

Kukka Leppänen, Pertti Järventausta

ÄLYKKÄÄN KORTTELIN DEMONSTRAATIOT

ESIPUHE

Tämä raportti on tehty Tampereen yliopiston Sähkötekniikan yksikössä liittyen sekä Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden kehittämiskeskuksen (STEK) rahoittamaan ”Tulevaisuuden kaupunkiympäristöjen energiaratkaisut” -projektiin että Business Finlandin rahoittamaan ”Energy community as a driver of electrified city (ECADEC)” -projektiin.

Raportissa kuvataan erilaisia älykkään korttelin implementaatiota Suomessa ja muualla Euroopassa. Yhtenä keskeisenä näkökulmana kartoituksessa on ollut eri maissa kehittyvät energiayhteisöjen konseptit. Raportin tavoitteena on luoda kokonaiskuvaa aihepiiriin nykytilasta erilaisten jatkotutkimusten ja kehitystehtävien tueksi.

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|--|----|
| 1. JOHDANTO | 1 |
| 2. ÄLYKÄS KORTTELI..... | 3 |
| 2.1 Mikroverkko | 3 |
| 2.2 Virtuaalivoimalaitos..... | 3 |
| 2.3 Energiapositiivinen rakennus ja alue..... | 3 |
| 2.4 SRI | 4 |
| 2.5 Energiayhteisöt | 4 |
| 3. ÄLYKKÄÄN KORTTELIN DEMONSTRAATIOT SUOMESSA | 6 |
| 3.1 Palvelut..... | 6 |
| 3.1.1 Kauppakeskus Sello..... | 6 |
| 3.1.2 Lidl Järvenpään jakelukeskus | 7 |
| 3.1.3 Aurora pyramidit..... | 7 |
| 3.1.4 Toimintavarma päivittäistavarakauppa | 8 |
| 3.2 Teollisuus | 8 |
| 3.3 Asuminen | 9 |
| 3.3.1 Torppalan ekokylä..... | 9 |
| 3.3.2 Gadolin älykylä..... | 10 |
| 3.3.3 Kempeleen ekokortteli..... | 11 |
| 3.3.4 Turun ylioppilaskylä..... | 11 |
| 3.3.5 Kalasatama | 12 |
| 3.3.6 Hiedanranta | 13 |
| 3.3.7 Smart Energy Åland | 13 |
| 4. ÄLYKKÄÄN KORTTELIN DEMONSTRAATIOT EUROOPASSA..... | 15 |
| 4.1 Eigg-saari | 15 |
| 4.2 Groene Mient..... | 16 |
| 4.3 Buiksloterham..... | 17 |
| 4.4 Luče | 18 |
| 4.5 Hyllie | 19 |
| 4.6 Hammarby Sjöstad | 19 |
| 4.7 Stocholm Royal Seaport | 20 |
| 4.8 Aspern Seestadt..... | 21 |
| 4.9 Durlach..... | 22 |
| 4.10 Vauban..... | 23 |
| 4.11 Wildpoldsried..... | 24 |
| 4.12 South Cornelly | 25 |

| | |
|--|----|
| 4.13 Magliano Alpi..... | 25 |
| 4.14 Terni..... | 26 |
| 4.15 Bytom..... | 27 |
| 4.16 Lomma..... | 27 |
| 4.17 Bristol..... | 27 |
| 4.18 Walenstadt..... | 28 |
| 5.YHTEENVETO..... | 29 |
| LÄHTEET..... | 31 |
| LIITE A: ÄLYKKÄÄN KORTTELIN DEMONSTRAATIOT SUOMESSA..... | 44 |
| LIITE B: ÄLYKKÄÄN KORTTELIN DEMONSTRAATIOT EUROOPASSA..... | 45 |

LYHENTEET JA MERKINNÄT

| | |
|------|-----------------------------------|
| BEMS | Building Energy Management System |
| BMS | Building Management System |
| CEC | Citizen Energy Community |
| HEMS | Home Energy Management System |
| LEC | Local Energy Community |
| LEM | Local Energy Market |
| LEOS | Local Energy Operating System |
| LVDC | Low Voltage Direct Current |
| PEB | Positive Energy Building |
| PED | Positive Energy District |
| P2P | Peer-to-Peer |
| REC | Renewable Energy Community |
| SCP | Smart Community Platform |
| SRI | Smart Readiness Indicator |
| VPP | Virtual Power Plant |
| V2G | Vehicle-to-Grid |

1. JOHDANTO

Sähkön kulutus kasvaa tulevaisuudessa esimerkiksi sähköisen liikenteen sekä sähkölämmityksen lisääntyessä. Samalla hiilidioksidipäästöjä pyritään pienentämään lisäämällä uusiutuvan energian osuutta energiantuotannossa. Uusiutuvan energiantuotannon lisääntyessä tarvitaan enemmän kulutuksen joustoa, koska tuotetun energian määrä vaihtelee sääolosuhteiden mukaan.

Euroopan unioni korostaa vuonna 2019 julkaistussa puhtaan energian direktiivipaketissa loppukäyttäjien tärkeyttä paikallisen uusiutuvan energian tuotannon ja kulutuksen lisäämisessä sekä jouston tarjoamisessa energijärjestelmille. Erilaiset älykkään korttelin konseptit mahdollistavat uusiutuvan energian tuottamisen, kuluttamisen ja varastoinnin paikallisesti. Älykkäässä korttelissa hyödynnetään rakennusautomaatiota, älykkäitä energiamittareita sekä energianhallintajärjestelmää korttelin energianhallinnassa. Älykkäässä korttelissa voidaan myös hyödyntää esimerkiksi mikroverkkoa, energiayhteisöjä tai virtuaalivoimalaitosta (VPP, Virtual Power Plant). Näiden ratkaisujen avulla kuluttajien ja muiden älykkään korttelin toimijoiden on mahdollista hyödyntää alueella tuotettua ja varastoitua energiaa mahdollisimman energiatehokkaasti. Samalla kuluttajille tarjoutuu mahdollisuus vaikuttaa oman sähkölaskunsa suuruuteen. Älykkään korttelin toimijoiden on mahdollista saada jopa tuottoa korttelissa tuotetusta energiasta.

Älykkään korttelin on mahdollista tarjota joustoa sähköverkko- ja sähkömarkkinatoimijoille. Kulutus- ja tuotantopiikkien tasaamisessa voidaan hyödyntää esimerkiksi kysyntäjoustoa sekä sektori-integraatiota. Kysyntäjoustolla tarkoitetaan kulutushuippujen tasaamista siirtämällä kulutusta aikaan, jolloin kulutus on pienempi tai sähkön hinta on halvempi. Sektori-integraatiossa eri energiasektorit eli sähkö, lämpö, jäähdytys ja liikenne yhdistetään tukemaan toisiaan.

Tässä työssä käsitellään erilaisia älykkään korttelin implementaatioita Suomessa ja muualla Euroopassa. Tarkasteltavien kohteiden koko vaihtelee yksittäisestä rakennuksesta pieniin kyliin ja kaupunginosiin. Tutkimuksen pääpaino on kaupunkeihin sijoituvissa älykkään korttelin demonstraatioissa, mutta myös joitain maaseudulla olevia toteutuksia tarkastellaan. Toteutuksista tarkastellaan erityisesti sähkön, lämmön ja jäähdytyksen tuotanto-, hyödyntämis- ja varastointitapoja sekä sähköistä liikennettä. Lisäksi tutkitaan toteutuksissa esiintyviä organisaatiotapoja, laskutusmalleja sekä mahdollisia hyötyjä, joita toteutukset tuovat asiakkailleen ja energianjakelujärjestelmille.

Ensin työssä käsitellään luvussa 2 erilaisia älykkääseen kortteliin liittyviä käsitteitä. Seuraavaksi luvussa 3 esitellään joitain Suomessa kehitteillä tai toiminnassa olevia älykkään korttelin toteutuksia. Käsiteltävät toteutukset on jaettu toimintasektorin mukaan palveluihin, teollisuuteen ja asu-

miseen. Luvussa 4 käsitellään joitain muualla Euroopassa kehitteillä tai toiminnassa olevia älykään korttelin toteutuksia. Luvussa 5 vertaillaan käsiteltyjä implementaatioita sekä tehdään tärkeimmistä havainnoista yhteenveto.

2. ÄLYKÄS KORTTELI

Älykkään korttelin konseptit mahdollistavat paikallisten energioresurssien tehokkaan hyödyntämisen. Niiden avulla on myös mahdollista pienentää kuluttajien energiakustannuksia ja tarjota kysyntäjoustoa sähköverko- ja sähkömarkkinatoimijoille. Erilaisissa älykkään korttelin konsepteissa hyödynnetään älyteknologiaa optimoimaan hajautettua energiantuotantoa, energian kulu- tusta sekä energiavarastojen käyttöä.

Älykkäässä korttelissa voidaan myös hyödyntää sektori-integraatiota. Korttelissa tuotetun ener- gian käyttöä paikallisesti voidaan tehostaa esimerkiksi hyödyntämällä energiaa korttelin sähkö- ja lämpöjärjestelmissä sekä sähköauton latauspisteissä. Lisäksi sähköautojen akkujen voidaan, perinteisen kuorman lisäksi, ajatella olevan energiavarastoja kaksisuuntaisen latauksen eli Vehi- cle-to-Grid (V2G) -latauksen ansiosta.

Hyödyntämällä uusiutuvia energiantuotantotapoja älykkäissä kortteleissa voidaan pienentää hiili- dioksidipäästöjä, ja kortteli voi olla jopa energiapositiivinen alue. Älykkäässä korttelissa voi myös olla paikallinen mikroverkko tai virtuaalivoimalaitos. Seuraavissa luvuissa selvitetään älykkää- seen kortteliin liittyviä käsitteitä sekä paikallisten, pienimuotoisesti energiaa tuottavien tahojen organisoitumistapoja.

2.1 Mikroverkko

Älykkäässä korttelissa voi olla paikallinen mikroverkko. Mikroverkolla tarkoitetaan energiantuo- tantolaitosten ja kuormien muodostamaa ryhmittymää. Mikroverkko on selkeä sähkötekninen ko- konaisuus, joka käyttäytyy suhteessa ulkoiseen verkkoon yhtenä hallittavana kokonaisuutena. Mikroverkkoa voidaan käyttää sekä kytkettynä ulkoiseen verkkoon että saarekekäytössä eli eril- lään ulkoisesta verkosta. (IEEE Standard 2018, s. 12)

2.2 Virtuaalivoimalaitos

Älykkäässä korttelissa virtuaalivoimalaitoksia voidaan käyttää parantamaan energianhallintaa sekä ohjaamaan kaupankäyntiä sähkömarkkinoilla. Virtuaalivoimalaitos on ohjelmiston avulla muodostettu voimalaitoskokonaisuus, joka voi sisältää hajautettuja voimalaitoksia, kuormia ja energiavarastoja. Virtuaalivoimalaitokseen ei kuulu jakelujärjestelmää, jolloin se ei voi toimia saa- rekekäytössä. Virtuaalivoimalaitosta hallinnoidaan ohjelmiston avulla, eikä järjestelmään kuulu- vien laitosten tarvitse sijaita fyysisesti samassa paikassa. (Rouzbahani et al. 2021, s. 3)

2.3 Energiapositiivinen rakennus ja alue

Energiapositiivinen alue eli positive energy district (PED) sisältää useita yhteen liitettyjä raken- nuksia. Alue tuottaa vuositasolla enemmän uusiutuvaa energiaa kuin se kuluttaa. (Brozovsky et

al. 2021, s. 9) Energiapositiivinen rakennus eli positive energy building (PEB) on yksittäinen rakennus, joka tuottaa vuositasolla enemmän energiaa kuin se kuluttaa (IATE 2022). Energiapositiivisissa rakennuksissa on usein kiinnitetty huomiota erityisesti rakennuksen eristykseen, jotta rakennuksen lämmitykseen käytettävä energia saadaan minimoitua. Lisäksi rakennuksissa voidaan hyödyntää passiivista aurinkoenergiaa esimerkiksi kiinnittämällä huomiota rakennuksen ikkunoiden suuntaukseen. (Motiva 2020)

2.4 SRI

Smart Readiness Indicator (SRI) kuvaa rakennuksen tai rakennusryhmän automaatio- ja informaatiojärjestelmien valmiutta vaikuttaa nyt ja tulevaisuudessa rakennuksen energiankäyttöön, alueellisiin energiajärjestelmiin ja käyttäjätyytyväisyyteen. Tarkasteltavia toiminnallisuuksia ovat energiatehokkuuden optimointi, suorituskyky sekä kyky mukautua käyttäjän tarpeisiin ja muualta verkosta tuleviin signaaleihin. SRI lisää tietoisuutta älykkään rakennusautomaation hyödyistä ja auttaa lisäämään niiden kehittämistä ja käyttöä. (Euroopan komissio 2022)

2.5 Energiayhteisöt

Älykkäissä kortteleissa toimivat yritykset sekä korttelien asukkaat voivat muodostaa energiayhteisöjä. Energiayhteisö on tapa määritellä uudenlainen markkinaosuus, joka voi tuottaa ja kuluttaa esimerkiksi uusiutuvasti tuotettua sähköä, lämpöä sekä kaasua. Euroopan Unioni määrittelee kaksi erilaista energiayhteisöä:

- Kansalaisten energiayhteisö eli Citizen Energy Community (CEC) on oikeushenkilö, joka voi tuottaa energiaa, mukaan lukien uusiutuva energiantuotanto, harjoittaa energian jakelua, toimitusta, kulutusta, aggregointia, energian varastointia, energiatehokkuuspalveluja tai sähköajoneuvojen latauspalveluja sekä tarjota muita energiapalveluja jäsenilleen tai osakkaille (EU 2019, s.140).
- Uusiutuvan energian yhteisö eli Renewable Energy Community (REC) on oikeushenkilö, joka voi tuottaa, kuluttaa, varastoida ja myydä uusiutuvaa energiaa uusiutuvan energian ostosopimusten kautta, yhteisön sisällä tai kaikilla sopivilla markkinoilla (Roberts et al. 2019, s. 5).

Sekä kansalaisten energiayhteisön että uusiutuvan energian yhteisön tarkoituksena on toimia eikaupallisena ja tuottaa ympäristöllisiä, taloudellisia ja sosiaalisia hyötyjä jäsenilleen tai toiminta-alueelleen. Energiayhteisöön kuulumisen on oltava vapaaehtoista ja sen toiminnan avointa. Sekä CEC:n että REC:n jäsenet voivat olla yksityisiä tai julkisia henkilöitä sekä pieniä yrityksiä. (EU 2019, s.140; EU 2018, s.103) Erona kansalaisten energiayhteisön ja uusiutuvan energian yhteisön välillä on se, että REC:n toiminnan on oltava paikallista ja sen on liityttävä nimenomaan uusiutuvaan energiaan (Roberts et al. 2019, s. 6). Lisäksi REC:n jäsenet tai osakkeenomistajat voivat olla pienten yritysten lisäksi myös keskisuuria yrityksiä (EU 2018, s.103).

Aktiiviset asiakkaat eli prosumerit voivat energiayhteisöjen lisäksi toimia yhdessä itse tuotettua uusiutuvaa energiaa käyttävinä kuluttajina ("jointly acting renewables self-consumer"), mikäli he asuvat samassa rakennuksessa (EU 2018, s.103). Yhdessä toimivat itse tuotettua uusiutuvaa energiaa käyttävät kuluttajat eivät ole uusiutuvan energian yhteisö, elleivät he ole järjestäytyneet REC:n kriteerien mukaisesti.

Puhuttaessa energiayhteisöistä esiintyy myös termi paikallinen energiayhteisö eli local energy community (LEC), jolla tarkoitetaan myös energiayhteisöä. Sekä energiayhteisöjä sekä yhdessä itse tuotettua uusiutuvaa energiaa käyttäviä kuluttajia koskeva lainsäädäntö vaihtelee maittain. (Roberts et al. 2019, s. 9–11)

Energiayhteisöt voidaan jakaa kiinteistön sisäisiin, kiinteistörajat ylittäviin sekä virtuaalisiin energiayhteisöihin. Virtuaaliset energiayhteisöt voidaan jakaa vielä paikallisiin ja hajautettuihin energiayhteisöihin. Työssä käsitellään erilaisia älykkäiden korttelien konsepteissa toimivia paikallisia energiayhteisöjä, joihin voi kuulua yksi tai useampia tuottajia sekä kuluttajia, ja ne voivat sijaita yhdellä tai useammalla kiinteistöllä. Energiayhteisön tuottamaa energiaa voidaan hyödyntää esimerkiksi kiinteistösähkönä, kiinteistön lämmityksessä, sähköautojen latauksessa tai asunnoissa.

Hyvityslaskenta ja takamittarointi ovat kiinteistön sisäisiä energiayhteisöjä. Hyvityslaskennassa jakeluverkkoyhtiö tekee energiayhteisön sisäisen mittaroinnin ja laskutuksen, eikä kiinteistössä ole energiayhteisön omia mittareita. Tuotanto jaetaan yhteisön osakkaille määriteltyjen jakosuukausien mukaan. Takamittaroinnissa energiayhteisö kytkeytyy yhden verkkoyhtiön mittarin kautta jakeluverkkoon. Kiinteistön sisällä jokaisella energiayhteisön jäsenellä on energiayhteisön tai palveluntarjoajan mittari, ja energiayhteisö vastaa itse yhteisön sisäisestä mittaroinnista sekä laskutuksesta. Takamittarointi mahdollistaa joustavamman laskutusmallin energiayhteisön sisällä sekä jouston tarjoamisen. Kiinteistön sisäisen energiayhteisön tapauksessa omatuotannosta ei tarvitse maksaa verkkomaksuja tai veroja. (Tampereen yliopiston, Tampereen ammattikorkeakoulu & VTT 2021, s. 19–20)

Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö omistaa energiantuotantolaitosten lisäksi jakeluinfrastruktuuria. Energiayhteisö päättää jäsentensä energiamaksuista ja verkkotariffeista. Virtuaalinen energiayhteisö ei omista jakeluinfrastruktuuria vaan se toimii julkisen verkon yli. Paikallisessa virtuaalisessa energiayhteisössä kulutus ja tuotanto sijaitsevat saman liityntäpisteen takana jakeluverkosta katsottuna. Virtuaalisen energiayhteisön tapauksessa energian myyjä määrittää energiamaksun, jakeluverkkoyhtiö määrittää verkkomaksun ja verotus pysyy ennallaan. (Tampereen yliopiston, Tampereen ammattikorkeakoulu & VTT 2021, s. 20–21)

Energiayhteisöt voivat parantaa alueensa energiatehokkuutta, pienentää hiilidioksidipäästöjä ja vähentää energiaköyhyttä. Paikallisen energiantuotannon avulla alueen sähköverkon toimitusvarmuus muualta tulevia häiriöitä vastaan paranee. Lisäksi joustoa voidaan tarjota sähköverkko- ja sähkömarkkinatoimijoille kysyntäjouston sekä energiavarastojen kautta. Energiayhteisö helpottaa siihen kuuluvien osakkaiden sekä muiden markkinaosapuolten yhteistä toimintaa ja investointien tekoa. (Gjorgievski et al. 2021, s. 1150–1151)

3. ÄLYKKÄÄN KORTTELIN DEMONSTRAATIOT SUOMESSA

Suomessa on kehitteillä tai toiminnassa useita älykkään korttelin demonstraatioita. Työssä käsiteltävät Suomessa sijaitsevat älykkään korttelin toteutukset on jaettu toimintasektorin mukaan palveluihin, teollisuuteen ja asumiseen. Liitteeseen A on kerätty yhteen keskeisiä tietoja käsitellyistä Suomessa sijaitsevista toteutuksista.

3.1 Palvelut

Erilaiset palvelut ovat tärkeitä yhteiskunnan toimivuuden ja turvallisuuden kannalta. Palvelut voivat hyötyä omatuotannon mahdollistamasta energiaomavaraisuudesta. Samalla on mahdollista saavuttaa säästöjä kulutetun energian määrän ja energiamaksujen pienentyessä. Jos palveluilla on saarekekäyttömahdollisuus, ne ovat käyttökykyisiä myös energianjakeluhäiriöiden aikana. Seuraavissa luvuissa on esitelty erilaisia palvelusektorilla Suomessa toteutettuja tai suunnitteilla olevia älykkään korttelin demonstraatioita.

3.1.1 Kauppakeskus Sello

Espoon Leppävaarassa sijaitsevassa kauppakeskus Sellossa otettiin käyttöön vuonna 2018 Siemensin kehittämä virtuaalivoimalaitos (Siemens 2018). Järjestelmä koostuu 2500 aurinkopaneelista kauppakeskuksen katolla, sähkövarastosta, 24 sähköauton latauspisteestä sekä älykkäästä energianhallintajärjestelmästä. Sähkövaraston teho on 2 MW, ja sen kapasiteetti on 2,1 MWh. Aurinkopaneelien kapasiteetti on 750 kWp. (Sello 2019a) Aurinkopaneelit tuottavat arviolta 800 MWh sähköenergiaa vuodessa (Remes 2019). Kauppakeskus voi lisäksi osallistua Fingridin ylläpitämille Suomen reservimarkkinoille, ja olla näin mukana taajuudensäädössä kysyntäjoustopuolella (Sello 2019a). Energianhallintajärjestelmä tekee päätöksiä energian ostamisesta, myynnistä ja varastoinnista (Siemens 2018). Sello sai lisäksi SRI-menettelyssä erittäin korkeat pisteet, eli 92/100 (Siemens 2022b).

Automaattinen energianhallintajärjestelmä ohjaa kauppakeskuksen ilmanvaihtoa, lämmitystä, valaistusta ja katujen lämmitystä. Järjestelmän avulla Sello on säästänyt jopa 20 % vuotuisesta energiankulutuksestaan. Säästöjä on saatu myös esimerkiksi vaihtamalla ulko- ja yleisten tilojen valaisimet LED-valaisimiksi. (Sello 2019b) Vuonna 2017 lämmitys- ja sähkökuluissa saatiin säästöä vuoteen 2016 verrattuna 125 000 euroa (Siemens 2022a). Rahallista säästöä saadaan myös varastoimalla akkuihin sähköä jakeluverkosta sähkön ollessa halvempaa, ja käyttämällä varastoitua energiaa akuista pörssisähköhintojen ollessa korkealla. Lisäksi aurinkopaneelit pienentävät tarvetta ostaa sähköä jakeluverkosta, ja tuotannon ollessa suurta ylijäämäenergiaa varastoidaan

akkuihin. Järjestelmää voidaan käyttää akkujen ja oman tuotannon ansiosta saarekekäytössä ulkoisen verkon toimintahäiriöiden aikana (Linnansalmi 2018). Työ- ja elinkeinoministeriö myönsi hankkeelle tukea liki 1,9 miljoonaa euroa vuonna 2017 (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017).

3.1.2 Lidl Järvenpään jakelukeskus

Lidl Suomi Ky rakensi vuonna 2019 uuteen jakelukeskukseensa Järvenpään energiahallintajärjestelmän ja mikroverkon. Älykäs Schneider Electricin Microgrid Advisor -ohjausjärjestelmä ohjaa sään, energian hinnan ja rakennuksen käyttöasteen mukaan jakelukeskuksen energiankäyttöä. Se osallistuu sähkön ja lämmön kysyntäjoukseen sekä optimoi energiavaraston, aurinkosähköjärjestelmän, lämmitysjärjestelmän ja ilmastoinnin käyttöä. Aurinkopaneelien tuottamaa sähköä varastoidaan matalan kulutuksen aikana sähköakkuun, josta sähköä voidaan käyttää sähkön pörssihintojen ollessa korkealla. (Lidl i.a.) Mikroverkkoon kuuluu aurinkopaneelien ja energiahallintajärjestelmän lisäksi 2 varavoimalaitosta, kaksisuuntainen kaukolämpöverkko ja 2,6 MW energiavarasto. (Sweco 2019; Merus Power 2018) Jakelukeskus toimii täysin uusiutuvalla energialla. Sen katolle on asennettu noin 1600 aurinkopaneelia, jotka tuottavat vuodessa noin 450 MWh sähköenergiaa. (Lidl i.a.) Aurinkopaneelien tuottamaa sähköä käytetään muun muassa jäähdylaitteissa, joiden lauhdelämpöä puolestaan hyödynnetään rakennuksessa. Ylimääräinen lauhdelämpö syötetään valtakunnalliseen lämpöverkkoon. (Qvick 2021) Hanke sai Työ- ja elinkeinoministeriöltä noin 1,5 miljoonaa euroa rahoitusta vuonna 2017 (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017).

3.1.3 Aurora pyramidit

Hullu poro Oy rakensi vuonna 2019 Kittilään Leville 11 majoituskäyttöön tarkoitettua Aurora-lasi-pyramidia. Pyramidit on liitetty alueelle vuonna 2020 rakennettuun mikroverkkoon, ja ne osallistuvat Siemensin älykkään energiahallintajärjestelmän avulla kysyntäjoukseen sekä toimivat virtuaalivoimalaitoksena. Energiahallintajärjestelmä ohjaa pyramidien energiankulutusta optimoimalla rakennusten lämmitys-, ilmanvaihto- ja jäähdylaitteita varaustilanteen ja sääolosuhteiden mukaan. Pyramidien katto on sähkölämmitteistä lasia, joka hyödyntää aurinkoenergiaa lumen ja jään sulattamiseen. (Siemens i.a.) Mikroverkkoon on lisäksi liitetty 132 kWp aurinkoenergiajärjestelmä, jonka vuosituotanto on noin 114 MWh, sekä 1,3 MW akusto. Aurinkoenergiaa hyödynnetään pyramidien lämmitys-, jäähdylaitteita ja ilmanvaihtojärjestelmissä. Ylimääräinen energia varastoidaan akkuihin tai myydään jakeluverkkoon. Mikroverkko on liitetty valtakunnan verkkoon, mutta se kykenee myös saarekekäyttöön. (Siemens i.a.; Remes 2020)

3.1.4 Toimintavarma päivittäistavarakauppa

Päivittäistavara-ala ja huoltovarmuuskeskus suunnittelevat toimintavarmaa myymäläverkostoa. Noin 300 päivittäistavarakauppaa on tarkoitus varustaa varavoimakytkennöillä vuoteen 2027 mennessä. Varvoimajärjestelmien avulla päivittäistavarakaupat pystyisivät toimimaan jopa useita päiviä esimerkiksi myrskyjen tai kyberhyökkäyksen aiheuttaman sähkökatkon aikana. (Grönholm 2022) Hankkeeseen osallistuvien myymälöiden varautumista kehitetään hankkeessa maakunta kerrallaan (Huhtakangas 2023).

Varvoimälähteenä toimivat joko kiinteät varvoimälät, joita on tarkoitus hankkia noin 20 liikkeeseen, tai siirrettävät varvoimäläitteet, joita on tarkoitus hankkia noin 60 kappaletta. Etelä-Suomessa asiakkaan matka toimintavarmalle kaupalle tulee olemaan noin 50 km ja Pohjois-Suomessa noin 150 km. Lisäksi suurissa kaupungeissa toimintavarmoja liikkeitä olisi tiheämmässä kuin maaseudulla. Päivittäistavarahuollon varautumisen kehittämissuunnitelmassa eli PTH-hankkeessa S-ryhmä, Kesko ja Lidl kokeilivat vuosina 2017–2019 varvoimajärjestelmää 10 myymälässä 4 siirrettävällä varvoimäkoneella. Hankkeen osalta järjestelmää kokeiltiin yhdessä myymälässä jokaisesta yrityksestä sekä yritysten toimesta seitsemässä muussa myymälässä. Varvoimajärjestelmän osana voisi toimia myös esimerkiksi aurinkovoimälä yhdessä suurtehoakkujen kanssa. (Varmuuden vuoksi 2021)

3.2 Teollisuus

Suomessa teollisuusalan älykkään korttelin demonstraatioiden esimerkkinä toimii LEMENE-hanke (Lempäälän energiayhteisö -hanke) Lempäälän Marjamäessä. LEMENE-hankkeen myötä vuonna 2019 Marjamäen teollisuusalueelle valmistui älykäs mikroverkko, jossa toimii hajautettu energiayhteisö. LEMENE-hanke on suunnattu teollisuusalueen toimijoille, ja alueella toimii jo yli 300 yritystä. Lempäälän Energia toimii hankkeessa operaattorina yritysten välillä. (Lempäälän Energia i.a.-a; Lempäälän Energia i.a.-b, s. 18) Hankkeelle haettiin Energiavirastolta suljetun verkon lupaa vuonna 2020, jota ei kuitenkaan myönnetty. Suljetun verkon lupaa on haettu uudelleen vuoden 2022 huhtikuussa. (Kykkänen 2023)

LEMENE-hanke yhdistää energiantuotannossa aurinkovoiman, kaasumootorit ja polttokennot, jolloin yhteisössä voidaan hyödyntää sähkö, lämpöä ja kaasua. Älyverkkoa sovelletaan hankkeessa sähkön laadun ja saatavuuden takaamiseksi. Älykkään energianhallintajärjestelmän avulla järjestelmä voi osallistua kysyntäjoustoon tai olla tarvittaessa saarekekäytössä. Energiayhteisön alueelle on myös toteutettu tasajännitteellä toimiva LED-katuvalaistus. (Lempäälän Energia i.a.-b, s. 5, 12, 15–16)

Järjestelmään kuuluu yhteensä kaksi 2 MW aurinkopaneelijärjestelmää energiavarastointeen, 6 kaasumoottoria, 2 polttokennoa, 9 km keskijänniteverkkoa ja akusto. Aurinkopaneelien tuottamaa energiaa pyritään hyödyntämään ympäri vuoden energiavarastojen avulla. Molemmat aurin-

koenergiajärjestelmät ovat maa-asenteisia. Kiwatin aurinkoenergiajärjestelmässä on 7300 aurinkopaneelia ja Solarigon järjestelmässä on 5980 aurinkopaneelia. Järjestelmien yhteenlaskettu vuosituotanto on noin 3600 MWh. (Lempäälän Energia i.a.-b, s. 2, 6–7)

Koska aurinkopaneelien tuotantomäärät vaihtelevat olosuhteiden mukaan, tarvitaan kaasumootoreita varmistamaan tasainen tehontuotanto. Kaasumootoreiden kapasiteetti on yhteensä 8,1 MW. Niiden avulla tehty tehontasaus on automatisoitu, ja vähintään puolet kaasusta on biokaasua. Kaasumootoreita käytetään yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannossa. Järjestelmässä käytetyt polttokennot ovat kiinteäoksidipolttokennoja (SOFC). Koska SOFC-kennot ovat korkean lämpötilan polttokennoja, niitä voidaan käyttää yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa (CHP, combined heat and power). Prosessissa saatua lämpöä syötetään kaukolämpöverkkoon. Polttokennojen tuottama kokonaisteho on 130 kW. Energiavarastoina on kaksi 2,4 MW / 1,6 MWh akkua, ja järjestelmään kuuluu lisäksi jäähdytyslaitteisto. (Lempäälän Energia i.a.-b, s. 2, 8, 10, 15–16)

3.3 Asuminen

Älykkään korttelin implementaatioita voidaan rakentaa sekä omakotitaloryhmiin että kerrostaloihin. Asuinalueella voi olla kokonaan itsenäinen verkko tai ratkaisussa voidaan hyödyntää jo olemassa olevaa infrastruktuuria. Erityisesti uudemmissa asuinrakennuksissa energiatehokkuuteen pyritään vaikuttamaan jo rakennusvaiheessa. Rakennuksen eristystä voidaan esimerkiksi vahvistaa, jotta rakennuksen lämmitykseen kuluu vähemmän energiaa. Seuraavissa luvuissa on esitelty Suomessa asuinrakennuksissa toteutettuja älykkään korttelin demonstraatioita.

3.3.1 Torppalan ekokylä

Kaarinassa sijaitsevaan Torppalan kylään on suunnitteilla noin 50 hehtaarin kokoinen ekokylä. Torppalan ekokylässä on tarkoitus hyödyntää ekologista rakentamista kortteliperiaatteella, merestä ja maasta saatavaa lämpöä, omaa älykästä sähköverkkoa sekä rakennusten katoille rakennettuja aurinkovoimaloita. Ekokylä on tarkoitus rakentaa kolmen yksityisen maaomistajan alueelle sekä Kaarinan kaupungin hallinnoimalle alueelle. (Ekokylä Torppala 2022) Ekokylää suunnitellaan noin 1000 asukkaalle, ja sen asemakaavaluonnos julkaistiin vuoden 2023 alkupuolella lausuntoja ja mielipiteitä varten (Kesti 2023).

Torppalan ekokylään on suunnitteilla omavarainen älykäs sähköverkko sekä matalaenergiaverkko. Älyverkon avulla on tarkoitus kerätä tietoa energiankulutuksesta, jota ekokylän asukkaat voivat seurata digitaalisesta sovelluksesta. Torppalan sähkö- ja lämpöjärjestelmän on tarkoitus toimia saarekekäytössä, mutta ne voidaan tarvittaessa liittää myös valtakunnan sähkö- ja lämpöverkkoon. (Torppalan ideasuunnitelma 2020, s. 28) Tuotettua energiaa tullaan hyödyntämään ekokylän rakennuksissa. Lisäksi alueelle tulisi sähköauton latauspisteitä. Ekokylän mikroverkko on tarkoitus suunnitella ja rakentaa siten, että se mahdollistaa uusien teknologisten ratkaisujen

kokeilun sekä jouston energiantuotannossa. Alueelle on myös tarkoitus perustaa paikallinen energiayhtiö- tai yhteisö, joka vastaisi energian tuottamisesta ja jakelusta. Energiayhteisöt voisivat olla myös korttelikohtaisia. (Torppalan ekokriteerit 2020, s.50–51)

3.3.2 Gadolin älykylä

Mynämäkeen on suunnitteilla hiilineutraali asuinalue, Gadolin älykylä, jossa on tarkoitus kokeilla uudenlaista rakentamista ja energiatehokasta asumista. Älykylän rakentamisen oli alun perin tarkoitus alkaa vuoden 2022 lopulla, mutta se on viivästynyt rahoituksen puutteen vuoksi. Hankkeen rakennuttaja ASV Arctic Smart Village Oy ilmoitti Gadolin älykylä -hankkeen kaatumisesta sitoutuneiden osallistujien puutteen vuoksi vuoden 2022 joulukuussa. Asumisosuuskunta ja ryhmärakennuttaminen eivät houkuttelleet osallistujia, koska konseptin luultiin edellyttävän osallistujilta suurta osallistumista rakentamiseen. Lisäksi projekti miellettiin yhteisölliseksi asumiseksi sekä kommuuniksi. (Airaksinen 2022) ASV Arctic Smart Village Oy alkoi vuoden 2023 alusta etsiä projektille sijoittajia (Mäkinen-Önsoy 2023).

Alueelle on tarkoitus rakentaa 32 asuntoa noin 50 asukkaalle (Älykylä 2021a). Alueella on tarkoitus kokeilla älyverkkoa ja rakennuksiin asennettavia älykotijärjestelmiä, jotka optimoivat energiankulutuksen oman tuotannon, sääolosuhteiden ja energianhintojen avulla (Älykylä 2019; Smart village builders i.a.-a). Hankkeeseen osallistuvat ASV Arctic Smart Village Oy, Holda Group Oy, Vastuu Group Oy, Platform Of Trust Oy, Arkkitehtitoimisto KJ-A Oy, NollaE Oy, SustainaBuild Oy ja VuokraNet Oy (Kittilä 2022, s. 2). Koska kaikki alueen rakennukset sijaitsevat samalla kiinteistöllä, sinne voidaan rakentaa yhteiskäyttöön tarkoitettuja energiantuotantolaitoksia sekä perustaa energiayhteisö.

Kylässä tuotetaan aurinkosähköä maassa olevilla aurinkopaneeleilla sekä lämpöä rakennusten katoilla olevilla aurinkokeräimillä. Kun aurinkopaneelit tuottavat sähköä yli rakennuksen tarpeen, ylijäämä myydään sähkömarkkinoille. Tuotannon ollessa pienempää kuin kulutuksen älykotijärjestelmä ostaa sähköä valtakunnan verkosta. Aurinkokeräimien tuottamaa lämpöä käytetään rakennuksissa tai varastoidaan maaperään. Kulutuksen ollessa suurempaa kuin tuotannon lämpöä otetaan varastosta. (Smart village builders i.a.-a) Alueelle tulee paikallinen matalalämpöverkko (Älykylä 2021b).

Älykylän asukkaat kuuluvat asumisosuuskuntaan, joka perii asumisesta vuokran ja omistaa asunnot. Kuukausittain maksettavan vuokran hintaan sisältyy muun muassa lämmön ja sähkön hinta, jotka ovat omatuotannon ja energiankäytön optimoinnin ansiosta pienemmät. (Smart village builders i.a.-a) Alueella on tarkoitus soveltaa takamittarointia, jolloin asukkaiden ei tarvitse maksaa siirtomaksuja tai sähköveroa itse tuotetusta energiasta. (Älykylä 2019) Aurinkokeräinten ansiosta rakennusten lämmityskulujen arvioidaan pienenevän noin 20–25 % (Smart village builders i.a.-b).

3.3.3 Kempeleen ekokortteli

Kempeleen ekokortteli on 10 omakotitalon muodostama energiaosuuskunta. Vuonna 2010 valmistunut kortteli oli alun perin täysin valtakunnan sähköverkosta irrallinen. Ekokylä liitettiin jakeluverkkoon vuonna 2015, jotta tuotanto ja kulutus saatiin tasapainotettua. (Niemitalo 2015) Samalla ekokorttelin laitteisto vaihdettiin uusien tuotekehitysmallien mukaisiksi (Energiakokeilut.fi i.a.-a).

Korttelin tarvitsema sähkö ja lämpö tuotetaan CHP-laitoksessa pyrolyysillä, eli kaasuttamalla häikäpönttötekniikalla puuhaketta. CHP-laitoksen sähköteho on 30 kW ja lämpöteho 70 kW. (Pesola et al. 2010, s. 38) Lisäksi käytössä on 20 kW tuulivoimala. Järjestelmään kuuluu 6000 Ah akusto häiriötilanteita varten ja biodieselillä toimiva 80 kW generaattori. (Pesola et al. 2010, s. 38; Pasonen & Hoang 2014, s. 12) Alueella on oma matalalämpöverkko, ja kaasutuksessa sivutuotteena saatua hukkalämpöä käytetään asuntojen lämmityksessä ja ilmanvaihdossa. Lattialämmityksessä tarvittava lämmin vesi saadaan myös CHP-laitoksesta. (Peltonen 2010) Alueella on 400 V kolmivaiheinen AC-verkko (Pasonen & Hoang 2014, s. 12).

Ekokortteli on jaettu tonteiksi, jotka asukkaat omistavat. Tontin ostajan on liityttävä samalla energiaosuuskuntaan. Asukkaat ovat sitoutuneet käyttämään osuuskunnan omaa voimalaa ja rakennukset ovat matalaenergiataloja. Rakennuksissa ei esimerkiksi saa olla sähkökiukaita. Osuuskuntaan liittyessään osakkaat maksoivat 5000 euron osuuskuntamaksun ja 5000 euron liityntämaksun mikroverkkoon. Fortel Components, nykyään Volter Oy, joka omisti aluksi voimalaitoksen, sitoutui myymään osakkaille sähköä ja lämpöä ennalta sovittuun kWh-pohjaiseen hintaan ensimmäiset 5 vuotta. (Pesola et al. 2010, s. 38–39) Vuonna 2015 rakennusten sähkö ja lämmitys kustansi vuodessa noin 1300–1500 euroa rakennuksen koosta riippuen (Niemitalo 2015).

3.3.4 Turun Ylioppilaskylä

Turun kaupunki ja Turun ylioppilaskyläsäätiö ovat osallisena RESPONSE-hankkeessa, jossa kehitetään strategioita älykkäiden kaupunkien siirtymisestä ilmastoneutraaleiksi vuoteen 2050 mennessä. Vuosina 2020–2025 toteutettavan hankkeen pilottikohteena toimii Turun Ylioppilaskylä, joka muutetaan energiapositiiviseksi asuinalueeksi. Tällöin alue tuottaa ympäristöystävällisesti enemmän energiaa kuin se kuluttaa. Ylioppilaskylässä kokeillaan erilaisia innovatiivisia lämmitys- ja jäähdytysratkaisuja sekä sähköisen liikenteen, energian tuotannon ja energianvarastoinnin ratkaisuja. Tulevaisuudessa alueella on myös tarkoitus kokeilla faasimuunnosvaraajaa lämmönvarastoinnissa. (Aamuset 2022) Kaukolämmön ja -kylmän käytön optimointiin käytetään älykästä energianhallintajärjestelmää (HögforsGST i.a.).

Ylioppilaskylään vuoden 2022 alussa valmistuneeseen opiskelija-asuntola Tyyssijaan on rakennettu kaksisuuntainen lämmitysjärjestelmä, ja asunnoissa on sisälämpötilan optimoinnin mahdollistavat anturit. Tyyssijan lämpöpumppu käyttää muiden rakennusten ylijäämälämpöä lämmön-

lähteenä. Kaukolämpöä ja -jäähdytystä voidaan tuottaa myös kaupungin verkkoihin muualla käytettäväksi. Asuntola sisältää lähes 200 opiskelija-asuntoa. Ylioppilaskylässä asuu noin 4000 asukasta. (Aamuset 2022)

Osana RESPONSE-hanketta ylioppilaskylään rakennetaan LVDC-mikroverkko, joka yhdistää Tyysijän sekä Ylioppilaskylässä Tyysijän vieressä sijaitsevan 5-korttelin. Tyysijän sekä Ylioppilaskylän muiden rakennusten, Nummenrannan ja 5-korttelin, katoille asennetaan kaksipuoleiset aurinkopaneelit. Tyysijaan asennetaan myös sähköautojen V2G-latauspiste. (TYS 2022) Mikroverkon energiaressursseina hyödynnetään aurinkopaneelien ja V2G-latauspisteiden lisäksi akustoja. Response-hankkeeseen kuuluva lämpöverkko on ollut tarkoitus ottaa käyttöön vuoden 2023 alussa, mutta mikroverkon rakentamisen aikataulusta ei ole tiedotettu. (Response 2022)

Ylioppilaskylään vuonna 2018 rakennetussa opiskelija-asuntola Aitiopaikassa on jo käytössä 515 kaksipuoleista aurinkopaneelia (TYS 2022; Turku 2018). Aurinkopaneelien kapasiteetti on noin 165 kWp, ja ne tuottavat vuodessa noin 200 MWh energiaa (Turku 2018; Turku 2020). Aurinkopaneelit tuottavat sähköä yli rakennuksen oman tarpeen, ja ylimääräinen sähkö hyödynnetään alueen muissa rakennuksissa (Turku 2020). Lisäksi Aitiopaikkaan tulee V2G-latauspiste ja akustokontti aurinkopaneelien tuottaman sähköenergian varastoimista varten (TYS 2022).

3.3.5 Kalasatama

Osana Excess-projektia Helsinkiin Kalasatamaan rakennetaan kaksi energiapositiivista kerrostaloa. Excess-projektissa kehitetään ja kokeillaan energiapositiivisia taloja ja niihin liittyvää teknologiaa neljällä eri ilmastovyöhykkeellä Euroopassa. Projekti toteutetaan vuosina 2019–2023. (Heimonen & Lehtonen 2022, s. 13, 16, 21)

Kalasatamaan tulevat kerrostalot, Aurinkoampeeri ja Geowatti, rakennetaan vuosina 2021–2023. Projektissa ovat mukana VTT, Basso Building Systems, Tom Allen Senera, Gebwell, Muovitech ja Helsingin kaupunki. (Excess i.a.) Kerrostalot tuottavat vuositasona enemmän energiaa lämmitykseen kuin ne tarvitsevat. Kerrostaloihin rakennetaan yhteensä 145 asuntoa sekä katutasoon liiketiloja ja pysäköintihalli. (Rakennuslehti 2021) Kerrostaloissa kokeiltaviin ratkaisuihin kuuluvat aurinkopaneelit, PVT aurinkosähkö-aurinkolämpökeräimet, keskisyvät lämpökaivot, lämpöpumput sekä energianhallintajärjestelmä (Excess i.a.). Rakennusten parkkihalleissa on lisäksi sähköauton latauspisteitä (Bassotalo i.a.-a; Bassotalo i.a.-b).

Aurinkopaneelija asennetaan rakennusten julkisivuille ja PVT-paneelija rakennusten katoille, yhteensä yli 600 neliömetrin alueelle. Lämmitykseen ja jäähdytykseen käytettävät lämpökaivot ovat noin 600–800 metriä syviä. Lämpökaivojen yhteydessä toimivat noin 140 kW lämpöpumput. Rakennusten sekä käyttöveden lämmitykseen käytetään maalämmön lisäksi PVT-paneelieita ja ilmanvaihdon hukkalämpöä. (Excess i.a.) Lämpökaivoja voidaan lisäksi käyttää lämpövarastoina (Manner 2020).

Energianhallintajärjestelmä optimoi paikallisesti tuotetun energian hyödyntämisen paikallisesti. Se ottaa lisäksi huomioon sääennusteen sekä energian tuotannon, kulutuksen ja sähkön hinnan vaihtelut. Myös kysyntäjousto on mahdollista. (Excess i.a.) Aurinkoampeerin ja Geowatin rakentaminen edistyy aikataulun mukaisesti, ja niiden odotetaan valmistuvan syksyllä 2023 (Bassotalo i.a.-a; Bassotalo i.a.-b).

3.3.6 Hiedanranta

Tampereelle on rakenteilla uusi kaupunginosa Hiedanranta, johon kaavaillaan noin 25 000 asukasta sekä 10 000 työpaikkaa. Kaupunginosan rakentaminen alkaa vuonna 2024, ja ensimmäisten asukkaiden on tarkoitus muuttaa sinne vuonna 2025. (Hiedanranta i.a.-a) Kaupunginosan suunnittelussa tullaan hyödyntämään kortteliperiaatetta, jossa korttelit on jaettu tontteihin (Väliharju 2022).

Hiedanrannan kaupunginosasta suunnitellaan ympäristövaikutuksiltaan nettopositiivista, eli kaupunginosa tuottaisi enemmän kuin se kuluttaa. Älyteknologiaa ja kaksisuuntaista verkkoa tullaan hyödyntämään energian tuotannossa sekä kulutuksessa. Hiedanrantaan on tarkoitus rakentaa alueellinen matalalämpöverkko, joka on liitetty kaupungin kaukolämpöverkkoon. Alueen energiaverkkoihin on tarkoitus soveltaa sektori-integraatiota. Energiatehokkuutta voidaan tehostaa rakennusautomaatiolla sekä alueen energiavirtoja seuraavan digitaalisen mallin avulla. Hiedanrannassa on ollut vuodesta 2017 asti käytössä hiilinegatiivinen biohiililaitos, joka tuottaa kaukolämpöä alueen verkkoon. Alueella on tarkoitus kokeilla skaalautuvia energiavarastoja tuuli- ja aurinkoenergialle sekä kausivarastoa lämmölle. (Väliharju 2022)

Eryteisesti Hiedanrannan keskustassa tullaan hyödyntämään kortteliperiaatetta, jossa korttelien katoilla tuotettua lämpö- ja sähköenergiaa hyödynnetään korttelien sisällä. Kortteleilla tulee myös olemaan yhteys valtakunnan verkkoon, johon voidaan syöttää ylimääräinen tuotettu energia, tai ostaa energiaa tarvittaessa. Hiedanrannan keskusta tulee myös niin kutsuttu superkortteli, jossa usean korttelin asukkaat ja toimijat muodostaisivat yhteisön. Tämän yhteisön tarkoitus on muun muassa kehittää alueen energiätehokkuutta ja kiertotaloutta hallitsemalla yhteisön yhteisiä resursseja. Nämä yhteisöt voivat myös perustaa energiayhteisöjä, jotka hyödyntävät alueen aurinkovoimaa, energiavarastoja ja termistä aurinkovoimaa. (Hiedanranta – Yleissuunnitelma 2020, s. 55, 133, 135) Alueelle tulee myös sähköauton latauspisteitä, jotka on liitetty älyverkkoon (Hiedanranta i.a.-b).

3.3.7 Smart Energy Åland

Smart Energy Åland-hankkeessa Ahvenanmaasta kehitetään energiaomavaraista, älykästä ja täysin uusiutuvaa energiaa hyödyntävää aluetta. Hanke on ollut käynnissä vuodesta 2014 lähtien, ja koko Ahvenanmaan energia on tarkoitus tuottaa uusiutuvasti vuoteen 2025 mennessä. (Ener-

giakokeilut.fi i.a.-b) Vuonna 2020 Ahvenanmaalla tuotetusta energiasta 35 % oli paikallisesti tuotettua uusiutuvaa energiaa. Paikallisesti tuotetusta sähköstä suurin osa on tuotettu tuulivoimalla. (Smart Energy Åland 2021a) Projektiin liittyvistä hankkeista muutama on jo rakennettu ja kymmeniä hankkeita on suunnitteilla.

Smart Energy Åland-hankkeessa kokeillaan erilaisia ratkaisuja kysyntäjouaston, energian varastoinnin sekä energian tuottamisen ja kuluttamisen saralla. Maakunnan tarvitsema energia on tarkoitus tuottaa tuulivoimalla sekä aurinko- ja bioenergialla. (Energiakokeilut.fi i.a.-b) Myös mikro-CHP-laitoksia on tarkoitus kokeilla yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannossa (Smart Energy Åland 2021b). Ahvenanmaalle on myös tarkoitus rakentaa lisää sähköautojen latauspisteitä sekä sähköistää julkista liikennettä (Smart Energy Åland 2021c). Lisäksi vuonna 2024 Ahvenanmaalle on tarkoitus asentaa 40 MW lisää tuulivoimaa. (Riikonen & Tiihonen 2023)

Mahdollisia energianvarastointiratkaisuja ovat akut, pumppuvoimalaitokset, vauhtipyörä, V2G, P2X eli Power-to-X –teknologia ja energian varastoiminen lämpönä (Smart Energy Åland 2021d). P2X-teknologioista on tarkoitus kokeilla ainakin vihreän vedyn tuottamista paikallisesti. Tuotettua vetyä voidaan hyödyntää polttokennoilla toimivissa lautoissa. Ensimmäinen lauttakokeilu on tarkoitus toteuttaa vuosina 2024–2025. (Flexens 2021a) Lisäksi suunnitteilla on joustoa tarjoavat markkinat, joiden avulla voidaan kokeilla uusia markkinamalleja pienessä mittakaavassa (Smart Energy Åland 2021e).

Osana Smart Energy Åland-hanketta Ahvenanmaalaisessa koulurakennuksessa kokeiltiin vuonna 2019 älykästä rakennusten lämmitysjärjestelmää, jossa eri huoneissa olevia termostaatteja voidaan säätää erikseen lämmitystarpeen mukaan (Flexens 2019). Lisäksi Ahvenanmaalla kokeillaan vuosina 2021–2024 kahta uutta energiavarastoa. Toinen varastoista on ruotsalaisen Pumped Hydro Storage Sweden Ab:n maanalle sijoitettava pumppuvoimalaitos, ja toinen varasto on suomalaisen Polar Night Energy Oy:n kehittämä kuumaan hiekkaan perustuva energiavarasto. (Flexens 2021b)

4. ÄLYKKÄÄN KORTTELIN DEMONSTRAATIOT EUROOPASSA

Muualla Euroopassa esiintyy useassa eri maassa energiayhteisöjä ja älykkään korttelin implementaatioita. Esimerkiksi Saksassa ja Alankomaissa on suotuisten olosuhteiden, sallivan lain-säädännön sekä syöttötariffien ansiosta useita kansalaisten organisoimia paikallista uusiutuvaa energiaa hyödyntäviä hankkeita (Caramizaru & Uihlein 2020, s. 9–10, 18). Seuraavissa luvuissa esitellään erilaisia Euroopassa toiminnassa tai kehitteillä olevia älykkään korttelin demonstraatioita. Liitteeseen B on kerätty yhteen keskeisiä tietoja käsitellyistä muualla Euroopassa sijaitsevista toteutuksista.

4.1 Eigg-saari

Skotlannin luoteisrannikolla sijaitseva Eigg-saari on noin 100 ympärivuotisen asukkaan yhteisö, jolla on oma mikroverkko. Vuonna 2008 käyttöön otettu saaren yhteisön omistama ja ylläpitämä Eigg Electric tuottaa saaren asukkaille sähköä vesi-, aurinko ja tuulivoimalla. Saarella on kolme vesivoimalaa, joista yksi on kapasiteetiltaan 100 kW ja kaksi muuta 5–6 kW. Saarella olevien 4 tuulivoimalan kapasiteetti on yhteensä 24 kW. Lisäksi saarella on aurinkovoimala, jonka kapasiteetti on 50 kW. Järjestelmään kuuluu myös 96 kappaletta 4 V akkua ja varavoimajärjestelmänä kaksi 64 kW dieselgeneraattoria. Sähkönsiirtoon käytetään maakaapeloitua suurjänniteverkkoa. (Eigg Electric i.a.)

Energianhallintajärjestelmä huolehtii akkujen latauksesta ja purkamisesta sekä varavoimajärjestelmän käytöstä. Tuotannon ollessa suurta energiaa käytetään akkujen lataamiseen ja yleisten tilojen lämmitykseen. Tuotannon ollessa pientä ja akkujen varauksen ollessa alle 50 % varavoimajärjestelmä käynnistetään. Lisäksi energianhallintajärjestelmä huolehtii suurimman vesiturbiinin sekä varavoimajärjestelmän generaattorin tahdistamisesta. (Eigg Electric i.a.)

Noin 95 % saaren asukkaiden tarvitsemasta sähköstä tuotetaan uusiutuvilla energiantuotantovoilla ja loput 5 % tuotetaan dieselgeneraattoreilla. Jotta energiaa olisi aina tasapuolisesti saatavilla kaikille kuluttajille, jokaisella kotitaloudella sekä pienellä liikekiinteistöllä on 5 kW käyttörajoitus ja suuremmilla liikekiinteistöillä on 10 kW käyttörajoitus. (Eigg Electric i.a.) Jokaisessa rakennuksessa on langaton seurantajärjestelmä, josta asukkaat voivat seurata omaa energiankulutustaan reaaliajassa. Käyttörajoituksen ylittyessä automaattinen katkaisija katkaisee sähkönjakelun kyseiseen rakennukseen. Sähkönjakelu palautetaan manuaalisesti maksua vastaan. Sähkön hinta koostuu kulutukseen perustuvasta maksusta, joka on 0,2 £/kWh, sekä perusmaksusta. Perusmaksu on 5 kW liittymälle 0,12 £ ja 10 kW liittymälle 0,15 £. Lisäksi liittyessä verkkoon maksetaan liittymismaksu, joka on 5 kW liittymälle 500 £ ja 10 kW liittymälle 1000 £. Maksuilla kate-taan huolto- ja investointikustannuksia. (Chmiel & Bhattacharyya 2015, s. 579–580)

4.2 Groene Mient

Groene Mient on Alankomaissa Haagissa sijaitseva ekologisesti rakennettu asuinkortteli, jonka asunnot ovat energianeutraaleja. Korttelin asukkaat ovat perustaneet kansalaisyhdistyksen, joka päättää yhdessä hallinnollisista asioista. Yhdistys myös omistaa tontin, jolla kortteli sijaitsee. (Urban Nature Atlas 2021)

Korttelissa on yhteensä 3 asuinrakennusta, joissa on 33 asuntoa (Urban Nature Atlas 2021). Rakennusten katoille on asennettuna aurinkopaneeleja ja -keräimiä. Energiaa tuotetaan lisäksi lämpöpumpuilla ja ottamalla hukkalämpöä talteen ilmanvaihdesta. (Sustainable The Hague 2021) Korttelissa on lisäksi asukkaiden yhteinen akusto energian varastoimista varten (Groene Mient i.a.). Korttelia ei ole liitetty kaupungin maakaasuverkkoon, vaan jokaisessa rakennuksessa on erilainen lämmitysjärjestelmä. Lämmitystapoina ovat lämpöpumput lämpöenergiavarastoihin yhdistettynä, sähkölämmitys sekä terminen aurinkoenergia. (Urban Nature Atlas 2021)

Vuodesta 2020 asti Groene Mient-korttelissa on ollut kehittäillä älyverkkohanke, jossa asukkaat voivat tuottaa, kuluttaa ja varastoida paikallisesti tuotettua energiaa sekä vaihtaa tuottamaansa energiaa korttelin asukkaiden kesken paikallisilla energiemarkkinoilla. Energiayhteisö voi myös tarjota kysyntäjoustoa. (Spectral 2022a) Energianjakelua ja älyverkkoa hallinnoin Groene Mientin asukkaiden perustama energiayhteisö Sterk op Stroom. Energiayhteisöön kuulumisen maksaa vuodessa 25 euroa. Älyverkkohanke sai 10 vuoden erikoisluvan Alankomaiden Työ- ja ilmasto-ministeriöltä. (Groene Mient i.a.)

Älyverkon pilottivaihe saatiin päätökseen vuonna 2022. Energiayhteisö on toiminnassa, mutta rahoituksen puutteesta sekä organisaationallista ongelmista johtuen älyverkkokokeilua ei jatketa asuinalueella. Älyverkkoa ja energiayhteisöä ei myöskään laajentaa koko Vruchtenbuurtin kaupunginosan alueelle, kuten alun perin oli tarkoitus. (Dekkers 2023) Yhteisöön oli tarkoitus liittää kokeilujakson jälkeen 30–300 rakennusta (Spectral 2022a).

Projektiin osallistuneissa organisaatioissa ei nähty älyverkkohanketta kannattavaksi, eikä niillä ollut halua sitoutua hankkeeseen. Projektissa olivat mukana alueellinen jakeluverkonhaltija Stedin, Haagin kunta, laitteiden toimittaja Joulz Diensten ja Spectral (Groene Mient i.a.). Esimerkiksi paikallinen verkkoyhtiö Stedin ei ollut valmis investoimaan älyverkkohankkeeseen. Myös paikallisen kunnanhallituksen päätökset ja tuki sekä erilaiset rahalliset valtion tuet osoittautuvat riittämättömiksi tai vaikeiksi hankkia. Eurooppalaisia avustuksia voi hakea vain kunnan tai valtion hallituksen avustuksella, joka vaikeuttaa naapurustohankkeiden tukien hakua. Rahoituksen puutteen vuoksi myös alueella toimiva energiankäytön seuranta-alusta sekä energiamittaukset on lopetettava. (Dekkers 2023)

Rahoitukseen liittyvien sekä organisaationallisten haasteiden lisäksi asuinalueella oleva teknologia ei sopinut älyverkon ohjaukseen ja mittaamiseen tarvittavien laitteistojen kanssa yhteen. Esimerkiksi asuntojen lämpöpumppeihin ei voitu yhdistää kuormanohjauksen mahdollistavia ohjauslaitteistoja. Vuonna 2023 alueelle on kuitenkin tarkoitus asentaa lisää aurinkopaneeleja. (Dekkers 2023)

4.3 Buiksloterham

Buiksloterham on Pohjois-Amsterdammassa Alankomaissa sijaitseva vanha teollisuusalue, joka muutetaan energiapositiiviseksi kaupunginosaksi. Alueelle on tarkoitus rakentaa useita älyteknologiaa hyödyntäviä ja paikallisesti energiaa tuottavia kortteleita.

Schoonschip on Buiksloterhamissa sijaitseva asuinalue, jossa on 46 taloutta ja 144 asukasta. Asuinalue kelluu Johan van Hasseltin kanaalissa, ja koostuu asukkaiden itsensä rakennuttamista rakennuksista, joista viimeisimmät valmistuivat vuonna 2020. Asuinalueella on yhteensä 30 lämpöpumpua sekä rakennusten katoille ja julkisivuille asennettuna 516 aurinkopaneelia ja 60 aurinkokeräintä. (Spectral 2022b; Schoonschip i.a.) Aurinkopaneelien yhteenlaskettu kapasiteetti on noin 150 kWp, ja ne tuottavat vuodessa noin 127,3 MWh sähköä. (de Graaf 2018, s. 52–53) Jokaisessa taloudessa on lisäksi 6,4–19,2 kWh akku, jonne varastoidaan ylimääräinen sähköenergia (Schoonschip – Greenprint i.a.-a).

Asuinalue on lämmön suhteen omavarainen, eikä sillä ole kaasuliitännää. Asunnot lämmitetään lämpöpumpuilla, jotka ottavat lämpöä kanaalin vedestä. Käyttövesi lämmitetään aurinkokeräimillä ja lämpöpumpuilla. Asukkailla on myös yhteisessä käytössä sähköautoja ja -pyöriä. (Schoonschip i.a.)

Vuodesta 2018 toiminnassa ollut älykäs mikroverkko ja siihen sisältyvä energianhallintajärjestelmä huolehtii tuotannon, kulutuksen sekä energianvarastoinnin ja -vaihdon optimoinnista. (Spectral 2022b; Schoonschip i.a.) Yhteisöllä on yksi yhteinen liitäntä ulkoiseen verkkoon, jonka mitoitus on noin viidesosa saman verran kuluttavan loppukäyttäjän liittymän mitoituksesta. Jokaisella taloudella on oma älymittarointijärjestelmä, joka seuraa taloudessa kulutettua ja tuotettua energiaa. Asukkaat voivat ostaa sähköä multa prosumereilta tai ulkoisesta verkosta. (de Graaf 2018, s. 52–53) Paikallisen energiamarkkinan ansiosta sekä verkkoliittymän mitoituksen takia alueen energiakustannukset ovat verrattain pienemmät (Dekkers 2023).

Schoonschipin asukkailla on käytössään Smart Community Platform (SCP) -portaali, josta asukkaat voivat tarkastella energiankulutustaan ja -tuotantoaan sekä akun ja lämpöpumpun toimintaa omassa asunnossa tai koko järjestelmän tasolla. Portaalissa on lisäksi kirjanpitojärjestelmä, jonka avulla voidaan hallinnoida laskutusta vaihdetusta energiasta ja kunnossapitokustannuksista. (Schoonschip – Greenprint i.a.-b)

Schoonschip-energiayhteisö sai Alankomaiden talousministeriöltä erikoisluvan mikroverkkohankkeelle. Lisäksi älyverkko mahdollistaa asuinalueensisäiset lohkoketjupohjaiset vertaisverkko eli Peer-to-Peer (P2P) –energiamarkkinat. (Spectral 2022b) Koska kaikki alueella asuvat loppukäyttäjät käyttävät saman energiayhtiön palveluja, projektissa ei ole saatu tutkittua yksittäisen jäsenen energiayhtiön vaihtamisen vaikutuksia. Myöskään yksittäisen loppukäyttäjän mikroverkosta irrottautumisen vaikutuksia ei ole ollut mahdollista tutkia. (Dekkers 2023)

Projektissa kehitettyä energianhallintajärjestelmää hyödynnetään Buiksloterhamiin rakenteilla olevien älykkäiden korttelien Republica Papaverwegin ja Poppiesin energianhallintajärjestelmien

suunnittelussa (Atelier 2020). Molempiin kortteleihin tulee aurinkovoimaloita, sähköautoja latauspisteineen sekä älykkäät mikroverkot optimoimaan paikallista tuotantoa, kulutusta, energian varastointia ja kysyntäjoustoa. Korttelit voivat toimia myös saarekekäytössä. Lisäksi kortteleihin perustetaan uusiutuvan energian yhteisöt. Koko kaupunginosan alueelle tulee alusta energiamarkkinoille, joilla asukkaat voivat vaihtaa energiaa muiden asukkaiden, yhteisöjen tai tukkusähkömarkkinoilla. (Atelier 2022) Republica Papaverweg -korttelin odotetaan olevan valmis vuoden 2023 loppuun mennessä (Rooth 2023).

Republica Papaverwegin älykortteliin sisältyy 3 asuinkerrostaloa, hotelli, 2 toimistorakennusta sekä pysäköintialue. Korttelin sisäinen älykäs energijärjestelmä sisältää sähkö- sekä lämpöverkon, lämpöpumput yhdistettynä pohjavettä hyödyntävään lämpöenergiavarastoon, aurinkovoimaloita, älykkäät sähköautojen latauspisteet ja 1,2 MWh akuston. Älykäs energianhallintajärjestelmä maksimoi paikallisesti tuotetun energian käytön ja hyödyntää esimerkiksi huipuntasausta. Mikroverkolla tulee olemaan yksi jakeluverkkoyhteys, ja se voi osallistua kysyntäjousto. (Spectral 2022c) Alueelle rakennettavaan älykkääseen energijärjestelmään liittyviä akustoja on testattu vuonna 2023 vielä ennen niiden liittämistä Republican mikroverkkoon (Rooth 2023). Akustoja on tarkoitus hyödyntää paikallisesti tuotetun energian varastoinnin ohella tarjoamaan palveluita sähköverkolle, kuten osallistumaan taajuusohjattuun käyttö- ja häiriöreserviin. Lisäksi akusto voi tarjota joustopalveluita paikallisilla energiamarkkinoilla. (Atelier 2023)

Kortteliin perustetaan Republica Energy Cooperative -osuuskunta, jonka jäseniä ovat alueen asukkaat ja yritykset. Osuuskunta huolehtii korttelin mikroverkon toiminnasta ja energian toimittamisesta. Osuuskunta voidaan luokitella uusiutuvan energian yhteisöksi. Sen jäsenet hyötyvät matalammista energian hinnoista. (Spectral 2022c)

4.4 Luče

Vuonna 2018 lanseerattu Compile-projekti selvitti energiasaarekkeiden ja mikroverkkojen tuomia mahdollisuuksia energiantuotannon hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä, yhdyskuntarakentamisessa ja ympäristö- sekä sosioekonomisten hyötyjen luomisessa. Compile-projekti tulee päätökseen vuoden 2022 lokakuussa. (Compile 2022a) Projektiin kuului eri maista 5 koepaikkaa, joihin sovellettiin erilaisia teknologioita ja toimijoita (Compile 2022b).

Slovenissa sijaitsevassa Lučen maalaiskylässä on Slovenian ensimmäinen omavarainen uusiutuvan energian yhteisö ja siitä tuli Compile-projektin koepaikka vuoden 2020 huhtikuussa. Vuosina 2019–2020 kylään asennettiin aurinkovoimaloita jo ennen projektia. Compile-projektissa asennettiin 9 aurinkovoimalaa, joiden yhteiskapasiteetti on 102 kW. (Compile 2022c) Aurinkovoiman kokonaiskapasiteetti Lučessa on 152 kW (Compile 2020, s. 5). Lisäksi kylään asennettiin älykkäät sähkömittarit, sähköautojen latauspiste, 150 kW / 333 kWh akku yhteiseen käyttöön sekä akut 5 kotitalouteen. Energianhallintajärjestelmä (HEMS, Home energy management system) optimoi kotitalouksien energian tuotantoa, varastoimista ja käyttöä. (Energy Communities hub i.a.-

a) Koska kylän sähköverkko on heikko ja siinä esiintyy paljon häiriöitä esimerkiksi sääolosuhteiden takia, rakennettu mikroverkko voi toimia syöttävästä verkosta erillisenä saarekkeena. (Compile 2022c)

Energianhallintajärjestelmän testausta on jatkettu uusiutuvan energian yhteisössä ja mikroverkossa Compile-projektin jälkeen X-Flex-projektissa. Projekti on ollut käynnissä vuodesta 2019, ja sen on tarkoitus loppua vuonna 2023. Energianhallintajärjestelmän avulla on tarkoitus tuottaa palveluita sähköverkolle sekä luoda paikallinen markkinapaikka energiayhteisön jäsenille sähköautojen lataukseen. (Alacreu et al. 2023)

4.5 Hyllie

Hyllie on kaupunginosa Malmössä Ruotsissa. Vuonna 2011 Malmön kaupunki, Eon ja VA Syd solmivat ilmastopimuksen, jonka tarkoituksena oli kehittää Hylliestä Juutinrauman ilmastovii-sain kaupunginosa. (Malmö stad 2021) Hankkeen osana Hyllieen on rakennettu älyverkko, jonka energianhallintajärjestelmä yhdistää alueen paikallisen energiantuotannon ja energiaa kuluttavat rakennukset (Eon 2022a). Älyverkkoa kokeiltiin Hylliessä vuosina 2011–2016, jonka jälkeen se otettiin varsinaisesti käyttöön alueella. Kaupunginosassa tuotetaan paikallisesti lämpöä sekä sähköä. (Freeman 2017, s. 51) Lisäksi vuonna 2020 Hylliessä oli 37 julkista sähköauton latauspistettä (Eon Energy 2020).

Hyllien energianhallintajärjestelmä optimoi mikroverkon lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiä sekä paikallista sähköntuotantoa, -kulutusta ja energiavarastojen käyttöä. Se ottaa huomioon sääennusteen, energian hinnan sekä energian tuotannon ja kulutuksen vaihtelut. Uusiutuvaa energiaa tuotetaan maalämmöllä, aurinkopaneeleilla sekä -keräimillä, tuulivoimalla ja jätteiden poltolla. Sähköä voidaan varastoida akkuihin ja lämpöä rakennusten betonirakenteisiin. Hylliessä on matalalämpöverkko. (Eon Energy Blog 2019) Lisäksi käytössä ovat rakennusohjausjärjestelmä (BMS, Building management system) ja HEMS (Joint research centre 2022a). Rakennusten katoilla sijaitsevien aurinkopaneelien tuottamaa sähköenergiaa hyödynnetään ensin rakennuksissa, jonka jälkeen ylimääräinen energia syötetään jakeluverkkoon (Eon 2022b). Vuonna 2020 älyverkkoon oli kytkettynä 400 rakennusta. Älyverkkoa on tarkoitus hyödyntää koko kaupungissa. (Eon Energy UK 2020)

Hyllien kaupunginosan rakentaminen jatkuu vuoteen 2040 asti, jolloin kaupunginosan kaikki energia on tarkoitus tuottaa uusiutuvasti. Tällä hetkellä kaupunginosan lämmitykseen ja ilmastointiin tarvittava energia tuotetaan kokonaan uusiutuvasti tai se on kierrätettyä energiaa. (Malmö stad 2023)

4.6 Hammarby Sjöstad

Hammarby Sjöstad on Tukholman kaupunginosa Ruotsissa, minkä tarvitsema sähkö tuotetaan täysin uusiutuvasti. Alueella kokeillaan lisäksi erilaisia teknologioita liittyen polttokennoihin sekä

aurinkopaneeleihin ja -keräimiin. (Urban Green-Blue Grids i.a.) Vuosina 2021–2024 alueella toteutetaan mikroverkkohanke (Electricity 2022a). Paikallisen mikroverkon avulla voidaan mitata, varastoida ja jakaa paikallisesti tuotettua energiaa kiinteistöjen välillä. Samalla luodaan liiketoiminta- ja oikeudellisia malleja, jotta järjestelmästä saadaan kannattava. (Electricity 2021a) Mikroverkko on tarkoitus rakentaa Hammarby Sjöstadin vuosina 2022–2023 (Electricity 2021b).

Hammarby Sjöstadin asukkaat ovat perustaneet energiayhteisön vuoden 2023 syyskuussa osana Hammarby Sjöstad 2.0 -hanketta. Energiayhteisöön kuuluu 6 asunto-osakeyhtiötä, jotka tuottavat, varastoivat sekä jakavat sähköä tuottaen jäsenilleen taloudellisia, sosiaalisia ja ympäristöllisiä hyötyjä. Energiayhteisö perustettiin muun muassa hallitsemaan Hammarby Sjöstadin sähköpulaa. (Electricity 2023)

Asunto-osakeyhtiöt Hammarby Sjöstadissa ovat investoineet yhdessä aurinkopaneeleihin, lämpöpumppuihin, geotermiseen lämpöön ja uusiin älykkäisiin ohjausjärjestelmiin. Näiden investointien avulla noin 20 asunto-osakeyhtiötä on saanut pienennettyä energiamaksujaan yli 50 %. (Electricity i.a.) Paikallisesti tuotettua aurinkoenergiaa hyödynnetään sähkölaitteissa tai veden lämmityksessä. Energiajätteestä tuotetaan sähköä ja lämpöä CHP-laitoksessa. (Nordregio 2018a) Suurin osa rakennuksista lämmitetään kaukolämmöllä, joka saadaan puhdistetusta jätevedestä, energiajätteestä tai biopolttoaineesta. Puhdistettua jätevettä käytetään myös kaukojäähdytyksessä. (Urban Green-Blue Grids i.a.) Lämpöä voidaan varastoida lämpövarastoihin käytettäväksi myöhemmin (Electricity 2022 b).

Rakennusten katoille asennettavien aurinkopaneelien tuottamaa sähköä voidaan varastoida akkuihin, käyttää rakennuksissa ja jakaa sähköverkon kautta muiden rakennusten käyttöön (Electricity 2021a). Lisäksi Hammarby Sjöstadin on tarkoitus rakentaa 500 sähköauton latauspistettä vuoteen 2020 mennessä, joista 110 oli rakennettu vuonna 2018 (EV Energy 2018). Energiayhteisö voi myös osallistua kysyntäjouksoon paikallisen energiantuotannon ja akkujen avulla (Ellevio 2022).

4.7 Stockholm Royal Seaport

Tukholmassa sijaitsevasta Norra Djurgårdsstadenista (SRS, Stockholm Royal Seaport) kehitetään kestävästä kaupunginosaa, johon tulee sekä asuin- että liiketiloja. Alueen on tarkoitus valmistua vuoteen 2030 mennessä, ja sinne rakennetaan noin 12 000 uutta asuntoa. (Nordregio 2018b)

Kaupunginosassa tuotetaan energiaa paikallisesti aurinkopaneeleilla ja CHP-laitoksilla, joiden polttoaineena käytetään energiajätettä. Alueen käyttövesi lämmitetään kaukolämmöllä, aurinkokeräimillä, merestä saatavalla lämmöllä, maalämmöllä sekä tuuletusilman ja jäteveden hukkalämmöllä. Myös jäähdytys saadaan merestä ja maaperästä. Alueelle on rakennettu lisäksi sähköauton latauspisteitä, ja julkinen liikenne hyödyntää biokaasua. (Stockholms stad i.a.) Alueelle asennettujen aurinkopaneelien on arvioitu tuottavan vuosittain noin 1 040 MWh (Stockholms stad 2022c).

Vuonna 2019 alueelle valmistui kaksi kunnallisen taloyhtiön rakennuttamaa energiapositiivista kerrostaloa, joissa on yhteensä 43 asuntoa. Energiaa tuotetaan aurinkopaneeleilla ja -keräimillä, geotermisellä lämmöllä sekä jätevedestä kerättävällä hukkalämmöllä. (Stockholms stad 2022a) Rakennusten katoille on asennettu PV aurinkopaneeleja ja aurinkoiselle päätyjulkisivulle ohutkalvopaneeleja (Stockholms stad 2022a). Paneelit tuottavat vuodessa noin 85 000 kWh sähköenergiaa (Stocholmshem i.a.), joka on enemmän kuin rakennukset kuluttavat vuositasona. Ylimääräinen sähkö myydään sähköverkkoon, ja tuotannon ollessa kulutusta pienempää sähköä voidaan ostaa valtakunnan verkosta. (Stockholms stad 2022a) Kerrostaloissa on myös mahdollisuus omalle tuulivoimalalle (Stockholms stad 2022b).

Tukholman Royal Seaportissa vuosina 2017–2018 toteutetussa hankkeessa 150 perhettä kokeili asumista älykodissa. Perheet pystyivät kuluttamaan energiaa tehokkaammin älyteknologian avulla. (Stockholms stad 2022d) Lisäksi rakennukset tuottavat aurinkopaneelien avulla energiaa. Asukkailla oli käytössä älypuhelinsovellus, jolla he pystyivät seuraamaan sähkön, lämmön ja veden kulutustaan. Sovelluksella pystyi myös määrittämään edullisimman hetken sähkölaitteiden käytölle. (Stockholms stad 2017)

4.8 Aspern Seestadt

Aspern on Wienin kaupunginosa, jossa kehitetään Aspern Smart City Research (ASCR) -hankkeessa älykkäiden rakennusten sekä mikroverkon välistä vuorovaikutusta. Hanke aloitettiin vuonna 2013, ja vuosina 2019–2023 älykkäitä energiaratkaisuja kokeillaan Aspern Seestadtissa yhdessä erilaisten markkinaosapuolten kanssa. (Siemens 2022c) Projektin muita osa-alueita ovat kaukolämpö- ja kaukokylmäverkot sekä sähköinen liikenne (Siemens 2022e). Kaupunginosassa tulee vuonna 2030 asumaan yli 20 000 asukasta, ja Aspernin lämpö- ja sähköenergia tullaan tuottamaan täysin uusiutuvasti (Siemens 2022d). Aspern Seestadtiin energiantuotantotavoiksi suunnitellaan aurinkovoimaa, CHP-laitoksia ja lämpöpumppuja. Alueelle suunnitellaan myös V2G-latauspisteitä sähköautoille. (Siemens 2019) Alueen älyverkko pystyy lisäksi tarjoamaan kysyntäjoustoa (Aspern Smart City Research GmbH & Co KG (ASCR) 2019, s. 73).

Osana ASCR-hanketta rakennuksissa kokeillaan rakennuksen energianhallintajärjestelmää (BEMS, Building Energy Management System), joka optimoi rakennuksen ja voimansiirtoverkon välistä energian siirtoa sekä käyttöä. BEMS kommunikoi rakennuksen sisällä lämpöpumppujen, aurinkoenergiajärjestelmien, energiavarastojen ja sähköauton latauspisteiden kanssa. Järjestelmä pystyy lisäksi kommunikoimaan toisten rakennusten kanssa. Se ottaa myös huomioon sääennusteet, kulutuksen ja tuotannon vaihtelut sekä sähkömarkkinat. (Siemens 2022c)

Hankkeen ensimmäisessä vaiheessa järjestelmää kokeiltiin vuosina 2013–2018 kerrostalokorttelissa, oppilaitoksessa sekä 300 asukkaan opiskelija-asuntolassa. Kerrostalokorttelissa on yhteensä 213 asuntoa, joiden asukkaista 111 halusi osallistua hankkeeseen. Asukkaat voivat älypuhelinsovelluksen avulla seurata ja hallita oman asuntonsa lämmitystä, sähkön kulutusta sekä käyttöveden lämmitystä. Sovellus näyttää myös asunnon lämpötilan ja ilmanlaadun sekä jokaisen sähkölaitteen sähkönkulutuksen. (Siemens 2019)

Älyverkkoon liitetyissä rakennuksissa on aurinkopaneeleja ja -keräimiä, lämpöpumppuja sekä lämpö- ja sähkövarastoja. Kerrostalokortteliin asennettujen aurinkopaneelien kapasiteetti on yhteensä 15 kW, aurinkokeräinten 90 kW sekä hybridijärjestelmän 20 kW sähkötehoa ja 60 kW lämpötehoa. Rakennuksessa on lisäksi useita lämpöpumppuja, korkean lämpötilan vesisäiliö (High-temperature water reservoir), hukkalämmön talteenotto parkkihallin ilmanvaihdosta, 40 000 kWh lämpöenergiavarasto sekä 2 kWh sähköenergiavarasto. Kerrostalokorttelia ei ole liitetty kaukolämpöverkkoon. (Aspern Smart City Research GmbH & Co KG (ASCR) 2019, s. 34)

Opiskelija-asuntolaan asennettujen aurinkopaneelien kapasiteetti on yhteensä 221 kW ja sähköenergiavaraston 150 kWh. Lisäksi rakennuksessa on keskitetty lämminvesivarasto (Central warm water reservoir). Rakennuksen ja käyttöveden lämmityksessä käytetään kaukolämpöä. (Aspern Smart City Research GmbH & Co KG (ASCR) 2019, s. 34–35)

Oppilaitokseen asennettujen aurinkopaneelien kokonaiskapasiteetti on 58 kW ja aurinkokeräinten 90 kW. Rakennuksessa on lisäksi 2 lämpöpumppua, keskitetty lämminvesivarasto (Central warm water reservoir) ja hukkalämmön talteenotto ilmanvaihdosta. Oppilaitosta ei ole liitetty kaukolämpöverkkoon. (Aspern Smart City Research GmbH & Co KG (ASCR) 2019, s. 34–35)

Toisessa vaiheessa osaksi järjestelmää lisätään myös toimistorakennus ja pysäköintitalo. Toimistorakennuksessa on kapasiteetiltaan 60 kW:n katolle asennettua aurinkovoimalaa sekä kaksi 40 kW:n julkisivuille asennettua aurinkovoimalaa. Rakennuksen julkisivuille asennettujen aurinkovoimaloiden tuottama sähköenergia käytetään suoraan toimistorakennuksessa. (ASCR i.a.-a) Pysäköintitalossa puolestaan on kaksi 15 kW aurinkovoimalaa, 10 sähköauton latauspistettä sekä 100 kW / 180 kWh akusto. (ASCR i.a.-b; ASCR i.a.-c)

Alueella on myös tarkoitus tutkia uusiutuvan energian yhteisöjen vaikutuksia ja mahdollisuuksia. Samalla on tarkoitus kehittää energiayhteisöjen perustamista ja toimintaa edistävää lainsäädäntöä sekä organisaatiomalleja. (ASCR i.a.-d)

4.9 Durlach

Saksassa Karlsruhen kaupungissa Durlachin kaupunginosassa järjestetään vuosina 2018–2023 Smart District Karlsruhe-Durlach -projekti. Projektissa on mukana 5 asuinkerrostaloa, joissa asuu 350 asukasta noin 160 asunnossa (Fraunhofer ISE 2022; Stadtwerke Karlsruhe i.a.). Kaikkien kerrostalojen katoille on asennettu aurinkovoimalat. Kolme kerrostaloa liitetään paikalliseen lämpöverkkoon, johon kaksi maakaasulla toimivaa CHP-laitosta syöttää lämpöä. (Fraunhofer ISE 2022) CHP-laitokset tuottavat 80 kW sähkötehoa ja 130 kW lämpötehoa. Kahteen muuhun kerrostaloon asennetaan lämpöpumput, joista toinen toimii yhteydessä aurinkokeräimen kanssa. Toisen lämpöpumpun kapasiteetti on 20 kW ja toisen 80 kW. (LowEx Bestand i.a.)

Valtakunnalliseen verkkoon syötetyn sähkön määrä pyritään minimoimaan. Paikallisesti tuotettu energia pyritään hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti lämpöpumpuissa sekä asunnoissa. Energiankäytön optimoiminen on toteutettu älykkään energianhallintajärjestelmän avulla. (Fraunhofer ISE 2022) Hanketta alettiin rakentaa vuonna 2020 (Stadtwerke Karlsruhe i.a.).

Smart District Karlsruhe-Durlach -projektin ohella kaupungissa on ollut käynnissä vuosina 2021–2023 Smart East -projekti, jossa on kehitetty älykästä kaupunginosaa Karlsruhen kaupungissa. Projektin seurauksena kaupunginosasta on tarkoitus tulla älykäs, energiaoptimoitu sekä ilmastoystävällinen. Projektissa alueen rakennukset on liitetty energianhallintajärjestelmään älykkäillä energiamittareilla, ja alueen sähkö-, lämmitys-, jäähdytys- ja liikennesektorit on yhdistetty toisiinsa. Alueella kehitetään lisäksi liiketoimintamalleja ympäristöystävälliseen ja taloudelliseen energiankäyttöön. (Smart East Karlsruhe 2023a)

Projektissa asennettiin 600 kWp aurinkovoimaa sekä sähköauton latauspisteitä. Euroopan unionin rahoittamassa jatkohankkeessa vuodesta 2024 alkaen keskitytään akkujen hyödyntämiseen, sähköajoneuvojen kaksisuuntaiseen lataukseen, dynaamisiin sähkötariffeihin, autojen yhteiskäyttöön, sektori-integraatioon sekä lämmönjakelun optimointiin esimerkiksi lämpöpumppujen avulla. (Smart East Karlsruhe 2023b)

4.10 Vauban

Saksassa sijaitseva Freiburgin kaupunki on tunnettu ekologisuudestaan. Freiburgin kaupunginosassa Vaubanissa suurin osa rakennuksista hyödyntää paikallisesti tuotettua aurinkoenergiaa. (Green City Times 2022a) Kaupunginosa rakennettiin vuosina 1994–2006 (Urban Sustainability Exchange i.a.), ja mukana suunnittelemassa asuinalueita olivat Freiburgin kaupunginhallitus Project Group Vauban, päättävä toimielin City Council Vauban Committee sekä paikallinen kansalaisten yhdistys Forum Vauban. Vaubanissa asuu noin 5500 asukasta 2000 asunnossa. Asukkaat asuvat 4–5 talouden osuuskunnissa, jotka omistavat kiinteistöt. (Mahzouni 2018, s. 1479, 1481)

Vaubanissa oli vuonna 2017 noin 132 aurinkovoimalaa, joiden kapasiteetti oli 1,425 MW. Aurinkovoimalat tuottivat noin 1,32 GWh (Stadtteil-vauban.de i.a.). Aurinkoenergian lisäksi Vaubanissa on CHP-laitos, jossa polttoaineena käytetään puuta ja energijätettä (Green City Times 2022a). CHP-laitoksen kapasiteetti on 850 kW sähkötehoa sekä 1150 kW lämpötehoa. Laitos tuotti vuonna 2014 noin 5,529 GWh sähköä ja 13,795 GWh lämpöä. Laitoksen tuottamaa lämpöenergiaa käytetään rakennusten lämmittämässä Vaubanin kaupunginosassa. (Stadtteil-vauban.de i.a.)

Vaubanissa sijaitsee plusenergiakortteli Solar Settlement (Die Solarsiedlung), johon kuuluu 59 asuntoa. Solar Settlement valmistui vuonna 2006, ja siellä asuu noin 170 asukasta. (Sdg21 2020) Korttelin rakennukset tuottavat energiaa aurinkopaneeleilla ja -keräimillä, joita on asennettu rakennusten katoille. Aurinkopaneelien yhteenlaskettu kapasiteetti on noin 445 kWp, ja ne tuottavat vuodessa 420 MWh sähköä. (Rolfdisch 2022) Rakennukset syöttävät ylimääräisen tuottamansa energian valtakunnan verkkoon (Green City Times 2022b). Asukkaat voivat saada tuottoja myydystä aurinkoenergiasta jopa 6000 euroa vuodessa (Green City Times 2022a), sillä verkkoon syötetystä ylijäämästä maksetaan syöttötariffia, jonka suuruus on 0,48 €/kWh (Sdg21 2020). Aurinkolaiva (The Sun Ship, Das Sonnenschiff) on Solar Settlement -korttelissa sijaitseva täysin energiapositiivinen rakennus. Aurinkolaivassa on yhdeksän asunnon lisäksi liike- ja toimistotiloja. (Green City Times 2022b) Se valmistui vuonna 2006 (Sdg21 2020).

4.11 Wildpoldsried

Noin 2500 asukkaan Wildpoldsriedin kylässä Saksassa on kokeiltu vuosina 2011–2021 paikallista uusiutuvan energian tuotantoa yhdistettynä mikroverkkoon, mikroverkon saarekekäyttöä sekä paikallisia lohkoketjupohjaisia energiamarkkinoita (Siemens 2022f; Wildpoldsried 2022a). Wildpoldsriedin mikroverkkoon tuotetaan energiaa paikallisesti tuuli- ja aurinkovoimalla sekä bio-kaasulla- ja massalla toimivilla CHP-laitoksilla. Järjestelmään kuuluu lisäksi 160 kWh akusto. Mikroverkko pystyy myös tarjoamaan kysyntäjoustoa sähköverkko- ja sähkömarkkinatoimijoille, sekä syöttämään tarvittaessa loistehoa valtakunnan verkkoon. (Siemens 2022f).

Kylässä on 9 tuuliturbiinia. Tuulivoimalat ovat kyläyhteisön ja kylän asukkaiden omistamat. (Wildpoldsried 2022b) Osallistuneiden asukkaiden määrä on kasvanut uusien tuulivoimaprojektien myötä. Vuonna 2000 ensimmäisen tuulivoimalan perustamiseen osallistui 30 asukasta, kun taas vuonna 2015 viimeisimmän voimalan perustamiseen osallistui 220 asukasta. Voimaloiden yhteenlaskettu nimellisteho on 17,6 MW. (Hutoi Enercon E-58 i.a.) Vuonna 2018 tuulivoimalat tuottivat yhteensä 31 324 000 kWh sähköä (Wildpoldsried 2022b).

Kylässä on aurinkopaneeleita kaikilla yhteisön rakennusten katoilla sekä 40% yksityisrakennuksista. Yksityisrakennuksissa on lisäksi energiavarastot. (Simpson 2020) Aurinkopaneelien yhteenlaskettu kapasiteetti on 505,55 kWp, joista 7,70 kWp on paikallisen lämpöverkon pumpun käyttöön. Loput 497,85 kWp syöttävät oman kulutuksen lisäksi sähköä paikallisille sähkömarkkinoille. (Wildpoldsried 2022c)

Biokaasulla toimivan CHP-laitoksen kapasiteetti on 2500 kW, ja se tuottaa vuodessa noin 10 GWh sähköenergiaa sekä 9,5 GWh lämpöenergiaa. Lisäksi kylässä on kolme pienempää biokaasulaitosta ja biomassalla toimivan lämmöntuotantolaitos. Kulutuspiikkejä varten kylässä on myös kolme polttoöljykattilaa. Paikalliseen lämpöverkkoon on liittynyt sekä yksityisiä että kunnan omistamia rakennuksia. Vuonna 2020 laitoksilla tuotettiin lämpöenergiaa 3 572 280 kWh. (Wildpoldsried 2022c)

Rakennusten älykkäät energianhallintajärjestelmät hallitsevat energian kulutusta ja tuotantoa sekä kommunikoivat paikallisen energiamarkkinan kanssa. Vuonna 2020 paikallinen energiamarkkina aloitti toimintansa. Energian myyjät voivat määritellä hinnan myymälleen energialle, ja ostajat voivat määritellä millä tavalla tuotettua energiaa he haluavat ostaa. (Simpson 2020)

Wildpoldsriedin mikroverkkoa kokeiltiin saarekekäytössä vuosina 2016–2017. Energianhallintajärjestelmä huolehtii mikroverkon taajuuden ja jännitteen stabiiliuudesta sekä varavoimana toimivien dieselgeneraattorien käynnistymisestä saarekekäytön aikana. Järjestelmä kytketään automaattisesti irti ja kiinni kantaverkkoon häiriöiden sattuessa. Järjestelmä kykenee myös pimeäkäynnistykseen. (Siemens 2022f)

4.12 South Cornelly

Low Carbon Communities -hankkeessa Bridgend County Borough -hallintoalueella Walesissa yhteisöjä kannustetaan jakamaan paikallisesti tuotettua energiaa paikallisilla energiamarkkinoilla (LEM, Local Energy Market). Mukana ovat Bridgend County Boroughin kaupunginvaltuusto, Nu-vision Energy (Wales) Ltd, Passiv UK ja Challoch Energy. Hankkeessa uusiutuvaa energiaa tuottavien kotitalouksien energian tuotantoa, varastointia ja käyttöä optimoidaan HEMS-järjestelmällä. HEMS voi ohjata uusiutuvan energian tuotantoa, energiavarastoja, sähköauton latauspisteitä, lämmitysjärjestelmiä ja kodinkoneita. HEMS hyödyntää lisäksi sääennusteita sekä tietoja tuotannon, kulutuksen ja sähkön hinnan vaihteluista. Paikallisesti tuotettua energiaa voidaan jakaa paikallisiin energiamarkkinoihin liittyneiden kotitalouksien kesken, hyödyntää sähköautojen latauksessa, varastoida akkuihin sekä syöttää valtakunnan verkkoon. (Bridgend County Borough Council 2022)

Pilottiprojekti toteutetaan Etelä-Cornellyn kylässä. Kotitalouksiin asennetaan aurinkopaneeleja, aurinkovoimalla toimiva ilmanvaihto sekä akustoja (Bridgend County Borough Council 2022). Aurinkopaneeleja on asennettu 9 rakennukseen, akut on asennettu 2 rakennukseen ja HEMS on asennettu 6 rakennukseen. Lisäksi energiavirtoja hallitsevaa paikallista energiankäyttöjärjestelmää (LEOS, Local Energy Operating System) kokeillaan hankkeen seuraavassa vaiheessa. (Challoch Energy 2022)

4.13 Magliano Alpi

Magliano Alpi on italialainen kylä, jonne perustettiin hyötyä tavoittelematon uusiutuvan energian yhteisö vuonna 2020. Kylässä on yhteensä noin 2 230 asukasta. REC:n perustamisessa ovat olleet mukana Magliano Alpin kaupunki, Energy Center of the Politecnico di Torino ja IFEC - Italian Forum of Energy Communities. (Energy Communities Hub i.a.-b) Paikallisen sähköntuotannon on tarkoitus pienentää jäsenten sähkölaskuja (Olivero 2021, s. 5).

Vuonna 2021 energiayhteisöön kuului 3 asuintaloa, 3 julkista rakennusta sekä pieni yritys (Olivero et al. 2021, s. 1). Energiayhteisöön oli lisäksi tarkoitus lisätä vuoden 2021 aikana noin 20 uutta jäsentä. Kylän julkisista rakennuksista energiayhteisöön kuuluu kouluja, urheilukeskus, kirjasto sekä kaupungintalo, jonka katolla sijaitsee aurinkovoimala. (Comunità Energetica Rinnovabile Magliano Alpi 2021) Energiayhteisön jäsenmaksu on 25 euroa vuodessa ja siihen voi liittyä joko prosumerina tai kuluttajana (Comune di Magliano Alpi i.a.).

Energiayhteisön ainut energiantuottaja oli vuonna 2021 kaupungintalon 20 kV aurinkovoimala (Olivero et al. 2021, s. 3), jonka tuottamaa sähköä hyödynnetään kaupungintalolla sekä muissa energiayhteisöön kuuluvissa rakennuksissa. Lisäksi kaupungintalolla tuotettua energiaa voidaan tulevaisuudessa hyödyntää kahdella sähköauton latauspisteellä, joista asukkaat voivat ladata sähköautojaan ilmaiseksi. (Comunità Energetica Rinnovabile Magliano Alpi 2021)

Aurinkovoimalaan kuuluu 60 kappaletta 330 Wp aurinkopaneeleja. Voimalan yhteenlaskettu kapasiteetti on 19,80 kWp, ja sen vuosittaisen sähköntuotannon on arvioitu olevan noin 24,198

MWh. Energiayhteisö kuluttaa vuodessa sähköenergiaa noin 51 MWh. (Olivero et al. 2021, s. 4–5)

Energiayhteisön haasteena on paikallisen energiantuotannon ja -kulutuksen kohtaaminen. Esimerkiksi päivällä sähköä tuotetaan enemmän kuin mitä sitä kulutetaan, jolloin ylijäämä sähkö syötetään ulkoiseen verkkoon. Energiayhteisön aurinkovoimala täyttää 35 % yhteisön sähköenergiantarpeesta. Lisäämällä päivällä tapahtuvaa kulutusta itsekäyttöastetta saataisiin kasvatettua. Suuremmalla jäsenmäärällä, erilaisilla käyttötottumuksilla, V2G-toiminnallisuudella tai energiavarastoilla voitaisiin parantaa energiayhteisön toimintaa. (Ghiani et al. 2022)

Vuosina 2021–2022 energiayhteisöön on suunniteltu energiavarastoa sekä vedyntuotantoa yhdessä kotitaloudessa. Jokaisessa energiayhteisöön kuuluvassa rakennuksessa on lisäksi älymittari, jonka avulla esimerkiksi energiayhteisön jäsenen laskutus ja kysyntäjousto ovat mahdollisia. Energianhallintajärjestelmä hyödyntää älymittareiden tietoja sähköenergian kulutuksesta ja tuotannosta. (Olivero et al. 2021, s. 5–6)

REC Energy City Hall -energiayhteisön lisäksi Magliano Alpiin on rakenteilla 108 kWp aurinkovoimala sekä kaksi uutta energiayhteisöä, joiden on tarkoitus yhdistyä REC Energy City Hall -energiayhteisöön kansallisen lainsäädännön muutoksen mahdollistamana. (Enea 2022) REC Energy City Hallin lisäksi Magliano Alpin kylän urheilukeskuksen yhteyteen perustettu aurinkovoimaa hyödyntävä REC on käytössä (Joint Research Centre 2022b).

4.14 Terni

Terni on Italiassa sijaitseva 105 000 asukkaan kaupunki, johon on rakennettu älyverkko sekä paikallista energiantuotantoa. Kaupungin jakeluverkkoyhtiö ASM Terni on kaupunginhallituksen omistama, ja se hallinnoi kaupungin sähkönjakelua. ASM Ternin älyverkossa on 65 000 loppukäyttäjää, joille toimitetaan vuosittain 400 GWh sähköenergiaa. (Wisegrid 2022a)

Terni on yksi vuosina 2016–2020 toteutettavan Wisegrid-projektin pilottikohteista. Osana projektia ASM Terni perusti mikroverkon, jossa kokeillaan erilaisia uusiutuvan energiantuotannon tapoja, automaattoratkaisuja sekä joustopalveluja. (Openaire 2022) Wisegrid-projektissa ASM Ternin pienjänniteverkkoon on liitetty 240 kW aurinkovoimala sekä 96 kWh litiumioniakku (Wisegrid 2022a). Aurinkovoimala tuottaa vuodessa noin 200 MWh sähköenergiaa (Nofuentes et al. 2018, s. 38). Järjestelmään kuuluu myös 5 toimisto- ja varistorakennusta, 4 sähköauton latauspistettä sekä 6 sähköautoa (Wisegrid 2022a). Sähköautoissa on 22 kWh litiumioniakut (Wisegrid 2022a), joita voidaan tarvittaessa käyttää tasaamaan kulutushuippuja V2G-latausaseman avulla. Lisäksi kuluttajat voivat tarjota käyttämätöntä sähkönvarastointikapasiteettiaan tai tuotettua sähköä sähkömarkkinoille virtuaalivoimalaitoksena. (Wisegrid 2022b)

Energianhallintajärjestelmä optimoi energian käyttöä sekä pyrkii välttämään sähkökatkoja. Jokaiseen asuntoon on asennettu älymittari, jonka tarjoamaa tietoa sähkön kulutuksesta sekä tuotannosta energianhallintajärjestelmä hyödyntää. (Wisegrid 2022a) Käytössä on lisäksi sovellus, joka

mahdollistaa esimerkiksi osallistumisen kysyntäjoukseen akun avulla, sähkön kulutuksen ja tuotannon reaaliaikaisen seurannan sekä tietoja sähkön hinnasta (Wisegrid 2022b).

4.15 Bytom

Puolassa Bytomin kaupungissa vanhaan hiilikaivokseen on rakennettu mikroverkko, joka syöttää sähköä 54 taloudelle. Mikroverkko valmistui vuonna 2022, ja sen omistaa puolan suurin sähkön-toimittaja Tauron Polska Energia S.A. Mikroverkko voi toimia sähkönjakelun keskeytyksen aikana saarekekäytössä, jolloin verkonhallintajärjestelmä huolehtii saarekeverkon tehotasapainosta. Saarekekäyttöön siirtyminen ja siitä kytkeytyminen takaisin syöttävään verkkoon on toteutettu siten, että kuluttajat eivät huomaa eroa syötön vaihdossa. Mikroverkon energiavaroitukseen kuuluu 5 pientä tuulivoimalaa, 2 aurinkovoimalaa, energiavara-aste sekä kaasugeneraattori. (Koschalka 2022) Tuulivoimaloiden yhteenlaskettu kapasiteetti on 50 kW, aurinkovoimaloiden 200 kW ja energiavara-aston 200 kW (Localised 2022).

4.16 Lomma

Ruotsissa Lomman kaupungissa Malmön lähellä on rakennettu mikroverkko yritys-kiinteistöön vuonna 2023. Mikroverkosta vastaa ruotsalainen vuonna 2022 perustettu Solar Power Accelerator yritys, joka on vuokrannut mikroverkossa tuotetun sähkön käyttöoikeuden 25 vuodeksi kiinteistön omistavalta Er-Ho Bygg AB kiinteistöyhtiöltä. Mikroverkko toimii yritys-kiinteistössä, jonka katolle on asennettu 200 kW aurinkovoimala. Aurinkovoimalan lisäksi mikroverkkoon on kytketty akusto, jota hyödynnetään tehonsäätelyssä. Mikroverkko voi toimia saarekekäytössä esimerkiksi syöttävän verkon vikatilanteen aikana. Tällöin sähköä voidaan hyödyntää myös läheisissä kiinteistöissä. (Hitchens 2023)

Paikallisesti tuotettua sähköä myydään spot-markkinoilla tai sitä voidaan myydä suoraan kuluttajille. Vaihtoehtoisesti sähköä voidaan hyödyntää kiinteistössä tai sitä voidaan myydä lähikiinteistöille peer-to-peer-energiamarkkinoilla. Aurinkopaneelien tuottamaa sähköä voidaan hyödyntää myös kiinteistöön asennetuissa sähköauton latauspisteissä. (Globe Newswire 2023)

4.17 Bristol

Englannissa Bristolissa on rakenteilla hiilineutraali yhteisön omistama asutuskompleksi, johon rakennetaan mikroverkko. Kohteen rakentaminen aloitettiin 2020, ja sinne tulee 33 asuntoa. Bristol Energy Cooperative omistaa mikroverkon sekä hallinnoi sitä. Tulevaisuudessa kiinteistön asukkailla on mahdollisuus ostaa mikroverkko ja alkaa hallinnoida sitä itse. Asuntojen katoille asennetaan aurinkopaneeleja, joiden kapasiteetti on yhteensä 117 kW. Lisäksi rakennukseen tulee yhteinen 444 kWh akusto ja 7 sähköauton latauspistettä. Asuntojen ja käyttöveden lämmityksestä huolehtivat lämpöpumput. (Ali 2021) Osana projektia alueelle rakennettiin uusi sähköasema sekä yksityinen sähköverkko. Mikroverkon energiankäytön optimoinnista vastaa energianhallintajärjestelmä. (Cepro i.a.)

Aurinkopaneelien tuottamaa sähköä hyödynnetään kiinteistössä, ja ylijäämä sähkö varastoidaan akustoon. Syöttävästä verkosta ostetaan sähköä ainoastaan, jos aurinkopaneelien tuottama sähkö sekä akuston varastoitu sähkö eivät riitä kattamaan kohteen sähköenergian tarvetta. Akuston avulla voidaan lisäksi saada lisätuloja tarjoamalla joustopalveluita sähköverkolle. (Ali 2021) Hyödyntämällä paikallisesti tuotettua energiaa ja minimoimalla ulkoisesta verkosta ostetun sähkön määrän kiinteistön asukkaat voivat säästää energiakustannuksissaan.

4.18 Walenstadt

Sveitsissä Walenstadtin kaupungissa aloitettiin vuonna 2018 paikallisesti tuotetun uusiutuvan energian käyttämistä edistävä älyverkkohanke. Hankkeessa 37 taloutta osallistui hankkeessa perustettuun paikalliseen energiamarkkinaan. Talouksista 27 tuotti sähköä aurinkopaneeleilla, ja loput taloudet osallistuivat hankkeeseen kuluttajina. Kuluttajista, joilla oli aurinkopaneeleita, kahdeksalla oli lisäksi akusto. Aurinkopaneelien yhteenlaskettu kapasiteetti oli 280 kWp, ja akustojen 80 kWh. Talouksiin on lisäksi asennettu älymittarit, jotka yhdistivät taloudet energianhallintajärjestelmään. (Ableitner et al. 2020)

Osana hanketta perustettiin paikallinen sähkömarkkina, joka on ollut toiminnassa vuodesta 2019 lähtien. Taloudet myyvät ja ostavat paikallisilla lohkoketju-pohjaisilla energiamarkkinoilla sähköä suoraan toisilta alueen kuluttajilta. Kuluttaja määrittää alimman myyntihinnan tuottamalleen sähkölle sekä korkeimman hinnan ostamalleen sähkölle, jonka jälkeen paikallisilla energiamarkkinoilla käydään kauppaa annettuihin hintarajoihin perustuen. Sähkö ostetaan tai myydään ulkoiseen verkkoon, jos paikallisilla markkinoilla ei ole sopivaa tarjousta. Paikallisilta sähkömarkkinoilta ostettu sähkö on kuluttajille halvempaa kuin yhteisön ulkopuolelta hankittu sähkö. (Ali 2020)

5. YHTEENVETO

Älykkään korttelin konsepteilla tähdättiin usein ekologisuuteen, energiatehokkuuteen, rahallisiin säästöihin ja energiaomavaraisuuteen. Usein ajatuksena oli lisätä uusiutuvan energian tuotantoa. Itse tuotetulla energialla, kysyntäjoustolla, rakennusten energiatehokkuudella ja energiavarastoilla pyrittiin pienentämään energiakustannuksia ja kulutusta. Muualla Euroopassa tarkastelluissa, maaseudulla sijaitsevista toteutuksista pyrittiin samalla parantamaan sähkön toimitusvarmuutta ja laatua. Esimerkiksi Italiassa Magliano Alpin kylässä energiayhteisön jäsenille tarjottiin myös ilmaista sähköauton latausta. Tarkastelluista implementaatioista useimmissa oli sekä mikroverkko että energiayhteisö. Kaikki tarkasteltujen toteutusten energiayhteisöt olivat uusiutuvan energian yhteisöitä. Suomessa on myös toiminnassa kaksi virtuaalivoimalaitosta.

Älykkään korttelin implementaatiot Suomessa koostuvat yleensä yhdestä rakennuksesta tai sijaitsevat yhden kiinteistön alueella. Suomen sähkömarkkinalain 13 § todetaan kiinteistörajat ylittävien erillisten linjojen olevan sallittuja ilman jakeluverkkoyhtiön lupaa, jos sähkönkäyttöpaikkojen välille ei muodostu rengasyhteyttä. Tämä rajoittaa energiayhteisöjen muodostumista ja sähkönkäyttöä sekä omatuotannon yhteiskäyttöä. Työssä tarkastellut muualla Euroopassa sijaitsevat ratkaisut olivat useimmiten korttelin, asuinalueen, kaupunginosan tai kylän kokoisia.

Lähes kaikissa tarkastelluissa älykkään korttelin demonstraatioissa sähköä tuotettiin aurinkopaneeleilla. Aurinkopaneelit vievät varsin vähän tilaa ja niiden integroiminen jo valmiiksi rakennettuun kaupunkiympäristöön on muita uusiutuvan energian tuotantotapoja helpompaa. Aurinkopaneeleja sekä -keräimiä oli asennettu usein rakennusten katoille tai julkisivuille. Uusien, vasta rakenteilla olevien, kaupunkialueiden kaavoituksessa voidaan varata tilaa energiantuotantolaitoksille. Haja-asutusalueella sijaitsevista energiayhteisöissä esiintyi enemmän esimerkiksi tuulivoimaa ja bioenergiaa, sekä kapasiteetiltaan suurempia aurinkovoimaloita.

Muita yleisesti käytettyjä sähkön tuotantotapoja olivat tuulivoima, bioenergia ja CHP-laitokset. Suomessa CHP-laitoksissa käytettiin polttoaineena kaasua tai puuhaketta. Muualla Euroopassa polttoaineena käytettiin puun lisäksi energijätettä ja biokaasua. CHP-laitosten lisäksi toteutuksien lämmöntuotannossa hyödynnettiin eniten lämpöpumppuja, aurinkokeräimiä sekä maalämpöä. Työssä tarkastelluista kohteista Suomessa hyödynnettiin ilmanvaihdon hukkalämmön talteenottoa vain yhdessä kohteessa, mutta muualla Euroopassa sitä hyödynnettiin enemmän.

Toteutuksissa, joissa oli saarekekäyttömahdollisuus, oli usein lisäksi varavoimajärjestelmä tai energiavarasto. Varavoimajärjestelmien polttoaineena käytettiin polttoöljyä, biodieseliä tai kasviöljyä. Erilaisista energiavarastoista yleisimpiä olivat akut, joko yksittäisillä kuluttajilla tai yhteiskäyttöakkuina koko energiayhteisölle. Energiavarastoja käytettiin myös energiamaksujen pienentämiseen varastoimalla energiaa jakeluverkosta energian ollessa halvempaa, sekä toisaalta käyttämällä energiaa varastosta energian ollessa kalliimpaa.

Sähköautot tai sähköautonlatauspisteet oli otettu osaksi toteutusta yli puolessa tutkituista implementaatioista. V2G-latausta oli suunnitteilla Suomessa yhdessä kohteessa ja muualla Euroopassa kahdessa toteutuksessa.

Tarkastelluissa toteutuksissa itse tuotettua energiaa pyrittiin pääsääntöisesti hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti paikallisesti. Toteutuksissa käytettiin energiaa omaan sähköntarpeeseen sekä lämmitykseen, jäädytykseen, sähköautojen lataukseen tai ilmanvaihtoon. Ylimääräinen energia varastoitiin tai myytiin jakeluverkkoon. Toteutuksissa, joissa oli paikallinen energiamarkkina, itse tuotettua energiaa myytiin tai jaettiin myös muille energiayhteisön jäsenille markkinoiden kautta. Tukholmassa sekä Wienissä olevissa demonstraatioissa kokeiltiin lisäksi älypuhelinsovellusta, jonka avulla kuluttajat pystyivät optimoimaan energiankäyttöään ja osallistumaan näin kysyntäjoustoon.

Tarkasteltujen implementaatioiden energianhallintajärjestelmät huolehtivat usein lämmityksen, jäädytyksen ja ilmanvaihdon käytöstä. Tällä tavalla ne optimoivat kohteen energiakäyttöä ja osallistuivat kysyntäjoustoon. Energianhallintajärjestelmät optimoivat myös tuotetun energian paikallisen käytön tai sen varastoimisen energiavarastoihin. Energianhallintajärjestelmät käyttivät tietoja kulutus- ja tuotantoennusteista, säästä sekä energian hinnasta. Energianhallintajärjestelmät saattoivat huolehtia myös varavoimalaitteiden käyttöönnotosta.

Tarkasteltujen kohteiden laskutusmalleista oli erittäin vähän tietoa saatavilla. Etenkin vielä suunnitteluvaiheessa olevien kohteiden laskutusmalleista ei ollut saatavilla minkäänlaista tietoa. Kolmessa toteutuksessa oli mainittu takamittarointia vastaavia laskutusperiaatteita. Kohteista yksi sijaitsi Suomessa sekä kaksi muuta Italiassa ja Alankomaissa. Vaubanissa Saksassa oli käytössä hyvityslaskenta.

Euroopan unionin kannustaessa jäsenmaitaan tukemaan erilaisia energiatehokkuutta, energiayhteisöjä ja uusiutuvaa energiaa tukevia hankkeita monet tarkastelluista implementaatioista saivat rahoitusta Euroopan unionilta sekä valtiolta tai kaupungilta, jossa toteutus sijaitsi. Suomessa esimerkiksi kauppakeskus Sello ja Lidl Järvenpään jakelukeskus osallistuvat Fingridin reservimarkkinoille. Näin ne saavat rahallista korvausta tarjoamastaan joustosta. Korvauksen suuruus riippuu ohjattavan reservin kapasiteetin suuruudesta ja siitä, mihin reserviin kohde osallistuu.

LÄHTEET

- Aamuset. (2022). Turku Energia ja Turun Ylioppilaskyläsäätiö tekevät Ylioppilaskylästä energia-positiivista aluetta. Saatavilla (viitattu 5.7.2022): <https://aamuset.fi/artikkeli/5646768>
- Ableitner, L., Bättig, I., Beglinger, N., Brenzikofer, A., Carle, G., Dürr, C., Meeuw, A., Proll, S., Rosatzin, C., Schopfer, S., Tiefenbeck, V., Wortmann, F. & Wörner, A. (2020). Community energy network with prosumer focus – Final report. Swiss Federal Office of Energy SFOE. Bern. 120 p.
- Airaksinen, A. (2022). Älykylän ryhmärakennuttaminen kaatui pitkään listaan ongelmia – rakentamismuoto "arvelutti, epäilytti ja pelotti", eikä houkutellut tarpeeksi osallistujia. Tekniikka & Talous. Saatavilla (viitattu 10.10.2023): <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/alykylan-ryhmarakennuttaminen-kaatui-pitkaan-listaan-ongelmia-rakentamismuoto-arvelutti-epailytti-ja-pelotti-eika-houkutellut-tarpeeksi-osallistujia/3bdd42d6-af72-4289-9bd7-76cd02d3a05a>
- Alacreu, L., Garcia, D., Stratogiannis, D., Kontopoulos, T., Symponi, M., Kanellos, G., Kuzeva, D., Stanev, D., Stojanović, B., Tsatsakis, K., Fournely, C., Pečjak, M., Medved, T. & Neumann, C. (2023). X-FLEX: Digital tools to increase flexibility and sustainability of our energy system. Enlit. Saatavilla (viitattu 9.10.2023): <https://www.enlit.world/digitalisation/x-flex-digital-tools-to-increase-flexibility-and-sustainability-of-our-energy-system/>
- Ali, Y. (2020). Switzerland Community Successfully Trials Local Blockchain Electricity Market. Microgrid Knowledge. Saatavilla (viitattu 20.10.2023): <https://www.microgridknowledge.com/distributed-energy/article/11429070/switzerland-community-successfully-trials-local-blockchain-electricity-market>
- Ali, Y. (2021). UK-Based Energy Cooperative Raises Financing for Solar Community Microgrids. Microgrid Knowledge. Saatavilla (viitattu 20.10.2023): <https://www.microgridknowledge.com/microgrids/community/article/11428325/uk-based-energy-cooperative-raises-financing-for-solar-community-microgrids>
- ASCR. (i.a.-a). Technology Centre. Saatavilla (viitattu 21.7.2022): <https://www.ascr.at/en/technology-centre/>
- ASCR. (i.a.-b). Multifunctional indoor parking. Saatavilla (viitattu 21.7.2022): <https://www.ascr.at/en/multifunctional-indoor-parking/>
- ASCR. (i.a.-c). Smart building: Talking buildings in aspern Seestadt. Saatavilla (viitattu 21.7.2022): <https://www.ascr.at/en/smart-building/>
- ASCR. (i.a.-d). UC8 Renewable Energy Communities. Saatavilla (viitattu 21.7.2022): <https://www.ascr.at/wp-content/uploads/2022/03/2022-UC8-EN.pdf>
- Aspern Smart City Research GmbH & Co KG (ASCR). (2019). Aspern Smart City Research - Final Report ASCR 1.0 2013–2018. Technologiezentrum Seestadt. 136 p. Saatavilla (viitattu

20.7.2022):

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjV-M_TrIf5AhV1VPEDHUkNBjUQFnoE-CAMQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ascr.at%2Fwp-content%2Fuploads%2F2020%2F09%2Fascr-abschlussbericht-2019-EN-low.pdf&usq=AOvVaw1FDGge8RwG2kG6WxXQAIKl

Atelier. (2020). Schoonschip Energy Management System (EMS) delivered. Saatavilla (viitattu 21.6.2022): <https://smartcity-atelier.eu/allgemein/schoonschip-energy-management-system-ems-delivered/>

Atelier. (2022). Lighthouse cities – Amsterdam. Saatavilla (viitattu 23.6.2022): <https://smartcity-atelier.eu/about/lighthouse-cities/amsterdam/general-information/>

Atelier. (2023). New Q&A video about Amsterdam’s battery. Saatavilla (viitattu 16.10.2023): <https://smartcity-atelier.eu/allgemein/new-ga-video-about-amsterdams-battery/>

Bassotalo. (i.a.-a). As Oy Helsingin Aurinkoampeeri /Hitas-asunnot. Saatavilla (viitattu 10.8.2022): <https://www.bassotalo.fi/kohde/as-oy-helsingin-aurinkoampeeri/>

Bassotalo. (i.a.-b). As Oy Helsingin Geowatti /Hitas-asunnot. Saatavilla (viitattu 10.8.2022): <https://www.bassotalo.fi/kohde/as-oy-helsingin-geowatti/>

Brozovsky, J., Gustavsen, A. & Gaitani, N. (2021). Zero emission neighbourhoods and positive energy districts – A state-of-the-art review. Sustainable cities and society, Vol.72. 21p.

Bridgend County Borough Council. (2022). Low Carbon Communities. Saatavilla (viitattu 9.8.2022): <https://www.bridgend.gov.uk/residents/housing/low-carbon-communities/>

Caramizaru, A. & Uihlein, A. (2020). Energy communities: an overview of energy and social innovation. EUR 30083 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. 54p.

Cepro. (i.a.). The Water Lilies Energy Community. Saatavilla (viitattu 20.10.2023): <https://cepro.energy/>

Challoch Energy. (2022). Projects – Local Energy Markets. Saatavilla (viitattu 9.8.2022): <https://www.challoch-energy.com/projects>

Chmiel, Z. & Bhattacharyya, S. C. (2015). Analysis of off-grid electricity system at Isle of Eigg (Scotland): Lessons for developing countries. Renewable energy. Vol.81. pp.578–588.

Compile. (2020). COMPILER – Brochure “Pilot Sites Progress Update – October 2020”. Saatavilla (viitattu 2.6.2022): <https://www.compile-project.eu/downloads/>

Compile. (2022a). About Compile. Saatavilla (viitattu 20.5.2022): <https://www.compile-project.eu/about>

Compile. (2022b). Sites. Saatavilla (viitattu 20.5.2022): <https://www.compile-project.eu/sites/>

- Compile. (2022c). Project site Luče. Saatavilla (viitattu 20.5.2022): <https://www.compile-project.eu/sites/pilot-site-luce/>
- Comune di Magliano Alpi. (i.a.). Comunita' Energética Rinnovabile Energy City Hall. Saatavilla (viitattu 15.8.2022): <http://www.comune.maglianoalpi.cn.it/Home/Pagine-del-Comune?ID=8417>
- Comunità Energetica Rinnovabile Magliano Alpi. (2021). Who we are. Saatavilla (viitattu 15.8.2022): <https://cermaglianoalpi.it/index.php/who-we-are/?lang=en>
- de Graaf, F. (2018). Metabolic - New strategies for smart integrated decentralized energy systems. Saatavilla (viitattu 22.6.2022): <https://www.metabolic.nl/publications/side-systems-pdf/>
- Dekkers, M. (2023). Smart grid, smart rules or smart context?: A comparative casu study of smart grid implementation in three (experimental) community energy projects. Delft University of Technology. Saatavilla (viitattu 6.10.2023): <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:ac0714a1-1dd9-4414-b449-f6c4094a9aff>
- Eigg Electric. (i.a.). Saatavilla (viitattu 20.5.2022): <http://isleofeigg.org/eigg-electric/>
- Ekokylä Torppala. (2022). Saatavilla (viitattu 10.9.2022): <https://www.ekokylatorppala.fi/>
- Electricity. (i.a.). Energy: Microgrids – a flexibility market for energy. Saatavilla (viitattu 14.7.2022): <https://electricityinnovation.se/testbeds-continuation/?lang=en/#microgrid>
- Electricity. (2021a). ElectriCITY i stort projekt för nya energilösningar. Saatavilla (viitattu 14.7.2022): <https://electricityinnovation.se/okategoriserad/electricity-i-stort-projekt-for-nya-energilosningar-2/>
- Electricity. (2021b). Microgrid in Sjöstan. Saatavilla (viitattu 14.7.2022): <https://electricityinnovation.se/ectv/?lang=en>
- Electricity. (2022a). ElectriCITY i allt fler forskningsprojekt. Saatavilla (viitattu 14.7.2022): <https://electricityinnovation.se/2022/06/>
- Electricity. (2022b). Energy. Saatavilla (viitattu 14.7.2022): <http://www.matchmakinghammarby-sjostad.se/energi/>
- Electricity. (2023). Energigemenskap bildad av bostadsrättsföreningar i Hammarby Sjöstad. Saatavilla (viitattu 10.10.2023): <https://electricityinnovation.se/okategoriserad/energigemenskap-bildad-av-bostadsrattsforeningar-i-hammarby-sjostad/>
- Ellevio. (2022). Hur ska framtiden för energigemenskaper se ut?. Saatavilla (viitattu 14.7.2022): <https://www.ellevio.se/om-ellevio/nyhetsrum/nyheter/hur-ska-framtiden-for-energigemenskaper-se-ut/>
- Enea. (2022). Energy: ENEA in the 2.5 million euros EU project to promote renewable energy communities (RECs). Saatavilla (viitattu 13.10.2023): <https://www.media.enea.it/en/press-releases-and-news/years-archive/year-2022/energy-enea-in-the-2-5-million-euros-eu-project-to-promote-renewable-energy-communities-recs.html>

- Energiakoikeilut.fi. (i.a.-a). Kempeleen ekokortteli. Saatavilla (viitattu 1.7.2022): <https://energiakoikeilut.tk/yritykset/kempeleen-ekokortteli/>
- Energiakoikeilut.fi. (i.a.-b). Energiaomavarainen Ahvenanmaa. Saatavilla (viitattu 23.8.2022): <https://energiakoikeilut.tk/kaupungit/energiaomavarainen-ahvenanmaa/>
- Energy Communities hub. (i.a.-a). Luče Energy Community – a rural Slovenian municipality setting an example for others. Saatavilla (viitattu 30.6.2022): <https://www.housingevolutions.eu/project/luce-energy-community-a-rural-slovenian-municipality-setting-an-example-for-others/>
- Energy Communities Hub. (i.a.-b). Renewable Energy Community of Magliano Alpi. Saatavilla (viitattu 15.8.2022): <https://www.housingevolutions.eu/project/renewable-energy-community-of-magliano-alpi/>
- Eon. (2022a). Hållbarhet in Hyllie: Sustainability in Swedish. Saatavilla (viitattu 7.7.2022): <https://www.eon.com/en/geschaeftskunden/2-14-cases/hyllie-project.html>
- Eon. (2022b). The right combination of energy efficient technologies. Saatavilla (viitattu 7.7.2022): <https://www.eon.com/en/geschaeftskunden/technology.html#Low-temperature-district-heating>
- Eon Energy. (2020). Sustainability in action. Saatavilla (viitattu 7.7.2022): <https://www.eon-energy.com/business/news-and-insights/going-greener/sweden-london-and-the-un-development-goals.html>
- Eon Energy Blog. (2019). How a Swedish city is leading the way in the smart revolution. Saatavilla (viitattu 7.7.2022): <https://www.eonenergy.com/blog/2019/February/sweden-smart-city>
- Eon Energy UK. (2020). City of Tomorrow: Change Makers E4 - The people pioneering future energy today. Saatavilla (viitattu 8.7.2022): <https://www.youtube.com/watch?v=YFebU9s1EdU>
- EU. (2018). Directive 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources. Saatavilla (viitattu 18.5.2022): <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>
- EU. (2019). Directive 2019/944 on common rules for the internal market for electricity. Saatavilla (viitattu 18.5.2022): <http://data.europa.eu/eli/dir/2019/944/oj>
- Euroopan komissio. (2022). SRI explained. Saatavilla (viitattu 12.9.2022): https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/smart-readiness-indicator/sri-explained_en
- EV Energy. (2018). A study visit to Hammarby Sjöstad – ElectricITY. Saatavilla (viitattu 14.7.2022): <https://projects2014-2020.interregeurope.eu/evenergy/news/news-article/3500/a-study-visit-to-hammarby-sjoestad-electricity/>
- Excess. (i.a.). Finland. Saatavilla (viitattu 10.8.2022): <https://positive-energy-buildings.eu/demo-cases/finland>
- Flexens. (2019). Fourdeg AI system heats school – part of Smart Energy Åland. Saatavilla (viitattu 23.8.2022): <https://flexens.com/fourdeg-ai-system-heats-school-part-of-smart-energy-aland/>

- Flexens. (2021a). Pivoting green hydrogen solutions on Åland. Saatavilla (viitattu 23.8.2022): <https://flexens.com/pivoting-green-hydrogen-solutions-on-aland/>
- Flexens. (2021b). Launching NewSETS – implementing novel storage solutions for a sustainable energy transition. Saatavilla (viitattu 23.8.2022): <https://flexens.com/launching-newsets/>
- Fraunhofer ISE. (2022). Smart Quarter Durlach. Saatavilla (viitattu 22.7.2022): <https://www.ise.fraunhofer.de/en/research-projects/sq-durlach.html>
- Freeman, G. (2017). The Origin and Implementation of the Smart-Sustainable City Concept: The Case of Malmö, Sweden. Saatavilla (viitattu 6.7.2022): <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/8924149>
- Ghiani, E., Trevisan, R., Rosetti, G. L., Olivero, S. & Barbero, L. (2022). Energetic and Economic Performances of the Energy Community of Magliano Alpi after One Year of Piloting. *Energies* (Basel), Vol.15 (19), Article 7439, 19 p.
- Gjorgievski, V. Z., Cundeva, S. & Georghiou, G. E. (2021). Social arrangements, technical designs and impacts of energy communities: A review. *Renewable energy*, Vol.169. pp.1138-1156.
- Globe Newswire. (2023). Solar Power Accelerator's pioneering greenfield microgrid is turnkey commissioned along Scandinavia's busiest traffic junction on European interstate highway route E6. Saatavilla (viitattu 24.10.2023): <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2023/06/12/2686528/0/en/Solar-Power-Accelerator-s-pioneering-greenfield-microgrid-is-turnkey-commissioned-along-Scandinavia-s-busiest-traffic-junction-on-European-interstate-highway-route-E6.html>
- Green City Times. (2022a). Freiburg - Europe's "Solar City". Saatavilla (viitattu 17.7.2022): <https://www.greencitytimes.com/freiburg/>
- Green City Times. (2022b). The Most Sustainable City District in Europe. Saatavilla (viitattu 17.8.2022): <https://www.greencitytimes.com/europe-s-most-sustainable-city/>
- Groene Mient. (i.a.). Experimental Energy Grid. Saatavilla (viitattu 24.8.2022): <https://www.groenemient.nl/experimenteel-energienet/>
- Grönholm, P. (2022). Suomeen on tulossa 300 kriisivarmaa kauppaa, joiden pakastimet eivät sula vaikka kyberhyökkäys katkoisi sähköt: "Asiakkaille se näkyi siten, että valot välähtivät kerran". *Helsingin Sanomat*. Saatavilla (viitattu 4.7.2022): <https://www.hs.fi/kotimaa/art-2000008778520.html>
- Heimonen, I & Lehtonen, J. (2022). EXCESS-projektin ja suomalaisen demon tilanne. In: *Energiapositiiviset rakennukset – Suomen demokohde: Innovaatiotyöpaja 2*. s. 7–30. Saatavilla (viitattu 9.8.2022): <https://positive-energy-buildings.eu/resource?t=Energiapositiivisten%20rakennusten%20edist%C3%A4minen%20rahoituksen%20avulla%20-ty%C3%B6paja>
- Hiedanranta. (i.a.-a). Saatavilla (viitattu 18.8.2022): <https://hiedanranta.fi/>
- Hiedanranta. (i.a.-b). Innovaatiot. Saatavilla (viitattu 18.8.2022): <https://hiedanranta.fi/innovaatiot/>

- Hiedanranta – Yleissuunnitelma. (2020). Saatavilla (viitattu 24.5.2022): https://www.tampere.fi/tiedostot/h/ITMkyOjFD/Hiedanranta_YS_raportti_nettiin.pdf
- Hitchens, K. (2023). Microgrid in Sweden to Send Power to its Neighbors, EVs and the Spot Market. Microgrid Knowledge. Saatavilla (viitattu 24.10.2023): <https://www.microgridknowledge.com/utility-microgrids/article/33007043/microgrid-in-sweden-to-send-power-to-its-neighbors-evs-and-the-spot-market>
- Huhtakangas, P. (2022). Toimintavarma myymäläverkko rakenteilla. Kehittyvä Elintarvike. Saatavilla (viitattu 19.10.2023): <https://kehittyvaelintarvike.fi/artikkelit/uutisia/toimintavarma-myymalaverkko-rakenteilla/>
- Hutoi Enercon E-58. (i.a.). Saatavilla (viitattu 26.7.2022): <https://www.wildpoldsried.de/download/tafelhutoi.pdf>
- HögforsGST. (i.a.). Turun ylioppilaskylä on energiapositiivinen asuinalue. Saatavilla (viitattu 5.7.2022): <https://hogforsgst.com/fi/referenssit/turun-ylioppilaskyla>
- IATE. (2022). Euroopan unioni (2231290). Saatavilla (viitattu 25.8.2022): <https://iate.europa.eu/entry/result/2231290/all>
- IEEE Standard for the Specification of Microgrid Controllers. (2018). IEEE Std 2030.7-2017. pp.1-43.
- Joint Research Centre. (2022a). Smart grid Hyllie. Saatavilla (viitattu 11.7.2022): <https://ses.jrc.ec.europa.eu/smart-grid-hyllie>
- Joint Research Centre. (2022b). Magliano Alpi: a peek at the energy communities of the future (video interview). Saatavilla (viitattu 15.8.2022): https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news/magliano-alpi-peek-energy-communities-future-video-interview-2022-07-08_en
- Kesti, M. (2023). Torppalan ekokylän asukasmäärä suureni kaavaluonnoksessa – Kapealle Torppalantielle tulossa tuhat uutta autoa päivässä. Kaarina-lehti 15.2.2023.
- Kittilä, P. (2022). Väiliraportti. Saatavilla (viitattu 17.8.2022): <https://www.hankeportaali.fi/assets/files/uploads/file-265.pdf>
- Koschalka, B. (2022). Poland's first self-sufficient electricity microgrid launched at former coal mine. NFP. Saatavilla (viitattu 23.10.2023): <https://notesfrompoland.com/2022/03/14/polands-first-self-sufficient-electricity-microgrid-launched-at-former-coal-mine/>
- Kykkänen, E. (2023). Yli 1,5 miljoonaa euroa uuteen energiahankkeeseen Lempäälässä – Aiemmin torpatulle haettu uutta lupaa. Saatavilla (viitattu 18.10.2023): <https://www.aamulehti.fi/pirkanmaa/art-2000009729645.html>
- Lempäälän Energia. (i.a.-a). LEMENE – Lempäälän energiayhteisö. Saatavilla (viitattu 23.5.2022): <http://www.lempaalanenergia.fi/content/fi/1/20126/LEMENE.html>
- Lempäälän Energia. (i.a.-b). LEMENE-esite. Saatavilla (viitattu 23.5.2022): http://www.lempaalanenergia.fi/files/upload_pdf/21540/LEMENE%20esite.pdf

- Lidl. (i.a.). Järvenpään jakelukeskus. Saatavilla (viitattu 10.6.2022): <https://corporate.lidl.fi/vas-tuullisuus/ymparisto/jarvenpaan-jakelukeskus>
- Linnasalmi, M.(2018). Fingrid saa Sellosta uuden reservikohteen. Fingrid-lehti. Saatavilla (viitattu 15.6.2022): <https://www.fingridlehti.fi/fingrid-saa-sellosta-uuden-reservikohteen/>
- Localised. (2022). Polish Energy Operator Tauron is testing a real-world microgrid. Saatavilla (viitattu 23.10.2023): <https://www.localised-project.eu/2022/04/12/polish-energy-operator-tauron-is-testing-a-real-world-microgrid/>
- LowEx Bestand. (i.a.).KES Karlsruher Energieservice. Saatavilla (viitattu 22.7.2022): <https://www.lowex-bestand.de/index.php/karlsruher-energieservice-kes/?lang=en>
- Mahzouni, A. (2018). Urban brownfield redevelopment and energy transition pathways: A review of planning policies and practices in Freiburg. Journal of cleaner production, Vol.195. pp.1476–1486.
- Malmö stad. (2021). Hyllie. Saatavilla (viitattu 6.7.2022): <https://malmo.se/Welcome-to-Malmo/Sustainable-Malmo/Sustainable-Urban-Development/Hyllie.html>
- Malmö stad. (2023). Climate smart Hyllie. Saatavilla (viitattu 9.10.2023): <https://malmo.se/Welcome-to-Malmo/Sustainable-Malmo/Sustainable-Urban-Development/Hyllie/Climate-smart-Hyllie.html>
- Manner, K. (2020). Plusenergiatalo nousee Kalasatamaan – Tom Allen Senera toteuttaa talon energijärjestelmän. Tom Allen Senera. Saatavilla (viitattu 10.8.2022): <https://www.tomallensenera.fi/blogi/plusenergiatalo-nousee-kalasatamaan>
- Merus Power. (2018). Merus Power toimittaa energiavarastoratkaisun Lidlille. Saatavilla (viitattu 10.6.2022): <https://www.meruspower.fi/news/merus-power-toimittaa-energiavarastoratkaisun-lidlille/>
- Motiva. (2020). Aurinkolämmön passiivinen hyödyntäminen. Saatavilla (viitattu 10.9.2022): https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolammon_passiivinen_hyodyntaminen
- Mäkinen-Önsoy, K. (2023). Mynämäen Gadolin Älykylä -hankkeen konsulttisopimus tarkasteluun elokuussa. Saatavilla (viitattu 10.10.2023): <https://turunseutusanommat.fi/2023/02/gadolin-alykyla-hankkeen-konsulttisopimus-tarkasteluun-elokuussa/>
- Niemitalo, M. (2015). Ekokortteli kaasuttaa energiansa. Kainuun Sanomat. Saatavilla (viitattu 30.6.2022): <http://kirjastolinkit.ouka.fi/kaleva/touko15/eko.htm>
- Nofuentes, Á., Palaiogiannis, F., Swennen, I., Dierickx, V., Williame, J., van Soens, S., de Pauw, J., Stratogiannis, D., Gkiala-Fikari, S., Katerina Chira, K., Symboni, M, Iliopoulou, V., Santori, F., Bragatto, T., Bellesini, F., Jacob, J., Poveda, J.L. & Soriano, J. (2018). D14.1 Analysis of the Demo sites technical data integration and demonstration planning. Wisegrid. 90p. Saatavilla (vii-

- tattu 15.8.2022): https://cdn.nimbu.io/s/76bdjzc/channelentries/eyr7ys7/files/D14.1%20Analysis%20of%20the%20Demo%20sites%20technical%20data%20and%20integration%20and%20planning_v1.0%20_1_.pdf?xn1wh0w
- Nordregio. (2018a). Hammarby Sjöstad. Saatavilla (viitattu 14.7.2022): https://nordregio.org/sustainable_cities/hammarby-sjostad/
- Nordregio. (2018b). Royal Seaport. Saatavilla (viitattu 18.7.2022): https://nordregio.org/sustainable_cities/royal-seaport/
- Olivero, S. (2021). The Renewable Energy Community (REC) of the City of Magliano Alpi. Saatavilla (viitattu 15.8.2022): https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjLgJSkhcj5AhUzVfEDHUBcBUwQFnoECDIQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.score-h2020.eu%2Ffileadmin%2Fscore%2Fdocuments%2FREC_of_Magliano_Alpi_-_DRAFT_-_23_March_2021.pdf&usq=AOvVaw3S17pwEugc0S76mhggqX6Q
- Olivero, S., Ghiani, E. & Rosetti, G. L. (2021). The first Italian Renewable Energy Community of Magliano Alpi. 2021 IEEE 15th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG), pp.1-6.
- Openair. (2022). Wisegrid. Saatavilla (viitattu 15.8.2022): https://enermaps.openaire.eu/search/project?projectId=corda_h2020::1dce0f015c411d8ced3fb054aa7e84c9
- Pasonen, R. & Hoang, H. (2014). Microgrids and DER in community planning: Practices, permits, and profitability. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Technology No. 189. 50 p. Saatavilla (viitattu 30.6.2022): <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2014/T189.pdf>
- Peltonen, K. (2010). Kempeleen ekokylä on vuoden rakennustyö. Tekniikka ja talous. Saatavissa (viitattu 30.6.2022): <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/kempeleen-ekokyla-on-vuoden-rakennustyoy/2271fdb7-ab27-3c7c-8690-e4e2a9c62f43>
- Pesola, A., Hoiviniemi, H. & Vehviläinen, I. (2010). Selvitys hajautetusta ja paikallisesta energiantuotannosta erilaisilla asuinalueilla. Final report. 59 s.
- Qvick, T. (2021). Lidlin hiilineutraali jakelukeskus Järvenpäässä. Schneider Electric. Saatavilla (viitattu 9.6.2022): <https://blog.se.com/fi/2021/03/lidlin-hiilineutraali-jakelukeskus-jarvenpaassa/>
- Rakennuslehti. (2021). Vartelle kerrostalourakka Helsingin Kalasatamasta – kaksi energiatehokasta pilottitaloa Bassolle. Saatavilla (viitattu 10.8.2022): <https://www.rakennuslehti.fi/2021/08/vartelle-kerrostalourakka-helsingin-kalasatamasta-kaksi-energiatehokasta-pilottitaloa-bassolle/>
- Remes, M. (2019). Kauppakeskus Sello: Virtuaalivoimala optimoi energiankulutuksen. Energiatehokkuussopimukset. Saatavilla (viitattu 9.6.2022): <https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/kauppakeskus-sello-virtuaalivoimala-optimoi-energian-kulutuksen/>

- Remes, M. (2020). Aurora pyramidit – maailman pohjoisin virtuaalivoimala. Fingrid-lehti. Saatavilla (viitattu 13.6.2022): <https://www.fingridlehti.fi/aurora-pyramidit-maailman-pohjoisin-virtuaalivoimala/>
- Response. (2022). RESPONSE Webinar#2 – Local Energy Supply Low Carbon & High Share of Renewables. Saatavilla (viitattu 20.10.2023): <https://h2020response.eu/news/response-webinar2-local-energy-supply-low-carbon-high-share-of-renewables/>
- Riikonen, J. & Tiihonen, A. (2023). Smart Energy Åland -projekti etsii vastauksia suuriin kysymyksiin. Tuulivoimala-lehti. Saatavilla (viitattu 20.10.2023): <https://tuulivoimala-lehti.fi/smart-energy-aland-projekti-etsii-vastauksia-suuriin-kysymyksiin/>
- Roberts, J., Frieden, D. & d'Herbement, S. (2019). Energy Community Definitions. COMPILER: Integrating community power in energy islands. 11 p. Saatavilla (viitattu 18.5.2022): <https://www.compile-project.eu/downloads/>
- Rolfdisch. (2022). The Solar Settlement. Saatavilla (viitattu 17.8.2022): <http://www.rolfdisch.de/en/projects/the-solar-settlement/>
- Rooth, R. (2023). Construction update Republica in Amsterdam. Atelier. Saatavilla (viitattu 16.10.2023): <https://smarcity-atelier.eu/allgemein/construction-update-republica-in-amsterdam/>
- Rouzbahani, H.M., Karimipour, H. & Lei, L. (2021). A review on virtual power plant for energy management. Sustainable energy technologies and assessments, Vol.47. 16p.
- Schoonschip. (i.a.). Saatavilla (viitattu 21.6.2022): <https://schoonschipamsterdam.org/en/>
- Schoonschip – Greenprint. (i.a.-a). Energy Solutions. Saatavilla (viitattu 21.6.2022): <https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/energie#oplossingen>
- Schoonschip – Greenprint. (i.a.-b). Smart Community Platform. Saatavilla (viitattu 21.6.2022): <https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/scp#features>
- Sdg21. (2020). Solar settlement "Am Schlierberg. Saatavilla (viitattu 17.8.2022): <https://sdg21.eu/en/db/solar-settlement-am-schlierberg>
- Sello. (2019a). 2 500 aurinkopaneelia ja Pohjois-Euroopan suurin kiinteistöön sulautettu sähkövarasto – Sellon energijärjestelmä tuo säästöjä koko yhteiskunnalle. Saatavilla (viitattu 9.6.2022): <https://www.sello.fi/info/ajankohtaista/2-500-aurinkopaneelia-ja-pohjois-euroopan-suurin-kiinteistoon-sulautettu>
- Sello. (2019b). Älykäs energijärjestelmä ohjaa Sellon valaistusta ja katujen sulatusta. Saatavilla (viitattu 9.6.2022): <https://www.sello.fi/info/ajankohtaista/alykas-energiajarjestelma-ohjaa-sellon-valaistusta-ja-katujen-sulatusta>
- Siemens. (i.a.) Levin uudet pyramidit ovat uusimman talotekniikan suunnannäyttäjät – alueelle oma virtuaalivoimalaitos. Saatavilla (viitattu 13.6.2022): <https://new.siemens.com/fi/fi/yhtio/stories/talotekniikka/aurora-pyramidit.html>

- Siemens. (2018). Kauppakeskus Sellon virtuaalivoimalaitoksen vihkiäiset 11.10. Saatavilla (viitattu 9.6.2022): <https://press.siemens.com/fi/fi/lehdistotiedote/kauppakeskus-sellon-virtuaalivoimalaitoksen-vihkiaiset-1110>
- Siemens. (2019). Being cosy with the future of energy. Saatavilla (viitattu 21.7.2022): <https://new.siemens.com/global/en/company/stories/infrastructure/2019/aspern-smart-city.html>
- Siemens. (2022a). Täydelliset tilat luovat yhteisön. Saatavilla (viitattu 9.6.2022): <https://new.siemens.com/fi/fi/yhtio/stories/talotekniikka/sello-shopping-center.html>
- Siemens. (2022b). Kauppakeskus Sellolle huipputulos kiinteistöjen älykkyyttä mittavassa vertailussa – asiantuntijat kertovat mitä kannattaa ottaa huomioon. Saatavilla (viitattu 9.6.2022): <https://new.siemens.com/fi/fi/yhtio/stories/talotekniikka/sellolle-huipputulos-kiinteistöjen-älykkyyttä-mittaavassa-vertailussa.html>
- Siemens. (2022c). Researching the smart city: Digital solutions for climate protection. Saatavilla (viitattu 21.7.2022): <https://new.siemens.com/global/en/company/stories/infrastructure/2022/aspern-researching-the-smart-city-digital-solutions-for-climate-protection.html>
- Siemens. (2022d). Aspern Seestadt - One of Europe's most innovative and sustainable energy efficiency projects. Saatavilla (viitattu 21.7.2022): <https://new.siemens.com/global/en/markets/urban-communities/references/aspern-viennas-urban-lakeside.html>
- Siemens. (2022e). Aspern Smart City Research. Saatavilla (viitattu 21.7.2022): <https://new.siemens.com/global/en/markets/urban-communities/references/aspern-seestadt-future-blue-print.html>
- Siemens. (2022f). IREN2. Saatavilla (viitattu 26.7.2022): <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/topics/iren-2.html>
- Simpson, B. (2020). An appetite for locally sourced, renewable energy. Saatavilla (viitattu 26.7.2022): <https://new.siemens.com/global/en/company/stories/infrastructure/2020/p2p-energy-trading-blockchain.html>
- Smart East Karlsruhe. (2023a). Das Projekt. Saatavilla (viitattu 11.10.2023): <https://smart-east-ka.de/>
- Smart East Karlsruhe. (2023b). Smart East auf der Zielgeraden: Ergebnisse und Erfolge. Saatavilla (viitattu 11.10.2023): <https://smart-east-ka.de/smart-east-auf-der-zielgerade-ergebnisse-und-erfolge/>
- Smart Energy Åland. (2021a). Live-meters: Energy on Åland. Saatavilla (viitattu 23.8.2022): <https://smartenergy.ax/live-meters/>
- Smart Energy Åland. (2021b). Värme & kyla. Saatavilla (viitattu 23.8.2022): <https://smartenergy.ax/varme/>
- Smart Energy Åland. (2021c). Trafik och transporter. Saatavilla (viitattu 23.8.2022): <https://smartenergy.ax/transporter/>

- Smart Energy Åland. (2021d). Energilagring. Saatavilla (viitattu 23.8.2022): <https://smartenergy.ax/lagring/>
- Smart Energy Åland. (2021e). Spelreglerna. Saatavilla (viitattu 23.8.2022): <https://smartenergy.ax/spelreglerna/>
- Smart village builders (i.a.-a). Gadolin älykylä. Saatavilla (viitattu 11.6.2022): <https://www.smartvillagebuilders.com/mynmki>
- Smart village builders (i.a.-b). Älykylä – Luonnollisin tapa asua. Saatavilla (viitattu 12.6.2022): <https://www.smartvillagebuilders.com/asujalle>
- Spectral. (2022a). Groene Mient. Saatavilla (viitattu 24.8.2022): <https://spectral.energy/project/groene-mient/>
- Spectral. (2022b). Schoonschip – community smart-grid. Saatavilla (viitattu 22.6.2022): <https://spectral.energy/project/schoonschip/>
- Spectral. (2022c). Republica microgrid. Saatavilla (viitattu 23.6.2022): <https://spectral.energy/project/republica-microgrid/>
- Stadtteil-vauban.de. (i.a.). Energy. Saatavilla (viitattu 17.8.2022): <https://stadtteil-vauban.de/en/energy/>
- Stadtwerke Karlsruhe. (i.a.). Smart City - Karlsruhe wird digital vernetzt. Saatavilla (viitattu 22.7.2022): <https://www.stadtwerke-karlsruhe.de/de/unternehmen/engagement/smart-city.php>
- Stocholmshem. (i.a.). Stockholms första plusenergihus. Saatavilla (viitattu 18.7.2022): <https://www.stockholmshem.se/om-oss/hallbara-projekt/plusenergihus/>
- Stockholms stad. (i.a.). Stockholm Royal Seaport Sustainability Report – Reflow. Saatavilla (viitattu 18.7.2022): <https://www.norradjurgardsstaden2030.se/reflow>
- Stockholms stad. (2017). Smart och uppkopplad stad – Forskningsprojekt i Norra Djurgårdsstaden: Smart app styr energiförbrukningen i lägenheten. Saatavilla (viitattu 18.7.2022): <https://smartstad.stockholm/2017/12/07/forskningsprojekt-i-norra-djurgardsstaden-smart-app-styr-energiforbrukningen-i-lagenheten/>
- Stockholms stad. (2022a). Stockholm Royal Seaport Sustainability Report – Innovative energy solutions in plus-energy buildings. Saatavilla (viitattu 18.7.2022): <https://www.norradjurgardsstaden2030.se/chronicles/innovative-energy-solutions-in-plus-energy-buildings>
- Stockholms stad. (2022b). Stockholm växer – Stockholms första plusenergihus i Norra Djurgårdsstaden är snart inflyttningsklart. Saatavilla (viitattu 18.7.2022): <https://vaxer.stockholm/omraden/norra-djurgardsstaden/hjorthagen2/stockholms-forsta-plusenergihus-i-norra-djurgardsstaden-ar-snart-inflyttningsklart/>
- Stockholms stad. (2022c). Stockholm Royal Seaport Sustainability Report – Energy and climate. Saatavilla (viitattu 18.7.2022): <https://www.norradjurgardsstaden2030.se/results/energy-climate>

Stockholms stad. (2022d). Stockholm Royal Seaport Sustainability Report – 150 families have participated in Smart Energy City. Saatavilla (viitattu 18.7.2022): <https://www.norradjurgardsstaden2030.se/innovations/smartenergycity>

Sustainable The Hague. (2021). Groene Mient. Saatavilla (viitattu 24.8.2022): <https://www.sustainablethehague.nl/groene-mient.html>

Sweco. (2019). Lidlin jakelukeskuksessa toimii Suomen tehokkain kiinteistön oma energiavarasto ja mikroverkko. Saatavilla (viitattu 10.6.2022): <https://www.sweco.fi/ajankohtaista/uutiset/lidlin-ja-kelukeskuksessa-toimii-suomen-tehokkain-kiinteiston-oma-energiavarasto-ja-mikroverkko/>

Tampereen yliopisto, Tampereen ammattikorkeakoulu, useita eri kirjoittajia, & VTT, useita eri kirjoittajia. (2021). Prosumer Centric Energy Communities towards Energy Ecosystem (Pro-CemPlus). Tampereen yliopisto. 80 s.

Torppalan ekokriteerit. (2020). Ideasuunnitelman ekokriteerit, tiimi ja liitteet. Saatavilla (viitattu 10.6.2022): <https://kaarina.fi/sites/default/files/media/files/ekokriteerit-tiimi-liitteet.pdf>

Torppalan ideasuunnitelma. (2020). Ideasuunnitelman suunnitelma. Saatavilla (viitattu 10.6.2022): <https://kaarina.fi/sites/default/files/media/files/suunnitelma.pdf>

Turku. (2018). Aurinkovoima on mahdollista myös Turussa - uusi Aitiopaikka tuottaa sähköä yli oman tarpeen. Saatavilla (viitattu 5.7.2022): https://www.turku.fi/uutinen/2018-12-12_aurinkovoima-mahdollista-myos-turussa-uusi-aitiopaikka-tuottaa-sahkoa-yli-oman

Turku. (2020). 5 kysymystä ilmastoteosta: Omaa aurinkoenergiaa opiskelijoille. Saatavilla (viitattu 5.7.2022): https://www.turku.fi/uutinen/2020-06-23_5-kysymysta-ilmastoteosta-omaa-aurinkoenergiaa-opiskelijoille

TYS. (2022). RESPONSE-hanke etenee – Vuoden loppuun mennessä Ylioppilaskylän aurinkopaneelien sähköntuotanto kolminkertaistuu. Saatavilla (viitattu 5.7.2022): <https://tys.fi/response-hanke-etenee-vuoden-loppuun-mennessa-ylioppilaskylan-aurinkopaneelien-sahkontuotanto-kolminkertaistuu>

Työ- ja elinkeinoministeriö. (2017). Sellolle ja Lidlille tukea älykkäiden energiajärjestelmien rakentamiseen. Saatavilla (viitattu 9.6.2022): <https://tem.fi/-/sellolle-ja-lidlille-tukea-alykkaiden-energiajarjestelmien-rakentamiseen>

Urban Green-Blue Grids. (i.a.). Hammarby Sjöstad, Stockholm, Sweden. Saatavilla (viitattu 14.7.2022): <https://www.urbangreenbluegrids.com/projects/hammarby-sjostad-stockholm-sweden/>

Urban Nature Atlas. (2021). Groene Mient - Sustainable Neighbourhood. Saatavilla (viitattu 24.8.2022): <https://una.city/nbs/hague/groene-mient-sustainable-neighbourhood>

Urban Sustainability Exchange. (i.a.). Sustainable Urban District Vauban. Saatavilla (viitattu 17.8.2022): <https://use.metropolis.org/case-studies/sustainable-urban-district-vauban#casestudydetail>

Varmuuden vuoksi. (2021). Kohti toimintavarmaa myymäläverkkoa. Huoltovarmuuskeskuksen verkkolehti. Saatavilla (viitattu 4.7.2022): <https://www.varmuudenvuoksi.fi/artikkeli/kohti-toiminta-varmaa-myymalaverkkoa>

Väliharju, R. (2022). Hiedanrannan Kehitys Oy:n kehitysjohtaja. Perekdytys 15.9.2022.

Wildpoldsried. (2022a). Hier wird Zukunft gemacht!. Saatavilla (viitattu 26.7.2022): <https://www.wildpoldsried.de/forschung.html>

Wildpoldsried. (2022b). Windkraft. Saatavilla (viitattu 26.7.2022): <https://www.wildpoldsried.de/windkraft.html>

Wildpoldsried. (2022c). Erneuerbare Energie: Natürlich energisch!. Saatavilla (viitattu 26.7.2022): <https://www.wildpoldsried.de/erneuerbare-energien.html>

Wisegrid. (2022a). ASM Terni. Saatavilla (viitattu 15.8.2022): <https://www.wisegrid.eu/pilot-sites/terni>

Wisegrid. (2022b). Project tools. Saatavilla (viitattu 15.8.2022): <https://www.wisegrid.eu/project-tools#wg-iop>

Älykylä. (2019). Mikä on älykylä. Saatavilla (viitattu 11.6.2022): <https://www.aelykyla.fi/index.php/fi/aelykylae/mikae-on-aelykylae>

Älykylä. (2021a). Energiaratkaisuja integroidaan puurakennuksiin Mynämäellä. Saatavilla (viitattu 11.6.2022): <https://www.aelykyla.fi/index.php/fi/ajankohtaista/113-energiaratkaisuja-integroidaan-puurakennuksiin-mynaemaella>

Älykylä. (2021b). Mynämäen Gadolin Älykylään ekologisia taloja. Saatavilla (viitattu 17.8.2022): <https://www.aelykyla.fi/index.php/fi/ajankohtaista/105-gadolin-alykylaan-ekologisia-taloja>

LIITE A: ÄLYKKÄÄN KORTTELIN DEMONSTRAATIOT SUOMESSA

| Hankkeen nimi ja sijainti | Perustamisvuosi | Osapuolet | Alue/koko | Teknologia/CPY-järjestelmä | Energiantuotantotapa (sähkö/lämpö) | Energian käyttökohteet | Energian varastointi | Kyvyntajousto | Sähköinen liikenne | Energianhallintajärjestelmä | Hyöty/äästö/asiakkaan hyödyt | Saarekekäyttö | Laskutusmalli | Kaupunki/maaseutu |
|--|---|--|---|---|---|--|--|---|--|---|---|--|--------------------|--------------------|
| Seito Espoo | 2018, toiminnassa | Seito Siemens | Kauppakeskus, (yksi kiinteistö) | VPP, mikroverkko, älyverkko | 2300 aurinkopaneelia (750 kWp), arviolta n. 800 MWh/a | Aurinkoenergialla tuotettu sähkö käytetään kauppakeskuksessa | Akusto (2 MW/ 2,1 MWh) | Kaukolämmön ja sähkön kyvyntajousto Osallistuu Suomen reservimarkkinoille | 24 sähköauton latauspaikkaa | Älykäs järjestelmä ohjaa lämmitystä, ilmanvaihtoa, valaistusta ja katujen sulatusta | Yli 20 % pienempi vuotuinen energiankulutus | Saarekekäyttö mahdollista | | Kaupunki |
| Lidi jakelualue Järvenpää | 2019, toiminnassa | Lidi Suomi Schneider Electric | Jakelualue, (yksi kiinteistö) | VPP, mikroverkko, älyverkko | 1600 aurinkopaneelia, n. 450 MWh/a 2 varavoimailtosta | Aurinkoenergialla tuotettu sähkö esim. kylmälaitteiden viilentämiseen Jäähdyttämiseen saatu lauhdelämpö rakennuksen tarpeisiin tai valtakunnan lämpöverkoon | Sähköenergia-varasto (2,8 MW) | Kaukolämmön ja sähkön kyvyntajousto Osallistuu Suomen reservimarkkinoille | | Älykäs järjestelmä ohjaa lämmitystä, jäähdytystä sekä sähkön ja kaukolämmön kulutusta | | | | Kaupunki |
| Torpallan ekokylä Torppala | 2022 kaavaluonnosvaiheessa | Torpallan Kaarinan kaupunki Kaarinan kehitys Bätu | Kylä, (4 eri tonttia); suunnitella n.1200 asukkaalle | Mikroverkko, älyverkko/REC | Aurinkopaneelit rakennusten katolla Maa- ja merilämpö | Ekokylän rakennusten lämpö- ja sähköenergian tarve | | Jousto energian tuotannossa | SÄHÄAUTON latauspaikkoja | Älykäs järjestelmä ohjaamaan sähköverkkoa (aurinkopaneelit, lämmön talteenotto, energiankulutus) | Edullinen energia asukkaalle omatuotannon seurauksena | Saarekekäyttö mahdollinen | | Maaseutu |
| Gadolin ekokylä Mynämäki | 2023 etsitään sijoittajia | ASV Arctic Smart Villages Oy Holda Group Oy Vastuu Group Oy Platform Of Trust Oy Arkitehtitoimisto ts-A Oy NollaE Oy Sustainabilid Oy VuokraNet Oy | Kylä/asuinalue (yksi kiinteistö); n.50 asukasta | Mikroverkko, älyverkko/ mahdollisuus perustaa REC | Aurinkopaneelit Katolle asennettavat aurinkokärlimet | Rakennusten tarpeisiin, ylimääräinen sähköenergian tai lämpövarastoon | Lämmönvarastointi maaperään | | | Älytöj järjestelmä ohjaa energiankulutusta rakennuskohtaisesti | Edullisempi energia omatuotannon ansiosta Säästö n. 20-25 % lämmityskuluissa | | Takamittarimalli | Maaseutu |
| Aurora-pyramidi Vitiä | 2018, toiminnassa | Hullu Poro Oy Siemens | Lomakylä, 11 Aurora-pyramidia | Mikroverkko, VPP, älyverkko | Aurinkopaneelit (132 kWp); 114 MWh/a | Aurora-pyramidiin lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtojärjestelmät Ylimääräinen energia akustoon tai jakeluverkkoon | 1,3 MW akusto | Kyvyntajousto lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien ohjauksella varustautumisen ja ään mukaan | | Energianhallintajärjestelmä ohjaa lämmitystä, ilmanvaihtojärjestelmää ja jäähdytystä | | Normaalisti jakeluverkkoystävällistä | | Lomakylä |
| LEMEN Lempää | 2019 toiminnassa | Convion Fintras HS-Yritys J.L. Metals Kivatti Maviko Merus Power Siemens Solarigo Elenia, Fingrid | Yhtäskylä (monta kiinteistöä) | Mikroverkko, älyverkko | Aurinkopaneelit (4 MW); 3600 MWh Kaasuoottorit, CHP (8,1 MW) SOPC polttokennot, CHP (130 kW) | Alueella olevien teollisuuslaitosten käyttöön | Kaksi akkua (2,4 MW/1,6 MWh) | (2,4) Kyvyntajousto | | Älykäs energianhallintajärjestelmä huolehtii sähkön laadusta ja saatavuudesta | Parempi sähkön laatu ja toimitusvarmuus | Saarekekäyttö mahdollista | | Kaupunki |
| Ekokorttelit Kempele | 2010, toiminnassa | Korttelit, (useita tontteja) 10 omakotitaloa | 10 omakotitaloa | Mikroverkko, älyverkko/ Energiaosuuskunta | CHP-laitos (puuhake), huukälälämmitys, matalalämpöverkon avulla rakennuksiin ja lattialämmitykseen (sähköteho 30 kw, lämpöteho 70 kw) Tuusivoimala (20 kW) Biodesiigeneraattori varavoimana (80 kW) | Korttelin asukkaiden sähköenergian tarpeisiin sekä rakennusten lämmitykseen, ilmanvaihtoon ja lattialämmitykseen | 8000 Ah akusto toimintahäiriöiden varalta | | | Korttelin asukkailla pienemmät energiankulutukset Sähkö- ja lämmityskustannukset vuodessa n. 1300 – 1500 euroa | | Aluksi peikkä saarekekäyttö, irti valtakunnan sähköverkosta Vuonna 2015 liitetty jakeluverkkoon | | Kaupunki |
| Toimintavarma päivitettävä-kauppa | Pilotointi tehty 2017 – 2019 Toteutuksen tarkempi selvitys menossa | Toimitusvarmuus keskus S-ryhmä Kesko Lidi Elintarviketeollisuusliitto Työ- ja elinkeinoministeriö Puolustusvoimat | Pilottivaiheessa 10 myymälää, lopulta tarkoitus olla 300 myymälää | Mikroverkko | Varavoimajärjestelmä n. generaattori (fossiilinen tai biopolttoaine) Aurinkopaneelit | Sähkö myymälän tarpeisiin jakeluverkon häiriön aikana | Suurtehoakut | | | Varavoimajärjestelmän käyttäminen automaattisesti jakeluverkon sähköjakelun häiriöissä | n. 300 toimintavarmaa päivitettävää kauppaa | Saarekekäyttö häiriön aikana | | Kaupunki/ Maaseutu |
| Viljoittaskylä Turku | 2020 – 2025 | Turun kaupunki Osmain käyttöä | Kaupunginosa, n.4000 asukasta | LVD mikroverkko (Työryhmä ja S-korttelit), älyverkko/ PED | Kaksipuoliset aurinkopaneelit (3 rakennusta) Lämpöpumput | Muiden mikroverkon liittämisen rakennusten ylijäämälämmön hyödyntäminen Työryhmä-rakennuksessa Ylijäämälämmön syöttäminen valtakunnan lämpöverkkoon | Maasäilytysvarastoja lämmönvarastoinnissa tulevaisuudessa Akustot | | Sähköauton latauspisteet ja V2G-latauspisteet | Älykäs energianhallintajärjestelmä kauko-ohjauksella ja lämmön hallintaan Anturi sialämpötilan optimointiin | | | | Kaupunki |
| Aurinkoapeeri ja Geovatti Kalasatama, Helsinki | 2021 – 2023 Rakentaminen | Excess Gebwell Muovitech Tom Allen Senara Basso Building Systems VTT Helsingin kaupunki | 2 kerrortaloa, 145 asuntoa, tilatiloja ja pyykkiomhalli | PEB (Positive Energy Building) Mahdollisuus perustaa REC | Aurinkopaneelit (304 m ²) PVT aurinkosähkö-aurinkolämpökärlimet (336 m ²) Lämpöpumput (140 kW) Kaskisyvät lämpökärlit (600 – 800 m) Ilmanvaihdon hukkalämpö | Rakennuksissa tuotettua energiaa pyritään hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti paikallisesti Ylimääräinen energia syötetään valtakunnan verkkoon | Lämpökärlit toimivat myös lämpövarastoina | Energianhallintajärjestelmä mahdollistaa kyvyntajousten | Sähköauton latauspaikat | Energianhallintajärjestelmä optimoi paikallisesti tuotetun energian hyödyntämisen paikallisesti. Huomioidaan energian tuotannon, kulutuksen sekä energian hinnan vaihtelut sekä sääennusteen | | | | Kaupunki |
| Hiedanranta Tampere | Rakentaminen 2024 Ensimmäiset asukkaat: 2025 | Tampereen kaupunki Hiedanranta kehitys Oy | Kaupunginosa, n. 25 000 asukasta | Mikroverkko, älyverkko, PED/ Energiaosuuskunta | Aurinkopaneelit Aurinkokärlimet Biohiililaitos | Korttelissa tuotettua energiaa hyödynnetään paikallisesti | Lämmön kausivarastointi | Kaksisuuntaiset energieverkot Sektorit-integraatio | Sähköauton latauspisteet | Älyteknologiat energian tuotannossa ja kulutuksessa, optimoivat energian hyödyntämisen paikallisesti Digitaalinen kaksonen | | | | Kaupunki |
| Smart energy Åland Ahvenanmaa | 2014 Projektin käynnissä | Flexens Ahvenanmaan maakuntahallitus Mariehamns Energi Leovind Ab ÅEA Clic Ålands vindkraft AB Ålands vindenergi Andelstlag | Ahvenanmaan maakunta | Mikroverkko, älyverkko/ REC | Tuulivoima Aurinkoenergia Bioenergia Mikro-CHP-laitokset | Paikallisesti tuotetun energian hyödyntäminen paikallisesti Ahvenanmaalla sekä energiyhteisöissä | Alustot Pumpuvoimailaitokset Vauhtipyörät V2G P2X Energian varastointi lämpönä | Mahdollisuus kyvyntajousten Jousto tarjoavat markkinat Kyvyntajousten rakennusten lämmitystä säästämällä V2G | Sähköauton latauspisteet Juliusen liikenteen sähköistämisen Polttoainetta toimivat lauat | Älykäs energianhallintajärjestelmä ohjaa paikallista kulutusta ja tuotantoa | | | Kaupunki/ Maaseutu | |

LIITE B: ÄLYKKÄÄN KORTTELIN DEMONSTRAATIOT EUROOPASSA

| Esikkeen nimi ja sijainti | Perustamisaika | Osapuolet | Aikat/koko/asukasmäärä | Teknologia/organisaatiomuoto | Energialuokitus (Sähk./lämpö) | Energian käyttökohteet | Energian varastoitus | Kyvyttöisyys | Säähöinen liikenne | Energiahallintajärjestelmä | Hyötyväisistä/asiakkain hyödyt | Saarekkyäisyys | Luokitusmalli | Kaupunki/maaseutu |
|--|---|--|--|---|--|---|--|---|--|---|---|---|-----------------|-------------------|
| Egg Electric, Egg-asari, Slovania, Iso-Britannia | 2008, toiminnassa | Egg Electric Scottish Hydro Contracting Ltd. Synergie Scotland Ltd. Wind and Sun Ltd. Energy Renewed Ltd | Saari, n. 100 asukasta | Mikroverkko/REC | 3 vesivoimaa (110 kW) 4 tuulivoimaa (24 kW) PV aurinkovoimaa (50 kW) 2 dieselgeneraattoria varavoimajärjestelmänä (64 kW) | Saaren asukkaiden ja yritysten käyttöön | 90 akkua (4 V) | Kotitalouksilla sekä pienellä liikenteisillä on 5 kW:n käyttörajoitus Suuremmilla liikenteisillä on 10 kW:n käyttörajoitus | 80 asukasta | Järjestelmä huolehti akkujen latauksesta ja purkamisesta, tuottavan energian määrätstä sekä suurimman vesiturbiinin ja dieselgeneraattorin tarkistamisesta Jokaisessa rakennuksessa energiankulutuksen seurantarajajärjestelmä Älykäs energiahallintajärjestelmä Peer-to-peer energiavaroitus | 0,2 €/kWh + perustamaku (5 kW:n liittymälle 0,12 € ja 10 kW:n liittymälle 0,15 €.) Liittymismakku (5 kW:n liittymälle 500 € ja 10 kW:n liittymälle 1000 €) | Saarekkyäisyys Ei liitäntä verkkoon | | Maaseutu |
| Groene Mient Haag, Alankomaat | 2017, toiminnassa | Spectral Stedin Haagin kunta Jouz Services | Kortteli (yksi tontti), 33 asuntoa | Mikroverkko, älyverkko/REC (Dark or Strom (SOS)) | Aurinkopaneelit Aurinkokärräimet Geoterminen lämpö Lämpöpumput | Yhteisön asukkaiden käyttöön Tulevaisuudessa tarkoitettu jalka paikallisesti tuotettua energiaa kaupunginosan sisällä | Akku korttelin asukkaiden käyttöön Lämpöenergiavaroitus | Kyvyttöisyys mahdollista | | Älykäs energiahallintajärjestelmä Peer-to-peer energiavaroitus Tulevaisuudessa tarkoitettu energiavaroitus | Ei vielä mahdollisuutta saarekkyäisyyteen Tulevaisuudessa tarkoitettu energiavaroitus Saarekkyäisyys | | | Kaupunki |
| Schoonschip Amsterdam, Alankomaat | 2020, toiminnassa | SpaceMatter GridFriends Spectral | Asuinalue, 46 asuntoa, 144 asukasta | Mikroverkko, älyverkko/REC | 516 aurinkopaneelia rakennusten katolla ja julkisivuilla 30 lämpöpumpua, jotka ottavat lämmön kanaalin vedestä 60 aurinkokärräimä | Asukkaiden sähkön ja lämmön tarpeisiin Lohkoerä-pohjaiset peer-to-peer energiamarinat | Jokaisessa asunnossa oma kapasiteettiansa 6,4–10,2 kWh akku | | Yhteiskäytössä olevia sähköautoja ja pyöriä latauspisteineen | Älykäs energiahallintajärjestelmä Peer-to-peer energiavaroitus Ei kulja älymittarit jokaisessa talouksessa Smart Community Platform –portaali energiakulutuksen tarkasteluun ja laskutukseen Älykäs energiahallintajärjestelmä Peer-to-peer energiavaroitus Ei kulja älymittarit jokaisessa talouksessa | Edullisesti sähkö omatuotannon ja peer-to-peer energiavaroituksen ansiosta Ei kulja lämmityksestä | Mahdollisuus saarekkyäisyyteen Lämmön osalta omavarainen, ei kaasullista | Takamittarointi | Kaupunki |
| Republica Papaverweg Amsterdam, Alankomaat | Älue valmistettu vuonna 2023 | Banlieu Vink Bouw Marc Koehler Architects | Kortteli, 6 rakennusta, 74 asuntoa, hotelli, 2 toimistorakennusta | Mikroverkko, älyverkko/REC (Republica energy cooperative) | Aurinkovoimalat Lämpöpumput Yhdystettyä pohjavettä hyödyntävien lämpöenergiavaroitus | Korttelin asukkaiden ja yritysten omaan käyttöön Myynti toisille asukkaille, yhteisöille tai tukkukaupamarkkinoille | 1,2 MWh akusto | Voi osallistua kyvyttöisyyteen Huipputasoa | Yhteiskäytössä olevia sähköautoja sekä latauspisteitä | Älykäs energiahallintajärjestelmä Peer-to-peer energiavaroitus Ei kulja älymittarit jokaisessa talouksessa | Korttelin asukkaille edullisempi energiainhinta Omatuotannon ja energiavaroituksen ansiosta Saarekkyäisyys | | | Kaupunki |
| Luča Slovenia | 2019–2020, toiminnassa | ETRA HD Ljubljanan yliopisto | Kylä | Mikroverkko, älyverkko/REC | Aurinkovoimalat (152 kW) | Kotitalouksien omaan käyttöön Ylimääräinen energia myydään jakeluverkkoon Tuotetaan sähköenergiaa hyödyntäen alueen rakennuksissa Ylimääräinen sähkö syötetään jakeluverkkoon | 150 kW / 333 kWh yhteiskäyttöä kku 5 kotitalouksessa akku Sähkön varastoiminen akkuihin Lämmön varastoiminen betonirakenteisiin | | Sähköautojen latauspiste | Kotitalouksissa HEMS ja älykkäät sähkömittarit, energiahallintajärjestelmä ohjaamaan koito mikroverkko | Omatuotannon ansiosta Saarekkyäisyys mahdollista | | | Maaseutu |
| Hyllie Malmö, Ruotsi | 2011–2016 älyverkkokokeilu 2016, älyverkko toiminnassa | Malmön kaupunki E.ON Siemens AB Sverige VA Syd | Kaupunginosa Suunnitella n. 9000 asuntoa Mikroverkkoon liitettyä 400 rakennusta vuonna 2020, tarkoitettu laajentaa koko kaupunkiin | Mikroverkko, älyverkko, PED | Aurinkopaneelit ja -keräimet Maalämpö Tuulivoima Jätteen poltto | | | Kyvyttöisyys energiahallintajärjestelmän ja sähkö- sekä lämpövarastojen avulla mahdollista | 37 julkista sähköauton latauspistettä vuonna 2020 | Energiahallintajärjestelmä ohjaa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmää sekä paikallista sähkötuotantoa, -kulutusta ja energiavaroitusten käyttöä Järjestelmä huomioi sääennusteet, kulutuksen ja tuotannon vaihtelet sekä energian hinnan | | | | Kaupunki |
| Hammarby Sjöstad Tukholma, Ruotsi | 2004–2004, mikroverkko rakentelua | KTH Örebron kunta ÖrebroBostäder ElectricITY E.ON KTC Entar Siemens | Kaupunginosa Noin 25 000 asukasta | Mikroverkko, PED/REC | Aurinkopaneelit Lämpöpumput Aurinkokärräimet Geoterminen lämpö Lämpöä myös kaukolämmöllä, joka on saatu puhdistetusta jätevedestä, energiavaroitus poltosta sekä biopolttoaineesta | Rakennusten lämmitys sekä asukkaiden sähköenergian tarve Energia/häädön jäsenten välillä, kiinteistörajat ylittävät energiamarkekin | Akut Lämpövarastot | Voi osallistua kyvyttöisyyteen paikallisen energiavaroituksen ja akkujen avulla | 500 sähköauton latauspistettä vuoteen 2020 mennessä, vuonna 2013 rakennettuna 110 latauspistettä | BMS ja HEMS | Jopa 50 % pienentyneet energiainhinnat Pienentyneet energiavaroitus, sekä tuotetun energian myynti valtakunnan verkkoon | | | Kaupunki |
| Stockholm Royal Seaport Tukholma, Ruotsi | Kaupunginosa valmis 2030 2 pilottialuetta valmistuneet 2019, toiminnassa | HEC Karlruher Energieservice GmbH Universität Freiburg, INATECH Stadtwerke Karlsruhe Volkswohnung Karlsruhe | Kaupunginosa, 12 000 uutta asuntoa vuonna 2030 | Älyverkko, mikroverkko/REC | Aurinkopaneelit (vuostain n. 1,040 GWh) CHP-laitokset (polttoaineena energiavaroitus) Käyttöveden lämmitys kaukolämmöllä, maa- ja merilämmöllä, aurinkokärräimillä sekä ilmanvaihdon ja jätteen hukkalämmöllä Jäähdytys merestä ja maaperästä | Rakennusten paikallisesti tuottaman energian käyttö paikallisesti rakennuksissa Paikallisesti tuotetun energian hyödyntäminen lähialueilla BEMS-järjestelmän avulla Lämpöpumput Ilmanvaihdon hukkalämpö | | Älypuhelinsovellus | Sähköauton latauspisteet | Älypuhelinsovellus energiakulutuksen seurantaan ja hallintaan | Pienentyneet energiainhinnat omatuotannon ansiosta | | | Kaupunki |
| Aspern Seestat Wien, Italvalta | 2015–2023 1. Pilottivaihe 2013–2018 2. Pilottivaihe 2019–2023 | Siemens Wien Energie Wiener Netze Vienna Business Agency Oppilaitos, opiskeleja-asuntola (300 ho), teknologiaparkki ja pysäköintitalo | Kaupunginosa, yli 20 000 asukasta vuonna 2030 | Älyverkko, mikroverkko/REC | Aurinkopaneelit (yht. 464 kW) Aurinkokärräimet Aurinkosähkön ja -lämmön hybridijärjestelmä (sähköteho 20 kW ja lämpöteho 60 kW) Lämpöpumput Ilmanvaihdon hukkalämpö | Rakennusten paikallisesti tuottaman energian käyttö paikallisesti rakennuksissa Paikallisesti tuotetun energian hyödyntäminen lähialueilla BEMS-järjestelmän avulla Pysakointitalossa 100 kW/180 kWh akusto | Kerrostalo-kohtaisesti 40 000 kWh lämpöenergiavaroitus ja 2 kWh sähköenergiavaroitus Opiskelija-asuntolassa 150 kWh sähköenergiavaroitus Pysakointitalossa 100 kW/180 kWh akusto | Voi osallistua kyvyttöisyyteen paikallisen energiavaroituksen avulla Älypuhelinsovellus | Pysakointitalossa on 10 sähköauton latauspistettä Suunnitella V2G-latauspisteet sähköautoille | Rakennuksen energiahallintajärjestelmä BEMS optimoi rakennuksen, toistan rakennuksen ja voimansiirtoverkon välillä energian siirtoa ja käyttöä Se ottaa myös huomioon sääennusteet, kulutuksen ja tuotannon vaihtelet sekä sähkömarkkinat Älypuhelinsovellus energiakulutuksen seurantaan ja hallintaan | Pienentyneet energiainhinnat omatuotannon ansiosta | | | Kaupunki |
| Durlach Karlsruhe, Saksa | 2018–2022, toiminnassa | HEC Karlruher Energieservice GmbH Universität Freiburg, INATECH Stadtwerke Karlsruhe Volkswohnung Karlsruhe | Kaupunginosa, 5 asuinrakennusta, n.160 asuntoa, n.350 asukasta | Mikroverkko, älyverkko | Aurinkopaneelit ja -keräimet CHP-laitos (sähköteho 80 kW, lämpöteho 130 kW) 2 lämpöpumpua (20 kW, 80 kW) | Tuotetaan sähköenergiaa hyödyntäen mahdollisimman tehokkaasti alueen rakennuksissa ja lämpöpumpuissa Ylimääräinen sähkö syötetään jakeluverkkoon | Tulevaisuudessa akusto | | Sähköautojen latauspisteet | Älypuhelinsovellus energiavaroituksen seurantaan ja hallintaan | Pienentyneet energiainhinnat omatuotannon ansiosta | | | Kaupunki |
| Vauban Freiburg, Saksa | 1999–2006, toiminnassa | Project Group Vauban City Council Vauban Forum Vauban | Kaupunginosa, n.5500 asukasta, n.2000 asuntoa | Mikroverkko | Aurinkopaneelit (1,425 MW), 1,32 GWh/a Aurinkokärräimet CHP-laitos (sähköteho 350 kW, lämpöteho 1150 kW), sähköenergia 5,529 GWh/a, lämpöenergia 13,795 GWh/a | Paikallisesti tuotettua energiaa hyödyntäen kaupunginosassa Ylimääräinen sähkö myydään paikalliseen jakeluverkkoon CHP-laitoksen tuottama lämpö rakennusten lämmitykseen | | | | Sähköstä syöttötariffin mukainen korvaus (0,48 €/kWh) Kotitaloukselle jopa 6000 €/a | | | | Kaupunki |

| Henkilön nimi ja sijainti | Perustamisvuosi | Osuudet | Alue/koko/asukasmäärä | Teknologia/organisaatiomuoto | Energiatavarantotapa (sähkö/ilmasto) | Energian käyttökohteet | Energian varastointi | Kyvyttömyys | Sähköinen liikenne | Energianhallinta-järjestelmä | Hyödyt/säästöt/osaikojen hyödyt | Saarekekäyttö | Laskutusmalli | Kaupunki/maaseutu |
|------------------------------|--|--|---|--|--|---|--|---|--|---|--|---|-----------------|-------------------|
| Wildpolderied Saksa | Mikroverkko 2011, toiminnassa | University of Applied Sciences at Kempten, Fraunhofer institute for Applied Information Technology (FIT), AllgäuNetz, Allgäuer Überlandwerk (AUW), Siemens | Kylä, n.2500 asukasta | Mikroverkko, älyverkko/REC | Tuulivoima, 9 kyläyhteisön omistama tuuliturbiini (yht. 17,6 MW), Aurinkopaneelit (yht. 505,55 kWp) Biokaasulla toimiva CHP-laitos (2500 kW), sähkötehoa n.10 GWh, lämpötehoa n.9,5 GWh) 3 pienempää biokaasulaitosta (yht. 750 kW) Biomassalla toimiva lämmöntuotantolaitos (400 kW) 3 polttoöljygeneraattoria kulutuspiikkijä varten (450 kW, 450 kW, 385 kW) Kaasvoilyllä toimiva dieselgeneraattori varavomajärjestelmänä | Oma käyttö Lohkokäyttöpuhjoinen paikallinen energiamarkkina | Akusto (240 kVA, 180 kWh) Aurinkovoimailoiden yhteydessä asukkailla omat energivarastot | Mikroverkko tarjoaa kysyntäjoutoa ja loistehon syöttöä kantaverikkoon | | Prosumeriiden kodeissa älykkäät energianhallintajärjestelmät ohjaavat kulutusta ja tuotantoa, sekä kommunikoi paikallisen energiamarkkinan kanssa Energianhallintajärjestelmä huolehtii mikroverkon taajuudesta ja jännitteestä saarekekäytön aikana | Paikallinen energiamarkkina sekä omatuotanto pienenergiat energiakustannuksiin ja tuotot prosuureille Energiatarkkailu ja pienenergiat energiamarkkinan seurauksena | Saarekekäyttö mahdollista Pimeäkäynnitys | | Maaseutu |
| South Cornelly Iso-Britannia | Järjestelmä asennettu | Bridgend County Boroughin kaupunginvaltuusto Challoch Energy Nuvision Energy (Wales) Ltd Passiv UK | Kylä, n.2300 asukasta | Mikroverkko, LEM/REC | Aurinkopaneelit (9 rakennusta) Aurinkoenergiaa hyödyntävä ilmanvaihto | Paikallisesti tuotetun energian oma käyttö sekä hyödyntäminen paikallisesti muissa kotitalouksissa Energian hyödyntäminen sähkösuojan laatuksessa Varastointi akkuihin Syöttö vattakunnan verkkoon | Akusto kahdessa rakennuksessa | | Sähköauton latauspisteitä | HEMS asennettu 6 rakennukseen HEMS ohjaa uusilutuvan energian tuotantoa, energiaravastoa, sähköauton latauspisteitä, lämmitysjärjestelmiä ja kodinkoneita Ottaa huomioon sääennusteet sekä tuotannon, kulutuksen ja sähkön hinnan vaihtelut | Energiatarkkailu pienenergian omatuotannon sekä paikallisen energiamarkkinan seurauksena | | Maaseutu | |
| Magliano Alpi Italia | 2020, toiminnassa | Magliano Alpin kaupunki Energy Center of the Politecnico di Torino IFEC - Italian Forum of Energy Communities | Kylä, n.2300 asukasta Energia-yhteisöön liittyneitä 7 jäsentä | Älyverkko/REC (CCR Energy City Hall) | Aurinkopaneelit (20 kWp); 24,198 MWh/a Rakentamalla aurinkopaneelit (108 kWp) Ylimääräinen sähköenergia vattakunnan verkkoon | Paikallisesti tuotettua energiaa käytetään mahdollisimman tehokkaasti energiatehokkuudella sisällä Ylimääräinen sähköenergia vattakunnan verkkoon | Energiavarastot suunnitella vuosina 2021-2022 Vedyn tuotanto kotitalouksissa | Kyvyttömyys mahdollista | Latauspisteet sähköautoille | Energianhallintajärjestelmä optimoi paikallisesti tuotetun energian käyttöä älykkäiden sähkömittarien avulla | Iloinen sähköauton lataus Pienentyneet sähkölaskut omatuotannon ansiosta | | Takamittaroinni | Maaseutu |
| ASM Terni Terni, Italia | 2018 – 2020 Wisegrid-projekti toiminnassa | Wisegrid ASM Terni | Kaupunki, n.105 000 asukasta Wisegrid-projektissa 5 toimistorakennusta | Älyverkko, Mikroverkko/ Mahdollisuus perustaa REC | Aurinkopaneelit (240 kW), 200 MWh/a | Tuotettua energiaa käytetään paikallisesti rakennuksissa sekä sähköauton latauspaikoilla tai varastoidaan akkuihin | Litiumioniakku (96 kWh) 6 sähköautoa (akku: 22 kWh) | Kyvyttömyys mahdollista Sovellus, jonka avulla yritykset voivat osallistua kysyntäjoutoon Kuluttajat voivat tarjota sähkövarastojen tai tuottamansa energiaa virtuaalisena voimalatoksena | 4 sähköauton latauspisteitä V2G latauspiste 6 sähköautoa | Energianhallintajärjestelmä optimoi energiankäyttöä älymittareista saatavan tiedon avulla Pyrkii välttämään sähkökatkoja | Pienentyneet sähkölaskut omatuotannon sekä sovelluksen antaman sähkön hintatietojen takia | | Kaupunki | |
| Bytom Puola | 2021, toiminnassa | Tauron Polska Energia S.A | 54 taloutta | Mikroverkko | 5 tuulivoimaa (50 kW) 2 aurinkovoimaa (200 kW) | Tuotettua energiaa hyödynnetään alueen rakennuksissa | Energiavarasto (200 kW) | | | Verkonhallintajärjestelmä huolehtii tehottasäpinästä | Parantunut toimintavarmuus | Saarekekäyttö mahdollista | | Kaupunki |
| Lomma Ruotini | 2023, toiminnassa | Solar Power Accelerator En-Ho Bygg AB | Yrityskiinteistö | Mikroverkko | Kaasugeneraattori Aurinkopaneelit (200 kW) | Tuotettu sähkö voidaan myydä sähkömarkkinoilla tai hyödyntää yritys kiinteistössä Saarekekäytön aikana sähköä myös lähi kiinteistöihin | Akusto | | Sähköauton latauspisteet | | Parantunut toimintavarmuus | Saarekekäyttö mahdollista | | Kaupunki |
| Bristol Iso-Britannia | 2023, rakenteilla | Bristol Energy Cooperative | Kortteli 33 asuntoa | Mikroverkko | Aurinkopaneelit (117 kW) Lämpöpumput | Tuotettua sähköä hyödynnetään asunnoissa tai varastoidaan akkuihin | Akusto (444 kWh) | Joutopalvelut sähköverkolle | 7 sähköauton latauspaikkaa | Energianhallintajärjestelmä optimoi energiankäyttöä | Asukkaat säästävät energiakustannuksissa | | | Kaupunki |
| Valentstadt Sveltzi | 2018, toiminnassa | | Kaupunki 37 taloutta | Älyverkko/ paikallinen energiamarkkina | Aurinkopaneelit 27 kiinteistössä (280 kWp) | Tuotettua sähköä hyödynnetään kiinteistöissä sekä myytiin | Akusto 8 kiinteistössä (yhteensä 80 kWh) | | | Energianhallintajärjestelmä vastaa paikallisen energiamarkkinan toiminnasta | Kuluttajat säästävät energiakustannuksissa | | | Kaupunki |