

Valtteri Pirttinen (toim.)

# Kestävämpää asumista yhteisöllisyyden ja teknologian keinoin

– Dwell – älykäs taloyhteisö



POHJOISEN TEKIJÄT – LAPIN AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUJA  
10/2023

**Toimittaja:**

Pirttinen, Valtteri, Insinööri (YAMK), asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu

**Kirjoittajat:**

Hiltunen, Matias, Insinööri (AMK), asiantuntija, Digitaaliset ratkaisut, Lapin ammattikorkeakoulu

Kalliokoski Silvestre, Iida, TaM, asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu

Kuru, Juhani, Insinööri (AMK), asiantuntija, Digitaaliset ratkaisut, Lapin ammattikorkeakoulu

Pesonen, Otto, Insinööri (YAMK), asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu

Pirttinen, Valtteri, Insinööri (YAMK), asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu

Suopela, Trifon, Tradenomi (AMK), asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu

Tuokko, Maileena, TaM, suunnittelija, Koulutus- ja kehittämisspalvelut, Lapin yliopisto

Valtanen, Tuomas, Insinööri (YAMK), asiantuntija, Digitaaliset ratkaisut, Lapin ammattikorkeakoulu

**Metatiedot**

Tyyppi: Kokoomajulkaisu

Julkaisija: Lapin ammattikorkeakoulu Oy

Julkaisuvuosi: 2023

Sarja: Pohjoisen tekijät - Lapin ammattikorkeakoulun julkaisuja 10/2023

ISBN 978-952-316-472-7 (pdf)

ISSN 2954-1654 (verkkojulkaisu)

Pdf-linkki:

Oikeudet: CC BY-SA 4.0

Kieli: suomi

# Sisällys

**Valtteri Pirttinen**

<b>ESIPUHE .....</b>	<b>5</b>
----------------------	----------

**Iida Kalliokoski Silvestre & Maileena Tuokko**

<b>MUOTOILUTUTKIMUSTA ASUKASYHTEISÖSSÄ.....</b>	<b>9</b>
---	----------

Toimintaympäristön ymmärtäminen .....	9
Monipuolinen muotoilututkimus .....	12
Ennako-oletukset tiedonkeruussa .....	13
Yhteiset työkalut ja päämäärät tiimityössä .....	14
Asukaslähtöinen kehittäminen.....	15
Erilaiset kerrostaloyhteisöt.....	17
Loppukäyttäjät aktiivisina kehittäjinä .....	19
Käyttöliittymäkokemusten vertailu.....	20
Lähteet .....	21

**Iida Kalliokoski Silvestre & Maileena Tuokko**

<b>KÄYTTÖLIITTYMÄRATKAISUJA KESTÄVÄN JA YHTEISÖLLISEN ASUMISEN SOVELLUKSESSA .....</b>	<b>22</b>
--	-----------

Kuluma Betan navigointi ja kotinäkymä .....	23
Kulutuksen seurantanäkymä asukkaalle .....	26
Keskustelupalsta talon sisäiseen viestintään .....	28
Ylläpidon hallintapaneeli .....	30
Muita potentiaalisia ominaisuuksia talosovellukselle .....	32

**Tuomas Valtanen & Juhani Kuru**

<b>KULUMA-SOVELLUKSEN KOKONAISSARKKITEHTUURI.....</b>	<b>34</b>
---	-----------

Johdanto .....	34
Teknisen toteutuksen lähtökohdat ja vaatimukset .....	35
Kehitystyön vaiheet sekä tekniset ratkaisut .....	37
Kuluma-sovelluskokonaisuuden kokonaisarkkitehtuuri .....	39
Kehitysideoita tulevaisuuteen sekä pohdintaa.....	40
Lähteet .....	43

**Matias Hiltunen & Tuomas Valtanen**

<b>FLUTTER -OHJELMISTOKEHYS DAS KULUMA-MOBIILISOVELLUKSESSA .....</b>	<b>45</b>
---	-----------

Johdanto .....	45
Alustariippumaton mobiilisovelluskehitys.....	46
Flutter-sovelluksen toimintaperiaate ja arkkitehtuuri .....	48
Flutter-sovelluksen kehitysympäristö .....	49
Flutter-sovelluksen kehittäminen ja julkaisu .....	51
Flutterin soveltuvuus ohjelmistoprojekteissa .....	56
Lähteet .....	57
<b>Otto Pesonen</b>	
<b>ÄLYKKÄÄSTÄ RAKENNUKSESTA VIRTUAALIVOIMALAITOKSEKSI .....</b>	<b>60</b>
Älykkäät rakennukset .....	61
Älykäs sähköverkko.....	63
<i>Virtuaalivoimalaitos .....</i>	<i>65</i>
<i>Kulutus/kysyntäjousto .....</i>	<i>67</i>
<i>Energiavarastot osana virtuaalivoimalaitoista .....</i>	<i>68</i>
<i>Virtuaalivoimalaitokset Suomessa .....</i>	<i>69</i>
<i>Aurora Pyramidit .....</i>	<i>69</i>
<i>Kauppakeskus Sello.....</i>	<i>69</i>
<i>Lappeenrannan kaupunki.....</i>	<i>70</i>
Pohdinta .....	70
Lähteet .....	72
<b>Otto Pesonen</b>	
<b>DAS KELON TEKNINEN TOIMINTA .....</b>	<b>77</b>
Mikä tekee DAS Kelosta innovatiivisen kerrostalon?.....	77
Aurinkosähkön hyödyntäminen .....	78
Jäteveden LTO .....	80
Pohjoisen suunnannäyttäjä.....	82
Lähteet .....	82
<b>Trifon Suopela</b>	
<b>YHTEISÖLLINEN ASUMINEN LIIKETOIMINNALLISESSA NÄKÖKULMASSA.....</b>	<b>83</b>
Johdanto .....	83
Yhteisöllisen asumisen trendit liiketoiminnassa.....	84
Yhteisöllisen asumisen palvelukokeilu Rovaniemellä - Kätyri .....	86
Päätelmät "Kätyri"-kokeilu yhteisöllisessä asumisessa .....	88
Lähteet .....	89

# Esipuhe

Viime vuosina koetut globaalit kriisit ovat vaikuttaneet ihmisten arkeen ja asumiseen monilla eri tavoilla. Vuonna 2019 alkanut koronaviruspandemia pakotti ihmisiä eristäytymään ja vähentämään kohtaamisia. Luonnollisten ihmisten välisten kontaktien ja kohtaamisten vähentyessä, yksinäisyys ja sen tunne kosketti monia. Kun koronan aiheuttamista rajoituksista elämiseen alettiin luopumaan, Venäjä aloitti hyökkäyssodan Ukrainaan keväällä 2022, samalla mullistaen täysin globaaleja energiamarkkinoita. Energiamarkkinoilla koetut äkkimuutokset ovat nostaneet esille ihmisen valintojen vaikutusta asumisen hiilijalanjälkeen ja tarkemmin ilmaistuna energian ja vedenkulutukseen. Nämä viime vuosina vahvasti jalustalle nostetut teemat yhteisöllisyys ja energia toimivat myös kantavina teemoina Dwell-Älykäs taloyhteisö tutkimushankkeessa.

Rakentaminen on globaalisti yksi ilmastoa rasittavista toimista, jonka vuoksi viime vuosina vähähiilisyttä tukevia energiatehokkaita ratkaisuja on alettu hyödyntämään rakentamisen saralla. Tutkimushankkeen taustalla toimi tieto siitä, että rakennusten elinkaaren ajalla suurin osa hiilidioksidipäästöistä syntyy rakennuksen energiankäytöstä. Luonnollisesti energiankäyttöön vaikuttavat eniten rakennuksen energiajärjestelmät sekä rakennuksen käyttäjien toiminta. Hankkeen päätarkoituksena oli luoda avoin kiinteistön käyttäjäpalvelualusta hankkeen toimintaympäristön käyttäjille. Hankkeen toimintaympäristön asukkaille kiinteistön käyttäjäpalvelualusta näyttäytyi mobiilisovelluksena. Mobiilisovellukseen luotiin yhteisöllisyyttä edistäviä sekä resurssitehokkuuteen tähtääviä sovelluksia.

Hankkeen toimintaympäristönä toimi Domus Arctica Säätiön rakennuttama opiskelija-asuinkerrostalo, DAS Kelo. DAS Kelo on 8-kerroksinen CLT-tilaelementeistä koottu kerrostalo. Rakennuksen ensimmäinen kerros on toteutettu teräsbetonisena paikallavaluna ja loput kerrokset 2.-8 on toteutettu Kuhmossa tehtaalla valmistetuista CLT-tilaelementeillä (Domus Arctica - säätiö 2019).



**Kuva 1.** DAS Kelo julkisivu (kuva Aaro Artto)

Rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevat Domus Arctica Säätiön (DAS) toimistotilat, rakennuksen tekniset tilat, väestönsuoja sekä asukkaiden käyttöön tarkoitetut yhteistilat sekä pyykinpesukoneilla varustettu pesutila. CLT-tilaelementein rakennetuissa kerroksissa 2.–8. sijaitsee opiskelijoille kohdennettuja ranskalaisella parvekkeella varustettuja yksiöitä. Asukkaiden käyttöön toteutettu sauna- ja yhteistilat sekä vilvoitteluparveke sijaitsee rakennuksen ylimmässä, 8.kerroksessa (Domus Arctica -säätiö 2019)



**Kuva 2.** Näkymä DAS Kelon 8.kerroksen vilvoitteluparvkkeelta (kuva Aaro Artto)

Tähän artikkelikokoelmaan on koottu Dwell-älykäs taloyhteisö tutkimushankkeessa toteutettuja toimia artikkelimuotoon. Dwell - Älykäs taloyhteisö tutkimushanke oli EAKR-rahoitteinen tutkimushanke, joka toteutettiin ajanjaksolla 1.1.2019-31.12.2021. Tutkimushankkeen päätoteuttajana toimi Lapin ammattikorkeakoulu ja osatoteuttajana Lapin yliopisto. Artikkelikokoelma on jaoteltu hankkeen toiminnallisten työpakettien mukaan, joiden kantavia teemoja ovat yhteisöllisyys, älykäs kiinteistö, kokeilukulttuuri, älykkäät järjestelmät sekä innovaatiot ja kaupallistaminen. Alla on kommentit tutkimushankkeesta toimintaympäristön edustajalta, Kirsti Saviarolta.

### *Dwell –hanke DAS Kelossa*

*Domus Arctica –säätien puukerrostalo KELOon toteutettiin yhteistyössä NEVE Oy:n ja Lapin ammattikorkeakoulun ja Lapin yliopiston kanssa useita tutkimushankkeita. Tässä julkaisussa esitetty Dwell –hanke oli yksi laajimmista ja tärkeimmistä, koska sillä pyrittiin helpottamaan asukkaiden elämää eri tavoin.*

*Hankkeen tarkoituksena oli tutkia, miten säätien puukerrostaloon toteutettujen asuntojen lämpötilaa ja kosteutta mittaavien antureiden sekä älykkäiden vesi- ja sähkönkulutusmittareiden tuottama tieto olisi mahdollisimman helposti asukkaiden käytössä. Samalla haluttiin luoda digitaalinen alusta PALSTA, joka*

*lisäisi ja monipuolistaisi yhteisöllisyyden kehittymistä ja yhteistilojen käyttöä. Lisäksi tutkittiin muun muassa puun kuivumista, ääniseristävyyttä ja sisäilman laatua.*

*Tavoite oli kirkas ja kunnianhimoinen ja niinpä hankkeen aikataulua jatkettiin puolella vuodella. Aika ei mennyt hukkaan ja lopputuloksena oli käyttäjäpalvelualusta KULUMA –sovellus, jota pilotoimme DAS Kelon asukkaiden kanssa. Asukaspalaute sovelluksesta oli hyvä ja tulemme vielä jatkossa selvittämään sen käyttöönottoa. Tekniset tutkimukset ovat osoittaneet, että puurakentaminen on lunastanut meidän sille asettamia tavoitteita; hyvä sisäilma ja äänieristävyys.*

*Hanke kokonaisuudessaan osoitti, että yhteistyössä on voimaa ja saavutimme lähes kaikki tutkimukselle asetetut tavoitteet. Kelon kerhotilassa järjestetyt työpajat ja taiteiden opiskelijoiden toteuttamat aineistot ovat olleet havainnollisia ja informatiivisia. Lapin ammattikorkeakoulun ja erityisesti Valtteri Pirttisen panos on ollut merkittävä.*

*Iso kiitos kaikille hankkeeseen osallistuneille ja rahoittajalle. Tästä on hyvä jatkaa kehittämistä.*

*Rovaniemellä 13.1.2023 Kirsti Saviaro, toiminnanjohtaja, Domus Arctica-säätiö*

## **Lähteet**

Eura 2014. Dwell - älykäs taloyhteisö hankesuunnitelma. Viitattu 21.9.2021

<https://www.eura2014.fi/rrtiepa/projekti.php?projektikoodi=A74588>

Domus Arctica -säätiö 2019. Projektipankki Haahtela 2019. DAS Riihipellonpuisto.



# **Muotoilututkimusta asukasyhteisössä**

Matkalle lähtö voi tuntua sekavalta, mutta kun kohteeseen on tutustuttu, riskit huomioitu ja suunnittelu tehty huolellisesti, on helpompi nähdä itsensä määränpäässä. Matkan tavoin myös projektilla on päämäärä, jonka saavuttaminen vaatii esivalmisteluja, ymmärrystä aiheesta ja oikeanlaisia reittivalintoja. Yritysmailmassa hyvä projektisuunnitelma heijastaa mahdollisimman tarkkaan asiakkaan näkemyksiä, ja se ottaa kokonaisvaltaisesti huomioon yrityksen liiketoimintamallin, tavoitteet brändin ja viestinnän suhteen, sekä loppukäyttäjän tavoitteet ja käyttäytymismallit (Spies & Wenger 2020, 24–25). Projektin ollessa kuitenkin julkisrahoitteinen hanke, mahdollisen liiketoimintapotentialin ja menestyksekkään kehitystyön lisäksi taustalla on aina isompi, yhteiskunnallinen tavoite, joka linkittyy ajankohtaisiin ja alueellisesti tärkeisiin ilmiöihin.

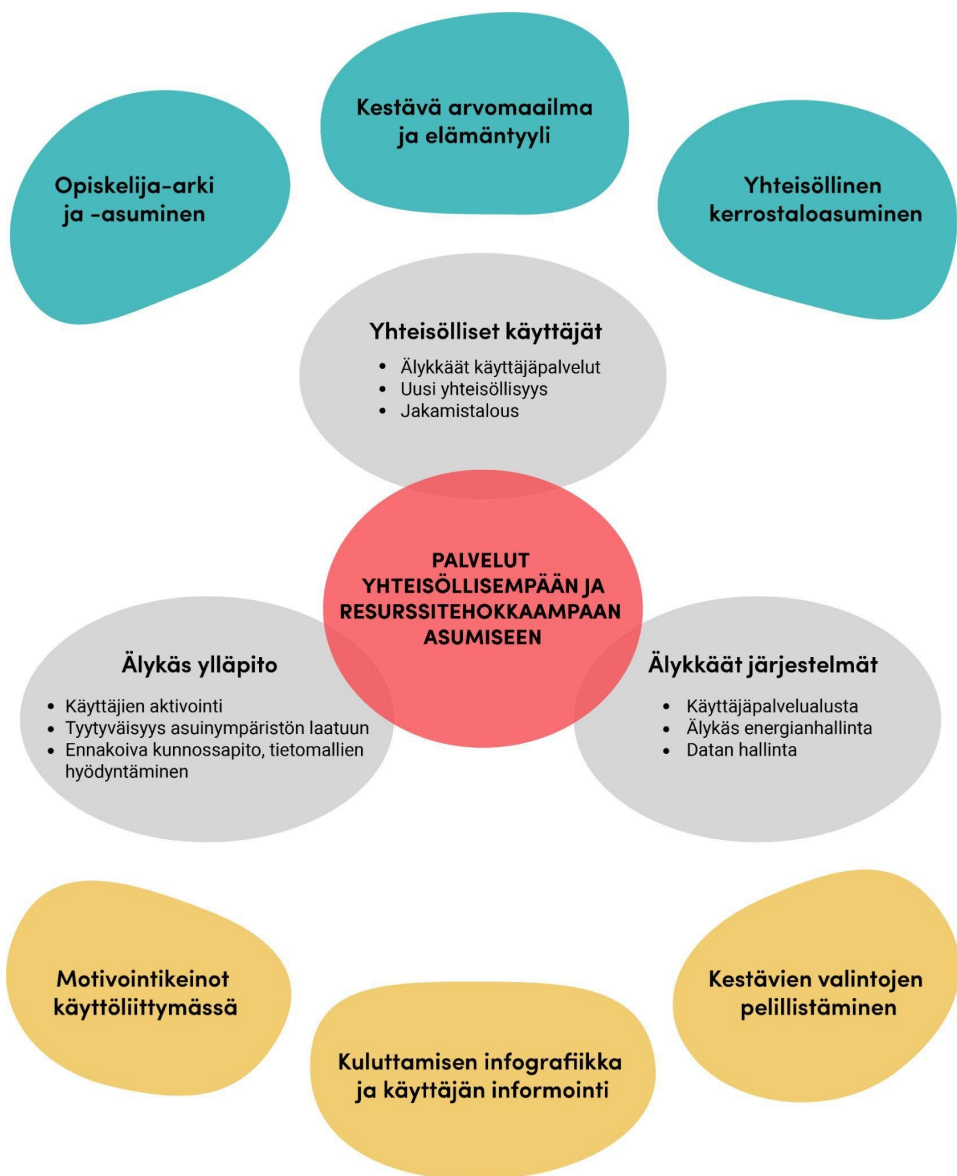
Artikkelissa projektin ensivaiheita tarkastellaan Dwell - Älykäs taloyhteisö -hankkeen kautta, jonka teemat liittyivät vahvasti rakennusten ja kiinteistöjen vähähiilisyyteen, älykkäisiin järjestelmiin ja yhteisölliseen asumiseen. Hankkeen toteutti Lapin ammattikorkeakoulu ja Lapin yliopisto yhteistyössä Domus Arctica -säätiön sekä Napapiirin Energia ja Vesi Oy:n kanssa vuosien 2019–21 aikana. Käsitlemme aihetta muotoiluajattelun näkökulmasta painottaen ilmiöiden, kokonaiskuvan ja loppukäyttäjän aitoa ymmärtämistä. Pohdimme yhteistyön ja läpinäkyvän viestinnän merkitystä, sekä oletusten haastamisen tärkeyttä projektityössä. Lisäksi kerromme miten Dwell-hankkeessa kerättiin tietoa käyttäjiä osallistaen.

## **Toimintaympäristön ymmärtäminen**

Dwell-hankkeen aikana luotiin Kuluma Beta –mobiilisovellus, jota pilotoitiin rovanienemäläisessä opiskelijakerrostalo DAS Kelossa vuoden 2021 aikana. Sovelluksen avulla kerrostaloasukkaat pystyvät seuraamaan omaa sähkön ja veden kulutusta, sekä keskustelemaan muiden asukkaiden ja vuokranantajan kanssa talon yhteisellä keskustelupalstalla. Hankkeen päätarkoituksena ei kuitenkaan ollut sovelluksen kehittäminen, vaan selvittää miten digitaalisen alustan avulla voitaisiin edesauttaa ja kannustaa asukkaita yhteisöllisempään ja kestävämpään arkeen. Sovellustestauksen avulla saatiin konkreettista

tietoa ja palautetta talon sisältä konseptin toimivuudesta, sekä vaatimuksista, joita sen käyttö asettaa ja jatkossa asettaisi talon infralle ja palveluille. Isommassa mittakaavassa älykkäiden järjestelmien lisäksi myös asukkaiden toiminnalla voitaisiin vaikuttaa positiivisesti rakennuksen koko elinkaareen aikaisiin päästöihin ja vähähiilisyyteen.

Projektin tutkimussuunnitelmaa laatiessa toimiva käytäntö on määritellä sen keskeinen sisältö sekä sitä ympäröivät aiheet. Keskeinen sisältö on tutkimuksen ja suunnittelun kannalta tärkein, se halutaan ymmärtää perin pohjin. Ympäröivät aiheet taas tarjoavat pääsisällölle kontekstia, ne tuovat siis ilmi eri asiayhteyksiä, ilmiöitä ja näkökulmia. (Sanders & Stappers 2012, 128.) Kuvassa 1. on havainnollistettu Dwell-hankkeen keskeisiä sisältöjä. Hankkeen alkuperäisiä teemoja olivat yhteisölliset käyttäjät, älykkäät järjestelmät, sekä älykäs ylläpito, ne esitetään kuvassa harmaalla. Kiteytettynä tutkimuksen, suunnittelun ja testauksen keskeinen sisältö oli palvelut, jotka edesauttavat resurssitehokasta ja yhteisöllistä asumista. Sinisellä on esitetty käyttäjälähtöisen suunnittelun näkökulmasta tärkeät, ympäröivät aiheet ja ilmiöt, joihin perehtyminen oli olennaista keskeisen sisällön ymmärtämiselle ja kehitystyölle. Keltaisella värillä on puolestaan eroteltu tutkimuskohteet, jotka olivat erityisesti mobiilisovelluksen taustakartoituksen kannalta olennaisia.



**Kuva 1.** Dwell-hankkeen keskeisiä sisältöjä

Ilmisellä on luontainen halu ongelman tunnistettuaan siirtyä suoraan ratkaisujen miettimiseen. Tällöin kuitenkin sivuutetaan helposti oikeat, taustalla olevat ongelmat ja saatetaan keskittyä isomman ilmiön sijasta tarkastelemaan yksittäistä, siitä syntynyttä sivuvaikutusta. (Stickdorn, Hormess, Lawrence & Schneider 2018, 14–37.) Jokaisen suunnitteluprojektin taustalla piilevän ongelman ymmärtäminen onkin suoraan verrannollinen

siihen, kuinka menestyksekkäs lopputulos lopulta on (Muratovski 2016, 28). Muotoilussa tätä oikeaa, taustalla olevaa ongelmaa määritellään usein perinteisen kirjallisuuteen pohjautuvan tiedonkeruun lisäksi loppukäyttäjän tarpeita tutkimalla. "Miten ja miksi" -kysymyksiin etsitään vastauksia uteliaalla otteella kyselemällä ja tarkkailemalla, sekä hyödyntäen laajaa kirjoa, pääasiallisesti laadullisia menetelmiä. Tutkimalla samaa ilmiötä eri menetelmin saadaan tarkempaa ja monipuolisempaa tietoa, samalla tasapainottaen kullekin menetelmälle ominaisia oletuksia ja vinoumia. (Stickdorn ym. 2018, 14, 107–117.)

Holistinen muotoiluajattelu oli oivallinen väline käsitellä Dwell-hankkeen kaltaista moniulotteista kokonaisuutta, jossa olennaista oli ymmärtää asioiden yhteyksiä ja niiden luomisen merkitystä. Yksittäistä tuotetta ei voida luoda tyhjiössä, vaan yksittäisen tuotteen kuten mobiilisovelluksen suunnittelu vaatii ympärilleen koko toimintaympäristön huomioimisen ja kestävää sitoutumista. Uuden tuotteen luominen muuntaa vastavuoroisesti myös organisaation palveluita ja toimintatapoja. Digitaalinen tuote ei ole koskaan valmis, vaan sen pohjaksi tarvitaan aina selkeät toimintamallit, jotka takaavat jatkuvan kehitys- ja ylläpitotyön, sekä sidosryhmien välisen keskustelun (Spies & Wenger 2020, 23).

## **Monipuolinen muotoilututkimus**

Muotoilututkimusta voidaan hyödyntää eri tavoin ja monissa eri vaiheissa projektia. Sen avulla voidaan tunnistaa asiakkaiden ongelmien ja tarpeiden kautta mahdollisuuksia, tutkia olemassa olevien tuotteiden tai palveluiden sen hetkisiä kipukohtia, hakea inspiraatiota eri toimintaympäristöistä, sekä testata, validoida ja kerätä palautetta uusista ja olemassa olevista ideoista, prototyypeistä ja tuotteista. Kaikille vaiheille on ominaista tukea päätöksentekoa projektin aikana, oletusten sijaan oikealla datalla ja havainnoilla. (Stickdorn, Hormess, Lawrence, Schneider 2018, 98–100.) Muotoilututkimus ja tutkiva suunnittelu on siis itseään täydentävää ja ruokkivaa tekemistä sekä merkittävä osa käyttäjälähtöistä suunnittelua.

Käyttäjäkeskeisessä suunnittelussa luovuutta voidaan hyödyntää etsimällä uusia tapoja auttaa ihmisiä jakamaan omia arkipäivän ideoitaan ja kokemuksiaan, sekä kääntämällä muotoiluajattelun avulla näitä tarinoita edelleen raameiksi, jotka inspiroivat suunnittelulle uusia suuntia. (Sanders & Stappers 2012, 13.) Käyttäjäkeskeinen suunnittelu vaatii avointa ja tutkivaa mieltä, sillä ennen tiedonkeruuta ei tarkkaan tiedetä mitä ollaan suunnittelemassa. Konsepti tarkentuu kuitenkin jatkuvasti tekemisen myötä iteroiden, sekä prototyyppien avulla testaten. Oivallukset kumpuavat

arkielämästä ja asioita pyritään myös tarkastelemaan käytännönläheisesti esimerkiksi etnografisen tutkimusotteen kautta, jota hyödynsimme hankkeessa paljon.

Etnografia on tutkimuskäytäntö, joka pyrkii ymmärtämään ihmisryhmiä, kuten yhteiskuntia, kulttuureja ja instituutioita asettamalla tutkijan samaan "sosiaaliseen tilaan" tutkimukseen osallistujien kanssa. Sen päätavoitteena on tarjota rikasta, kokonaisvaltaista näkemystä eri kulttuureihin ja alakulttuureihin, keskittyen ihmisten näkemyksiin ja toimintatapoihin. Muotoilun näkökulmasta etnografia on hyvä lähestymistapa tutkia tarkemmin erilaisia kulttuurillisia toimintamalleja, tai heidän toiminnalleen tärkeitä esineitä. Kerätessä havaintoja tutkija voi olla kentällä passiivisena tarkkailijana, haastattelijana ja kuuntelija, tai osallistua aktiivisesti tarkkailtavan ryhmän päivittäisiin toimiin. Kummassakin tapauksessa dokumentointi on ensiarvoisen tärkeää. Dokumentointi voi sisältää muistiinpanoja, äänitteitä, videoita, kuvia tai muita aiheeseen liittyviä merkityksellisiä asioita tai esineitä. (Muratovski, 2016, 56–59).

### **Ennakko-oletukset tiedonkeruussa**

Vaikka tutkijan tulisi aina suhtautua epäillen omaan tutkimukseensa, täysin puolueettoman datan kerääminen on mahdotonta. Jokainen päätös aina tutkimussuunnitelmasta kenttätööhön, on tietoinen tai tiedostamaton valinta, joka vaikuttaa kerättyyn aineistoon ja lopulta siitä saatuihin tuloksiin. Raakadatan lisäksi käyttäjätutkimuksen aineistossa on usein myös tulkinnallista tietoa, joka on tutkijan pyrkimystä selittää tai ymmärtää saatua tietoa. Se tiivistää tutkijan raakadatasta tunnistamat kaavat tai piilevät konseptit. Omaksuttu tieto heijastaa aina myös tutkijan omaa ajattelua. Siihen heijastuvat siis tutkijan koulutustausta, uskomukset, kokemukset sekä mahdolliset kognitiiviset ennakko-oletukset. Tulkittu data vaatii tämän vuoksi taustalleen tarpeeksi raakadataa tutkijan potentiaalisten oletusten minimisoimiseksi. (Stickdorn ym. 2018, 37.)

Tutkijana toimiessa oletusten vaikutusta voi pyrkiä vähentämään huomioimalla oma sosiaalinen asema tutkittavan ryhmän sisällä, sekä tiedostamalla omat taipumukset tehdä tulkintoja ja johtopäätöksiä. Nämä voidaan huomioida esimerkiksi laatimalla suunnitelma siitä, miten osallistujille tulee viestiä sekä muiden tutkijoiden kanssa tehtävän vertaisarvioinnin avulla. Oletuksia voidaan karsia myös sisällyttämällä useampia tutkijoita, tutkijan roolissa olevia osallistujia, tai sidosryhmiä mukaan tutkimuksen eri vaiheisiin. (Stickdorn ym. 2018, 110.) Dwell-hankkeen muotoilutyön aikana tietoa kerättiin eri osallistujilta ja ryhmiltä useamman

tutkijan voimin. Tutkimussuunnitelmaa, kerättyä aineistoa, sekä siitä tehtyjä tulkintoja ja johtopäätöksiä peilattiin kahden käyttäjätutkimusta tehneen muotoilijan kesken. Projektitiimi kokonaisuudessaan, sekä sidosryhmät olivat usein mukana työskentelyssä ja tuloksia käytiin läpi kriittisesti keskustellen, mikä edesauttoi myös osaltaan omien oletusten karsimista.

## **Yhteiset työkalut ja päämäärät tiimityössä**

Dwell-hankkeen aikana monialainen yhteistyö eri asiantuntijoiden, oppilaitosten ja yksiköiden, sekä yhteistyökumppanien välillä sai kiitosta, ja sen onnistuminen koettiin yhdeksi syyksi hankkeesta saatuihin hyviin tuloksiin. Toteuttava tiimi koostui Lapin ammattikorkeakoulun ja Lapin Yliopiston rakennus-, energia-, ja ICT-insinööreistä, sekä tuote- ja palvelumuotoilijoista. Vaikka toimijoiden ja asiantuntijoiden vastuualueet projektin eri vaiheissa vaihtelivat, toimenpiteet tehtiin lähtökohtaisesti yhteistyössä ja projektin etenemisestä viestittiin aktiivisesti eri osapuolille.

Projektitiimiä muodostaessa yksilön kokemuksen ja ammatillisen osaamisen lisäksi avainasemassa ovat motivaatio ja halukkuus yhteistyöhön poikkitieteellisesti. Tiimin sisäistä yhteistyötä on mahdollista edesauttaa löytämällä yhteinen kieli eri osaamisalojen välille. (Spies & Wenger 2020, 29.) Yksi keino tähän on hyödyntää palvelumuotoilulle tyypillisiä menetelmiä, joiden tavoitteena on löytää yhteisiä, kaikille helposti lähestyttäviä ja tarkoituksenmukaisia työkaluja ohjaamaan työskentelyä. Näitä työkaluja ja visualisointeja voidaan tulkita eri tavoin riippuen henkilön alasta, osaamisesta ja sosiaalisesta maailmankuvasta. (Stickdorn ym. 2018, 22, 42.) Dwell-hankkeen aikana visuaalisia työkaluja ja tuotoksia käytettiin runsaasti sekä ulkoisessa, että sisäisessä viestinnässä. Työskentelyssä hyödynnettiin muun muassa valokuvia, videoita, graafisia elementtejä, piirroksia ja malleja. Digitaalisen valkotaulun avulla ideointi- ja suunnittelutyötä pystyttiin tekemään tehokkaasti myös etänä. Vastaavia menetelmiä käytettiin lisäksi dokumentoinnissa, tulosten esittelyssä, sekä havainnollistamassa prosessia ja tavoitteita. Yhtenäinen käsitys prosessista edesauttoi osaltaan tiimin sitoutumisessa projektiin, ja se loi motivaatiota poikkitieteellisessä työskentelymallissa.

Erityisesti sovelluskehityksessä yhteistyön sujuvuus läpi projektin on muotoilijoiden ja kehittäjän tai teknisen tiimin välillä ensiarvoisen tärkeää. Ohjelmoijan ja muotoilijan tulisi luoda keskusteluyhteys jo projektin alkuvaiheessa, ja sopia säännöllisistä tapaamisista läpi prosessin. Väärinkäsitysten minimoimisen lisäksi yhteistyö antaa muotoilijalle tilaisuuden oppia enemmän ohjelmoijan ajattelutavasta. Ohjelmoijan

näkökulmaa suunnitteluun ohjaavat perinteisesti järjestelmät ja systeemit, kun taas muotoilijan tehtävä on edustaa käyttäjää ja asiakasta. (Spies & Wenger 2020, 39.) Hankkeessa kehittäjät ja muotoilijat tekivät tiivistä yhteistyötä läpi projektin. Sovelluskehittäjät osallistuivat jo ensimmäisiin ideointityöpajoihin ja sovelluksen tulevan sisällön suunnitteluun, mikä selkeytti taustalla olevia tarpeita ja tavoitteita myös ohjelmointityön osalta. Muotoilijat puolestaan olivat mukana myös teknisen puolen keskusteluissa, jotta käyttöliittymän suunnittelu olisi mahdollisimman joustavaa ja ratkaisut toteutettavia.

Yhteistyökumppanimme hankkeessa olivat Domus Arctica -säätio, sekä Napapiirin Energia ja Vesi. Koska pilottikohde, jossa palveluita testattiin, oli säätion omistama puukerrostalo DAS Kelo, yhteistyö heidän kanssansa oli olennaisen tärkeää kerätessä kohteesta ja käyttäjistä tietoa, sekä suunnitellessa ja toteuttaessa käytännön testausta. DAS oli mukana alusta alkaen ja osallistui muun muassa ensimmäisiin työpajoihin, tulosten läpikäyntiin ja tavoitteiden määrittelyyn. He saivat tietoa projektin eri vaiheista ja antoivat palautetta toimenpiteistä, olivat mukana testauksessa, palautteen käsittelyssä ja pohtivat kanssamme sovelluksen jatkotoimia hankkeen päätteeksi. Vaikka kaikki vaiheet eivät olisi vaatineet sidosryhmän kannanottoa, tiivis yhteistyö sitoutti heitä projektiin ja ohjasi meitä taas kehittämään paremmin ylläpitoa huomioivia ja yleistettävissä olevia ratkaisuja.

## **Asukaslähtöinen kehittäminen**

Kevään 2019 työskentelyn pohjalta määritellyt, kuvassa 2. esitetyt asukastarpeet toimivat tiimin yhteisenä ohjenuorana läpi projektin. Niitä käytettiin inspiraationa uusia ideoita kehittäessä ja tukena digitaalista alustaa ja palveluita koskevassa päätöksenteossa. Asukastarpeet koostettiin asukkaille pidetyn työpajan pohjalta, jonka sisällön suunnittelussa huomioitiin alkuvaiheen taustakartoitus, sekä aiemmista ideointityöpajoista saatu materiaali. Asukkaiden työpajaan osallistui 10 henkeä, ja työskentelyä tehtiin tiiviisti yksilö- ja ryhmätöinä keskustellen yhteistoiminnan, yhteiskäyttötilojen, yhteisomisteiden tavaroiden, sekä ekologisuuden aihepiirien sisällä. Sekä työpajojen että niiden pohjalta eriteltyjen asukastarpeiden sisältö oli rajattu hankkeen tavoitteiden mukaisesti yhteisölliseen ja kestäväan asumiseen. Tietoa kerättiin pääasialliselta kohderyhmältä eli opiskelijoilta. Asukastarpeiden sisältöä uudelleenarvioitiin, päivitettiin ja sovellettiin eri tarkoituksiin projektin aikana, tiedon lisääntyessä ja tavoitteiden tarkentuessa. Ne toimivat varmistamassa, että suunnittelua tehtiin läpi projektin tarkoituksenmukaisesti ja loppukäyttäjä huomioiden.



### Seuraa arjen askareisiin

- + Lähtökohtana yhteinen tarve
- + Yhdessä liikkuminen, opiskelu, ruoanlaitto, lastenhoito, ..
- + Apua ja hauskuutta ikäviinkin tehtäviin yhteisen tekemisen kautta
- + Käytännön tarpeisiin vastaavia retkiä ja yhteiskäyttötavaroita

### Samanhenkisten ihmisten löytäminen naapurustosta

- + Samoja kiinnostuksen kohteita omaavien tavoittaminen
- + Kiinnostuksen ja osallistujamäärien kartoittaminen eri aktiviteetteihin
- + Matalampi kynnyks järjestää ja kokeilla uusia asioita
- + Osaamisen jakaminen



### Aktiviteettien jatkuvuus

- + Haasteena opiskeijoiden ja asukkaiden vaihtuvuus
- + Ratkaisuja toiminnan säilymiseen henkilöiden vaihtuessa

### Luottamuksen kartuttaminen - Naapurit tutuiksi

- + Tavaroiden yhteiskäyttö ja lainaaminen tutuille helpompaa
- + Vähemmän kiusallisia käytäväkohtaamisia
- + Tutustuminen arkipuhien ja satunnaisten kohtaamisten kautta



### Keskeinen sijainti ja spontaanisuus

- + Yhteiskäyttötilojen keskeinen sijainti
- + Mahdollisuus poiketa tilassa muun tekemisen ohessa
- + Aktiviteetteihin osallistuminen ilman sitoutumispakkoa

### Avoimet tilat ja miellyttävä ympäristö

- + Piha-alueiden monipuolisempi käyttö
- + Luonnonmateriaalien ja -tunnon tuominen sisätiloihin
- + Väärinkäytösten ehkäiseminen sijoittamalla yhteiskäyttötilat näkyville



### Toimiva ja kestävä arki

- + Logistinen apu; kierrätysautot, roskalavat, ..
- + Kotiin enemmän tilaa lajittelua ja kierrättämistä varten
- + Kierrätyksen seuranta ja väärinkäytösten ehkäiseminen

Kuva 2. Suunnittelua ohjanneet asukastarpeet

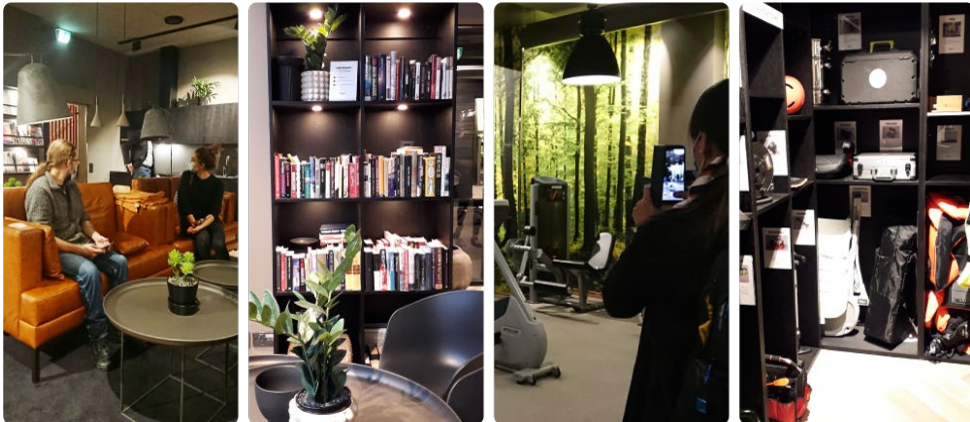


Projektin aikana tietoa pyrittiin keräämään mahdollisimman paljon paikan päällä varsinaisessa toimintaympäristössä. Tutustuimme kattavasti pilottikohteeseen, sekä järjestimme haastattelun ja tapahtumia kerrostalon yhteiskäyttötiloissa. Opiskelija-arkeen ja asumiseen saatiin talon sisältä aitoa näkökulmaa projektille palkatun kehittäjäasukkaan avulla. Dokumentointia tehtiin runsaasti, ja aineiston sanoittaminen, määrittely ja piirtäminen olivat läsnä suunnittelijoiden päivittäisessä tekemisessä.

Datatriangulaatiolla eli erilaisten menetelmien hyödyntämisellä saman aineiston keräämiseksi voidaan parantaa tutkimuksen tarkkuutta ja luotettavuutta. Muotoiluissa monipuolinen, eri näkökulmista kumpuava tieto inspiroi uusien ideoiden syntymistä, ja kattavasti toteutettuna toimii hyvänä perustana suunnitteluratkaisujen tekemiselle. (Stickdorn 2018, 10.) Keräsimme tietoa havainnoiden, haastatellen, osallistaen ja yhteiskehittämisen kautta rikastuttaen aineistoa läpi projektin. Pilottikohteen asukkaiden lisäksi tietoa kerättiin myös muilta opiskelijoilta, asukastoimikunnalta, toisista asukasyhteisöistä, sovelluskäyttäjiltä sekä vuokranantajalta.

### **Erilaiset kerrostaloyhteisöt**

Tiedonkeruun aikana teimme vertailevaa tutkimusta kahteen muuhun yhteisölliseen kerrostaloon. Toinen niistä oli puinen kerrostalo Tukholmassa ja toinen yhteisöllisiä tiloja sisältävä kerrostalo Oulussa. Molempien talojen yhteydessä oli keskitetysti suunnattuja erilaisia palveluita asukkaille. Tukholmalaiseen kerrostaloon tutustuttiin asukkaan kautta puhelimitse viestien ja kuvia saaden. Oulun kohteessa saimme perusteellisen tilaesittelyn Kotikatu 365 palvelutarjoajan toimesta. Kuvassa 3. on esitetty nostoja Oulun Lipporannan kohteesta. Yhteisölliseen asumiseen ja sen havainnointiin keskityttiin muutenkin, etsien esimerkkejä ja inspiraatiota maailmalta kuvien ja kirjoitusten muodossa. Hyödynsimme näitä muotoilututkimuksen benchmark-havaintoja asumisesta sekä suunnittelussa että suunnitteluympäristön hahmottamisessa.



**Kuva 3.** Oulun Lipporannan yhteisiä tiloja ja ratkaisuja tavaroiden yhteiskäyttöön. Palveluoperaattori esitteli tiloja ja vastasi tarkentaviin kysymyksiimme.

Molemmissa benchmarking-kohteissa jaetaan tavaroita ja autetaan samassa talossa asuvia naapureita. Jakamista tapahtuu niin tilojen kuin yhteisten pizzahetkien merkeissä. Yhteisten kiinnostuksen kohteiden havaittiin muodostavan ryhmiä, joissa asioita halutaan jakaa. Arjen kätevyys ja toimivuus korostuivat yhteisöllisessä asumisessa. Kerrostalon muodostamassa verkostossa voidaan tarvita samoja asioita, jolloin naapureista on toisilleen hyötyä esimerkiksi palveluiden käytössä tai tavarain vaihdon yhteydessä. Ekologisuus ei korostunut benchmark-kohteisiin liittyvissä keskusteluissa. Keskustelut suunnittelukohteemme opiskelija-asunnossa taas toivat esille ekologista ajattelua osana opiskelijoiden arkielämää ja arvomaailmaa. Opiskelijoiden kanssa käydyissä keskusteluissa tuli ilmi, että heidän mielestään on yksinkertaisesti järkevää ottaa ympäristö ja hupenevat luonnonvarat huomioon, sillä olemme isossa kuvassa kaikki riippuvaisia luonnosta ja sen tarjoamista resursseista ja palveluista.

Tukholman ja Oulun esimerkit havainnollistivat myös, kuinka paljon naapurikuri määrittelee toimintaa. Tämä asumismuodon muodostama sosiaalinen koodisto vaikuttaa yksilöiden käyttäytymiseen. Kierrättämistä tehdään esimerkiksi kuuliaisesti tai siitä ilmoitetaan näkyvästi yhteisellä foorumilla väärinkäytöstilanteissa. Läpinäkyvyys ja ihmisten tunteminen vaikuttavat myös asumisen kokemukseen ylipäänsä, koska tuttuihin ihmisiin on helpompi luottaa. Omia kasvoja ei myöskään haluta menettää mahdollisissa väärinkäytöksissä roskakatoksella. Samassa talossa asumisessa koetaan myös mukavaksi se, että siellä on mahdollista viestiä ja

jakaa tietoa esimerkiksi yhteisen WhatsApp-ryhmän avulla. Naapurit koetaan luotettavaksi ja yhteydenpitomahdollisuus tuo myös tietynlaista turvaa asujalle.

### **Loppukäyttäjät aktiivisina kehittäjinä**

Roolien kehittyminen osana muotoiluprosessia on johtanut yhä enemmän suuntaan, jossa loppukäyttäjät eivät ole enää pelkästään tutkimuksen kohteita, vaan aktiivisia suunnitteluun osallistujia. Tämä perustuu ajatukseen siitä, että loppukäyttäjät tunnustetaan oman kokemuksensa asiantuntijoiksi. (Sanders & Stappers, 2012, 24–26.) Dwell-hankkeessa tulevan pilottikohteen loppukäyttäjää eli opiskelijoita otettiin aktiivisesti mukaan projektin eri vaiheisiin. Alussa pidettyjen työpajojen lisäksi projektin teemoja tuotiin yliopistoyhteistyön kautta osaksi kolmea eri kurssikokonaisuutta. Aiheiden käsittely kurssilla mahdollisti tiedon keräämisen suoraan isommalta joukolta kohderyhmän edustajia. Työskentelyn aikana opiskelijaryhmät ideoivat ratkaisuja yhteisöllisempään ja kestävämpään opiskelija-arkkeen, ja tulokset esiteltiin kuvien kautta tai videomuodossa. Lisäksi muotoilusprinttinä toteutetun kurssin aikana opiskelijat kehittivät paikallisille yrityksille liiketoimintamalleja ja ryhmille suunnattuja palveluaihioita. Kurssien kautta saatiin hyvää näkökulmaa kohderyhmän tarpeista, ajattelumalleista ja eri ratkaisujen potentiaalista.

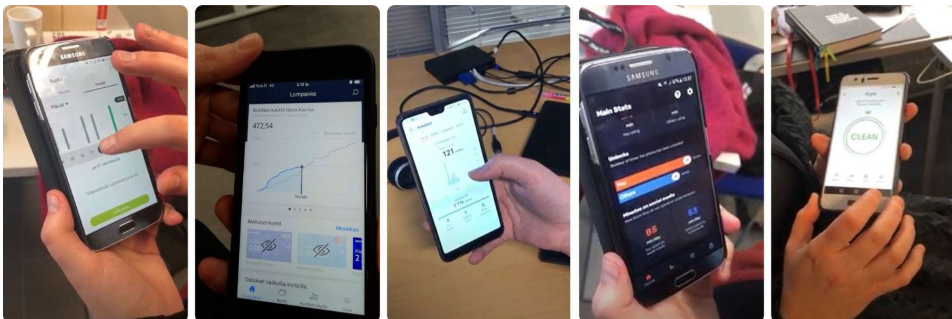
Yhteisöllisyyden rakentamista ja osallistamista vahvistettiin rekrytoimalla kehittäjäasukas pilottikohde DAS Kelosta. ”Kelomyyränä” toiminut asukas työskenteli osana projektiryhmäämme ja hänen tehtävänään oli kartoittaa; miten yhteisöllisyys näkyy ja toteutuu Kelossa, sekä osallistua suunnitteluun kohderyhmän edustajana. Tiimissä työskennellessään asukas piti talon yhteisöllisyydestä päiväkirjaa, haastatteli sekä tuttuja asukkaita, että uusia tuttavuuksia muun muassa yhteisellä saunavuorolla, ja keräsi tietoa talon kanavilta mobiiliviestintäsovellus Jodelin avulla. Löydöksiä käytiin läpi tiimin kanssa yhdessä ideoiden. Kelomyyrän asiantuntijuutta hyödynnettiin lisäksi asukkaille suunnatun viestinnän suunnittelussa. Pilottikohteessa asuvan kehittäjäasukkaan avulla meillä oli mahdollista saada ulkopuoliselle tutkijalle hankalammin saavutettavaa tietoa. Asukkaana hän pystyi luontevammin keräämään tietoa osana arkipäivän kohtaamisia, talon yhteisissä tiloissa ja kohderyhmälle tavanomaisia viestintäkanavia hyödyntäen. Kuvassa 4. on nostoja kehittäjäasukkaan ensimmäisestä haastattelusta ja taloesittelystä.



**Kuva 4.** Asukas esitteli meille Kelon yhteisiä tiloja ja kertoi yhteisöllisyyden toteutumisesta talossa

## Käyttöliittymäkokemusten vertailu

Talosovelluksen käyttöliittymäsuunnittelua varten tutustuimme lukuisiin erilaisiin sovelluksiin, keskittyen erityisesti ratkaisuihin, jotka on suunnattu kestäväan asumiseen, kulutusdatan esittämiseen, sekä käyttäjien väliseen viestintään. Haimme lisäksi inspiraatiota ja ideoimme uudenlaisia tapoja, miten käyttöliittymässä voitaisiin hyödyntää motivointia ja pelillistämistä tapana kannustaa kestävien valintojen tekemiseen. Erityisen kiinnostavaa oli havainnoida, millaiset sovellukset koetaan toimiviksi ja millaisia niiden toiminnot ovat. Tämä toteutettiin pysäyttelemällä ihmisiä kohteliaasti oppilaitoksissa ja kyselemällä heidän mobiilisovelluksien käytöstä sekä tiedustellen ihmisiltä asiaa viestintäsovellusten välityksellä. Esimerkiksi datavisualisoinnin osalta ihmisille tuli usein mieleen kauppojen tarjoamat sovellukset ja visualisoinnit ostosten jakautumisesta ja rahankäytöstä. Hyödynsimme näitä nopeita käyttäjähaastatteluja käyttöliittymäsuunnittelussa. Kuvassa 5. on esitetty kuvakaappauksia videoille tallennetuista nopeista käyttäjähaastatteluista.



**Kuva 5.** Haastateltujen käyttäjien esittämiä käyttöliittymäesimerkkejä

Hankkeessa luotiin yhteisöllisyyttä ja kestäväää arkea tukeva sovellus, joten keskityimme sekä käyttäjien arvomaailmoihin että käytännön ratkaisuihin osana käyttäjien arkea. Luovat menetelmät ja syvälliset keskustelut opiskelijoiden kanssa paljastivat mielenkiintoisia ja visionäärisiä ajatuksia niin tulevaisuudesta, tekniikasta kuin arkielämästä muutenkin. Yhteisöllisyyden ja arjen kehittämisessä nähtiin paljon sekä ratkaisuja että kehityspotentiaalia. Monitahoinen tieto edesauttoi perusteltujen päätösten tekemisen sovelluksen käyttöliittymää luodessa. Eri ominaisuuksien toimivuutta ja potentiaalia peilattiin saavutettuun tietoon, keskittyen eri tilanteisiin, haasteisiin ja odotuksiin, joita sovelluksen käyttäjät voisivat arjessaan kohdata. Lisäksi tutkimuksen kautta pystyimme hyödyntämään tehokkaasti kokemuksia ja palautetta jo olemassa olevista ratkaisuksista ja soveltamaan toimiviksi koettuja käytäntöjä osana uudenlaista asumisen sovellusta.

## **Lähteet**

Muratovski, G. 2016. Research for Designers: A Guide to Methods and Practice. Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC: SAGE.

Sanders, E. & Stappers, P. 2012. Convivial Toolbox. Generative research for the front end of design. Amsterdam: BIS publishers.

Spies, M. & Wenger, K. 2020. Branded Interactions. London: Thames & Hudson.

Stickdorn, M., Hormess, M., Lawrence A. & Schneider J. 2018. This is Service Design Doing. Sebastopol: O'Reilly.

# Käyttöliittymäratkaisuja kestävän ja yhteisöllisen asumisen sovelluksessa

Asumisen kontekstissa on yleistynyt erilaisten sovelluksien hyödyntäminen esimerkiksi datan seurantaan liittyen. Ne eivät kuitenkaan usein hyödynnä tai huomioi talon sisäistä yhteisöllisyyden mahdollisuutta eivätkä ota kantaa kestäväan asumiseen. Yksin asuminen yleistyy, ja myös opiskelijoille rakennetaan entistä enemmän suuren kysynnän vuoksi. Tämän seurauksena luonnostaan syntyvän ihmiskontaktin määrä ja samalla sen hyödyt asumisessa vähenevät. Miten myös yksioissa asuvat voisivat tuntea paremmin olevansa osa samaa taloa ja yhteisöä? Artikkelissa aihetta tarkastellaan asukkaille suunnatun sovelluksen käyttöliittymäsuunnittelun näkökulmasta. Havainnot perustuvat Dwell - Älykäs taloyhteisö -hankkeessa tehdyn Kuluma Beta -mobiilisovelluksen kehitystyöhön, jonka tavoitteena oli käyttöliittymäratkaisujen avulla edesauttaa ja kannustaa opiskelijakerrostalon asukkaita yhteisöllisempään ja kestävämpään arkeen. Hankkeen toteutti Lapin ammattikorkeakoulu ja Lapin yliopisto yhteistyössä Domus Arctica -säätiön ja Napapiirin Energia ja Vesi Oy:n kanssa vuosien 2019–21 aikana.

Sovelluksen toimintaympäristönä eli pilottikohteena toimi rakenteiltaan vähähiilinen Rovaniemellä sijaitseva opiskelijakerrostalo DAS Kelo, jonka järjestelmät mahdollistavat veden ja sähkön kulutusdatan keräämisen asuntokohtaisesti. Domus Arctica -säätiön kohteissa asukkaiden vesi- ja sähkömaksut sisältyvät kiinteähintaiseen käyttömaksuun, mikä poikkeaa tavanomaisesta, omaan kulutukseen perustuvasta laskutuksesta. Yhtenä olennaisena osana suunnittelua olikin tutkia motivoiko kulutuksen vähentäminen asukkaita myös ilman rahallista hyötyä, ja voidaanko motivaatiota lisätä muilla tavoin käyttöliittymässä. Asukkaille haluttiin antaa mahdollisuus seurata omaa kerättyä kulutusdataansa, ajatuksena oli, että se voisi lisätä tietoisuutta ja vaikuttaa positiivisesti kulutuksen määrään, eli vähentää sitä. Lisäksi sovellukseen ideoitiin ominaisuuksia toteutetun tiedonkeruun ja käyttäjätutkimuksen pohjalta. Käyttöliittymäsuunnittelussa kiinnitettiin huomioita erityisesti selkeään viestintään, helppokäyttöisyyteen,

yksityisyyden suojaan, tasapuolisuuteen ja mahdollisten väärinkäytösten ehkäisyyn.

Kuluma Betan kehitystyön tavoitteena ei ollut luoda kaikenkattavaa, esimerkiksi varauskalenterit ja huoltoprosessit sisältävää asumisen sovellusta, vaan testata uudenlaisia yhteisöllisen ja kestäväns asumisen ominaisuuksia erillisellä ratkaisulla. Pilotoinnin aikana testattiin käyttäjille suunnattua mobiilikäyttöliittymää, jonka pääominaisuudet olivat kulutuksen seuranta ja keskustelupalsta. Ominaisuudet on esitelty tarkemmin Kuvassa 1. Mobiilisovellusta testattiin talossa keväällä 2021 demotyöpajoissa, sekä syksyllä 2021 kahden kuukauden ajan sovelluskaupasta ladattavana versiona. Palautetta kerättiin työpajoissa suullisesti, pilotointijakson aikana keskustelukanavan kautta, ja testauksen päätteeksi palautekyselyllä. Projektin aikana kehitettiin ja testattiin myös Kuluma Betan ylläpidolle suunnattua selainkäyttöistä hallintapaneelia, jonka käyttöliittymästä saatiin palautetta tapaamisissa yhteistyökumppanin kanssa.

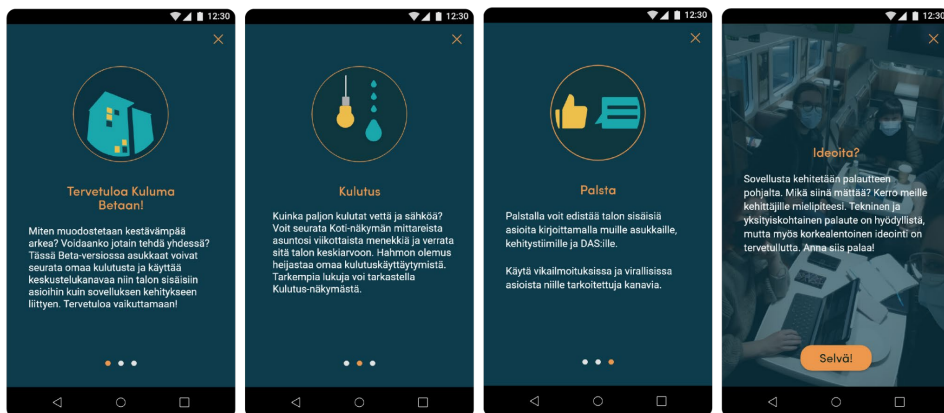


**Kuva 1.** Pilotoinnissa olleen Kuluma Beta -sovelluksen ominaisuuksia

## Kuluma Betan navigointi ja kotinäkömä

Kuluma Betan käyttö rekisteröitymisen jälkeen lähtee liikkeelle Kuvassa 2. esitetyillä onboarding-näkymillä, joissa kerrotaan sovelluksen tarkoituksesta ja eri ominaisuuksista tarkemmin. Näkymissä kannustettiin myös pilotoinnin aikana asukkaita osallistumaan kehitystyöhön jakamalla palautetta ja

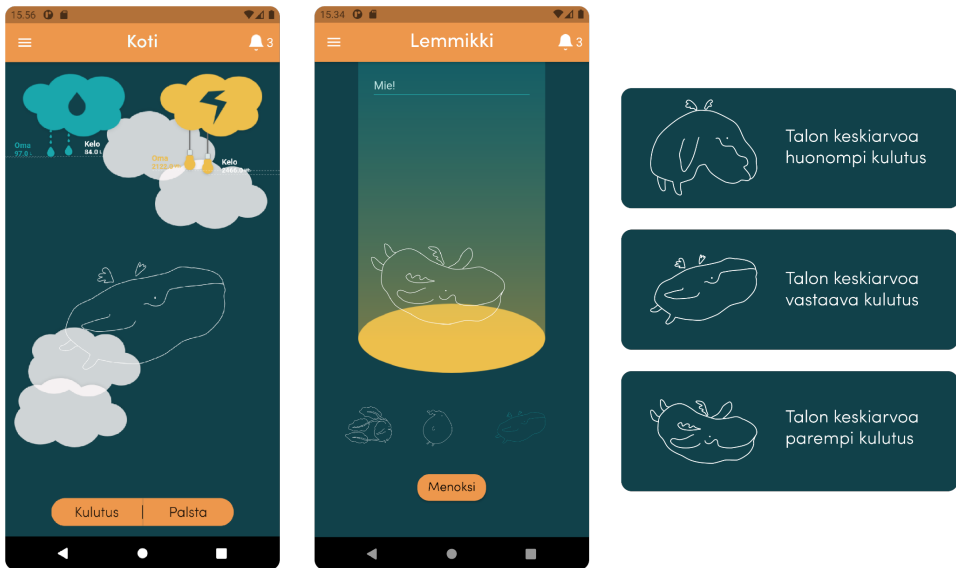
ideoitaan. Esittelyn jälkeen sivulta ja hampurilaisvalikkopainikkeesta aukeavan päävalikon kautta löytyy lisää tietoa Kulumasta ja sen kehittäjistä, sekä hallinnoimaan omia tietojaan ja sovelluksen asetuksia. Ensimmäisenä käyttäjälle aukeava Koti-näkymä suunniteltiin etusivuksi, josta voi nähdä nopeasti oman kulutuksen ajankohtaiset tiedot, sekä navigoida muihin sovelluksen osioihin. Omiin ilmoituksiin pääsi sekä päävalikon kautta, että yläpalkissa olevan kellon näköisen ikonin kautta.



**Kuva 2.** Kulumä Betan onboarding-näkymät

Sovelluksen kotinäkylässä oleva hahmo ideoitiin ominaisuudeksi, jonka tavoitteena oli motivoida kulutuksen vähentämiseen tunteisiin vetoamalla. Inspiraatio idealle saatiin Lapin Yliopiston toteuttamalta palvelumuotoilukurssilta, jossa opiskelijat ideoivat erilaisia konsepteja hankkeen teemojen pohjalta. Lopulliset projektitiimin toteuttamat, otuiksi nimetyt hahmot syntyivät ajatuksesta, että hahmon tulisi olla mielenkiintoinen, mutta neutraali, eli sen ei tulisi muistuttaa liikaa ihmistä tai eläintä. Sovelluksessa on kolme erilaista otusta, joista kullakin oli kolme eri olomuotoa tai mielentilaa, jotka heijastavat käyttäjän ja asukkaan sen hetkistä kulutusta verrattaessa talon keskiarvoon. Kuvassa 3. on esitettyä yksi sovelluksen otuksista ja sen kolme eri olemusta.



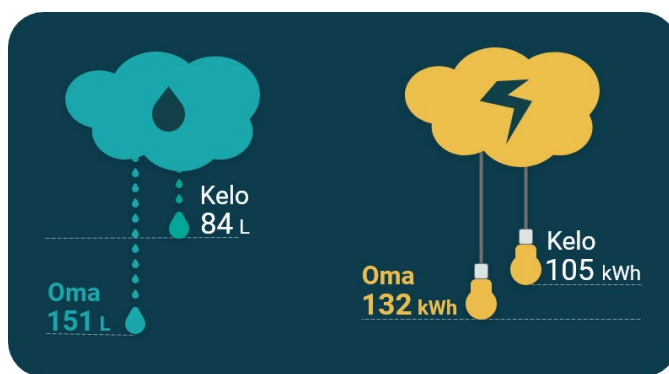


**Kuva 3.** Kotinäytön otuksen mielentila heijasti käyttäjän sen hetkistä kulutusta

Hahmoihin animointiin pientä, lentämistä tai leijumista muistuttavaa liikettä, joka vaihteli otuksen sen hetkisen mielentilan mukaan. Otukset luotiin piirtäen ja animoinnissa käytettiin sovelluskehityksessä hyödynnetyn Flutter-työkalun kanssa yhteensopivaa Rive-animointialustaa. Otuksen pystyi vaihtamaan "easter egg" -tyylisen ominaisuuden takaa, jonka löysi naputtamalla näkymässä olevaa otusta useamman kerran. Easter egg on tyypillisesti sovelluksesta vahingossa löytyvä ominaisuus, josta löytyy vaikka minipeli. Tällainen on esimerkiksi kotiinkuljetuspalvelu Wolt-sovelluksessa. Siinä minipeli löytyy painelemalla tilauksen saapumisaikaelementtiä. Käyttäjiltä saatu palaute otuksista oli positiivisia, mutta ne koettiin useammin hauskaksi elementiksi, kuin kulutuksen vähentämiseen motivoivana ominaisuutena. Testauksen aikana havaittiin, että otuksen ja kulutuksen välinen yhteys ei ollut kaikille heti yksiselitteinen, vaan saattoi avautua vasta sovelluksen oltua kauemman aikaa käytössä. Moni käyttäjä toivoi otukseen myös enemmän interaktiivisuutta.

## Kulutuksen seurantanäkymä asukkaalle

Kuluman kotinäkymä sisältää pilvimuodossa esitetyt mittaristot, jotka viestivät mittarisymbolin pituudella ja lukuina käyttäjän ja talon keskivertokulutuksen välistä suhdetta. Mittarit ovat esitettyinä kuvassa 4. Käyttäjän oman kulutuksen vertaaminen koko talon keskiarvoon oli yksi projektitiimin ideoimista motivointikeinoista, jonka tarkoituksena oli havainnollistaa oman kulutuksen määrää suhteessa muihin sekä vedota käyttäjien väliseen kilpailuviettiin. Saadussa palautteessa useat käyttäjät kokivat vertausominaisuuden motivoivaksi, ja jotkut asukkaista sanoivat suoraan, etteivät haluaisi olla kulutukseltaan muuta taloa huonompia. Osa kaipasi kuitenkin lisäksi vertaustapaa, joka ei rajoittuisi pelkästään talon asukkaisiin, vaan ilmentäisi myös laajemmassa mittakaavassa millä tasolla heidän kulutuksensa on.



**Kuva 4.** Koti-näkymän kulutusmittarit

Talon keskiarvoon vertaamisen avulla haluttiin luoda myös kollektiivisen vaikuttamisen tunnetta talon sisällä. Testatussa sovelluksessa yhteisen vaikuttamisen teema jäi vähäiseksi, mutta kehitystyön aikana suunnittelijat näkivät paljon potentiaalia ideoissa, joilla talon sisäistä joukkovoimaa kulutuksen vähentämiseksi voitaisiin havainnollistaa ja tuoda paremmin näkyväksi käyttöliittymän kautta. Lisäksi asukkaiden kehitysehdotuksissa ja suunnittelijoiden ideoissa toistui tarve ja ratkaisut konkretian lisäämiseksi. Kulutustietoa on usein helpompi sisäistää, kun sitä havainnollistetaan käytännön esimerkkien avulla, jotka ovat tuttuja arkisesta ympäristöstä.

Sovelluksen Kulutus-näkymissä pystyy seuraamaan tarkempia graafeja omasta kulutuksesta pylväsdiagrammien avulla ja suodattamaan tuloksia päivä-, viikko-, kuukausi- ja vuositasolla. Talon keskiarvo näkyy käyttöliittymässä taustalla haaleampana, ja sen saa pois päältä halutessaan. Eri ajanjaksojen ja suodatustapojen välillä navigointi tapahtuu alasvetovalikon ja nuolella merkattujen näppäinten avulla sekä graafin alapuolella olevia aikamääreitä painamalla. Tarkempaa tietoa tietyn ajankohdan kulutuksesta pystyy katsomaan pylväitä painamalla. Pylväiden välillä oli mahdollista navigoida lisäksi sormea liu'uttamalla. Veden- ja sähkönkulutuksen välillä vaihdettiin seuranta toggle-toiminnolla (liukuva valinta kahden vaihtoehdon välillä), ja muutosta osoitettiin myös värein. Kuvassa 5. on esimerkkejä Kulutus-näkymän eri toiminnoista.



**Kuva 5.** Sovelluksen Kulutus-näkymän graafeja ja käyttöliittymäkomponentteja

Kulutus-näkymän ison informaatiomäärän vuoksi osiosta pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman selkeä ja helppokäyttöinen ja sen toiminnallisuutta parannettiin demotyöpajoista saadun palautteen pohjalta esimerkiksi suurentamalla painettavia elementtejä ja lisäten interaktiivisuutta. Kulutusgraafit koettiin pilotointijakson jälkeen kerätyssä palautteessa sovelluksen eniten kulutuksen vähentämiseen motivoineeksi ominaisuudeksi. Asukkaat mainitsivat muun muassa, että graafit olivat selkeä ja konkreettinen tapa seurata kulutusta, ja ne loivat hyvän kokonaiskuvan oman kulutuksen tasosta. Muutama vastaajista mainitsi myös, että graafien

avulla pystyi tekemään johtopäätöksiä oman toiminnan vaikutuksista kulutuksen määrään.

### **Keskustelupalsta talon sisäiseen viestintään**

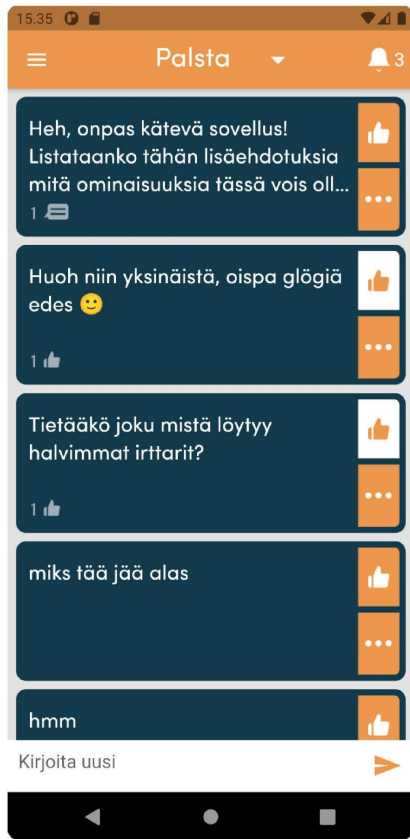
Kuluma Betassa testattiin kulutuksen seurannan lisäksi keskustelupalstaa, jonka avulla haluttiin avata väylä talon sisäiselle viestinnälle ja tiedon vaihtamiselle, sekä edesauttaa yhteisöllisyyden syntymistä. Ajatuksena oli, että ratkaisun avulla asukkailla olisi mahdollisuus myös järjestää keskenään toimintaa, sekä halutessaan jakaa ja kierrättää tavaroita. Palstamaisen ratkaisun nähtiin vastaavan moneen käyttäjäryhmältä nousseeseen tarpeeseen, myös asukastoimikunnan osalta. Se madaltaisi kynnystä esimerkiksi kartoittaa kiinnostusta erilaisille aktiviteeteille, löytää samanhenkisiä ihmisiä naapurustosta sekä osallistua yhteiseen toimintaa.

Keskustelukanavalle luotiin yhteiset pelisäännöt, jotka perustuivat solidaariseen ja vastuulliseen kanssakäymiseen, ja jotka tuli hyväksyä ennen keskustelukanavan käyttöönottoa. Palstan käyttöliittymäsuunnittelua varten suunnittelijat tutustuivat moniin erityisesti nuorten käytössä oleviin viestintäsovelluksiin ja keskustelupalstoihin tavoitteena tehdä talon palstasta käytöltään mahdollisimman intuitiivinen ja yksiselitteinen. Palstan toiminnallisuus kattoi viestien lähettämisen, kommentoinnin, tykkäämisen ja kaksi eri tapaa listata ja tarkastella viestivirtaa. Lisäksi valikon kautta käyttäjille annettiin mahdollisuus sopimattomien kommenttien ilmiantoon ja oman viestin poistamiseen. Ilmianto oli automatisoitu niin, että tietyn ilmiantomäärän ylittyessä viesti poistui automaattisesti palstalta. Kaksi kuukautta kestäneen pilotointijakson aikana keskustelupalstalla ei ilmennyt väärinkäytöksiä tai ilmiäntoja. Kehittäjät ja käyttöliittymäsuunnittelijat moderoivat palstaa päivittäin testauksen aikana.

Palstan keskusteluun osallistuminen oli asukkaille anonyymiä, ja kehittäjien ja DAS-käyttäjien viestejä indikoitiin omalla tunnuksella. Väärinkäytösten ehkäisemiseksi ja selkeyden vuoksi viesteihin ja kommentteihin liitettiin aina viestiketjukohtaisesti generoitu yksilöivä koodi, jonka avulla eri keskustelijat pystyttäisiin tarvittaessa erottaa toisistaan. Samaa toimintoa hyödynnetään samankaltaisissa viestintäsovelluksissa, joissa nimimerkkiä ei ole näkyvillä, esimerkiksi erivärisin ikonein ja numeroin. Talon sovellukselle ideoitii myös vaihtoehtoisia, persoonallisempia ikoneita samaan tarkoitukseen, kuten erivärisiä kahvikuppeja ja pisaroita. Asukkaiden kehitysideoiden pohjalta palstaan kehitettiin tuki hastagien käyttämiselle sekä hakutoiminto, joita ei kuitenkaan keretty pilotoinnin aikana julkaista testattavaksi asti. Palstan toiminnallisuutta parannettiin testauksen aikana asukkaiden antaman

palautteen pohjalta korjaamalla esimerkiksi tekstikenttien katkeamiseen liittyvä ongelma.

Pilotointijakson aikana kehittäjät järjestivät keskustelupalstalla viikkokisoja, joihin osallistumalla asukkaat pystyivät voittamaan arvonnan kautta pienen palkinnon. Viikkokisat liittyivät aiheiltaan yhteisöllisyyteen, kestäväään asumiseen, sekä Kuluman kehitystyöhön. Kisojen tavoitteena oli aktivoida asukkaita palstan käyttöön, houkutella lisää käyttäjiä sovellukseen, sekä kerätä tietoa suoraan asukkailta projektin teemoihin liittyen. Kisoihin osallistuminen oli testauksen aikana aktiivista, ja ne saivat kiitosta asukkailta myös testauksen jälkeen järjestetyssä palautetapahtumassa. Kisat lisäsivät vuoropuhelua asukkaiden ja kehittäjien välillä, ja saatujen vastausten avulla voitiin samalla ymmärtää paremmin sovelluksen käyttäjiä. Keskustelupalstan hyödyntäminen myös palautteenantoon koettiin kehittäjien osalta toimivaksi, koska näin palautteeseen pystyttiin reagoimaan nopeasti ja keskustellen. Lisätarkennuksia oli helppo pyytää osana viestiketjua, ja samalla myös muut asukkaat saivat tiedon ja pystyivät kommentoimaan palautteen aihetta. Kuvassa 6. on Palstan käyttöliittymä esimerkkiviesteillä, sekä kaksi kehittäjien julkaisemaa viikkokisa-aihetta.



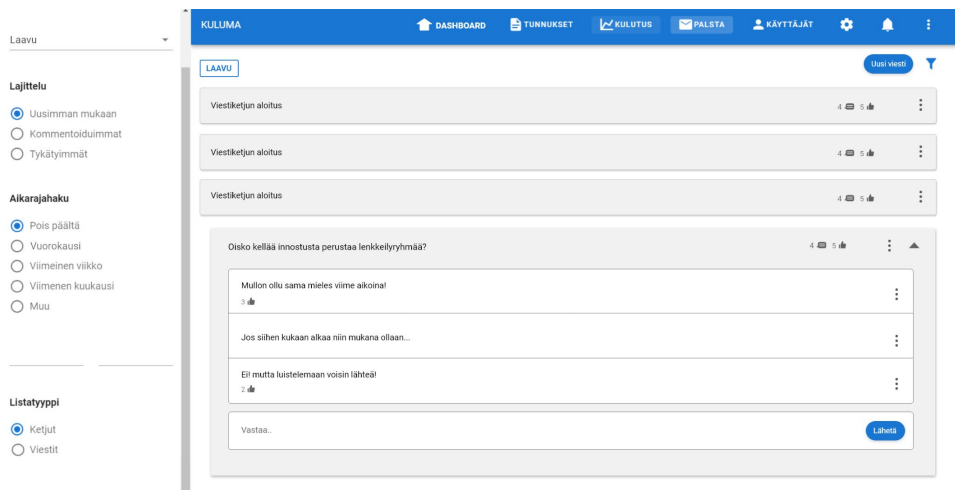
**Kuva 6.** Keskustelupalstan käyttöliittymä ja nostoja viikkokisasta

## Ylläpidon hallintapaneeli

Asukkaille kehitetyn mobiilikäyttöliittymän lisäksi Kuluma Betan sovelluskokonaisuuteen sisältyi vuokranantajalle ja ylläpidolle suunnattu selainkäyttöinen hallintapaneeli, johon kuului keskustelupalstan lisäksi laajempi datan seuranta. Hallintapaneelin avulla ylläpidon oli mahdollista hallinnoida sovellusten tunnuksia, sekä asukkaiden käyttöön vaadittavia aktivointikodeja. Sovellusta rakentaessa kehittäjät huomioivat aktivointikoodien asianmukaisen ja tietoturvallisen hallinnan asukkaan vaihtuessa asunnossa. Koodit ja tunnukset luotiin ja jaettiin niin, että vanha ja uusi asukas eivät voineet tarkastella asunnon tietoja siltä ajalta, kun he eivät olleet itse virallisesti asuneet kohteessa. Projektin aikana myös päivitettiin tietosuojaa muun muassa kulutuksen seurantaan liittyvien ominaisuuksien

osalta. Hallintapaneelissa pystyi lisäksi tarkastelemaan erilaisia häiriötiedotteita liittyen esimerkiksi katkoksiin kulutusdatan vastaanotossa.

Jotta Kuluma Beta-sovelluskokonaisuus olisi mahdollista ottaa laajemmin käyttöön, hallintapaneelin tulisi olla selkeä, ja sen pitäisi tarjota hyvät mahdollisuudet ylläpidolle moderoida myös useamman talon keskustelupalstaa. Projektin aikana hallintapaneelin yleistä käytettävyyttä parannettiin ulkoasun ja navigoinnin osalta ja palstan moderointia varten konseptoituihin ja kehitettiin erilaisia toimintoja, joilla sitä voitaisiin helpottaa ja tehostaa. Palstan selausta varten luotiin suodatusvalikko, joilla viestejä pystyi tarkastelemaan eri ajanjaksojen, kohteiden ja kriteerien mukaan. Kuvassa 7. on visualisointi siitä, miltä talokohtainen keskustelupalsta voisi näyttää moderioijalle.



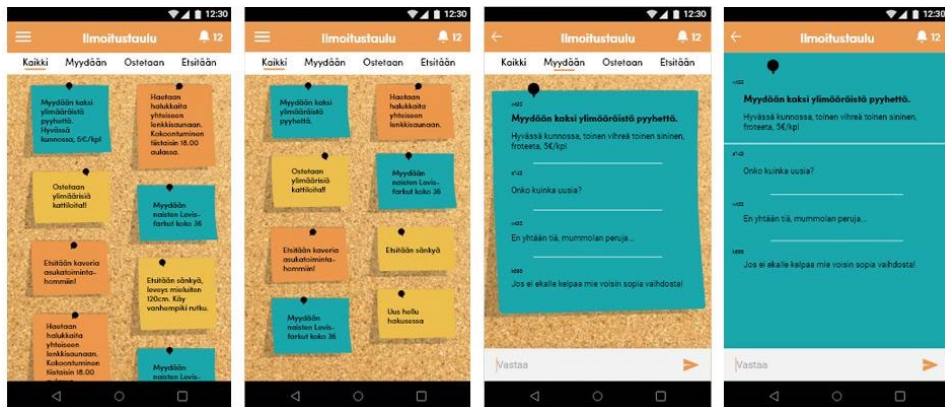
**Kuva 7.** Konseptikuva hallintapaneelin keskustelupalstasta

Täysin automaattista, tekoälyä vaativaa tapaa tunnistaa asiatonta käytöstä viestien tekstistä ei ollut mahdollista toteuttaa projektin puitteissa. Moderoinnin helpottamiseksi kuitenkin ideoitiin vaihtoehtoisia tapoja, joilla ylläpidon olisi helpompi tunnistaa asiattomuuksia. Tarpeeseen konseptoitu "dashboard"-näkymä sisälsi kootusti ylläpidolle olennaisia asioita, kuten häiriötiedotteet ja ilmiantoja saaneet viestit. Lisäksi siihen ideoitiin hashtagien määrää kuvaava diagrammi, jonka avulla voisi seurata Palstalla toistuvia aiheita. Pylväsdiagrammin avulla taas oli mahdollista seurata eri

talojen viestimääriä ja tunnistaa poikkeamia aktiivisuudessa. Lisäksi "dashboard"-näkymä sisälsi kootusti tykättyimmät, kommentoiduimmat ja uusimmat viestit kaikkien tai tietyn talon osalta, hallinnoitavalla aikavälillä.

## Muita potentiaalisia ominaisuuksia talosovellukselle

Kuluma Betan käyttäilymääkehityksen aikana suunnittelutiimi ideoi testaukseen päätyneiden toimintojen lisäksi lukuisia muita vaihtoehtoisia konsepteja ja ominaisuuksia talon sovellukselle. Yksi pidemmälle viedyistä ideoista oli konsepti digitaalisesta ilmoitustaulusta. Ilmoitustaulu oli tarve, joka toistui käyttäjätutkimuksen aikana ja asukkailta saaduissa kehitysideoissa. Inspiraationa suunnittelulle toimi Demo Day-työpajassa asukkaiden luonnostellen esittämät ideat siitä, miltä käyttäliittymä ilmoitustaululle voisi näyttää. Konseptin ideana oli tuoda käyttäliittymään perinteisen ilmoitustaulun ulkonäköä, samalla huomioiden ilmoitusten helppo selaus ja suodatus kategorioiden avulla. Kuvassa 8 on visualisointeja ideasta. Ilmoitustaulun tarpeellisuuden puolesta puhui myös testauksen aikana noussut tarve käyttäliittymäratkaisuille, jotka tukisivat paremmin eri käyttötilanteita. Keskustelupalstalla ei esimerkiksi pilotointijakson aikana harjoitettu lainkaan tavaroiden vaihtoa. Ilmoitustaulu voisi kannustaa asukkaita paremmin vaihdantatalouteen. Lisäksi äänestämiseen kaivattiin pelkän keskustelupalstan peukutuksen sijaan varsinaista, siihen soveltuvaa käyttäliittymäelementtiä, joka edesauttaisi mielipidekyselyiden luomista ja kiinnostuksen kartoittamista.



Kuva 8. Konseptikuva ilmoitustauluideasta



Alustava suunnitelma sovelluskokonaisuudesta sisälsi kulutuksen seurannan ja keskustelupalstan lisäksi myös vuokranantajan virallisen viestintäkanavan, jota ei otettu mukaan osaksi pilottia. Ominaisuuden potentiaalia kartoitettiin kuitenkin hankkeen aikana sekä ylläpidon, että käyttäjien kanssa keskustellen, ja molemmat tahot korostivat, että virallinen viestintäkanava olisi hyvä pitää selkeästi erillään asukkaiden omasta, epävirallisesta keskustelusta. Lukuisat erilliset sovellukset ja viestintäkanavat kuormittavat henkilökuntaa, jonka vuoksi Kuluma Betankin nähtiin toimivan paremmin osana jo olemassa olevia järjestelmiä ja viestintäkanavia. Myös suunnittelutiimi koki Kuluma Betan yhteisöllisten ja kestävän asumisen ominaisuuksien toimivan parhaiten osana isompaa talon sovellusta, joka voisi kattaa testikohteessa tällä hetkellä nettisivujen kautta tehtävät toiminnot, kuten pyykki- ja saunavuorojen varauksen.

# Kuluma-sovelluksen kokonaisarkkitehtuuri

## Johdanto

Dwell - Älykäs taloyhteisö tutkimushanke oli EAKR-rahoitteinen tutkimushanke, joka toteutettiin ajanjaksolla 1.1.2019-31.12.2021. Tutkimushankkeen päätoteuttajana toimi Lapin ammattikorkeakoulu ja osatoteuttajana Lapin yliopisto. Hankkeen päätarkoituksena oli luoda avoin kiinteistön käyttäjäpalvelualusta hankkeen toimintaympäristön käyttäjille. Käyttäjäpalvelualustaan oli tarkoituksena luoda kiinteistön ylläpitoa helpottavien yhteisöllisyyttä edistäviä sekä resurssitehokkuuteen tähtääviä sovelluksia. Tarkoituksena oli luoda käyttäjäpalvelualusta, joka toimii hankkeen aikana ja sen jälkeenkin ”hiekkalaatikkona”, johon on mahdollista kolmansien osapuolien luoda omia innovatiivisia palveluita tarjolle ja testattavaksi todelliseen kohteeseen (Eura 2014).

Käytännössä Dwell-hankkeen lopputuloksena syntyi Kuluma-mobiilisovellus, joka toimii yhteisöllisen asumisen alustana pilotoidun DAS Kelo -taloyhtiön asukkaille sekä myös ylläpidolle. Sovellusten kautta käyttäjät voivat seurata mm. omaa veden- ja sähkönkulutustaan sekä hyödyntää niitä yhteisöllisiä palveluita, joita asukkaan taloyhtiö voi tarjota. Kaiken tämän takana toimii taustajärjestelmä, joka huolehtii kaikesta näytettävästä datasta sekä muista mobiilisovelluksen tarvitsemista palveluista. Dwell-hankkeen tekninen toteutus kulminoitui Kuluma-mobiilisovelluksen ympärillä toimivaan Kuluma-sovelluskokonaisuuteen sekä sen sovellusarkkitehtuuriin. Kuluma-sovelluskokonaisuus pitää sisällään Kuluma-mobiilisovelluksen, web-hallintapaneelin, taustajärjestelmän, NodeRED-mittausdatanvälityspalvelun sekä kolmansien osapuolten palveluiden integraation.

Tässä artikkelissa kuvataan pääpiirteittäin eri osa-alueet ja komponentit, jotka mahdollistavat Kuluma-mobiilisovelluksen yhtenäisen toimivuuden datan alkulähteiltä aina loppukäyttäjille asti. Tämän artikkelin pääpaino tulee olemaan Kuluma-taustajärjestelmän arkkitehtuurin kuvaamisessa; Kuluma-mobiilisovellusta kuvataan tarkemmin erillisessä artikkelissa.

## **Teknisen toteutuksen lähtökohdat ja vaatimukset**

Kun Kuluma-sovelluskokonaisuuden teknisen toteutuksen suunnittelu käynnistyi keväällä 2019, kävi nopeasti ilmi, että käsiteltävää dataa tulee olemaan todella paljon ja monessa eri muodossa. Yhdistettäviä tietokokonaisuuksia oli useita, mm. DAS Kelo -taloyhtiön automaatiojärjestelmän sekä asuntojen anturien tuottama data sekä kolmansien osapuolten tuottamien järjestelmien tiedot ja ominaisuudet. Suurin osa Kuluma-sovelluskokonaisuuden dataan liittyvistä haasteista pystyttiin ennakoimaan jo suunnitteluvaiheessa. Toisaalta osa haasteista oli sellaisia teknisiä yksityiskohtia, jotka tulivat vastaan vasta käytännön testien ohella, kun datamäärät sekä sen muoto alkoivat lähestyä lopullista muotoaan hankkeen loppua kohden.

Ensisijainen haaste oli yksinkertaisesti kaiken käsiteltävän datan suuri määrä. Antureita oli lukumäärällisesti paljon, ja niiden tuottaman datan lähetyssykävyli saattoi olla anturikohtaisesti erittäinkin lyhyt. Hankkeen pilottikohteessa (DAS Kelo) asuntoja on yhteensä 103 kpl, joista jokaisessa on lukuisia (yhteensä 10 eri kpl) antureita. Myös yleisissä tiloissa on erillisiä antureita. Näitä antureita ovat mm. asuntokohtainen suhteellinen kosteus, lämpötila, tuloilman lämpötila, jäteilman lämpötila, sähköteho, energiankulutus, kuumen ja kylmän veden kulutus sekä virtaus.

Datan suuren määrän lisäksi teknisen toteutuksen lisähaasteena oli hankkeen alkuvaiheessa epätietoisuus siitä, millainen Kuluma-sovelluskokonaisuuden datamalli tulee lopulta olemaan. Toisin sanoen, millaisista osista kaikki eri data tulee hankkeen aikana koostumaan, ja millaisia hierarkioita ja riippuvuussuhteita eri datakäsitteiden välillä tulee olemaan. Tyypillisesti ohjelmistoteknisestä näkökulmasta mitä suuremmasta ja monimutkaisemmasta datarakenteesta on kyse, sitä tärkeämmäksi taustajärjestelmän tekniset valinnat muotoutuvat teknisessä toteutuksessa. Väärä tekniikka väärässä paikassa voi pahimmillaan hidastaa toimintaa huomattavasti, samalla kun ohjelmistotekniset kustannukset voivat kasvaa oleellisesti (Silnitsky 2021; The SK Engineering Team 2022; Oviya 2022).

Datapohjaisen web-sovelluksen ytimessä on sovellukseen valittu tietokantatekniikka. Tietokannat jakautuvat web-sovellusten osalta karkeasti kahteen tyyppiin, eli relaatiotietokantoihin sekä dokumenttipohjaisiin tietovarastoihin, tosin muitakin tyyppejä on olemassa. Relaatiotietokannoille on tyypillistä niiden käyttäminen SQL-komentokielen avulla, kun taas dokumenttipohjaisia tietovarastoja käytetään tapauskohtaisella menetelmällä, kuten esimerkiksi HTTP-protokollan tai erillisen

ohjelmistokirjaston välityksellä (Yildirim 2021; Peterson 2022). Tämän vuoksi dokumenttipohjaisia tietovarastoja kutsutaan usein NoSQL-tietokannoiksi.

Ei ole mahdollista yksiselitteisesti päättää, kumpi tietokantatyyppi on soveltuvin mihin tahansa web-sovellukseen, sillä tietokantatyyppien vahvuudet ja heikkoudet ovat niiden eri ominaisuuksissa. Tyypillisesti relaatiotietokantojen vahvuuksina pidetään niiden nopeaa kykyä päivittää olemassa olevaa tietoa sekä sen suosimaa yksinkertaista datarakennetta, mikä soveltuu usein hyvin tavanomaisiin web-sovelluksiin. Relaatiotietokannan nopeus tyypillisesti riippuu datan määrästä, minkä vuoksi nopea suorituskyky vaatii joko optimointia, datakokojen rajoittamista tai tehon kasvattamista. Relaatiotietokannan tehotarpeen kasvattamista pidetään usein haastavana, sillä se käytännössä vaatii palvelinlaitteiston fyysistä päivittämistä (eng. vertical scaling). Relaatiotietokannat eivät myöskään tue joustavaa objektityypistä dataa itsessään, vaan datan tarkka rakenne määritetään etukäteen. (Brosh 2019; GitHub 2022; GeeksforGeeks 2020; Silnitsky 2021; talend 2022; Smallcombe 2021).

Dokumentti-pohjaisten eli NoSQL-tietokantojen vahvuutena pidetään niiden joustavaa kykyä tukea monimuotoista dataa helposti hyödyntäen sovelluskehityksessä erittäin suosittua JSON-dataformaattia. NoSQL-tietokannat tukevat tarpeen vaatiessa tarkempaa datarakennetta ns. skeemavalidointia käyttämällä. NoSQL-tietokannan nopeus ei ole suoraan riippuvainen datan määrästä, ja tehoa voidaankin lisätä lisäämällä uusia palvelinkoneita saman tietokannan taustalle (eng. horizontal scaling). Toisaalta NoSQL-tietokannoissa olemassa olevan datan päivittäminen voi olla hidas prosessi, koska data voi olla jakautunut usealle palvelimelle. NoSQL-tietokannat eivät myöskään tue relaatiotietokantojen tukemia monivaiheisia kyselyitä, eli transaktioita. Lopulta on kuitenkin hyvä muistaa, että käytännössä suurin osa tunnetuista tietokantateknologioista on jonkinlainen sekoitus relaatiotietokantojen ja dokumenttipohjaisten tietokantojen ominaisuuksia, mikä tekee soveltuvan tietokantatekniikan valitsemisesta hieman monimutkaisempaa. (Brosh 2019; GitHub 2022; GeeksforGeeks 2020; Silnitsky 2021; talend 2022; Smallcombe 2021.)

Tietokannan tyypillinen tehtävä sovellusarkkitehtuurissa on huolehtia tiedon käsittelystä, varastoinnista sekä tarjoamisesta muiden sovellusten tarpeisiin. Tietokantatekniikasta riippumatta tietokantaa hyödyntävä sovellus lähettää tarpeesta riippuen tietokannalle kyselyitä, jotka voivat joko hakea tai muuttaa tietokannassa olevaa tietoa. Erilaisten kyselyiden vuoksi tietokannat jakaantuvat relaatiotietokantojen ja dokumenttipohjaisten tietokantojen lisäksi myös toisessa ulottuvuudessa kahteen eri käsitteeseen. Näitä

käsitteitä ovat OLTP- (Online Transactional Processing) sekä OLAP-tietoprosessointi (Online Analytical Processing).

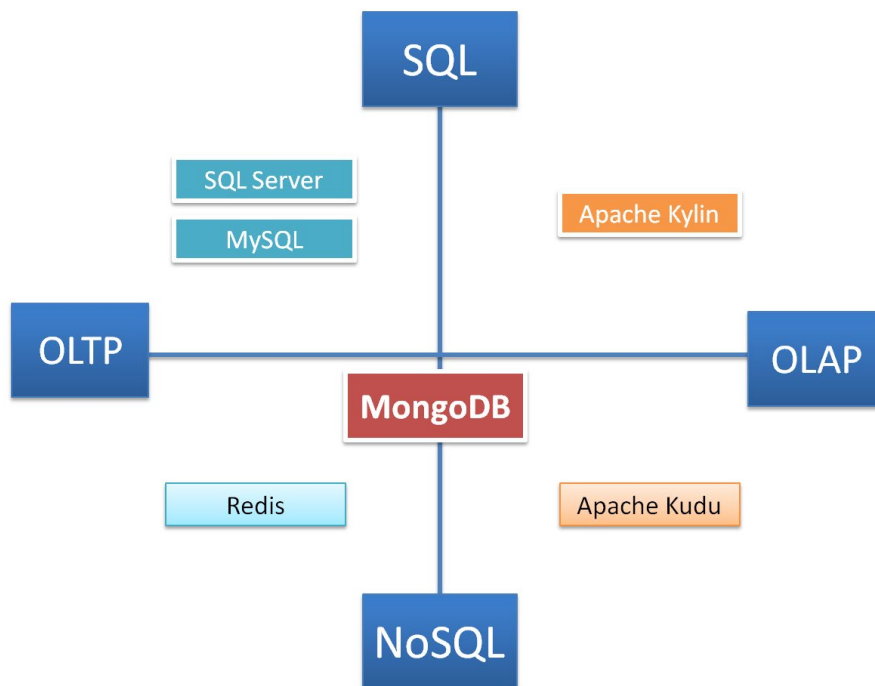
OLTP-tietoprosessoinnille tyypillistä on se, että tietokantaa hyödyntävät sovellukset tuottavat useita pienikokoisia kyselyitä, oli sitten kyse tiedon hakemisesta tai muuttamisesta. OLAP-tietokantaprosessoinnille sen sijaan on taas tyypillistä se, että suurikokoinen data usein tallennetaan kerralla tietokantaan, josta dataa luetaan useita kertoja tarpeen mukaan. (IBM Cloud Learn Hub 2021a; IBM Cloud Learn Hub 2021b; Stitch 2022.) Kaikki nämä kokonaisuudet tuli ottaa huomioon Kuluma-sovelluskokonaisuuden teknisessä suunnittelussa.

### **Kehitystyön vaiheet sekä tekniset ratkaisut**

Kun datan määrää ja luonnetta sekä eri teknologiavaihtoehtoja kartoitettiin Dwell-hankkeen alkupuolella, huomattiin nopeasti, että Kuluma-sovelluskokonaisuus tulee tarvitsemaan hyvin erilaisia tietokantatarpeita sujuvan toimivuuden varmistamiseksi, mikä teki teknologisista valinnoista haastavaa. Teknisen toteutuksen aikana huomattiin, että Kuluma-sovelluskokonaisuuden käsittelemän datan määrälliset ja laadulliset tarpeet olivat sekoitus sekä relaatiotietokantojen että dokumenttipohjaisten tietokantojen vahvuuksia. Dataa on paljon, sitä on monessa muodossa ja sitä piti pystyä lisäämään ja käsittelemään nopeasti. Lisäksi datassa tulisi olemaan piirteitä sekä OLTP- että OLAP -tietoprosessointimalleista, sillä myös kyselyiden määrä ja muoto vaihteli runsaasti.

Näistä näkökulmista ja vaatimuksista sopivin vaihtoehto Dwell-hankkeen resurssien puitteissa oli NoSQL-tyyppinen MongoDB-tietokanta, jota Kuluma-sovelluskokonaisuuden tietovarastona päädyttiin käyttämään. MongoDB-tietokantaa voidaan pitää ns. kultaisena keskيتينä relaatiotietokantojen ja NoSQL-tietokantojen välimaastossa, joka sijoittuu myös OLTP/OLAP -jaottelussa niiden väliin (ks. Guo 2021). MongoDB on myös tuettu kattavasti eri ohjelmointiympäristöissä (MongoDB 2022).

Seuraavassa kuviossa esitetään MongoDB:n sijoittuminen eri tietokantatyypien keskuudessa:



**Kuva 1.** Karkean tason vertailu siitä, miten muutama eri tietokantateknologia asettuvat tasoilla SQL/NoSQL ja OLTP/OLAP. Käytännössä tietokantateknologioita on lukuisia muitakin olemassa (kuva mukailtu, ks. Guo 2021: "All databases at iQIYI")

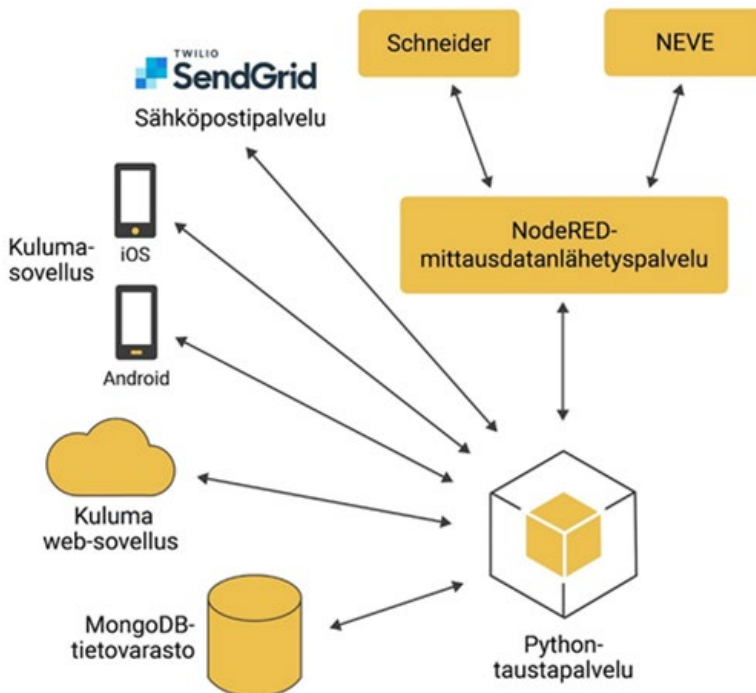
MongoDB sisältää kattavasti eri ominaisuuksia johtuen sen hybridimäisestä luonteesta tietokantateknologioissa. MongoDB tukee suuria datamääriä, sekä soveltuu hyvin erimuotoisten datarakenteiden käsittelyyn, sillä se tukee strukturoimatonta, semistrukturoitua sekä strukturoitua dataa yhtä aikaa. Lisäksi MongoDB:ssä on monipuoliset datan aggregointityökalut, eli tekniikkaa, jolla voidaan tehokkaasti koostaa dataa mm. analytiikkaa ja visualisointia varten. Myös Kuluma-sovelluskokonaisuuden tarpeet kyselyiden määrän ja laadun suhteen toteutuvat hyvin MongoDB:ssä, sekä myös skaalautumismahdollisuudet sopivat hyvin Kuluma-sovelluskokonaisuuden tarpeisiin. MongoDB:n suorituskyky on myös erinomainen, kunhan datan indeksoinnista, eli datan järjestelemisestä asiakokonaisuuksiin, huolehditaan oikeaoppisesti (ks. Bruce 2022; da Silva 2021; XTIVIA 2021; Wang 2021)

Valitun tietokantaratkaisun lisäksi Kuluma-sovelluskokonaisuus tarvitsi myös keskitetyn taustajärjestelmäsovelluksen, jonka kautta Kuluma-

sovelluskokonaisuuden dataa voidaan käsitellä ja hyödyntää muissa osasovelluksissa. Koska Dwell-hankkeen aikana haasteiden todettiin koskevan lähinnä tiedon varastointia ja käsittelyä, varsinaisen Kuluma-sovelluskokonaisuuden taustajärjestelmän ohjelmointiteknologian osalta ei ollut suuria vaatimuksia. Tärkeimpiä ominaisuuksia olivat tehokas työskentelytapa erilaisten datalähteiden sekä web-rajapintojen kanssa, joten Kuluma-sovelluskokonaisuuteen valittu Python sekä Flask-sovelluskehys olivat käytännöllinen valinta taustajärjestelmän tekniikaksi (ks. Coursera 2022; Stempniak & Semik 2022). Muut osasovellukset (NodeRED-mittausjärjestelmä, Kuluma-websovellus, Kuluma-mobiilisovellus, kolmannen osapuolen järjestelmät) keskustelevat Kuluma-sovelluskokonaisuudessa keskitetysti Python-taustajärjestelmän kautta.

### Kuluma-sovelluskokonaisuuden kokonaisarkkitehtuuri

Dwell-hankkeen tavoitteiden, sidosryhmien tarpeiden sekä teknisten vaatimusten mukaisesti hankkeessa päädyttiin lopulta seuraavanlaiseen kokonaisarkkitehtuuriin:



**Kuva 2.** Kuluma-sovelluskokonaisuuden kokonaisarkkitehtuuri Dwell-hankkeen lopussa

Koko Kuluma-sovelluskokonaisuuden sydän on Python-pohjainen taustapalvelu, joka toimii tiiviissä yhteydessä MongoDB-tietovaraston kanssa. Taustapalvelun tarkoitus on tarjota kaikille osasovelluksille yhteinen datarajapinta, joka kommunikoi Kuluma-mobiilisovellusten (Android ja iOS), Kuluma-websovelluksen, SendGrid-pohjaisen sähköpostipalvelun sekä NodeRED-pohjaisen mittausdatan lähetysohjelman kanssa. NodeRED-palvelu on omalta osaltaan suorassa yhteydessä tarvittaviin taloautomaatiojärjestelmiin (esim. Schneider) ja kolmansien osapuolten datarajapintoihin (esim. NEVE).

Toisin sanoen, NodeRED-palvelun tarkoituksena on vastaanottaa dataa kaikista kolmansien osapuolten mittausjärjestelmistä, ja välittää se Python-taustapalveluun talteen muiden sovellusten tarpeita varten. Välitysprosessin aikana oleellista on myös se, että kaikki vastaanotettu data muutetaan ja prosessoidaan sellaiseen muotoon, että sitä voidaan helposti säilyttää, hyödyntää sekä jatkojalostaa muiden osasovellusten tarpeisiin. Kaikki sovellusarkkitehtuurissa esiintyvät tietoliikenneyhteydet ovat salattuja ja suojattuja yhteyksiä.

Kuluma web-sovellus (hallintapaneeli) on tarkoitettu ensisijaisesti hankekumppaneiden käytettäväksi käyttäjien sekä niiden pääsyoikeuksien hallintaa varten, vaikka DAS Kelon asukkaat pystyvätkin kirjautumaan sisään hallintapaneeliin omilla tunnuksillaan rekisteröitymisen jälkeen. Mitatusta anturidatasta ainoastaan veden- ja energiankulutustiedot visualisoidaan Kuluma-mobiilisovelluksessa ja web-hallintapaneelissa kirjoitushetkellä. DAS Kelon asukkaat käyttävät pääsääntöisesti Kuluma-mobiilisovellusta, jonka kautta he voivat mm. tutkia omaa kulutustaan sekä käyttää Kuluma-sovelluskokonaisuuden sisältämiä yhteisöllisiä palveluita, kuten keskustelupalstaa.

## **Kehitysideoita tulevaisuuteen sekä pohdintaa**

Kuluma-sovelluskokonaisuutta on onnistuneesti pilotoitu DAS Kelo-taloyhtiön yhteisöllisessä toiminnassa Rovaniemellä. Pilottikokeilu rajoittuu kuitenkin vain yhteen taloyhtiöön, minkä vuoksi tietyt tekniset ratkaisut on tehty suurelta osin pilottikohteen tarpeiden sekä käytössä olevien järjestelmien näkökulmasta. Tämän vuoksi ilmeinen kehityskohde Kuluma-sovelluskokonaisuudessa on tuottaa vaivattomampi kyky pystyä monistamaan Kuluma-sovelluskokonaisuus myös uusiin taloyhtiöihin, ilman että räätälöintiä sovellusten osalta tarvitsee tehdä liian paljon. Tällä hetkellä suurin osa räätälöitävästä integraatiosta koskee taloyhtiöön valittua



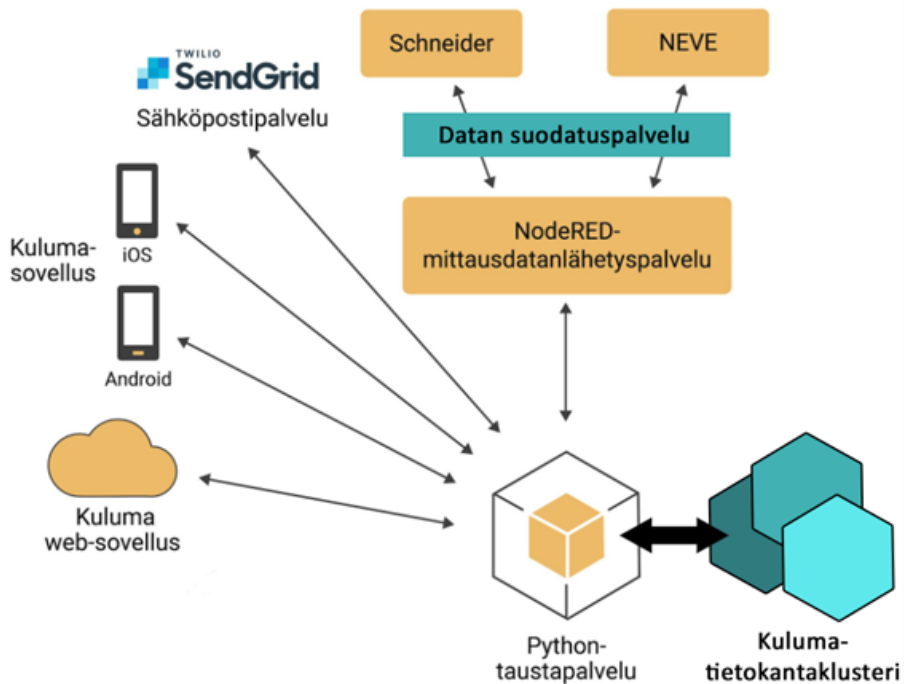
automaatiojärjestelmää, anturointikokoonpanoa sekä integroitavia kolmansien osapuolten järjestelmiä.

Siirto on tälläkin hetkellä jo taustasovelluksen osalta teoriassa mahdollista, mutta suuren datamäärän ja monimutkaisten dataformaattien vuoksi, siirtäminen on käytännössä haastavaa ilman uusien rinnakkaisjärjestelmien käyttöönottoa. Toisin sanoen, tällä hetkellä Kuluma-sovelluskokonaisuuden käyttöönotto uudessa taloyhtiössä vaatisi oman kopionsa taustajärjestelmästä, jotta laajentaminen olisi mahdollista. Tämä taas toisi sovellustekniseen ylläpitoon todella paljon ylimääräistä työtä ylläpidon ja jatkokehittämisen näkökulmasta. Oleellinen perusmuutos rakenteeseen olisi käyttää yksittäisten tietokantapalveluiden sijasta erillistä keskitettyä tietokantaklusteria, millä voitaisiin välttää rinnakkaisjärjestelmien käyttöönotto.

Kuluma-sovelluskokonaisuuden teknisessä toteutuksessa käytettiin myös resurssien ja teknisen soveltuvuuden puitteissa ainoastaan MongoDB:tä tietokantaratkaisujen toteuttamisessa. Pitkällä aikavälillä olisi kuitenkin tehokkaampaa ottaa MongoDB:n rinnalle myös muita tietokantateknologioita käyttöön. Yksi tapa olisi varastoida MongoDB-kokonaisuuteen ainoastaan järjestelmän tuottamat lokitiedot sekä mittausdatojen historiatiedot, ja pitää erikseen yllä TimeSeries-tyyppistä tietokantaa (esim. Influx), joka on erikoistunut suurten anturidatamäärien visuaaliseen esittämiseen aikaväleittäin (esim. anturimittausdatan lähihistoria).

Koska taloautomaatiojärjestelmien valmistajia ja niiden versioita on olemassa lukuisia erilaisia, tulevaisuuden kannalta voisi olla oleellista tuottaa erillinen osasovellus, jonka tehtävänä on vastaanottaa ja lähettää eri järjestelmien tuottamaa dataa. Tämä on välttämätöntä siksi, että kaikki data saadaan Kuluma-sovelluskokonaisuudessa standardisoitua siten, että jokainen taloyhtiö voi käyttää samaa Kuluma-sovelluskokonaisuuspohjaa riippumatta käyttökohteena olevan taloyhtiön sisäisistä järjestelmistä.

Seuraavassa kuviossa esitetään yleispätevämpi ehdotus Kuluma-sovelluskokonaisuuden sovellusarkkitehtuurista, joka soveltuisi laajempaan käyttöön:



**Kuva 3.** Uusi paremmin skaalautuva ehdotus Kuluma-sovelluskokonaisuuden kokonaisarkkitehtuurista

Uudessa ehdotetussa ja laajemmassa sovellusarkkitehtuurissa yksittäinen MongoDB-tietokanta on korvattu tietokantaklusterilla, joka koostuu sekä MongoDB että TimeSeries-tyyppisistä tietokannoista. Lisäksi NodeRED-mittausdatan lähetysoalvelua laajennetaan vastaanotettavan datan suodatuspalvelulla, joka huolehtii siitä, että Kuluma-sovelluskokonaisuuteen siirretään kaikki data standardoidussa muodossa riippumatta taloyhtiön käytössä olevista automaatiojärjestelmistä. On kuitenkin hyvä muistaa, että jokainen tuettu automaatiojärjestelmä pitää toteuttaa suodatuspalveluun erikseen. Tällaisella kokonaisarkkitehtuurilla Kuluma-sovelluskokonaisuus olisi helposti skaalattavissa useisiin käyttökohteisiin ilman, että sovellusten räätälöintiä tarvitsisi tehdä kohtuuttomasti.

## Lähteet

- Brosh, T. A. 2019. How to Choose the Right Database. Viitattu 30.3.2022. <https://towardsdatascience.com/how-to-choose-the-right-database-afcf95541741>
- Bruce, D. 2022. Understanding the Pros and Cons of MongoDB. Viitattu 30.3.2022. <https://www.knowledgenile.com/blogs/pros-and-cons-of-mongodb/>
- Coursera 2022. What Is Python Used For? A Beginner's Guide. Viitattu 1.4.2022. <https://www.coursera.org/articles/what-is-python-used-for-a-beginners-guide-to-using-python>
- da Silva, J. 2021. Pros and Cons: When You Should and Should Not Use MongoDB. Viitattu 30.3.2022. <https://www.percona.com/blog/pros-and-cons-when-you-should-and-should-not-use-mongodb/>
- Eura 2014. Dwell - älykäs taloyhteisö hankesuunnitelma. Viitattu 29.3.2022 <https://www.eura2014.fi/rrtiepa/projekti.php?projekтикoodi=A74588>
- GeeksforGeeks 2020. How to Choose The Right Database for Your Application. Viitattu 30.3.2022. <https://www.geeksforgeeks.org/how-to-choose-the-right-database-for-your-application/>
- GitHub 2022. How to choose the right database. GitHub repository project documentation by dwyl. Viitattu 30.3.2022. <https://github.com/dwyl/how-to-choose-a-database>
- Guo, L. 2021. How to Efficiently Choose the Right Database for Your Applications. Viitattu 30.3.2022. <https://en.pingcap.com/blog/how-to-efficiently-choose-the-right-database-for-your-applications/>
- IBM Cloud Learn Hub 2021a. OLTP. Viitattu 30.3.2022. <https://www.ibm.com/cloud/learn/oltp>
- IBM Cloud Learn Hub 2021b. OLAP. Viitattu 30.3.2022. <https://www.ibm.com/cloud/learn/olap>

- MongoDB 2022. MongoDB Supported Languages. Viitattu 1.4.2022.  
Osoitteessa <https://www.mongodb.com/languages>
- Oviya, V. 2022. Fundamentals of Software Architecture: How to Save Time and Money? Viitattu 1.4.2022.  
<https://squashapps.com/blog/fundamentals-of-software-architecture/>
- Peterson, R. 2022. SQL vs NoSQL: What's the Difference Between SQL and NoSQL. Viitattu 1.4.2022. <https://www.guru99.com/sql-vs-nosql.html>
- Silnitsky, N. 2021. How to choose the right database for your service. Viitattu 30.3.2022. <https://medium.com/wix-engineering/how-to-choose-the-right-database-for-your-service-97b1670c5632>
- Smallcombe, M. 2021. SQL vs NoSQL: 5 Critical Differences. Viitattu 30.3.2022. <https://www.integrate.io/blog/the-sql-vs-nosql-difference/>
- Stempniak, A. & Semik, W. 2022. Flask vs. Django: Which Python Framework Is Better for Your Web Development? Viitattu 1.4.2022.  
<https://www.stxnext.com/blog/flask-vs-django-comparison/>
- Stitch 2022. OLTP and OLAP: a practical comparison. Viitattu 30.3.2022.  
<https://www.stitchdata.com/resources/oltp-vs-olap/>
- Talend 2022. SQL vs NoSQL: Differences, Databases, and Decisions. Viitattu 30.3.2022. <https://www.talend.com/resources/sql-vs-nosql/>
- The SK Engineering Team 2022. The Business Case for Good Software Architecture. Viitattu 1.4.2022.  
<https://stablekernel.com/article/business-case-good-software-architecture/>
- Wang, C. 2021. When to Use NoSQL and MongoDB. Viitattu 1.4.2022.  
<https://www.fivetran.com/blog/when-to-use-nosql-mongodb> XTIVIA  
2019. The Pros and Cons of MongoDB. Viitattu 30.3.2022.  
<https://www.virtual-dba.com/blog/pros-and-cons-of-mongodb/>
- Yildirim, S. 2021. 8 Examples to Query a NoSQL Database. Viitattu 1.4.2022. <https://towardsdatascience.com/8-examples-to-query-a-nosql-database-fc3dd1c9a8c>

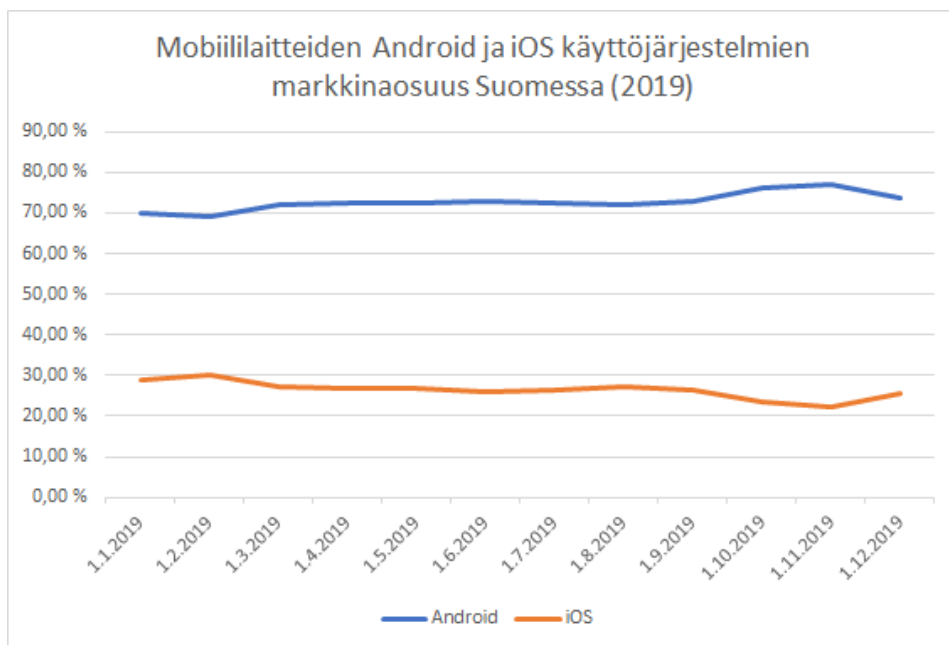
# Flutter -ohjelmistokehys DAS Kuluma-mobiilisovelluksessa

## Johdanto

Dwell - Älykäs taloyhteisö tutkimushanke oli EAKR-rahoitteinen tutkimushanke, joka toteutettiin ajanjaksolla 1.1.2019-31.12.2021. Tutkimushankkeen päätoteuttajana toimi Lapin ammattikorkeakoulu ja osatoteuttajana Lapin yliopisto. Hankkeen päätarkoituksena oli luoda avoin kiinteistön käyttäjäpalvelualusta hankkeen toimintaympäristön käyttäjille. Käyttäjäpalvelualustaan oli tarkoituksena luoda kiinteistön ylläpitoa helpottavien yhteisöllisyyttä edistäviä sekä resurssitehokkuuteen tähtääviä sovelluksia. Yksi näistä sovelluksista oli DAS Kuluma -mobiilisovellus kiinteistön käyttäjäpalvelualustan toimintojen käyttöliittymänä asukkaille (Eura 2014).

Varsinaisen mobiilisovelluksen kehitystyötä sekä sen käyttöliittymäsuunnittelua tehtiin projektin aikana rinnakkain, joten käytettävän sovelluskehityksen työkalun tuli soveltua nopeisiin muutoksiin käyttöliittymän ulkoasun osalta. Työkalun valinnassa huomioitiin erityisesti palvelualustan keräämän datan visualisoinnin ja räätälöityjen käyttöliittymäkomponenttien rakentamisen asettamat vaatimukset.

Mobiilisovelluksen käyttäjäkohderyhmänä toimii DAS Kelo -taloyhtiön asukkaat, josta voitiin päätellä, että asukkailla olisi eri käyttöjärjestelmillä toimivia mobiililaitteita sen hetkisen laitevalmistajien markkinaosuuden mukaisesti. Tämä tuli ottaa huomioon käytettävän sovelluskehityksen tekniikan valinnassa, jotta sovelluksen käyttöön oli mahdollista tarjota pääsy tasapuolisesti mahdollisimman monelle asukkaalle.



Kuvio 1. Mobiililaitteiden käyttöjärjestelmien jakauma Suomessa vuonna 2019, josta hieman yli 70% koostuu Android-laitteista, ja loput iOS-laitteista (statcounter 2022)

Koska sekä Android- että iOS-käyttäjiä on Suomessa huomattava määrä, haluttiin molemmat mobiilialustat ottaa huomioon mobiilisovelluksen toteuttamisessa. Kiinteistön käyttäjäpalvelualustan suunnittelussa sekä aiempien teknisten kokemusten perusteella mobiilisovelluksen sovelluskehityksen työkaluksi valikoitui Flutter, joka on Googlen kehittämä avoimen lähdekoodin työkalupakki alustariippumattomien sovellusten kehittämiseen (Flutter 2022a).

### Alustariippumaton mobiilisovelluskehitys

Perinteisesti sovelluskehitys mobiililaitteille tapahtuu laitteen tai käyttöjärjestelmän valmistajan kehittämällä ja ylläpitämällä sovelluskehityksen työkaluilla, esimerkiksi Googlen Android Studiolla tai Applen XCodella, jotka ovat pääsääntöisesti tarkoitettu ko. valmistajan käyttöjärjestelmää ja/tai laitealustaa tukevien sovellusten kehittämiseen. Käyttöjärjestelmän omilla kehitystyökaluilla kehitetyistä sovelluksista käytetään usein nimitystä *natiivisovellus*.

Natiivisovellukset ovat kehitetty tietylle laitealustalle, eikä toisen käyttöjärjestelmän natiivisovellusta pysty käyttämään toisessa käyttöjärjestelmässä. Toisin sanoen, Android-sovellusta ei voi oletusarvoisesti käyttää iPhonessa, ja sama toisin päin. Tämä useimmiten johtuu lukuisista laitealustakohtaisista eroista, kuten tietyn laitealustan tukemista ohjelmointikielistä ja teknologioista sekä teknisestä arkkitehtuurista. Natiivisovellukset tavallisesti mahdollistavat tehokkaamman suorituskyvyn ja tarjoavat laajimman tuen mobiililaitteen eri laitekohtaisiin ominaisuuksiin, kuten sensoridataan tai kameraan. (Marchuk 2022; Kozielecki 2022; Price 2018; MobiLoud 2022 .) Natiivisovellusten heikkous kuitenkin on se, että jos sama kehitteillä oleva sovellus halutaan julkaista sekä Android- että iOS -laitteille, joudutaan sama sovellus rakentamaan alusta loppuun kahdesti eri teknologioilla ja ohjelmointikielillä. Tästä seuraa usein huomattavasti kasvava työmäärä sekä suuret kustannukset mobiilikehityksessä, koska projektissa tarvitaan kaksinkertainen määrä työtä ja asiantuntijuutta, jotta saadaan sama sovellus julkaistua kahdelle eri laitealustalle. (Marchuk 2022; Kozielecki 2022.)

Tätä ongelmaa ratkaisemaan on kehitetty erilaisia alustariippumattoman sovelluskehityksen työkaluja, jotka pyrkivät minimoimaan tai jopa poistamaan laitealustakohtaisen ohjelmoinnin tarpeen. Tunnettuja alustariippumattoman ohjelmoinnin työkaluja ovat muun muassa Microsoftin kehittämä Xamarin, Facebookin kehittämä React Native sekä Googlen kehittämä Flutter (Srivastava 2022). Näissä työkaluissa yhteistä on se, että ne pyrkivät mahdollistamaan yhdellä koodipohjalla saman sovelluksen kehittämisen eri laitealustoille siten, että jokaisen tuetun laitealustan vaatima natiivikoodi on valmiiksi rakennettu ja piilotettu työkalun puolesta. Tällä tavalla kehitettävän sovelluksen ulkoasu, käytettävyys ja toiminnallisuudet pysyvät samana laitealustasta riippumatta. Alustariippumattomilla työkaluilla rakennettuja sovelluksia kuitenkin rajoittaa laitekohtaiset erot ja esimerkiksi tietyn valmistajan tai käyttöjärjestelmän yksilölliset ominaisuudet, jotka eivät välttämättä ole käytettävissä (esim. Applen LIDAR), koska alustariippumattoman koodin tulee toimia samalla tavalla kaikilla alustoilla. Useimmat alustariippumattoman sovelluskehityksen työkalut kuitenkin tarjoavat mahdollisuuden lisätä sovellukseen myös natiivikoodia, mikä mahdollistaa tietyillä laitteilla natiivien lisäominaisuuksien käytön. (Marchuk 2022; Kozielecki 2022; Srivastava 2022.) Tässä tulee kuitenkin ottaa huomioon, että natiivikoodin lisääminen tuo yleensä merkittävästi lisää työtä projektiin. Käyttäjien tasapuolinen kohtelu ei myöskään välttämättä enää toteudu, jos laitekohtaisia ominaisuuksia on ohjelmoitu sovellukseen.

## Flutter-sovelluksen toimintaperiaate ja arkkitehtuuri

Flutter-sovellus rakentuu aina lopulta natiivisovelluksen päälle. Se voi olla esim. iOS-sovellus, jos halutaan Flutter-koodia rakentaa Applen mobiililaitteelle. Tästä pohjalla olevasta natiivisovelluksesta käytetään nimitystä "embedder", jonka päällä toimii Flutterin moottori, joka taas toimii rajapintana natiivisovelluksen laitealustakohtaisten toimintojen ja varsinaisen Flutter-sovelluksen välissä. Kaikki nämä kolme kokonaisuutta toimivat itsenäisesti eri alustoilla eikä niiden välissä ole riippuvuuksia. Tämä mahdollistaa sen, että Flutter-sovellukset toimivat samalla tavalla kaikilla alustoilla, jos mitään laitekohtaisia ominaisuuksia ei ole erikseen otettu käyttöön. Flutter-sovelluksen kehittäjän ei tavallisesti tarvitse välittää muusta kuin sovelluskehys-osiosta sekä projektin Dart-koodista. Flutter hoitaa muut osat automaattisesti taustalla. (Flutter 2022b; Radix 2022.)



Kuvio 2. Flutter-sovelluksen eri kokonaisuudet (ks. Flutter 2022b)



Alustariipumattomuus on Flutterin suurin ydinidea. Yllä olevan kuvion mukaisesti, tämä on toteutettu jakamalla Flutter-sovelluksen toimintaperiaate kolmeen toisistaan riippumattomaan mutta vahvassa yhteistyössä toimivaan kokonaisuuteen. (Flutter 2022b)

Flutter-sovelluksia ohjelmoidaan Dart-ohjelmointikielellä, joka on vielä varsin tuore oliopohjainen vahvasti tyypitetty ohjelmointikieli. DWELL-hankkeen mobiilisovelluksen kehitystyön aikana Flutter sai myös ison päivityksen, jolloin Dart-kielestä tuli myös ns. "null-safe", joka on tyypillinen ominaisuus moderneissa ohjelmointikielissä. Null-safe -ominaisuus usein vähentää kehitystyössä syntyvien virheiden määrää pakottamalla kehittäjän ohjelmoimaan mobiilisovellusta tietyllä tavalla (Nystrom 2020; Dart 2022). Flutterille on myös saatavilla varsin kattavasti erilaisia koodikirjastoja, jotka nopeuttavat kehitystyötä huomattavasti. Näiden koodikirjastojen käyttämisessä kannattaa olla kuitenkin tarkkana, sillä ainakin DWELL-hankkeen aikana tarjolla olevien kirjastojen laatu vaihteli merkittävästi.

### **Flutter-sovelluksen kehitysympäristö**

Ohjelmistokehityksessä kehitysympäristöllä tarkoitetaan kehittäjän tietokoneelta löytyvien ohjelmistojen ja työkalujen kokoonpanoa, jotka yhdessä muodostavat teknisen ekosysteemin, joka mahdollistaa sujuvan työnkulun ohjelmistokehityksen eri vaiheissa (Gillis 2018). Useimmat ohjelmistokehityksen työkalut ja sovelluskehikset yleensä antavatkin dokumentaatioissaan seikkaperäiset ohjeet, kuinka valmistella kehitysympäristön käyttöönotto omalla työasemalla.

Myös Flutterissa monivaiheinen asennusprosessi eri laitealustakohtaisten työkalujen asentamiseksi on opastettu tarkasti vaihe vaiheelta. Flutter ei automaattisesti asenna näitä eri alustojen vaatimia natiivityökaluja, vaan opastaa dokumentaatioissaan kehitystyötä tekevän asentamaan ne itse. Näin ollen esimerkiksi Android Studio täytyy asentaa kehittäjän tietokoneelle erikseen, jos Flutterilla halutaan kehittää Android-sovellusta. Jos kehittäjä haluaakin myöhemmin lisätä mahdollisuuden rakentaa sovelluksesta työpöytäsovellus Microsoft Windows -käyttöjärjestelmälle, silloin Flutter olettaa, että Windows-käyttöjärjestelmän ohjelmistokehityksen natiivityökalut on valmiiksi asennettuna. (Flutter 2022c.)

Flutter-kehityksessä tarvittavan kehitysympäristön asentaminen voi tapauksesta riippuen olla paljon aikaa vievä prosessi, mutta se täytyy yleensä tehdä vain kerran, ellei sitten kehittäjä vaihda kehitystyön keskellä tietokonetta. Koska kehitysympäristön pystyttäminen ja oikeiden työkalujen asentaminen saattaa olla monimutkaista ja virheherkkää, tarjoaa Flutter myös

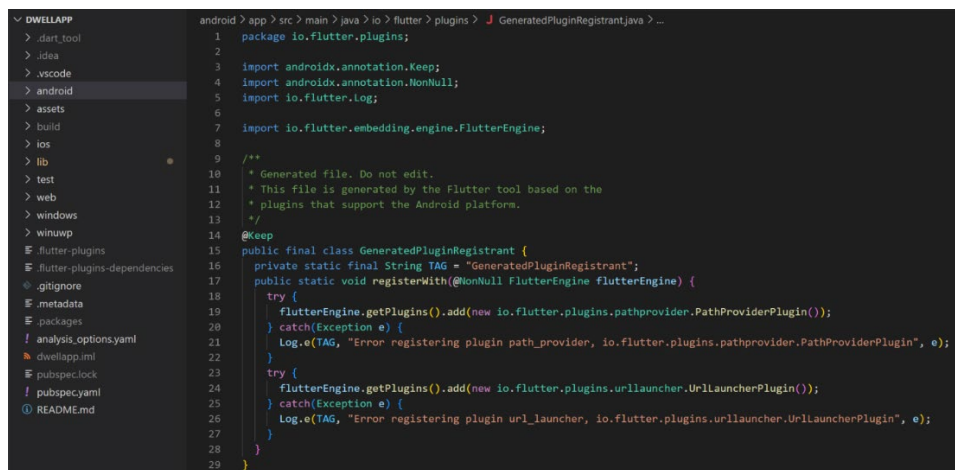
komentorivityökalun nimeltään “flutter doctor”, jolla voidaan varmistaa, että kaikki tarpeelliset ohjelmistot ja natiivikehitysympäristöt on onnistuneesti asennettu. (Flutter 2022c.)

```
Doctor summary (to see all details, run flutter doctor -v):
[✓] Flutter (Channel stable, 2.8.0, on Microsoft Windows [Version 10.0.19042.1456], locale fi-FI)
[✓] Android toolchain - develop for Android devices (Android SDK version 31.0.0)
[✓] Chrome - develop for the web
[✓] Visual Studio - develop for Windows (Visual Studio Community 2019 16.11.3)
[✓] Android Studio (version 2020.3)
[✓] VS Code (version 1.63.2)
[✓] Connected device (3 available)

• No issues found!
```

Kuvio 3. Esimerkki “flutter doctor” -komennosta ajettuna komentoriviltä.

Flutter doctor -työkalu on hyvä esimerkki siitä, kuinka alustariippumattoman sovelluskehityksen työkalut voivat ratkaista ongelmia, kun tarkoituksena on saada useiden eri valmistajien natiivikehitysympäristöt toimimaan keskenään.



```
android > app > src > main > java > io > flutter > plugins > GeneratedPluginRegistrant.java > ...
1 package io.flutter.plugins;
2
3 import androidx.annotation.Keep;
4 import androidx.annotation.NonNull;
5 import io.flutter.Log;
6
7 import io.flutter.embedding.engine.FlutterEngine;
8
9 /**
10  * Generated file. Do not edit.
11  * This file is generated by the Flutter tool based on the
12  * plugins that support the Android platform.
13  */
14 @Keep
15 public final class GeneratedPluginRegistrant {
16     private static final String TAG = "GeneratedPluginRegistrant";
17     public static void registerWith(@NonNull FlutterEngine flutterEngine) {
18         try {
19             flutterEngine.getPlugins().add(new io.flutter.plugins.pathprovider.PathProviderPlugin());
20         } catch (Exception e) {
21             Log.e(TAG, "Error registering plugin path_provider, io.flutter.plugins.pathprovider.PathProviderPlugin", e);
22         }
23         try {
24             flutterEngine.getPlugins().add(new io.flutter.plugins.urllauncher.UrlLauncherPlugin());
25         } catch (Exception e) {
26             Log.e(TAG, "Error registering plugin url_launcher, io.flutter.plugins.urllauncher.UrlLauncherPlugin", e);
27         }
28     }
29 }
```

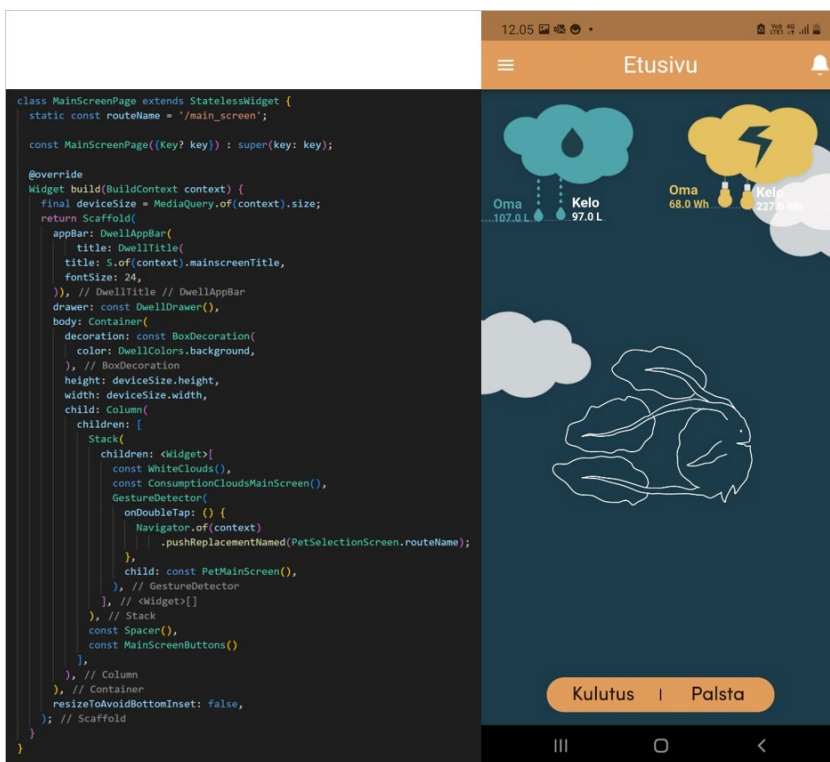
Kuvio 4. Flutter-projektin kansiorakenne avattuna Visual Studio Code -ohjelmointiympäristössä.

Yllä olevassa kuvassa on esimerkki Flutter-projektin kansiorakenteesta (ks. vasen laita). Kansiorakenteesta voidaan huomata, että jokaisella

natiiviympäristöllä on oma kansionsa (Android, iOS, Windows, web), jotka kukin sisältävät kyseisen alustan natiivisovelluksen (embedder) ja Flutter-moottorin koodin kyseiselle alustalle. Kuvassa näkyy myös koodiesimerkki Flutterin generoimasta natiivikoodista Androidilla (Java), joka käynnistää Flutter-moottorin (FlutterEngine), jonka päällä varsinainen Flutter-sovellus toimii käyttäen Dart-ohjelmointikieltä. Kuvassa olevassa esimerkkinä ohjelmointiympäristönä käytetään Visual Studio Codea.

## Flutter-sovelluksen kehittäminen ja julkaisu

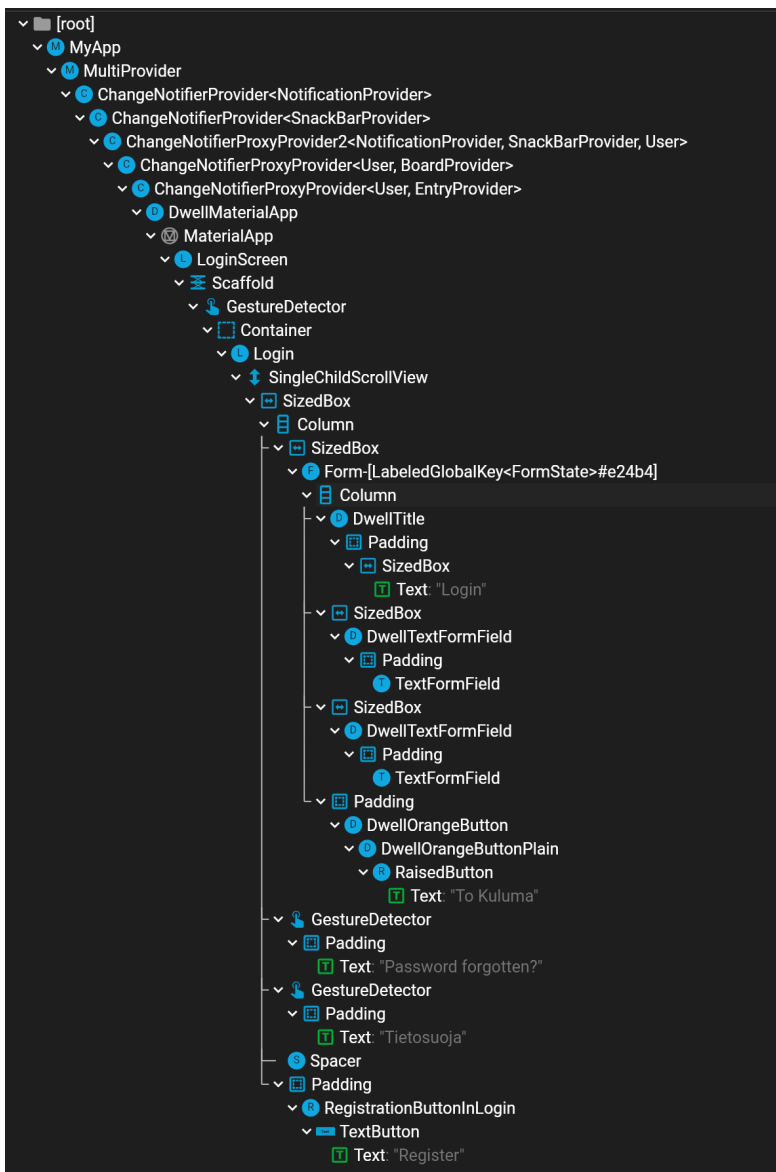
Sovelluskehitys Flutterilla poikkeaa monilta osin natiivisovellusten kehitystyöstä. Jos kehitystyötä verrataan esimerkiksi natiiviin Android-kehitykseen, Flutterilla ei ole omaa visuaalista editoria ulkoasun rakentamiseen, vaan kaikki käyttöliittymäkomponentit tulevat rakennettuna koodista. Käyttöliittymälle ei myöskään ole omaa, esim. XML-pohjaista ulkoasun rakentamiseen tehtyä ohjelmointikieltä, vaan kaikkien toimintojen rakentaminen Flutter-sovellukseen tapahtuu käyttämällä oliopohjaista Dart-ohjelmointikieltä.



Kuvio 5. Esimerkki Dart-koodista, jolla on rakennettu oma Flutter-widget nimeltä MainScreenPage sekä miltä kyseinen widget näyttää puhelimessa.

Yllä olevassa kuvassa näkyy esimerkki, jolla tietyn näköinen ulkoasu voidaan rakentaa Dart-ohjelmointikielellä. Flutter käyttää perustyylin ja käyttökokemuksen oletuksena Googlen tekemää Material Designia käyttöliittymäkomponenteissaan, minkä tarkoituksena on tuottaa selkeä ja intuitiivinen käyttöliittymä siten, että käyttäjä arvaa helposti jokaisen ulkoasukomponentin tarkoituksen ja käyttötavan. Material Design on myös Android-natiivikehityksen oletuslähtökohta käyttöliittymäsuunnittelulle. (Material Design 2022; Interaction Design Foundation 2022). Flutteriin on myös helposti lisättävissä eri käyttöliittymäkirjastoja, joilla sovellus saadaan näyttämään enemmän halutulta natiivisovellukselta. Tästä esimerkkinä Cupertino-koodikirjasto, jolla saadaan Applen iOS-sovellusten käyttöliittymäkomponentit Flutter-sovellukseen tarvittaessa. (Flutter 2022d.)

Flutterissa kaikki käyttöliittymän näkyvät osat ovat käytännössä widgetejä, eli upotettavia ulkoasukomponentteja, jotka sisältävät myös tarvittavan määrän ohjelman toimintalogiikkaa. Widgetit voivat olla joko Flutterin itse tarjoamia Material Design -widgettejä tai sitten kolmannen osapuolen avoimen lähdekoodin widgettejä. Widgetejä voi halutessaan räätälöidä, ja niistä voi tehdä myös omia korkeamman tason widgetejä, jotka muodostavat tiettyjä kokonaisuuksia käyttöliittymään. Käytännössä yksittäinen widget voi olla koodissa esimerkiksi tekstikenttä tai vaikkapa kuva. Eri widgetejä yhdistelemällä rakennetaan lopulta mobiilisovelluksen kokonaisuus. (Flutter 2022e.)



Kuvio 6. Flutter-sovelluksessa widgetit muodostavat ns. widget-puun.

Yllä olevassa kuvassa esitetään esimerkki Flutter-sovelluksessa olevasta widget-puusta. Flutter-sovellus rakentuu aina alusta alkaen widgeteistä, joista ensimmäinen widget widget-puussa on tavallisesti tiettyä ulkoasutyylä noudattava, kuten MaterialApp -widget. Vaikka Flutter rakentuukin widgeteistä, tämä ei kuitenkaan rajaa pois erilaisia suunnittelumalleja tai

arkkitehtuuriratkaisuja, vaan sovelluksen ns. "business logic" voidaan eriyttää täysin ulkoasun rakentavista widgeteistä. Tähän on olemassa erilaisia koodikirjastoja avuksi, jotka tarjoavat työkaluja koodin jakamiseen järkevästi omiin selkeisiin kokonaisuuksiinsa. Tällaisia koodikirjastoja ovat esimerkiksi Flutterin *provider*-koodikirjasto tai BLoC-suunnittelumallia tukeva *flutter\_bloc*-koodikirjasto. Nämä koodikirjastot ratkaisevat myös useita sovelluksen tilanhallinnan ongelmia tilanteissa, joissa tietty data pitää olla saatavilla useammassa widgetissä koko sovelluksen laajuisesti. Tästä esimerkkinä autentikaation ja autorisoinnin rakentaminen sovellukseen silloin, kun halutaan näyttää eri tietoja tai rajata pääsyä tiettyyn osaan sovellusta eri roolilla toimiville käyttäjille. (ks. Flutter 2022f; pub.dev 2022a; pub.dev 2022b; Flutter Clutter 2021.)

Sovelluskehityksen olennainen toimenpide kehitysvaiheessa on sovelluksen visualisointi sen natiiviympäristössä. Koska sovellus on lähtökohtaisesti visuaalisesti samanlainen kaikilla alustoilla, voidaan Flutter-sovellusta kehittäessä rakentaa se esim. kokonaan hyödyntämällä jonkin valitun natiivisovelluskehityksen työkalun tarjoaman kehitysympäristön visualisointityökalua. DWELL-hankkeessa käytettiin Android-emulaattoria, joka on Android Studion ohjelma, joka simuloi oikeaa Android-puhelinta tietokoneohjelmana. Kuluma-sovelluksen kehitystyössä huomattiin kuitenkin, että on hyvä välillä vaihtaa simulointityökalua toiseen natiivikehitysympäristöön, jotta voidaan varmistua siitä, että kaikki alustariippumattomat ominaisuudet toimivat oletetusti kaikilla alustoilla. Tässä tapauksessa kehitettävää sovellusta ajettiin muun muassa web-ympäristössä, mikä tarjoaa hyvän työkalun sovelluksen ulkoasun tutkimiseen näyttökoon ja kuvasuhteen muuttuessa, koska webselaimen ikkunan koon muuttaminen on huomattavasti nopeampi toimenpide kuin eri näyttökoolla varustettujen emulaattorien lataaminen ja käyttöönotto. Kehitystyössä havaittiin myös, että jos käyttöliittymässä halutaan näyttää erilainen tyyli tietyille käyttöliittymäkomponenteille, kannattaa ne aina testata kaikilla alustoilla erikseen, jotta voidaan todentaa niiden toimivuus. (Flutter 2022c; Flutter 2022g.)

```

void show({context}) {
  showDialog(
    context: context,
    builder: (_) {
      if (kIsWeb) {
        return AlertDialog( // AlertDialog ...
      } else if (Platform.isIOS) {
        return CupertinoAlertDialog( // CupertinoAlertDialog ...
      } else {
        return AlertDialog( // AlertDialog ...
      }
    },
  );
}

```

Kuvio 7. Koodi, jossa räätälöidyn dialogi-widgetin logiikka erilaisen dialogin näyttämiseksi eri alustoilla.

Yllä olevassa kuvassa esitetään koodiesimerkki, jonka avulla widgetin toimintaa voidaan kohdentaa eri alustoilla tarpeen vaatiessa. Jos alusta on esimerkiksi web (kIsWeb), näytetään verkkoselaimelle sopiva dialogi. Jos alusta on iOS, näytetään Applen Cupertino- tyyliä noudattava dialogi. Muutoin näytetään Androidin Material Design -dialogi. (Flutter 2022h.)

Flutter tarjoaa myös varsin kattavan sisäänrakennetun testiympäristön erityyppisille ohjelmistotesteille, kuten yksikkötestit, widget-testit ja integraatiotestit. Hyvän dokumentaation ansioista testien käyttöönotto sujuu helposti ja on tarpeellinen keino vähentää virheitä sekä todentaa sovelluksen toimivuus, kun uusia ominaisuuksia lisätään sovellukseen. (Flutter 2022i.).

Flutter-sovelluksen julkaiseminen sovelluskauppoihin tapahtuu samalla tavalla kuin natiivisovelluksen julkaiseminen. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että iOS -sovellusta ei voi julkaista Windows-laitteelta, vaan tähän tarvitsee Applen tietokoneen ja tarvittavat ohjelmistot, jotta Applen julkaisujärjestelmää on mahdollista käyttää. Jokaiselle valitulle laitealustalle täytyy sovelluksen julkaiseminen hoitaa erikseen ja varmistua siitä, että sovellus täyttää kunkin sovelluskaupan vaatimukset esim. tietosuojan ja saavutettavuuden osalta. (Flutter 2022j; Flutter 2022k; Apple 2020.) Flutterille on kehitetty joitakin erilaisia julkaisutyökaluja, joilla julkaisuprosessin eri sovelluskauppoihin voi automatisoida, mutta näitä ei ollut vielä DWELL-hankkeen aikana käytettävissä, jolloin niistä ei ole Kuluma-sovelluksen kehitystyön osalta kokemusta (fastlane 2022; Flutter 2022l).

## Flutterin soveltuvuus ohjelmistoprojekteissa

Flutter on ensisijaisesti tarkoitettu nimenomaan visuaalisesti näyttävien 2D-sovellusten tekemiseen. Sillä on erittäin laaja tuki eri laitealustoille sekä myös vanhemmille puhelimille. Flutter ei kuitenkaan sovellu kovin hyvin sovelluksiin, joissa tarvitsee ensisijaisesti näyttää 3D-grafiikkaa, sillä Flutterin moottori on nimenomaan optimoitu tehokkaaksi 2D-grafiikan näyttämisessä. Myöskin sovellukset, jotka tarvitsevat pääsyn mobiililaitteen sensoridataan ja muihin laitekohtaisiin ominaisuuksiin, kannattaisi tehdä natiivityökaluilla mahdollisuuksien puitteissa. Tämä siksi, että Flutterissa usein mobiililaitteen sensorikohtaiset ominaisuudet ovat saatavilla vain kolmannen osapuolen tekemien liitännäisten kautta, eikä suorituskykyä ja toimintavarmuutta voi juurikaan optimoida raskaiden sovellusten osalta. (Stawski 2021; Kopachovets 2022; MCQues 2022; Moonax 2020.)

Kokemustemme mukaan Flutterilla sovelluskehitys on kuitenkin kohtalaisen nopeaa. Jos halutaan saada nopeasti mobiilisovellus tehtyä, soveltuu Flutter tähän verrattain hyvin. Tässä kuitenkin on edellytyksenä se, että Flutterissa käytettävä ohjelmointikieli ja kehitystyökalu ovat tuttuja entuudestaan. Kaiken kaikkiaan olimme DWELL-hankkeen osalta erittäin tyytyväisiä Flutterin tarjoamiin mahdollisuuksiin työskentelytapoihin ja olemme sitä mieltä, että Flutter on erittäin potentiaalinen työkalu erilaisten ohjelmistoprojektien toteuttamisessa.



## Lähteet

Apple 2020. Xcode Help – Upload an app to App Store Connect. Viitattu 30.9.2022.

<https://help.apple.com/xcode/mac/current/#/dev442d7f2ca>

Dart 2022. Dart programming language. Viitattu 30.9.2022.

<https://dart.dev/>

Eura 2014. Dwell - älykäs taloyhteisö hankesuunnitelma. Viitattu 29.9.2022

<https://www.eura2014.fi/rrtiepa/projekti.php?projektikoodi=A74588>

fastlane docs. 2022. fastlane. Viitattu 30.9.2022.

<https://docs.fastlane.tools/>

Flutter 2022a. Flutter – Build apps for any screen. Viitattu 30.9.2022.

<https://flutter.dev/>

Flutter 2022b. Flutter architectural overview. Viitattu 30.9.2022.

<https://docs.flutter.dev/resources/architectural-overview>

Flutter 2022c. Windows install. Viitattu 30.9.2022.

<https://docs.flutter.dev/get-started/install/windows>

Flutter 2022d. Cupertino (iOS-style) widgets. Viitattu 30.9.2022.

<https://docs.flutter.dev/development/ui/widgets/cupertino>

Flutter 2022e. Introduction to widgets. Viitattu 30.9.2022.

<https://docs.flutter.dev/development/ui/widgets-intro>

Flutter 2022f. MaterialApp class. Viitattu 30.9.2022.

Flutter 2022g. Building a web application with Flutter. Viitattu 30.9.2022.

<https://docs.flutter.dev/get-started/web>

Flutter 2022h. Platform-specific behaviors and adaptations. Viitattu

30.9.2022. <https://docs.flutter.dev/resources/platform-adaptations>

Flutter 2022i. Testing Flutter apps. Viitattu 30.9.2022.

<https://docs.flutter.dev/testing>

Flutter 2022j. Build and release an Android App. Viitattu 30.9.2022.

<https://docs.flutter.dev/deployment/android>

Flutter 2022k. Build and release an iOS app. Viitattu 30.9.2022.

<https://docs.flutter.dev/deployment/ios>

Flutter 2022l. Continuous delivery with Flutter. Viitattu 30.9.2022.

<https://docs.flutter.dev/deployment/cd>

Flutter Clutter 2021. What is the BLoC pattern? Viitattu 30.9.2022.

<https://www.flutterclutter.dev/flutter/basics/what-is-the-bloc-pattern/2021/2084/>

Gillis, A. S. 2018. integrated development environment (IDE). Viitattu 30.9.2022.

<https://www.techtarget.com/searchsoftwarequality/definition/integrated-development-environment>

Interaction Design Foundation 2022. Material Design. 30.9.2022.

<https://www.interaction-design.org/literature/topics/material-design>

Kopachovets, O. 2022. Flutter Benefits Overview: Technical and Businesses Advantages. Viitattu 30.9.2022.

<https://procoders.tech/blog/benefits-of-flutter-for-app-development/>

Kozielecki, P. 2022. Cross-Platform vs Native App Development: What's the Difference? Viitattu 30.9.2022.

<https://www.netguru.com/blog/cross-platform-vs-native-app-development>

Marchuk, A. 2022. Native Vs Cross-Platform Development: Pros & Cons Revealed. Viitattu 30.9.2022.

<https://www.uptech.team/blog/native-vs-cross-platform-app-development>

Material Design 2022. Introduction – Material Design. Viitattu 30.9.2022.

<https://material.io/design/introduction>

MCQues 2022. Top Flutter Developer Interview Questions 2022. Viitattu 30.9.2022.

<https://mcques.in/top-flutter-developer-interview-questions-2022/>

MobiLoud 2022. Native Apps, Web Apps or Hybrid Apps? What's the Difference? Viitattu 30.9.2022.

<https://www.mobiloud.com/blog/native-web-or-hybrid-apps>

Moonax 2020. Advantages and disadvantages of using Flutter. Viitattu 30.9.2022.

<https://moonax.medium.com/advantages-and-disadvantages-of-using-flutter-543bac7ced76>

Nystrom, B. 2020. Understanding null safety. Viitattu 30.9.2022.

<https://dart.dev/null-safety/understanding-null-safety>

Price, D. 2018. Can I get Android apps on iPhone? Viitattu 30.9.2022.

<https://www.macworld.com/article/672997/can-i-get-android-apps-on-iphone.html>

pub.dev 2022a. provider 6.0.3. Viitattu 30.9.2022.

<https://pub.dev/packages/provider>

pub.dev 2022b. flutter\_bloc 8.1.1. Viitattu 30.9.2022.

[https://pub.dev/packages/flutter\\_bloc](https://pub.dev/packages/flutter_bloc)

Radix 2022. Everything About Flutter Framework. Viitattu 30.9.2022.

<https://radixweb.com/flutter-development>

Srivastava, S. 2022. Top 10 Best Cross-Platform App Development Frameworks. Viitattu 30.9.2022.

<https://appinventiv.com/blog/cross-platform-app-frameworks/>

statcounter 2022. Mobile Operating System Market Share Finland.

Viitattu 3.9.2022. <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/finland>

Stawski, M. 2021. Flutter Pros and Cons – Is Flutter a Good Choice in 2021? Viitattu 30.9.2022.

<https://newdigitalstreet.com/en/flutter-pros-cons/>

# Älykkäästä rakennuksesta virtuaalivoimalaitokseksi

Osana DWELL – Älykäs taloyhteisö hanketta selvitettiin kiinteistöstä saatavan datan hyödyntämisen mahdollisuuksia ja kuinka datan kautta voidaan luoda älykkäitä energiajärjestelmiä aina virtuaalivoimalana toimimiseen asti. Globaalit megatrendit kuten Ilmastonmuutoksen hillintä, teknologian sulautuminen kaikkeen ja energiajärjestelmän murros näkyvät kiinteistömassan älykkäiden ratkaisujen tarjonnassa ja toteutuksessa. Rakennuksien energiankulutus on noin 32% Suomen energiankulutuksesta ja tuottaa noin 30% tuotetuista kasvihuonekaasupäästöistä Suomessa. (Roti 2019)

Suurien kiinteistöjen automaatio- ja energianhallintajärjestelmillä on seurattu ja ohjattu kiinteistöjen toimintaa jo vuosikymmeniä. Älykkäiden järjestelmien yleistyessä myös pientalot ovat päässeet osaksi niiden piiriä. Etäluettavat sähkömittarit mahdollistavat lähes reaaliaikaisen sähkön kulutusseurannan ja kotiautomaatiojärjestelmien etäkäyttömahdollisuudet ovat lisänneet kiinteistöjen älykästä käyttöä jokaisella sektorilla. Kiinteistöstä saatavan datan hyödyntämisellä voidaan lähteä pienentämään rakennuksien energiankulutusta helposti ja ohjata niiden järjestelmiä haluttujen parametrien mukaan turvaten samalla asumisterveys ja asumisviihtyvyys. Kerättyä dataa voidaan myös pitkäaikaisen seurannan ja historiatietojen perusteella hyödyntää ennakoivassa huollossa ja kunnossapidossa

Hankkeen pilottikohteena toimiva DAS Kelo on monella tapaa uudenlainen ja kokeileva rakennus. DAS Kelo on Lapin ensimmäinen puukerrostalo ja se hyödyntää aurinkopaneeleita ja jäteveden lämmöntalteenottoa omassa energiantuotannossa. Rakennus on tarkasti anturoitu ja mittausdataa karttuu laajasti kaikista huoneistoista, mikä mahdollistaa rakennuksen energiatehokkaan ohjaamisen.

## Älykkäät rakennukset

Älykodeista ja -kiinteistöistä puhuttaessa tarkoitetaan usein sellaisia rakennuksia, joissa erilaisia taloteknisiäjärjestelmiä ja -laitteita on integroitu tiedonsiirron avulla toimimaan yhdessä. Tiedonsiirto voi tapahtua talon reitittimen kautta internet-serverille, mahdollistaen näin etäkäytön mobiililaitteiden avulla. Tällaiset kotiautomaatiojärjestelmät koostuvat usein logiikkapohjaisesta keskusyksiköstä, joka vastaanottaa erilaisia mitta- ja tilatietoja ohjatakseen eri laitteita aseteltujen karkiohjauksien mukaan. Vaihtoehtoisesti kiinteistöä voidaan ohjata myös väyläpohjaisilla viestintäjärjestelmillä kuten KNX, jossa karkitietojen sijaan yhteensopivat laitteet toimivat väyläpohjaisen viestinnän avulla. (Kortetmäki 2018.) Enenevässä määrin anturien mittaustietoja siirretään myös IoT-pohjaisten protokollien kautta kuten Bluetooth, LoRaWAN, Wi-Fi ja ZigBee. (Ranta-Meyer 2019)

Kiinteistöistä on saatavissa erilaisilla antureilla monenlaista tietoa liittyen niin energiankulutukseen, ilmanlaatuun, käyttöasteeseen kuin myös turvallisuuteen tai jätehuoltoon liittyen. Sensorit ja mittalähteet ovat usein osa mittalaitteita, jotka tunnistavat ja mittaavat luonnontieteellisiä suureita. Anturit lähettävät yleensä tiedot mittalaitteelle tai automaatiojärjestelmälle, josta niitä voidaan tarkastella. (Ranta-Meyer 2019.)

Vanhoissa asuinrakennuksissa voi löytyä esimerkiksi ”kotona/poissa-kytkin”, jolla sähkölämmitteisen rakennuksen lämmitys voidaan tiputtaa matalammalle peruslämmölle pidemmän poissaolon ajaksi. Nykyisillä moderneilla ratkaisuilla, talon lämmitystä voidaan säätää etänä tilakohtaisesti, milloin ja mistä tahansa. Etäkäyttösovelluksilla voidaan ohjata myös muita talon järjestelmiä, esimerkiksi valaistusta. Nykyisin markkinoilla olevien älylamppujen kirkkautta voidaan säätää kulloiseenkin tilanteeseen sopivalla tavalla mobiililaitteen kautta. Valaistuksen ohjausta voidaan myös toteuttaa vuorokausirytmien tai liiketunnistimien mukaan näin helpottaen käyttäjien arkea. Samalla tällaiset ratkaisut vähentävät valojen aiheuttamaa turhaa kulutusta.

Uuden sukupolven sähkömittarit tulevat 2020-luvulla ja niiden uskotaan lisäävän älykkäiden järjestelmien kehittymistä. Näiden kysynnälle on tarvetta, sillä sääriippuvainen energiantuotanto lisää sähköverkon jouston tarvetta. Uusilla sähkömittareilla mittausjaksot lyhenevät selvästi nykyisestä tunnista mahdollistaen näin tarkemman tiedon siitä, kuinka paljon sähköenergiaa ja -tehoa erilaiset kiinteistöt milloinkin tarvitsevat. (Koistinen 2017.) Tällä tiedolla verkon toimintavarmuutta saadaan lisättyä entisestään.

Energiamarkkinoiden ollessa murroksessa myös automaattioratkaisut ja uudet ansaintalogiikat kehittyvät. Sähköverkon toiminnalle on tärkeää, että sähköä kulutetaan ja tuotetaan aina yhtä paljon. Kysyntäjousto eli sähkön käytön vähentäminen tai siirtäminen huipputunneilta pois tulee olemaan hyödynnettävänä työkaluna tämän ongelman ratkaisemisessa. Asian tiimoilta, voidaan kuitenkin nähdä erilaisten kuluttajatyyppeiden tarpeita ja sitoutumista osaksi toimintaa. Osa kuluttajista haluaa itse säätää kotinsa energiakulutusta enemmän kuin toiset, jotka voivat antaa kotinsa säätämisen automaation tai ulkopuolisen palveluntarjoajan kontolle. Tulevaisuudessa on myös mahdollista, että jotkut kuluttajista voivat jopa suostua irrottamaan itsensä kokonaan verkosta ylikuormitustilanteen tullessa eteen, mikäli saavat siitä sopivan korvauksen. (BCDC Energia 2016.)

Älykotien järjestelmät voivat tulevaisuudessa olla niin älykkäitä, että kiinteistön sähkökuormia ohjataan jatkuvasti pysymään samalla tasolla. Tämä voisi tapahtua esimerkiksi niin, että vedenkeitin, leivänpaahdin tai minkä tahansa muun sähkölaitteen kytkeytyessä päälle, lämmitys säätäisi automaattisesti saman verran pienemmälle. Asunnon nettokulutus pysyisi näin ollen samana. Tällaista toimintaa on jo käytössä saunan kiukaiden päälle laiton yhteydessä, ns. kiuasristeily, jolloin talon joitain sähkölämmityksiä ohjataan pois päältä. (Tuomikoski 2019.)

Nykyisin markkinoilla on tarjolla erilaisia kolmansien osapuolien kotien energianhallintajärjestelmiä (Home Energy Management System, HEMS), jotka pyrkivät mahdollisimman optimaalisella tavalla hallitsemaan kiinteistön sähköenergiankulutusta, omatuotantoa ja mahdollista energian varastointia. Samalla palveluntarjoaja voi liittää kiinteistön osaksi suurempaa kiinteistömassaa ja tarjota niiden kulutusjoustopotentiaalia sähkömarkkinoille ns. virtuaalivoimalaitoksena. (Kortetmäki 2018.)

HEMS-ympäristöjä on markkinoilla useita. Nämä koostuvat keskusyksiköstä, antureista, releistä ja ohjausyksiköstä ja etäkäyttösovelluksesta. Näiden järjestelmien tarkoituksena on keskittää kodin sähkönkulutuksen ohjaus ja seuranta. Pääsääntöisesti ohjausjärjestelmiä käytetään sisäilman ja käyttöveden lämmityksen automatisointiin ja säätelyyn. Energiansäästöä saavutetaan huonekohtaisella lämmityksen säädöllä, sen optimoinnilla, tai kulutuksen ohjaamisella edullisille tunneille. Järjestelmien algoritmit seuraavat sääennusteita ja sähkön hintaa ajoittaessaan toimintoja. (Tuomela 2019.)

Kiinteistön kuormia voidaan ohjata useiden ohjausperiaatteiden kautta HEMS-ympäristöissä. Suoria säästöjä voidaan saada spot-hintaisella

sähkö sopimuksella ja ohjaamalla kuormia halvempien tuntien kohdalle. Sähkölämmitystä voidaan ohjata myös käyttäjän läsnäolon perusteella, jolloin kiinteistön lämpötilaa lasketaan käyttäjän poissa ollessa. Myös tyhjiillään olevien huoneiden lämpötilaa voidaan ohjata alaspäin tarpeen mukaan järjestelmän kautta.

Kiinteistön lämmitystä tulisi ohjata niin, että energiatehokkaimmat laitteet olisivat ensisijaisia lämmöntuottajia ja suoria sähkövastuksia hyödynnettäisiin vasta tarpeen vaatiessa. Hyvin toimivan järjestelmän tulisi myös ymmärtää estää kiinteistön lämmityksen ja jäähtymisen yhtäaikainen toiminta, mikä monesti aiheuttaa turhaa energiankulutusta.

Mikäli kiinteistössä on aurinkopaneeleita, akkujärjestelmä ja sähköauto, niin järjestelmän tulisi pystyä optimoida myös niiden käyttö. Omatuotannon ylittäessä kiinteistön perustarpeen, se ohjaantuisi joko akkuun, tai sähköautoon. Kalliimmilla tunneilla akkuvarastoja tyhjennettäisiin kiinteistön tarpeellisiin kuormiin ja samalla ei-kriittisiä kuormia ohjattaisiin pois päältä.

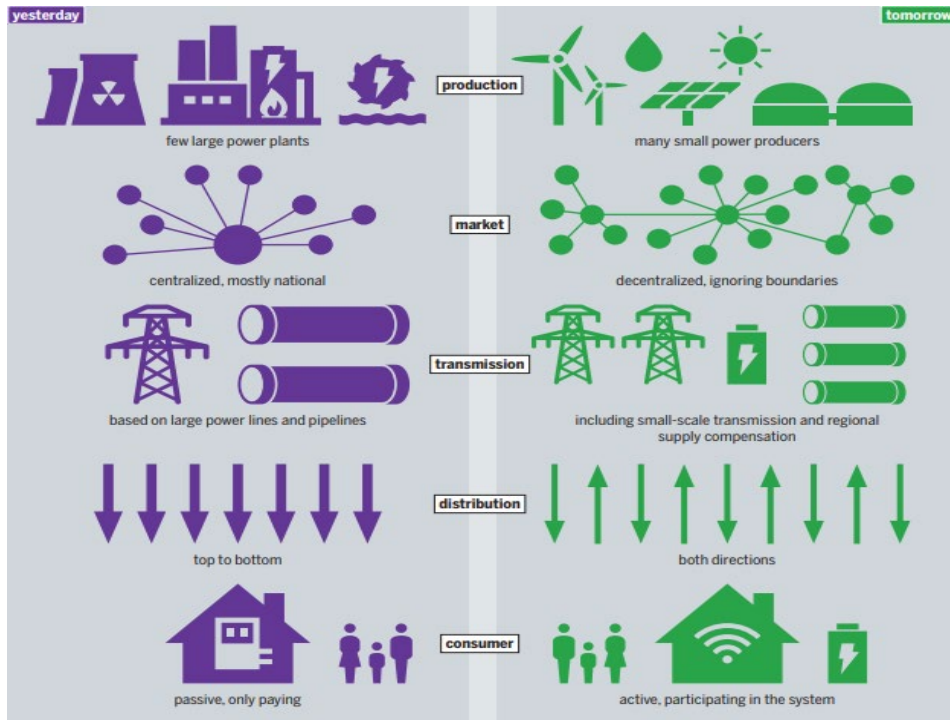
Energiansäästön lisäksi kiinteistöstä kerättävän datan perusteella tehtävien ohjauksien myötä voidaan parantaa asumis- ja käyttöviihtyisyyttä. Sisäilmasta voidaan mitata epäpuhtauksia, hiilidioksidia, lämpötilaa ja kosteutta esimerkiksi. Näillä parametreilla voidaan ohjata kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmien toimintaa. Näiden lisäksi erinäisillä datankeruilla voidaan parantaa ennakoidun huollon ja kunnossapidon tehtäviä. Esimerkiksi kulunseurantajärjestelmällä voidaan optimoida suurikiinteistön siivouksen tai valaistuksen ohjausta, kuin myös älylaitteet voivat ilmoittaa omista huoltotarpeistaan käyttötuntien mukaan.

## **Älykäs sähköverkko**

Sähköverkkojen älykkyyttä on kehitetty Suomessa jo vuosia. Etäluettavat sähkömittarit ja reaaliaikaisen kulutusseurannan mahdollistaminen on ollut osa tätä. Sähköverkon toimintavarmuutta ja älykkyyttä saadaan lisättyä jatkossa automaation ja etäluennan kehittymisen myötä edelleen. (Blomqvist ym. 2018.)

Fyysistä sähköverkkoa, joka yhdistää sähköntuotannon ja kulutuksen toisiinsa ICT-teknologian avulla, voidaan kutsua älykkääksi sähköverkoksi. Älyverkoilla on tulevaisuudessa tärkeä rooli sähköverkon toimintavarmuuden ylläpidossa ja ne mahdollistavat verkon asiakkaiden aktiivisen osallistumisen sen ylläpitoon. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016.) Digitalisaation ja ilmastotavoitteiden myötä sähköverkot ovat muuttumassa enemmän hajautettujen ja pienempien energiantuottajien tarpeita mukailevaksi.

Kuvassa 1 on hahmoteltu tulevaisuuden verkkorakennetta verrattuna perinteiseen.



**Kuva 1:** Perinteisen ja älyverkon erot (Bartz & Stockmar 2018)

Tällainen vuorovaikutus mahdollistaa uusien sähkötuotteiden ja hinnoittelumallien lanseeraamisen. Näillä ratkaisuilla voidaan motivoida verkkoa käyttävien yritysten, yhteisöjen ja kuluttajien osallistumista sähkömarkkinoille. Älykkäät verkot tukevat uusiutuvan energian lisäämistä ja näin edesauttavat matkaa kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016.)

Sähköverkon on oltava aina tasapainossa kulutuksen ja tuoton suhteen toimintavarmuuden takaamiseksi, tätä voidaan edesauttaa älykkäällä sähköverkolla. Uusiutuvan säästä riippuvaisen energiantuotannon lisääntyessä reaaliaikainen kulutuksen ja tuotannon seuranta, kuin myös energiavarojen hyödyntäminen mahdollistavat hyviä työkaluja verkon ylläpidon, ennakoivan kunnossapidon ja vikatilanteiden hallintaan. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016.)



Älyverkkojen avulla tuotannon arvo on mahdollista maksimoida; Sähkövarastoja voidaan purkaa markkinoille, kun se on kannattavinta ja sähkötehoa voidaan säädellä nopeasti säästä riippuvaisen energian mukaan. Reaaliaikaisen seurannan ja datan hyödyntämisen myötä voidaan tehdä tarkempia ennusteita sähkömarkkinoille ja välttää näin turhaa fossiilisen säätövoiman käyttöä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016.)

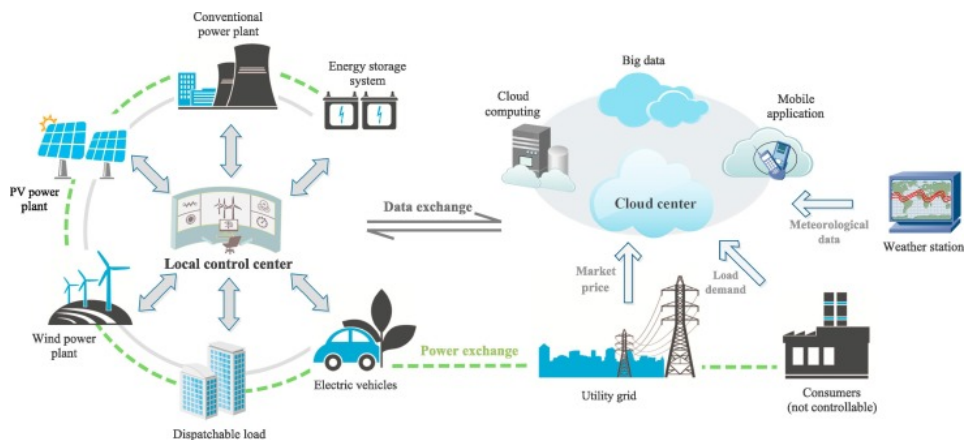
### **Virtuaalivoimalaitos**

Hajautetun energiantuotannon yleistymisen ja energian käytön tehostaminen hyödyttävät sähköjärjestelmää kokonaisuutena, mikäli sähkön tuotto on lähellä sen kulutusta. Hajautetut tuotantoyksiköt pystyvät vähentämään siirtohäviöitä, parantamaan turvallisuutta ja luotettavuutta, sekä vähentämään investointeja siirto- ja jakelujärjestelmään. (Alestalo 2007)

Virtuaalivoimalaitoksessa hajautetut yksiköt sähköverkossa on linkitetty toimimaan yhdessä kysynnän mukaan. Hajautetut yksiköt voivat olla sähköntuottajia, varastointia tai sähkön käyttäjiä. Kun erilaiset toimijat on integroitu keskenään, sähköä voidaan käyttää joustavasti eri lähteiden ominaisuuksia hyödyntäen. (Next Kraftwerke 2020.)

Virtuaalivoimalaitos koostuu tuotantopaikoilla olevista älykkäistä kenttälaitteista, tiedonsiirtoväylästä ja käyttöliittymästä, joka mahdollistaa järjestelmän konfiguroinnin, valvonnan ja etäohjattavien yksiköiden ohjauksen. (Alestalo 2007)

Virtuaalivoimalaitos seuraa reaaliajassa sähkön markkinahintaa, kulutusta ja ennustettavaa kysyntää toimien niiden mukaan optimaalisesti. Älykkäällä energia-alustalla, joka yhdistää kiinteistöt, sähköverkon, sähkövarastot ja sähköntuotantolaitokset yhdeksi virtuaaliseksi ekosysteemiksi mahdollistaa ja tuo saataville uudenlaisia säästöjä, tehokkuuden lisäämistä ja päästöjen vähennystä. Digitalisaation mahdollistama älykäs energianhallintajärjestelmä on virtuaalivoimalaitoksen ydin. Tekoäly ohjaa järjestelmän toimintaa. (Alestalo 2007 & Siemens 2020b.) Kuvassa 2 on havainnoitu virtuaalivoimalaitoksen rakenne.



**Kuva 2:** Virtuaalivoimalaitoksen rakenne (Yu ym. 2019)

Älykkäällä rakennuksella on edellytykset ostaa sähköä silloin kun se on halpaa, varastoida se ja käyttää kun hinta on korkealla. Uusiutuvan energian tuotannolla voidaan ladata akkuja, kuin myös yöaikaisella halvemmalla sähköllä ja käyttää sitä sitten päivän kalliimmilla tunneilla tarpeen mukaan. Virtuaalivoimalaitos mahdollistaa rakennuksien vähentävän omaa sähkönkäyttöä kulutuspiikkien aikana. Tällaisesta kulutusjoustosta kantaverkkoa hallinnoiva Fingrid maksaa korvauksen. (Nuoska 2019).

Virtuaalivoimalaitos on mahdollista toteuttaa monella tapaa. Se voi koostua pienistä ja suurista, yksityisten tai yritysten omistamista kiinteistöistä ja laitteista. Kulutusjoustoa voi esimerkiksi suorittaa kotitalouksien lämminvesivaraajilla, jotka ovat kauko-ohjauksessa. Kotitalouksien lämminvesivaraaja voidaan esimerkiksi ohjata pienemmälle teholle hetkellisesti kulutuspiikkien aikana, ilman että siitä on haittaa asumisviihtyvyyteen. Yksittäisen lämminvesivaraaja kytkeminen pois päältä hetkellisesti ei tietenkään ole riittävää, mutta suuremman kiinteistömäärän kanssa saadaan kulutusta joustettua alaspäin jo tuntuvasti.

Virtuaalivoimalaitostoimijoiden ideana on saada kuluttajia, yrityksiä tai kiinteistön omistajia luovuttamaan tietty tehonsäästökapasiteetti virtuaalivoimalaitostoimijan käyttöön korvausta vastaan. Mikäli kiinteistömäärää ja alennettavia helposti säädettäviä kuormia on riittävästi, joustolla voidaan leikata tehopiikkejä huomattavasti. (Reinikainen 2017.)

## Kulutus/kysyntäjousto

Uusiutuvan energian lisääminen aiheuttaa sähköverkolle ongelmia. Sääriippuvaisen energian tarjonnan kasvu vaatii verkolta enemmän joustoa ja reserviä kuin ennen. Sääriippuvaista energiantuotantoa ei pystytä ajoittamaan kulutuksen mukaan, vaan se on saatavilla silloin kun sääolot sen mahdollistavat. Sähkön saatavuuden vaihtelu näkyy suoraan sähkön hinnassa ja se lisää hinnan heilahtelua voimakkaasti. Ajoittain uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä on tarjolla runsaasti ja halvalla, toisinaan taas niukasti ja kalliimmin. (Energiateollisuus 2020.)

Tämän myötä jouston tarve verkossa kasvaa, mutta samaan aikaan säätövoima tuotannossa vähenee. Tämän ongelman yhtenä ratkaisuna on kulutusjousto, eli sähkönkulutuksen hetkellinen vähentäminen. Kiinteistömässä tarjoaa kulutusjoustoon suuren potentiaalin, sillä jopa 40% kaikesta sähkönkulutuksesta liittyy rakennuksiin. (Vaasan yliopisto 2019.)

Suomessa on jo ennestään käytetty teollisuuden suuria kuormia osana tehotasapainon ylläpitoreserveinä, keskittyen kuitenkin pitkälle vain suurteollisuuteen. Kulutusjousto on luonteva keino lisätä tarjontaan säätösähkö- ja reservimarkkinoille. Uusina toimijoina sähkömarkkinoilla ovat aggregaattori-yritykset, jotka muodostavat pienistä kulutuksen ja tuotannon virroista suuremmat kokonaisuuden, joka voi osallistua markkinoille. Älykkäillä järjestelmillä kuluttajien pientuotanto tai suurikiinteistöjen varavoimakoneet voidaan liittää osaksi kulutusjoustoa, vähentämällä niiden ohjauksella rakennusten sähkönottoa verkosta. (Fingrid 2020.)

Tässä murroksessa sähkönkulutusta kannattaa mukauttaa vaihteluiden mukaan. Jo ennestään Suomessa on automatiikan myötä ohjattu esimerkiksi lämmivesivaraajat toiminaan yöajan halvemmalla sähköllä, mutta lisääntyvä automatiikka ja älykkyys tuovat uusia sovelluksia, joilla pystytään ohjaamaan kulutusta tuntitasolla halvemmille tunneille ympäri vuorokautta. Tämä näkyy suoraan sähkölaskuissa ja edesauttaa energiantuotannon ympäristötavoitteita. (Energiateollisuus 2020.)

Sähkön kulutusta voidaan joustaa molempiin suuntiin. Kulutusta voidaan pienentää tai lisätä hetkellisesti kiinteistöissä tilanteen mukaan, tai siirtää toiseen ajankohtaan. Monien suomalaisten arkirytmii toimii samansuuntaisesti ja kotien suuritehoiset laitteistot kuormittavat sähköverkkoa samaan aikaan, vaikka niitä voisi ajastaa toimimaan muina aikoina huolettomasti. Kulutushuippujen leikkaaminen vaikuttaisi myös sähkön pörssihintaan. (Motiva 2019.)

Kysyntäjousto mahdollistaa hyötyä kaiken kaikkiaan monille eri osapuolille. Kuluttajat, joiden sähkö on sidottu pörssihintaan, voivat siirtää kulutusta halvemmille tunneille manuaalisesti tai automatiikan avulla. Kuluttaja voi antaa näihin ohjauksiin luvan myös palveluntarjoajille. Sähkönmyyjät voivat kuormien ohjauksella pienentää hintariskejä ja tasevirhettään. Aggregointipalveluntarjoajat voivat hyödyntää koottuja resursseja tarjoamalla niitä erilaisille sähkön markkinapaikoille. Kantaverkonhaltija voi käyttää markkinoille tarjottuja resursseja valtakunnallisen tehotasapainon ylläpidossa ja mahdollisuuksien mukaan siirron tehopolutilanteiden hallinnassa. (Kolehmainen 2019.)

### **Energiavarastot osana virtuaalivoimalaitoista**

Kuten aiemmin mainittu niin sääriippuvainen energiantuotanto tuo haasteita verkolle. Ajanjaksosta riippuen tuotantoa voi olla liikaa tai liian vähän tarpeeseen nähden. Akkuteknologia on kehittynyt vuosien varrella reilusti ja hinnat ovat laskeneet tasaisesti, mutta edelleenkin sähkön varastointi ei ole kovinkaan kustannustehokasta. Akkuteknologian mukana nousee myös kysymyksiä kestävästä luonnonvarojen käytöstä akkujen tuotannossa. 2020-luvulla maailman edelleen sähköistyessä, akut tulevat lisääntymään ja niiden rooli energian varastoinnissa tulee kasvamaan. Lähtökohtaisesti kuitenkin akut eivät ole nykyisin vielä suurimittaisen energianvarastoinnin muoto, eivätkä ne pysty kilpailemaan energiavarastoinnissa esimerkiksi vesi- ja pumppuvoimaa vastaan. (Lovio & Tuomi 2018)

Suomessa suurien akkujen käytöstä on viime vuosilta joitain kokemuksia, esimerkiksi Fortum, Helen ja Siemens ovat tehneet suuria akkuinvestointeja. Ennusteiden mukaan sähkövarastot yleistyvät niin Suomessa, kuin muuallakin maailmassa. Akustot ovat Suomessa sopivin vaihtoehto sähkön varastointiin, mutta niiden laajamittaiseen lisääntymiseen vaaditaan hintatason pudotusta ja onnistuneiden referenssikohteiden olemassaoloa. (Blomqvist ym. 2018)

Ideaalitilanteessa uusiutuvaan energiaa saataisiin varastoitua aina kysynnän ulkopuolella, mutta siihen ei ole vielä kustannustehokasta ratkaisua. Suuret tuulipuistot tuottavat valtavasti sähköä, mutta isojen akkujen kapasiteetit ovat vain muutamia megawattitunteja. Nykyisillä sähkön varastointijärjestelmillä voidaan lähinnä auttaa lyhytkestoisissa häiriöissä. Pidemmän aikavälin varastointi odottaa vielä tulemistaan. (Lovio & Tuomi 2018.)

Sähköautojen yleistyessä Suomessa, on niitä myös mahdollisuus käyttää pienimuotoisina sähkövarastoina joissain määrin. Tämä vaatii kuitenkin kaksisuuntaisten latausasemien tutkimusta ja yleistymistä. Ylituotanto

tilanteessa sähköä voisi varastoida autojen akkuihin kulutuksen tasaamiseksi ja sitä voisi purkaa takaisin tarpeen mukaan. Tämä kuitenkin lyhentäisi akkujen käyttöikää, mikäli purku ja lataus toistuisivat tiheästi. (Aalto ym. 2012)

## **Virtuaalivoimalaitokset Suomessa**

### **Aurora Pyramidit**

Matkailuyritys Hullu Poro Oy:n uudet lasikattoiset pyramidit muodostavat maailman pohjoisimman mikroverkon mahdollistaen näin ajoittaisen itsenäisen toiminnan saarekkeena. Pyramidit on liitetty osaksi Siemensin virtuaalivoimalaitos palvelua, jolla kiinteistöt yhdistetään sähkömarkkinoihin ja sen avulla optimoidaan niiden energiankäyttöä. Pyramidien joustoa tarjotaan sähkömarkkinoille. (Siemens 2020a.)

Alueelle rakennetaan älykkään talotekniikan ja automaation lisäksi 132 kWp aurinkoenergiajärjestelmä ja 1,3 MW akusto. Näillä mahdollistetaan saarekkeen itsenäinen toiminta kysyntäjoustoa tarjottaessa. Pyramidien lämmitys-, jäähdytys-, ja ilmanvaihtojärjestelmä hyödyntävät aurinkoenergiaa. Ylimääräinen energia varastoidaan ensisijaisesti akustoon, mutta se voidaan myydä myös verkkoon. Pyramidien talotekniikan automaatio on yhdistetty varauskalenteriin, näin energiaa saadaan säästettyä pyramidien ollessa tyhjillään. (Siemens 2020a.)

Kiinteistöjen älykäs ohjausjärjestelmä mahdollistaa myös revontulihälytykset, sisäolosuhteiden hallinnan, huipputehon hallinnan, sääennusteeseen perustuvan lämmityksen ohjauksen, energian varastoinnin ja kysyntäjoustop tarjoamisen. (Siemens 2020a.)

### **Kauppakeskus Sello**

Kauppakeskus Sellossa on vuonna 2018 otettu käyttöön Siemensin kehittämä virtuaalivoimala. Vastaavaa virtuaalivoimalaa ei ole aiemmin Suomessa toteutettu. Ratkaisu yhdistää uusiutuvan energian tuotannon, sen varastoinnin ja käytön osana sähköverkkoa. Järjestelmä koostuu Sellon talotekniikkaan perustuvasta mikroverkosta, 550 kWp:n aurinkopaneelijärjestelmästä ja sähkövarastosta. (Siemens 2019.)

Sähkö varastoidaan Pohjois-Euroopan suurimpaan kiinteistökohtaiseen akkuun, joka on teholtaan 2 MW ja kapasiteetiltaan 2,1 MWh. Akkua älykkäästi käyttämällä pystytään leikkaamaan satunnaisia kulutuspiikkejä, varastoimaan halpaa pörssisähköä kuin myös aurinkopaneelien tuottamaa

sähköä. Virtuaalivoimala pystyy tasapainottamaan sähköverkkoa osaltaan kovie kysyntäpiikkien aikana, josta kantaverkkoyhtiö Fingrid maksaa korvauksen. (Siemens 2018.)

### **Lappeenrannan kaupunki**

Lappeenrannan kaupunki on ensimmäisten paikkakuntien joukossa liittynyt hyödyntämään kulutusjoustoaa. 17 kaupungin rakennusta on liitetty Siemensin toimittamaan virtuaalivoimalaitospalveluun. Valittuihin rakennuksiin kuuluu esimerkiksi urheilutalo, koulu ja päiväkot. Kiinteistöt kuluttavat tarpeen mukaan enemmän tai vähemmän sähköä verkon ylläpitovaatimusten mukaan. Kaupungin tavoitteena on liittää ainakin 50 kiinteistöä palveluun tulevien vuosien aikana. (Partanen ym. 2020 & Greenreality 2019.)

Kaupunki maksaa Siemensille kiinteää palvelumaksua ja Siemens tulouttaa toteutuneet tuotot kaupungille takaisin. Kulutusjoustoaa toteutetaan esimerkiksi valaistuksen ja ilmanvaihdon hetkellisellä ohjauksella. (Greenreality 2019.)

### **Pohdinta**

Vaikkakin DAS Kelo monella tapaa moderni kerrostalo, se ei yksittäisenä kiinteistönä riitä vielä virtuaalivoimatoimintaa. Joustettavia kuormia tulisi olla huomattavasti enemmän kuin yksittäisessä kerrostalossa, mutta useammasta kerrostalosta kootusta ”poolista” voisi riittää, mikäli kuormat olisi yhtä aikaa säädettävissä. Kuvan 3 perusteella voi arvioida yksittäisen kiinteistön potentiaalia kysyntäjoustomarkkinoille.

YKSITTÄISEN KIINTEISTÖN KYSYNTÄJOUSTOPOTENTIAALIA VOI ARVIOIDA KOLMEN KRITERIN PERUSTEELLA		
<b>Kokonaisteho</b> Onko kulutustyyppin kokonaisteho riittävä, jotta kysyntäjousto olisi mielekästä toteuttaa?	<b>Ulkoinen ohjaus</b> Voidaanko kulutustyyppin ottamaa tehoa säädellä ulkoisen signaalin perusteella?	<b>Vaikutukset</b> Vaikuttaako kulutuksen sääto kiinteistössä tapahtuvaan toimintaan, sen sisäilmastoon tai turvallisuuteen?

KUORMA	SÄHKÖTEHO	SÄÄTÖVARA	OHJAUKSEN TOTEUTUS	PROSESSIN KRIITTISYYS	KOKONAISARVIO
Ilmanvaihto	Suuri	Suuri	Onnistuu muutoksilla automaatioon	Kohtalainen	Suuri potentiaali
Kylmälaitteet	Suuri	Suuri	Edellyttää investointia automaatioon/laitteistoon	Kohtalainen	Keskisuuri potentiaali
Valaistus	Keskisuuri	Pieni	Yleensä edellyttää investointia automaatioon	Tärkeä	Pieni potentiaali
Pumput	Pieni	Suuri	Onnistuu muutoksilla automaatioon	Kohtalainen	Pieni potentiaali
Suurtalous-keittiö	Suuri	Suuri	Edellyttää investointia automaatioon/laitteistoon	Kohtalainen	Pieni potentiaali

**Kuva 3:** Kysyntäjoustopotentiaalin arviointitaulukko (Partanen ym. 2020)

Kuvasta 3 nähdään, että sellaiset rakennukset sopivat hyvin virtuaalivoimalaan, joissa on suuritehoisia ilmanvaihtokoneita, koska niiden säätövara on suuri. IV-koneiden puhaltimien tehoa säädetään usein portaattomasti taajuusmuuttajilla, joten niitä on helppo ohjata alas tai ylöspäin. Hetkellinen ilmanvaihdon pienentäminen säilyttäisi kuitenkin asumisterveyden kunnossa. Kysyntäjoustopotentiaalin reservimarkkinoille pääsemiseen vaaditaan joko mahdollisuus 100 kW osalta puolentunnin alaspäin tai ylöspäin tapahtuvaan säätöön tai 1 MW säädettävä kuorma, joka voidaan nopeasti säätää alaspäin. (Partanen ym. 2020)

Kysyntäjoustopotentiaalin osallistuminen vaatii monesti useamman kiinteistön keräämistä yhteisen säädettävän järjestelmän alle. Näin ollen kiinteistöt tarvitsevat monesti investointeja ohjelmistoon ja laitteistoon. Investoinnit ovat kuitenkin kertaluonteisia ja takaisinmaksuajat pysyvät suhteellisen lyhyinä. Esimerkiksi Lappeenrannassa takaisinmaksuajaksi on arvioitu 2-3 vuotta, mitä kuitenkin edesauttaa se, että kiinteistöt olivat valmiiksi jo liitettynä kaupungin keskitettyyn kiinteistöautomaatiojärjestelmään. (Partanen ym. 2020)

Helpoiten virtuaalivoimalaitostoimintaan pääsee matkaan, kun jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa kiinnitetään huomiota rakennukseen laitettaviin ohjaukseen ja säätölaitteistoon. Vanhojen rakennusten kanssa jälkikäteen tehtävät muutokset voivat tulla hyvin kalliiksi.

## Lähteet

- Aalto, A., Honkasalo, N., Järvinen, P., Jääskeläinen, J., Raiko, M. & Sarvaranta, A. 2012. Energiateollisuus ry, Fingrid Oyj. Mistä lisäjoustoa sähköjärjestelmään? Loppuraportti. Viitattu 22.1.2020  
[https://energia.fi/files/694/Mista\\_lisajoustoa\\_sahkojarjestelmaan\\_loppuraportti\\_28\\_11\\_2012.pdf](https://energia.fi/files/694/Mista_lisajoustoa_sahkojarjestelmaan_loppuraportti_28_11_2012.pdf)
- Alestalo, S. 2007. Virtuaalivoimalaitos. Tampereen teknillinen yliopisto. Projektityö. Viitattu 23.1.2020. <http://docplayer.fi/3238231-Sanna-alestalo-virtuaalivoimalaitos-projektityo.html>
- Bartz, D. & Stockmar, E. 2018. Energy Atlas 2018: Facts and figures about renewables in Europe. Heinrich Böll Foundation. Viitattu 3.3.2020  
[https://www.boell.de/sites/default/files/energyatlas2018\\_facts-and-figures-renewables-europe.pdf.pdf?dimension1=ds\\_energieatlas](https://www.boell.de/sites/default/files/energyatlas2018_facts-and-figures-renewables-europe.pdf.pdf?dimension1=ds_energieatlas)
- BCDC Energia. 2016. Rauli Svento ja Risto Lindroos: Sähkömarkkinat murroksessa. Viitattu 13.2.2020  
<https://www.youtube.com/watch?v=15fXKsN2ev8&list=TLPQMTkwMjlwMjCNkrjDlxDuqQ&index=1>
- Blomqvist, K., Härkönen, J. & Makkonen, T. 2018. Älykkäät sähköverkot. Karelia. Viitattu 21.1.2020  
<http://www.karelia.fi/mobiilisahkovarastot/wp-content/uploads/2018/04/Alykkaatsahkoverkot.pdf>
- Energiateollisuus. Sähköä kannattaa käyttää joustavasti. Viitattu 23.1.2020  
<https://energia.fi/energiasta/energiamarkkinat/sahkomarkkinat/kulutussjousto>
- Fingrid. 2020. Kysyntäjousto. Viitattu 23.1.2020  
<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyssahkomarkkinoiden-tulevaisuus/kysyntajousto/#markkinapaikat>
- Greenreality. 2019. Lappeenranta virtuaalivoimalan käyttäjäksi ensimmäisinä kaupunkina maailmassa – Siemens mahdollistaa



- kiinteistöjen liittymisen sähkön säätömarkkinoihin. Viitattu 27.1.2020 <https://www.greenreality.fi/lprnyt/lappeenranta-virtuaalivoimalan-kayttajaksi-ensimmaisina-kaupunkeina-maailmassa-siemens>
- Juuti, P. 2016. Kotisi lämminvesivaraajasta on moneksi – Fortum etsii 1 000 asiakasta virtuaalivoimalaansa. YLE. Viitattu 24.1.2020 <https://yle.fi/uutiset/3-9250187>
- Koistinen, A. 2017. Uudet älymittarit muuttavat kodin arkea – Sähkönkulutuksesta saa pian reaaliaikaista tietoa kännykällä. Yle. Viitattu 13.2.2020 <https://yle.fi/uutiset/3-9577330>
- Kolehmainen, L. 2019. Energiayhteisöjen toimintamallit ja lainsäädännöt Suomessa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Diplomityö. Viitattu 23.1.2020 [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/159224/Diplomityo\\_Kolehmainen.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/159224/Diplomityo_Kolehmainen.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Kortetmäki, A. 2018. Hajautettujen energioresurssien vaikutus pienkiinteistön sähkösuunnitteluun. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Diplomityö. Viitattu 17.2.2020 <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/26928/Kortetm%c3%a4ki.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Laatikainen, L. 2018. 1 megawatin akku koostuu kotitalouksista, lämminvesivaraaja pois päältä 10 minuutiksi – Fortum: Tärkeä alku sähkömarkkinan kysyntäjoukille. Tekniikka & Talous. Viitattu 22.1.2020 <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/1-megawatin-akku-koostuu-kotitalouksista-lamminvesivaraaja-pois-paalta-10-minuutiksi-fortum-tarkea-alku-sahkomarkkinan-kysyntajoukille/d3754815-805e-3df8-9a01-cdb2dc8d2bf8>
- Lovio, R. ja Tuomi, T. 2018. Akkujen merkitys kasvaa: milloin, miten ja millä edellytyksillä? – suomalaisten toimijoiden näkemyksiä vuoden 2018 alussa. Tutkimusraportti, Suomen Akatemian strategisen tutkimuksen neuvosto. Viitattu 22.1.2020 <https://lahienergia.org/wp-content/uploads/Akkujen-merkitys-kasvaa-milloin-miten-ja-mill%c3%a4-edellytyksill%c3%a4-%e2%80%93-suomalaisten-toimijoiden-n%c3%a4kemyksi%c3%a4-vuoden-2018-alussa.pdf>

- Motiva. 2019. Valmistaudu Kulutusjousto. Viitattu 23.1.2020  
[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/valmistaudu\\_sahkon\\_kulutusioustoon](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/valmistaudu_sahkon_kulutusioustoon)
- Next Kraftwerke. 2020. What is a Virtual Power Plant. Viitattu 23.1.2020  
<https://www.next-kraftwerke.com/knowledge/what-is-a-virtual-power-plant>
- Nuoska, L. 2019. Suomessa kehitettiin uudenlainen voimalaitos – ”Omistaja ei huomaa muuta, kuin että tilille tulee rahaa”. Iltasanomat. Viitattu 23.1.2020 <https://www.is.fi/taloussanomat/art-2000006103739.html>
- Partanen, J. Viljainen, S. Honkapuro, S. Lassila, J. Haakana, J. & Annala, S. 2015. Sähköverkko- ja sähkökauppaliiketoiminnan nykytila ja kehitysnäkymiä. Lappeenranta teknillinen yliopisto. Viitattu 23.1.2020 <http://docplayer.fi/1158600-Sahkoverkko-ja-sahkokauppaliiketoiminnan-nykytila-ja-kehitysnakymia.html>
- Partanen, P. (toim) Määttä, T. Berg, E. Härkönen, K. Österberg-Aikio A-S. & Katajainen A. 2020. Näin teet kiinteistöstäsi virtuaalivoimalaitoksen – Virtuaalivoimalaitoksen opas. 6Aika Energiaviisaat kaupungit (EKAT)-hanke. Viitattu 18.20.2021 <https://6aika.fi/wp-content/uploads/2020/11/Na%CC%88in-teet-kiinteisto%CC%88sta%CC%88si-virtuaalivoimalaitoksen-opas.pdf>
- Ranta-Meyer, T. 2019. Korkeakoulukiinteistöstä älykampusseksi. Kiinteistötietomassojen hyödyntäminen sisäolosuhteiden ja energiatehokkuuden ennakkoinnissa. Metropolia Ammattikorkeakoulun julkaisuja. TAITO-sarja., Metropolia Ammattikorkeakoulu. Viitattu 16.3.2020  
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/227538/2019-TAITO-30-korkeakoulukiinteistosta-alykampusseksi-ranta-meyer-toim.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Reinikainen, V. 2017. Virtuaalivoimalaitokset tulevat, oletko valmis. Granlund Consulting. Viitattu 23.1.2020  
<https://www.granlund.fi/uutiset/blogi/virtuaalivoimalaitokset-tulevat-oletko-valmis/>
- Roti. 2019. Rakennetun omaisuuden tila. Viitattu 13.2.2020  
[https://www.ril.fi/media/2019/roti/roti\\_2019\\_raportti.pdf](https://www.ril.fi/media/2019/roti/roti_2019_raportti.pdf)

- Siemens. 2018. Kiinteistöistä virtuaalisia voimalaitoksia. Viitattu 22.1.2020  
<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/public.1525336411.59f69c2b9da9c9ce4eb805fa7445a2f7cdb68980.sello-fi-vpp-web.pdf>
- Siemens. 2019. Kauppakeskus Sellossa oma virtuaalivoimala: Vastaavaa ei ole toteutettu missään muualla. Kauppalehti. Viitattu 24.1.2020  
<https://studio.kauppalehti.fi/siemens/euroopan-ekologisin-kauppakeskus-saastaa-energiaa-virtuaalivoimalalla>
- Siemens. 2020a. Levin uudet pyramidit ovat uusimman talotekniikan suunnannäyttäjät - alueelle oma virtuaalivoimalaitos. Viitattu 3.3.2020  
<https://new.siemens.com/fi/fi/yhtio/stories/talotekniikka/aurora-pyramidit.html>
- Siemens. 2020b. Virtuaalivoimalaitos – Kiinteistöt hyötymään sähkömarkkinoista. Viitattu 23.1.2020  
<https://new.siemens.com/fi/fi/yhtio/ajankohtaiset-teemat/alykas-infrastruktuuuri/kiinteistoejen-virtuaalivoimalaitoshanke-lisaae-omistajien-tuot.html>
- Tuomela, S. 2019. Energiankulutuksen ohjausjärjestelmät. Viitattu 19.2.2020  
[https://www.motiva.fi/files/15785/Energiankulutuksen\\_ohjausjarjestelmat.pdf](https://www.motiva.fi/files/15785/Energiankulutuksen_ohjausjarjestelmat.pdf)
- Tuomikoski, P. 2019. Tehonrajoitus Digitalstrom-järjestelmällä. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 2.3.2020  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/168663/Tuomikoski\\_Paulus.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/168663/Tuomikoski_Paulus.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2016. Suomen älyverkkovisio. Viitattu 23.1.2020  
<https://tem.fi/documents/1410877/3481825/Älyverkkovisio+final/9ddc2545-586e-4574-8195-ef9987a07151>
- Vaasan yliopisto. 2019. Sähkön kulutusjouston tarve kasvaa – nyt pilotoitava markkinapaikka tehostaisi joustoressurssien käyttöä. Viitattu 23.1.2020

[https://www.univaasa.fi/fi/news/markkinapaikka\\_sahkon\\_kulutusjoustoille/](https://www.univaasa.fi/fi/news/markkinapaikka_sahkon_kulutusjoustoille/)

Yu, S. Fang, F. Liu, Y. & Liu. J. 2019. Uncertainties of virtual power plant: Problems and countermeasures. Applied Energy, Elsevier, Volume 239, Pages 454-470. Viitattu 3.3.2020  
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.224>

# DAS Kelon tekninen toiminta

Domus Arctica – säätiön Kelo nimeä kantava kerrostalo on monella tapaa innovatiivinen edelläkävijä Lapin rakennuskannassa. Opiskelijakerrostaloksi tarkoitettu Kelo sisältää lattiasta kattoon Lapissa ennennäkemättömiä tai varsin harvinaisia teknisiä ratkaisuita. Teknisten ratkaisujen lisäksi rakennuksessa on pyritty myös yhteisöllisyyden kautta hakea energiansäästöä ja resurssiviisaampaa asumista. Yhteisöllisyyteen tähdätään yhteisten tilojen ja yhteisten pyykinpesukoneiden kautta. Kattavan jätteen lajittelumahdollisuuksien ja sähköauton latauspisteen myötä opiskelijoille mahdollistetaan nykyaikainen resurssiviisas toimintaympäristö.

## **Mikä tekee DAS Kelosta innovatiivisen kerrostalon?**

Ensinnäkin DAS Kelo on ensimmäinen puinen kerrostalo lapissa. CLT-elementeistä kasattu yli sadan asunnon kerrostalo on kahdeksan kerroksisena jo itsessään nähtävyys Rovaniemen suhteellisen matalassa rakennuskannassa. Tämän lisäksi se on yksi harvoista uudiskerrostaloista, johon on asennettu aurinkopaneelit ja akkujärjestelmä pienentämään rakennuksen ostosähkön tarvetta. Katolta löytyvä aurinkosähköjärjestelmä ei ole kuitenkaan ainoa innovatiivinen energiaratkaisu omavaraisuuden parantamiseksi, vaan Kelon pohjakerroksesta löytyy vielä lämmöntalteenottolaitteisto jätevedelle.



**Kuva 1.** DAS Kelon aurinkopaneelit (Jarmo Honkanen / Yle 2019)

Näiden ratkaisujen myötä Kelosta on tullut kiinnostava tutkimuskohde, josta ammennetaan uutta tietoa useammassa Lapin ammattikorkeakoulun hankkeessa. Rakennuksen kattavat mittausanturoinnit mahdollistavat uuden tiedon syntymisen arktisen alueen rakennuksien mahdollisuuksista hyödyntää energiaa paremmin ja seurata ihmisten toimintaa kulutustietoisessa rakennuksessa ja yhteisössä. Tarkat anturoinnit tilakohtaisten lämpötilojen ja kosteuden osalta kuin myös huoneistokohtainen veden ja sähkön reaaliaikainen mittaus helpottavat myös itse rakennuksen ylläpitoa.

### **Aurinkosähkön hyödyntäminen**

DAS Kelon katolle on asennettu 40 kappaletta aurinkopaneeleita, joiden piikkiteho on 12,4 kWp, joka on kooltaan varsin maltillinen huomioiden rakennuksen asuntojen määrän. Aurinkosähköä käytetään kuitenkin perinteiseen tapaan vain kiinteistösähkön kulutukseen, johon sisältyy myös sähköauton latauspiste. Paneelien lisäksi talosta löytyy Sonnen Battery:n 15 kWh akku, jota ladataan, kun rakennuksessa tuotetaan sähköä enemmän kuin sitä kulutetaan. Akkua ladataan välillä myös verkkosähköllä, jos aurinkoa ei ole näkynyt aikoihin. Akkua hyödyntämällä pystytään normaalitilannetta suuremman omavaraisuuden, sillä tuotanto ja kulutus eivät aina kohtaa keskenään. Aurinkopaneelit tuottivat vuonna 2020 noin 9500 kWh, joka on hieman alle 6% koko rakennuksen sähköenergian kulutuksesta.



**Kuva 2.** Aurinkosähkön tuotto 2020

Kuvasta 2, nähdään että aurinkosähkön tuotto on parhaimmillaan touko- ja kesäkuussa. Huhti-, heinä-, ja elokuun tuotto on lähes samalla tasolla. Tämä on jokseenkin yllättävä tulos, sillä normaalisti kesä, heinä ja elokuu ovat selvästi tuottoisempia kuukausia kuin muut. Alla olevassa kuvassa on esitetty vajaan vuoden 2021 tuottolukemat.



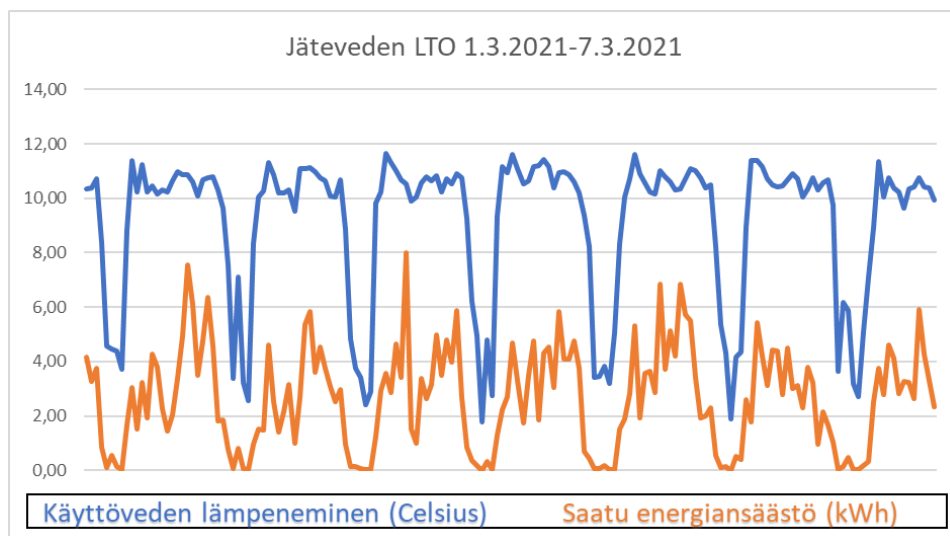
**Kuva 3.** Aurinkosähkön tuotto 2021

Kuvasta kolme nähdään, että vuonna 2021 paneelien tuotto jäi hieman matalammaksi kuin edellisenä vuotena. Huhti- heinä ja lokakuuta lukuun ottamatta tuotot ovat pienempiä kuin vuoden 2020 vastaavana aikana. Vuoden kokonaistuotto oli noin 9000 kWh. Näin ollen vuosikohtainen tuotto on jäämässä hieman matalammalle vuonna 2021 verrattuna edellisvuoteen. Rakennuksen kokonaissähkönkulutus on myös kasvanut vuonna 2021, joten omatuotannolla pystyttiin kattamaan noin 5,5 % rakennuksen sähkön käytöstä.

Aurinkopaneelit on varsin tarkasti mitoitettu kohteessa, eikä ylituotantoa pääse juurikaan syntymään, jolloin verkkoon myytävä osuus jää pieneksi. Mitä enemmän omasta energiantuotannosta voi käyttää itse, sitä kannattavampaa se on.

### Jäteveden LTO

Lämmöntalteenottojärjestelmät ovat varsin tuttuja ilmanvaihtokoneissa, mutta jätevesijärjestelmässä ne ovat hyvin harvinaisia asuinkerrostaloissa. Toimintaperiaate on lisätä lämmönvaihdin talon pohjakerrokseen, jonka läpi johdetaan kaikki talon jätevesi. Lämmönvaihtimessa jätevedestä saatavaa lämpöä käytetään passiivisesti käyttöveden esilämmitykseen ennen kaukolämmönvaihdinta. Jäteveden LTO vähentää näin kaukolämmön kokonaiskulutusta.



**Kuva 4.** Käyttöveden lämpeneminen LTO-laitteistossa ja sillä saavutettu energian säästö



Kuvasta 4 nähdään että keskimäärin käyttövesi lämpenee noin 10 Celsius astetta kulkiessa lämmönvaihtimen läpi. Kokonaisuudessaan viemärivereden LTO tuottaa n. 16 000 kWh lämpöä vuodessa, joka on noin 5% talon vuotuisesta kaukolämmön kulutuksesta.



**Kuva 5.** Jäteveden hybridilämmönvaihdin (Pasma 2020)

Jäteveden lämmöntalteenotto on varsin kallis investointi, joten siihen nähden sillä saatava hyöty on ainakin DAS Kelossa jäänyt varsin pieneksi. Pasma 2020, arvioi opinnäytetyössään, että laitteisto tarvitsisi huomattavasti suuremman jätevesivirran tai vaihtoehtoisesti lämpöpumpun toimiakseen täydellä potentiaalillaan. Laitteiston takaisinmaksu on jäämässä varsin pitkäksi, noin 30 vuoden mittaiseksi nykyisellä toiminnalla.

## **Pohjoisen suunnannäyttäjä**

Vaikka DAS Kelon rohkeilla energiajärjestelmäratkaisuilla on varsin pitkät takaisinmaksuajat, se näyttäytyy kuitenkin rohkeana pelinavaajana ja suunnannäyttäjänä tulevaisuuden energiatehokkaille ja ekologisille rakennuksille. Puurakentamisella, omalla energiantuotannolla ja erilaisilla lämmöntalteenotto ratkaisuilla on tulevaisuudessa omaroolinsa ilmastonmuutoksen vastaisessa taistelussa.

Tulevaisuudessa yhä useammat kerrostalot saattavat hyödyntää aurinkoenergiaa joko kiinteistösähköön tai suotuisien lakimuutosten myötä vielä tehokkaammin jopa asukkaiden omaan käyttöön muodostamalla energiayhteisön taloyhtiön sisälle.

## **Lähteet**

Honkanen, J. 2019. <https://yle.fi/uutiset/3-11025378>

Pasma, J. 2020. Jäteveden lämmöntalteenoton kannattavuuden tarkastelu DAS Kelossa. Opinnäytetyö. Lapin AMK. Viitattu 1.9.2020.  
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/337465/Opinn%C3%A4ytety%C3%B6%201.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

# Yhteisöllinen asuminen liiketoiminnallisessa näkökulmassa

## Johdanto

Yhteisöllinen asumismuoto on kasvattanut kiinnostustaan viimeisinä vuosina kiihtyvällä tahdilla. Idealtaan yhteisöllinen asumismuoto ei ole uusi keksintö, vaan sitä voidaan verrata esimerkiksi ennen sotia asuviin kyläyhteisöihin. Ennen yhteisössä ihmiset asuivat joko samassa talossa tai samassa pihapiirissä, nykymuotoinen yhteisöllinen asuja asuu usein kerrostalossa tai vastaavassa kiinteistössä, jossa on useita asuntoja. Ennen ja nykyään yhteisöllisessä asumismuodossa asujan on kosketuksissa yhteisöön päivittäin. Työskentely, yhteisöllisyys ja harrastukset voivat olla saman katon alla. Yhteisöllisessä asumisessa ideana on saada saman tyyppisiä henkilöitä ”saman katon alle”, jotta heidän olemassa olevat resurssit voidaan keskittää tehokkaasti yhteisön avuksi. Yksilö hyötyy yhteisöstä ja näin voidaan päästä jopa 20 % säästöihin asumiskuluissa verrattuna yksin asumiseen. (Coliving 2021.)

Yhteisöllisellä asumisen muodolla pystytään vaikuttamaan yksittäisen asujan asumiskuluihin. Ideana on, että asumisen peruselementtejä jaetaan muiden talossa asuvien kanssa ja näin yksikköhintaa sekä omistamisen tarpeita vähennetään ja asumisen kulut laskevat. Useat asunnot ja asujat samassa rakennuksessa laskevat yksittäisen käyttäjän kuluja, mutta samalla se mahdollistaa yhteisöllisen asumisen tuomat edut. Näitä ovat usein asiakasvolumiin perustuvia palveluita, kuten kuntosali, yhteiset sisäiset palvelut sekä erilaiset etuudet alueen yrityksiin. (Dunsby 2017.) Yhteisöllinen asuminen ei tuo pelkästään etuja asumiskuluihin, vaan lisää asumisen mukavuutta. Yleisesti ottaen yhteisöllisissä taloyhtiöissä oma huone on pienehkö, mutta yhteiset tilat ovat sitäkin hulppeammat. Keittiö, olohuone ja harrastustilat ovat suhteessa huomattavasti tasokkaammat sekä suuremmat, verrattuna normaaliin asumismuotoon kerrostalossa. (Lumos Business 2019.)

## **Yhteisöllisen asumisen trendit liiketoiminnassa**

Yhteisöllisen asumisen nouseminen entistä suositummaksi asumisen muodoksi, alalle on alkanut syntyä globaalilla tasolla erityyppisiä liiketoimintamalleja. Asiakaskunta on usein nuorehtavaa milleniaalia sekä z-sukupolvea. Tulee kuitenkin muistaa, että yksi tietyn tyyppinen liiketoimintamalli ei ole monistettavissa jokaiseen yhteisöön, vaan toimijan tulee ymmärtää yhteisöjen vaihtelevat taustatekijät, kuten alueiden eroavaisuudet, erityispiirteet ja kulttuurit. (Lumos Business 2019.)

Osterwalder 2019 on esitellyt yhteisöllisen asumisen business model canvaksen (Kuva 1.), jonka avulla pystytään näkemään, kuinka moninaisista tekijöistä onnistunut yhteisöllisen asumisen palveluihin perustuva liiketoimintamalli rakentuu.

<p><u>Yhteistyökumppanit</u></p> <p>Brändin koosta ja laajuudesta riippuen on olemassa erilaisia kumppanuuksia, jotka vaikuttavat strategian toteuttamiseen:</p> <p><b>Rahoitus</b> Rahoituskumppanuudet auttavat keskisuuria ja suuria tuotemerkkejä</p> <p><b>Omaisuus</b> Oikean kiinteistön löytäminen on kriittistä monille brändeille</p> <p><b>Arkkitehtuuri</b> Monet tuotemerkit luottavat suunnitteluun ja oikean ympäristön luomiseen korkeiden vuokrahintojen perusteluissa</p>	<p><u>Avainresurssit</u></p> <p><b>Kiinteistö, brändi ja yhteisö</b></p> <p>-Keskeisten, modernien kiinteistöjen turvaaminen kaupungin keskustoissa, hyvien kulkuyhteyksien varrella</p> <p>-Yhteisön brändi ja vahvuus ovat menestyksen kannalta ratkaisevia</p> <p><u>Avainaktiviteetit</u></p> <p>-Vahvan yhteisön ja brändieetoksen kehittäminen on välttämätöntä brändipääoman luomiseksi</p> <p>-Teknologian kehittäminen/käytön otto pitää kustannukset alhaisina</p> <p>-Uusien asiakkaiden löytäminen</p>	<p><u>Arvolupaus</u></p> <p><b>Jaettu elämä, jossa on suurempi yhteisöllisyys ja pääsy suuriin yhteisöllisiin tiloihin</b></p> <p>-Laadukkaat asuintilat ilman asunnon ostamista</p> <p>-Tapaa samanhenkisiä ihmisiä ja jaa elinkustannukset</p> <p>-Ylläpidä joustavuutta, siirry kaupungeista toiseen helposti</p>	<p><u>Asiakassuhteet</u></p> <p><b>Henkilökohtainen, yhteisöllinen, suuntautunut</b></p> <p>-Yhdistävien tuotemerkkien on luotava ja ylläpidettävä vahvoja suhteita asiakkaisiinsa</p> <p>-Monilla brändeillä on mobiilisovellus</p> <p><u>Kanavat</u></p> <p>Online ja offline</p> <p>-Monet asiakkaat kuulevat keräämisestä verkossa; he hakevat verkossa, jos he ovat kiinnostuneita vuokraamisesta</p> <p>-Tapaa henkilökohtaisesti tilassa, osallistu yhteisön tapahtumiin</p>	<p><u>Asiakassegmentit</u></p> <p><b>Millenniaalit, perheet z-sukupolvi</b></p> <p>Millenniaalit olivat alkuperäinen asiakassegmentti, joka perustui "aikuisten asuntolan" väitöskirjaan</p> <p>Perheistä on tullut merkittävä segmentti keräilyssä, koska monet saavat paremmin yhteiset tilat</p> <p>Z-sukupolvi (opiskelijat ja nuoret ammattilaiset) on uusi segmentti, joka kukoistaa joustavuudella ja jatkuvalla oppimisella dynamiikkaympäristöissä</p>
<p><u>Kulurakenne</u></p> <p><b>Vuokrakustannukset:</b> Keräily/Koonti-yritykset etsivät perinteisesti keskusasuntoja, joissa on useita yksiköitä, ja allekirjoittavat pitkäaikaisen vuokrasopimuksen</p> <p><b>Toiminta</b> useimmat yhteisöllisen asumisen-yritykset tarvitsevat kokopäiväistä henkilökuntaa hallitsemaan ja siivoamaan tiloja, järjestämään tapahtumia, keräämään vuokraa ja muita päivittäisiä operatiivisia toimintoja</p>			<p><u>Tulovirta</u></p> <p><b>Yhteisöllisen asumisen - operaattorit:</b> ansaitse tuloja vuokra -asuntosien välillä tuloista ja siitä, mitä he maksavat kuukausivuokrasopimuksesta, vähennettynä kaikista käyttökustannuksista</p> <p><b>Kiinteistörahastot:</b> Voivat ansaita parempaa tuottoa keräävillä kiinteistöillä</p>	

Kuva 1. Yhteisöllisen asumisen business model canvas (Osterwalder 2019)

Yhteisöllisen asumisen business model canvas rakentuu tuttuihin business model canvaksen tekijöihin:

- Yhteistyökumppaneihin
- Avain resursseihin
- Avain aktiviteetteihin
- Arvolupaukseen
- Asiakassuhteisiin
- Kanaviin
- Asiakassegmentteihin
- Kulurakenteeseen
- Tulovirtaan

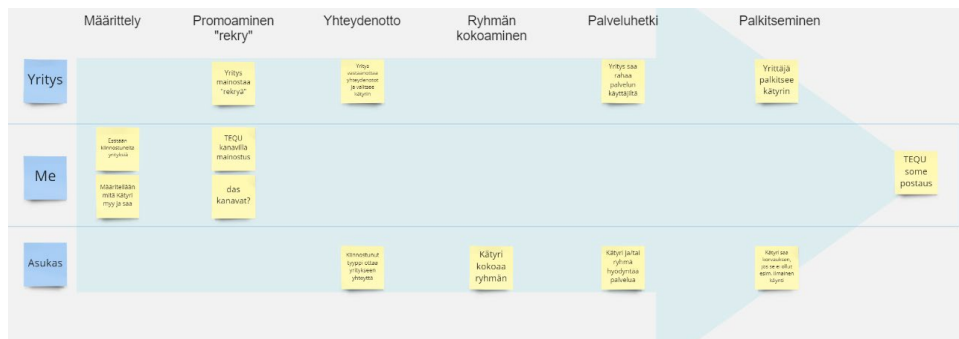
Yhteisöllisen asumisen business model canvaksen keskiössä on arvolupaus. Oleellisena tekijänä yhteisöllisessä asumisessa on sen tuomat verkostot ja niistä syntyvät asumisen edut. Liiketoiminnallisesti yhteisöllisen asumisen ympärille pystytään rakentamaan massaan (käyttäjämääriin) perustuvaa liiketoimintaa. Kokonaisuutta on helpompi hallita, jolloin säästöjä syntyy pienistäkin sivuvirroista, sillä kuluja synnyttävät pienet sivuvirrat ja niiden poikkeamat on selkeämpi havaita massasta. Kokonaisuutena yhteisöllisen asumisen liiketoimintamallin ydin on ymmärtää laajan toiminnan moninainen verkosto ja osata hyödyntää verkoston tuomia etuja niin asukkaan kuin yrittäjän näkökulmasta.

### **Yhteisöllisen asumisen palvelukokeilu Rovaniemellä - Kätyri**

Rovaniemen kampuskeskittymän välittömässä läheisyydessä sijaitsee DAS Kelo kerrostalo. Kohteen uutuusarvo perustuu sen rakennusmateriaaliin (CLT), koko kerrostalon kattavaan asuntokohtaiseen datankeruuseen ja sen hyödyntämiseen palveluina sekä yhteisöllisen asumisen muodon tuomisen opiskelija-asumiseen. Dwell-hankkeessa yhteisöllisen asumisen business potentiaalien tunnistamisessa keskityttiin vahvasti taloyhteisön sisällä tapahtuvaan keskinäiseen toiminnan tunnistamiseen ja sen pohjalta mahdollisuuteen rakentaa liiketoimintaa opiskelijoille. Rajoittavana tekijänä potentiaalisen businesstoiminnan järjestämisessä on Domus Arctica -säätien säädökset, jotka kieltävät heidän tiloissaan tapahtuvan liiketoiminnan. Säädöksen myötä kohteen tiloissa ei pysty harjoittamaan asukkaiden keskenäistä liiketoimintaa, vaan tuotettavat palvelut tulee järjestää tilan ulkopuolella. Näin ollen esimerkiksi tunnusomaiset taloyhteisön keskenäiset liiketoimintaverkostot ovat suljettu pois.

Yhteisöllisen asumisen erityyppisten palveluiden (liikunta, harrastus, jne.) tuominen kyseiseen kohteeseen haastaa ns. perinteistä yhteisöllisen asumisen yhteisöä. DAS Kelo kohteessa asia ratkaistiin kääntämällä ajatusmaailma liiketoimintalähtöiseksi asumiseksi. Avaintekijänä palveluiden tuottamisessa on nanovaikuttajat, joiden toiminta on pienessä mittakaavassa vastaavaa, kuin esimerkiksi sosiaalisessa mediassa toimivien vaikuttajien (influencer) toiminta. Ideana DAS Kelo kohteessa on, että talossa olevilla asukkailla on pääsy esimerkiksi talon keskustelupalstalle, jossa he voivat vaikuttaa esimerkiksi hakemalla seuraa erilaisiin harrastuksiin.

Ero normaaliin vaikuttajamarkkinointitoimintaan on siinä, että talon asukas voi rekrytää itsensä haluamansa palveluntarjoajan ”kätyriksi” eli nanovaikuttajaksi. Tällöin hän pystyy keräämään talossa olevia saman henkisiä asukkaita yhteen ja käydä esimerkiksi sähköpyöräilemässä heidän kanssaan saaden itselleen etuja itse palvelun tarjoajalta. Toiminnan ideana on luoda alueellisille toimijoille mahdollisuus tuoda palvelut entistä kohdennetummin ihmisten näkyvyyteen ja kiinnostuksiin pohjautuen.



**Kuva 2.** Kätyri -nanovaikuttajan asiakaspolun toimintapisteet.

Testauksen aikana merkittäväksi tekijäksi yhteisöllisen asumisen nanovaikuttajan toiminnassa nousi hänen asiakaspolku ”Kätyrinä”, kuten kuvassa 2 on kuvattu. Esille nousi samoja tekijöitä, kuin perinteisen asiakaspolun rakentamisessa. Merkittävin vaikuttava tekijä on asiakaspolun helppous. Yhteisöllisen asumisen nanovaikuttajan tuli kokea antamansa panoksen hyöty konkreettisesti. Testauksen aikana huomattiin, että nanovaikuttajan toiminta tulee suunnitella yrityksellä ystävälliseksi, jotta yrityksen tarjous on konkreettisesti kiinnostava ja edistää niin nanovaikuttajan elämää kuin asuinyhteisön toimintaa. Asuinyhteisön nanovaikuttajaksi

ryhtyminen tulee olla helppoa, kiinnostavaa ja alkuun sitoutumatonta toimintaa. Erityisesti opiskelijakohteissa ns. premium-tuotteiden ja -palveluiden tuominen yhteisöön on haastavaa, sillä maksukyky on huomattavasti pienempi kuin vastaavissa kohteissa, jossa asukasprofiili on esim. työssäkäyvät.

### **Päätelmät ”Kätyri”-kokeilu yhteisöllisessä asumisessa**

Globaalit ajurit antavat signaaleja, että yhteisöllinen asuminen tulee lähivuosina yleistymään. Ajureina ovat luonnolliset tekijät, kuten maailmalla mylläävät pandemiat ja sen myötä sosiaalisten suhteiden ja toisten ihmisten kohtaamisen määrän vähentyminen. Asuntojen pinta-alojen pienentyessä myös yksin asuminen yleistyy. Seurauksena asuinyhteisö tulee entistä merkittävämpään rooliin, sillä ihmisten yksinäistyminen on suuri uhka tulevaisuudessa. Yhteisön puuttuminen aiheuttaa helposti mielenterveysongelmia, jonka seurauksena yhteiskunnallisten kustannusten nousu on uhka. (Mankinen 2020.)

Yhteisöllisen asumisen nanovaikuttajat voivat tulevaisuudessa olla niitä voimia, jotka ennaltaehkäisevät yksinäistymistä, tuovat yhteisöllisyyttä sekä uutta liiketoimintaa sekä asuinyhteisöön, mutta myös alueen toimijoille. Ratkaisevana tekijänä on löytää alkuun kiinnostavat ja helposti lähestyttävät palvelut sekä innokkaat nanovaikuttajat asuinyhteisössä. Tässä helpottaa asuinyhteisön yhteinen viestintäkanava, kuten Dwell-hankkeessa luotu Kuluma-sovelluksen keskustelupalsta.

Toisena merkittävänä tekijänä on tunnistaa asuinyhteisön toimintakokonaisuudesta kuluvirtoja, joita tuotteistamalla voidaan tuottaa palveluita vastaavalla kulurakenteella ja näin mahdollistaa uusia liiketoiminta-avauksia alueen toimijoille. Oleellisena tekijänä on asuinyhteisön massa, jossa pienellä muutoksella voidaan tuottaa asukkaille palveluita ja valjastaa alueen toimijoita tuottamaan tämä palvelu, samalla kulurakenteella. Suomessa yhteisöllisen asumisen liiketoiminnallistaminen on vielä alkuvaiheessa, joten potentiaalisia liiketoimintapaikkoja ja -malleja tullaan näkemään varmasti tulevaisuudessa.



## Lähteet

Coliving Inc. 2021. Viitattu 10.11.2021 <https://coliving.com/what-is-coliving>

Dunsby, M. 2017. Business ideas for 2017: Co-living. Viitattu 10.11.2021. <https://startups.co.uk/business-ideas/co-living/>

Lumos Business. 2019. Business model canvas - co-living. Viitattu 10.11.2021. <http://lumosbusiness.com/business-model-canvas-coliving/>

Osterwalder, A. 2019. CoLiving canvas. Viitattu 10.11.2021. [http://lumosbusiness.com/wp-content/uploads/2019/08/Coliving\\_Canvas.pdf](http://lumosbusiness.com/wp-content/uploads/2019/08/Coliving_Canvas.pdf)

Mankinen, K., Martelin, T., Pasanen, T., Solin, P., Tamminen, N. 2020. Sosiaaliset suhteet tärkeitä yksinasuvien positiiviselle mielenterveydelle  
Viitattu 10.11.2021 <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-343-543-8>

**Kestävää asumista yhteisöllisyyden ja teknologian keinoin** artikkelikokoelmassa kuvataan Dwell – Älykäs taloyhteisö tutkimushankkeen toimia ja päätulokset. Artikkelikokoelmassa tarkastellaan yhteisöllisyyden edistämistä muotoilun sekä teknologian keinoin, yhteisöllisen mobiilisovelluksen kehittämistä sekä uusien älykkäiden energianjärjestelmien vaikutusta rakennuksen ja asumisen energian sekä vedenkulutukseen. Teoksen avulla lukija ymmärtää mitä vaaditaan vastaavanlaisen yhteisöllisyyttä edistävän mobiilisovelluksen toteutukseen sekä mitä mahdollisuuksia uusilla älykkäillä energiajärjestelmillä on rakennuksen sekä asumisen hiilijalanjäljen pienentämiseen.

**Dwell – Älykäs taloyhteisö** oli EAKR-rahoitteinen tutkimushanke, joka toteutettiin ajanjaksolla 1.1.2019-31.12.2021. Hankkeen tutkimusympäristönä toimi Domus Arctica Säätiön rakennuttama opiskelija-asuinkerrostalo, DAS Kelo. DAS Kelo on 8-kerroksinen CLT-tilaelementeistä koottu kerrostalo, joka on varusteltu vähähiilisyyttä edistävillä nykyaikaisilla tekniikoilla. Tutkimushankkeen päätoteuttajana toimi Lapin ammattikorkeakoulu ja osatoteuttajana Lapin yliopisto. Hanke oli Euroopan aluekehitysrahaston osittain rahoittama, rahoittajaviranomaisena toimi Lapin liitto.

