Elektrolyysin sivuvirtojen hyödyntäminen ravinnontuotannossa

Kiertovesilaitos elektrolyysin hukkalämmön ja sivuvirtahapen käyttäjänä

DI Sami Kallisto, sami.kallisto@airem.fi

21.08.2025

Julkaisun osoite: https://lutpub.lut.fi/handle/10024/169920

Suomen Kalankasvattajaliitto ry. Kalankasvatuksen kesäpäivät 2025

Mitä, miksi, miten?

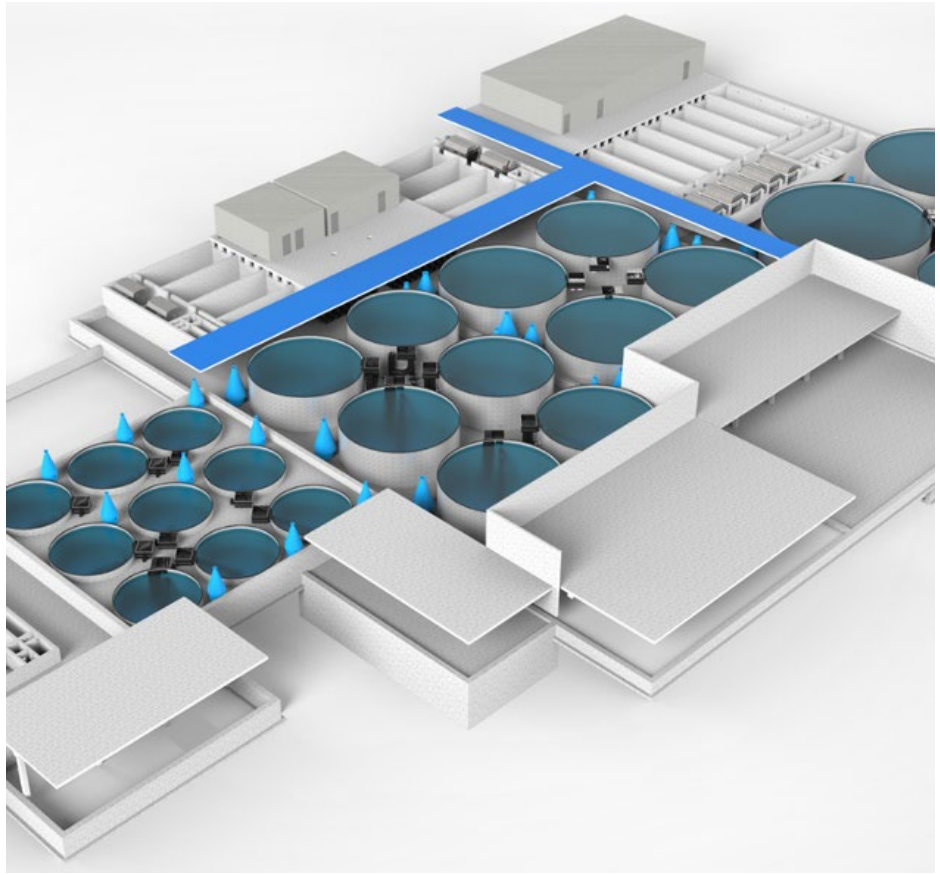
- Mitä tutkittiin?
- Miksi tutkittiin
- Miten tutkittiin?
- Miten laskettiin?
- Mitä selvisi?
- Mitä havaittiin?
- Mitä seuraavaksi?

Mitä tutkittiin?

Vihreän vedyntuotannon sivuvirtoina syntyy hukkalämpöä ja happea

Itä-Suomen yliopiston ja Lappeenrannan-Lahden teknillisen yliopiston yhteistyönä toteutetussa tutkimuksessa selvitettiin sivuvirtojen hyödyntämisedellytyksiä ravinnontuotantolaitoksessa

Tutkimus pyrki selvittämään elektrolyysin sivuvirtojen tuotantomäärän suhteessa kiertovesiviljelylaitoksen kulutukseen, saavutettavan taloudellisen hyödyn sekä arvioimaan potentiaaliset synergiaedut

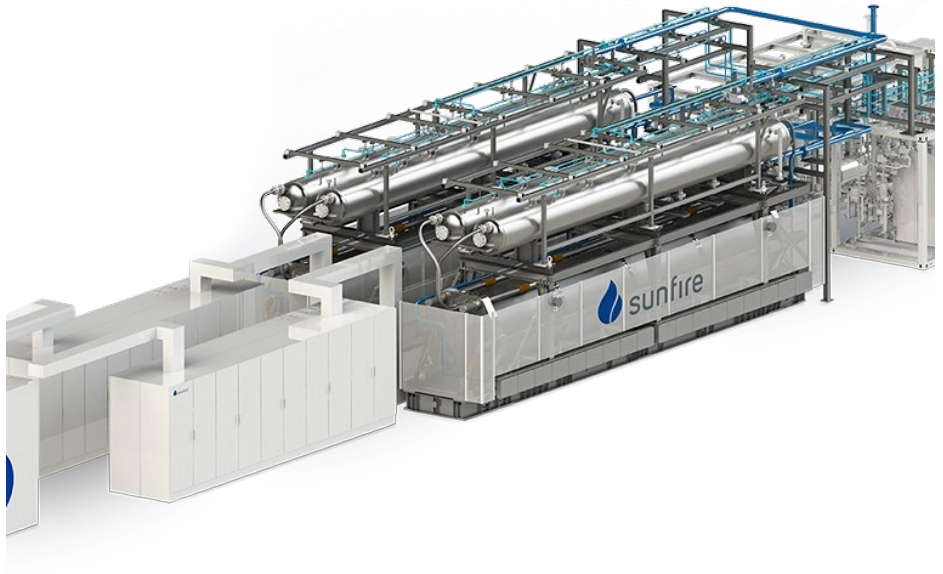


Kuva: Pregnballe 2022

Miksi tutkittiin?

Haluttiin selvittää

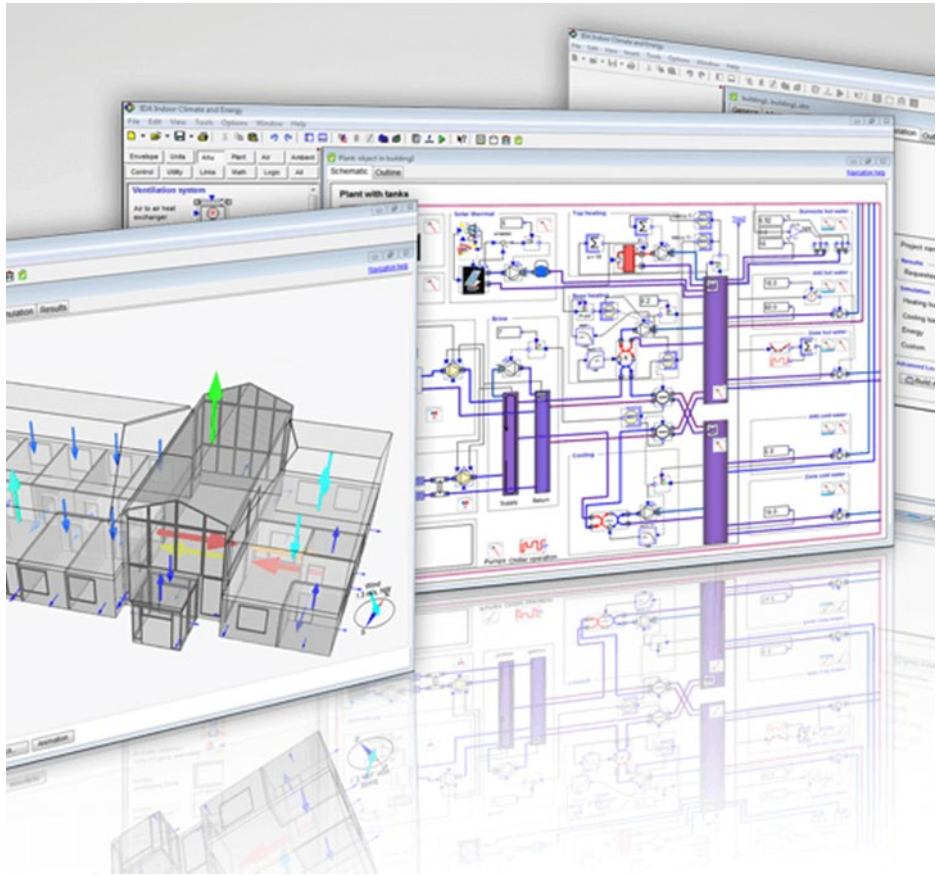
- Uusia käyttökohteita alkalielektrolyysin sivuvirtahapelle ja matalalämpöiselle hukkalämmölle elektrolyysillä tehtävän vedyntuotannon ja sivuvirtojen määrän kasvaessa
- Kiertovesiviljelylaitoksen hapen- ja lämmönkulutuksen elektrolyysiin yhteensovittamisen potentiaali, edellytykset ja toteutettavuus
- Sivuvirtojen hyödyntämisen taloudelliset vaikutukset vetytoimijalle
- Taloudelliset vaikutukset ja synergiaedut ravinnontuottajalle
- Tarvittava jatkotutkimus



Kuva: Sunfire GmbH 2025

Miten tutkittiin?

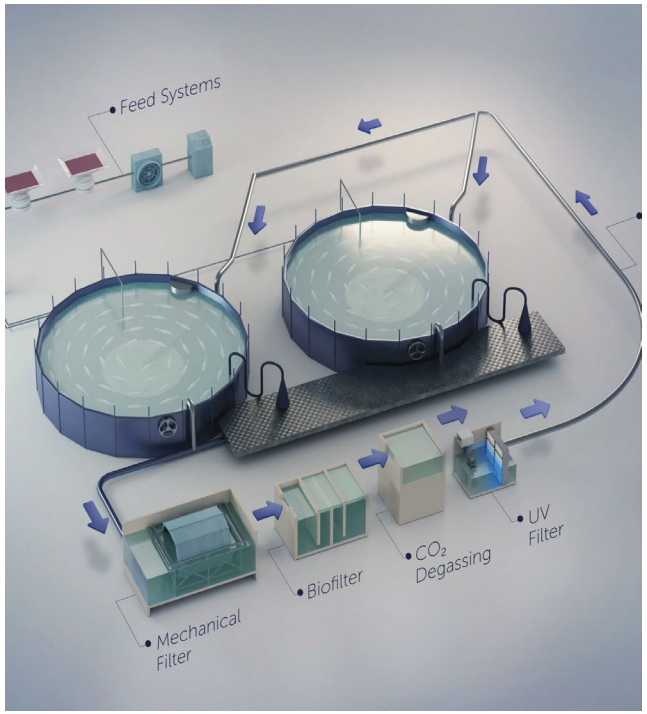
- Dynaaminen mallinnus RAS-laitoksen energiankulutuksesta ja lämmitystehontarpeesta (IDA ICE)
- Alkalielektrolyysillä tehtävän vedyntuotannon ja sivuvirtojen tuotantomäärien mallinnus tuntitasolla kolmella eri nimellisteholla (Excel)
- Kiertovesiviljelylaitoksen määrittäminen sekä hapenkulutusprofiilin ja biomassan mallinnus tuntitasolla (Excel)
- Vaikutukset vedyn LCOH-tuotantohintaan nettonykyarvoin sekä investointien kannattavuuden arviointi eri toimijoiden näkökulmasta (Excel)



Kuva: Equa Finland Oy

Miten laskettiin?

- AEL Jatkuva teho 2.5 MW ja 5.0 MW sekä vaihteleva teho 6.5 MW (tuulivoima)
- Tarkastelujakso 2023 (Säädata TRY2020)
- HHV-hyötysuhde jatkuva teho 80 %, tuulivoima vaihteleva hyötysuhde (CF)
- Allasveden tavoitelämpötila (RAS) jatkuva 14 °C
- Laitoksen korvausveden lämpötila (RAS) 10 °C ja 4 °C (kesä/talvi)
- Allasveden haihtuminen ja kalojen lämmöntuotto sekä lämpökuorma (kirjallisuus, Luke)
- Jäteveden lämmöntalteenotto (PHE-levylämmönvaihdin)
- Hukkalämmön talteenotto lämmönvaihtimella (PHE)
- Altaiden biomassan kehitys ja hapenkulutus tuntitasolla (kirjallisuus, Luke)
- Tuotannon ja kulutuksen yhteensovittaminen tuntitasolla
- Lämmön varastointi lämpöakkuun (TES)
- Hapen varastointi matalapainesäiliöön 30 bar
- LCOH-hintavaikutus eri skenaarioissa ja varastoinnilla saavutetut hyödyt
- Toteutettavuuden ja synergiaetujen arviointi



Kuva: Hansa Engineering Oy

Mitä selvisi?

- RAS Lämmitysenergian tarve 6840 MWh ja hapenkulutus 2528 t
- AEL vedyntuotantomäärä eri skenaarioissa 235-835 t H_2
- AEL Hapen tuotantomäärä eri skenaarioissa 1850 t – 6640 t O_2
- Hukkalämmön lämpöteho noin 0,5-1,2 MW
- Lämpöenergian tuotanto 4100-8200 MWh

Kuva: ChatGPT

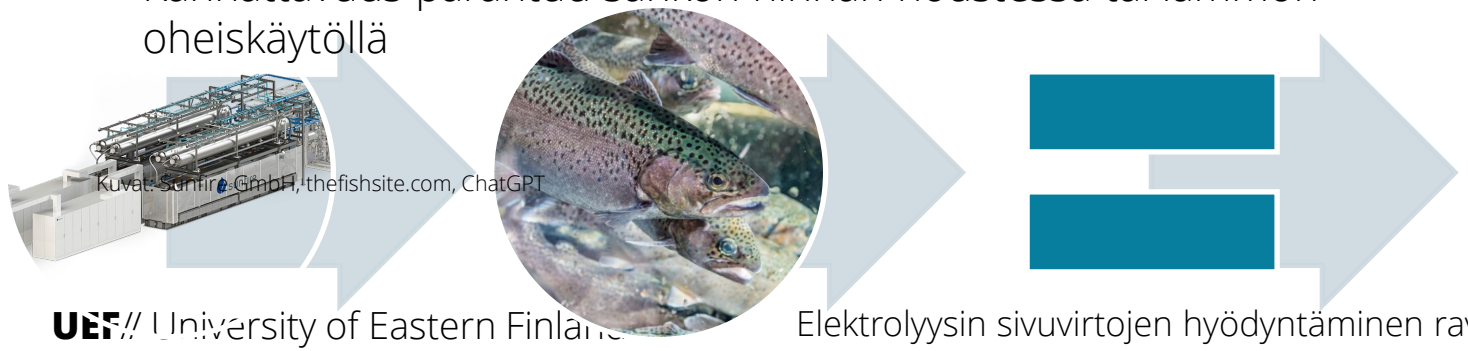
Mitä havaittiin?

Tarkasteluvuonna 2023

- Lämpöenergian tarpeesta katettiin enimmillään
  - 2.5 MW: ~60 %
  - 5.0 MW: ~94 %
  - 6.5 MW: ~78 % (tuulivoima)
- Hapen tarpeesta katettiin enimmillään
  - 2.5 MW: 100 %
  - 5.0 MW: 100 %
  - 6.5 MW: ~74 % (tuulivoima)
- Vedyn LCOH sivuvirtojen hyödyntämisen jälkeen:
  - 2.5 MW: LCOH 4,08 → 3,21 eur/kg
  - 5.0 MW: LCOH 3,81 → 3,29 eur/kg
  - 6.5 MW: LCOH 6,08 → 4,66 eur/kg (−23,3 %)

Mitä todettiin?

- RAS-laitoksen määrittämiseen liittyy epävarmuutta
- Laadittua mallinnusta voidaan soveltaa eri kokoluokan laitoksiin
- 2.5 MW elektrolyyseri kattaa koko hapentarpeen
- 5.0 MW elektrolyyseri kattaa lähes koko lämmöntarpeen
- Hapen tuotanto kalankasvatuksen tarpeisiin riittävä jo 2.5 MW teholla
- Tasaisella teholla toimiva 2.5 MW elektrolyyseri skenaarioista kannattavin
- Merkittävimmät hyödyt sivuvirtahapen käytöstä
- Varastoilla ei saavuteta merkittävää taloudellista hyötyä
- Parantaa vedyn- ja ravinnontuotannon kannattavuutta sekä lisää omavaraisuutta
- Kannattavuus parantuu sähkön hinnan noustessa tai lämmön oheiskäytöllä



Kuvat: Sanfire GmbH, thefishsite.com, ChatGPT

Kuva: ChatGPT

Mitä seuraavaksi?

- Fyysisten laitosten tarkastelu
- Dynaamisten mallien tarkentaminen
- Tuotannon ja kulutuksen yhteensovituksen optimointi
- Pilottikohteessa tehtävä jatkotutkimus
- Skaalattavuuden tarkastelu
- Soveltaminen eri laitoskokoluokkiin ja teknologioihin
- Poikkitieteellinen lähestymistapa välttämätöntä
- Muiden ravinnontuotantomenetelmien yhdistämisen mahdollisuudet
- Edellytykset energia- ja ympäristöpolitiikalta?

Kiitos mielenkiinnostasi!