

ENERGIAMURROS JA JOUSTAVUUS SÄHKÖNJAKELUSSA JA JAKELUVERKKOJEN KEHITTÄMISESSÄ

Apulaisprofessori Jukka Lassila

UUTTISET > KOTIMA

Kotima 6.8.2012 klo 8:22 | päivitetty 6.8.2012 klo 8:22

Johtokatuja raivataan helikopterilla ja raivaussahalla

Sähkölinjen ympäristöä raivataan säännöllisesti noin 10 metrin leveydeltä. Viime taivien kallislaista lumikuormittumaa on pyritty vähentämään helikopteri- ja raivaussahalla.

[Suosittelo](#) [Sign Up nähdäkseen mitä kavertsi suosittelivat.](#)



Kuva: Anna Siltén / Yle

Sähkölinjoilla on kallis kaivaa johtokatuja metsästä ja raivaavien metrien määrä kasvaa vuorokauden kerralla. Suomessa on 110 000 kilometriä johtokatuja, joiden leveys on 24 metriä ja pituus 100 kilometriä.

Maksaako suomalainen sähköstään liikaa?

Pohjanmaalla kahlataan tulevassa, mutta sähkön hintaa se maksaa kalliissa ja Norjassa taasen tulva laskee heli sähkön hintaa. Suomessa sähkön hinta on nyt ennätyskorkealla. Miten tämä on mahdollista? Vastauksena on, että Suomessa sähkön hinta on kuin passia norjassa.

[Suosittelo](#) [Sign Up nähdäkseen mitä kavertsi suosittelivat.](#)



Kuva: Tapani Pankkisen / Yle

Selityksiä kytty monellaista – tietenkin. Tuorein on se, että vaikka olemme mukana pohjoismaisessa sähköjärjestössä Nord Poolissa ei Suomen ja Ruotsin välisissä kaapeleissa mitä kapotteilla tuomaan halpaa ruotsalais-sähköä suomalaisiin lesiin ja lampuihin.

Mistä on kyse?

- Suomessa Pohjoismaiden toimien sääntöistä

Kotima 2.8.2012 klo 12:37 | päivitetty 2.8.2012 klo 13:37

Energiateollisuus jarruttelee aurinkosähkönto

Energiateollisuus ry:ssä suhtaututaan varauksella elinkeinoministeri Jyrki Hakamiiehen ehdotukseen sähkötyöiden velvoituksesta ostaa kotitalouksien tuottama ylijäämäenergia. Lämmitysjärjestelmäasiantuntija pitää ehdotusta oikean suuntaisena.

[Suosittelo](#) [205 henkilöä suosittelo tätä. Sign Up nähdäkseen mitä kavertsi suosittelivat.](#)



Kuva: A. S. 2012 klo 4:45 | päivitetty 6.8.2012 klo 4:23

Myrkkypylväät kiusana Raanujärvellä

Tornionlaakson Sähkö Oy:n käyttämät myrkkypylväät aiheuttavat ongelmia Raanujärvellä. Osa Lahdenperän kylän asukkaista on esittänyt kalliin talon kreesoottipylväiden vaihtamista turvallisempaan ja helpommin poistettaviksi.

[Suosittelo](#) [17 henkilöä suosittelo tätä. Sign Up nähdäkseen mitä kavertsi suosittelivat.](#)



Kuva: Raimo Turkin / Yle



Ylitönnön Raanujärvi Lahdenperän kylän asukkaat ovat huolestuneet kylän läpi menevän sähkölinjan myrkkypylväistä.

Kreesootti

- Kivillävaran lähe
- Kreesootti on kiviä ja yhdistelmä, josta on valmistettu kreesoottia eli kreesoottipylväitä käytettäväksi puuyhdyillä.

UUTTISET > ETELA-KARJALA

Etelä-Karjala 13.8.2012 klo 7:47 | päivitetty 13.8.2012 klo 10:10

Sähköautojen valtakunnallista latausverkkoa kehitetään

Tavoitteena on, että julkiset latauspaikat olisivat sähköautoilijoiden käytössä riippumatta asuinpaikasta ja sähköyhtiöstä.

[Suosittelo](#) [6 henkilöä suosittelo tätä. Sign Up nähdäkseen mitä kavertsi suosittelivat.](#)



Kuva: Antti Karhunen / Yle

Savo 4.7.2012 klo 16:13

Sähkökaapelia pusketaan maahan entistä enemmän

Ilma-ohjien vaihtaminen maakaapeliin vähentää sähkökaapeliston vaaraa. Valtioilla on lallattamassa vuosia korkean hinnan vuoksi hitaasti etenevään korvaamiseen.

[Suosittelo](#) [Sign Up nähdäkseen mitä kavertsi suosittelivat.](#)



Kuva: Antti Karhunen / Yle

Savon Voima asentaa maakaapelia tänä kesänä ennätystahdilla, yhtiöllä on menellään urakat kahdeksassa taajamassa. Kaapelointi on kallista työtä, mutta vaarallista sitä ei ole hyödyistä huolimatta kerty kovalta tahdilla.

Aikataulu on kuitenkin kiristymässä, sillä työ- ja elinkeinoministeri esittää tulevaisuudessa sähkökaapeliston keston kipurajuhon ja ylijäästä maksettavien korvausten kalleutta.

Sähkön toimintavarmuus pitäisi saada toteutetuksi toukokuun 2022 mennessä. Savon Voimalla tämä olisi suuri ponnistus ja iso muutos aiempaan suuntaan.

Mistä on kyse?

- Sähkötyöt vaihtelevat pikku hiljaa ilmajon maakaapelin
- Muut ei ole nopea, koska maakaapelin on niin kallista
- Työ- ja elinkeinoministeri on ehdottanut talletusta, joka luttuu maahan sähkön toimintavarmuuden parantamiseksi
- Jos korvausten aikana ja määrä kasvaa taajamissa, maakaapelin kalleus nousee

Lumipyry koetteli jälleen sähkölinjoja

Lumipyry johti torstaina uusiin sähkökatkoksien eteläisessä Suomessa, kun katoa on ollut tarttuvia lumi tavatti puti illoille. Päivän aikana ilmi ilmeni runsaasti sähkökatkoja Ludeella ja Kanta-Hämeessä, sekä Etelä-Savossa. Hämeessä ja Kanta-Hämeessä iltaan mennessä suurin osa sähkökatkosta saatiin kuitenkin korjattua.

[Suosittelo](#) [Sign Up nähdäkseen mitä kavertsi suosittelivat.](#)



Kuva: YLE

Sähkötyöt varautuvat torstai lumipyryyn jalkautamalla maastoon tavallista enemmän ilojen korjaksi.

Ennen Vienttilän verkoston, nykyisen LNI-verkon käyttöäkin päättävä Turo ihonon sanoo, että sähköverkon automaation lisääminen vuoksi osalle asiakkaita pyydytään palauttamaan sähköt meiko nopeasti häiriön alkauksessa.

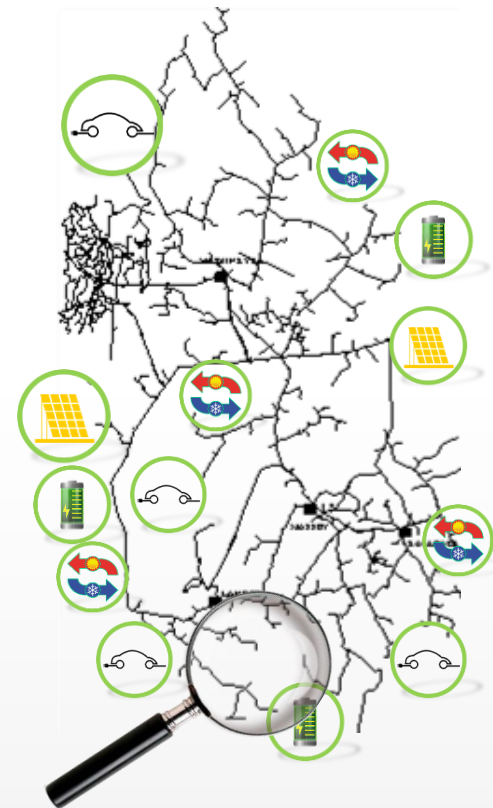
Tämän vuodenvaihteen tilanne on ollut hyvin poikkeuksellinen. Myrskytulot ovat olleet hyvin vaikeita. Ennen tulvat myrsky, sitten tulvat lumikuormat.

Ihonon sanoo, että pöytäkirjassa sähköverkkojen suojelemiseksi sääntöjä vastaan ei ole iso

Otsikoissa 10 vuotta sitten...

Esityksen sisältö

1. Energiamurros – mitä se tarkoittaa?
2. Sähkö ja sähkönjakelu avainroolissa – toimintaolosuhteet?
3. Joutaako sähkökuorma tai verkko?
4. Millä ratkaisulla tästä eteenpäin?



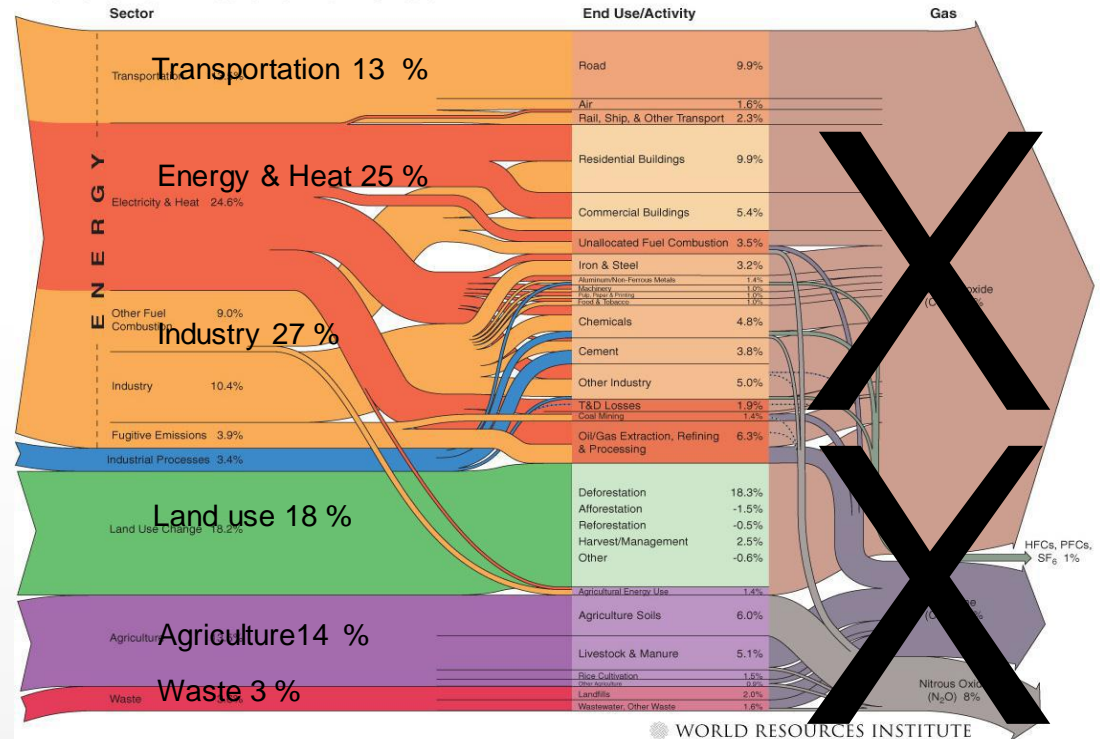
Energiamurros

Lähtökohdat sähköistymistarpeelle

- Energia-alalla 'kokoaan suurempi rooli' ilmastokriisin ratkaisemissa
- Sähköverkoilla on kriittinen mahdollistajan ja edelläkävijän rooli energiamurroksessa

**SÄHKÖÄ JA JOUSTOA SIIS
TARVITAAN, MUTTA
LÖYTYYKÖ SITÄ?**

World GHG Emissions Flow Chart

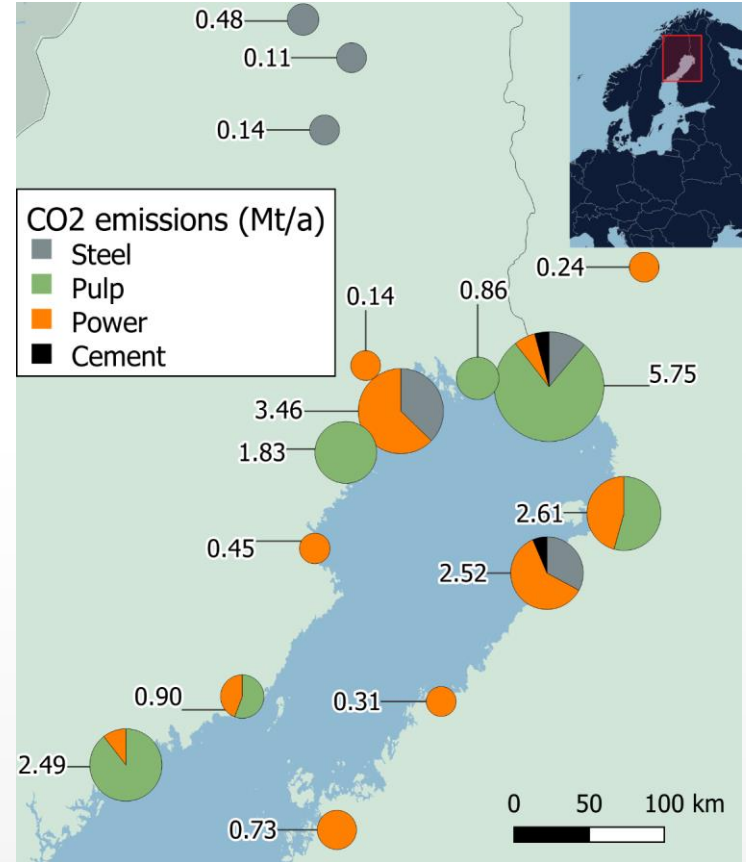
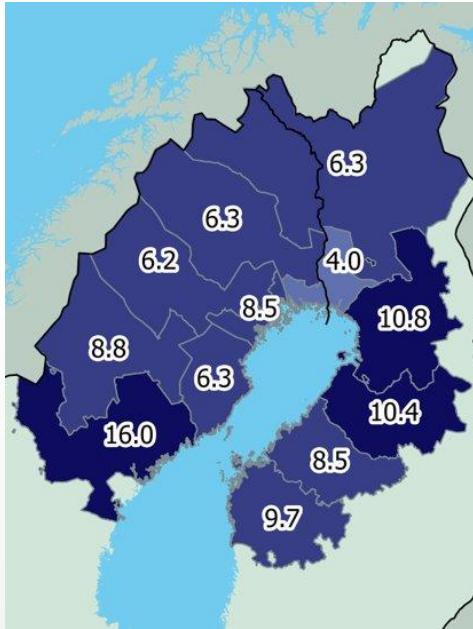


Energiamurros

Pohjolan merkitys murroksessa

Bothnian bay hydrogen valley

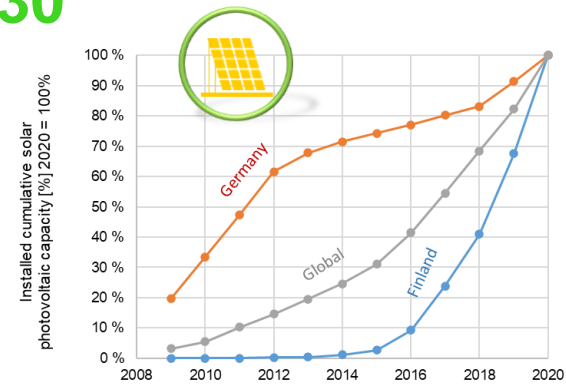
New wind electricity potential
>100 TWh



Tarkastelualueita koskevat tulokset

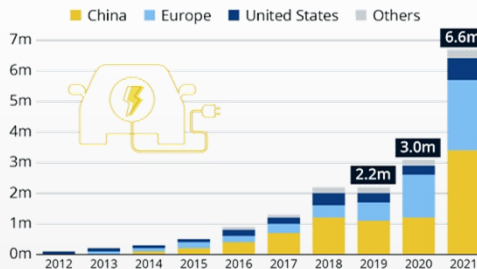
	Case A	Case B	Case C	Case D	Case A	Case B	Case C	Case D
Vuosienergia ja nykyinen huipputeho	12,9 GWh	56,1 GWh	18,2 GWh	36,7 GWh	3,6 MW	14,3 MW	5,0 MW	10,4 MW
Muutostekijä (ja penetraatio)	Muutos energiassa v. 2030 [%]				Muutos huipputehossa v. 2030 [%]			
Aurinkosähkö (8 %)	-4,9	-2,3	-3,5	-2,4	0	0	0	0
Lämpöpumput (2–9 %)	-4,0	-1,8	-3,1	-2,7	-2,4	-0,6	-0,9	-0,8
Sähköautot (7 %)	+2,9	+1,4	+2,1	+1,5	+7,4	+3,4	+5,6	+1,0
Muutosten yhteisvaikutus	-6,0	-2,7	-4,5	-3,6	+5,5	+2,7	+4,9	+0,2

	Case A	Case B	Case C	Case D	Case A	Case B	Case C	Case D
Muutostekijä (ja penetraatio)	Muutos energiassa v. 2030 [%]				Muutos huipputehossa v. 2030 [%]			
Aurinkosähkö (35 %)	-21,7	-10,0	-15,3	-10,7	0	0	0	0
Lämpöpumput (4–18 %)	-4,7	-2,7	-3,8	-3,8	-2,0	-1,2	-1,3	-2,3
Sähköautot (30 %)	+12,5	+5,9	+8,9	+6,2	+21,6	+10,4	+14,7	+3,8
Muutosten yhteisvaikutus	-13,8	-6,9	-10,2	-8,2	+21,4	+9,2	+14,1	+1,7



Global Electric Car Sales Doubled in 2021

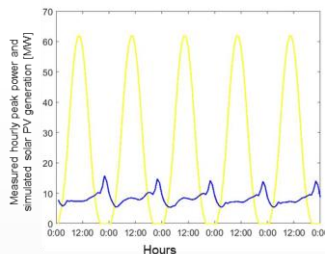
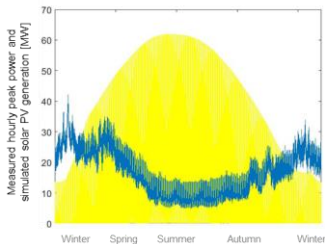
Global registrations of electric vehicles (incl. plug-in hybrids), by region*



* incl. passenger cars and light commercial vehicles (vans, light trucks)
Source: EV-volumes.com via IEA

Energiamurros

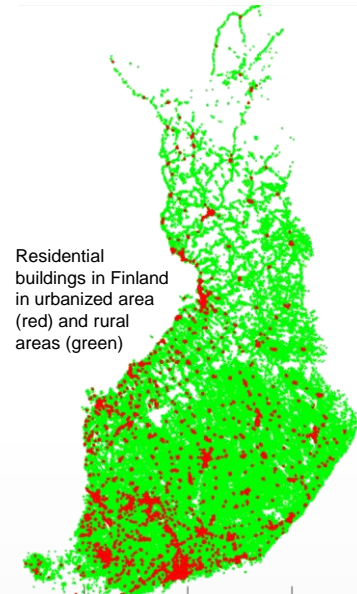
Aurinkosähkön asennuspotentialia Suomessa



Research targets and steps

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

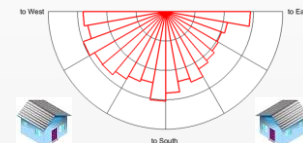
- I. Maximum amount of PV panels (m^2 and kWp) which could be installed on rooftops (“Building capacity”)
- II. PV generation for buildings from peak power perspective (“PV generation peak”)
- III. Hosting capacity for distribution system taking into account actual capacity of distribution system as well as actual measured hourly based load of low-voltage end-customers (“Capacity in electricity distribution network”)



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

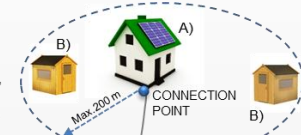
Building type	Number	Rooftop surface, km^2 (1)	Avg. size, m^2 /roof	Rooftop potential, S_n , MVA (2)	Avg. size kVA/roof	PV peak, P_{max} , MW (3)
Residential	1 319 444	242.2	184	12 109	9	7 350
Public	71 685	62.2	868	3 110	43	1 880
Leisure	488 763	36.9	75	1 844	4	1 110
Industry	30 259	47.5	1 570	2 375	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

Direction of building roofs in Finland



SCENARIOS

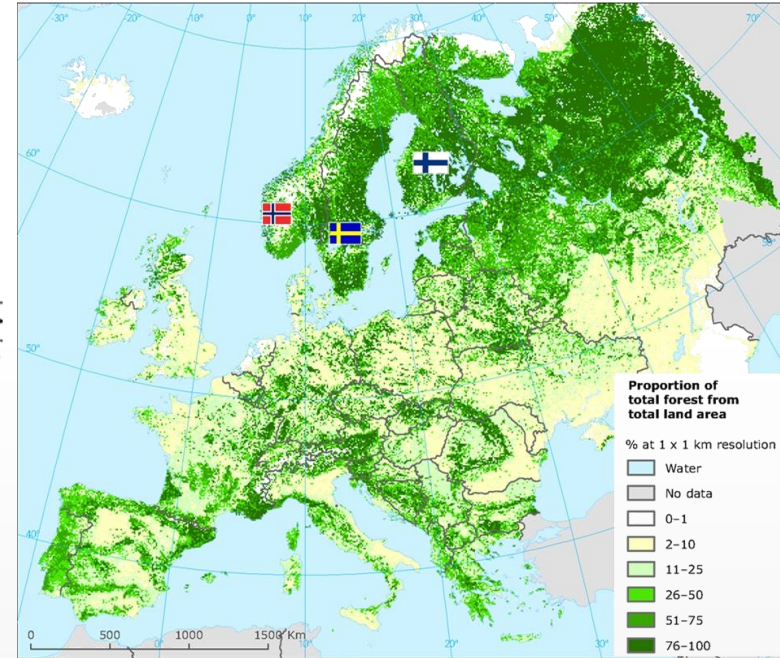
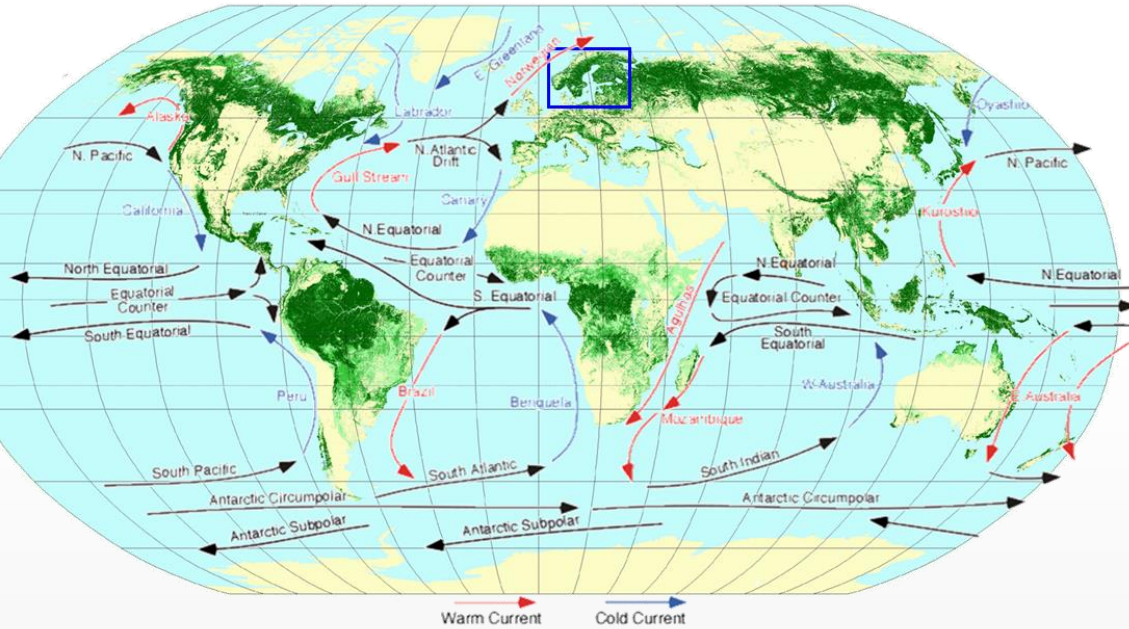
- A) Only residential houses covered with PV
- B) Also additional buildings (garages, storage buildings, and sheds, etc) included



- 1) Total surface areas of buildings
- 2) Nominal power of panels. Based on assumption that only southern side of roofs (all ridge type) are utilized with 70% panel filling factor
- 3) Maximum power taking into account point of compass of buildings and geographical location in Finland

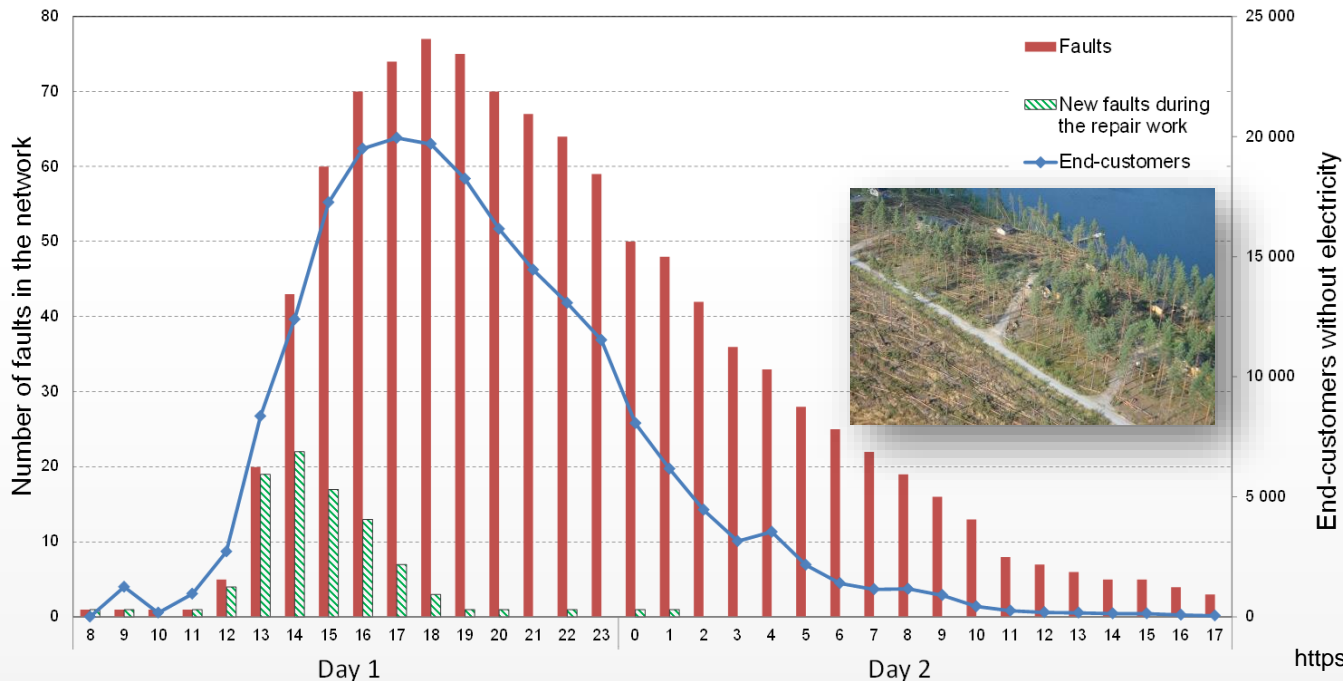
Toimintaolosuhteet

Sähkönjakelun toimintaolosuhteet Suomessa



Toimintaolosuhteet Sähkönjakelun toimintaolosuhteet Suomessa

Development of the number of customers left without electricity supply during a blackout



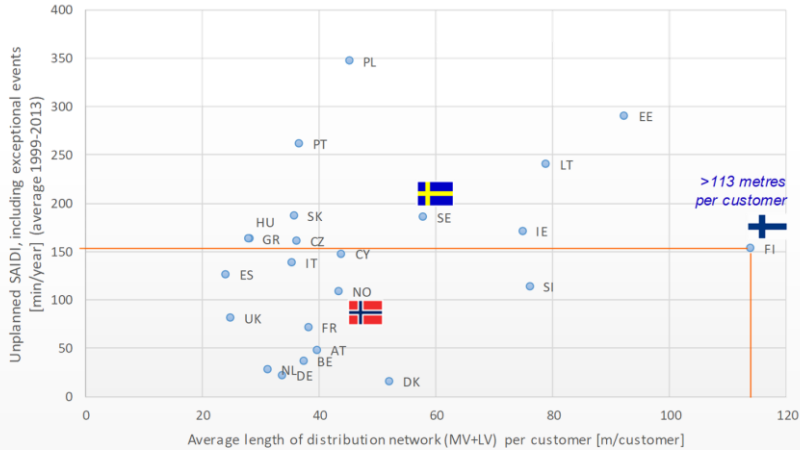
Major disturbances in Finland

Storm name	Year	Wiped out tree stand, Mm ³
Aarno	1978	2,5
Mauri	1982	3,0
Manta	1985	4,0
Pyry, Janika	2001	7,3
Unto	2002	1,0
Asta, Veera, Lahja, Sylvi	2010	8,1
Tapani, Hannu	2011	3,5
Antti	2012	0,3
Eino, Oskari, Seija	2013	3,0
Helena	2014	0,4
Lyyli	2015	0,1
Valio	2015	0,5–1,5
Rauli	2016	0,1
Kiira	2017	0,1
Alfrida (Aapeli)	2019	1,1

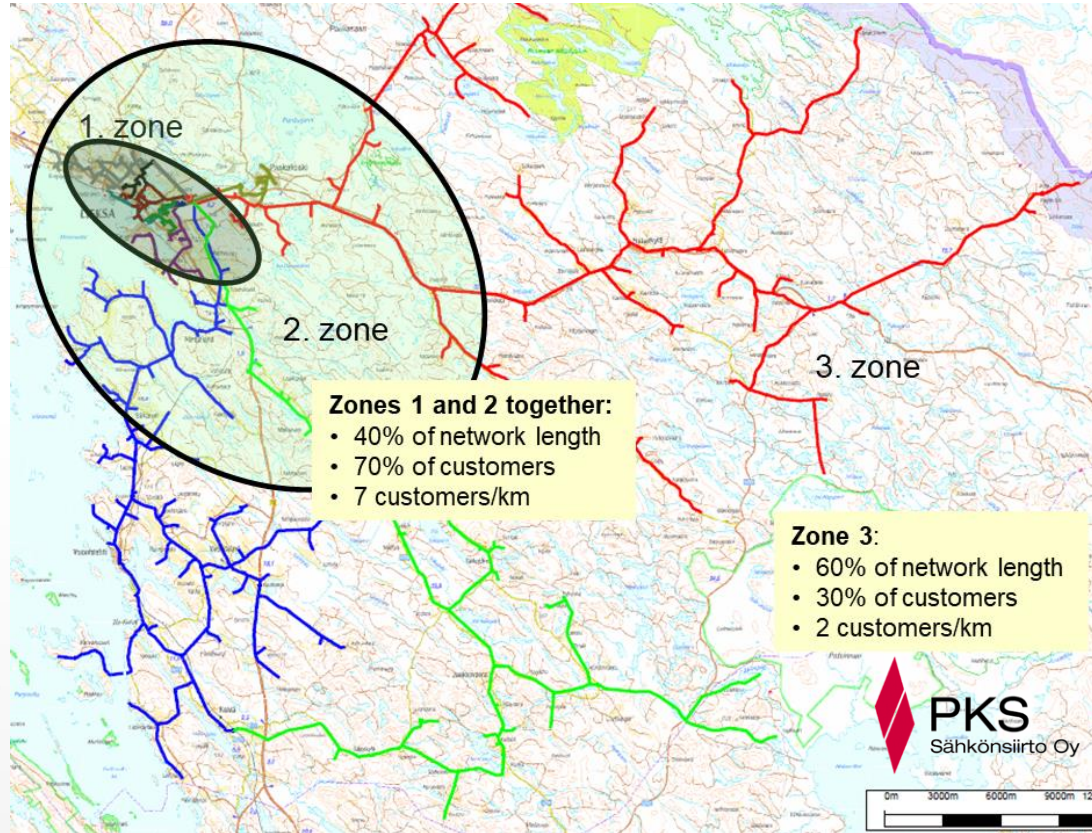
<https://metsatieteenaikakauskirja.fi/pdf/article10200.pdf>

Toimintaolosuhteet Sähkönjakelun toimintaolosuhteet Suomessa

Challenge of rural area electricity distribution companies: long distances and lines in sparsely populated areas together with decreasing number of population



Source: Effects of the future trends in distribution networks
<https://www.cired-repository.org/handle/20.500.12455/520>

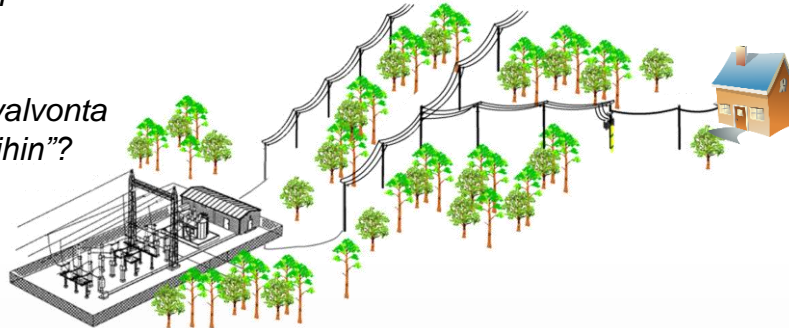


Joustavuus ja joustoresurssit

Lähtökohdat ja odotusarvot

Sähköverkkoliiketoiminta

- Mitä jousto tarkoittaa verkkojen kehittämisessä ja laajemmin verkkoliiketoiminnassa?
- Ohjaako verkkoliiketoiminnan valvonta "varmoin perinteisiin ratkaisuihin"?



Yhteiskunta

- Odotusarvot sähkön toimitusvarmuudelle ja joustavuudelle?
- Odotusarvot sähkön toimituksen hinnalle?

Asiakas

- Mikä on asiakkaan sähkön kysyntä tulevaisuudessa?
- Onko asiakas joustava, onko asiakkaalla joustavaa kuormaa?
- Onko sähkökäyttöpaikalla jatkuvuutta?



Toimitusvarmuus



Lämmitys ja
jäähdytys



Liikenteen
sähköistyminen



Pientuotanto



Energian
varastointi



Aggregointi ja
kysynnän jousto



Asiakaskato

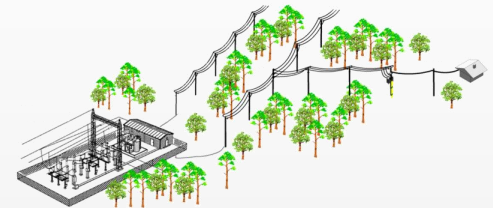
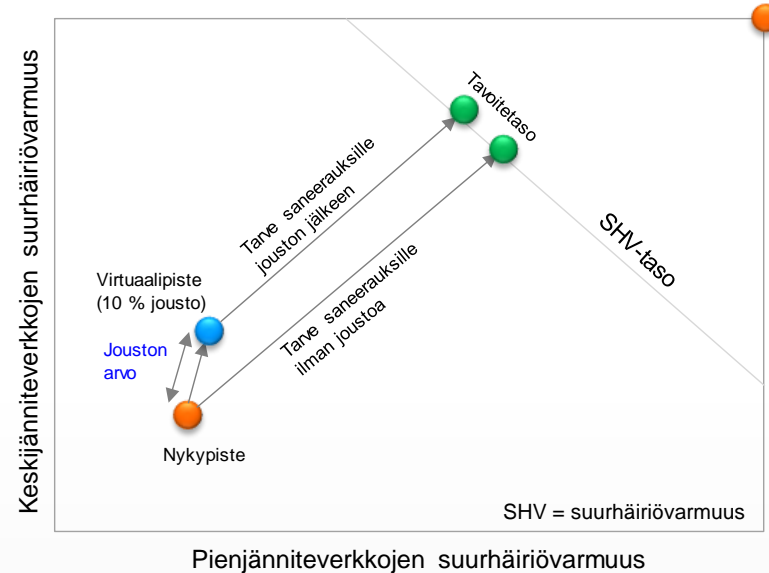
Joustoresurssit - Käyttöpaikkakohtainen toimitusvarmuusjousto

Joustaako asiakas ja onko sillä merkitystä?

Mikä vaikutus ja arvo on käyttöpaikkakohtaisella joustolla, jos joustolla voidaan välttää toimitusvarmuusvaatimukseen vastaavat saneeraukset ja saneeraus voidaan tehdä kevyemmin (perinteisin keinoin) haja-asutusalueella? Asiakasjoustokohteissa sähkökatkon pituudelle ei aseteta tuntimääräistä rajaa.

Toimitusvarmuuden kehittämisen toimintamallit

1. Verkkoyhtiö varmistaa toimitusvarmuuden (perinteisillä) verkostoinvestoinneilla
2. Verkkoyhtiö varmistaa toimitusvarmuuden ostopalveluilla
3. Verkkoyhtiö ostaa jouston asiakkaalta ja asiakas hyväksyy riskin heikommalle toimitusvarmuudelle tai varmistaa sähkön saannin itsenäisesti

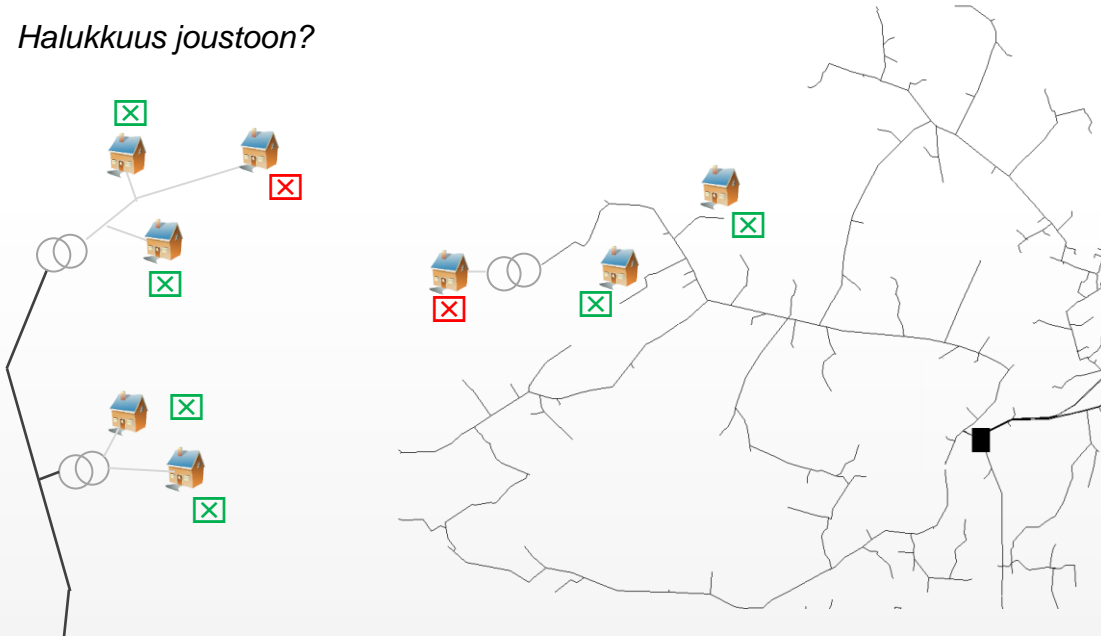


Joustoreurssit - Käyttöpaikkakohtainen toimitusvarmuusjousto

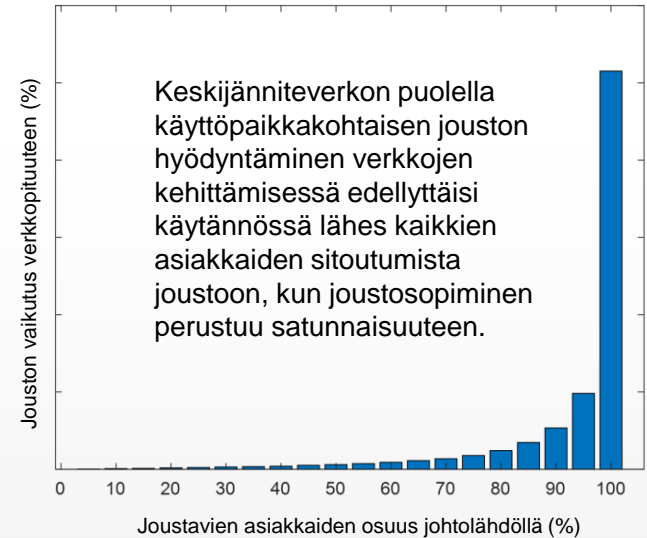
Joustokohteiden valikoituminen sattumanvaraisesti?

Mitä jos käyttöpaikat valikoituisivat sattumanvaraisesti jouston piiriin? Miten paljon joustava asiakkaat vapauttavat verkkoa saneerausveloitteesta (suurhäiriöriskiverkon saneerausveloite)?

Halukkuus joustoon?



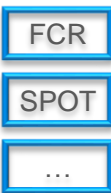
Kj-verkko



Joustavuus ja joustoresurssit

Kapasiteettiperusteinen jousto

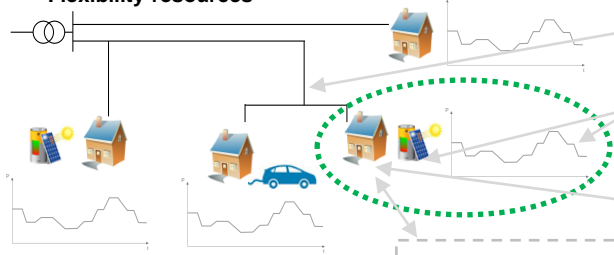
Electricity markets



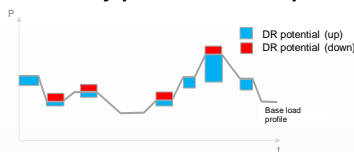
Need for flexibility



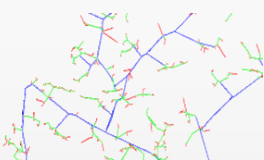
Flexibility resources



Flexibility potential and response



Network effects



Development needs of distribution pricing



Development needs for network and planning processes



Data sources

Distribution company:

- Network data
- Load data
- Reliability statistics
- DG
- *Electric vehicle?*
- *Flexible load and controllability?*
- ...

Building data:

- Location
- Age
- Size
- Direction of compass
- Heating system
- ...

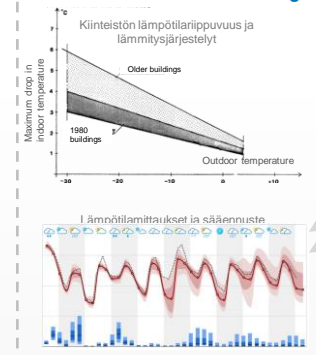
Weather and climate

- Outdoor temperature measurements
- Weather forecast

Other

- ...
- ...

For instance control of heating

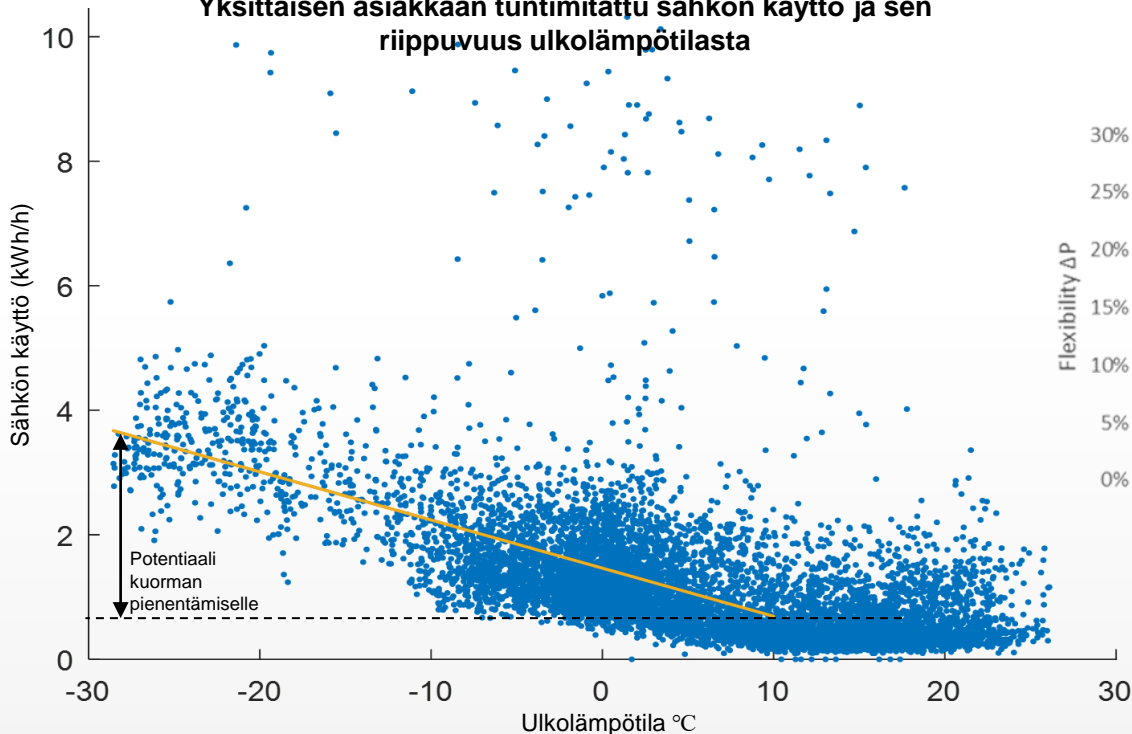


Joustavuus ja joustoreсурssit

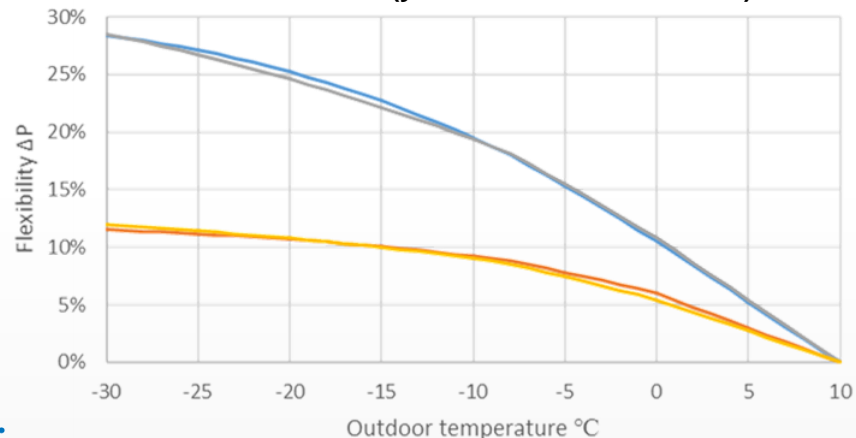
Kapasiteettiperusteinen jousto

Sähkölämmityksen joustopotentiali?

Yksittäisen asiakkaan tuntimitattu sähkön käyttö ja sen riippuvuus ulkolämpötilasta



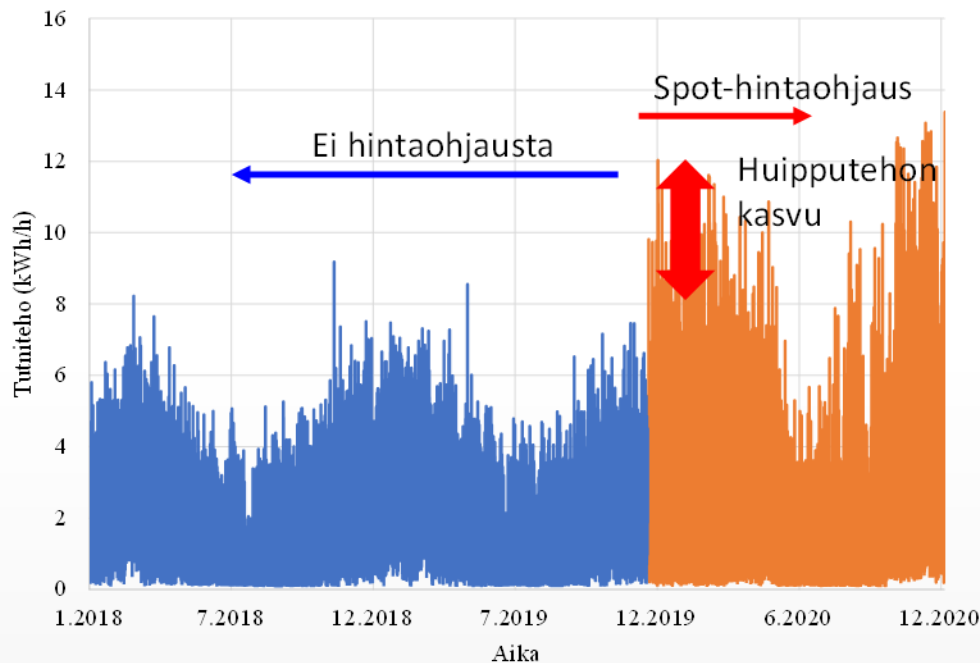
Pienasiakkaiden lämmityskuorman joustavuus neljällä eri case-alueella (yht. noin 10 000 asiakasta)



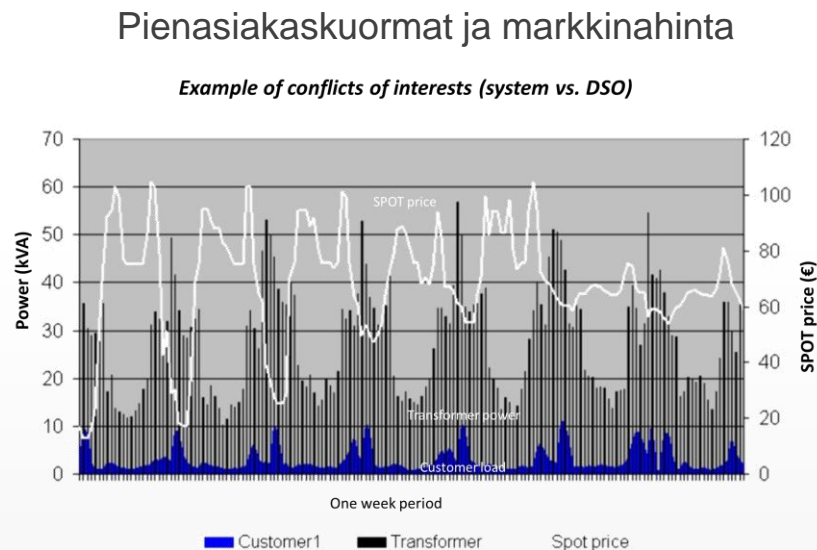
Sisälämpötilamuutoksen reunaehto $\Delta T=1^{\circ}\text{C}$
Kuormanohjaus aika 1 h

Joustavuus ja joustoresurssit

Kapasiteettiperusteinen jousto - Asiakaskuorma

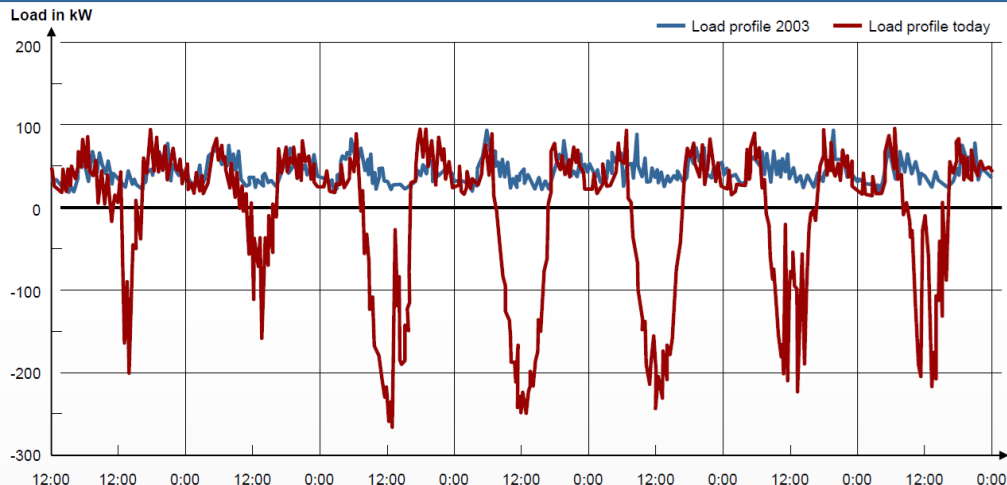


Mikäli verkkoyhtiön intressejä ei huomoida, riski verkon ylikuormittumiselle kasvaa



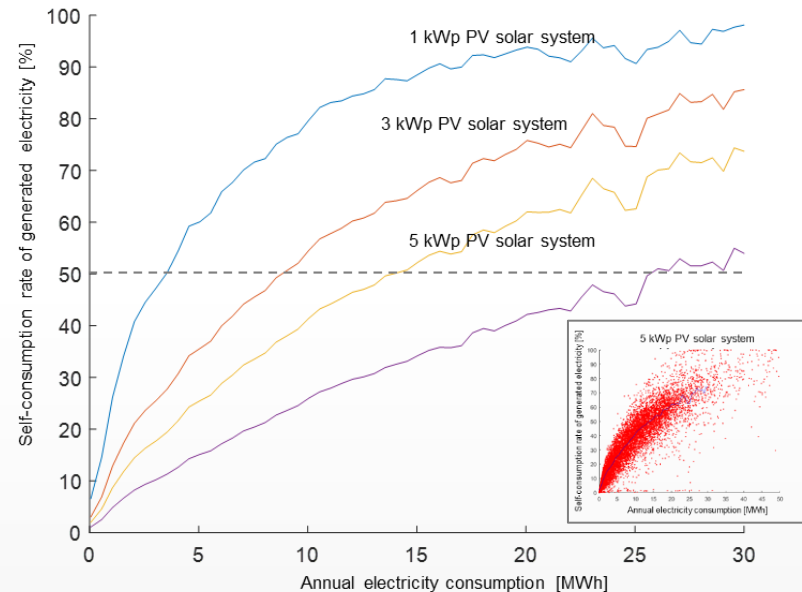
Aalto Joni, Development opportunities for smart metering services, Diplomityö, TTY, 2011

Weekly loading of a transformer station in the rural area the LEW-Verteilnetz GmbH – 2003 and today



Source: http://w3.siemens.com/smartgrid/global/en/Events/SmartGridEurope/Documents/Conference%20presentations/Technology%20Plaza/121011_SmartUtilities_AMS_RE_v6.pdf

Tuotannon omakäyttöaste

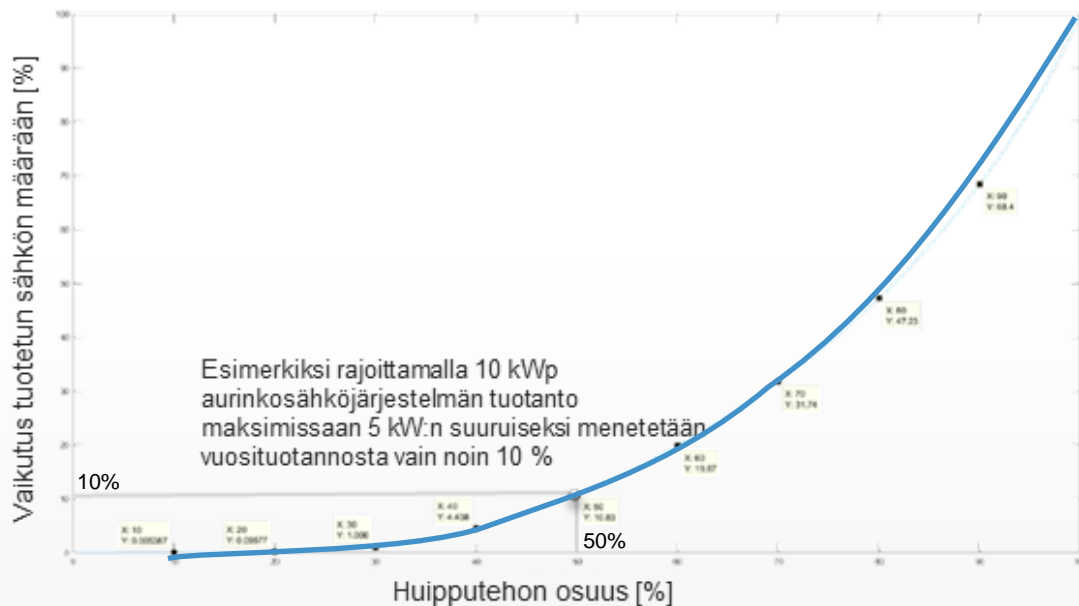


- Kuvan käyrästä perustuu todelliseen sähkölämmittäjäasiakasjoukkoon (tuntitehomittauksiin)
- Yksittäisen asiakkaan osalla omakäyttöaste voi vaihdella merkittävästi sähkökäytön ajallisista tottumuksista johtuen

Joustavuus ja joustoresurssit

Aurinkosähkö, tuotantopiikin leikkaus

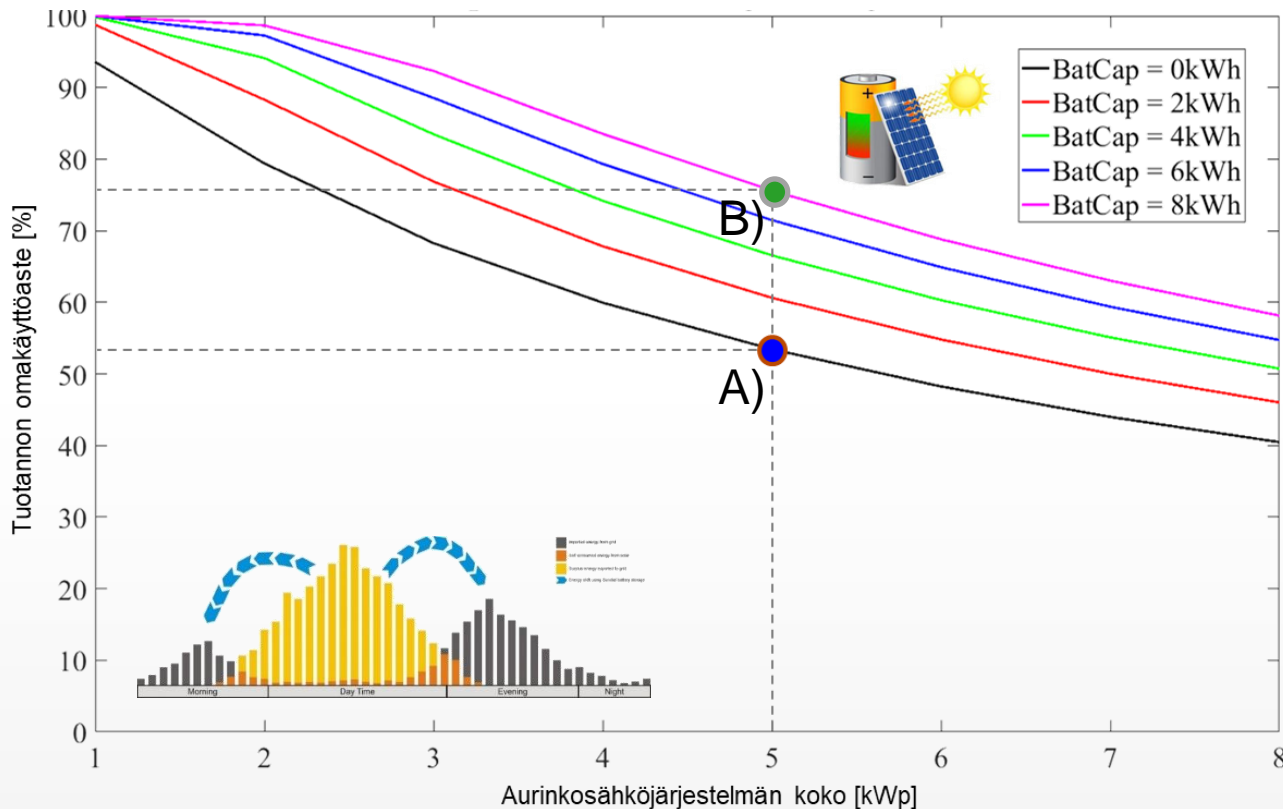
Aurinkosähköjärjestelmän tuotantotehon ja tuotetun energian välinen riippuvuus



- Tuotannon huipunkäyttöaika lyhyt
- Merkittävä osa aurinkosähkön energian tuotannosta tapahtuu järjestelmän kokoon nähden pienillä tehoilla (90 % vuosituotannosta <50 % teholla)
- Asiakas hyötyy vain vähän järjestelmän ylivoimattamisesta
- Negatiiviset vaikutukset sähköverkoille ja lopulta sähkökäyttäjälle suuret

Esimerkki: 10 kWp vs. 5 kWp

- PV-paneelit molemmissa tapauksissa 10 kWp
- Tehoelektroniikka 10 kW tai 5 kW
- Investointiero tehoelektroniikan osalta: 5 kW x 20 snt/W = 1000 € (säästö)
- Menetty tuotanto: 10 % x 10 kWp x 900 h/a = 900 kWh ~ 45 €/a (menetyk)
- Verkkoyhtiölle lisäkapasiteetista kustannukset
- Asiakkaalle lisäksi mahdollinen kannustin tehopohjaisen hinnoittelun muodossa



Tämän esimerkin asiakasryhmä pystyy käyttämään keskimäärin noin 53 % tuottamastaan sähköstä itse jos aurinkosähköjärjestelmän koko on 5 kWp ja asiakkailta ei ole akkua (piste A).

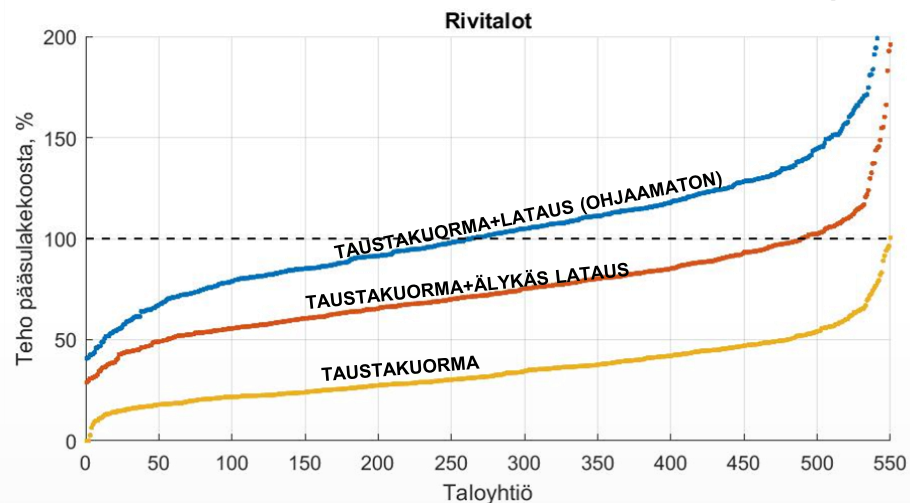
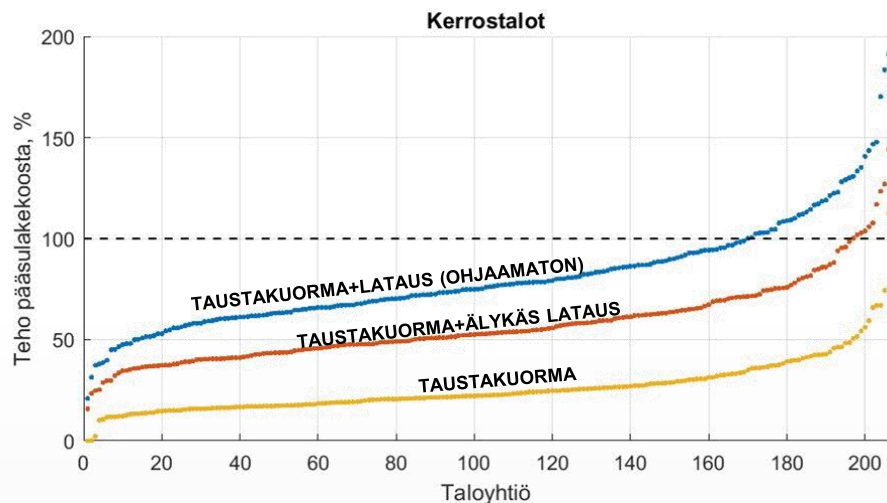
Jos asiakkailta on käytettävissä esim. 8 kWh akkuvarasto, nousee itse tuotetun sähkön omakäyttöaste keskimäärin noin 75 %:iin (piste B).

- Kuvan käyrästä perustuu todelliseen sähkölämmittäjäasiakasjoukkoon (tuntitehomittauksiin)
- Yksittäisen asiakkaan osalla omakäyttöaste voi vaihdella merkittävästi sähkönkäytön ajallisista tottumuksista johtuen

Joustavuus ja joustoreсурssit

Sähköautojen lataus; ohjattu vs. ohjaamaton

Taloyhtiöiden huipputehot (kohteet joissa pääsulakekoko ≥ 63 A)



Tutkimushanke: **Sähköautojen latauksen muodostama kuormitus- ja mitoitusteho erilaisissa toimintaympäristöissä**

- Taustakuorma + EV ohjaamaton lataus (99 % luottamustaso), huipputuntiteho
- Taustakuorma + EV älykkäät ohjausratkaisut (99 % luottamustaso), huipputuntiteho
- Taustakuorma, huipputuntiteho

Sähköautojen määrä simuloineissa: Kerrostaloissa 0,8 ja rivitaloissa 1,35 autopaikkaa per liittymän sähkönkäyttöpaikka

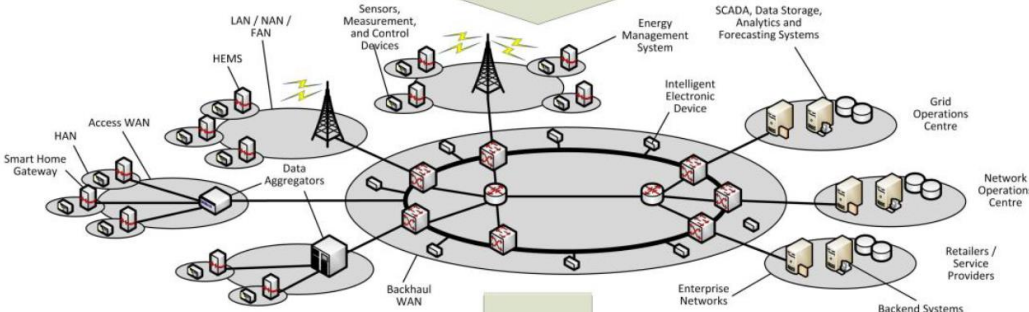
Joustavuus ja älyverkot

Algoritmeista infrastruktuuriin

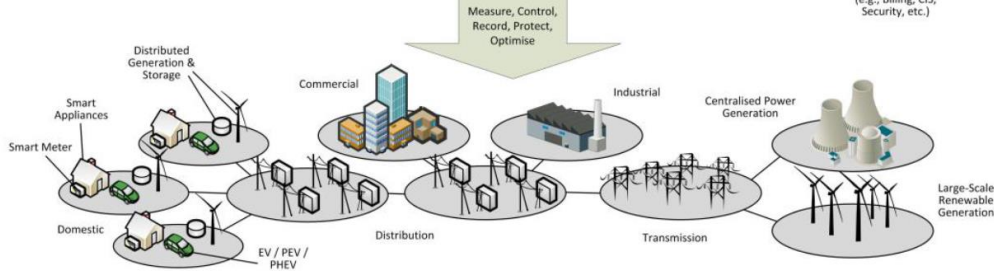
Applications & Algorithms



ICT Infrastructure



Power Infrastructure



Measure, Control, Record, Protect, Optimise

Source:

HubNet Position Paper Series, Smart Grids and Communications Systems (www.hubnet.org.uk/filebyid/613/SmartGridComms.pdf)

Teknologiaa verkkojen kehittämiseen

Microgrids (LVDC)

Mikroverkko (LVDC) -aiheisia väitöskirjoja LUT:ssa

LVDC power distribution system: computational modelling. Lana, Andrey (2014-08-15) <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-265-619-3>

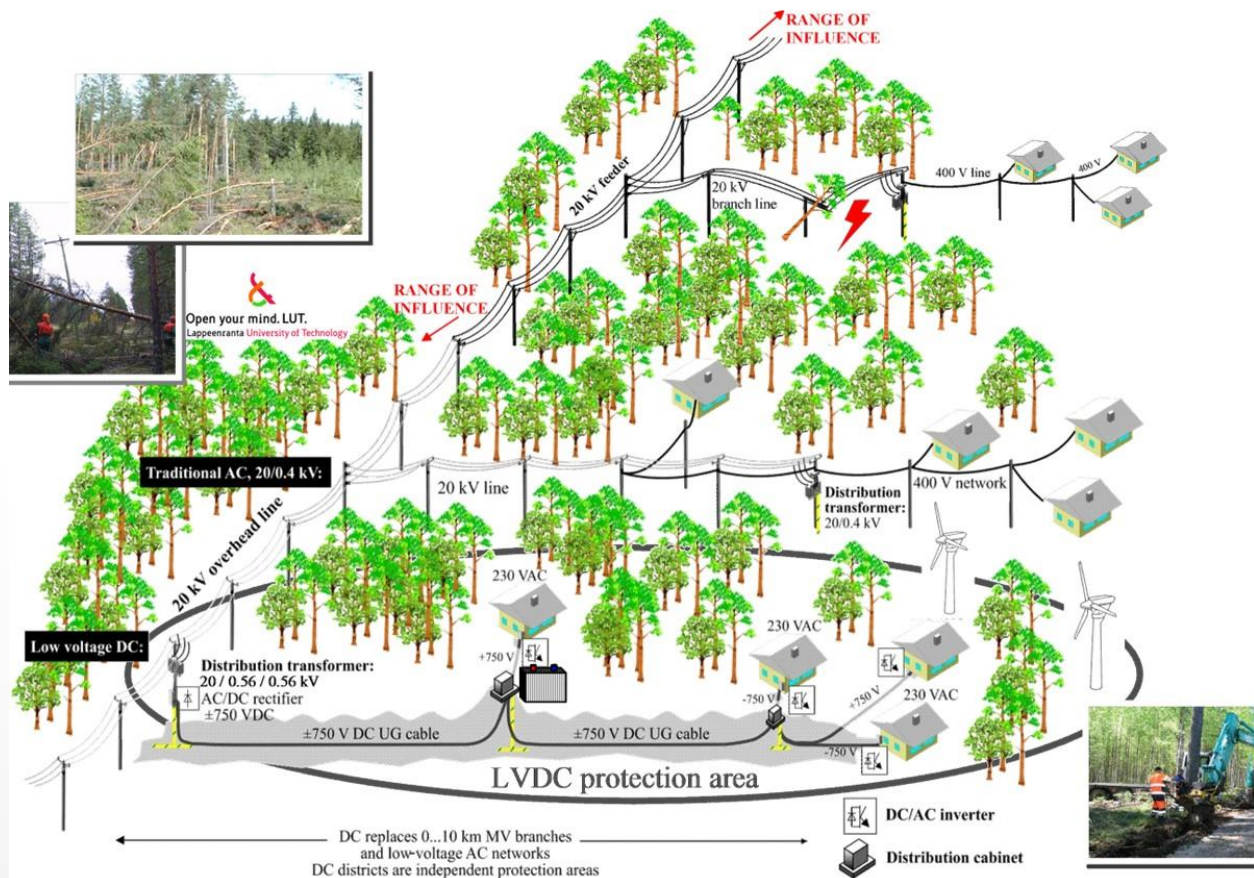
Power-line-communication-based data transmission concept for an LVDC electricity distribution network – Analysis and implementation. Pinomaa, Antti (2013-12-18) <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-265-531-8>

Power Electronic Converters in Low-Voltage Direct Current Distribution – Analysis and Implementation. Nuutinen, Pasi (2015-12-18) <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-265-891-3>

Phase voltage control and filtering in a converter-fed single-phase customer-end system of the LVDC distribution network. Peltoniemi, Pasi (2010-11-19) <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-214-994-7>

Design of Customer-End Converter Systems for Low Voltage DC Distribution from a Life Cycle Cost Perspective. Mattsson, Aleks (2018-06-15) <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-240-7>

Assessing the applicability of low voltage direct current in electricity distribution : key factors and design aspects. Karppanen, Janne (2020-11-20) <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-577-4>

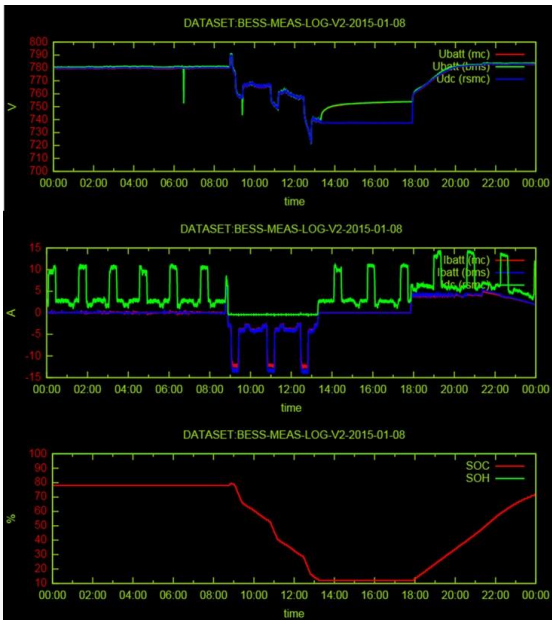


Teknologiaa verkkojen kehittämiseen Microgrids (LVDC)

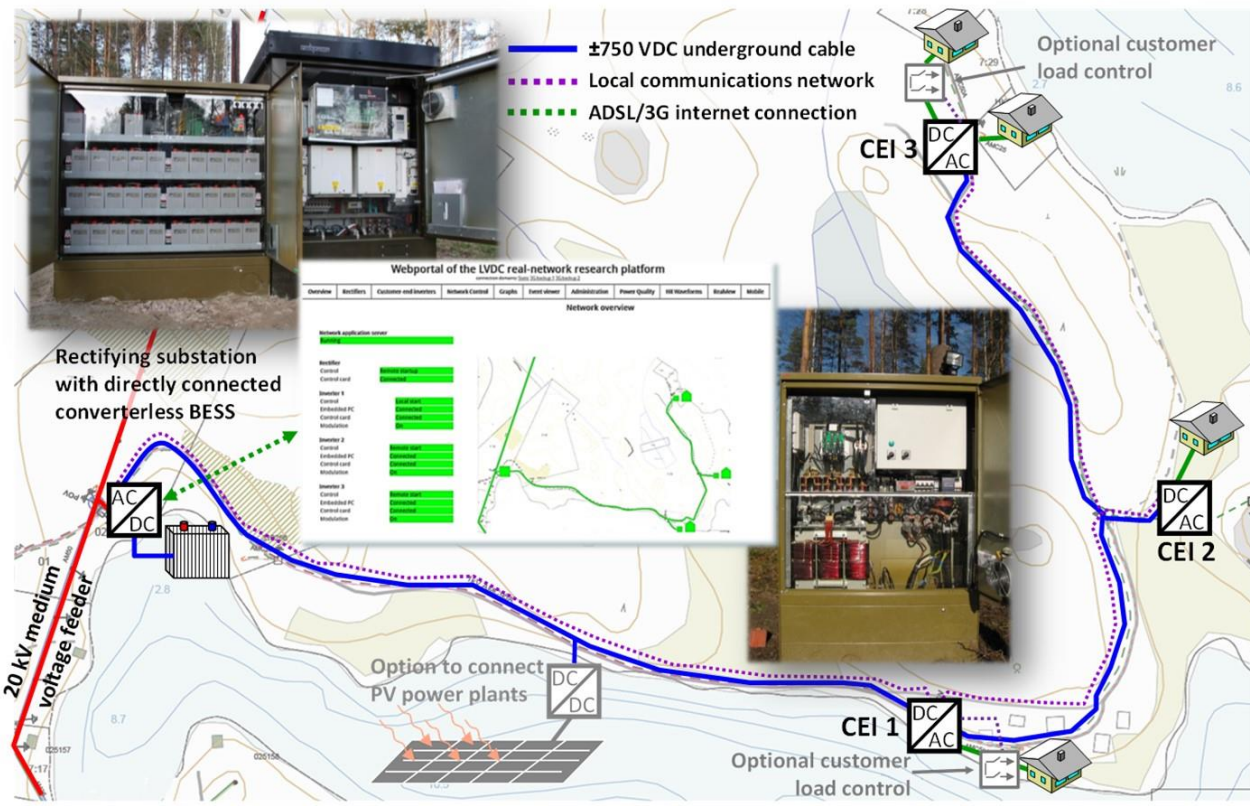
LVDC Distribution System Field Test Site



Island operation of microgrid with BESS



Source: Control and monitoring solution for the LVDC power distribution network research site. IEEE First International Conference On DC Microgrids, IEEE ICDCM 2015, Atlanta, Georgia, USA



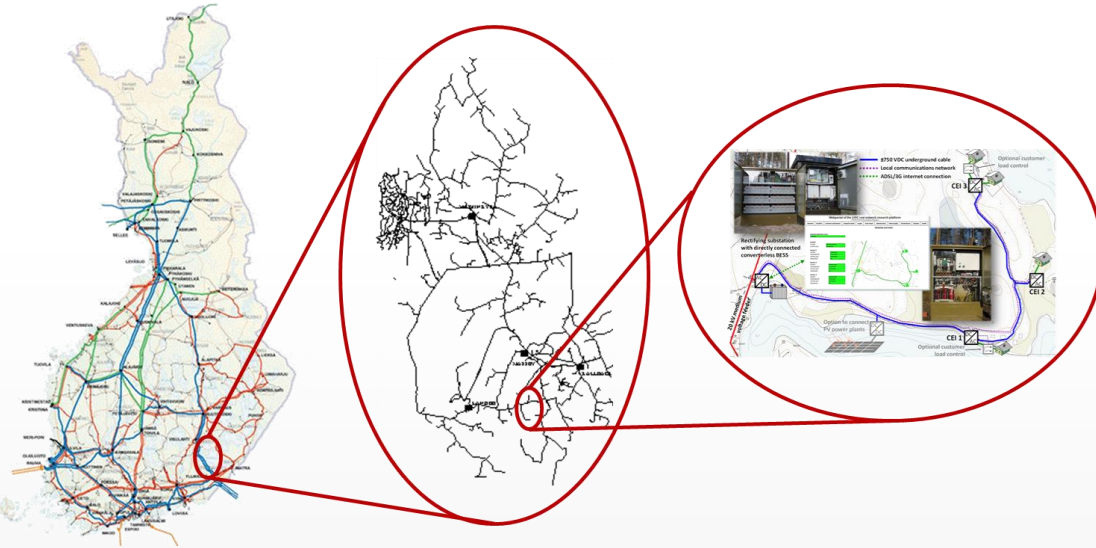
Teknologiaa verkkojen kehittämiseen

Mikroverkot järjestelmätarpeisiin

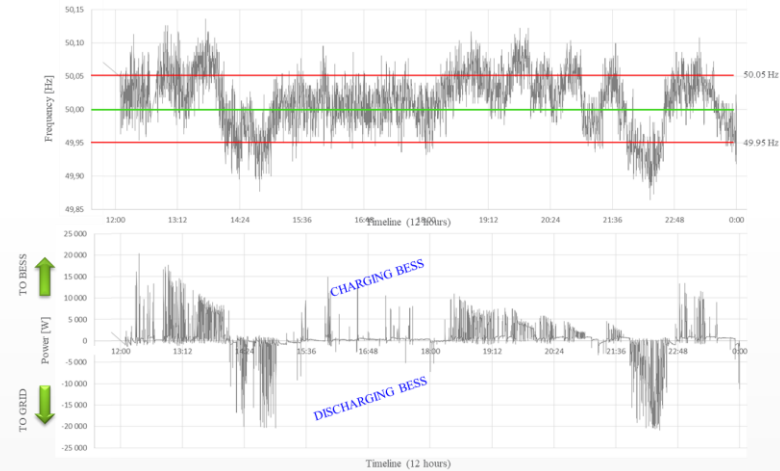
Whole power system

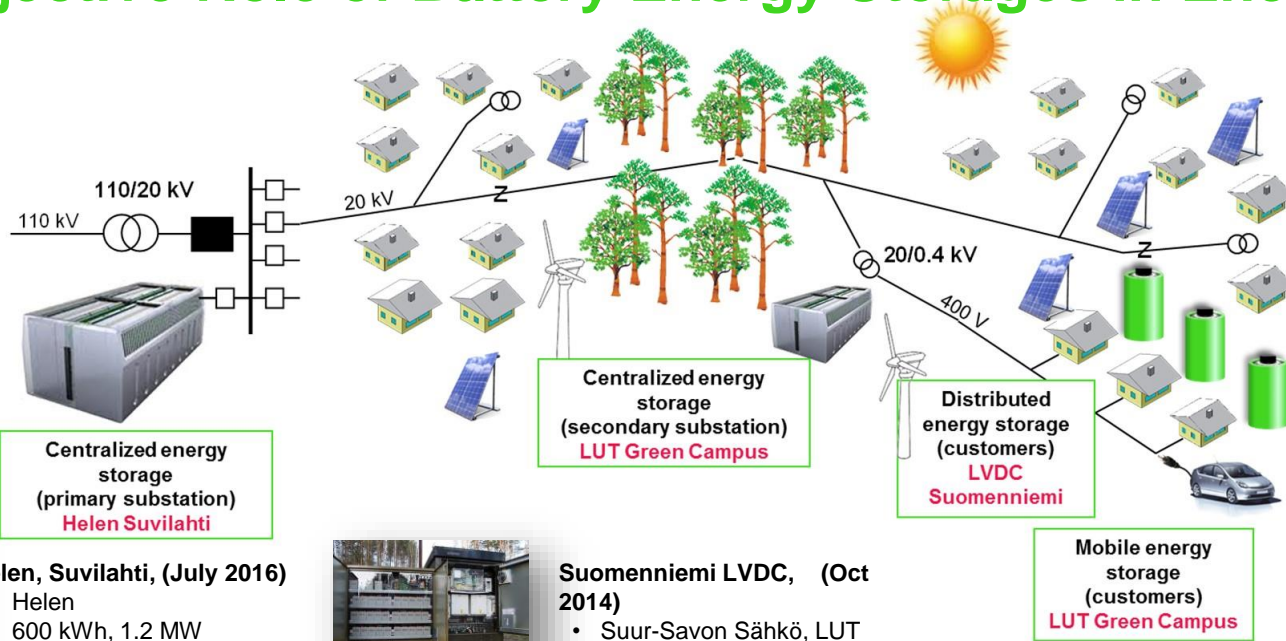
Local distribution system

Microgrid



Frequency based control of BESS





Helen, Suvilahti, (July 2016)

- Helen
- 600 kWh, 1.2 MW



Suomenniemi LVDC, (Oct 2014)

- Suur-Savon Sähkö, LUT
- 2x30 kWh, 2x30 kW



Green Campus, (Jan 2016)

- LUT
- 132 kWh, 188 kW



V2G hybrid, (2014)

- LUT
- 1.3 kWh, 27 kW (NiMH) and 4.3 kWh, 3 kW (LiFePO4)

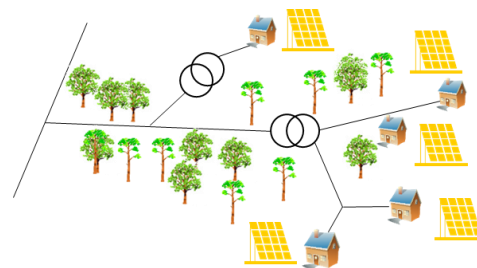
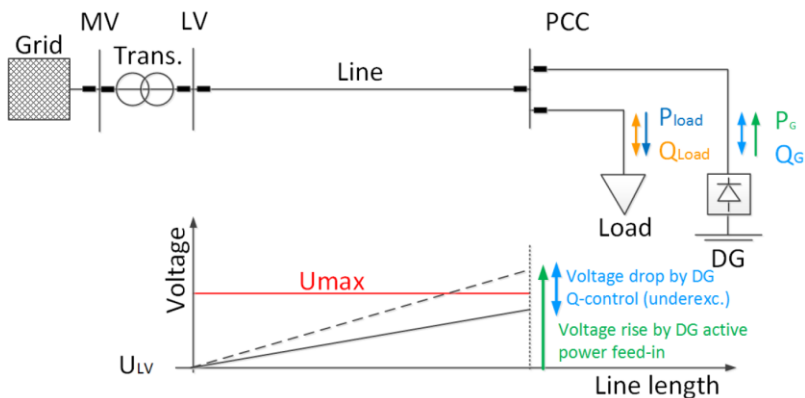
Grid supporting application:

Charging power is adjusted PHEV with power system frequency



Tutkimushankkeita

Laaja-alaisen aurinkosähkön yleistymisen huomioivat sähköverkon mitoitusperiaatteet



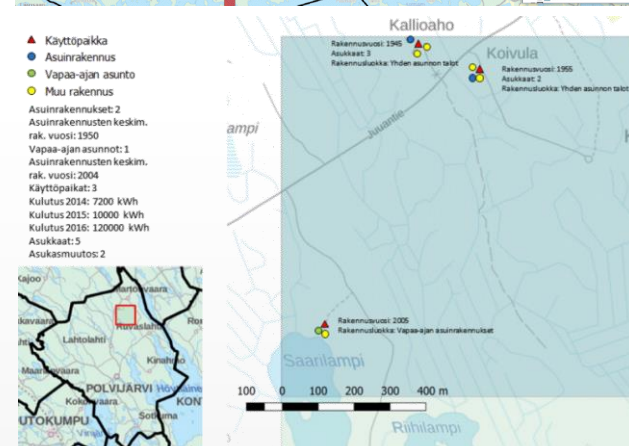
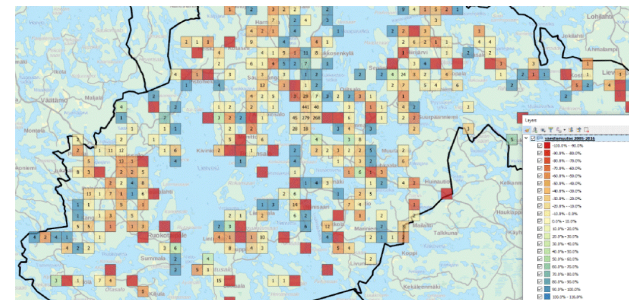
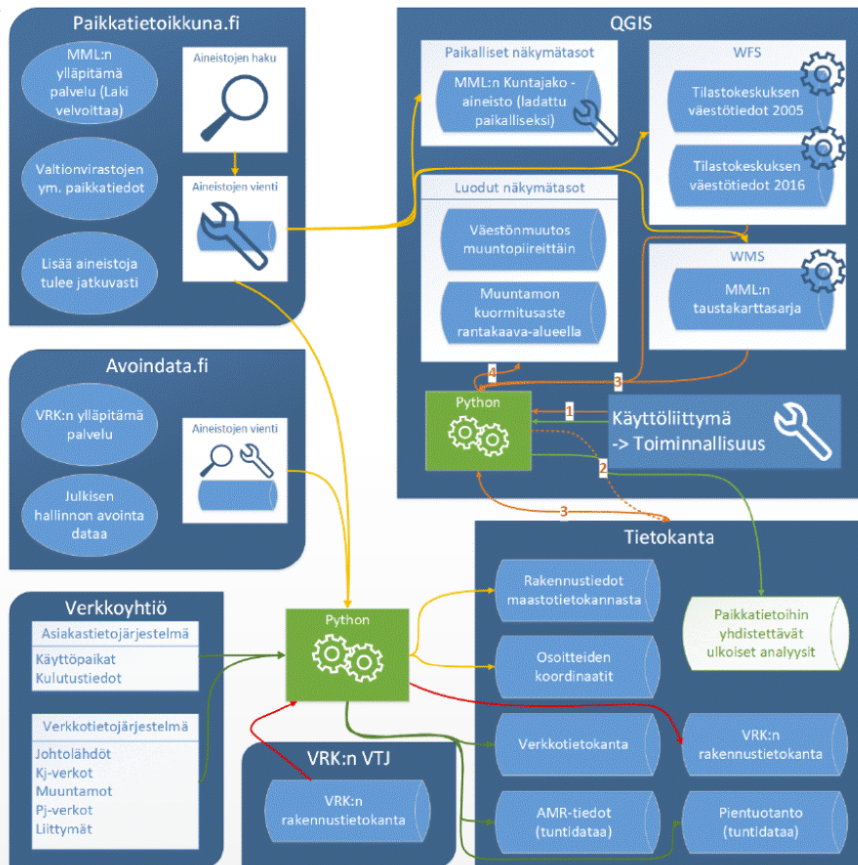
Pienjänniteverkon hosting kapasiteetin kasvattaminen

- Jakelumuuntajan vaihto
 - PJ-verkon vahvistaminen
 - Hajautettu loistehon kompensointi
 - Käämikytin jakelumuuntajassa
 - Tuotantoyksikön loisteho / jännitteen säätö
 - Self-generation (kysyntäjousto)
 - Varastopalvelut (asiakas, muuntamo)
 - Säätäjien koordinointi
 - Tuotannon leikkaus
- Kovat**
- Puolikovat**
- Pehmeät**



Tutkimusresurssit

Open Data



Energiamurros ja joustavuus sähköjakelussa

Yhteenveto

- Useat globaalit trendit ja paikalliset ilmiöt vaikuttavat sähköjakelun merkitykseen ja verkkojen toimintamahdollisuuksiin
- Trendit vaikuttavat sähkön kysyntään ja kasvattavat jouston merkitystä
- Teknologinen kehitys (mm. pientuotanto, sähköautot, akkuvarastot, jouston aggregointi) mahdollistavat sähkön loppukäyttäjien aktiivisen osallistumisen sähkömarkkinoille
- Tulevaisuuden energiajärjestelmän onnistunut toteutus edellyttää koko energiaketjun hallintaa (suunnittelu ja operointi)
- Erilaisten uusien tietolähteiden hyödyntäminen tehostaa järjestelmän kehitystä ja käyttöä. Tarjoaa myös mahdollisuuksia useille uusille toimijoille.

Energiamurros ja joustavuus sähköjäljellä

Tutkimusraportteja



- Asiakaskattorin ja käyttöpaikkakohtainen toimitusvarmuus: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-541-5>
- Joustoresurssit käyttötoiminnassa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-689-4>
- Pienasiakkaiden tehoerusteinen sähkönsiirron hinnoittelu haja-asutusalueilla toimivissa jakeluverkkoyhtiöissä: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-706-8>
- Sähköautojen latauksen muodostama kuormitus- ja mitoitetusteho erilaisissa toimintaympäristöissä: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-716-7>
- Bothnian Bay Hydrogen Valley – Research report: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-763-1>
- Carbon Negative Åland: Strategic Roadmap: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-752-5>
- Multi-objective role of battery energy storages in an energy system: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-203-2>



LUT
University

Jukka Lassila
LUT University
jukka.lassila@lut.fi
+358 50 537 3636