

HIILIMETSÄTALOUS OSANA TULEVAISUUDEN ILMASTORATKAISUJA

Biomassan kuivaus hybridikuivurilla

Jyrki Raitila & Tomi Thomasson, VTT

26.10.2022



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Tausta ja tavoite

- Tausta
 - Nykyinen tutkimus aloitettiin 2016 asentamalla aurinkokeräimet VTT:n katolle ja yhdistämällä ne laboratorion biokuivuriin
- Tavoite
 - Selvittää bioenergian resurssitehokkaampi hyödyntäminen kuivauksen avulla
 - Arvioida hajautettua kuivauskonseptia, jolloin myös logistiikkaan liittyvissä kustannuksissa ja päästöissä säästetään
- Nykyinen koelaitteisto
 - VTT integroi kuivuriin lämmönlähteenä käytettävät aurinkokeräimet ja lämpöpumppujärjestelmän (+älykäs ohjaus).



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Hybridikuivuri (1/2)

- 2 konttia
 - Kuivaus/lämmöntuotantolaitteet
 - Kuivauskamari
- 25 kW ilmalämpöpumppu integroituna ilmanvaihtokoneeseen
 - Pumpputta käytetään ensisijassa ilman kuivaamiseen (ulkoyksikkö alkulämmitykseen)
 - IV-kone ohjaa ilman kulkua (+ kosteuden poisto ja ilman lämmitys)
 - Kuivuria voidaan käyttää myös kylmällä ja pilvisellä ilmalla sekä yöllä



Hybridikuivuri (2/2)

- Aurinkokeräimet yht. 22 m²
 - Kuivaus pelkällä aurinkolämmöllä (läpivirtaus)
 - Pumppukuivauksen lisälämmitys
- Kuivauskamari
 - Ilman läpivirtaus reikäpellin läpi
 - Pohjakuljetin ja mahdollisuus biomassan kierrätykseen kuivurissa



Mallinnusmenetelmistä

Taustalla **dataa 61 koeajosta** VTT:n laitteistolla

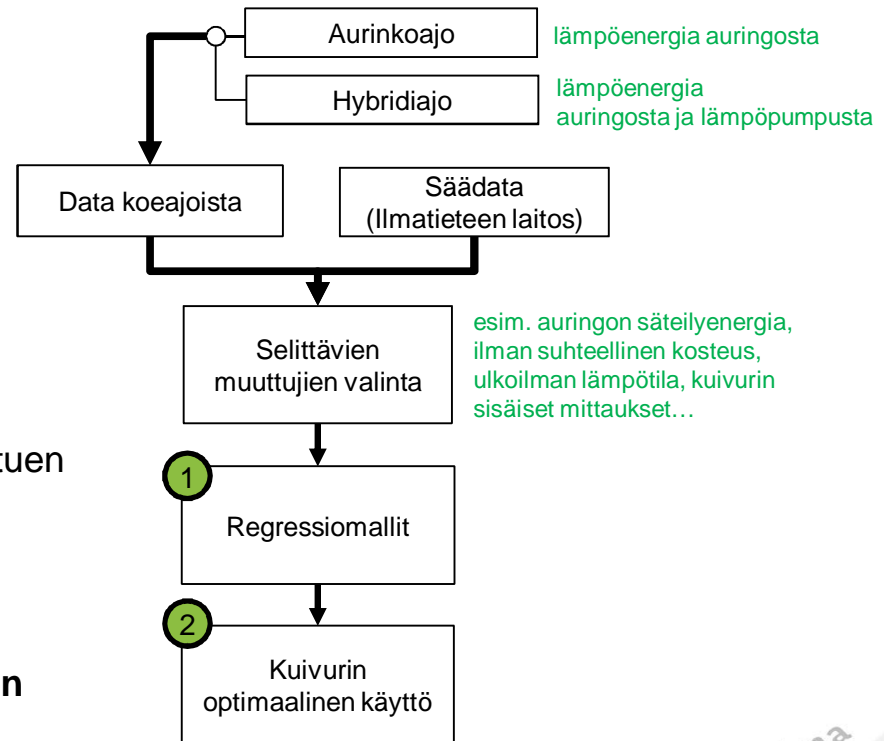
- 27 aurinkoajoa, 704 h
- 34 hybridiajtoa, 316 h

① **Monimuuttujaregressiomallit** luotu kuvaamaan kuivurin eri ajotapojen toimintaa koeajodataan perustuen

- Poistetun veden määrä (kg/h)
- Kuivauksen sähkönkulutus (kWh)

② Kehitettyjä malleja käytetään kuivurin **optimaalisen ajotavan suunnittelussa** erilaisissa markkina- ja säätilanteissa

- Kuinka kannattavaa kuivaus on taloudellisesti?
- Mikä tuntikohtaisen ohjauksen taloudellinen hyöty on?

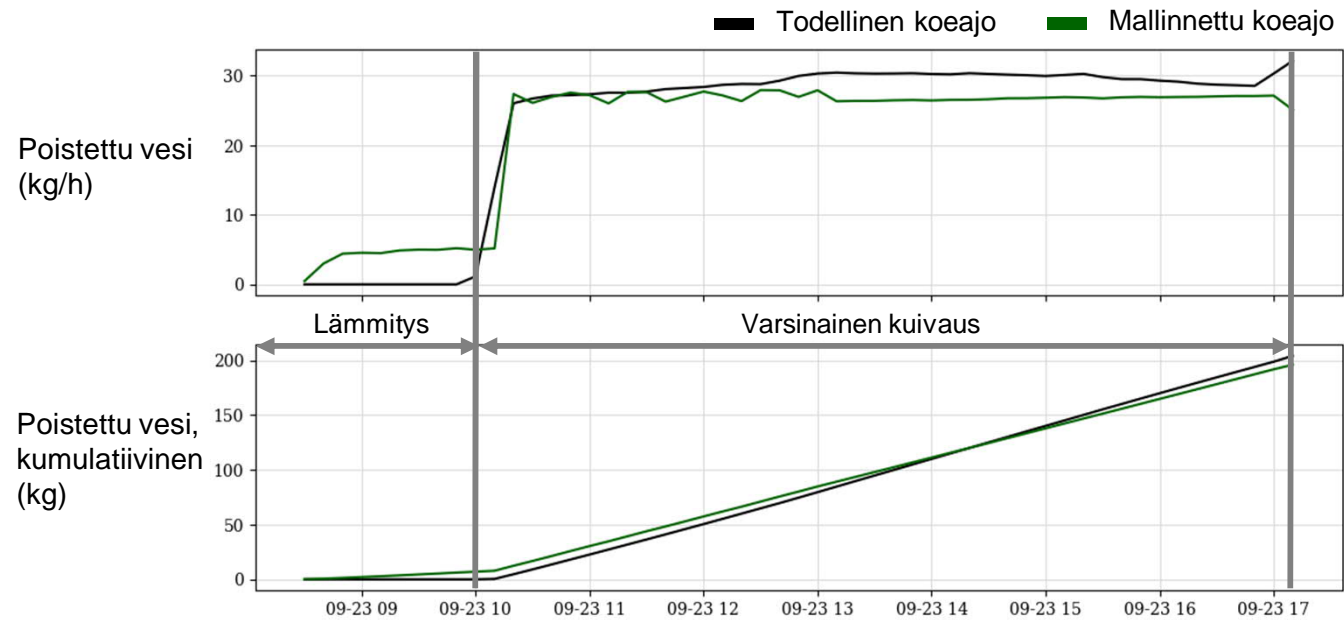


Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Regressiomallit: kuivauksen eteneminen



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

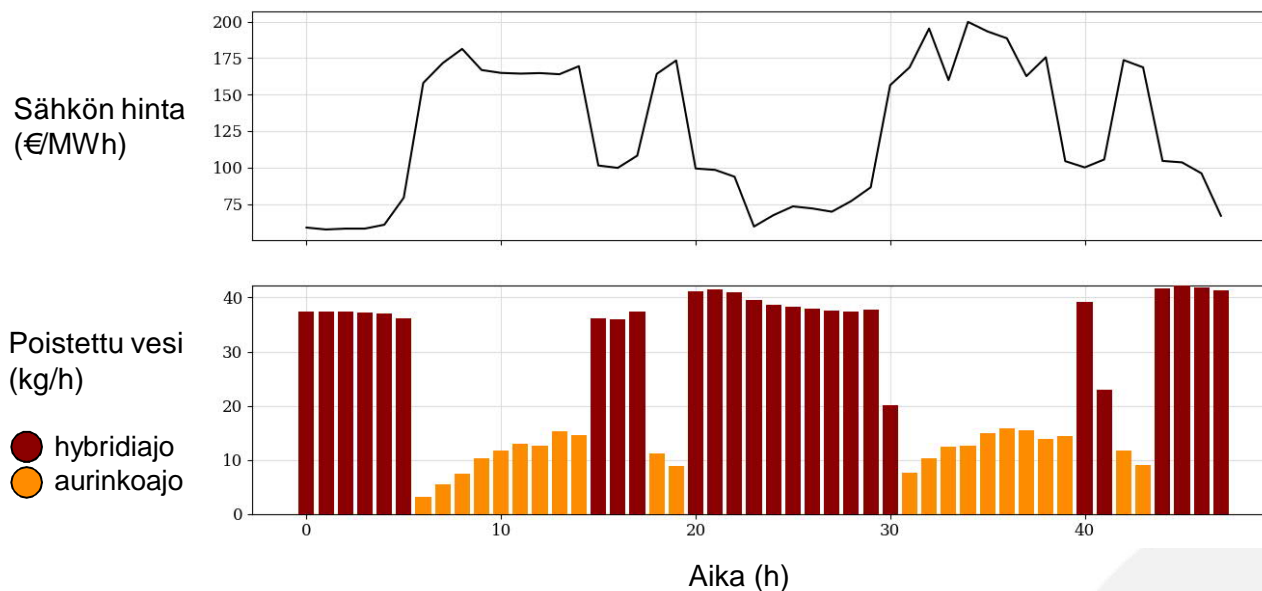
Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Optimointimalli: kuivaustavan valinta

Optimointi valitsee tuntikohtaisesti kannattavimman kuivaustavan

- Perustuu ennusteisiin sähkön hinnasta ja säätilasta
- Tavoitteena maksimoida taloudellinen tuotto ilman ehtoja kuivauksen määrälle
- Kuivuri voidaan myös pysäyttää täysin, jos käyttö ei ole taloudellisesti kannattavaa



asvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



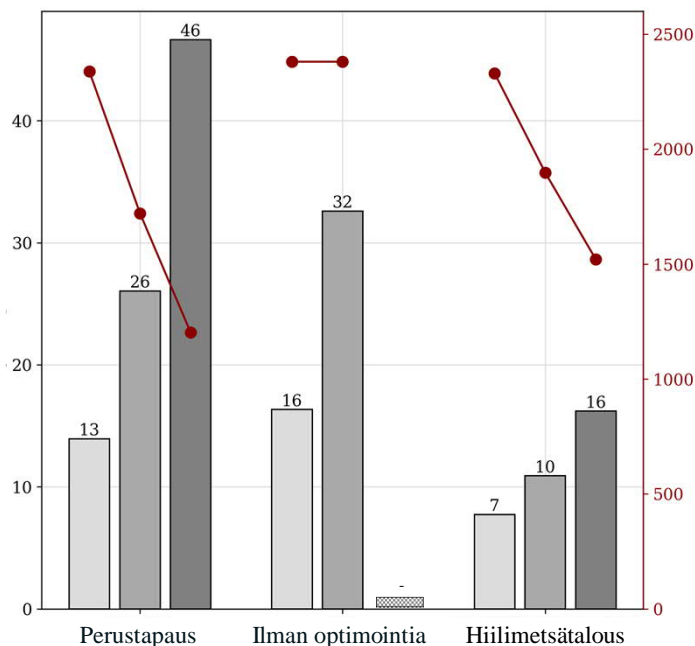
Hybridikuivurin takaisinmaksuaika

Laskennallinen biomassaerä: 500 kg
 Biomassan hinta kuivana: 23 €/MWh
 Syötettävän biomassan hinta: 21 €/MWh
 Biomassan alkukosteus: 45%
 Biomassan loppukosteus: 28%
 Investointikustannus: 85 k€
 Hiilidioksidin hinta: 100 €/t_{CO2}

7 takaisinmaksuaika (a)

- ☐ sähkö 8 snt/kWh
- ▒ sähkö 16 snt/kWh
- sähkö 24 snt/kWh

kuivattavat
 tuorehake-erät (kpl/a) ●



Kuivurin takaisinmaksuaika perustapauksessa 13 a

- Sähkön keskihinta kaksinkertainen: **26 a**
- Ilman optimoitua ajotapaa: **16 a**
- Bioperäinen hiilidioksidi hinnoiteltu: **7 a**
- Investointikustannus 30% pienempi: **10 a**

Sähkön keskihinta vaikuttaa taloudellisesti kannattavaan tuorehakkeen kuivausmäärään:

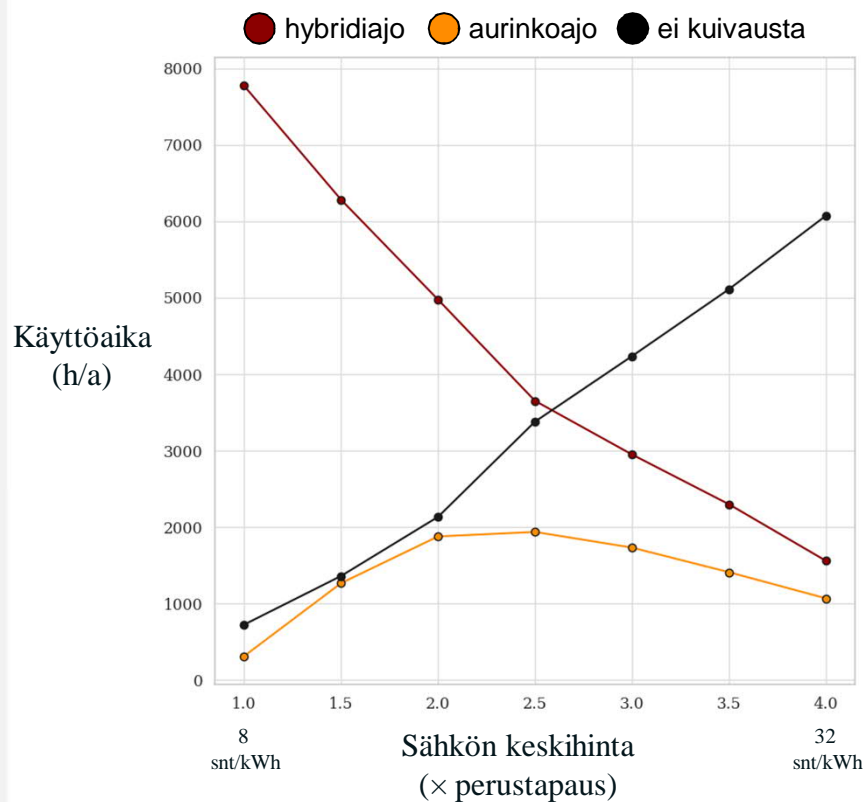
- 8 snt/kWh: 2301 x 500 kg ≈ **4108 m³/a**
- 24 snt/kWh: 1202 x 500 kg ≈ **2146 m³/a**

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
 EU:lta
 2014–2020



Optimaalisen ohjauksen vaikutus



Optimaalinen ajotapa välttelee korkeampia sähkön hintoja

- sammuttamalla lämpöpumpun ja lisäämällä aurinkoajoa
- vähentämällä kuivaustunteja

Bioperäisen hiilidioksidin hinnoittelu lisää kannattavia käyttötunteja

- kompensoi korkeampaa sähkön hintaa
- kokonaiskuivausmäärä kasvaa

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Yhteenveto

Hybridikuivuri soveltuu hyvin kiinteään biomassan kuivaukseen.

Lämpöpumpun avulla tasainen kuivausprosessi ja merkittävästi lisää kuivaustunteja.

Kehitetyllä datapohjaisella mallinnusmenetelmällä voidaan tarkastella kuivauksen toimintaa ja taloudellista kannattavuutta erilaisissa olosuhteissa tuntitasolla.

Kuivurin takaisinmaksuajaksi arvioitiin perustapauksessa **13 vuotta**, joka ilman optimaalista ajotapaa kasvaa **16 vuoteen**. Tarkastelluista parametreista erityisesti sähkön hinnalla on merkittävä vaikutus taloudelliseen kannattavuuteen.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto