

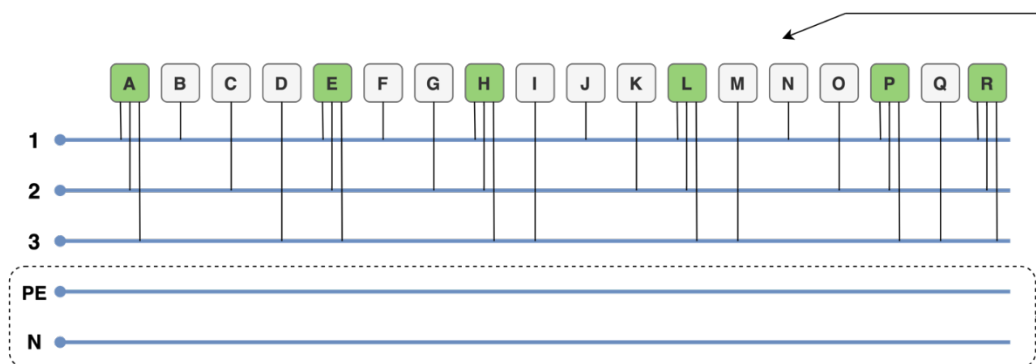
Sähkökärppä – älykäs kotitaloussähkö ja sähköautojen lataus hanke (1.9.2019–31.12.2021)

# PARKKIPAIKAN LATAUKSENHALLINNAN MALLINNUS

## Lataustilanteen kuvaus

Yhdellä parkkipaikalla on yhteensä kuusi sähköautoa ja kaksitoista polttomoottoriajoneuvoa. Jokainen sähköauto on aina kytkettynä kaikkiin kolmeen vaiheeseen, mutta riippuen auton latausasetuksista se käyttää yhtä, kahta tai kolmea näistä vaiheista. Lämmitettävät polttomoottoriajoneuvot käyttävät aina vain yhtä vaihetta kerrallaan, mutta se voi olla mikä tahansa kolmesta.

Tämä kolmivaiheinen ristikytkentä on esitetty kuvassa 1. Vihreällä merkityt kirjaimet (A, E, H, L, P ja R) edustavat sähköajoneuvojen latauspaikkoja, kun taas muut mustat kirjaimet edustavat polttomoottoriajoneuvojen lämmityspaikkoja.



Kuva 1 Kuormien jakautuminen eri vaiheille kolmivaiheisessa järjestelmässä.

Jokainen sähköauto voi siis vastaanottaa lataukseen korkeintaan 11 kW tehoa ja polttomoottoriauto noin 3,7 kW lämmitykseen (vaikka käytännössä lohkolämmitin ei vaadi yhtä kilowatin suurempaa tehoa). Hallintajärjestelmän tavoitteena on jakaa sähkökuorma mahdollisimman tasaisesti kaikille kolmelle vaiheelle siten, että esimerkiksi ajoneuvo B käyttää ensimmäistä vaihetta, C toista vaihetta, D kolmatta vaihetta ja niin edelleen, toisin kuin polttomoottoriautot, jotka käyttävät kaikki yhtä vaihetta.

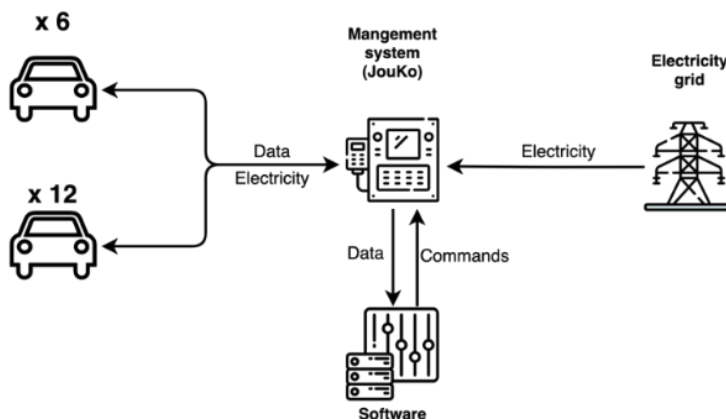
Sähkökärppä – älykäs kotitaloussähkö ja sähköautojen lataus hanke (1.9.2019–31.12.2021)

## Standby-, On- ja Off-tilat

Kaikki latauslaitteet ovat aina ensisijaisesti valmiustilassa (Standby). Kun asiakas tekee tilauksen, uusi tilaus sisällytetään optimointiprosessiin ja saadun tuloksen perusteella laite jää Standby-tilaan tai siirtyä lataustilaan (On). Standby-tilassa laite pysyy päällä ja kuluttaa vähän virtaa (230 V ja 1A vaihetta kohti). Tämä kulutus huomioidaan kuormanhallinnassa. Jos laite on sammutettu, se on Off-tilassa. Tässä tapauksessa laitteessa ei ole virtaa ja jännite on nolla. Lataustila aktivoituu, kun ajoneuvon akku latautuu. Lataustilassa kaikki kolme vaihetta ovat aktiivisia ja kunkin vaiheen enimmäisvirta on 16 A.

## Simulaatioympäristö

Simulaatioympäristön eri osia ovat parkkipaikka ja sen sähköpistorasiat, sähkön syöttöä ohjaava hallintajärjestelmä (Jouko-laite), älykäs palvelinohjelmisto sekä järjestelmään sähköä syöttävä verkko. Pysäköintialue sisältää yksittäisiä lämmityspistorasioita polttomoottoriautojen lämmittämiseen ja yksittäisiä latausyksiköitä sähköautoille. Nämä elementit ja miten ne liittyvät toisiinsa on havainnollistettu kuvassa 4. Oletus on, että autot kytketään lämmitys- tai latausyksiköihinsä saapuessaan parkkipaikalle ja käyttäjä lähettää pyynnön hallintajärjestelmään mobiilisovelluksen kautta. Lähetetty pyyntö sisältää halutun lataustason (SOC) sähköauton tapauksessa ja halutun sisälämpötilan lämmitettävän auton tapauksessa. Mobiilisovellukseen syötetään myös suunniteltu lähtöaika. Lisäksi palvelinohjelmisto tallentaa auton saapumisajan, sekä hakee auton akusta lataustilan saapumishetkellä ja akun kapasiteetin. Tämän jälkeen älykäs palvelinohjelmisto suorittaa priorisoinnin sille asetetun algoritmin avulla ja luo optimaalisen aikataulun lataukselle ja lämmitykselle. Tämä aikataulu lähetetään takaisin hallintajärjestelmään käskyinä (lämmitä, älä lämmitä, lataa, älä lataa). Ohjausjärjestelmä pysäyttää ja käynnistää sähkövirran verkosta lämpö- ja latausyksiköille komentojen ja laaditun aikataulun mukaisesti.



Kuva 2 Simulaatioympäristön komponentit

## Sähkökärppä – älykäs kotitaloussähkö ja sähköautojen lataus hanke (1.9.2019–31.12.2021)

### Tulokset

Luotiin Excel-ohjelmalla työkalu, jolla voidaan simuloida sähköautojen latauksen kuormitusta, ja siirtää automaattisesti kuormia. Simuloitiin tilanne, jossa neljä sähköautoa saapuu yhteiselle parkkipaikalle eri ajankohtina, edustaen erityyppisiä lataustapahtumia. Kuvassa 7 nähdään tehdyn simuloinnin yksityiskohdat. Auto 1 on asetettu saapumaan latauspaikalle klo 12.30, ja lähtöajaksi on asetettu 21.00. Kyseisen auton akun varaus on saapumishetkellä 60 %, ja haluttu varaus latauksen päättyessä on 90 %. Sallittu latausteho kullekin ajoneuville (yksikössä kW) voidaan asettaa sille osoitettuun ruutuun. Tähän simulaatioon on valittu kaikille autoille lataustehoksi 3,6 kW, koska tiedetään, että testauksessa käytettävän sähköjärjestelmän korkein sallittu kokonaisteho on 11 kW. Valitulla latausteholla voidaan varmistaa, että ainakin kolme autoa voi aina samanaikaisesti olla latauksessa, ja jotta voidaan palvella mahdollisimman hyvin kaikkia käyttäjiä.

Kun lähtötiedot on asetettu, ohjelma suorittaa tarvittavat laskut ja piirtää kolme erilaista kuvaajaa kuormien jakautumisesta. Ensimmäinen kuvaaja näyttää alkutilanteen, toisessa kuvaajassa näytetään tilanne, jossa suurin kulutushuippu on nollattu, ja kolmas kuvaaja näyttää kontrolloidun tilanteen.

Lähtötiedot	auto1	auto2	auto3	auto4
Lähtöaika	21:00	16:30	18:00	17:00
Haluttu varaus	90	90	90	100
Saapumisaika	12:30	13:00	14:00	14:45
Akun varaus	60	40	60	60
Akun kapasiteetti	54	40	54	54
Sallittu latausteho	3,6	3,6	3,6	3,6

Kuva 3 Simuloinnissa käytetyt lähtötiedot

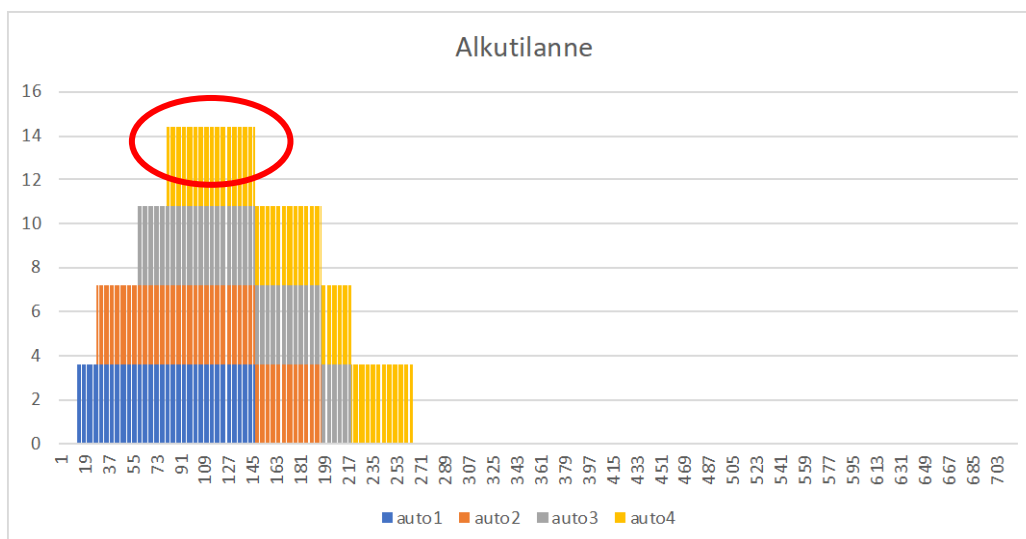
Kuvaajassa 1 nähdään siis alkutilanne, eli sähkökuorman jakautuminen ilman latauksenohjausta. Kolmen auton ollessa latauksessa systeemi pysyy vielä tasapainossa, mutta kun neljäs auto lisätään kuormaan, kokonaiskuorma ylittää järjestelmän sallitun maksimitehon, joka on 11 kW. Tällainen tilanne vahingoittaa sähkölaitteita ja saattaa aiheuttaa vakavan vaaratilanteen.

Kuvaajassa 2 maksimitehon ylittävä kuorma on havaittu ja poistettu, eli asetettu nolaksi. Tässä tapauksessa on pysäytetty auton 3 lataus siis kokonaan siltä ajalta, kun kuorma ylittää maksimin. Tämä sen takia, että autolla 3 on matalin prioriteetti. Auton prioriteetti perustuu tämän raportin kappaleessa 3 (Älykäs palvelinohjelmisto) mainittuihin sääntöihin. Ohjelma siis laskee jokaisen auton prioriteettitaso, ja tilanteen vaatiessa pysäyttää matalimman prioriteettitaso auton latauksen.

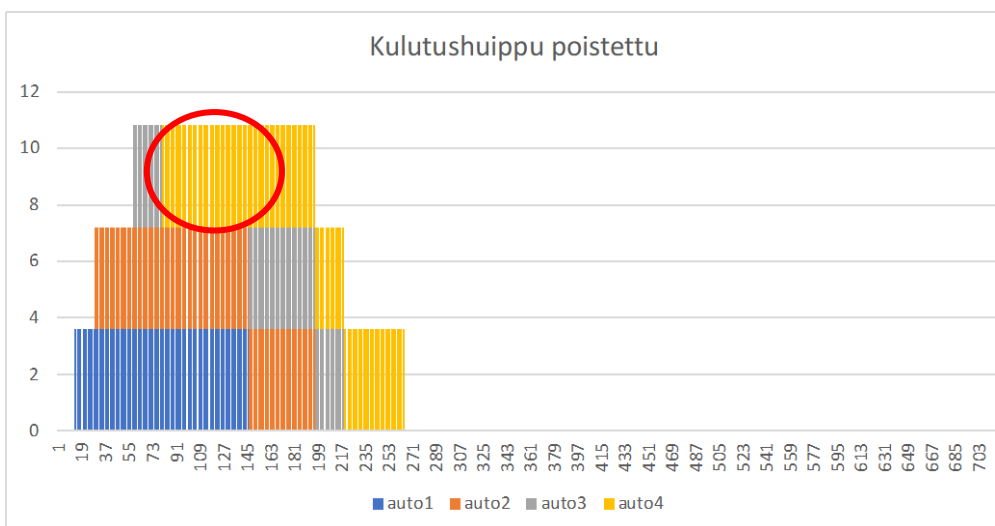
Viimeisessä kuvaajassa näemme tilanteen, jossa latauksenohjaus on tasapainottanut kuormituksen niin, että kaikki autot saavat ladattua ilman, että maksimiraja ylittyy missään vaiheessa. Käytännössä

## Sähkökärppä – älykäs kotitaloussähkö ja sähköautojen lataus hanke (1.9.2019–31.12.2021)

auton 3 lataus on siirretty kriittiseltä aikaväliltä myöhemmälle ajankohdalle. Lataus aloitetaan taas, kun sille on vapautunut kapasiteettia.

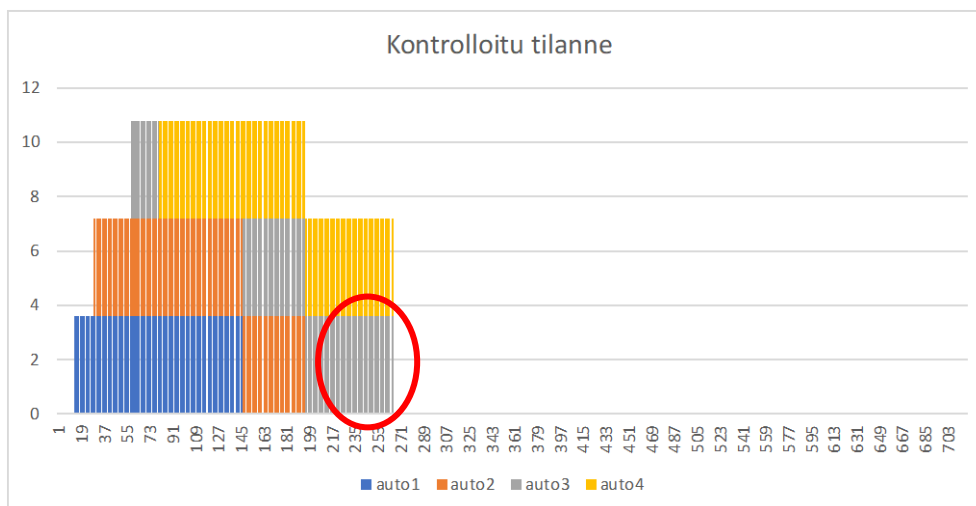


Kuvaaja 1 Latausteho ylittää sallitun maksimirajan



Kuvaaja 2 Sallitun rajan ylittävä teho on poistettu, mutta ei sijoitettu muualle

## Sähkökärppä – älykäs kotitaloussähkö ja sähköautojen lataus hanke (1.9.2019–31.12.2021)



Kuvaaja 3 Yli mennyt osuus on sijoitettu muualle

Simulointityökalulla saatiin luotua tilanne, jossa kokonaiskuorma uhkaa ylittää maksimirajan, mutta älykkään latauksenhallinnan ansiosta kaikki lataukset pystytään suorittamaan turvallisesti ja käyttäjille reilulla tavalla. Luodulla ohjelmalla voidaan kokeilla monia erilaisia tilanteita ilman vaativaa esivalmistelua. Työkalua voidaan kehittää vastaamaan paremmin simuloinnin monenlaisia tarpeita. Koska työkalu on luotu Excel-ohjelmalla, voidaan sitä helposti muokata ja kehittää tarpeen vaatiessa. Ohjelmaan voidaan esimerkiksi lisätä myös lämmitettävien autojen aiheuttamat kuormat, sekä kehittää ohjelman toimintaa niin, että siihen voidaan lisätä enemmän kuin neljä autoa. Yksi hyödyllinen kehityskohde on myös lisätä ominaisuus, joka siirtää autojen latausta lähemmäs lähtöaikaa, ehkäisten näin akun kulumista.