

Kulutusjoustokokeilu

Tutkimuksen vastuututkijat: Enni Ruokamo, Hannu Huuki, Santtu Karhinen, Maria Kopsakangas-Savolainen ja Jouni Räihä

Tutkimuksen mahdollistaa Suomen Akatemian rahoittama ALLTIME (2023-27) –hanke, DigiDecarbon ja EasyDR (2022-24) –hankkeet, jotka ovat saaneet Euroopan unionin elpymisvälinerahoitusta (NextGenerationEU) Suomen Akatemian kautta sekä Strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittama FLAIRE (23-29) –hanke

VÄRE



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Taustaa

Kulutusjoustokokeilu

- **Kokeilututkimus toteutettiin Suomen ympäristökeskus Syken ja energiapalveluyhtiö Väreeseen yhteistyönä 2022 – 2024**
 - Tutkimukseen osallistui noin 1500 Väreeseen kuluttaja-asiakasta ja tutkimuksessa hyödynnettiin Väreeseen viestintäkanavia
 - Suomen ympäristökeskuksen tutkijat suunnittelivat tutkimuksen koeasetelman sekä analysoivat ja raportoivat tulokset tieteellisin periaattein
- **Tavoitteena on tuottaa monipuolista ja uutta tietoa sähkön kulutuksen joustavuuden aktivoimisesta kotitalousasiakkaiden keskuudessa**
- **Tutkimuskysymys**
 - Voiko kohdennetulla viestinnällä sähkön hinnoista vaikuttaa kotitalouksien sähkönkulutuksen ajoittamiseen?

VÄRE

Väre on kotimainen, uuden ajan energiapalveluyhtiö ja yksi maamme suurimmista sähkön myyjistä. Väreeseen tavoitteena on olla edelläkävijä kokonaisvaltaisten energiapalvelujen ja uusien energiaratkaisujen kumppanina Suomessa. Väreeseen tarjonta kattaa palveluja, joilla energiakustannuksia ja hiilidioksidipäästöjä voidaan mitattavasti vähentää.

Väre on syntynyt 2018, kun Savon Voima Oyj, Kuopion Energia Oy, Alva-yhtiöt Oy ja Lappeenrannan Energia Oy allekirjoittivat perustamissopimuksen yhteisestä sähkönmyyntiin keskittyvästä energiapalveluyhtiöstä. Vuoden 2024 alusta Kymenlaakson Sähkö Oy (KSOY) ja Väre yhdistivät voimansa ja KSOY liittyi mukaan omistajayhtiöksi. Tämän myötä KSOY:n 80 000 sähkönmyyntiasiakasta siirtyi Väre Oy:n asiakkaiksi. Heinäkuussa 2024 Tampereen Energian sähkön vähittäismyynnin 100 000 kuluttaja- ja yritysasiakasta siirtyi Väreeseen asiakkaiksi.

Miksi kulutusjousto on tarvitaan?

- Sähkön kulutusjousto on tärkeää monista syistä, jotka liittyvät sekä yksittäisten kotitalouksien että yhteiskunnan ja energiamarkkinoiden laajempiin tarpeisiin
 - Pörssi- ja hybridisähkösopimuksen omaavat kotitaloudet voivat vaikuttaa oman sähkölaskunsa suuruuteen ajoittamalla kulutustaan
 - Kriittisinä hetkinä kotitaloudet voivat kulutuksen pienentämisellä vaikuttaa sähkön toimitusvarmuuteen
 - Tärkeä rooli puhtaassa energiasiirtymässä → Tulevaisuudessa kulutusjouston hyödyntäminen vaihtelevan ja uusiutuvan energiantuotannon kustannustehokkaassa hallinnassa ja järjestelmän tasapainotuksessa todennäköisesti korostuu

Kulutusjousto on sähkönkulutuksen hetkellistä vähentämistä tai lisäämistä sähkön markkinahinnan mukaisesti. Tiettyjä sähköä vaativia toimintoja kotona voi siirtää hetkiin tai päiviin, jolloin sähkö on edullisempaa.

Aiemmat sähkönkulutuksen kokeilututkimukset

Aikaisemmat tutkimukset ovat keskittyneet pääosin energian säästämiseen

- **Allcott (2011), Andor ym. (2020):** Energiaraporttien vaikutus kotitalouksien sähkönkulutukseen Yhdysvalloissa ja Saksassa → Energiansäästövinkit ja vertaisvertailut auttavat kotitalouksia vähentämään sähkönkulutustaan, mutta vaikutusten suuruudet voivat vaihdella maittain
- **Byrne ym. (2018):** Henkilökohtaisen palautteen ja vertaisvertailujen vaikutus sähkönkulutukseen Australiassa → Tutkimus korostaa räätälöidyn informaatio-ohjauksen merkitystä ja sitä, että sähkönkulutuksen taso voi vaikuttaa reaktioihin
- **Ruokamo ym. (2021):** Informaatio-ohjauksen vaikutukset sähkönkulutukseen Suomessa → Energiansäästövinkit pienentävät sähkönkulutusta talvikuukausina keskimäärin 10 % sähkönkulutuksen seurantapalveluun rekisteröityneiden keskuudessa
- **Khanna ym. (2021):** Meta-analyysi 122 tutkimuksesta → Käyttäytymisinterventiot vähentävät energiankulutusta keskimäärin 6.3 %

... tai piikkituntihinnoitteluun

- **Jessoe & Rapson (2014):** Sähkönkulutuksen seurannan ja hintojen merkitys energiansäästöön ja kulutustottumuksiin USAssa → Mikäli kotitalous seuraa omaa sähkönkulutustaan, tämä lisää reagointia silloin tällöin tapahtuviin sähkön hinnan korotuksiin
- **Ito ym. (2018):** Yhteiseen etuun ja järjestelmänäkökulmiin vetoamisen (moraalinen taivuttelu) sekä piikkituntihinnoittelun vaikutukset sähkön kulutukseen Japanissa → Moraalinen taivuttelu vähensi sähkönkulutusta lyhyellä aikavälillä, kun taas piikkituntihinnoittelu osoittautui tehokkaammaksi myös pidemmällä aikavälillä

Tämän kokeilututkimuksen kontribuutiot

Kirjallisuuden katvealueet:

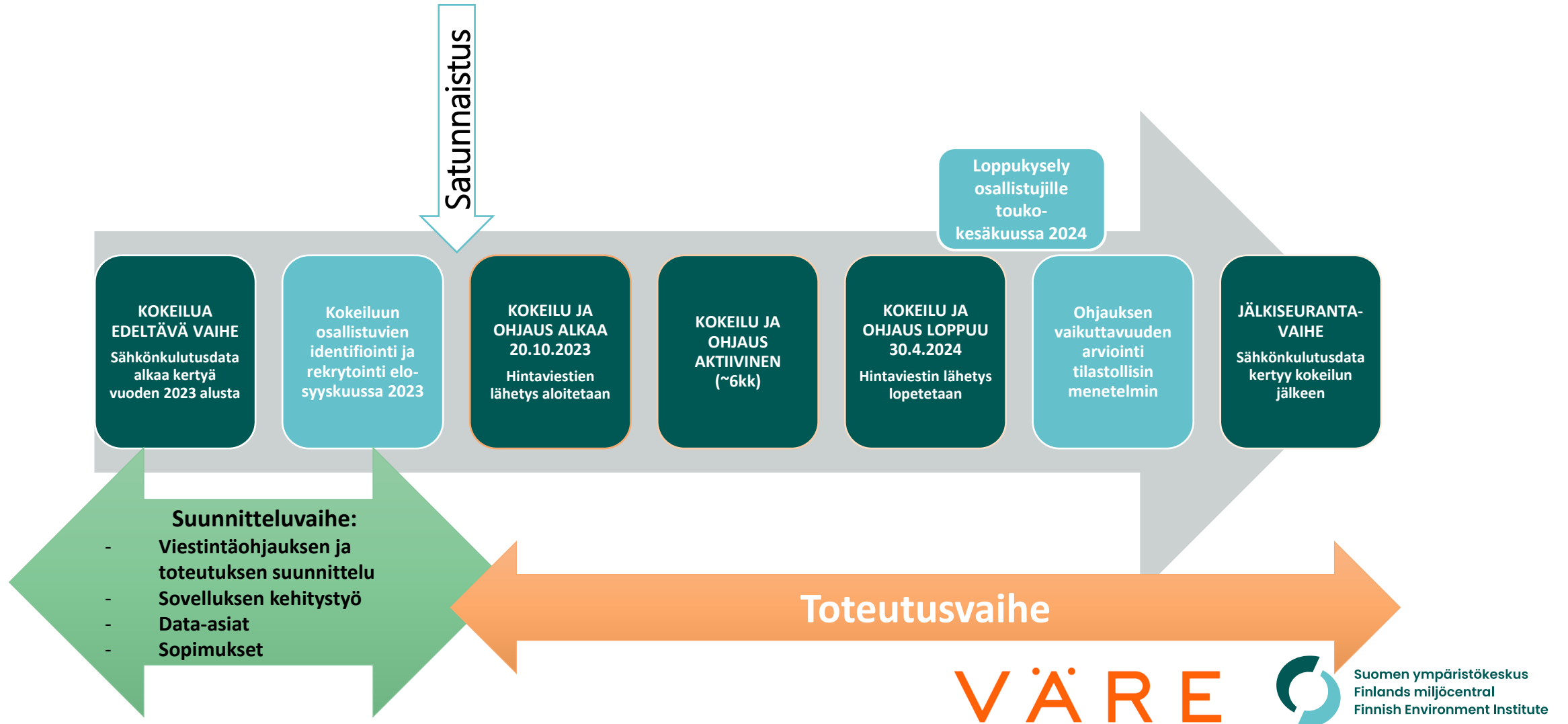
- **Kulutuksen ajoittaminen** → Tutkimuskirjallisuutta ei juurikaan tarjolla kulutusjoustosta
- **Hintaviestinnän vaikutukset kulutusjouston aktivoinnissa** → Kohdennettua hintaviestintää ei ole tutkittu, etenkin tarkasteltaessa 24/7 tapahtuvaa hintavaihtelua ja kulutuksen optimointia

Kokeilututkimuksen pääkontribuutiot:

- **Tutkimus on ensimmäisiä satunnaiskokeiluja koko maailmassa, jossa on keskitytty sähkönkulutuksen ajoittamiseen tuntitasolla** → Tutkimuksen keskiössä kulutusjouston aktivoinnin monipuolinen tarkastelu luotettavalla koeasetelmalla
 - Voiko lisätty viestintä sähkön hinnoista helpottaa sähkönkulutuksen ajoittamista hintojen mukaan?
 - Mitkä tekijät hankaloittavat ja edistävät aktiivista kulutusjoustoja kodeissa?

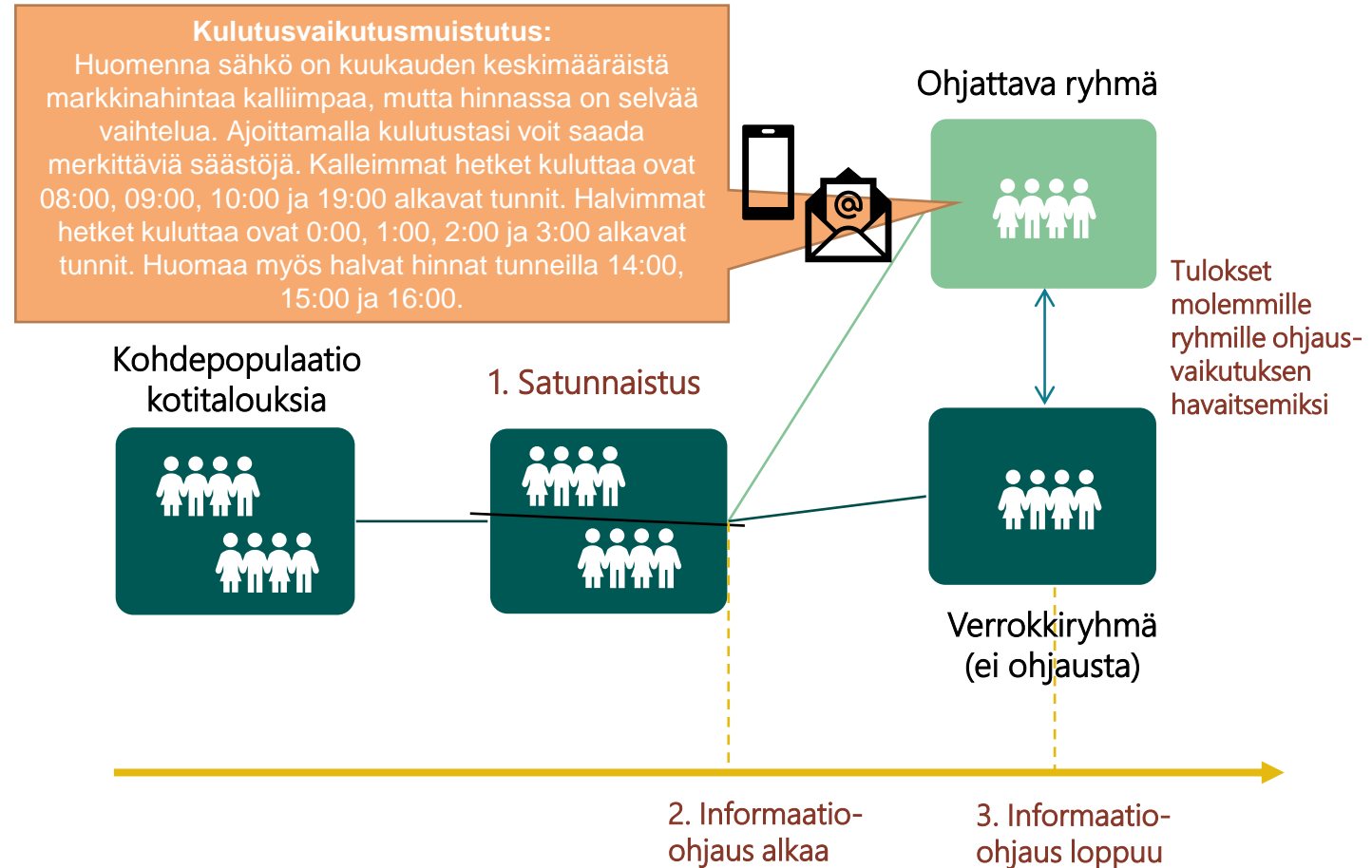
Satunnaiskokeilun kuvaus ja osallistujat

Kokeilututkimuksen aikajana



Miten vaikutukset tunnistetaan?

- **Satunnaiskokeilu** mahdollistaa luotettavan kehikon tarkastella informaatio-ohjauksen vaikutuksia
- Satunnaiskokeilussa kohdepopulaatio arvotaan/satunnaistetaan informaatiota (tässä tapauksessa hintaviestintää) saavaan ryhmään ja verrokkiryhmään, joka ei saa vastaavaa informaatiota
- Tällöin havaitut erot ohjattavan ja verrokkiryhmän välisessä sähkönkulutuksessa johtuvat pelkästään saadusta lisäinformaatiosta



Osallistujat

- Satunnaiskokeilu toteutetaan opt in –tyyppisesti
 - Kaikki kokeiluun soveltuviksi tunnistetut Väreen asiakkaat kutsuttiin sähköpostitse mukaan kokeiluun elo-syyskuussa 2023
 - Kokeiluun ilmoittautui mukaan n. 1500 kotitalousasiakasta, joilla oli dynaamista hinnoittelua sisältävä sähkösopimus eli joko pörssi- tai hybridisähkösopimus
 - Kokeiluun osallistujissa on mukana erityyppisiä kotitalouksia ja sähkönkulutusprofiileja

Ryhmiin satunnaistus

Osallistujien jaottelu pääryhmiin:

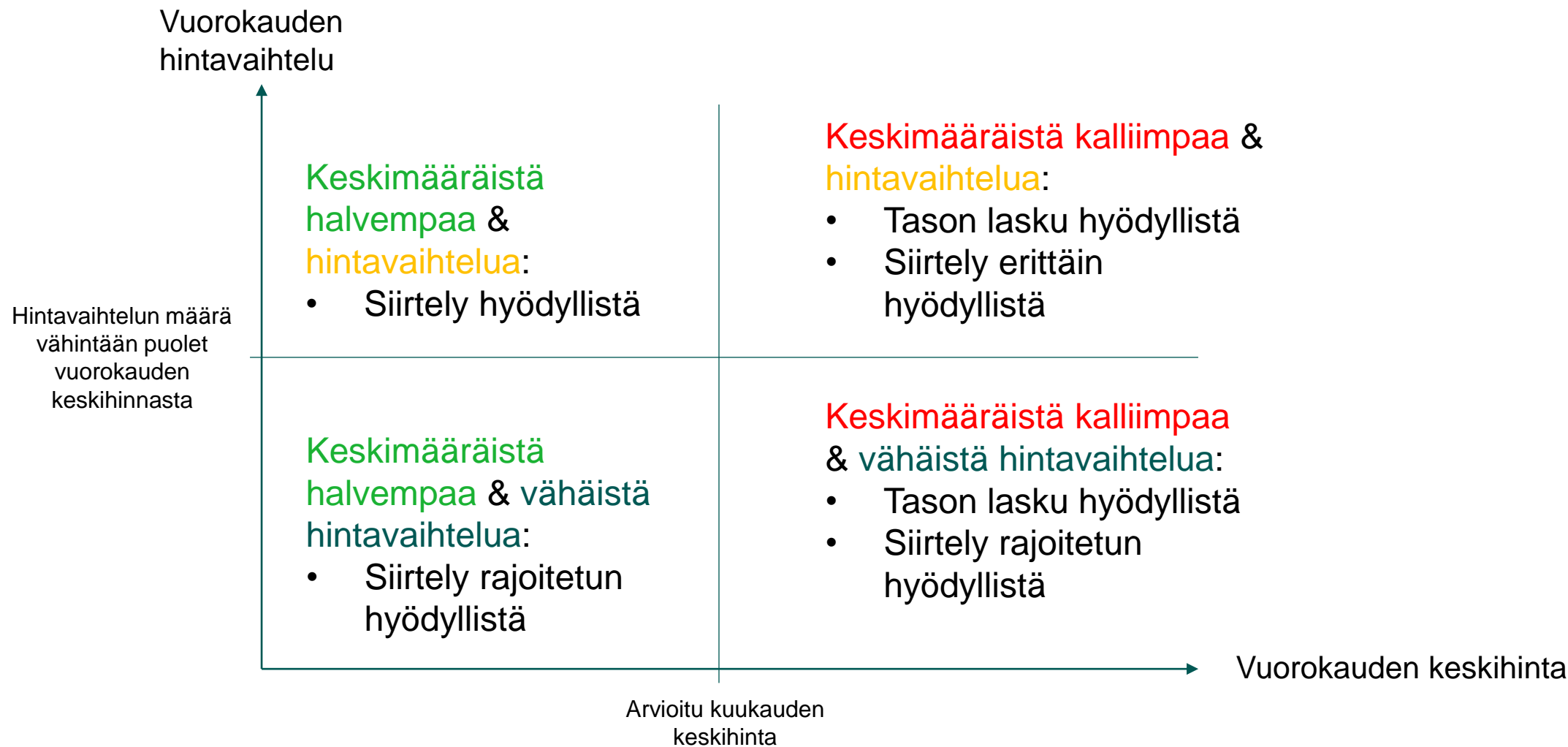
- Pörssi- ja hybridisopimuksen omaavat arvottiin kahteen ryhmään
 1. Hintaviestiryhmä, jossa asiakas saa päivittäin muistutusviestin koskien seuraavaa vuorokautta, jossa ohjeistetaan milloin sähköä kannattaa käyttää ja milloin sähkönkäyttöä välttää
 2. Verrokkiryhmä → Ei hintaviestejä

	Hintaviestiryhmä	Verrokkiryhmä
Lukumäärä, josta	725	725
sähkölämmittäjiä	29%	30%
ei-sähkölämmittäjiä	22%	24%
kerrostaloasuntoja	49%	45%
Keskimääräinen tuntikulutus (kWh)	0,70	0,74
Sopimustyyppiosuus: (pörssisähkö / hybridi)	60% / 40%	63% / 37%



Kuvan lähde: Väre Oy
<https://vare.fi/sahkonkulutus/vappi/>

- Hintaviestiohjaus toteutettiin joko Väppi-sovelluksen push-muistutusviesteillä tai sähköpostitse → Osallistuja sai itse valita kumman tavan halusi
 - Noin puolet osallistujista sähköpostiohjauksessa ja puolet sovellusviestiohjauksessa
- Hintaviestintäryhmä sai joka iltapäivä klo 16 viestin, jossa
 - esitettiin seuraavan päivän kulutusjoustopotentiali nelikentän avulla (ks. seuraava slide) ja
 - kerrottiin seuraavalle vuorokaudelle korkeimman ja matalimman hinnan tunnit sekä koko vuorokauden hintalistaus



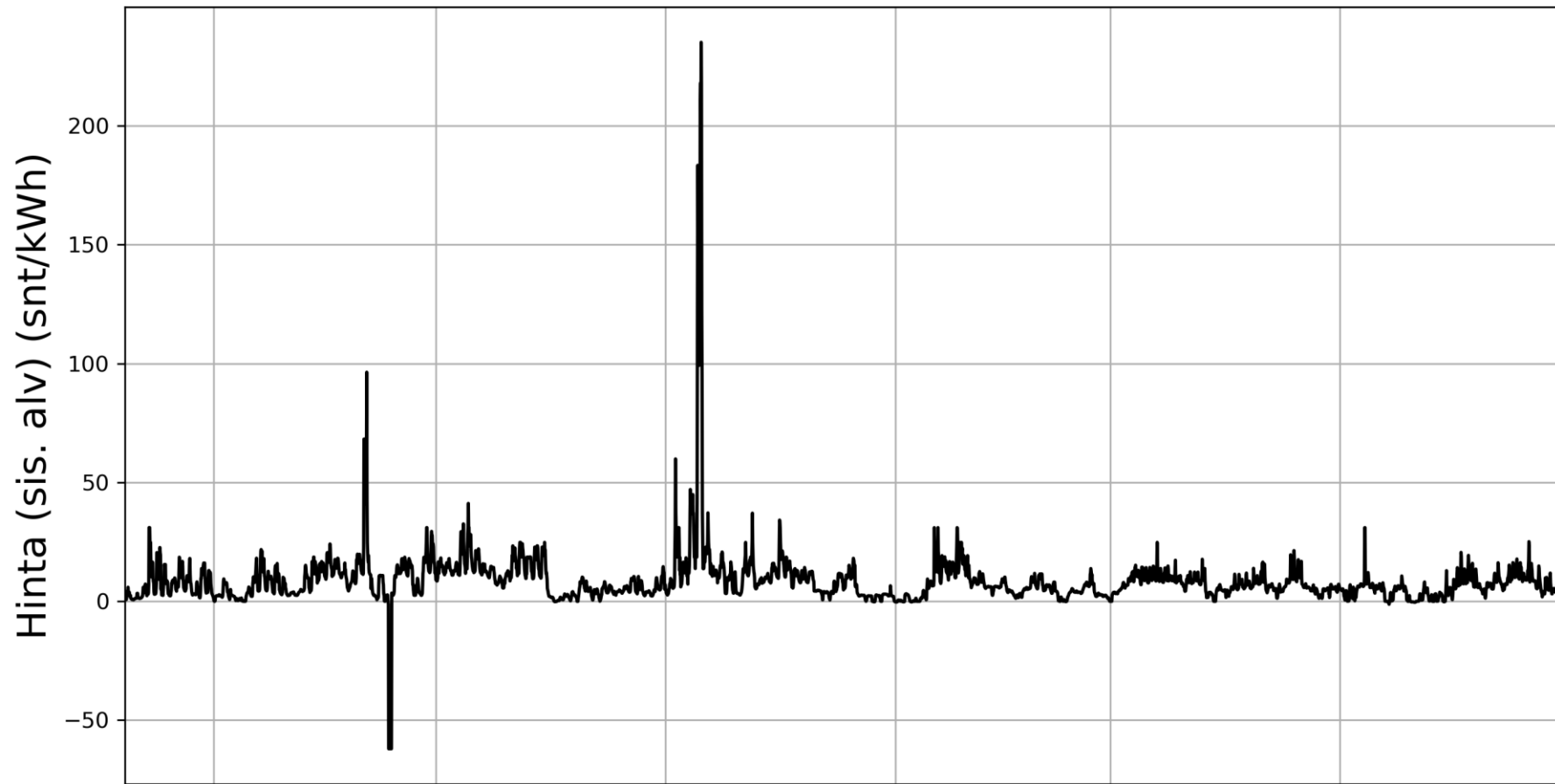
Hintaviesteissä vuorokauden joustopotentiali määritettiin päivän keskihinnan ja hintavaihtelun mukaan ylle esitetyn nelikentän mukaan

Esimerkkihintaviesti sähköpostiin kokeilun ajalta (viesti lähetetty 5.2.)

Kulutusvaikutusmuistutus:
Huomenna sähkö on kuukauden keskimääräistä markkinahintaa kalliimpaa, mutta hinnassa on selvää vaihtelua. Ajoittamalla kulutustasi voit saada merkittäviä säästöjä. Kalleimmat hetket kuluttaa ovat 6:00, 8:00, 17:00 ja 18:00 alkavat tunnit. Halvimmat hetket kuluttaa ovat 0:00, 2:00, 3:00 ja 4:00 alkavat tunnit. Markkinahinnat näet myös Väreen nettisivuilta osoitteessa [www...](http://www.vare.fi) + Huomisen hinnat (sis. alv 24 %) ovat: *hinalistaus koko vuorokauden tunneista



Sähkön hinta ja kulutusjousto- potentiaalit nelikentän mukaan kokeilun aikana



Keskim. kalliimpaa ja vähäistä hintavaihtelua

Keskim. kalliimpaa ja hintavaihtelua

Keskim. halvempaa ja vähäistä hintavaihtelua

Keskim. halvempaa ja hintavaihtelua

2023-11

2023-12

2024-01

2024-02

2024-03

2024-04

Data ja ekonometrinen malli

Kokeiluajanjakso ja data

- Kokeiluajanjakso
 - Kokeilua edeltävä verrokkiperiodi 1.1.2023-19.10.2023
 - Kokeilun ohjausperiodi, jolloin hintaviestintää toteutettiin 20.10.2023-30.4.2024
 - Kokeilun jälkiperiodi, jolloin hintaviestintää ei enää toteutettu 1.5.-31.5.2024
- Ryhmien koot
 - Hintaviestiryhmä N = 725
 - Verrokkiryhmä N = 725
- Kulutus pistekohtainen tuntikohtainen sähkökäyttöaineisto 1.1.2023-31.5.2024
- Tuntikohtaiset pörssisähköhinnat (spot-hinnat) 1.1.2023-31.5.2024
- Sääaineisto
 - Postinumerotason aineisto Ilmatieteen laitokselta 1.1.2023 lähtien
 - 1.1.2023-31.7.2023 havainnot kolmen tunnin välein, ja välit interpoloitu lineaarisesti
 - 1.8.2023-31.5.2024 tuntihavainnot

Erotus erotuksissa -malli

$$\begin{aligned} \log(\text{kulutus}_{it}) = & \alpha + \beta_1 \cdot \log(\text{hinta}_t) + \beta_2 \cdot \text{ohjausryhmä}_i + \beta_3 \cdot \text{ohjausperiodi}_t + \\ & \beta_4 \cdot (\text{ohjausryhmä}_i \times \text{ohjausperiodi}_t) + \beta_5 \cdot (\log(\text{hinta}_t) \times \text{ohjausryhmä}_i) + \\ & \beta_6 \cdot (\log(\text{hinta}_t) \times \text{ohjausperiodi}_t) + \delta \cdot (\log(\text{hinta}_t) \times \text{ohjausryhmä}_i \times \text{ohjausperiodi}_t) + \\ & \beta_7 \cdot \text{jälkiperiode}_t + \beta_8 \cdot (\log(\text{hinta}_t) \times \text{jälkiperiode}_t) + \\ & \psi \cdot (\log(\text{hinta}_t) \times \text{ohjausryhmä}_i \times \text{jälkiperiode}_t) + \\ \gamma \cdot \text{säätila}_{it} + & \sum_{m=1}^{11} \theta_m \cdot \text{kuukausi}_m + \sum_{d=1}^6 \chi_d \cdot \text{viikonpäivä}_d + \sum_{h=1}^{23} \varphi_h \cdot \text{vuorokaudentunti}_h + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

missä $\delta \cdot (\log(\text{hinta}_t) \times \text{ohjausryhmä}_i \times \text{ohjausperiodi}_t)$ on kiinnostuksen kohteena oleva informaatio-ohjauksen vaikuttavuutta kuvaava interaktiotermi

→ Tarkastelussa tuntikohtainen hintajousto ohjauksen kanssa ja ilman
eli kun hinta muuttuu X %, kulutus muuttuu Y %

Hintaviestiohjauksen tulokset

Hintaviestiohjauksen tulokset

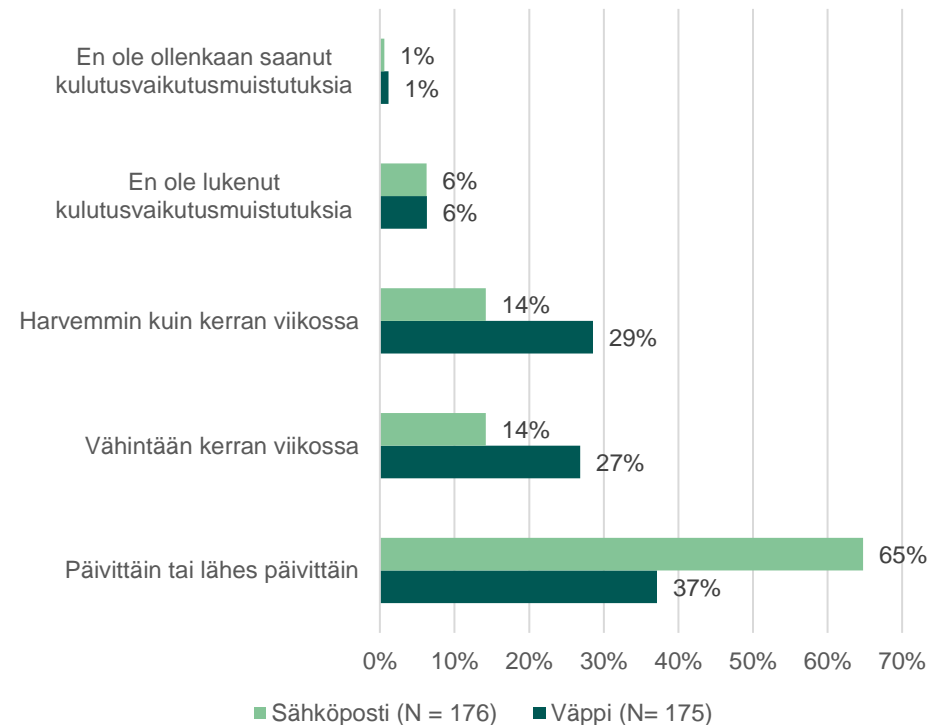
- Ohjausperiodilla hintaviestinnän vaikutus joustoon on keskimäärin -0,0058
 - Arviointiin liittyy tilastollinen epävarmuus: hintajoustoestimaatin vaihtelu 95% luottamusvälillä on [alaraja = -0,0115; yläraja = 0,0000]
- Keskimääräinen hintajousto ilman hintaviestiohjausta koko tarkasteluperiodilla on ohjattavassa ryhmässä -0,0104
 - Esimerkiksi: jos sähkön hinta nousee 5 sentistä 30 senttiin (muutos 600 %), niin kulutus vähenee ilman hintaviestintää 6,2 %
 - Hintaviestiohjauksen vaikutuksen kanssa kulutus vähenee 9,7 %, eli hintaviestiohjauksen lisävaikutus on 3,5 prosenttiyksikköä
 - Kulutuksesta tulee joustavampaa hinnan suhteen viestinnän ansiosta
- Kuukausitasolla hintaviestinnän vaikuttavuudessa on vaihtelua
 - Kuukausitasolla vahvimmat vaikutukset havaitaan marraskuussa ja helmi-huhtikuussa
 - Joulu-tammikuussa hintaviestinnän vahvuus heikkenee oletettavasti muun yleisen median hintaviestinnän vuoksi
 - Hintaviestiohjauksen vaikutus heikkenee viestinnän loppumisen jälkeen toukokuussa

Tuloksia loppukyselystä

Kyselyhavainnot

- Loppukysely toteutettiin Webropolissa
- Hintaviestiryhmän vastausprosentti oli 48 % ja verrokin 51 %
- Hintaviestiryhmäläisistä:
 - Valtaosa luki viestejä joko vähintään kerran viikossa tai päivittäin/lähes päivittäin (ks. viereinen kuvaaja)
 - 56 % ilmaisi saaneensa uutta tietoa viesteissä
 - Lähes 60 % haluaisi saada vastaavia viestejä myös tulevaisuudessa

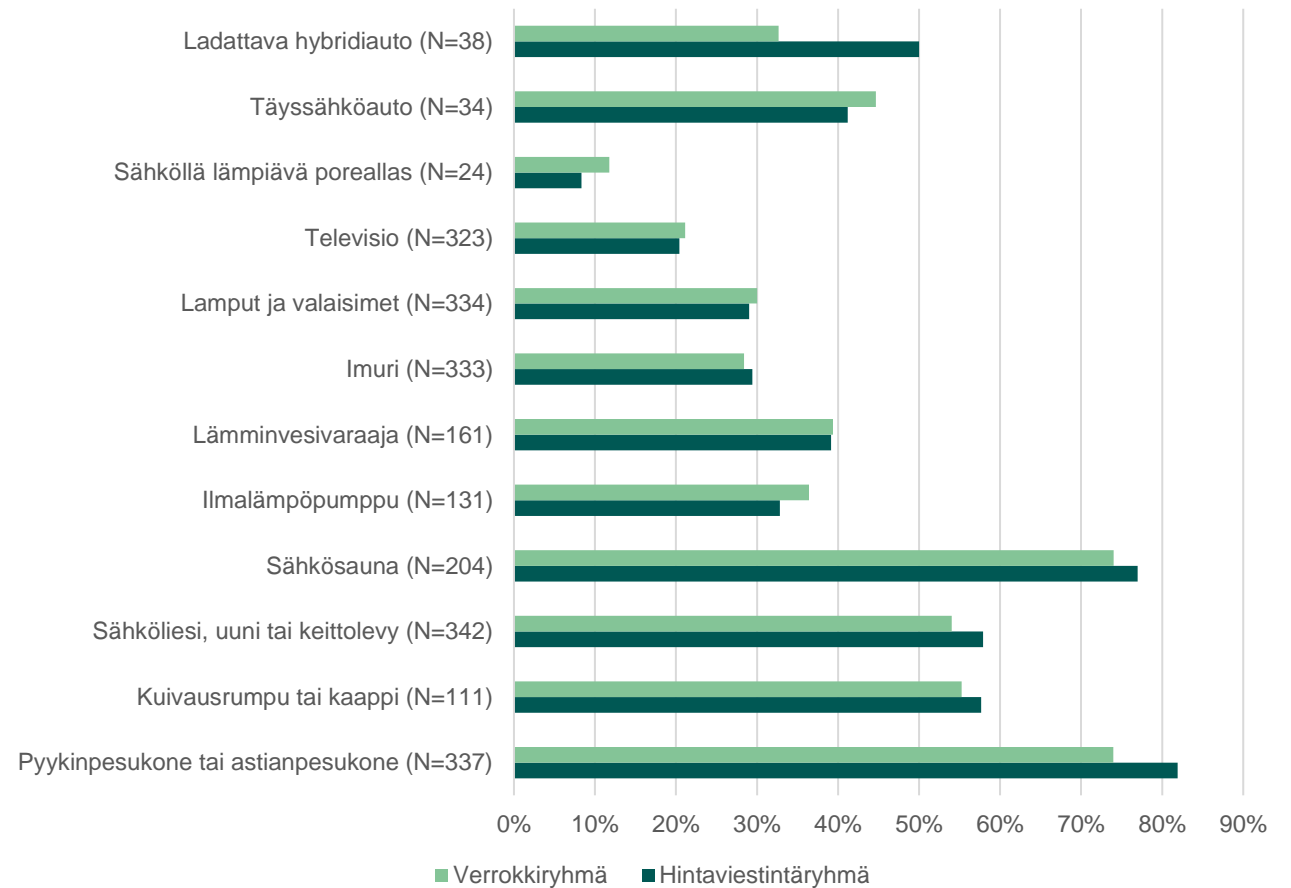
Hintaviestiryhmä: Kuinka usein luit sähköpostista tai Väppi-sovelluksesta hintaviestejä lokakuun 2023 ja huhtikuun 2024 välisenä aikana? (N=351)



Missä joustetaan?

- Noin kolmasosa ilmaisi reagoineensa sähkön hintavaihteluihin muuttamalla huonelämpötilaa tai ajoittamalla puunpoltoa tulisijassa
 - Vastaukset olivat samankaltaiset sekä hintaviestiryhmässä että verrokissa
- Hintaviestiryhmä oli vastaustensa perusteella verrokkia hieman aktiivisempi ajoittamaan mm. hybridi-auton latausta, ruoanlaittoa, sekä sähkösaunan ja pyykinpesu- tai astianpesukoneen käyttöä (ks. viereinen kuvaaja)
 - Toisaalta verrokissa ajoitettiin enemmän mm. sähköauton latausta ja ilmalämpöpumpun käyttöä

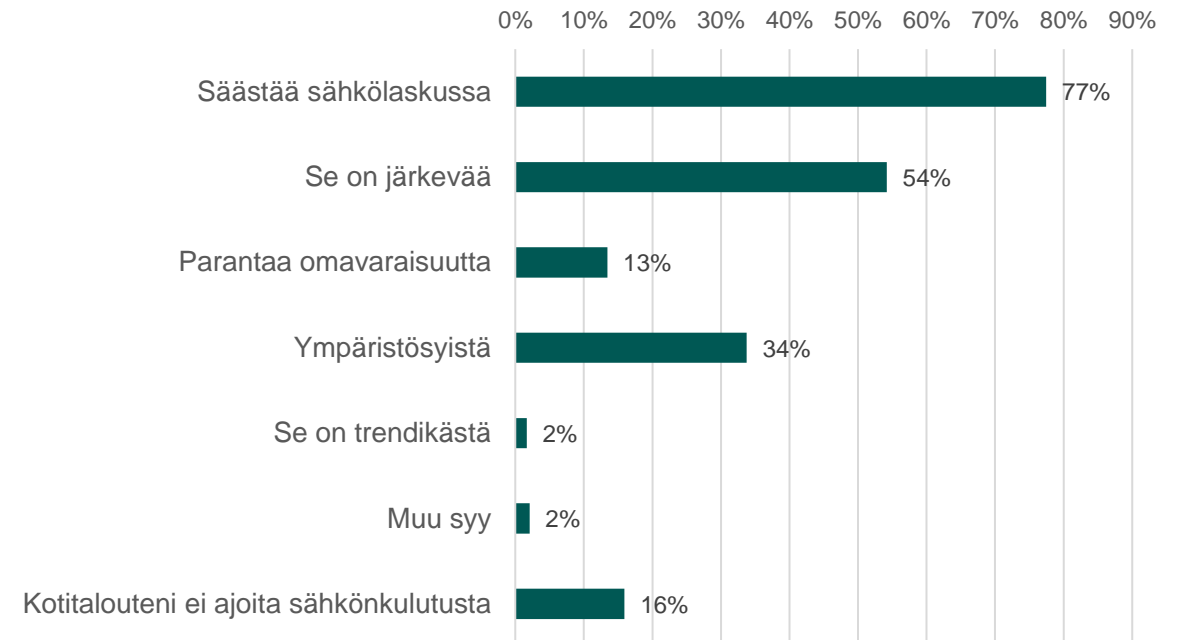
Onko kotitaloudessasi ajoitettu seuraavien laitteiden käyttöä sähkön hinnan mukaisesti lokakuun 2023 ja huhtikuun 2024 välisenä aikana?: (Kyllä-vastaajien osuus kotitalouksista, jotka ilmoittivat, että kotitaloudessa on kyseinen laite)



Miksi joustetaan?

- Kolme neljästä vastaajasta ajoittaa sähkönkulutustaan säästääkseen sähkölaskussa, reilu puolet järkevyyden vuoksi ja noin kolmannes ympäristösyistä
- Vain 16 % vastaajista ilmaisi, ettei ajoita sähkönkulutustaan hintojen mukaan
- Vastaukset olivat samankaltaisia sekä hintaviestiryhmässä että verrokissa

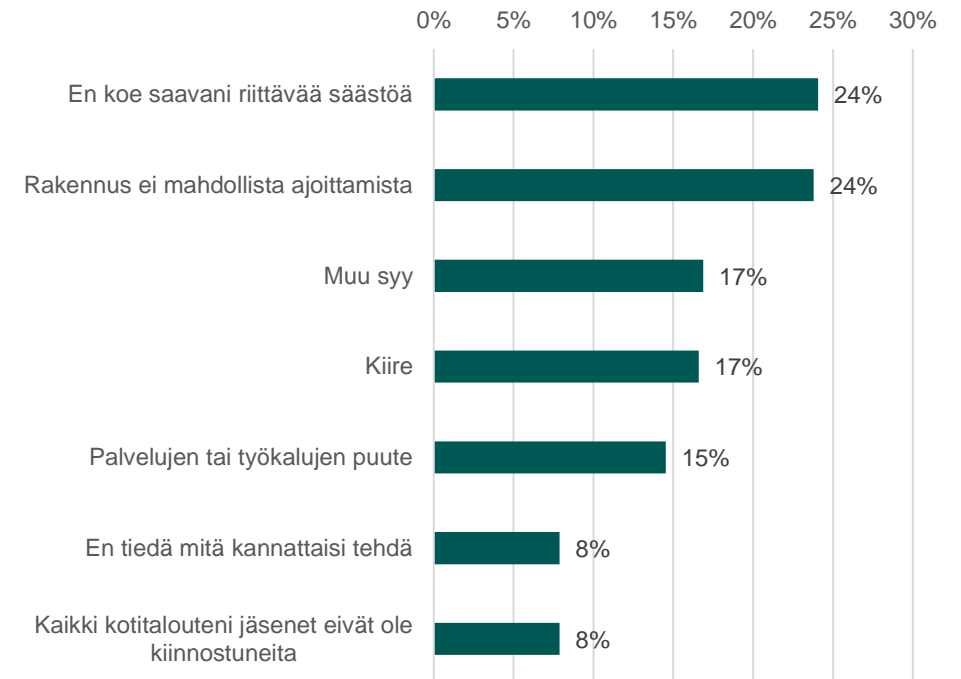
Miksi kotitaloutesi ajoittaa sähkönkulutusta? (N=723)



Miksi ei jousteta?

- Joka neljäs vastaaja ilmoittaa, että sähkönkulutuksen ajoittamista hankaloittaa riittämättömät säästöt tai rakennustekniset seikat
- Myös kiire ja palveluiden puute nostetaan tärkeimpien seikkojen joukkoon
- Muissa syissä esille nostetaan mm. normaaliin elämänrytmiin, tekniikkaan, investointien hintaan ja sähkösopimukseen liittyviä asioita
- Vastaukset olivat samankaltaisia sekä hintaviestiryhmässä että verrokissa

Mitkä seikat kotitaloudessasi hankaloittavat sähkönkulutuksen ajoittamista? (N=723)



Yhteenveto

Yhteenveto

- Suomen ympäristökeskus Syke ja energiapalveluyhtiö Väre selvittivät, miten kotitalouksia voidaan tukea sähkönkäytön ajoittamisessa ja kulujen pienentämisessä
 - Tulosten mukaan hintaviestintä lisäsi sähkönkulutuksen ajoittamista hintojen mukaan selvästi
→ Sähkön hinnoista viestiminen helpottaa kotitalouksia ajoittamaan sähkönkulutustaan
 - Toisaalta tulokset osoittavat, että sähkönkulutus on edelleen suhteellisen joustamatonta sekä viestejä saaneessa että verrokkiryhmässä eli hintoihin reagointi on pidemmällä ajalla aika vähäistä
 - Omatoimisen optimoinnin rajat tulevat jossain vaiheessa vastaan ja kotien teknologinen kyvykkyys on kulutusjouston kannalta puutteellinen
 - Tutkimuksessa toteutettu loppukysely paljastaa, että sähkönkulutuksen ajoittamista hankaloittavat etenkin liian pieneksi jäävät säästöt sähkölaskussa, kodin tai rakennuksen ominaisuudet, kiire ja kulutusjoustopalveluiden puute
- Koteihin tarvitaan lisää älyä ja automaattista sähkönkulutuksen ohjausta, etenkin tilojen ja käyttöveden lämmitykseen liittyen

VÄRE



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Yhteenveto

- Suomen ympäristökeskus Syke ja energiapalveluyhtiö Väre selvittivät, miten kotitalouksia voidaan tukea sähkönkäytön ohjauksella.
 - Tulosten mukaan sähkönkäytön ohjaus on selvästi hyödyllistä ja kannattavaa, kun otetaan huomioon säästönsuhteiden lisäksi sähkönsäätötoimien vaikutus energiankäytön vähentämiseen ja sähköntuotannon hiilijalanjäljen pienentämiseen.
 - Toisaalta tulokset osoittavat, että sähkönkäytön ohjaus on saaneessa etuja myös muista näkökulmista.
 - Omatoimien avulla voidaan vähentää energiankulutusta ja sähkönkäytön ohjaus on osoittanut olevansa tehokas.
 - Tutkimuksen mukaan sähkönkäytön ohjaus on etenkin liian kalliin ja epävarman energiankulutusjouston sijaista vaihtoehtona.
- Koteihin tarvitaan lisää älyä ja automaattista sähkönkulutuksen ohjausta, etenkin tilojen ja käyttöveden lämmitykseen liittyen

Kulutusjoustoja voidaan edistää
pörssi- ja hybridisähkösopimuksilla
sekä näihin yhdistetyllä
hintaviestinnällä ja automaatiolla

Lähteet

- Allcott, H. (2011). Social norms and energy conservation. *Journal of Public Economics*, 95(9), 1082–1095. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2011.03.003>
- Andor, M. A., Gerster, A., Peters, J., & Schmidt, C. M. (2020). Social Norms and Energy Conservation Beyond the US. *Journal of Environmental Economics and Management*, 103, 102351. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2020.102351>
- Byrne, D. P., Nauze, A. L., & Martin, L. A. (2018). Tell Me Something I Don't Already Know: Informedness and the Impact of Information Programs. *The Review of Economics and Statistics*, 100(3), 510–527. https://doi.org/10.1162/rest_a_00695
- Ito, K., Ida, T., & Tanaka, M. (2018). Moral Suasion and Economic Incentives: Field Experimental Evidence from Energy Demand. *American Economic Journal: Economic Policy*, 10(1), 240–267. <https://doi.org/10.1257/pol.20160093>
- Jessoe, K., & Rapson, D. (2014). Knowledge Is (Less) Power: Experimental Evidence from Residential Energy Use. *American Economic Review*, 104(4), 1417–1438. <https://doi.org/10.1257/aer.104.4.1417>
- Khanna, T. M., Baiocchi, G., Callaghan, M., Creutzig, F., Guías, H., Haddaway, N. R., Hirth, L., Javid, A., Koch, N., Laukemper, S., Löschel, A., Zamora Dominguez, M. del M., & Minx, J. C. (2021). A multi-country meta-analysis on the role of behavioural change in reducing energy consumption and CO2 emissions in residential buildings. *Nature Energy*, 6(9), 925–932. <https://doi.org/10.1038/s41560-021-00866-x>
- Ruokamo, E., Meriläinen, T., Karhinen, S., Rähä, J., Suur-Uski, P., Timonen, L., & Svento, R. (2022). The effect of information nudges on energy saving: Observations from a randomized field experiment in Finland. *Energy Policy*, 161, 112731. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112731>

Kiitos!

Lisätietoja tutkimuksesta voi tiedustella: enni.ruokamo@syke.fi, p. 029 525 2092



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute