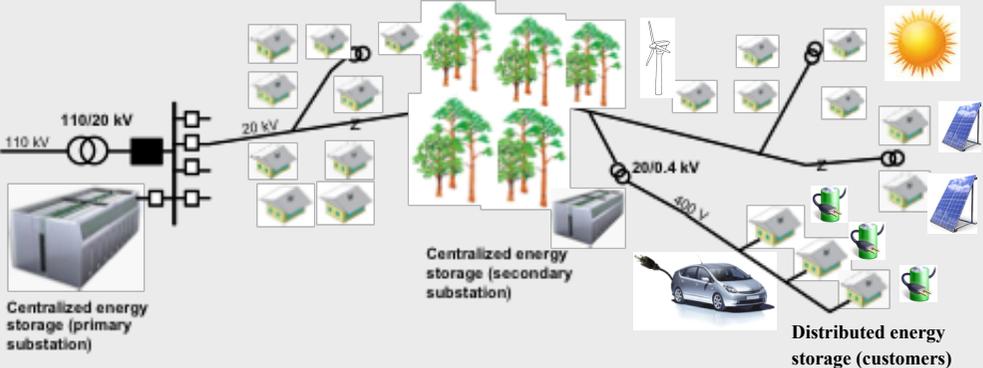




Akun käyttö ja teknotaloudellinen kannattavuus useammissa käyttökohteissa

Nadezda Belonogova, D.Sc., LUT



Akkuvarastot

Agenda



- Trendit ja draiverit
- Tutkimustarpeet ja kysymykset
- Menetelmät
- Tulokset





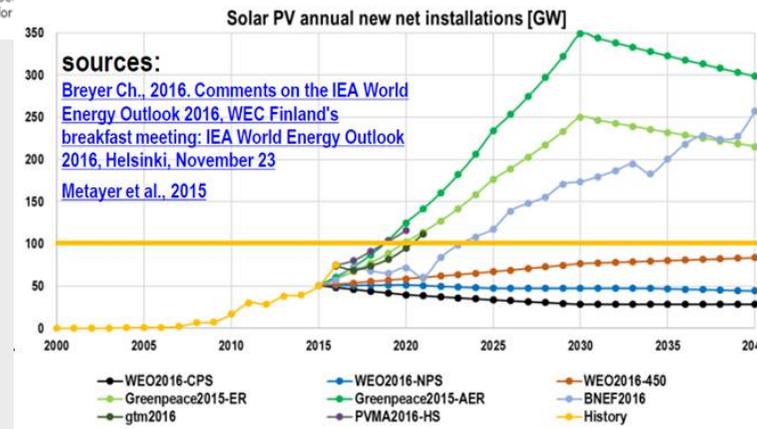
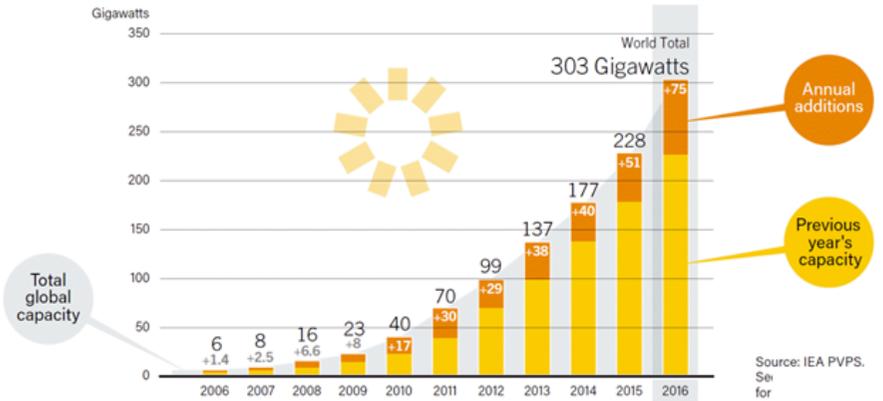
TULEVAISUUDEN TRENDIT



Tulevaisuuden trendit Aurinkosähkö (Solar PV)



2017: noin 400 GW



Tulevaisuuden trendit

Aurinkosähkö, teoreettinen potentiaali



Research targets and steps

The limits and possibilities for the large-scale solar PV integration in Finland from the electricity distribution infrastructure perspective

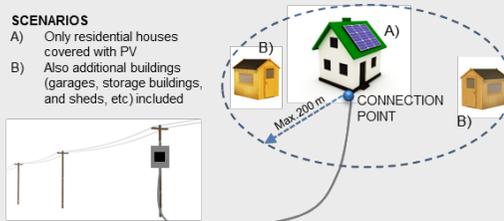
Maximum amount of PV panels (m² and kWp) which could be installed on rooftops (“Building capacity”)

PV generation for buildings from peak power perspective (“PV generation peak”)

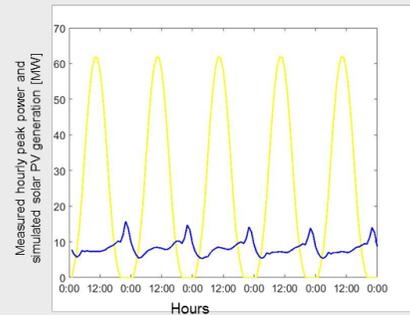
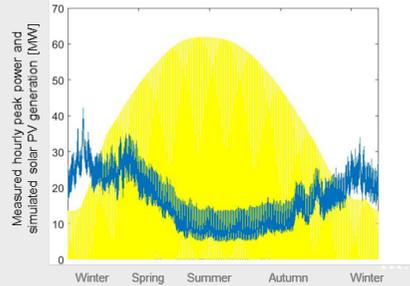
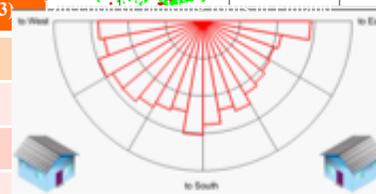
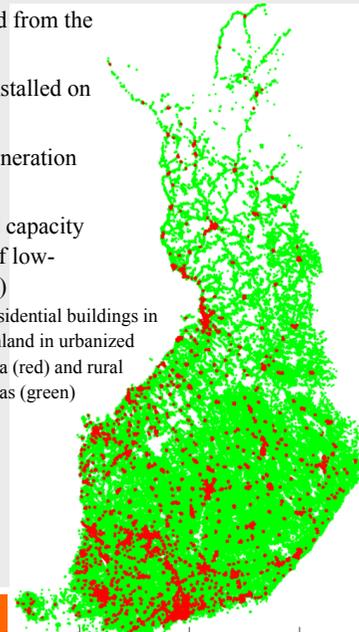
Hosting capacity for distribution system taking into account actual capacity of distribution system as well as actual measured hourly based load of low-voltage end-customers (“Capacity in electricity distribution network”)

SCENARIOS

- A) Only residential houses covered with PV
- B) Also additional buildings (garages, storage buildings, and sheds, etc) included



Residential buildings in Finland in urbanized area (red) and rural areas (green)



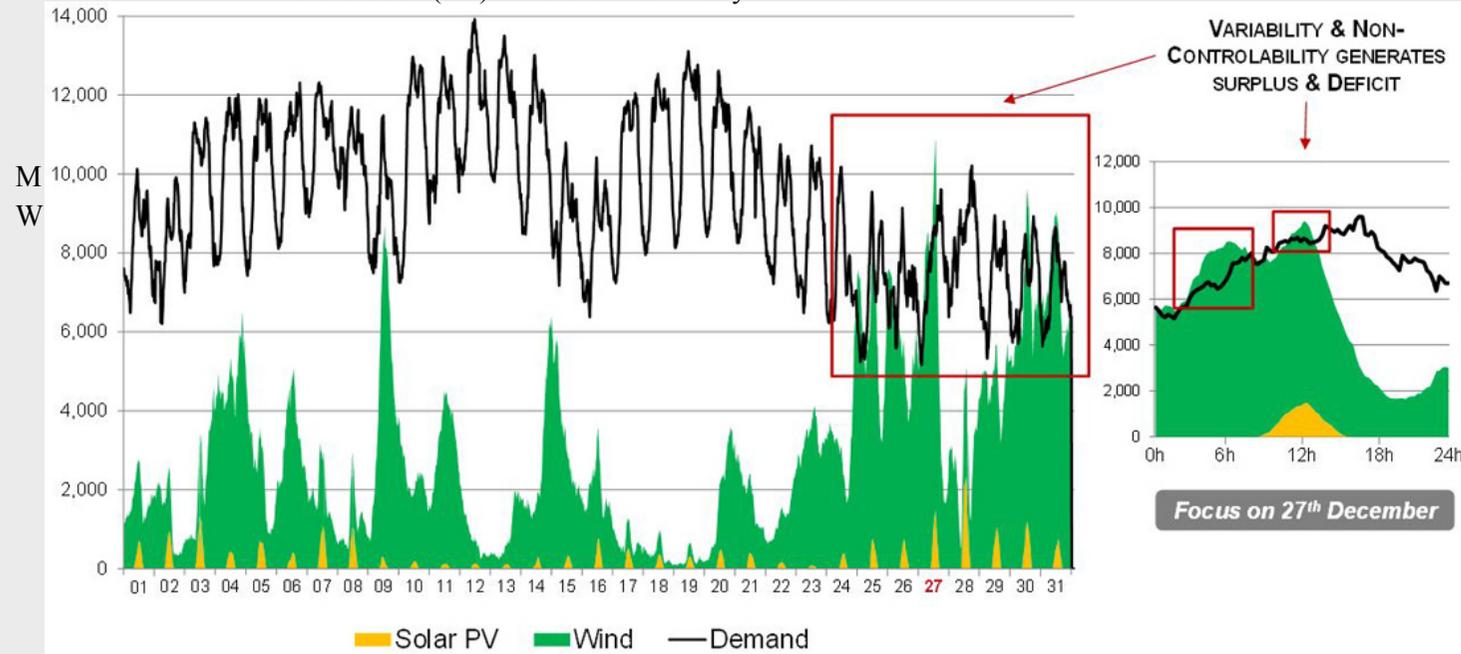
Building type	Number	Rooftop surface, km ² (1)	Avg. size, m ² /roof	Rooftop potential, Sn, MVA (2)	Avg. size kVA/roof	PV peak, Pmax, MW (3)
Residential	1 319 444	242.2	184	12 109	9	7 350
Public	71 685	62.2	868	3 110	43	1 880
Leisure	488 763	36.9	75	1 844	4	1 110
Industry	30 259	47.5	1 570	2 375	78	1 450
Other	3 127 670	299.3	96	14 966	5	9 033
Total	5 037 821	688	137	34 400	7	20 800

Tulevaisuuden trendit

Tuulivoima, tuotanto ja kysyntä



Wind and solar (PV) in northern Germany in 12/2012



□ Mikä rooli pienasiakkailta kysynnänjouston kautta?

Tulevaisuuden trendit

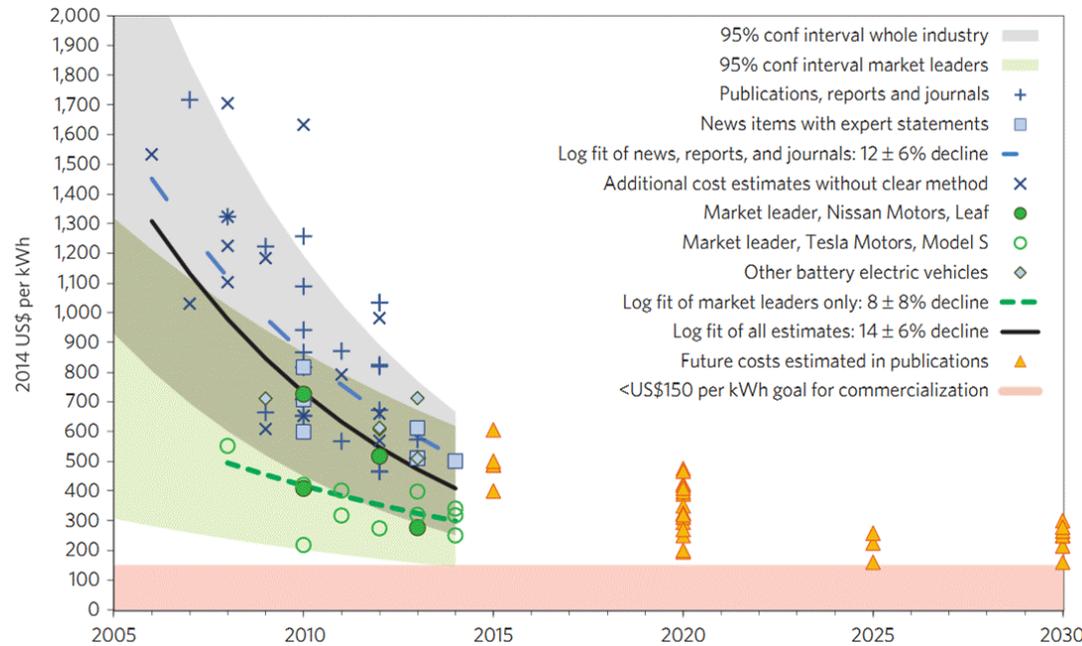
Akkuvarastot, Li-Ion tekniikan hintakehitys



nature climate change LETTERS
PUBLISHED ONLINE 23 MARCH 2015 | DOI: 10.1038/NCLIMATE2504

ing costs of battery packs for icles

ins Nilsson^{1,2}

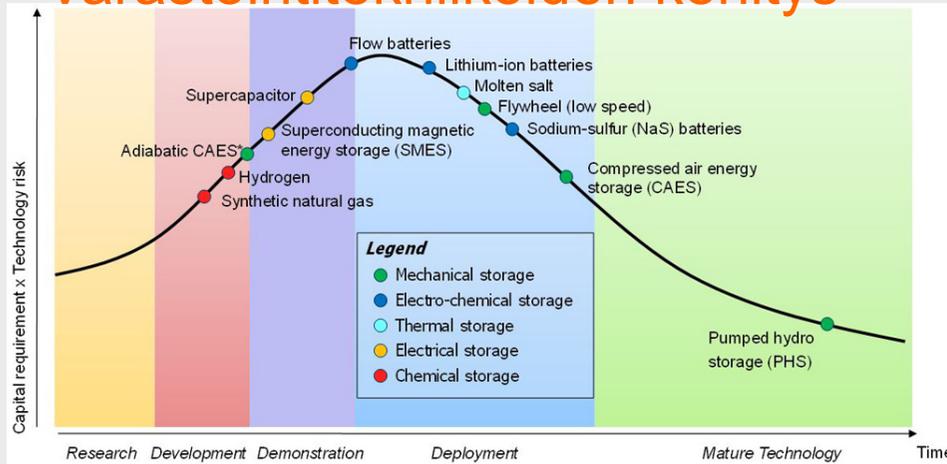


□ Miten tämä hintakehitysarvio vaikuttaa yleistymiseen ja energiajärjestelmään?

Figure 1 | Cost of Li-ion battery packs in BEV. Data are from multiple types of sources and trace both reported cost for the industry and costs for market-leading manufactures. If costs reach US\$150 per kWh this is commonly considered as the point of commercialization of BEV.

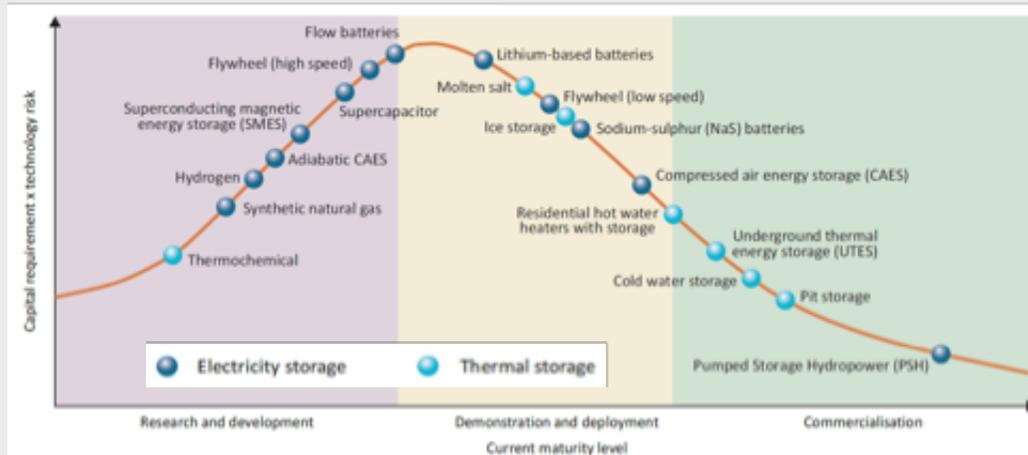
Tulevaisuuden trendit

Varastointiteknikoiden kehitys



<http://www.sbc.slb.com/SBCInstitute/Publications/ElectricityStorage.aspx>

Source: IEA Roadmap targets



Tulevaisuuden trendit

Pienasiakkaan rooli energijärjestelmässä



Market players; TSO, DSO, supplier, aggregator



In Finland, every customer has an AMR-meter (measurement of hourly energy consumption) and communication channel

Information systems

Load information for market play **Grid**

Active monitoring, optimisation and control of energy use and power flows

Action signals based on optimization against different targets of system players

Actions at the customer gateway

Energy storage

Generation

Loads; controllable, non-controllable

Solar, wind, fuel cell, biogas





Tutkimustarpeet ja kysymykset



Akkuvarastot

Tutkimuskysymyksiä, verkkoyhtiön näkökulma



- Miksi energian varastointia tarvitaan yhä enemmän?
- Miten pientuotanto ja sähköautot näkyvät sähkön kysynnässä ja verkon kuormittumisessa?
- Voidaanko älykkäällä latauksella hillitä verkon kuormittumista?
- Miten pienasiakas käyttää akkuvarastoa?
- Miten akkuvarastoilla voidaan pienentää kuormituspiikkejä?
- Miten akkuvarastoilla voidaan hillitä aurinkosähköntuotannon haasteita?
- Miten akkuvarastoilla voidaan kasvattaa aurinkosähköntuotannon omakäyttöastetta?
- Voidaanko akkuvarastojen yhteydessä olevaa tehoelektroniikkaa hyödyntää verkon operoinnissa?

Akkuvarastot

Motivation: Finnish perspective



Reactive power tariff

Power-based distribution tariffs (residential customers)

Tax-free storage model

Älyverkkotyöryhmän positiivinen suhtautuminen itsenäisille aggregaattoreille

BESS as an active accepted resource in energy infrastructure (mm. FCR markkinan viralliset ohjeet energiavarastoille)

Akkuvarastot

Motivation Finnish perspective, electric vehicles

Vaihtoehtoisten käyttövoimien kanssa yhteensopivat autot	Automäärät, kpl		
	2020	2025	2030
Henkilöautot			
Vaihtoehtoiset käyttövoimat yhteensä	60 000	300 000	750 000
- josta sähköautot vähintään	20 000 (vrt. VTT:n ennuste: 18 402)	100 000 (vrt. VTT:n ennuste: 58 439)	250 000 (vrt. VTT:n ennuste: 120 017)
- josta kaasuautoa vähintään	5000 (vrt. VTT:n ennuste: 3621)	10 000 (vrt. VTT:n ennuste: 7373)	25 000 (vrt. VTT:n ennuste: 13 105)

Automääriä vuonna 2030 (ja 2045)

- Sähkökäyttöiset henkilöautot:

- 904 000 kpl (joista täyssähköautoja 877 000 kpl) vuonna 2030
- Vrt. Energia- ja ilmastostrategian tavoite: vähintään 250 000 sähkökäyttöistä autoa vuonna 2030

- Kaasukäyttöiset henkilöautot:

- 143 000 kpl vuonna 2030 ja noin 240 000 kpl vuonna 2045
- Vrt. Energia- ja ilmastostrategian tavoite: vähintään 50 000 kaasuautoa vuonna 2030

- Kaasukäyttöiset kuorma-autot ja bussit:

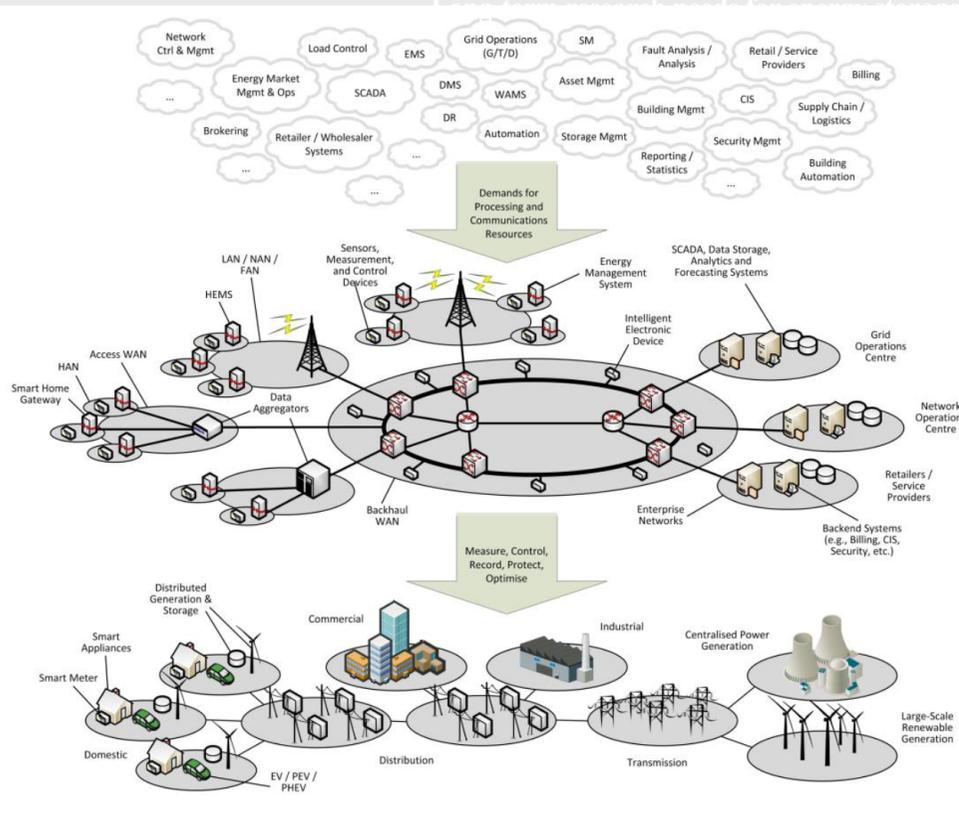
- 4800 kpl vuonna 2030 ja noin 20 000 kpl vuonna 2045
- Vrt. Energia- ja ilmastostrategian 0 kpl

ILMO-TEKNO
VTT-laskelmien tuloksia
28.8.2018

LVI LIIKENNE- JA
VIESTINTÄMINISTERIÖ

Akkuvarastot

Tutkimuskysymyksiä



Application and algorithm level targets:

- Identifying data sources and utilization of open data sources (market data, weather data, system data, environmental data)
- Measurement data processing
- Optimal management of storages
- Implementation of different control algorithms into storage and energy management systems
- Role of different ICT applications in storage management
- Security management of data storages and control logics

ICT infrastructure level targets:

- Communication solutions between storages and management systems
- Defining needs for measurement arrangements
- Integration of metering infrastructure to storage / energy management systems

Power infrastructure level targets:

- Definition of local technical restrictions for operation of battery energy storages
- Security management of storages



Akkuvarastot

Potentiaaliset käyttökohdat



DSO's tasks

DSO's objectives:

- Keep the lights on
- Quality of supply
- Cost-efficient operation

TSO's tasks

TSO's objectives:

- Keep the lights on
- Maintain stability
- Avoid low-inertia situations
- Cost-efficient resources

OWNER's local tasks

Owner's objectives:

- Energy cost minimization (solar PV maximization)
- Profit maximization (FCR)
- Comfort (reliability and quality of supply)

How to operate in the selected markets?

Uncertainty of electricity market prices, load and generation in the grid; frequency deviation



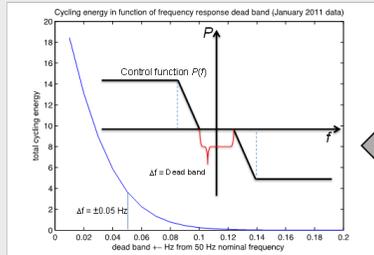
Mobiilit ja kiinteät energiavarastot

Sovellukset

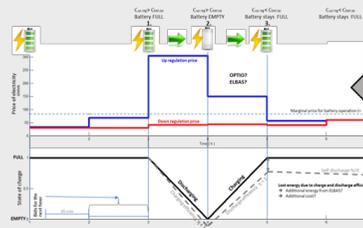


SYSTEM TASKS

TSO System services (FCR)

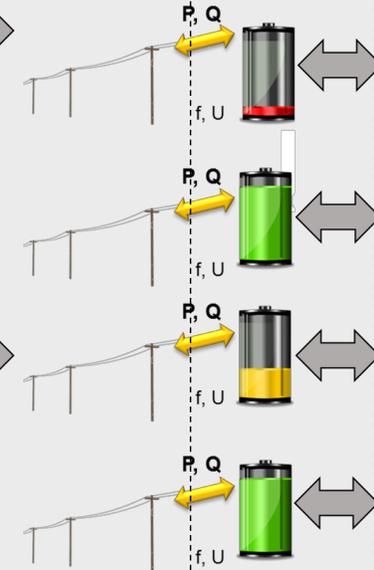


Retailer / BRP Market operation (SPOT)

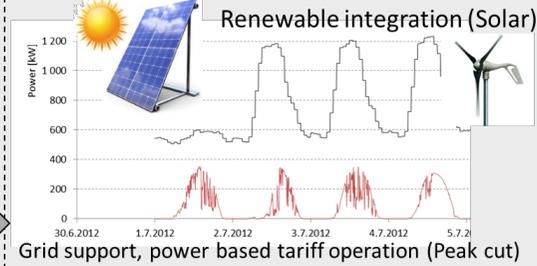


LOCAL TASKS

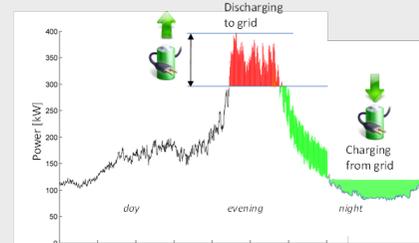
Aggregator



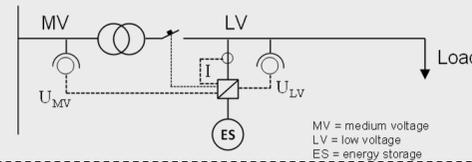
DSO-end customer



Grid support, power based tariff operation (Peak cut)



Grid support, reliability of supply (island operation, UPS)

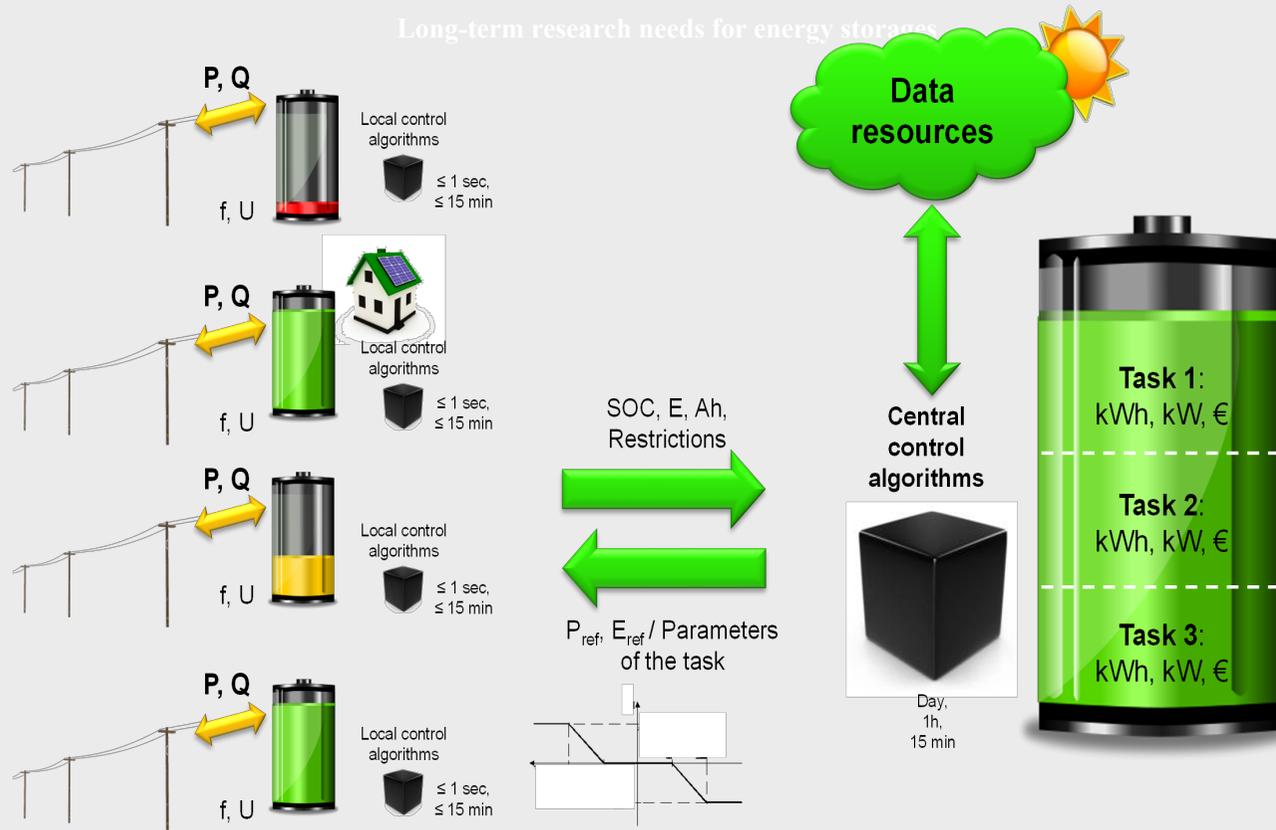


Akkuvarastot

Hajautettujen resurssien tehokas hyödyntäminen



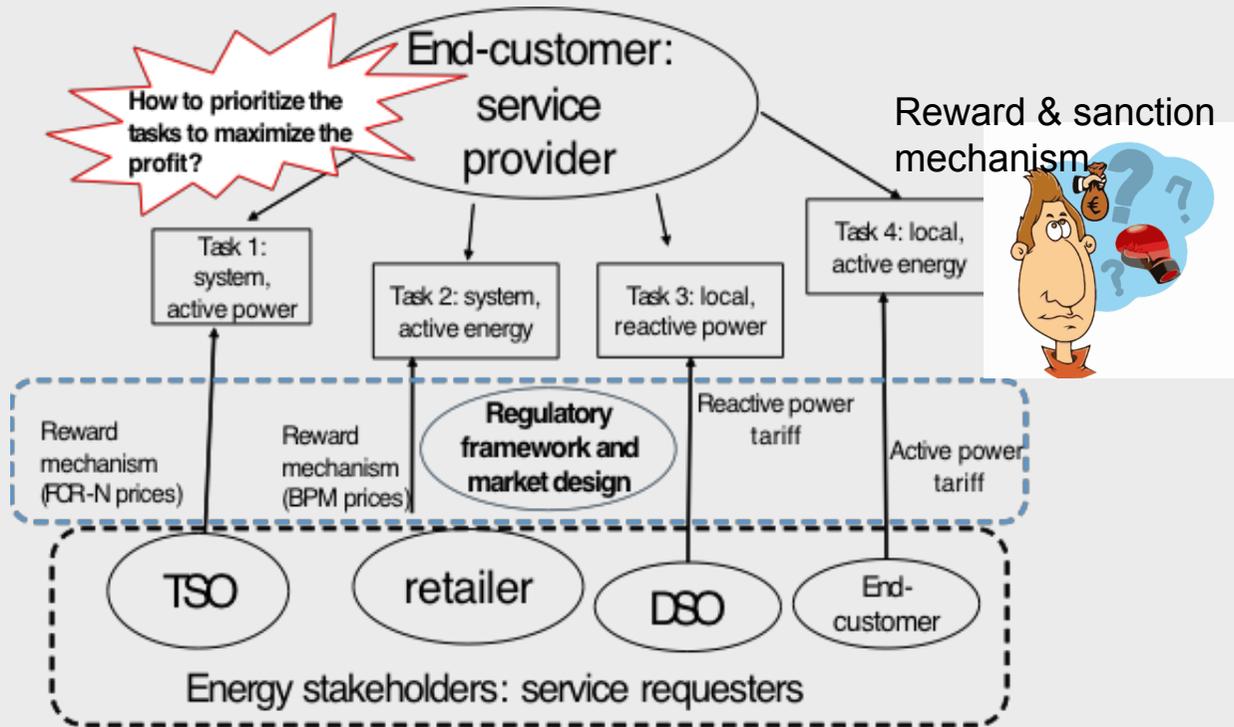
Long-term research needs for energy storages



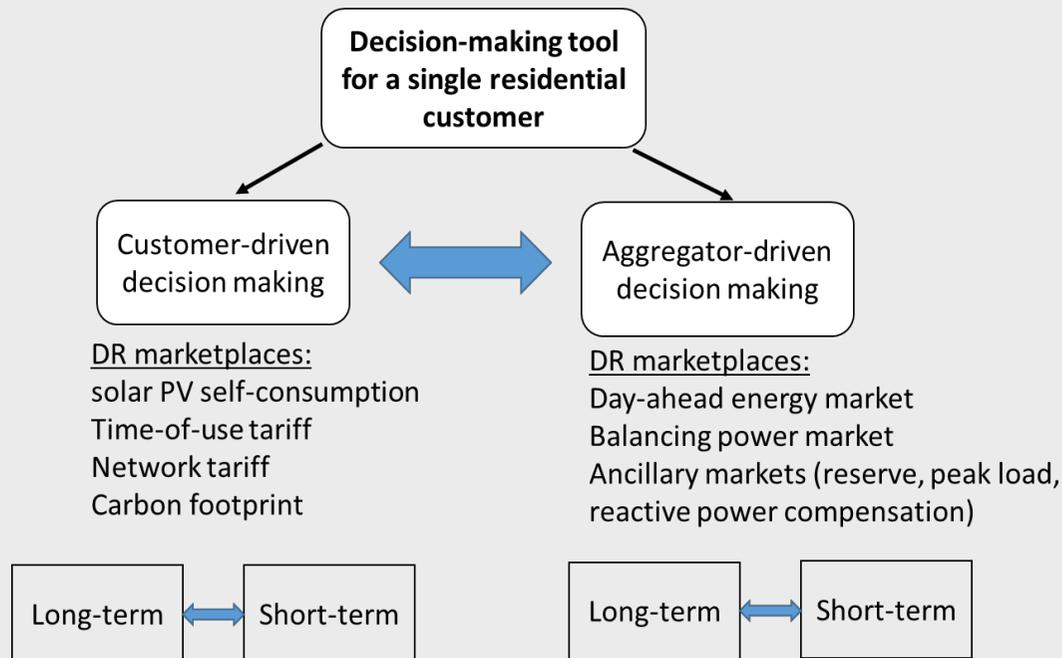
End-customer in a multi-objective environment



Rules



Decision-making tool for an end customer



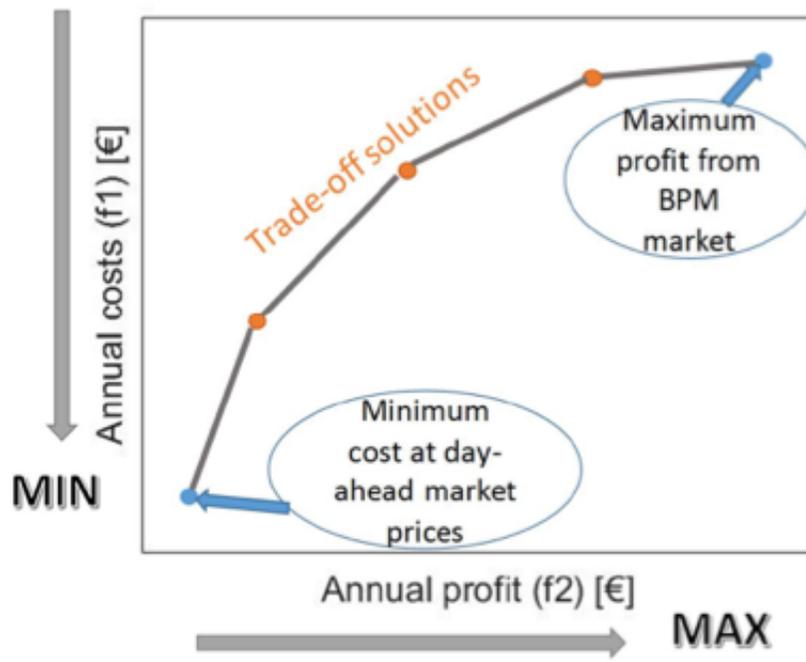
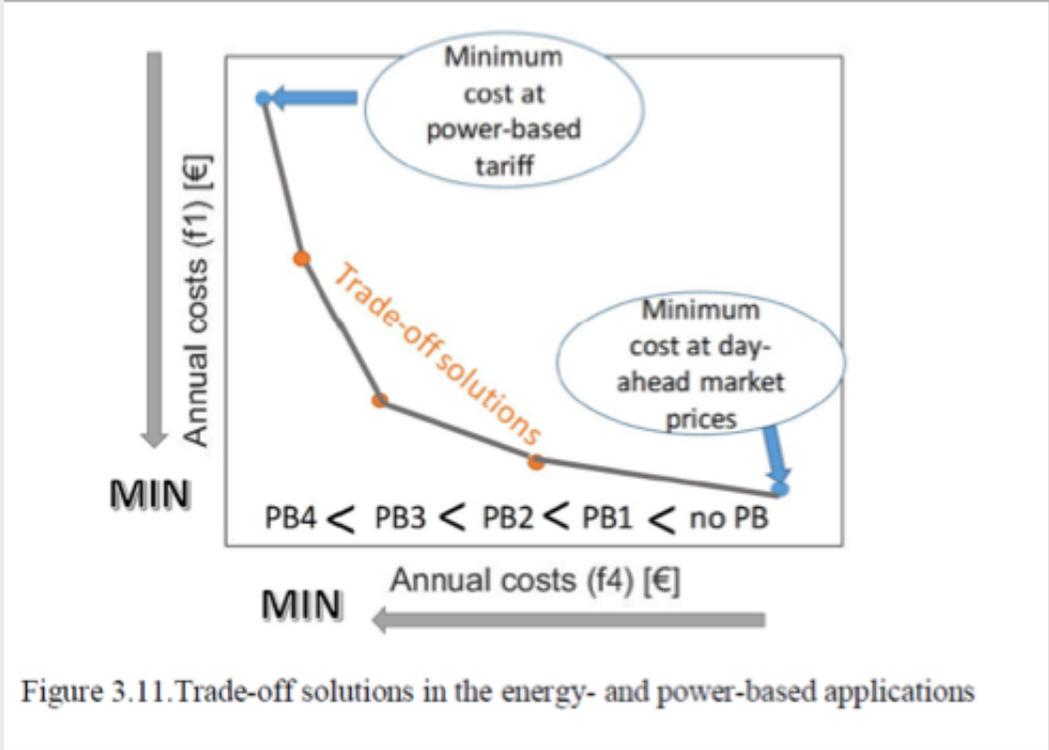


Figure 3.10. Conflict of objectives between two energy-based markets



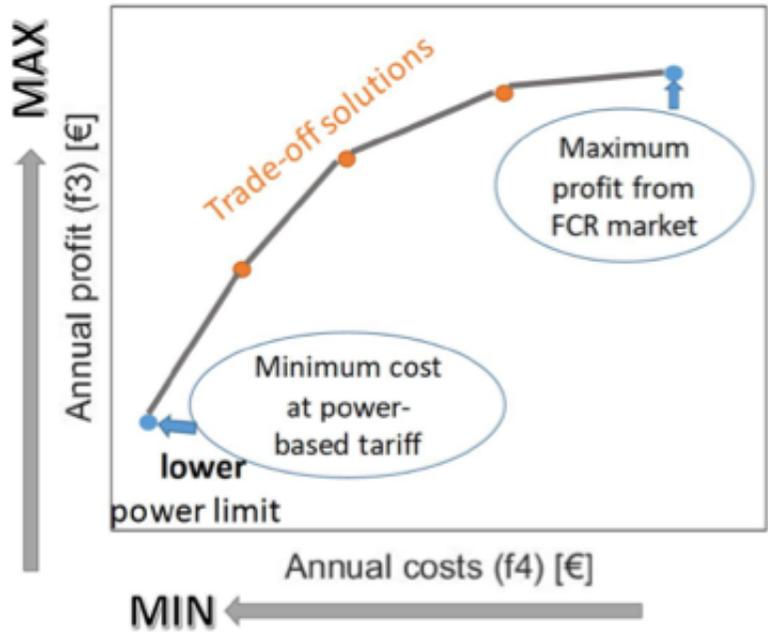
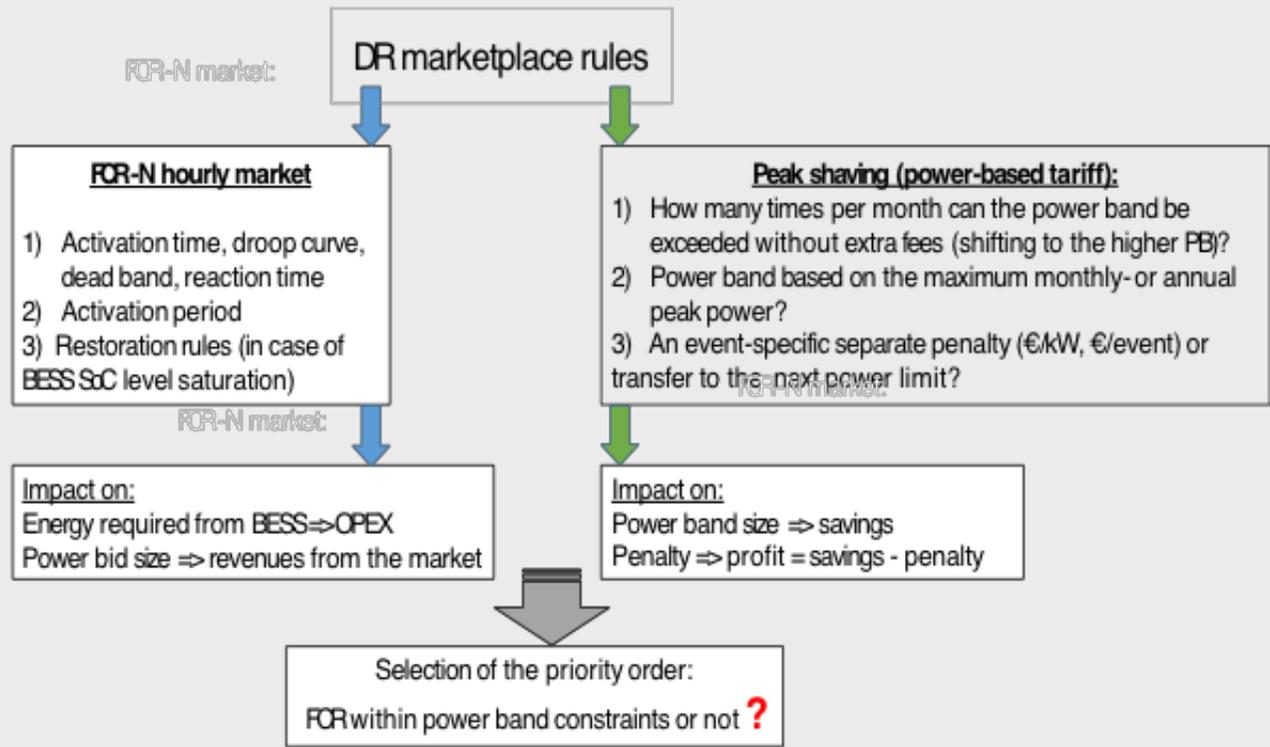


Figure 3.12. Decision-making problem with conflicting objectives for profit maximization in the FCR market and electricity cost minimization at the power-based tariff

Akkuvarastot

Käyttökohteiden järjestys

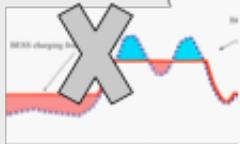
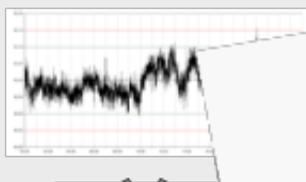


BESS taajussäätö ja huippuleikkaus taskeissa



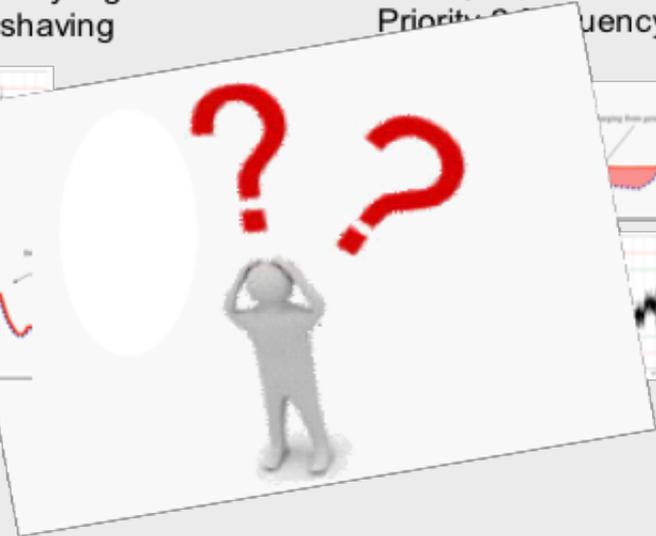
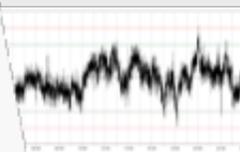
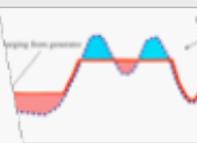
Strategy 1

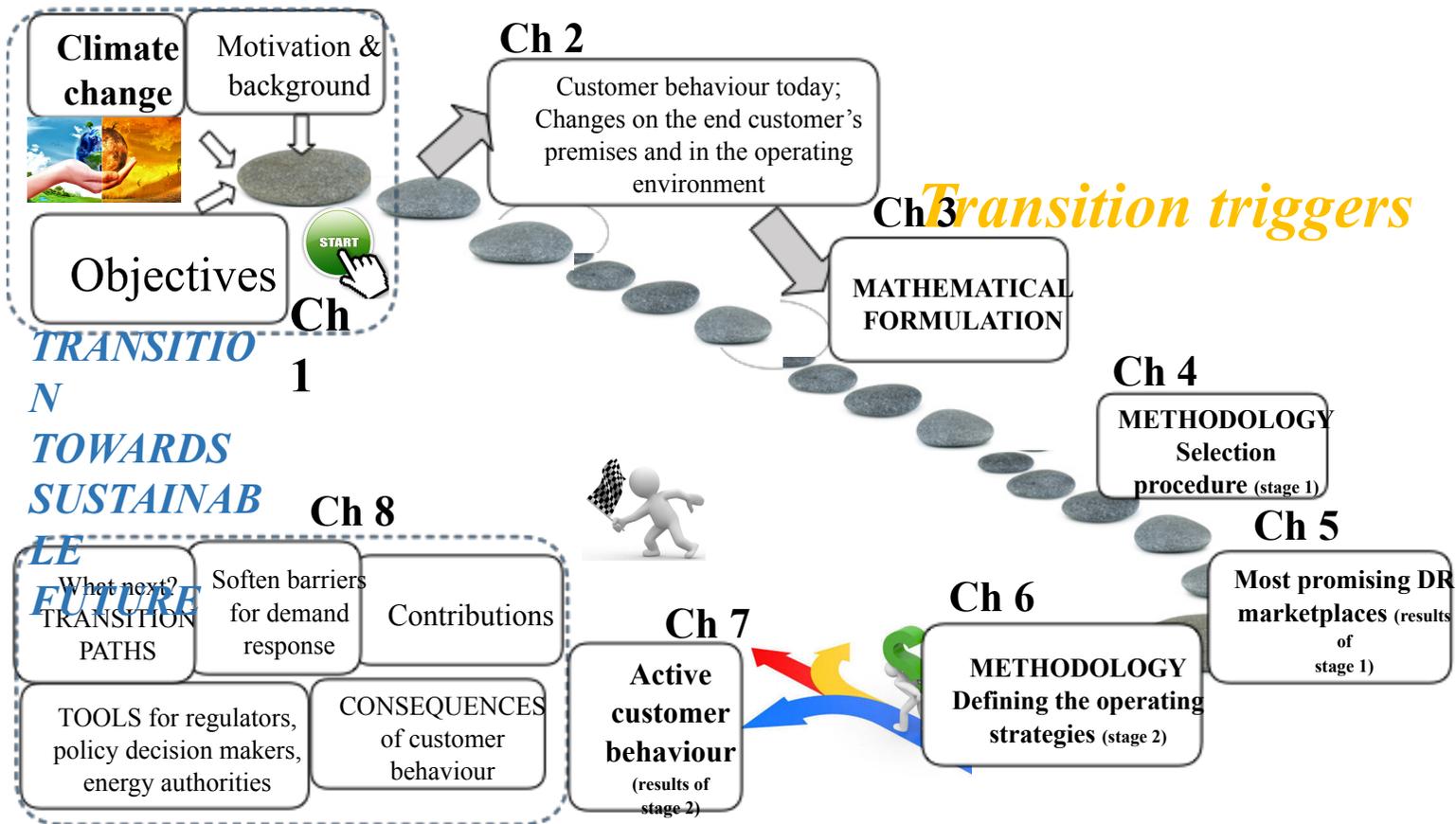
Priority 1: frequency regulation
Priority 2: peak shaving



Strategy 2

Priority 1: peak shaving
Priority 2: frequency regulation

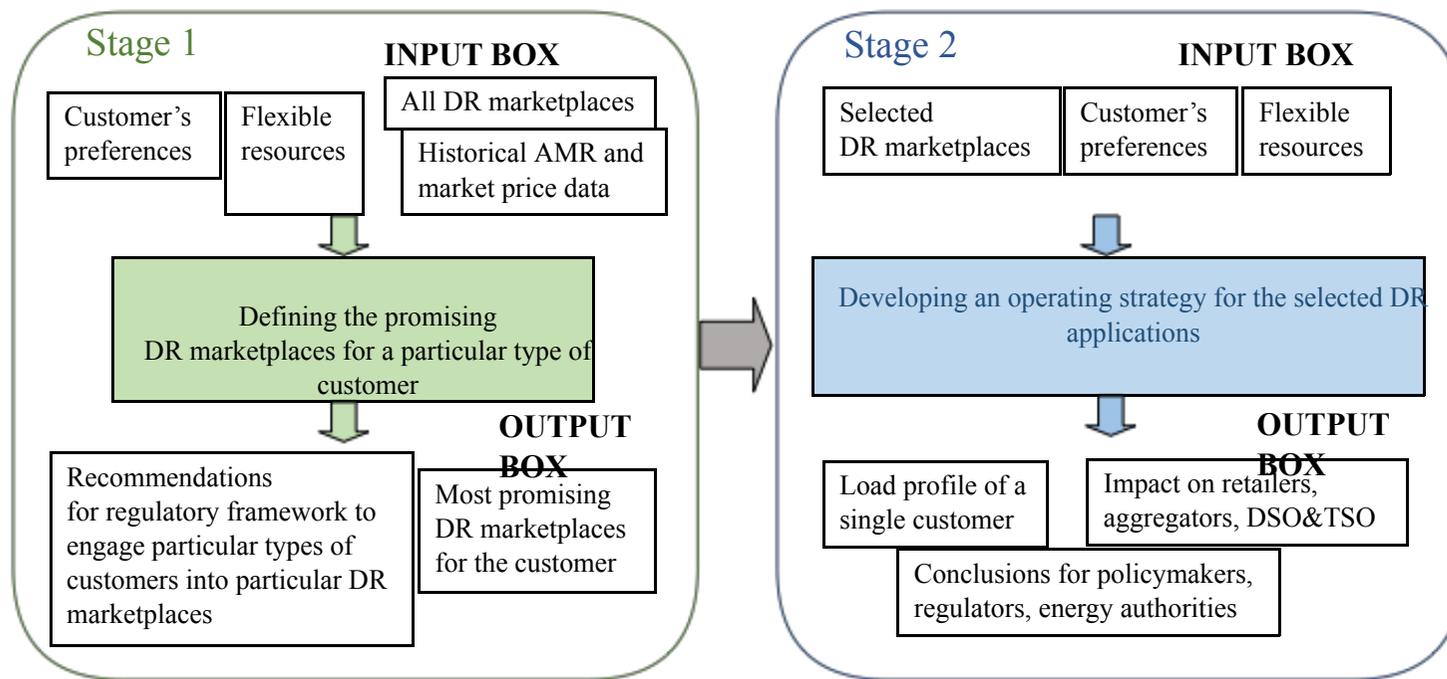






Menetelmät



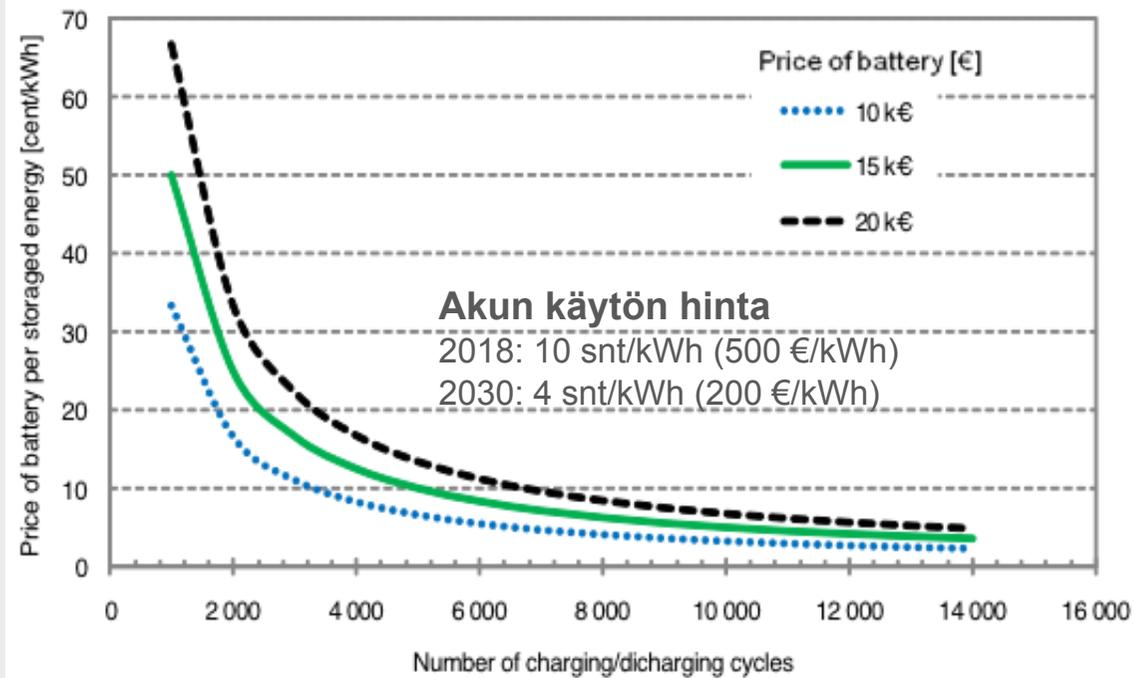


Tulevaisuuden trendit

Akkuvarastot, varaston käytön hinta



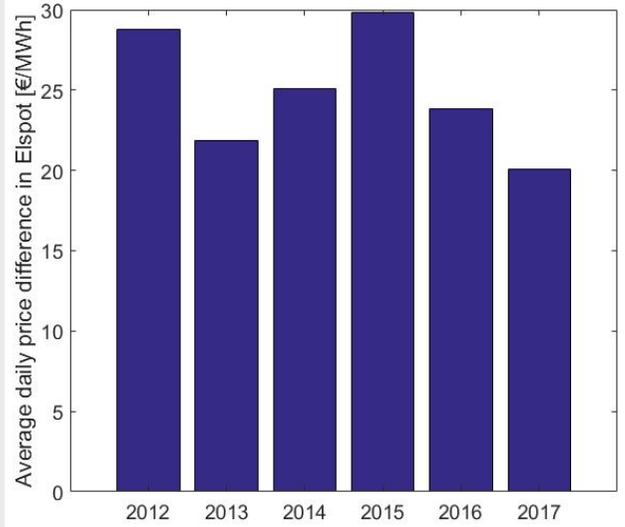
Price of batteries (30 kWh) used as an energy storage



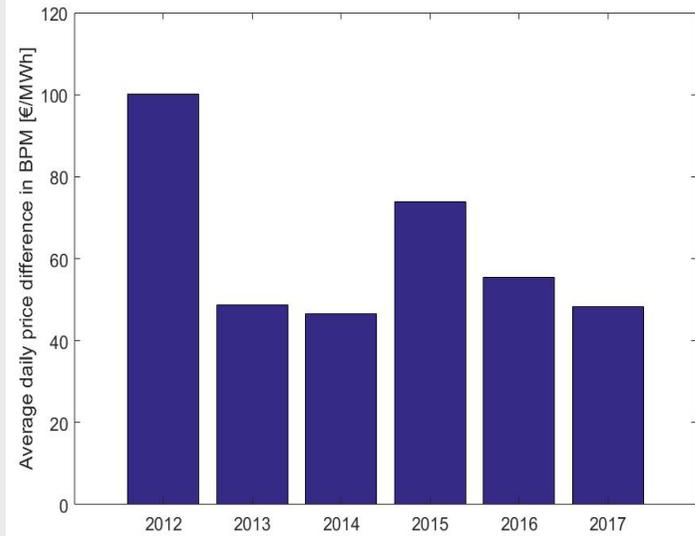
Average daily price difference



Elspot market, FIN area price



Balancing power market



$$P_{d,T} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T P_{d,t}$$

d – days
T – number of days



Hintakorrelaatio säätösähkömarkkinan ja FCR-N tuntimarkkinan välillä



Table 4: Illustration of price correlation between BPM and FCR-N markets.

Price in BPM	> 50 €/MWh	> 100 €/MWh	> 250 €/MWh	> 350 €/MWh
Year 2012	956 / 1237 = 77 %	272 / 351 = 77 %	54 / 69 = 78 %	29 / 39
Year 2013	1021 / 1300 = 78 %	131 / 154 = 85 %	11 / 11	5 / 5
Year 2014	791 / 882 = 89 %	79 / 93 = 85 %	15 / 15	3 / 3
Year 2015	916 / 960 = 95 %	147 / 149 = 98 %	36 / 36	11 / 11

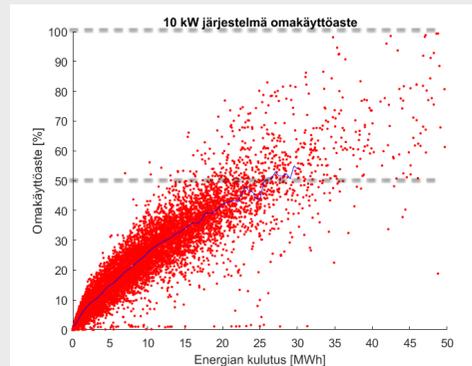
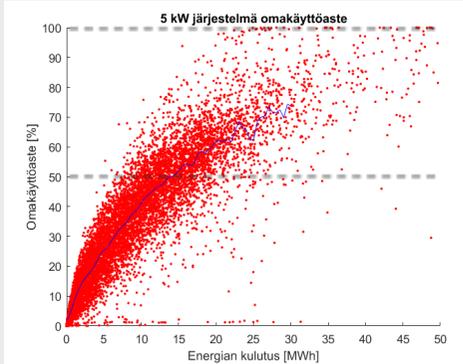
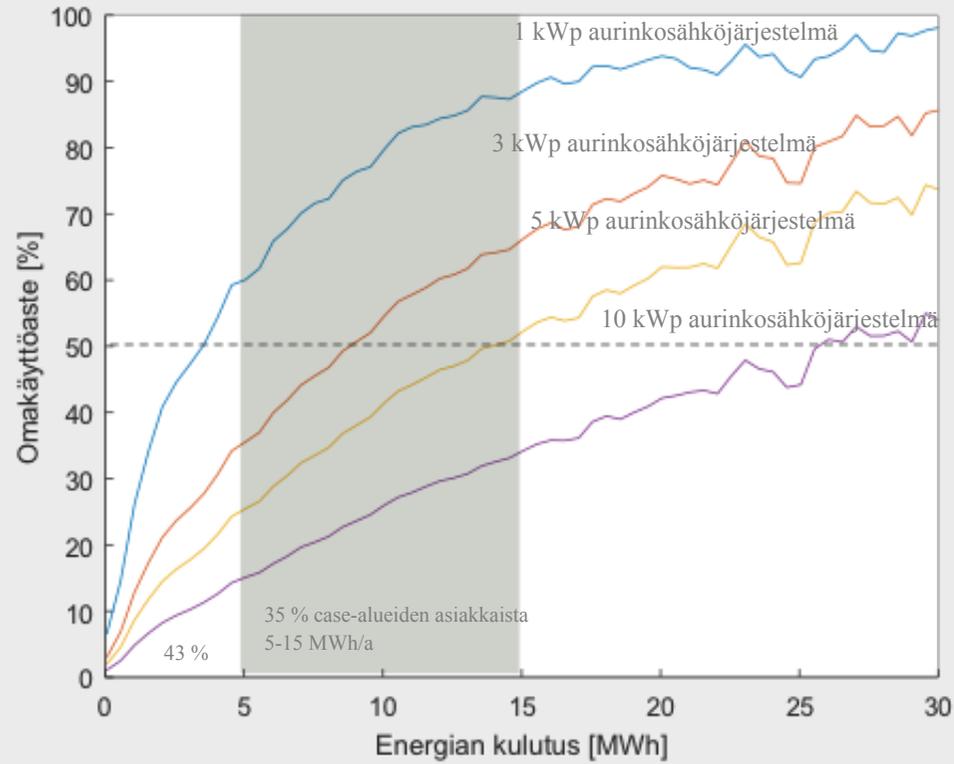


Tulokset



Aurinkosähkö

Tuotannon omakäyttöaste

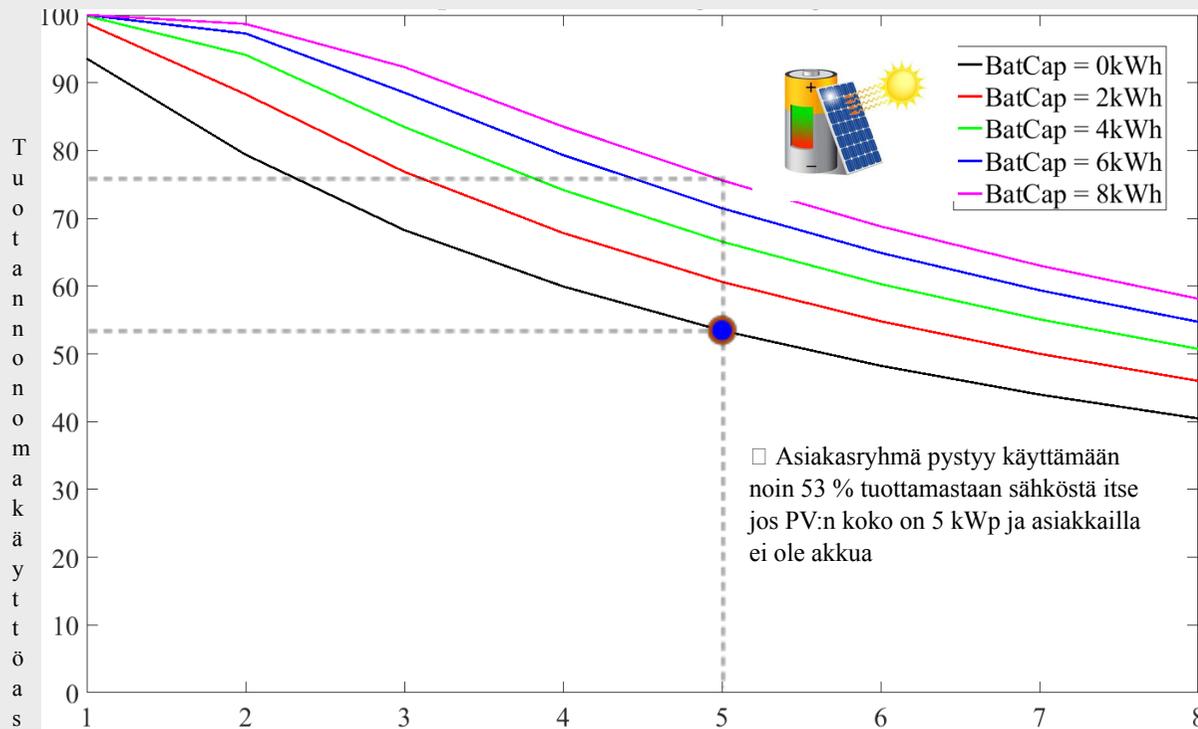


Huom! Omakäyttöasteen määrittely perustuu tunti tietojen käyttöön ja oletukseen vaihenetoksesta. Todellisuudessa omakäyttöaste voi olla matalampi.



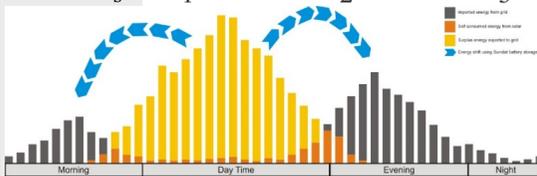
Aurinkosähkö

Tuotannon omakäyttöaste (PV + BESS)



- BatCap = 0kWh
- BatCap = 2kWh
- BatCap = 4kWh
- BatCap = 6kWh
- BatCap = 8kWh

□ Asiakasryhmä pystyy käyttämään noin 53 % tuottamastaan sähköstä itse jos PV:n koko on 5 kWp ja asiakkailla ei ole akkua



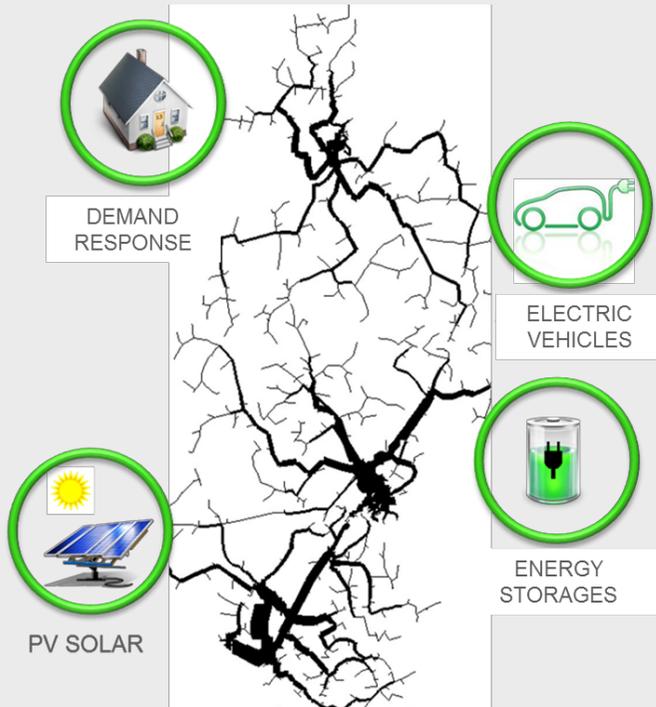
Aurinkosähköjärjestelmän koko [kWp]

100 asiakasta,
Sähkölämmitys

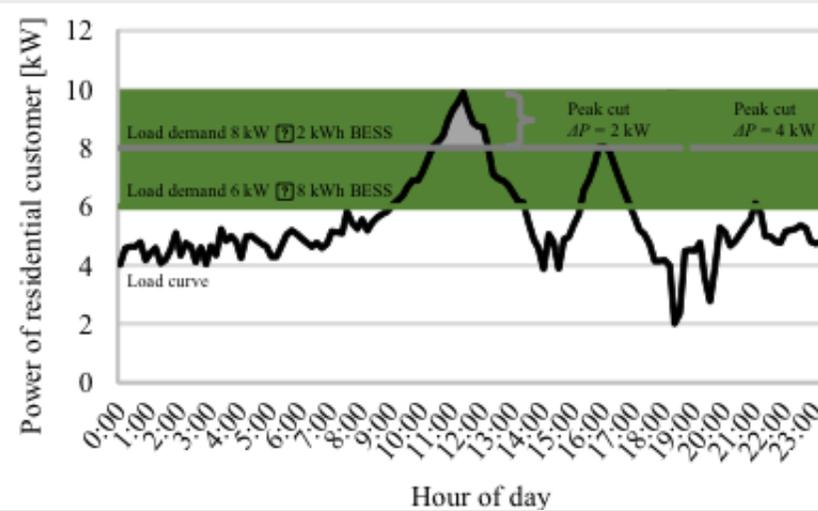


Sähkön hinnoittelu tulevaisuudessa (Tehotariffi)

Asiakaslähtöinen tehopiikkien leikkaus



Piikin leikkaus akkuvarastolla

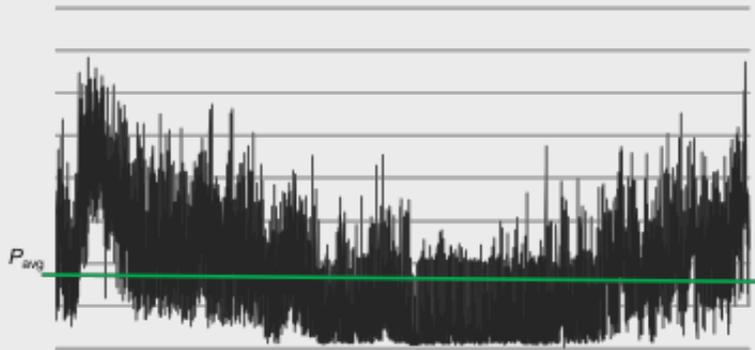


Akkuenergiavarastot

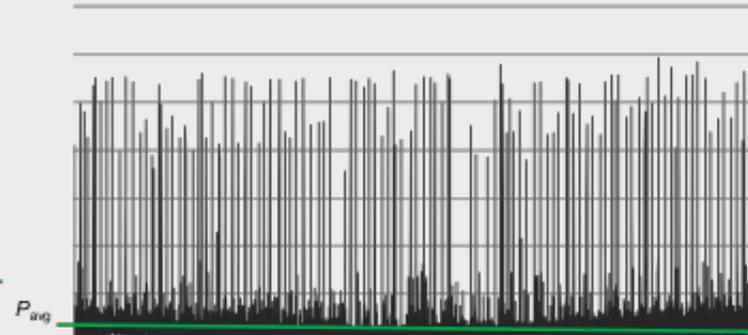
Piikin leikkaus varastoa käyttäen



Esimerkkikuormituskäyrät



Asiakas 1
Keskiteho $P_{avg} = 25\% * P_{max}$
 P_{max}
Huipunkäyttöaika = 2200 h



Asiakas 2
Keskiteho $P_{avg} = 7\% * P_{max}$
Huipunkäyttöaika = 600 h

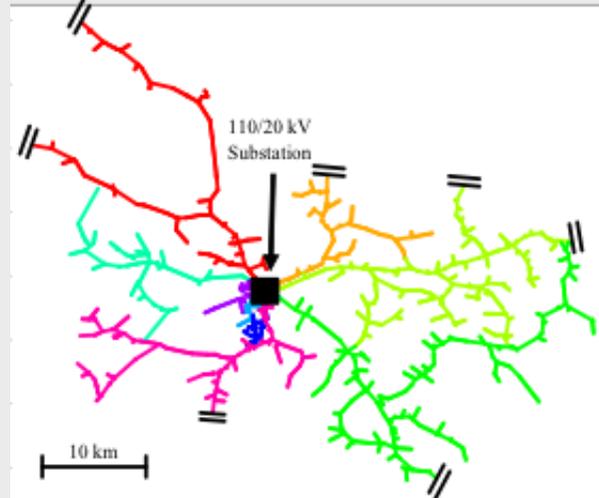


Akkuenergiavarastot

Piikin leikkaus varastoa käyttäen



- Onko pienasiakkaan taloudellisesti kannattavaa hankkia akkuenergiavarasto ja käyttää sitä huipputehojen leikkaamiseen?
- Esimerkkiverkko:
 - 1 sähköasema (110/20 kV), 9 kj-lähtöä, 7600 asiakasta
- Akkuvarastojen hinnat
 - 200, 400 ja 600 €/kWh
- Tehotariffit
 - 1, 2 ja 3 €/kW,kk
 - Vuoden huipputehoon perustuva
- Akun elinikä: 20 a



Akkuenergiavarastot

Piikin leikkaus varastoa käyttäen



Akkujärjestelmän yksikköhinta

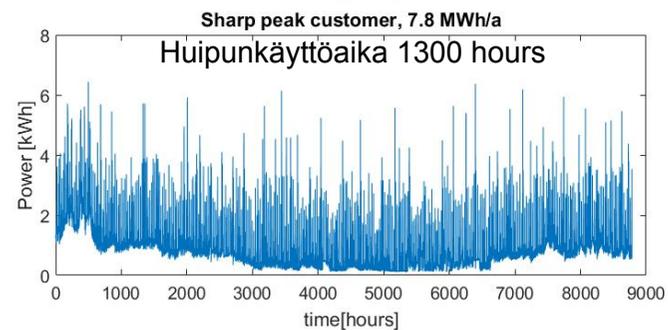
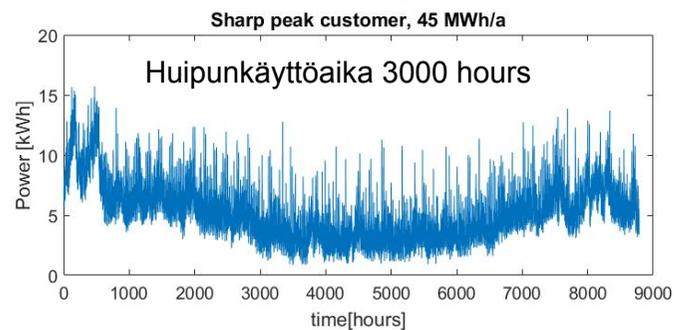
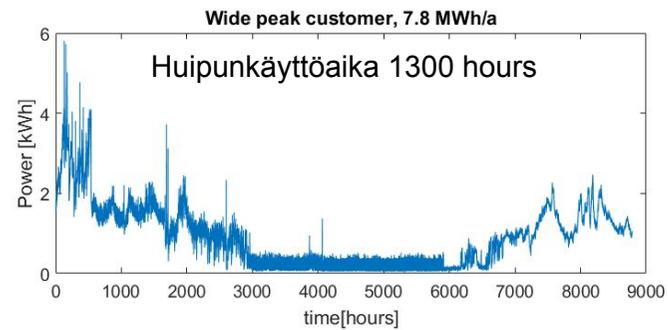
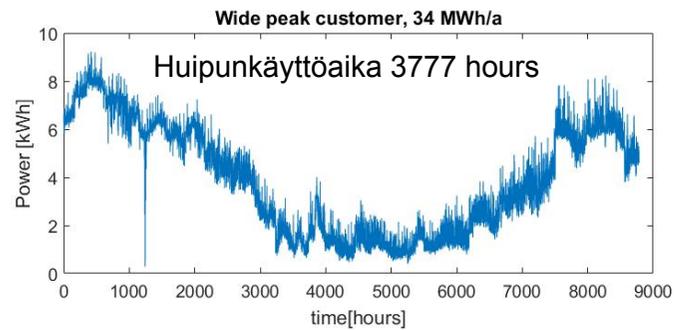
Unit price of BESS / Load demand price	200 €/kWh	400 €/kWh	600 €/kWh
1 €/kW.month	5069 pcs 1.7 kWh LV: 10.4% TF: 4.3% MV: 1.9%	-	-
2 €/kW.month	6239 pcs 2.9 kWh LV: 17.9% TF: 7.2% MV: 3.4%	5069 pcs 1.7 kWh LV: 10.4% TF: 4.3% MV: 1.9%	-
3 €/kW.month	6454 pcs 4.1 kWh LV: 22.2% TF: 9.4% MV: 4.5%	5836 pcs 1.8 kWh LV: 12.8% TF: 5.1% MV: 2.4%	5069 pcs 1.7 kWh LV: 10.4% TF: 4.3% MV: 1.9%

67%
asiakkaista

← Akkujen määrä käyttöpaikoissa
← Akun laskennallinen keskikoko
Keskimääräinen tehon pudotus verkossa
(LV = pienjännite, TF = jakelumuuntaja, MV = keskijännite)

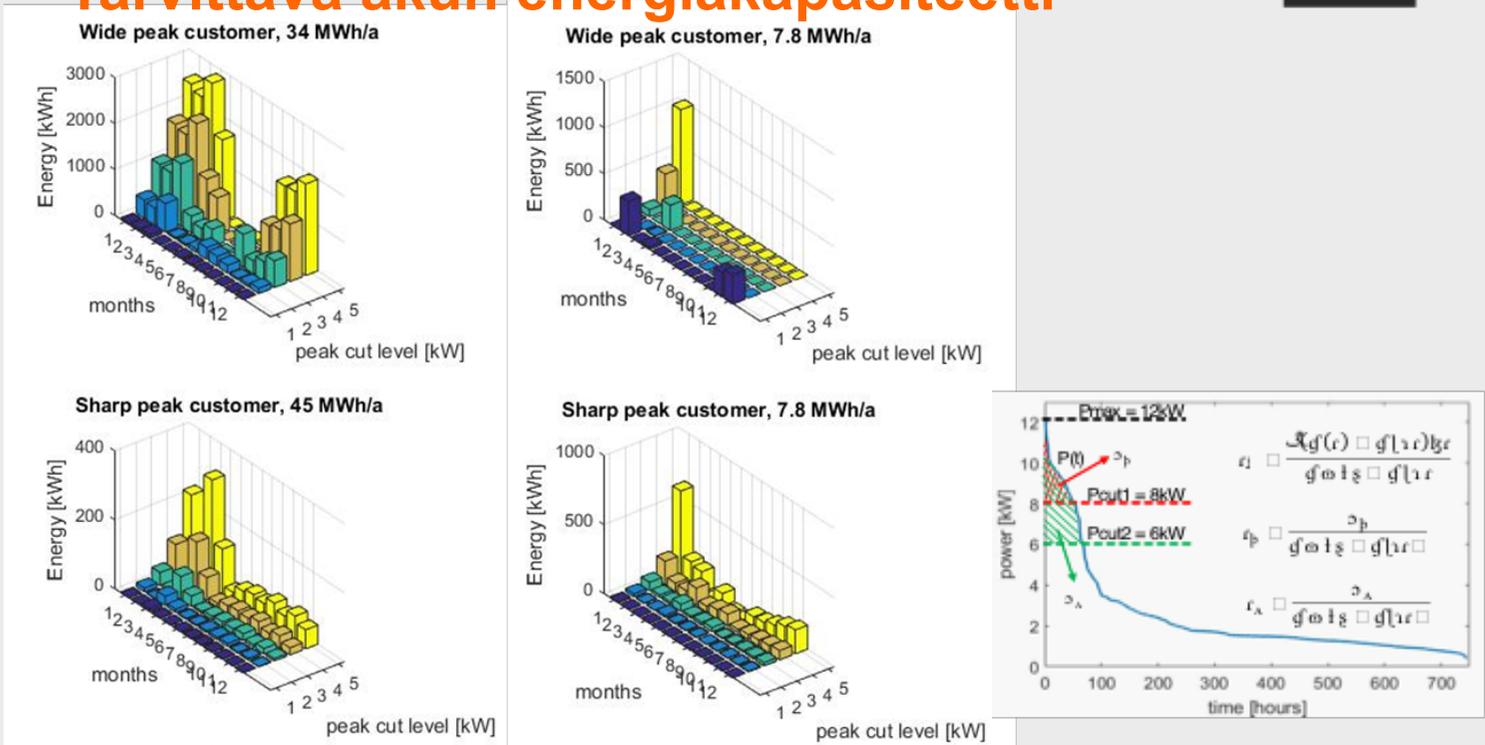
Akkuvarastot

Esimerkki asiakkaat



Belonogova N. (2018), *Active residential customer in a flexible – a methodology to determine the customer behaviour in a multi-objective environment*, Doctoral Dissertation, Acta Universitatis Lappeenrantaensis 830, Lappeenranta University of Technology, Finland

Akkuvarastot Tarvittava akun energiakapasiteetti

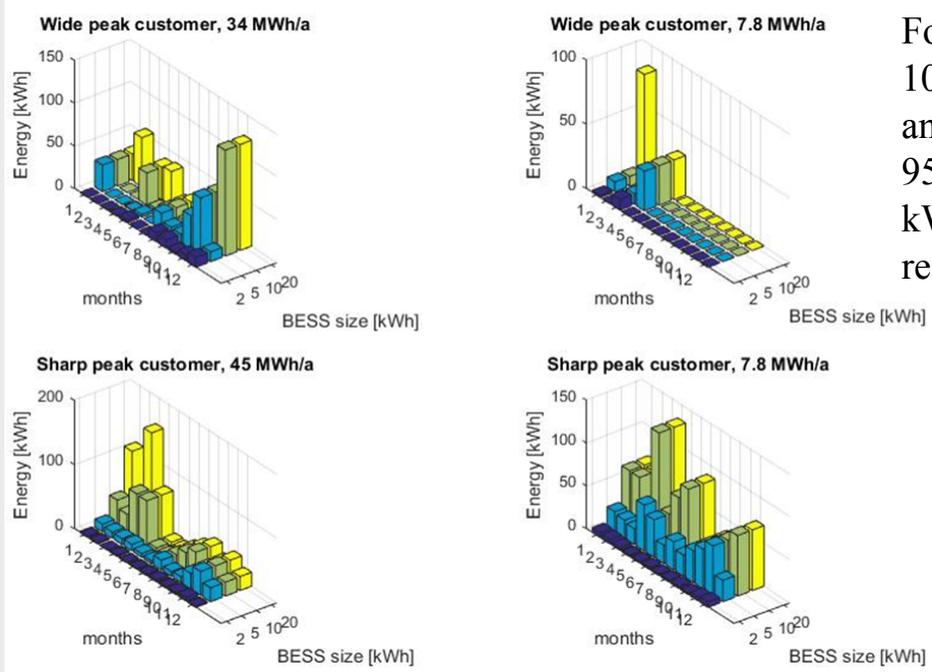


Belonogova N. (2018), *Active residential customer in a flexible – a methodology to determine the customer behaviour in a multi-objective environment*, Doctoral Dissertation, Acta Universitatis Lappeenrantaensis 830, Lappeenranta University of Technology, Finland



Akkuvarastot

Akun syklin hinnan määrittely

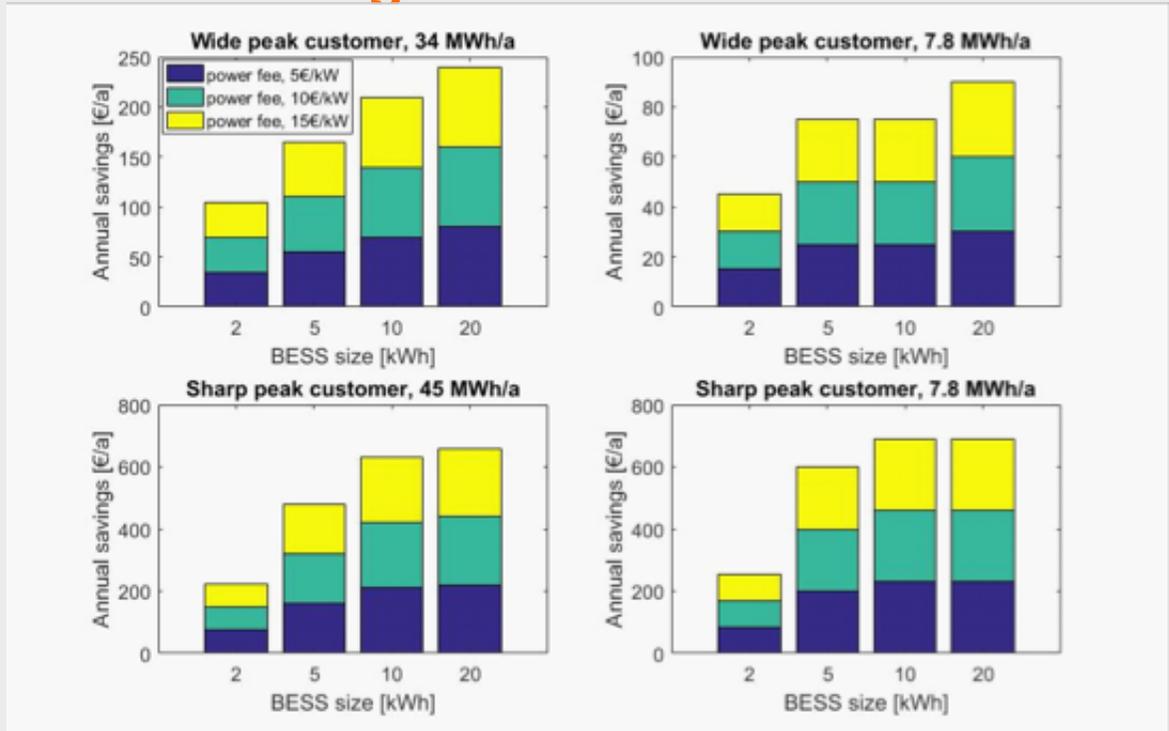


For the batteries of the sizes 2, 5, 10, and 20 kWh, the minimum annual energy was 950 kWh/a, 2375 kWh/a, 4750 kWh/a, and 9500 kWh/a, respectively

Belonogova N. (2018), *Active residential customer in a flexible – a methodology to determine the customer behaviour in a multi-objective environment*, Doctoral Dissertation, Acta Universitatis Lappeenrantaensis 830, Lappeenranta University of Technology, Finland



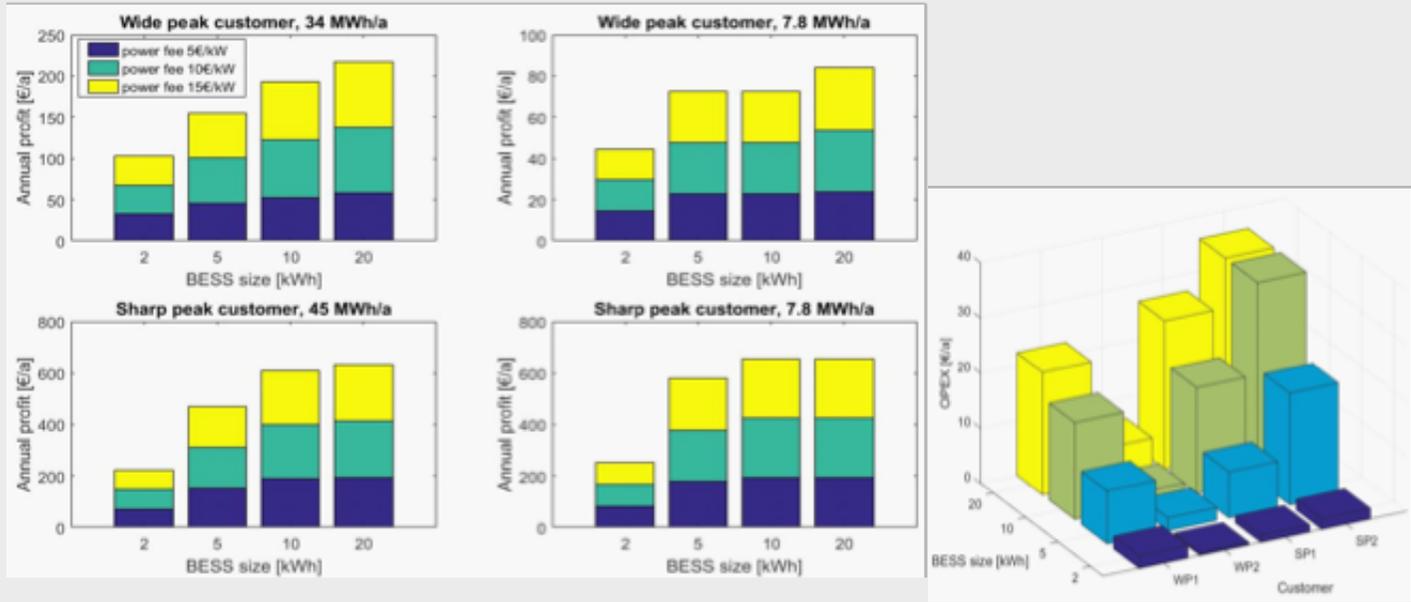
Annual savings



Belonogova N. (2018), *Active residential customer in a flexible – a methodology to determine the customer behaviour in a multi-objective environment*, Doctoral Dissertation, Acta Universitatis Lappeenrantaensis 830, Lappeenranta University of Technology, Finland



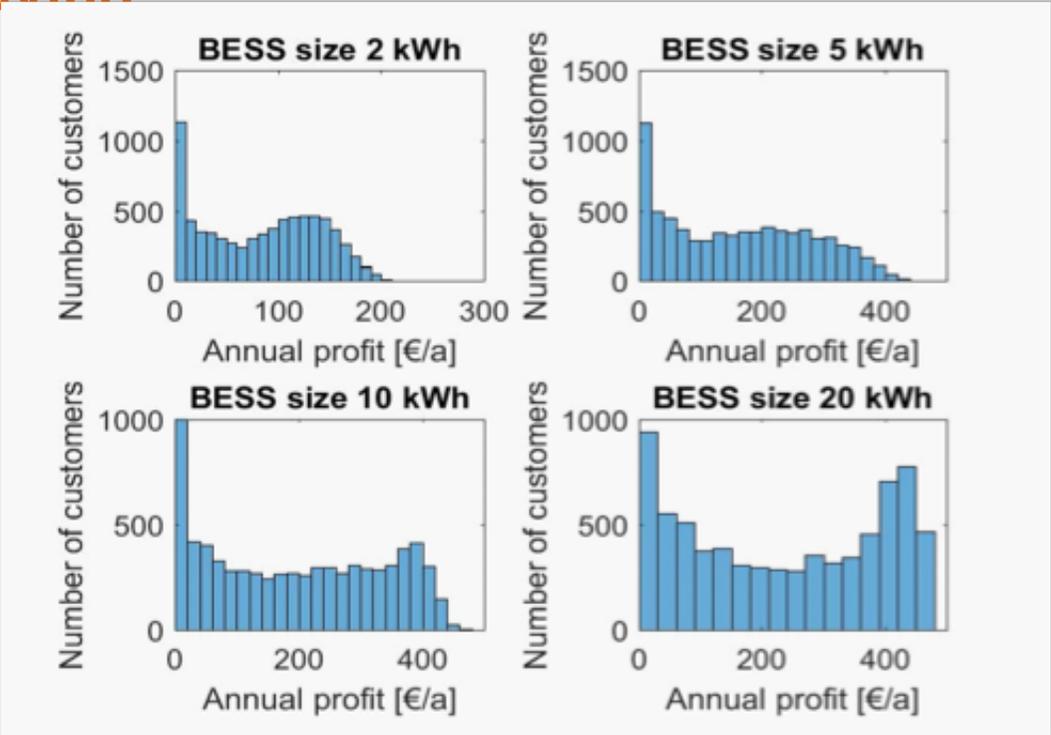
Annual profit, peak shaving



Belonogova N. (2018), *Active residential customer in a flexible – a methodology to determine the customer behaviour in a multi-objective environment*, Doctoral Dissertation, Acta Universitatis Lappeenrantaensis 830, Lappeenranta University of Technology, Finland



Annual profit, 10 000 customers, peak shaving



Belonogova N. (2018), *Active residential customer in a flexible – a methodology to determine the customer behaviour in a multi-objective environment*, Doctoral Dissertation, Acta Universitatis Lappeenrantaensis 830, Lappeenranta University of Technology, Finland

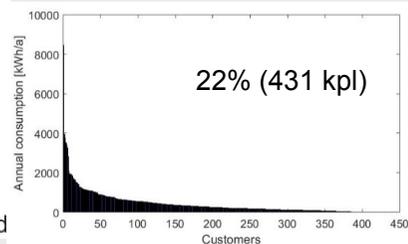
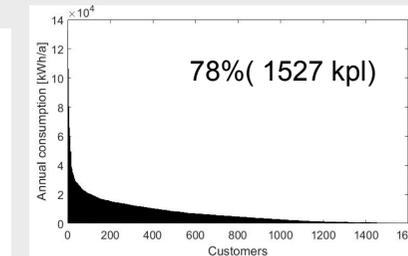
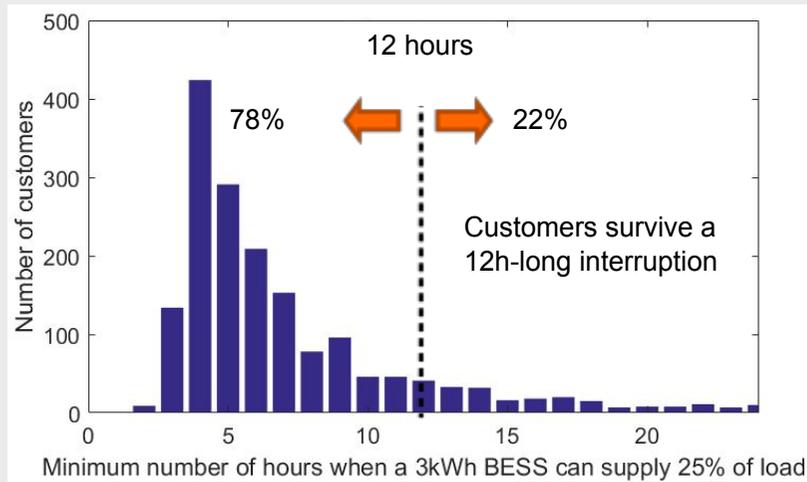


Akkuenergiavarastot

Suurhäiriöanalyysit, akkuvarastot varavoimana?

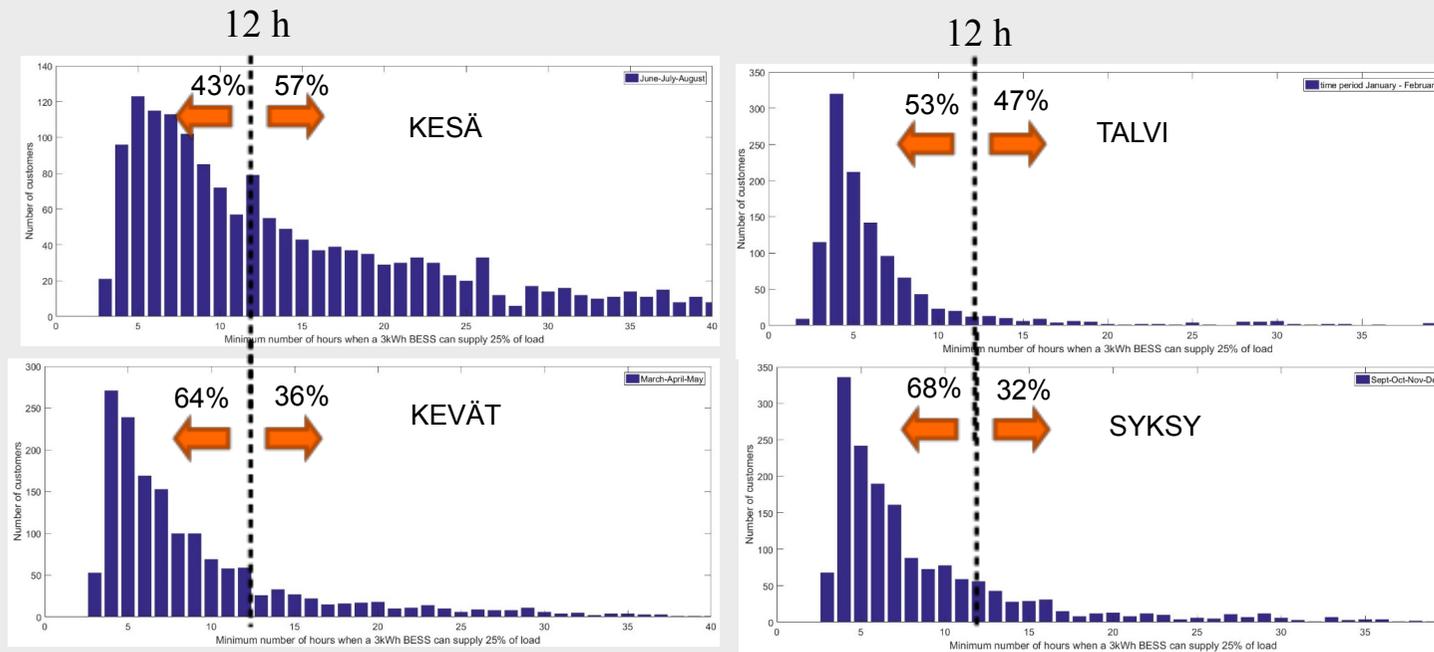


In the case example, 1527 customers (78%) out of 1995 customers will NOT survive the 12 hour long electricity interruption even when having a 3 kWh BESS supplying 25 % of the hourly consumption.

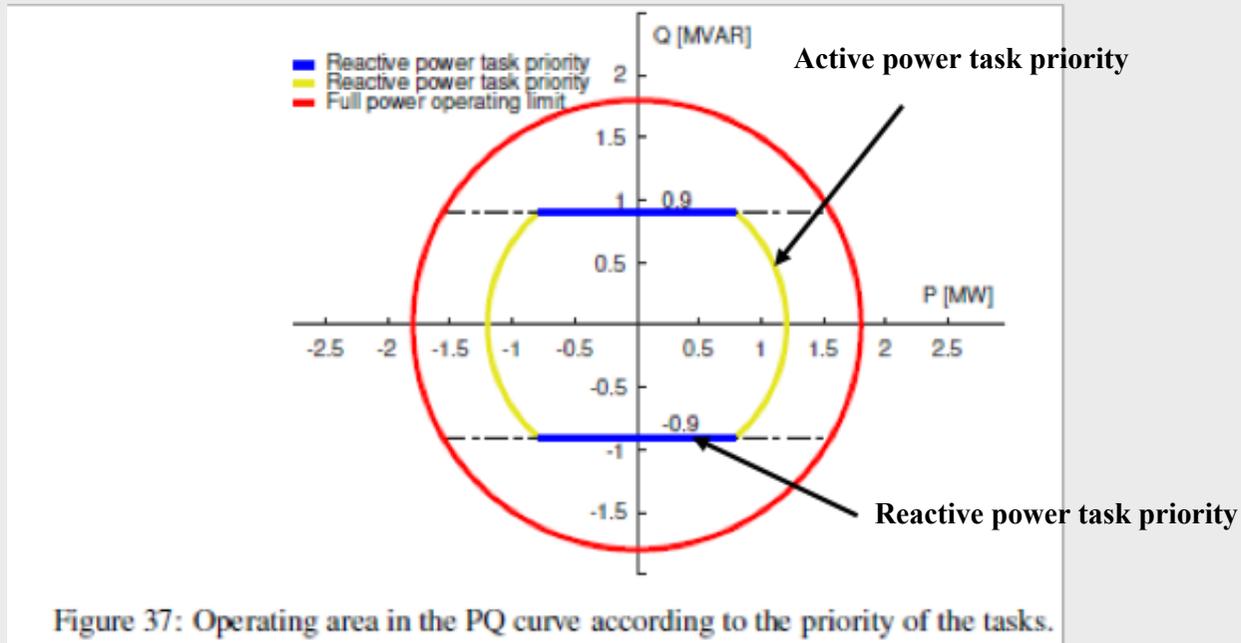


Akkuenergiavarastot

Suurhäiriöanalyysit, akkuvarastot varavoimana?



Loistehokompensointi



Belonogova N., Tikka V., Honkapuro S., Lassila J., Haakana J., Lana A., Romanenko A., Haapaniemi J., Narayanan A., Kaipia T., Niemelä H., and Partanen J (2018). *Final report: Multi-objective role of battery energy storages in an energy system*, LUT 2018.

Säästöt verkkoyhtiölle kun akku tarjoaa loistehokompensointia

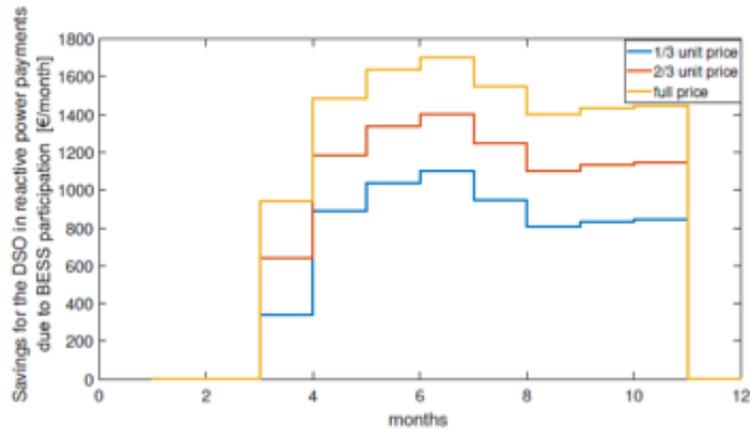


Figure 41: Savings for the DSO due to a BESS participation (900 kvar) in the RPC task.

FCR – 2nd priority
 RPC – 1st priority

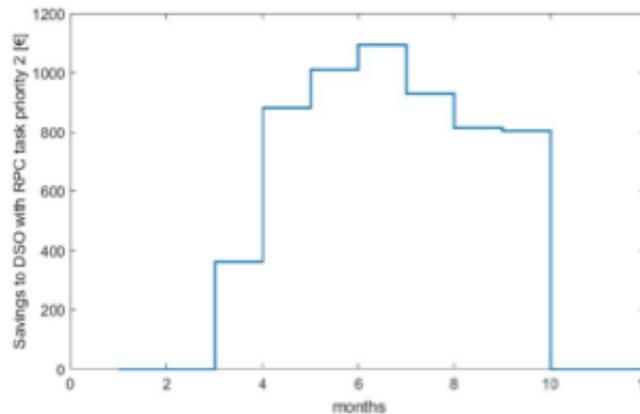


Figure 49: Monthly savings to the DSO as a result of the BESS participation in the RPC task priority 2.

FCR – 1st priority
 RPC – 2nd priority

Belonogova N., Tikka V., Honkapuro S., Lassila J., Haakana J., Lana A., Romanenko A., Haapaniemi J., Narayanan A., Kaipia T., Niemelä H., and Partanen J (2018). *Final report: Multi-objective role of battery energy storages in an energy system*, LUT 2018.



Akkuenergiavarastot

Sovellukset verkonhaltijalle



- **Huipputehon leikkaus**
 - Pidempi käyttöikä nykyiselle verkolle
 - Mahdollisuus maltillisempaan verkon komponenttien mitoitukseen
- **Keskeytysten hallinta**
 - Keskeytyskustannusten pienentäminen
 - Sähkötoimitusvarmuusvaatimusten täyttäminen (sähkömarkkinalaki)
- **Jännitteen säätö**
 - Jänniteongelmien korjaus verkoissa, joissa heikko jännitejäykkyys
- **Loistehon hallinta**
 - Loistehoikkunan hallinta □ maksut verkkoyhtiölle jos ikkunan rajat ylittyvät



Akkuenergiavarastot

FCR-N uudet vaatimukset akuille: SOC



3.6 Energiavarastot

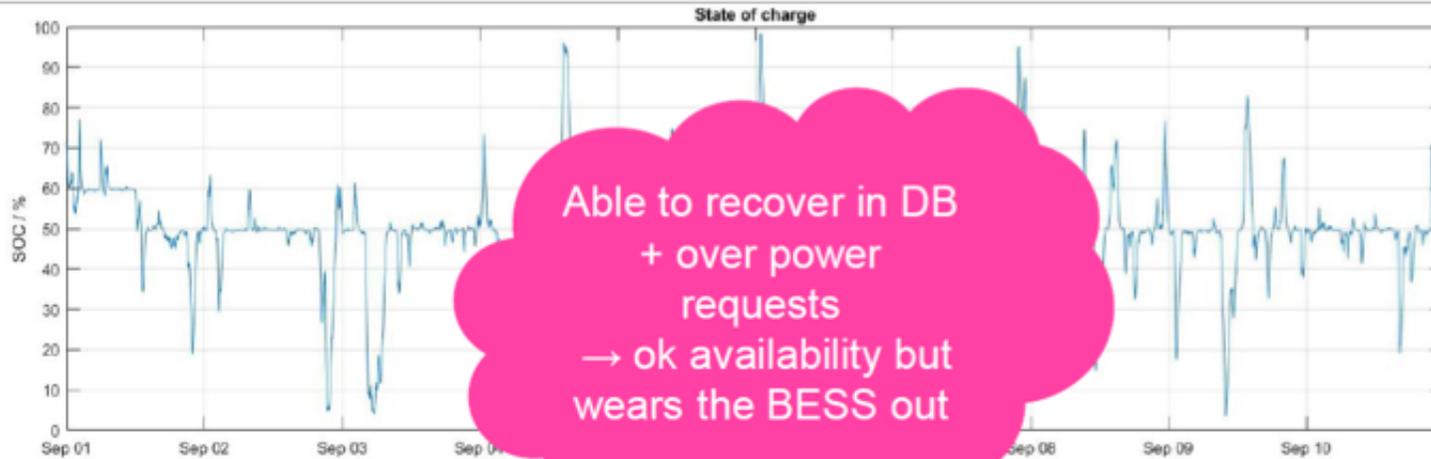
Energiavarastoja koskevat kaikki yleiset tässä dokumentissa kuvatut vaatimukset. Lisäksi niille on määritelty vaatimukset koskien varaustason hallintaa.

3.6.1 Varaustason hallinta taajuusohjatussa käyttöreservissä

Taajuusohjatun käyttöreservin ylläpitoon osallistuvan energiavaraston verkosta ottamaa tai verkkoon syöttämää tehoa ei tule ohjata muilla tavoin kuin taajuuden perusteella reservikäytön mukaisesti. Tämä ohjeistus koskee energiavaraston teho- ja energiakapasiteettia siltä osin, kun se on varattu reservin ylläpitoon. Energiavaraston teho- ja energiakapasiteetin, jota ei ole varattu reservin ylläpitoon, käyttöä ei ole rajoitettu.

Kun energiavarasto saavuttaa varauksen maksimi- tai minimitason, se keskeyttää reservikapasiteetin aktivoinnin kunnes taajuuspoikkeaman ja samalla aktivoinnin suunta vaihtuu.

Energiavaraston varaustason minimi- ja maksimiarvot ovat reservitoimittajan päätettävissä. Reservikapasiteetti tulee mitoittaa siten, että luvun 3.3. mukainen aktivointikykyvaatimus täyttyy sähkövaraston toimiessa valituissa rajoissa (esim. 5–95 %:n varaustasolla).

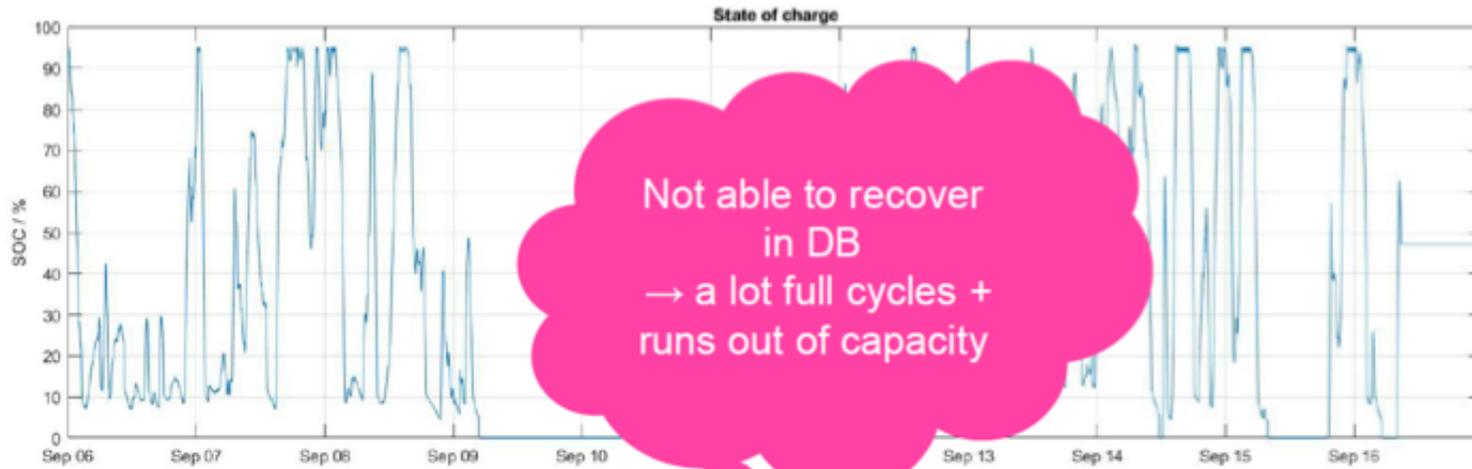


Able to recover in DB
+ over power
requests
→ ok availability but
wears the BESS out

CONTROL PARAMETERS

TARGET SOC 50 %
POWER TO TARGET SOC 300 KW





CONTROL PARAMETERS

TARGET SOC 50 %
POWER TO TARGET SOC 0 KW

HELEN



Akkuenergiavarastot

FCR-N uudet vaatimukset akuille: aktivointikyky

3.3 Aktivointikyky

Taajuusohjatun käyttö- ja/tai häiriöreservin ylläpidossa käytettävän reservikohteen tulee olla mainittua poikkeusta lukuun ottamatta kyetä aktivoimaan reservi täysimääräisesti koko toimitusjakson ajaksi.

Reservikohde, jonka aktivointikyky on rajallinen, tulee mitoittaa siten, että reservikohde kykenee vähintään 30 minuutin yhtäjaksoiseen täysimääräiseen aktivointiin. Rajallisen aktivointikyvyn omaavalla reservikohteella tarkoitetaan reservikohdetta, jonka energiavarasto saattaa tyhjentyä kokonaan siinä tapauksessa, että reservikapasiteetti on aktivoitava täysimääräisesti koko toimitusjakson ajaksi. Reservinhaltijan tulee kyseisten reservikohteiden osalta ennakkoon määritellä aktivointikykyä rajoittavat tekijät ja hyväksyttää reservikohde rajoitetun aktivointikyvyn omaavaksi kohteeksi.

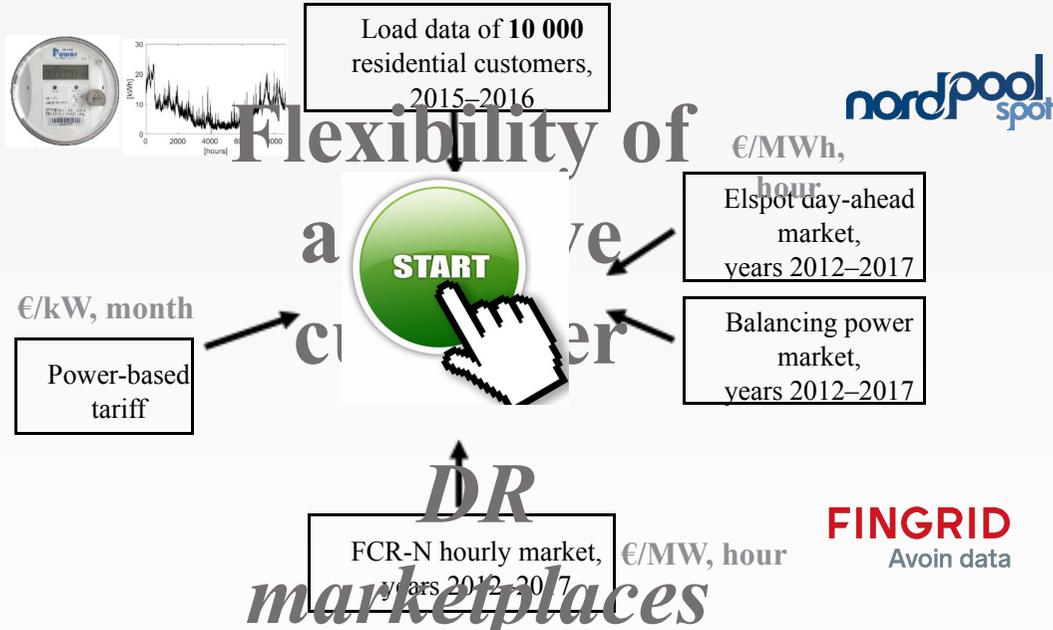
Esimerkki: 5 kWh akku, C-rate 2C (max charge/discharge power 10 kW)

Target SOC 50% => energy capacity available \pm 2.5 kWh

Activation period 30 min => maximum power bid to FCR-N = $2.5 \cdot (1/0.5) = 5$ kW

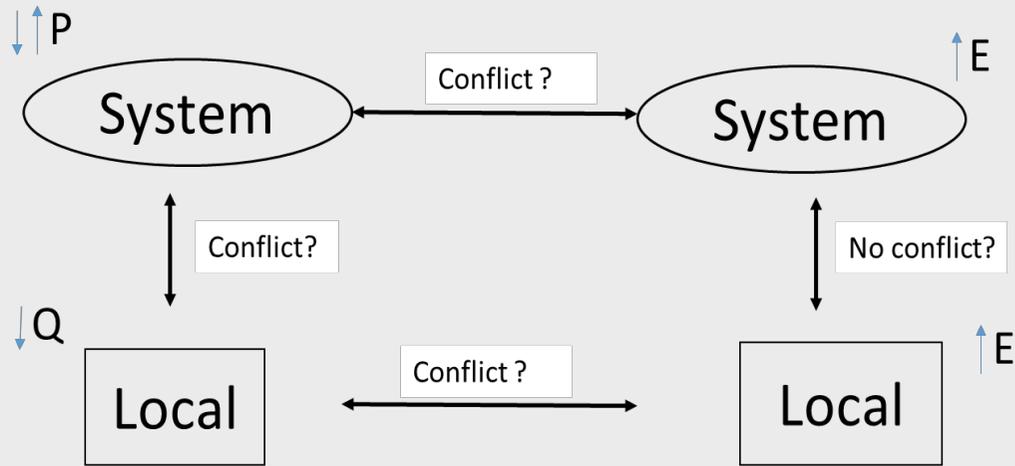
Activation period 15 min => maximum power bid to FCR-N = $2.5 \cdot (1/0.25) = 10$ kW

Simulation

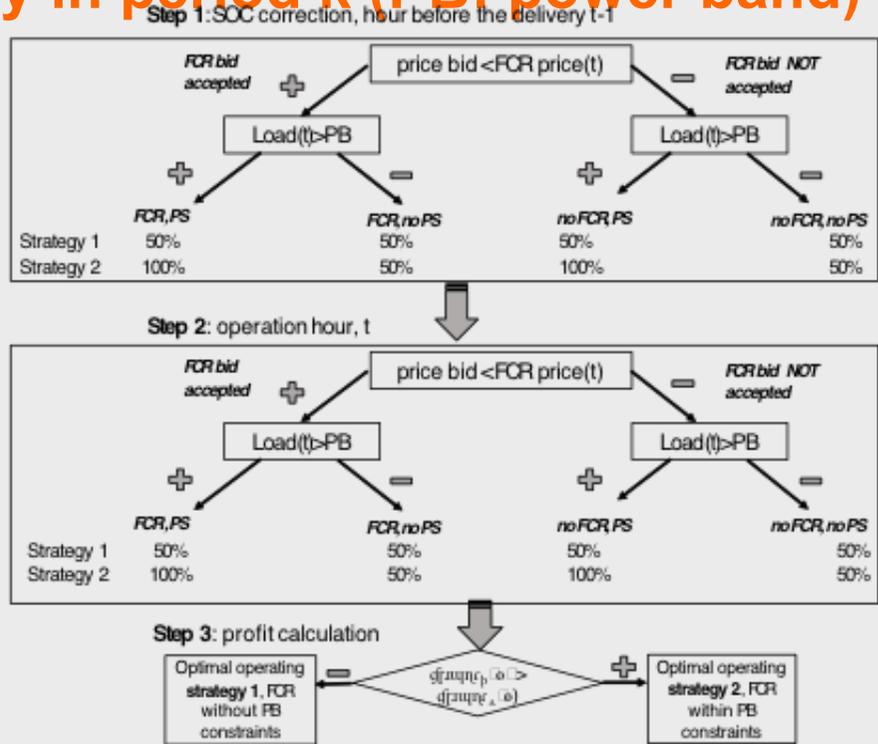


Belonogova N. (2018), *Active residential customer in a flexible – a methodology to determine the customer behaviour in a multi-objective environment*, Doctoral Dissertation, Acta Universitatis Lappeenrantaensis 830, Lappeenranta University of Technology, Finland

Relationship between the tasks depending on the system and local state

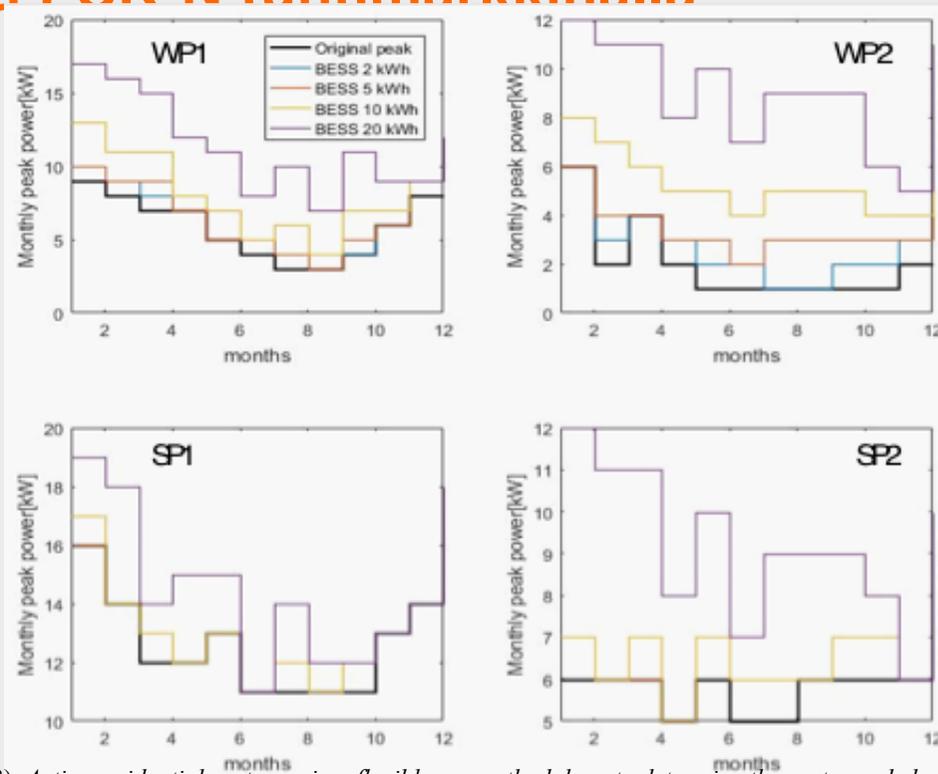


Algorithm to define the optimal operating strategy in period k (PB: power band)



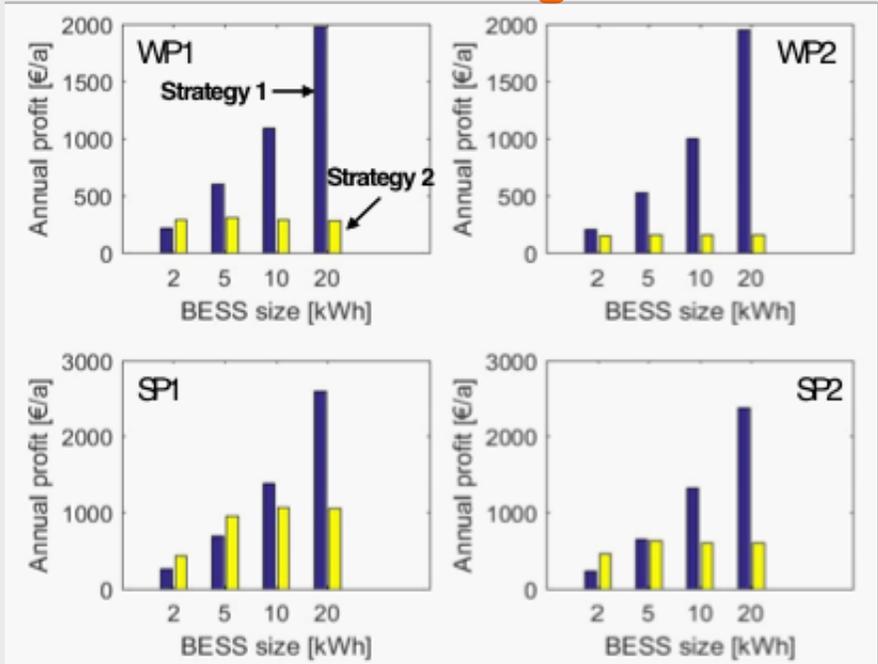
Belonogova N. (2018), *Active residential customer in a flexible – a methodology to determine the customer behaviour in a multi-objective environment*, Doctoral Dissertation, Acta Universitatis Lappeenrantaensis 830, Lappeenranta University of Technology, Finland

Tekninen ristiriitä kun akku operoi vapaasti FCR-N tuntimarkkinalla



Belonogova N. (2018), *Active residential customer in a flexible – a methodology to determine the customer behaviour in a multi-objective environment*, Doctoral Dissertation, Acta Universitatis Lappeenrantaensis 830, Lappeenranta University of Technology, Finland

Annual profit for two strategies

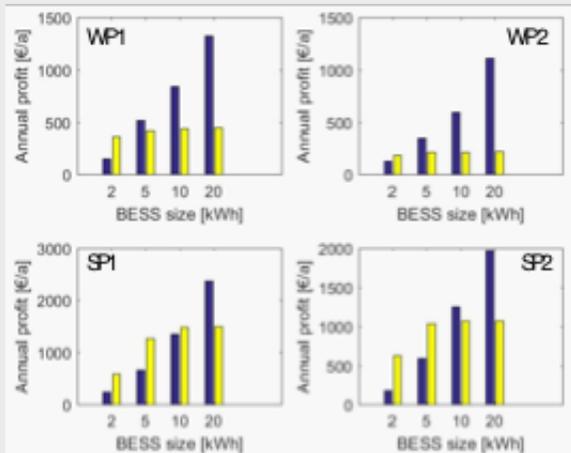


Power fee 10 €/kW, month
FCR-N market prices 2017

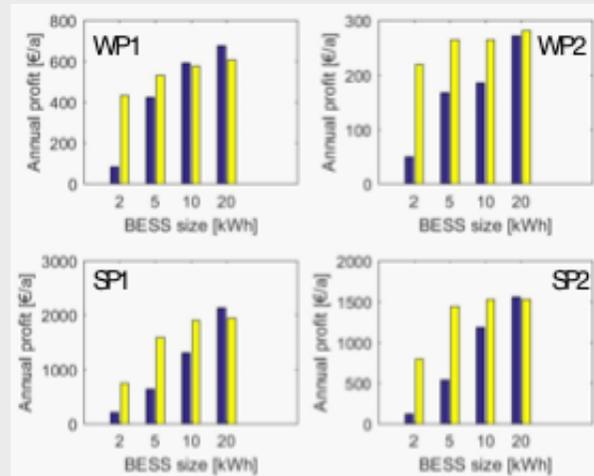
Belonogova N. (2018), *Active residential customer in a flexible – a methodology to determine the customer behaviour in a multi-objective environment*, Doctoral Dissertation, Acta Universitatis Lappeenrantaensis 830, Lappeenranta University of Technology, Finland



Annual profit, varying power fees



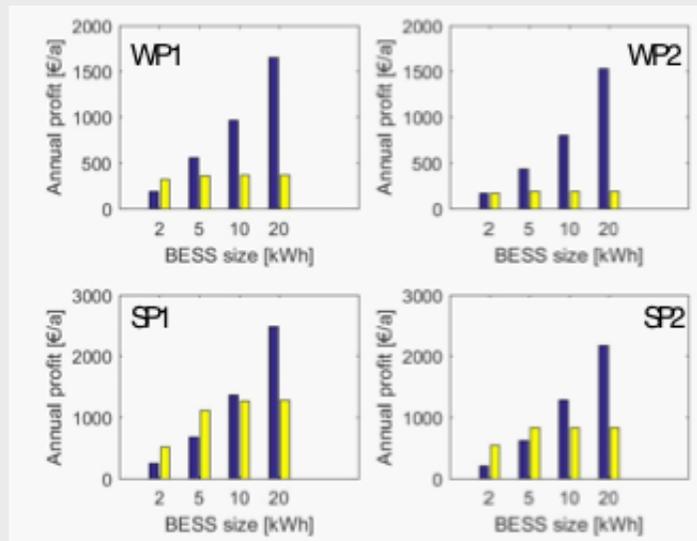
Power fee 20 €/kW, month



Power fee 30 €/kW, month

Belonogova N. (2018), *Active residential customer in a flexible – a methodology to determine the customer behaviour in a multi-objective environment*, Doctoral Dissertation, Acta Universitatis Lappeenrantaensis 830, Lappeenranta University of Technology, Finland

Annual profit



Power fee 15 €/kW, month + aggregator 20% of the hourly revenues

Belonogova N. (2018), *Active residential customer in a flexible – a methodology to determine the customer behaviour in a multi-objective environment*, Doctoral Dissertation, Acta Universitatis Lappeenrantaensis 830, Lappeenranta University of Technology, Finland

Risks and opportunities

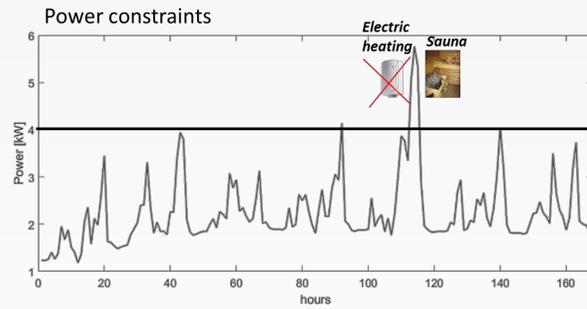
Table 3. Risks and opportunities

DR marketplaces		Risks	Opportunities
Strategy 1 Higher peak powers, free operation in the FCR-N	DSO	impact on the distribution grid: power and voltage quality, overloading; Additional investments in integrated low-carbon technologies in the residential sector; grid defection;	End customer's flexible resources such as solar PV, EV, BESS, TCL can be used also for the DSO needs (RPC, VC);
	TSO		sufficient amount of frequency regulation resources; stable and reliable grid; cost-efficient resources;
	end customer	market saturation and decrease in prices, deteriorating business potential; possible conflict with the customer's local applications;	profit gain with the resources already available; new marketplaces, new revenue streams;
Strategy 2 peak power limited; modest operation in the FCR-N	DSO		peak load management in the distribution grid; investment deferral; efficient utilization of capacity; same as in strategy 1;
	TSO	Unavailability of the resources due to power limitations on the end customer's premises	same as in strategy 1
	end customer	higher electricity bill;	savings in the electricity bill, improved reliability of supply

Belonogova N. (2018), *Active residential customer in a flexible – a methodology to determine the customer behaviour in a multi-objective environment*, Doctoral Dissertation, Acta Universitatis Lappeenrantaensis 830, Lappeenranta University of Technology, Finland

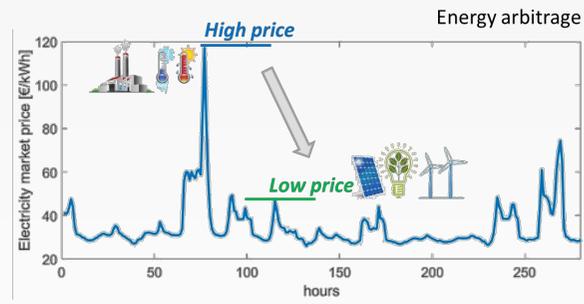
Results

Power-based tariff



10 – 400 € / year / household

Energy-based tariff



< 30€ / year / household

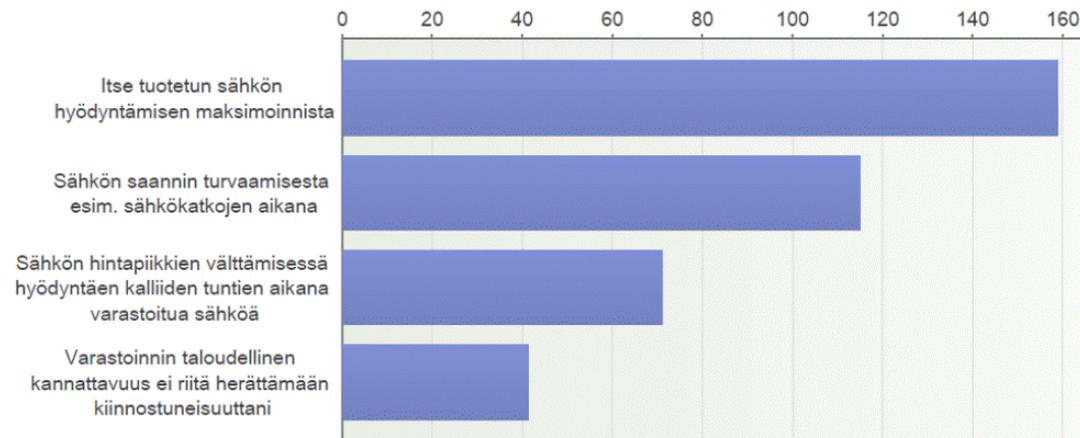
Sähköverkko 2030

Aurinkosähkö ja varastointi, kyselyn tuloksia



46. Voisin harkita sähköenergian varastointijärjestelmän hankkimista, jos varastointi osoittautuu taloudellisesti kannattavaksi. Olisin tällöin kiinnostunut: (valitse tarvittaessa useampi vaihtoehto)

Vastaajien määrä: 222



Miten akkuvarastoilla voidaan kasvattaa PV:n omakäyttöastetta?



Sähköverkko 2030

Aurinkosähkön omakäyttöaste eri

