



An European urban transition project towards more sustainable cities through innovative solutions, in the fields of mobility, energy and digital.

## Älykäs kaupunki

### Globaali projekti

**Koordinaattori:** Cartif  
**Eurooppalainen rahoitus:** 18 M€  
30 partneria, 6 maata

**Aikajakso:** joulukuu 2016 -  
marraskuu 2021

**Osallistujat:**  
Hampuri, Helsinki, Nantes

@mysmartlife\_EU  
<https://mysmartlife.eu/>

### Helsingin osaprojekti

**Koordinaattori:**  
Helsingin kaupunki  
**Eurooppalainen rahoitus:** 5,6 M€  
7 partneria

**Projektin koordinaattori:**  
maria.viitanen@hel.fi

[helsinginilmastoteot.fi/my-smart-life](https://helsinginilmastoteot.fi/my-smart-life)

## Energia

**Toimenpiteistä vastaava:**  
Helen Oy

**Yhteyshenkilö:**  
hannu.pikkarainen@helen.fi

markku.makkonen@fourdeg.com  
henrik.jakobsson@salusfin.com  
mikko.virtanen@vtt.fi

[www.helen.fi](http://www.helen.fi)

## TOIMENPITEEN Kuvaus

Helsinki

### Lämmön kysyntäjousto

Tämän toimenpiteen toteutuksesta vastaa Helen Oy yhteistyössä Fourdeg Oy:n, Salusfin Oy:n ja VTT Oy:n kanssa. Englanninkieliset raportit (D 4.23, D 4.4 ja D 8.9) löytyvät osoitteesta <https://mysmartlife.eu/publications-media/public-deliverables/>

#### TAVOITTEET

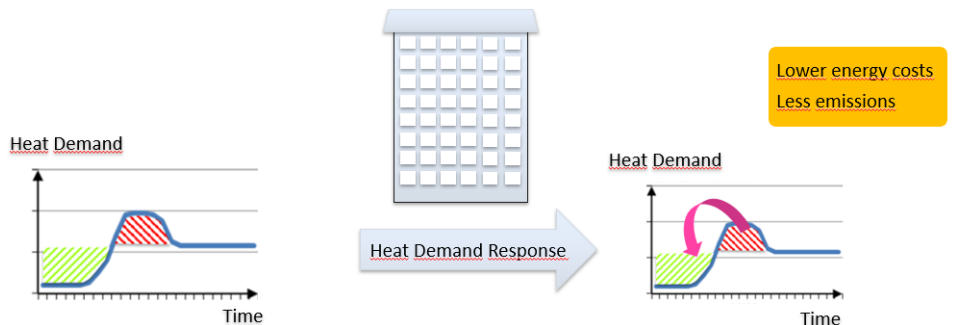
- › Arvioida lämmön kysyntäjouston mahdollisuuksia kaukolämmityksessä
- › Testata älylämmitysjärjestelmiä lämmön kysyntäjoustopissa
- › Kerätä asukkaiden ja toimistotyöntekijöiden palautetta kysyntäjoustopista

#### TOTEUTUS



#### TAUSTA / HAASTEET

Lämmön kysyntäjoustopilla pyritään vähentämään lämmön tarvetta kulutushuippujen aikaan ja mahdollistamaan suurempaa järjestelmätason joustavuutta. Yleisesti ottaen kulutuspiikeistä aiheutuvat tuotantopiikit ovat kalliimpien energianlähteiden, polttoaineiden ja energian hankinnan takia tavallista tuotantoa kalliimpia. Siksi kulutuspiikit kasvattavat sekä kuluja että energiantuotannon päästöjä. Kysyntäjoustopilla pyritään tasoittamaan kulutuspiikkejä siirtämällä kulutusta eri vuorokaudenaikaan. Näin kaupunkirakennuskanta voi toimia hyvin lyhytaikaisena lämpövarastona lämmön kulutuspiikkien tasoittamiseksi.



### Lämmön kysyntäjoustopilottien liiketoimintaskenaariot

Lämmön kysyntäjoustopilottien mahdollisia hyötyjä järjestelmätasolla sekä lämmön kysyntäjoustopilottien toteuttamismahdollisuuksia arvioitiin Helsingissä. Käyttöönottokeinoja arvioitiin eri näkökulmista liiketoimintaskenaarioanalyysien avulla. Näkökulmia olivat kaukolämpöverkoston tuotannon optimointi, kaukolämmön kysyntäjoustopilottien nykyiset teknologiat, käytettävyys kiinteistöautomaation kanssa sekä kuluttajanäkökulma. Testien teknistä puolta varten kehitettiin API-rajapinta, jotta lämmön kysyntäjoustopilottien voitaisiin välittää kaukolämmön tuotantojärjestelmästä rakennusten älykkäisiin lämmönsäätelyjärjestelmiin.

### Pilottihankkeet

Älykkäitä lämmönsäätelyjärjestelmiä pilotoitiin asuinkerrostalossa Merihaassa (älykkään lämmitysjärjestelmän toimitti Salusfin) ja toimistorakennuksessa Viikin ympäristötalossa (älykkään lämmitysjärjestelmän toimitti Fourdeg). Lämmönsäätelyjärjestelmät käyttivät älytermostaatteja huonelämpötilojen säätelyyn. Lämmön kysyntäjoustopilottien tutkimuspiloteissa älytermostaatteiden komennot olivat -1, 0 tai +1 celsiusastetta termostaatin asetusarvoissa, ja se heijasteli kysyntäjoustopilottien arvioitua tuotantoa ja tarvetta. Samoja kommentoja käytettiin molemmissa piloteissa. Teknisten testien lisäksi asuntojen asukkailta ja toimistotyöntekijöiltä kerättiin palautetta lämpötilatuntemuksista.

### Kerrostaloasunnon lämmön kysyntäjoustopilotti Merihaassa

Merihaassa/Vilhonvuoressa yhteensä 167 asuntoa varusteltiin järjestelmällä, johon kuului älytermostaatti, ja joka oli yhteydessä kaukolämpöön esineiden internet- eli IoT- sekä pilvipohjaisen älyn avulla verkoston kuormituksen tasaamiseksi. Asuntotasolla älykkäs lämmönsäätelyjärjestelmä sääteli lämmitystä. Lämmön kysyntäjoustopilottien osalta Helen julkaisi kysyntäjoustopilottien komennot REST API –rajapinnassa. Salusfin käytti rajapinnasta hakemiaan kommentoja älylämmitysjärjestelmän ohjauksessa ja älytermostaatti suoritti komennot.

### Toimistorakennuksen lämmön kysyntäjoustopilotti Viikissä

Viikin ympäristötalon alkuperäistä huippuluokkaa oleva LVI-järjestelmää täydennettiin Fourdeg Smart Heating® -vesikiertoisten patterien ohjausjärjestelmällä. Kysyntäjoustopilottien sääteli lämpöpatterilämmitystä, mutta LVI-järjestelmä toimi itsenäisesti. Fourdeg ja VTT testasivat rakennuksen lämmön kysyntäjoustopilottia kahdessa vaiheessa: 1) Kuluttajan havaintoja testattiin huolellisesti vaihtelemalla huoneen tavoitelämpötilaa yhdellä celsiusasteella ja analyoimalla huoneen käyttäjien palautteet. Selvisi, että toimistorakennuksessa vaihtelut olivat huoneiden käyttäjien mielestä hyväksyttävissä. Huoneiden käyttäjien tyytyväisyys sisäilman laatuun jopa parani testin aikana. 2) Kysyntäjoustopilottien vaikutusta Viikin ympäristötalon kaukolämmön kulutukseen mitattiin eri vuorokaudenaikoina ja eri viikonpäivinä sekä eri ulkolämpötilojen aikana. Suurimmat opit olivat, että a) Toimistoaikoina, kun LVI-järjestelmä (ilmastointi) oli kovassa käytössä, lämpöpatterihallinnan vaikutus kompensoitui ja kysyntäjoustopilottien säätely tarvitsi hyvin pitkän syklin (yli kolme tuntia), ennen kuin mitään vaikutusta lämmön kysyntään havaittiin. b) Iltaisin, öisin ja viikonloppuisin, kun LVI-järjestelmä (ilmastointi) oli vähäisessä käytössä, jopa lyhyt kysyntäjoustopilottien sykli (1 tunti) vaikutti energiankulutukseen huomattavasti. On selvää, että vesipatterilämmityksen lisäksi myös LVI-järjestelmä täytyy ottaa osaksi kysyntäjoustopilottien toteutusta mahdollisimman suuren vaikutuksen aikaansaamiseksi. Koko pilotti kuitenkin osoitti, että kaukolämmön kysyntäjoustopilotti on huoneiden käyttäjien näkökulmasta hyväksyttävää ja sillä on vaikutusta toimistorakennusten energiankulutukseen.

### Lämpötilatuntemusten testaaminen

Lämmön kysyntäjoustopilottien testivaiheissa Merihaan rakennuksen asukkaiden ja Viikin toimistorakennuksen käyttäjien lämpötilaviihtyvyyttä analysoitiin pyytämällä asukkailta säännöllisesti palautetta lämpötilan sopivuudesta. Kyselylomakkeet olivat saatavilla mobiililaitteille QR-koodin kautta. Merihaassa todettiin, että lämmön kysyntäjoustopilottien testit eivät vaikuttaneet lämpötilaviihtyvyyteen. Toimistoympäristössä palautetta analysoitaessa havaittiin pieni yhteys lämpötilaviihtyvyyden laskemisen ja kysyntäjoustopilottien välillä.



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under agreement n°731297.



## ► OPIT

Liiketoimintaskenaariot toivat tietoa lämmön kysyntäjoustop mahdollisuuksista Helsingissä. Perusskenaariossa, jossa yhdistettäisiin 550 asuinrakennusta ja 50 liiketilaa, koulua ja vastaavaa rakennusta, lämmön kysyntäjoustopanostaminen kehittyisi kannattavaksi kohtuullisessa ajassa (10 vuodessa). Helenillä on myös erilaisia lämpövarastoja, joihin kuuluu muun muassa hiljattain avattu luolalämpövarasto. Suuruusluokkaetunsa ansiosta keskitetyt lämpövarastot heikentävät jossain määrin kysyntäjoustop kannattavuutta.

Pilottikokeilujen perusteella älytermostaattien käyttöönotto ja lämmön kysyntäjoustop toimivuuden pilotointi oli helpompaa muuhun kuin asuinkäyttöön tarkoitetuissa rakennuksissa. Asuinrakennuksissa tarvittaisiin taloyhtiön internet-yhteyttä asukkaiden henkilökohtaisten internet-yhteyksien sijaan, mikäli laitteen kommunikointi tapahtuu internetin välityksellä. Näin älytermostaateilla olisi luotettava kommunikointiväylä, mikä on edellytys lämmön kysyntäjoustop toimivuudelle.

Älytermostaatit voisivat sopia lämmön kysyntäjoustop, mikäli niitä on asuinrakennuksessa jo valmiina. Tällä hetkellä älytermostaatit ovat kuitenkin yhä harvinaisia, ja siksi ratkaisu ei ole helposti skaalattavissa. Muut tekniset ratkaisut lämmön kysyntäjoustop toteuttamiseksi asuinrakennuksissa ovat lupaavampia – esimerkiksi integrointi kiinteistöautomaatioon.

Toimistorakennuspilotti osoitti, että toimistorakennukset voidaan valjastaa lämmön kysyntäjoustop, jolloin rakennuksen huoneet osallistuvat siihen oman kapasiteettinsa mukaisesti. Erityisesti sellaisissa rakennuksissa ja tiloissa, joiden käyttöaikataulu on ennalta tiedossa, lämmön kysyntäjoustop voidaan hyödyntää tehokkaasti.

## HYÖDYT

Energiayhtiöille lämmön kysyntäjoustop on yksi vaihtoehtoinen tapa optimoida lämmöntuotantoa ja vähentää päästöjä. Koska lämmön kysyntäjoustop hyödyt toteutuvat järjestelmätasolla, yksittäisen rakennuksen omistajan suorat taloudelliset kannustimet osallistua kysyntäjoustop ovat pieniä, vaikka järjestelmähyödyt tavoittaisivatkin asiakkaan pitkällä tähtäimellä. Järjestelmätason hyötyjen saavuttamiseksi (päästöjen vähentäminen, säästöt energian hankinnassa) on olennaista, että osallistujia on riittävä määrä. Siitä huolimatta vaikuttaa siltä, että asiakkaiden motivoituminen syntyy hiilineutraaleista kohteista ja vastuullisuudesta eikä niinkään yksittäisistä energiansäästöistä tai taloudellisesta näkökulmasta.

## JATKOKEHITYS

Helen päätti investoida tuotannon optimointijärjestelmään, joka on reaaliaikainen jatke olemassa olevalle automaatio- ja tuotannosuunnittelujärjestelmälle. Optimointijärjestelmä takaa lämmön kysyntäjoustop tehokkaan hallinnan tulevaisuudessa, mikäli se yleistyy. Järjestelmä optimoi kaukolämpöveden lämpötilaa, paine-eroja ja kaukolämmön pumppaamista sekä koordinoi lämmityksen tehoa. Alustava arviointihanke vaikutti päätökseen panostaa olemassa olevan järjestelmän laajennukseen, mutta itse laajennusta ei tehty mySMARTLife-hankkeen alla.

Tällä hetkellä lämmön kysyntäjoustopratkaisua ei ole toteutettu Helsingissä. Koska tavoitteena on kuitenkin kehittää järjestelmää jatkuvasti ja parantaa sekä optimointia että tehokkuutta, tulevaisuuden energiajärjestelmän tavoitteena on sisällyttää asiakasomisteiset resurssit (tässä tapauksessa rakennukset) energiajärjestelmään. On nähtävissä, että kaukolämmityksen kysyntäjoustop otetaan tulevaisuudessa käyttöön ainakin jollain tasolla.

Fourdeg on hakenut EU-patenttia kaukolämmön kysyntäjoustopmetodilleen. Tosin niin kauan kuin kaukolämpöyritykset eivät kannusta asiakkaitaan hyödyntämään kysyntäjoustop, ominaisuudella ei ole mitään taloudellista arvoa Fourdegille. Kehiteltyä toimintoa hyödynnetään tällä hetkellä energiakulutuspikkien rajoittamisessa ja tietyissä muissa lämpöajastuksissa.

Salusfin on pystynyt hyödyntämään hankkeesta saatuja oppeja tiekartassaan. Kun yksi rakennus toimii näin, yritys voi alkaa miettiä useiden rakennusten yhteistä toimintaa. Luonnollinen tapa edetä olisi tutkia energia-aluetta. Yritys voisi simulaatioiden avulla tutkia, miten eri energianlähteet toimivat yhdessä. Tavoitteena olisi löytää keinoja yhdistää eri lämmitysjärjestelmiä, kuten hybridiratkaisuja, ja kartoittaa muita käytössä olevia lämmityksen lähteitä.



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under agreement n°731297.

