



**LUT**  
**University**

# JOUSTAVA JA TOIMINTAVARMA SÄHKÖNJAKELUVERKKO



Tutkimushankkeen loppuseminaari (webinaari)  
9.2.2022

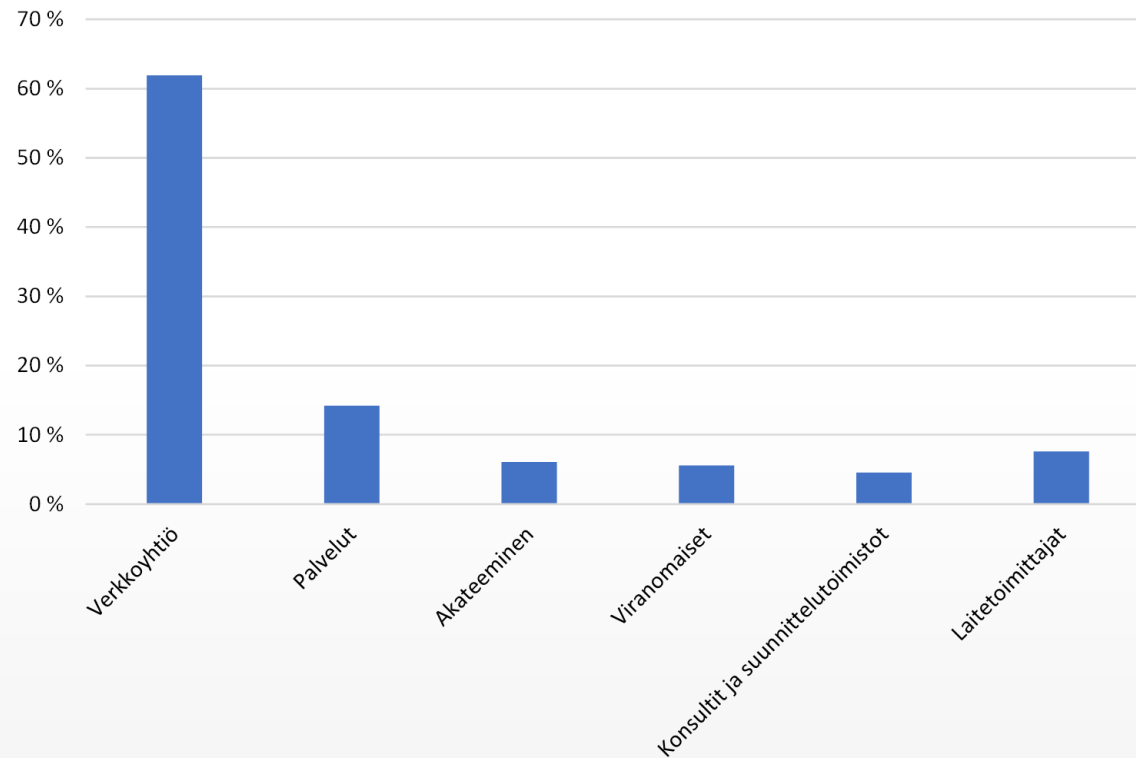
# Webinaari

## Ohjelma

- **Tutkimushankkeen taustat ja toteutus**
  - Päivän avaus ja ohjelman esittely
  - Yhtiöpuheenvuoro
  - Projektin kulku, aineistot ja menetelmät
- **Joustavaa toimitusvarmuus- ja kapasiteetilähtöistä sähkönjakelun kehittämistä**
  - Toimitusvarmuusjousto – joustava mahdollisuus verkon toimitusvarmuuslähtöisessä saneerauksessa?
  - Kapasiteettijousto – haaste vai mahdollisuus verkkoyhtiölle?
- **Tauko**
- **Verkkoliiketoiminnan sääntelyn uudet tuulet**
  - Sähkömarkkinalain muutos
  - Valvontamenetelmien päivitys
- **Tehopohjainen hinnoittelu energiamurroksessa**
  - Tehohinnoittelun lähtökohdat
  - Harmonisoinnin tarve ja merkitys
  - Tuloksia hinnoitteluanalyseistä
- **Yhteenveto**



## Ilmoittautuneet



# PROJEKTIN TAUSTAT

# Tutkimusryhmä



**Jukka Lassila**



**Juha Haakana**



**Jouni Haapaniemi**



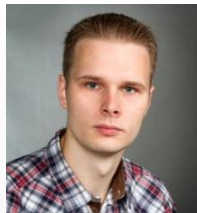
**Nadezda Belonogova**



**Aleksei Mashlakov**



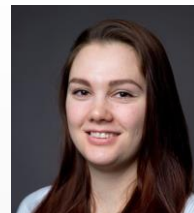
**Otto Räisänen**



**Janne Karppanen**



**Ville Tikka**



**Nelli Nigmatulina**



**Arimo Perosvuo**



**Julius Vilppo**

## Tulosraportointi



Asiakaskato 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>

Pienasiakkaan tehoerusteinen hinnoittelu: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-706-8>

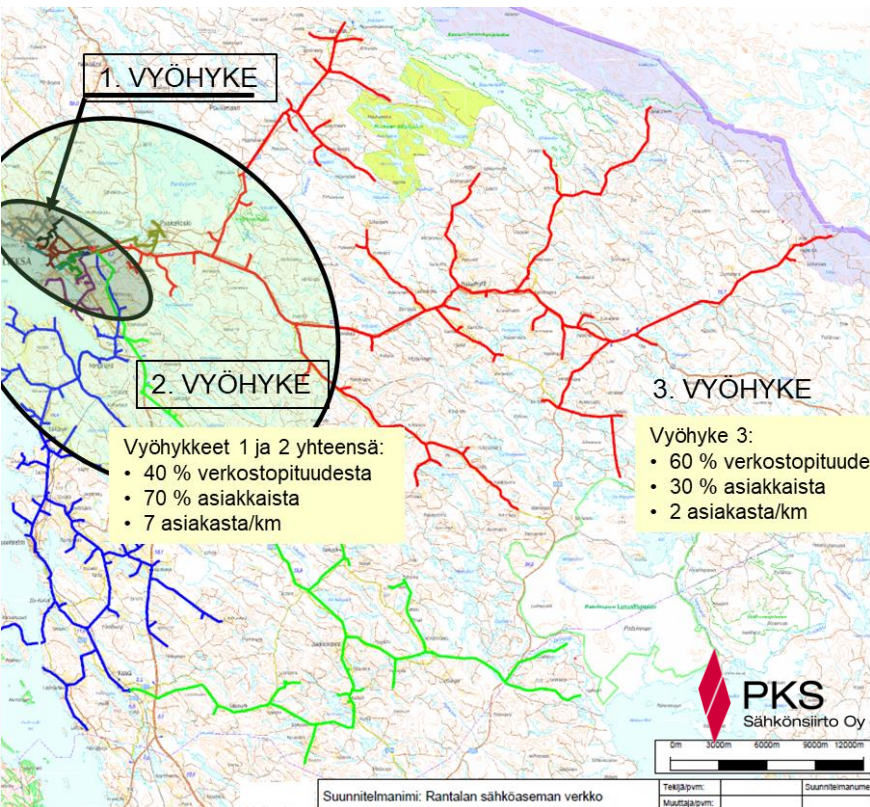
Sääntely ja loppuraportti



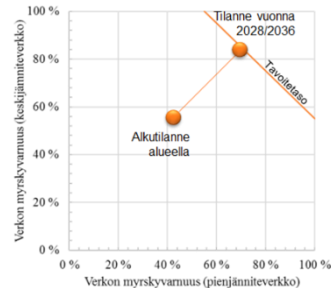
20 – 23 SEPTEMBER 2021  
GENEVA SWITZERLAND

<http://www.cired.net/publications-all>  
<https://www.cired2021.org/>

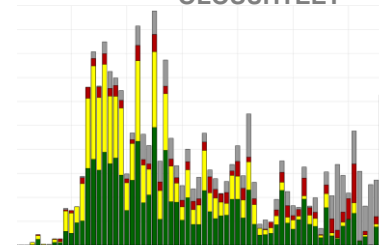
# Muuttuvan toimintaympäristön haaste



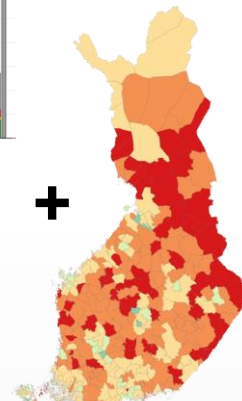
## TOIMITUSVARMUUS



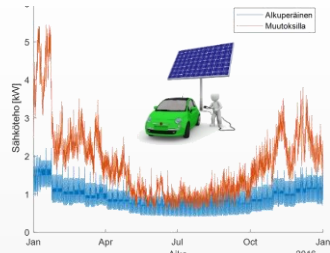
## VERKON IKÄÄNTYMINEN JA OLOSUHTEET



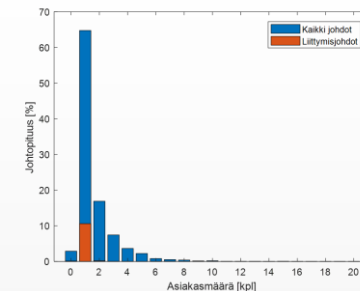
## TAANTUVAT ALUEET (ASIAKASKATTO-RISKI)



## KYSYNNÄN MUUTOS



## VERKON RAKENNE (PJ)



+ aggregoidut markkinat ja energiyhteisöt

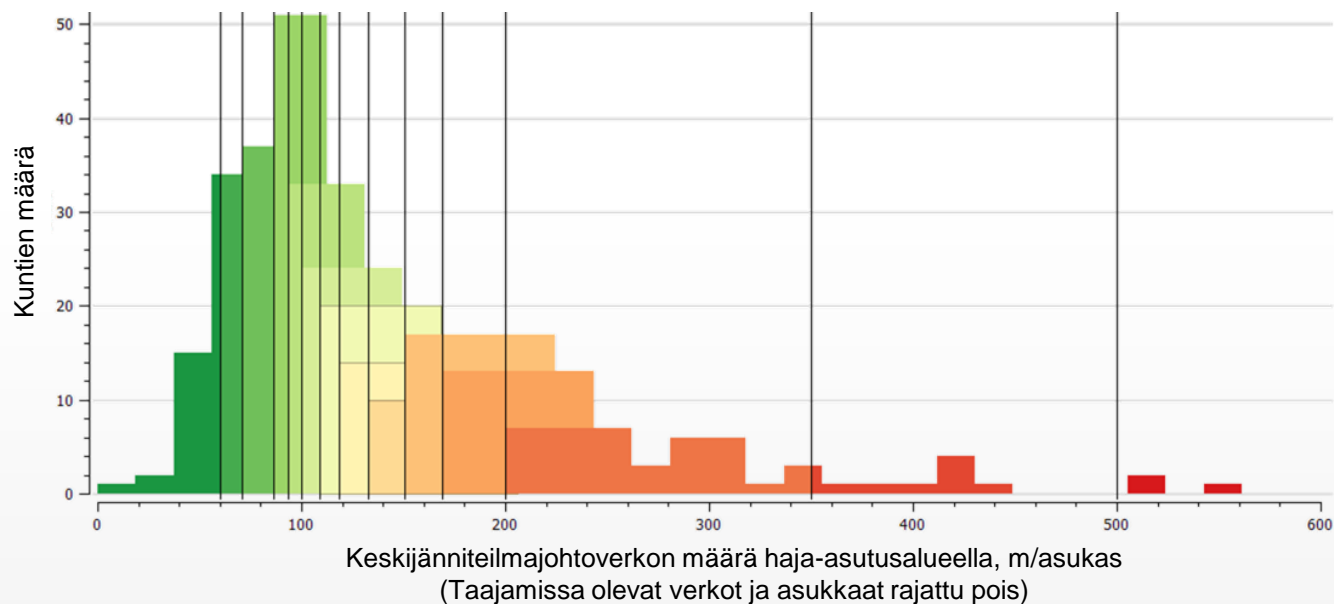
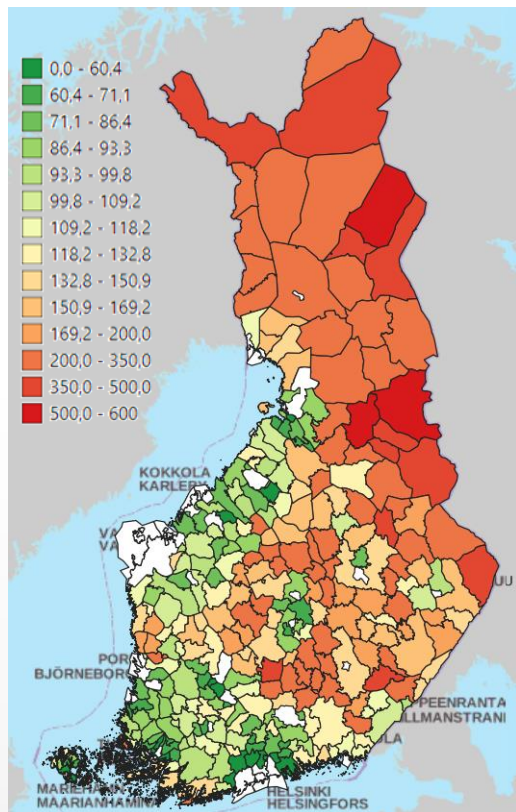


## Tutkimushankkeen taustaa

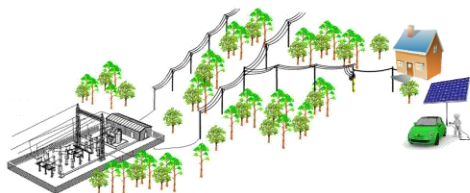
### Muuttuvan toimintaympäristön haaste, lähtökohdat tutkimukselle

- Toimitusvarmuusvaatimusten täyttäminen edellyttää merkittäviä investointeja, **joustoresursseista** apua?
- **Liikenne sähköistyy**, miten (joustavasti) sähköautoja ladataan?
- **Pientuotanto yleistyy**, ylikuormittuuko verkko ja kärsiikö jännitteenlaatu?
- **Lämmityskuorma** aggregoijien mielenkiinnon kohteena, onko sitä ja vaikuttaako verkkoihin?
- Liiketoimintaympäristön kehitys kannustaa tarkastelemaan uudenlaisia **hinnoittelumalleja**, mitä asioita huomioitava ja saadaanko tehohinnoittelulla toivottuja lopputulemia?
- **Haja-asutusalueiden autioituminen** jatkuu, voidaanko liittymien tarpeellisuutta arvioida nykyistä paremmin?
- Sähkön siirron hintakehitys ja tekniikan kehittyminen kannustamassa **vaihtoehtoisiin ratkaisuihin** sähkön toimituksessa asiakkaille?
- Taantuvilla ja metsävoittoisilla alueilla haasteelliset lähtökohdat verkkoliiketoiminnan valvonnassa, miten **sääntelyä** pitäisi kehittää huomioimaan paremmin nämä lähtökohdat?

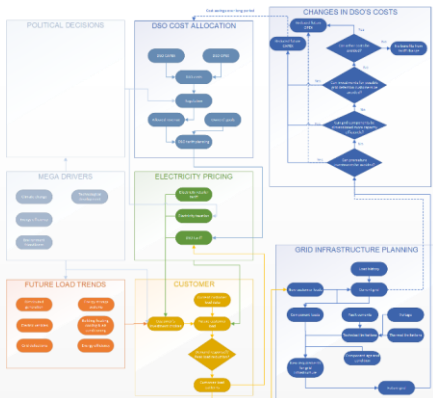
## Toimintaympäristö – ilmajohtoverkot haja-asutusalueilla



# Hankesuunnitelma



**JOUSTORESURSSIT OSANA  
VERKOSTON KEHITTÄMISTÄ**



**TEHOINNOITTELU  
SÄHKÖNJAKELUTOIMINNASSA**



Sähköautot



Aurinkosähkö



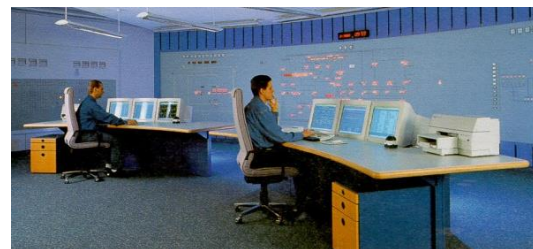
Akkuvarastot



Lämmitys ja  
jäähdytys



Asiakaskato



**VERKON KÄYTTÖTOIMINTA**



**MUUTTUVAN SÄÄNTELYN  
VAIKUTUKSET**

# Tutkimushanke

## Keskeisiä kysymyksiä

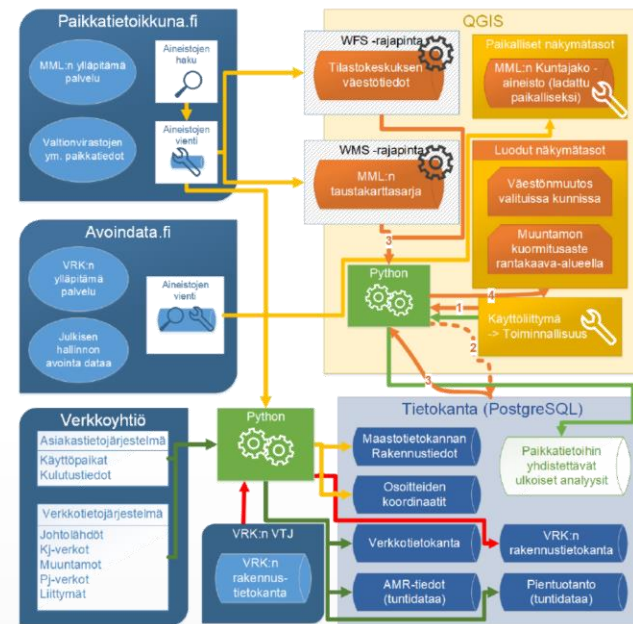
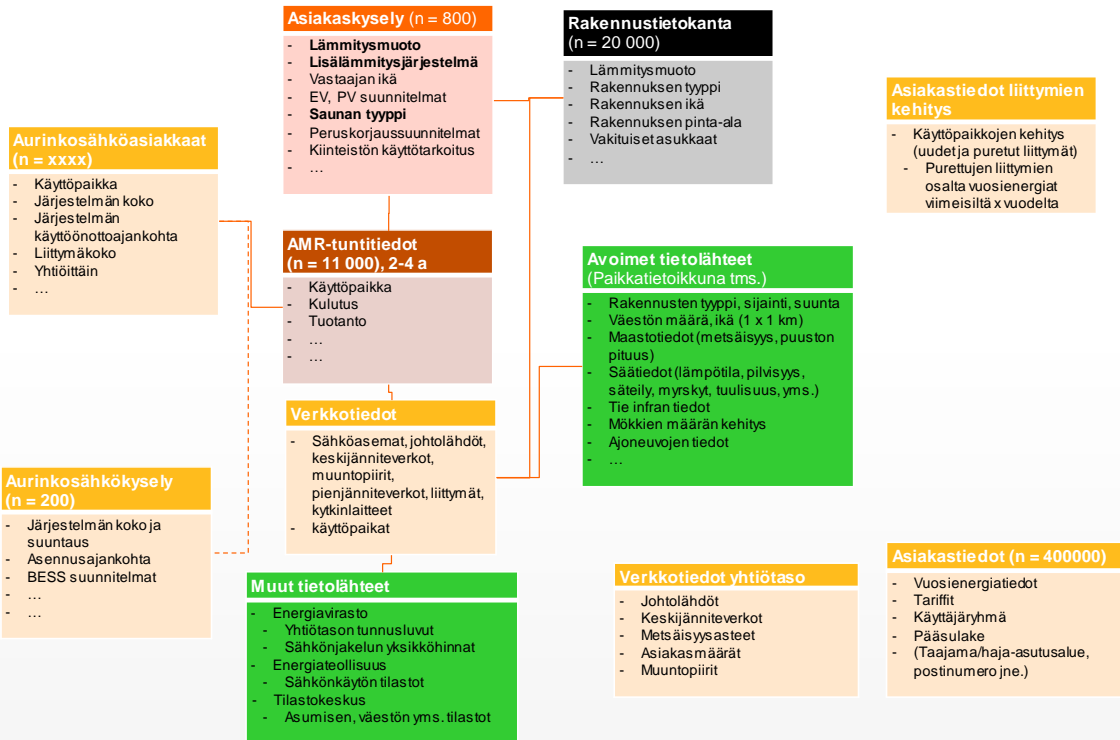
- **Joustavuuden ja joustavien ratkaisuiden potentiaali ja arvo verkon kehittämisessä ja käytössä**
  - Toimitusvarmuuslähtöinen asiakasjousto – onko vaikutusta, voidaanko huomioida verkon kehittämisessä?
  - Asiakaskato – tukevatko tilastot, onko ennustettavissa ja voidaanko huomioida verkon kehittämisessä?
  - Kapasiteettijousto – näkykö ja vaikuttaako mitoittamiseen/voidaanko huomioida mitoittamisessa ja käytössä?
  - Erityiskohteiden (teletukiasemat) toimitusvarmuuden takaaminen – verkon kautta vai paikallisesti?
  - Verkkoyhtiön omat komponentit joustavuuden tavoittelussa – varavoimakoneiden uusi rooli ja käämikytkimet pientuotannon jännitteen vaihteluiden hillitsemisessä?

# Tutkimushanke

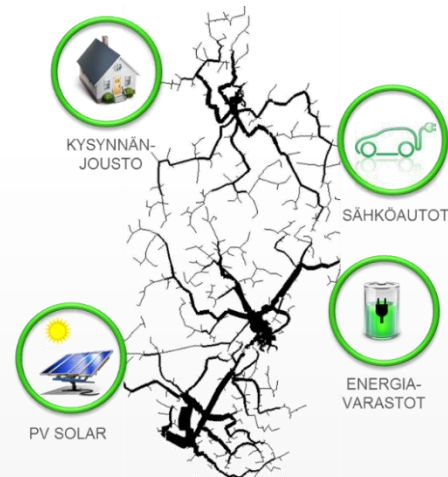
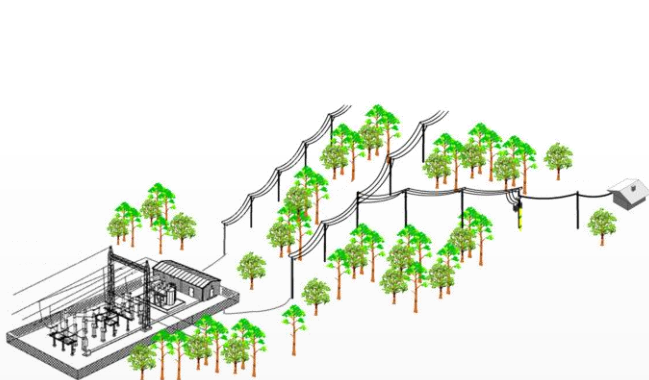
## Keskeisiä kysymyksiä

- **Tehopohjainen hinnoittelu energiamurroksessa**
  - Tehohinnoittelun vaikutus – muodostuuko asiakkaalle taloudellinen kannustin?
  - Lyhyen ja pitkän aikavälin vaikutukset verkossa – huomioitavissa verkossa?
  - Hinnoittelun harmonisoinnin hyödyt ja haasteet
  - Tehohinnoittelun käyttöönotto – askelmerkit kohdalleen?
- **Verkkoliiketoiminnan sääntely ja sähkömarkkinalain muutokset**
  - Opex vs. capex, tarpeita sääntelyn kehittämiseen
  - Yksikköhintamuutokset, vaikuttavuus sallittuun liikevaihtoon
  - Uudet vakiokorvausluokat – merkitys jakeluverkkojen kehittämisessä?
  - Korotuskatto – vaikeuttaako uusien hinnoittelumenetelmien käyttöönottoa?
  - Pientuotannon liittäminen erillisellä siirtolinjalla – merkityksellisyys?

# Joustoreurssit Lähtökohdat tutkimukselle – Big data



# JOUSTAVAA TOIMITUSVARMUUS- JA KAPASITEETILÄHTÖISTÄ SÄHKÖNJAKELUN KEHITTÄMISTÄ

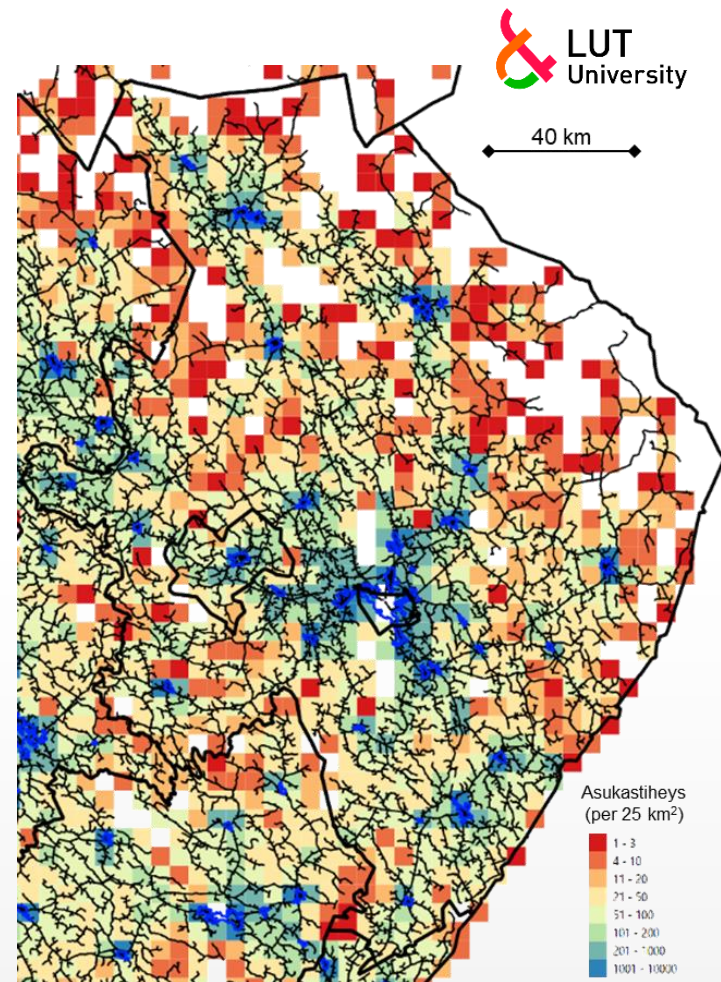


# ASIAKASKATO – HALLITTU ILMIÖ?



## Asiakaskatoriski Taustaa

- Toimitusvarmuuslähtöiset investoinnit kohdistuvat yhä enemmän haja-asutusalueille
- Maaseudut autioituvat, onko verkostoinvestoinnit riski taantuville alueille?
- Miten hyvin asiakaskatoilmiö tunnetaan, mitä taustatietoja käytettävissä?
- Onko asiakaskatoriski määritettävissä ja voidaanko se huomioida verkon kehittämisessä?



# Asiakaskatoriski

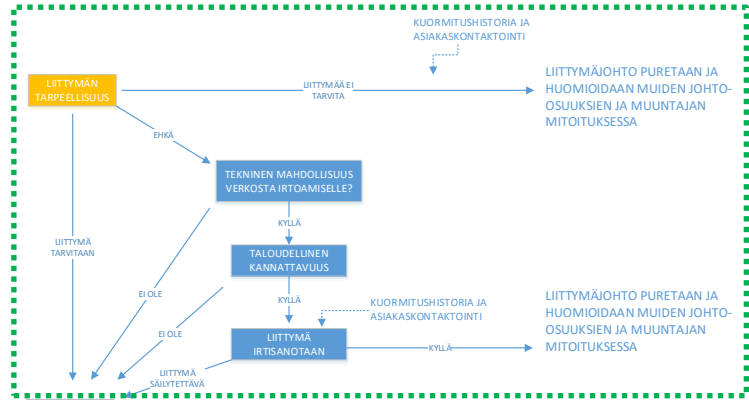
## Liittymätarpeen arviointi



- Saneeraussuunnittelu ja liittymätarpeen arviointi. Liittymä...

- A. saneerataan
- B. lykätään, vai
- C. puretaan?

LIITYMÄN TARPEELLISUUDEN ARVIOINTI



JOHTOJEN IKÄ JA KUNTO



SUURHÄIRIÖ-SIETOISUUSVAATI-MUKSET ALUEELLE

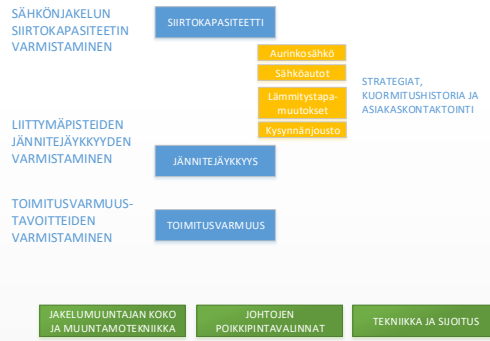


JOHTOJEN SIIKÄINTI JA TEKNIikka

LIITYMÄPISTEIDEN VIKAVIRTA (JÄNNITEJÄYKKYYS)

ODOTUSARVOT JOHTOJEN SIIRTO-KAPASITEETILLE

SANEERAUSLISTALLE (UUDEN VERKON RAKENTAMINEN)



JOHTO VOIDAAN HYÖDYNTÄÄ MAHDOLLISUUKSIEN MUKAAN SELLAISENAAN

**C) LYKKÄYS**

**B) SANEERAUS**

# Asiakaskatoriski

## Toimintaympäristö ja tilastolliset tekijät

### Väestöruututietojen ja irtisanottujen korrelaatio (pientalot)

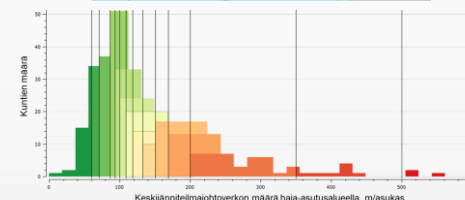
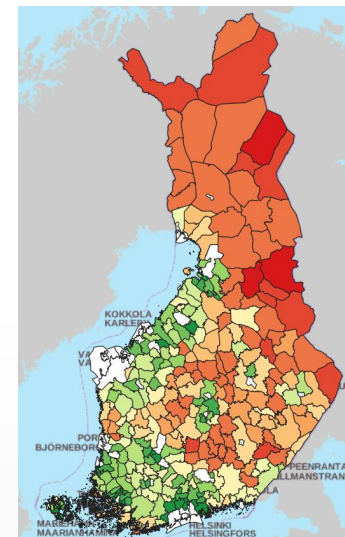
Tekijä, aineistovuosi ja yhtiö	Alue 1		Alue 2		Alue 3		Alue 4	
	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018
Taluskoko	0,20	0,22	0,00	0,06	-0,03	-0,08	-0,08	0,10
Lapsitaloussuhde	-0,02	0,13	-0,05	-0,07	-0,04	-0,15	-0,07	-0,01
Keskitulot	0,13	0,15	-0,01	-0,06	-0,05	-0,02	0,08	0,10
Työttömyysaste	-0,22	-0,11	-0,09	-0,07	-0,04	-0,05	0,24	-0,06
Omistusasuntojen osuus	0,09	0,12	-0,03	-0,12	-0,09	-0,11	0,02	0,22
Korkeakoulutettujen osuus	-0,14	-0,20	-0,10	-0,13	-0,07	-0,10	-0,15	0,01
Yli 54-vuotiaiden osuus	-0,04	-0,19	0,05	-0,09	0,03	0,09	-0,06	-0,11
Alkutuotannon työpaikkojen osuus	0,24	0,26	0,29	0,18	0,23	0,28	0,41	0,28
Palvelualojen työpaikkojen osuus	-0,26	-0,27	-0,11	-0,10	-0,23	-0,30	-0,26	-0,28
Asumisväljyys	0,13	-0,02	0,11	0,11	0,11	0,19	-0,12	-0,06
Nuorten lapsettomien parien osuus	0,09	0,02	-0,20	-0,13	-0,12	-0,18	-0,14	-0,01
Peruskoulutettujen osuus	0,03	0,05	0,06	-0,02	0,00	-0,08	0,01	0,03
ruudut, joissa irtisanottuja rajausehdot huomioiden	108	108	123	123	325	325	30	30
Ruudut, joista tarkastelu tehty/aineisto saatavilla	48	44	53	44	111	107	18	18

**Vihreä:** tietojen välillä negatiivinen korrelaatio

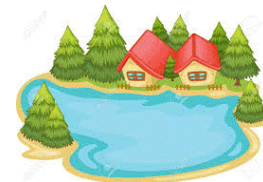
**Punainen:** tietojen välillä positiivinen korrelaatio

Mikäli kertoimen fontti on lihavoitu, tulos on tilastollisesti merkitsevä 95 % luottamustasolla.

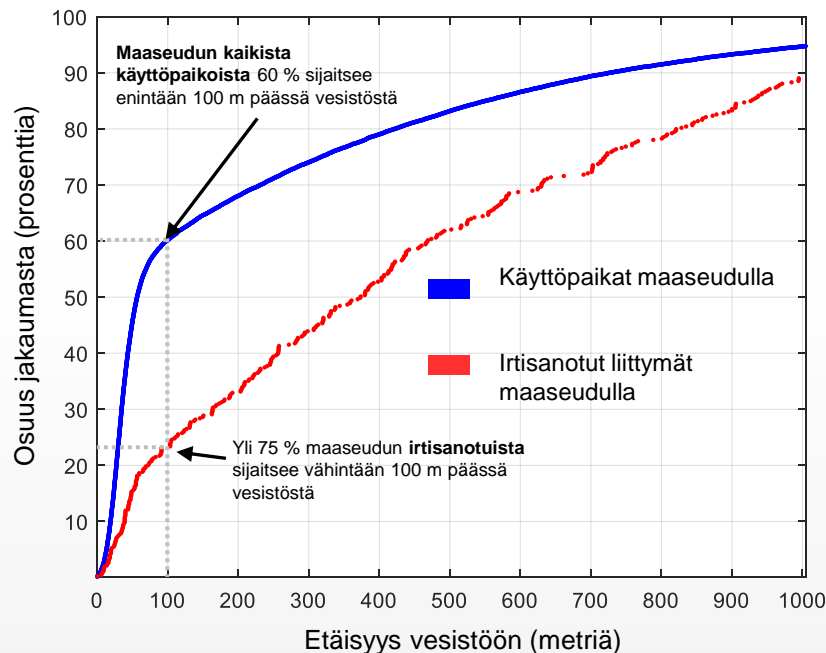
### Johtopituudet haja-asutusalueilla/asukas



# Asiakaskatoriski Kiinteistö ja sijainti (vesistöetäisyys)



**Käyttöpaikan ja irtisanottujen asiakkaiden vesistöetäisyys harvaan asutulla maaseudulla (ei sisällä taajamia)**



- Vesistöetäisyys voidaan määrittää Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta löytyvien vesistöpolygonien avulla
- Vesistöetäisyys on merkittävä tekijä irtisanomisen tarkastelussa; kun kiinteistö sijaitsee 50–100 metrin etäisyydellä vesistöä, on liittymän irtisanomisriski pienempi kuin kiinteistöillä, jotka sijaitsevat kauempana vesistöä

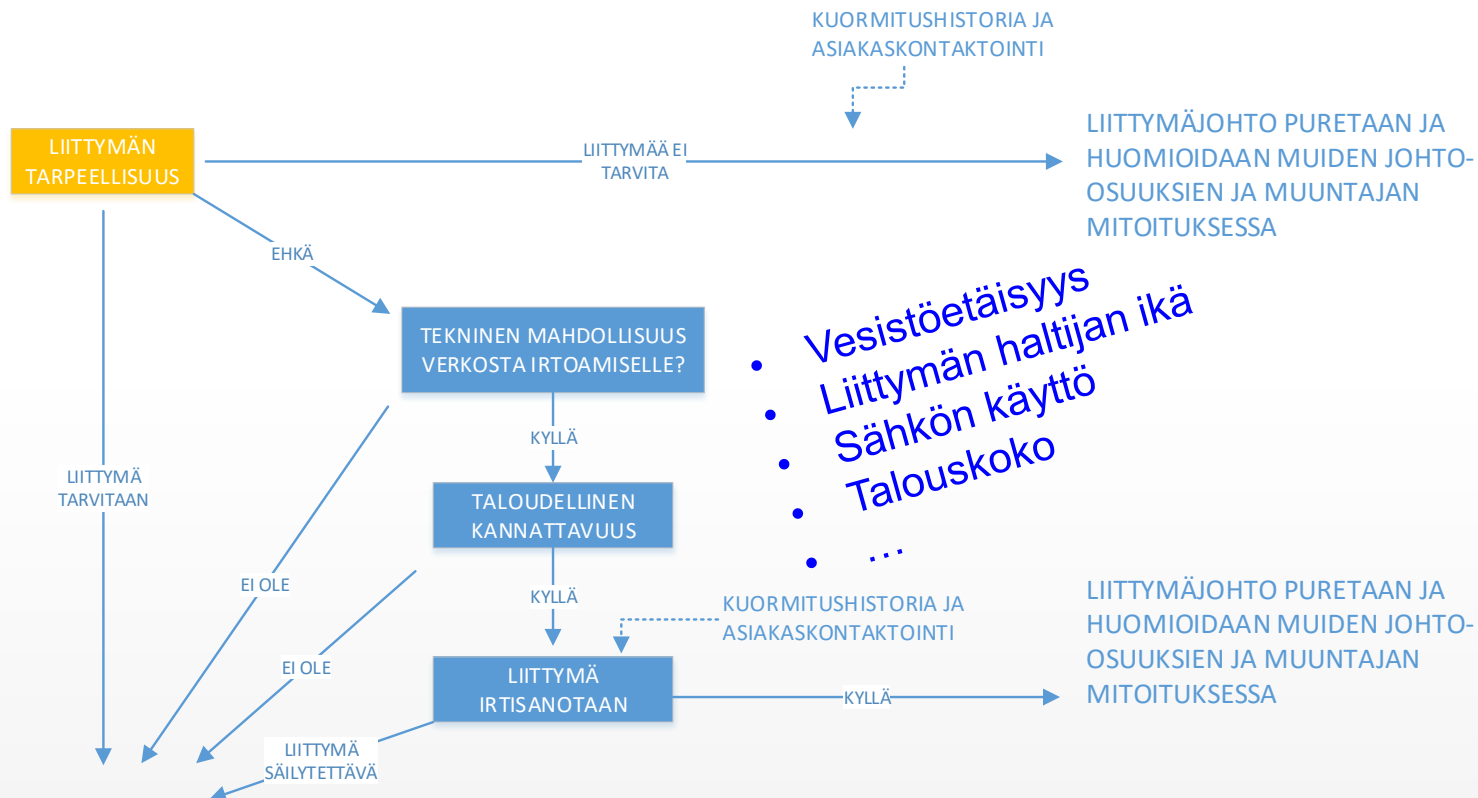
## Asiakaskatoriski

### Keskeiset tulokset - Toimenpide-ehdotus

- Nykyisiä asiakkaita sekä irtisanomisia ja ylläpitoon siirtymisiä koskevia **tilastointitapoja kehitetään** jatkoa ajatellen monipuolisemmaksi ja yhtenäiseksi; mm. asukkaiden ikä, talouskoko, vesistöetäisyys, käyttöpaikan käyttötarkoitus, kiinteistön saneeraushistoria, kiinteistön ikä). Tilastojen laajuutta kasvatetaan **kansallisesti**.
- Aineiston arvoa ja käytettävyyttä parannetaan **asiakaskyselyillä**
- Tarkastellaan toistaiseksi **analysoimattomia tekijöitä** (mm. liittymän sijainti asutuskeskittymiin nähden, liittymän sijainti korkeuden näkökulmasta)
- Verkostosuunnittelussa havaittuja ilmiöitä hyödynnetään selvissä tapauksissa, mutta epävarmemmissa suositellaan suoraa **asiakaskontaktointia**
- **Verkostosuunnittelua varten suoritetaan aluekohtaisia analyysejä** (ns. teemakarttoja, tietojärjestelmäintegraatio), jotka kuvastavat liittymän irtisanomisriskiin liittyviä tekijöitä ja auttavat löytämään selvimmät riskikohteet verkosta
- **Ennustemallin verifiointi ja jatkokehittäminen** suoritetaan tilastoitujen tapausten lisääntyessä (*”olisiko liittymän irtisanominen ollut ennakoitavissa, mitä riski-indeksi näytti”*)

# Asiakaskatoriski

## Liittymätarpeen arviointi



# **TOIMITUSVARMUUSJOUSTO – JOUSTAVA MAHDOLLISUUS VERKON TOIMITUSVARMUUSLÄHTÖISESSÄ SANEERAUKSESSA?**

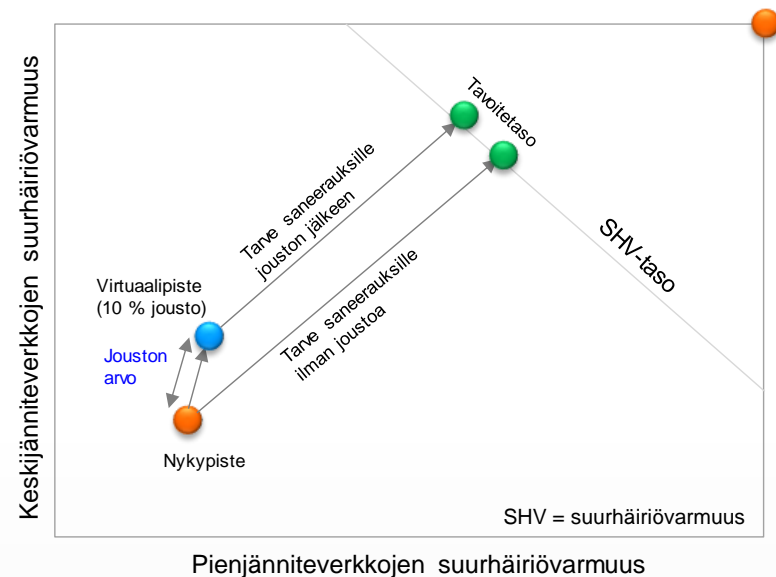
# Joustoresurssit - Käyttöpaikkakohtainen toimitusvarmuusjousto

## Lähtökohdat

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.

### 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



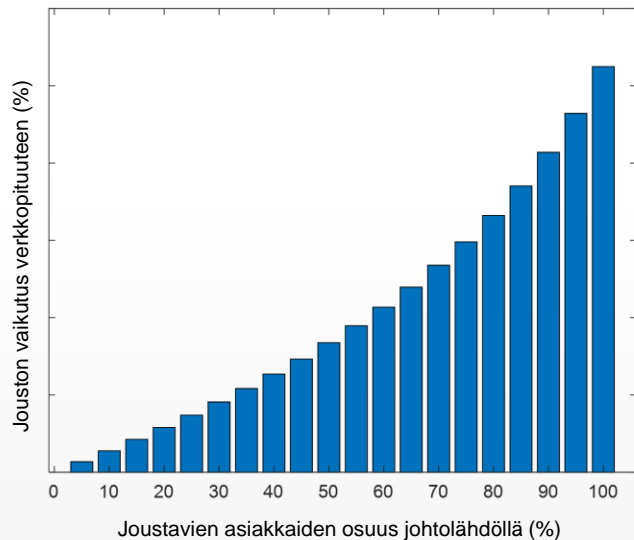


# Joustoreurssit - Käyttöpaikkakohtainen toimitusvarmuusjousto

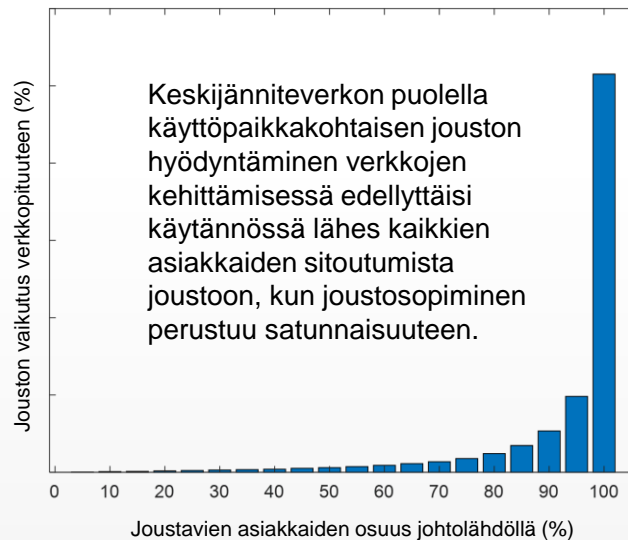
## Joustokohteiden valikoituminen sattumanvaraisesti?

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

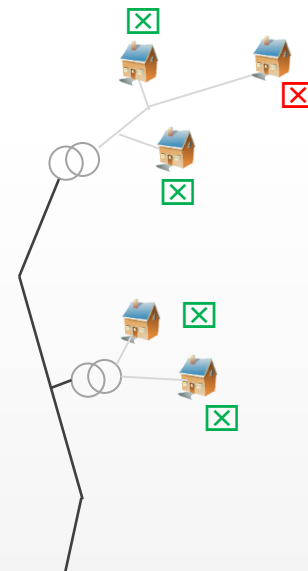
### Pj-verkko



### Kj-verkko

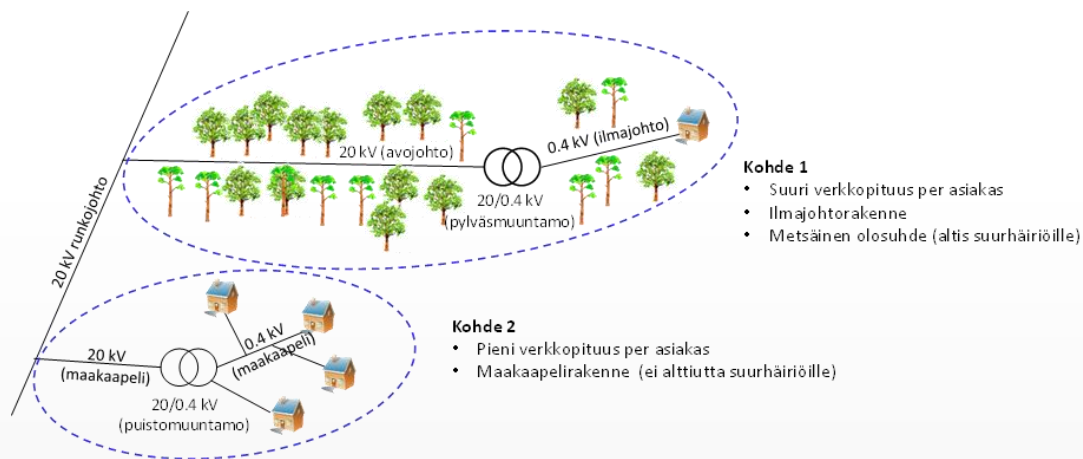


### Halukkuus joustoon?



# Joustoresurssit - Käyttöpaikkakohtainen toimitusvarmuusjousto

## Verkkoyhtiölähtöinen joustokohteiden valinta

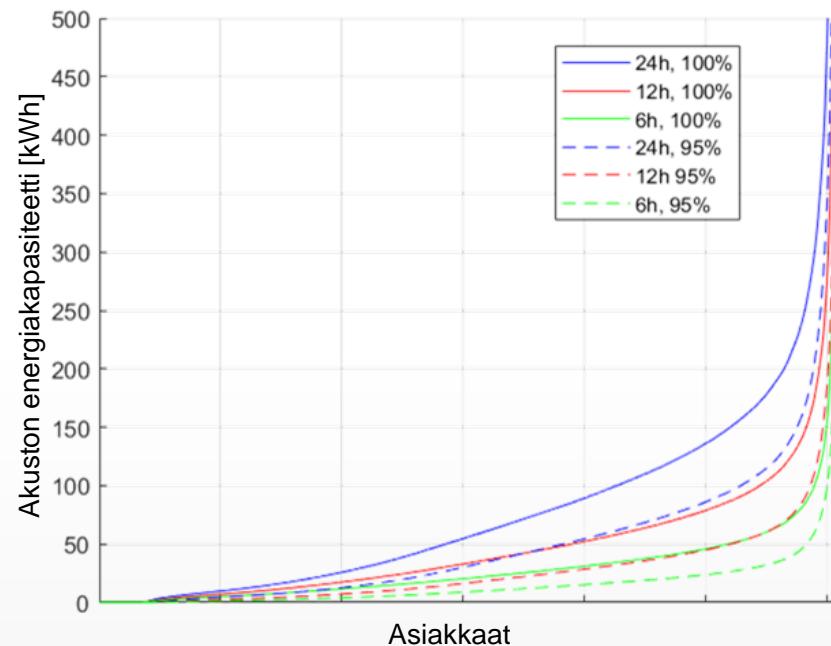
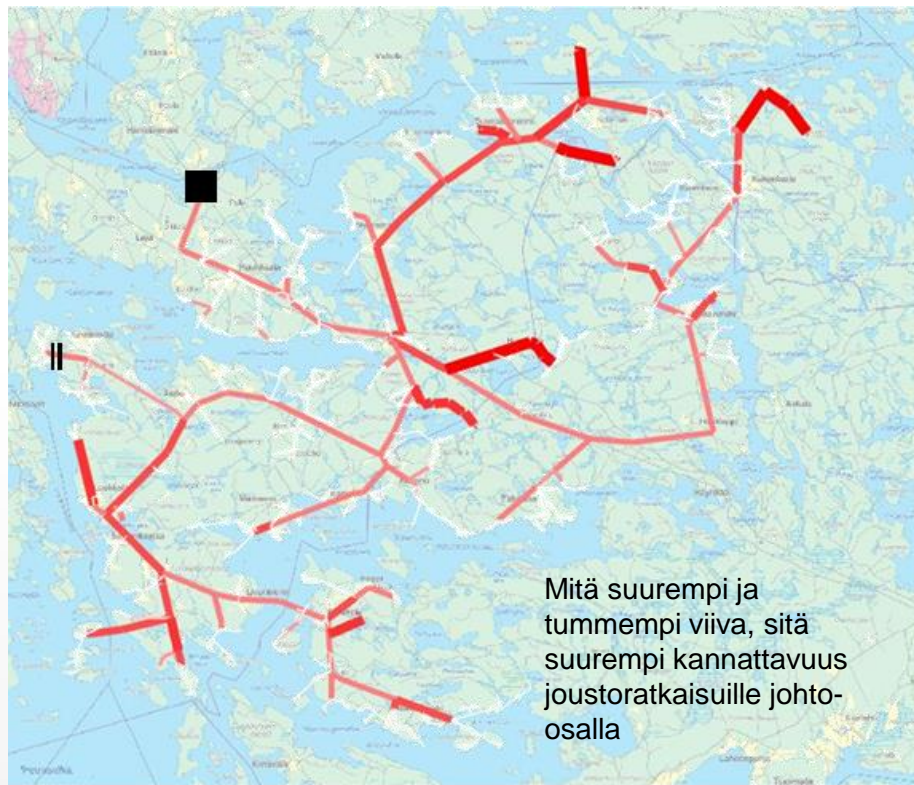


### Joustokohteen valintaan ja kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä:

1. Verkon nykyinen teknologia
2. Verkon sijainti (olosuhde)
3. Verkon ikä
4. Asiakastiheys
5. Tavoiteverkon teknologia
6. Asiakkaan sähkön käyttö

# Joustoreurssit - Käyttöpaikkakohtainen toimitusvarmuus

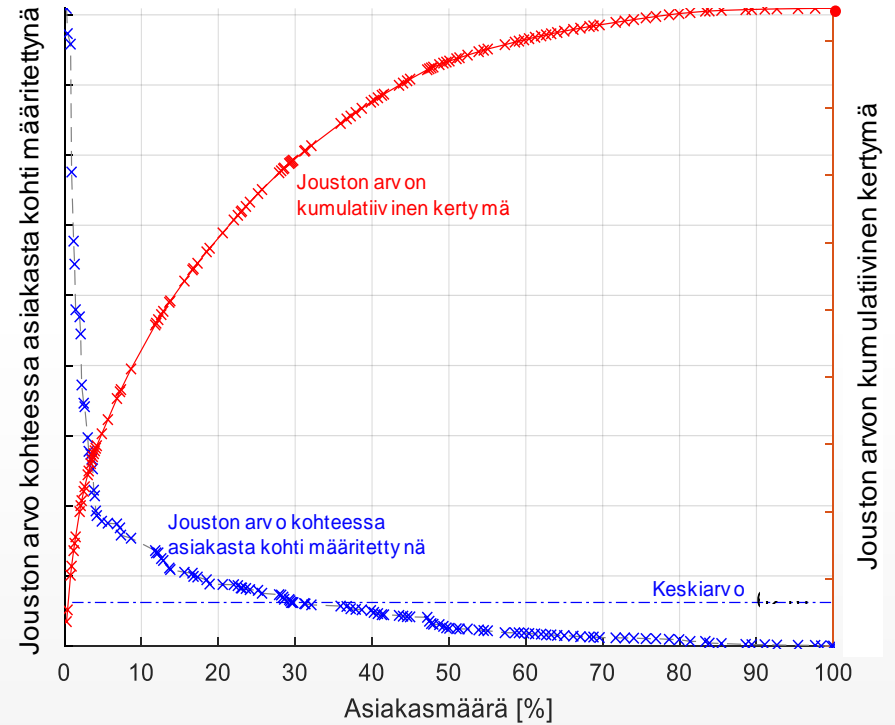
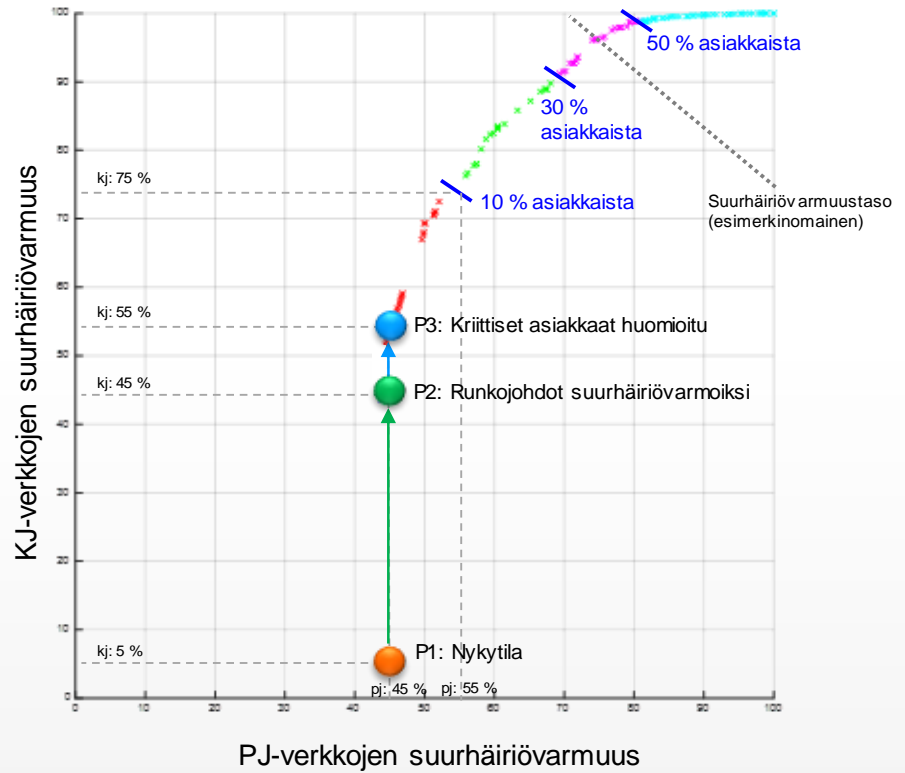
## Joustokohteiden arvon muodostuminen, esimerkkijohtolähtö



100 % sähkönkäyttötilanteista  
Haja-astusalue? Suunnittelukriteeri 95 % ajasta?

# Joustoresurssit - Käyttöpaikkakohtainen toimitusvarmuus

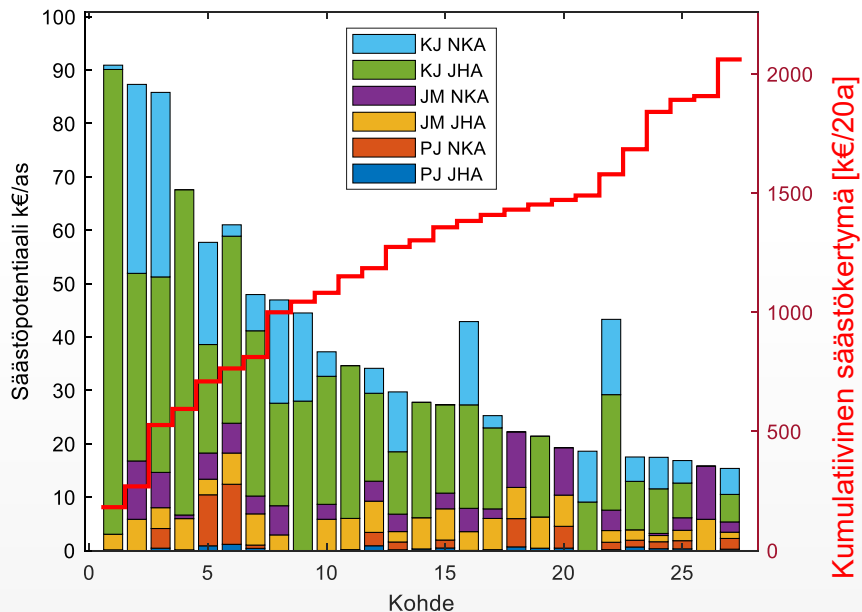
## Joustokohteiden vaikutus suurhäiriövarmuuteen



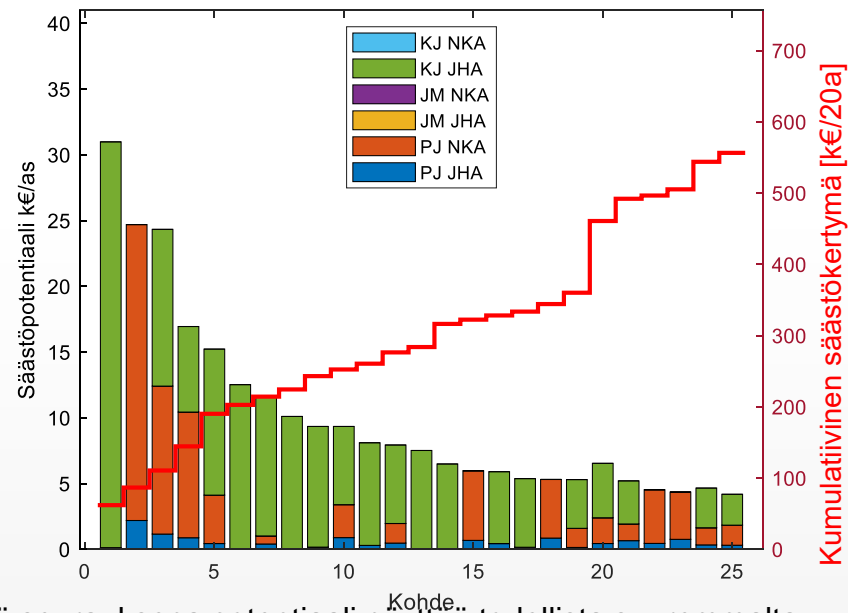
# Joustoreurssit - Käyttöpaikkakohtainen toimitusvarmuus

## Joustokohteiden arvon muodostuminen, esimerkkijohtolähtö

**Jousto vs.  
täysimittainen maakaapelointi**



**Jousto vs.  
Leveät johtokadut**



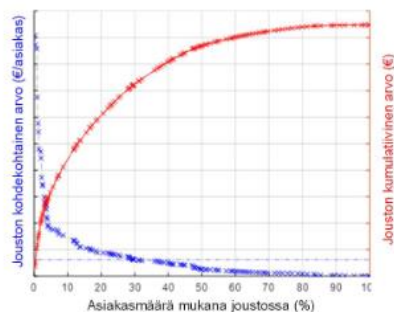
\*) Tässä ei huomioitu aiemmin parempina toteutuneita kohteita, minkä seurauksena potentiaali näyttää todellista suuremmalta.

# Joustoreurssit - Käyttöpaikkakohtainen toimitusvarmuus

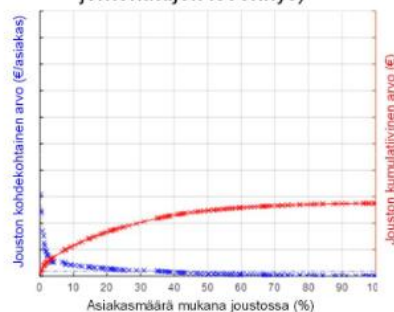
## Joustokohteiden arvon muodostuminen, strategiavalinnat

**Jousto vs. raskas**  
toimitusvarmuusvaatimukseen  
vastaava saneeraus (maakaapelointi)

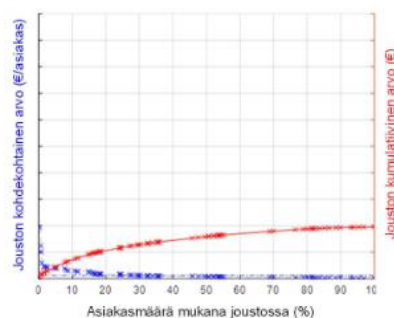
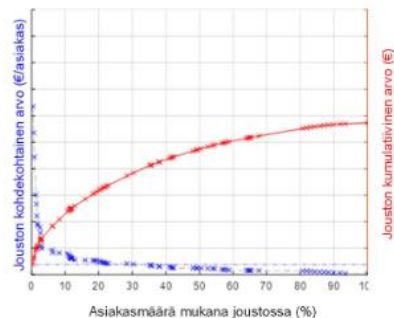
1000 V tekniikka ei ole  
mukana saneerauksessa



**Jousto vs. kevyt**  
toimitusvarmuusvaatimukseen vastaava  
saneeraus (johtojen uusiminen ja  
johtokatuja levitys)



1000 V tekniikka on  
mukana saneerauksessa



- Jouston arvoon vaikuttaa vahvasti se, minkälaiset kehittämisvaihtoehdot verkkoyhtiöllä on käytössä jo nykyisellään
- Teknisiltä valinnoiltaan raskas (kallis) saneeraus nostaa joustosopimisen arvoa
- Tekniikaltaan kevyesti (edullisesti) toteutettava saneeraus pienentää jouston arvoa
- 1000 V tekniikan kustannustehokkuus näkyy jouston potentiaalissa ja arvossa

# Joustoresurssit - Käyttöpaikkakohtainen toimitusvarmuus

## Case-alue, jouston vaihtoehtona täysimittainen kaapelointi

- Jouston arvo vaihtelee voimakkaasti lähdön sisällä ja lähtöjen välillä
- Asiakaskohteiden jouston arvo muodostuu verkon iästä (NKA), teknologiaerosta (JHA), keskeytyshaitan jatkuvuudesta (KAH ja vakiokorvaukset) sekä OPEX:sta
- **Parhainpaa 10 %** asiakasjoukkoa koskien
  - **Ikäpohjainen säästö** (800–5 000 €/asiakas, keskimäärin 3 400 €/asiakas eli **170 €/asiakas,a**)
  - **Teknologialähtöinen säästö** (1 800–8 900 €/asiakas, keskimäärin 7 500 €/asiakas eli **370 €/asiakas,a**)
  - **KAH-lähtöinen rasite** keskimäärin -120 €/asiakas,a
  - **OPEX-rasite** keskimäärin -25 €/asiakas,a
  - **Vakiokorvausten vähenemisen hyöty** keskimäärin 15 €/asiakas,a
  - **Yhteensä siis keskimäärin 410 €/asiakas,a**
- Case-alueelta saavutettavissa oleva **jouston arvo suhteessa verkon jälleenhankinta-arvoon** on keskimäärin **8,5 %** (ts. 1 M€ arvoisella johtolähdöllä jouston laskennallinen arvo on keskimäärin 85 k€)
  - Ikäpohjainen säästöosuus 11,8 % case-alueen NKA:sta
  - Teknologialähtöinen säästöosuus 5,8 % case-alueen JHA:sta



# Joustoresurssit - Käyttöpaikkakohtainen toimitusvarmuus

## Case-alue, jouston vaihtoehtona johtokatuja levennys

- Jouston arvo vaihtelee voimakkaasti lähdön sisällä ja lähtöjen välillä
- Jouston arvo muodostuu verkon iästä (NKA), teknologiaerosta (JHA), keskeytyshaitan jatkuvuudesta (KAH ja vakiokorvaukset) sekä tuleviin osuuksiin seuraavasti
- **Parhaimpaa 10 %** asiakasjoukkoa koskien
  - **Ikäpohjainen säästö** (1 600–2 600 €/asiakas, keskimäärin 1 800 €/asiakas eli **90 €/asiakas,a**)
  - **Teknologia lähtöinen säästö** (190–2 700 €/asiakas, keskimäärin 1 900 €/asiakas eli **90 €/asiakas,a**)
  - **KAH-lähtöinen rasite** keskimäärin -80 €/asiakas,a
  - **OPEX-rasite** keskimäärin -10 €/asiakas,a
  - **Vakiokorvausten vähenemisen hyöty** keskimäärin 15 €/asiakas,a
  - **Yhteensä siis keskimäärin 105 €/asiakas,a**
- Case-alueelta saavutettavissa oleva **jouston arvo suhteessa verkon jälleenhankinta-arvoon** on keskimäärin **2,9 %** (ts. 1 M€ arvoisella johtolähdöllä jouston laskennallinen arvo on keskimäärin 29 000 €)
  - Ikäpohjainen säästöosuus 6,2 % case-alueen NKA:sta
  - Teknologia lähtöinen säästöosuus 1,5 % case-alueen JHA:sta





# Joustoresurssit - Käyttöpaikkakohtainen toimitusvarmuusjousto

## Taloudelliset vaikutukset

Asiakasjouston arvo teknologiavalinnoista riippuen **parhaimmalle kymmenen prosentin** sähkönkäyttöpaikkaosuudelle haja-astusalueille

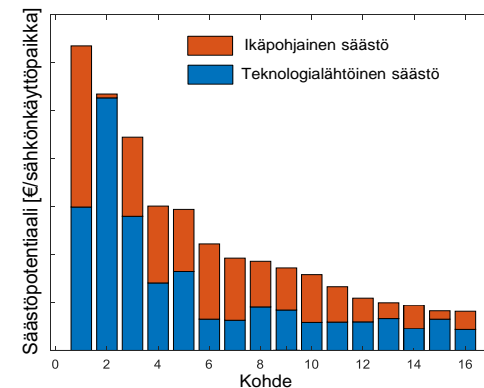
- Ikäpohjainen säästö: 110–180 €/sähkönkäyttöpaikka,a
- Teknologiaalähtöinen säästö: 90–320 €/sähkönkäyttöpaikka,a
- OPEX -rasite: 5–15 €/sähkönkäyttöpaikka,a
- KAH -rasite: 50–90 €/sähkönkäyttöpaikka,a
- Vakiokorvaushyöty: 10 €/sähkönkäyttöpaikka,a

Toimitusvarmuusjouston arvo on yht. keskimäärin 150–420 €/sähkönkäyttöpaikka,a

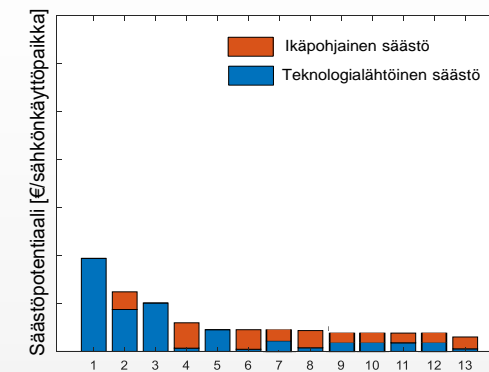


**Siirtohintavaikutus  
yhtiötasolla 1–4 %**

Jousto vs. raskas toimitusvarmuusvaatimuksiin vastaava saneeraus (maakaapelointi)



Jousto vs. kevyt toimitusvarmuusvaatimuksiin vastaava saneeraus (johtojen uusiminen ja johtokatujen levennys)



# Joustoreurssit - Käyttöpaikkakohtainen toimitusvarmuus

## Joustopotentiaalin jalkauttaminen, haasteita

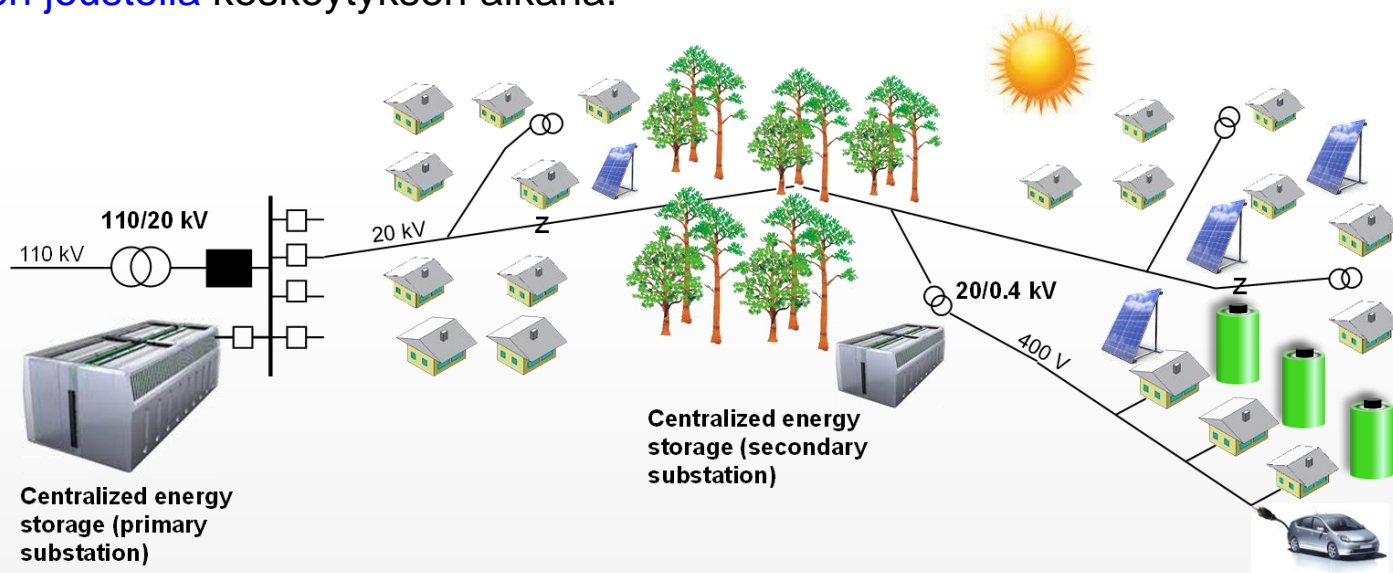
- Sopimuksen kesto:** Miten pitkäksi aikaa asiakas voi tai asiakkaan pitää sitoutua joustoon? Lyhyt joustosopimus mahdollistaa asiakkaan näkökulmasta joustavamman tilanteen muutoksen, mikäli asiakkaan tarpeet sähkön toimituksen varmuuden muuttuvat. Pitkä joustosopimus mahdollistaa verkkoyhtiölle pitkäjänteisemmän verkon kehittämisen. Toistuvasti muuttuvat odotusarvot sähkön toimitukselle eivät mahdollista investointien järkevää ja kustannustehokasta suunnittelua ja toteutusta ja joustosopiminen ei tuo tällöin kustannussäästöjä.
- Sopimuksen laadulliset reunaehdot;** Mitkä ovat joustosopimuksen reunaehdot katkojen määriä (kpl) ja kestoja (min, h) koskien?
- Käyttöpaikan omistajuuden tai tarpeiden muuttuminen; Miten asukkaan vaihtuminen käyttöpaikalla huomioidaan sopimuksessa, velvoittaako sopimus seuraavia asukkaita (kiinteistöön kohdistuva rasite)?
- Kompensaatio toimitusvarmuushaitasta tai -riskistä;** Miten joustoon sitoutuminen korvataan asiakkaalle; kiinteällä vuosikorvauksella vai häiriöperusteisesti?
- Joustopaikkojen valinta;** Mikä vaikuttaa kohteiden valintaan?
  - Taloudellisuus (verkon arvo)
  - Sähkön käytön kriittisyys (asiakastyypin)
  - Toimitusvarmuustaso (kohteet suurhäiriöriskialueella)
  - Asiakkaiden pysyvyys (sähkön käytön jatkuvuus kohteessa)
- Joustopaikkajonon koon määrittäminen;** Miten joustopaikoita valitaan niin, että ne muodostavat riittävän suuren ja ehjän kokonaisuuden?
- Usean sähkönkäyttöpaikan kohteet;** Miten useamman käyttöpaikan kohteessa kaikki kohteen asiakkaat saadaan sitoutumaan joustosopimukseen?
- Joustosopimuksen käyttöönottoaikajako;** Milloin joustosopimus tulee voimaan, välittömästi vai vasta toimitusvarmuusmääräajan loppusuoralla?
- Verkon käyttötoiminta;** Miten joustosopimukseen liittyviä asiakkaita (ja verkko-osuuksia) käsitellään viankorjauksen aikana?
- Joustopaikkajonon jakaminen ja korvaustaso;** Mikä osuus jouston mahdollistamasta säästöstä jaetaan joustosopimuksen tehneille asiakkaille ja miten korvaustaso määräytyy?
- Vakiokorvaukset ja keskeytyskustannukset;** Miten joustopaikkajonon vakiokorvaukset ja KAH-kustannukset määritetään?

# Joustoresurssit – Akkuvarastotarkastelu

## Toimitusvarmuusjoustavuus, hajautettu vs. keskitetty

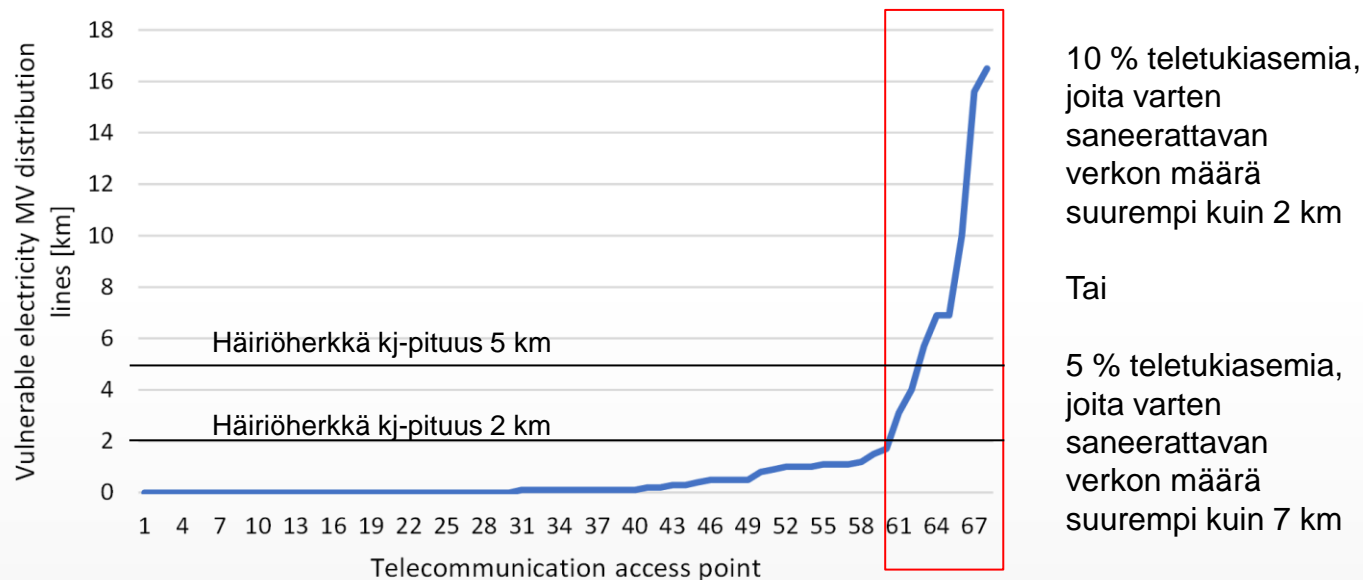
**Tavoite:** Määritetään, mikä ero toimitusvarmuustavoitteeseen vastaavassa varastointikapasiteetissa on, jos varastoratkaisu on **hajautettu** asiakaspisteisiin (käyttöpaikoille) **tai keskitetty** jakelumuuntamoille. Määritetään lisäksi, mikä merkitys on asiakkaan **kuormituksen joustolla** keskeytyksen aikana.

**Periaate:** Tarkastelu tehdään todellista sähkönkäyttöä (AMR-lukemat) vasten eri mittaisia sähkökatkoja vasten (2, 4 ja 6 h). Tarkastelussa vuoden pahin kuormitusjakso.



# Joustoreсурssit

## Teletukiasemat: potentiaaliset joustokohteet



→ Harvaan asutuilla alueilla teletukiasemia, joiden sähkön syötön varmistamiseen verkkoteknisiin keinoin vaaditaan merkittäviä verkkoinvestointeja (vaihtoehtoiset keinot?)

# Joustoresurssit – Akkuvarastotarkastelu

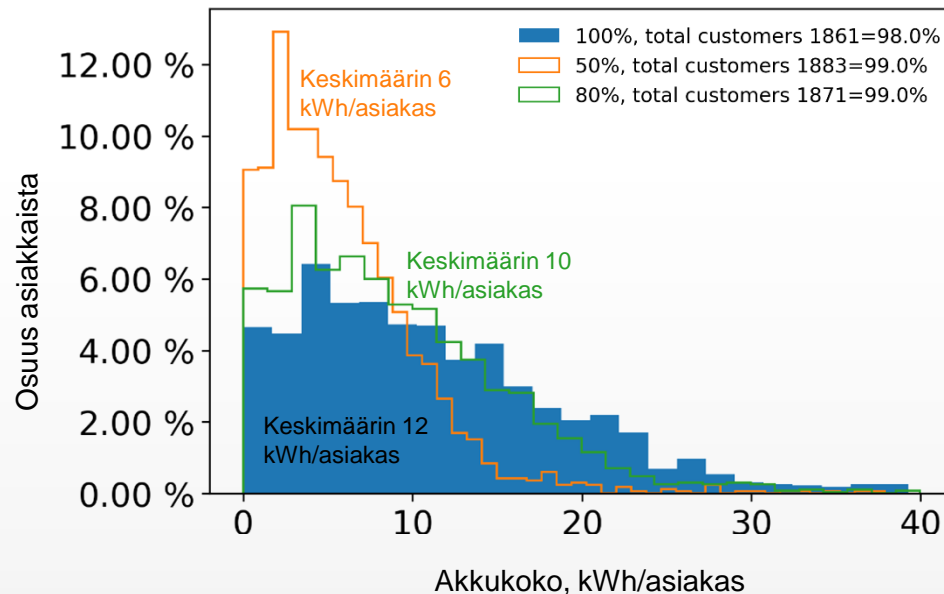
## Toimitusvarmuusjoustavuus, hajautettu käyttöpaikalle

**Tulos:** Mikäli asiakas ei pysty joustamaan sähkönjakelun 2 h mittaisen keskeytyksen aikana kuormituksessa (100%, siniset palkit), asiakkaiden keskimääräinen akkukoko on 12 kWh/as. Mikäli kuormitusjousto on mahdollisuus (esim. -20 %, vihreä 80 %), on akkukoko keskimäärin 10 kWh.

### Taustatiedot:

- Asiakkaita 1893
- Jakelumuuntamoita 364 kpl
- Kuormitustiedot AMR data vuodelta 2016
- Rajaus: varaston koko korkeintaan 40 kWh/asiakas

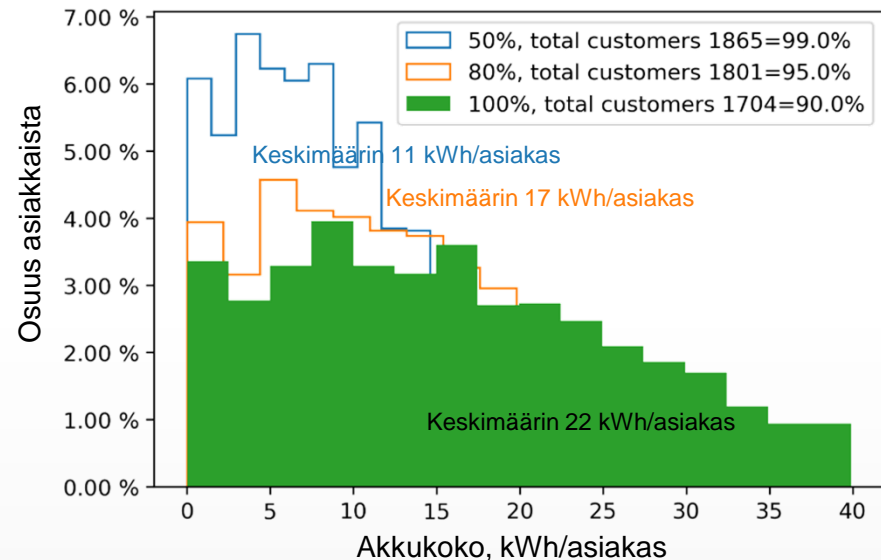
Akkukokojen jakauma 2 h katkoa vasten



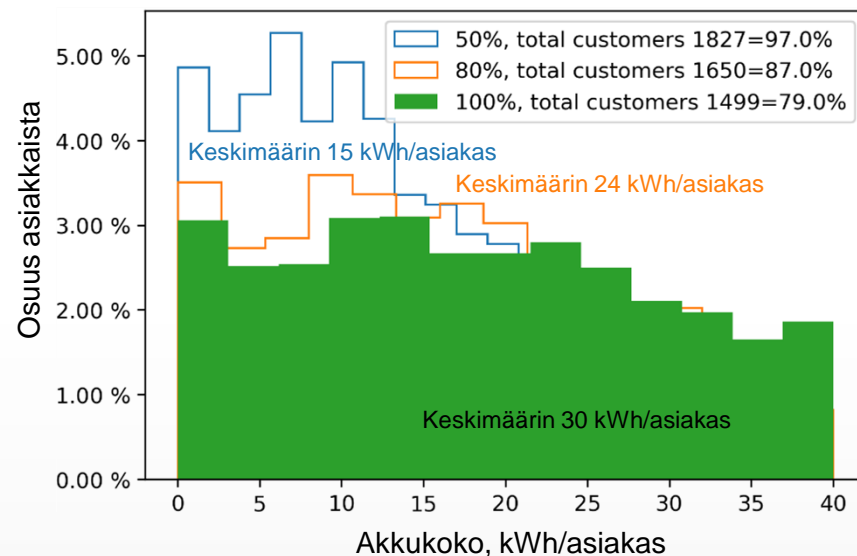
# Joustoresurssit – Akkuvarastotarkastelu

## Toimitusvarmuusjoustavuus, hajautettu käyttöpaikalle

### Akkukokojen jakauma 4 h katkoa vasten



### Akkukokojen jakauma 6 h katkoa vasten



#### Taustatiedot:

- Asiakkaita 1893
- Jakelumuuntamoita 364 kpl
- Kuormitustiedot AMR data vuodelta 2016
- Rajaus: varaston koko korkeintaan 40 kWh/asiakas

*Huom! Esim. 6 h tarkastelussa alkuperäinen asiakasjoukko on kaventunut 79 %:iin, koska max. 40 kWh/asiakas –ehto rajaa loput 21 % asiakkaita pois suuren sähkönkäytön takia.*

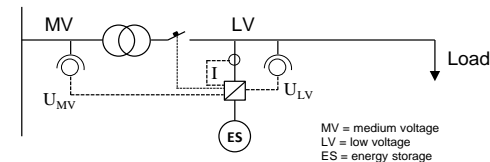
# Joustoresurssit – Akkuvarastotarkastelu

## Toimitusvarmuusjoustavuus, keskitetty muuntamoille

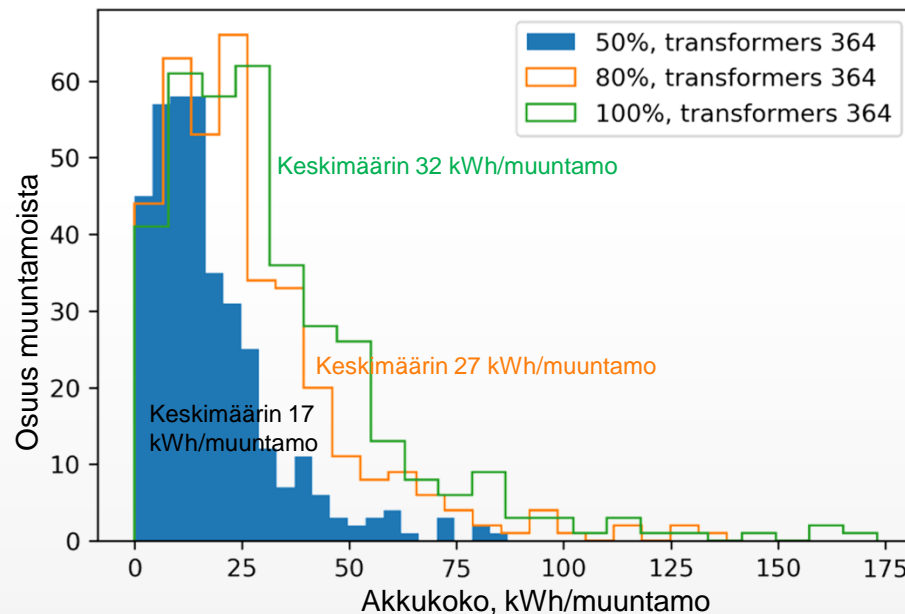
**Tulos:** Mikäli asiakas ei pysty joustamaan sähkönjakelun 2 h mittaisen keskeytyksen aikana kuormituksessa (100%, vihreä käyrä), on muuntamoilla tarvittava keskimääräinen akkukoko 32 kWh/muuntamo. Mikäli kuormitusjousto on mahdollisuus (esim. -20 %, oranssikäyrä 80 %), on akkukoko keskimäärin 27 kWh.

### Taustatiedot:

- Asiakkaita 1893
- Jakelumuuntamoita 364 kpl
- Kuormitustiedot AMR data vuodelta 2016
- Rajaus: varaston koko korkeintaan 40 kWh/asiakas



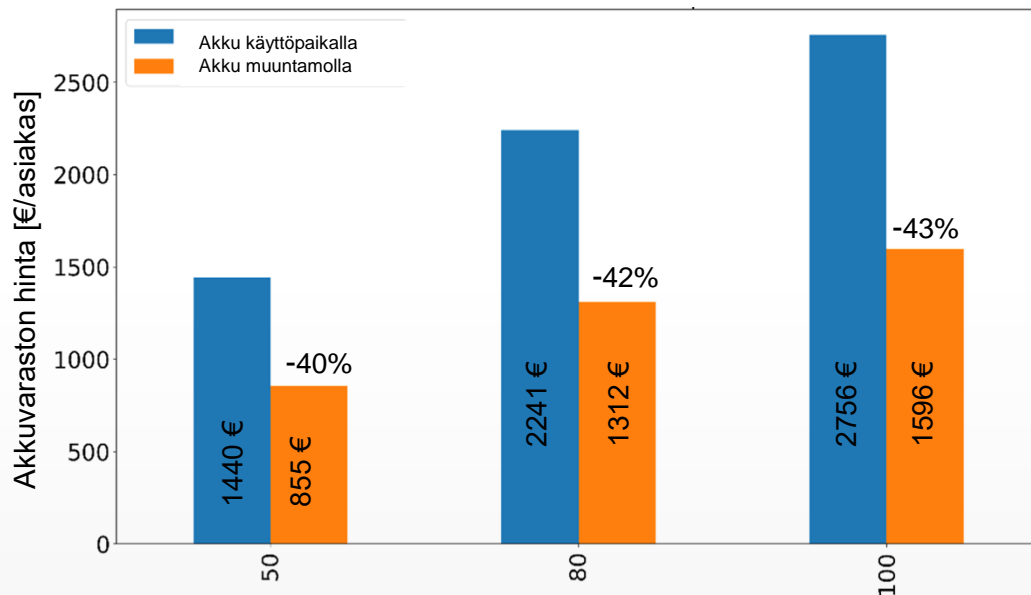
### Akkukokojen jakauma 2 h katkoa vasten



## Joustoreсурssit – Akkuvarastotarkastelu

### Toimitusvarmuusjoustavuus, keskitetty vs. hajautettu, jousto vs. ei joustoa

2 h katkoa vasten



Katkon aikana asiakkaan tarvitsema energia, %  
(100 % = asiakkaalla ei kuormitusjoustoa)

**Tulos 1 (kysynnän jousto):** Mikäli asiakas pystyy joustamaan kuormituksessa sähköjakelun keskeytyksen aikana, pienenee tarvittavan akkujärjestelmän kustannukset keskimäärin  $-1$  %/kuormituksen vähentämisprosentti. Esim. ilman joustoa hajautettu ratkaisu on keskimäärin 2756 €/as. ja kuormituksen puolittuessa (50 %) akkujärjestelmän kustannukset 1440 €/as.

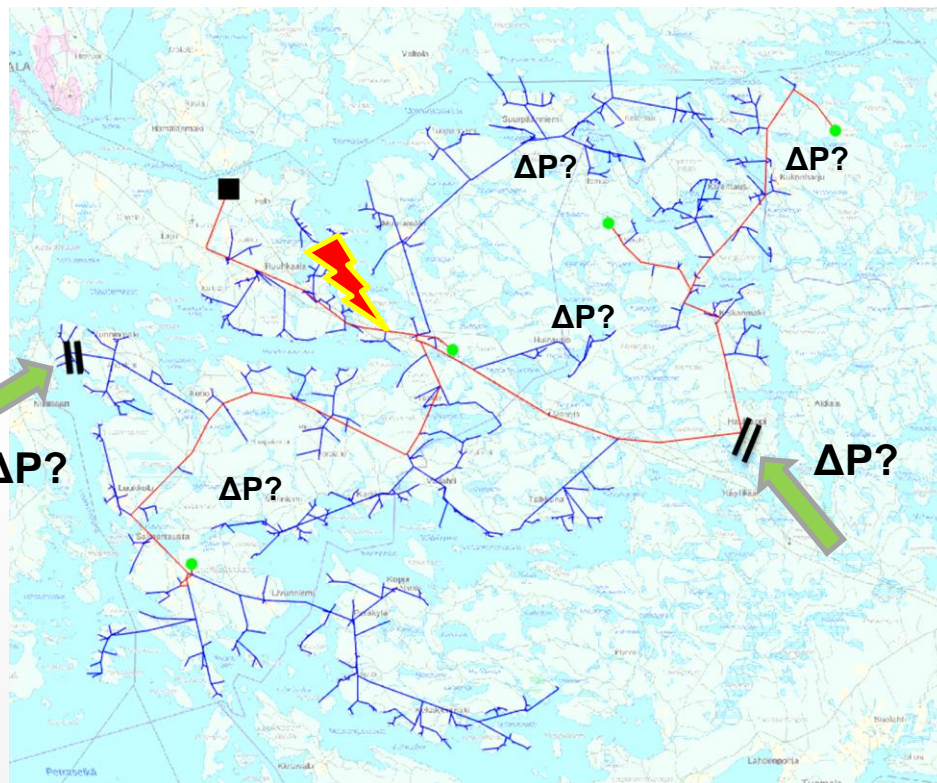
**Tulos 2 (keskitetty vs. hajautettu):** Mikäli varastointi toteutetaan keskitetysti muuntamolla eikä käyttöpaikoilla, on varastoinnin kustannukset 2 h katkon tarkastelussa noin 40-43 % pienemmät. 6 h ratkaisussa säästö noin 37 % keskitetyn ratkaisun eduksi. Molemmissa tapauksissa akun hintana 250 €/kWh.





# KAPASITEETTIJOUSTO – HAASTE VAI MAHDOLLISUUS VERKKOYHTIÖLLE?

## Joustoresurssit


# Kapasiteettijousto – verkkoyhtiön kannalta myönteinen



- Häiriötilanne 
- Varasyötöt naapurilähdöiltä?
- Pullonkaulat tehonsyötössä
  - Kapasiteettihaasteet
  - Jännitehaasteet
- Ei mahdollisuutta varasyöttöön huippukuormituksen aikaan kaikille asiakkaille 

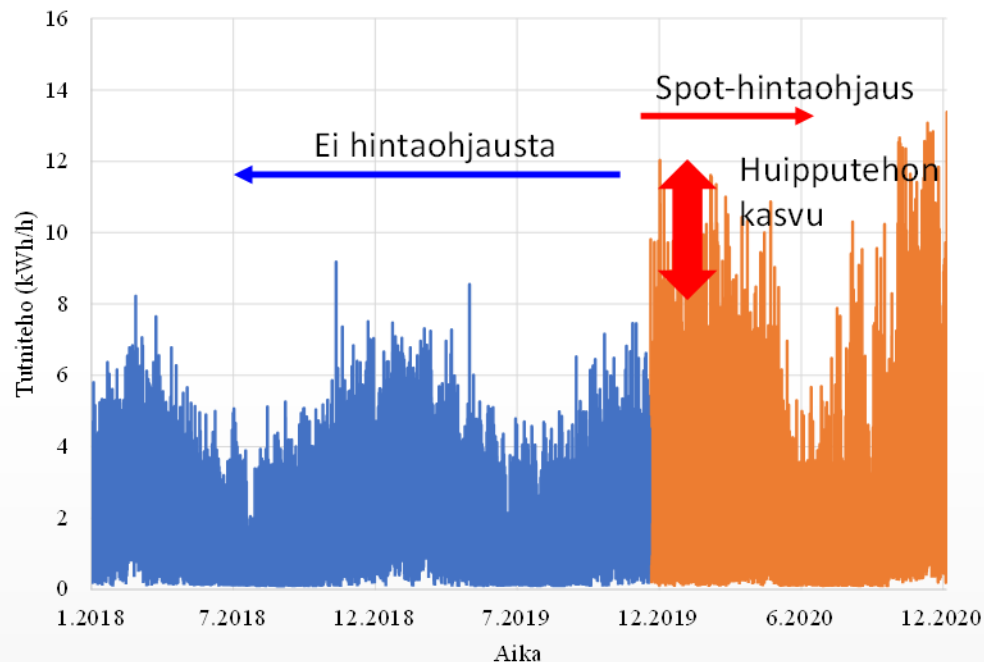
Mahdollisuus kulutusjoustoihin

- Sähköautot 
- Lämmitysjousto

Sähkön palautus varasyöttöyhteyksiä ja joustoja hyödyntäen mahdollista kaikille asiakkaille 

## Joustoresurssit

# Kapasiteettijousto – verkkoyhtiön kannalta haasteellinen



Mikäli verkkoyhtiön intressejä ei huomoida, riski verkon ylikuormittumiselle kasvaa

- Asiakkaiden synkronoitu (aggregoitu) käyttäytyminen voi johtaa huipputehojen kasvuun käyttöpaikoilla ja ylempänä verkossa
- Sähkötörkkein ohjaavat joustoja
  - SPOT -energiatörkkein
  - Tehoreservitörkkein
- Onko riskiasiakkaat tunnistettavissa ja vaikutukset arvioitavissa?
- Onko huomioitavissa verkon kehittämisessä?
- Verkkoyhtiön mahdollisuus vastajoustoitörkkintöihin?

# Joustoreurssit

## Pienasiakas joustoreurssina (lämmityskuorma)

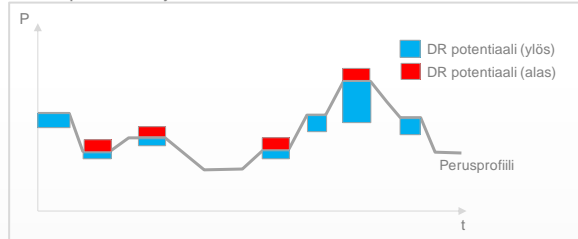
### JOUSTORESURSSIT (pooli)



Sähkönkäyttö (AMR) ja ennuste



### Joustopotentiali ja aktivointisuunnitelma



### Jouston allokointi

h	teho
0-1	+1 MW
1-2	+1.5 MW
2-3	0 MW
3-4	-0.5 MW



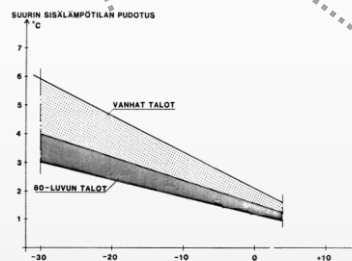
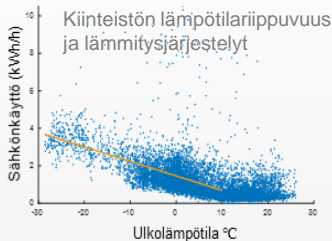
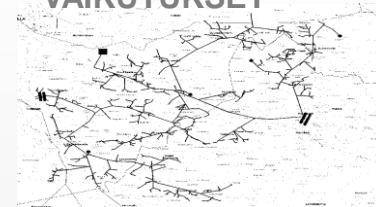
### SÄHKÖMARKKINAT

#### Joustotarve

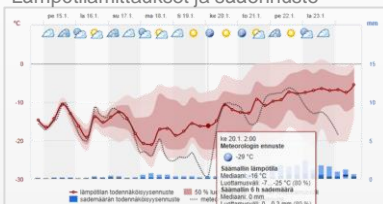
h	teho	€/MW
0-1	+1 MW	50
1-2	+1.5 MW	70
2-3	0 MW	30
3-4	-0.5 MW	40
4-5	-1.0 MW	45



### VERKKO-VAIKUTUKSET



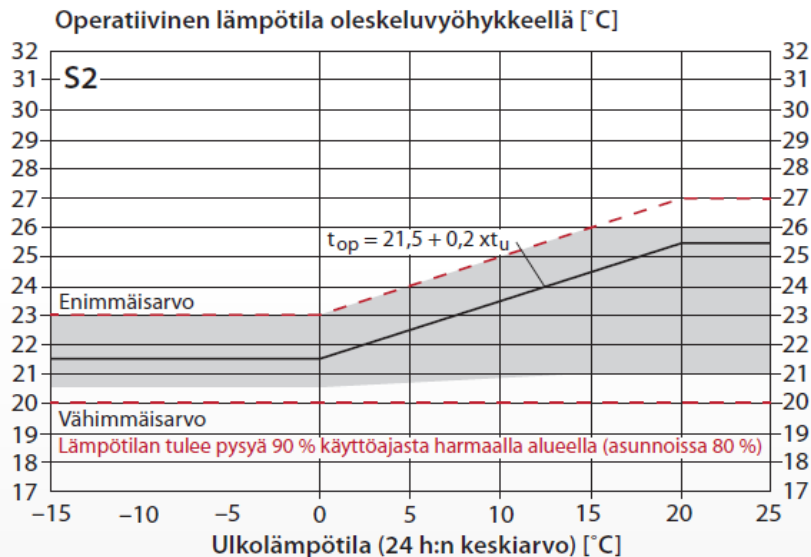
### Lämpötilamittaukset ja sääennuste



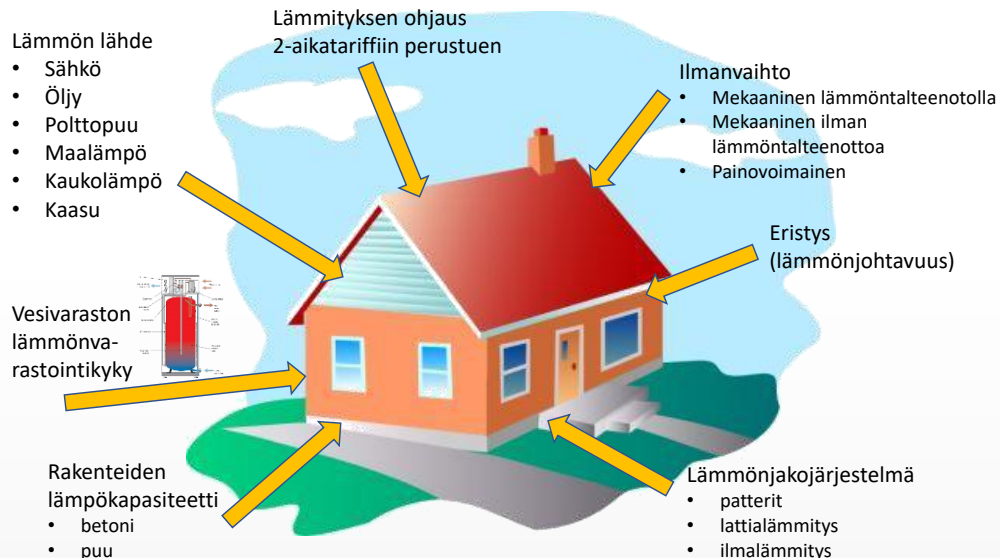
# Jousto verkon käyttötoiminnassa

## Lämmityskuorman aggregointi, reunaehdoja

### Asumisolosuhteet



### Tekniset ominaisuudet

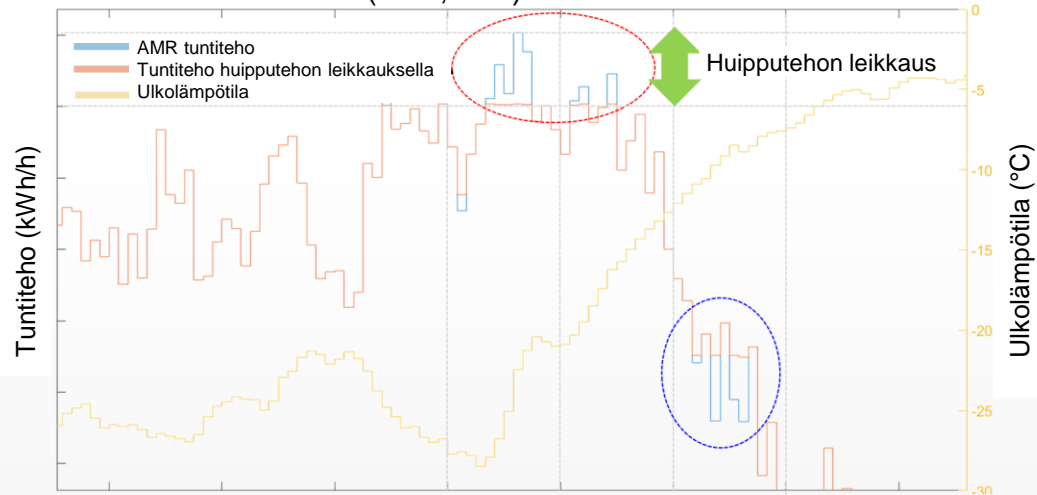


# Joustoreurssit

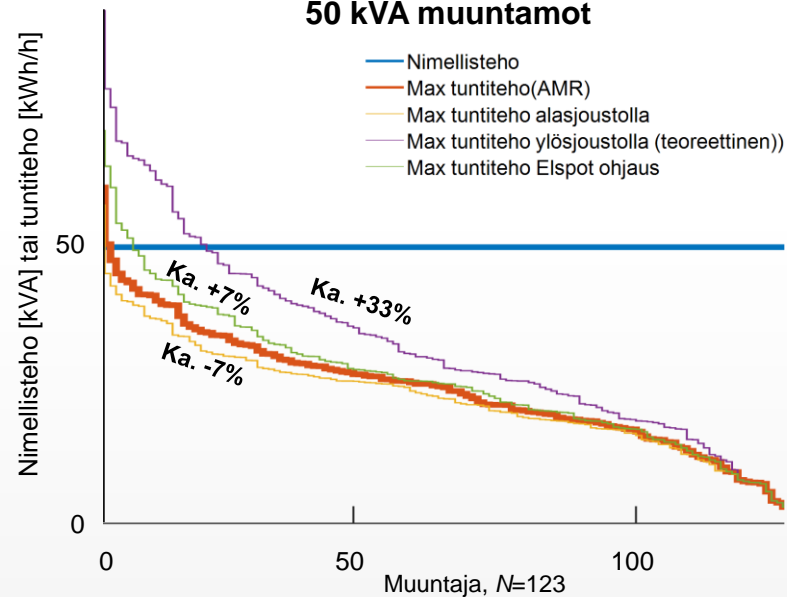
## Lämmityskuormajousto (muuntamotaso)

Lämmityskuorman aggregoinnin vaikuttavuus jakelumuuntajien huipputehoihin

Esimerkkipuuntamo (20/0,4 kV)

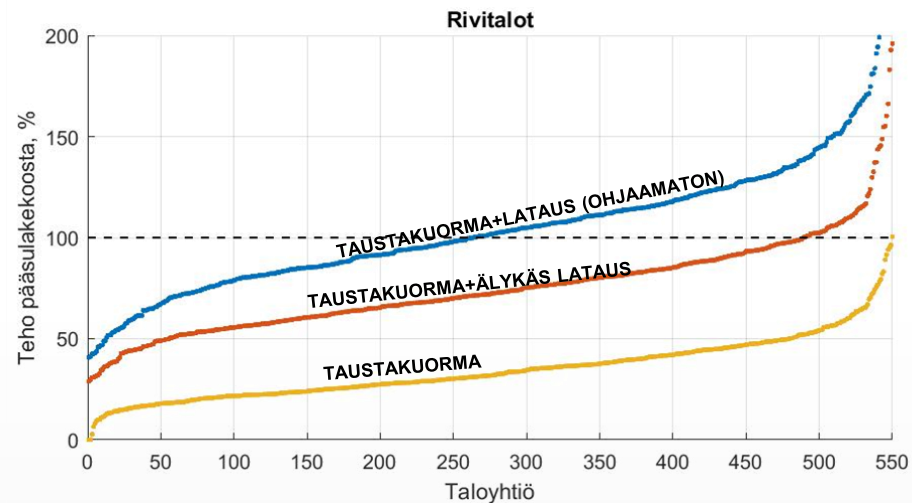
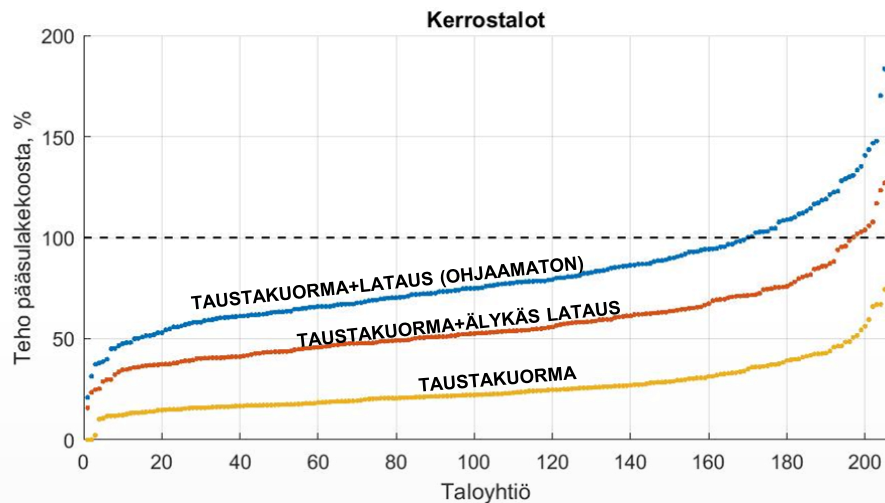


50 kVA muuntamot



# Tutkimushanke: Sähköautojen latauksen muodostama kuormitus- ja mitoitus-teho erilaisissa toimintaympäristöissä

## Taloyhtiöiden huipputehot (kohteet joissa pääsulakekoko $\geq 63$ A)



Onko ilmiö huomioitava  
verkon kehittämisessä?

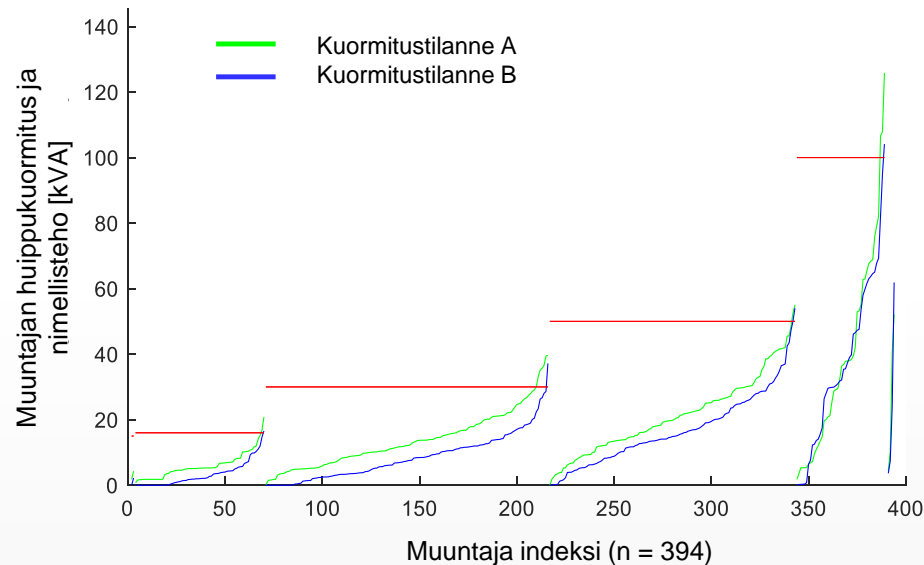
- Taustakuorma + EV ohjaamaton lataus (99 % luottamustaso), huipputunteho
- Taustakuorma + EV älykkäät ohjausratkaisut (99 % luottamustaso), huipputunteho
- Taustakuorma, huipputunteho

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

# Joustoreurssit - Kapasiteettijousto

## Aurinkosähkön tuotanto – kapasiteettivaikutukset

- A. = Huippuaurinkosähkötuotanto, vähäinen kuorma, 100 % aurinkosähköpenetraatio, alle 2000 kWh/a asiakkailta 2 kWp ja yli 2000 kWh/a asiakkailta 6 kWp aurinkosähköljärjestelmä
- B. = Huippukuorma, ei tuotantoa



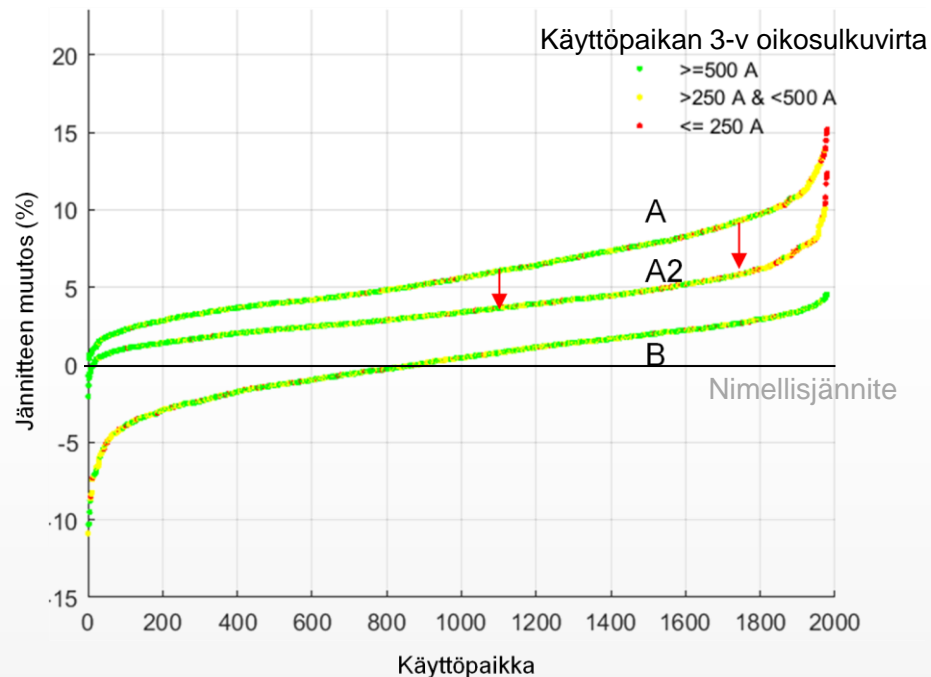


# Joustoreurssit - Kapasiteettijousto

## Aurinkosähkön tuotanto – jännitevaikutukset

- A. = Huippuaurinkosähkötuotanto, vähäinen kuorma, 100 % aurinkosähköpenetraatio, alle 2000 kWh/a asiakkailla 2 kWp ja yli 2000 kWh/a asiakkailla 6 kWp aurinkosähkijärjestelmä
- A2. = Sama kuin A-tilanne + kaikilla asiakkailla tehokerroinsäätö (tuotannon  $\cos \varphi = 0,9$ )
- B. = Huippukuorma, ei tuotantoa

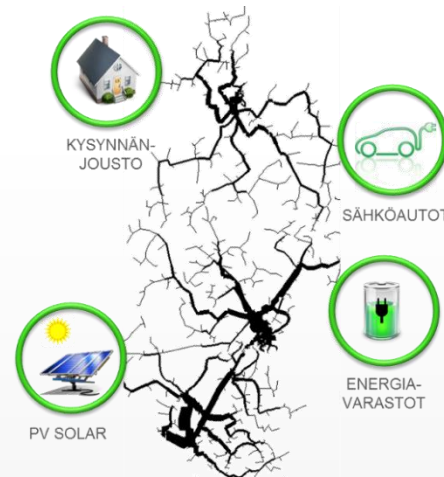
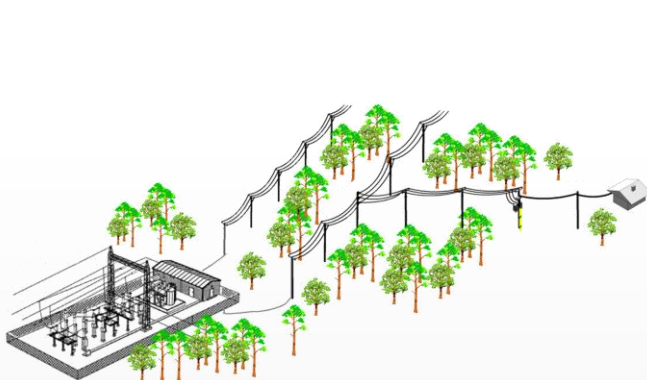
### Solar invertterit osa joustoja?



# Kapasiteettijousto: lähtökohdat joustotarpeille

Tekijä/ilmiö	Riski	Vaikutta- vuus	Todennä- köisyys	Käyttö (ilmiö ja toimenpiteet)															
Laajat lämmitysjärjestelmien muutokset	Ylikuormitus, jännitevaihtelut	<table border="1"> <tr><td></td><td>P</td><td>U</td></tr> <tr><td>PJ</td><td>-</td><td>+</td></tr> <tr><td>JM</td><td>++</td><td>+</td></tr> <tr><td>KJ</td><td>+</td><td>-</td></tr> <tr><td>SA</td><td>-</td><td>-</td></tr> </table>		P	U	PJ	-	+	JM	++	+	KJ	+	-	SA	-	-	++	Jakelumuuntajien ylikuormittuminen ja verkon jännitteiden heilunta. (Varautuminen käyttötoiminnassa: 1) normaali käyttötilanne: jakelumuuntajan vaihto tms. verkon vahvistus, vahvistusinvestoinnin viivytys joustoilla 2) poikkeustilanne jakelussa: vastajousto markkinoilta)
	P	U																	
PJ	-	+																	
JM	++	+																	
KJ	+	-																	
SA	-	-																	
Sähköautojen synkronoitu lataus	Ylikuormitus, jännite/jännite-epäsymmetria	<table border="1"> <tr><td></td><td>P</td><td>U</td></tr> <tr><td>PJ</td><td>+</td><td>+++</td></tr> <tr><td>JM</td><td>+++</td><td>++</td></tr> <tr><td>KJ</td><td>+</td><td>+</td></tr> <tr><td>SA</td><td>-</td><td>-</td></tr> </table>		P	U	PJ	+	+++	JM	+++	++	KJ	+	+	SA	-	-	++	Jakelumuuntajien ylikuormittuminen ja verkon jännitteiden heilunta. (Varautuminen käyttötoiminnassa: 1) normaali käyttötilanne: jakelumuuntajan vaihto tms. verkon vahvistus, vahvistusinvestoinnin viivytys joustoilla 2) poikkeustilanne jakelussa: vastajousto markkinoilta)
	P	U																	
PJ	+	+++																	
JM	+++	++																	
KJ	+	+																	
SA	-	-																	
Pientuotannon vaihtelu	Jännitevaihtelut, (ylikuormitus)	<table border="1"> <tr><td></td><td>P</td><td>U</td></tr> <tr><td>PJ</td><td>-</td><td>+++</td></tr> <tr><td>JM</td><td>+</td><td>+</td></tr> <tr><td>KJ</td><td>-</td><td>+</td></tr> <tr><td>SA</td><td>-</td><td>-</td></tr> </table>		P	U	PJ	-	+++	JM	+	+	KJ	-	+	SA	-	-	+	Jännitteen suuret vaihtelut heikoissa pienjänniteverkoissa ja pientuotantolaitteistojen poiskytkäytyminen. (Varautuminen käyttötoiminnassa: 1) normaali käyttötilanne: jakelumuuntajan vaihto tms. verkon vahvistus (vahvistusinvestoinnin viivytys joustoilla) tai jännitteensäätö teknisillä resursseilla esim. käämikytkimellä tai tehoelektronikalla, 2) poikkeustilanne jakelussa: vastajoustopa markkinoilta paikallista kysyntäjoustopa asiakkailta)
	P	U																	
PJ	-	+++																	
JM	+	+																	
KJ	-	+																	
SA	-	-																	
Sähkölämmityksen markkinalähtöinen ohjaus	Ylikuormitus, jännitevaihtelut	<table border="1"> <tr><td></td><td>P</td><td>U</td></tr> <tr><td>PJ</td><td>++</td><td>+</td></tr> <tr><td>JM</td><td>++</td><td>+</td></tr> <tr><td>KJ</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>SA</td><td>-</td><td>-</td></tr> </table>		P	U	PJ	++	+	JM	++	+	KJ	-	-	SA	-	-	+	Jakelumuuntajien ylikuormittuminen ja verkon jännitteiden heilunta. (Varautuminen käyttötoiminnassa: 1) normaali käyttötilanne: jakelumuuntajan vaihto tms. verkon vahvistus, vahvistusinvestoinnin viivytys joustoilla 2) poikkeustilanne jakelussa: vastajousto markkinoilta)
	P	U																	
PJ	++	+																	
JM	++	+																	
KJ	-	-																	
SA	-	-																	
Sähkönjakelun varasyöttötilanne	Jännitevaihtelut, ylikuormitus	<table border="1"> <tr><td></td><td>P</td><td>U</td></tr> <tr><td>PJ</td><td>-</td><td>++</td></tr> <tr><td>JM</td><td>-</td><td>++</td></tr> <tr><td>KJ</td><td>++</td><td>++</td></tr> <tr><td>SA</td><td>+++</td><td>+</td></tr> </table>		P	U	PJ	-	++	JM	-	++	KJ	++	++	SA	+++	+	+++	Häiriötilanteen mukanaan tuomat haasteet tulevat erillisten tekijöiden/ilmiöiden päälle. Jännitteiden laskeminen varasyöttötilanteissa sekä varasyöttöjohtojen ylikuormittuminen. (Varautuminen käyttötoiminnassa: jännitteensäätö käämikytkimellä ja hajautetuilla kondensaattoreilla, paikallinen kysyntäjousto asiakkailta, varavoiman käyttö sähköjen palauttamiseksi ja kuormituksen tasaamiseksi)
	P	U																	
PJ	-	++																	
JM	-	++																	
KJ	++	++																	
SA	+++	+																	

# VERKKOLIIKETOIMINNAN SÄÄNTELY – MAASEUTUMAISTEN VERKKOYHTIÖIDEN TOIMINTAMAHDOLLISUUDET MUUTTUVASSA VERKKOLIIKETOIMINTAYMPÄRISTÖSSÄ



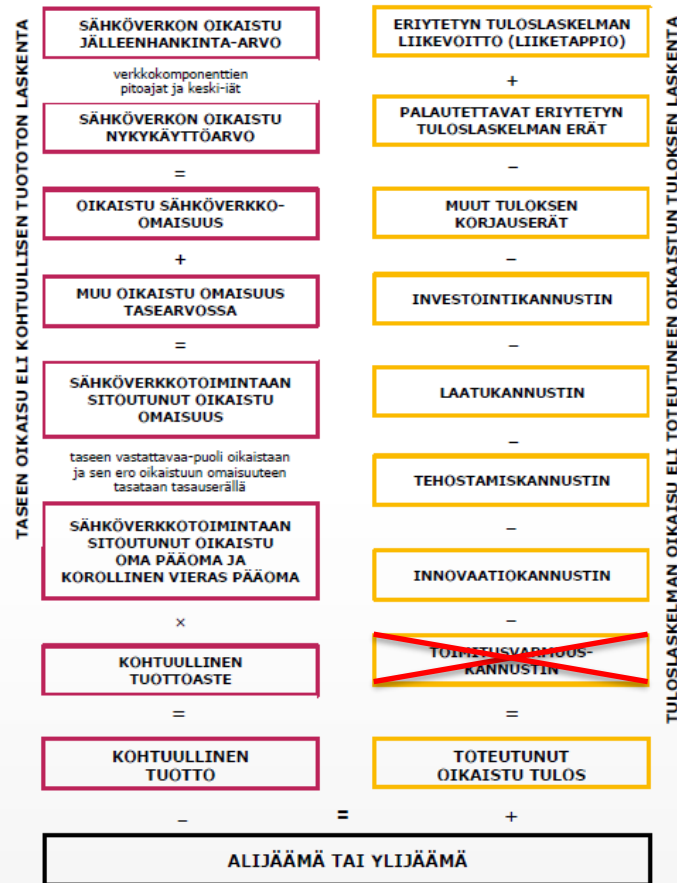
# Sähköverkkoliiketoiminta

## Mitä alalla tapahtumassa?

- Lainsäädännössä muutoksia
- Viranomaissäätelyn muutokset
- Energiamurros ja uudet toimintamallit

# Sähköverkkoliiketoiminta Valvontamenetelmät

- Valvontamenetelmät vuosille 2016–2019 ja 2020–2023
- Vuodesta 2022 alkaen
  - Yksikköhintojen päivitys
  - WACC -menelmämuutos
  - Toimitusvarmuuskannustimen poisto



# Sähköverkkotoimiala, sähköverkkoliiketoiminta

## Sallittu liikevaihto

### Sähköjakeluverkko toimijoiden sallittu liikevaihto vuonna 2018

	Osuus liikevaihdosta [Milj.€]	Osuus liikevaihdosta [%]	
Tasapoistot	514	24 %	<i>Menetelmämuutos</i>
Sallittu kohtuullinen tuotto	670	31 %	<i>Menetelmämuutos</i>
Kontrolloidut operatiiviset kustannukset	442	21 %	
Toimitusvarmuuskannustin	<del>39</del>	<del>2 %</del>	<i>Menetelmämuutos</i>
Laatukannustin, arvio	90	4 %	
Häviöt	71	3 %	
Fingrid-maksut	322	15 %	
<b>Yhteensä</b>	<b>2148</b>	<b>100 %</b>	

# Sähköverkkotoimiala

## Verkko-omaisuus, yksikköhintamuutokset

- Yksikköhintakehitysskenaario
  - Yksikköhinnat 2016-2023 (2016-2021)
  - Yksikköhinnat 2022-2023

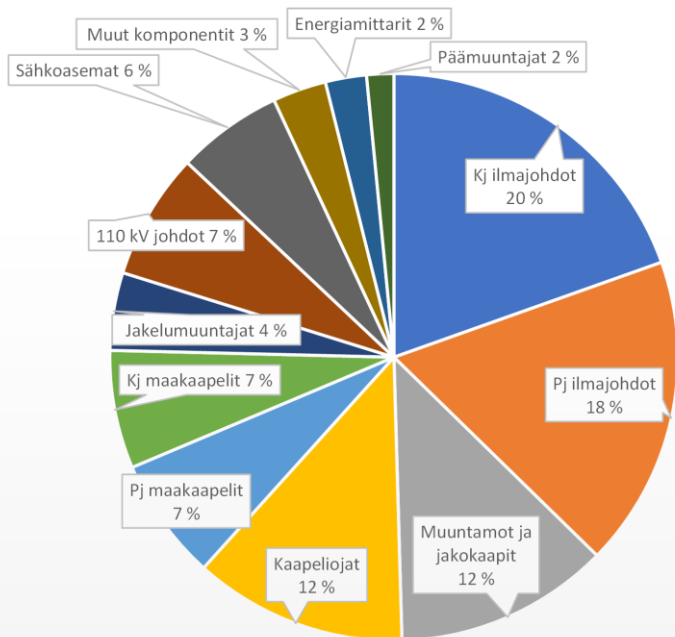
energjavirasto energimyndigheten					
Verkkokomponentit, yksikköhinnat (alv 0 %) ja pitoajat vuosille 2016 - 2023					
JAKELUVERKON ILMAJOHTOVERKKO					
0,4 kV ILMAJOHDOT					
Verkkokomponentti	Yksikkö	2016		2022	Muutos
		Yksikköhinta, euroa	Yksikköhinta, euroa	Pitoaikaväli, vuotta	
AMKA 16 - 25 mm <sup>2</sup>	km	16 600	15 300	35 - 45	-8 %
AMKA 35 - 50 mm <sup>2</sup>	km	17 300	15 900	35 - 45	-8 %
AMKA 70 mm <sup>2</sup>	km	19 600	16 700	35 - 45	-15 %
AMKA 95 mm <sup>2</sup>	km	21 500	19 600	35 - 45	-9 %
AMKA 120 mm <sup>2</sup>	km	23 300	22 600	35 - 45	-3 %
20 kV ILMAJOHDOT					
Verkkokomponentti	Yksikkö	2016		2022	Muutos
		Yksikköhinta, euroa	Yksikköhinta, euroa	Pitoaikaväli, vuotta	
Sparrow tai pienempi	km	21 800	20 100	40 - 50	-8 %
Raven	km	25 100	22 500	40 - 50	-10 %
Pigeon	km	29 100	26 500	40 - 50	-9 %
Al 132 mm <sup>2</sup> tai suurempi	km	30 800	32 600	40 - 50	6 %
Päällystetty avojohto 35 - 70 mm <sup>2</sup>	km	31 300	23 400	40 - 50	-25 %
Päällystetty avojohto 95 - 120 mm <sup>2</sup>	km	35 100	29 100	40 - 50	-17 %
Päällystetty avojohto yli 120 mm <sup>2</sup>	km	36 500	32 300	40 - 50	-12 %
Yleiskaapeli 70 mm <sup>2</sup> tai pienempi	km	45 900	48 500	40 - 50	6 %
Yleiskaapeli 95 mm <sup>2</sup> tai suurempi	km	52 100	55 200	40 - 50	6 %
20 / 0,4 kV ILMAJOHTOVERKON JAKELUUNTAMOT					
Verkkokomponentti	Yksikkö	2016		2022	Muutos
		Yksikköhinta, euroa	Yksikköhinta, euroa	Pitoaikaväli, vuotta	
1-pylväsmuuntamo	kpl	5 100	4 900	35 - 45	-4 %
2-pylväsmuuntamo	kpl	6 400	6 300	35 - 45	-2 %
4-pylväsmuuntamo	kpl	7 700	7 700	35 - 45	0 %

KOMPONENTTIRYHMÄT	MUUTOS
110 kV johto	-8 %
110 kV ilmajohtokytinkentät	-5 %
Päämuuntaja	-7 %
Jakelumuuntaja	-25 %
Kj ilmajohto	-7 %
Automaatio	-6 %
Pylväsmuuntamo	-2 %
KJ kaapeli	-35 %
Koppimuuntamo + hajautettu kompensointi	-23 %
KJ kaapelioja	-6 %
PJ ilmajohto	-9 %
PJ kaapeli	-17 %
PJ jakokaappi	-24 %
PJ kaapelioja	-6 %
Energiamittarit	-5 %

# Esimerkkiyhtiö, haja-asutusalue

## Verkko-omaisuus, yksikköhintamuutokset

Haja-asutusalueen verkko-omaisuus, vuosi 2020



Yksikköhintamuutoksen vaikutus verkko-omaisuuteen

	Vuoden 2020 JHA suhteessa 2020 arvoon [%]	JHA vuoden 2022 yksikköhintoilla suhteessa 2020 arvoon [%]
Kj ilmajohdot	20 %	18 %
Pj ilmajohdot	18 %	16 %
Muuntamot ja jakokaapit	12 %	10 %
Kaapeliojat	12 %	12 %
Pj maakaapelit	7 %	6 %
Kj maakaapelit	7 %	4 %
Jakelumuntajat	4 %	3 %
110 kV johdot	7 %	7 %
Sähköasemat	6 %	6 %
Muut komponentit	3 %	3 %
Energiamittarit	2 %	2 %
Päämuuntajat	2 %	1 %
<b>Yhteensä</b>	<b>100 %</b>	<b>89 %</b>

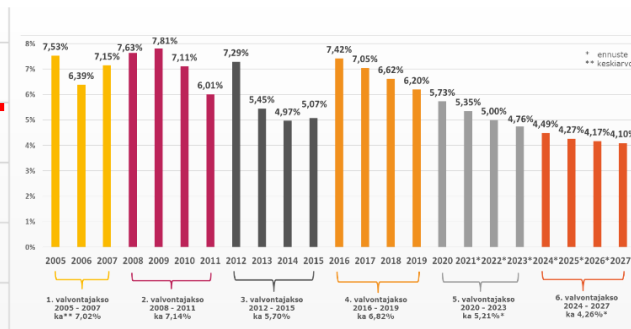
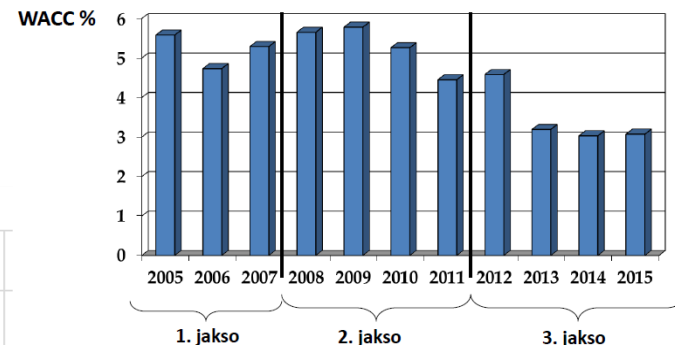
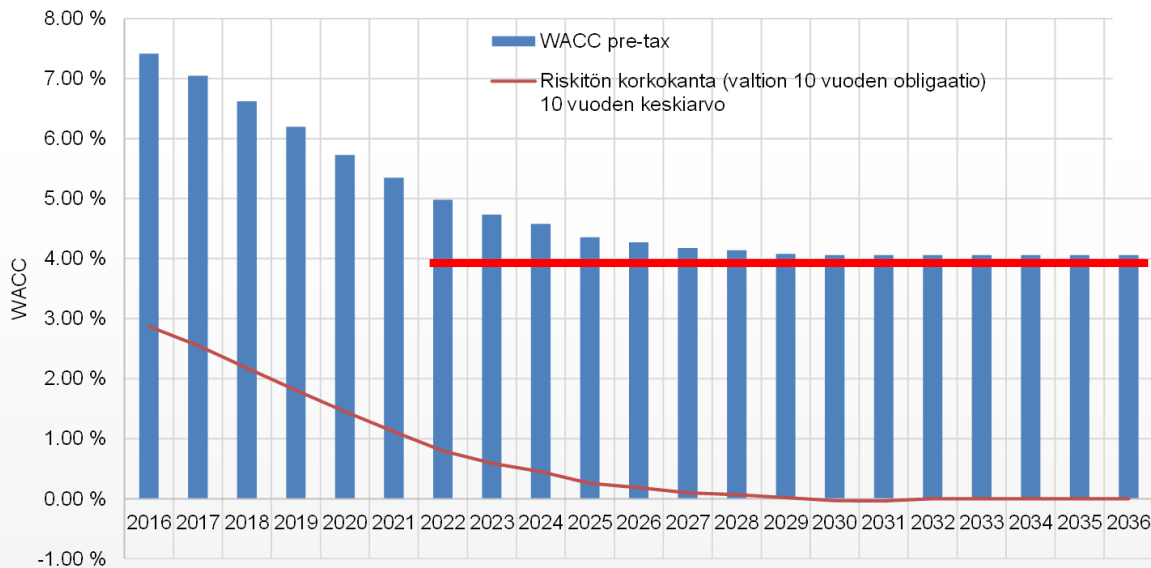


# Sähköverkkotoimiala, sähköverkkoliiketoiminta

## Kohtuullisen tuoton laskenta, WACC

- Sallittu tuottoaste

- Valtion 10 vuoden obligaation pitkän ajan keskiarvo laskee



Kuva 3. Sähkön jakeluverkkotoiminnan kohtuullinen tuottoaste (WACC-%) Suomessa 2005–2027<sup>30</sup>

# Sähköverkkotoimiala, sähköverkkoliiketoiminta

## Verkon arvo ja sallittu liikevaihto

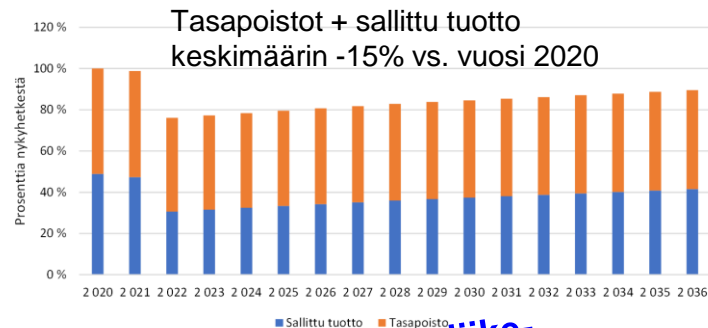
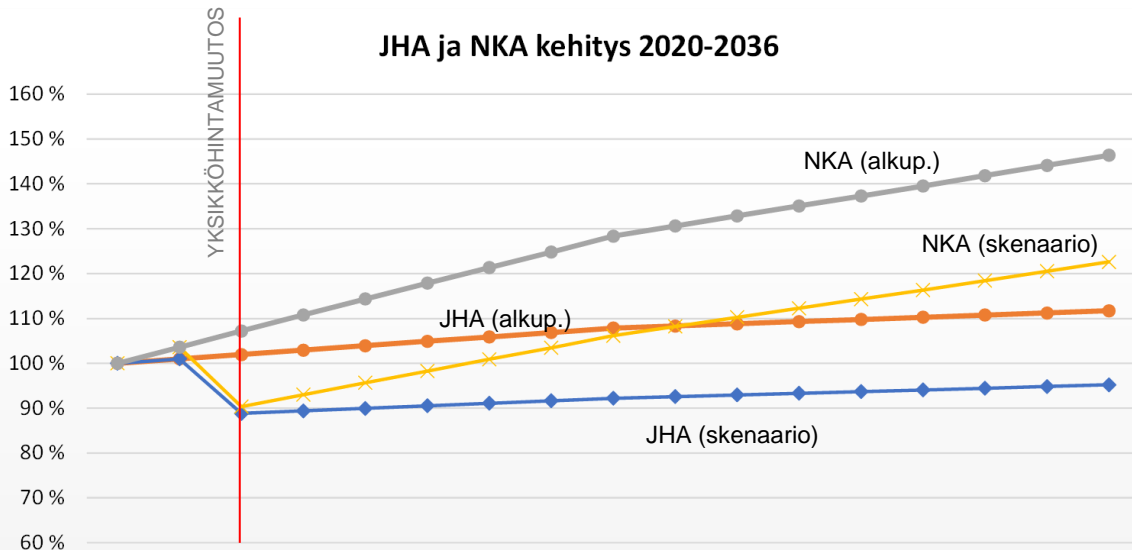
- Vuonna 2019
    - Toimialan JHA 21,4 Mrd.€, NKA 11,8 Mrd.€
  - Vuonna 2022
    - JHA 19 Mrd.€, NKA 9,8 Mrd.€
    - Tasapoisto muutos -60 Milj.€
    - Sallitun tuoton muutos -180 Milj.€
    - Toimitusvarmuuskannustin -40 Milj.€
- 280 Milj.€/a**

# Esimerkkiyhtiö, haja-asutusalue

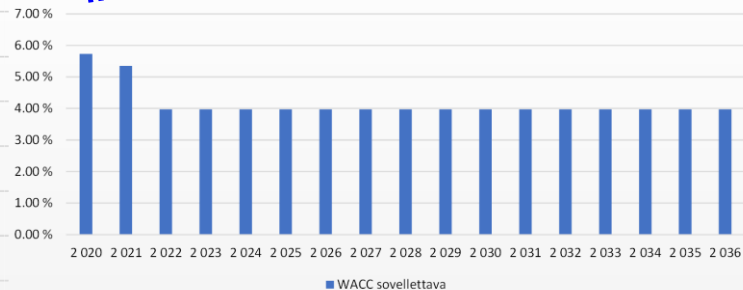
## Verkkoliiketoiminta, Sallitun liikevaihdon muutokset

- Yksikköhintakehitysskenaario
  - EV:n uudet yksikköhinnat vuonna 2022

JHA ja NKA kehitys 2020-2036



**Mitä vaikutuksia verkkoliiketoiminnan suunniteluun?**  
**Mitä tapahtuu vuoden 2023 jälkeen?**  
 WACC sovellettava



# Esimerkkiyhtiöt

## Sallittu liikevaihto 2020-2036

### Tarkasteluperiaatteet:

- **Liikevaihdon kehitys (Tasapoistot + Sallittu tuotto), vuodet 2020–2036**
- Sallittu tuotto = WACC \* oikaistu tase (arvioitu NKA:n perusteella)
- Verkkomaisuuden kehittyminen kehittämissuunnitelman mukainen
- Tarkastelujen pitoajat yhtiöiden ilmoittamat

	S1	S2	S3	S4	S5
Yhtiö A	100 %	85 %	86 %	89 %	103 %
Yhtiö B	100 %	86 %	88 %	91 %	103 %
Yhtiö C	100 %	87 %	89 %	92 %	103 %
Yhtiö D	100 %	86 %	88 %	91 %	104 %

Tarkastelun prosentti kuvaa keskimääräistä tasapoistoa + sallittua tuottoa vuosina 2020–2036

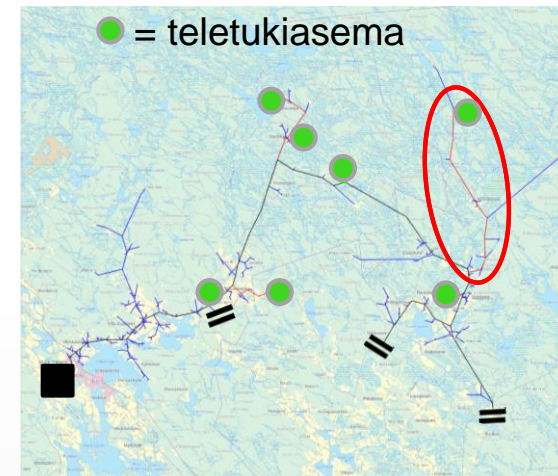
### Skenaariot

- S1 = Vanhat yksikköhinnat + WACC aiempi BAU
- S2 = Uudet yksikköhinnat + WACC uusi
- S3 = Uudet yksikköhinnat + WACC uusi + 2024 ilmajohdot +10 %
- S4 = Uudet yksikköhinnat + WACC uusi + 2024 alkaen kaikki komponentit +1 %/a
- S5 = Vanhat yksikköhinnat + WACC uusi + 2024 alkaen kaikki komponentit +1 %/a

# Verkon kehittäminen

## Valvontamenetelmien kehittäminen

### Sähkönjakelun kehittäminen

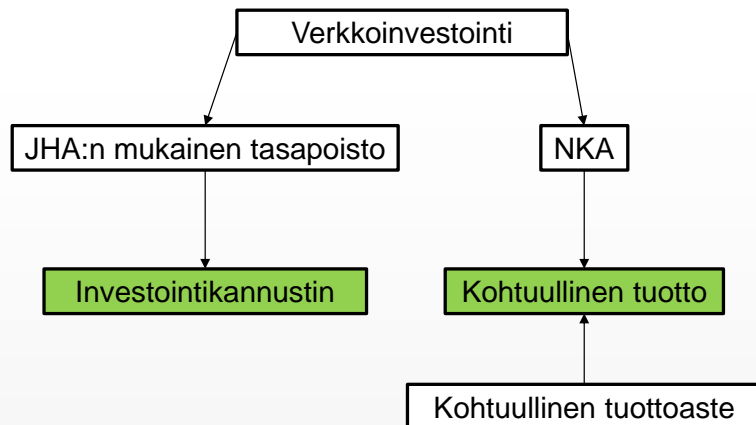


# Paikallinen toimitusvarmuuden turvaaminen

## Sallittu liikevaihto

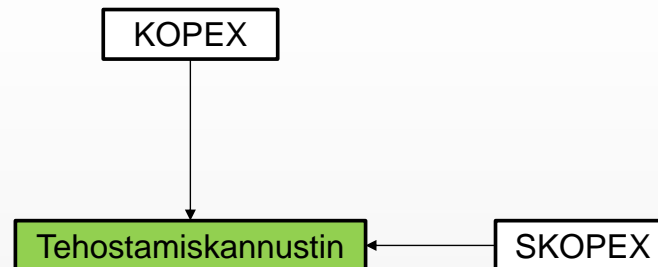
### CAPEX (verkostoinvestointi)

- Investointikannustin
- Sallittu tuotto



### OPEX (ostopalvelu)

- Tehostamiskannustin
  - SKOPEX
  - KOPEX
  - Vaikutus enintään 20 % kyseisen vuoden kohtuullisesta tuotosta



# Teletukiaseman toimitusvarmuuden turvaaminen

## CAPEX sallittu liikevaihto / tuotto (sääväarma verkko)

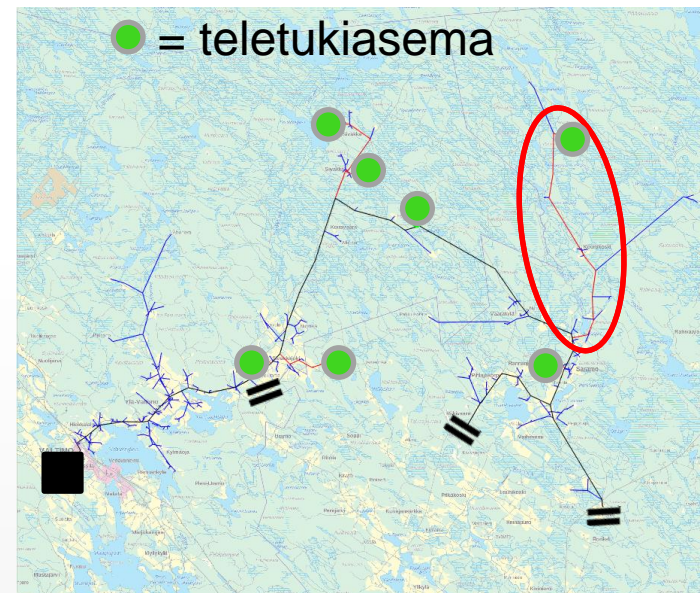
- Sääväarma verkkoratkaisu teletukiasemalle case-esimerkki
  - 10 km verkostosaneerausta
  - Maakaapelointi 60 000 €/km, pitoaika 50 a
    - Investointi 600 000 €, annuiteetti 23 319 €/a
  - Verrokkina ilmajohtoinvestointi 30 000 €/km
    - Investointi 300 000 €, annuiteetti 11 660 €/a
  - Investointien erotus 300 000 €

### Maakaapeloinnin myötä lisäykset

- Lisäys tasapoisto = 6 000 €/a (300 000 € / 50 a)
- Lisäys kohtuullinen tuotto 50 a ajalta = 0 – 12 000 €/a
- Lisäys sallittu liikevaihto = 6 000 – 18 000 €/a

### Tarkastelun tuotto

- Tulot – menot (diskontattu nykyarvoon)
- 262 000 – 300 000 = **-38 000 €**



# Teletukiaseman toimitusvarmuuden turvaaminen

## OPEX sallittu liikevaihto / tuotto (paikallinen varmennus)

- Paikallinen akkuvarmennus teletukiasemalle case-esimerkki
  - 1 kpl teletukiasemia
  - Sähköntarve 3 kWh/h, katkon pituus 24 h
  - Akkuvarmennus 500 €/kWh, pitoaika 10 a  
(→ investointi 36 000 € → annuiteetti 4 660 €/a)
  - vuotuinen palvelumaksu/käyttökustannus 4 660 €/a  
(Huom! Määritetty akuston investointikustannuksista, palvelumaksussa ei huomioitu palveluntarjoajan tuottoa tai muuta akuston markkinakäyttöä yms.)

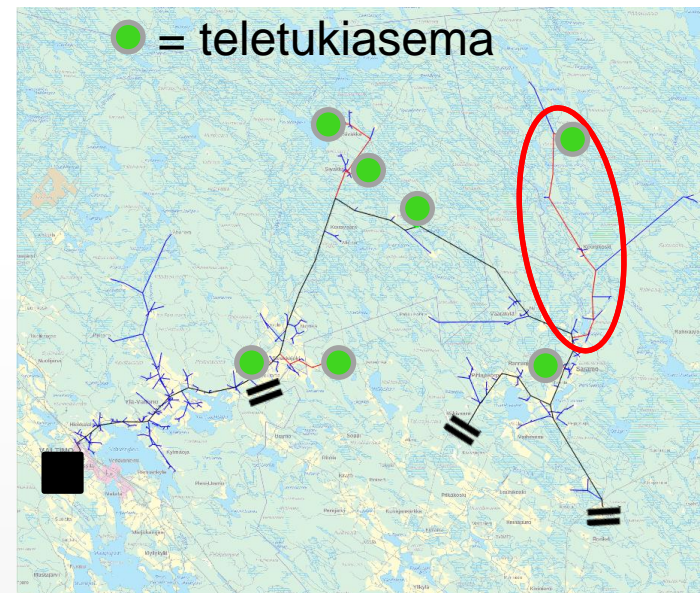
### Paikallisen varmennuksen myötä lisäykset

- Sallittu kopex = +0 – 4 660 €/a
- Sallittu liikevaihto = + 0 – 4 660 €/a

### Tarkastelun tuotto

- Tulot – menot (diskontattu nykyarvoon)
- (0 – 85 000 €) - 85 000 € = - 85 000 – 0 €

**HUOM!**  
Nykyisellään  
StoNED:ssa ei  
huomioida tekijänä  
palvelumaksuja



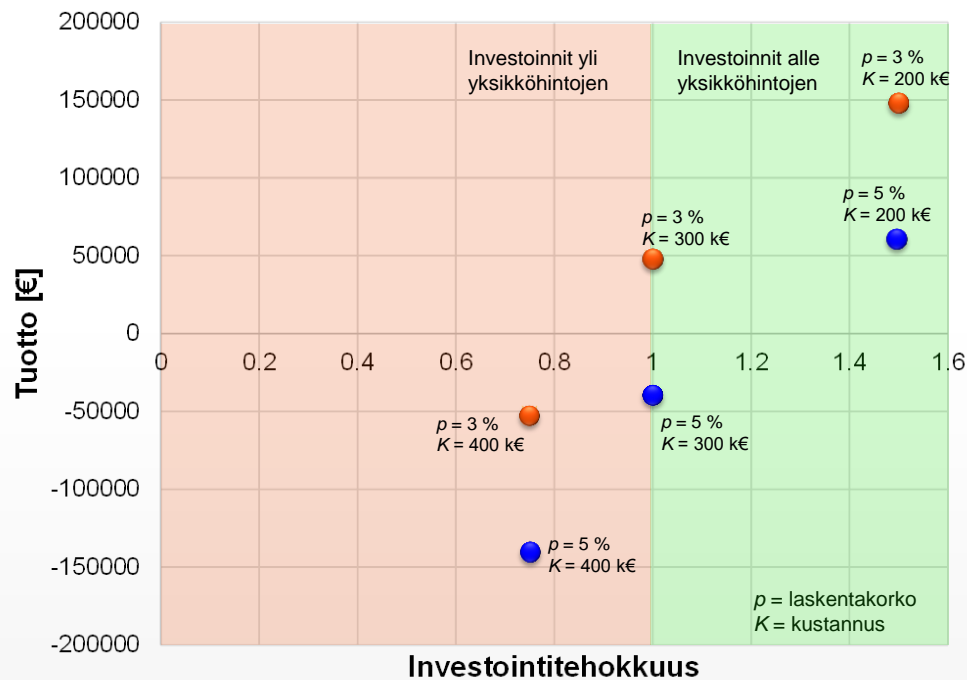


# Toimitusvarmuuden turvaaminen Säätelyn kehittämien OPEX ja CAPEX:

**Tuotto**  
CAPEX-tarkastelu  
10 km maakaapelihaara  
WACC 4%

vs.

OPEX-palvelu  
24 h akku  
tuotto **negatiivinen** tai  $\pm 0$   
Kustannuksen nykyarvo n.  
85 k€



● Maakaapelihaara 10 km, laskentakorko 5 % ● Maakaapelihaara 10 km, laskentakorko 3 %

# Verkkoliiketoiminta

## Muut sääntelyn muutokset

- Vakiokorvausrajojen muutokset
  - Ei merkittävä tekijä verkkotoiminnalle
- Kiinteistörajojen ulkopuolella olevat hajautetut tuotantoyksiköt
  - Lisää hieman pientuotantomahdollisuuksia
  - Pitkät yhdysjohdot kasvattavat kustannuksia → ei isoja vaikutuksia haja-asutusalueella
  - Ei merkittäviä vaikutuksia verkkotoimintaan

## Sähköverkkoliiketoiminta

### Yhteenvedo: mitä alalla tapahtumassa?

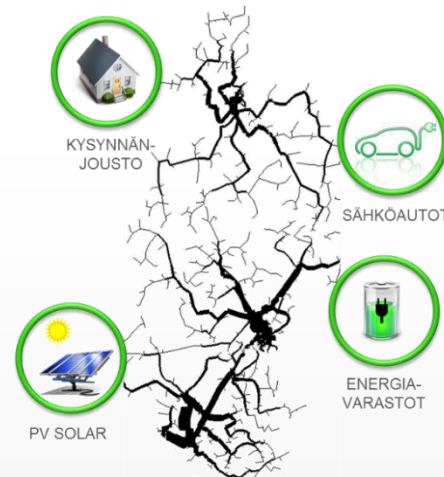
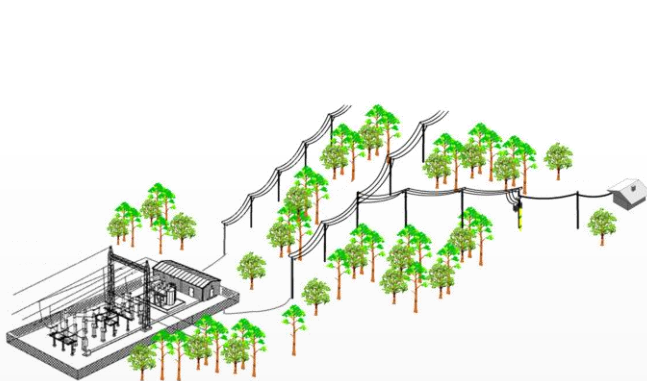
#### Muutokset sääntelyssä

- Sääntelyssä isot muutokset vuodelle 2022
  - Verkkotoiminnan pääoma laskee
  - Sallittu tuottoaste laskee
- Toimialan liikevaihto supistuu merkittävästi

#### Valvontamenetelmien kehitys

- Onko kaikille yhtiöille toimintaedellytykset jatkossa?
- Miten taataan valvontamenetelmin toimintaedellytykset?

# TEHOPOHJAISEN HINNOITTELUN KAUTTA TASAPUOLISUUTTA HINNOITTELUUN JA VASTAVOIMAA ENERGIAMURROKSEN LIEVEILMIÖILLE

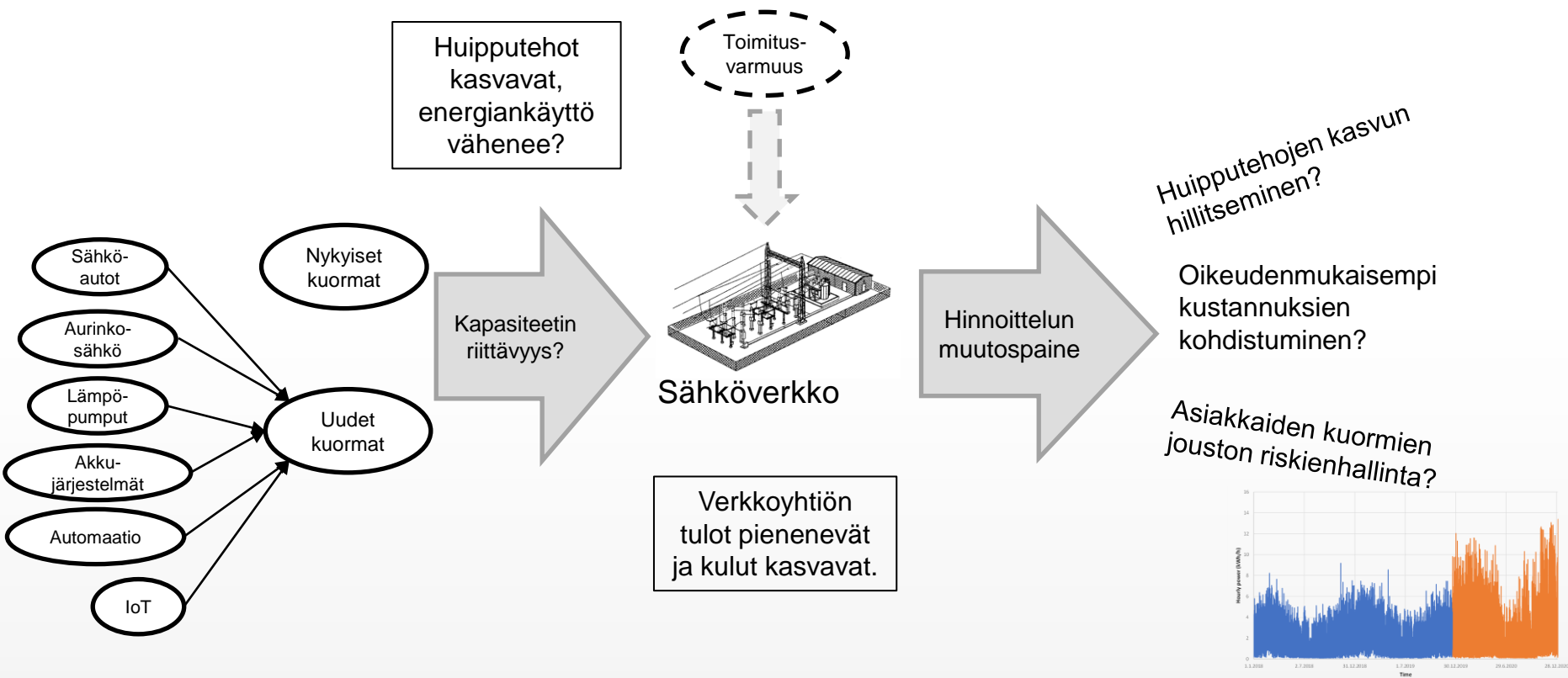


## Sähköverkkoliiketoiminta

### Mitä alalla tapahtumassa?

- Asiakaskuormissa tapahtumassa muutoksia
- Samaan aikaan verkkoon investoidaan voimakkaasti toimitusvarmuuden parantamiseksi.
  - Oikeat mitoitusvalinnat johdoille, kaapeleille ja muuntajille?
- Asiakaskuormien älykkyys ja ohjattavuus paranee
- Miten saadaan verkoston kapasiteetti hyödynnettyä tehokkaasti?

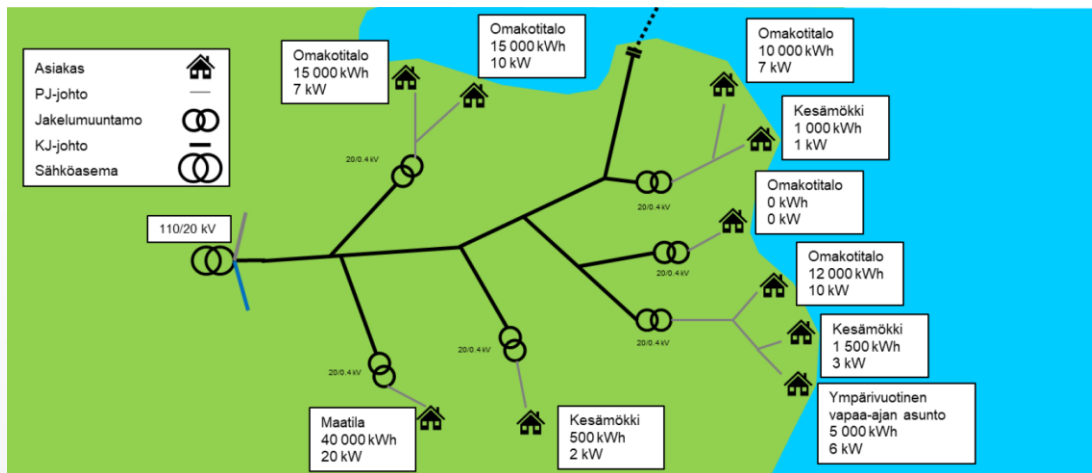
# Tehoperusteinen hinnoittelu



# Tehoperusteinen hinnoittelu

## Haja-asutusalueen verkko

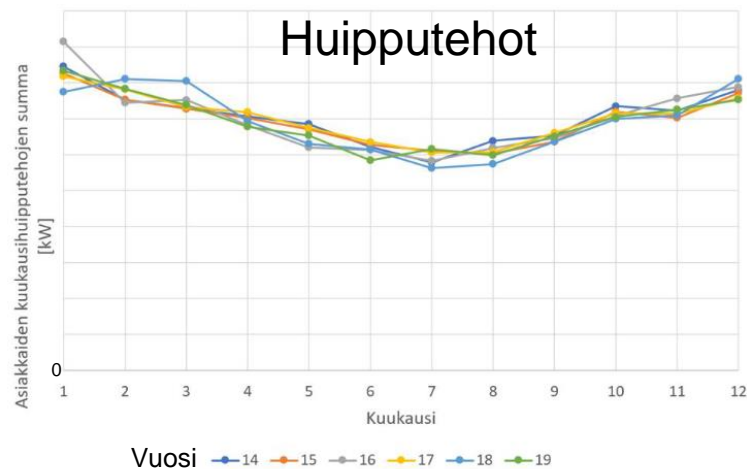
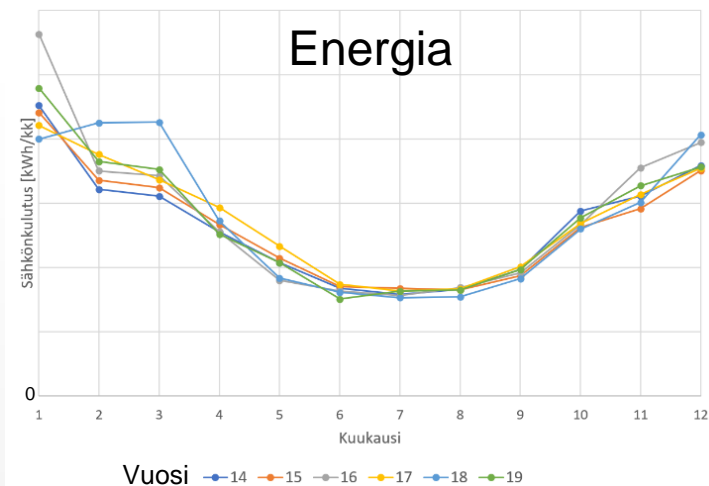
- Harvaan asutuilla alueilla toimivan verkkoyhtiön kustannuksista suuri osa aiheutuu asiakkaan verkkoliittymän olemassaolosta.
  - Minimioikosulkuvirrat määräävät osittain verkon mitoituksen asiakkaiden huipputehojen lisäksi.



# Tehoperusteinen hinnoittelu

## Huipputeho vs. energia

- Kuukausihuipputehojen summa on isossa asiakasjoukossa vakaampi sekä vuosien että kuukausien välillä kuin energiankulutus.
  - Huom! Asiakkaat eivät ole toistaiseksi huomioineet huipputehoja

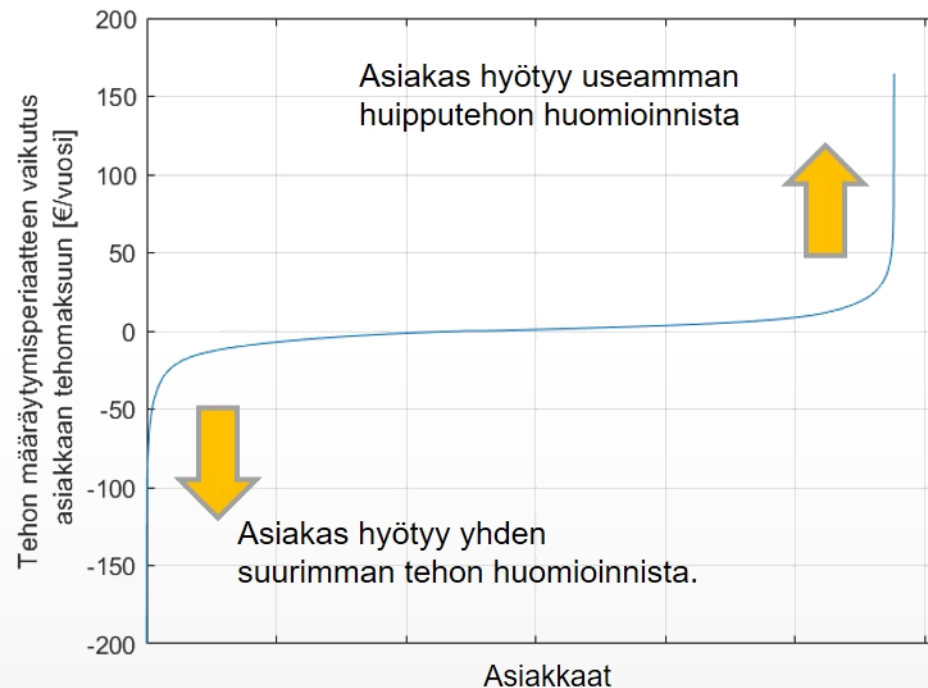




# Tehoperusteinen hinnoittelu

## Useamman huipputehon huomiointi

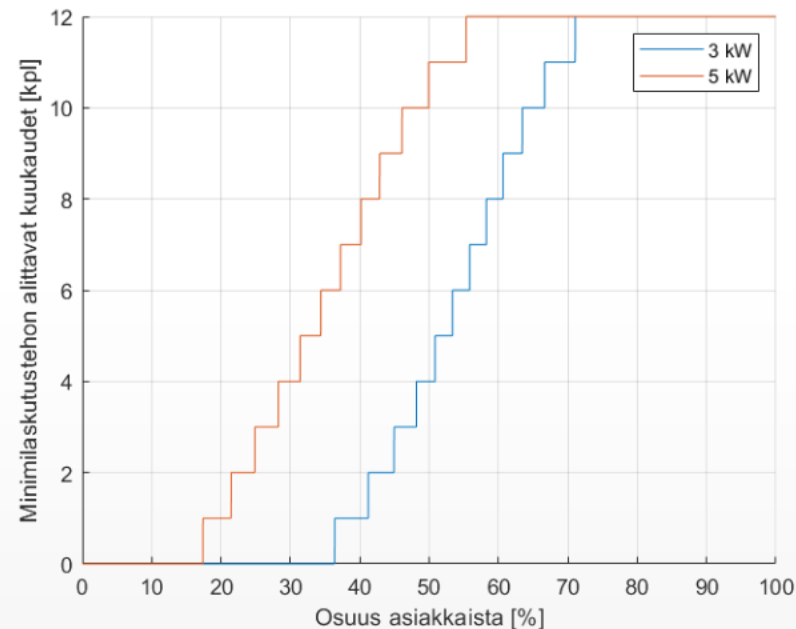
- Tehomaksun perustuminen kuukausittaiseen huipputehoon vs. kuukausittain kolmen suurimman huipputehon keskiarvoon.
  - Mikäli laskutus perustuu useamman tehon keskiarvoon, laskutustehot pienenevät ja tehomaksun yksikköhinnan tulee olla korkeampi, jotta tehomaksulla saadaan samat verkkopalvelumaksutulot.



# Tehoperusteinen hinnoittelu

## Kynnystehon vaikuttavuus

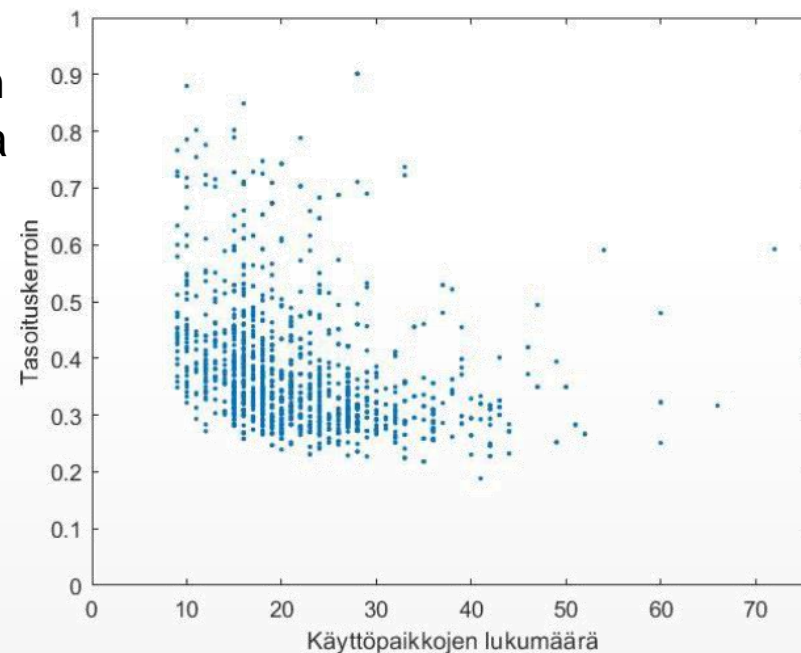
- Kynnys-/minimilaskutusteholla voidaan vaikuttaa kuinka monelle asiakkaalle tehomaksu tulee maksettavaksi nykykuormilla.
- Vaikka asiakas ei maksaisi tehomaksua nykykuormilla, niin tehomaksusta tulee kannustin mikäli asiakkaan huipputehot kasvaisivat.



# Tehoperusteinen hinnoittelu

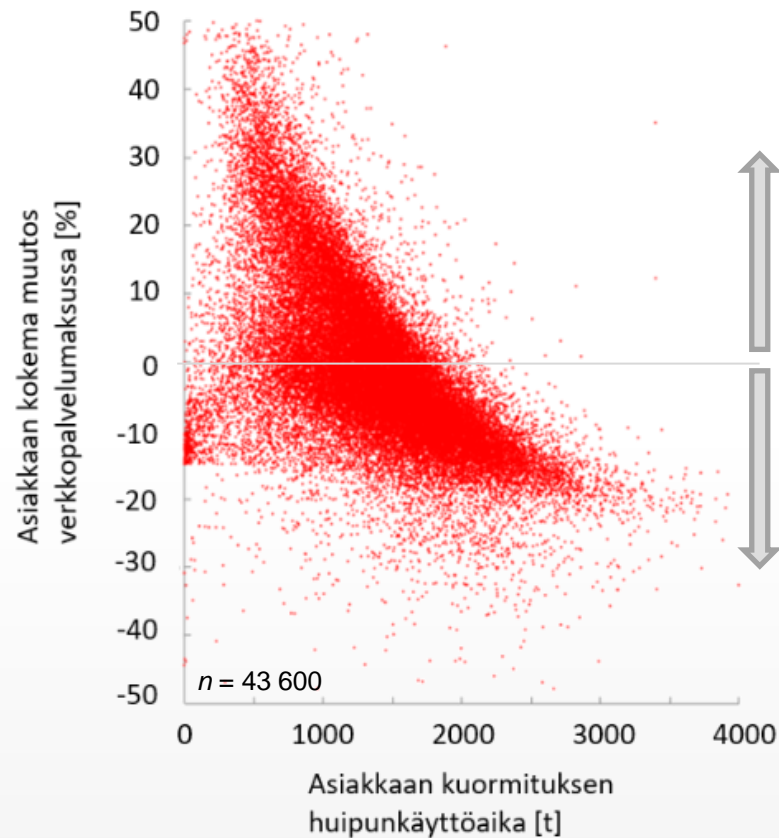
## Usean käyttöpaikan liittymät?

- Tehomaksu kerros- ja rivitaloissa?
  - Asiakkaiden tehot risteilevät liittymän sisällä, jolloin yksittäisen asiakkaan/asunnon huipputeholla on pienempi merkitys verkon huipputehoon.



## Tehoperusteinen hinnoittelu

- Esimerkki tehohinnoitteluun siirtymisen vaikutuksista.
- Tasaisen sähkönkulutuksen asiakkaat pääosin hyötyvät.
- Korkeita sähkönkulutuksen tehopiikkejä omaavat asiakkaat joutuvat maksamaan enemmän kuin nykyisin.
- Siirtymän suunnittelun tärkeys korostuu.



# Tehoperusteinen hinnoittelu

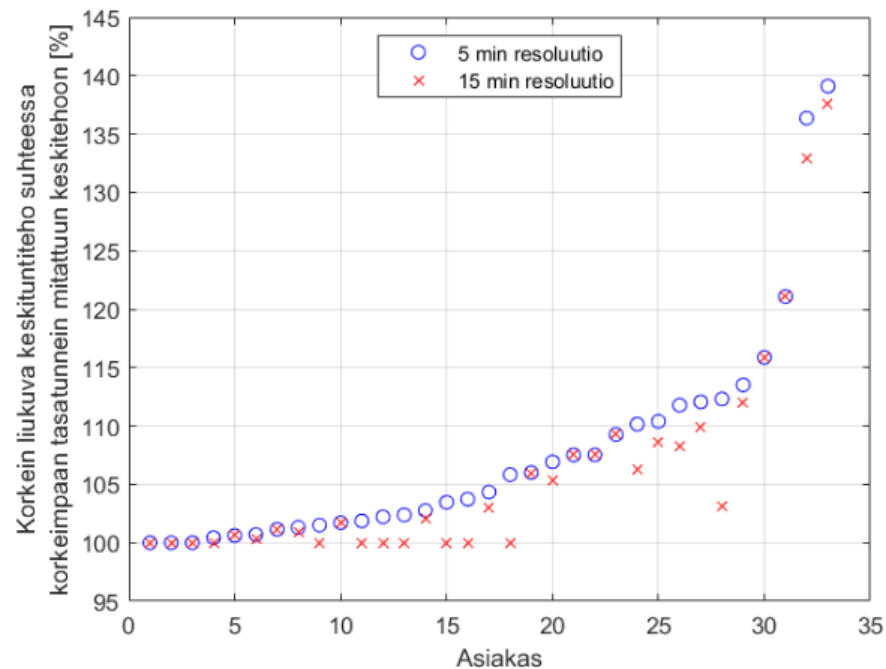
## Keskeisimpiä havaintoja

- Tehomaksun käyttöönotto luo kannustimet kapasiteettitehokkaisiin valintoihin:
  - Sähköautojen lataus, automaatio- ja akkujärjestelmät, lämmitystapavalinnat
- Siirtymän suunnittelu tärkeää.
  - Maltillinen siirtymä helpottaa tehomaksun käyttöönottoa sekä asiakkaiden että verkkoyhtiön näkökulmasta.
- Tehomaksun vaikuttavuus asiakkaiden valintoihin epäselvä. Voidaanko huomioida verkoston mitoittamisessa?
  - Vaikka asiakkaat eivät reagoisi, maksut kohdistuvat kustannusvastaavammin.

# Tehoperusteinen hinnoittelu

## Tehohinnoittelun tulevaisuus, 15 min mittaus

- Tuntia lyhyemmän mittausresoluution vaikuttavuus tehohinnoitteluun?
  - Kuinka korkein tuntiteho (esim. 16:15-17:15) eroaa tasatunnein olevasta huipputehosta?
- Huom! Otokoko pieni sekä asiakasmäärältä että mittauksen kestoilta.



## Hinnoittelun harmonisointi ja korotuskatto

- Hinnoittelun rakenteiden harmonisointi selkeyttää tehomaksua asiakkaiden näkökulmasta.
- Mahdollistaa palveluntarjoajien näkökulmasta tehokomponentin huomioivien palvelujen kehittämisen.
  - Edellytyksenä toimivien palveluiden kehittämiseksi.

# Hinnoittelun harmonisointi ja korotuskatto

- Hinnoittelun harmonisointiin ohjeistus → tehohinnoitteluun ennalta määritellyt komponentit mm. kynnysteho sekä laskutushuipputehon määrittely \*
- Lainsäädännöstä korotuskatto 8 %/a, mitä valvotaan asiakasryhmäkohtaisesti → Energiavirasto julkaissut tyyppikäyttäjät\*\*, joista pienasiakkaita (< 3x63A) 10 kpl.
  - 5 kW kynnysteholla 4/10 tyyppikäyttäjistä (sis. rivitalo ja kerrostalokäyttöpaikat) ei koskaan lasketa tehomaksua
  - 8 kW kynnysteholla 6/10 tyyppikäyttäjää ei koskaan ylitä kynnystehoa.

\* Lähde: Energiavirasto, *Energiaviraston suosituksia verkkopalvelumaksujen harmonisoiduksi rakenteeksi*, saatavilla:

<https://energiavirasto.fi/-/suositukset-sahkon-verkkopalvelumaksujen-harmonisoinnista>

\*\* Lähde: Energiavirasto, *Uusien asiakasryhmien soveltaminen korotuskattovalvonnassa*, <https://energiavirasto.fi/hinnoittelun-valvonta#korotuskattovalvonta>



# Hinnoittelun harmonisointi ja korotuskatto

## Tyypikäyttäjien laskutustehot

- Kuukausittain kolmen suurimman tuntitehon keskiarvo, tyypikäyttäjät:

Tyypikäyttäjä	Energia	Sulake	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
1	1000	3x25A	0.16	0.18	0.61	1.54	2.05	2.11	1.79	1.71	1.81	1.63	0.44	0.24
2	1500	1x25A	1.29	1.24	1.23	1.18	1.15	1.11	1.09	1.12	1.16	1.21	1.25	1.30
3	2500	3x25A	2.72	2.56	2.54	2.45	2.29	2.20	2.10	2.20	2.35	2.55	2.57	2.71
4	5000	3x25A	4.32	3.96	3.93	3.69	3.49	3.37	3.18	3.28	3.54	3.85	3.98	4.27
5	10000	3x25A	6.17	5.52	5.30	4.94	4.46	4.23	4.14	4.17	4.46	5.00	5.32	5.73
6	16000	3x25A	8.13	7.25	7.00	6.35	5.67	5.34	5.03	5.14	5.56	6.39	6.82	7.35
7	19000	3x25A	12.16	11.36	11.12	10.45	8.79	7.42	6.68	6.69	7.89	9.96	10.79	11.33
8	34000	3x35A	9.66	9.59	9.56	9.47	9.27	5.94	6.80	9.23	9.49	9.47	9.47	9.48
9	42000	3x35A	16.22	14.90	14.56	13.74	13.17	12.94	12.87	13.75	14.84	14.34	14.31	14.73
10	50000	3x63A	16.97	15.45	14.43	13.16	12.22	11.82	10.97	11.79	12.35	13.80	15.06	15.24

1 Kesämökki, kulutusta vain kesäisin, pääsulake 3x25A, sähkön käyttö 1 000 kWh/vuosi

2 Kerrostalohuoneisto, pääsulake 1x25A, sähkön käyttö 1 500 kWh/vuosi

3 Kerrostalohuoneisto, pääsulake 3x25A, sähkönkäyttö 2500 kWh/vuosi

4 Pientalo, ei sähkölämmitystä, 3x25A, sähkön käyttö 5000 kWh/vuosi

5 Energiatohokas pientalo, sähkölämmitys, pääsulake 3x25A, sähkön käyttö 10 000 kWh/vuosi

6 Pientalo, suora sähkölämmitys, käyttöveden lämmitys yösaikalla, pääsulake 3x25A, sähkön käyttö 16 000 kWh/vuosi

7 Pientalo, varaava sähkölämmitys, 3x25A, 19000 kWh/vuosi

8 Ulkovaistutus, hämäräkytkin, pääsulake 3x35A, sähkön käyttö 34 000 kWh/vuosi

9 Maatalous, karjatalous, pääsulake 3x35A, sähkön käyttö 42 000 kWh/vuosi

10 Liike-elämä, lyhyet aukioloajat, kiinni viikonloppuisin, pääsulake 3x63A, sähkön käyttö 50 000 kWh/vuosi

## Hinnoittelun harmonisointi ja korotuskatto

### Havaintoja tutkimusaineistoihin liittyen

- Tehomaksun käyttöönotto maltillisella painoarvolla, esim. 1 €/kW, ei aiheuta korotuskaton (8 %) ylityksiä tyyppikäyttäjillä.
  - Jos nykyisien tariffirakenteiden perusteita (sulakeporrastus) ei merkittävästi muuteta, ovat tyyppikäyttäjien kohdalla maksumuutokset maltillisia.
  - Yksittäisillä asiakkailla merkittävämpiä muutoksia, jopa 20-30 % (syynä suuri teho ja pieni energiankulutus).
- Useamman vuoden siirtymällä voidaan maltillistaa asiakkaan kokemia maksumuutoksia. Samalla verkkoyhtiön ymmärrys tehomaksun vaikuttavuudesta kasvaa.
- Sulakeporrastuksen poistaminen aiheuttaisi merkittäviä muutoksia verkkopalvelumaksujen jakautumiseen asiakkaiden välillä → Tarve perusmaksujen sulakeporrastukselle jatkossakin?

# YHTEENVETO

# Yhteenveto

## Keskeisiä havaintoja

- **Joustavuuden ja joustavien ratkaisuiden potentiaali ja arvo verkon kehittämisessä ja käytössä**
  - Toimitusvarmuuslähtöinen asiakasjousto – alueellinen vaikutus voi olla suuri, edellyttää kuitenkin merkittäviä muutoksia lainsäädäntöön ja käytäntöihin
  - Asiakaskatoriski – merkittävä ilmiö taantuvilla alueilla, aineistoja ja menetelmiä kehitettävä tehokkaan integroinnin mahdollistamiseksi
  - Kapasiteettijousto – voi olla verkkoyhtiön kannalta myönteinen (esim. pullonkaulat verkon korvaustilanteissa) tai haasteellinen (esim. kolmannen osapuolen aggregoima lämmitysjousto)

# Yhteenveto

## Keskeisiä havaintoja

- **Tehopohjainen hinnoittelu energiamurroksessa**
  - Tehohinnoittelun vaikutus – Tehohinnoittelulla voidaan luoda selvät aiheuttamisperusteiset kannustimet asiakkaille erityisesti ei-toivottuja lieveilmiöitä vastaan energiamurroksessa
  - Asiakkaiden laaja-alainen reagointi tehohinnoitteluun ei ole vielä selvä
  - Hinnoittelun harmonisointi – Koko toimialan kannalta perusteltua, että hinnoittelurakenne on harmonisoitu (mm. palveluntuotanto)
- **Verkkoliiketoiminnan sääntely**
  - Sääntelyn kehityttävä energiamurroksessa (esim. joustavien kehittämisvaihtoehtojen huomioiminen, esim. OPEX vs. CAPEX -näkökulma)
  - Liiketoiminnalliset haasteet
    - Investointien turvaaminen; toimialalla yleisesti verkko-omaisuuden arvon aleneminen ja sallitun tuottoasteen pieneneminen
    - Osalla verkkoyhtiöistä myös toimitusvarmuuskannustimen poistuminen rajaa kustannustehokkaita sähkönjakelun kehittämismenetelmiä