Aalto University
School of Engineering

Aurinkoenergia ja lämmön kausivarastoinnin mahdollisuudet

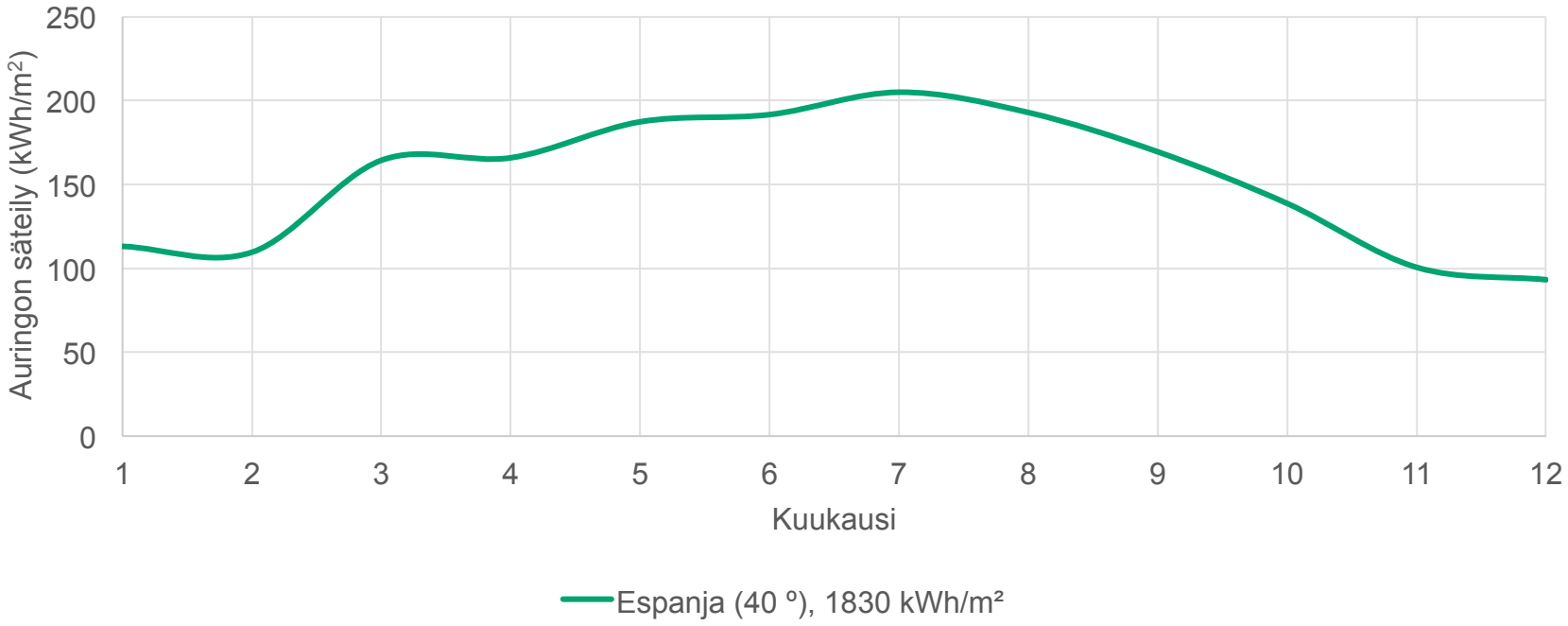
Vuoden lähienergiaratkaisu -palkinnonjakotilaisuus, 31.1.2018

Janne Hirvonen

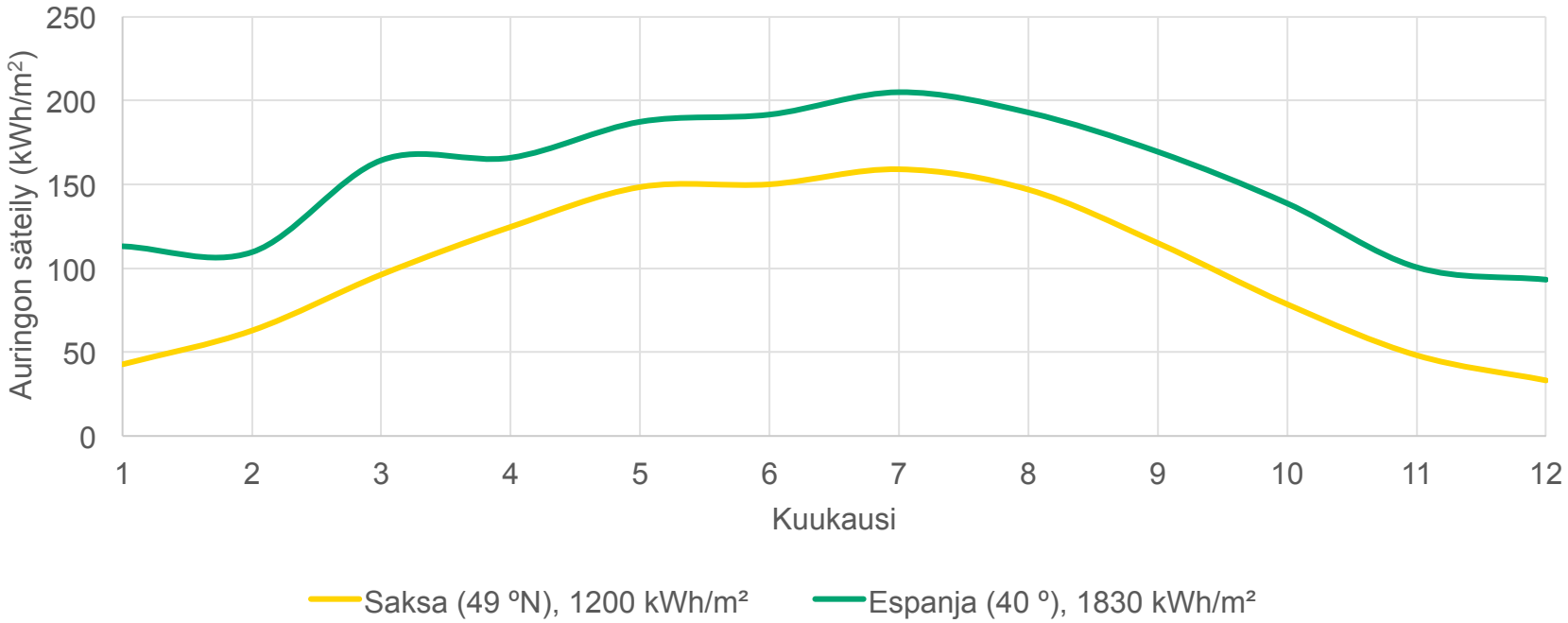
Taustaa

- **Rakennusten energiantarve on 40% EU:n kulutuksesta**
  - Energiatehokkuudella merkittävä vaikutus
- **Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (EPBD 2010)**
  - Uusien rakennuksien tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia (nZEB) vuoteen 2021 mennessä
    - *”Lähes nollaenergiarakennuksella on erittäin korkea energiatehokkuus. Tarvittava energia olisi hyvin laajalti katettava uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla.”*
      - Aurinkoenergian hyöty?

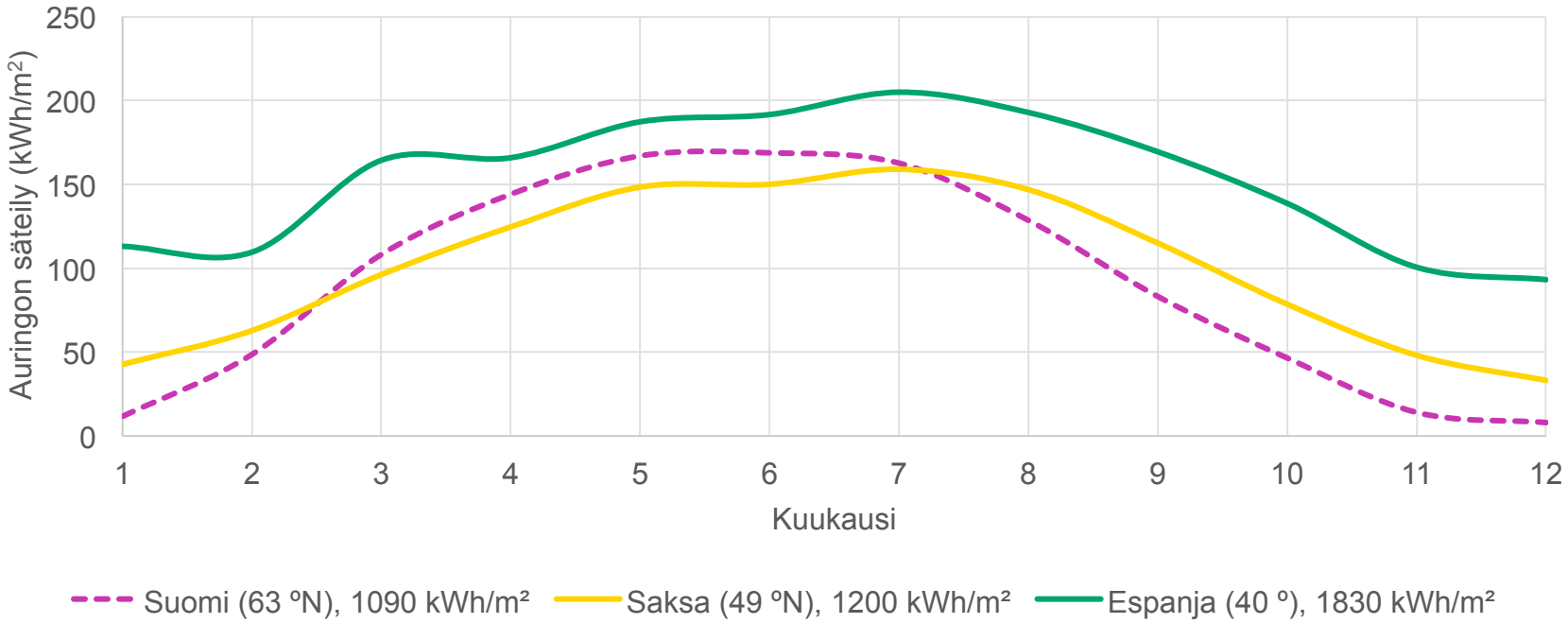
Kuukausittainen auringonsäteily



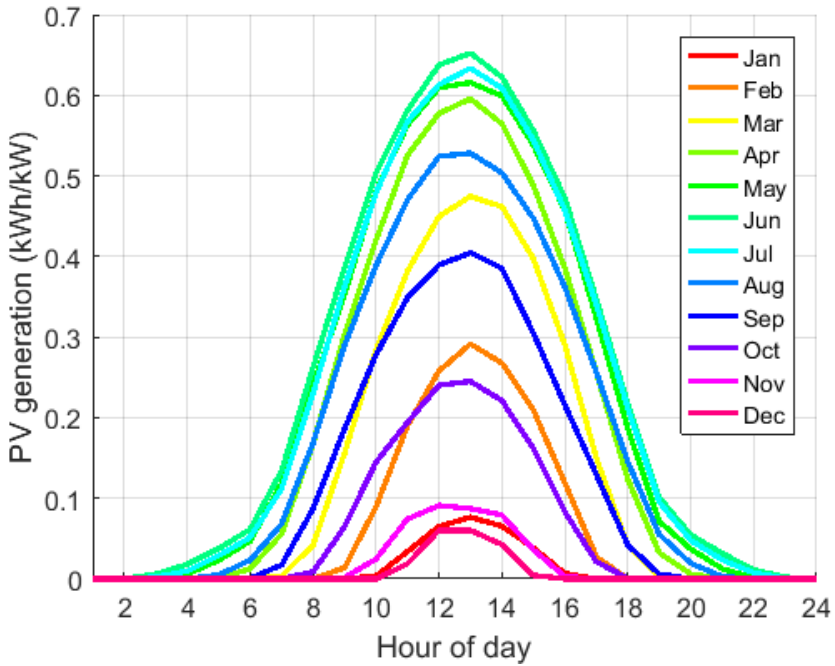
Kuukausittainen auringonsäteily



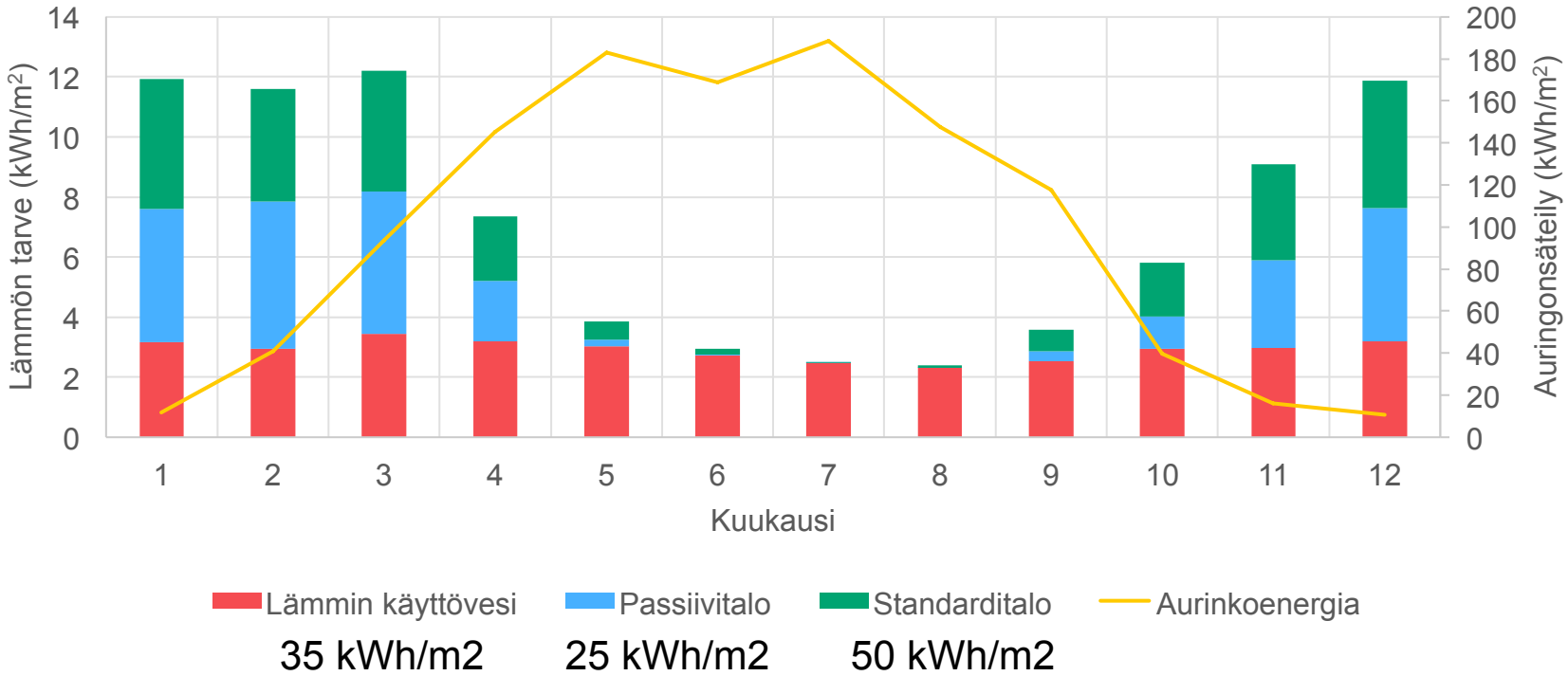
Kuukausittainen auringonsäteily



Säteilyn tuntijakauma eri kuukausina

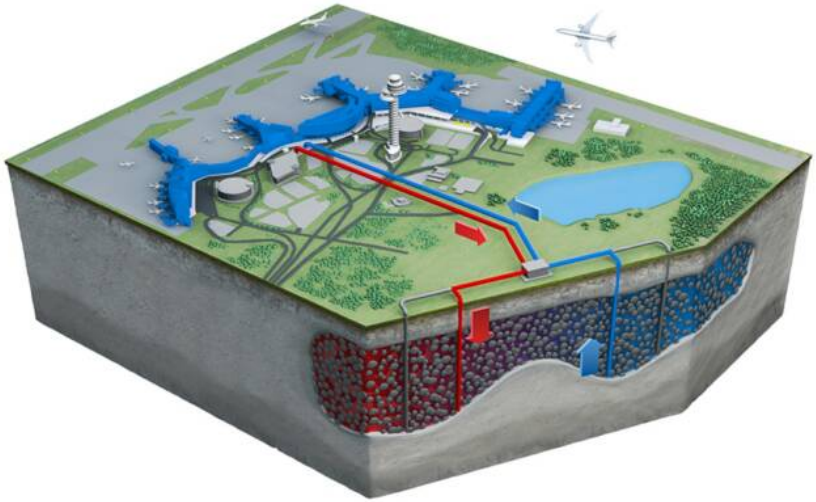


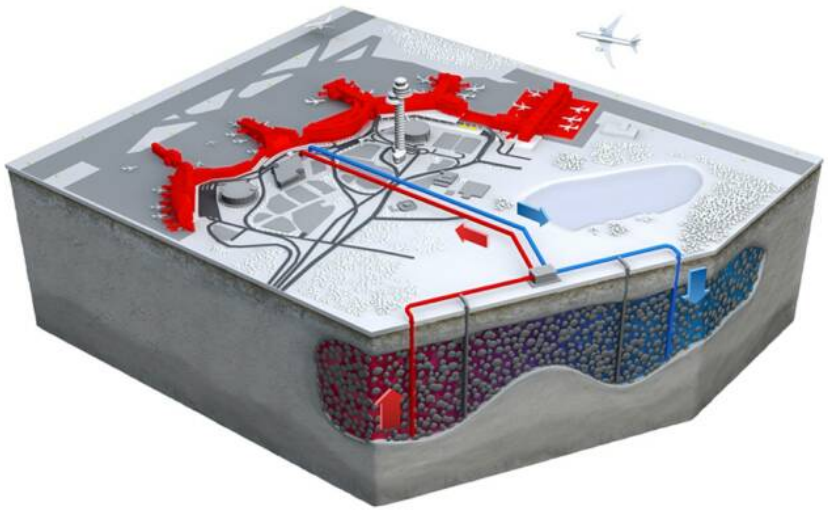
Kuukausittainen lämmöntarve ja aurinkopotentiaali



Lämmön kausivarastointi

Pohjavesilämpövarasto, ATES (Aquifer Thermal Energy Storage)



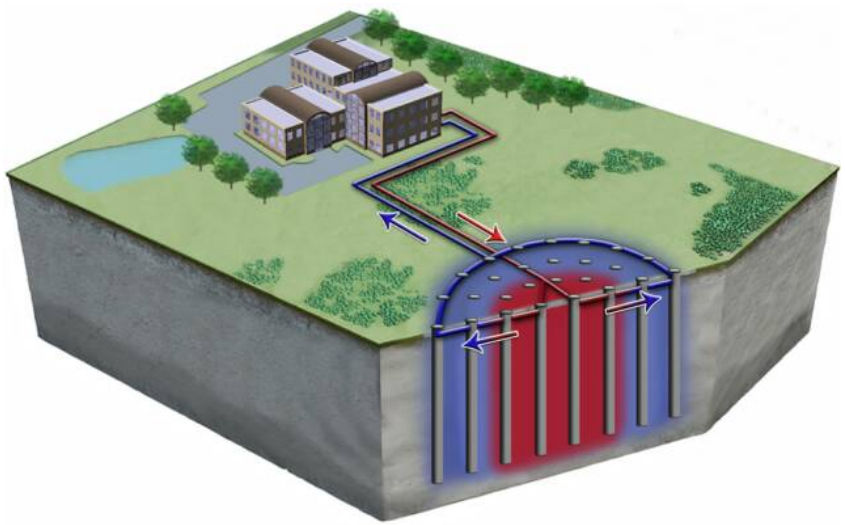


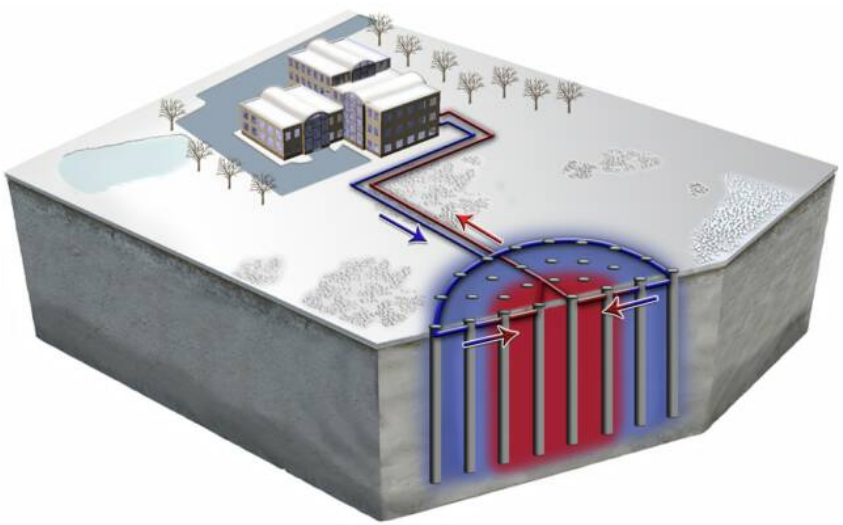
Allaslämpövarasto, PTES (Pit Thermal Energy Storage)

Aurinkokaukolämpölaitos, Vojens, Tanska

200 000 m^3 vesivarasto, 70 000 m^2 aurinkolämpökeräimiä
Lisäksi sähkö- ja kaasuboilereita → 45% aurinko-osuus

Porakaivolämpövarasto, BTES (Borehole Thermal Energy Storage)





Drake Landing Solar Community

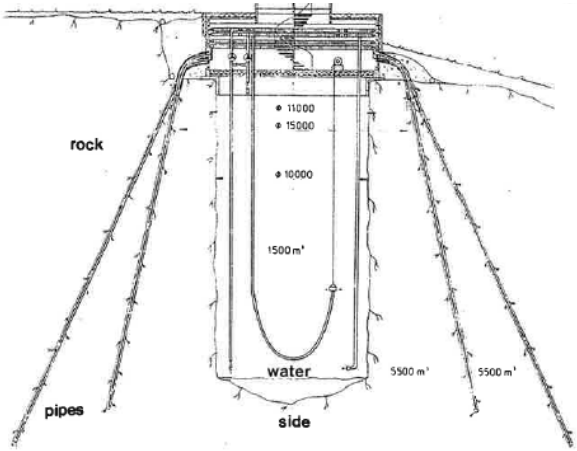
52 taloa Kanadassa, 98% tilojen lämmityksestä aurinkoenergialla

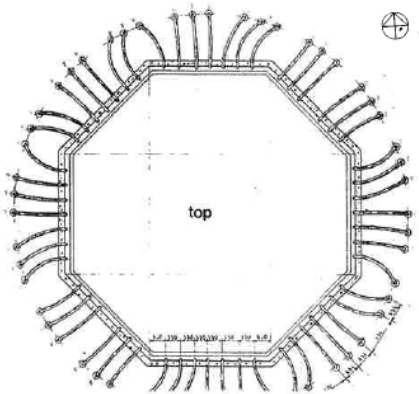
Keravan aurinkokylä

Maahan upotettu lämpövarasto

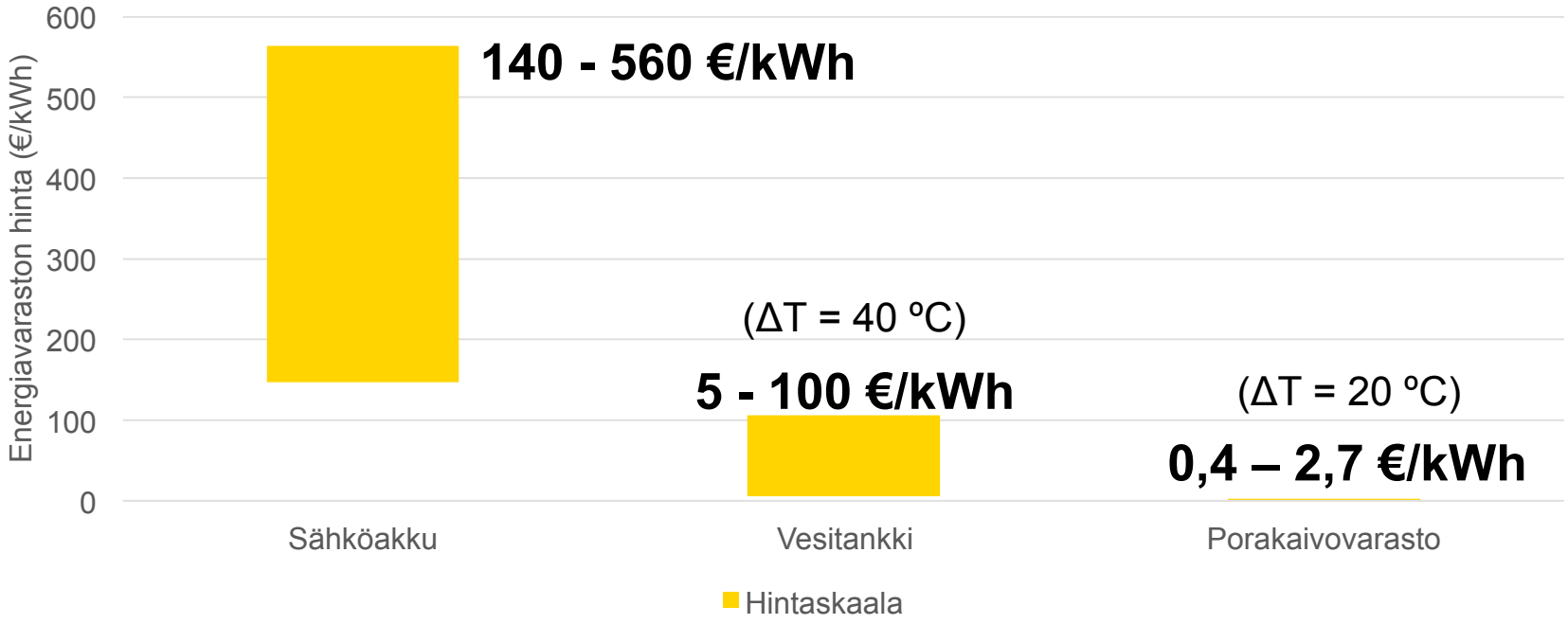
- 1500 m^3 vesisäiliö
- 11000 m^3 ympäröivää kiveä
- 2 kehää porakaivoja
- Käytössä 1983 – 1985

- Tankki alimitoitettu
- Korvattiin kaukolämmöllä
  - KL-yhtiö ei sallinut aurinkokeräinten säilyttämistä

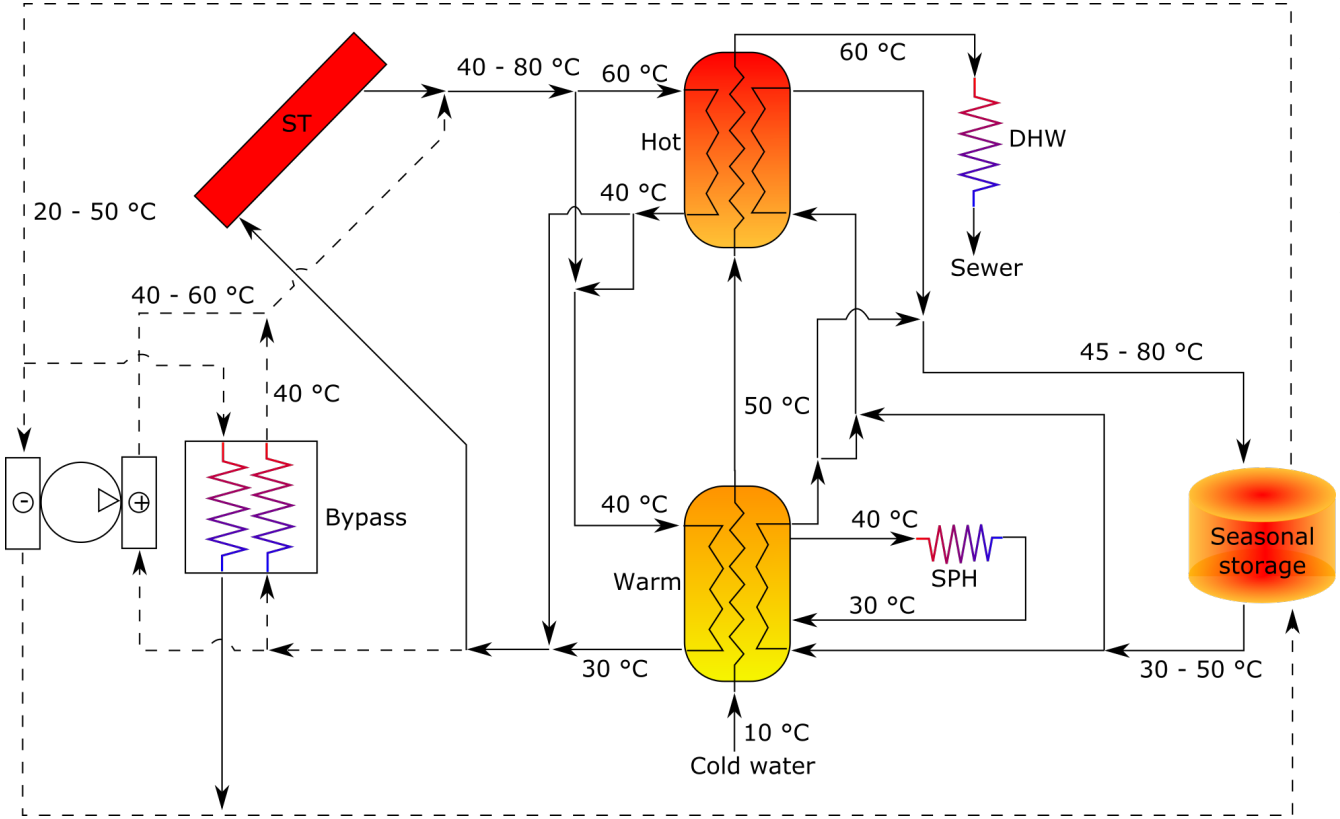




Energiavarastojen hinnat



Uuden aurinkokylän energiajärjestelmä

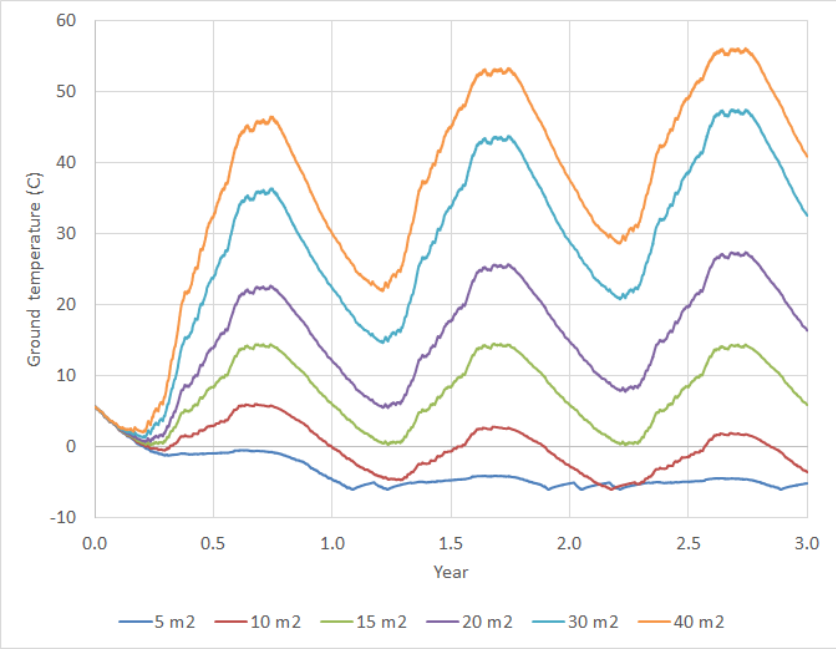


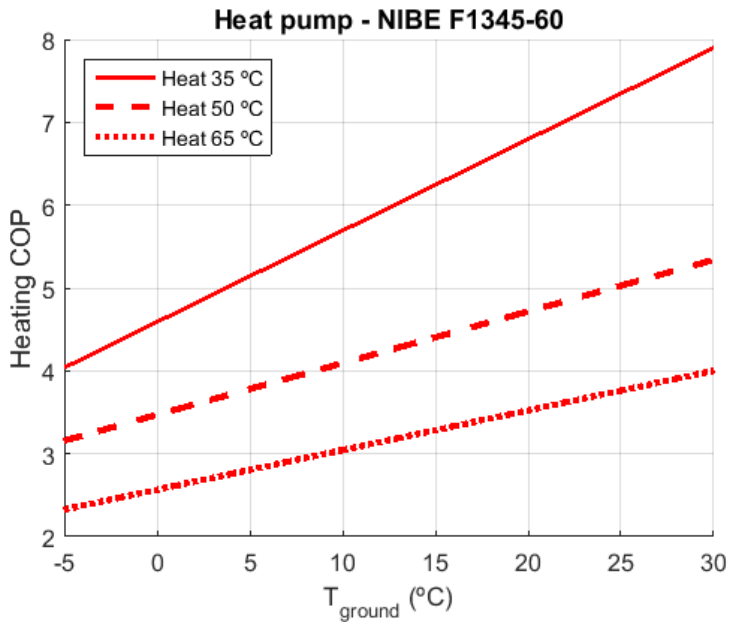
Aurinkokeräimet
Lämpöpumppu

Välivarastot
Kausivarasto

Lämpöverkko

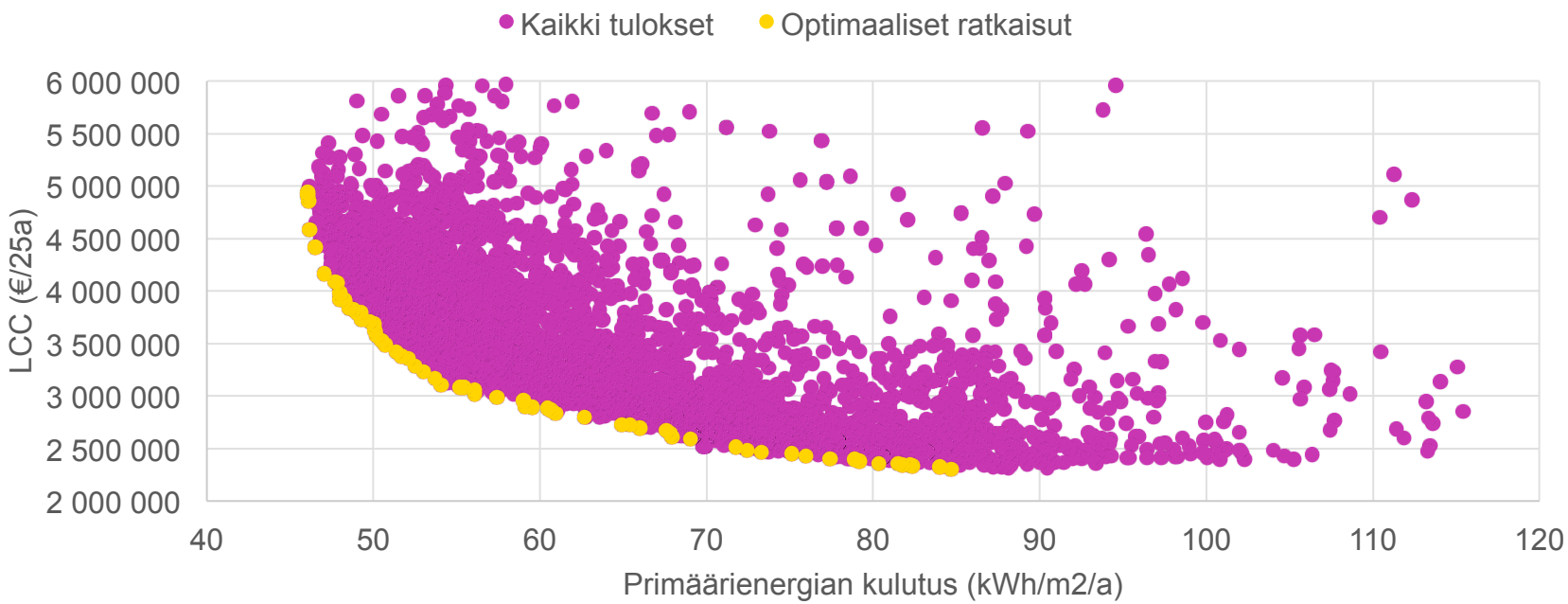
Kausivaraston lämpötila ja lämpöpumpun tehokkuus





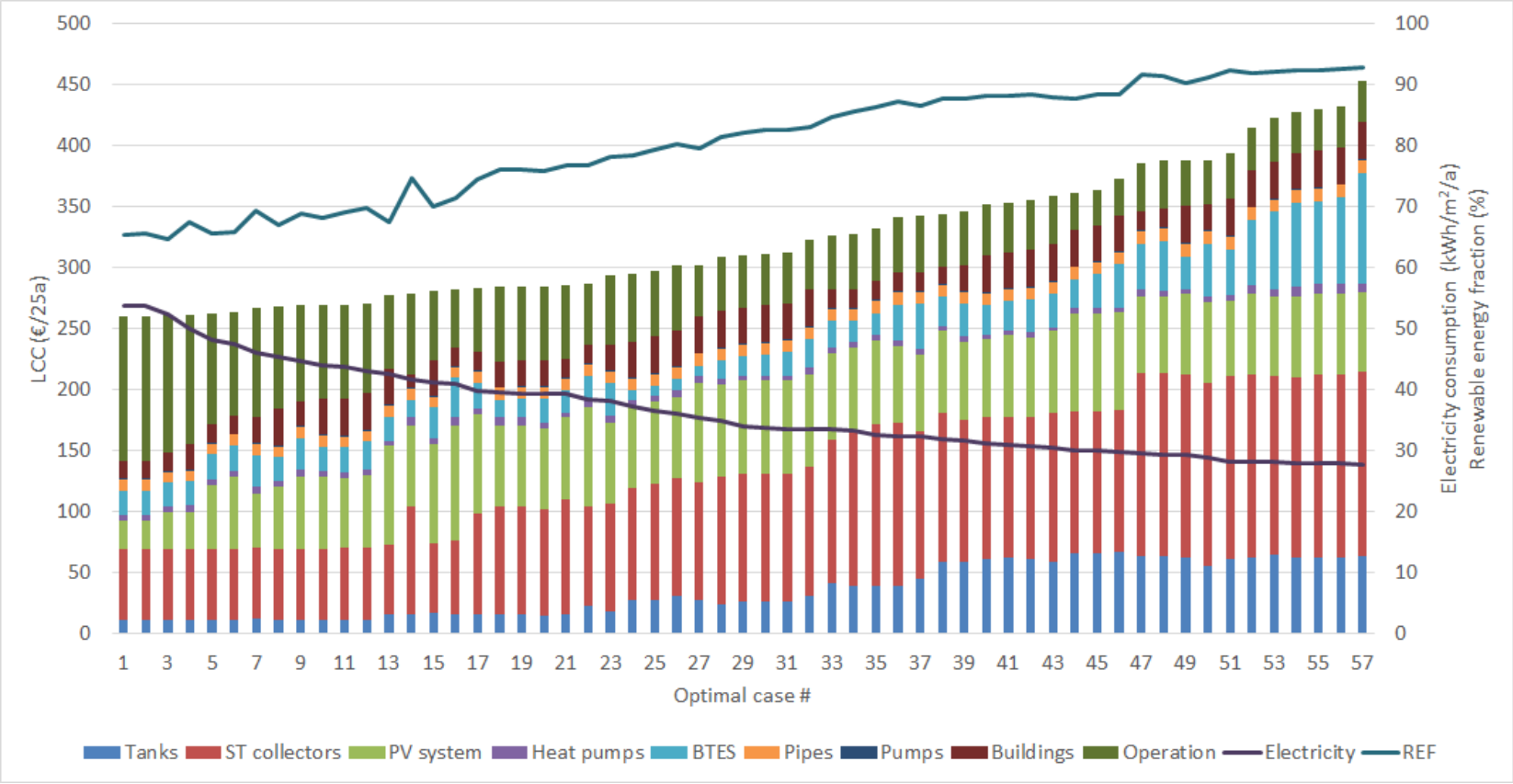
Simulaatiopohjainen monitavoiteoptimointi

Optimaaliset tulokset

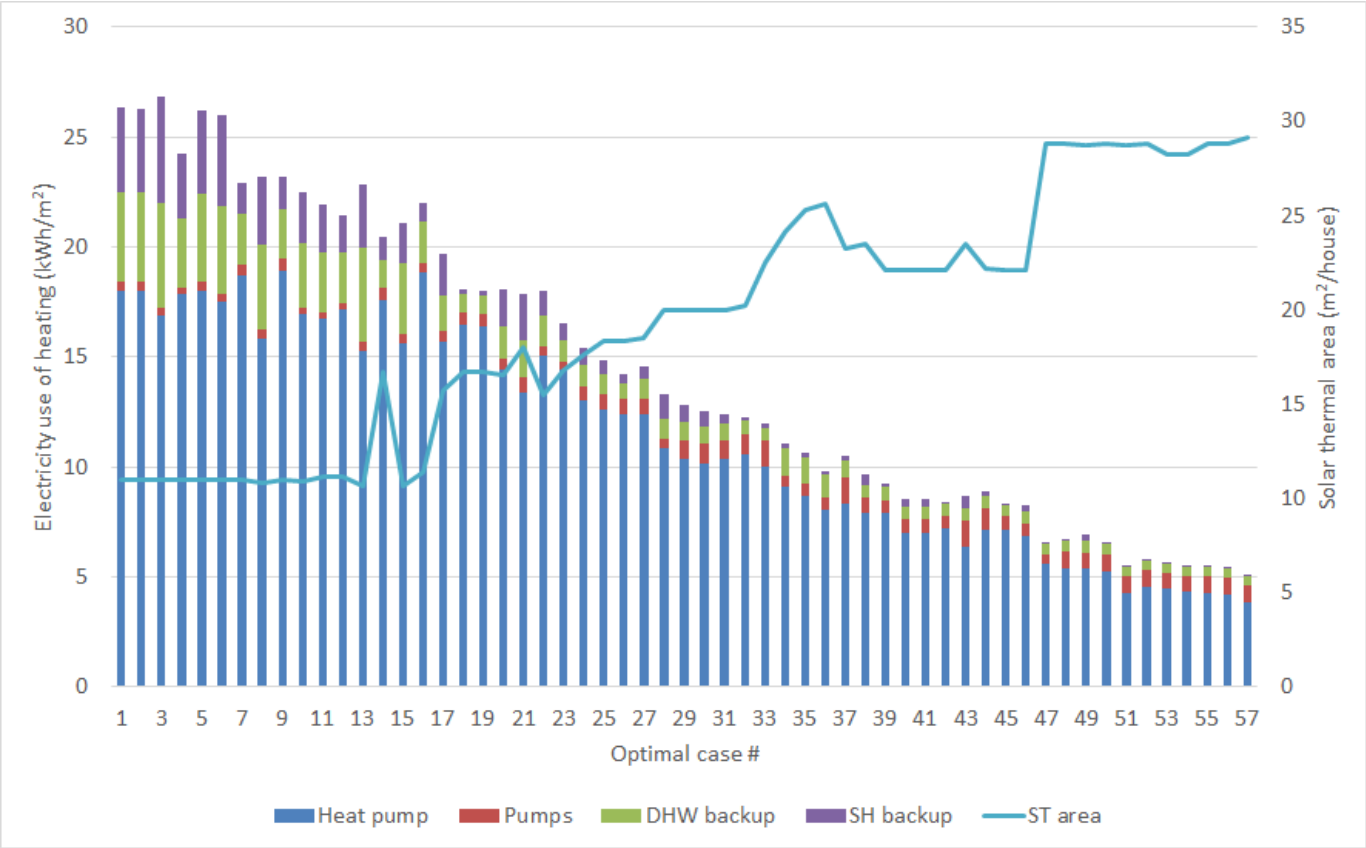


nZEB-vaatimus: 120-200 kWh/m2/a

Aurinkokylän kustannukset

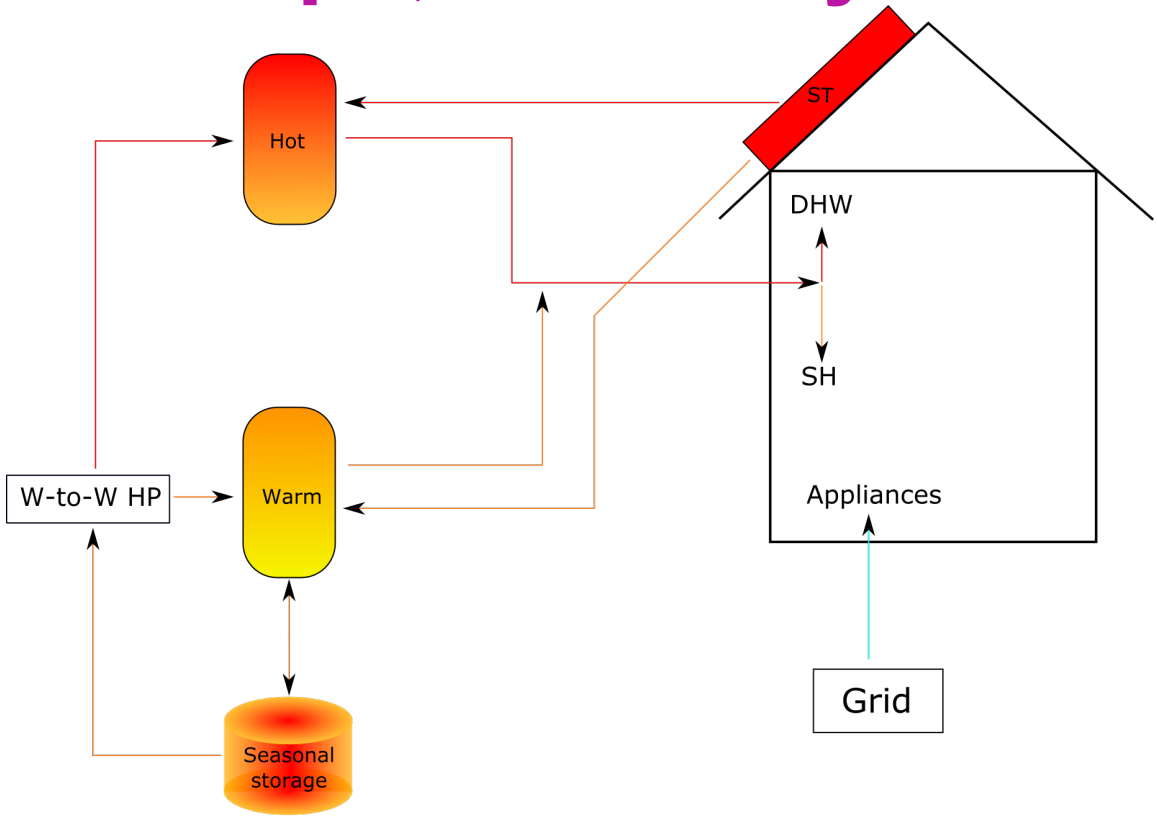


Lämmityksen sähkönkulutus

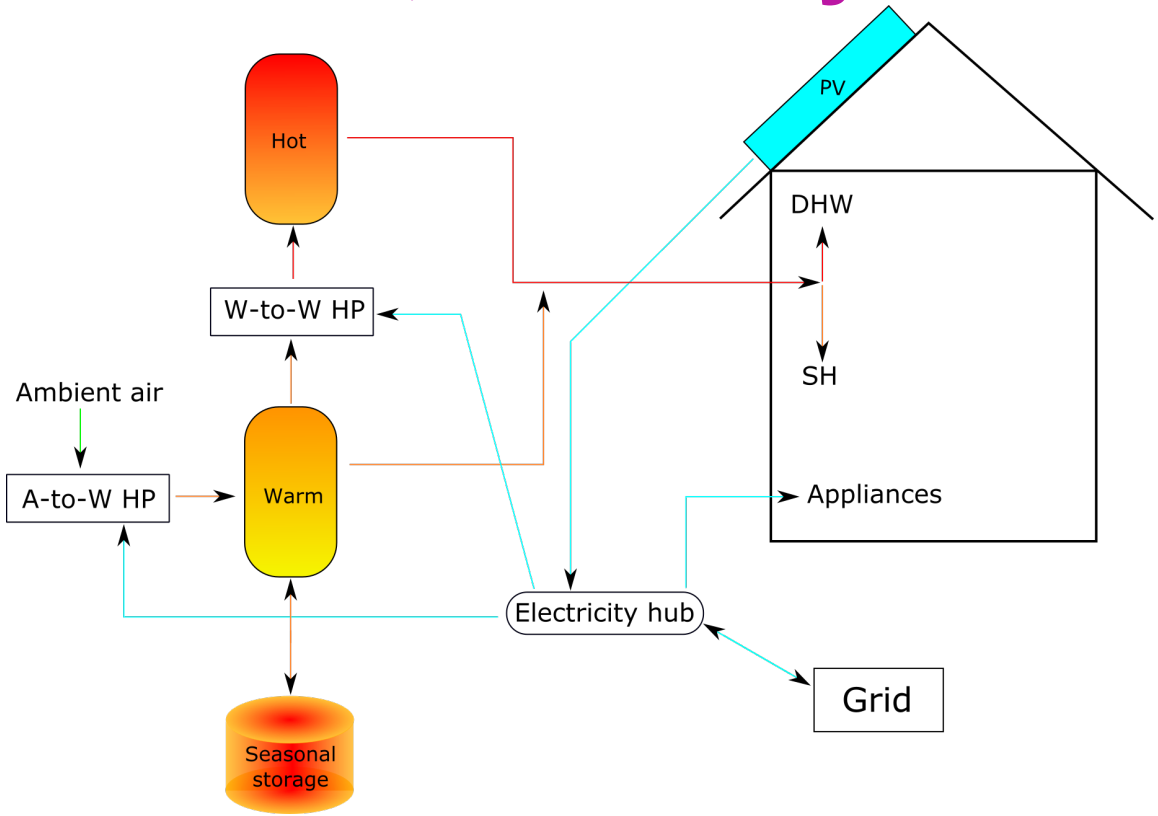


Erilaisia järjestelmämalleja

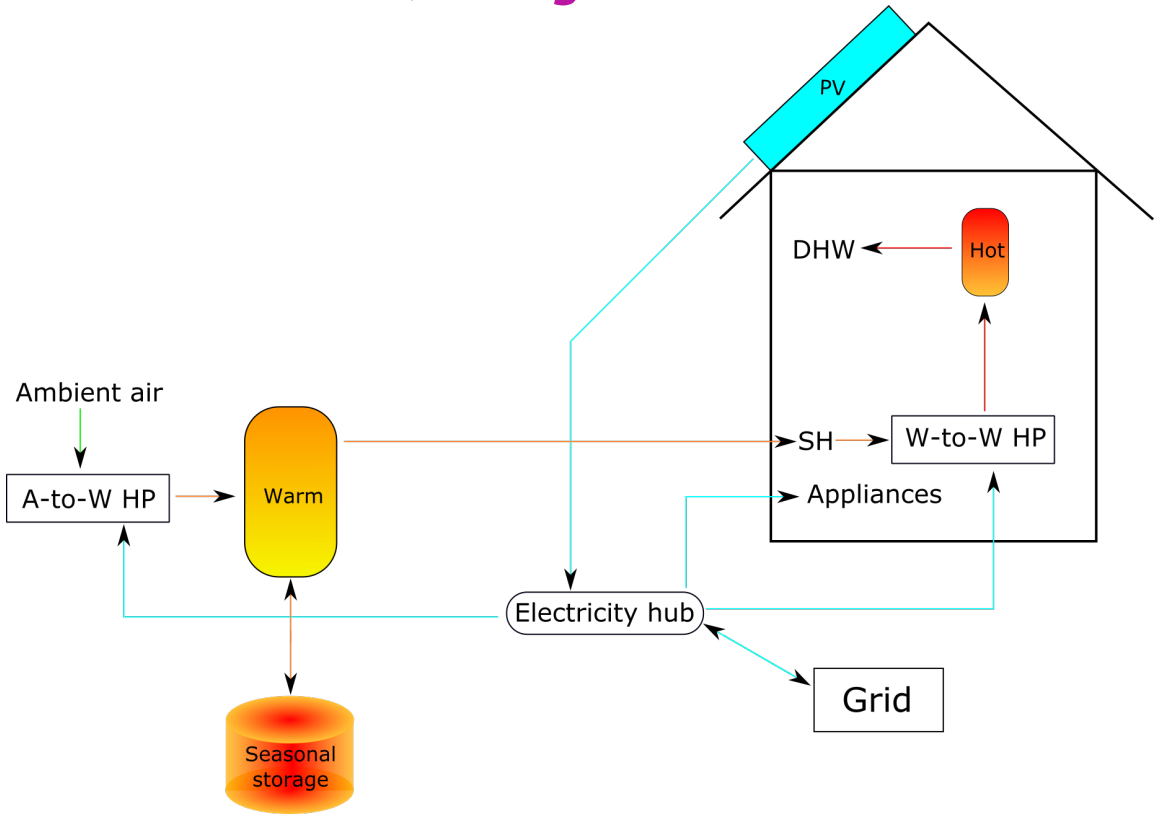
Aurinkolämpö, keskitetty varasto



Aurinkosähkö, keskitetty varasto



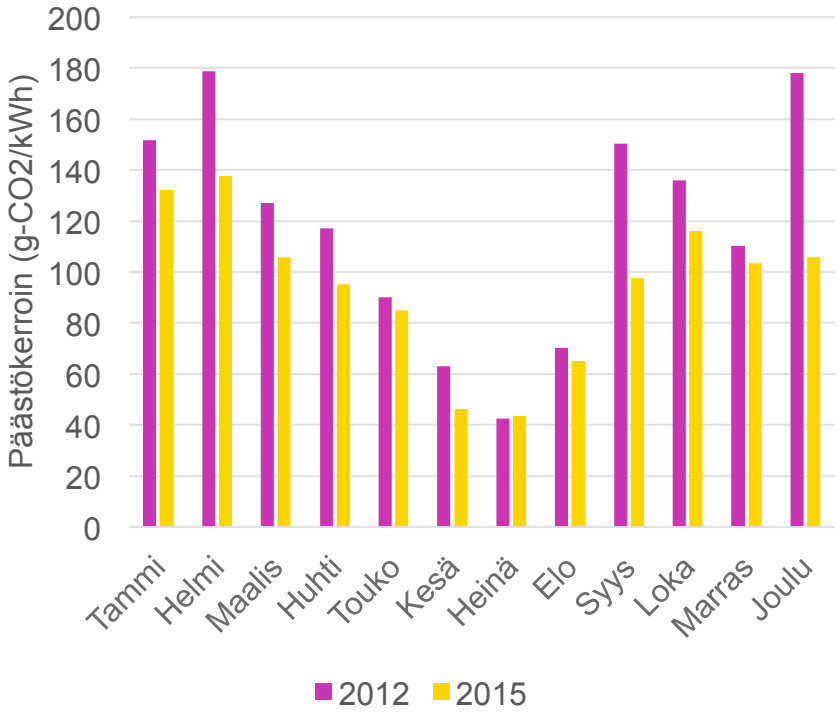
Aurinkosähkö, hajautettu varasto



Päästövaikutukset

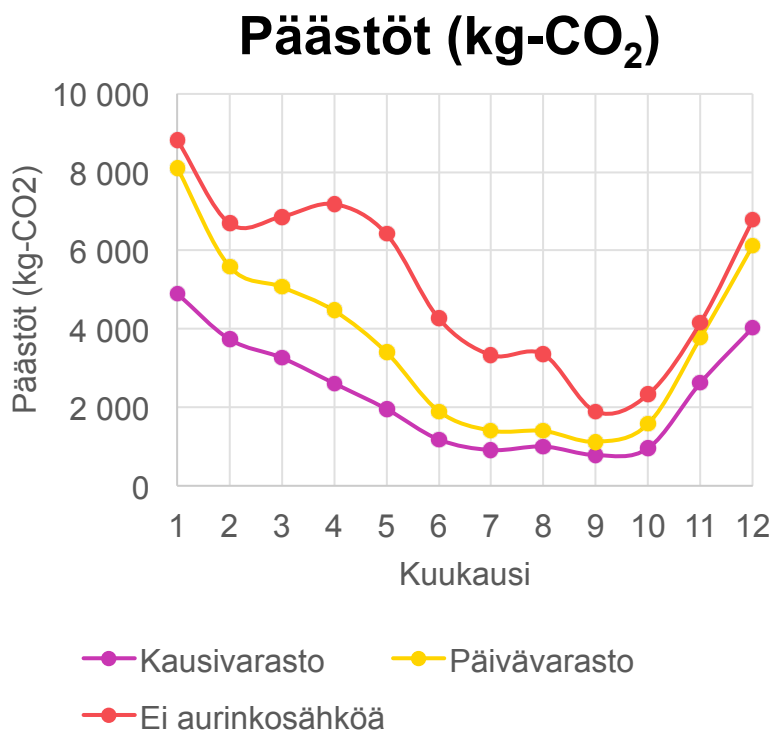
Mitä energiaa aurinkoenergia korvaa?

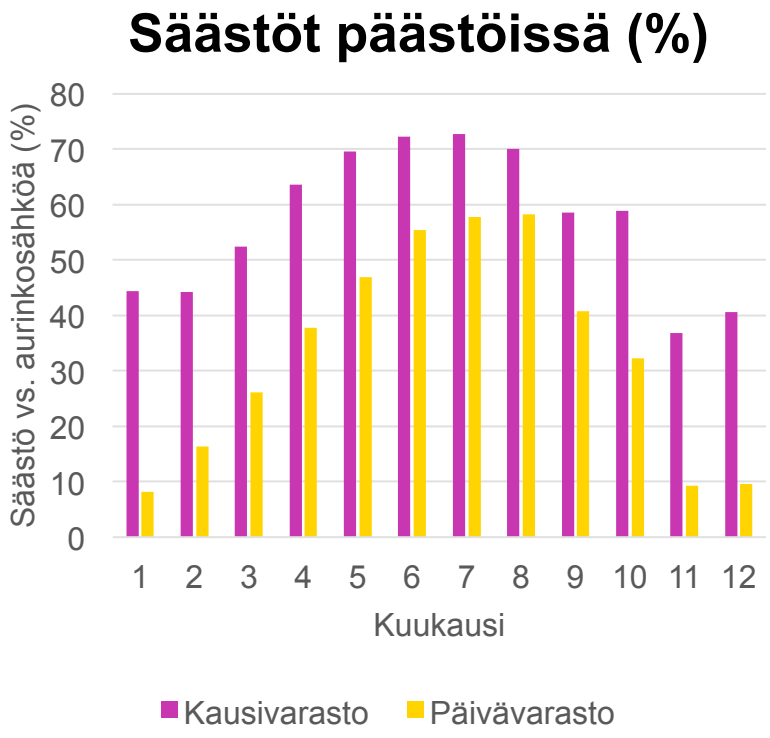
Päästöarvojen kuukausivaihtelu Suomessa



- **Kesällä yleensä puhtaampaa sähköä**
  - Aurinkoenergian päästövähennykset pienemmät
- **Kausivarastointi säästää talvella**
- **Bioenergia oletettu päästöttömäksi!**

Päästövertailu aurinkokylälle (2015)





Johtopäätökset

- **Aurinkoenergiaa on helppo varastoida lämmöksi**
  - Lämpövaraston hinta on murto-osa sähkövaraston hinnasta
- **Yhteisötason ratkaisut pienentävät järjestelmien yksikköhintaa ja mahdollistavat kausivarastoinnin**
  - Lämmön kausivarastoinnin avulla 90% vuotuisesta lämmityksestä voidaan tuottaa aurinkoenergialla jopa Suomessa
  - Kulutuksen minimointi on tärkeää, koska aurinkokeräimet ovat järjestelmän suurin kustannuserä
  - Suurempi koko parantaa varaston hyötysuhdetta
- **Kausivarastoilla aurinkoenergian päästövähennyspotentiaali voidaan hyödyntää vuoden korkeapäästöisimpänä aikana**