

Hiilineutraalit energiaratkaisut ja lämpöpumpputeknologia (HybE)

Tulosseminaari

10.10.2025

Seminaariohjelma 10.10.2025

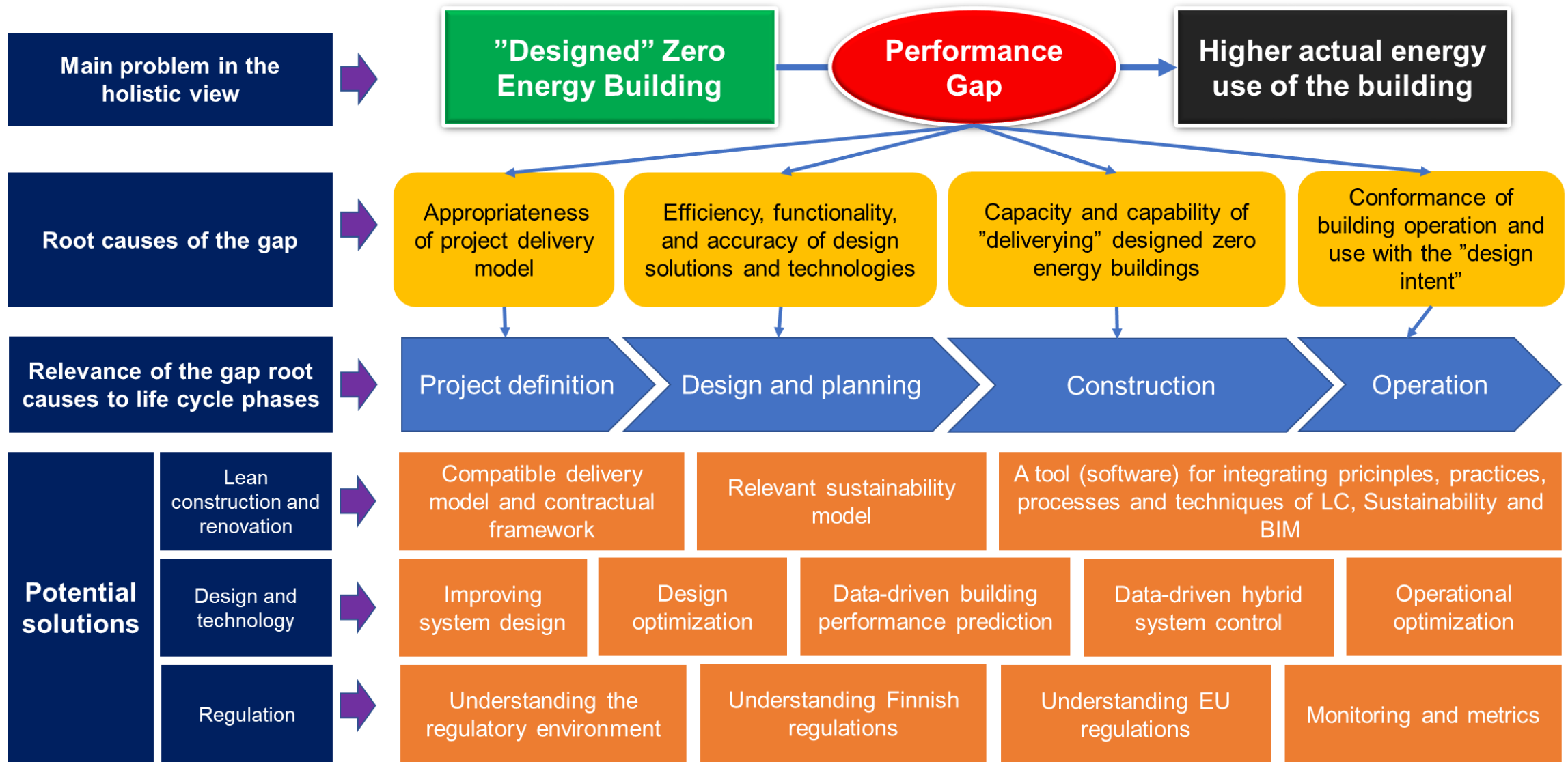
Aika	Aihe
9:00 – 9:05	HybE-tutkimusohjelman esittely
9:05 – 9:30	Toimintamalli projektitiimin yhteistyölle hybridienergiajärjestelmien toteutuksessa
9:30 – 9:55	Toteutettujen energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutus ja vaikutusarvioinnin haasteet
9:55 – 10:20	Taksonomia, kestävän rahoituksen säännöt ja EU-rahoitus kiinteistöjen energiainvestoinneissa
10:20 – 10:45	Ulkoilma-avusteisen maalämpökentän toteutus rajallisella tonttialalla
10:45 – 11:00	Yhteenveto ja keskustelu

Hiilineutraalit energiaratkaisut ja lämpöpumpputeknologia

- Hankeaika on 2022-2026
- Tavoitteena on edistää hiilineutraalia rakentamista kolmella tutkimuslinjalla
 - Rakentamisen prosessit
 - Rakennusten energiaratkaisut
 - Kiinteistöliiketoiminta

Yhteistyökumppanit ja ohjausryhmä

Organisaatio	Yhteyshenkilö
Paavo V. Suominen rahasto	Matti Pentti
STEK ry	Timo Kekkonen
Granlund konserni	Timo Karvinen
Ramboll Finland Oy	Janne Jokisalo
HUS tilakeskus ja HUS Kiinteistöt	Jani Valkama Reima Haiminen
Senaatti-kiinteistöt	Tapio Jalo
Tampereen yliopisto	Piia Sormunen Janne Hirvonen Jukka Puhto Antti Lönnqvist



Tutkimussprintti 7

Toimintamalli ja projektitiimin yhteistyö hybridienergiajärjestelmien toteutuksessa korjaushankkeissa

Elisabeth Anetjärvi

Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

- Hybridienergiajärjestelmillä on merkittävä rooli hiilineutraalin tulevaisuuden rakentamisessa
- Järjestelmien nopeasti kasvanut käyttö ja uudet teknologiat ovat tuoneet mukanaan puutteellisesti toimivia järjestelmiä
- Tässä tutkimuksessa kehitettiin toimintamalli projektitiimin yhteistyölle hybridienergiajärjestelmien toteutukseen korjaushankkeissa
- **Millaisella projektitiimin toimintamallilla saavutetaan yhteiset tavoitteet hybridienergiajärjestelmän toteutuksessa korjaushankkeissa?**
- Mitä eri toimijoita on mukana suunnittelusta käyttövaiheeseen asti?
- Mitkä ovat keskeiset haasteet ja esteet projektitiimin yhteistyössä ja tavoitteiden saavuttamisessa?
- Millaisella projektitiimin toimintamallilla voidaan parantaa hybridienergiajärjestelmän optimaalista toimintaa?
- Mitkä ovat keskeisimmät elementit, jotka tulee sisällyttää projektitiimin toimintamalliin?

Tutkimusmenetelmät

- Kirjallisuuskatsaus
 - Tieteelliset julkaisut
 - Julkiset raportit
 - Aikaisempi HybE hankkeen tutkimus
- Asiantuntijahaastattelut
- Asiantuntijatyöpaja

Havainnot kirjallisuudesta

- Monet korjaushankkeet eivät saavuta asetettuja energiansäästötavoitteita puutteellisen yhteistyön vuoksi hankkeen eri osapuolten välillä
- Yhteistyön parantaminen vähentää riskejä ja parantaa kaikkien projektin osapuolten mainetta
- Onnistuneen hankkeen kannalta kaikilla hankkeen osapuolilla tulee olla yhteinen tavoite, johon sitoudutaan
- Urakkamuoto vaikuttaa paljon siihen, että miten eri osapuolten vastuut jaetaan ja missä vaiheessa eri osapuolet voidaan sitouttaa projektin yhteisiin tavoitteisiin
- Jotta asetetut energiatehokkuustavoitteet saadaan toteutettua, kaikki oleellinen tieto järjestelmien toiminnasta tulee siirtyä käyttäjille
- Toisaalta taas järjestelmien käyttäjiltä tulisi saada palautetta suunnitteluun, että voidaan kehittää hankkeita paremmiksi
- Toiminnanvarmistus ja siihen nimetty vastuhenkilö täytyy olla mukana jo hankesuunnittelusta lähtien

Havainnot haastattelusta ja työpajasta



Toimintamallin rakenne

Tavoitteet	Keskeiset toimenpiteet	Dokumentti	Vastuussa oleva								
			Tilaaaja	Suunnittelija	Urakoitsija	Toiminnanvarmistusvastaava	Laittevalmistaja	Projektipäällikkö	Valvoja	Ylläpito	Käyttäjä
SUUNNITTELUVAIHE											
1.Määritellä projektin yhteiset tavoitteet, roolit ja vastuut	Tilaaaja määrittelee projektin toiveet ja tarpeet.	Vastuutaulukko	X								
2. Varmistaa, että suunnittelu perustuu kattaviin ja ajantasaisiin lähtötietoihin	Kootaan tarvittavat lähtötiedot hyödyntäen standardeitua lähtötietoluetteloa.	Lähtötietoluettelo	X	X						X	
3.Laatia toteutuskelpoiset suunnitelmat	Suunnittelijat laativat toteutuskelpoiset suunnitelmat.	Suunnitelmat		X							
4.Varmistaa suunnitelmien toteutettavuus ja tekninen toimivuus	Osallistetaan urakoitsijat ja laitevalmistajat suunnitelmien arviointiin ja toteutettavuuden varmistamiseen.	Sopimus		X	X		X				
5.Varmistaa käyttöönoton ja ylläpidon aikainen toiminnanvarmuus	Tilaaaja nimeää toiminnanvarmistusvastaavan, joka on mukana hankkeen suunnittelusta takuuaikalle asti.	Sopimus	X			X					

- Toimintamalliin sisältyy:
 - Tavoitteet
 - Keskeiset toimenpiteet
 - Tarvittavat dokumentit
 - Vastuussa oleva taho
- Toimintamalli on jaettu kolmeen eri vaiheeseen:
 - Suunnitteluvaihe
 - Toteutusvaihe
 - Käyttöönotto ja seuranta

Toimintamallin keskeinen sisältö

- Yhteisten tavoitteiden, roolien ja vastuiden selkeä määrittely
- Koko projektitiimin osaamisen hyödyntäminen hankkeen eri vaiheissa
- Yhteistoiminnalliset sopimusmallit ja kannustimet osapuolten sitouttamiseksi
- Erillinen viestintä- ja dokumentointiohjeistus projektitiimille
- Toiminnanvarmistusvastaavan roolin korostaminen projektin laadun ja järjestelmien toiminnan varmistamiseksi
- Järjestelmän käyttäjien tarvittava osaaminen ja koulutus
- Palautteenantoprosessi ja tiedon jakaminen hankkeeseen osallistuvien sidosryhmien kanssa myös takuuajan jälkeen

Johtopäätökset

- Toimintamalli voi parantaa hybridienergiահankkeiden laatua, kustannustehokkuutta ja investointien kannattavuutta sekä tukea riskienhallintaa projektin eri vaiheissa
- Vaikka malli on kehitetty korjausrakentamiseen, sen periaatteet ovat sovellettavissa myös uudiskohteisiin
- Jatkotoimenpiteenä suositellaan toimintamallin pilotointia oikeassa korjaushankkeessa, jossa sen käytännön toimivuutta voidaan arvioida ja kehittää edelleen
- Lisäksi tulisi arvioida, kuinka hyvin malli soveltuu eri urakkamuotoihin ja rakennustyyppeihin sekä sen kykyä tukea riskienhallintaa hybridienergiահankkeissa

Tutkimussprintti 8

Toteutettujen energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutus ja vaikutusarvioinnin haasteet

Janne Hirvonen

Tutkimuksen tausta ja tavoite

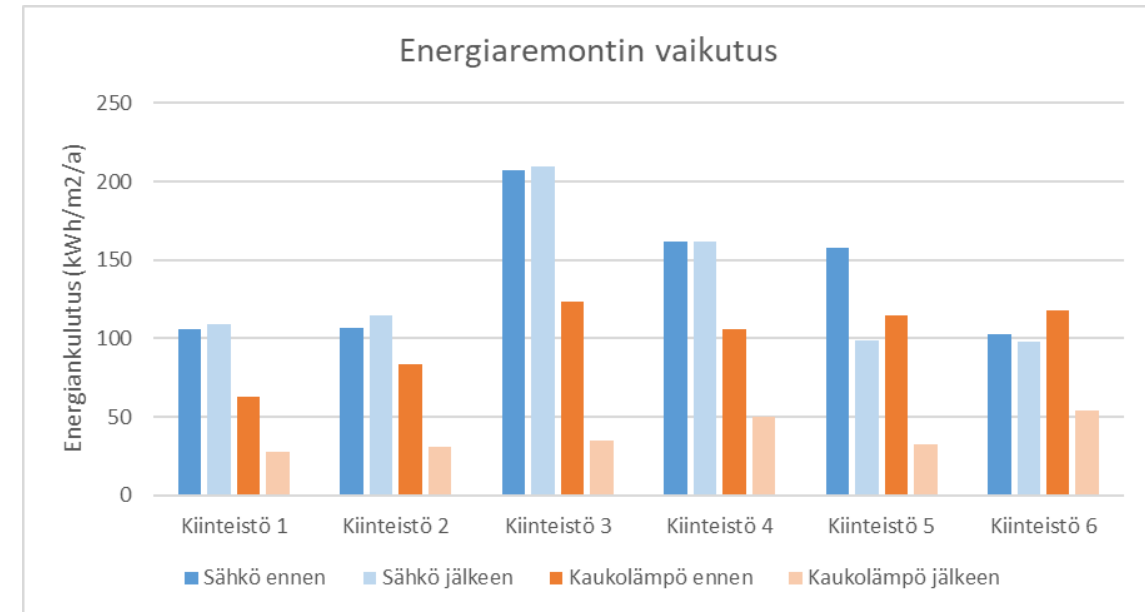
- Erilaisia rakennusten energiatehokkuusratkaisuja tutkitaan runsaasti simulaatioita hyödyntäen
- Todelliset järjestelmät eivät aina toimi suunnitellusti
- Tässä tutkimuksessa haluttiin tutustua toteutettujen järjestelmien toimintaan mittausdatan pohjalta
- Mikä on toteutettujen energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutus rakennusten energiankulutukseen?
- Miten tehokkaasti erilaiset lämpöpumppujärjestelmät toimivat?
- Miten energiajärjestelmien toimintaa pitäisi mitata ja raportoida?
- Millaisia haasteita energiadatan käyttöön liittyy?

Tutkimusmenetelmät ja kohteet

- Kirjallisuuskatsaus
 - Tieteelliset julkaisut
 - Julkiset raportit
 - Energiahanketietokannat
- Mittausdatan analysointi
 - Sähkövarasto
 - Jäteveden LTO
 - Aurinkosähkö
 - Lämpöpumput

Energiaremonttien kokonaisvaikutus

Rakennus	Sijainti ja pinta-ala	Raken- nettu (Remon- toitu)	Lämpö- pumput	Muut toimenpiteet ja huomiot	KL kulutuksen muutos (%)	Sähkön kulutuksen muutos (%)
#1 Teollisuus	Tampere 14 700 m ²	1960 (2005)	Maalämpö	Merkittävä LED- valopäivitys	-56.1	+3.0
#2 Toimisto- rakennus	Jyväskylä 13 500 m ²	2000 (2009)	Maalämpö, poistoilma, jäähdytys	Matala maalämmön kapasiteetti	-63.5	+7.3
#3 Toimisto- rakennus	Jyväskylä 6 700 m ²	1999	Poistoilma, jäähdytys	Pieni LED-valopäivitys	-71.5	+1.0
#4 Toimisto- rakennus	Jyväskylä 12 600 m ²	2000	Poistoilma, jäähdytys	Tarpeenmukainen ilmanvaihto	-53.2	-0.1
#5 Toimisto- rakennus	Jyväskylä 20 800 m ²	- (2020)	Maalämpö, poistoilma, jäähdytys	Ilmanvaihtoremontti, lämmitysverkon tasapainotus, automaation säätö	-71.9	-37
#6 Kauppa- keskus	Tampere 139 000 m ²	- (2020)	Maalämpö, poistoilma, jäähdytys	Ilmanvaihdon lämmityksen päivitys, muutokset LTO:ssa ja lუმensulatuksessa	-53.7	-4.5

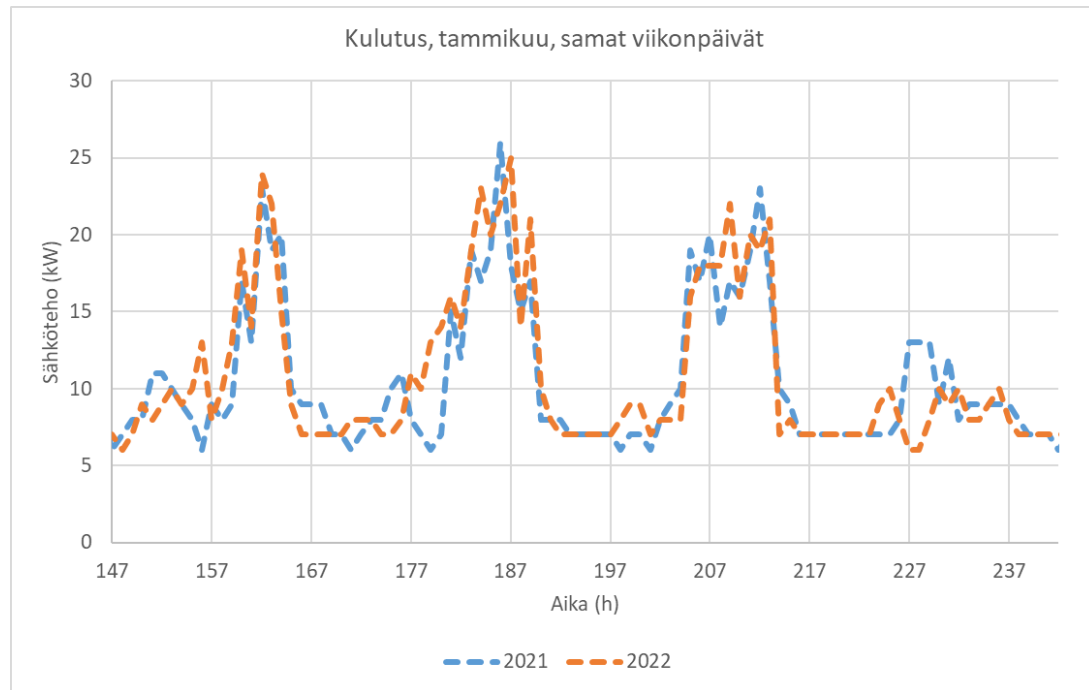


Energiatehokkuusparannuksilla voidaan puolittaa kaukolämmön kulutus ilman merkittävää sähkön kulutuksen kasvua

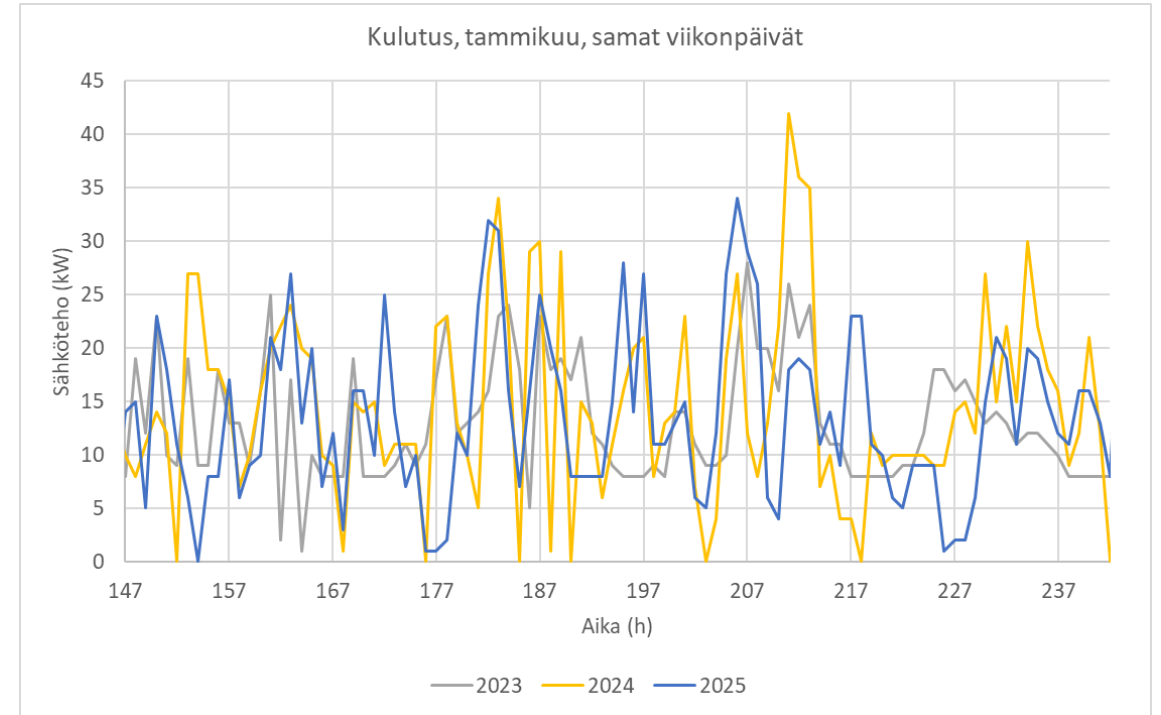
Akkusähkövarasto

- Asuinkerrostalo
 - Akkusähkövarasto
 - Aurinkosähköpaneelit
- 100 kWh energiavarasto
 - 30 kW latausteho
 - 40 kW purkuteho
- Osallistuminen sähkön reservimarkkinoille (FCR-N)
- Kulutusjousto spot-markkinalla
- Mitattu energian varastoinnin hyötysuhde 82%
- Keskimäärin 33 lataus/purkusykliä kuukaudessa

Akkujärjestelmän sähköteho vaikutukset



Sähkötehot ilman akkujärjestelmää.
Kuukausittainen huipputeho 27 kW.
Tehon keskihajonta 4,6 kW.

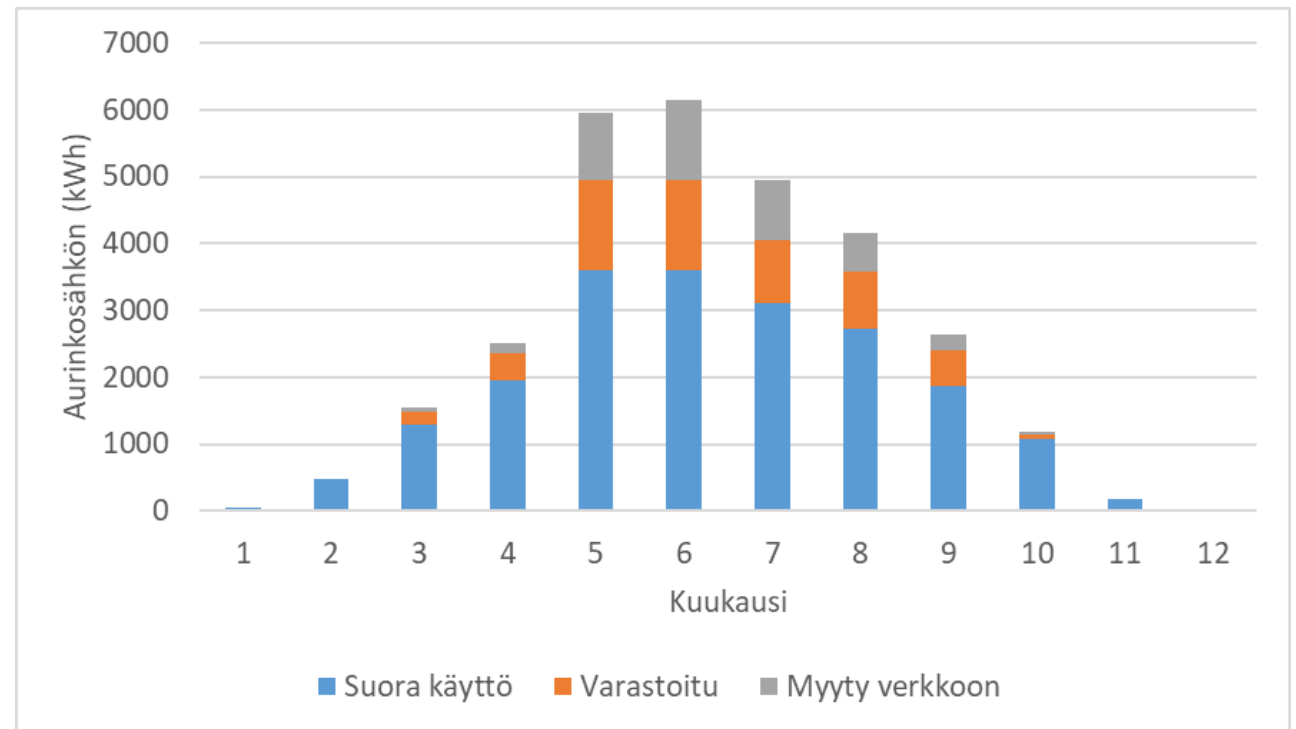


Sähkötehot akkujärjestelmän kanssa.
Kuukausittainen huipputeho 37 kW.
Tehon keskihajonta 7,0 kW.

Aurinkosähkön ja sähkövaraston yhteistoiminta

- Aurinkosähkön tuotanto on ~37% akun asennusta edeltävästä kulutuksesta

Aurinkosähkön käyttö	Osuus (%)
Tuotanto vs. kulutus	33
Suora käyttö	67
Varastoitu	19
Myyty verkkoon	14

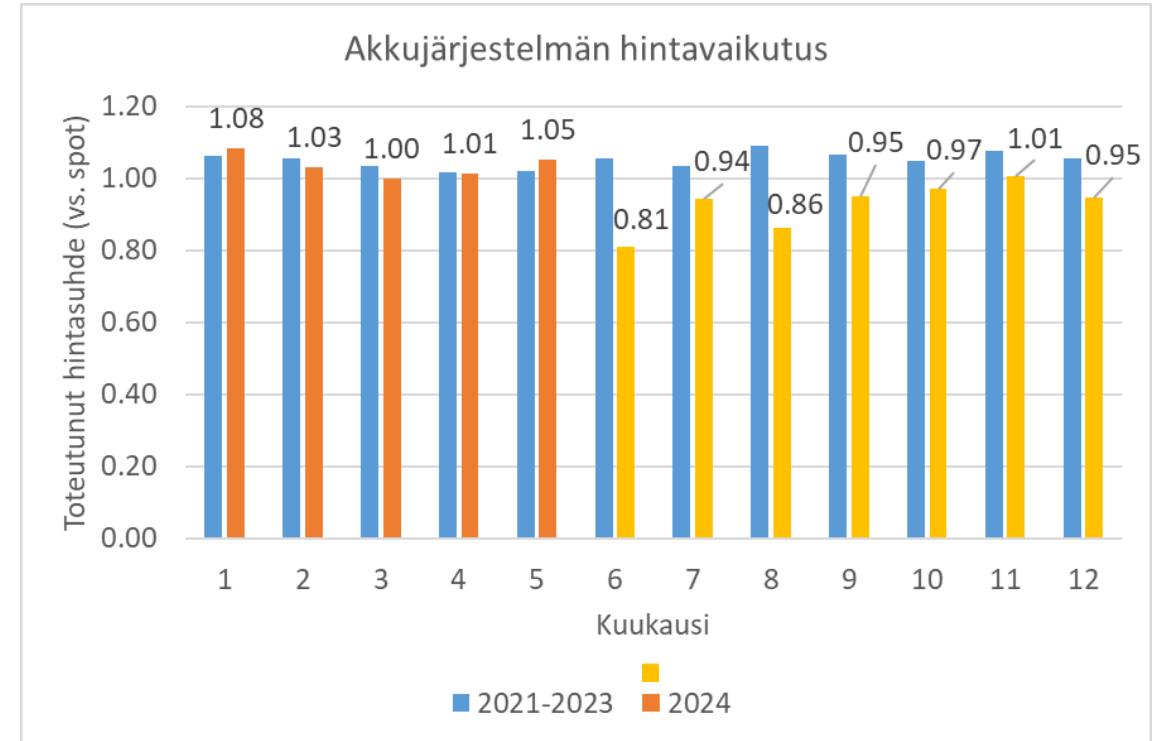


Spot-markkinan kustannusvaikutus

- Spot-markkinalla akkua käytetään päivän sisäisten hintaerojen hyödyntämiseen
- Aluksi järjestelmää käytettiin kiinteällä sähkön hinnalla, ilman spot-ohjausta
 - ”Toteutunut spot-hinta” suhteessa keskihintaan 1.05
- Kesällä 2024 otettiin käyttöön spot-ohjaus
 - Toteutunut spot-hinta suhteessa keskihintaan 0.93

→ 12% alempi keskihinta

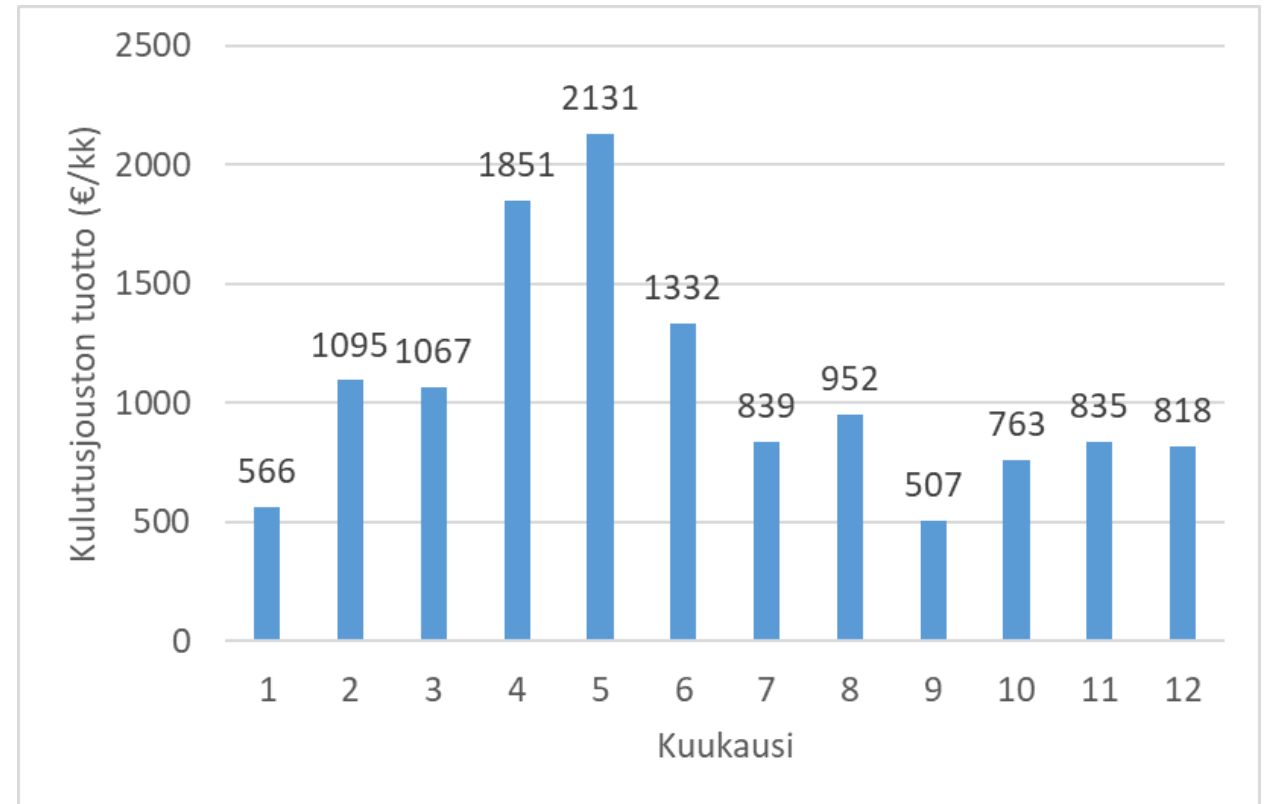
→ Kustannusvaikutus 2024 ~900€



Lataushinta 41 €/MWh vs. purkuhinta 53 €/MWh

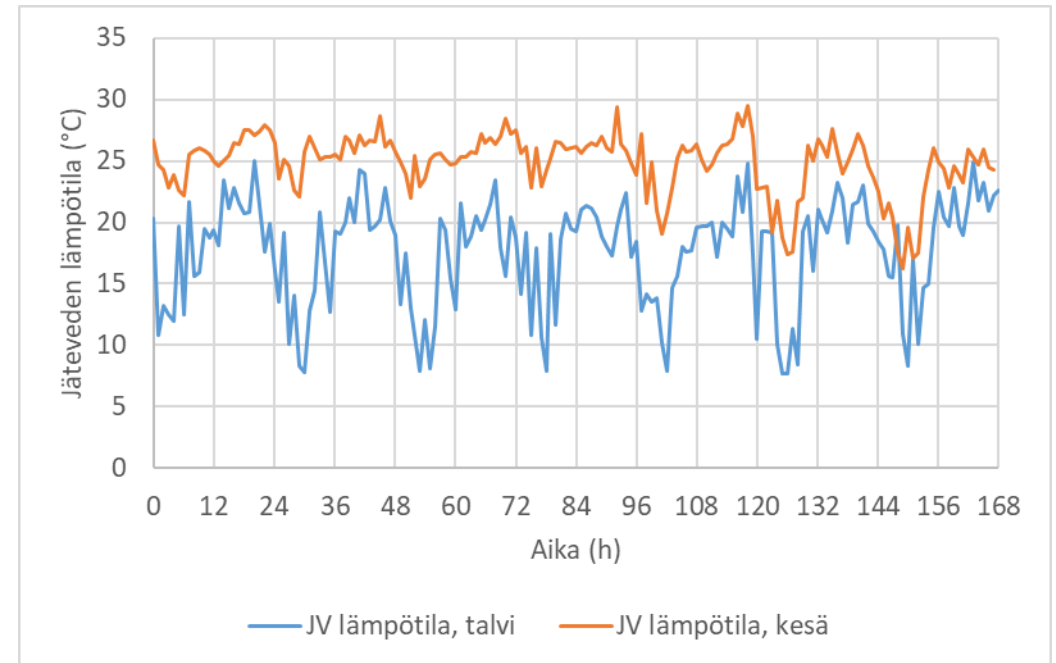
Sähköakku reservimarkkinoilla

- Reservimarkkinoilla (FCR-N) akkua käytetään verkkotoimijoiden pyynnöstä ylläpitämään verkon taajuutta
- FCR-N-markkinalla tuotot olivat selvästi spot-markkinaa suuremmat (2024)
 - Suuri vaihtelu kuukausien välillä
 - 25% tuotosta järjestelmäoperaattorille
 - Kokonaistuotto 12 800 €
 - Oma osuus 9 600 €



Jäteveden LTO-järjestelmä

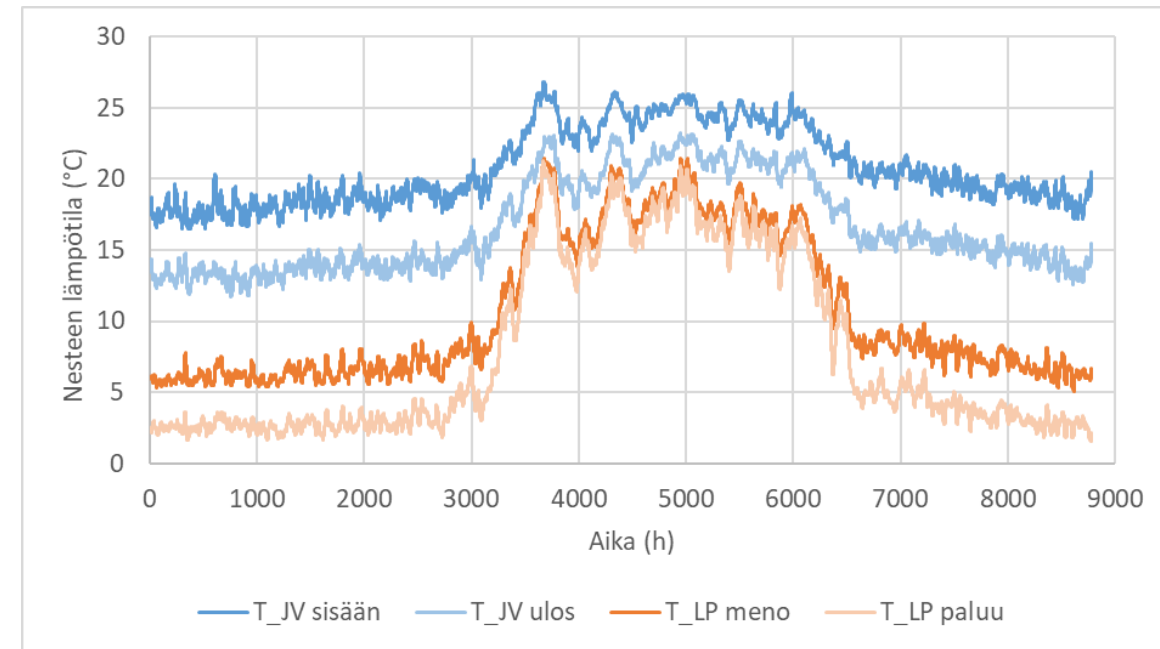
- Asuinkerrostaloon kytketty jäteveden LTO lämpöpumpulla
- Yhdessä JV-LTO-järjestelmässä virtausmittauksia ei ollut etävalvontajärjestelmässä
 - Vain lämpötilatietoja
- Toisessa järjestelmässä mitään JV-LTO-historiatietoja ei tallennettu
- Järjestelmän toimitusrajat vaikuttivat toteutettuihin mittauksiin



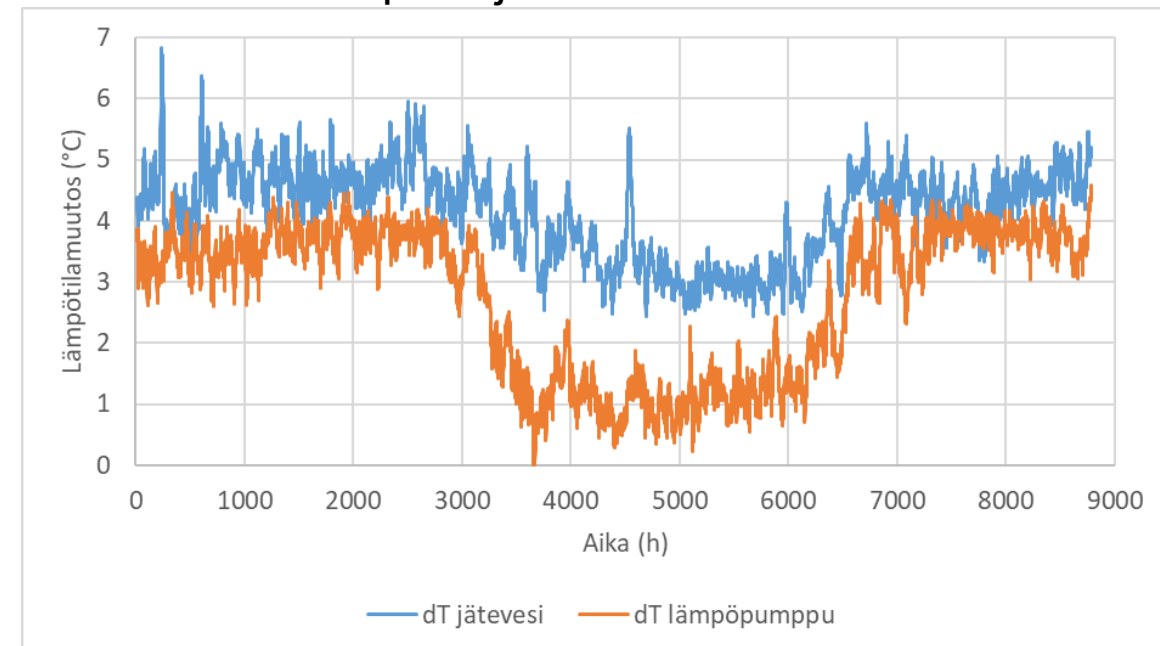
Jäteveden lämpötila talvi/kesäviikkona

Jäteveden LTO:n toiminta

- JV-lämpöpumpun keskimääräinen COP oli 5.5
- Jäteveden lämpöä ei saada täysimääräisesti hyödynnettyä



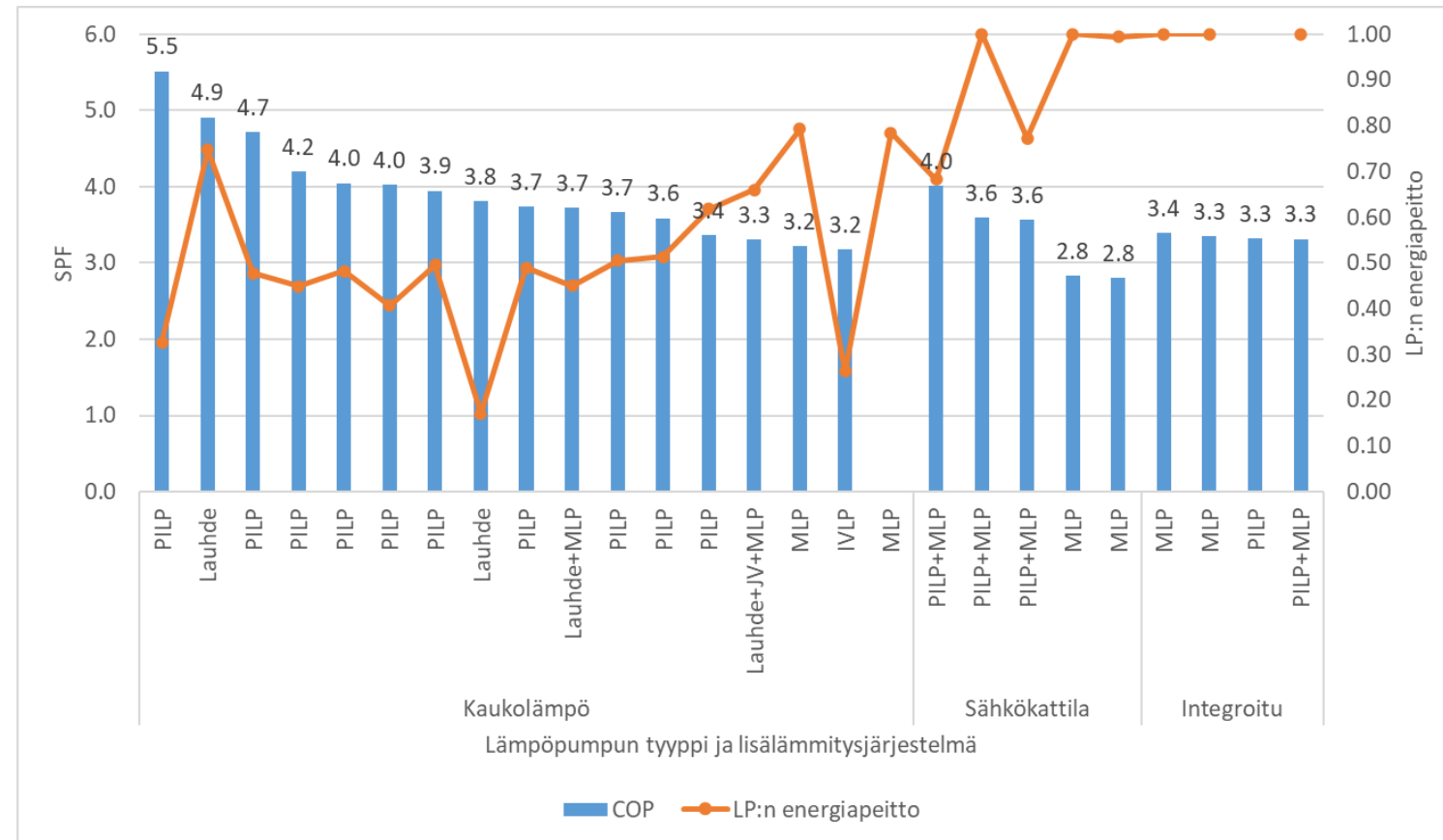
Nestelämpötilojen 24h liukuvat keskiarvot



Muuttuja	Talvi (°C)	Kesä (°C)
$T_{JV, sisään}$	18,7	24,3
$T_{JV, ulos}$	14,1	21,0
ΔT_{JV}	4,6	3,3
$T_{LP, meno}$	6,8	17,5
$T_{LP, paluu}$	3,1	16,3
ΔT_{LP}	3,7	1,2

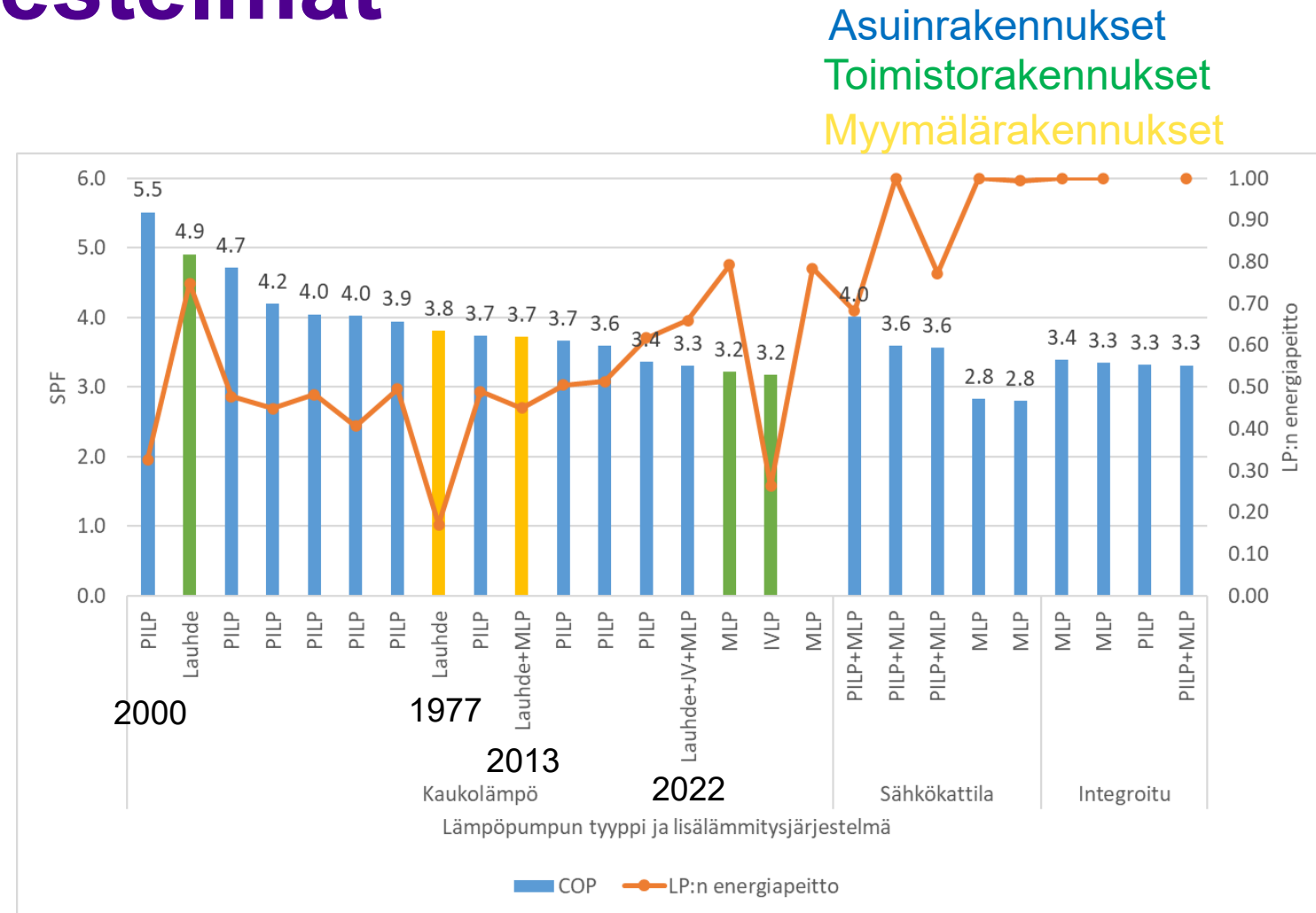
Lämpöpumppujärjestelmät

- Merkittävää vaihtelua samankaltaisten järjestelmien lämpökertoimissa

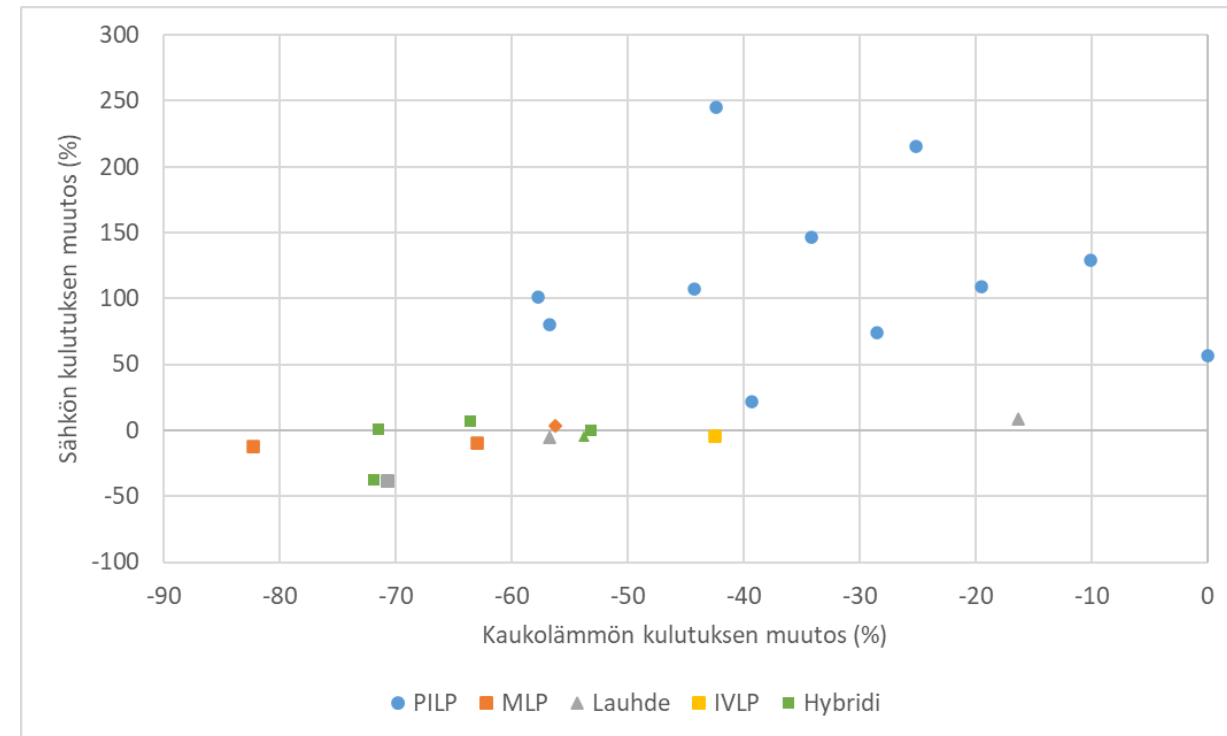
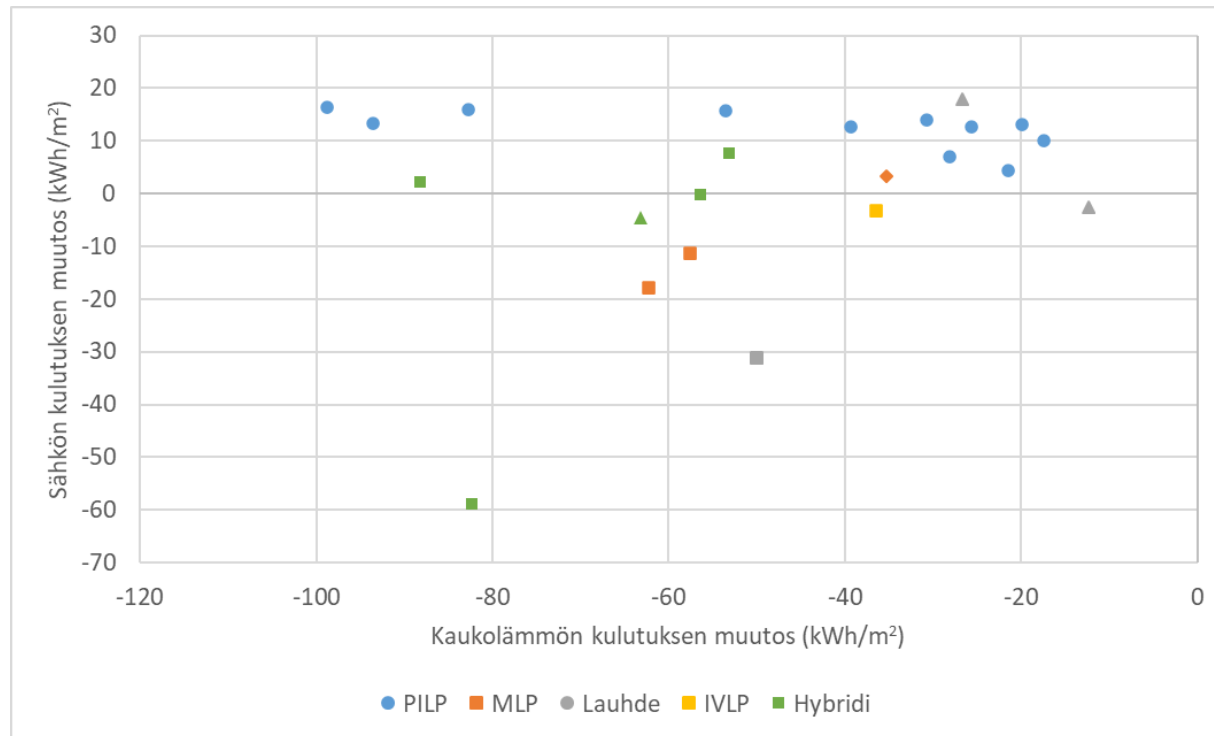


Lämpöpumppujärjestelmät

- Merkittävää vaihtelua samankaltaistenkin järjestelmien lämpökertoimissa
- Rakennuksen tyyppi tai rakentamisvuosi ei ole määräävä tekijä



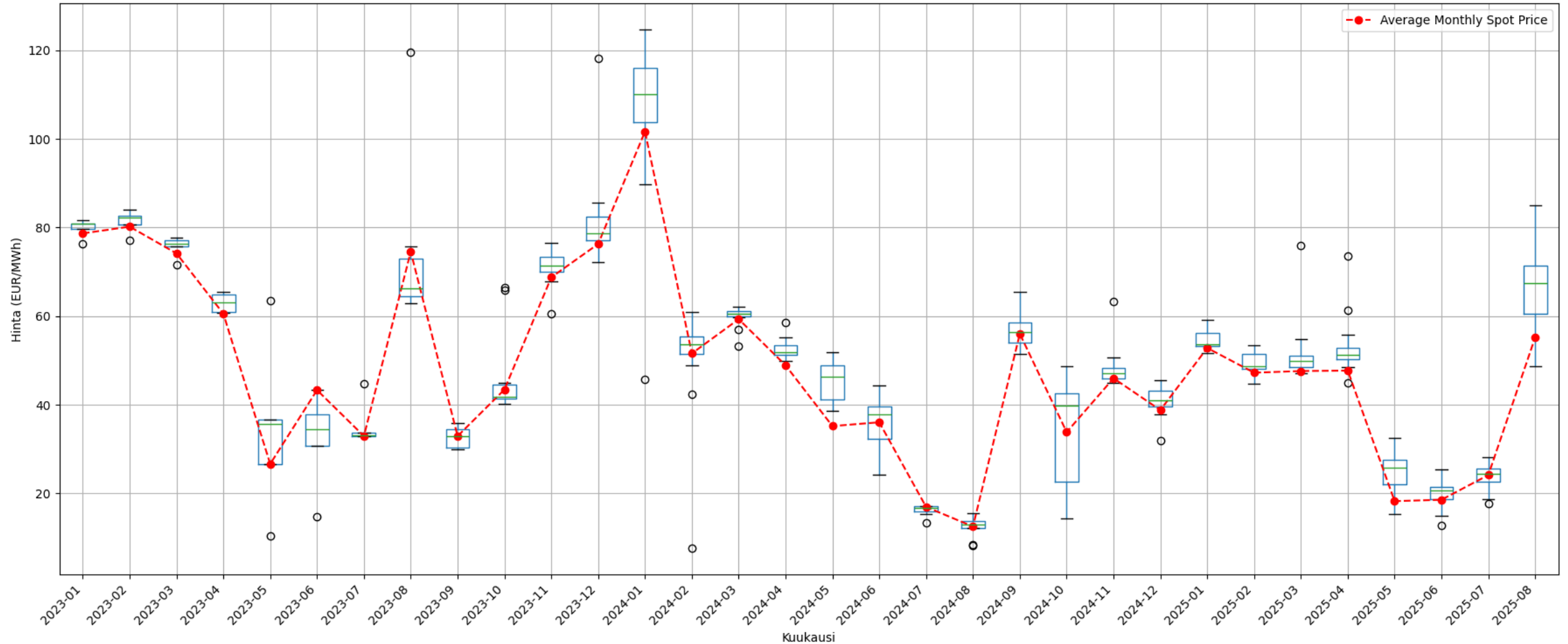
Lämpöpumpun ja energiaremontin vaikutus kaukolämmön ja sähkön kulutukseen



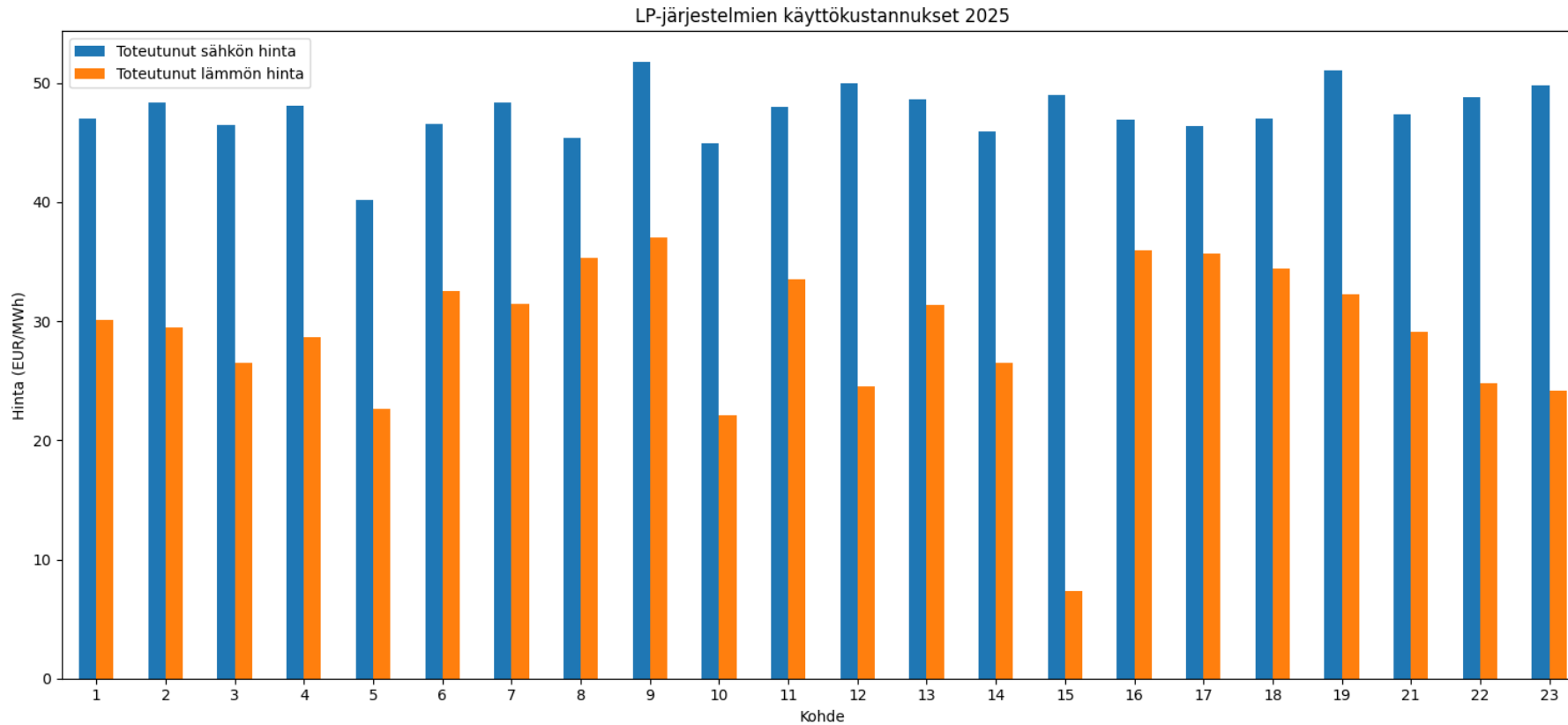
Ympyrä: Asuinrakennus
 Neliö: Toimistorakennus
 Kolmio: Myymälärakennus
 Timantti: Teollisuuskohde

LP-järjestelmien käyttökustannus

Lämpöpumppujärjestelmien toteutuneiden sähkönhintojen jakauma vs. keskimääräinen spot-hinta



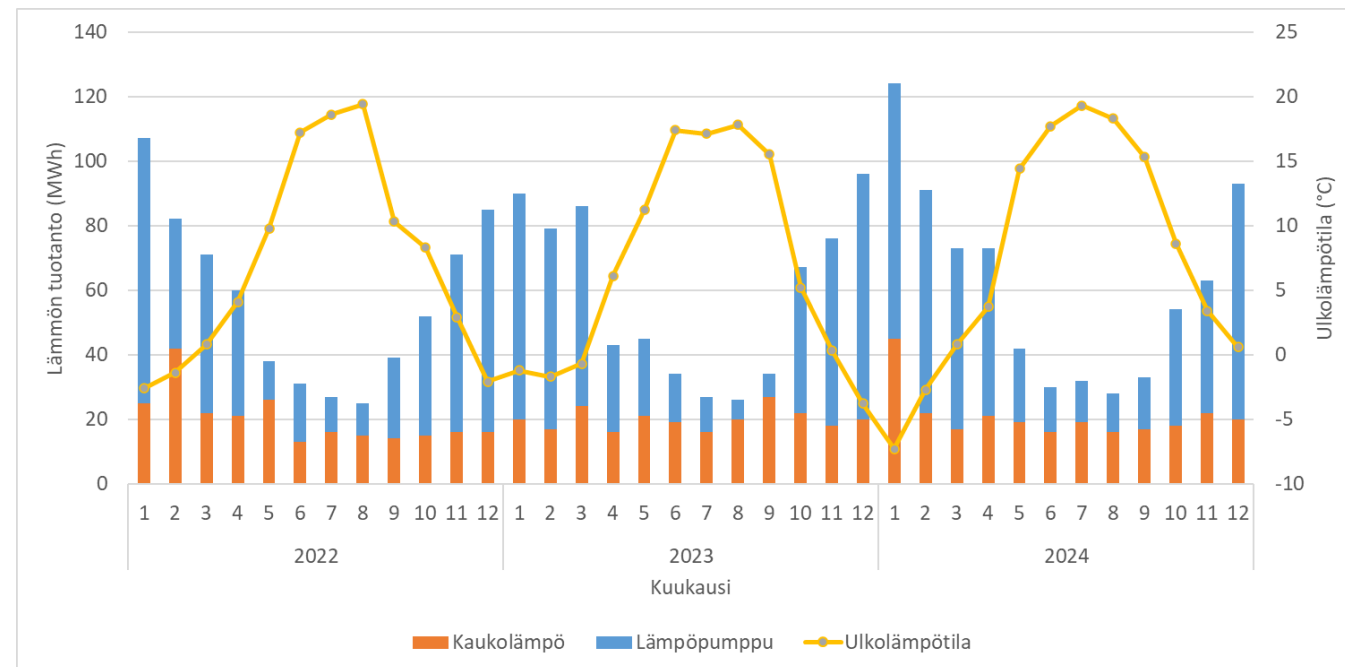
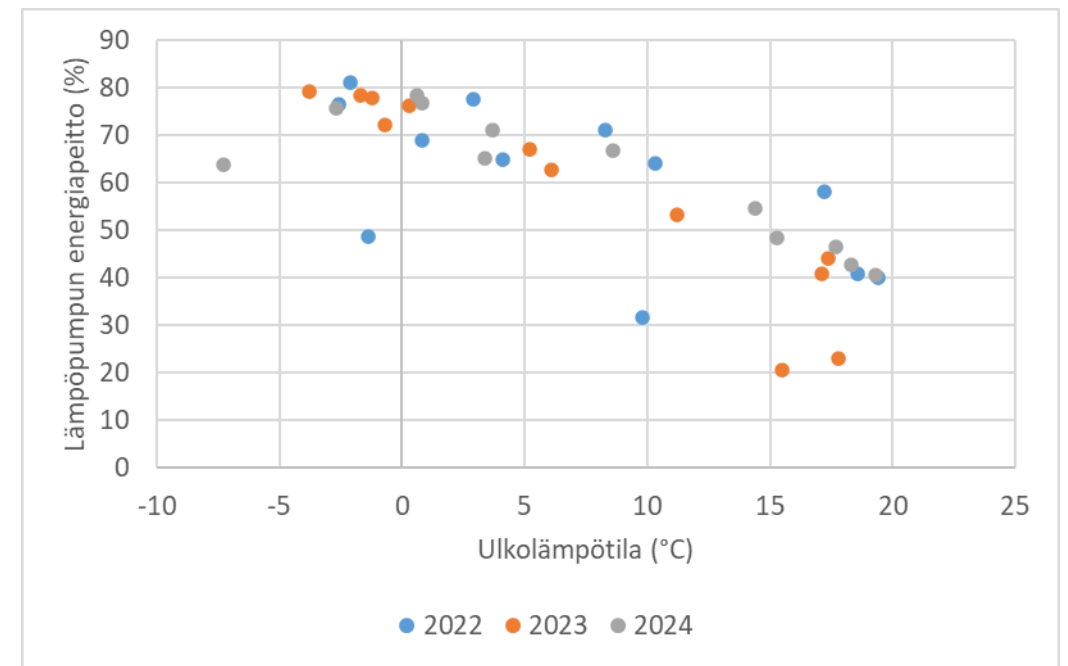
LP-järjestelmien käyttökustannus 2025



- Toteutunut sähkön hinta 3 – 29% suurempi kuin spot-sähkön keskihinta
- Toteutunut lämmön hinta 24 – 37 €/MWh
- Kaukolämmön hinta 2025 (Helen)
 - Kesäkuu 35 €/MWh
 - Tammikuu 97 €/MWh

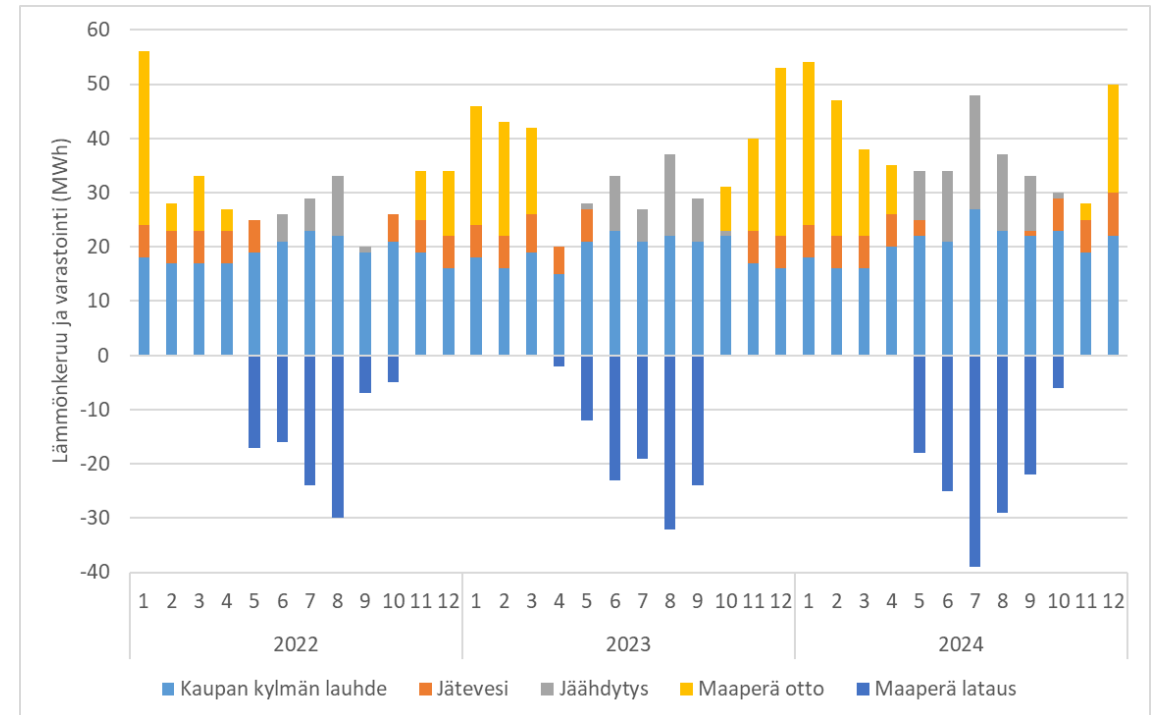
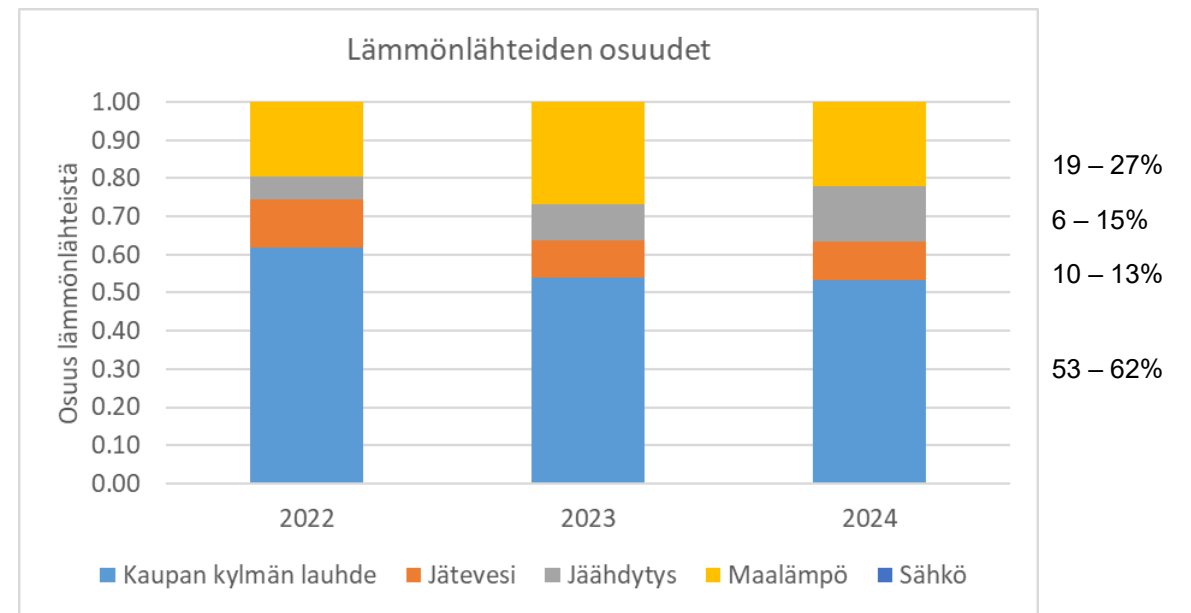
Hybridilämpöpumppu-järjestelmä

- Asuinkerrostalo Helsingissä
 - Lämpöpumppu + kaukolämpö
- Hyödyntää useita lämmönlähteitä
 - Kaupan kylmä
 - Tilojen jäähdytys
 - Jätevesi
 - Maalämpö
- Kaukolämpö tuottaa perustehoa ympäri vuoden ja auttaa huipputehotilanteissa
 - Lämpöpumpun osuus 66% vuositasolla



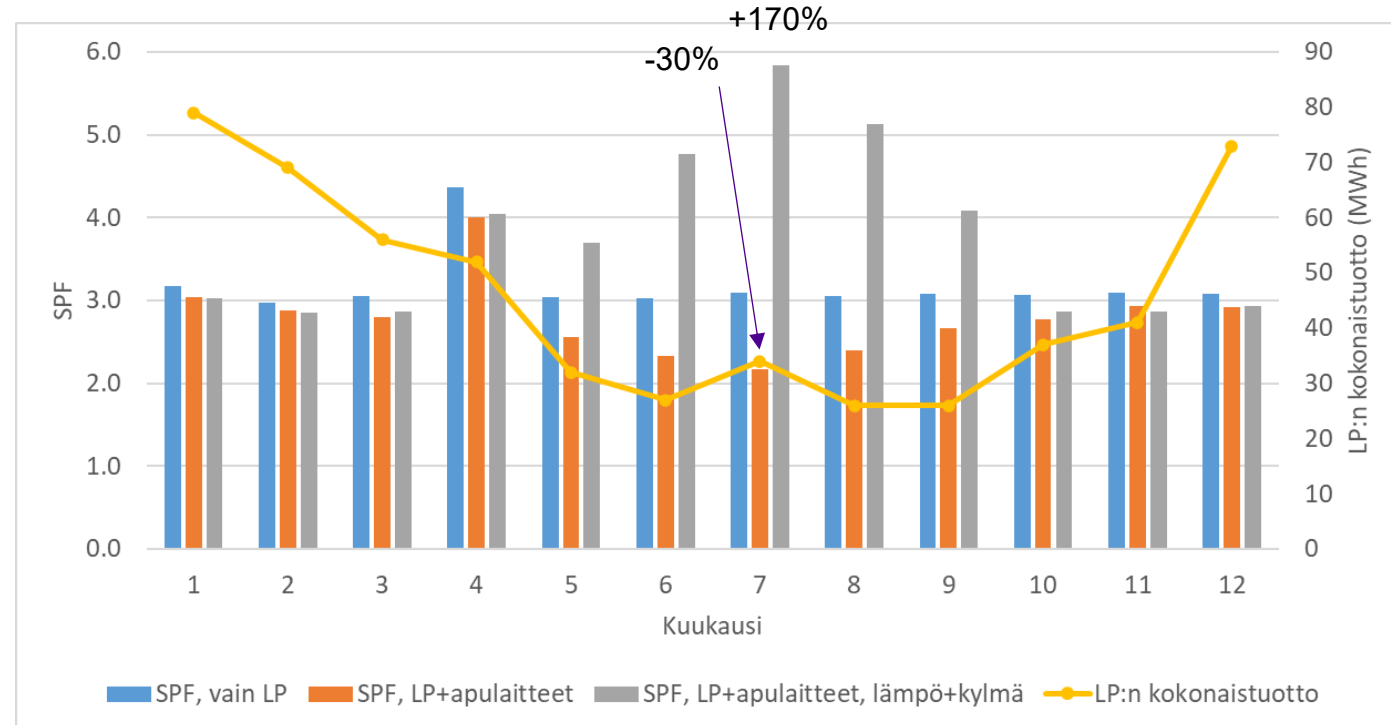
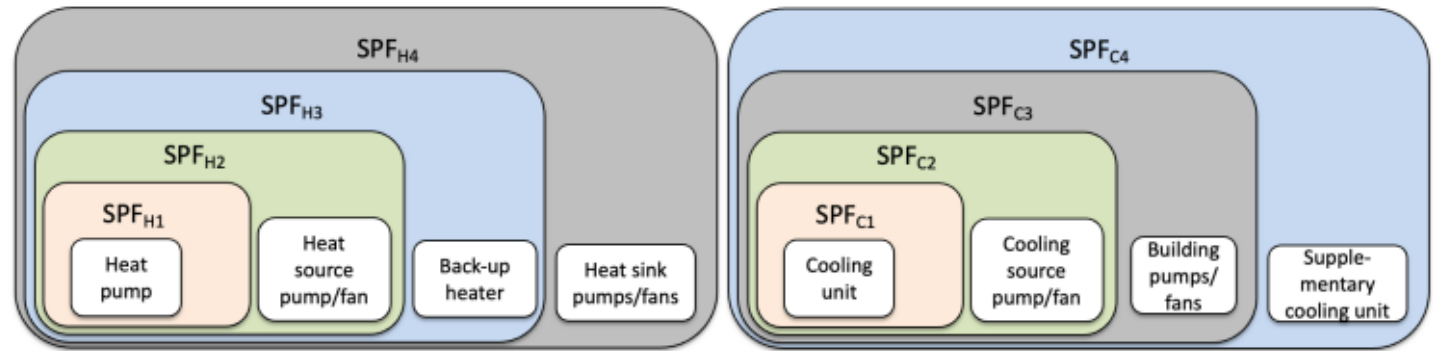
Lämpöpumpun lämmönlähteet

- Ylimääräinen lämpö ladataan energiakaivoihin
 - Noin 1/3 kerätystä lämmöstä kausivarastoitu
 - Maalämpöä käytetään vain lämmityskaudella
 - Ladattu maahan noin 130% puretusta energiasta
 - Hyvä lämmityskäytölle
 - Jäähdytyksen suhteen tulee seurata lämpötilakehitystä
 - Jo 40% lataus voi taata vakaan lämpötilan*



Lämpöpumppujen lämpökertoimet (COP, SPF)

- Lämpöpumppujärjestelmän lämpökerroin riippuu laskennassa huomioitavista komponenteista
 - Lämpöpumppu
 - Apulaitteet (pumput)
 - Lämmön ja kylmän yhteistuotanto
 - Lisälämpö (sähkökattila)
- Erityisesti pienellä kulutuksella apulaitteiden huomiointi vaikuttaa merkittävästi lämpökertoimeen



Haasteita mittausdatan keräämisessä

- Ei pääsyä dataan
 - Hybridijärjestelmiä suunnittelevat konsulttiyhtiöt eivät lähtökohtaisesti ole mukana ylläpitovaiheessa eikä heillä ole käytössään käyttövaiheen dataa
 - Jopa järjestelmäoperaattorit raportoivat, että historiatietojen koostaminen on työlästä
- Ei-standardoitu data
 - Julkisissa tietokannoissa on pyritty esittämään energiaremonttien vaikutuksia, mutta järjestelmäkuvaukset ovat usein kvalitatiivisia eikä vaikutuksia ole esitetty vertailukelpoisina lukuina
 - Suljetutkaan tietokannat eivät sisällä tietoa järjestelmän ominaisuuksista
- Datan resoluution haasteet
 - Dataa tallennetaan vain matalalla resoluutiolla
 - Korkean resoluution data voi täyttää tietokannan nopeasti
- Mittausongelmat
 - Ei kaikkia tarpeellisia mittareita
 - Mittarit asennettu, mutta trenditietoja ei kerätä
 - Katkot mittausdatan keruussa
 - Kesto tunneista kuukausiin
 - Selvästi virheelliset lukemat

Energia raportointi - KPI

Energiankulutus	MWh	kWh/m2
Sähkö	167	
Lämpö	736	
Jäähdytys	68	

Energiakustannus	€/MWh	% spot-keskiarvosta
Sähköenergian keskihinta	49	126
Tuotetun lämmön hinta	16,4	
Tuotetun jäähdytyksen hinta		

Lämmöntuotanto	MWh	kWh/m2	%
Kaukolämpö	252		34
Lämpöpumppu	484		66
Sähkökattila	0		

Jäähdytys	MWh	kWh/m2	%
Lämpöpumppu	68		100
VJK	0		

Lämpöpumpun lämmönlähteet ja kerätty energia	MWh	%
Tilojen jäähdytys	68	14.5
Muu lauhde	249	53.2
Poistoilma		
Jätevesi	48	10.3
Maalämpö	103	22.0
Maapiirin lataus	139	135.0

LP:n energiatehokkuus	Lämmitys	Jäähdytys	Yhteistuotanto	LP:n käyttötapa		
SPF ₁ : LP	3.2		3.6	Huipunkäyttöaika		h
SPF ₂ : LP + apulaitteet	2.9	9.3	3.3	Käynnistymisten määrä		1/vrk
SPF ₃ : LP + apulaitteet + lisälämpö	2.9		3.3			

Lämpötila-alueiden vaikutus	<-20 °C	-19 °C...-15 °C	-14 °C...-10 °C	-9 °C...-5 °C	-5 °C...0 °C	0 °C...10 °C	>10 °C
Energiapeitto				64	76	72	47
SPF ₂				3.03	2.88	3.05	4.53

Maapiirin lämpötilat	°C
Ylin vuorokausikeskiarvo	
Alin vuorokausikeskiarvo	

Aurinkosähkö		
Tuotanto	12	MWh
Osuus kulutuksesta	7	%
Oman käytön osuus	90	%
Tuotannon arvo (spot)	49	€/MWh
Tuotannon arvo (yht.)	107	€/MWh

Energiavarastot	Hyötysuhde (%)	Purkusykli (1/kk)	Lataushinta (€/MWh)	Purkuhinta (€/MWh)
Sähkövarasto	82	33	40,9	53,3
Lämpövarasto				

Johtopäätökset

- Energiaremontit ovat tehokkaita
 - Yhdistämällä muita toimenpiteitä lämpöpumppuasennuksiin, voidaan puolittaa kaukolämmön kulutus ilman sähkön tarpeen kasvu
- Sähkövarastoilla hyvä tuottopotentiaali taajuusreservissä
- Lämpöpumppujärjestelmien energiatehokkuus vaihtelee paljon
 - Tarkka toiminnan selvitys vaatii järjestelmäkohtaisia mittauksia
 - Standardoitu analyysi helpottaisi järjestelmien välistä vertailua
 - Käytetty sähkö keskihintaa kalliimpaa
- Energiajärjestelmien mittausten ja analyysien kehittäminen tarpeen
 - Maalämpökentän lämpötase
 - Pitkäaikaisen käytön kestävyys
 - Energiantuotannon kustannustehokkuus
 - Erityisesti älykkäille ohjausjärjestelmille
 - Järjestelmien ominaisuudet näkyviin
 - Parempi vertailukelpoisuus
 - Mittauskatkojen automaattinen tunnistaminen
 - Automaattinen virheenkorjaus tuntidataan
- Standardoitu tietokanta järjestelmien vaikutuksista investointien tueksi

Tutkimussprintti 9

Taksonomia, kestävän rahoituksen säännöt ja EU-rahoitus
kiinteistöjen energiainvestoinneissa

Mika Lehtimäki

Mika Lehtimäki

- **Koulutus**
University of Oxford, DPhil
University of Oxford, M.Jur, M.St.
University of Helsinki, OTM
- **Työkokemus**
Asianajotoimisto Dittmar & Indrenius
Asianajotoimisto Castrén & Snellman
Asianajotoimisto TRUST
StratXcel Ltd

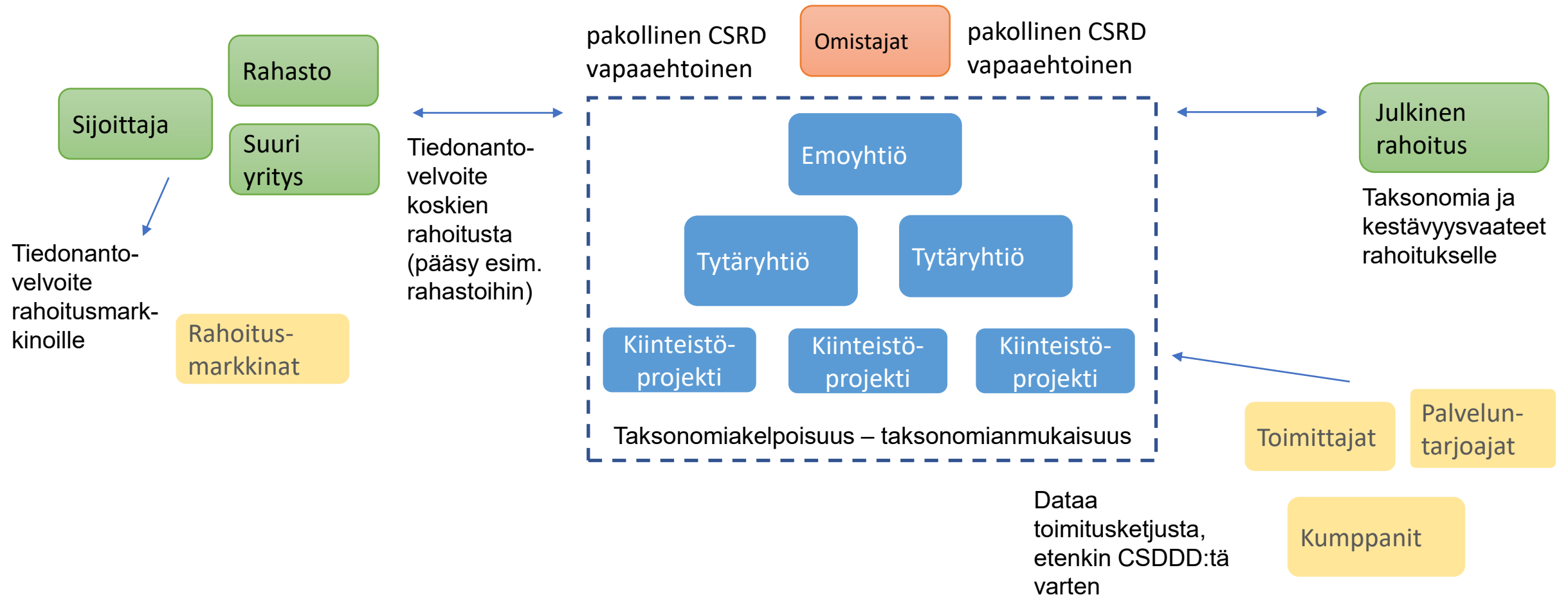
Olen työskennellyt pitkään yritysjuridiikan neuvonantajana pankki- ja rahoitusoikeuden sekä yritysjärjestelyjen parissa. Olen viettänyt useita vuosia tutkijana Oxfordin yliopistossa ja Singaporen kansallisessa yliopistossa, kirjoittaen julkaisuja oikeustieteen, taloustieteen ja peliteorian aloilta.

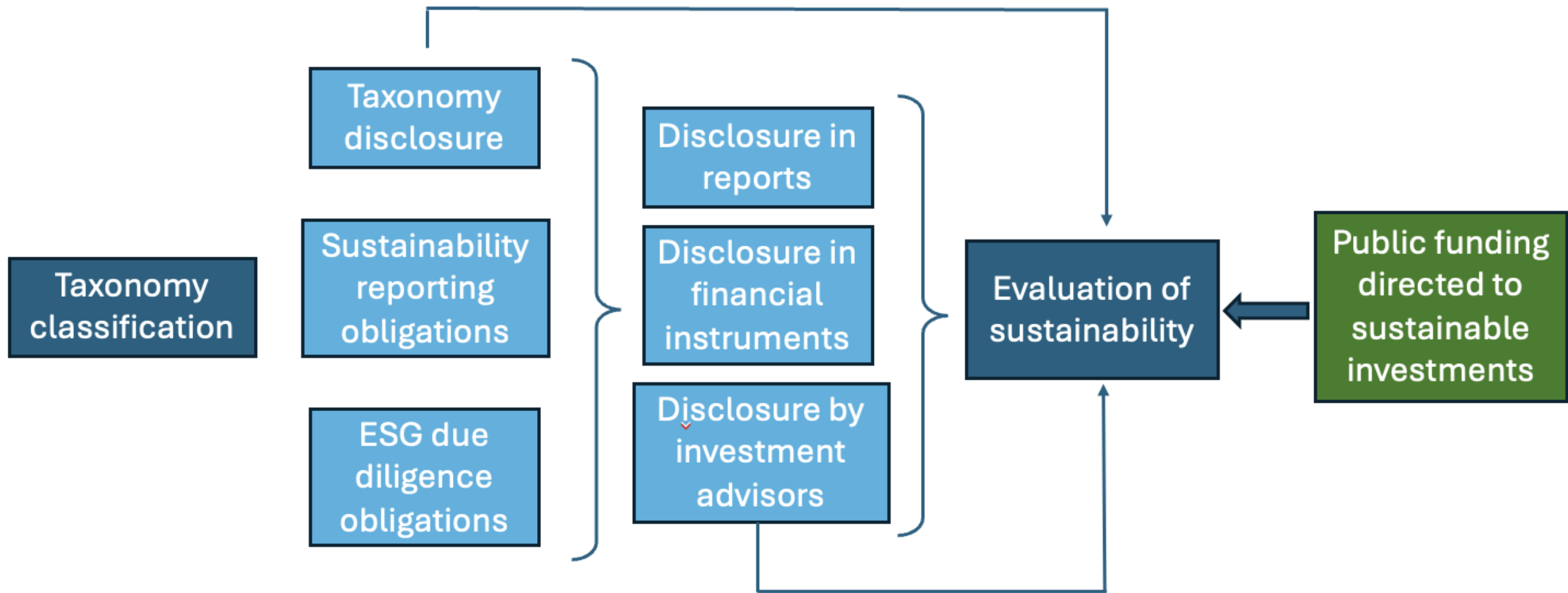
Kehitän ja tutkin tällä hetkellä peliteoreettisia algoritmeja ja koneoppimista rahoituksen ja oikeustieteen sovellusalueilla. Toimin myös tutkijatohtorina Tampereen yliopiston rakennetun ympäristön tiedekunnassa painopisteenä kiinteistörahoitus ja -sijoittaminen.



Taxonomy, sustainable finance rules and EU funding in real estate energy investments

Introduction.....	1
Taxonomy Regulation and the disclosure rules.....	2
Main Aspects of the taxonomy regulation and disclosure.....	2
More specific energy-related classifications applying to real estate	4
Example 1: Construction and real estate – construction of new buildings - substantial contribution to climate change mitigation.....	4
Example 2: Construction and real estate – Installation, maintenance and repair of energy efficiency equipment - substantial contribution to climate change mitigation.....	5
General disclosure and obligations	6
Relevant disclosure and obligations under the CSRD	6
Relevant obligations by under the CSDDD	7
Disclosure by the investment firms and banks	8
Summary of the Key Disclosure Obligations	9
Structure of the EU Sustainable Finance Legislation	10
Changes due to the Omnibus-proposal	11
Public funding schemes in the EU and in Finland.....	12
Budget funding and Finnish special institutions.....	12
EU funding schemes for energy efficiency investments in real estate	12
Conclusions.....	19





Kestävän rahoituksen sääntely ja rahoitus – huomioita HybE-hankkeen perusteella

Säätelyn perusteista

- EU:n taksonomia-asetuksessa ja delegoiduissa asetuksissa säädetään keskeisestä lainsäädännöstä toimintojen luokittelua varten ja millaisia energiatehokkuustoimenpiteitä ja -investointeja voidaan pitää EU-lainsäädännön mukaan kestävinä.
- Luokittelujärjestelmä muodostaa myös perustan kestävää rahoitusta koskevien tietojen antamista koskevan asetuksen mukaisille tiedonantovelvollisuuksille sekä sijoituspalveluyrityksiin sovellettaville menettely- ja julkistamissäännöille.
- Se vaikuttaa myös yritysten kestävyysraportointidirektiivin ja yritysten kestävän toiminnan huolellisuusvelvollisuusdirektiivin asettamiin laajempiin velvoitteisiin ja julkistamisen sisältöön.

Miksi kestävän liiketoiminnan sääntelystä on hyötyä?

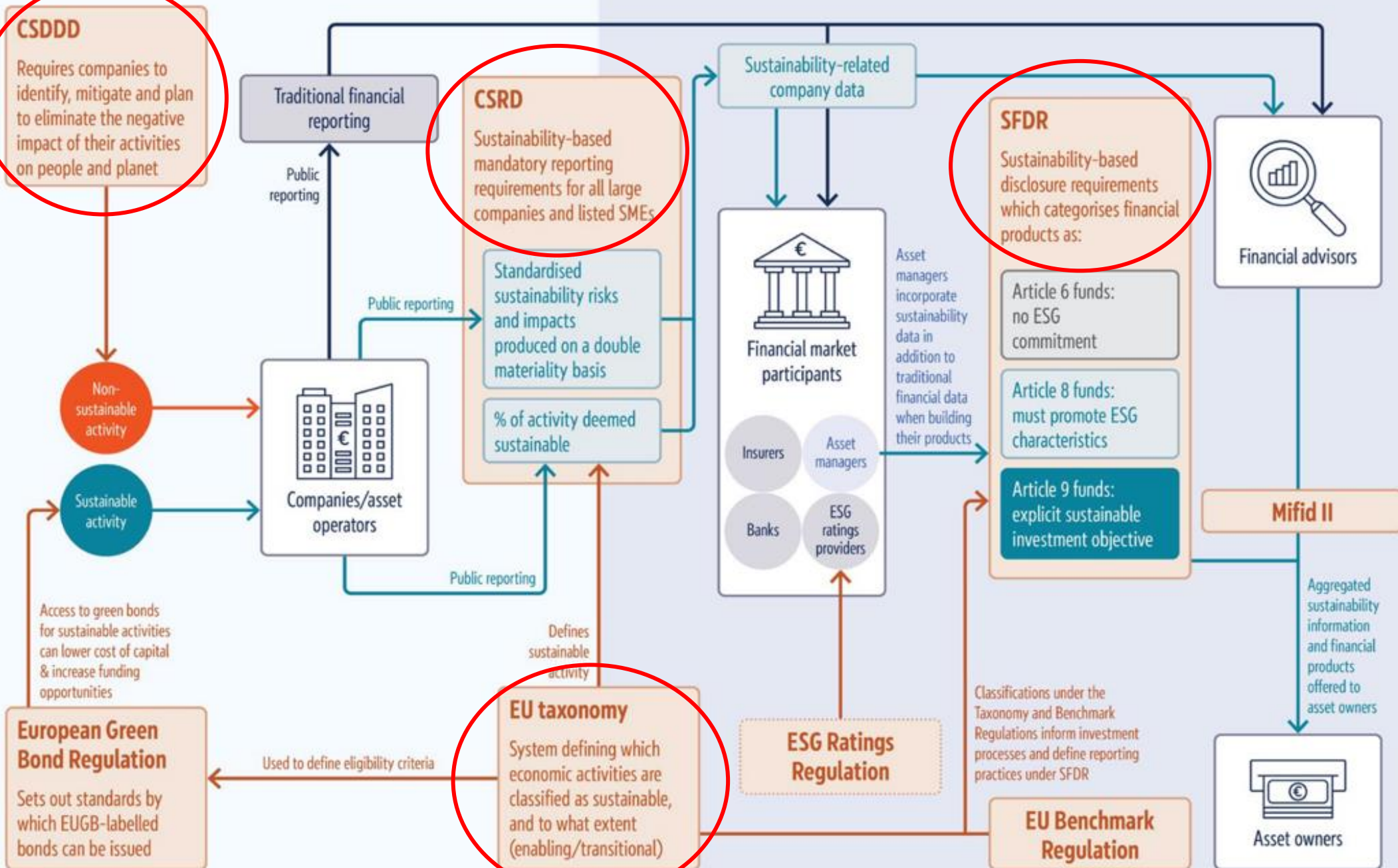
- Suuri osa kestävän taloudellisen toiminnan ja rahoituksen sääntelystä on monille yrityksille vapaaehtoista
- Sääntelyllä on kuitenkin ainakin välillisiä vaikutuksia kaikkiin yrityksiin
- Mahdollinen pääsy korkeamman katteen hankkeisiin ja useisiin EU:n julkisen rahoituksen instrumentteihin → suuri osa EU:n rahoitusmekanismeista on rakennettu kestävän liiketoiminnan noudattamisen pohjalle
- ESG-sääntelyn noudattaminen voi olla välttämätöntä, koska sijoittajien, rahastojen ja pankkien on noudatettava näitä velvoitteita ja tiedettävä vastaavat asiat sijoituskohteistaan
- Pääomarahastojen tulee tehdä sijoituskohteistaan ja -salkuistaan ESG-DD ja antaa niiden perusteella mm. kattava raportointi sijoittajilleen

Säätelyn kattavuus ja vaikutukset

- Kun tarkastellaan investointeja energiatehokkuustoimenpiteisiin ja kiinteistötoimintaan, taksonomia ja siihen liittyvät tiedonantosäännöt vaikuttavat kahdella tavalla.
- Ensinnäkin ne luovat perustan sille, että yksityisille markkinoille tiedotetaan, mitä toimintaa voidaan pitää kestäväenä ja millä tasolla. Tämä on yksityisten **markkinoiden ohjausvaikutus**.
- Toiseksi säännöt muodostavat perustan tietyn julkisen rahoituksen, takuiden ja tuen saamiselle EU:n tasolla sekä kansallisella ja paikallisella tasolla. Tämä on **julkisen rahoituksen saatavuusvaikutus**.
- Sen vuoksi luokitusjärjestelmään perustuvat ja yhdenmukaistetut investoinnit kiinteistöjen energiatehokkuuteen voivat parantaa sekä yksityisten että julkisten rahoitusvälineiden saatavuutta, jotka helpottavat tällaisia investointeja ja tekevät niistä hyödyllisempiä sekä omistajille, rakennuttajille että sijoittajille.
- Kiinteistöliiketoiminnassa olennaiset luvut määritellään **hankekohtaisesti**. Tämä tarkoittaa myös sitä, että erikseen rahoitettavien osien "lohkominen" esimerkiksi vihreiden joukkovelkakirjojen tai vihreiden lainojen avulla tällaisiin hankkeisiin tulee mahdolliseksi.

Real economy

Financial markets



Kestävän liiketoiminnan ja rahoituksen sääntelystä

Taksonomia-asetus

- Mitä taloudellista toimintaa pidetään ympäristön kannalta kestäväenä
- Käytetään EU-lainsäädännössä apuna määrittelemään toiminnan luonne mm. EU tuissa ja rahoituksessa
- Rahoitustuotteet: 'vihreät', 'vaaleanvihreät' ja 'muut'
- Kuusi kestävyystavoitetta. Ensimmäiset, eli ilmastonmuutoksen hillinnän ja siihen sopeutumisen merkittävä edistäminen voimaan 2022
- Kestävä toiminta: A) edistää ainakin yhtä tavoitetta, B) ei olennaista haittaa muulle tavoitteelle, C) täyttää vähimmäistason (sosiaaliset) vaatimukset, ja D) on teknisten arviointikriteerien mukainen.
- EU on kehittänyt arviointia varten 'Taksonomiakompassin', esimerkki: Uudisrakentaminen ja raportointivaatimukset
- Asetus asettaa myös velvoitteita pörssiyrityksille, luottolaitoksille ja vakuutusyhtiöille (muille vapaaehtoisista...jollei CSRD:n piirissä)
- muut kuin rahoitusalan yritykset: ympäristöllisesti kestävä toiminnan osuus liikevaihdosta, pääomamenoista sekä toimintamenoista + näihin liittyvät suunnitelmat + toiminnoittain, tavoitteiden saavuttaminen ja mahdollistavat toimet



Taksonomia – Article 8

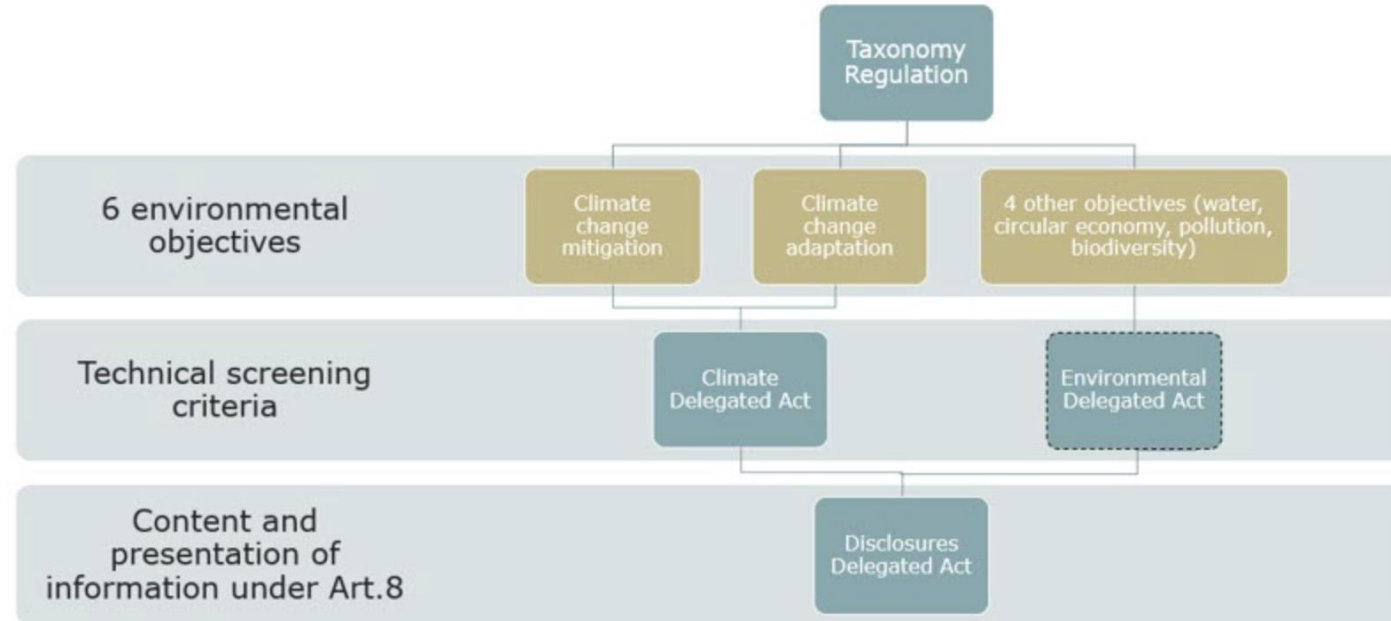
1. Yritys, jolla on velvollisuus julkistaa muita kuin taloudellisia tietoja ... sisällytettävä muita kuin taloudellisia tietoja koskevaan selvitykseensä tai konserniin muita kuin taloudellisia tietoja koskeva selvitys siitä, miten ja missä määrin yrityksen toiminta liittyy taloudelliseen toimintaan, jota voidaan pitää ympäristön kannalta merkityksellisenä ...

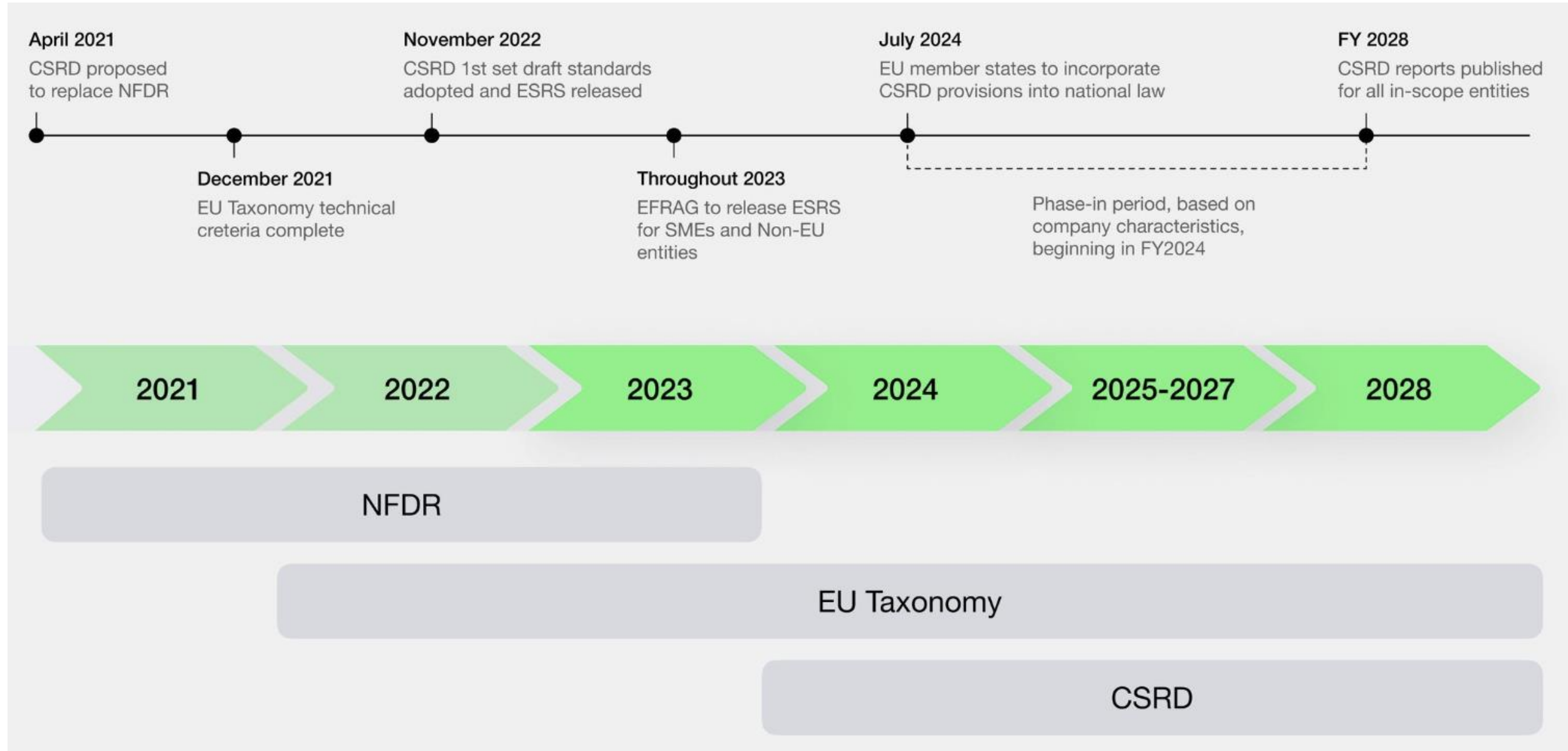
2. Muiden kuin rahoitusalan yritysten on julkistettava erityisesti seuraavat tiedot:

a) niiden osuus liikevaihdosta, joka on peräisin ympäristön kannalta kestäviksi katsottaviin taloudellisiin toimintoihin liittyvistä tuotteista tai palveluista – –; ja

b) niiden pääomamenojen ja toimintamenojen osuus taloudelliseen toimintaan liittyviin omaisuuseriin tai prosesseihin, joita pidetään ympäristön kannalta kestävinä 3 ja 9 artiklan nojalla.

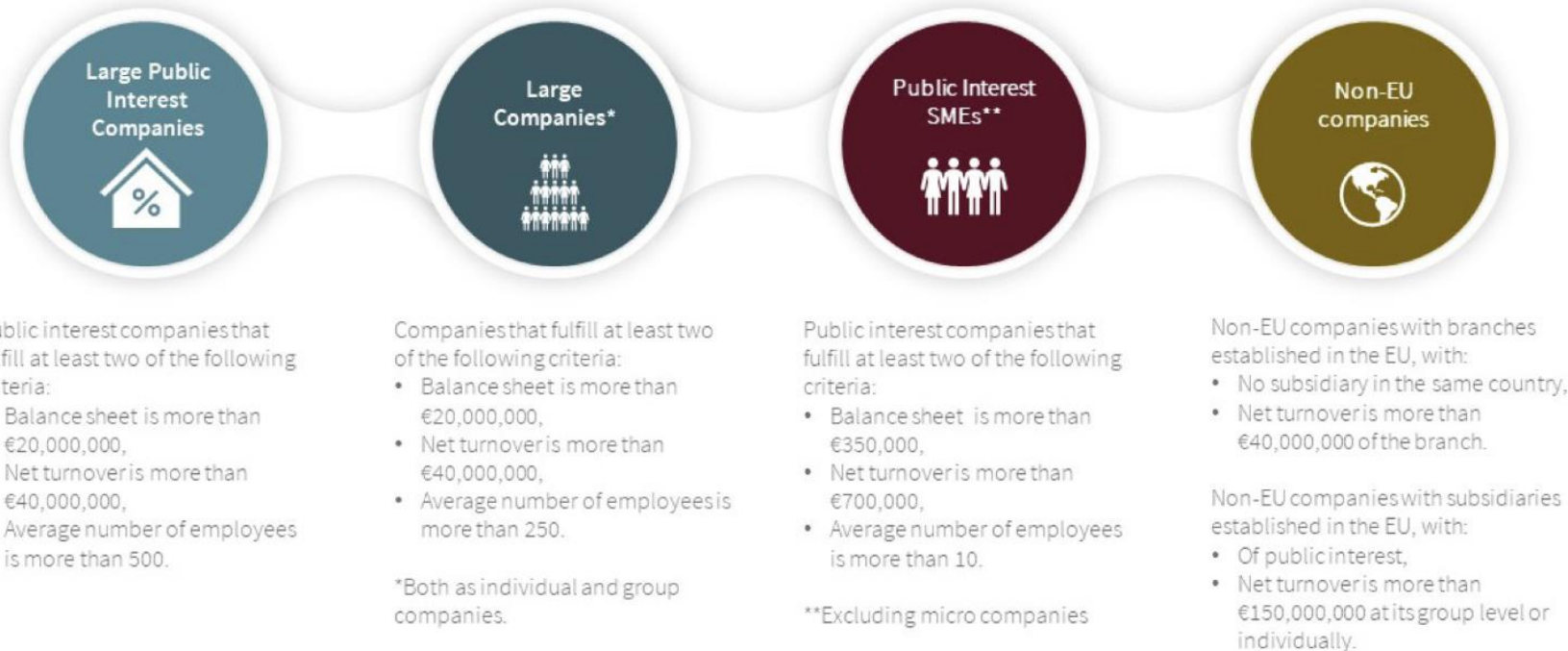
Erityissäännöt: Komission delegoitu asetus (EU) 2021/2178





CSRD

- Ensimmäisten yritysten on sovellettava uusia sääntöjä ensimmäistä kertaa tilikaudella 2024 vuonna 2025 julkaistavien raporttien osalta. Vuoden 2025 ‘Omnibusdirektiivillä’ (julkistettu raportin laatimisen jälkeen) lykättiin keskisuurten yritysten velvoitteita kahdella vuodella ja tehtiin osasta julkistamista vapaaehtoista.
- Yritysten on raportoitava eurooppalaisten kestävyysraportointistandardien (ESRS) mukaisesti. CSRD edellyttää myös varmuutta yritysten raportoimista kestävyystiedoista ja tarjoaa kestävyystietojen digitaalista luokitusta varten (digitaalinen, koneellisesti luettava, merkitty).
- Raportti on tarkastettava auktorisoidun asiantuntijan toimesta.



2023/2772

22.12.2023

COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) 2023/2772

of 31 July 2023

**supplementing Directive 2013/34/EU of the European Parliament and of the Council as regards
sustainability reporting standards**

(Text with EEA relevance)

ANNEX I

European sustainability reporting standards (ESRS)

General obligations	{	ESRS 1	General requirements
		ESRS 2	General disclosures
Environmental obligations	{	ESRS E1	Climate change
		ESRS E2	Pollution
		ESRS E3	Water and marine resources
		ESRS E4	Biodiversity and ecosystems
		ESRS E5	Resource use and circular economy
Social and governance obligations	{	ESRS S1	Own workforce
		ESRS S2	Workers in the value chain
		ESRS S3	Affected communities
		ESRS S4	Consumers and end-users
		ESRS G1	Business conduct

Rahoitusmekanismit

Valtio ja kunnat

- Suuri osa kotimaisesta julkisesta kestävyysrahoituksesta tulee valtion budjetista. Hiilidioksidineutraaliin toimintaan liittyvä vuotuinen budjettiosuus on ollut noin 2–2,5 miljardia euroa vuodessa.
- Hallitus ohjaa myös mm. Suomen osuuden EU:n elpymis- ja resilienssirahastosta, joka on ollut noin 1,9 miljardia euroa, josta puolet on suunnattu niin sanottuun vihreään siirtymään.
- Kunnat käyttävät Kuntarahoituksesta saatavaa ulkopuolista rahoitusta, josta suuri osa suunnataan kestävään toimintaan.
- Kunnat käyttävät ilmasto- ja ympäristöinvestointeihinsa myös valtionavustuksia, investointitukea ja EU-rahoitusta. Yksi viimeisimmistä vaihtoehdoista on ”ilmastosopimus” (5 kaupunkia), joiden tavoitteena on saavuttaa CO₂-neutraalius 2030 mennessä.

Muut relevantit toimielimet

- Business Finland (tutkimus, kehitys ja innovaatiot)
- Business Finland Venture Capital Oy
- Finnvera (kasvu, kansainvälistyminen ja vienti)
- Teollisuussijoitus (sijoittaa yrityksiin ja rahastoihin)
- Ilmastorahasto (rahoitus liittyy läheisesti EU:n taksonomian noudattamiseen)
- Euroopan investointipankki
- Pohjoismaiden Investointipankki (sijoitukset arvioidaan kestävän kehityksen kannalta)
- Nefco (Nordic Environmental Finance Company, ensimmäisen vaiheen rahoitus pohjoismaisten ympäristöratkaisujen laajentamiseksi globaaleille markkinoille)
- Toimielinten toimialat ovat jossain määrin päällekkäisiä.

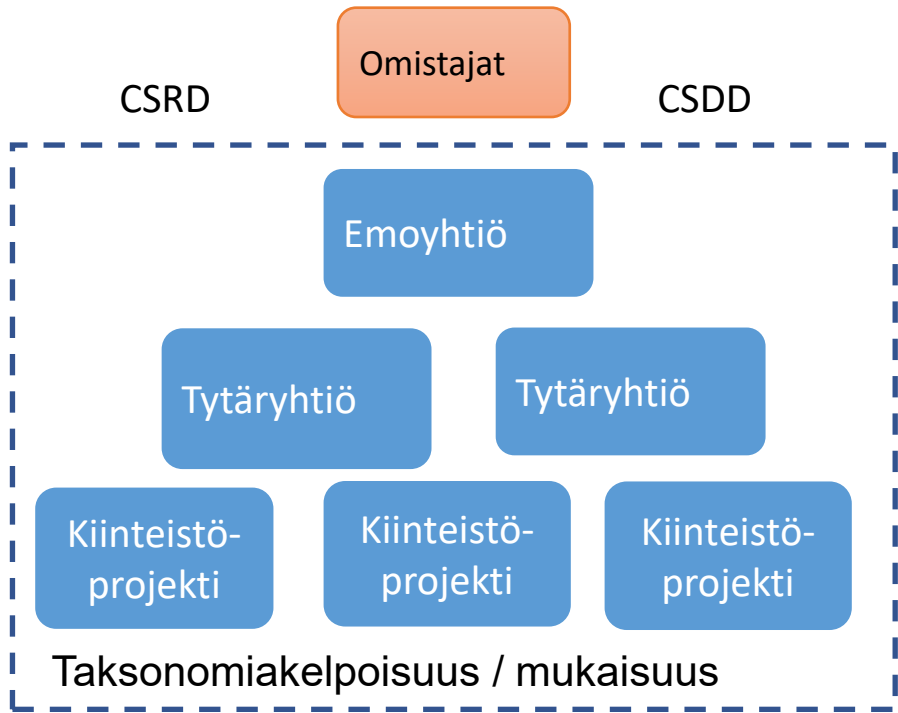
EU rahoituksen perusta

- EKP: Yli 30 prosenttia pankkisektorin ilmastoneutraaliustavoitteiden noudattamatta jättämisestä johtuu uusiutuvien energialähteiden riittämättömästä rahoituksesta.
- EU:n tavoite on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 55 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä ja saavuttaa nettonollapäästöt vuoteen 2050 mennessä. Vihreitä investointeja tarvitaan vuosittain lisää n. 470 miljardia euroa. EU on vahvasti riippuvainen yksityisten investointien mobilisoinnista myös käyttämällä useita EU:n rahoitusvälineitä, rahoitusta, tukia ja takuita.
- EU:n talousarviossa edellytetään, että vähintään 30 prosenttia monivuotisen rahoituskehityksen ja Next Generation EU -välineen varoista käytetään ilmastonmuutostavoitteisiin.
- Suurin osuus tulee elpymis- ja palautumistukivälineestä (keskeinen osa Next Generation EU -ohjelmaa). Noin 43 prosenttia elpymis- ja palautumistukivälineen varoista kohdennetaan yrityksille. Myös InvestEU on osa monivuotista rahoituskehystä ja Next Generation EU -välineen rahoitusta.

EU rahoituksen perusta

- Julkisten rahoitusinstrumenttien saatavuus vähentää pankkien altistumista ilmastoriskeille, helpottaa luottoehtoja ja lisää lainojen kysyntää. Vihreiden bondien ja ESG:n vaikutukset velan kustannuksiin ovat ristiriitaisempia.
- Vihreät investoinnit voivat alentaa tällaisten yritysten pääomakustannuksia (euroalueen pankkien luotonantokysely), kun taas suuripäästäiset yritykset, jotka ovat lykänneet sijoituksiaan, voivan maksaa ilmastoriskipreemion ja hyväksymään tiukemmat luottoehdot.
- Selkeä mahdollisuus taksonomian ja kestävä liiketoiminnan osalta raportoiville yrityksille päästä merkittävään lisärahoitukseen → julkisen rahoituksen vipuvaikutus (kotimaisen politiikan lähtökohta)
- → Dokumentoi ja kirjaa taksonomiasääntöjen mukainen ja/tai CSRD:n mukainen noudattaminen (osakeyhtiölaki, kirjanpitolaki ja tilintarkastuslaki).
- Monet instrumentit toimivat viranomaisten ja kotimaisten rahoituslaitosten kautta ottamalla suoraan yhteyttä niihin. Toimielinten verkkosivustojen ja portaalien kautta on tarjolla useita EU:n vaihtoehtoja tuille ja hankinnoille, mikä edellyttää yrityksiltä suoraa aktiivisuutta.

Kansalliset ohjelmat
Valtio (ministeriöt)
Business Finland / BF VC
Finnvera
Teollisuussijoitus
Ilmastorahasto
Pohjoismaiden Investointipankki
Nefco



EU ohjelmat
European Structural and Investment Funds
Connecting Europe Facility
European Regional Development Fund
Horizon Europe
InvestEU
Life
The Just Transition Mechanism
European Investment Bank
Innovation Fund
European Energy Efficiency Fund
Recovery and Resilience Facility
REPowerEU

EU:n rahoitusmekanismien kuvaus raportista:
"Taksonomia, kestävän rahoituksen säännöt ja EU:n rahoitus kiinteistöjen energiainvestoinneissa"

Väitöskirjatutkimus

Ulkoilma-avusteisen maalämpökentän toteutus rajallisella tonttialalla

Santeri Sirén

Väitöskirjatyö : Carbon neutral hybrid energy solutions in urban environment

Työn suorittaja: Santeri Siren

- 60% työajasta väitöskirjatutkija Tampereen Yliopisto
- 40% työajasta johtava asiantuntija Ramboll Finland Oy

Työ sisältää kolme tai neljä tieteellistä artikkelia:

- 1) Comparison of traditional and ambient-air assisted ground source heat pump systems using different bore field configurations
- 2) Optimization of Ground Source Heat Pump Systems in Dense Urban Environments with Limited Plot Sizes
- 3) Artikkelien 3 / 4 aihepiiri: Neuroverkon hyödyntäminen maalämpöjärjestelmän suunnittelun ja mitoituksen optimoinnissa

Tilanne:

- Ensimmäinen artikkeli on julkaistu
- Toinen juuri lähdössä vertaisarviointiin
- Taustatyöt kolmatta artikkelia varten aloitettu

Julkaisu 2:

Optimization of Ground Source Heat Pump Systems in Dense Urban Environments with Limited Plot Sizes

Tausta ja tavoitteet

- Maalämmölle tyypillinen haaste:
 - Tilan puute rakennuksen tontilla
- Perinteiset ratkaisut tilan puutteeseen:
 - Maalämpöjärjestelmän alimitoitus → Paikallisen uusiutuvan osuus jää pieneksi
 - Porataan syvemmälle → Kallista
 - Luovutaan kokonaan maalämmöstä
- Tutkimuskysymykset
 - 1) Miten rakennuksen tontin koko vaikuttaa maalämpöjärjestelmän suorituskykyyn?
 - 2) Miten ulkoilma-avusteinen maalämpöjärjestelmä vertautuu perinteiseen järjestelmään eri tontti kooilla?

Case kohde

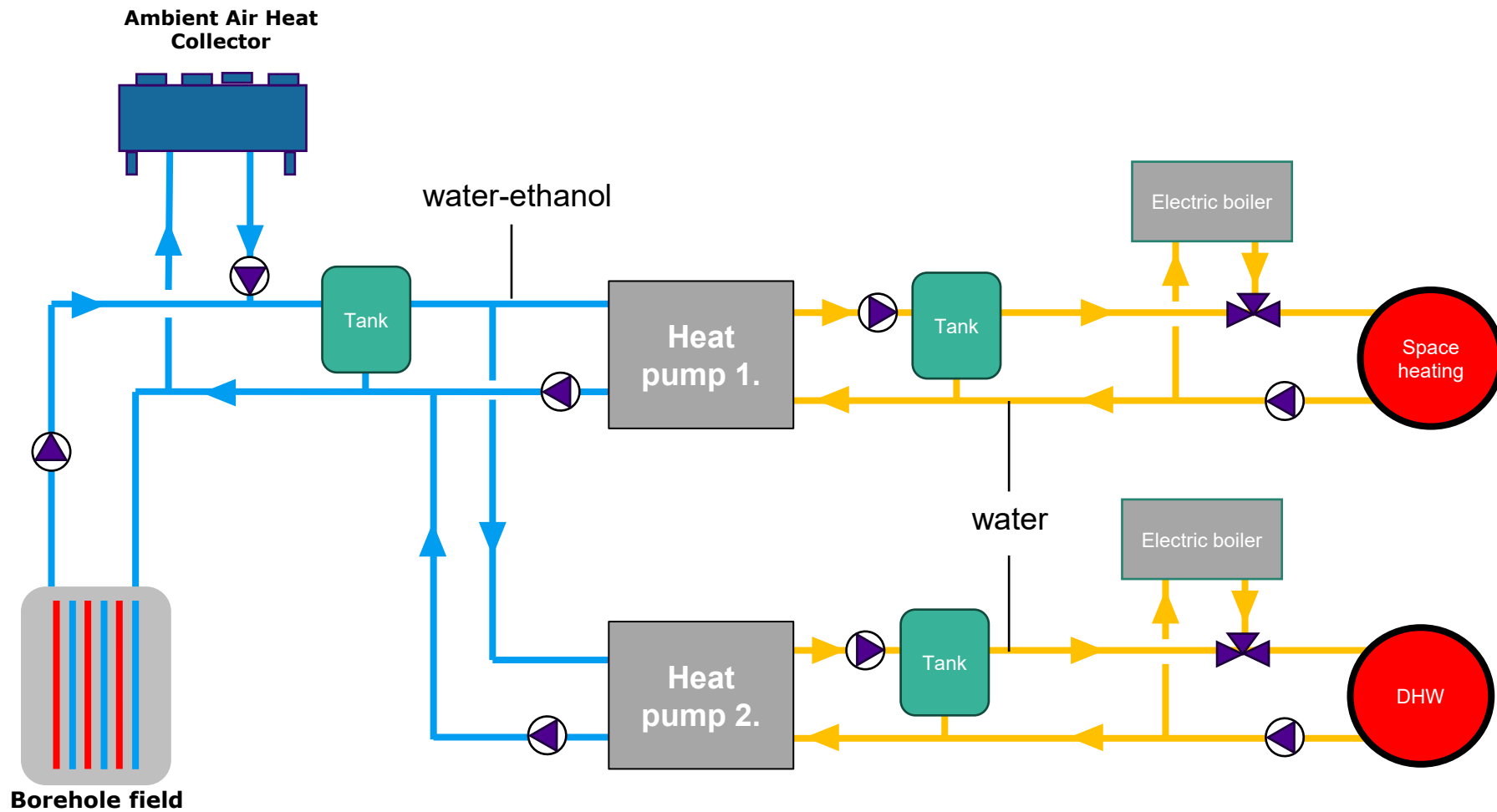
- Asuinkerrostalokortteli
- Suunnitteluvaiheessa
- Sijainti: Verkkosaari, Helsinki
- Kortteliin sisältyy kolme tonttia
- Laajuus, asuminen: noin 17500 kem2
- Noin 200 asuntoa
- Laajuus, liiketila: 500 kem2
- Rakennuttaja / Pääurakoitsija: Hartela
- Lämmitysenergiankulutus: n. 1500 MWh/v
- Simulointityökalu IDA ICE



Kuva: Anttinen Oiva Arkkitehdit

Energiajärjestelmä

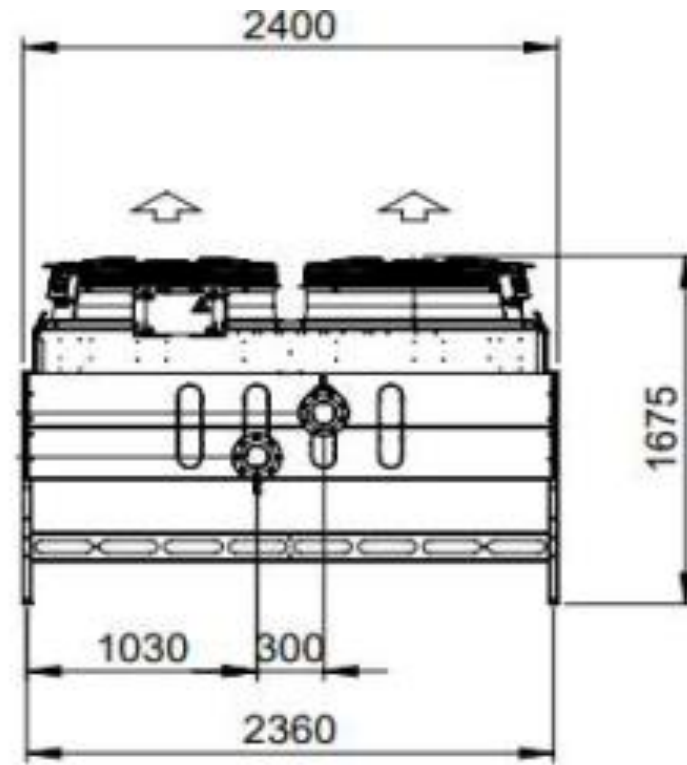
- Järjestelmä mallinnettiin yksityiskohtaisesti IDA ICE ohjelmistolla



Ulkoilmalämmönkeräin



Kuva: Fincoil LU-VE



Menetelmä

- Dynaamisiin mallinnuksiin perustuvat tarkastelut asuinkerrostalo case kohteelle
- Simulointi ohjelmisto: IDA ICE

- **Optimointitarkastelu:**

Mallinnettiin kattava joukko (960) erilaisia maalämpöjärjestelmä skenaarioita, joissa vaihtelee:

- Kaivojen lukumäärä
- Kaivojen syvyys
- Kaivojen välinen etäisyys
- Lämmön latauksen mitoitus

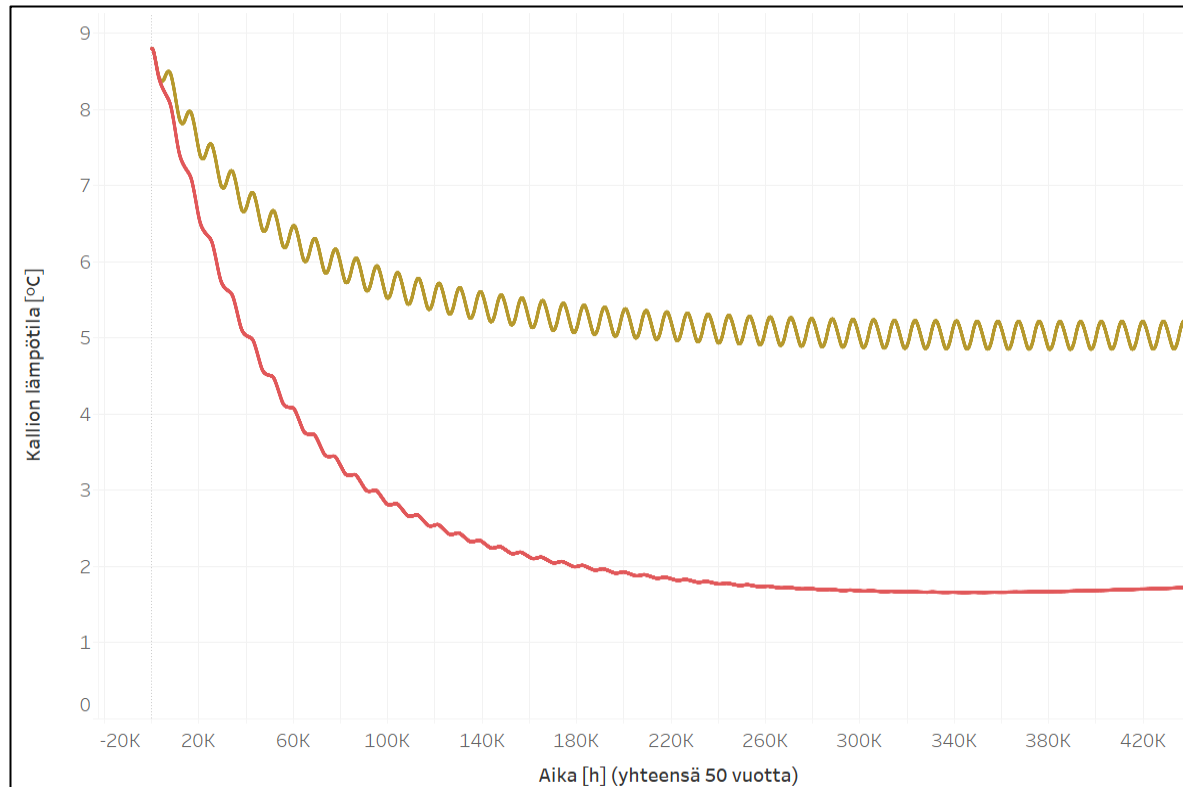
Simuloitujen skenaarioiden joukolle tehtiin analyysi, jossa keskityttiin tarkastelemaan tontti koon vaikutusta järjestelmän suorituskykyyn:

- Taloudellinen kannattavuus
- Energiantuotanto
- CO2 päästöt

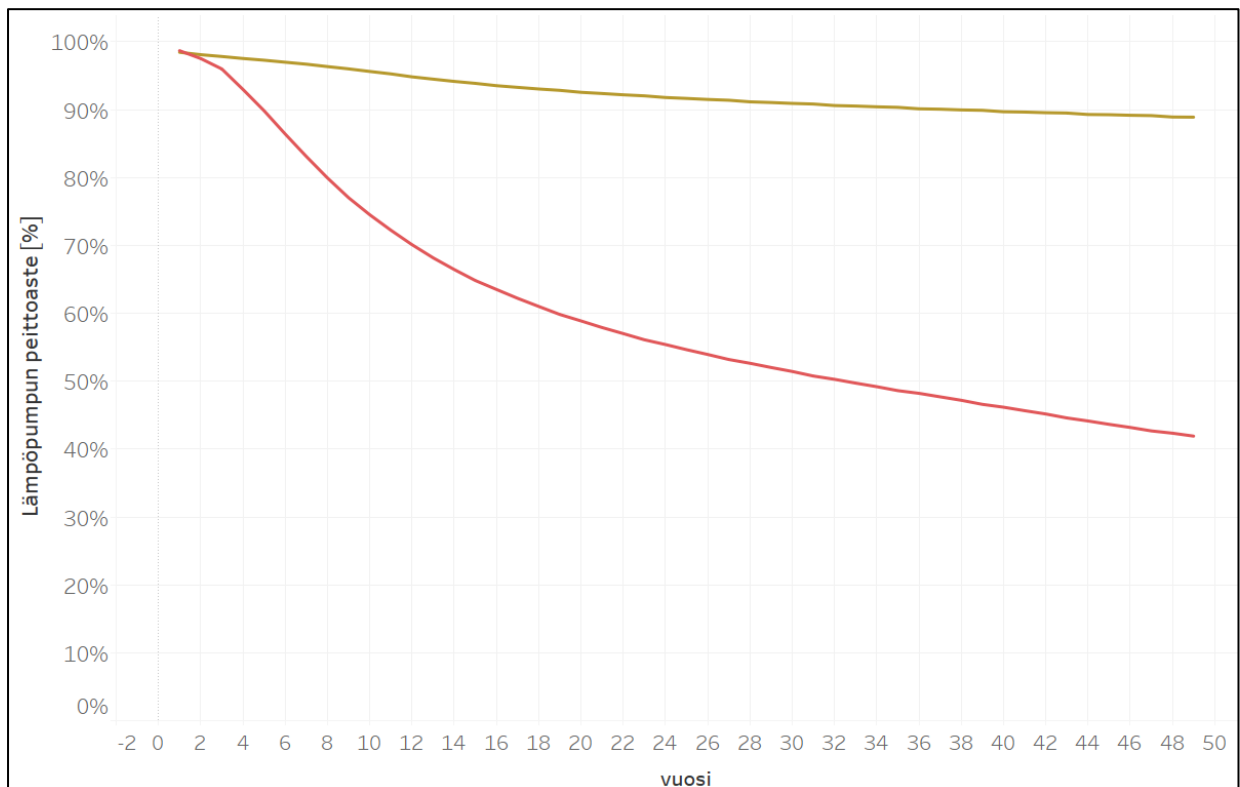
Perinteinen vs. Ulkoilma-avusteinen järjestelmä

4x5 porakaivokenttä 400m kaivot, 15 m kaivoetäisyyksillä, tilan tarve tontilla = 2700 m²

Porakaivokentän lämpötila ajan funktiona



Maalämmön tuotanto ajan funktiona (% rakennuksen energiantarpeesta)

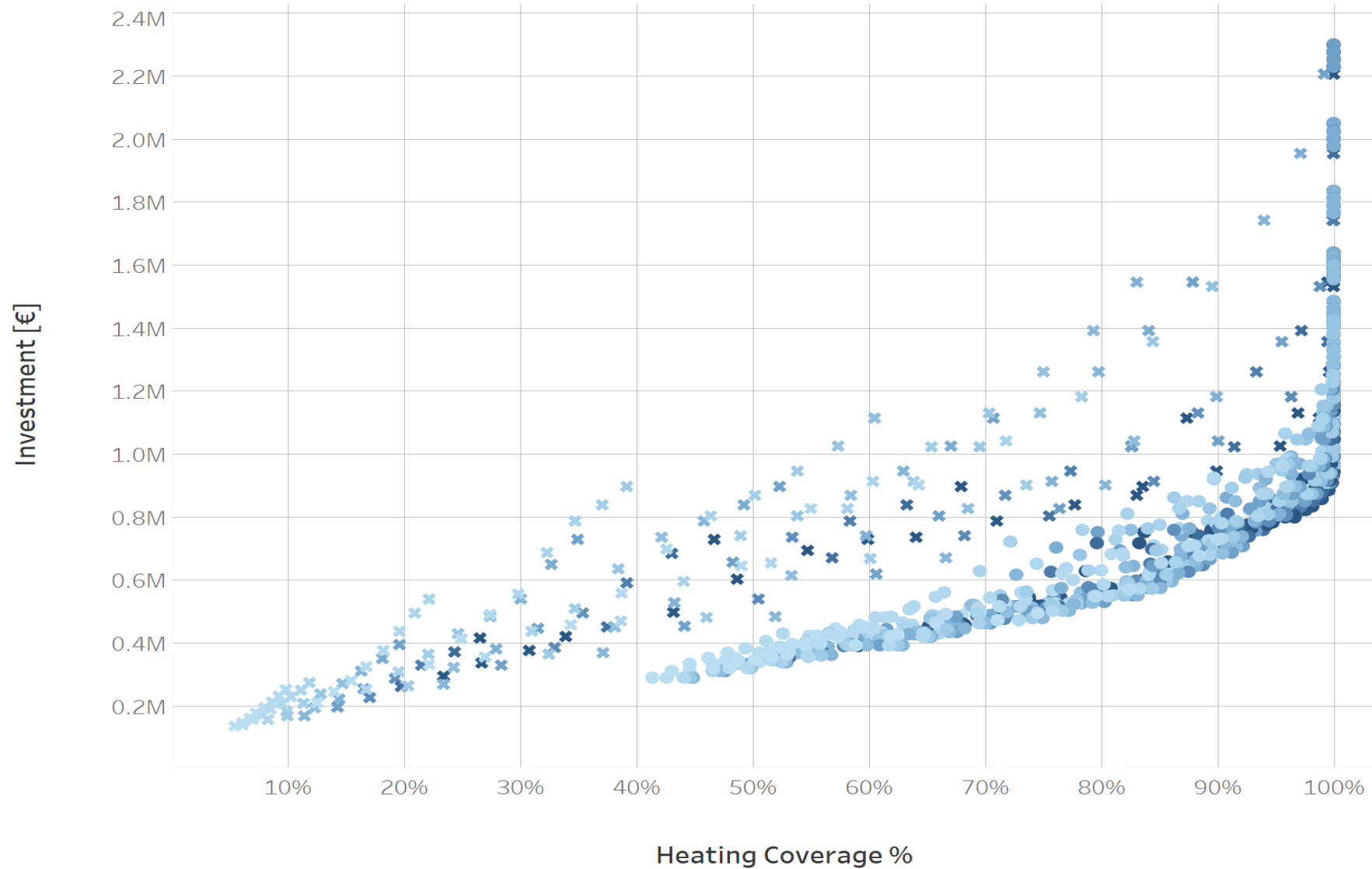


Perinteinen vs. Ulkoilma-avusteinen järjestelmä

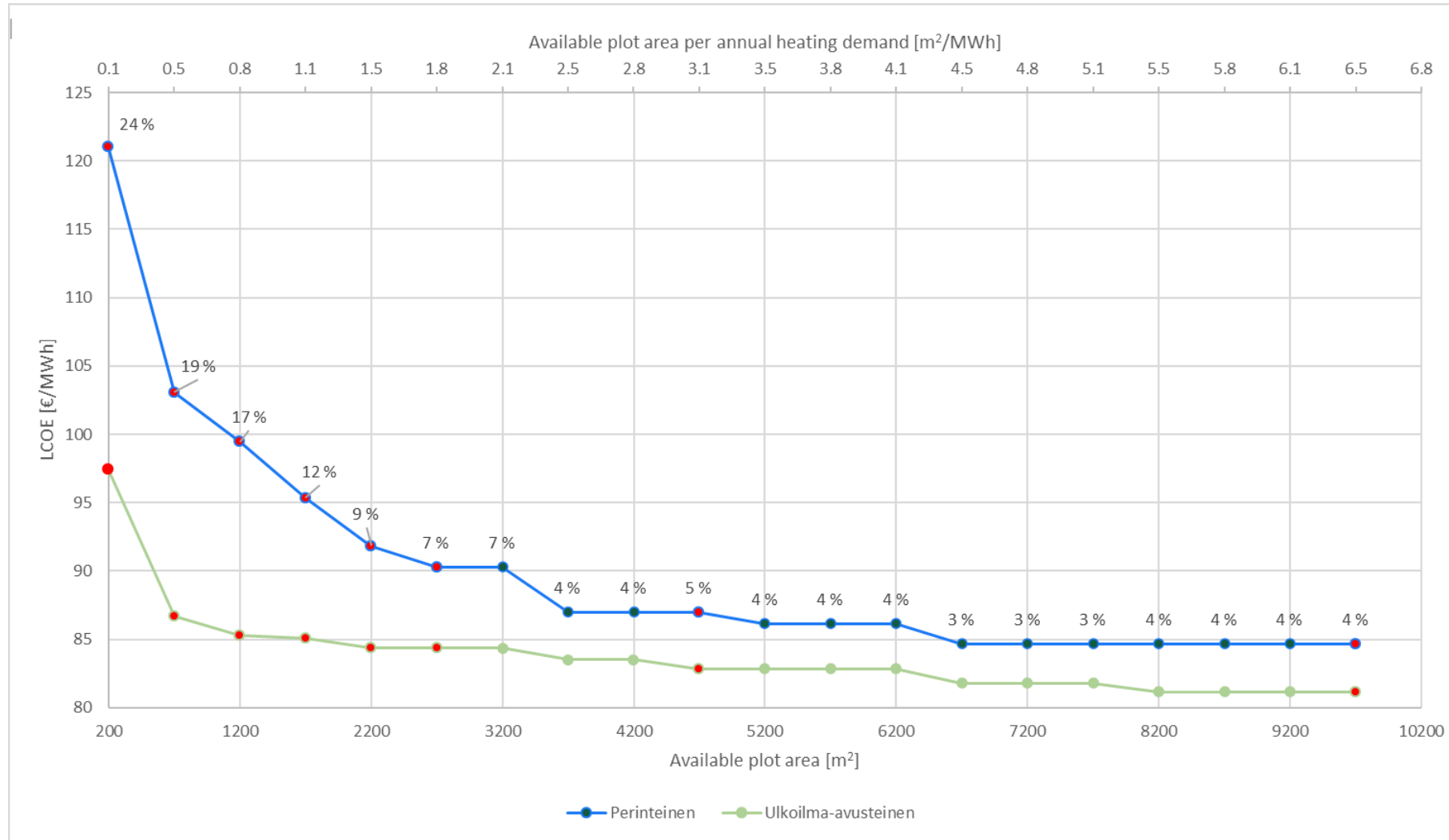
Lämmön lataus mahdollistaa:

- Pienempi määrä porametrejä riittää
- Kaivot voidaan sijoittaa lähemmäs toisiaan, jolloin kenttä mahtuu pienempään tilaan

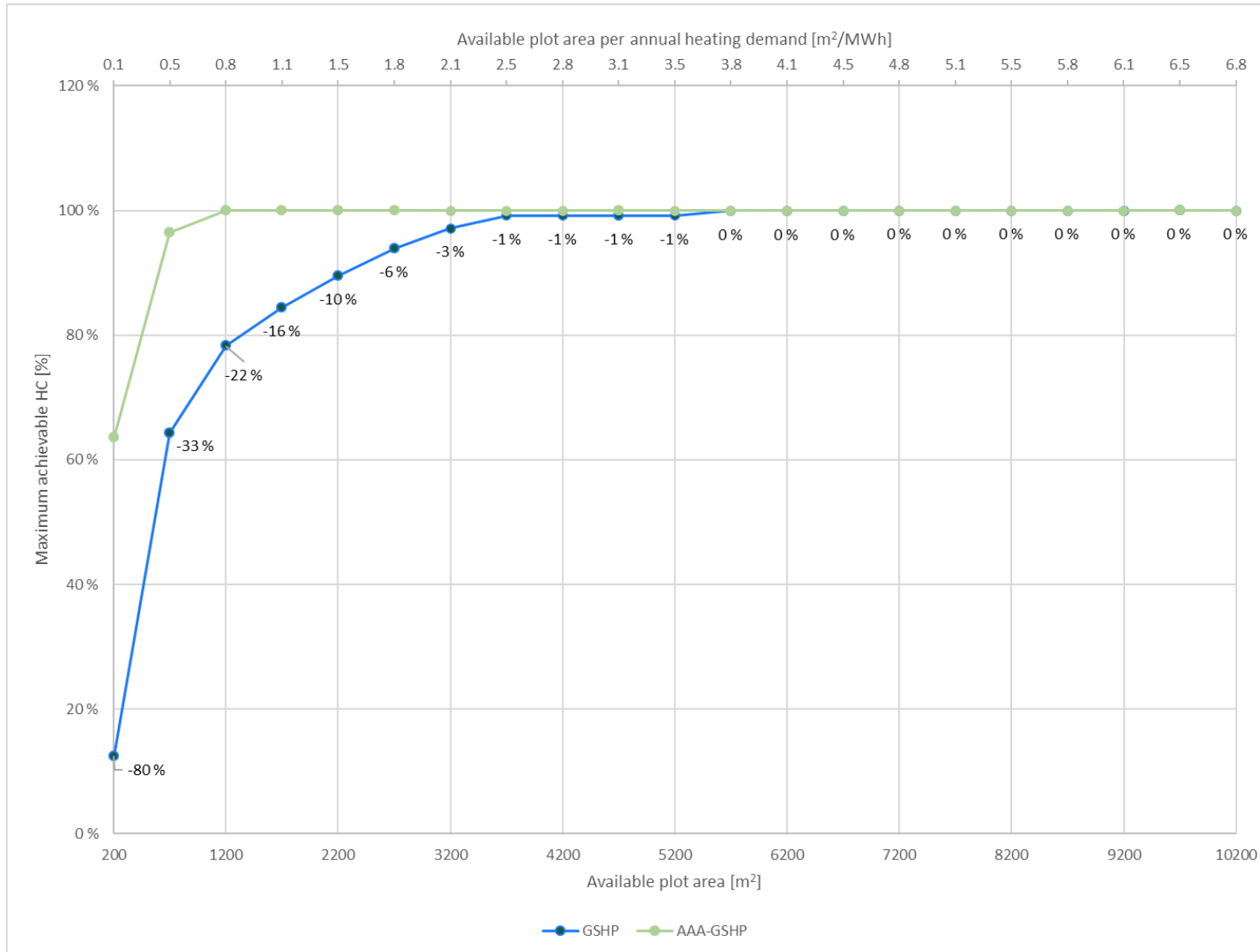
Kaikkien simulointien tulokset



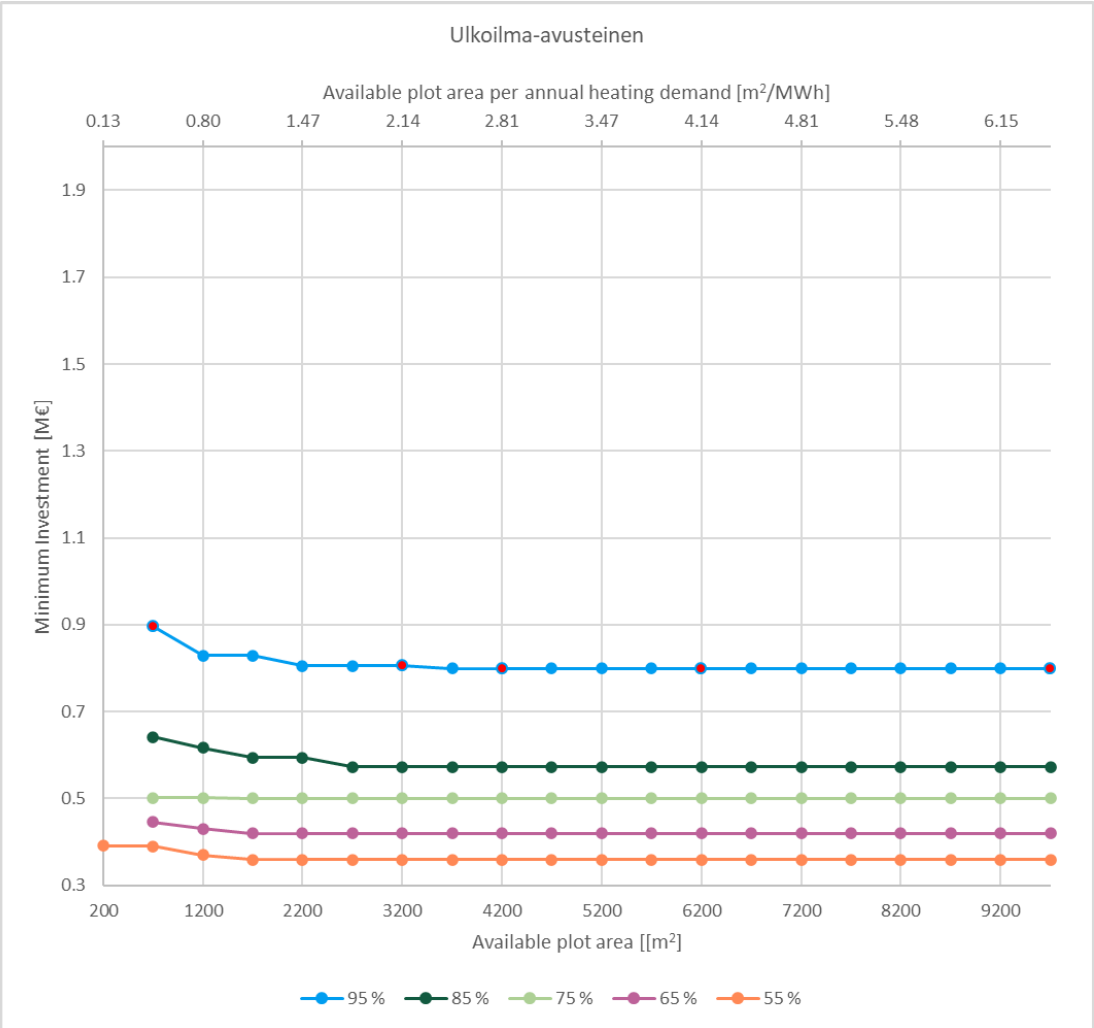
Tontin koon vaikutus tuotetun energian hintaan



Tontin koon vaikutus tuotetun energian määrään



Tontin koon vaikutus investointikustannuksiin



Keskeisiä johtopäätöksiä

- Maalämpöjärjestelmän suorituskyky heikkenee kaikilla mittareilla, kun tontin kokoa rajoitetaan
- Ulkoilma-avusteinen järjestelmä on merkittävästi resistentimpi tontin koon vaikutuksille verrattuna perinteiseen järjestelmään
- Mitä pienempi tontti, sitä suuremmat hyödyt saavutetaan ulkoilman hyödyntämisestä
- Ulkoilman hyödyntäminen antaa myös huomattavasti enemmän mahdollisuuksia ja "joustoja" maalämpökentän suunnitteluun

Poimintoja numeerisista tuloksista:

Tontin koosta riippuen ulkoilma-avusteisella järjestelmällä saavutettiin perinteiseen nähden:

- 3-24% pienempi LCOE
- 0-42% pienemmät CO2 päästöt
- 0-80% suurempi energian tuotanto

Energian peittoasteen tavoitteesta riippuen, perinteisessä järjestelmässä oli:

- 41-157% suuremmat investoinnit

Yhteenveto

Raportit ja muut tuotokset

- HybE:n verkkosivu
 - <https://research.tuni.fi/talotekniikan-tutkimusryhma/research/hybe/>
- Verkkosivulla julkaistaan
 - Tutkimussprinttien loppuraportit
 - Linkit tieteellisiin julkaisuihin
 - Laskentatyökalu

Vuoden 2026 tutkimushanke - Resilienssi

- Laaja katsaus rakennusten ja hybridien energiajärjestelmien resilienssiin
 - Miten rakennukset ja niiden järjestelmät voivat reagoida poikkeusoloihin?
 - Helleaallot ja äärimmäinen kylmyys
 - Energian hintapiikit
 - Energiakatkot
 - Tulipalot

Yhteystiedot

- Piia Sormunen
 - piia.sormunen@tuni.fi
- Janne Hirvonen
 - janne.hirvonen@tuni.fi
- Elisabeth Anetjärvi
 - elisabeth.anetjarvi@tuni.fi
- Mika Lehtimäki
 - mika.lehtimaki@tuni.fi
- Santeri Siren
 - santeri.siren@ramboll.fi
- Natalia lastovets
 - natalia.lastovets@tuni.fi