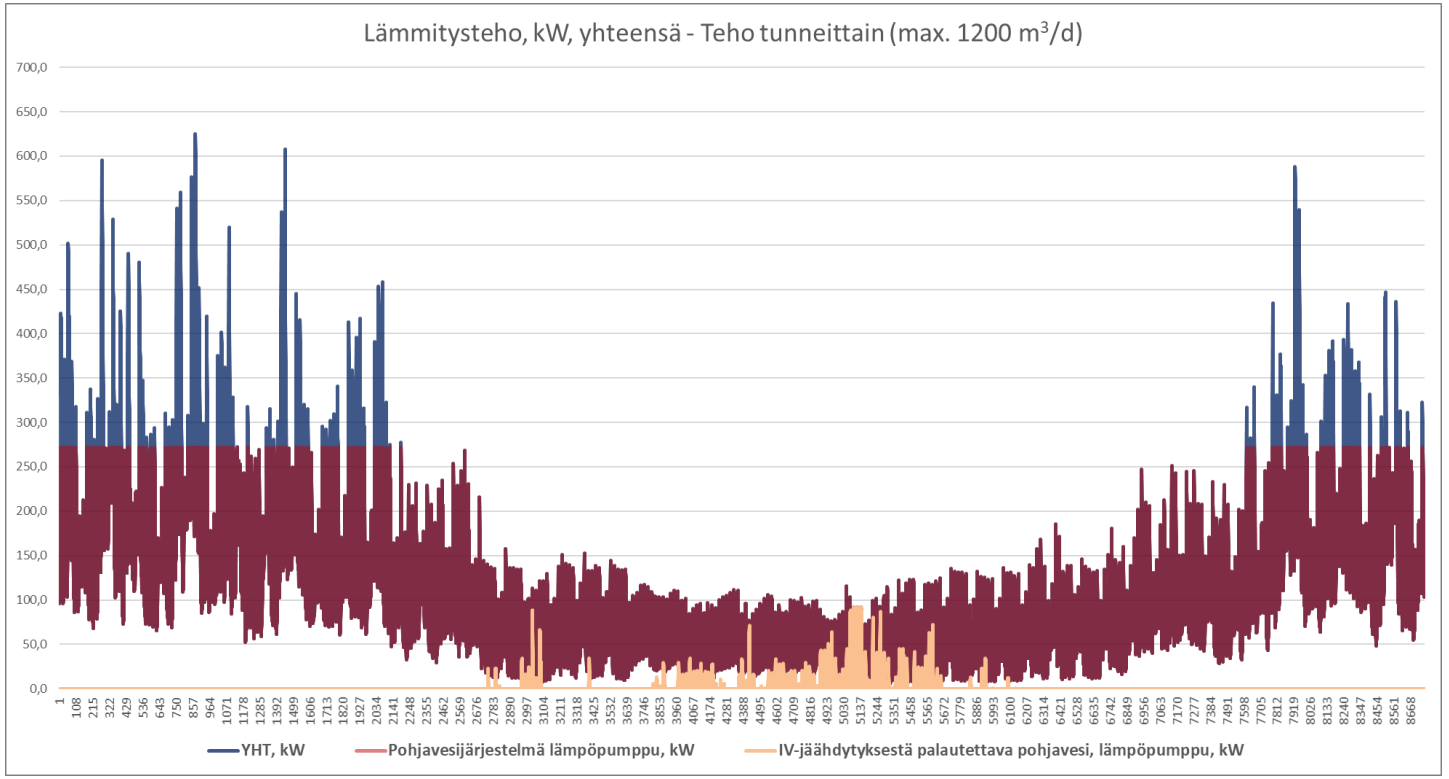
Lämmitystehon määritys	
Pohjavesi, lämpötila, meno/paluu	6,5 °C / **3,0 °C → Paluulämpötila rajoitettu lämpötilaan 3 °C**
Lämpökerroin	• Luonnontilainen pohjavesi, lämpötila 6,5°C, COP=4 • IV-jäähdytyksestä palaava pohjavesi, lämpötila 13,5°C, COP=5
Vesivirta, pumppaus, maks.	**11,6 dm^3/s → Vastaa jatkuvalla pumppauksella 1000 m^3/d**
Lämmitysteho	**226,3 kW** • Lämmönlähde, pohjavesi 169,7 kW • Kompressori, sähkö 56,6 kW
Lämmitys-energianpeitto	91 %



5 Pohjavesienergiaselvitys

Alla on esitetty pohjavesijärjestelmän lämmitysenergian tuotto tuntitasolla, kun pumppauskapasiteetti on 1200 m^3/d. Tämä vastaa tilannetta, että hetkellinen kaivokohtainen pumppausmäärä on 600 m^3/d. Toteutettavissa olevat pumppausmäärät tulee varmentaa pumppauskokein.

Lämmitystehon määritys	
Pohjavesi, lämpötila, meno/paluu	6,5 °C / **3,0 °C → Paluulämpötila rajoitettu lämpötilaan 3 °C**
Lämpökerroin	• Luonnontilainen pohjavesi, lämpötila 6,5°C, COP=4 • IV-jäähdytyksestä palaava pohjavesi, lämpötila 13,5°C, COP=5
Vesivirta, pumppaus, maks.	**13,9 dm^3/s → Vastaa jatkuvalla pumppauksella 1200 m^3/d**
Lämmitysteho	**271,6 kW** • Lämmönlähde, pohjavesi 203,7 kW • Kompressori, sähkö 67,9kW
Lämmitys-energianpeitto	95 %

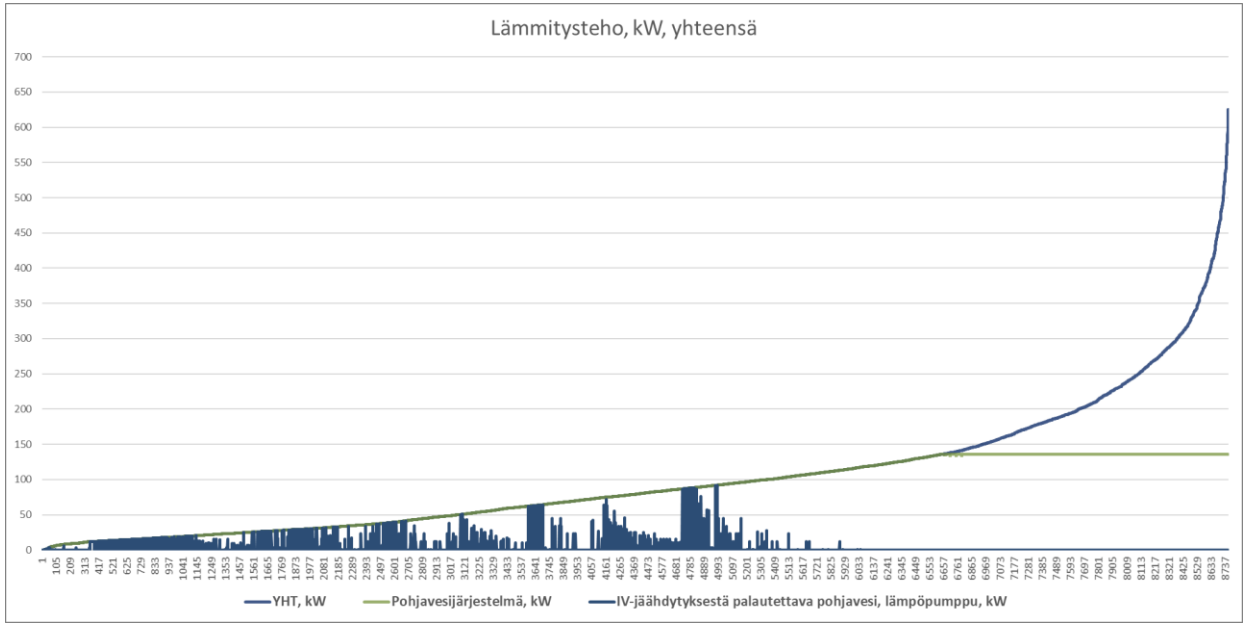


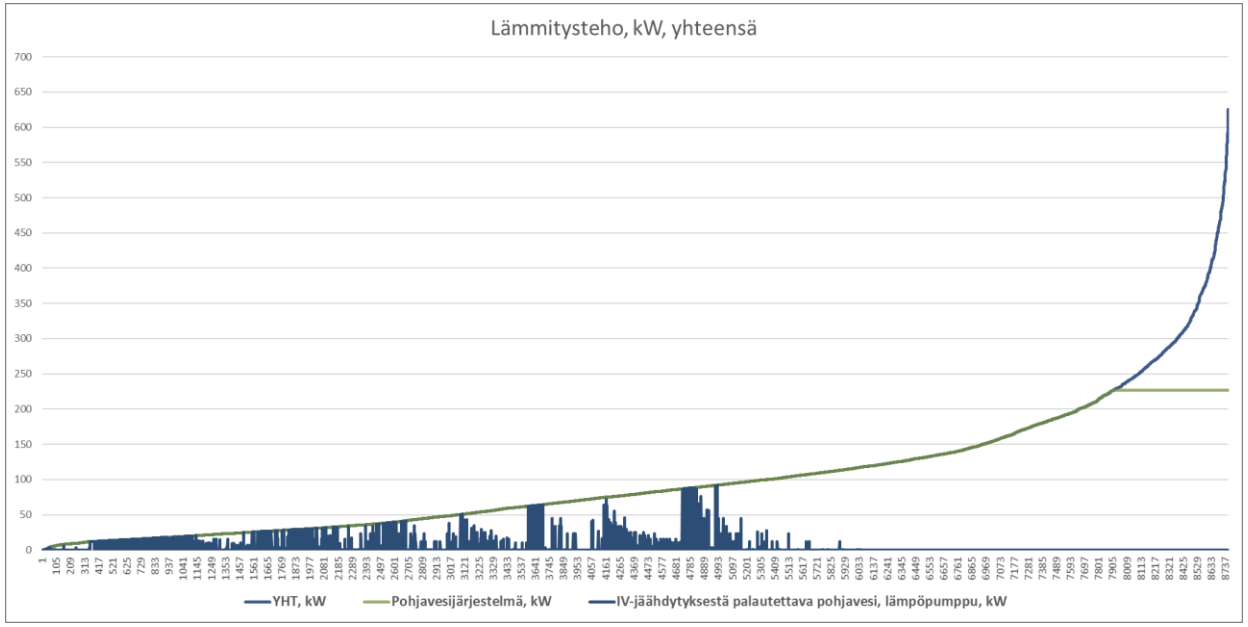
5 Pohjavesienergiaselvitys

Alla on esitetty vertailu pumppauskapasiteetin vaikutuksesta lämmitysenergian peittoon.

Lämmitysenergia – Pumppauskapasiteetti 600 m^3/d (Mitoitus jäähdytystehon tarpeen mukaan)	
Vesivirta, pumppaus, maks.*	**6,9 dm^3/s → 600 m^3/d**
Pohjavesijärjestelmän lämmitysteho	**135,8 kW** • Lämmönlähde, pohjavesi 101,8 kW • Kompressori, sähkö 33,9kW
Pohjavesijärjestelmä, energianpeitto	77 %
Lämmitysenergia, tuotto, pohjavesijärjestelmä	**688,8 MWh/a** • Luonnontilainen pohjavesi, lämpötila 6,5°C (COP 4), **673,4 MWh/a** • IV-jäähdytyksestä palaava pohjavesi, lämpötila 13,5°C, (COP 5), **15,4 MWh/a**
Ostoenergia, kaukolämpö	208,2 MWh/a
Ostoenergia, sähkö (lämpöpumppu)	172,1 MWh/a

Lämmitysenergia – Pumppauskapasiteetti 1000 m^3/d (Arvioitu pumppauskapasiteetti 2 kaivolle)	
Vesivirta, pumppaus, maks.*	**11,6 dm^3/s → 1000 m^3/d**
Pohjavesijärjestelmän lämmitysteho	**226,3 kW** • Lämmönlähde, pohjavesi 169,7 kW • Kompressori, sähkö 56,6kW
Pohjavesijärjestelmä, energianpeitto	91 %
Lämmitysenergia, tuotto, pohjavesijärjestelmä	**814,1 MWh/a** • Luonnontilainen pohjavesi, lämpötila 6,5°C (COP 4), **798,7 MWh/a** • IV-jäähdytyksestä palaava pohjavesi, lämpötila 13,5°C, (COP 5), **15,4 MWh/a**
Ostoenergia, kaukolämpö	79,0 MWh/a
Ostoenergia, sähkö (lämpöpumppu)	202,8 MWh/a





5 Tavoitekulutuslaskennan tulokset - Pohjavesienergia

Tilalämmityksen ja IV-lämmityksen kulutus on normitettu alla olevaan taulukkoon Turun normaalivuoden astepäiväluvulla 4 021°Cd. Vertailuarvona on käytetty energialaskennan testivuoden TRY 2012 astepäivälukua 3 952 °Cd. Kokonaisostoenergiantarve on määritetty bruttoalan 10 500 brm^2 mukaan.
Ostoenergian tarve on määritetty pumppauskapasiteetille 1000 m^3/d.

	kWh/n-m^2	kWh/brm^2	MWh/a
Lämmitysenergia - Kaukolämpö	**7,8**	**7,5**	**79,0**
Sähköenergia – Yleinen sähköverkko	**88,4**	**84,9**	**891,8**
Lämpöpumppu, lämmitys	20,1	19,3	202,8
Kiertopumput, IV-jäähdytys	0,1	0,0	0,5
Lämpöpumppu, tilajäähdytys	0,0	0,0	0,2
Jäähdytyssähkö, apulaitteet	0,1	0,1	1,2
LVI-sähkö (puhaltimet)	22,5	21,6	226,9
LVI-sähkö (muu)*	4,8	4,6	48,0
Valaistussähkö, tilat	10,8	10,4	108,9
Valaistussähkö, kiinteistö	Laskennassa ulkovalaistus 1500W		6,2
Laitesähkö, tilat	10,4	10,0	105,1
Laitesähkö, kiinteistö	Keittiölaitteiden ja yhden hissin sähkönkulutus		191,9

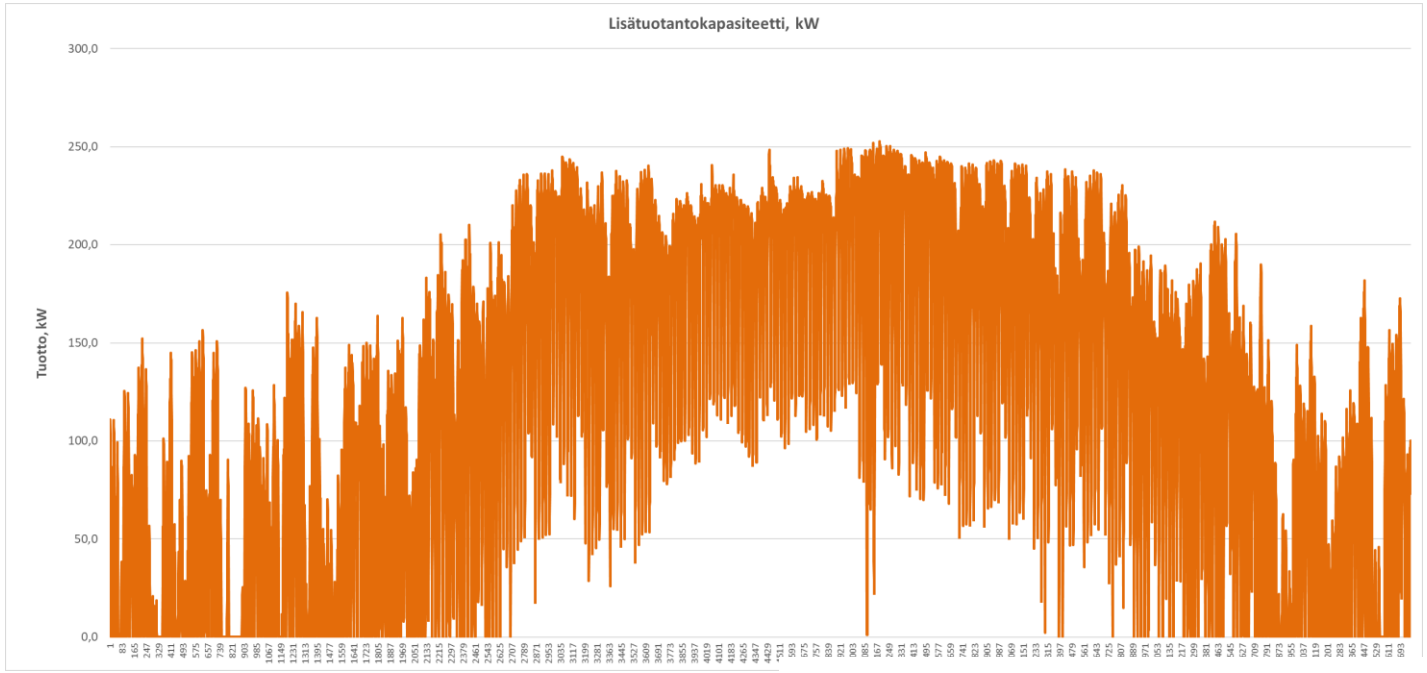
*LVI-sähkö (muu) sisältää oviverhokojeiden puhaltimien ja sulanapitolämmityksen lisäksi lämmityksen ja lämmityksen tuoton apulaitteet.

Granlund

5 Kaksisuuntainen kaukolämpöverkko

Alla on esitetty hyödynnettävissä oleva lisätuotantokapasiteetti pumppauskapasiteetin ollessa 1000 m^3/d. Hetkellistä tehon tuottoa voidaan kasvattaa, jos hetkellisen pumppauskapasiteetin nostaminen yli 11,6 dm^3/s on mahdollista.

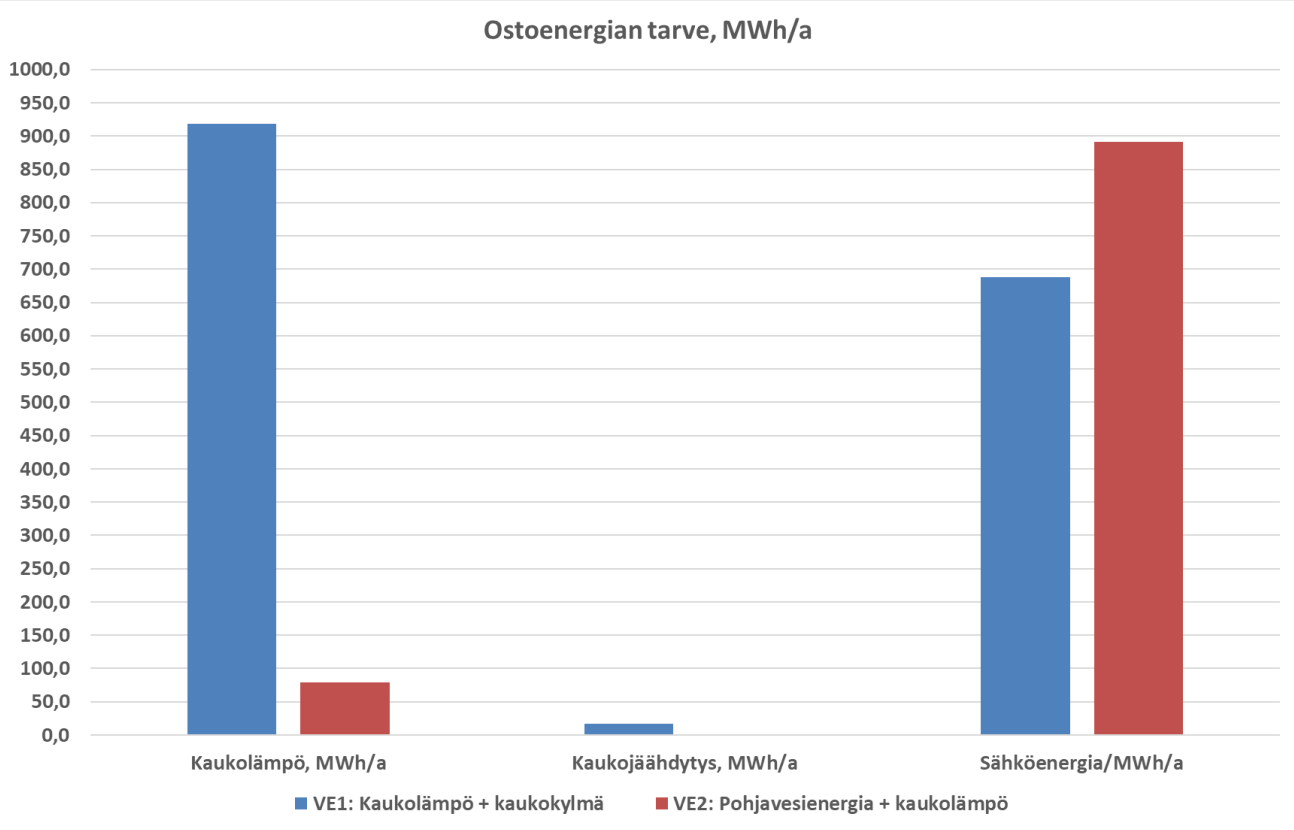
Lämmitystehon määritys	
Pohjavesi, lämpötila, meno/paluu	6,5 °C / 3,0 °C
Lämpökerroin	COP = 3,0
Vesivirta, pumppaus	0…11,6 dm^3/s
Lisätuotanto-kapasiteetti	**Lämmitysenergia: 1 095 MWh/a** • Lämmönlähde, pohjavesi: 730 MWh/a • Ostoenergia, sähkö: 365 MWh/a



6 Energiaratkaisut, ostoenergian tarpeen vertailu

Alla on esitetty ostoenergian tarpeen vertailu seuraaville energiaratkaisuille:

- VE1: Kaukolämpö + kaukokylmä
- VE2: Pohjavesienergia + kaukolämpö



Granlund

7 Energiaratkaisuiden kustannusvertailu

Alla on esitetty elinkaarikustannuslaskennassa käytetyt investointikustannukset sekä energia- ja siirtohinnat

Laskennassa käytetyt investointikustannukset	
Kaukolämpö + lähijäähdytys/CHC-ratkaisu	**Yhteensä: 109 400€** • KL-Liittymismaksu: 47 440 € • KL-paketti: 20 000€ • Lähijäähdytys-Liittymismaksu: 42 000€
Pohjavesienergia + kaukolämpö	**Yhteensä: 852 800 €** • KL-Liittymismaksu: 32 780 € • KL-paketti: 20 000€ • Pohjavesienergia, kokonaisinvestointi: 800 000 €

Laskennassa käytetyt energia- ja siirtohinnat	

Kaukolämpö	• Energiamaksu:
	  • 1.12.-28.2: 83,74 €/MWh
	  • 1.3.-31.5: 71,15 €/MWh
	  • 1.6.-31.8.: 52,19 €/MWh
	  • 1.9.-30.11.: 71,10 €/MWh
	• Perusmaksu – kaukolämpö + lähijäähdytys/CHC (800kW): 12 698 €/vuosi
	• Perusmaksu – pohjavesienergia + kaukolämpö (500kW): 9 545 €/vuosi

Lähijäähdytys – CHC-ratkaisu	• Kiinteä kuukausimaksu: 1900 €/kk

Sähkön hinta	• **Sähköenergia: 40 €/MWh***
	• Siirtomaksut - kaukolämpö + lähijäähdytys/CHC (tehosiirto pj)
	  • Siirtohinta 9,60 €/MWh
	  • Perusmaksu 55 €/kk
	  • Tehomaksu 2,60 €/kW
	• Siirtomaksut - pohjavesienergia + kaukolämpö (keskijännitesiirto)
	  • Siirtohinta 8,60 €/MWh
	  • Perusmaksu 290 €/kk
	  • Tehomaksu 1,72 €/kW

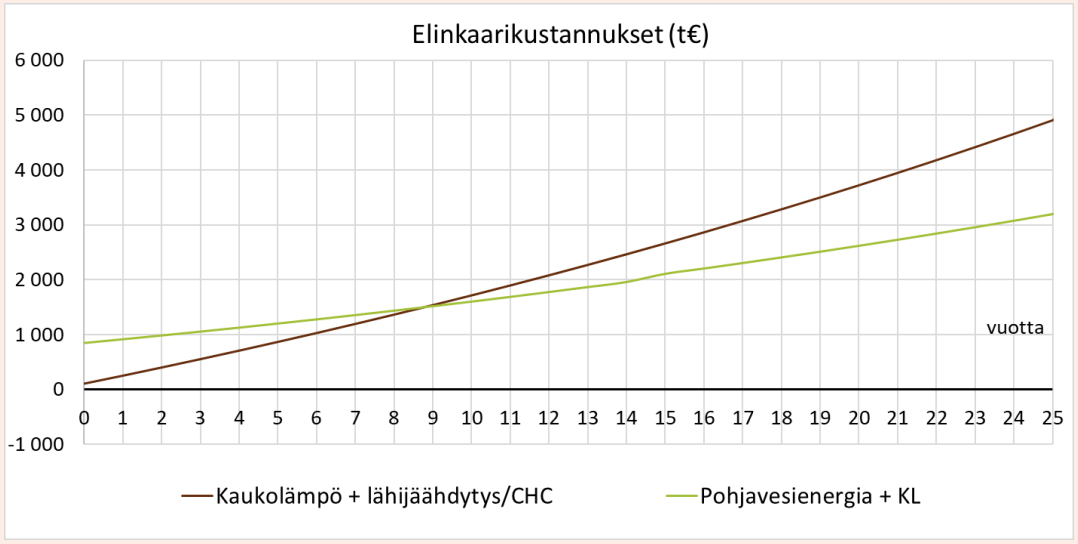
*Sähkön todellinen energiahinta ei laskentahetkellä tiedossa

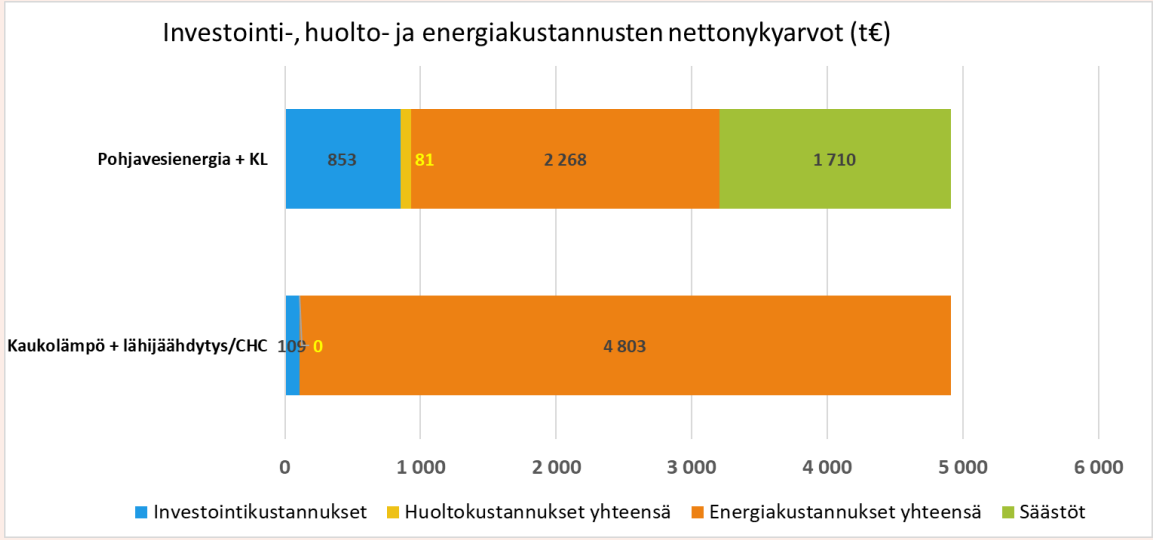
Granlund

7 Energiaratkaisuiden kustannusvertailu

Laskennassa käytetty korkokanta, inflaatio ja energiamuotojen eskalaatio	
Korkokanta	1,0 %
Inflaatio	1,5 %
Lämmityksen eskalaatio	2,0 %
Sähkön eskalaatio	2,0 %
Jäähdytyksen eskalaatio	0,0 %
Tarkastelujakso	25 vuotta

Elinkaarikustannukset





8 Johtopäätökset

- **A-energiatehokkuusluokan** (E-luku ≤ 90 $kWh_E/m^2,a$) tavoitteen saavuttaminen rakennuksessa on suhteellisen helppoa
  - Tason 80 $kWh_E/m^2,a$ saavuttaminen onnistuu hyvillä perusratkaisuilla
  - Panostamalla energiatehokkuuteen ja energiaratkaisuin voidaan päästä E-luvussa jopa alle 70 $kWh_E/m^2,a$
- **Pohjavesienergialla** voidaan tuottaa jopa noin 90 % lämmitysenergiantarpeesta. Lisäksi lämmityskauden ulkopuolella energiaa voitaisiin siirtää kaukolämpöverkkoon
- Rakennuksen näkökulmasta tarkasteluna pohjavesienergian hyödyntäminen on erittäin kannattava investointi

Granlund

9 Suositukset jatkosuunnittelua varten

- E-luvun tavoitetason asettaminen selkeästi alle 90 $kWh_E/m^2,a$
  - Pisteytyksen minivaatimuksiin huomioitu minimitasoksi 82 $kWh_E/m^2,a$
- Pohjavesienergian hyödyntäminen yhteistyössä Turku energian kanssa siten, että Turku energia toimisi operaattorina järjestelmän suhteen

Granlund