

Vahvistusoppiminen taajuusreservimarkkinoilla – Tarjousten optimointi ikääntyminen huomioiden

Harri Aaltonen

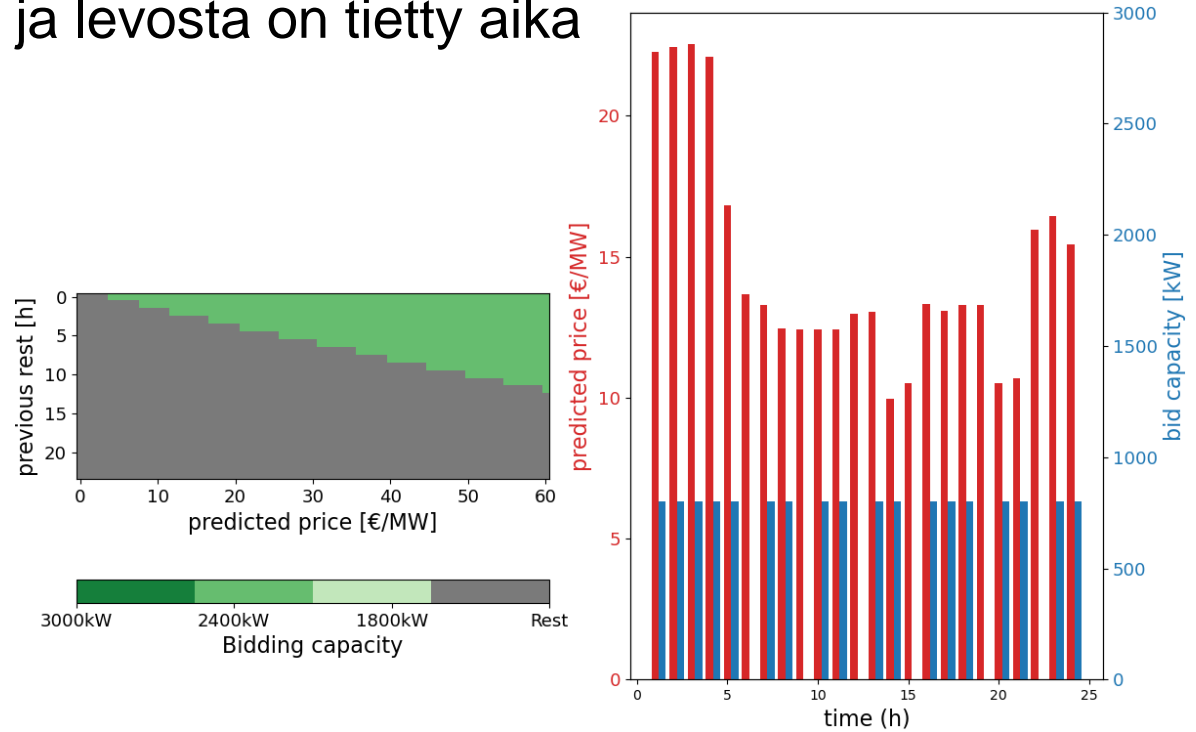
28.4.2022



Aalto University
School of Electrical
Engineering

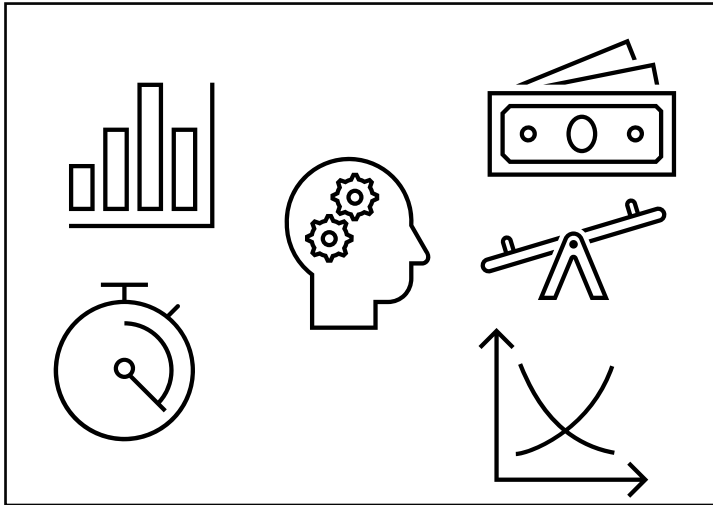
Tausta

- Helenin Suvilahden akku
- Aiempi tutkimus:
 - Tekoäly suosittaa lepäämistä useammin, mikäli hinta on riittävän alhainen ja levosta on tietty aika



Tutkimuskysymys

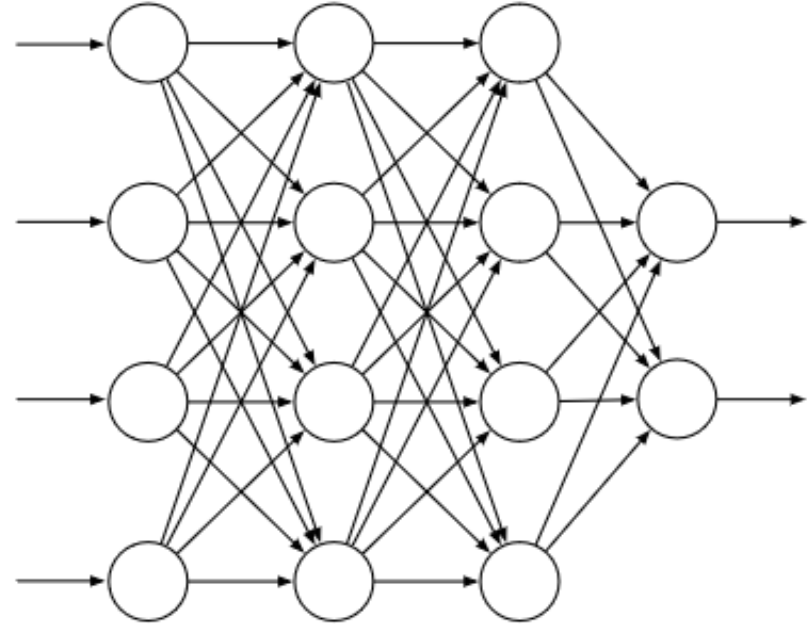
- Miten tasapainottaa markkinoille osallistuminen, kun huomioidaan akun ikääntyminen?



<https://www.helen.fi/en/news/2021/helen-invests-largest-electricity-storage-facility>

Metodi

- **Neuroverkot**
- **Kolme RL algoritmia**
 - REINFORCE
 - A2C
 - PPO



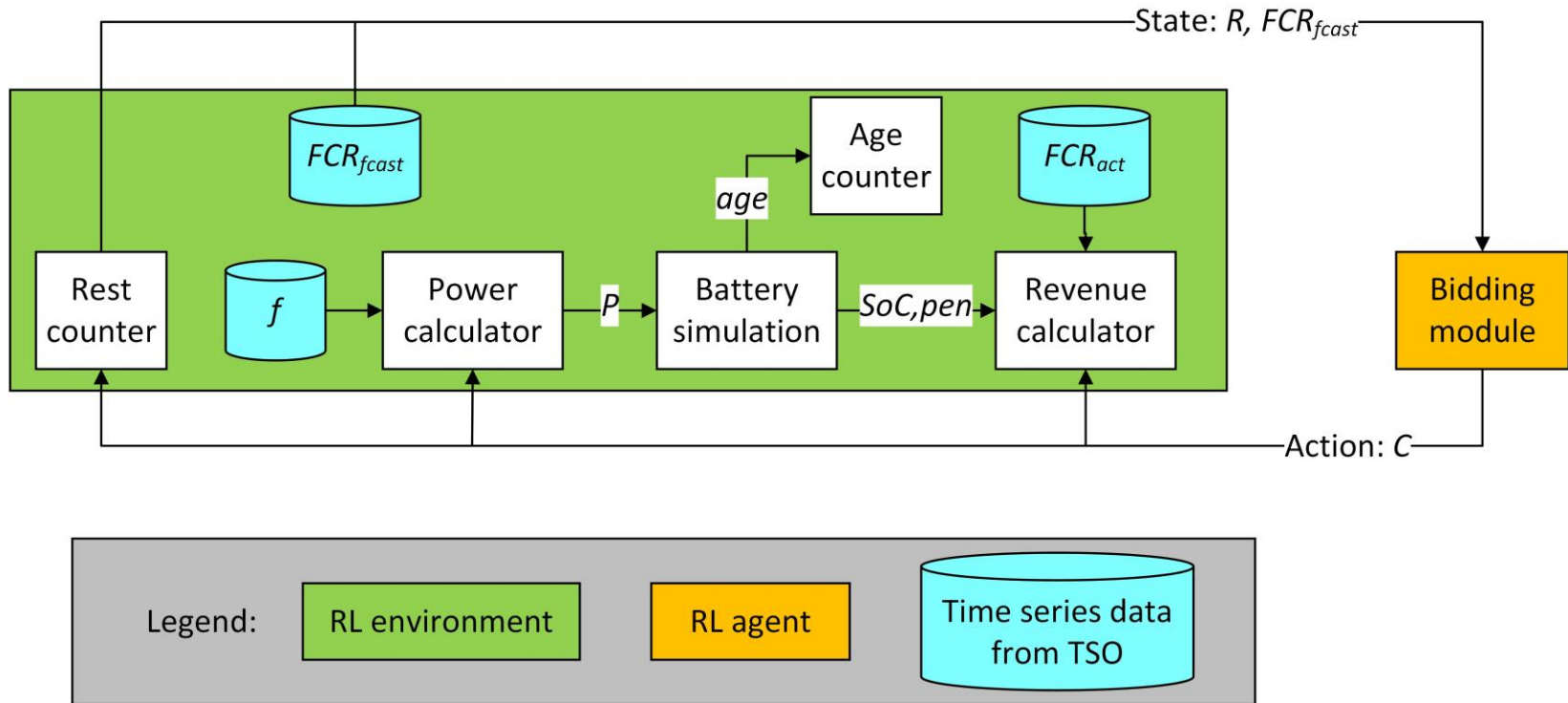
Tutkimusasetelma

- **Data**
 - Vuosi 2020
 - Käyttökelpoista dataa 350/366 päivää
 - Opetus-validointi suhteessa 9:1 = 315:35
 - Datan järjestys sekoitettu
- **10 agenttia/ algoritmi**
 - Käytössä random seed
 - Lopullinen tulos näiden keskiarvo

Tutkimuksen toteutus

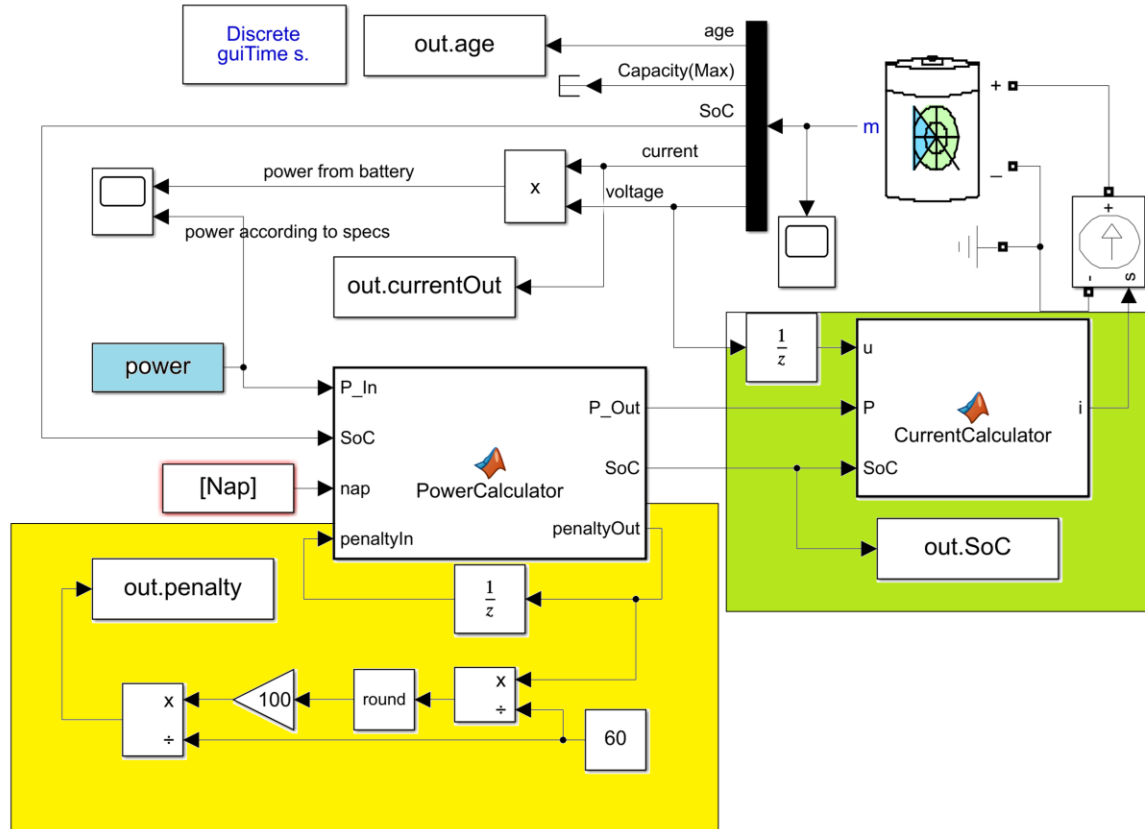
- **Opetus**
 - 5 vuoden ajan =2020 opetusdata 5 kertaa
 - Opetuspäivät satunnaisessa järjestyksessä
- **Validointi**
 - Validointidatassa 2-3 päivää/ kuukausi
 - 15 opetuspäivän välein
 - Oppiminen ei näy harvoin validoidussa datassa
- **Ikääntymisen arviointi**

Yleiskuva: ikääntyminen

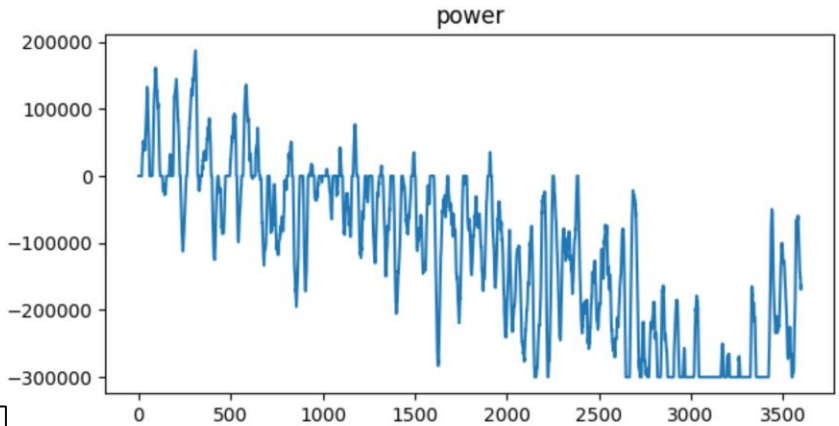
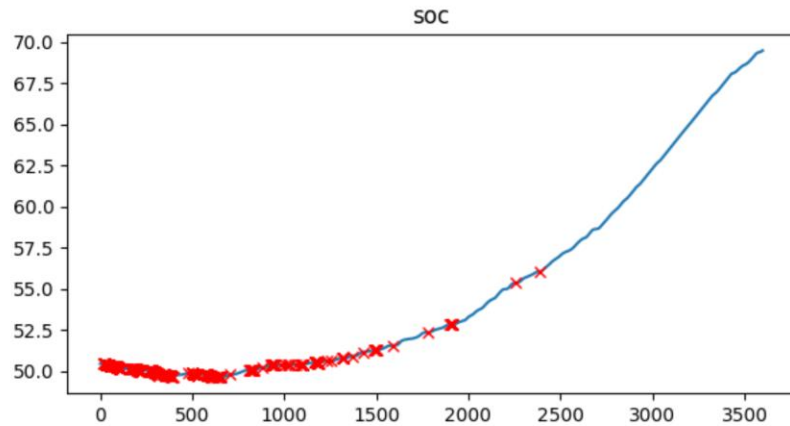
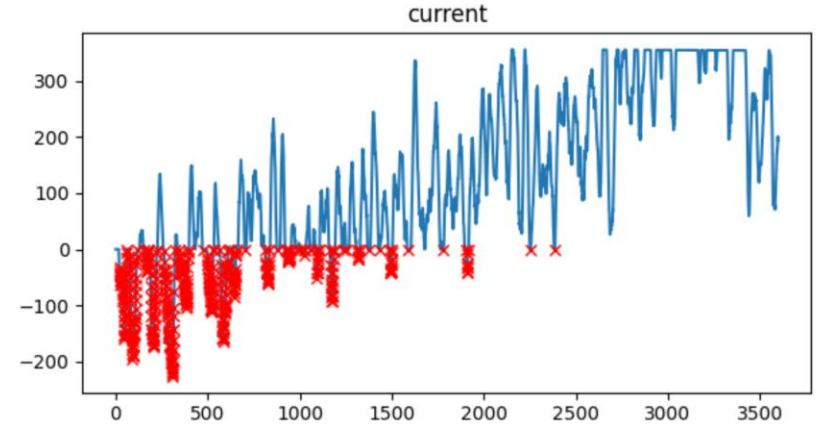
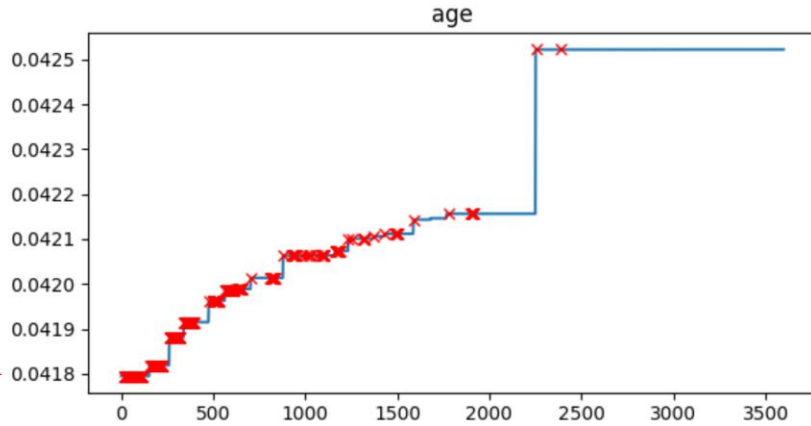


Simulointiympäristö

- ■ Taajuus → teho
- ■ Markkinasakko (%)
- ■ $i(t) = \frac{P(t)}{U(t)}$



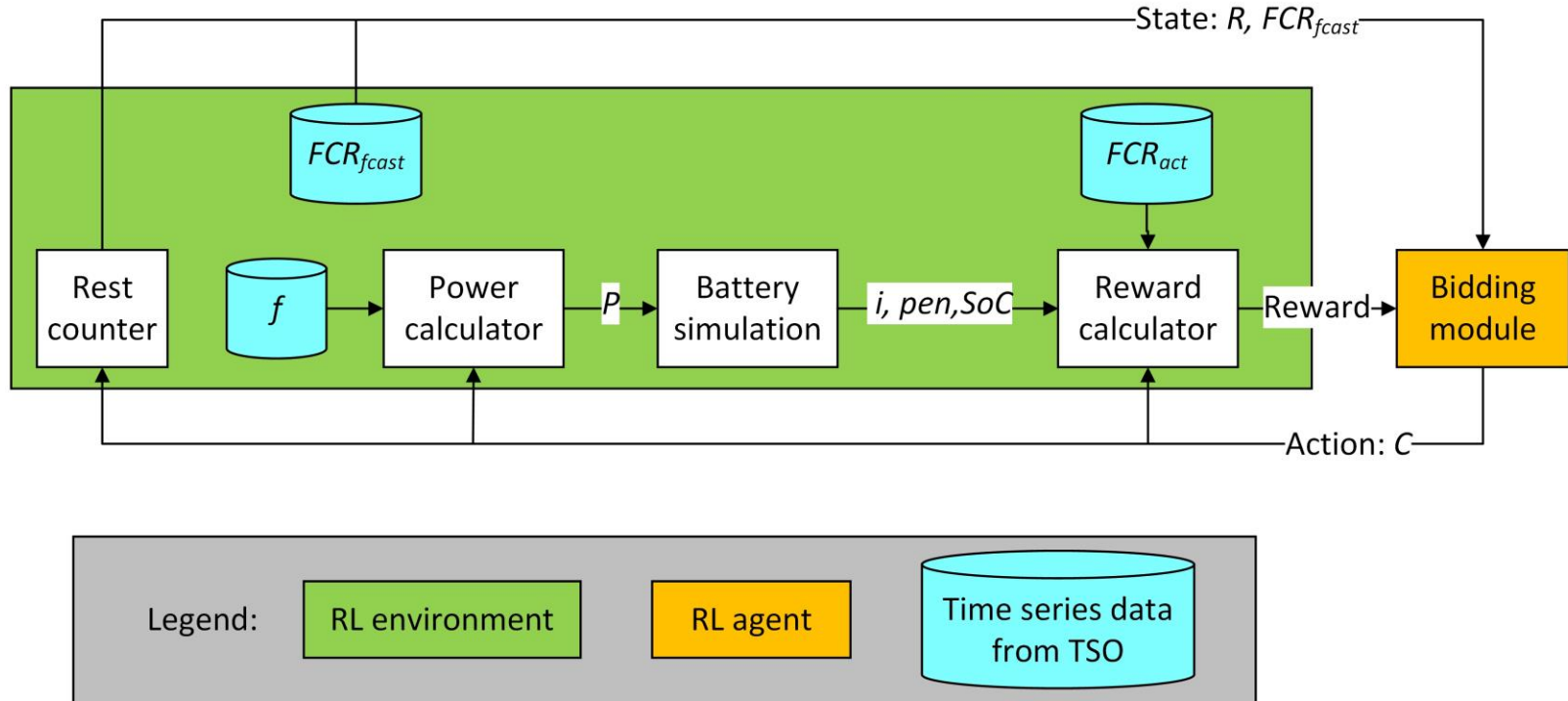
Simulointi – yksi tunti



Ikääntymisen arviointi

- **Simulink akkumallin ikä ulostulo päivittyy half-cyclen päättyessä**
- **Mikäli kyseinen tunti ei pääty varauksen purkuun, iän päivitys ei ole luotettava**
- **Ratkaisu:**
 - Opetettaessa arvioidaan ikääntymistä varaustason ja virran perusteella
 - Simuloidaan validointipäivät yhtenä suurena simulaationa ja tarkastellaan simulaation tuottaamaa ikääntymistä

Yleiskuva: opetus ja validointi

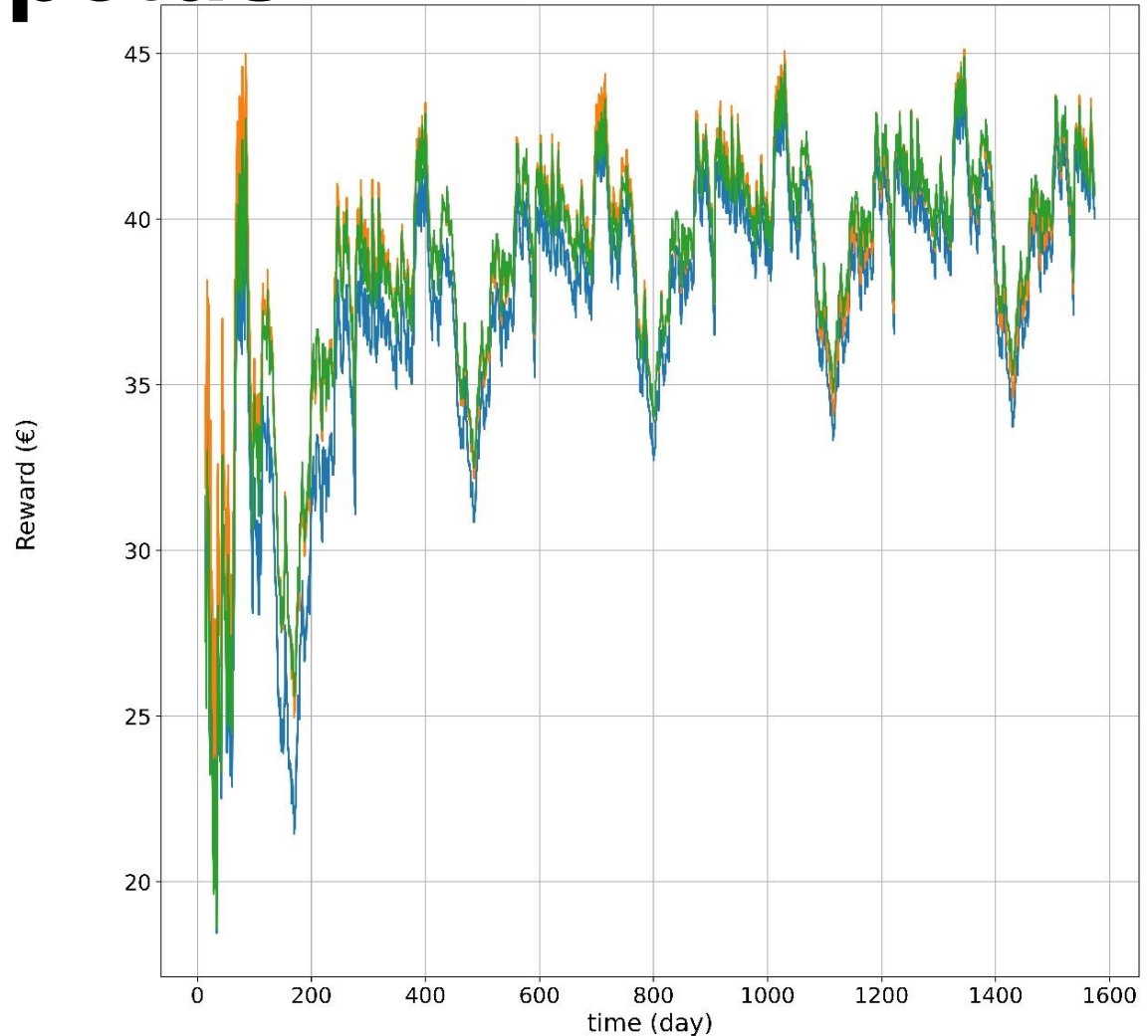


Palkkio - Reward

- Markkinakompensaatio – markkinasakko - ikääntymissakko
- $$\frac{100-pen}{100} * FCR_{act} * C - \frac{pen}{100} * FCR_{act} * C - wA$$
- Ikääntymissakko
 - $A = \frac{1}{10^7} \sum_{s=0}^{T-1} i_s \cdot DoD_s$
 - $w :=$ säädettävä vakio

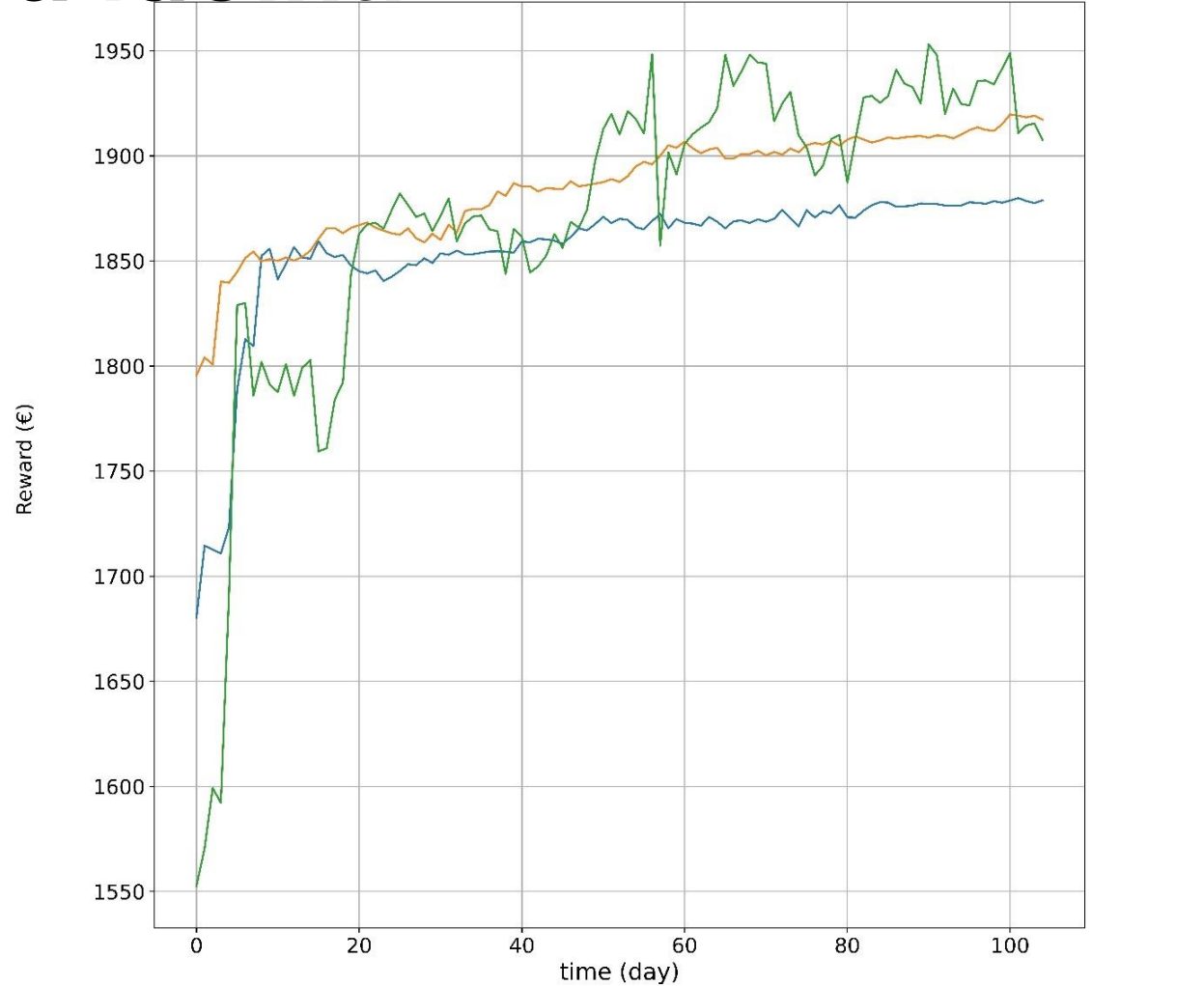
Tulokset - opetus

- Päivät satunnaisessa järjestyksessä → tulos kohinaista
- Eksponentiaalisesti painotettu keskiarvo:
- $y_T = \frac{\sum_{t=0}^T (1-\alpha)^{T-t} x_t}{\sum_{t=0}^T (1-\alpha)^t}$
- $W=3.8$

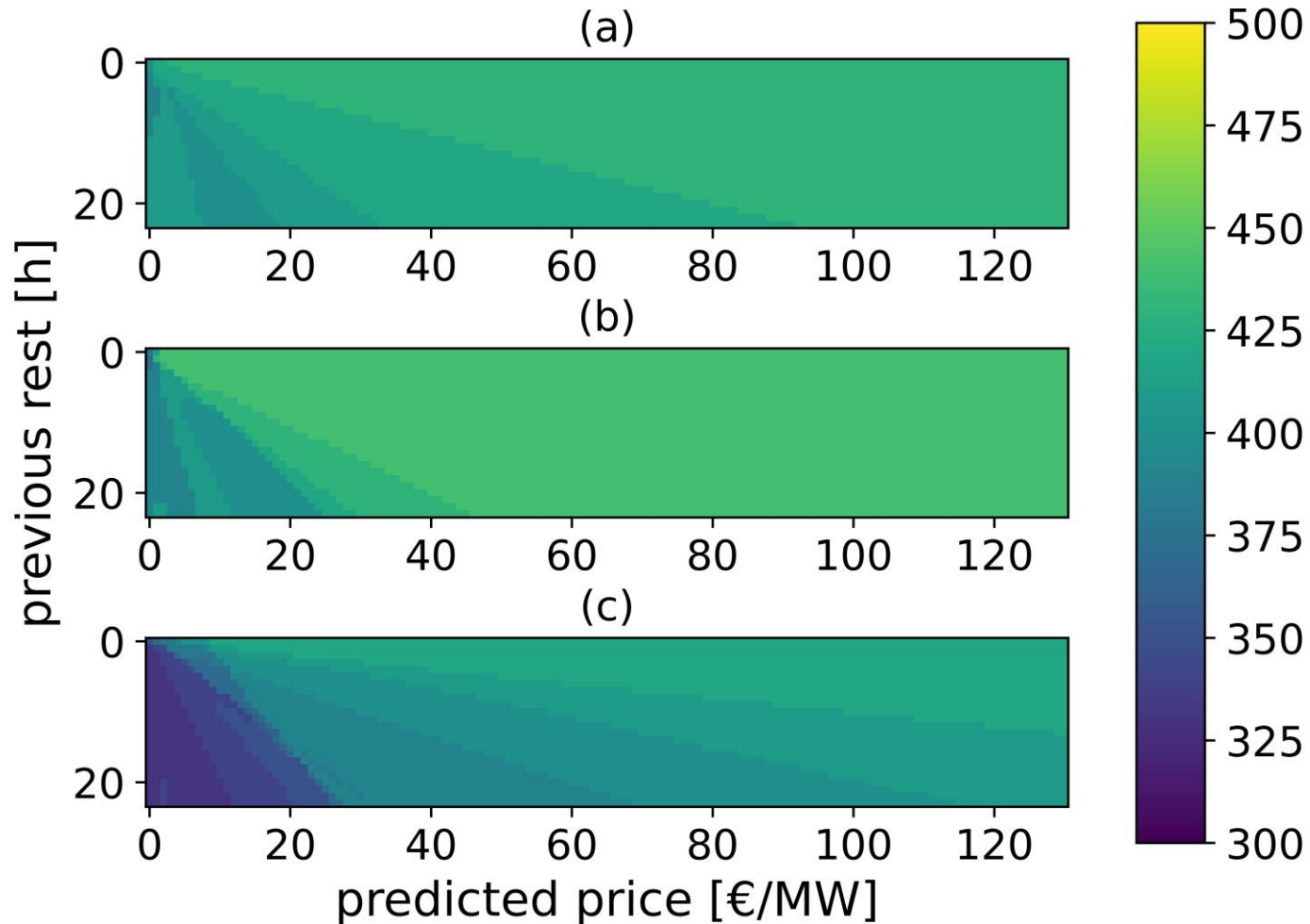


Tulokset - Validointi

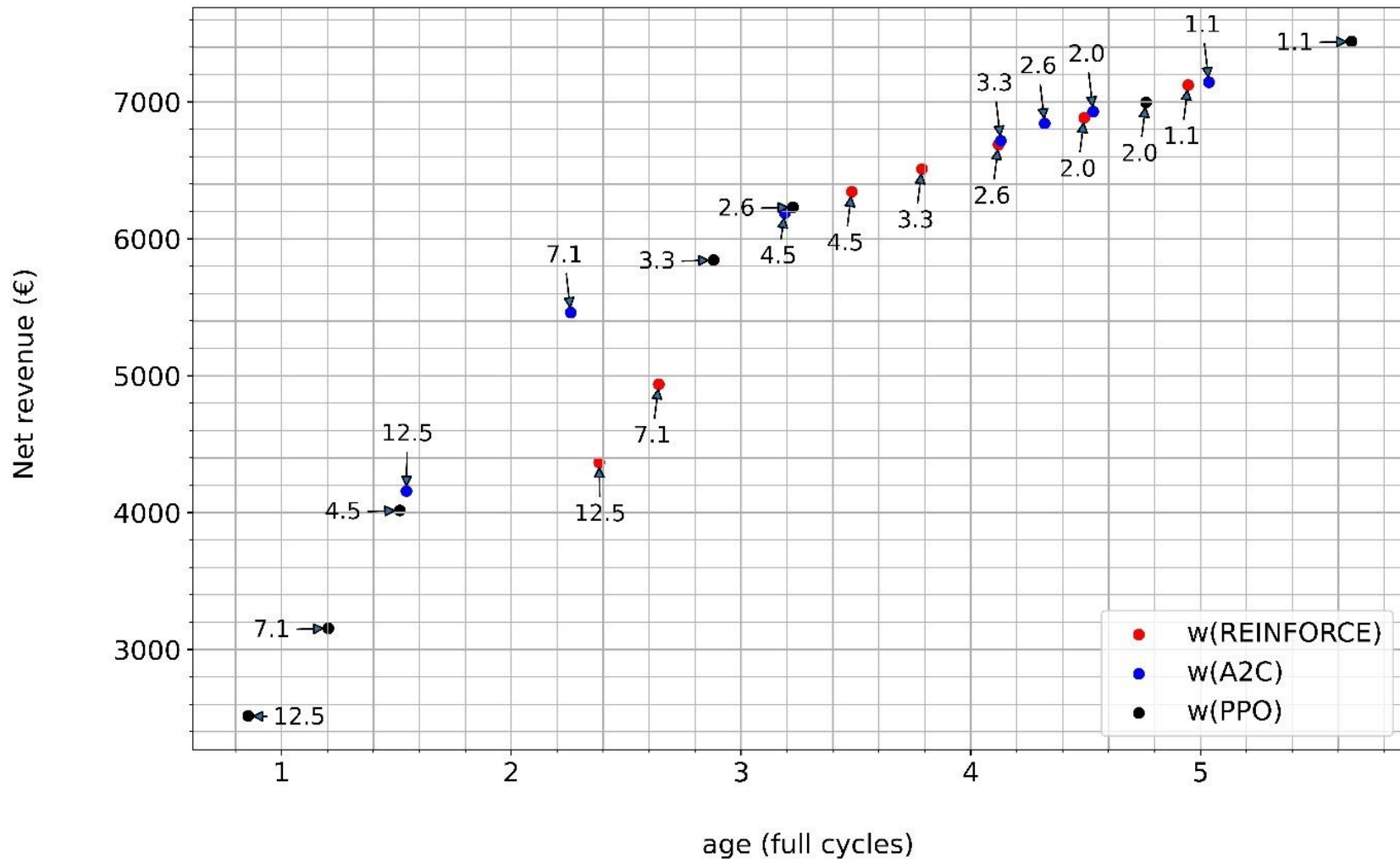
- Validointipäivien rewardien summa
- Validointi 15 päivän välein



Tulokset – opittu politiikka

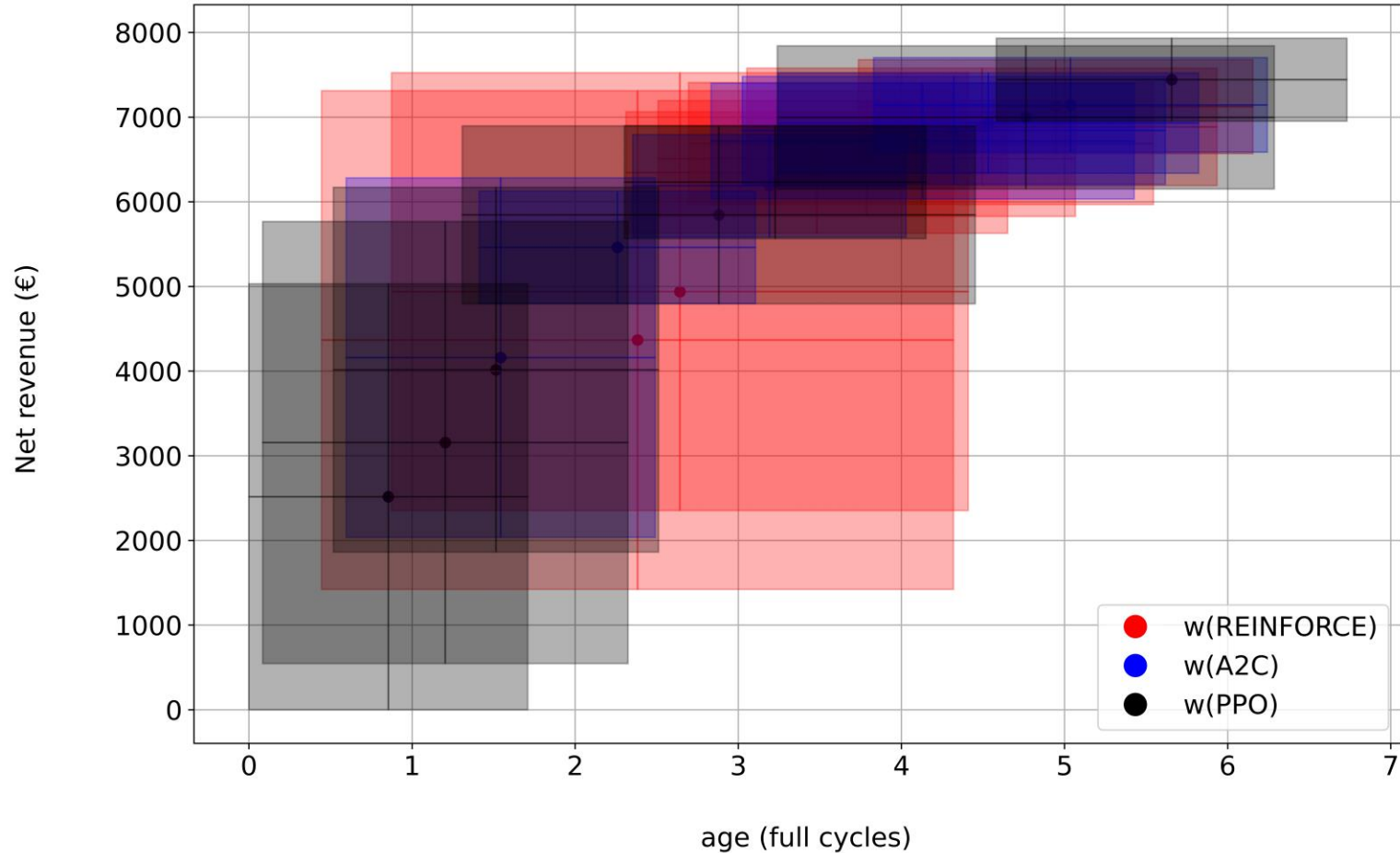


Tulokset – Ikääntyminen(35 päivää)



A?

Tulokset - Ikääntyminen



Yhteenveto

- Suuri w - ikääntymispainokerroin opetettaessa johtaa markkinoille osallitumiseen pienillä kapasiteeteilla ja päinvastoin
- Malli ei pidä lepoa taloudellisesti kannattavana
- Simulaation iän laskutavasta johtuen ikääntymisen hinnan optimointi suhteessa markkinoilta saatavaan tuloon haastavaa

Thank you !



aalto.fi



Aalto University
School of Electrical
Engineering