



# ROBOAI TUTKIMUS- JA TUOTEKEHITYSKESKUS

Kokoomajulkaisu 2024



# **RoboAI tutkimus- ja tuotekehityskeskus**

Kokoomajulkaisu 2024

Toim. Pekka Suominen, Tiina Mäkitalo & Cimmo Nurmi

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Pori 2024

Satakunnan ammattikorkeakoulu | Satakunta University of Applied Sciences  
Sarja D, Muut julkaisut 1/2024  
ISSN 1457-0718 | ISBN 978-951-633-404-5 (nid.)  
ISSN 2323-8372 | ISBN 978-951-633-405-2 (PDF)

© Satakunnan ammattikorkeakoulu ja tekijät

Julkaisija:  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
PL 1001, 28101 PORI  
[www.samk.fi](http://www.samk.fi)

Graafinen suunnittelu: SAMK Viestintä / Jatta Lehtonen  
Taitto: SAMK Viestintä / Petra O'Rourke  
Kansikuva: Sari Merilampi / Kuvaaja Petra O'Rourke

# Sisältö

<b>Esipuhe .....</b>	<b>7</b>	
<b>RoboAI Industry</b>		
<b>RoboAI:n automaatio ja robotiikka Satakunnan kasvun tukipilareina .....</b>	<b>10</b>	
Mirka Leino & Pekka Suominen		
<b>3D-teknologiat historiallisten tavaroiden digitaalisessa säilyttämisessä ja uusien tuotteiden luomisessa .....</b>	<b>18</b>	
Joonas Kortelainen, Tommi Lehtinen & Mirka Leino		
<b>Large Language Models in Research: Coding and Text Generation.....</b>	<b>29</b>	
Juuso Lehtonen		
<b>Mobiilirobotit palvelevat ikäihmisten oppaina .....</b>	<b>38</b>	
Mirka Leino, Sari Merilampi & Johanna Virkki		
<b>STEM-toiminta Satakunnan automaatio-osaamisen jatkuvuuden tukena .....</b>	<b>48</b>	
Mirka Leino & Janika Tommiska		
<b>RoboAI Health</b>		
<b>Peliselli – sekin pelaa, joka pelkää .....</b>	<b>56</b>	
Sari Merilampi & Janika Tommiska		
<b>Tekoäly suomenkielisten lääkärilausuntojen tulkitsijana.....</b>	<b>62</b>	
Jussi Bergman, Anu Holm, Jonna-Carita Kanninen, Juho Salli & Alekski Postari		
<b>Tavoitteena kansainvälisyys, monialaisuus, innovaatiot ja asiantuntijuuden kasvu .....</b>	<b>73</b>	
Jenni Huhtasalo, Taina Jyräkoski, Sari Merilampi & Sanna-Mari Petäjäistö		
<b>Kuinka varmistetaan iäkkään turvallinen ja tehokas lääkehoito? .....</b>	<b>80</b>	
Jonna-Carita Kanninen, Anu Holm & Juha Puustinen		
<b>Kognitiivisen kuormituksen mittaaminen on mahdollista.....</b>	<b>87</b>	
Nina Karttunen, Matin Beiramvand, Anja Poberznic, Taina Jyräkoski ja Sari Merilampi		
<b>Yhteiskehittelyllä digiosallisuutta.....</b>	<b>93</b>	
Tiina Mäkitalo, Minna Kangasniemi, Mervi Vähätalo, Tuomas Leisti, Ali Tavakoli, Ryann Deloso & Santeri Saari		
<b>Näkökulmia virtuaaliteknologian ja eläinavusteisen toiminnan yhdistämisestä hyvinvoinnin tueksi.....</b>		<b>102</b>
Marjaana Raukola-Lindblom, Jenni Huhtasalo, Sari Merilampi & Anu Holm		
<b>Addressing challenges in hybrid services for illiterate adult immigrants – Unique Needs and Barriers .....</b>	<b>108</b>	
Ali Tavakoli, Ryann Deloso, Nasibeh Hedayati, Tiina Mäkitalo, Minna Kangasniemi & Milka Saari		

<b>Satakunta Testbed – teknologiaa testaamalla parempia sote-palveluita .....</b>	<b>116</b>
Mervi Vähätalo, Niina Holappa & Tuula Raukola	
<b>Eturintamassa kansallisen Ikäohjelman käytäntöön viemisessä</b>	
<b>– hyvinvointia teknologian avulla .....</b>	<b>126</b>
Mervi Vähätalo, Krista Toivonen, Taina Jyräkoski, Jonna-Carita Kanninen & Anu Holm	
<b>RoboAI Green</b>	
<b>Sähköistyvän yhteiskunnan tulevaisuus.....</b>	<b>136</b>
Timo Santa-Nokki	
<b>Kohti turvallista ja tehokasta akkujen kiertotaloutta.....</b>	<b>146</b>
Johanna Valio	
<b>RoboAI Intelligent Systems</b>	
<b>ChatGPT yrityksen johdon työkaluna .....</b>	<b>154</b>
Pekka Abrahamsson	
<b>Datan avulla tehokkaampaa viljelyä .....</b>	<b>164</b>
Tarmo Lipping, Petri Linna & Nathaniel Narra	

# Esipuhe

RoboAI on Satakunnan ammattikorkeakoulun ensimmäinen tutkimuskeskus. Toimintamme alkoi keväällä 2019 eli vietämme viisivuotisjuhlia. Keskuksen juuret juontavat 2010-luvun alkuun, jolloin SAMK toteutti useita robotiikkaan, automaatioon ja hyvinvointiteknologiaan liittyviä hankkeita eri kokoonpanoilla yhteistyössä mm. Tampereen teknillisen yliopiston ja aluekehitysyhtiö Prizztechin kanssa. Länsirannikon automatisaatio robotiikan keinoin oli tuolloin ja on edelleen vahva teema. Vuonna 2022 RoboAI oli kasvanut jo yli 60 asiantuntijan organisaatioksi ja se päätettiin jakaa neljään osakokonaisuuteen: Industry, Health, Green ja Intelligent Systems. RoboAI:n menestyksekkään pioneerityön jälkeen SAMKiin on perustettu useita uusia tutkimuskeskuksia, jotka esittelevät toimintaansa tässä kokoomajulkaisusarjassa.

RoboAI:ssa tehdään monialaista asiantuntijatyötä robotiikan, automaation ja tekoälyn aiheiden parissa. Tekemisemme linkittyy maakuntamme strategioiden ytimeen. Olemme saavuttaneet kansallisesti tunnistetun ja tunnustetun aseman. Toimintakenttämme on laaja; Industry-, Green- ja Intelligent Systems -tiimien teollisuusyritysverkostoista Health-tiimin julkisen, yksityisen ja kolmannen sektorin sote-toimijoihin. Yksi työmme keskeisistä elementeistä on erilaisten teknologioiden mahdollisuuksien esittely joko RoboAI yhteiskäyttölaboratoriossa tai jalkautumalla yhteistyökumppaneiden luo. Joulukuussa 2023 vietimme Pelisellin eli uuden hyötypeli- ja elämyslaboratorion avajaisia. Tila on kehitetty kentältä tulleeeseen tarpeeseen edistämään monialaista vuoropuhelua ja yhteiskehittämistä.

Tuottamillamme tutkimuksilla, piloteilla, koulutuksilla ja opetuksella on laajaa vaikutusta Satakunnan teknologiseen kehitykseen lyhyellä ja pitkällä aikajänteellä. RoboAI yhteiskäyttölaboratoriossa SAMKin insinööriopiskelijat pääsevät opiskelemaan ja tutkimaan uusimpia teknologioita. Robotiikka Akatemiassa opiskelijat ratkovat teollisuuden robotisaatioon ja automaatioon liittyviä haasteita monipuolisissa yritysprojekteissa. Toiminnan merkittävyyttä kuvaa hyvin, että jokainen akademiaopiskelijamme on työllistynyt heti valmistuttuaan. Yritysten lisäksi toimintamme tavoittaa ja osallistaa monenlaisia teknologiasta ja teknologiaosaamisesta hyötyviä ihmisiä vauvasta vaariin. Erityisesti haluamme innostaa lapsia ja nuoria automaation sekä robotiikan pariin panostamalla laajasti STEM-toimintaan (Science, Technology, Engineering and Mathematics) sekä tarjoamalla mahdollisuuden innostua tieteestä ja teknologiasta.

Monikulttuurisessa tutkimuskeskuksessamme on monista eri maista ja lähtökohdista tulevia asiantuntijoita hyvinkin erilaisilla koulutus- ja työtaustoilla. Kansainvälisyys on meillä konkretiaa monella eri tasolla mm. tutkimushankkeiden ja tutkijavaihtojen kautta. Lisäksi olemme työllistäneet projekteihimme lukuisia SAMKin kansainvälisten tutkinto-ohjelmien opiskelijoita opintojen ohessa ja osaltamme edistäneet heidän juurtumistaan Satakuntaan. Viimeisen vuoden aikana olemme panostaneet merkittävästi asiantuntijuutemme kehittämiseen (#enablingexpertise), sekä laatineet toimintasuunnitelman, joka vie eteenpäin teknologian ilosanomaa meidän kaikkien hyväksi.

*Pekka Suominen*

*Tutkimuspäällikkö, FT*

*RoboAI tutkimus- ja tuotekehityskeskus, Satakunnan ammattikorkeakoulu*

*Tiina Mäkitalo*

*Tutkimuspäällikkö, YTM*

*RoboAI tutkimus- ja tuotekehityskeskus, Satakunnan ammattikorkeakoulu*



---

# RoboAI Industry

---

RoboAI Industry vastaa RoboAI:n ydintoimintaan lukeutuvan automaation ja robotiikan alan tutkimus- ja koulutustoiminnasta. Työssä keskitytään laaja-alaisesti automaation ja robotiikan soveltavaan teknologiatutkimukseen, yritysysteistyöhön, teknologiatiedonsiirtoon sekä tutkimuksen ja koulutuksen integraatioon. Monipuolisilla yritysten kanssa yhteiskehittämällä toteutetuilla projekteilla, Robotiikka Akatemia -työllä sekä STEM-toiminnalla vastataan laajasti maakunnan yrityskehityksen tavoitteisiin tuottamalla uusia ratkaisuja ja osaamista.

---

# RoboAI:n automaatio ja robotiikka Satakunnan kasvun tukipilareina

Mirka Leino, TKT, yliopettaja, johtava tutkija, [mirka.leino@samk.fi](mailto:mirka.leino@samk.fi)

Pekka Suominen, FT, tutkimuspäällikkö, [pekka.suominen@samk.fi](mailto:pekka.suominen@samk.fi)

---

Satakunnalla on pitkät perinteet teollisuusmaakuntana, jossa erityisesti metalli- ja konepajateollisuus, metsäteollisuus, kemianteollisuus ja elintarviketeollisuus luovat hyvinvointia koko maakuntaan. Satakuntalaisen teollisuuden viennin arvo on kasvanut viimeisen reilun vuosikymmenen aikana paljon voimakkaammin kuin Suomessa keskimäärin [1]. Satakunnan vientiylijäämä onkin yli puolitoistakertainen, kun suhteutetaan sitä Satakunnan väkilukuun. **Luotsattaessa Satakunnan tärkeitä teollisuudenaloja kohti tulevaisuutta, on automaatiolla ja robotiikalla suuri merkitys. Robottien ja automaation käyttöönotto parantaa tuottavuutta ja laadunhallintaa, mikä on merkittävä kilpailuetu näillä aloilla.**

Automaation ja robotiikan kilpailuedun saavuttamista tukemassa Satakunnassa toimii vahva automaation, robotiikan ja tekoälyn keskittymä, jossa RoboAI tutkimus- ja tuotekehityskeskus on merkittävässä roolissa. RoboAI on tärkeä tekijä automaatio- ja robotiikkateknologioiden käyttöönoton moottorina ja siten alueen yrityksiä eteenpäin vievänä voimana. RoboAI:n asiantuntijoihin otetaan yhteyttä matalalla kynnyksellä ja sitä kautta, usein nopeastikin, löytyy ratkaisuja, joilla autetaan yrityksiä eteenpäin.

**RoboAI yhteiskäyttölaboratoriossa pilotoidaan uusimpia teknologioita ja sitä kautta ohjataan yrityksiä käyttämään niitä parhaalla mahdollisella tavalla.** Tätä työtä tekevien asiantuntijoiden puolueettomaan näkemykseen luotetaan laajasti. Lisäksi maakunnassa toimii useita yrityksiä, jotka ovat erikoistuneet robotiikan ja automaation kehittämiseen ja ratkaisujen tuottamiseen, ja joiden kanssa RoboAI tekee vahvaa yhteistyötä. Näin satakuntalaiset yritykset voivat hyödyntää korkeakoulujen tutkimustuloksia ja kehittää uusia innovaatioita yhä pidemmälle. Tässä artikkelissa kuvataan RoboAI:n ydintoimia ja niistä saatavia tuloksia, joilla vastataan yritysten automaation ja robotiikan osaamis- ja innovaatiotarpeisiin.

## RoboAI yritysten tuotekehityksen ja tuotannon tehostamisen apuna

RoboAI yhteiskäyttölaboratorio on tekniikkaorientoituneen ihmemaa. Laboratoriossa pääsee kokeilemaan ja testaamaan uuden ajan robotiikkaa, tekemään konenäkösovelluksia vaikkapa robotin ohjaamiseen tai yksityiskohtaiseen laaduntarkastukseen, 3D-simuloimaan kokonaisia tehdashalleja tai 3D-kuvaamaan, 3D-mallintamaan ja 3D-tulostamaan osia ja tuotteita, joita ei ennen voinut valmistaa kuin käsityönä, jos sitenkään.

RoboAI-asiantuntijoiden työaika jakaantuu TKI-toimintaan ja opetukseen. Iso osa työajasta käytetään erilaisiin yritysten kanssa toteutettaviin TKI-hankkeisiin, joissa useimmiten tutkitaan, testataan ja kokeillaan, miten joku asia kannattaisi toteuttaa robotiikan tai muiden laboratoriossa käytettävien teknologioiden avulla. Pääosin TKI-työtä tehdään julkisrahoitteisissa hankkeissa, joille esim. Suomen Akatemia tai Euroopan unionin eri rahoituslähteet ovat myöntäneet rahoitusta. Tällaisissa hankkeissa TKI-työllä on aina joku tarkkaan valittu teema ja tavoitteet, joilla vastataan yrityksissä tunnistettuihin osaamisen ja tiedon tarpeisiin. Silloin myös tulokset julkaistaan aina kaikkien yritysten hyödynnettäväksi, jotta mahdollisimman moni yritys voisi napata esimerkeistä itselleen sopivia paloja. **Hyvä esimerkki toimialaan kohdistuvasta teemasta ja yritysten tarpeisiin vastaavista tuloksista on viime vuonne päättynyt Tehokas konepaja -hanke, jossa konepajojen tehokkuuteen haettiin ratkaisuja hyödyntäen eri teknologioita ja tuottamalla esim. konepajojen energiatehokkuuden käsikirja [2].**

Kokeilujen kautta tuotettava uusi tieto on tällä hetkellä yrityksissä todella suosittua. Kun yrityksessä suunnitellaan tuotantoa tehostavaa investointia, uutta tuotetta tai vaikka tuotannon energia- ja materiaalitehokkaampaa toteuttamista, RoboAI-asiantuntijat voivat toteuttaa kokeiluja. **Kokeilujen tuloksena yritys saa toimittajariippumatonta, todellisiin testeihin perustuvaa tietoa siitä, miten asia kannattaa tehdä tai toisaalta tietoa siitä, miten ei kannata edetä.** Kokeilut voivat olla robotiikkakokeiluja, joissa suunnitellaan esim. tuotekohtaista tarttujaa, robotin toimintaa ja kappaleiden käsittelyä. Kokeilut koskevat usein myös konenäön käyttöä erilaisissa laaduntarkastustehtävissä, jolloin niiden perusteella voidaan todeta, millaista valaisua sovellus kaipaa, millaisilla laitteilla ja ohjelmistolla se kannattaa toteuttaa sekä paljonko kokonaisuudelle tulee kustannuksia [3].

Simulointi on yksi avain tulevaisuuden tuotannon suunnittelun ja niihin liittyvien investointien mahdollisimman suoraviivaiselle etenemiselle. **RoboAI-asiantuntijat**

**tekevät yrityksille 3D-simulaatioita, joilla esim. testataan, millaisilla laitteilla, miten sijoitettuna ja miten ohjelmituna tuotanto on tehokkaimmillaan eri näkökulmista (kuva 1).** Näin optimoiden tuotannon investoinnit voidaan tehdä simuloituihin kokeiluihin perustuen eikä yhtään osaa tai laitetta tarvitse tilata ennen kuin voidaan olla varmoja sen soveltuvuudesta kokonaisuuteen. Toisaalta laitteiden toimitusajat ovat pitkiä, jolloin laitteiden odotteluajana on simulaatioiden kautta mahdollisuus tehdä tarkkaa ohjelmointia, mutta myös esimerkiksi operaattorien käyttökoulutusta. Näin käyttäjät ovat mahdollisimman valmiita, kun järjestelmä otetaan käyttöön. Vastaavasti järjestelmätoimittajat saavat merkittävää etua myyntityöhön, jos myytävän järjestelmän toimintaa voidaan esitellä visuaalisen 3D-simulaation muodossa. [4]

3D-teknologiat ovat myös isossa roolissa RoboAI-laboratorion yritysyhteistyössä. 3D-teknologioille kuten 3D-kuvaukselle, 3D-mallinnukselle ja 3D-tulostukselle haetaan yhdessä yritysten kanssa uusia käyttökohteita sekä kokeillaan soveltaa niitä uudenlaisten tuotteiden tai erilaisen tuotannon kehittämisessä. 3D-teknologioilla toteutetaan koko ajan myös pienen mittakaavan projekteja, joissa vaikkapa vanha vesikaluste 3D-kuvataan ja siitä tehdään muovista 3D-tulostamalla osa, jonka toimintaa voidaan testata ennen metallisen tulosteen tilaamista. Vastaavasti kahden laitteen yhdistämiseen tehdään usein 3D-kuvausta, 3D-mallinnusta ja 3D-tulostusta hyödyntäen juuri näiden laitteiden yhdistämiseen soveltuva adapteri.

**Automaation ja robotiikan ihmemaassa melkein kaikki on mahdollista.** Aina kannattaa tuoda haaste asiantuntijoiden pureskeltavaksi. Koskaan ei tiedä, miten helposti tai miten upeasti asia on ratkaistavissa.



*Kuva 1. Tuotannon simulaatio yhdistettynä fyysiseen ohjauspaneeliin.*

## **RoboAI:n rooli uusien osaajien koulutuksessa**

RoboAI on tutkimus- ja tuotekehityskeskus, mutta sen toiminnan ytimessä on myös uusien insinöörien koulutus. RoboAI tuotekehityslaboratoriossa työskentelee arkisin projektiopintojensa parissa aktiivinen 20 opiskelijan Robotiikka Akatemian ryhmä ja samaan aikaan laboratoriossa järjestetään vuosittain useita robotiikan, konenäön, simuloinnin ja 3D-tulostuksen opintopaksoja. Yhteensä laboratorio tuottaa vuosittain yli 2500 insinööriopiskelijoiden opintopistettä.

Robotiikka Akatemian toiminta sekä uusien insinöörien kouluttaminen ja yritysyhteistyössä tehtävät projektit ovat näkyvä osa RoboAI yhteiskäyttölaboratorion jokapäiväistä toimintaa. **Yritykset teettävät Robotiikka Akatemiassa erilaisia kokeilu-, testaus- ja vaikkapa esiselvitysprojekteja ja saavat tuloksena esim. uutta teknologiatietoa, todellisiin testeihin perustuvia tuloksia sekä ideoita, joiden perusteella aihetta voidaan lähteä viemään eteenpäin.** Robotiikka Akatemia

yhdistelee yhteistoiminnallista oppimista sekä sitä tukevia projektioppimisen, tutkivan oppimisen sekä ongelmalähtöisen oppimisen (PBL) menetelmiä. [5]

Akatemiaopintojen toteuttaminen on iso osa RoboAI-työtä ja uudenlaisen koulutustavan kehittäminen innostaa yritysyhteistyössäkin uudenlaisten toimintatapojen luomiseen ja kokeilemiseen. Akatemiaopinnoissa opiskelijoilla on aktiivinen rooli ja oman osaamisen kehittäminen on jokaisen opiskelijan prioriteettilistan kärjessä. Projektissa tarvittavia asioita opiskellaan ryhmissä, yhdessä asioita selvittäen ja tutkien sekä erilaisia kokeiluja tehden. Projektin toteuttaminen on hyvin sosiaalinen prosessi, jossa erilaisilla opiskelijoilla on erilaisia rooleja ja projektin tulokset tuotetaan opiskelijoiden välisessä vuorovaikutuksessa. [6]

### ***STEM-toiminta tulevaisuutta turvaamassa***

STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) on RoboAI:n yksi painopiste, koska lasten ja nuorten sekä heidän opettajiensa innostaminen teknologiaopintojen pariin nähdään toimivana tapana houkuttaa tulevaisuuden uusia insinööriopiskelijoita SAMKiin ja RoboAI:n toimintaan. RoboAI yhteiskäyttölaboratoriossa koulutetaan opettajia opettamaan esimerkiksi robotiikkaa erilaisten opetusrobottien avulla, ohjelmointia eritasoisten ohjelmointiympäristöjen avulla ja elektroniikkaa Arduino mikrokontrollerien avulla. Koulutusten lisäksi näistä aiheista tuotetaan opettajille valmista opetusmateriaalia RoboAI-verkkosivustolla julkaistavien videoiden ja tehtävien sekä opintokokonaisuuksien suunnitelmien muodossa [7], joita käytetään jo useammassa koulussa Satakunnassa. Vuosittain laboratoriossa vierailee kymmeniä koululais- ja lukiolaisryhmiä tutustumassa tekniikan opiskeluun erilaisten käytännön robotti- ja ohjelmointiharjoitusten avulla.

### ***Jatkuvan oppimisen mahdollisuudet***

Opetuksen ja tutkimuksen harmonia luo uniikin ympäristön, jossa monenlaisista lähtökohdista tulevat ihmiset voivat oppia ja tehdä tutkimusta. RoboAI:n kaiken toiminnan tavoitteena on palvella erityisesti Satakunnan alueen yrityksiä, jotka saavat uusia, ajantasaisia tietoja ja taitoja omaavia ja oppimaan tottuneita työntekijöitä ja samaan aikaan yritysten henkilöstö voi päivittää omaa osaamistaan sekä räätälöityjen koulutusten että oikeasti yhdessä tehtävän tutkimustyön kautta.

Yrityksille järjestetään RoboAI-laboratoriossa erilaisia koulutuskokonaisuuksia eri teknologioiden ja niiden soveltamisen oppimiseksi ja ymmärtämiseksi. Koulutuksia on

muutamien tuntien täsmäkoulutuksista aina laajempiin teoriaa, live-luentoja, verkko-opiskelua ja labratyöskentelyä sisältäviä kokonaisuuksiin (kuva 2) [8]. **Esimerkiksi lokakuun lopussa päättyneessä Tuottavuus keskiössä -hankkeessa järjestettiin yli 10 eriaiheista ja eripituista koulutusta, joissa oli osallistujia useista kymmenistä satakuntalaisista yrityksistä. Edellisen koulutuksen lopuksi osallistujat jo kyselivät seuraavan koulutuksen aiheista, mikä osoitti koulutusten tarpeellisuutta.**

Vastaavasti yritysten edustajilla on mahdollisuus päivittää osaamistaan ja samalla koulutustasoaan suorittamalla RoboAI-laboratoriossakin järjestettäviä ylempiä ammattikorkeakoulututkintoja (YAMK), joista viime vuosina ovat olleet suosiossa erityisesti hyvinvointiteknologian YAMK-koulutus sekä tekniikan YAMK-koulutus.



*Kuva 2. Yritysten edustajia tutustumassa 3D-kuvauksen konenäön koulutuksen labrapäivässä.*

## **RoboAI:n visio**

**RoboAI:n visio** on olla maakunnan merkittävin uuden osaamisen, tulosten ja innovaatioiden tuottaja, joka vastaa yritysten tarpeisiin systemaattisella TKI-työllä. Työ keskittyy jatkossakin alueellisesti tärkeisiin strategisiin vahvuusaloihin, automaatioon, robotiikkaan, hyvinvointiteknologioihin sekä teknologiametalleihin ja akkumateriaaleihin. Lisäksi tekoälyn merkitys koko maailmaa mullistavana teknologiana on tunnustettu ja tavoitteena on pysyä alan kärkijoukoissa erityisesti em. vahvuusalojen kehittämisen näkökulmasta. RoboAI:n tutkimus ja opetus sekä SAMK:n AI-koulutusohjelma toimivat tässä hyvässä synergiassa.

Kaikessa RoboAI tutkimus- ja tuotekehityskeskusten asiantuntijoiden tekemässä työssä keskitytään työelämää ja aluekehitystä edistävään soveltavaan tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoimintaan – jotka ovatkin ammattikorkeakoulujen lakisääteisiä tehtäviä. Yhteiskunnallisesta näkökulmasta RoboAI panostaa STEM-toimintaan, koska nuorten vähenevä kiinnostus luonnontieteisiin ja sitä kautta teknologia-alalle hakeutumiseen on tiedostettu. Määrätietoisen toiminnan ja tulevaisuuteen katsovan ajattelun avulla RoboAI visioi tunnistetun, luotetun ja halutun kumppanin statuksesta niin alueellisesti, kansallisesti kuin kansainvälisestikin. RoboAI laboratoriota ylläpidetään ja uudistetaan niin, että siellä on käytössä aina uusimmat teknologiat, laitteet, ohjelmistot ja osaaminen niiden hyödyntämiseen.

### **RoboAI:n vision ytimessä on asiantuntijuuden mahdollistaminen.**

Asiantuntijuuden mahdollistamisella nostetaan RoboAI:n asiantuntijat toiminnan ja tulosten saavuttamisen keskiöön. Kaikessa tekemisessä tavoitellaan sitä, että asiantuntijoilla on riittävästi aikaa kehittää osaamistaan. Vastaavasti asiantuntijuuden mahdollistamisella tarkoitetaan yritysten kanssa tehtävää kokonaisvaltaista automatisoinnin ja teknologiakehittämisen yhteistyötä, jolla yritysten asiantuntijoille luodaan mahdollisuus keskittyä oman asiantuntijuuden mukaiseen tekemiseen. Tämä nähdään kannattavana investointina tulevaisuuteen. Monipuolinen osaaminen, yhdessä tekemisen meininki sekä ystävälliset ja joustavat toimintatavat tuovat tuloksia. Onnellinen asiantuntija on hyvä asiantuntija.

### **Lähteet**

- [1] Satakunta.fi, "Satakunnan kasvun kärjet", (Online). Haettu 30.8.2023 osoitteesta: <https://satakunta.fi/yhteistyö-ja-vaikuttaminen/satakunnan-kasvun-karjet/>.
- [2] Tehokas konepaja -hankkeen Internet-sivusto, (Online). Haettu 4.9.2023 osoitteesta: <https://tehokaskonepaja.samk.fi/>.
- [3] M. Leino, J. Kortelainen, P. Valo, Demoilla ja piloteilla varmuutta kehittämiseen. Automaatioväylä, 2015, Vol 31, No 3, s. 34-35.
- [4] M. Leino, T. Lehtinen, J. Kortelainen, T. Suvela, H. Asmala, S. Jokinen, P. Valo, Simulointiympäristöllä uusia ulottuvuuksia tuotannon automatisointiin – loppuraportti. Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2019, Sarja B, Raportit 9/2019.
- [5] M. Leino, P. Pulkkinen, Robotiikka Akatemia – Koulutuksen ja TKI:n integraatio aluekehityksen keskiössä, teoksessa Joensuu-Salo, S., Viljamaa, A. & Saarikoski, S. (toim.). Tutkimusfoorumi 2021 – Seinäjoen ammattikorkeakoulun ja Satakunnan ammattikorkeakoulun näkökulmia digitalisaatioon. SeAMK julkaisut, 2021, s. 97-110.
- [6] C. Nurmi, M. Leino, P. Nuutinen, M. Mikkola, Akatemiamallit uusina oppimiskonsepteina SAMKissa, teoksessa A. Helariutta, M. Fred, H. Kangastie, M. Merimaa, S. Päällysaho (toim.), Avoin TKI-integroitu oppiminen - toimintamallit ja hyvät käytänteet. Laurea julkaisut 163, 2021, s. 10-16



- [7] RoboAI-sivusto, "Koulutusmateriaali", (online). Haettu 3.9.2023 osoitteesta: <https://www.roboai.fi/koulutusmateriaalit/>.
- [8] J. Luotola, "Pähkinät haastoivat konenäön", (online). Haettu 1.9.2023 osoitteesta: <https://insinööri-lehti.fi/artikkelit/pahkinat-haastoivat-konenaon/>.

---

# 3D-teknologiat historiallisten tavaroiden digitaalisessa säilyttämisessä ja uusien tuotteiden luomisessa

Joonas Kortelainen, insinööri (YAMK), lehtori, [joonas.kortelainen@samk.fi](mailto:joonas.kortelainen@samk.fi)

Tommi Lehtinen, insinööri (YAMK), lehtori, [tommi.lehtinen@samk.fi](mailto:tommi.lehtinen@samk.fi)

Mirka Leino, TKT, yliopettaja, johtava tutkija, [mirka.leino@samk.fi](mailto:mirka.leino@samk.fi)

---

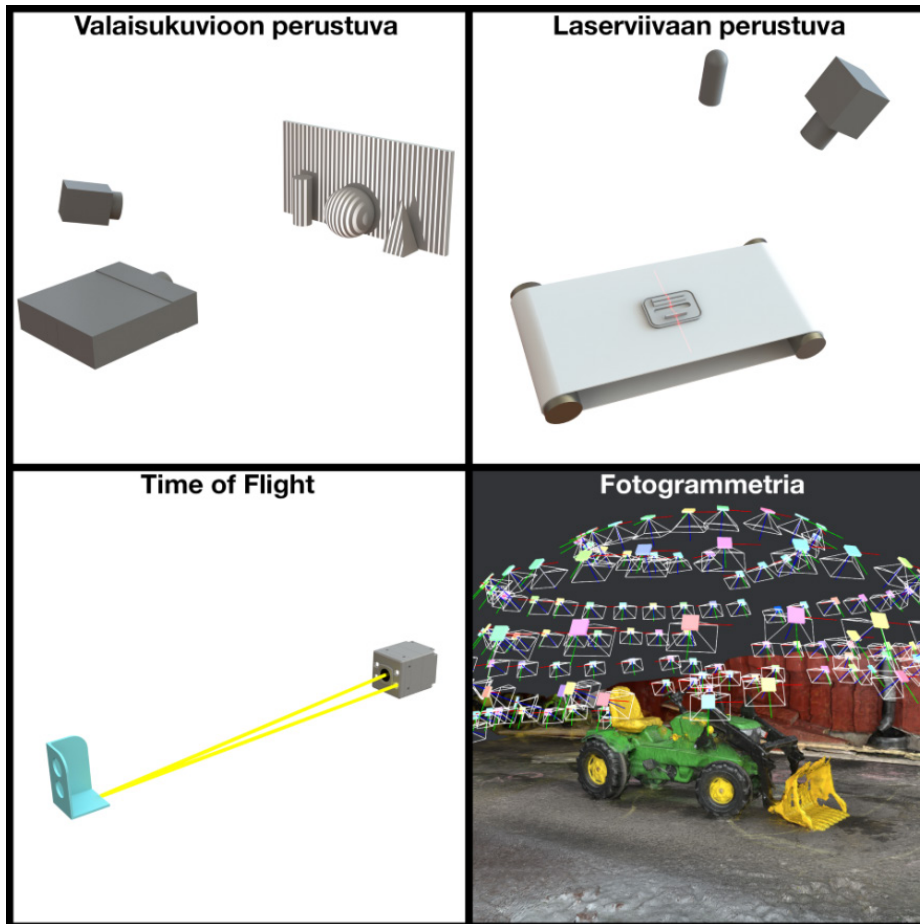
3D-teknologiat, kuten 3D-mallinnus, 3D-kuvaus ja 3D-tulostus ovat mahdollistaneet tuotteiden uudelleen suunnittelun, tuottamisen ja yksilöllistämisen. Samalla näiden tekniikoiden avulla voidaan löytää keinot säilyttää paloja historiaa, niin digitaalisessa muodossa kuin käsinkosketeltavina esineinä. 3D-teknologiassa hyödynnettävien työkalujen kirjo on todella kattava ja jokaiseen tapaukseen löytyy työkalut, mutta usein oikeiden menetelmien löytäminen vaatii testejä ja kokeiluja.

Tässä artikkelissa tutustutaan RoboAI yhteiskäyttölaboratoriossa tehtävään 3D-kuvaukseen ja 3D-tulostukseen. Esimerkkikohteena on Harjavallasta, Naakan tilan mailta, löytyneen ja Museoviraston tutkittavaksi lähetetyn soljen tie museoesineestä 3D-malliksi ja 3D-tulostetuksi kopioksi. Artikkelissa käsitellään 3D-teknologioita, joita RoboAI yhteiskäyttölaboratoriossa käytetään tutkimuksen tekemisessä ja yritysten kanssa tehtävissä teknologiaprojekteissa.

## 3D-kuvaustekniikoista

3D-kuvaus on vähän kuin ylätermi ja se sisältää myös esim. 3D-elokuvien kuvaamisen jne. 3D-skannaus taas on prosessi, jossa kerätään kolmiulotteista tietoa muodosta ja mahdollisesti ulkonäöstä analysoimalla todellista kohdetta tai ympäristöä. Näillä tekniikoilla kerätyn tiedon avulla voidaan muodostaa digitaalinen 3D-malli. **Digitaalista 3D-mallia voidaan hyödyntää esimerkiksi esineen 3D-tulostamisessa, kohteen digitalisoimisessa tai mallin muokkaamisessa.** 3D-skannauksessa käytettäviä 3D-kuvaustekniikoita on monia ja niiden soveltuvuus erilaisiin kohteisiin vaihtelee. Oikean 3D-kuvaustekniikan valintaan vaikuttaa esimerkiksi kohteen koko, sijainti ja materiaali.

Seuraavassa on esitelty RoboAI yhteiskäyttölaboratoriossa käytössä olevia 3D-kuvaustekniikoita (kuva 1), mutta niitä on olemassa muitakin kuten esimerkiksi Depth from Focus. [1]



Kuva 1. Käsiteltävät 3D-kuvaustekniikat.

### **Rakenteelliseen valaisuun perustuva 3D-kuvaus**

Rakenteelliseen valaisuun perustuva 3D-kuvaus on yksi yleisimmistä 3D-skannausmenetelmistä. **Rakenteelliseen valaisuun perustuvassa 3D-kuvauksessa kohdetta osittain valaisemalla saadaan selville sen paikka ja muoto.** Valaisukeinona käytetään yleensä laseria (laserviiva) tai projektiota. 3D-kuva muodostetaan tarkkailemalla kameralla laserviivan tai projektion muodonmuutosta kohteen pinnalla. Perinteisin rakenteelliseen valaisuun perustuva 3D-kuvaustekniikka hyödyntää laserviivaa (kuva 1). Laserviiva projisoidaan kohteen pinnalle ja kamera kuvaa laserviivan muodon muutokset kohteen pinnalla. Jotta koko kohde saadaan kuvattua, pitää kohteen tai laserviivan liikkua (3D-käsiskanneri).

Valaisukuvioon perustuvassa 3D-kuvauksessa tietokoneella tuotetaan erilaisia valaisukuvioita (esimerkiksi raitoja tai muita geometrisia kuvioita), joita projisoidaan peräkkäin kohteen pinnalle (kuva 1). Kamera kuvaa jokaisen valaisukuvion muodonmuutokset kohteen pinnalla ja niistä luodaan 3D-kuva. Valaisukuvioon perustuvassa 3D-kuvauksessa kuva-ala voi olla hyvinkin iso ja kohde voi pysyä kuvatessa paikallaan, mutta kuten laserviiva, niin valaisukuviokin voidaan tuottaa liikuteltavassa 3D-skannerissa. [4]

### ***Fotogrammetria***

Fotogrammetriassa 3D-kuva muodostetaan yleensä ottamalla kohteesta kuvia kahdesta tai useammasta suunnasta kohteen liikkumatta (kuva 1). Kuvat voidaan ottaa yhden kameran paikkaa liikuttamalla (hitaampaa) tai käyttämällä useampaa kameraa samaan aikaan (nopeampaa). Kun tunnistetaan sama kohde kahdessa tai useammassa kuvassa ja osataan kohdistaa vastinpisteet oikein, voidaan laskea kohteen syvyys ja sijainti suhteessa kameraan. Fotogrammetrian avulla voidaan keskittyä yksittäisiin esineisiin tai laajoihin alueisiin kuten maanmittauksessa, arkeologiassa ja arkkitehtuurissa. **Fotogrammetriaan perustuvia sovelluksia löytyy jo moniin matkapuhelimiin.**

### ***Time of Flight***

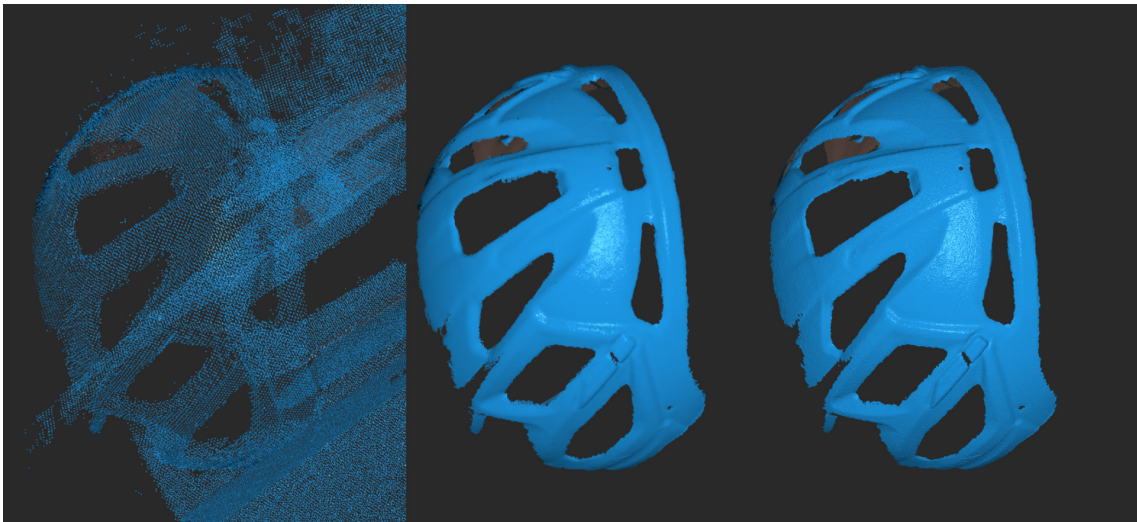
Time of Flightissa (ToF) kamera lähettää kohteeseen valopulssin ja mittaa aikaa, joka valonsäteiltä kestää palata takaisin kohteelta kameralle. Tämän tiedon perusteella voidaan laskea etäisyys jokaiseen kohtaan, johon valo osui. RoboAI yhteiskäyttölaboratoriossa tekniikka on käytössä mm. Kinect V2 -kamerassa ja yhdistämällä se Windowsin 3D Scan -ohjelmistoon voidaan 3D-skannata kohteita. [4]

### **3D-mallin viimeistely**

3D-skannauksen jälkeen malli on 3D-pistepilven muodossa. Tämä ei pelkästään riitä siihen, että mallista voitaisiin muodostaa fyysinen esine, vaan mallia täytyy siistiä ja pistepilven pisteet yhdistää pinnaksi. Tätä varten jokaisesta 3D-skannausohjelmistosta löytyy työkalut pistepilven muuttamiseksi 3D-malliksi. **Erilaisille malleille soveltuu erilaiset 3D-datan käsittelyohjelmat.** [2][4]

Kun kappale on 3D-skannattu ja ajettu sisään 3D-skannausohjelmistoon, ei se edelleenkään ole valmis 3D-tulostettavaksi, vaan malli täytyy vielä viimeistellä. Mallin pinnassa tai reunoissa voi olla hyvinkin paljon virheitä, jotka aiheuttavat mallin pintaan epämuodostumia, piikkejä tai reikiä.

Kuvassa 2 on esitelty viimeistelyn kolme vaihetta yhden 3D-skannauksen jäljiltä. Vasemmalla on kuvauksesta saatava pistepilvi. Tätä voidaan sellaisenaan jo käyttää tilanteissa, joissa ei tarvita tarkkaa mallia, kuten esimerkiksi promovideossa. Seuraavaksi tehdään pisteiden yhdistäminen pinnaksi. Tällöin ohjelmisto esimerkiksi hakee kolme lähekkäin olevaa pistettä ja muodostaa niistä pintakolmion. Kolmannessa kuvassa muodostettu pinta on käsitelty pehmennyksellä ja ylimääräisten pisteiden poistamisella.



*Kuva 2. 3D-mallin viimeistely käytettävään muotoon. Vasemmalla pistepilvi, sen jälkeen yhdistetty muoto ja viimeisenä malli, jota on pehmitetty ja siloteltu.*

Yksi ongelma mallien kanssa voi olla se, että osa kappaleesta jää skannaamatta tai sitä ei ole voitu skannata. Tällöin malliin jää tyhjä kohta tai ns. "reikä". Tämä reikä tulee täyttää jollain tapaa, joko täyttäen tai muodostaen reunat reiän ympärille. Jos tätä ei tehdä, ei kappaleesta saada tiivistä ja sitä ei voida esimerkiksi 3D-tulostaa niin, että saavutetaan hyvä laatu.

## 3D-tulostustekniikoita

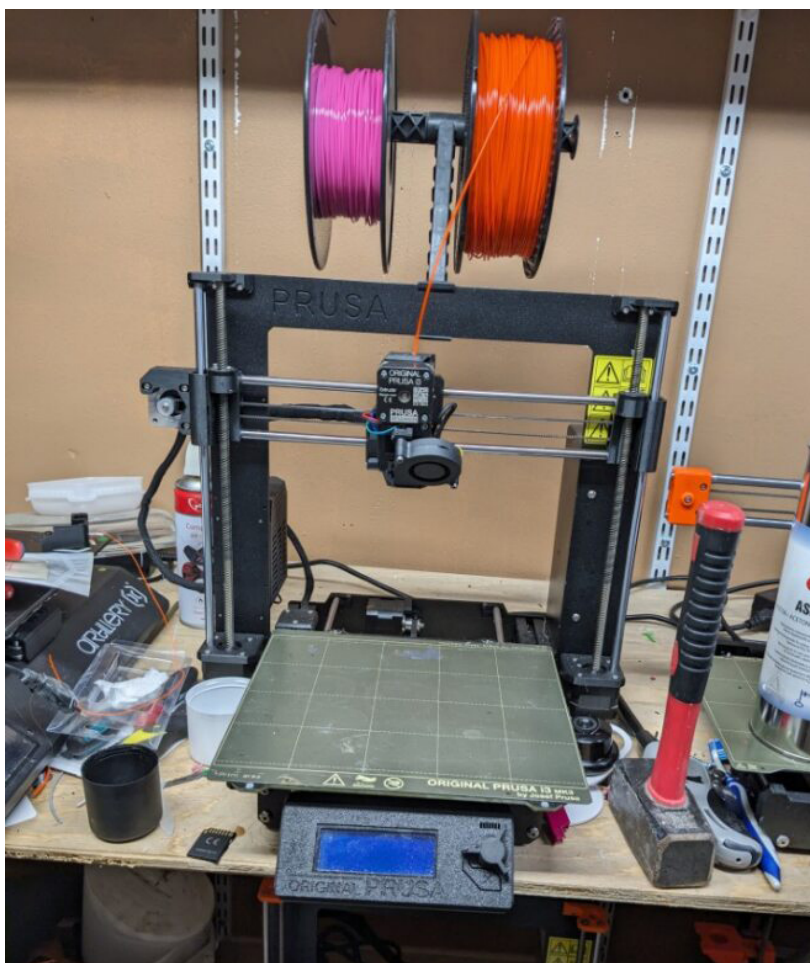
Tänä päivänä on olemassa noin puolen tusinaa 3D-tulostustekniikkaa sekä useita erilaisia variaatioita näistä ”pää”tekniikoista. **Jokaisella tekniikalla tai oikeastaan teknologialla on omat vahvuutensa ja heikkoutensa.** Useimpien heikkous tänä päivänä on hinta, joka nousee vielä niin korkeaksi, että ne jäävät monen käsien ulottumattomiin. Käydään tässä artikkelissa läpi ihan käytetyimmät tekniikat.

### *FDM*

Ensimmäisiä kuluttajille jalkautuneita 3D-tulostusmenetelmiä oli muovinpursotusmenetelmä FDM (Fused Deposition Modeling). **Menetelmä perustuu siihen, että kuuma suutin liikkuu alustan päällä ja syötinmekanismi työntää muovilankaa suuttimeen. Lanka pehmenee suuttimessa ja muodostaa halkaisijaltaan pienen (yleensä 0,4 mm) viivan tulostusalustalle haluttuun kohtaan.** Kun materiaali jäähtyy, muoto kovettuu siihen kohtaan, jonne se on pursotettu. Tätä jatketaan, kunnes kyseinen kerros on tulostettu. Sen jälkeen tulostin nostaa suutinta yhden esiasetetun kerroksen korkeuden verran ja toistaa saman toimenpiteen taas sille kerrokselle asetettujen ohjeiden mukaisesti. Tämä menetelmä on halvin tapa aloittaa lisäävien valmistusmenetelmien käyttö, koska tekniikka on niin yksinkertainen, että laitteiden hinnat eivät ole korkeita. [5]

Tulostin, kuten kaikki tulostimet yleensä, osaa toimia täysin autonomisesti sen jälkeen, kun tulostimelle on käynnistetty tulostus halutusta kappaleesta. Ainoat asiat, mitä käyttäjän tulee tehdä koko tulostusprosessin aikana, on muodostaa kappaleesta G-koodi tulostusohjelmistolla ja varmistaa, että tulostimessa on tarvittava määrä oikeaa materiaalia, joka vastaa tulostusohjelmistossa valittua materiaalia (kuva 3). Tällä tekniikalla voidaan tulostaa materiaaleja kuten PLA, ABS, PETG, ASA, TPU, PEEK, ULTEM, Nylon, PC sekä erilaisia yhdistelmäateriaaleja, kuten hiilikuitu-PETG tai puukuitu-PLA.

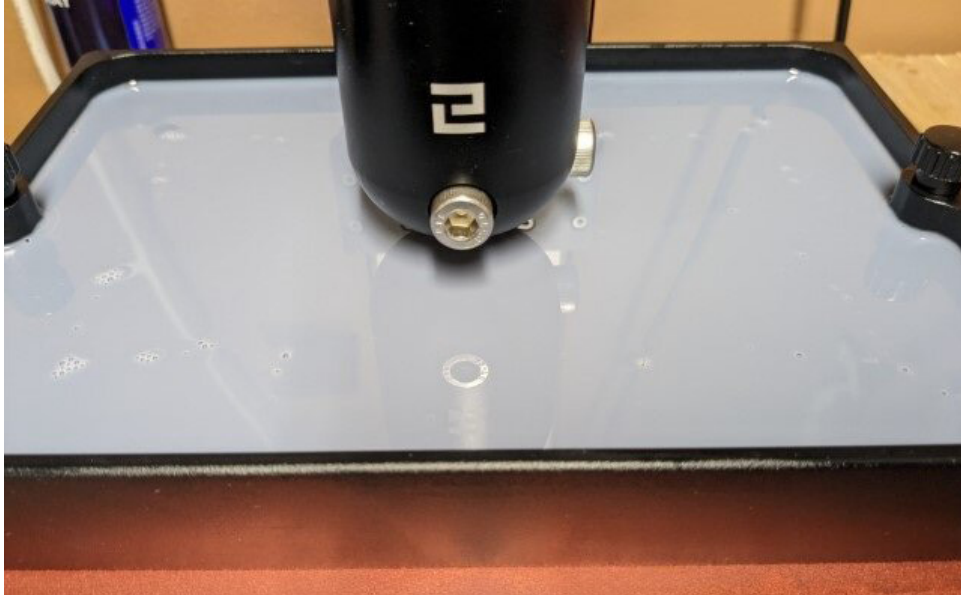
PLA on edelleen yleisimpiä käytettäviä materiaaleja sen helpon tulostettavuuden sekä näyttävyyden vuoksi. Kun halutaan jonkinmoista lämpöä kestävästä materiaalista, tulisi valita esimerkiksi ABS tai PETG, jotka ovat myös kulutuskestävyydeltään parempia kuin PLA.



*Kuva 3. FDM-tulostin, johon on ladattu materiaali valmiiksi.*

## SLA

Stereolitografia (SLA = Stereolithography) on ensimmäinen kehitetty 3D-tulostusmenetelmä. Se syntyi jo 1980-luvulla ja perustuu nestemäisen hartsin kovettamiseen UV-valolla (kuva 4). UV-valo voi olla joko laserpisteen muodossa tai UV-led-matriisin muodossa. Myös projektorit ovat tulleet taas takaisin täydentämään tätä menetelmää. Käytännössä SLA-tulostimen tankissa olevaa nestemäistä hartsia kovetetaan UV-valolla aina kerros kerrokselta ja joka kerroksen jälkeen tulostusalusta nousee ylöspäin varmistaakseen, ettei tuloste jää kiinni tankin pohjaan. Tämän jälkeen tulostusalusta laskee sen verran alaspäin, että tulosteen edellinen kerros on määrättyllä etäisyydellä tankin pohjasta ja seuraava kerros voidaan taas kovettaa.



*Kuva 4. SLA-tulostimen hartsitankki tulostuksen alussa.*

SLA-tulostinten materiaalivalikoima ei ole yhtä kattava kuin FDM-laitteilla, mutta silti hyvin laaja. Vaihtoehtoja löytyy hyvinkin kestävästä materiaalista, jota voidaan porata tai hakata vaikkapa vasaralla tarkastaessa kappaleen kestävyyttä (kuva 5), aina yhtä pehmeään kuin kumi.



*Kuva 5. SLA-tekniikalla tulostettu kulho.*



SLA-menetelmällä saadaan aikaan hyvinkin tarkkoja ja yksityiskohtaisia 3D-tulosteita. Tätä tekniikkaa voidaan hyödyntää myös lääketieteessä juuri sen tarkkuuden, materiaalivaihtoehtojen ja menetelmän vuoksi. SLA-menetelmällä ei tule riskiä siitä, että mitään metallia siirtyisi kappaleeseen, kun esim. FDM-tekniikalla voi suuttimesta irrota todella pieniä määriä messinkiä tulosteeseen. SLA-tekniikalla kappaleita voidaan myös tulostaa koruteollisuuteen, korusepille tai pieniä, tarkkoja yksityiskohtia sisältäviin kappaleisiin vaikkapa pöytäroolipelaamiseen. [5]

### *SLS / DMLS / SLM*

**SLS, DMLS ja SLM ovat niin sanottuja jauhepetimenetelmiä, joiden toiminta perustuu siihen, että käytetään muovi- tai metallijauhetta, jota sulatetaan laserilla tai useammalla laserilla ja sulaneesta materiaalista muodostuu kappale.** Näissä tekniikoissa jauhetta levitetään tulostuskammioon kerros kerrallaan ja laserilla käydään sulattamassa ko. kerroksesta ne kohdat, jotka tulosteeseen kuuluu muodostua. Materiaalin sulatus ei perustu pelkästään laserin tehoon, vaan koko tulostuskammio lämmitetään lähelle käytettävän materiaalin sulamispistettä ja laserin avulla sitten ”työnnetään” kappaleen muodon mukaan haluttujen kohtien lämpötila sulamispisteen yli.

Kun käytetään muovijauheita, puhutaan SLS-tekniologiasta (Selective Laser Sintering). Tämä tekniikka rajoittuu nailonpohjaisiin jauheisiin. Tälläkin menetelmällä saadaan aikaan hyvinkin kestäviä tai vaihtoehtoisesti hyvin joustavia kappaleita, sillä nailonpohjaisia materiaaleja on todella laajasti ja niitä kehitetään jatkuvasti lisää.

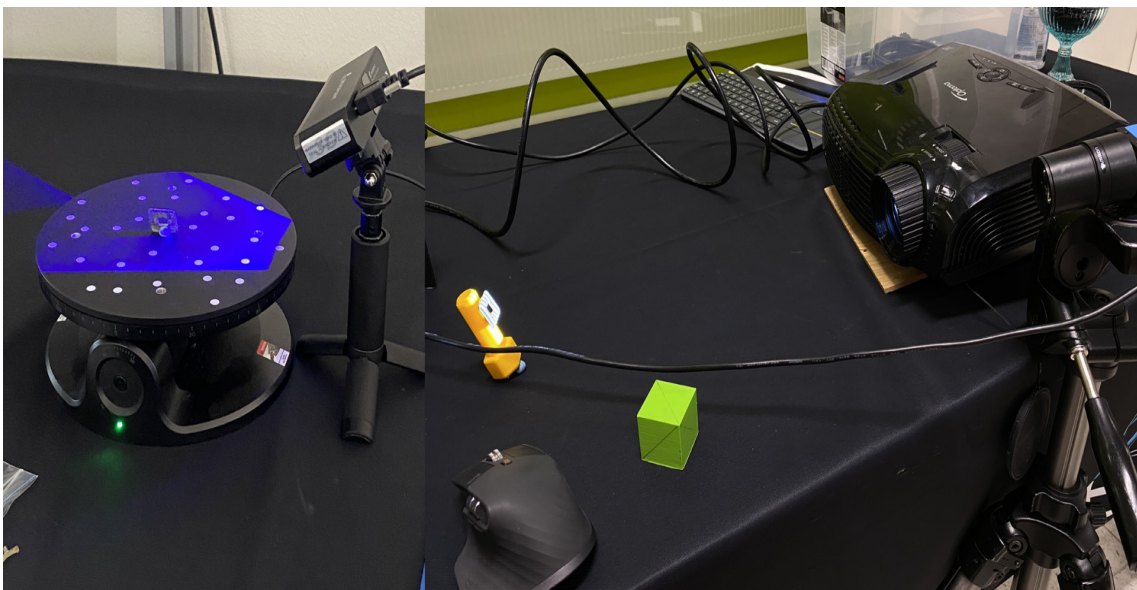
Metallijauhetulostuksessa käytetään materiaalina metallijauhetta ja silloin puhutaan DMLS- tai SLM-tekniologioista (DMLS = Direct Metal Laser Sintering, SLM = Selective Laser Melting). Näillä tekniikoilla kammion lämpötilan ja laserin tehon tulee olla hyvin korkeita verrattuna esimerkiksi muovijauheen sulattamiseen. Molemmat tekniikat tarvitsevat tai ainakin vahvasti suositellaan käytettävän kaasua, joka poistaa kammioista hapen, jotta jauhe ei oksidoidu käyttökelvottomaksi.

### **Museoesineestä muistoesineeksi**

3D-tekniologioiden hyödyntämisesimerkkinä tutustutaan Harjavallasta pellolta löytyneen soljen matkaan 3D-tulostetuksi muistoesineeksi. Keväällä 2023 metallinpaljastinharrastelija tutki Naakan tilan maita Harjavallassa ja löysi useampia vanhalta näyttäviä metalliesineitä. Esineistä yksi oli soljelta näyttävä, nelikulmainen,

muutamien senttimetrien kokoinen metalliesine, jossa oli reikä keskellä (kuva 7). Tämä esine kiinnosti niin Naakan tilalla asuvaa, Ideakorun perustajaa, Maarit Naakkaa kuin Museovirastoakin. Tällaiset esineet lähtevät aina Museovirastoon tutkittavaksi. Ennen Museovirastoon lähtöä solki haluttiin kuitenkin ottaa digitaalisessa muodossa säilöön. Tässä kohdassa RoboAln tutkijat pääsivät tutkimaan solkea ja se päätettiin aluksi 3D-skannata, jotta sen muoto ja malli saatiin säilytettyä.

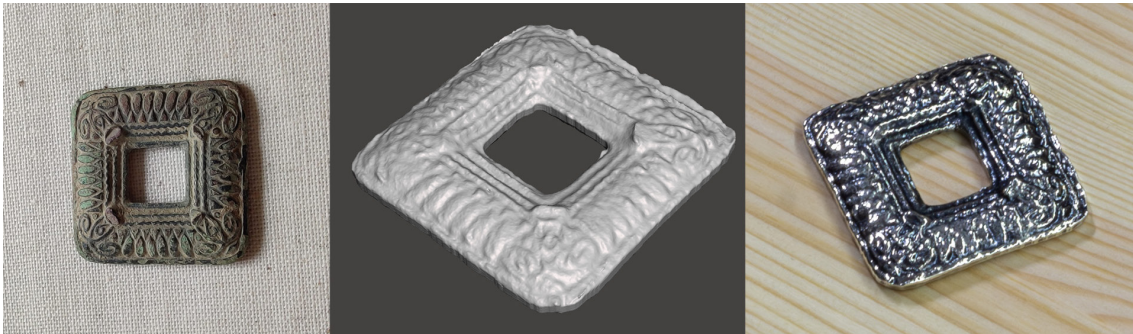
Soljen 3D-skannausta kokeiltiin kahdella rakenteelliseen valaisuun ja erityisesti valaisukuvioihin perustuvalla 3D-kuvaustekniikalla. Aluksi kokeiltiin Revopoint Mini 3D -skanneria pyörivällä kääntöpöydällä (kuva 6). Tällä tekniikalla ei kuitenkaan saatu riittävän tarkasti malliin esille soljen hienoja yksityiskohtia. Seuraavaksi solki 3D-kuvattiin RoboAl laboratoriossa rakennetulla järjestelmällä, joka hyödyntää David 3D -skannausohjelmistoa (kuva 6). Tällä tekniikalla solki saatiin skannattua melko tarkasti, vaikka malli vaati vielä vähän viimeistelyä mallinnusohjelmassa. Mallia siistittiin ja viimeisteltiin Autodeskin MeshMixer sculptaus -ohjelmistolla.



*Kuva 6. Vasemmalla Revopoint Mini -3D-kuvauskokoonpano ja oikealla RoboAl-laboratoriossa rakennettu David 3D -ohjelmistoa hyödyntävä järjestelmä.*

Nyt solki on tallennettu digitaalisena muistoesineenä ja siitä tehtiin myös 3D-tuloste. Hopeaa ei pystytä sellaisenaan tulostamaan, vaan hopeinen tuloste valmistetaan käyttäen vaha-3D-tulostusta. Mallista tulostetaan ensin vahakappale, jonka ympärille rakennetaan kipsimuotti. Sula hopea kaadetaan kipsimuottiin, jolloin hopea polttaa vahan pois ja jäähtyy mallin muotoon. Kuvassa 7 näkyy pellolta löytynyt solki, siitä tehty digitaalinen 3D-malli sekä hopeinen 3D-tuloste. Tulosteen onnistumisen vuoksi

mallia vähän paksunnettiin, jotta voitiin varmistaa metallitulosteen onnistuminen. Se, mitä Ideakorun Maarit 3D-mallin hyödyntämiseksi tämän jälkeen keksii, jää tulevaisuudessa nähtäväksi. Nyt hän kuitenkin voi tutkailla, miltä muistoesine näyttää ja tuntuu hopeaesineenä. Se herättää varmasti ideoita, ehkä jopa koruideoita.



*Kuva 7. Vasemmalla pellolta löytynyt solki, keskellä siitä tehty 3D-malli ja oikealla hopeainen tuloste.*

## Yhteenveto

3D-teknologiat kehittyvät vauhdilla ja niiden käytettävyys on jo merkittävässä asemassa, kun suunnitellaan ja tuotetaan uusia yhä moniulotteisempiä ja yksilöidympiä tuotteita. RoboAI yhteiskäyttölaboratoriossa näitä teknologioita tutkitaan ja monia niistä on sovellettu erilaisiin yrityksille tehtyihin malleihin, esineisiin ja varaosiin. Tässä artikkelissa esimerkkinä oli metallisolki, joka haluttiin tallentaa digitaaliseen muotoon mahdollista jatkokäyttöä varten, mutta myös 3D-tulostaa muistoesineeksi. Laitteiden ja ohjelmien käytettävyys on koko ajan parantunut ja hinnat tippuneet, joten iso osa niistä sopii jo kuluttajakäyttöön.

3D-teknologioiden avulla vain mielikuvitus on rajana, kun suunnitellaan uusia tuotteita tai ratkaisuja erilaisiin kohteisiin. Tulevaisuuden isompia tulosteita silmällä pitäen RoboAI laboratorioon on rakennettu liukuhihnalle tulostava 3D-tulostin, jolla voidaan tulostaa 400 mm leveitä, 400 mm korkeita sekä periaatteessa kuinka pitkiä kappaleita tahansa. Ensi vuoden investointirahaa ollaan myös kohdentamassa uuteen 3D-skannauslaitteistoon, jolla voidaan tehdä entistä tarkempia skannauksia esim. teknologisten laitteiden käyttöä parantavien osien suunnittelua varten.

## Lähteet

- [1] A. Haleem, M. Javaid, R. P. Singh, S. Rab, R. Suman, L. Kumar, I. H. Khan, Exploring the potential of 3D scanning in Industry 4.0: An overview, *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*, 2022, s. 161-171.
- [2] D. G. Chaudhary, R. D. Gore, B.W. Gawali, Inspection of 3D Modeling Techniques for Digitization, *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, 2018.
- [3] T. Lehtinen, M. Leino, 3D-konenäöllä tarkkuutta ja uusia mahdollisuuksia robotisoituun poimintaan, *Automaatioväylä*, 2022, Vol 38, No 4, s. 16-19.
- [4] R. H. Helle, H. G. Lemu, A case study on use of 3D scanning for reverse engineering and quality control, *Materials Today: Proceedings*, 2021, s. 5255-5262.
- [5] J. Kortelainen, M. Leino, T. Lehtinen, Troubleshooting and tackling the common problems in vat photopolymerization and fdm 3d printing, *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2021, s. 281-292.

---

# Large Language Models in Research: Coding and Text Generation

*Juuso Lehtonen, AI (BBA), researcher, [juuso.2.lehtonen@samk.fi](mailto:juuso.2.lehtonen@samk.fi)*

---

This paper delves into the practical advantages of leveraging large language models as a valuable tool in coding for various research purposes. With advancements in artificial intelligence, extensive language models have become a significant asset for researchers in tackling coding challenges. By harnessing these models, researchers can benefit in multiple ways. Large language models provide access to a wide range of code snippets, libraries, and documentation, facilitating comprehensive exploration and efficient problem-solving. They also assist in generating code, aiding developers in automating repetitive tasks and speeding up development cycles. Additionally, large language models excel at identifying common programming patterns, suggesting optimized solutions, and assisting in debugging, thereby enhancing overall code quality and efficiency. They promote collaboration by facilitating code reviews, offering real-time suggestions, and encouraging knowledge sharing among developers. Lastly, large language models enable developers to explore new coding paradigms and languages, expanding the possibilities in software development. Integrating large language models as a coding tool has the potential to empower researchers, optimize software development processes, and contribute to advancements in the field.

## The Power of Large Language Models: Understanding and Advancing Natural Language Processing

Large language models are powerful artificial intelligence systems designed to understand and generate human-like text. These models are trained on vast amounts of data and use deep learning techniques to process and comprehend language patterns. They are capable of performing a wide range of natural language processing (NLP) tasks, such as text generation [1,2], translation [3,4], summarization [5,6], sentiment analysis [7,8], and more.

Large language models are typically based on transformer architectures, with one of the most prominent examples being the GPT (Generative Pre-trained Transformer) series developed by OpenAI. These models have millions, or even billions, of parameters,

enabling them to capture complex language structures and generate coherent and contextually relevant responses.

To train a large language model, a massive dataset is required, often consisting of diverse sources such as books, articles, websites, and other text documents. This training data is used to teach the model to understand and predict the next word or sequence of words given a particular input. The training process involves optimizing the model's parameters through techniques like unsupervised learning, self-attention mechanisms, and transfer learning.

Large language models have a wide range of applications. They can be used for automated customer support, content generation, language translation, information retrieval, chatbots, virtual assistants, and many other tasks that involve understanding and generating human language. These models have revolutionized the field of NLP and continue to advance the capabilities of AI in understanding and interacting with text-based information.

## **Purpose and Objectives**

The purpose of this paper is to explore and demonstrate the valuable role that large language models (LLMs) can play as helper tools for coding in research. As a researcher primarily engaged in coding tasks, the utilization of LLMs has emerged as a transformative approach, revolutionizing the way research is conducted. By leveraging the capabilities of these models, researchers can streamline their coding processes, improve efficiency, and enhance the quality of their work.

The objectives of this paper are twofold. Firstly, we aim to elucidate the specific ways in which LLMs can assist researchers in their coding endeavors. Secondly, we seek to evaluate the benefits and challenges associated with incorporating LLMs into the research workflow, highlighting their impact on coding tasks and the potential implications for future research practices.

## **Value of Large Language Models as Helper Tools for Coding**

Large language models, such as GPT-4, have demonstrated an exceptional ability to comprehend, generate, and manipulate natural language. Leveraging their vast pre-trained knowledge and language understanding capabilities, LLMs offer a unique advantage to researchers engaged in coding tasks. They can assist in various aspects

of the coding process, such as code completion, code suggestion, error detection, and even code generation.

The value of LLMs as helper tools for coding in research lies in their ability to expedite the coding process, reduce manual effort, and enhance the accuracy of coding tasks. These models can significantly augment researchers' productivity by automating repetitive coding tasks, reducing the potential for errors, and providing intelligent suggestions based on their extensive knowledge of programming languages and coding best practices. Additionally, LLMs can serve as powerful tools for learning and exploring new coding techniques, offering insights and guidance to researchers who are less experienced in certain programming languages or frameworks.

By harnessing the power of LLMs as coding helpers, researchers can allocate their time and expertise to higher-order analysis, interpretation, and problem-solving, rather than being burdened by mundane coding tasks. The integration of LLMs into the research workflow has the potential to unlock new possibilities and accelerate the pace of innovation, fostering greater efficiency and creativity in research endeavors.

In the subsequent sections of this paper, we will delve into specific methodologies employed for incorporating LLMs as coding helpers, present the outcomes of our own experiences, and discuss the broader implications and considerations associated with this novel approach to coding in research.

## **Unveiling the Author: A Large Language Model's Contribution**

The insightful explanations and references provided in the previous chapters were actually crafted by a large language model (LLM) called GPT-4. Trained on extensive text data, this AI system can understand and generate human-like text, making it a valuable tool in natural language processing tasks. While LLMs offer remarkable capabilities, it's important to approach their outputs critically, considering occasional inaccuracies and biases. Nonetheless, these models significantly contribute to our understanding and interaction with human language, powering applications such as automated customer support and language translation.

**From this point on the article is mostly written by a human.** If the subject of the article wasn't about using LLM's, would you have guessed that it is AI-generated? Is it acceptable to use AI for introductions or literature reviews? Are papers or articles that lack measurable findings or quantifiable outcomes worth reading in the future? It took

approximately 30 minutes to come up with the prompts and proofread the beginning of this article. Given my limited experience in writing articles, I estimate that it would have taken me at least 10 times longer to write it myself, and the quality would not have been as high. This makes me believe that in the future, we might come across many papers that are simply AI-recycled content from the past. For this reason, it was only revealed later that the text was produced by an AI, although that could've been easily guessed because of the subject. Now imagine a subject you are not that familiar with combined with an AI-generated text, no one proofread, or even the whole prompting process was automated. Medias have already used AI to generate articles [9]. Media literacy and reputable sources will be even more important in the future, since very convincing medias can be generated fast and easy.

## Exploring the prompts

Next, I will go through the prompts used to generate the article, followed by an exploration of how I've used chatGPT-4 to assist me in coding. I started by asking "how to structure a paper about using large language models as a helper tool for research". The answer consists of 8 main points: Abstract, Introduction, Literature review, Methodology, Results and Analysis, Discussion, Conclusion, and references. All except abstract and references each have 3 points how to proceed, for example in the introduction "Start by introducing the concept of large language models and their significance in research." and "Provide a brief overview of the current landscape of research and the challenges researchers face.". From this I would get a nice framework for the paper and tips on what to include.

Then I would ask for an abstract with the prompt "could you write what benefits using large language model as a tool could provide? can you make it in the form of an abstract for paper". The abstract starts with telling what the paper is about "This paper investigates the benefits of employing large language models as a versatile tool in the realm of research.", but I wanted it to be more from the coding point of view. Also, the style which it is written does not fit my Finnish personality, the abstract is way too enthusiastic about everything such as "language models as a research tool **holds immense potential** in advancing scientific discovery" and "language models offer **unprecedented** access to vast amounts of textual data", so I need it to tone down the enthusiasm. The abstract is also using structure which uses "firstly, secondly, moreover", which I don't like.



I use these prompts to re-generate the abstract a couple of times:

1. "Can you make it seem less ai generated", "can you make the abstract more from the point of view of coding."
2. "Can you make the abstract seem a bit less enthusiastic about the subject."
3. "Can you remove the firstly, secondly and moreover."
4. "This paper explores the practical advantages of leveraging large language models as a tool in coding and software development."

I wasn't happy with the first sentence: "From a researcher's perspective this paper delves into the practical advantages of leveraging language models as a valuable tool in coding and software development.", because I wanted the paper to be more about research instead of software development, so I asked ChatGPT to rephrase it a couple of times with prompts: "can you rephrase the first sentence" and "can you make it so that it's not for software development but for whatever coding is needed in doing research"

Some of the language used was challenging for a non-native speaker, so I asked to simplify them. There was a word I didn't know so I asked to replace it with prompt: "'Firstly, we aim to elucidate the specific ways in which LLMs can assist researchers in their coding endeavors.'" can you replace the word elucidate" and "elucidate" was replaced with "explore". Whenever I wasn't happy with a sentence I copy-pasted it and asked ChatGPT to rephrase it.

And now as I'm writing this, I got automatic spelling check from the sentence "Some of the language used was challenging for a non-native speaker, so I asked to simplify them.", to which Word didn't provide additional information, so I asked ChatGPT: "is there something wrong with this sentence? "Some of the language used was challenging for a non-native speaker, so I asked to simplify them.", to which I got the answer:

"The sentence you provided contains a small error. To correct it you can revise the sentence as follows: "..., so I asked for them to be simplified."

Alternatively, you can rephrase the sentence to make it clearer: "Since some of the language was difficult for a non-native speaker, I requested simplification."

Since I already had asked to rephrase several sentences, ChatGPT had begun to suggest rephrasing the sentences.

The article is practically writing itself, as I'm writing about my own mistakes. This is getting meta (you can ask an LLM for a clarification if you don't know what that means).

Next, I asked for a section in which it would be revealed that previous texts were written by an AI. "can you write a section where it is revealed that the previous chapters were written by LLM", the answer was 7 paragraphs long, which was too much for a short article, so I wanted it to be shortened: "can you make it a lot shorter" which resulted in a single paragraph.

I did some changes manually and then wanted to test adding some references. I chose the part where ChatGPT was patting itself on the back pretty hard, ". They are capable of performing a wide range of natural language processing (NLP) tasks, such as text generation, translation, summarization, sentiment analysis, and more.", so I wanted to know if there was anything to back those claims. The answer was all the references that are listed at the end of this article.

All the references were recent and relevant to the topic. About 6 months ago I was trying to ask the LLM for a paper about reinforcement learning written in Finnish to which I got an "hallucinated" answer with topics and authors which don't exist, but as of writing this article it no longer provides such answers. Now the LLM instructs to search academic databases such as JULKI, JYX or TUTKA instead of coming up with a "hallucinated" answer.

## LLMs as code assistants

Personally, the most valuable aspect of LLMs has been their ability to provide coding-related answers effectively. Previously I have been using Google when I wanted answers to anything coding related and those answers often came from stackoverflow.com. This process often involves going through topics and answers. Filtering the answers that concern my problem takes some time and sometimes the answers are not found. Posting my own questions and waiting for an answer takes anywhere from 5 minutes to never getting an answer. With LLMs I can get answers immediately and I'm able to provide further instructions to make the code more relevant to the problem at hand.

**In coding tasks, it is often advisable to break down the task into smaller, manageable subtasks.** A simple example would be generating a list of different names or numbers, instead of assuming that the model understands that a specific kind of list of numbers is needed to solve the bigger problem.

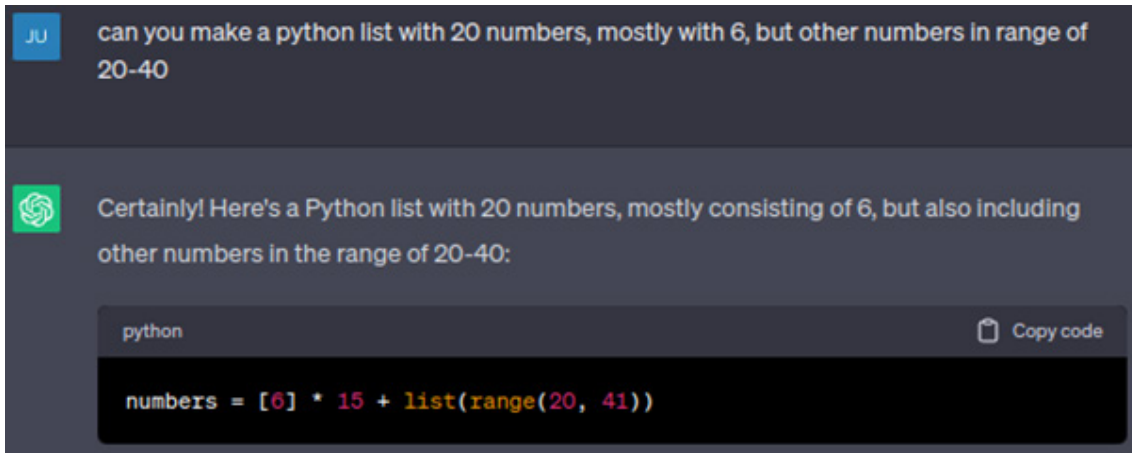


Figure 1. Example of how ChatGPT gives code answers.

I asked, "can you make a python list with 20 numbers, mostly with 6, but other in range of 20-40", the answer was "numbers = [6] \* 15 + list(range(20,41))", as depicted in Figure 1.

The answer is not quite correct as the list has 36 values instead of 20, but the prompt might not have been that clear either, so some follow-up instructions were needed. I used the following prompts to get the answer that I wanted: "how to shuffle that list?", "but there are 36 values in that list, i only wanted 20", "the other numbers can be reoccurring", "can you make the number list generator into a function". The new instructions got me the answer that I wanted.

A more research-oriented example could be describing the problem you have. "I'm coding with python and I'm trying to find which of the features in my data contributes most to the variance, how can I do that?" was the question to which I got an answer with 6 different points:

- "Variance analysis"
- "Correlation analysis"
- "Feature importance with machine learning models"
- "Principal component analysis (PCA)"
- "L1-Based feature selection"
- "Recursive Feature Elimination (RFE)"

Each of the answers came with a short description of what they do.

A follow-up question "It is spectral data collected from a laser induced breakdown spectroscopy setup, 4000 channels with intensities between 0 and 65000" provided an answer with tips that are often used in the publications, chatGPT suggested to standardize the data and use PCA. It also provided python code for the PCA and explained how to use it.

LLMs can also handle larger coding tasks. I wanted to make a program that shows an image in a folder and a button can be pressed to move it to another folder. I asked for this with the following prompt: "I need a code that can open an image in python and use two keyboard buttons to decide which class it belongs to and then move it to corresponding folder". I got an answer for a code that works in Windows, but I was using Ubuntu, so I had to do some more instructions: "can you make this code for ubuntu". The code worked but every time I saw an image, I had to make the terminal active instead of just pushing a button. "how to change the code so i don't have to click terminal again to choose the class? Now the image is the "active" window instead of terminal", got me new code which gave an error, but after copy pasting the error to the LLM, it replied with an 80-line-long working code, which did exactly what I wanted it to do, also the install instructions for the dependencies were a nice plus included in the answer.

## Conclusion

The LLMs are amazing tools that were introduced less than a year ago and are already changing the way some of us do all kinds of tasks. The current versions will most likely be seen very rudimentary in a few years, but the performance is still unbelievable. The institutions which won't adapt to using new tools will be seen as archaic and inefficient.

Some concerns about publication do rise with the coming of LLMs. Is there a need for published literature reviews if they can be done by AI? What should an introduction for a paper look like if better than average can be generated with an AI, or should that AI generated introductions be the new norm?

As coding assistants LLM's do well. They cannot yet complete complex coding tasks based on simple prompts, but dividing the tasks into smaller bits makes it possible for the LLM to provide a working answer, which often comes with comments and cleaner formatting than I do myself. As long as you think of the big picture and leave the smaller tasks to the AI, it definitely speeds up coding.

I treat the new tools as a replacement for google. The answers are immediate and there is no need to click any links. Follow-up questions are easier, and less thought needs to be put into new queries. They are also great tools for checking grammar and providing better sentences.

Information finding just got as big a leap as it did when internet and google replaced libraries.

## References

- [1] Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., & Sutskever, I. (2019). Language Models are Unsupervised Multitask Learners. OpenAI Blog.
- [2] Holtzman, A., Buys, J., Forbes, M., & Choi, Y. (2020). The Curious Case of Neural Text Degeneration. arXiv preprint arXiv:1904.09751.
- [3] Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... & Polosukhin, I. (2017). Attention is All You Need. In Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS).
- [4] Bahdanau, D., Cho, K., & Bengio, Y. (2014). Neural Machine Translation by Jointly Learning to Align and Translate. arXiv preprint arXiv:1409.0473.
- [5] See, A., Liu, P. J., & Manning, C. D. (2017). Get To The Point: Summarization with Pointer-Generator Networks. In Proceedings of the 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL).
- [6] Gehrmann, S., Deng, K., & Rush, A. M. (2018). Bottom-Up Abstractive Summarization. In Proceedings of the 2018 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP).
- [7] Socher, R., Perelygin, A., Wu, J. Y., Chuang, J., Manning, C. D., Ng, A. Y., & Potts, C. (2013). Recursive Deep Models for Semantic Compositionality Over a Sentiment Treebank. In Proceedings of the 2013 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP).
- [8] Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. In Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics (NAACL).
- [9] Notopoulos, K. (2023, January 12). Tech News Site Has Been Using AI To Write Articles, So We Did The Same Thing Here. BuzzFeed News. Retrieved November 7, 2023 from <https://www.buzzfeednews.com/article/katienotopoulos/cnet-articles-written-by-ai-chatgpt-article>

---

## Mobiilirobotit palvelevat ikäihmisten oppaina

Mirka Leino, TKT, yliopettaja, johtava tutkija, [mirka.leino@samk.fi](mailto:mirka.leino@samk.fi)

Sari Merilampi, dosentti, TKT, tutkijayliopettaja, johtava tutkija, [sari.merilampi@samk.fi](mailto:sari.merilampi@samk.fi)

Johanna Virkki, TKT, tenure track-professori, Tampereen yliopisto, [johanna.virkki@tuni.fi](mailto:johanna.virkki@tuni.fi)

---

Palvelurobotit ovat viime vuosina tulleet perinteisten teollisuusrobottien rinnalle osaksi monenlaista tekemistä. Robotisaatio ei ole enää pelkästään tehtaissa tapahtuva muutos, vaan palvelurobottien myötä se koskee meitä kaikkia. Kansainvälinen robotiikkayhdistys määrittelee palvelurobotit ”roboteiksi, jotka toimivat täysin tai lähes itsenäisesti suorittaakseen palveluja, joista on hyötyä ihmisten ja laitteiden hyvinvoinnille, lukuun ottamatta teollisuustoimintaa” [1]. Ihmisten kanssa yhdessä toimivat palvelurobotit on tarkoitettu ensisijaisesti erilaisten rutiinitehtävien hoitamiseen ja haastavissa tehtävissä operoimiseen (esimerkiksi tilanteissa, joissa esiintyy tartuntavaara tai ilmassa havaitaan vaarallisia aineita). Sosiaali- ja terveysalalla palvelurobottien käytöllä tavoitellaan erityisesti palvelujen turvaamista ja turvallista elämälaadun ylläpitoa.

Mobiilirobotit ovat palvelurobotteja, joiden pääasiallinen tehtävä on suorittaa logistisia tehtäviä [2] kuten ruuan, lääkkeiden, instrumenttien tai vaikka likapyykin kuljettamista. Mobiilirobotit ovat jo todella valmista teknologiaa ja niitä on otettu käyttöön hyvin erilaisissa ympäristöissä, joissa henkilöstön työaika on haluttu vapauttaa henkilön ammattitaidon näkökulmasta olennaisempiin tehtäviin kuin tavaroiden kuljettamiseen [3]. Kun mobiilirobotteja otetaan käyttöön logistiikassa, voidaan niiden jatkuvaa liikkumista laajallakin alueella hyödyntää monenlaisiin muihinkin tehtäviin. Mobiilirobotti voi kuljetustehtäviensä lomassa seurata/tunnistaa vaikka sairaalan apuvälineiden, kuten pyörätuolien, sijaintia, jolloin henkilöstö voi sopivan käyttöliittymän kautta tarkastaa, missä mobiilirobotti on viimeksi nähnyt pyörätuolin. Vastaavasti pidemmälle kehitetty mobiilirobotti voi kuljetustehtäviensä lomassa esim. tunnistaa huonovointisia ihmisiä, jakaa suojaimia, opastaa potilaita oikeaan paikkaan tai desinfioida ympäristöään [4].

Vaikka useat mobiilirobotit ovat vielä melko kookkaita ja kömpelöitä kotiin tai ahtaisiin terveydenhuollon ympäristöihin, kannattaa niiden käytettävyyttä ja hyödyntämismahdollisuuksia tutkia jo nyt. Kun tulevaisuudessa markkinoille saadaan

ketterämpiä ratkaisuja, osaamme hyödyntää niitä välittömästi. Tietoisuuden lisääminen onkin keskeistä, sillä monipuoliset hyväksyttävät käyttökohteet nousevat usein kentältä ja ne jalostetaan yhdessä eri alojen osaajien kanssa. Oma kiinnostava ulottuvuutensa on myös tulevaisuuden tilasuunnittelu, jossa siinäkin tulisi huomioida robotiikan käyttö. Suomen Akatemian rahoittamassa RoboRFID-hankeessa Satakunnan ammattikorkeakoulun RoboAI tutkimus- ja tuotekehityskeskukseen ja Tampereen yliopiston tutkijat yhdessä työelämätoimijoiden ja loppukäyttäjien kanssa pureutuivat juuri näihin teemoihin. Tässä artikkelissa perehdytään mobiilirobottien käyttömahdollisuuksiin erityisesti ikäihmisten apuna. Artikkelissa kuvataan mobiilirobottien konkreettisen pilotoinnin tuloksia sekä ikäihmisten omia ajatuksia mobiilirobotiikan käytöstä.

## **Mobiilirobotti hyvinvointipalveluissa ja terveydenhuollon ympäristöissä**

Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Tampereen yliopiston yhteisessä Suomen Akatemian rahoittamassa Kriittisten terveydenhuoltoympäristöjen toiminnan varmistaminen modernin teknologian avulla -hankkeessa robotiikkaa on opittu, kehitetty ja tutkittu yhdessä. Keskeistä on ollut käyttäjien vahva osallistaminen kehittämistyöhön ja yhteisen ymmärryksen rakentaminen robotiikan mahdollisuuksista ja hyödyllisistä käyttökohteista. Vaikka hankkeessa on toimittu monenlaisten robottien kanssa, on painopiste ollut erityisesti mobiiliroboteissa.

Mobiilirobottien uusia, logistisia tehtäviä täydentäviä käyttökohteita on yhteiskehitetty sosiaali- ja terveysalan sekä teknologia-alan asiantuntijoiden sekä kokemusasiantuntijoiden yhteistyössä. Käyttöskenaarioissa robotti on mm. opastanut evakuoititilanteessa ihmisiä ulos palavasta rakennuksesta [5], vetänyt aktivointituokioita eri henkilöille yksilöityine sisältöineen, ohjannut harhailevaa henkilöä takaisin omaan huoneeseen [6] ja pitänyt perehdytystä uusille työntekijöille [7] ja asukkaille. Käyttöskenaarioiden pohjalta on rakennettu prototyyppejä. Ensimmäinen prototyyppi on opastava ja liikkumaan aktivoiva mobiilirobotti ja se pääsi ikäihmisten testaukseen touko-kesäkuussa 2023. Testeissä mobiilirobotti opasti Diakon Oy:n DiaHavu-nimisen ikäihmisille suunnatun kerrostalon asukkaita tutustumaan talon yleisiin tiloihin ja käytäntöihin. Toisena esimerkkinä toteutettiin talon siistijöiden opastus ja kolmantena testattiin liikkumaan aktivoiva hupikierros, Joyride.

## Mobiilirobotit ja niiden oheislaitteet

Testeissä mobiilirobotit oli varustettu kaapeilla (kuva 1), joissa ne voivat kuljettaa vaikkapa ostoksia tai pyykkejä asukkaan kotiovelle, onhan niiden perustyötä erilaisten logististen tehtävien suorittaminen. Mobiiliroboteille annettiin myös uusia ominaisuuksia radiotaajuisen tunnistustekniikan (RFID) ja konenäkötekniikan avulla. Mobiilirobotit pystyivät tunnistamaan robotin lähellä olevia henkilöitä, joiden vaatteisiin tai kaulanauhaan oli lisätty puettava RFID-tunniste. Toinen mobiiliroboteista kykeni konenäön avulla myös havaitsemaan ihmisen varmistaakseen, että RFID-lukijalla tunnistettu ihminen oikeasti oli paikalla, eikä esim. tunnistekortti vain ollut jäänyt pöydälle. Mobiilirobotin kyydissä kulki iso kosketusnäyttö, jolla se näytti ohjeistukset, ja testaaja pystyi vastaamaan robotin kysymyksiin. Mobiilirobotti tunsu koko ajan paikkansa talossa ja valitsi annettavat ohjeet sijaintinsa perusteella. Kierroksella testaaja seurasi robottia katsellen ja kuunnellen ohjeistuksia. Koska mobiilirobotti tunnistaa opastettavan henkilön, voidaan opastuksen sisältöä muokata henkilön mukaan. Myös robotin nopeutta ja äänenvoimakkuutta pystytään säätämään testaajan yksilöllisten tarpeiden mukaisesti.



*Kuva 1. Mirkku- (vas.) ja Late-mobiilirobotit valmiina toimintaan DiaHavun yhteisessä tilassa.*



Testeissä käytettiin kahta erilaista mobiilirobottia. Testirobottien nimet olivat Late ja Mirkku (kuva 1). Late toimi opastajana ja Mirkku liikuntaan aktivoivana robottina. Late-robotina toimi Omron LD-90 -mobiilirobotti, jonka kyytiin rakennettiin koivuvanerista kuljetuskaappi toiselle sivulle avautuvalla ovella. Kaapin sisällä on tila robottiin integroidulle elektroniikalle. Siellä on Intelin NUC-tietokone ulkoisella GPU:lla, kytkin, Impinj Speedway R420 -RFID-lukija sekä muuntaja, joka syöttää robotin akulta saatavan virran elektroniikalle. Robotin ulkopuolelle, takaseinään kiinnitettiin ASUS ZenScreen Touch -kosketusnäyttö ja kaapin kanteen yksi Times-7:n SlimLine A5020 -RFID-antenni. Robotin kaapin etu- ja takaseinissä on kaksi kaiutinta molemmissa ja takaseinän alareunasta löytyy myös mobiilirobotin oma näyttö hätäseisäskytkimiseen ja kuittauspainikkeineen.

Joyridessä taas Mirkku-mobiilirobottina toimi MiR250-mobiilirobotti, jonka kyytiin rakennettiin alumiiniprofilista tehty runko sekä koivuvanerverhoiltu kaappi, jossa oli molempiin sivusuuntiin avautuva laatikko tavarankuljetukseen. Kaapissa oli myös oma osasto elektroniikalle, joka koostui Laten tietokoneen kanssa samalaisesta Intel NUC -tietokoneesta ulkoisella GPU:lla, kytkimestä, Impinj Speedway R420 -RFID-lukijasta sekä muuntajasta, joka syöttää robotin akusta saatavan virran elektroniikalle. Robotin kaapin takaseinään oli kiinnitetty ASUS ZenScreen Touch -kosketusnäyttö, ja jokaiselle kaapin sivulle BRRFID:n BRA-02SR -RFID-antenni. Mirkkuun integroitiin myös Opticam i5 -IP-kameroilla toteutettu konenäköjärjestelmä, kaiuttimet kaikkiin sivuseiniin sekä turvapiiri hätäseisäskytkimiseen ja kuittauspainikkeineen.

## **Testatut mobiilirobottisovellukset**

Testien aikana testattiin kolmea eri sovellusta: asukkaan opastaminen talon tiloissa, siistijän opastaminen talon siivoustöihin sekä Joyride – liikkumaan aktivoiva hupikierros. Asukkaiden ja siistijän opastamisen testaus toteutettiin Late-robotilla ja Joyride Mirkku-robotilla. Seuraavassa on kuvattu näiden testisovellusten toiminnallisuudet.

### ***Asukkaan opastaminen talon tiloissa***

Testeissä ikäihmiset toimivat testajina, joita robotti opasti talon tiloissa liikkumiseen ja toimimiseen. Tarkoituksena oli testata tilannetta, jossa uusi asukas tutustuu taloon ja robotti opastaa tärkeimmät tilat ja toiminnot. Robotin opastuskierros alkoi yhteisestä tilasta, vei ilmoitustaululle ja sitä kautta esim. sairaanhoitajan huoneelle ja saunaosastolle. Aina, kun robotti pysähtyi jossain tilassa, se kertoi puhuen ja kuvin

siihen tilaan liittyviä tärkeitä asioita. Opastukselle voi osallistua uudelleen aina, kun tuntui, että oli hyvä kerrata opastuskierros.

### ***Siistijän opastaminen talon siivoustöihin***

Siistijän opastamisessa testaajana toimi DiaHavun siistijä, jolle robotti opasti siivoustyön näkökulmasta tärkeimmät tilat ja työtehtävät niissä. Tämäkin kierros alkoi yhteisestä tilasta ja eteni muihin yleisiin tiloihin. Opastus oli melko yksityiskohtaista pitäen sisällään tietoja siitä, miten usein ja millä tasolla siivouksia eri tiloissa tulee tehdä. Siistijän opastuksessa robotti kulki tilasta toiseen kertoen työtehtävistä ja näyttäen kuvia samoin kuin taloon tutustujan opastuksessa. Myös siistijällä oli mahdollisuus osallistua opastuskierrokselle uudelleen aina, kun tuntui, että joku asia olisi hyvä kerrata.

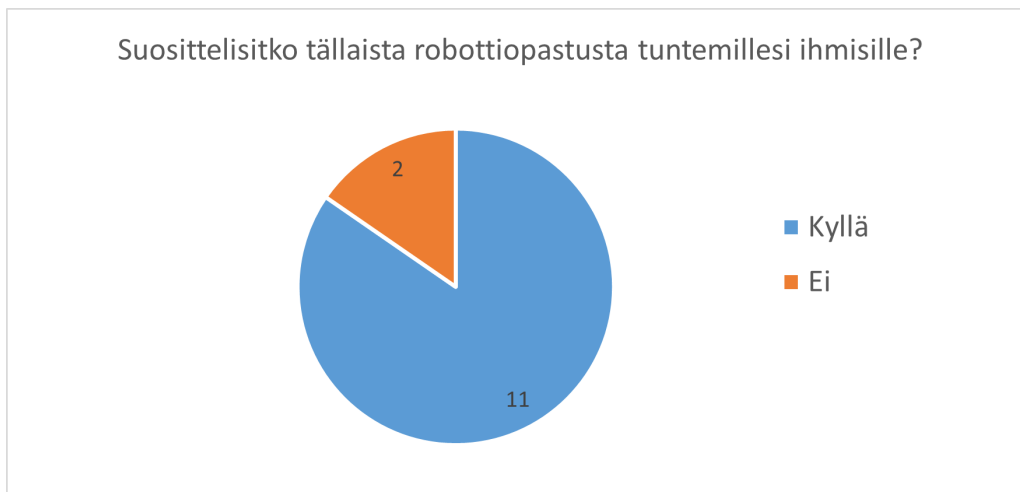
### ***Joyride – liikkumaan aktivoiva hupikierros***

Joyride (kuva 2) sai alkunsa osittain ikäihmisten toiveesta, kun he toivoivat, että mobiilirobotit tekisivät jotain heitä ilahduttavaa ja liikkumaan motivoivaa. Joyride on liikkumaan aktivoiva hupikierros, jossa mobiilirobotti kierrätti testaajia DiaHavun tiloissa niin, että eri pisteissä suoritettiin erilaisia liikunnallisia harjoitteita. Jos testaaja suoritti koko kierroksen, hän teki ohjevideoita seuraamalla 12 erilaista liikuntasuoritusta, joista jokainen kesti minuutin. Toimintapisteitä oli yhteensä neljä, joista ensimmäinen ja viimeinen olivat samassa tilassa. Aloituspisteessä testaaja tunnistautui robotille RFID-tunnisteellaan. Näin robotti tunnisti, oliko testaaja kokeillut jo Joyrideä ja ansainnut pisteitä. Joyride hyödyntää pelillisyyttä yhtenä liikuntaan motivoivana menetelmänä. Jokaisesta suorituksesta testaaja keräsi hänelle kirjautuvia pisteitä. Kun testaaja oli saanut kerättyä seitsemän pistettä eli suorittanut seitsemän harjoitusta videoiden mukaan, hän läpäisi tason ja ansaitsi linnun munan. Kun hän taas sai kerättyä seitsemän seuraavaa pistettä, hän läpäisi toisen tason, ja munasta kuoriutui linnunpoikanen. Keräämällä vielä seitsemän pistettä, testaaja sai kasvatettua linnunpoikasesta aikuisen linnun. Tämän jälkeen pisteiden keräämisen voi aloittaa alusta ja testaaja voi tavoitella toisen aikuisen linnun kasvattamista. Linnut jäivät testaajalle talteen Joyrideen.

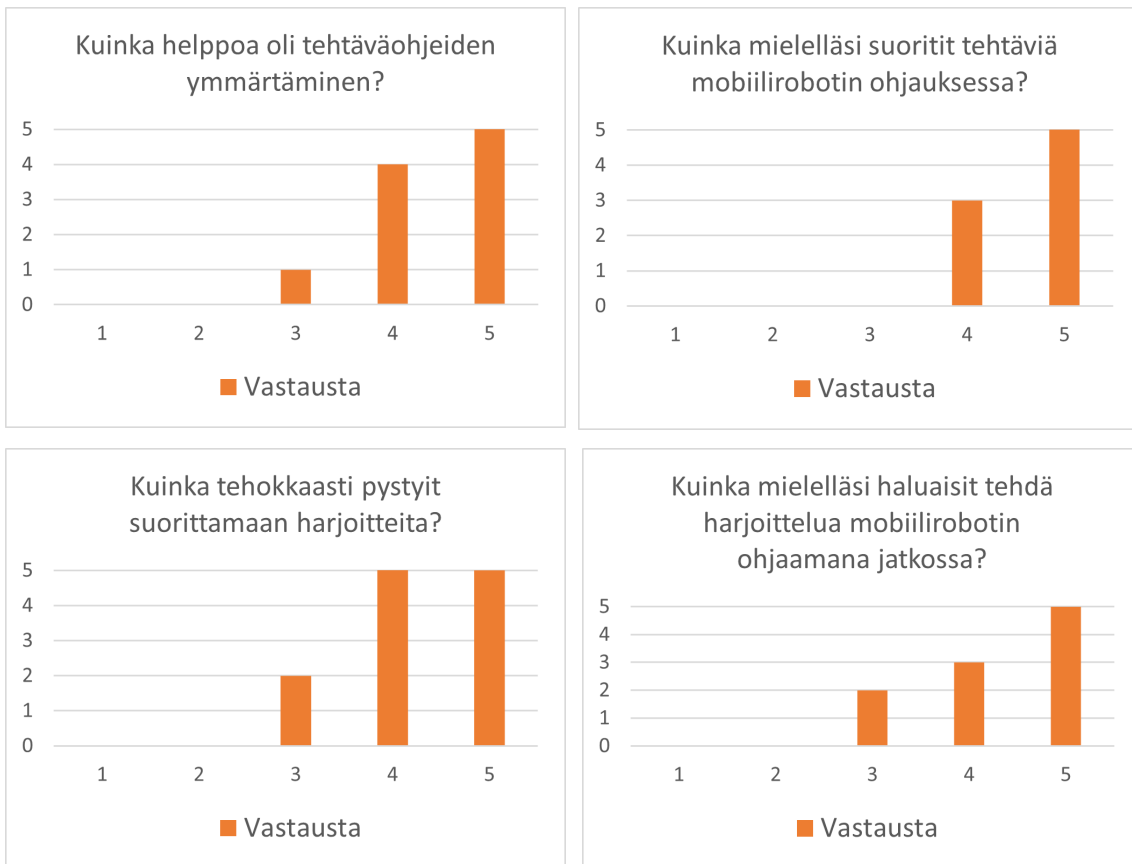
## Ikäihmisten kokemuksia mobiilirobotista oppaana ja aktivoijana

Jokaisen testikierroksen aikana yksi tutkimusryhmän jäsen havainnoi testin etenemistä (kuva 2) ja kierroksen jälkeen sama tutkija haastatteli testattavaa etukäteen formuloidun haastattelun muodossa. Talon asukkaille suunnatulle opastuskierrokselle osallistui 13 testaajaa ja Joyriden suoritti 10 testaajaa. Havainnoista ja haastattelusta saatiin tärkeää tietoa ja kommentteja jatkokehittämisen tueksi. Kuviossa 1 näkyy opastuskierrokselle osallistuneiden vastausten jakautuminen, kun heiltä kysyttiin, suosittelisivatko he tällaista robottiopastusta tuntemilleen ihmisille. Kuten kuvasta nähdään, valtaosa testaajista oli halukkaita suosittelemaan robottiopastusta.

Kuvio 1. Testaajien innokkuus suositella robottiopastusta tuttavilleen.



Kuvio 2. Testaajien tähtiarvioiden jakautuminen.



Kuviossa 2 näkyy testaajien vastausten jakautuminen liittyen tehtävöohjeiden ymmärtämiseen, tehtävien suorittamiseen mobiilirobotin kanssa, harjoitteiden tehokkaaseen suorittamiseen, ja haluun jatkaa harjoittelua mobiilirobotin kanssa, kun he arvioivat näitä antamalla tähtiä yhdestä viiteen. Kuvaajien vaaka-akseleilla on tähtiluokitukset ja pystyakselilla niitä vastaavien vastausten määrät.

**Jokainen testaukseen osallistunut ikäihminen osasi operoida robottia** robotilla olevalta kosketusnäytöltä. Osa tarvitsi kannustusta enemmän, osa vähemmän. Robotti toimi ympäristössä oletetulla tavalla, mutta ennen varsinaisia asiakastestauksia, jouduttiin sen kulkemaa reittiä uudelleensuunnittelemaan, jotta robotti ei häiritsisi normaalia toimintaa talossa. Robotti ei esimerkiksi saanut pysähtyä paikkoihin, joissa sen ohittaminen olisi ollut hankalaa. Haastetta lisäsi apuvälineiden käyttö, jolloin tilaa tarvitaan enemmän. Myös **jotkut paikat, kuten oviaukot ja hissi olivat kapeat suhteessa robotin turva-alueeseen.**



Kuva 2. Digi-iki-kerholainen testaamassa Joyrideä. Tutkijajliopettaja Sari Merilampi havainnoi testausta.

Testeihin osallistuneet ikäihmiset olivat teknologiaan erittäin myötämielisesti suhtautuvia Diakonin Digi-iki-kerholaisia ja näin ollen käyttökokemuksetkin olivat erittäin positiivisia. **Käyttäjäkokemukseen vaikuttivat sekä robotin että tablettisovelluksen ominaisuudet.** Robotti koettiin tervetulleena lisänä erityisesti ohjeiden kertaamiseksi ja toisaalta robotin koettiin rikastuttavan arkea viihteellisellä ja liikkumaan aktivoivalla sisällöllä, jonka merkitys tunnustettiin.

Havainnointi ja haastattelut tuottivat myös paljon kehittämissuhteita. **Mobiilirobotin ulkonäkö ja koko puhuttivat erityisen paljon.** Robotti koettiin melko pelottavanakin suuren kokonsa vuoksi. "Leppäkertutarrat ja pienempi kaappi voisivat jo tehdä siitä helpommin lähestyttävän". Toisaalta kiiteltiin robotin kokoa siitä näkökulmasta, että se oli helppo havaita. Osa olisi toivonut robotin näyttävän ihmiseltä. Tabletin ohjelmassa kommentoitiin mm. kosketusnäytön herkkyyttä ja sisällön havainnollisuutta. **Kiitosta saatiin erityisesti monikanavaisesta (ääni, kuva) informaatiosta, joka helpotti ymmärtämistä.** Aikaisempien tutkimusten tapaan **tabletin käyttöä hankaloittivat kuiva**

**iho ja kosketustapa**, jotka aiheuttivat välillä haasteita (tabletti ei havainnut kosketusta). Testaajien olikin mahdollista käyttää apuna ns. kosketusnäyttökynää. Lisäksi mielenkiintoinen oivallus oli mahdolliset tilasuunnittelussa huomioitavat seikat, jos robotiikkaa tullaan hyödyntämään tulevaisuudessa laajemmin vastaavanlaisissa käyttöympäristöissä.

**Robotiikka ja testaukset herättivät runsaasti keskustelua. Keskeinen havainto oli ihmisten oletus siitä, että robotti on kallis.** Keskustelua käytiin mm. siitä, mitä kalliin robotin hankinta tarkoittaisi. Henkilöillä ei tyyppillisesti ollut mitään itse robottia vastaan, mutta huolta aiheutti lähinnä ihmiskontaktien väheneminen. **Jos robotti sen sijaan tulisi lisäresurssiksi tai säästäisi ihmisten aikaa muuhun kuin roskien viemiseen, se nähtiin erittäin tervetulleena.** Robotin testaaminen sai aikaan onnistumisen iloa, sillä kaikki testaajat onnistuivat toimimaan robotin kanssa kuten pitikin. **Lisäksi palautteessa korostui uuden sisällön merkitys ja teknologian kehittämiseen osallistumisen tärkeys.** Kaikki tämä yhdessä tekeminen lisäsi osallisuutta.

Testaukset aikaansaivat puhetta myös ammattilaisten ja asukkaiden välillä sekä toisaalta testauksiin osallistumattomien keskuudessa. **Robotit aiheuttivat paljon kysymyksiä, ideoita ja kommentteja erityisesti henkilöissä, jotka seurasivat robottitestauksia sivusta.** Tämä koettiin myös tärkeäksi tavaksi lisätä tietoisuutta ja hälventää robotteihin liittyviä ennakkoluuloja. Myös eri alojen ammattilaisilta saatu palaute on ollut innostavaa. **Kehittämistyö on vahvistanut kokemusta yhteistyön tarpeellisuudesta erilaisten ikäihmisten palvelemiseksi tarkoitettujen ratkaisujen kehittämisessä.** Joyriden osalta yksityiskohtaiset tulokset on julkaistu erillisessä artikkelissa [8].

## **Johtopäätökset**

Yhteiskehittämisessä osallistetaan aktiivisesti eri alojen ammattilaiset sekä kehitettävän tuotteen loppukäyttäjät. Artikkelissa kerrottiin erityisesti mobiilirobotiikan uusien käyttökohteiden yhteiskehittämisestä liittyen ikäihmisten koti- ja palvelukotiympäristöihin. Yhteisesti ideoidut käyttöskenaariot toimivat prototyypikehityksen perustana. Prototyyppejä testattiin laboratorioympäristön jälkeen kentällä.

Kenttätestauksessa todettiin monia tuotesuunnittelun kannalta olennaisia seikkoja ja sitä tulisikin käyttää tutkimuksissa ja tuotekehityksessä riittävän aikaisessa kehittämisvaiheessa. Keskeistä on varata runsaasti aikaa käyttäjätarpeen

tunnistamiseen ja tietoisuuden lisäämiseen osana kehittämistä ja teknologian jalkauttamista. Testauksissa mobiilirobotti toimi perehdyttäjänä ja liikunnallisena aktivoijana. Teknologiaorientoituneiden ikäihmisten käyttökokemukset olivat positiivisia, vaikka kehitysehdotuksia saatiinkin runsaasti. Robotiikka herätti myös runsaasti keskustelua testauksiin osallistumattomien keskuudessa.

Olenainen havainto oli, että tuotesuunnittelussa tulee ottaa huomioon niin mobiilirobotin kuin kosketusnäytöllä olevan sovelluksen ominaisuudet tila- ja reittisuunnittelua unohtamatta. Ensimmäisten uusien käyttötarkoitusten testausten myötä saatiin pontta seuraaviin pilotointeihin. Pelkän teknisen ratkaisun suunnittelu ei kuitenkaan ole riittävä, vaan robotin käyttöä tulisi tarkastella myös palvelun näkökulmasta. Olenaista on pohtia, minkä palvelun osana robotti toimisi vai mahdollistaisiko se täysin uusia palveluita.

*Artikkeli on kirjoitettu osana Kriittisten terveydenhuoltoympäristöjen toiminnan varmistaminen modernin teknologian avulla: Uudenlainen mobiilirobottien ja passiivisen RFID-teknologian fuusio -hanketta, jota rahoittaa Suomen Akatemia.*

## Lähteet

- [1] International Federation of Robotics, Palvelurobotin määritelmä (Definition of Service Robots), (Online). Haettu 29.8.2023 osoitteesta: <https://ifr.org/service-robots/>.
- [2] S. Jeon, J. Lee, Vehicle routing problem with pickup and delivery of multiple robots for hospital logistics, International Conference on Control, Automation and Systems, 2016.
- [3] B. Kumar, L. Sharma, S. Wu, Job allocation schemes for mobile service robots in hospitals, IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine, 2018, s. 1323-1326.
- [4] C. R. Kovach, Y. Taneli, T. Neiman, E. M. Dyer, A. J. A. Arzaga, S. T. Kelber, Evaluation of an ultraviolet room disinfection protocol to decrease nursing home microbial burden, infection and hospitalization rates, BMC Infectious Diseases, Springer Nature, 2017.
- [5] M. Leino, S. Merilampi, J. Kortelainen, P. Valo, T. Lehtinen, J. Virkki, Mobile robot-integrated machine vision and RFID systems for improving fire safety in care environments, 7th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), 2022, s. 1-5.
- [6] M. Leino, S. Merilampi, P. Valo, J. Virkki, Co-Designed Technology for Elderly Care: Mobile Robots and Passive RFID for Nighttime Safety. 6th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), 2021, s. 01-04.
- [7] A. Poberznik, M. Leino, J. Huhtasalo, T. Jyräkoski, P. Valo, T. Lehtinen, J. Kortelainen, S. Merilampi, J. Virkki, Mobile Robots and RFID Technology-Based Smart Care Environment for Minimizing Risks Related to Employee Turnover during Pandemics, Sustainability, 2021.
- [8] M. Leino, T. Jyräkoski, T., J.-P. Aaltonen, S. Herrnegger, J. Virkki, S. Merilampi, JOYRIDE: Mobile Robot-Integrated Gamified Exercise Tour for Increasing Physical Activity Among Elderly People, Submitted to Games and Learning Alliance Conference, Dublin, 2023.

---

## STEM-toiminta Satakunnan automaatio-osaamisen jatkuvuuden tukena

*Mirka Leino, TKT, yliopettaja, johtava tutkija, [mirka.leino@samk.fi](mailto:mirka.leino@samk.fi)*

*Janika Tommiska, insinööri (AMK), tutkija, tuntiopettaja, [janika.tommiska@samk.fi](mailto:janika.tommiska@samk.fi)*

---

Lasten ja nuorten teknologiataitojen kehittyminen on monestakin näkökulmasta ensiarvoisen tärkeää tulevaisuuden työelämälle. Teknologiataitoja ei tarvita vain teknologia-alalla vaan tulevaisuudessa ihan kaikissa työtehtävissä hyödynnetään teknologiaa, jonka kanssa sujuva yhteistyö mahdollistaa mielekkään tekemisen. Toisaalta teknologia-alalla tulee olemaan Suomen ja erityisesti Satakunnan tulevaisuuden kannalta merkittävä rooli. Tästä syystä tulevaisuuden teknologia-alan työvoiman saanti tulee turvata kaikin käytettävissä olevin keinoin. [1][2]

Tulevaisuuden työvoiman saannin turvaamisessa tärkeää on nuorten ja alanvaihtajien houkuttelu teknologiaopintojen pariin. Tässä ei riitä abiturienteille tai yhdeksäsluokkalaisille aiheen ja mahdollisuuksien esittely, vaan lapsia ja nuoria täytyy motivoida teknologiaopintojen pariin mahdollisimman nuoresta lähtien, läpi peruskoulun ja toisen asteen opintojen. Jo ihan alakoululainen voi innostua teknologiasta, kun hän pääsee kokeilemaan ja kokemaan teknologiaa. Lasten ja nuorten innostamisessa ja motivoinnissa on tärkeää mahdollistaa kouluille riittävät osaamiset ja resurssit teknologiaopetukseen.

Satakunnan ammattikorkeakoulun RoboAI tutkimus- ja tuotekehityskeskus ja aikaisemmin jo Automaation tutkimusryhmä ovat kehittäneet ja pilotoineet monenlaisia teknologiatoimia niin lasten ja nuorten inspiroimiseen kuin opettajien motivoimiseen ja auttamiseen. RoboAI:n STEM-toiminta (Science, Technology, Engineering and Mathematics) [3] keskittyy opettajien koulutukseen ja tiedon lisäämiseen, teknologia-aineiden materiaalien tuottamiseen opettajien käyttöön, erilaisten kokemusten tuottamiseen eri ikäisille lapsille, kilpailujen ja tapahtumien järjestämiseen, sekä ainekohtaiseen yhteistyöhön ja pelillisyyden edistämiseen STEM-aineiden opinnoissa. Tässä artikkelissa kuvataan tarkemmin RoboAI:n STEM-toiminnan muotoja sekä tuloksia.



## Opettajien koulutus

RoboAI:n STEM-toiminnan alku juontaa juurensa vuoteen 2015, kun Porin teknisen työn opettajilta tuli pyyntö järjestää opettajille tarkoitettu Lego-robottien ohjelmointikoulutus (kuva 1). Sen jälkeen toiminta lähti laajenemaan, kun Porin sivistystoimen kanssa aloitettiin systemaattinen STEM-yhteistyö. Alusta asti yhteistyössä on näkynyt yhteinen ymmärrys siitä, että ammattikorkeakoulun robotiikan, ohjelmoinnin ja insinööritaitojen opetusosaamista on järkevä hyödyntää laajemminkin maakunnan teollisuuden työvoimatarpeiden täyttämiseksi.



Kuva 1. Opettajat kouluttautumassa Lego-robottien ohjelmointiin.

Opettajien koulutusta on suunniteltu siten, että opettajilta ja sivistystoimen edustajilta on tullut toiveita uusista osaamisista sekä opetuksen kehittämisestä esim. uusien valinnaisaineiden tarjoamiseksi. Opettajia on koulutettu aina yhden aiheen tiimoilta joka lukukausi. Opettajille on toteutettu koulutuksia mm. 3D-mallinnuksesta ja -tulostuksesta, Scratch-ohjelmoinnista, mBot-robottien ohjelmoinnista ja Arduino-ohjelmoinnista. Seuraaville lukukausille on jo suunnitteilla uusia koulutuksia mm. mBot-robottien Python-ohjelmointiin ja Arduino-ohjelmoinnin laajempaan osaamiseen.

Opettajien koulutuksen osana on ollut jo kolme kertaa RoboAI-viikolla järjestetty Teknologia opetuksessa -päivä. Joka kerralla päivällä on ollut vaihtuva teknologiaopetuksen teema, josta on kuultu Key Note -puheenvuoro ja pidetty rinnakkaisia työpajoja. Työpajoissa opettajat ovat päässeet kuulemaan uusimmista

teknologiaopetuksen mahdollisuuksista ja kokeilemaan erilaisia teknologioita, joiden avulla opettaminen on sujuvampaa ja opiskelijoille motivoivampaa.

## **Valinnaisainemateriaaleja opettajien käyttöön**

Opettajien koulutusten taustalla on ollut myös koulujen tarve teknologia-aiheisiin valinnaisaineisiin. Tätä tarvetta on taklattu opettajien käyttöön tehdyillä materiaaleilla. Materiaalit sisältävät opetusvideoita sekä tehtäviä, joita opettajat voivat sellaisenaan käyttää teknologiavalinnaisaineiden toteutukseen eri luokka-asteilla. Tällä hetkellä RoboAI:n verkkosivustolta löytyy materiaalit 3D-mallinnuksesta ja -tulostuksesta, Scratch-ohjelmoinnista, mBot-robottien ohjelmoinnista sekä Arduino-ohjelmoinnista TinkerCad-ympäristössä. [4]

Materiaalit on suunniteltu ja toteutettu siten, että yhden aiheen opettamiseen materiaali soveltuu joko yhden viikkotunnin koko vuoden opetukseen tai kahden viikkotunnin yhden lukukauden opetukseen. Aineistoa on myös mahdollista pilkkoa, jos haluaa hyödyntää vain jonkun osuuden osana vaikka laajempaa teknologiavalinnaisainetta. Ja sanomattakin on selvää, että jokainen opettaja voi täydentää ja muokata opetustaan tarjottua aineistoa laajemmaksi tai johonkin tiettyyn tekemiseen keskittyväksi.

## **Lapsille ja nuorille kokemuksia ja motivaatiota**

Yhtenä RoboAI:n STEM-toiminnan johtavana ajatuksena on ollut, että lapsille ja nuorille tulee luoda mahdollisuuksia kokea ja kokeilla teknologiaa erilaisissa tapahtumissa ja kilpailuissa, joissa he pääsevät näyttämään osaamistaan ja tapaamaan samasta aiheesta kiinnostuneita osallistujia. Näitä tapahtumia onkin järjestetty ihan laidasta laitaan.

Lukuvuonna 2018–2019, RoboAI:n ja Porin sivistystoimen yhteistyön tuloksena, kaikki Porin kuudesluokkalaiset kävivät RoboAI-laboratoriossa kokemassa 2,5 tunnin robotiikkalabrat, joissa he saivat ohjaajien opastuksessa kokeilla erilaisten robottien ohjelmointia ja kokea onnistumista robottien toimiessa heidän ohjelmiansa perusteella. Vastaavia labrakokemuksia on tuotettu myös yläkoululaisille osana Teknologiateollisuuden MyTech-ohjelmaa, jossa halukkaat koululaisryhmät käyvät parin tunnin tutustumisella paikallisessa teollisuusyrityksessä ja suorittavat 2,5 tunnin robotiikan ja ohjelmoinnin labrat RoboAI-labrassa.

Monien koulujen aktiiviopettajat ovat myös tuoneet teknologiavalinnaisaineryhmiään RoboAI-laboratorioon eri mittaisille tutustumis- ja kokeilukäynneille (kuva 2). Keväällä 2023 yksi kahdeksasluokkalaisten ryhmä kaikista Porin yläkouluista kävi robotiikan, ohjelmoinnin ja tekoälyn labrakierroksilla.



*Kuva 2. RoboAI:n henkilökunta tutustuttamassa lapsia robotiikan pariin.*

Kilpailutoiminta keskittyi Lego-robottikilpailuihin vuosina 2018 ja 2019, kun First Lego Leaguen SM-kisat pidettiin kahdesti SAMKin Agora-salissa. Molempina vuosina lähes kaksikymmentä joukkuetta eri puolilta Suomea kisasi upeasti monipuolisissa ja haastavissakin tehtävissä. Syksyllä 2020 taas järjestettiin koululaisten 3D-mallinnuksen ja -tulostuksen kilpailu osana kansainvälistä Erasmus+-rahoitteista hanketta ja syksyllä 2021 maakunnan koululaisille suunnattu robottien tanssi- ja ohjelmointikisa osana RoboAI-viikkoa.

## **Yhteistyötä osana toisen asteen koulutuksen kehittämistä**

Toisen asteen koulutuksen kehittäminen ja sitä kautta SAMKin insinöörikoulutukseen hyvin sopeutuvien opiskelijoiden tuottaminen on tärkeä osa RoboAI:n STEM-toimintaa. Toisen asteen koulutuksen kanssa tehtävä yhteistyö pitää sisällään sekä lukioyhteistyötä että ammatillisen toisen asteen opiskelijoille suunnattuja opintoja.

Viimeisten kolmen vuoden aikana RoboAI-asiantuntijat ovat olleet mukana toteuttamassa kansainvälistä GAME-based Learning in MATHematics -hanketta, jossa korkeakoulut Kroatiasta, Kreikasta, Alankomaista ja Suomesta sekä toisen asteen oppilaitokset Kroatiasta, Kreikasta ja Suomesta ovat paneutuneet pelipohjaiseen oppimiseen (Game-based Learning) erityisesti matematiikan opiskelun näkökulmasta. Hankkeessa on luotu seitsemän erilaista toisen asteen koulutukseen suunniteltua matematiikkapeliä ja kahdeksan näiden pelien kautta tapahtuvan opetuksen käytännön toteuttamiseen ohjaavaa opetusskenaariota. Pelipohjaisen oppimisen teorioista ja käytännöistä tuotettiin myös toisen asteen opettajille suunnattu käsikirja sekä paljon ohjeita pelien tekemiseen ja hyödyntämiseen.

Suomen tiimi eli SAMKin asiantuntijat ja Porin lukion matematiikan opettajat tuottivat yhteisvoimin kuusi tasoa sisältävän, geometrian opiskeluun tarkoitetun GeomWiz-pelin sekä opetusskenaariot tasojen 4 ja 6 opetuskäyttöön. SAMKin tiimi myös arvioi ison joukon matematiikan oppimiseen tarkoitettuja pelejä ja tuotti niistä systemaattiseen arviointiin perustuvan luvun käsikirjaan. GAMMA-hankkeen tuotoksia pääsee tutkimaan hankkeen Internet-sivustolla [5]. Kaikki hankkeen tuotokset on tehty englanniksi ja käännetty kaikille osallistuvien maiden kielille eli suomeksi, kroatiaksi, kreikaksi ja hollanniksi.

Lukioyhteistyö on jalostunut viime vuosien aikana myös valinnaisaine-yhteistyöksi. Esimerkiksi keväällä 2023 lukion teknologiavalinnaisaineopiskelijat kävivät RoboAI-laboratoriossa suorittamassa valinnaisaineen osioita teollisuusrobotiikasta, palvelurobotiikasta, hyvinvointiteknologiasta ja 3D-tulostuksesta ja -mallinnuksesta. SAMKin tekoälyasiantuntija kävi myös pitämässä lukiolaisille luennon tekoälystä osana lukion tiedeviikkoa talvella 2023.

SAMK ja RoboAI tarjoavat myös toisen asteen opiskelijoille ns. kurkistusopintoja. Kurkistusopinnoissa toisen asteen opiskelijoiden on mahdollista tutustua ammattikorkeakouluopintoihin jo toisen asteen opintojen aikana ja samalla suorittaa opintojaksoja, jotka on mahdollista sisällyttää omiin ammattikorkeakouluopintoihin jatkossa. Kurkistusopintoja voi tällä hetkellä suorittaa robotiikan perusteissa, web-ohjelmoinnin perusteissa ja hyvinvointiteknologian perusteissa.

## **Johtopäätökset**

Tulevaisuuden työelämä tarvitsee työntekijöikseen yhä suuremman osuuden korkeakouluista valmistuvista nuorista. Tästä syystä nyt on tehtävä päämäärätietoista

työtä lasten ja nuorten houkutteluun STEM-urille. Tämän hetken kokemusten mukaan ei ole olemassa alaikärajaa sille, miten nuoria lapsia kannattaa motivoida teknologiaopintojen pariin jo osana peruskoulutusta. RoboAI:n yhtenä merkittävänä tehtävänä on tuottaa lapsille ja nuorille teknologiakokemuksia ja tunteita siitä, miten mielenkiintoisia ja monipuolisia tehtäviä teknologia-alalla on tarjolla nyt ja tulevaisuudessa.

Opettajien kouluttaminen ja heille mahdollisimman helposti hyödynnettävien materiaalien tuottaminen nähdään tärkeänä, koska mitä helpompi opettajan on integroida teknologiaopetusta osaksi eri opintojaksojen toteutusta, sitä varmemmin monet lapset pääsevät kokemaan ja oppimaan teknologiaa. Nyt on puhuttu pääasiassa valinnaisaineiden aineistosta, joten tulevaisuuden haasteena on se, miten houkutellaan mukaan ne lapset ja nuoret, jotka eivät vielä tiedä olevansa kiinnostuneita teknologiaopiskelusta, eivätkä valitse näitä valinnaisaineita osaksi koulunkäyntiään.

Erityisesti Satakunnan mutta ihan koko Suomen tulevaisuuden kannalta on tärkeää, että teknologia-alasta tehdään yhtä houkuttelevampaa ja toisaalta teknologia-alalla työskentelystä yhä mielenkiintoisempaa ja palkitsevampaa. STEM-panostuksilla on iso merkitys, kun jo nyt SAMKissa nähdään opiskelijoita, jotka kertovat kokemuksiaan kouluvuosiltaan:

*”Tulin tänne opiskelemaan, koska kävin joskus koulun kanssa tutustumassa laboratorioon ja innostuin kovasti robotiikasta.”*

*”Aion tulla heti lukion jälkeen SAMKiin opiskelemaan sähkö- ja automaatioinsinööriksi, koska miksi lähtisin kauas muihin maakuntiin, kun nykyisen lukioni vieressä on tällainen mahdollisuus.”*

Työ ei ole vain pyyteetöntä yhteiskunnan auttamista, vaan STEM-panostukset nähdään tärkeänä koko RoboAI:n toiminnan jatkuvuuden näkökulmasta. Kun innokkaita insinööriopiskelijoita saadaan riittävästi SAMKiin opiskelemaan ja koulutuksen kautta yrityksiin osaavia insinöörejä, on koko maakunnan tulevaisuus turvattu. Tulevaisuus näyttää valoisalta myös siksi, että tämän vuoden aikana RoboAI:n, Porin yliopistokeskuksen, OKL Rauman ja Porin sivistystoimen edustajat ovat tehneet suunnitelmia voimien yhdistämiseksi ja koko Satakunnan laajuisen STEM-toiminnan yhteiseksi edistämiseksi kohti vielä vaikuttavampia tuloksia.

## Lähteet

- [1] J. Ryytänen, "Teknisen työn opetusta on rajusti leikattu – teknologinen lukutaito rapautuu hälyttävää tahtia", [online]. Haettu 30.8.2023 osoitteesta: <https://www.satakunnankansa.fi/lukijalta/art-2000007123919.html>.
- [2] T. Heino, M. Leino, "Nuorten teknologiataidot ovat avain Satakunnan menestykseen", Satakunnan kansa, yliö, 29.5.2021, [online]. Haettu 30.8.2023 osoitteesta: <https://www.satakunnankansa.fi/lukijalta/art-2000008007311.html>.
- [3] Create & Learn Team, "STEM Meaning and Definition: What is STEM?", [online]. Haettu 31.8.2023 osoitteesta: <https://www.create-learn.us/blog/stem-meaning-and-definition/>.
- [4] RoboAI-verkkosivusto, Koulutusmateriaalit, [online]. Haettu 31.8.2023 osoitteesta: <https://www.roboai.fi/koulutusmateriaalit/>.
- [5] GAMMA-projektin Internet-sivusto, [online]. Haettu 31.8.2023 osoitteesta: <http://www.project-gamma.eu/>.

---

# RoboAI Health

---

RoboAI Healthin toiminta on monitieteistä vuoropuhelua, jonka tavoitteena on tutkia ja kehittää yksilön ja yhteisöjen hyvinvointia ja terveyttä edistäviä ratkaisuja teknologian tarjoamin keinoin. Hyvinvointiteknologiassa painopiste on erityisesti toimintakykyrajoitteisten arkea sujuvoittavien ratkaisujen kehittämisessä. Hyvinvointianalytiikassa tavoitteena on järjestelmiin kertyvää tietoa hyödyntämällä järkevöittää ja tehostaa terveydenhuoltoa asiakkaan näkökulmasta. RoboAI Health tarjoaa lisäksi monialaisia testbed-palveluita ja monipuolisia testausympäristöjä yritysten tuotekehityksen tueksi.

## Peliselli – sekin pelaa, joka pelkää

Sari Merilampi, dosentti, TkT, tutkijayliopettaja, johtava tutkija, [sari.merilampi@samk.fi](mailto:sari.merilampi@samk.fi)

Janika Tommiska, insinööri (AMK), tutkija, tuntiopettaja, [janika.tommiska@samk.fi](mailto:janika.tommiska@samk.fi)

Pelillisyydellä tarkoitetaan peleistä tyypillisten ominaispiirteiden ja ominaisuuksien käyttöä missä tahansa kontekstissa [1]. Pelillisyydellä tavoitellaan tyypillisesti kiinnostuksen, motivaation ja sitoutumisen kasvua. Pelillisyyttä kohdataan arkisessa elämässä jo monella tapaa. Tuttuina esimerkkinä mainittakoon monen palveluntuottajan bonuspisteet tai käyttäjiltä kerättävät tähtiarviot. Hyötypeleillä puolestaan tarkoitetaan peliä, jonka pelaaminen tuottaa viihdearvon lisäksi käyttäjälleen muuta hyötyä. Tällaista voi olla esimerkiksi liikunta, oppiminen tai kuntoutuminen (kuva 1). SAMKiin rakennettavassa Peliselli ympäristössä pelillisyyttä ja hyötypelejä kehitetään sekä kokeillaan erilaisten asiakkaiden tarpeista lähtien. Kiinnostus on toiminnan näkökulmasta erityisesti palveluiden muotoilussa.



Kuva 1. Mokke-hyötypelein pelaamista virtuaalimaailmassa. Kuva: Mirka Leino.



Koronapandemia nosti osaltaan vahvasti esille tarpeen digitaalisten palveluiden kehittamisestä sekä palveluntuottajien ja asiakkaiden digivalmiuksien kasvattamisesta. Pakollisen digiloikan myötä palvelua on järjestetty tyypillisesti videon, chatin tai puhelimen välityksellä [2,3]. Pelkkä etäpalvelun tarjoaminen ei kuitenkaan automaattisesti vastaa asiakkaan tarpeeseen, vaan huomiota tulisi kiinnittää myös palveluiden laatuun ja monipuolisuuteen kohderyhmän tarpeet huomioiden.

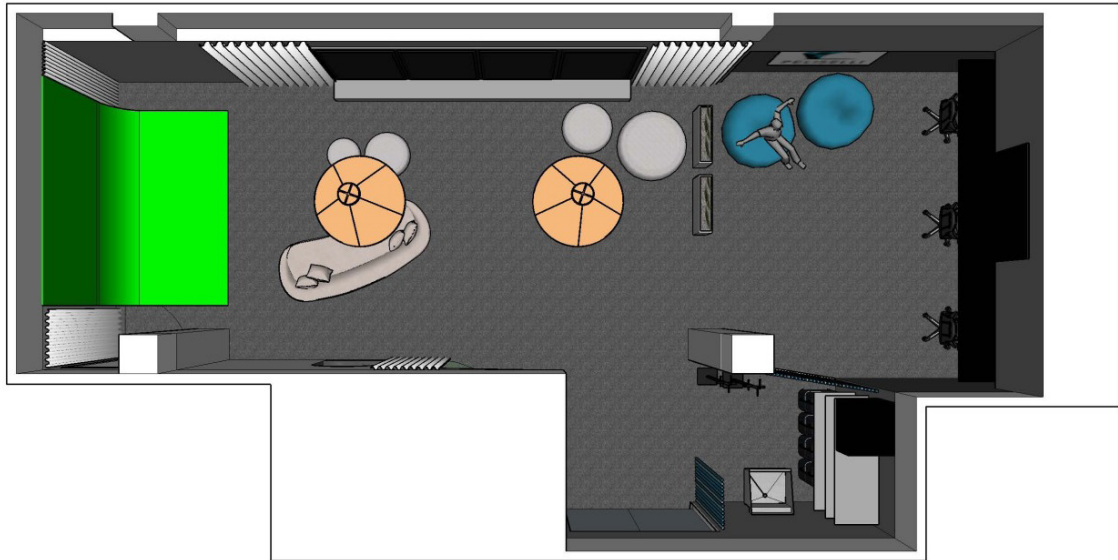
Elämykselliset ja asiakaskokemukseltaan miellyttävät palvelut ovat houkuttelevia, sitouttavat asiakasta, madaltavat kynnystä palveluiden piiriin hakeutumiselle, ovat palveluntarjoajalle (ammattilaiset) miellyttäviä sekä luovat kokonaan uusia mahdollisuuksia palvelun tarjoamiseen eri toimintaympäristöihin [4-8]. Pelillisyyttä ja elämyksellisyyttä voitaisiinkin hyödyntää erilaisille asiakasryhmille suunnattujen palveluiden kehittämisessä huomattavasti nykyistä laajemmin.

Pelillisyyden ja elämyksellisyyden sitominen palvelukehitykseen edellyttää eri alojen toimijoiden yhteistyötä. Erityisesti ketterä asiasuuntautunut teknologia-ala ja perinteisesti hierarkisempi ja vahvasti säännelty ihmisläheinen sosiaali- ja terveysala ovat luonteeltaan hyvin erilaisia, mikä hankaloittaa teknologian hyödyntämistä palveluiden raaka-aineena. Eri alojen asiantuntijoiden törmäytyminen on haastavaa, jos toimialoilta puuttuu yhteinen kieli, toimintakulttuuri ja kohtaamispaikat. Sotetoimijoita voi puuttua ymmärrystä pelillisyyden, teknologian ja elämystuotannon mahdollisuuksista ja sisällöntuottajilta voi puuttua ymmärrystä sote-kentän palveluista, työkaluista ja toimialan asettamista erityispiirteistä ratkaisujen suhteen. Näin ollen tarvitaan niin osaamisen vahvistamista, yhteistyömallia kuin törmäytymispaikkaa ja toimintaa (teknologian kehittäjät, palveluntuottajat, asiakkaat) [9-10]. Pelisellin on tarkoituksena vastata tähän tarpeeseen. Tässä artikkelissa kuvataan, miten Peliselli tilana ja toimintana palvelee eri alojen ammattilaisia asiakkaita ja opiskelijoita.

## **Peliselli ympäristönä**

SAMKin Porin kampuksen **Pelisellistä (kuva 2) rakentuu käyttäjän tarpeiden mukaan muunneltava tila**. Muunneltavuutta tuovat kalusteiden ja tilaratkaisujen lisäksi erityisesti säädeltävä valaistus ja äänentoisto. **Tilassa pääsee kokeilemaan ja kehittämään hyötypelejä, elämysteknologiaa ja monipuolisesti eri aistien stimuloimista** vaikkapa erilaisten valojen, tuntumien, äänimaiseman ja tuoksujen

muodossa. **Teknologiaa hyödynnetään monipuolisesti** virtuaalitodellisuudesta (VR) hiekkalaatikkoon. Toisaalta taas tilaan rakentuu aistiystävällinen ja rentoutumista tukeva ympäristö, jossa aistit lepäävät.



*Kuva 2. Pelisellin pohjapiirustus. Kuva: Paula Hellberg.*

Peliselliin astuessa avautuu näkymät ryhmätyöskentelytilaan, jossa aistit ja mieli ovat valmiina uusille mahdollisuuksille. Ryhmätyöskentelytilan viereen rakentuu virtuaalitodellisuusalue- sekä videotuotannossa hyödynnettävä green screen -alue. VR-lasien sisältöjä voidaan tarpeen mukaan myös streamata valkokankaalle, jotta muut tilassa olevat voivat seurata, mitä pelaaja näkee lasien kautta. Pelisellistä löytyy myös ohjelmistokehittämiseen ja -testaukseen tila, jossa mahdollistetaan uudenlaisten elämysteknologioiden innovointi kolmen tehotietokoneen voimin.

Aistiystävällinen rentoutusnurkka ja aistiluola luovat oivan ympäristön rentoutumiseen. Rentoutusnurkka sekä aistiluola eroavat suurelta osin toisistaan, mutta myös tukevat toisiaan kokonaisvaltaisella kokemuksella. Rentoutusnurkka on suunniteltu rauhalliseksi ja vaaleasävyiseksi, jolloin tilaan voidaan myös projisoida monenlaisia visuaalisia maailmoja. Luola on suunniteltu tummaksi tilaksi, jossa erilaiset pimeässä hohtavat maalaukset ja esineet kiinnittävät huomion. Pelisellistä on mahdollista myös lainata esim. aistilaukku, jossa käyttäjä voi viedä haluamaansa paikkaan samanlaista tunnelmaa. Aistilaukun lisäksi peliselli sisältää erilaisia muita teemoiteltuja laukkuja, joita voi lainata tarpeiden mukaan. Suunnitteilla ovat esimerkiksi videotuotantolaukku, liikuntapelilaukku ja arjen apu -laukku.

## Peliselli toimintana

Toiminnan näkökulmasta Peliselli tarkoittaa tekniikan opiskelijoille ”uusia leluja” ja mahdollisuutta kehittää opiskelijaprojekteina prototyyppejä oikeisiin tarpeisiin ja toisaalta uusia verkostoja laajasti eri toimialoille. Muiden toimialojen opiskelijoille Peliselli tarjoaa kontakteja, tukea ja ideoita teknologian ja uusien tapojen kokeilemisiin, testaamiseen ja soveltamiseen omalle toimialalle. Opettajille tämä tarkoittaa uutta varattavaa tilaa, jossa teknologiaa voidaan hyödyntää omassa opetuksessa tai mahdollisuuksia projektioppimisen hyödyntämiseen omassa työssä. Tärkein funktio on kuitenkin tarjota sidosryhmillemme paikka, jossa pääsee kokeilemaan konkreettisesti pelillisyyden ja elämysteknologian eri mahdollisuuksia ja pohtimaan yhdessä niiden hyödyntämistä omassa työssä.

Peliselliin voi tulla ongelman, tarpeen tai toimeksiannon kanssa. Yhdessä pohditaan, miten lähdetään liikkeelle. Kaikki hyötyvät, kun verkostot monipuolistuvat sekä opimme jatkuvasti lisää monialaista tuotekehitystä ja eri toimijoiden ja alojen rooleja osana sitä.

Pelisellin idea on lähtenyt liikkeelle kentän tarpeesta ja omasta innostuksesta. Ideana on kehittää ja jakaa osaamista, jota tarvitaan pelillisyyden, elämysten, hyötypelien ja tarinallisuuden hyödyntämiseksi erilaisissa palveluissa. Perimmäinen tarkoitus on palveluiden laadun ja asiakkaiden sitoutumisen ja kokemusten parantamisessa sekä monialaisessa oppimisessa. Pelisellin ideaa on ollut alusta asti rakentamassa hyvin monialainen joukko. Mukaan mahtuu laajasti eri tekniikan alojen edustajia, hyvinvointialan asiantuntijoita sekä kulttuurialan osaajia. Tarkoituksena on tehdä tästä mahdollisimman laajasti hyödynnettävä kokonaisuus. Tekniikan alan näkökulmasta Pelisellin voidaan ajatella olevan peli- ja elämysteknologian, sosiaali- ja terveysalalle se on teknologiapankki ja sidosryhmätoimijoille palvelumuotoilutehdas. Ennen kaikkea Peliselli on kohtaamispaikka, josta voi saada tukea ja apua hyötypelien, elämysteknologian, pelillisyyden sekä tarinallisuuden käyttöön ja kehittämiseen.

Ensimmäisinä toimina on pidetty useita monialaisia ideatyöpajoja (kuva 3). Ideoiden pohjalta ollaan rakentamassa niin tilaa kuin toimintamalleja pysyväksi osaksi Pelisellin jatkoa. Lisäksi on pidetty koulutuksia. Myös pilotointeja on päästy aloittamaan ja uusia on käynnistymässä. Ensimmäiset pilotit liittyvät virtuaalitodellisuusteknologian käyttöön sekä tästä kerättävän datan

hyödyntämiseen, elämyksellisten hybridipalveluiden sisällöntuotantoon, sekä nuorten hyvinvoinnin tukemiseen erilaisten rentoutusvälineiden avulla. Kiinnostus Pelisellin toimintaa kohtaan onkin ylittänyt odotukset, kun pilotointiin on saatu mukaan hyvin erilaisia käyttäjäryhmiä erilaisilla toimintakyvyillä ja kiinnostuksilla varustettuina.



Kuva 3. Pelisellin ideatyöpaja. Kuva: Krista Toivonen.

## Johtopäätöksiä ja jatkotoimia

Etäpalveluiden kehittäminen tarkoittaa muutakin kuin perinteisen toiminnan viemistä verkkoon. Mahdollisuuksia on monenlaisia, mutta toiminnan ja teknologian jalostaminen konkreettisiksi palveluinnovaatioiksi vaatii monien toimialojen osaamisen yhdistämistä. Peliselli hyötypeli- ja elämyslaboratorio on kehitetty edistämään monialaista vuoropuhelua ja yhteiskehittämistä. Tärkeänä toimintona on esitellä erilaisten teknologioiden mahdollisuuksia. Laaja kiinnostus teknologioiden pilotointiin ja palveluiden muotoiluun luovien alojen keinoja hyödyntäen on jo nyt konkretisoitunut monipuolisiksi kokeiluiksi palveluntuottajien kanssa. Pilotoinnit tuottavat elintärkeää oppia niin palveluiden kehittämisen hyvistä käytännteistä kuin Pelisellistä saatavan avun tarpeesta ja toivotusta muodosta. Vaikka tilaan on saatu jo paljon toivottuja toiminnallisuksia ja kokeiluja päästy toteuttamaan, on Peliselli tilana ja toimintana jatkuvasti kehittyvä. Otamme jatkuvasti ideoita vastaan ja pyrimme kehittämään toimintaa ja yhteistyötä nyt ja tulevaisuudessa. Tämä "labra" ei ole milloinkaan täysin valmis.

*Artikkeli on kirjoitettu osana Peliselli – Pelillisyyden ja elämyksellisyys uudenlaisten palveluiden mahdollistajana -hanketta, jota rahoittaa Euroopan sosiaalirahasto osana unionin Covid-19-pandemian johdosta toteuttamia toimia.*

## Lähteet

- [1] What is Gamification (online). Haettu 18.8.2023 osoitteesta: <https://www.gamify.com/what-is-gamification>.
- [2] Työterveyshuollon digitalisaatio (online). Haettu 18.8.2023 osoitteesta: <https://www.ttl.fi/teemat/tyoterveys/tyoterveyshuolto/tyoterveyshuollon-digitalisaatio>.
- [3] Digitalisaatio terveyden ja hyvinvoinnin tukena. Sosiaali- ja terveysministeriön digitalisaatiolinjaukset 2025 (online). Haettu 18.8.2023 osoitteesta: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-3782-6>.
- [4] K. Purhonen, J. Poikolainen, S. Pylvänen, V. Kallunki, Pelit ja pelillisyyden houkuttelevat nuoria osallistumaan ja tuottavat osallisuutta - esimerkkinä kaksi kehittämishanketta, Sosiaalipedagoginen aikakauskirja, vuosikirja 2020, vol. 21.
- [5] Digitaalinen asiakaskokemus -opas (online). Haettu 18.8.2023 osoitteesta: <https://finnchat.com/opaat/opas-digitaalinen-asiakaskokemus/>.
- [6] K. Huotari, J. Hamari, Defining Gamification – A Service Marketing Perspective, MindTrek 2012, October 3-5, 2012, Tampere, FINLAND.
- [7] K. Kubota, E. Säteri, T.N. Joelsson, T. Mäkilä, S. Salanterä, A. Pakarinen, Pilot Study and Gamification Analysis of a Theory-based Exergame 2022, International Journal of Serious Games, 2025.
- [8] J. Koivisto, E. Haavisto, A. J. Kaipia, I.H. Saarinen, J. Multisilta, The Effects of Gamification on Nurse Work Motivation. In O. Bernardes, V. Amorim, & A. Moreira (Ed.), Handbook of Research on Cross-Disciplinary Uses of Gamification in Organizations, IGI Global, 2022, s. 262-276.
- [9] U. Taipale-Lehto, J. Vepsäläinen: Pelialan osaamistarveraportti, OKM, 2015.
- [10] S. Merilampi, A. Poberznik, Huvia ja hyötyä pelien keinoin: työkaluja monialaiseen työskentelyyn, motivoivaan opiskeluun ja hyötypelien kehittämiseen, SAMK, 2020 (online). Haettu 18.8.2023 osoitteesta: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020050424905>.

---

# Tekoäly suomenkielisten lääkärilausuntojen tulkitsejana

*Jussi Bergman, MSc in Computer Science, BBA in Artificial Intelligence, väitöskirjatutkija, erityisasiantuntija, [jussi.bergman@samk.fi](mailto:jussi.bergman@samk.fi)*

*Anu Holm, dosentti, sairaalafyysikko, johtava tutkija, [anu.holm@samk.fi](mailto:anu.holm@samk.fi)*

*Jonna-Carita Kanninen, proviisori, väitöskirjatutkija, tutkija,*

*[jonna-carita.kanninen@samk.fi](mailto:jonna-carita.kanninen@samk.fi)*

*Juho Salli, lehtori, MBA in Computer Science, asiantuntija, [juho.o.salli@samk.fi](mailto:juho.o.salli@samk.fi)*

*Aleksi Postari, MSc in Computer Science, BBA in Business Information Technology, erityisasiantuntija, [aleksi.postari@samk.fi](mailto:aleksi.postari@samk.fi)*

---

Tässä artikkelissa käsitellään tekoälytutkimusta, joka keskittyy lääketieteellisen tekstin, erityisesti lääkärinlausuntojen, automatisoituun käsittelyyn käyttäen viimeisintä tekoälyteknologiaa. Tutkimuksen keskiössä ovat suuret kielimallit (Large Language Models, LLM), jotka ovat tekoälysovellusten, kuten ChatGPT:n, perusta. Nämä mallit kykenevät sekä ymmärtämään että tuottamaan luonnollista kieltä. Tässä tutkimuksessa keskitytään jatkokehittämään suomen kielellä esiopetettua suurta kielimallia, joka on sijoitettu Suomessa sijaitsevaan tietoturvalliseen ympäristöön. Tavoitteenamme on muokata ja jalostaa tätä kielimallia niin, että se ymmärtää paremmin suomenkielisten lääkärinlausuntojen kirjoitustapaa, erikoissanastoa, lyhenteitä ja kirjoitustapoja, kyeten nostamaan tekstistä esille mm. lääkehaittariskejä. Mallin jatko-opetus lääkärinlausuntojen ja muun suomenkielisen lääketieteellisen tekstin avulla, fyysisen muistin liittäminen osaksi mallin toimintaa sekä tehokkaiden kehoteohjelmointitekniikoiden kehittäminen, mahdollistavat sen toiminnan merkittävän parantamisen.

## Keskeiset tutkimuskysymykset

Tutkimuksen keskeisenä tutkimuskysymyksenä kielimallin jalostamisen lisäksi on, miten saavutetaan riittävän tarkka anonymisointi ja kehitetään teknologia, joka pystyy tunnistamaan erityissanat, kuten henkilötietoja paljastavat tiedot ja diagnoosit sekä lääkeaineiden nimet. Tätä osa-aluetta kutsutaan nimettyjen entiteettien tunnistukseksi eli NER-ketjuksi. Identifioivan tiedon lisäksi, NER-ketjussa pyritään

esimerkiksi paikantamaan lääkkeiden nimiä, korvaamalla ne anatomis-terapeuttis-kemiallisella (Anatomical Therapeutic Chemical, ATC) luokituksella tai paikantamaan ja korvaamaan vammojen sijainteja korkeamman tason kuvauksilla (oikea käsivarsi).

Suoran ja epäsuoran tunnistettavan tiedon asianmukainen käsittely ovat keskeisiä huolenaiheita, jotta tutkimus säilyy eettisenä ja tietosuojan periaatteita noudattavana. Tämä edellyttää tiukkojen anonymisointi-menetelmien ja tietoturvakäytäntöjen kehittämistä, jotta voidaan taata potilaiden ja yksilöiden yksityisyyden kunnioittaminen.

Anonymisointi ja NER-ketju ovat olennaisia niin kielimallin perusopetuksessa kuin jatko-opetuksessakin, samoin kuin strategioissa, jotka hyödyntävät kehoteohjelmointitekniikoita.

Vaikka vaadittavaa anonymisointitasoa ei saavutettaisikaan, voidaan tutkimuksessa silti edetä ja tuloksia mitata. Tällöin kielimalli säilyy aina rekisterinpitäjän luvan varaisena ja sen käyttöön vaaditaan voimassa oleva lupa myös materiaaliin, jolla kielimalli on opetettu. Tässä tutkimuksessa potentiaalisesti syntyvä toimintamalli ja tekninen toteutus on kuitenkin siirrettävissä ja sovitettavissa eri rekisterinpitäjien dataan ja käyttöympäristöihin. Mikäli luotettava suomenkielinen NER-ketju kyetään toteuttamaan, on se jo sinällään merkittävä tulos.

Toisena tutkimuskysymyksenä pyrimme selvittämään, onko suurteholaskentaa vaativalle perus- tai jatko-opetukselle tarvetta, vai päästäänkö kehoteohjelmointitekniikoiden tehokkaalla hyödyntämisellä tavoitetasoon. Mallien opetus vaatii suurteholaskentaa, mikä hidastaa ja monimutkaistaa prosessia, mutta saattaa tuottaa myös merkittäviä hyötyjä.

Kolmas tutkimuskysymys liittyy oikean mallin, tekniikoiden ja strategioiden valintaan sekä laskentaresurssien määrittämiseen suurteholaskentaa varten, mikäli esi- tai jatko-opetukseen päädytään. Uusia tutkimuksen kannalta keskeisiä artikkeleita julkaistaan päivittäin ja niillä on monesti suora vaikutus tämän tutkimuksen päämääriin. Näitä tutkimuksia on kyettävä seuraamaan ja niihin on reagoitava nopeasti, jotta turhalta työltä vältytään.

## Tutkimuksen keskeiset haasteet ja tulokset

Yhteistyössä asiantuntijayritysten kanssa kielimallien räjähdysmäistä kehitystä on seurattu sen alkumetreiltä lähtien jo ennen OpenAI GPT arkkitehtuuriin perustuvan ChatGPT:n julkaisua syksyllä 2022.

Tutkimuksessa havaittiin monia haasteita liittyen suomen kielen erityispiirteisiin ja suomenkielisen tekstin avulla opetettujen kielimallien harvalukuisuuteen. Turun yliopisto on tarttunut tähän haasteeseen tuottamalla suomen kieltä ymmärtäviä pieniä ja keskisuuria esiopetettuja kielimalleja[1][2], joita on mahdollista jatko-opettaa lopputehtäviin, kuten lääkäriinlausuntojen tulkitsemiseen poiminnan, luokittelun, tiivistämisen ja vastavuoroisen keskustelun avulla. Myös maailman suurin avoimen lähdekoodin monikielinen kielimalli (BLOOM)[3], on jatko-opetettu suomen kielelle[1]. Tämä kielimalli saattaa tarjota uusia mahdollisuuksia, mikäli lupaukset käyttömahdollisuuksista pienemmillä laskentaresursseilla toteutuvat.

Lisähaasteita havaittiin myös lainsäädännön osalta. Sekä EU:n yleinen tietosuoja asetusta (GDPR)[4], että uusi tekoälyn sääntelyehdotus (EU-AI-act) [5] asettavat rajoitteita datan säilyttämiseen ja siirtämiseen maiden välillä. Lääkärilausuntojen arkaluonteisuus pakottaa käyttämään vain paikallisia (local) malleja pilvipalveluratkaisujen sijaan. Tämä nostaa tutkimusympäristön laskentaresurssivaatimuksia ja teknistä haastavuutta. Tärkein haasteista keskittyy kuitenkin siihen, miten voidaan toteuttaa riittävän tarkka anonymisointi ja siihen liittyvä NER-ketju jotta arkaluonteista lääketieteellistä dataa voidaan turvallisesti prosessoida kielimallien avulla.

Selvitysvaiheessa kartoitettiin yleisesti käytettyjä kielimallien opetusstrategioita sekä tunnistettiin myös aivan uusien opetusstrategioiden mahdollisuudet. Nämä uudet strategiat keskittyvät mallin työmuistin hyödyntämiseen kehoteohjelmoinnin avulla eivätkä vaadi suurteholaskentaa. Vektorimuistit, esimerkkioppiminen (few-shot learning), malliketjut (template-chain) ja useamman mallin yhteiskäyttö päätettiin ottaa tutkimuksen keskiöön mallin esi- ja jatko-opetustavoitteiden rinnalle. Tutkimusprojekti on vielä kesken.

Tutkimuksen keskeiset tulokset tähän mennessä:

- Lainsäädännöllisten velvoitteiden selvittäminen ja tutkimusluvan hankkiminen.



- Tietoturvallisen työskentely- ja laskentaympäristön suunnitteleminen ja toteuttaminen Tieteen Tietotekniikkakeskuksen (CSC) sensitiivisen datan käsittelyalustaa (ePouta) hyödyntäen.
- Lääkärilausuntojen poimiminen ja tietoturallinen siirtäminen laskentaympäristöön.
- Suurien kielimallien kehityssuuntauksien ja opetusstrategioiden kartoitus sekä teknisen hallinnan kehittäminen tutkimusryhmässä.
- Lääkärilausunnoille soveltuvien anonymisointi- ja pseudonymisointityökalujen sekä nimetty entiteettitunnistus (NER, Named Entity Recognition) -työkalujen tutkiminen ja testaus laskentaympäristössä.
- Kielimalleja hallinnoivan tutkimusohjelmiston kehittämien.

## Johdanto Transformer-malleihin

Kielimallit ovat koneoppimismalleja, jotka oppivat ymmärtämään, käsittelemään ja tuottamaan luonnollista kieltä. Maailmaa ravisuttavan teknologisen harppauksen aiheuttaneet transformers-mallit erottaa muista kielimalleista niiden kyky keskittyä pitkiin tekstikokonaisuuksiin erityisen huomiointimekanismin (attention mechanism) avulla. Huomiointimekanismi kykenee oppimaan piirteitä pitkistä teksteistä, rajoittumatta vain toisiaan lähellä oleviin sanoihin. Tämä teknologia kykenee uudella tavalla hyödyntämään luonnollisen kielen aikasarjamaista luonnetta, toisin kun kuvien piirteiden oppimiseen kehittyneet, lokaalisuuteen ja naapuruussuhteisiin keskittyvät konvoluutioteknologiat, jotka dominoivat tekoälyn kehitystä edellisen vuosikymmenen ajan. Transformer-mallit pystyvät nyt tehokkaasti oppimaan sanojen pitkissä sekvensseissä toistensa merkityksiin kauaskantoisesti vaikuttavia piirteitä. Tämä on kielen kontekstuaalisen ymmärtämisen kannalta tärkeää, sillä kirjan ensimmäinen lause saattaa vaikuttaa siihen mitä kirjan viimeinen lause merkitsee.

Transformer-mallit ja niiden huomiointimekanismi käyttävät hyväkseen kielenkäsittelyssä tuttua tapaa muuntaa sanojen välisiä suhteita numeeriseen muotoon. Kunkielimalli oppii opetusmateriaalia lukiessaan, jokaiselle sanaston sanalle määrittäen yksilöllinen sarja lukuja, jotka kuvaavat sanan merkitystä tai vaikutusta mallin oppimistehtävän näkökulmasta. Tällöin puhutaan sana- tai merkitysvektoreista (word embeddings). Generatiivisten, eli tekstiä tuottavien kielimallien oppimistehtävä on esiopetusvaiheessa useimmiten seuraavan sanan ennustaminen. Tästä syystä sanojen merkitysvektoreiden numeroarvot säätyvät kuvaamaan sitä, kuinka kyseinen sana vaikuttaa siihen, mikä sana tulee seuraavaksi. Seuraava sana voidaan täten ennustaa suorittamalla laskutoimituksia sanojen merkitysvektoreilla, mallin rakenteen

määrittelemällä tavalla. Jotta kielimalli oppii ennustamaan seuraavan sanan, tulee se samalla oppineeksi lukuisia kielen sisältämiä säännönmukaisuuksia syntaksista monimutkaisiin semanttisiin piirteisiin ja vaikutusketjuihin.

Huomiointimekanismi tai merkitysvektorit eivät ole erityisen uusia teknologioita, kuten eivät muutkaan transformer-mallien sisältämät algoritmit. Jo vuonna 2013 Mikolov ym. osoitti, että sanojen opituilla merkitysvektoreilla kyetään tekemään laskutoimituksia, kuten kuuluisassa esimerkissä: "kuningas – mies + nainen = kuningatar". Kun otetaan sanan "kuningas" merkitysvektori, vähennetään sen arvoista sanan "mies" merkitysvektorin arvot ja lisätään lopputulokseen vielä sanan "nainen" merkitysvektorin arvot, saadaan lopputuloksena vektori joka on hyvin samankaltainen sanan "kuningatar" merkitysvektorin kanssa. Tämä on esimerkki siitä, miten sanojen merkitysvektorit kykenevät matemaattisesti kuvaamaan sanojen merkitysten välisiä yhteyksiä[6]. Vuonna 2017 Google Brain julkaisi artikkelin, joka kiinnitti tiedeyhteisön huomion sulauttamalla onnistuneesti tekstin ositusteknologian, tekstin osien merkitysvektorit sekä useita rinnakkaisia huomiointimekanismeja hallituksi ja yhtenäiseksi koneoppimisalgoritmiksi[7]. Ositusteknologialla tarkoitetaan valittua tapaa osittaa lauseet sanaakin pienemmiksi osiksi, mikä helpottaa merkitysten oppimista erikseen perussanalle ja esimerkiksi sen taivutusmuodoille (runner = "run" + "-ner")[8][9].

Kun otetaan lähtökohdaksi Google Brain[7] artikkelissa esitetty esimerkki ennalta koulutetusta mallista (pre-trained model) ja jatketaan sen opettamista (fine-tune)[10] kysymys-vastaus-esimerkkejä käyttäen, saadaan aikaan kielimalli, joka pystyy tuottamaan luontevia vastauksia kysymyksiin. Toisaalta, jos esi-opetettu kielimalli jatko-opetetaan roskaposti-sähköposti-pareilla, se voi toimia työkaluna roskapostin suodattamiseksi. Kielipohjaiset, transformer-tekniikalle perustuvat yleiskäyttöiset palvelut, kuten ChatGPT, edellyttävät suuren päämallin lisäksi useita vaihtoehtoisia malleja ja monikerroksisia liitäntäteknologioita. Nämä teknologiat vaihtelevat yksinkertaisista luokittelijoista aina monimutkaisiin autonomisiin vahvistusoppimismalleihin, jotka arvioivat ja parantavat mallin vastauksia[11].

## Virheellinen tieto ja luotettavuus

ChatGPT:n myötä teknologia saatiin laajan yleisön käyttöön ja huomio kiinnittyi myös mallin tuottamaan virheelliseen tietoon sen kielellisten kykyjen lisäksi. Juuri kielimallien tuottama virheellinen tieto aiheuttaa epäluottamusta mallien käytössä lääketieteen saralla.

Kielimallilla ei ole tietokoneen kaltaista muistia faktojen säilytykseen. Sen sijaan se luo vastauksia laskemalla ja yhdistelemällä sanojen merkitysvektoreita matemaattisten laskutoimitusten avulla. Bottom of Form Kielimallit eivät yleensä käytä kokonaista sanaa tiedon perusjyväsenä vaan osittaa sisään tulevan tekstin sanojen osiksi ja yhdistää jokaiselle merkitykselliselle sanan osalle merkitysvektorin. Transformer-mallit lisäävät niihin vielä tiedon sanan osan sijainnista tekstissä ja luo niistä taulukon. Tämä taulukko siirtyy useille rinnakkaisille huomiointimekanismeille, joiden tehtävä on oppia painotuksia oppimispäämäärän kannalta merkityksellisille sanan osien yhdistelmille. Jokainen huomiointimekanismi oppii hieman erilaisia yhdistelmiä ja lopulta niiden löydökset yhdistetään ja lisätään alkuperäisen taulukon painoarvoihin. Tämä prosessi toistuu lukuisia kertoja mallin sisällä, kunnes sanan osien merkitysvektorien kombinaatiot syventyvät äärimmäisen abstraktiksi arvioksi siitä mikä sana voisi olla seuraava sana.

On huomionarvoista todeta, ettei kielimalli itse osaa erotella sitä, perustuuko ennustetun seuraavan sanan korkea todennäköisyys enemmän syntaktiselle merkitykselle, semanttiselle merkitykselle vai tekstin pragmaattisille tai morfologisille piirteille. Voidaankin ajatella, että mallin kyky tuottaa myös faktojen osalta oikeaa tietoa, on vain ilmiö, joka seuraa mallin monipuolisista kielellisistä kyvyistä ennustaa seuraava sana.

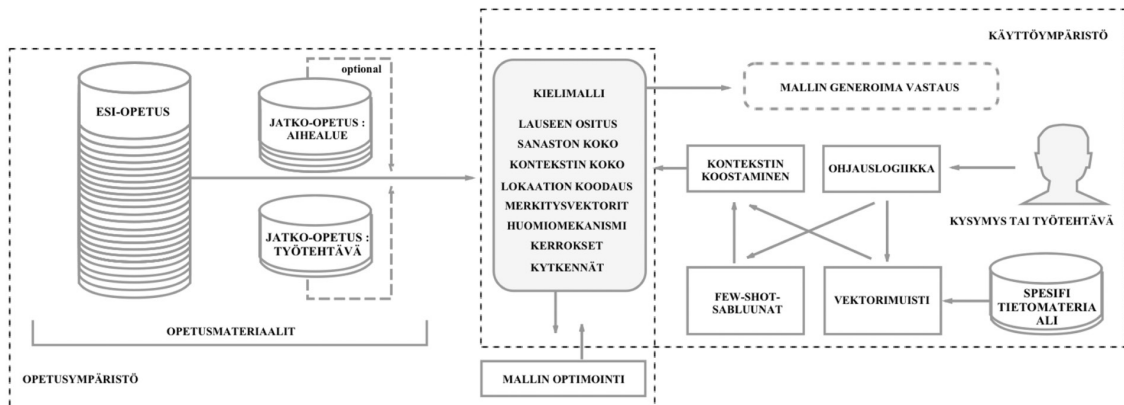
Samalla tavalla voidaan ajatella, että mallin logiikkaan ja päättelyyn liittyvät kyvyt ovat myös vain ilmiöitä[12] jotka seuraavat siitä oppimisesta, mikä vaaditaan seuraavan sanan ennustamiseen luonnollisessa kielessä.

## **Kohti luotettavuutta ja virheettömyyttä**

Esimerkiksi ChatGPT:n jatkuvasti parantuneet kyvyt myös faktojen osalta oikeamman tekstin tuottamisessa liittyy mallin optimoidumman rakenteen, yhä suuremman koon ja laadukkaamman opetusmateriaalin[13] ohella voimakkaasti mallin ympärille liitettyihin liitännäisteknologioihin[11]. Lisäksi käyttäjät ovat oppineet itse lisäämään lisätietoa eli kontekstia mukaan mallin kanssa keskustellessaan. Tämän tutkimuksen tavoitteisiin liittyviä mallin opetuksen vaiheita, opetusmateriaaleja, kielimalliin liittyviä valintoja sekä automaattiseen kontekstointiin liittyviä vaiheita on esitetty kuvassa 1.

Kun kielimallia tuetaan liitännäisteknologioilla kuten vektorimuistit (vector store) tai kontekstia hyödyntävillä kehoteohjelmointitekniikoilla kuten esimerkkioppiminen (few-

shot learning) ja erilaiset sabluunat (few-shot templates, template-chain), voidaan saavuttaa huomattavasti laadukkaampi ja tarkempi lopputulos, jossa myös faktat ovat oikein. Tällöin transformer-kielimallia käytetään sille luontaisesti vahvalla osa-alueella, joka liittyy luonnollisen kielen muodostamiseen. Toisaalta sille luontaisesti heikompia osa-alueita, kuten faktojen oikeaa tuottamista tuetaan etsimällä vektorimuistista tarkkaa lisätietoa mukaan kysymykseen. Tässä tutkimuksessa pyritään käyttämään sekä mallin valintaa, opetusta, jatko-opetusta että näitä kehoteohjelmoinnin kontekstia hyödyntäviä liitännäistekniikoita tarkan mallin kehittämisessä. Kontekstia hyödyntävät kehoteohjelmointitekniikat ja vektorimuistit ovat lähes välittömästi tutkijoiden käytettävissä, kun taas mallin parametreja säättävät esi- ja jatko-opetus-strategiat ovat suuria laskentaresursseja vaativia ja tutkimuksen etenemisen näkökulmasta hitaampia keinoja.



Kuva 1. Mallin tehokkuuteen vaikuttavia osa-alueita.

## Kehityssuuntien tutkiminen ja tutkimusohjelmisto

Merkittäviä uusia avoimen lähdekoodin esiopetettuja malleja ilmaantuu lähes kuukausittain. Eri rakenteita hyödyntäviä kielimalleja on lukuisia ja ne voidaan jaotella taksonomioihin niiden rakenteen ja opetuspäämäärien perusteella[14].

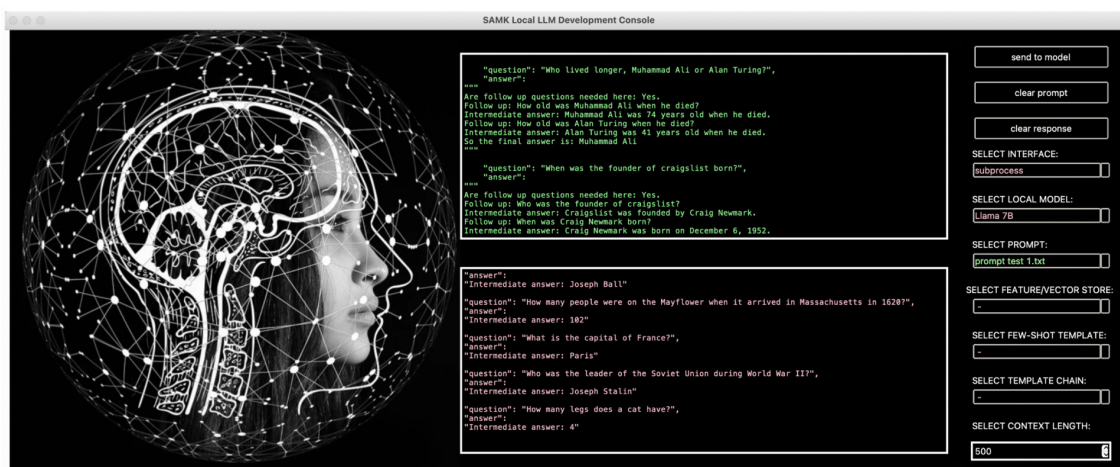
Kaikille transformer-kielimalleille tyypillisiä osia ovat lauseenositus, merkitysvektorit, lokaation koodaus (positional encoding), huomiointimekanismit ja takaisinoppimisalgoritmin toimintaa tehostavat rakenteelliset valinnat[12]. Kaikki nämä toiminnalliset osat ja niiden muodostamat rakenteet ovat jatkuvassa muutoksessa ja kehittyvät lähes päivittäin. Nämä toiminnalliset osat vaikuttavat mallin tehokkuuden lisäksi esiopetukseen, jatko-opetukseen ja mallin lopulliseen käyttöön liittyviin laskentavaatimuksiin[13]. Toisaalta ne vaikuttavat siihen kuinka

opetettua mallia voidaan optimoida toimimaan pienemmillä laskentaresursseilla sekä kvantisoimalla että mallin parametreja vähentämällä[15]. Toisaalta ne vaikuttavat siihen, kuinka hyvin kielimalli reagoi eri jatko-opetuspäämääriin (fine-tuning objectives) tai kehoteohjelmointitekniikoihin. Vaikutus ulottuu myös mahdollisuuksiin laajentaa jälkikäteen mallin kontekstin kokoa ekstrapoloimalla[16], jolloin kehoteohjelmointitekniikoille on enemmän tilaa kontekstia koostettaessa. On myös huomioitavaa, että mallien rakenteessa tehtävät valinnat, kuten lauseenositusmetodi, vaikuttavat erityisesti suomen kaltaisissa affikseja rikkaasti käytävissä agglutinoivissa kielissä, joissa kieliopilliset muodot ja merkitykset voivat muuttua merkittävästi sen perusteella, millä tavalla sanat yhdistetään[9].

Tutkimusryhmä kehitti kuvassa 2 esitetyn ohjelmiston, joka mahdollistaa nopean uusien mallien liittämisen ja kokeilemisen eri kehityssuuntiin liittyen. Tämä mahdollistaa kyvyn tutkia näitä kehityssuuntia tehokkaasti.

Ohjelmiston toiminnot:

- voit valita useista lokaaleista malleista, kokovaihtoehdoista ja kvantisoinneista
- voit keskustella mallin kanssa vapaasti ja testata kielimallia eri tehtävissä
- voit luoda ja käyttää keskustelupohjia
- voit valita käyttöympäristön (subprocess, LangChain, Transformers)
- voit luoda ja käyttää vektorimuisteja kontekstoinnin tukena
- voit luoda ja käyttää kehoteohjelmointitekniikoita kuten sabluunoita (one-shot, few-shot learning)
- voit luoda ja käyttää eri tekniikoiden ketjutuksia



Kuva 2. SAMK Local LLM Development Console.

Käyttöliittymää on helppo laajentaa uusilla toiminnoilla, kun niihin esiintyy tarvetta. Työn alla on mm. mahdollisuus käyttää lokaalien mallien lisäksi pilvipalvelurajapintoja vertailun mahdollistamiseksi sekä useamman mallin yhtäaikainen käyttö. Ohjelmisto on kuitenkin vain tutkimusta mahdollistava väline eikä sen kehitystyö ole tutkimuksen keskiössä.

## **Anonymisointi-tekniikoiden ja NER-ketjujen kehitys**

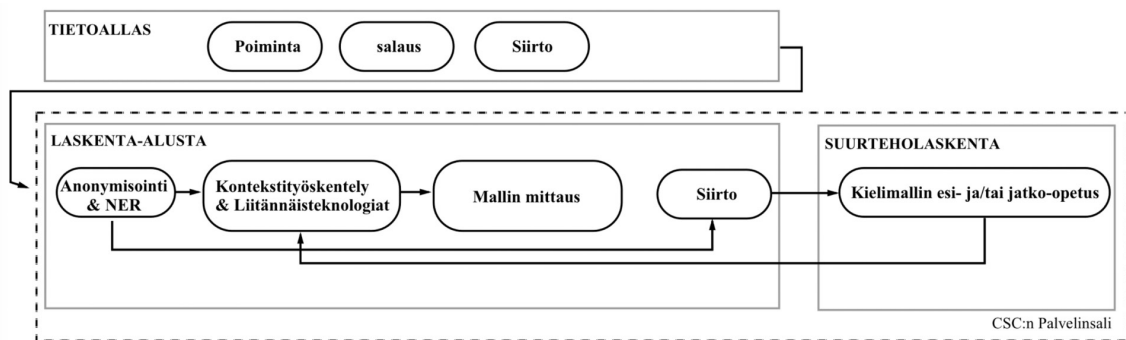
Tutkimusryhmä on hyödyntänyt asiantuntijayrityksen antamaa konsultaatiota ja valmiita listoja sekä ideoita nimenentiteettien tunnistamiseen (NER) ja anonymisointiin. Nämä valmiit työkalut on myös testattu laskentaympäristössä. Asiantuntijayrityksellä ei kuitenkaan ole ollut pääsyä laskentaympäristöön. Vaikka hankitut komponentit ovat hyödyllisiä ja vähentävät merkittävästi työmäärää, on tullut ilmi, että herkän aineiston käyttö tutkimuksessa edellyttää huomattavasti tiukempia anonymisointivaatimuksia verrattuna yritysten tavalliseen käytäntöön. Tästä syystä tutkimuksessa käytetään merkittävästi aikaa uusien keinojen tutkimiseen, jotta vaadittu taso saavutetaan. Suomenkieliseen NER-ketjuun on tarjolla työkaluja[17][18], mutta niiden laajuus tähän käyttötarkoitukseen eivät ole riittäviä. Ne tarjoavat kuitenkin erinomaisia lähtökohtia kehitystyöhön.

## **Lainsäädäntö ja tietoturvallisen ympäristön rakentaminen**

Keskustelu kielimallien tietoturvasta ja eettisistä kysymyksistä on aiheuttanut laajaa huolta ja pohdintaa[19]. Tässä tutkimuksessa käytetyn datan toisiokäytölle on myönnetty asianmukainen tutkimuslupa. Laki sosiaali- ja terveydenhuollon järjestämisestä, asettaa velvoitteita kunnille ja hyvinvointialueille datan toissijaiselle käytölle [20], mihin tämäkin tutkimus omalta osaltaan vastaa.

Koska käytämme arkaluonteista lääketieteellistä dataa, toimintaamme ohjaavat useat kansainväliset ja kansalliset lait ja säädökset kuten EU:n Lääketutkimusasetus CTR [21], jo edellä mainitut GDPR[4] ja EU-AI-act[5] sekä laki sosiaali- ja terveystietojen toissijaisesta käytöstä[22]. Rekisterinpitäjältä saatu tutkimuslupa ei vapauta tutkimusryhmää velvoitteiden, kuten esimerkiksi tutkimuksen oikeudenmukaisuuden, lainmukaisuuden, välttämättömyyden, suhteellisuuden ja tiedon laadun jatkuvasta arvioinnista. Tutkimusryhmän tulee huolehtia erityisesti tietoturvallisuudesta ja datan asianmukaisesta säilyttämisestä.

Näihin veloitteisiin vastattiin suunnittelemalla ja toteuttamalla kuvassa 3 esitetty tietoturallinen laskentaympäristö ja tiedon siirtämisen ohjeistus. Identifioiva data poimittiin, pakattiin ja salattiin ennen siirtoa CSC:n ePouta-alustalle. Pääsy laskenta-alustalle sallittiin vain yhdestä fyysisestä sijainnista, joka sijaitsee Satakunnan ammattikorkeakoulun kampuksella. Lisäksi pääsy näille koneille rajattiin vain tutkimusluvassa määritellyille henkilöille. Palvelin ei ole julkisen internetin piirissä.



Kuva 3. Tietoturallinen toimintaympäristö

## Johtopäätökset ja jatkotutkimus

Tulevassa tutkimuksessa keskitytään edelleen suomen kielen erityispiirteiden syvälliseen ymmärtämiseen ja lääketieteellisen terminologian tarkkaan tunnistamiseen. Tämä vaatii jatkuvaa kehitystyötä kielimallin parantamiseksi sekä uusien työkalujen kehittämistä anonymisointiin ja NER-ketjuihin. On tärkeää pysyä ajan tasalla teknologian kehityksessä ja mukautua lainsäädännöllisiin muutoksiin, jotka vaikuttavat tekoälyn käyttöön lääketieteellisessä tutkimuksessa.

Jatkokehityksen suhteen on keskeistä vahvistaa tietoturvan ja eettisten käytäntöjen noudattamista, erityisesti herkän lääketieteellisen datan käsittelyssä. Tulevaisuudessa tärkeään rooliin nousee myös teknologian ja lainsäädännön aktiivinen seuranta ja nopea reagointi niiden muutoksiin. Tutkimuksen tähänastiset tulokset viittaavat siihen, että tekoälyn soveltaminen lääketieteelliseen tekstin käsittelyyn voi tuoda merkittäviä parannuksia lääketieteellisten asiakirjojen tulkintaan ja käsittelyyn, joten tämän alueen tutkimusta tulee jatkaa aktiivisesti.

## Lähteet

- [1] TurkuNLP. TurkuNLP GPT-models & Bloom 2023.
- [2] Virtanen A, Kanerva J, Ilo R, Luoma J, Luotolahti J, Salakoski T, et al. Multilingual is not enough: BERT for Finnish. ArXiv:191207076 2019.
- [3] Hugging Face. BLOOM: BigScience Large Open-science Open-access Multilingual Language Model 2023.
- [4] Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation) 2016. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex%3A32016R0679>.
- [5] Laying down harmonised rules on artificial intelligence (artificial intelligence act) and amending certain union legislative acts 2021 2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52021PC0206> (accessed August 31, 2023).
- [6] Mikolov T, Chen K, Corrado G, Dean J. Efficient estimation of word representations in vector space. 1st International Conference on Learning Representations, ICLR 2013 - Workshop Track Proceedings, 2013.
- [7] Vaswani A, Brain G, Shazeer N, Parmar N, Uszkoreit J, Jones L, et al. Attention Is All You Need. 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017), Long Beach, CA, USA 2017.
- [8] Made I. A New Algorithm for Data Compression Optimization. International Journal of Advanced Computer Science and Applications 2012;3. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2012.030803>.
- [9] Bostrom K, Durrett G. Byte Pair Encoding is Suboptimal for Language Model Pretraining. Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2020, November 16 - 20, 2020, 2020, p. 4617–24.
- [10] Radford A, Narasimhan K, Salimans T, Sutskever I. Improving Language Understanding by Generative Pre-Training. Homology, Homotopy and Applications 2018;9:399–438.
- [11] Ouyang L, Wu J, Jiang X, Almeida D, Wainwright CL, Mishkin P, et al. Training language models to follow instructions with human feedback 2022.
- [12] Bergman J. The Use of ChatGPT for Generating Scientific Citations : An experiment 2023.
- [13] Kaplan J, McCandlish S, Henighan T, Brown TB, Chess B, Child R, et al. Scaling Laws for Neural Language Models 2020.
- [14] Amatriain X, Net X, Sankar A, Bing J, Kumar Bodigutla P, Hazen TJ, et al. Transformer models: an introduction and catalog 2023.
- [15] Frantar E, Alistarh D. SparseGPT: Massive Language Models Can Be Accurately Pruned in One-Shot 2023.
- [16] Press O, Smith NA, Lewis M. Train Short, Test Long: Attention with Linear Biases Enables Input Length Extrapolation 2021.
- [17] Luoma J, Oinonen M, Pyykönen M, Laippala V, Pyysalo S. A Broad-coverage Corpus for Finnish Named Entity Recognition 2020:4615–24.
- [18] Ruokolainen T, Kauppinen P, Silfverberg M, Lindén K. A Finnish News Corpus for Named Entity Recognition. Lang Resour Eval 2019;54:247–72. <https://doi.org/10.1007/s10579-019-09471-7>.
- [19] Weidinger L, Mellor J, Rauh M, Griffin C, Uesato J, Huang P-S, et al. Ethical and social risks of harm from Language Models 2021.
- [20] Laki sosiaali- ja terveydenhuollon... 612/2021 - Säädökset alkuperäisinä - FINLEX © 2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210612> (accessed August 31, 2023).
- [21] Clinical trials - Regulation EU No 536/2014 2014. [https://health.ec.europa.eu/medicinal-products/clinical-trials/clinical-trials-regulation-eu-no-5362014\\_en](https://health.ec.europa.eu/medicinal-products/clinical-trials/clinical-trials-regulation-eu-no-5362014_en) (accessed August 31, 2023).
- [22] Laki sosiaali- ja terveystietojen toissijaisesta... 552/2019 - Säädökset alkuperäisinä - FINLEX © 2019. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190552> (accessed August 31, 2023).



---

## Tavoitteena kansainvälisyys, monialaisuus, innovaatiot ja asiantuntijuuden kasvu

Jenni Huhtasalo, sairaanhoitaja (psykiatrinen hoitotyö), YTT, erikoistutkija,  
[jenni.huhtasalo@samk.fi](mailto:jenni.huhtasalo@samk.fi)

Taina Jyräkoski, fysioterapeutti (YAMK), projektitutkija, [taina.jyrakoski@samk.fi](mailto:taina.jyrakoski@samk.fi)

Sari Merilampi, dosentti, Tkt, tutkijayliopettaja, johtava tutkija, [sari.merilampi@samk.fi](mailto:sari.merilampi@samk.fi)

Sanna-Mari Petäjistö, muotoilija AMK, markkinointijohtaja, Sari Junet Oy,  
[sanna-mari.petajisto@junet.com](mailto:sanna-mari.petajisto@junet.com)

---

Tutkijoiden on nykyään suhteellisen vaivatonta tehdä yhteistyötä ulkomaisten kollegoidensa kanssa, sillä kansainvälinen matkustaminen on helppoa ja erityisesti koronapandemian jälkeen viestintämenetelmien laajentumisen ja etätapaamisten helppouden, taloudellisen kannattavuuden ja ilmaston kuormittamattomuuden näkökulmasta, nämä työnteon tavat ovat lisääntyneet entisestään. Kansainvälinen ja erityisesti monitieteinen kansainvälinen yhteistyö edesauttaa akateemisten ajatusten vaihtoa, kasvattaa tutkijoiden kykyä tarkastella, keskustella ja jakaa kokemuksia. Tutkijoiden omien ajatusten ja mielipiteiden rakentava kyseenalaistaminen kansainvälisessä yhteistyöverkostossa on äärimmäisen tärkeää laadukkaana tutkimuksen tuottamiseksi. Sillä on myös oleellinen merkitys tutkijan asiantuntijaksi kasvamisessa, samoin kuin uusien, ennakkoluulottomien innovaatioiden kehittämisessä. [1] Erityisesti kansainvälisessä yhteistyöverkostossa, ei pelkästään korkeakoulujen välinen vaan myös kolmannen sektorin ja yritysten rooli laadukkaiden ja tarpeita vastaavien innovaatioiden kehittämisessä on merkittävä.

Monet tämän päivän ratkaisuaan odottavista ongelmista ja haasteista sosiaali- ja terveydenhuollossa ovat monisyisiä, maailmanlaajuisia ja ylikulttuurisia. Siksi niitä tuleekin pohtia monitieteisellä kokoonpanolla, kansainvälisellä ja ylikulttuurisella tasolla. Tällä hetkellä esimerkiksi maailman väestö ikääntyy kaikkialla, mikä tarkoittaa sosiaali- ja terveysalan asiakkaiden määrän lisääntymistä yhteiskunnissa [2]. Vaikka ikääntyminen on luonnollinen prosessi, siihen liittyvä toimintakyvyn alenema, loukkaantumisherkkyyys ja erilaiset sairaudet aiheuttavat sekä ikäihmisille itselleen että yhteiskunnille monenlaisia haasteita [3,4]. Tällainen kehityssuunta yhdistettynä globaaliin hoitajapulaan on saanut monet tahot etsimään erilaisia keinoja kasvavien asiakasmäärien palvelemiseksi ja palveluiden saatavuuden turvaamiseksi.

Suuntana on tukea ikäihmisten kotona asumista pidempään ja vähentää laitoshoidon tarvetta. Jotta kotona voitaisiin asua pidempään turvallisesti, tarvitaan uusia palveluita, jo olemassa olevien palveluiden uudenlaista muotoilua sekä uudenlaisia menetelmiä ja työvälineitä.

Viime vuosikymmenien aikana on ollut huomattavaa ja kasvavaa kiinnostusta AAL- järjestelmien (Active and Assisted Living) kehittämiseen itsenäisen asumisen tueksi [5]. Uusien teknologioiden käyttöönotto voi parantaa jokapäiväisen elämän laatua, tukea kotona asumista ja helpottaa monien toimintojen käyttöä etänä. Teknologian kehittämisessä on kiinnitettävä erityistä huomiota tarpeiden ja toiveiden tunnistamiseen. Yksi potentiaalinen ratkaisuvaihtoehto on ”upottaa” äly jo olemassa oleviin tuotteisiin, joita löytyy jokaiselta. Tällaisia ovat esimerkiksi huonekalut ja vaatteet. Vaikka älyhuonekalujen ja älyvaatteiden potentiaali onkin merkittävä, ei niitä vielä kuitenkaan juuri löydy markkinoilta. Yhtenä syynä on, että niiden kehittäminen vaatii monen alan osaamisen yhdistämistä ja uusia yhteistyömalleja. Älyhuonekalujen ja –vaatteiden markkinat ovat kansainväliset ja yhteistyötä tarvitaan niin erilaisten toimialojen (teknologia, hyvinvointiala, huonekalu/vaatevalmistus & design) välillä, kuin tutkijoiden ja yritysten välillä. Tässä artikkelissa tutustutaan älyvaate- ja älyhuonekaluteknologian kehittämiseen ja kuvataan kansainvälisen yhteistyön ulottuvuuksia ja yhteistyöstä opittuja hyviä käytänteitä ja sudenkuoppia.

## **Kansainvälinen yhteistyö yli toimialarajojen**

Monialainen kansainvälinen yhteistyö ei synny hetkessä. Yhteistyön synnyttäminen ja erityisesti sen hengissä pitäminen on työlästä ja vaatii pitkäjänteistä, vuosikausia kestävästä työtä. Satakunnan ammattikorkeakoulu ja satakuntalaiset ikäihmiset pääsivät ensi kertaa mukaan älyhuonekalujen kehittämiseen vuonna 2016 kahdeksan muun partnerimaan kanssa osana EU rahoitteista BaltSe@nioR hanketta, jossa kehitettiin ja testattiin älyhuonekaluja ikäihmisten kotiympäristössä. [6] Tämän jälkeen BaltSe@nioR 2.0. hanke jatkoi julkisten paikkojen ikäystävällisyyden parantamista. Älyhuonekalujen rinnalle aloitettiin vuonna 2020 etsimään älyvaatteista ratkaisua Satakunnan ammattikorkeakoulun koordinoimassa kansallisessa TEKOS projektissa. Edellä mainittujen hankkeiden kautta rakennettiin ensimmäisiä prototyyppejä ja pysyviä kumppanuuksia. Näitä kumppanuuksia ja kehitystoimia jatketaan nykyisin ReactiveToo tutkijaliikkuvuushankkeessa.

ReactiveToo edistää erityisesti akateemisen maailman ja yritysten välistä vuorovaikutusta tutkijoiden liikkuvuuden avulla. Satakunnan ammattikorkeakoulun lisäksi hankkeessa on Suomesta huonekaluvalmistaja Junet Oy sekä Tampereen yliopiston älyvaateteknologian tutkimusryhmä. Suomalaista tiimiä täydentävät hankkeessa erityisesti Iso-Britanniasta mukana olevat partnerit Liverpool John Moores University (LJMU) ja University of Wolverhampton (UoW), jotka tuovat kehittämistyöhön vahvaa teknologian testausosaamista ja materiaaliosaamista, sekä terveys- ja hyvinvointialan osaamista. Sensor City Liverpool ja DZP Ltd ovat yrityspartnereina ja niiden kautta saadaan tietotaitoa paitsi liiketoiminnan myös materiaalien ja anturoinnin saralta. Puolasta yhteistyössä on Silesian University of Technology, jolla on erityisesti datanhallintaan liittyvää osaamista. Kiinasta mukana on JTHSS ikäihmisten palvelukoti, joka mahdollistaa paitsi kenttätestaukset, myös kulttuuripiirteiden tutkimuksen tuotesuunnittelun näkökulmasta.

## **Kokemukset ja opit tutkijoiden ja yrityksen näkökulmasta**

Jo ensimmäisissä yhteistyöhankkeissa opittiin, että **kansainvälisten rajojen ja toimialojen ylittävä yhteistyö vaatii pitkäjänteistä, dialogista ja tiivistä vuoropuhelua**. Lisäksi **kohderyhmän osallistamisella** eli uusien innovaatioiden loppukäyttäjillä on todennettu olevan korvaamaton merkitys tuotteen ja käyttäjätarpeen täsmäyttämässä. Yrityksillä ja tutkimusorganisaatioilla on kummallakin omat, mutta myös toisiaan täydentävät intressit, joita on pystyttävä sujuvasti nivomaan yhteistyöksi. Soveltava tutkimus auttaa tutkimustulosten muuntumista innovaatioiksi, mikä luo yhteistyöhön selkeän yhteisen tavoitteen. **Yhdessä valittu tavoite** auttaa löytämään keinoja ratkaista erilaisista toimintakulttuureista ja käytänteistä mahdollisesti kumpuavia haasteita. Myös aiempien tutkimus- ja kehittämistoimien opit on syytä ottaa käyttöön, jotta vältetään toistamasta aikaisempia virheitä.

ReactiveToo -hankkeen aikana kansainvälinen yhteistyö on tähdännyt SAMKin tutkijoiden osalta tarvelähtöisten älyvaatteiden ja -huonekalujen innovointiin ikäihmisten osallisuuden ja toimintakyvyn edistämiseksi. Yhteistyötä on tehty valtioiden ja sektorien rajojen ylittämisen lisäksi eri taustaisten ja tasoisten tutkijoiden kesken. Eri tieteenaloja edustavat kokeneemmat ja alkuvaiheen tutkijat ovat pystyneet oppimaan toinen toisiltaan eri toimintamalleja ja kasvattaneet ymmärrystään eri maiden toimintatavoista. Esimerkiksi yhteisymmärrys eettisesti oikein toteutetusta tutkimuksesta ei riitä, vaan eri maissa käytänteet, lainsäädännöt

ja laajuudet lupien hakemiseksi eroavat paljon. Tämä vaatii kärsivällisyyttä ja toiset huomioon ottavaa otetta yhteisissä valmisteluissa ja ennen kaikkea paljon aikaa.

ReactiveToo -hankkeessa on toteutettu muun muassa monialaisia ja monikulttuurisia työpajoja. Ensimmäinen työpaja (Kuva 1) suunniteltiin ja toteutettiin yhdessä LJMU:n Faculty of Health, tutkijoiden kanssa tutkijavaihdon yhteydessä. Työpajan suunnittelu aloitettiin etänä jo ennen tutkijavaihtoa, mutta konkreettisia valmisteluja päästiin tekemään vasta paikan päällä tutkijavaihdon toteutuessa. Työpajaan osallistui heterogeeninen joukko työelämäkumppaneita ja loppukäyttäjiä.



Kuva 1. Yhteisen ymmärryksen luomista työpajassa.

ReactiveToo -hankkeeseen liittyvää tarveselvityskyselyä puolestaan valmisteltiin ja toteutettiin Wolverhamptonin yliopiston (School of Pharmacy ja School of Engineering) tutkijoiden kanssa pääosin etätapaamisten yhteydessä sekä tutkijanvaihdon yhteydessä sovittujen suuntaviivojen perusteella. Tutkijoiden kanssa kasvokkain toteutuneet tapaamiset (kuva 2) ja alkuvaiheen keskustelut edistivät etäyhteyksin toteutuvaa suunnittelua. Tapa osallistaa hankkeissa teknologian mahdollisia loppukäyttäjiä kyselyiden ja työpajojen avulla on herättänyt paljon keskustelua ja nostanut esiin erilaisia näkökulmia. Keskustelut ovat olleet hedelmällisiä ja ne ovat herätelleet tutkijoita kyseenalaistamaan myös omia ajatuksiaan. Yhteisten keskustelujen ja kyseenalaistamisen kautta vältetään se, että **tutkija ei ajaudu kiertämään kehää omien olettamustensa ja totuttujen ajattelu- ja toimintatapojen varassa.**



*Kuva 2. Yhteistyön olennainen osa on suuntaviivojen ja luottamuksen rakentaminen kasvokkain.*

Teknologiasuunnittelussa loppukäyttäjien tarpeiden selvittäminen kulttuurierot huomioiden esimerkiksi kyselyn tai työpajan suunnitteluvaiheessa, lisää mahdollisuuksia saada mahdollisimman kattava ja monipuolinen tulos. Vaikka erot kulttuureissa, toimintatavoissa, ja käytänteissä saattoivat erota maiden välillä paljonkin toisistaan, ikäihmisten perustarpeet kotona pärjäämisessä ja haasteet teknologian käyttöönotossa olivat hyvin samanlaisia. Konkreettinen kansainvälinen yhteistyö auttaa ymmärtämään tutkimuksen tekemistä toisessa yhteiskunnassa ja kulttuurissa ja näkemään mahdollisuudet tutkimustulosten implementoinnissa eri maissa. Tutkijoiden kansainvälistyminen luo uudenlaisia tutkimusmahdollisuuksia ja lisää kulttuurisensitiivisyyttä. Se tuottaa lisäarvoa myös opetukseen, kansainvälisten verkostojen kautta voidaan edelleen kehittää opetusta, opetussuunnitelmia ja tutkintoja. Yrityksille tämä luo täysin uusia mahdollisuuksia tuotekehitykseen ja vientiin.

Junet Oy on toiminut yhtenä yhteistyöyrityksenä Reactive Too –hankkeessa. Hanke on luonut yritykselle paljon uusia kontakteja ja mahdollisuuksia kansainväliseen tutkimustyöhön hoivakalustamisen haasteisiin liittyen.

Omasta yrity maailmasta poikkeavat näkökulmat ja erilaiset lähestymistavat ovat haastaneet henkilöstöä ajattelemaan eri tavalla ja **edistäneet näin uusien tuoteinnovaatioiden syntyä** luoden uusia mahdollisuuksia kestäväälle kasvulle.

## Jatkoaskeleet ja johtopäätökset

Satakunnan ammattikorkeakoulun tutkijoille moninainen, kansainvälinen osaajien verkosto on mahdollistanut viimeisimmän tutkimustiedon viemistä käytännön innovaatioiden ja tuotteiden raaka-aineiksi ja yhteistyössä on syntynyt monia prototyyppejä istumisen arvioinnista puhuvaan pöytään, älypeiliin ja stressiä mittaaviin vaatteisiin. Aidon yhteistyön toteuttaminen kansainvälisesti vaatii dialogista vuoropuhelua, aikaa ja avointa mieltä, jotta yhteistekeminen löytää omat uomansa ja toinen toisiin tutustumisen myötä löydetään kunkin vahvuudet ja toimintatavat. Kiireisten aikataulujen ja aikaerojen viidakossa ei ole yksinkertaista pitää yllä hedelmällistä yhteistyötä. Useiden osaamisten yhdistelmistä löytyy sekä tutkittavaa, että innovaatiopotentiaalia. Yhteistyön tekemiseen ja erilaisten toimintakulttuurien yhteensovittamiseen tulee kuitenkin panostaa ajallisesti enemmän. Vaikka tämän resurssin löytäminen voi tuntua haastavalta, piilee yhteistyössä aivan uusia mahdollisuuksia. Älyhuonekalujen ja –vaatteiden kehittäminen on vain yksi esimerkki näistä mahdollisuuksista. Haluamme korostaa, että on tärkeää **varata riittävästi aikaa luottamuksen ja yhteisen ymmärryksen luomiseen. Ole avoin, helposti lähestyttävä, tunnista oma asiantuntijuutesi ja tunnista ja tunnusta myös toisen asiantuntijuus.**

Tässä artikkelissa kuvattiin erityisesti kehittämistyön alkupuoleen liittyvää yhteistyötä ja siihen liittyviä oivalluksia. Jatkoitoimena on prototyyppien edelleen kehittäminen ja muuntaminen käyttäjätarpeiden mukaisesti sekä erilaiset laboratoriotestit ja kenttätestit. Vaikka tekemistä on vielä runsaasti, on kehittämisprosessin loppupää selkeästi suoraviivaisempi, kun perusta on yhdessä rakennettu. Monialainen ja monikulttuurinen kehittämistyö on pitkäjänteistä ja sisältää monia vaiheita alkuinnostuksesta turhautumiseen ja uuteen innostumiseen. Se on pitkä yhteinen matka, jolle kannattaa ehdottomasti lähteä. Matkan aikana oppii paljon uutta, sekä itsestään, että ympäröivästä maailmasta.

## Lähteet

- [1] A. Laajalahti, Vuorovaikutusosaaminen ja sen kehittyminen tutkijoiden työssä. Jyväskylä Studies in humanities, 225, 2014.

- [2] WHO, Ageing and health (online). Haettu 18.8.2023 osoitteesta: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>.
- [3] D.R. Seals, J.N. Justice, T.J. LaRocca, Physiological geroscience: targeting function to increase healthspan and achieve optimal longevity. *The Journal of physiology*, 594(8), 2016, 2001–2024.
- [4] B.H. Alexander, F.P. Rivara, M.E. Wolf, The cost and frequency of hospitalization for fallrelated injuries in older adults. *American journal of public health*, 82(7), 1992.
- [5] G. Cicirelli, R. Marani, A. Petitti, A. Milella, T. D’Orazio, Ambient Assisted Living: A Review of Technologies, Methodologies and Future Perspectives for Healthy Aging of Population. *Sensors*. 2021, 21(10):3549.
- [6] S. Merilampi, A. Poberžnik, S. Saari, T. A. Magne, A. Serrano, J. Güttler, K. Langosch, T. Bock, Modular smart furniture system for independent living of elderly - user experience study, *Gerontechnology*, 2020, 19:4.

---

## Kuinka varmistetaan iäkkään turvallinen ja tehokas lääkehoito?

*Jonna-Carita Kanninen, proviisori, väitöskirjatutkija, tutkija,*

*[jonna-carita.kanninen@samk.fi](mailto:jonna-carita.kanninen@samk.fi)*

*Anu Holm, dosentti, sairaalafyysikko, johtava tutkija, [anu.holm@samk.fi](mailto:anu.holm@samk.fi)*

*Juha Puustinen, dosentti, neurologian yllilääkäri, Satakunnan hyvinvointialue,*

*[juha.puustinen@sata.fi](mailto:juha.puustinen@sata.fi)*

---

Ikääntyvä väestö haastaa terveydenhuollon. Erityisesti lääkehoidon näkökulmasta tarvitaan uusia toimintatapoja. Väestörakenteen muutoksen myötä iäkkäiden määrä kasvaa, mikä korostaa ikääntyneiden lääkehoidon merkitystä. **Turvallisen ja tehokkaan lääkehoidon varmistaminen ja ennaltaehkäisevien toimien kehittäminen iäkkäiden kotona-asumisen tukemiseksi eivät ole ainoastaan välttämättömiä potilaiden elämänlaadulle, vaan myös terveydenhuollon kustannuksille.** Iäkkäiden potilaiden lääkehoidon riskitekijöiden tunnistaminen ja hallinta ovat ensiarvoisen tärkeitä, sillä monet sairaalahoitoon johtaneet lääkehaitat olisivat olleet ehkäistävissä. Tässä artikkelissa käsitellään uusia tutkimustuloksia, käytännön työkaluja sekä innovatiivisia näkökulmia, jotka auttavat ammattilaisia ymmärtämään paremmin iäkkäiden potilaiden lääkehoidon monimutkaisuutta ja huomioimaan tämän kasvavan potilasryhmän erityistarpeet.

Tehostamalla lääkehoidon riskienhallintaa ja hyödyntämällä esimerkiksi digitaalisia teknologioita voimme edistää ikääntyvän väestön hyvinvointia, optimoida lääkehoidon vaikutuksia sekä vähentää terveydenhuollon kustannuksia. **Artikkelin tavoitteena on lisätä tietoisuutta, mitä asioita iäkkäiden lääkehoidossa tulee ottaa huomioon sekä kuinka näitä tekijöitä voidaan tunnistaa ja hallita.** Iäkkäiden potilaiden moninaiset terveyshaasteet edellyttävät tarkkaavaisuutta lääkehoitojen suunnittelussa ja valvonnassa. Tavoitteenamme on myös motivoida iäkkäiden sekä terveydenhuollon parissa työskenteleviä ammattilaisia kehittämään ja hyödyntämään työkaluja, kuten lääkehoidon onnistumisen tarkistuslistaa (LOTTA-lista), jotta iäkkäiden potilaiden lääkehoito olisi turvallista ja tehokasta.



## Ikääntyvien lääkehoito Suomessa: Haasteet terveydenhuollossa

Suomessa vähintään joka neljäs on yli 75-vuotias vuonna 2030. Tämän vuoksi on tärkeää tunnistaa iäkkäiden toimintakykyä heikentäviä riskitekijöitä ja kehittää ennaltaehkäiseviä toimia tukemaan heidän kotona-asumistaan[3-6]. Ikääntyessä monen elimen toiminta heikkenee, ja samanaikaisesti esiintyy useita sairauksia, geriatria oireyhtymiä sekä polyfarmasiaa (usean eri lääkkeen samanaikainen käyttö) [7] (Kuva 1). **Lääkkeiden riskienhallinta on tärkeä strategia, jolla pyritään ehkäisemään tai vähentämään lääkkeiden käyttöön liittyviä riskitekijöitä, jotka voivat heikentää toimintakykyä ja elämänlaatua sekä lisätä kuolleisuutta ja terveydenhuollon kustannuksia**[8, 9]. Viime vuosikymmenien aikana on kuvattu lukuisia lääkehoitoon liittyviä riskitilanteita, sekä sairaaloissa, että avohoidossa[10, 11]. Koska suurin osa ikäihmisen lääkkeiden käytöstä tapahtuu kotona[9, 10, 12, 13], on apteekeilla tärkeä rooli pyrkiä tunnistamaan lääkeshoidosta aiheutuvia riskitekijöitä ja ennaltaehkäisemään näistä aiheutuvia mahdollisia seurauksia.

Tutkimuksia lääkkeiden vaikutuksista iäkkäille on harvassa, mikä vaikeuttaa lääkehoitojen vasteiden ennustamista sekä suositusten määrittämistä ikäihmisille[14, 15]. Ikääntyneen potilaan odottamattomat vasteet lääkehoitoon voidaan selittää mm. ikääntymisen tuomilla muutoksilla lääkeaineen farmakodynaamiikkaan ja farmakokinetiikkaan[16]. **Farmakodynamiikka** tarkoittaa lääkeaineen vaikutusmekanismeja ja sen vaikutusta elimistöön, esimerkiksi miten lääkeaine sitoutuu sen vastaanottajamolekyylisiin, aiheuttaa fysiologisen vaikutuksen tai muuttaa solujen toimintaa. **Farmakokinetiikka** tarkastelee lääkeaineen kulkua elimistössä; miten lääkeaine imeytyy, jakautuu, metaboloituu ja poistuu elimistöstä[16].



Kuva 1. Polyfarmasia voidaan kategorisoida käytössä olevien lääkkeiden määrän perusteella: 1) ei polyfarmasiaa (<5 lääkettä), 2) polyfarmasia ( $\geq 5$  [1] ja <10 lääkettä), 3) laaja tai eksessiivinen polyfarmasia ( $\geq 10$  lääkettä)[2].

## Lääkkeiden farmakokinetiikka ikääntyessä

Ikääntyminen vaikuttaa lääkkeiden farmakokinetiikkaan ja useisiin fysiologisiin muutoksiin[16-18]. Ikääntymisen yleisten fysiologisten muutosten ymmärtäminen auttaa ennakoimaan lääkkeen imeytymisessä, jakautumisessa, metaboliassa ja erittymisessä tapahtuvia pitoisuuden muutoksia elimistössä[7, 16].

Ikääntymismuutokset mahasuolikanavassa, kuten mahahapon erityksen väheneminen, hidastunut vatsan tyhjeneminen ja vähentynyt suoliston verenkierto voivat vaikuttaa lääkkeiden imeytymiseen. Lääkkeen imeytymisnopeus voi myös muuttua, jos rasvaliukoinen lääke annostellaan iäkkäällä kuivan ihon kautta[16]. Ikääntyessä kehon rasvakudoksen määrä kasvaa ja lihasmassa sekä kehon vesimäärä vähenevät, mikä vaikuttaa lääkeaineiden jakautumistilavuuteen kehossa ja lääkkeiden siedettyihin annoksiin. Rasvaliukoiset lääkkeet jakautuvat ikääntyneellä elimistön rasvakudokseen paremmin, mikä myös pidentää niiden puoliintumisaikaa. Tämä voi aiheuttaa lääkeainepitoisuuden noususta johtuvia haittavaikutuksia, mikäli pidentynyttä puoliintumisaikaa ei huomioida lääkkeen annostelussa[19]. Vesiliukoisten lääkkeiden jakautumistilavuus puolestaan pienenee, mikä voi johtaa lääkeaineen lisääntyneen plasmapitoisuuden vuoksi haittavaikutusten vaaran kasvuun[16]. Lääkkeiden aineenvaihdunnassa tärkeiden elimien, kuten maksan ja munuaisten toiminta heikkenee ja niiden koot pienentyvät iäkkäillä potilailla[16].

Kuitenkin merkittävimmät ikääntymisen tuomat fysiologiset muutokset tapahtuvat munuaisissa, mikä johtaa 10 %:n glomerulussuodosnopeuden (GFR) laskuun joka vuosikymmentä kohti jo 30 vuoden iän jälkeen[20].

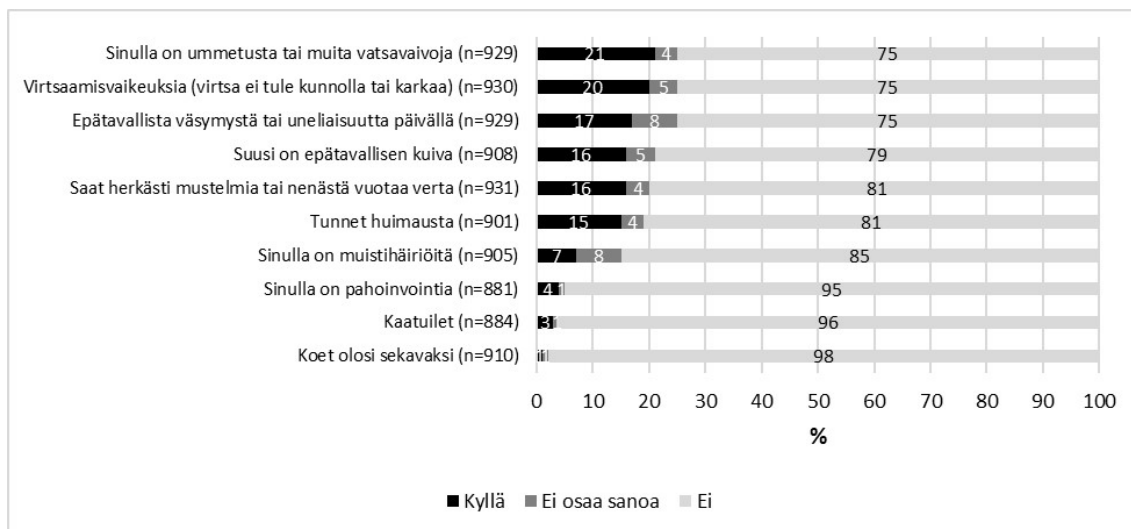
## Lääkkeiden farmakodynamiikka ikääntyessä

Vaikka farmakokinetiikka (lääkkeen pitoisuus) säilyisi ikääntyessä ennallaan, voi lääkkeen farmakodynaaminen vaikutus (lääkkeen vaste) muuttua[16]. Ikääntymismuutokset vaikuttavat farmakodynamiikkaan muun muassa muuttaen reseptorien määrää, niiden affiniteettia sekä niiden toimintaa elimistössä ja homeostaattisissa prosesseissa. Nämä muutokset voivat vaikeuttaa lääkkeiden oikeaa annostelua ja iäkkäät vaativat näiden muutosten vuoksi tarkempaa lääkkeiden vasteiden seuranta. Ikääntymiseen liittyvät farmakodynaamiset muutokset vaikuttavat erityisesti keskushermoston ja sydän- ja verenkiertoelimistön toimintaan vaikuttaviin lääkeaineiden vasteisiin elimistössä[16].

## Kotona-asuvien iäkkäiden yleisimmät riskitekijät lääkehoidossa

Haittavaikutuksien tunnistaminen iäkkäillä voi olla haastavaa niiden epätyypillisen oirekuvan vuoksi[21, 22]. Tutkimuksen mukaan 17% iäkkäistä joutuu sairaalahoitoon lääkehaittojen vuoksi, kun nuoremmilla tämä luku on 4%. Näistä haitoista 88% olisi ollut ehkäistävissä[23]. Yleisesti lääkkeiden haittavaikutuksien riskitekijöitä voi olla itse potilas, sairaus, käytössä oleva lääkitys tai jokin muu tekijä. **Kuitenkin tärkeimmiksi riskitekijöiksi geriatrisessa lääkehoidossa on tunnistettu lääkkeiden vaikutukset ja lääkkeiden käyttöön liittyvät tekijät**[24]. Suomessa kehitetty LOTTA-lista on suunniteltu lääkehoitoon liittyvien riskitekijöiden tunnistamiseksi yli 65-vuotiaille lääkkeiden käyttäjille[25]. Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus, Fimea, suosittelee validoidun LOTTA-listan käyttöä[26]. Hiljattain julkaistussa tutkimuksessa tunnistettiin LOTTA-listalla kotona-asuvien 75-vuotiaiden (n=953) merkittävimmät lääkehoidon riskitekijät, joissa merkittävimpiä järjestelmällisiä riskitekijöitä olivat: hoitoon osallistui useampi kuin yksi lääkäri 48 %:lla asukkaista, lääkelista puuttui 43 %:lla sekä 35 % puuttui säännöllinen seuranta[27]. Lisäksi 35 % asukkaista oli epäselvää lääkehoidon kesto. Koetuista lääkehaitoista merkittävimmiksi nousivat ummetus 21 %:lla asukkaista, virtsaamisongelmat 20 %:lla ja 17 %:a asukkaista raportoi epätavallista väsymystä (Taulukko 1). Lääkkeitä oli asukkaalla käytössä keskimäärin 7 kappaletta ja 71 %:a käytti enemmän kuin 5 lääkettä samanaikaisesti[27].

Taulukko 1. Kotona asuvien 75-vuotiaiden kokemat mahdolliset lääkehaittaoireiden jakauma, jotka ovat häirinneet toistuvasti heidän normaalia elämäänsä edellisen neljän viikon aikana. Oireet on raportoitu lääkehoidon onnistumisen tarkistuslistalla (LOTTA-lista) vuosien 2020 ja 2021 aikana (n=953). Kuva suomennettu ja uudelleen piirretty alkuperäisestä lähteestä[27].



## Kuinka varmistetaan iäkkään turvallinen ja tehokas lääkehoito?

Lääkehoidon turvallisuuden ja tehokkuuden varmistaminen on avainasemassa ikääntyvän väestön terveyden ja toimintakyvyn ylläpidossa. Tuoreiden tutkimustulosten[27] perusteella korostuu tarve tunnistaa ja puuttua iäkkäiden, usein epätarkoituksen mukaisen polyfarmasian parissa kamppailevien potilaiden lääkehoidon riskitekijöihin.

Turvallisen ja tehokkaan lääkehoidon varmistaminen iäkkäille on haaste, joka vaatii monipuolisia toimia ja sitoutunutta yhteistyötä terveydenhuollon ammattilaisten (lääkärit, farmaseutit, sairaanhoitajat sekä lähihoitajat), potilaiden sekä heidän läheistensä välillä, jolloin he voivat yhdessä arvioida potilaan lääkityksen sopivuutta ja tarvetta. Lisäksi potilaan itsensä aktiivinen osallistuminen lääkehoidon suunnitteluun ja seurantaan on tärkeää.

Käytännön toimia lääkehoidon turvallisuuden parantamiseksi ovat työkalut, kuten LOTTA-lista. Apteekkien rooli tässä kokonaisuudessa on merkittävä, sillä ne ovat avainasemassa riskien tunnistamisessa ja lääkehoidon ongelmien ehkäisyssä, erityisesti kun suurin osa lääkehoidosta toteutuu kotona. Tulevaisuudessa on tärkeää lisätä täydennyskoulutuksen ja tutkimuksen avulla ymmärrystä siitä, kuinka olemassa olevia työkaluja voidaan entistä tehokkaammin integroida osaksi sosiaali-

ja terveydenhuoltoa sekä tietojärjestelmiä. Tässä yhteydessä digitaalisen teknologian, kuten mobiilisovellusten, sovellukset tarjoavat lupaavia mahdollisuuksia iäkkäiden potilaiden lääkehoidon seurannan ja ohjauksen edelleen tehostamiseen kotona. Tämänkaltaisen teknologian yhdistäminen ja toimivuuden varmistaminen vaatii kuitenkin lisää tutkimustyötä.

Turvallista ja tehokasta lääkehoitoa varmistavat toimenpiteet ovat tärkeitä etenkin monisairaille iäkkäille, joilla on useita lääkkeitä käytössä. Lisäksi ne ovat oleellisia terveydenhuollon ammattilaisille esimerkiksi kliinisten päätösten tukemisessa, sekä myös potilaan omaisille, joilla on keskeinen rooli onnistuneen lääkehoidon toteuttamisessa. Onnistunut lääkehoito vaatii kaikilta osapuolilta vahvaa yhteistyötä, halua päivittää omaa tietämystään ja valmiutta uudistaa toimintatapoja.

## Lähteet

- [1] World Health Organization (WHO). Medication Safety in Polypharmacy. Technical Report 2019. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-UHC-SDS-2019.11>. [online] Haettu 8.12.2022.
- [2] Walckiers, D., J. Van der Heyden, and J. Tafforeau, Factors associated with excessive polypharmacy in older people. *Arch Public Health*, 2015. 73: p. 50.
- [3] Escoubas, C.C., C.G. Silva-García, and W.B. Mair, Deregulation of CRTCs in Aging and Age-Related Disease Risk. *Trends in genetics*, 2017. 33(5): p. 303-321.
- [4] Ministry of Social Affairs and Health and Association of Finnish Local and Regional Authorities. Quality recommendation to guarantee a good quality of life and improved services for older persons 2020–2023 The Aim is an Age-friendly Finland. Ministry of Social Affairs and Health 2020. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162455/STM\\_2020\\_29\\_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162455/STM_2020_29_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [online] Haettu 18.3.2021.
- [5] World Health Organization 2012. Home care across Europe 2012, current structure and future challenges. [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0008/181799/e96757.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0008/181799/e96757.pdf). [online] Haettu 25.8.2021.
- [6] Teperi J, Porter ME, Vuorenkoski L et al. The Finnish health care system: a value-based perspective. *Sitra Reports* 82. 2009. [http://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/Finnish\\_Health\\_Care\\_System\\_SITRA2009\\_78584c8b-10c4-4206-9f9a-441bf8be1a2c.pdf](http://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/Finnish_Health_Care_System_SITRA2009_78584c8b-10c4-4206-9f9a-441bf8be1a2c.pdf). [online] Haettu 25.8.2021.
- [7] Shi, S. and U. Klotz, Age-Related Changes in Pharmacokinetics. *Current drug metabolism*, 2011. 12(7): p. 601-610.
- [8] Cohen, M. (Ed.) Medication Errors, 2nd ed.; American Pharmaceutical Association: Washington, WA, USA, 2007.
- [9] Kallio, S., et al., Medication Risk Management in Routine Dispensing in Community Pharmacies. *Int J Environ Res Public Health*, 2020. 17(21).
- [10] Teinilä, T., K. Kaunisvesi, and M. Airaksinen, Primary care physicians' perceptions of medication errors and error prevention in cooperation with community pharmacists. *Res Social Adm Pharm*, 2011. 7(2): p. 162-79.
- [11] Schepel L. Strategies for medication safety: An organization-based approach focusing on high-alert medications and clinical pharmacy services in Helsinki University Hospital. Academic dissertation. University of Helsinki, Finland.

- [12] Dimitrow M. Development and validation of a drug-related problem risk assessment tool for use by practical nurses working with community-dwelling aged. Academic dissertation. University of Helsinki, Finland.
- [13] Toivo, T., et al., Coordinating resources for prospective medication risk management of older home care clients in primary care: procedure development and RCT study design for demonstrating its effectiveness. *BMC Geriatr*, 2018. 18(1): p. 74.
- [14] Blanco-Reina, E., et al., Factors Associated with Health-Related Quality of Life in Community-Dwelling Older Adults: A Multinomial Logistic Analysis. *Journal of clinical medicine*, 2019. 8(11): p. 1810.
- [15] Kucukdagli, P., et al., The relationship between common geriatric syndromes and potentially inappropriate medication use among older adults. *Aging clinical and experimental research*, 2019. 32(4): p. 681-687.
- [16] Hutchison, L.C. and C.E. O'Brien, Changes in Pharmacokinetics and Pharmacodynamics in the Elderly Patient. *Journal of Pharmacy Practice*, 2007. 20(1): p. 4-12.
- [17] ElDesoky, E.S., Pharmacokinetic-pharmacodynamic crisis in the elderly. *American journal of therapeutics*, 2007. 14(5): p. 488-498.
- [18] Jansen, P.A. and J.R. Brouwers, Clinical pharmacology in old persons. *Scientifica (Cairo)*, 2012. 2012: p. 723678.
- [19] Stegman, S., Developing drug products in an aging society : from concept to prescribing. *AAPS Advances in the pharmaceutical sciences series, volume 24*. 2016, Switzerland: Springer.
- [20] Aymanns, C., et al., Review on Pharmacokinetics and Pharmacodynamics and the Aging Kidney. *Clinical journal of the American Society of Nephrology*, 2010. 5(2): p. 314-327.
- [21] Akkawi, M., et al., The prevalence of prescribing medications associated with geriatric syndromes among discharged elderly patients. *Journal of pharmacy & bioallied science*, 2020. 12(6): p. 747-751.
- [22] Lim, R., et al., Reducing medicine-induced deterioration and adverse reactions (ReMInDAR) trial: study protocol for a randomised controlled trial in residential aged-care facilities assessing frailty as the primary outcome. *BMJ open*, 2020. 10(4): p. e032851.
- [23] Petrovic, M., T. van der Cammen, and G. Onder, Adverse Drug Reactions in Older People: Detection and Prevention. *Drugs & aging*, 2012. 29(6): p. 453-462.
- [24] Dimitrow, M., et al., Can Practical Nurses Identify Older Home Care Clients at Risk of Drug-Related Problems—Geriatricians’ Appraisal of Their Risk Screenings: A Pilot Study. *The Journal of pharmacy technology*, 2018. 34(3): p. 99-108.
- [25] Toivo Terhi et Dimitrow Maarit. “LOTTA” checklist – 8 questions about your medication. The Administrative sector of the Ministry of Social Affairs and Health. [https://www.fimea.fi/documents/160140/762468/Lotta\\_kyselylomake\\_FINAL.pdf/2bde1659-10aa-7f22-2e48-600e22bc0a90?t=1579256824363](https://www.fimea.fi/documents/160140/762468/Lotta_kyselylomake_FINAL.pdf/2bde1659-10aa-7f22-2e48-600e22bc0a90?t=1579256824363) [online] Haettu 30.3.2021.
- [26] Ensure the safety of your medication. The Finnish Medicines Agency Fimea. [https://www.fimea.fi/vaestolle/laakkeiden\\_oikea\\_kaytto/varmistu-laakehoitosi-turvallisuudesta](https://www.fimea.fi/vaestolle/laakkeiden_oikea_kaytto/varmistu-laakehoitosi-turvallisuudesta). [online] Haettu 9.1.2023.
- [27] Kanninen, J.-C., et al., Self-assessed medication risk factors as part of comprehensive health screening in home-dwelling older adults. *Health Science Reports*, 2023. 6(4): p. e1196.

---

# Kognitiivisen kuormituksen mittaaminen on mahdollista

Nina Karttunen, sairaanhoitaja (YAMK), projektitutkija, [nina.j.karttunen@samk.fi](mailto:nina.j.karttunen@samk.fi)

Matin Beiramvand, Biomedical Engineering (MS), Researcher in the Faculty of Information Technology and Communication Sciences, Tampere University, [matin.beiramvand@tuni.fi](mailto:matin.beiramvand@tuni.fi)

Anja Poberznic, fysioterapeutti (AMK), tutkija, [anja.poberznic@samk.fi](mailto:anja.poberznic@samk.fi)

Taina Jyräkoski, fysioterapeutti (YAMK), projektitutkija, [taina.jyrakoski@samk.fi](mailto:taina.jyrakoski@samk.fi)

Sari Merilampi, dosentti, TkT, tutkijayliopettaja, johtava tutkija, [sari.merilampi@samk.fi](mailto:sari.merilampi@samk.fi)

---

## Abstrakti

Stressin seuraamiseen fysiologisten indikaattorien avulla on kiinnitetty viime aikoina paljon huomiota, koska stressillä on huomattava vaikutus ihmisen yleiseen terveyteen ja päivittäisten toimintojen tehokkuuteen [1]. Satakunnan ammattikorkeakoulu ja Tampereen yliopisto toteuttivat aivoterveyttä käsittelevässä hankkeessaan tutkimuksia, joiden tavoitteena oli löytää ja esitellä erilaisia tekniikoita kognitiivisen kuormituksen tunnistamiseen. Tutkimuksessa [1] stressin arvioinnissa käytettiin apuna aivojen etuosaloikon aivosähkökäyrää (elektroenkefalografiaa/EEG). Tutkimustulokset ovat lupaavia, sillä tutkimuksessa pystyttiin löytämään arkielämään soveltuvia lähestymistapoja kuormittumisen arviointiin. Tässä artikkelissa esitellään kyseisen tutkimuksen toteutustapa ja tulokset.

## Johdanto

Henkisen stressin ja kognitiivisen kuormituksen välillä on positiivinen korrelaatio. Kognitiivinen kuormitus viittaa henkisen ponnistuksen tai resurssien määrään, joka tarvitaan tehtävän suorittamiseen, kun taas henkinen stressi on emotionaalinen ja psykologinen reaktio esim. tiettyihin tapahtumiin. Korkea kognitiivinen kuormitus voi lisätä henkistä stressiä ja päinvastoin [2]. Stressin ja kognitiivisen kuormituksen seuranta on merkityksellistä ja tärkeää, sillä ne yhdessä voivat vaikuttaa negatiivisesti toisiinsa ja yksilön yleiseen hyvinvointiin [3]. Henkisen stressin ja kognitiivisen kuormituksen havaitsemiseen on kaksi päämenetelmää:

1. subjektiiviset lähestymistavat, kuten itseraportointikyselyt sekä 2. fysiologiset lähestymistavat, joissa käytetään biomarkkereita sydäimestä, aivoista ja veren tilavuudesta [4]. Fysiologisista lähestymistavoista aivosähkökäyrän mittaaminen eli EEG (elektroenkefalografia) on osoittautunut tehokkaimmaksi [5].

Aiemmista aivosähkökäyrän tutkimuksista [6] on saatu lupaavia tuloksia ja tutkimukset ovat tuottaneet erilaisia apuvälineitä ja algoritmeja kognitiivisen kuormituksen seuraamiseksi [1]. Haasteena on, että näistä menetelmistä puuttuu tyypillisesti käytännöllisyys ja soveltuvuus reaalimaailmaan, laboratorion ulkopuolelle. Kohtuuhintaisten puettavien arkiympäristöissä käytettävien EEG-laitteiden ilmestyminen markkinoille on kuitenkin tehnyt reaaliaikaisesta seurannasta mahdollista, mikä tarjoaa uusia mahdollisuuksia arkiympäristöön soveltuvan henkisen kuormittumisen mittareiden kehittämiseen.

Tässä artikkelissa kerrotaan merkittävistä askelista kohti arkiympäristössä tapahtuvaa stressin mittaamista aivosähkökäyrää hyödyntäen. Artikkelin pohjautuu RoboAI:n Uudet teknologiaratkaisut aivoterveystieteeseen ja seurantaan hankkeen toimenpiteisiin, joiden kautta löydettiin uusia työkaluja aivojen tilan seurantaan laboratorion ulkopuolella.

## **Menetelmä**

Tässä artikkelissa esiteltävään tutkimukseen osallistui 15-tervettä vapaaehtoista (ei diagnosoituja sairauksia). Tutkimus toteutettiin vuonna 2022–2023. Tutkimusvälineistö koostui kannettavasta tietokoneesta, n-back muistipelistä, Neuroelectrics® Instrument Controller (NIC2) -ohjelmistosta ja Neuroelectricsin® ENOBIO® EEG-tallennusjärjestelmästä. ENOBIO-järjestelmä (Kuva 1) käyttää langatonta yhteyttä elektrodin EEG-vahvistimen ja kannettavan tietokoneen välillä. Vaikka laitteella on mahdollista tutkia jopa 20 kanavaa, EEG:n tallentamiseen käytettiin vain seitsemää kanavaa. Näistä seitsemästä kanavasta vain kaksi otettiin käyttöön sijoitettua kanavaa analysoitiin myöhemmin, koska otsalohkolta rekisteröityvä aivosähkökäyrä on käytössä arkiympäristöihin tarkoitetuissa kaupallisissa tuotteissa.





*Kuva 1. Rekisteröinnin valmistelua ennen aivosähkökäyrän mittausta.*

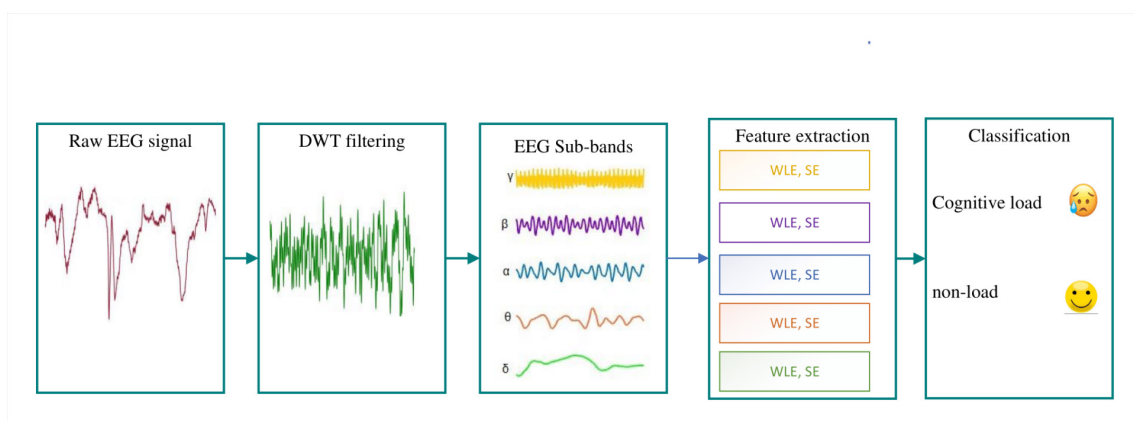
Tutkimuksessa rekisteröitiin osallistujan aivosähkökäyrää hänen pelatessaan n-back muistipeliä. N-back muistipelissä vaikeustasot vaihtelivat kognitiivisen kuormituksen mittaamisen mahdollistamiseksi. Osallistuja ohjeistettiin pelin toimintamalliin ennen rekisteröinnin aloitusta. Tässä tutkimuksessa käytetty n-back muistipelin versio käytti visuaalisena ärsykkeenä yksittäisiä numeroita (0-9), jotka näkyivät kannettavan näytöllä (Kuva 2). Osallistujan piti muistaa näytöllä oleva numero riippuen tasosta, jota pelattiin. Näkyvässä olevan numeron kohdalla tuli painaa nappia, mikäli numero oli sama kuin ennalta annettu (taso 0), mikäli numero oli sama kuin edellinen (taso 1) tai mikäli numero oli sama kuin kaksi numeroa sitten (taso 2). Pelisessiot sisälsivät 9 peliä ja tasojen välillä oli lyhyt tauko hengitysohjeineen.

Tutkimuksessa kognitiivinen kuormitus luokiteltiin kahdelle tasolle (ei kuormitusta ja kuormitus), jolloin jokainen n-back-pelin taso vastasi yhtä näistä tasoista. Taso 0 luokiteltiin kuormittamattomaksi ja tasot 1 ja 2 luokiteltiin vastaavasti keskiraskaaksi ja korkeaksi. Kaikki tiedot pelitapahtumista ja tasoista tallennettiin tiedostoon.



Kuva 2. Tutkimusasetelma: aivosähkökäyriä mitataan muistipeliä pelatessa.

Tutkimusaineistolle tehtiin laaduntarkistus ja -analyysi. Kuvassa 3 esitetyn proseduurin mukaisesti saadusta datasta poistettiin ensin häiriöt ja tarkistettiin signaalin laatu. Signaalit analysoitiin data-analyytikon toimesta signaalinkäsittelyn ohjelmia käyttäen kuormittamattomien ja kuormitettujen mielentilojen luokitteluksi ja kognitiivisen kuormituksen mittaamisen mahdollistamiseksi.



Kuva 3. Signaalinkäsittelyn kulku ja tulokset käyttäen etuotsalohkon aivosähkökäyriä.

## Tutkimuksen tulokset ja merkitys

Hankkeen keskeisimpinä tuloksina voidaan pitää uusien aivojen kuormitustilaa indikoivien biomarkkereiden ohella mittausasetelmaa sekä monialaisen tutkija- ja yritystoimijaverkoston osaamisen yhdistämistä. Yhteistyöverkosto mahdollistaa tieteellisten tulosten jalostamisen tuotteiksi ja tätä kautta kuluttajien käyttöön.

Akateemisesta näkökulmasta mielenkiintoisin tutkimustulos liittyi eri kuormitustiloja tunnistavaan analyysiin (kuva 3) ja siinä käytettyihin piirteisiin ja luokittelijoihin. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että suurin tarkkuus (80,24%) ja tehokkuus saavutettiin käyttämällä AdaBoost -luokittelijaa kognitiivisen kuormituksen havaitsemisessa. Algoritmi ei vaadi parametrien säätöä ennen käsittelyä, joten se sopii **arkielämän** sovellutuksiin. Muihin tutkimuksiin verrattuna menetelmä on helppokäyttöisempi ja sitä voidaan käyttää kaupallisten otsapantojen kanssa. Algoritmi myös perustuu matalakanavaisiin EEG-signaaleihin. Tutkimuksen tulokset ovat luettavissa kokonaisuudessaan artikkelista [1].

Tieteellisen merkityksen lisäksi tutkimuksen tulokset ovat mielenkiintoisia tuotteiden kehittämisen näkökulmasta. Tulokset luovat eri alojen yrityksille mahdollisuuksia **tuotekehitykseen, esimerkiksi erilaisten stressiä mittaavien sovellusten tekoon ja niiden käyttöön osana uudenlaisia hyvinvointipalveluita**. Alati kehittyvät EEG mittalaitteet yhdessä uusien biomarkkereiden kanssa mahdollistavat myös kuluttajille uusia välineitä stressin tunnistamiseen ja tätä kautta stressin hallintaan.

Tarve yksinkertaisille, helppokäyttöisille aivosähkökäyrää mittaville laitteille on suuri. Tällaisia laitteita voisi käyttää myös terveydenhuollon ympäristöissä esim. kuntoutumisen tukena. Monille neurologisille sairauksille ominaisen uupumuksen ja väsymyksen yhteys kognitiiviseen kuormittumiseen häiritsee voimakkaasti arjessa selviytymistä ja kuntoutumista. Yksinkertaisia mittausmenetelmiä apuna käyttäen kuntoutuja voisi tunnistaa helpommin tarpeen arjen rytmitykseen ja harjoitteluun sekä siten ennakoida kuormittumistaan säännöstellen tekemisiään paremman jaksamisen toteutumiseksi.

## Johtopäätökset ja jatkotutkimukset

Tässä artikkelissa käsiteltiin uuden arkiympäristöön soveltuvan henkistä kuormittumista mittaavan menetelmän kehittämistä. Tulokset ovat merkittäviä sekä tieteen että käytännön sovellutusten näkökulmasta. Saadut tulokset osoittavat ja tukevat ehdotetun

menetelmän soveltumista kuormituksen mittaamiseen etuotsalohkolta. Tämä tulos on merkittävä, sillä se mahdollistaa kuormittumisen mittaamisen yksinkertaisemmalla laiteasetelmalla laboratorion ulkopuolella.

Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavat pieni osallistujamäärä ja osallistujien välisen vaihteluanalyysin puuttuminen [1]. Tulevassa tutkimuksessa tulisi harkita tutkimuksen laajentamista koskemaan useampia mitattavia tiloja kuormittumisen lisäksi, tutkia yksilöiden välistä vaihtelua ja testata menetelmän suorituskykyä erilaisilla kaupallisilla EEG-pääpannoilla. Tuotekehitysmahdollisuuksia on runsaasti niin stressin mittaamisen kuin hallinnan näkökulmasta.

*Artikkeli on kirjoitettu osana Uudet teknologiaratkaisut aivoterveysten arviointiin ja seurantaan -hanketta, joka on rahoitettu REACT-EU-välineen (EAKR) määrärahoista osana Euroopan unionin COVID-19-pandemian johdosta toteuttamia toimia.*

## Lähteet

- [1] M. Beiramvand, T. Lipping, N. Karttunen, R. Koivula, "Mental Workload Assessment using Low-Channel Prefrontal EEG Signals," 2023 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA), Jeju, Korea, Republic of, 2023, s. 1-5, [doi: 10.1109/MeMeA57477.2023.10171942](https://doi.org/10.1109/MeMeA57477.2023.10171942).
- [2] B. Xie, G. Salvendy, "Review and reappraisal of modelling and predicting mental workload in single- and multi-task environments," An International Journal of Work, Health and Organisations, vol. 14, 2020, s. 74-99.
- [3] K.Mandruck,V.Peysakhovich,F.Rémy,E.Lepron,M.Causse,"Neuralandpsychophysiological correlates of human performance under stress and high mental workload," Biological Psychology, Elsevier, vol.121, 2016, s. 62-73.
- [4] S. M. Monroe, "Modern Approaches to Conceptualizing and Measuring Human Life Stress," Annu. Rev. Clin. Psychol., vol. 4, 2008, s. 33–52.
- [5] S. Gedam, S. Paul, "A Review on Mental Stress Detection Using Wearable Sensors and Machine Learning Techniques," IEEE Access., vol. 9, 2021.
- [6] R. Katmah, F. Al-Shargie, U. Tariq, F. Babiloni, F. Al-Mughairbi, H. Al-Nashash, "Review on Mental Stress Assessment Methods Using EEG Signals," Sensors, vol. 21, 2021, s. 5043.

---

## Yhteiskehittelyllä digiosallisuutta

Tiina Mäkitalo, YTM, tutkimuspäällikkö, [tiina.makitalo@samk.fi](mailto:tiina.makitalo@samk.fi)

Minna Kangasniemi, lh, kuntoutusohjaaja (AMK), projektitutkija,  
[minna.kangasniemi@samk.fi](mailto:minna.kangasniemi@samk.fi)

Mervi Vähätalo, sh, TtM, FT, lehtori, [mervi.vahatalo@samk.fi](mailto:mervi.vahatalo@samk.fi)

Tuomas Leisti, PsT, lehtori, Metropolia, [Tuomas.Leisti@metropolia.fi](mailto:Tuomas.Leisti@metropolia.fi)

Ali Tavakoli, FM, tutkija, [ali.2.tavakoli@samk.fi](mailto:ali.2.tavakoli@samk.fi)

Ryann Deloso, sh (YAMK), tutkija, [ryann.a.deloso@samk.fi](mailto:ryann.a.deloso@samk.fi)

Santeri Saari, insinööri (AMK), tutkija, [santeri.saari@samk.fi](mailto:santeri.saari@samk.fi)

---

Etäpalveluiden käyttöönotto tapahtui nopealla tahdilla koronapandemian myötä. Kun kasvokkaiset kohtaamiset eivät olleet enää mahdollisia, monet palveluntarjoajat siirtyivät nopealla tahdilla tarjoamaan etäpalveluita, mikä auttoi säilyttämään yhteyksiä ja tukiverkostoja. Tämä nopeasti tapahtunut ”digiloikka” toi esiin ihmisten sopeutuvuuden ja kyvyn hyödyntää teknologiaa arjen tarpeisiin. Digitaalisuus onkin lyhyessä ajassa mullistanut tapamme tehdä töitä ja hoitaa asioita. Etäpalvelut tarjoavat parhaimmillaan tehokkuutta ja joustavuutta, ja ne voivat lisätä palveluiden saavutettavuutta erityisesti syrjäseuduilla asuville ja/tai liikuntarajoitteisille henkilöille. Pikavauhdilla toteutuneessa siirtymässä teknologiavalintoja ei kuitenkaan välttämättä ehditty tehdä asiakkaan tarpeista lähtien. Kaikilla ei myöskään ole yhtäläisiä mahdollisuuksia hankkia tai omaksua uusia teknologioita. Digitalisaation aikakaudella riskinä onkin, että heikosti teknologiaa hallitsevat ryhmät voivat joutua eriarvoiseen asemaan yhteiskunnassa. Tässä artikkelissa tuodaan esille näkökulmia ja suosituksia heikompiosaiten sote-palveluiden käyttäjien digiosallisuuden tukemiseksi yhteiskehittämisen keinoin.

### Mikä ihmeen digiosallisuus?

Suomessa digitaalisuus on vahvasti läsnä arjessa ja yhteiskunnassa; me käytämme älypuhelimia ja tietokoneita kommunikointiin, töihin ja viihteeseen. Monet arjen asiat kuten ostosten tekeminen, laskujen maksu ja terveysasioiden hoitaminen on helppo hoitaa verkossa. Suomi onkin yksi maailman kärkimaista julkisissa sähköisissä palveluissa.

Yhteiskunnan digitalisoituminen vaikuttaa monin tavoin ihmisten hyvinvointiin ja osallisuuteen. Digitalisaatio on poistanut aikaan, tilaan, tiedonsaantiin ja osallistumiseen liittyviä rajoituksia ja lisännyt ihmisten hyvinvointia, mutta samalla jättänyt osan ihmisistä asioiden ulkopuolelle, osattomiksi [1, 2, 3]. Kaikilla ei ole taloudellisia resursseja, tai muuten yhdenvertaisia mahdollisuuksia esim. terveydentilan, iän tai muiden syiden vuoksi käyttää digitaalista teknologiaa.

Palveluiden digitalisoitumisen myötä digiosallisuus on yhä keskeisempi edellytys yhteiskunnallisen osallisuuden ja toimijuuden toteutumiselle. Osallisuuden kokemuksella viitataan yhteenkuuluvuuteen perustuvaan tunteeseen siitä, että omaa elinpiiriä ja arkea koskeviin asioihin ja toimintaan on mahdollista vaikuttaa. [2]. Seifert ja Rössel (2019) ovat määritelleet digiosallisuuden modernin informaatio- ja kommunikaatioteknologian kautta tapahtuvaksi aktiiviseksi osallistumiseksi digitaalisen yhteiskunnan toimintaan [2]. Digitaalinen osallisuus liittyy kiinteästi hyvinvointiin, ja digitaalisten palveluiden saavutettavuuden ja osallistumista tukevien näkökulmien kehittäminen lisää myös hyvinvointia.

Digiosallisuuden puute voi vahvistaa vanhoja tai synnyttää uusia digikuiluja, jotka tuottavat syrjäytymistä ja sosiaalista osattomuutta. Digitaalisten palveluiden toteutuksessa tuleekin huomioida erilaiset ryhmät, kuten erilaisista monikulttuurisista taustoista tulevat ja toimintarajoitteiset ihmiset, joille niiden käyttäminen voi olla haasteellista. Marginalisoitujen ihmisten kohdalla myös aiempi traumatisoituminen voi johtaa siihen, että he kokevat digipalveluihin ohjaamisen torjuntana ja välittämisen puutteena, ja jättävät siksi palvelut hyödyntämättä. Jos kokemus teknologiasta on vähäistä, sen käyttöön voi myös liittyä turvattomuuden ja pystyvyyden puutteen tunteita, jotka eivät kannusta uusien taitojen omaksumiseen tai niiden kokeiluun. Helppokäyttöisyyden, turvallisuuden ja välittämisen tunteiden pitäisi välittyä myös digipalveluista. Digiosallisuus ei siis riipu ainoastaan digipalvelujen käyttäjän taloudellisista resursseista, kognitiivisesta kyvykkyydestä ja digitaidoista, vaan myös hänen tunteistaan – erityisesti kun on kyse tavalla tai toisella marginalisoituneista ihmisistä [4].

## **Yhteiskehittämällä toimivia sote-palveluja**

Palvelu voidaan määritellä olevan jonkun toisen hyväksi tehtyä toimintaa, joka perustuu vuorovaikutukseen asiakkaan ja palvelun tarjoajan välillä [5]. Sote-palvelut eroavat useimmista muista palveluista siinä, että niiden käyttäjät voivat olla haavoittuvassa asemassa. Sote-sektoria sitovat myös vahvasti erilaiset lait ja

asetukset, jolloin palveluiden kehittämisessä tulee sitoa yhteen monia eri vaatimuksia näiden yhteisesti sovittujen raamien sisällä [5]. Sote-palveluita tulisi voida suunnitella yksilöllisesti ja tarveperustaisesti huomioiden eri asiakasryhmien hyvinkin vaihtelevat valmiudet ja mahdollisuudet erilaisten etäpalveluiden käytölle ja tarjota esim. etä- ja lähipalveluita vaihdellen. Vaikuttavia etäpalveluita ja niitä tukevia välineitä ei voida kehittää ilman, että asiakkaat otetaan mukaan kehittämistyöhön; asiakkaat pystyvät parhaiten kertomaan, mitä arvoa palvelu heille tuottaa [6].

Perinteisesti asiakas on nähty palvelujen saajana eikä yhteistyökumppanina. Keskeisin asia yhteiskehittämisessä (co-creation) onkin asiakkaiden, julkisella sektorilla kansalaisten, aseman muutos passiivisesta vastaanottajasta aktiiviseksi palvelun muotoilijaksi [7]. OECD (2011) on määritellyt yhteiskehittämisen olevan tapa suunnitella, muotoilla, toteuttaa ja arvioida julkisia palveluja [7]. Yhteiskehittäminen vastaa oikeuteen saada olla osallisena itseen liittyvissä asioissa [5]. Se antaa "äänen" ja osallisuuden kokemuksen siihen osallistuville, ja toiminnan tavoitteena on kehittää asiakaslähtöisiä palveluja [7]. Vaikka osallistava yhteiskehittäminen voidaan nähdä myös arvona sinänsä, on tärkeää muistaa, että se on tavoitteellista toimintaa, jolla pyritään luomaan esim. parempia palveluja mahdollisesti myös pienemmällä kustannuksilla.

Palvelumuotoilu (service design) on läheisesti yhteiskehittämiseen liittyvä käsite [7]. Palvelumuotoilu on työmenetelmä, jonka tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa palveluja yhteiskehittämisen keinoin. Se alkaa tarpeesta uudistaa olemassa olevaa palvelua tai luoda täysin uutta. Palvelumuotoilua toteutetaan yhdessä kehittämällä, visuaalisten työmenetelmien avulla. Toiminnassa keskitytään tavoitteiden, tarpeiden, motiivien, halujen ja kokemusten kokonaisvaltaiseen ymmärtämiseen. Palvelumuotoiluprosessin avulla palvelua voidaan kehittää sekä asiakkaalle näkyvässä, että näkymättömässä palvelun osassa [5].

Yhteiskehittämisen ja palvelumuotoilun tueksi on olemassa useita erilaisia oppaita, prosessimalleja ja "työkalupakkeja" (ks. <https://agilemobile.fi/>) [5,6], joissa on tarjolla myös erityisesti sote-sektorin tarpeisiin kehitettyjä työkaluja. Esimerkiksi palvelupolun kuvauksessa asiakkaan palvelussa kulkeminen kuvataan aika-akselilla, jolloin kehittäminen helpottuu, kun palvelu on jaettu pienempiin osiin [5]. On huomattava, että yhteiskehittäminen on aina kontekstisidonnaista; heikompiosaisten kanssa työskennellessä ammattilaisten välisessä yhteiskehittämisessä syntyneet parhaat käytännöt eivät ehkä toimikaan. Palvelumuotoilun toimiminen sote-kentällä edellyttää monimutkaisen termistön yksinkertaistamista ja turhan ammattislangin välttämistä [5].

Myös luottamuksen rakentamisen merkitys korostuu, kun työskennellään haavoittuvassa asemassa olevien ihmisen kanssa [8]. Luottamuksesta puhuttaessa ei voida välttää ihmissuhteeseen liittyvien tunteiden käsittelyä. Osa ihmisistä saattaa vetäytyä älyllistävään tapaan käsitellä asioita, kohdatessaan emotionaalisesti vaikeita asioita, mikä ei luonnollisesti rakenna luottamuksen tunnetta asiakkaaseen. Huonosaisiuden kohtaaminen voi myös herättää kokemuksia omasta hyväosaisuudesta, mikä voi ilmetä asiakkaaseen kohdistuvana säälinä. On kuitenkin hyvä tiedostaa, että sääli on eri asia kuin empatia tai myötätunto, joissa tunnekokemukseen ei liity toisen yläpuolelle asettumista [9].

Luottamussuhteen kehittyminen yhteiskehittelyssä vaatii turvallisuuden, yhdenvertaisuuden ja avoimuuden kokemusta ja se myös vaatii ammattilaiselta empatiaa – kykyä samaistua asiakkaan näkökulmaan – ja myötätuntoa – halua auttaa asiakasta tilanteessaan. Sääliä – asiakkaan yläpuolelle asettumista – haavoittuvassa asemassa oleva ei puolestaan kaipaa, koska yhdenvertainen asema ei tällöin toteudu. Luottamuksellinen kohtaaminen voi vaatia ammattilaiselta myötätuntoa myös itseä kohtaan, koska hän joutuu usein kohtaamaan myös oman rajallisuutensa ihmisten auttamisessa. [10]

## **Heikompiosaiten etäpalveluiden käytön mahdollistaminen – Case Aspu**

Artikkelin case-aineisto on kerätty osana Hyvinvointia Hybridisti -hanketta, jonka alussa kartoitettiin useiden sote-organisaatioiden ammattilaisten ja asiakkaiden valmiuksia käyttää erilaisia etäteknologioita. Haastattelututkimuksella selvitettiin etä- ja verkkovuorovaikutusteknologioiden käyttöönottoon ja käyttöön liittyviä tekijöitä sekä kokemuksia.

### ***Miten päädyimme Aspuun***

Sininauhan Lissu Social Club -kynnyksettömän palvelupisteen haastattelujen yhteydessä todettiin tarvetta järjestää perusteknologiakoulutusta Lissun asiakkaille. Koulutuksella pyrittiin parantamaan päihdekäyttäjien valmiuksia toimia digipalveluiden piirissä. Koulutustapahtumaan osallistuneen Aspu – asunnottomuuden puolittaminen Porissa -hankkeen työntekijän kutumana vastaava koulutus järjestettiin myös Aspun asiakkaille. Sekä Lissun, että Aspun asiakkaat voidaan nähdä digiosallisuuden kannalta heikoimmassa asemassa olevana ryhmänä, joilla on monialaista ja laajaa tuen tarvetta, joihin tulisi asiakaslähtöisesti kehittää sote-palveluja.



Teknologiakoulutusten lisäksi yhteistyökumppaneille tarjottiin palvelumuotoilutyöpajoja, joissa tavoitteena oli yhteiskehittämisen keinoin pyrkiä parantamaan heikompiosaisten mahdollisuuksia toimia etäpalveluiden piirissä. Yhteiskehittämiseen kuuluu tyypillisesti tarve mukauttaa toimintaa ja suunnitelmia matkan varrella ja tämä prosessi ei tee tähän poikkeusta. Alun perin suunnitelmana oli järjestää sote-ammattilaisille palvelumuotoilutyöpaja, jossa käsiteltäisiin suunnitteilla olevien digilukutaitoa edistävien materiaalien sisältöä. Kuitenkin ammattilaisten tiukkojen aikataulujen ja uuden avautuneen mahdollisuuden vuoksi työpaja siirrettiin osaksi aspu-asiakkaiden teknologiakoulutusta.

### ***Palvelumuotoilutyöpaja***

Yhdistetyssä koulutus- ja palvelumuotoilutyöpajassa osallistujina oli asukastuvan kävijöitä, jotka kuuluvat pitkäaikaistyöttömien ja syrjäytymisuhan alla olevien aikuisten ryhmään. Työpajassa oli mukana kävijöiden lisäksi myös hankkeen työntekijä ja seurakunnan diakoni.

Jotta ilmapiiri asukastuvalla olisi mahdollisimman rento ja luonteva, tilaisuuteen vietiin mukana tarjottavaa "kyläily" tunnelman luomiseksi. Fasilitoija vei keskustelua eteenpäin ja visualisoi osallistujien kommentteja "fläppipaperille". Välillä tarinoitiin lemmikkien elämästä ja keskustelu soljui osallistujien tahtiin, pakottamatta.

Työpajan alussa keskityttiin arvioimaan kävijöiden kykyjä käyttää etäpalveluita ja keskustelemaan niiden soveltuvuudesta heidän tarpeisiinsa. Erityisesti heikoimmassa asemassa olevien näkökulmasta palveluiden olisi oltava niin joustavia, että resurssit riittäisivät niiden käyttämiseen. Syrjäytymisuhan alla olevat ovat usein monien tahojen asiakkaita. Riskinä on, että sähköiset palvelut "kasaantuvat", mikä voi hidastaa tai estää palveluiden sujuvan etenemisen. Digitaalisten palveluiden ensisijaisuus eriarvostaa ihmisiä, erityisesti syrjäytymisvaarassa olevia.

Työpajassa merkittävimmäksi haasteeksi etäpalveluiden käytössä nousi riittämätön laitevarustus ja osaamattomuus (kuva 1). Käytössä olevat laitteet ovat vanhoja, eikä niiden päivittämiseen ole käytettävissä varoja. Esimerkiksi vanhalla puhelimella ei ole enää mahdollista suorittaa uusia tietoturvapäivityksiä eikä siihen voi ladata uusia sovelluksia. Monilla osallistujilla on liikkumisrajoitteita eri syistä johtuen (fyysisistä, psyykkisistä ja taloudellisista), eikä heillä ole läheisiä henkilöitä auttamassa kuljettamisessa. Tämä estää sähköisten palveluiden käyttämisen avoimissa palvelupisteissä.

## Kehityshaasteiden ratkaisuideat

Vanhat laitteet	Osaaminen	Saavutettavuus
Joku antaa laitteen lainaan	Julkinen sektori mahdollistaa vaihtoehtoisen asioiden hoitamistavan	Joku auttaa liikkumisessa
Jossain pääsee käyttämään laitetta	Joku auttaa laitteen käytössä	Joku on henkisenä tukena
	Joku auttaa palvelun käytössä	Joku tuo laitteen kotiin

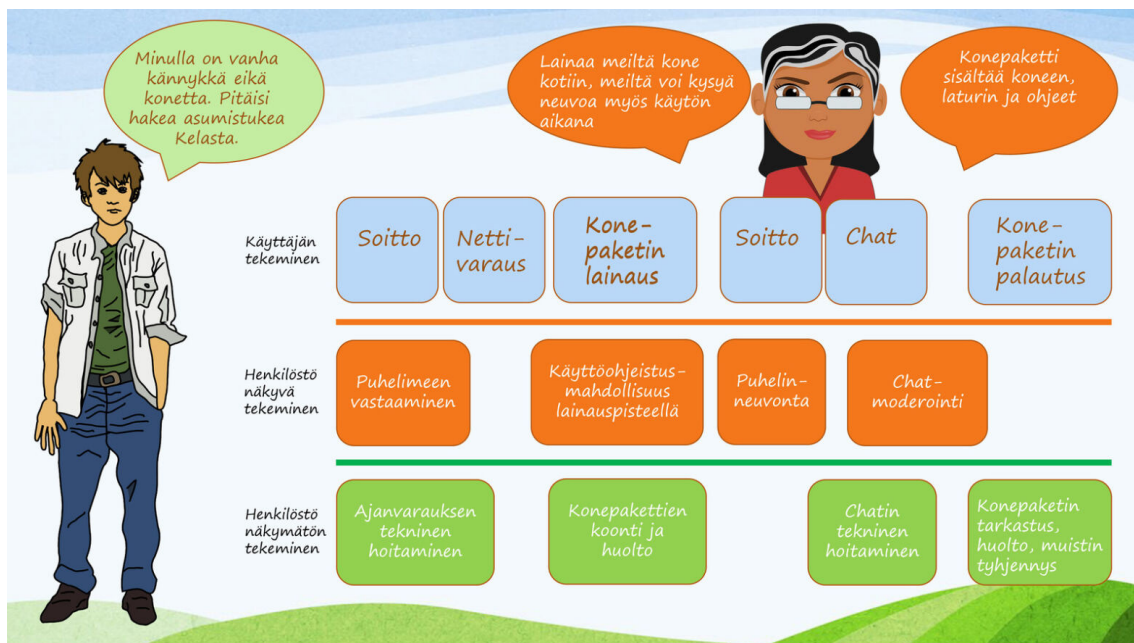
*Kone voisi olla käytettävissä palvelupisteessä, joka sijaitsee helposti saavutettavassa paikassa esim. kauppakeskuksessa. Pisteessä voisi toimia itsepalveluperiaatteella, mutta eri ammattiryhmien apua olisi myös saatavilla.*

Kuva 1. Työpajassa esille nousseet haasteet ja ratkaisuideat.

Monet verkkopalvelut vaativat käyttäjän rekisteröitymisen ja kirjautumisen. Osallistujat kertoivat vaikeuksistaan oikeanlaisten tietojen antamisessa ja käyttäjätunnuksen sekä salasanan hallinnassa. Lisäksi haasteita luo palveluissa käytetyt virka- ja englannin kieli. Myös mobiililaitteiden pienet näytöt ja virtuaaliset näppäimistöt tekevät monimutkaisten lomakkeiden täyttämisestä haastavaa.

### **Yhteiskehittelyn hedelmät**

Työpajan fasilitaattorilla on keskeinen rooli yhteiskehittämisen onnistumiselle. Hän visualisoi työpajan aikana keskustelusta näkyväksi tunnistetut haasteet ja varmistaa, että asiat on ymmärretty samalla tavalla. Kertyneen materiaalin pohjalta fasilitaattori tuottaa osallistujille tiiviin visuaalistetun koosteen, joka havainnollistaa tunnistetut haasteet, ratkaisuehdotukset ja palvelupolkuehdotukset. Kuvassa 2 esitellään aspu-yhteiskehittelyn tuotoksena syntynyt vanhojen laitteiden aiheuttamiin haasteisiin liittyvä palvelupolku, joka tekee näkyväksi sekä palveluntuottajan, että asiakkaan näkökulman. Visuaalistettu kuvaus mahdollistaa lisäkeskustelun ja palveluaihion edelleen kehittämisen esim. prototyypin testauksen.



Kuva 2. Vanhojen laitteiden aiheuttamiin haasteisiin liittyvä palvelupolku.

## Johtopäätökset

Yhteiskehittäminen lähtee liikkeelle kiireettömän ja turvallisen ilmapiirin luomisesta rauhallisessa paikassa. Fasilitoijalla tulee olla taito rakentaa luottamuksellinen suhde osallistujien kanssa ja kuulla heidän tarinansa. Hanke- ja virkanimikkeiden välttäminen auttaa luomaan tasavertaisemman ilmapiirin keskustelussa, jolloin kaikki osallistujat voivat tuntea itsensä tervetulleiksi ja osallisiksi, riippumatta heidän taustastaan tai kokemuksestaan. Yksinkertaisempi kieli auttaa keskittymään itse asiaan tai tavoitteeseen, jolloin keskustelu ei jää kiinni byrokraattisiin seikkoihin.

Keskustelu jokapäiväisistä asioista ilman ammattisanastoa edistää tasa-arvoista vuorovaikutusta ja luo luottamusta. Tämä luo mahdollisuuden asiakkaalle ilmaista vaikeutensa. Digitaaliset asiat nähdään osana jokapäiväisiä haasteita, joita yhdessä pyritään ratkaisemaan. Kohtaamisen ytimessä ovat kuuntelutaidot, selkeä viestintä ja empaattinen ymmärrys. Etukäteen ei voi tietää, kuinka paljon ongelman selvittely ja ratkaisu vievät aikaa, mikä edellyttää kärsivällisyyttä kummaltakin osapuolelta.

On tärkeää kuunnella osallistujia, olla avoin oppimaan ja sopeuttaa suunnitelmaa tarvittaessa. Luonnollinen, aidoksi ja turvalliseksi koettu vuorovaikutus perustuu osanottajien kykyyn olla läsnä tilanteessa ja aistia, mihin suuntaan tilanne on kehittymässä. Heikompiosainen ihminen voi olla taustansa vuoksi herkistynyt aistimaan toisissa ihmisissä negatiivisia tunteita tai välinpitämättömyyttä,

millaisena läsnäolon puute saattaa näyttäytyä. Ammatilaisen kyky olla tietoisesti läsnä helpottaa empatiaa ja siten myös asiakkaan kokemusta kuunnelluksi tulemisesta ja osallisuudesta.

Yhteiskehittäminen ja aito vuorovaikutus digikuiluja kaventamaan. Digitaalisten palveluiden aiheuttamaa syrjäytymistä ja ns. digikuilua on tärkeä torjua osallistamalla asiakkaat palveluiden kehittämiseen, jotta saadaan prosesseja, joissa teknologian käyttö kaikille mahdollistuu ja turvataan asiakkaiden riittävä osaaminen digitaalisten palveluiden käyttöön. On tärkeää aktiivisesti seurata digitalisaation vaikutuksia palveluiden saatavuuteen ja käyttöön, jotta digikuiluja voidaan kaventaa ja ehkäistä.

*Artikkeli on kirjoitettu osana Metropolian, Satakunnan ammattikorkeakoulun, ja Tampereen ammattikorkeakoulun toteuttamaa Hyvinvointia Hybridisti -hanketta (2021–2023, REACT-EU ESR), jonka tavoitteena on ollut parantaa sote-sektorin toimijoiden valmiuksia toteuttaa etä- ja hybridipalveluita.*

## Lähteet

- [1] Kaikki mukaan digiyhteiskuntaan - Digi arkeen -neuvottelukunnan toimintakertomus 2020-2023. Valtiovarainministeriön julkaisuja 2023:16. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-367-084-6>.
- [2] Hänninen, R., Karhinen, J., Korpela, V., Pajula, L., Pihlajamaa, O., Merisalo, M., Kuusisto, O., Taipale, S., Kääriäinen, J., Wilska, T-A (2021) Digiosallisuuden käsite ja keskeiset osa-alueet. Digiosallisuus Suomessa -hankkeen väliraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:25. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-287-9>.
- [3] Kuusisto, O., Merisalo, M., Kääriäinen, J., Hänninen, R., Karhinen, J., Korpela, V., Pajula, L., Pihlajamaa, O., Taipale, S., Wilska, T-A. (2022) Digiosallisuus Suomessa. Digiosallisuus Suomessa -hankkeen loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:10. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-182-7>.
- [4] Holvikivi, J., Lehtonen, K., Miettunen, H. & Leisti, T. (2023). Onko mikki auki, onnistuuko empaattinen vuorovaikutus etänä? Metropolia Ammattikorkeakoulu, Tikissä-blogi 27.1.2022.
- [5] Ahonen, T. (2019) Palvelumuotoilu sotessa - Palvelumuotoilun käsikirja sosiaali- ja terveysalan palvelujen kehittämiseen.
- [6] Kauppinen, S., Kesäniemi, E., Luojus, S., Peeter, L., Lönn, N., Pääkkönen, J., Hult, T. (2020) Tarpeista ratkaisuksi. Yhteiskehittämisen opas sosiaali- ja terveydenhuollossa. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-331-876-2>.
- [7] Keskitalo E. & Vuokila-Oikonen P. (toim.) (2021) Yhteiskehittämällä ratkaisuja sote-palveluihin. Kansalaiset ja palvelunkäyttäjät mukaan kehittämiseen. Diakonia-ammattikorkeakoulu, 2021, Diak Työelämä 25.
- [8] Vuokila-Oikonen P. (2021) Ratkaisuja tuottava yhteiskehittäminen lähestymistapana ja menetelmänä. Teoksessa Yhteiskehittämällä ratkaisuja sote-palveluihin. Kansalaiset ja palvelunkäyttäjät mukaan kehittämiseen. Diakonia-ammattikorkeakoulu, 2021, Diak Työelämä 25.

- [9] Goetz, J. L., Keltner, D. & Simon-Thomas, E. (2010). Compassion: An Evolutionary Analysis and Empirical Review. *Psychological bulletin* 136, 351.
- [10] Leisti, T. & Lehtonen, K. (painossa). Suojaavat tekijät empatiatyöskentelyssä. Teoksessa T. Leisti & S. Mattila (toim.): *Empatialla osallisuutta*. Helsinki: Metropolia Ammattikorkeakoulu.

---

## Näkökulmia virtuaalitekniologian ja eläinavusteisen toiminnan yhdistämisestä hyvinvoinnin tueksi

*Marjaana Raukola-Lindblom, erikoispuheterapeutti, FL, yliopisto-opettaja ja väitöskirjatutkija, Sote-akatemia & Psykologian ja logopedian laitos, Turun yliopisto, [marjaana.raukola-lindblom@utu.fi](mailto:marjaana.raukola-lindblom@utu.fi)*

*Jenni Huhtasalo, sairaanhoitaja (psykiatrinen hoitotyö), YTT, erikoistutkija, [jenni.huhtasalo@samk.fi](mailto:jenni.huhtasalo@samk.fi)*

*Sari Merilampi, dosentti, TkT, tutkijayliopettaja, johtava tutkija, [sari.merilampi@samk.fi](mailto:sari.merilampi@samk.fi)*

*Anu Holm, dosentti, sairaalafyysikko, johtava tutkija, [anu.holm@samk.fi](mailto:anu.holm@samk.fi)*

---

Tavoitteenamme tässä artikkelissa on kuvata virtuaalitekniologian ja eläinavusteisen hyvinvointia tukevan toiminnan yhdistämistä. Tutkimusten mukaan pelkkä eläimen läsnäolo voi saada aikaan ihmisessä rauhoittumista. Eläimen läsnäololla on positiivisia vaikutuksia ihmisten hyvinvointiin, sosiaaliseen vuorovaikutukseen, mielialaan ja oppimiseen [1]. Eläinavusteiseksi toiminnaksi mielletään useimmiten suoraan eläimen kanssa tapahtuva vuorovaikutus ja toiminta tai esimerkiksi eläimen luonnollisen toiminnan tarkastelu - joilla pyritään edistämään jonkin tietyn tavoitteen saavuttamista. On todettu [2], että jo pelkästään eläimen kuvan tai videon katsominen rentouttaa ja kohottaa mielialaa. Eläimen ei siis tarvitse välttämättä olla fyysisesti läsnä ja suorassa kontaktissa ihmiseen, jotta eläimen tuottamat hyvinvointivaikutukset realisoituisivat. Tämä onkin ollut meidän tausta-ajatuksenamme, kun olemme pohtineet, voisiko 360-kameran avulla tuottaa virtuaalilaseihin eläinavusteisen toiminnan mahdollistavaa sisältöä kuvaamalla oikeita eläimiä ja niiden toimintaa? Tällaisen kameratekniikan avulla on mahdollista kuvata samanaikaisesti ympäristön kaikkia suuntia ja VR-laseihin siirrettynä kuvaustekniikka mahdollistaa lasien käyttäjän pään kääntämisen mihin suuntaan ympäristössä tahansa. (Kuva 1). Tämän avulla näkökentän voi kohdistaa virtuaaliympäristössä kaikkiin suuntiin, aivan kuten oikeissakin tilanteissa. Kuvan lisäksi videointitilanteen äänet ovat kuultavissa.



*Kuva 1. Virtuaalilaseilla voi katsella eläimiä todentuntuisesti. Kuva: Marjaana Lindblom.*

Ammatillinen eläinavusteinen työskentely on aina suunniteltua, vaikuttavaa ja dokumentoitua. Tällainen menetelmä ja työskentelytapa soveltuu erityisesti henkilöille, joilla on positiivisia eläinkokemuksia tai kiinnostus ja halu tutustua eläimiin. Työskentely noudattelee kunkin alan toimintaa määrittelevää lainsäädäntöä, hyviä käytänteitä ja eettisiä periaatteita. Eläimen osallistuessa esimerkiksi sosiaali- ja terveysalan palveluihin, myös eläimen osalta eettisyys, hyvät käytänteet ja hyvinvointi kuuluvat ammattilaisen vastuulle. [3]. Hyödyntämällä VR-laseihin kuvattua eläinavusteisen työskentelyn mahdollistavaa materiaalia varmistamme eläimen hyvinvoinnin riippumatta ympäristöstä tai ihmisistä. Materiaalin voi ottaa käyttöön myös silloin, kun ei voida ennalta tietää miten henkilö käyttäytyy tai toimii eläimen kohdatessaan.

Olemme pohtineet voisiko virtuaalimaailma mahdollistaa niillekin henkilöille eläimen läsnäolon terapeuttisen vaikutuksen, jotka eivät fyysisen toimintakyvyn rajoitteen, allergian tai muun syyn vuoksi voi olla suorassa kontaktissa eläimeen. Virtuaalilaseissa oleva materiaali on mahdollista kuljettaa erilaisiin ympäristöihin, jolloin eläinavusteista toimintaa voitaisiin toteuttaaakin ympäristöissä, joissa normaalisti eläimet eivät liiku. Esimerkiksi kotipalveluissa, koulussa, sairaalan osastoilla tai hoito- tai terapiavastaanotoilla.



*Kuva 2. Hevoset ovat suosittu aihe videomateriaaleissa. Kuva: Henriika Maikku.*

## **Eläinavusteisen virtuaalimateriaalin elämyksellisyys**

Olemme yhteistyössä eri-ikäisten ja eri taustaisten ihmisten kanssa tuottaneet 360-kameratekniikalla kuvatuista edellä kuvattuun tarkoitukseen suunnitelluista eläintilanteista testimateriaalia VR-laseihin (kuvat 2 ja 3). Tätä materiaalia VR-laseilla katsoneet henkilöt ovat kokeneet tilanteet hyvin todellisena, immerssiivisenä kokemuksena. Eläimet ja kuvatut ympäristöt tuntuivat heistä aidoilta ja henkilöt tunsivat melkein olevansa oikeasti vuorovaikutuksessa tilassa näkyvien eläinten kanssa. Osa materiaaliin tutustuneista henkilöistä olisi halunnut koskettaa VR-laseilla katsottua eläintä ja pystyi kuvittelemaan jopa tuulen vireen tunteen kasvoilla ja haistamaan niityn tuoksun. Tuottamamme materiaali tuntui motivoivalta ja se herätti ihmisissä muistoja, aktivoi muistoista kertomista sekä positiivisia tunnekokemuksia. Kenelläkään ei ilmennyt VR-lasien käyttöön mahdollisesti liittyvää pahoinvointia tai negatiivisia tuntemuksia lyhytkestoisessa kokeilussa ja kaikki kokivat tilanteen turvalliseksi.





*Kuva 3. VR-materiaalin katselu on mahdollista esimerkiksi terapeutin rauhallisessa odotustilassa.*

### **Missä eläinavusteista virtuaalisältöä voisi hyödyntää?**

Olemme pohtineet monialaisessa työryhmässä eläinavusteisen virtuaalimateriaalin erilaisia käyttökohteita ja -ympäristöjä. Nykyisellään asiakkaiden hoidossa ja kuntoutuksessa hyödynnetään olemassa olevia virtuaalipelejä, ohjelmistoja ja applikaatioita, joissa voidaan harjoitella erilaisia taitoja ja toteuttaa tehtäviä [4]. Applikaation kautta on mahdollista toteuttaa muun muassa itsehoito-ohjelmat, jotka sisältävät esimerkiksi. käyttäytymisen aktivaatiota, unihygienian kehittämistä, mindfulnessiin perustuvaa meditaatiota, fyysistä aktivointia sekä ravitsemustietoa [5]. Eläinavusteista elämyksellistä VR-materiaalia voitaisiin hyödyntää esimerkiksi rentoutumisen tukena, jännityksen vähentämisessä, hoitomotivaation vahvistamisessa sekä laajemmin mielen hyvinvoinnin tukemisessa ja ylläpitämisessä (Kuva 3). Materiaalia voitaisiin näin käyttää ammattilaisen kanssa suunniteltujen tavoitteiden mukaisesti ennalta suunnitellulla tavalla erilaisissa koulu-, sairaala-,

vastaanotto- ja kotiympäristöissä. Myös erilaisissa etänä toteutetuista palveluissa tämän tyyppinen elämyksellinen materiaali voisi toimia hyvänä lisänä.

Keskustelimme työryhmässämme VR-laseissa olevan eläinavusteisen virtuaalimateriaalin käytön kokeilusta psykiatrisia palveluita tarjoavalla klinikalla, jossa hoidetaan mm. masennusta ja kipua erilaisin menetelmin. Neuromodulaatiohoito on yksi klinikan tarjoamista hoitomuodoista, jonka yhteyteen tuottamamme virtuaalimateriaalin käyttäminen voisi sopia. Klinikalla annettava neuromodulaatiohoito on turvallinen hoitomuoto, jota hyödynnetään erityisesti keskivaikean ja vaikean masennuksen sekä kroonisen kivun hoidossa. Neuromodulaatiohoito hyödyntää magneettistimulaatio- ja tasavirtastimulaatiota, eikä se näin ollen vaadi asiakkaan nukuttamista ja on helppo toteuttaa terapiahoitojen yhteydessä. Hoitoihin osallistuminen saattaa kuitenkin jännittää asiakasta ja rentoutumista ennen ja jälkeen hoidon voisi tukea eläinavusteisen virtuaalimateriaalin avulla.

**Virtuaaliympäristön käyttö lisää saavutettavuutta ja tasa-arvoa.** VR-materiaali mahdollistaa aidon kaltaisen kokemuksen siinäkin tapauksessa, että esimerkiksi allergian, tilanteen vaarallisuuden, tartuntataudin tai liikkumisrajoitteiden vuoksi aidossa ympäristössä ei voida toimia. VR-ympäristössä samaa tilannetta voidaan myös toistaa useamman kerran eli samaan kokemukseen ja elämykseen voidaan palata yhä uudelleen. Eläinavusteisen materiaalin tuottaminen ja hyödyntäminen virtuaalisena on vielä uutta ja edellyttää yhteiskehittämistä käyttäjäryhmien kanssa. Lisäksi tutkimustietoa tarvitaan sen tuomasta vaikuttavuuslisästä, mikäli sillä tavoitellaan ennalta ammattilaisen kanssa suunniteltua vaikutusta.

Sosiaali- ja terveysalalla haasteen tuovat jatkuvasti kasvavat asiakasmäärät ja niukat ammattilaisresurssit, mikä osaltaan pakottaa palvelun sisältöä keskittymään välttämättömiin hoidollisiin toimiin sekä ohjaa erilaisten tukipalveluiden käyttöön sekä palvelun ja tuen tarjoamista asiakkaan kotiin. Esimerkiksi psykiatrisen hoidon ja avun piiriin pääseminen voi tänä päivänä kestää useita kuukausia, pahimmassa tapauksessa vuosia, jolloin on äärimmäisen tärkeää löytää keinoja auttaa ihmisiä ennen hoitoon pääsyä. Nykyisellään ihmiset jäävät odottamaan jonoihin ilman mitään apua ja tukea, joka on kestämaton tilanne. Jotkut voisivat odottaessaan hyötyä systemaattisesti suunnitellun ja yksilöllisiin tavoitteisiin sidotun eläinsisällöisen VR-materiaalin käytöstä.

## Lopuksi

Ihmisiä parhaiten palvelevien VR-materiaalien sisältöjen tuottamisessa tarvitaan kohderyhmiltä ja eri alojen asiantuntijoilta saatavaa osaamista. Yhteiskehittämisen avulla saimme arvokasta tietoa siitä, miten paljon eläinmateriaali toi esiin ihmisille erilaisia tunteita, muistoja ja kokemuksia. Tulevaisuudessa haluamme edelleen kehittää virtuaalista eläinmateriaalia ja tutkia sen hyvinvointivaikutuksia.

## Lähteet

- [1] Shen, R., Xiong, P., Chou, U. & Hall, B. (2018) We need them as much as they need us: A systematic review of the qualitative evidence for possible mechanisms of effectiveness of animal-assisted intervention (AAI). *Complementary Therapies in Medicine*, 41, 203-307.
- [2] Myrick, J. (2015) Emotion regulation, procrastination, and watching cat videos online: Who watches Internet cats, why, and to what effect? *Computers in Human Behavior*, 52, 168-176.
- [3] Kuva Suomen Eduskunnan eläinavusteisen työryhmän laatimasta luokittelusta Suomessa, <https://blogit.utu.fi/soteakatemia/tassut-ja-kaviot-vaikuttavat-hyvinvointiin-yhteiskunnassamme/>.
- [4] Eccleston, C., Fisher, E., Liikkanen, S., Sarapohja, T., Stenfors, C., Jääskeläinen, S. K., Rice, A S.C., Mattila, L., Blom, T., Bratty, J. R. A prospective, double-blind, pilot, randomized, controlled trial of an “embodied” virtual reality intervention for adults with low back pain. *PAIN* 163(9):p 1700-1715.
- [5] Sobral M, Guiomar R, Martins V, Ganho-Ávila A. Home-based transcranial direct current stimulation in dual active treatments for symptoms of depression and anxiety: A case series. *Front Psychiatry*. 2022 13: 947435.

---

# Addressing challenges in hybrid services for illiterate adult immigrants – Unique Needs and Barriers

*Ali Tavakoli, M.Sc., researcher, [ali.2.tavakoli@samk.fi](mailto:ali.2.tavakoli@samk.fi)*

*Ryann Deloso, M.Sc., researcher, [ryann.a.deloso@samk.fi](mailto:ryann.a.deloso@samk.fi)*

*Nasibeh Hedayati, Ph.D., researcher, Sininauhasäätiö, [nasibeh.hedayati@sininauhasaatio.fi](mailto:nasibeh.hedayati@sininauhasaatio.fi)*

*Tiina Mäkitalo, M.Sc., head of research, [tiina.makitalo@samk.fi](mailto:tiina.makitalo@samk.fi)*

*Minna Kangasniemi, B.Sc., researcher, [minna.kangasniemi@samk.fi](mailto:minna.kangasniemi@samk.fi)*

*Milka Saari, M.Sc., researcher, DIAK, [milka.saari@diak.fi](mailto:milka.saari@diak.fi)*

---

Inclusivity and accessibility are among the main factors that promotes equality in using hybrid services for diverse members of the society including immigrants and refugees. However, for illiterate individuals who also face digital challenges, these services can present new challenges, making their integration into society more complicated. To get over such barrier, suitable support and education is needed to bring equality and fair access to those services.

This paper explores the challenges illiterate immigrants and refugees face when using hybrid services, proposes possible solutions to bridge the gap and reports the efficiency of such interventions. These challenges include difficulties with language, lack of digital skills, and unfamiliarity with technology. As an intervention, digital literacy workshops were organized in multiple language. The outcomes emphasized on the importance of personal assistance and basic digital trainings as a sustainable solution to empower illiterate individuals. The findings of the current paper show new measures are needed to make these services more empathic and accessible for the illiterate and less educated immigrants as a marginalized group of the society.

## Introduction: digital literacy and digital inclusion

According to Paul Gilster [1], digital literacy refers to being able to comprehend and use information presented in multiple formats from a variety of sources when it is presented through computers and, in particular, through the internet. Later, Ng [2] in

2012 noted that digital literacy contains three dimensions of technical, cognitive, and social-emotional. In this case, having the technical know-how and operational skills to use ICT proficiently is the technical dimension of being digitally literate. Cognitive literacy involves searching, evaluating, and synthesising digital information critically as well as knowing the ethics, morals, and laws that govern online activities. Lastly, the social-emotional dimension relates to a person's ability to appropriately engage in online social interactions, such as being mindful of online behaviour norms and personal privacy.

Additionally, Smith 2022 [3], considers digital literacy as one of the main components of digital inclusion to ensure equitable access to Information and Communication Technologies (ICTs) for all, especially marginalized groups. Five main factors for digital inclusion include affordable broadband, suitable devices, digital literacy training, quality support, and empowering online content.

A study by Ussher 2020 [4], shows a link between having lower general literacy and the level of limitedness of digital skills among Ghanaian women. This study also mentioned illiteracy did not stop people to use their mobile phones, and because of the environment and peer support (family and friends) even illiterate people can learn to benefit from basic mobile phone advancements.

Illiteracy and limited education have long been recognized as substantial barriers hindering individuals from effectively utilizing digital services [5] [6]. These challenges can lead to a state of digital exclusion, where certain populations, particularly immigrants in welfare services, are unable to fully access and benefit from the digital resources available. In-depth analysis has shed light on the multifaceted nature of the causes contributing to this digital exclusion among immigrants. These causes are rooted in skills and knowledge, individual characteristics, motivation and attitudes, as well as access to essential information and communication technology (ICT).

There are adult immigrants coming to Finland who have low literacy skills. This could mean that they could not read and write even in their own mother tongue. Many of them also suffer from learning disabilities. These circumstances hinder their successful integration within the community [7]. This issue could appear in a highly literate country such as Finland [8].

## **Methods**

This study was conducted within the framework of the Hyvinvointia hybridisti (ESR) project, with a focal emphasis on three fundamental stages: Mapping the Issues, Promoting Solutions and Interventions, and Discussing the Outcome. These stages were carefully approached from the perspective of specialists dedicated to assisting immigrants and considering the unique needs of their clients.

### **Stage 1: Mapping the Issues**

In the initial stage, the study sought to map the challenges faced by individuals with immigrant backgrounds in utilizing digital services. The research period spanned from June 2022 to April 2023. Semi-structured interviews were employed as the primary data collection method. A total of thirteen specialists were interviewed, comprising six individuals from the capital area of Finland and seven individuals from the Satakunta region. The objective was to investigate the impact of digital services on clients with limited educational backgrounds and varying levels of literacy, with a focus on identifying accessibility issues as primary challenges.

### **Stage 2: Promoting Solutions and Interventions**

Subsequently, the study advanced to the second stage, which centered on promoting targeted solutions and interventions to address the identified challenges. Based on the insights gained from the interviews, tailored materials and workshops were thoroughly developed to meet the specific needs of clients with lower literacy levels. These workshops were conducted in multiple languages, including English, Farsi, Dari, Kurdi, and simplified Finnish, aiming to enhance digital literacy. Key areas of focus encompassed data and cyber security practices, proficiency in using email, internet searches facilitated through visual and voice commands, and the effective utilization of translation applications. Participation in the workshops was organized through six distinct organizations, with varying numbers of participants engaging in the interventions.

### **Stage 3: Discussing the Outcome**

Finally, in the last stage, an evaluation of the outcomes was conducted. Service providers were actively engaged to provide feedback and insights on how the developed materials and workshops contributed to resolving issues encountered

by the target group. The findings were summarized into three primary themes: issues, solutions, and interventions. This comprehensive analysis encapsulates the challenges faced by immigrants, the tailored solutions provided, and the efficacy of the interventions in addressing the identified issues. This study was carried out in the Hyvinvointia hybridisti (ESR) project, focusing on three key stages: Mapping the Issues, Promoting Solutions and Interventions, and Discussing the Outcome. These stages were approached from the perspective of specialists dedicated to assisting immigrants and considering the unique needs of their clients.

## **Findings**

This section summarizes insights from experts and workshop discussions, providing an overview of challenges and effective strategies to enhance digital accessibility for illiterate individuals.

## **Challenges**

During the Mapping the Issues stage, it was noticed that illiterate individuals face a multitude of challenges, with language barriers being a primary concern. This obstacle is exacerbated by hybrid services' reliance on digital interfaces. In-depth interviews with service providers highlighted the frustration illiterate individuals express when faced with online forms, content-rich resources, and language-specific interfaces, which can be overwhelming for those lacking literacy in the host country's language.

Furthermore, a lack of familiarity with technology combined with the other difficulties for illiterate immigrants and refugees, hinder their engagement with hybrid service platforms. The lack of basic digital literacy skills, including operating computers or smartphones, pose significant barriers to accessing vital online information and services. We observed during our workshops that illiterate individuals often struggle with basic tasks like operating a computer or navigating a smartphone.

The increasing migration of essential services, resources, and government programs to online platforms further aggravates the situation. Illiterate individuals experience difficulties when trying to access crucial information related to support, job prospects, education, and healthcare. This extends their isolation from the very resources designed to facilitate their integration. Our discussions and observations showed that many illiterate immigrants felt left out as government resources and services moved online, making important information harder for them to access.

In an increasingly interconnected global landscape, digital exclusion affects illiterate immigrants and refugees, contributing to their social isolation and limiting their access to opportunities that are dependent on technology. We found that illiterate individuals face not only social isolation but also economic disadvantages, as they are unable to access online job opportunities and educational resources. Considering their lack of access to information and the job market, experts warned that this may have long-term consequences for these individuals, putting them at increased risk of poverty in the long run.

The swift pace of technological advancements further exacerbates inequality in digital services access. As technology evolves rapidly, illiterate individuals risk falling further behind, compounding access challenges.

## **Promoting Solutions and Interventions**

In response to the challenges identified, the study progressed to promote solutions and interventions. A crucial aspect of easing the marginalization of illiterate adult immigrants involves ensuring equitable access to technology, considering the foundational role of technology in hybrid services. Our findings strongly advocate for the provision of affordable and accessible digital devices and internet connectivity to bridge the digital divide for illiterate individuals.

A comprehensive approach included training for service providers, educators, and volunteers, enhancing their understanding of the unique needs and challenges faced by illiterate individuals. Effective and empathetic delivery of hybrid services necessitates cultural sensitivity and client guidance. Training programs that focus on building empathy and cultural awareness among service providers and educators, allow them to provide more effective support to illiterate individuals.

Collaborating between government, nongovernmental organizations (NGOs), and community groups is crucial for effective outcomes. Additionally, adequate resources should be allocated to establish and sustain training programs for illiterate adult immigrants and refugees. Our research underscores the importance of inter-sectoral collaboration, developing and maintaining programs and workshops tailored specifically for illiterate individuals.

Various organizations discussed the need for raising awareness of the challenges faced by this group, providing digital literacy training, and ensuring accessible technology in



training programs. Our findings align with organizations' consensus, urging awareness campaigns, digital literacy programs, and access to user-friendly technology in dedicated training programs. Multilingual assistance, training materials, and translation services offered in these programs and workshops were helpful to overcome language barriers, ensuring that illiterate adult immigrants receive comprehensive support through a holistic and collaborative approach. We found that the incorporation of multilingual support and translation services significantly improved the effectiveness of training programs and workshops, particularly in breaking down language barriers for illiterate individuals.

## **Outcomes of the workshops**

The workshops emphasized multimodal communication within hybrid services, integrating visual, auditory, and interactive elements. Participants in our workshops responded positively to multimodal communication methods, expressing that videos, images, and voice instructions greatly improved their comprehension and interaction with hybrid services.

User-friendly interfaces with intuitive icons and straightforward navigation were emphasized. Workshop attendees consistently mentioned the importance of intuitive and user-friendly interfaces, emphasizing that these improvements enhanced their overall experience with hybrid services.

By making hybrid services more accessible and user-friendly, illiterate immigrants and refugees experienced enhanced overall accessibility. The user-centric design changes discussed during our workshops led to tangible improvements in hybrid services accessibility and usability for illiterate individuals.

In addition, the workshops underscored the importance of having local community members, volunteers, and interpreters who understand the language and culture of illiterate immigrants and refugees. Local community involvement emerged as a key factor in improving communication and service delivery, ensuring tailored assistance and a more meaningful service experience for illiterate individuals.

Integrating basic digital literacy training into hybrid service strategies empowered illiterate individuals with the skills to interact with technology and access digital resources independently. Our workshop results showed that integrating basic digital literacy training was a breakthrough, empowering illiterate individuals to navigate technology and access online resources with confidence.

The workshops also confirmed the value of in-person assistance and stressed the importance of collaboration with non-governmental organizations (NGOs) and community-based groups, amplifying the effectiveness of addressing the unique needs of illiterate individuals. The incorporation of in-person assistance and collaborative efforts with NGOs and community groups emerged as powerful tools in effectively addressing the specific needs of illiterate individuals, resulting in tangible outcomes during the workshops.

## **Conclusion**

Addressing the challenges faced by illiterate adult immigrants through hybrid services is a pivotal step in our ongoing efforts to foster a more inclusive and supportive society. While the potential of hybrid services to aid immigrants and refugees in their integration process is undeniable, illiterate individuals grappling with digital obstacles may not be able to reap the full benefits of these services.

To make hybrid services genuinely inclusive for illiterate adults, it is imperative to take concrete steps. First and foremost, simplifying the user interface is essential to ensure accessibility for all. Secondly, providing dedicated support and educational programs can empower these individuals to navigate and harness the potential of hybrid services effectively. By implementing these tangible recommendations, we can pave the way for illiterate adults to access essential services and develop the necessary skills to become active participants in our society.

It is a collective responsibility that lies on the shoulders of policymakers, service providers, and communities alike. Only through their combined efforts can we create an environment where everyone, regardless of literacy or digital proficiency, can fully participate and flourish in our diverse and dynamic society.

## **Acknowledgments**

A collaborative effort between organizations and projects made this work possible. A special thanks to the 'Active Employment of Asylum Seekers into the Satakunta Region ESR-project' from DIAK, Pori, the 'KOTA activity' from Sininauhasäätiö, Helsinki, and the 'TEKOS project team' from SAMK, Pori, for their active involvement in organizing workshops and valuable contributions to this work.

## References

- [1] Gilster, P. (1997). *Digital literacy* (p. 1). New York: Wiley Computer Pub.
- [2] Ng, W. (2012). Can we teach digital natives digital literacy?. *Computers & education*, 59(3), 1065-1078.
- [3] Smith, L. (2022, August 29). Definitions - National Digital Inclusion Alliance. National Digital Inclusion Alliance. <https://www.digitalinclusion.org/definitions/>
- [4] Ussher, Y. A. A. (2020). Included but Excluded: The Use of Mobile Phones among Digital Immigrants. Commission for International Adult Education.
- [5] Perrenoud, P., Chautems, C., & Kaech, C. (2022). "Whatsapping" the continuity of postpartum care in Switzerland: A socio-anthropological study. *Women and birth*, 35(3), e263-e274.
- [6] Anttila, J., & Hämäläinen, M. (2021). Accessibility, inclusion and participation – Digital inclusion and non-discrimination as the goals of the Culture and Leisure Division of the City of Helsinki. Demos Helsinki.
- [7] Riipinen, K. (2023, August 14). Immigrants learn to read at adult education centre. Helsinki City. <https://www.hel.fi/en/news/immigrants-learn-to-read-at-adult-education-centre>.
- [8] Tilastokeskus (2018, December 5). Suomi maailman kärjessä. Retrieved: 2.9.2023, from <https://www.stat.fi/tup/satavuotias-suomi/suomi-maailman-karjessa.html>.

---

# Satakunta Testbed – teknologiaa testaamalla parempia sote-palveluita

Mervi Vähätalo, sh, TtM, FT, lehtori, [mervi.vahatalo@samk.fi](mailto:mervi.vahatalo@samk.fi)

Niina Holappa, restonomi (yamk, hyvinvointiteknologia), projektipäällikkö, Prizztech Oy, [niina.holappa@prizz.fi](mailto:niina.holappa@prizz.fi)

Tuula Raukola, MA, kehittämisasiantuntija, Länsirannikon Koulutus Oy WinNova, [tuula.raukola@winnova.fi](mailto:tuula.raukola@winnova.fi)

---

Hyvinvointi- ja terveysteknologiayritykset tarvitsevat tukevat tuotekehitysprosessin eri vaiheissa, jotta tuotteista saadaan helposti käytettäviä ja käyttäjälähtöisiä. Tähän tarpeeseen voidaan vastata testbed-toiminnalla, jolla tarkoitetaan tyypillisesti alustoja, jotka tarjoavat yrityksille puitteet tuotteiden, järjestelmien ja palveluiden testaamiseen kliinisessä tai kliinisen kaltaisessa ympäristössä. Testbed-toimintaa on ollut Satakunnan alueella jo vuodesta 2009. Viimeisen kahden vuoden aikana toimintaa on kehitetty ja systematisoitu Satakunta Testbed -hankkeessa. Alueelle on luotu Satakunta Testbed -konsortio ja toimintamalli yritysten ja sote-yksiköiden tukemiseen hyvinvointi- ja terveysteknologian testauksessa ja kokeiluissa.

Satakunta Testbed toimii Satakunnan alueella tavoitteenaan edistää hyvinvointi- ja terveysteknologian kehitystä, tunnettuutta ja käyttöönottoa. Yhtäältä Satakunta Testbed tarjoaa yrityksille mahdollisuuden testata tuotteitaan ja saada palautetta niiden kehittämiseksi. Toisaalta se mahdollistaa sosiaali- ja terveysalan palvelutuottajille ja järjestöille mahdollisuuden testata teknologiaa, jonka avulla palveluita ja prosesseja voidaan kehittää.

## Toiminnan organisoituminen

Testbed-alustoilla on merkittävä rooli teknologisten innovaatioiden kehittämisessä [1]. Koska testbedien tavoitteena on edistää sidosryhmien yhteistyötä yhteiskunnallisten ongelmien ratkaisemiseksi [2], on myös Satakunnan testbed-konsortiossa nähty tärkeänä organisaatorajat ylittävä yhteistyö. **Testbed-palveluiden tuottamiseen ja kehittämiseen Satakunnan alueella ovat sitoutuneet useat keskeiset toimijat:** Satakunnan hyvinvointialue, korkeakoulut SAMK, DIAK ja Tampereen yliopisto, toisen asteen oppilaitokset WinNova ja Sataedu sekä alueen elinkeinoyhtiö Prizztech Oy.

Nämä toimijat muodostavat Satakunta Testbed -konsortion. Monipuolinen osallistujajoukko mahdollistaa laajojen alueellisten ja kansallisten verkostojen hyödyntämisen testbed-toiminnassa. Toisaalta kattava edustus maakunnan keskeisiä toimijoita edistää hyvinvointi- ja terveysteknologian tunnettuuden lisääntymistä ja käyttöönottoa sote-ammattilaisten keskuudessa.

Satakunnan ammattikorkeakoulu koordinoi Satakunnan alueen testbed-toimintaa. Koordinointiin kuuluu mm. yritysyhteydenottojen vastaanottaminen, tarkentaminen ja valmistelu sekä esittely koordinaatioryhmän kokouksissa. Lisäksi koordinointiin kuuluu toiminnasta kertyvien palautteiden koonti, analysointi ja esittely sekä vuosittaisen toimintakertomuksen koostaminen.

Alueen korkeakouluista Satakunnan ammattikorkeakoulu on vakiinnuttanut testbed-toiminnan osaksi opetusta ja TKI-toimintaa. Monipuoliset testausympäristöt ja laaja hyvinvointi- ja terveysteknologian opetus mahdollistavat testbed-palvelujen tarjoamisen yrityksille ja sote-yksiköille kustannustehokkaasti. Alueella toimivat Diakonia-ammattikorkeakoulu ja Tampereen yliopiston yhteiskuntatieteiden yksikkö ovat liittyneet Satakunta Testbed -konsortioon vuonna 2023 ja aloittaneet oman sisäisen testbed-toiminnan organisointinsa.

Ammatilliset oppilaitokset WinNova ja Sataedu toteuttavat testbed-toimintaa sekä hankeperusteisesti että integroituna opetukseen. Opiskelijoiden osallistaminen ja heidän osaamisensa kehittäminen on yksi toisen asteen oppilaitosten keskeisistä tavoitteista. Uusien valmistuvien tai täydennyskoulutettujen lähihoitajien mukana hyvinvointiteknologiaosaaminen leviää tehokkaasti käytäntöön. Toisaalta osallistamalla opiskelijoita edistetään tietoisuutta testbed-toiminnasta ja kehitetään systemaattisen testaamisen ja palautteen antamisen osaamista.

Alueellinen elinkeino- ja kehitysyhtiö Prizztech Oy on tuottanut testbed-palveluita Satakunnassa jo vuodesta 2009 lähtien. Toiminnan pääpaino on ollut yritysten liiketoiminnan ja tuotekehityksen tukemisessa sekä alueen sote-palveluiden tuottajien (julkinen, yksityinen ja 3. sektori) toiminnan kehittämisessä teknologialla ja digitaalisilla palveluilla. Lisäksi toiminnassa on keskitytty hyvinvointi- ja terveysteknologi tiedon ja -osaamisen vahvistamiseen erityisesti alan tapahtumia tuottamalla ja aktiivisella viestinnällä.

Satakunnan hyvinvointialue muodostaa Satakunnan alueen suurimman yksittäisen testausympäristön ja toisaalta myös laajimmin teknologiaa käyttävän ammattilaisten

joukon. Satakunnan hyvinvointialueen testbed-toiminta on organisatorisesti sijoitettu TKIO-palveluiden alle. Testbed-toiminta koetaan hyvinvointialueella erittäin merkittäväksi henkilökunnan näkökulmasta ja sen koetaan hyödyttävän myös potilaita. Hyvinvointialueella panostetaan sujuvan testausprosessin kehittämiseen sekä testausmyönteisen toimintakulttuurin vahvistamiseen.

Testauksiin liittyvästä toimijoiden keskinäisestä työnjaosta ja toiminnan kehittämisestä sovitaan kuukausittain järjestettävissä koordinaatioryhmän kokouksissa. Kokouksissa käsitellään kuukauden aikana tulleet yhteydenotot ja testauspyynnöt, ideoidaan pyyntöihin sopivia yhteistyökumppaneita ja testausprotokollia sekä keskustellaan toiminnan kehittämisen kannalta tarpeellisista asioista, kuten testausprosesseista ja luvituksista. Lisäksi koordinaatioryhmän kokouksissa käsitellään palautteita ja arvioidaan toiminnan onnistumista.

Kaikki toimijat ovat sitoutuneet resursoimaan testbed-koordinaatioryhmässä toimimiseen ja testbed-toiminnan kehittämiseen. Testauksiin organisaatiot osallistuvat osaamisalueensa ja resurssiansa puitteissa hanke- tai budjettirahoituksella. Koordinaatioryhmä ei ole suljettu, mikäli muita halukkaita aktiivisia toimijoita löytyy, he ovat tervetulleita osallistumaan koordinaatioryhmän toimintaan maakunnallisen testbed-toiminnan kehittämiseksi.

## Maakunnan yhteinen tahtotila

Maakunnan testbed-toimijat ovat yhdessä luoneet vision Satakunta Testbedille. Satakunta Testbedin visiona on olla tunnettu edelläkävijä terveys- ja hyvinvointiteknologian testausympäristönä, joka tukee innovaatioiden syntymistä ja mahdollistaa entistä parempien tuotteiden ja palveluiden kehittämisen. Lisäksi Satakunta Testbed haluaa olla innovatiivinen, älykäs ja asiantunteva testausalusta terveys- ja hyvinvointialan sovelluksille, teknologialle ja palveluille. **Vahvuutena ovat monipuoliset testausympäristöt sekä laajat käyttäjä- ja yhteistyöverkostot.** Tavoitteena on, että Satakunta Testbed voi auttaa mahdollisimman monia yhteyttä ottaneita yrityksiä ja sote-palvelun tuottajia. Erityisesti pienille ja mikroyrityksille pyritään järjestämään heidän tarvitsemansa testauspalvelut.

Yhteisen kansallisesti ja kansainvälisesti erottuvan brändin luomiseksi on luotu koko konsortion yhteinen satakuntatestbed.fi-sivusto, jonka sisältöä päivitetään testbed-toimijoiden yhteistyönä. Sivustolla paitsi kerrotaan toiminnasta ja viestitään aktiivisesti tapahtumista ja uutisista, myös julkaistaan testausten tuloksia.

Tavoitteena on, että sivuston avulla testausten tulokset hyödyttävät myös muita toimijoita.

## Kansallinen ja kansainvälinen yhteistyö

Suomessa hyvinvointi- ja terveysteknologian testbed-palveluita tarjoavat kaikki yliopistosairaalat ja useat ammattikorkeakoulut ja business-verkostot. Yleensä toiminta on organisoitu alueellisena yhteistyönä kuten Satakunnassakin. **Satakunnan erikoisuutena on vahva 2. asteen osallistuminen, 3. sektorin kanssa tehtävä yhteistyö sekä hyvinvointi- ja terveysdatan käsittelyosaaminen.**

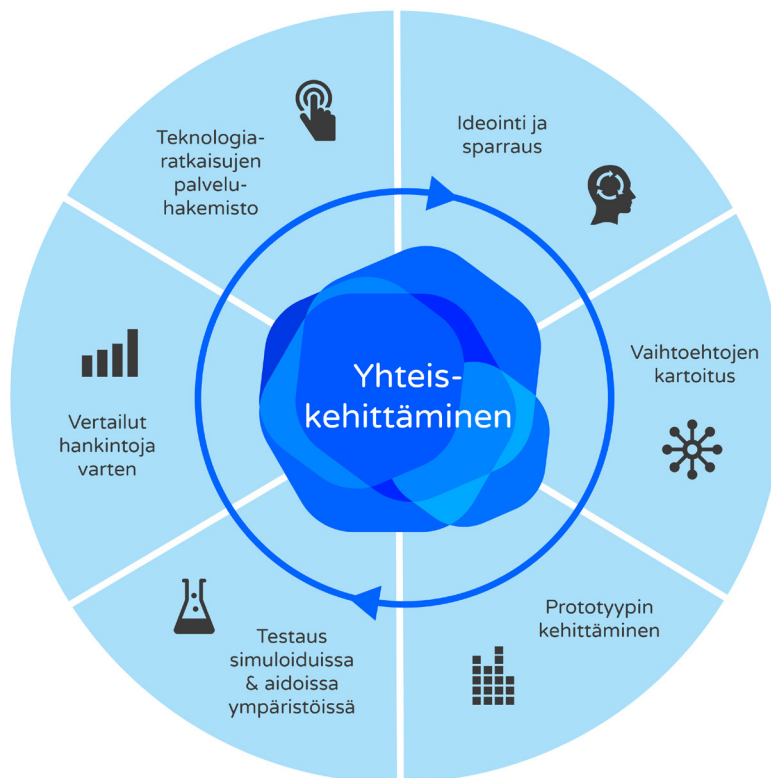
Kansalliset testbedit muodostavat aktiivisen verkoston, jossa toimintaa kehitetään ja yhtenäistetään valtakunnan tasolla. Business Finlandilla (BF) on ollut keskeinen rooli kansallisen testbed-toiminnan koordinoinnissa. BF on tuottanut kansallisen testbed-verkoston toimintaa kuvaavan englanninkielisen tarjoomaesitteen, jota BF:n omat toimijat sekä testbed-verkoston toimijat voivat käyttää testbed-toiminnan markkinoinnissa potentiaalisille ulkomaisille kumppaneille.

BF:n terveysohjelmat loppuivat vuoden 2022 lopussa ja RRF-rahoituksella järjestettävät toimenpiteet päättyvät vuoden 2023 lopussa. Terveysala jatkuu kuitenkin BF:n toimesta Terveysalan missiona (Mission Lead, Healthcare Reimagined 2035) ja terveysalan kansallinen edistäminen STM:n terveysalan digitaalisessa osaamisverkostossa, joka sisältää myös kansallisten terveysalan testbedien yhteistoimintaan liittyviä asioita.

Satakunta Testbed -hankkeen aikana on tehty testausyhteistyötä muutamien kansainvälisten yritysten kanssa. Myös oppilaitokset ovat lisänneet kansainvälistä yhteistyötään testbed-toiminnan myötä ja käynnistäneet teemaan liittyvien laajojen verkostohankkeiden valmistelua. Kansainvälinen yhteistyö mahdollistaa oppilaitosten välisen tiedon levittämisen ja toisilta oppimisen, monipuolistaa opetusta ja edistää hyvinvointialan opiskelijoiden toimimista monikulttuurisessa ympäristössä.

## Satakunta Testbedin palvelut

Satakunta Testbed tarjoaa palveluita yrityksille, yksityisille ja julkisille sote-palveluiden tuottajille ja järjestöille (Kuva 1). **Satakunta Testbedin palvelutarjooma on joustava ja palvelut räätälöidään jokaisen testaukseen yhdessä testausta toivovan tahon kanssa.** Kaikkien testaukseen osallistuvien hyötyminen yhteistyöstä on testauksen suunnittelun lähtökohta.



Kuva 1. Satakunta Testbed palvelutarjooma.

### ***Ideointi ja sparraus***

Yritysten tarpeista lähtevä ideointi ja sparraus kohdistuu usein tuotekehityksen alkuvaiheisiin. Yrityksellä voi olla tuote- tai liiketoimintaidea, johon se kaipaa ammattilaisia tai loppukäyttäjääsiakkaita arvioimaan idean mahdollisuuksia. Yritys voi esimerkiksi toivoa arvioita ideoimansa tuotteen tarpeellisuudesta ja hyödyllisyydestä, soveltuvuudesta osaksi olemassa olevia sosiaali- ja terveydenhuollon prosesseja, tai teknisestä yhteensopivuudesta muiden käytössä olevien teknologioiden kanssa. Näissä tapauksissa voidaan järjestää esim. sote- tai tekniikan ammattilaisista ja/ tai opiskelijoista koostuva paneeli, jolle tuoteideaa tai prototyyppiä esitellään. Vaihtoehtoisesti palautetta antava raati voi koostua loppukäyttäjien edustajista, kuten järjestöjen tai erilaisten potilasyhdistysten jäsenistä tai kokemusasiantuntijoista. Paneelin työskentelyssä voidaan hyödyntää suoran palautteen ja keskustelun lisäksi erilaisia palvelumuotoilun menetelmiä. Tuotoksena yritys saa kirjallisen palautteen paneelin huomioista.



### ***Vaihtoehtojen kartoitus***

Jos sote-yksiköllä on haaste, johon ei ole valmista ratkaisua markkinoilla tai markkinoilla olevilta tuotteilta puuttuu tarvittavia ominaisuuksia, voidaan testbed-toiminnan avulla etsiä potentiaalisia teknologiatuottajia ja fasilitoida innovointia ja testauksia. Jos teknologisia ratkaisuja löytyy, voidaan kartoittaa tietoa eri vaihtoehdoista ja testata niistä potentiaalisimpia. Olemassa oleviin teknologiaratkaisuihin tutustuminen voi olla tarpeellista myös, kun suunnitellaan hankintaa, mutta halutaan tutustua eri vaihtoehtojen tarjoamiin ominaisuuksiin ennen hankintaprosessin aloitusta.

### ***Prototyypin kehittäminen***

Prototyypointi-palvelussa suunnitellaan ja/tai valmistetaan asiakkaan innovaatiosta prototyyppi tai haetaan yhteistyötahoja tai alihankkijoita prototyypointiin. Prototyypin suunnittelun, valmistuksen ja testauksen sisältö tehdään aina tapauskohtaisesti ja siihen voi osallistua eri alojen opiskelijoita teknologia-asiantuntijoiden johdolla. Tarvittaessa voidaan etsiä yhteistyötahoja tai alihankkijoita kumppaneiksi prototyyppien valmistukseen. Prototyyppiä voidaan testata esim. käytettävyyden näkökulmasta. Testaajina voivat olla esim. ammattilaiset tai tuotteen potentiaaliset loppukäyttäjät. Prototyypin testaus toteutetaan ympäristöissä ja osallistujilla, jotka mahdollistavat kevyen ja nopean lupaprotokollan.

### ***Testaus simuloituissa ja aidoissa ympäristöissä***

Testaaminen aidoissa käyttöympäristöissä aidoilla käyttäjillä on yritysten eniten kysymä palvelu. Käyttäjälähtöisen ajattelun mukaan tuotetta tai palvelua tulisi testata useita kertoja tuotekehitysprosessin aikana mahdollisimman varhaisesta vaiheesta lähtien. Sosiaali- ja terveydenhuollon asiakkailta testaaminen edellyttää, että tuote on valmis tai lähes valmis. Jos tuote on lääkinällinen laite, sen testaaminen edellyttää useissa tapauksissa eettisen toimikunnan lausuntoa ja Fimean hyväksyntää. Hyvinvointiteknologiaa voidaan testata kevyemmällä lupaprosessilla erityisesti, jos loppukäyttäjät eivät ole terveydenhuollon asiakkaita. Jos tuote ei ole vielä vietävissä aitoon sosiaali- ja terveydenhuollon ympäristöön, sitä voidaan testata aidon kaltaisissa ns. simulaatioympäristöissä, joita Satakunta Testbedissä mukana olevilta organisaatioilta löytyy useita. Testaajina voi olla esimerkiksi eri alojen opiskelijat asiantuntijaopettajan johdolla tai asiantuntijat. Simulointi on ketterästi järjestettävissä, eikä erillisiä lupia tarvita toisin kuin oikeissa sote-ympäristöissä ja asiakkaiden parissa.

### *Vertailut hankintoja varten*

Julkiset hankinnat toteutetaan aina hankintalain mukaisesti, mutta testbed-toiminta voi tukea hankintaa useissa vaiheissa. Kun tarjouspyyntöä suunnitellaan, voidaan yhdessä kilpailuttavan yksikön kanssa pohtia, millaisilla kriteereillä ja menetelmillä tuotteita voidaan arvioida ja pisteyttää, jotta valituksi tulee tuote, joka parhaiten vastaa tarpeeseen. Toisaalta myös sopimuksen aikainen tai elinkaaren aikainen tuotteen tai palvelun vaikuttavuuden seuranta edellyttää systemaattista tiedonkeruuta suunnitelmaa. Myös tällaisen suunnitelman laadinnassa testbed-toiminta voi olla apuna.

### *Hyvinvointi- ja terveysteknologiahakemisto Wenla*

Hyödynnettävissä olevien sosiaali- ja terveysalaa koskettavien digitaalisten palveluiden määrä kasvaa jatkuvasti. Digitaalisten palveluiden avulla voidaan kehittää sote-palveluiden saavutettavuutta, laadukkuutta ja kustannustehokkuutta sekä palveluprosesseja. Niin sosiaali- ja terveyspalveluja tuottavien organisaatioiden kuin kuluttajienkin taholta merkittäväksi haasteeksi on koettu ajantasaisen teknologiatiedon ja palveluvalikoiman löytäminen [3]. Osana Satakunta Testbed -hanketta on toteutettu ensimmäinen versio verkossa toimivasta Hyvinvointi- ja terveysteknologiahakemisto Wenlasta (Kuva 2).



*Kuva 2. Hyvinvointi- ja terveysteknologiahakemisto Wenla edistää teknologiatiedon saavutettavuutta.*

Kansallinen, verkkopohjainen hakemisto esittelee niin kuluttajien kuin sosiaali- ja terveysalan ammattilaisten hyödynnettävissä olevia, markkinoilla olevia digi- ja teknologiapalveluja. **Wenlan tarkoituksena on edistää teknologiatiedon helppoa ja nopeaa löytämistä sekä tarjota ideoita sosiaali- ja terveyspalvelujen kehittämiseen.** Palvelun tavoitteena on nopeuttaa hankintaprosesseja ja teknologian hyödyntämistä, edistää kuluttajamarkkinan syntymistä ja kehittymistä, tukea asiakkaiden omaehtoista toimintakyvyn, terveyden ja hyvinvoinnin edistämistä sekä vahvistaa mm. omaisten roolia ikääntyneiden hoidossa.

Palvelun avulla halutaan lisätä sosiaali- ja terveysalan työntekijöiden, opettajien ja alan opiskelijoiden teknologiaosaamista sekä tukea teknologiaan liittyvän koulutuksen ja TKI-toiminnan kehittymistä. Palvelu edistää hyvinvointi- ja terveysteknologiayritysten tunnettua mm. opinnäytetöiden toimeksiantajina sekä harjoittelu- ja työllistymismahdollisuuksien tarjoajina.

Wenlan avulla mahdollistetaan myös teknologiatoimialan kehittymistä, alan yritysten kasvua sekä uusien tuoteideoiden jakamista ja kehittämistä. Erityisesti uusille yrityksille ja start-upeille Wenla mahdollistaa vaivattoman tavan saada teknologiapalvelut laajan yleisön tietoisuuteen.

Palvelu on julkaistu elokuussa 2023 ja löytyy osoitteesta wenla.fi. Hakemiston sisältöjä ja toimintoja kehitetään jatkossakin. Hakemiston hallinnoinnista vastaa elinkeino- ja kehitysyritys Prizztech Oy.

## **Testaustoiminnan hyödyt ja kehittämiskohteet**

Teknologian testaaminen toistuvasti tuotekehitysprosessin aikana on keskeinen ja välttämätön osa käyttäjälähtöistä palvelu- ja tuotesuunnittelua. Monet teknologiayritykset kokevat sosiaali- ja terveydenhuollon toimintaympäristön haasteellisena tuotekehityskumppanina. Oikeiden ihmisten löytäminen testauksen organisointiin on työlästä ja luvituskysymykset voivat olla monimutkaisia [4]. Testbed-toiminnan yhtenäiset prosessit ja standardoitu dokumentointi tuovat helpotusta yrityksille.

Samalla kun yritykset saavat sote-yksiköiltä tuotekehitystukea, nykyisten ja valmistuvien sote-ammattilaisten ymmärrys markkinoilla olevasta teknologiasta lisääntyy. Testaamalla tuotteita ja palveluita sote-ammattilaiset hahmottavat, millaiset ominaisuudet ovat hyödyllisiä juuri heille ja heidän asiakkailleen. Tätä tietoa

he voivat hyödyntää mm. tarjouspyyntöjen laadinnassa. Lisäksi ammattilaisten arviointiosaaminen kasvaa. Arvioinnin erilaiset viitekehykset ja työkalut tulevat tutuksi. Kun kokemusta karttuu, palaute ei ole enää "Ihan kiva", vaan ammattilaiset osaavat antaa jäsennellysti palautetta mm. tuotteen käytettävyydestä tai opittavuudesta ja muistettavuudesta.

Myös loppukäyttäjien, sosiaali- ja terveydenhuollon asiakkaiden, ja potilaiden tietoisuus markkinoilla olevasta teknologiasta paranee ja käyttöönottokynnys toivottavasti madaltuu. Kaikkiaan testbed-toiminnan tavoitteena on, että markkinoille tulevat tuotteet ovat entistä käyttäjälähtöisempiä.

Satakunta Testbed on panostanut testausprosessin helppouteen ja sujuvuuteen. Monet testauksista ovat olleet matalan kynnyksen käytettävyydestestauksia ja markkinoilla olevien tuotteiden soveltumisen arviointia uusille käyttäjärühmille. Jatkossa tavoitteena on kehittää ja lisätä vaikuttavuuden arviointiin liittyviä testauksia siten, että yritykset voivat hyödyntää testausten tuloksia aikaisempaa paremmin mm. FinCCHTA:n toteuttamissa Digi-HTA- ja muissa laadunarviointiprosesseissa.

Jatkossa Satakunta Testbed pyrkii myös laajentamaan kansainvälistä yhteistyötään ja siten edistämään sekä paikallisten yritysten toimimista kansainvälisellä kentällä että ulkomaisten yritysten mahdollisuutta testata ratkaisujaan Satakunta Testbed -verkostossa.

Sosiaali- ja terveysalan kustannus- ja resurssihaasteiden myötä teknologian rooli palvelutuotannossa tulee kasvamaan. Testbedeillä on tärkeä rooli uusien innovaatioiden käyttäjälähtöisyyden varmistamisessa. Satakunnassakin testbed-toiminnan kehittäminen jatkuu niin maakunnallisena kuin kansallisenakin yhteistyönä.

*Artikkeli on kirjoitettu osana Satakunta Testbed -hanketta, joka on rahoitettu Euroopan aluekehitysrahaston React-rahoituksella.*

## Lähteet

- [1] Schuurman, D., De Marez, L. & Ballon, P. (2016). The Impact of Living Lab Methodology on Open Innovation Contributions and Outcomes. *Technology Innovation Management Review*, 6, 7-16.
- [2] Archibald, M., Wiebe S., Rieger K., Linton, J. & Woodgate, R. (2021). Protocol for a systematic review of living labs in healthcare. *British Medical Journal Open*, 11(2).

- [3] Anttila, H. (toim.) (2023). Ikätekniologian kansallinen koordinaatio: kohti jatkuvuutta ja yhteistyötä Ehdotus ikätekniologian kansalliseksi koordinaatiomalliksi ja toimenpiteiksi vuosille 2023–2027, Terveiden ja hyvinvoinninlaitos, Työpaperi 7/2023 <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-408-039-2>.
- [4] Ray, L. (2021). Health and welfare technology companies' needs and wishes related to living lab/testbed services. [Master's Thesis, Satakunta university of applied sciences]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202205077820>.

---

## Eturintamassa kansallisen Ikäohjelman käytäntöön viemisessä - hyvinvointia teknologian avulla

Mervi Vähätalo, sh, TtM, FT, lehtori, [mervi.vahatalo@samk.fi](mailto:mervi.vahatalo@samk.fi)

Krista Toivonen, ft, tt, kuntoutuksen ohjaaja (yamk), projektitukija, [krista.toivonen@samk.fi](mailto:krista.toivonen@samk.fi)

Taina Jyräkoski, fysioterapeutti (yamk), projektitutkija, [taina.jyrakoski@samk.fi](mailto:taina.jyrakoski@samk.fi)

Jonna-Carita Kanninen, proviisori, väitöskirjatutkija, tutkija, [jonna-carita.kanninen@samk.fi](mailto:jonna-carita.kanninen@samk.fi)

Anu Holm, dosentti, sairaalafyysikko, johtava tutkija, [anu.holm@samk.fi](mailto:anu.holm@samk.fi)

---

Valtioneuvoston julkaiseman kansallisen Ikäohjelman yhtenä tavoitteena on lisätä hyvinvointia teknologian avulla. Osatavoitteina tähän liittyen on esitetty, että teknologian tulisi olla luontevana osana hyvinvointia ja ammattilaishoitoa, ikääntyvillä tulisi olla riittävät teknologiataidot ja yhdenvertaiset mahdollisuudet teknologian hyödyntämisessä. Osatavoitteena ovat myös henkilöstön työhyvinvoinnin lisääntyminen, myönteiset asenteet ja osallistuminen sekä kustannusvaikuttavuuden, laadun ja läpinäkyvyyden lisääminen analytiikan ja eettisen tekoälyn avulla. Lisäksi osatavoitteena on tehdä Suomesta ikäteknologian mallimaa ja edistää hyvinvointia viennin avulla. [1].

Osatavoitteiden toteutumiseksi Ikäohjelmassa on määritelty tehtävät ja tavoitteet ikäteknologian koordinaatiolle. Jotta Ikäohjelmassa asetettuihin tavoitteisiin voidaan päästä, Terveiden ja hyvinvoinnin laitos (THL) on yhdessä sidosryhmien kanssa työstänyt yhteisen suunnitelman ikäteknologian kansalliseksi koordinaatiomalliksi ja esittänyt siihen liittyviä toimenpiteitä vuosille 2023–2027 [2].

Ehdotuksessa THL koordinoisi ikäteknologian hyödyntämistä kansallisesti ja alan toimijat, kuten oppilaitokset, järjestöt ja yritykset, edistäisivät ikäteknologian hyödyntämistä omilla toimenpiteillään. SAMK ja muuallakin Satakunnan sote-kentällä toimivat organisaatiot ovat osaltaan pyrkineet edistämään Ikäohjelman tavoitteita omissa hankkeissaan. Samoin alueella on oltu aktiivisia ikäteknologian kansallisen koordinaatiomallin valmistelussa ja ehdotettujen yhdeksän toimenpide-ehdotuksen

toteutumisen edistämisessä. Koordinaatiomallissa toimenpiteitä on ehdotettu vuosille 2023-2027, mutta jo nyt monet teemat ovat olleet esillä Satakunnan ja SAMKin ikäteknologiaan liittyvissä hankkeissa.

Tässä artikkelissa kuvataan THL:n ja sidosryhmien yhteistyössä luoman ikäteknologian koordinaatiomallin konkreettisia askelia. Artikkelissa tarkastellaan, kuinka SAMK edistää Satakunnassa Ikäohjelman tavoitteita ja miten teknologia muuttuu tutummaksi sote-ammattilaisille, lisäten teknologian käytön tehokkuutta ja sujuvuutta. Lisäksi kuvataan, miten teknologian koordinointi ja käyttöönotto voivat muokata tulevaisuuden terveyspalveluita ja millaisia vaikutuksia tästä tulee olemaan sekä ammattilaisille että ikäihmisille. Esimerkkien avulla tuodaan esille hankkeiden toimenpiteitä, jotka ovat jo tuottaneet merkittäviä tuloksia, ja pohditaan, miten tämä työ edistää mielekästä ikääntymistä ja hyvinvointia teknologian avulla. Tämän artikkelin tavoitteena on nostaa esille se merkityksellinen työ, jota Ikäohjelman tavoitteiden mukaisesti Satakunnassa on jo tehty ikääntyvien hyvinvoinnin edistämiseksi teknologian avulla.

## Teknologia tutuksi ammattilaisille

Terveyden ja hyvinvoinninlaitoksen valmisteleman ikäteknologian kansallisen koordinaatiomallin tarkoitus on selkeyttää ja tehostaa iäkkäiden palveluissa ja kotona asumisessa hyödynnettävän teknologian käyttöönottoa [2]. Ensimmäinen edellytys teknologian käytön edistämiseksi hyvinvointialalla on sote-ammattisten tietoisuuden lisääminen siitä, millaista teknologiaa on tarjolla ja miten sitä voidaan hyödyntää.

SAMK on ollut aktiivisesti mukana **Sote-ammattilaisten teknologiatietoisuuden lisäämisessä**. Satakunta DigiHealth-hankkeessa [3] lanseerattiin yhdessä muiden hankepartnereiden (Prizztech Oy, Sataedu, WinNova, Tampereen yliopisto) kanssa Hyvinvointiteknologiamessut, joita on toteutettu niin webinaareina kuin fyysisinä tilaisuuksinakin. Messut ovat saavuttaneet suuren suosion ja paikalla tai linjoilla on ollut lähes tuhat osallistujaa. Hyvinvointiteknologiamessukonseptin jatkokehitys on kirjattu toimenpide-ehdotukseksi myös Ikäteknologian kansallisessa koordinaatiomallissa [2].

Vaikka tietoisuus markkinoilla olevasta teknologiasta paranee erilaisten tiedotus- ja esittelytilaisuuksien myötä, ne eivät hyödytä silloin, kun tietoa eri teknologiavaihtoehdoista tarvitaan arjen kiireessä. Hoitotyön arjessa ammattilaisilla on rajalliset mahdollisuudet kartoittaa erilaisia teknologioita ja niitä tuottavia yrityksiä erityisesti, kun tietoa erilaisista hyvinvointi- ja terveysteknologioista ei

löydy kansallisesti koottuna mistään. SAMKin koordinoimassa Satakunta Testbed – hankkeessa [4] on kehitetty ja erityisesti paikallisen elinkeinoyhtiön Prizztech Oy:n toimesta edistetty hyvinvointi- ja terveysteknologiahakemisto Wenlaa [5]. Wenlasta niin ammattilaiset kuin kuluttajatkin voivat etsiä erilaisilla haku- ja rajaustoiminnoilla itselleen sopivia hyvinvointi- ja terveysteknologiatuotteita. Myös hyvinvointi- ja terveysteknologiahakemisto on noteerattu kansallisesti ja sen kehittäminen ja levittäminen on kirjattu ikäteknologian kansallisen koordinaatiomallin toimenpide-ehdotukseksi.

Teknologian käyttöönoton selkeyttämiseksi ja tehostamiseksi iäkkäiden palveluissa on sote-ammattilaisten teknologiatietoisuuden lisäämiseen tähdätty myös Funteeraamo – Hyvinvointiteknologialainaamo –hankkeessa [6]. SAMKin ja Satakunnan hyvinvointialueen yhteisen hankkeen aikana luotu toimintamalli tähtää pysyvään toimintaan, jossa hyvinvointialueen asukkaat ja sote-ammattilaiset pääsevät matalalla kynnyksellä tutustumaan uusimpaan arkea helpottavaan teknologiaan. Sote-ammattilaisilla on mahdollisuus nähdä, kokeilla ja lainata teknologiaa, saaden siihen ensin Funteeraamo-työntekijän ohjauksen ja tuen. Ammattilaisten tiedon ja ymmärryksen lisääntyessä arjessa hyödynnettävästä teknologiasta, sen käyttöönotto ja asiakkaiden ohjaus teknologioiden pariin selkeytyy.

## **Ammattilaiset teknologian käytön edistäjinä**

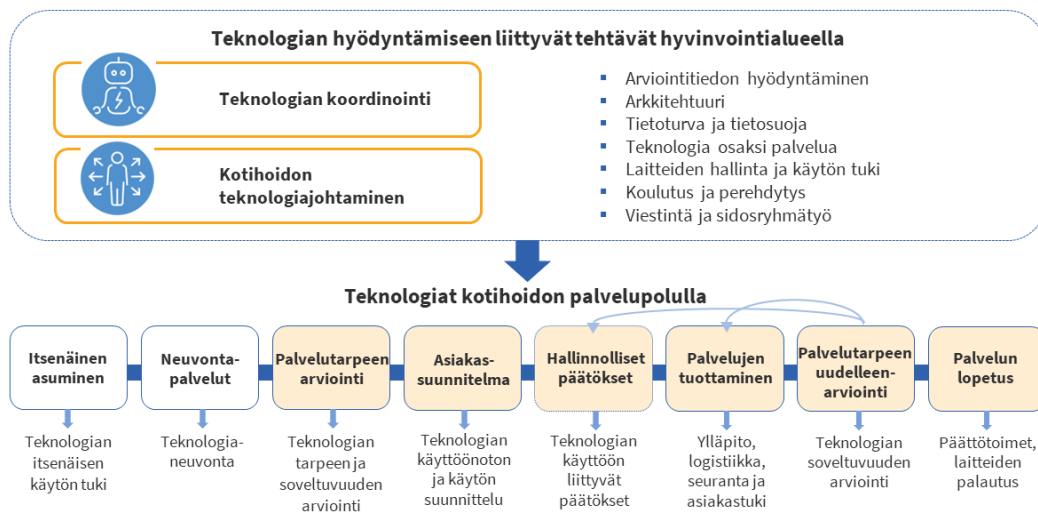
Ikäohjelman (STM, 2020) osatavoitteiden mukaisesti teknologian tulisi olla luonteva osa hyvinvointi ja sote-ammattilaisten tuottamaa hoitoa. Kun teknologiaa lähdetään ottamaan käyttöön, edellytetään ammattilaisilta riittävää osaamista. Tämä todettiin myös Satakunnassa toteutetussa Satakati-hankkeessa [7], jossa teknologiaa käyttöönotettiin kattavasti kotihoidossa koko Satakunnan alueella. Tämän seurauksena syntyi tarve ammattilaisten teknologiaosaamisen ja -ymmärryksen lisäämiselle. Teknologian käyttöönoton tueksi tarvittiin eri asteista ja sisältöistä tietoa ja osaamista ammattilaisille työnkuvasta riippuen.

**Perustietoa teknologian hyödyistä asiakkaille edellytetään kaikilta sote-ammattilaisilta. Osalta ammattilaisista vaaditaan syvempää osaamista, jotta varmistetaan teknologian käyttöönoton prosessin käynnistäminen, käyttö, jalkauttaminen ja kehittäminen.** Tähän tarpeen ja samalla Ikäohjelman koulutuksen kehittämisen tavoitteeseen [1] kehitettiin Satakati-hankkeessa teknologialähettiläskoulutus. Koulutuksessa sote-ammattilaiset saivat 15 osaamispisteen koulutuksen ja levittävät osaamista muille työntekijöille. Tiedon ja



osaamisen tarpeen sisältö muuttuu teknologian käyttöönoton ja käytön eri vaiheissa sekä ammattilaisten työkuvien muutoksen myötä. Teknologialähtettiläs koulutuksen sisältöä kehitettiin teknologian käyttöönoton etenemisen myötä. Sote-ammattilaisten koulutukset jatkuvat hankkeen jälkeen. Teknologian käyttöönoton tuesta syntyvät toimintamallit (Kuva 1), jotka on kuvattu Innokylässä [8].

## Ikätekniologian käytön kansallinen toimintamalli (KATI-malli)



Kuva 1. Ikätekniologian käytön kansallinen toimintamalli.

Pelkkä teknologiatiedon levittäminen ja sote-ammattilaisten teknologiavalmiuksien parantaminen eivät riitä edistämään teknologian käyttöönottoa. Tarvitaan myös myönteistä asennetta teknologiaa kohtaan ja halua tunnistaa sen tuomia mahdollisuuksia [1]. Davisin [9] kehittämän Technology Acceptance Model (TAM) mukaan teknologian hyväksymiseen vaikuttaa mm. teknologian koettu hyödyllisyys ja käytön helppous. Hyödyllisyyttä ja käytön helppoutta voi arvioida ennen kaikkea testaamalla teknologiaa itse. Näihin ominaisuuksiin voi myös vaikuttaa yhteiskehittämällä tuotteita yhdessä teknologiayrittäjien kanssa. Tämä on mahdollista SAMKin Satakunnan alueella koordinoimassa testbed-toiminnassa, jossa osallistetaan käytännön ammattilaiset kehittämiseen ja testaamiseen. Heillä on vahvaa ammattitaitoa, tietoa ja kokemusta asiakastyöstä, mahdollisista haasteista ja käytännön kehittämistarpeista. Yhteiskehittämisellä vaikutetaan myös asenteisiin, ammattitaitoa arvostavalla tavalla päästään syvempään dialogiin, joka vahvistaa niin yhteistyötä kuin myönteistä asennetta teknologiaan. Tulevien sote-alan ammattilaisten koulutuksessa on tärkeää sisällyttää kattavasti tietoa teknologian mahdollisuuksia myönteisen asenteen viemiseen työelämään.

Teknologiaan tutustuminen konkreettisten kokeilujen avulla lisää ammattilaisten ymmärrystä ja kykyä toimia käytön edistäjinä. Funteeraamo – Hyvinvointiteknologialainaamon [6] tavoitteena on, että sote-ammattilaiset voivat tutustua asiakkaiden ohella valmiisiin tuotteisiin ja yksinkertaisiin teknologioihin konkreettisesti. Funteeraamossa ammattilaiset saavat ohjeistusta laitteiden käytössä ja hyödyntämisessä omien asiakkaidensa kanssa. Näin oman tiedon ja kokemuksen lisääntyessä ammattilaiset voivat ohjata asiakkaansa Funteeraamon palveluiden piiriin tai ehdottaa tarkoituksenmukaisen teknologian käyttöönottoa asiakkailleen.

## Hyvinvointia datasta

Ikätekniikan kansallisessa koordinaatiomallissa toimenpiteiksi on ehdotettu analytiikan ja eettisen tekoälyn hyödyntämistä kustannusvaikuttavuuden, laadun ja läpinäkyvyyden edistämiseksi [2]. Lisäksi on ehdotettu arviointitiedon nykyistä parempaa hyödyntämistä. Tähän on paneuduttu SAMKin "Data Lake Innovation Testbed for Future Hospitals" (DataLake-hankkeessa [10]), joka toimii keskeisenä testbed-alustana lääketieteelliselle tutkimukselle Satakunnassa. Projektissa luodaan ensimmäistä kertaa Suomessa uusi **ekosysteemi, jossa testbed-alusta yhdistää tutkimuksen, kehityksen ja innovaation**. Tämä ekosysteemi mahdollistaa yhteistyön keskus- ja yliopistosairaaloiden, ammattikorkeakoulujen ja yliopistojen, tietoaltaan (datalake) palveluntarjoajien, supertietokonealustan tarjoajan sekä kasvu- ja start-up yritysten välillä. Yksi suurimmista saavutuksista projektissa on ollut 75-vuotiaiden terveystarkastuksen klinisen toiminnan yhteydessä toteutettava tutkimustyö, nimeltään Pori75. Pori75:n tavoitteena on kehittää ennaltaehkäisevä terveystarkastusmenetelmä 75-vuotiaille kotona asuville iäkkäille, jossa klinisiä potilastietoja voitaisiin käyttää tukipalvelujen strategiseen suunnitteluun perusterveydenhuollossa. Lisäksi projektissa voidaan kehittää klinisen työn laatua yhteistyössä tutkijoiden ja klinisen työn ammattilaisten kanssa.

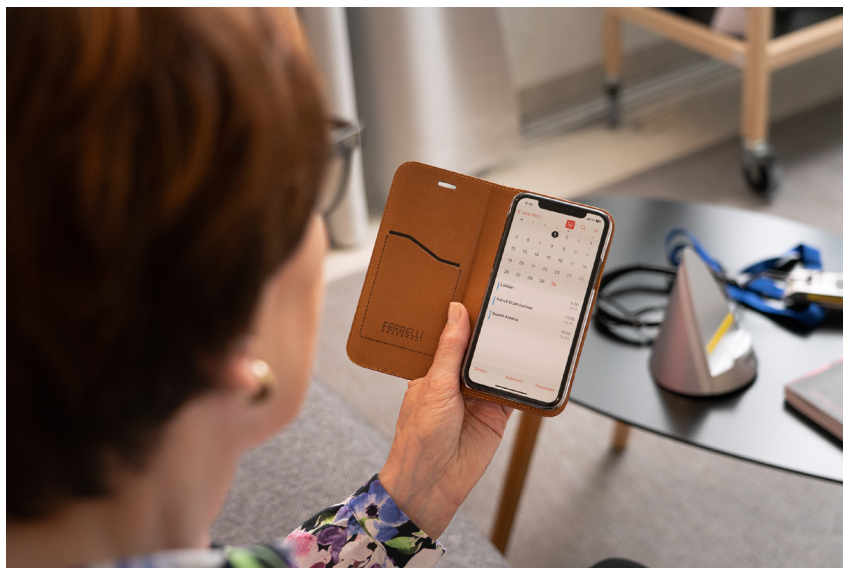
Satakati-hankkeessa [7] käyttöönotettu teknologia tuottaa erilaista dataa kotihoidon asiakkaan toiminnasta ja hyvinvoinnista. Uudenlaista osaamista tarvitaan myös kertyvän datan laadukkaaseen tulkintaan ja datan perusteella tehtäviin johtopäätöksiin. Tässä yhteistyö ammattikorkeakoulun tutkimushankkeiden ja tutkijoiden kanssa on hyvin tärkeää. Satakunnan ammattikorkeakoulussa onkin käynnistetty **Hyvinvointiteknologian maisteritutkinto, jonka osana on mahdollisuus suorittaa hyvinvointianalyttikon pätevyys**. Maisteritutkinnon tavoitteena on antaa valmiuksia mm. teknologian tuottaman datan analysointiin ja hyödyntämiseen. Sote-datan parempaa hyödyntämistä tavoitellaan myös SAMKin koordinoimassa IKI-

Ikääntymisestä innovaatioiksi hankkeessa [11], jossa tarkastellaan organisaatio ja yksikkörajat ylittävää tiedolla johtamista.

## Teknologia iäkkäiden arjessa

Jotta teknologiaa voidaan vaikuttavasti ja kustannustehokkaasti hyödyntää sote-ammattilaisilla tulee olla ymmärrys ikäihmisten tarpeesta ja kyvystä vastaanottaa uusia laitteita. Toisaalta taas tieto laitteiden olemassaolosta ja niiden käytön mahdollisuuksista tulee saavuttaa ikäihmiset. Ikäohjelman [1] osatavoitteiden mukaan myös ikääntyvillä tulisi olla riittävät teknologiataidot. Ikäteknologian ohjaus tulisi olla normaalikäytäntö minkä tahansa palvelun ohjauksessa siten, kuin se asiakkaan tarpeisiin nähden on hyödyllistä. Sen lisäksi, että erilaisten sosiaali- ja terveyspalvelujen piirissä oleville ikäihmisille osataan tarjota ikäteknologian hyötyjä, tulisi informaation ja ohjauksen yltää myös henkilöihin, jotka eivät vielä ole palvelujen piirissä.

SAMKin ja Satakunnan hyvinvointialueen yhteisessä Funteeraamo – Hyvinvointiteknologialainaamo –hankkeessa [6] luotiin toimintamalli, jossa niin ammattilaiset kuin ikäihmisetkin pääsevät tutustumaan ikäteknologiaan helposti saavutettavassa esittelypisteessä. Ikäteknologian esittelyllä nähtiin olevan iso merkitys ennaltaehkäisevässä työssä, sillä ihmiset olivat kiinnostuneita mahdollisista apuvälineistä ja -laitteista tulevaisuuden varalle (Kuva 2). Toimintamalli, jossa **teknologiaa sisältäviä arjen apuvälineitä pääsee matalalla kynnyksellä näkemään, kokeilemaan ja tarvittaessa lainaamaan**, koetaan tärkeänä.



Kuva 2. Arkea helpottavaa teknologiaa.

## Ikäteknologiasta kasvua yrityksille

Keskeisenä edellytyksenä teknologian käytön lisäämisessä on se, että markkinoilla oleva teknologia on houkuttelevaa. Teknologia on houkuttelevaa silloin, kun se vastaa käyttäjien tarpeeseen eli on hyödyllistä ja helppokäyttöistä eli käytettävää [9]. Hyödyllisen ja käytettävän tuotteen tai palvelun kehittämiseen tarvitaan monialaista osaamista. **Tekniikan asiantuntijat tarvitsevat avukseen oikeita asiakkaita esim. sote-ammattilaisia tai potilaita.** Tässä yritykset voivat käyttää apuna teknologian testauspalveluita, joita SAMK on ollut kehittämässä mm. Tulevaisuuden sairaala innovaatioalustana [12]- ja Satakunta Testbed –hankkeessa [4]. Testbed toiminta tarjoaa yritykselle tukea ja yhteiskehittämisen alustan tuotekehityksen eri vaiheissa. Toiminta vastaa Ikäteknologian koordinaatiomallin toimenpide-ehdotukseen, jossa sosiaali- ja terveydenhuolto on tunnistettu haasteelliseksi toimintaympäristöksi yritysten tuotekehityksen näkökulmasta [2].

Testbed-toiminnalla edistetään myös suomalaisten yritysten mahdollisuuksia päästä testaamaan tuotteitaan kansainvälisille markkinoille ja siten edistämään vientiä. Samoin Satakunta Testbed mahdollistaa ulkomaisten yritysten tuotteiden testaamisen Suomessa. Suomi onkin arvostettu yhteistyökumppani. Kansainväliset yritykset arvostavat Suomen korkeatasoista terveydenhuoltojärjestelmää ja luotettavia yhteiskehittämisen kumppaneita.

## Teknologiaa hyödyntäen kohti mielekästä ikääntymistä

Nykyinen sote-sektori elää murroskautta teknologian suhteen, ja siinä missä monet ammattilaiset ovat innostuneita uusista mahdollisuuksista, osa kokee teknologian käyttöönoton haastavaksi tai vierastaa sitä. Tästä syystä on tärkeää, että teknologian käyttöönottoon liittyvä koulutus ja valmennus ovat monimuotoisia ja ottavat huomioon erilaiset lähtökohdat ja tarpeet.

Ikäteknologian edistämisen myötä voidaan parantaa ikääntyvän väestön elämänlaatua ja mahdollistaa heidän itsenäisempää elämäänsä. Kun teknologiat integroidaan osaksi hoitoprosesseja ja arkea, se voi helpottaa sekä asiakkaiden että ammattilaisten arkea. Teknologia ei korvaa inhimillistä kosketusta ja vuorovaikutusta, mutta se voi tuoda lisäarvoa ja tehostaa hoitoa.

SAMKin ja muiden alueellisten toimijoiden rooli on keskeinen, kun puhutaan teknologian levittämisestä ja integroimisesta käytäntöön. Yhteistyössä eri sidosryhmien kanssa

on mahdollista luoda tehokkaita käytäntöjä, jakaa tietoa ja kokemuksia sekä edistää yleistä teknologiaosaamista.

Yhteenvetona voidaan sanoa, että teknologian rooli sote-sektorilla ja erityisesti ikääntyvien palveluissa kasvaa jatkuvasti. Teknologian hyödyntäminen vaatii sekä ammattilaisten koulutusta että yhteistyötä eri sidosryhmien kanssa. On tärkeää, että sote-ammattilaiset ja teknologiatoimittajat työskentelevät yhdessä kehittääkseen ja integroidakseen tehokkaasti teknologioita osaksi hoitoprosesseja ja arkea. Tämä luo pohjan kestäväälle ja laadukkaalle ikääntyvien palvelulle tulevaisuudessa. Kansallisesti on olemassa verkostotoimintaa sekä ikäteknologiaan liittyen että teknologian testaukseen ja sen käytön edistämiseen. Näiden verkostojen yhteistyöllä voitaisiin tulevaisuudessa mahdollistaa Ikäohjelman entistä tehokkaampi implementointi.

Ammattikorkeakoulun tutkimus- ja opetustyössä tullaan jatkossakin panostamaan kansallisen Ikäohjelman mukaisiin toimenpiteisiin. Tähän mennessä toteutuneiden hankkeiden puitteissa tärkeäksi nähty yhteistyö eri organisaatioiden ja verkostojen välillä tulee jatkumaan Satakunnassa ja SAMKissa myös tulevaisuudessa.

## Lähteet

- [1] STM (2020) Kansallinen ikäohjelma vuoteen 2030 Tavoitteena ikäkyvykäs Suomi, Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2020:31 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-6865-3>.
- [2] Anttila, H. (toim.) (2023) Ikäteknologian kansallinen koordinaatio: kohti jatkuvuutta ja yhteistyötä Ehdotus ikäteknologian kansalliseksi koordinaatiomalliksi ja toimenpiteiksi vuosille 2023–2027, Terveiden ja hyvinvoinninlaitos, Työpaperi 7/2023 <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-408-039-2>.
- [3] Satakunta Digihealth –hanke [online] Haettu 6.11.2023 osoitteesta <https://www.prizz.fi/kehittamisteemat/hyvinvointitekologia/satakunta-digihealth.html>.
- [4] Satakunta Testbed –hanke [online] Haettu 6.11.2023 osoitteesta <https://satakuntatestbed.fi/>.
- [5] Wenla - Hyvinvointi- ja terveysteknologiahakemisto [online] Haettu 6.11.2023 osoitteesta <https://wenla.fi/>.
- [6] Funteeraamo-hanke [online] Haettu 6.11.2023 osoitteesta <https://satakunnanhyvinvointialue.fi/ammattilaiset-ja-opiskelijat/tkio/kehittamishankkeet/funteeraamo/>.
- [7] SataKati-hanke [online] Haettu 6.11.2023 osoitteesta <https://innokyla.fi/fi/kokonaisuus/satakati-hanke>.
- [8] Innokylä, Satakati-toimintamallit, [online] Haettu 20.8.2023 osoitteesta <https://innokyla.fi/fi/kokonaisuus/satakati-hanke/toimintamallit>.
- [9] Davis, F.D. (1993). User Acceptance of Information Technology: System Characteristics, User Perceptions and Behavioral Impacts, International Journal of Man-Machine Studies, 38, 475-487. <https://doi.org/10.1006/imms.1993.1022>.
- [10] DataLake-hanke [online] Haettu 6.11.2023 osoitteesta <https://www.roboai.fi/tag/datalake/>.

- [11] IKI-Ikkäntymisestä innovaatioiksi –hanke [online] Haettu 6.11.2023 osoitteesta <https://satakuntatestbed.fi/>.
- [12] Tulevaisuuden sairaala innovaatioalustana –hanke [online] Haettu 6.11.2023 osoitteesta <https://www.roboai.fi/tutkimus-ja-tuotekehitys/projektit/tulevaisuuden-sairaala>.

---

# RoboAI Green

---

RoboAI Green vastaa nopeasti sähköistyvän yhteiskunnan tarpeisiin, kun erityisesti sähköajoneuvot muuttavat kiertotalouden raaka-ainevirtoja. Tutkimuksen peruskysymys on, että miten arvokkaita teknologiametalleja sisältäviä laitteita ja komponentteja voidaan tehokkaasti ja älykkäästi kerätä, tunnistaa ja erotella, jotta metallien kierrättäminen niistä on kannattavaa ja turvallista. Tutkimusta tehdään tiiviissä yhteistyössä SAMKin tutkijoiden ja Prizztechin Vihreän kasvun tiimin asiantuntijoiden kanssa.

---

# Sähköistyvän yhteiskunnan tulevaisuus

*Timo Santa-Nokki, FM, erityisasiantuntija, [timo.santa-nokki@samk.fi](mailto:timo.santa-nokki@samk.fi)*

---

Tässä artikkelissa on keskitytty yhteiskunnan sähköistymiseen sekä sen luomiin haasteisiin ja mahdollisuuksiin. Sähköistyvä yhteiskunta -kappaleessa käydään läpi ilmiön globaalit ajavat trendit ja verrataan nykytilaa 2000-luvun alussa tehtyihin näkemyksiin ja tutkimuksiin. Teknologiametallien kysyntä ja riittävyys -kappaleessa paneudutaan sähköistymisen vaatimiin teknologiametalleihin ja niiden riittävyys kysymyksiin sekä Satakunnan erityiseen roolin näiden teknologimetallien maailmanlaajuisena tuottajana ja jalostajana. Kierrätys-kappaleessa syvennyttään metallien kierrätyksen haasteisiin ja miten näihin on vastattu tutkimus- ja kehitystoiminnalla Satakunnassa.

## Sähköistyvä yhteiskunta

Yhteiskunnan sähköistyminen näkyy tällä hetkellä voimakkaimmin liikkumisen sähköistymisenä. Euroopassa suurimpana ajavana voimana on ilmastonmuutos ja sen hillitseminen. Poliittisilla päätöksillä on rajoitettu EU:ssa myytävien autojen hiilidioksidipäästöjen suuruutta, mikä on ajanut autonvalmistajat suunnittelemaan ja valmistamaan sähköautoja tiukentuvien päästönormien saavuttamiseksi. Monet autonvalmistajat ovat jo ilmoittaneet lopettavansa polttomoottorien valmistamisen, koska niillä ei ole mahdollista alittaa tulevaisuuden päästövaatimuksia. [1]

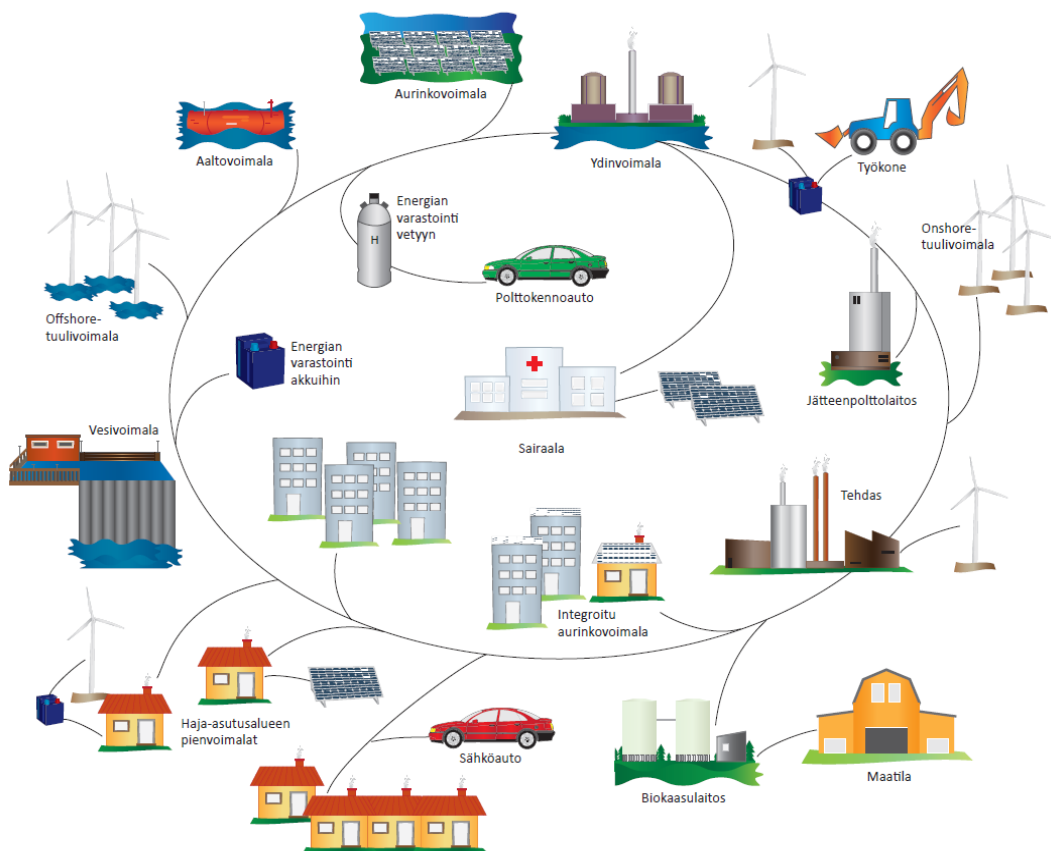
Akkuteknologia on kehittynyt NiMH-akuista litiumioniakkuihin kännyköiden ja kannettavien tietokoneiden myötä. Akkukennojen valmistusmäärien kasvaessa ja yksikköhintojen laskiessa akkukäyttöiset laitteet ovat yleistyneet kovaa vauhtia. Rakennusteollisuudessa akkukäyttöiset työkalut ovat korvanneet johdolliset tai paineilmaan perustuvat työkalut käsiteltävyydessään. Samaa siirtymistä on nähtävissä myös polttomoottoreihin perustuvissa koneissa, kuten ruohonleikkureissa tai moottorisahoissa.

Energiatehokkaat akut ja kestopagneettimoottorit ovat helpottaneet myös lihasvoimalla tapahtuvaa liikkumista sähköpotkulautojen ja -polkupyörien yleistyessä.



Yhteiskunnan sähköistyminen ei ole tullut kuitenkaan yllätyksenä alan asiantuntijoille. 2000-luvun alussa sähkö- ja magneettiteknologia-alan toimijat yhdessä Turun yliopiston Tulevaisuuden tutkimuskeskuksen kanssa visioivat yhteiskunnan muutosta 2020-luvulle ja pyrkimystä kohti täyssähköistä yhteiskuntaa.

Tuolloin muutoksen ajavina voimina nähtiin erityisesti resurssien niukentuminen ja ympäristötietoisuuden kasvaminen. Kuvassa 1 on esitetty tuon ajan havainnekuva täyssähköisestä yhteiskunnasta, jossa energia tuotetaan yhä enenevässä määrin uusiutuvista energialähteistä, muunnetaan sähköksi ja kulutetaan mitä moninaisimmissa käyttökohteissa. Teollisuuden ja asumisen lisäksi sähkön käyttö lisääntyisi myös liikenteessä. Uusiutuvista energialähteistä merkittävimpänä pidettiin tuulivoimaa sekä seuraavana aurinkovoimaa, jonka erityisenä etuna on vähäinen huollon tarve. Selvityksessä ydinvoimaa pidettiin yhtenä merkittävimpänä päästöttömänä energiatuotantomuotona ja vesivoima nähtiin erityisesti edullisena energian varastointi- ja säätömahdollisuutena. Energiantuotantolaitoksista esille nousivat myös jätteiden polttolaitos ja biokaasulaitos. Yhtenä muutoksena nähtiin myös hajautettu energiantuotanto perinteisen keskitetyn vaihtoehdon rinnalla.



Kuva 1. Havainnekuva tulevaisuuden täyssähköisestä yhteiskunnasta. Kuva: Prizztech Oy [3].

Erilaisen energiantuotanto- ja varastointiratkaisuvaihtoehtojen lisäksi esille nousivat erilaiset sensoriverkot, säätöteknologia ja automaatio energia- ja tuotantotehokkuuden parantajina. [2]

Ennusteet ovat pitäneet yllättävän hyvin paikkansa. Lämpövoimalaitoksissa on siirrytty pitkälti pois öljystä ja kivihiilestä korvaamalla ne uusiutuvilla biopolttoaineilla. Tuulivoimaa rakennetaan nykyään markkinaehtoisesti ja Elinkeinoelämän keskusliiton keräämien tietojen mukaan vihreän siirtymän 140 miljardin euron investoinneista noin 80% on maa- tai merituulivoimahankkeita ja niihin liittyviä sähkönsiirtolinjoja. Tänä päivänä myös aurinkovoimaloita asennetaan niin julkisten kuin yksityisten rakennuksien katoille. Sähköautot ja sähköiset työkalut, kuten Ponsen metsätyökone, yleistyvät huimaa vauhtia. [4]

Erilaiset anturit ja niihin liittyvä säätöteknologia ovat arkipäivää teollisuudessa ja sama yleistyy yksityistalouksissa. Asunnon ilmastointia voidaan hyvinkin säätää automaattisesti lämpötilan, kosteuden, kotona olon tai kellonajan perusteella. Ukrainan sodan mukana tuoma energiakriisi on lisännyt kiinnostusta energian säästämiseen ja kulutuksen ajoittamiseen halvemmän sähkön hinnan mukaan.

Myös erilaiset puettavat sensorit kuten älykellot ja -sormukset ovat tulleet osaksi ihmisten oman terveyden ja kunnon mittaamista.

## **Teknologiametallien kysyntä ja riittävyys**

Satakunnassa sijaitsee kansainvälisesti merkittävä akku- ja teknologiametallien tuotanto- ja osaamiskeskittymä, jonka liikevaihto oli vuonna 2020 3,8 miljardia euroa. Harjavallan suurteollisuuspuistossa on kuparin ja nikkelin jalostusta sekä akkumateriaalien tuotantoon ja kierrätykseen erikoistuneita yhtiöitä. Porin kupariteollisuuspuistossa on mm. autoteollisuuden kupari- ja metallituotteiden valmistukseen ja kehitykseen erikoistunut yrityskeskittymä. Kupariteollisuuspuistossa sijaitsee myös Metso-Outotecin kaivosteollisuuden ja metalliteknologian tutkimuksen huippuyksikkö, joka kehittää teknologiaa Metso-Outotecille kuin myös muille yrityksille.

Sähköistyvän liikenteen, uusiutuvan energiantuotannon ja -varastoinnin sekä elektroniikan sovellukset rakentuvat akku- ja teknologiametallien varaan. Moderneissa akuissa, elektroniikassa, sähköjohteissa ja -moottoreissa tarvitaan mm. kuparia, nikkeliä, kobolttia, kultaa, hopeaa ja harvinaisia maametalleja, joita tuotetaan Satakunnassa. [5]

Ilmastonmuutos ja paine hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen ovat yhteiskunnan nopean sähköistämisen ajava voima. Sähkön tuotannossa on pyritty siirtymään hiilivoimasta uusiutuviin energian tuotantotapoihin. Mutta suurin murros tapahtuu liikenteen sähköistymisessä.

Vuodelle 2023 ennustettu globaali autojen akkukapasiteetin valmistusmäärä vastaa ajoneuvomäärältään jo 10 miljoonaa 76kWh:n akulla varustettua täyssähköautoa. Määrä on todella merkittävä, kun sitä vertaa vuosittaiseen noin 100 miljoonan auton valmistusmäärään. Akkukapasiteetin asennuksessa Tesla tulee olemaan suurin autonvalmistaja viime vuosien tapaan ja neljä seuraavaksi suurinta valmistajaa (BYD, GAC, Hyundai ja KIA) muodostavat yhdessä suunnilleen yhtä suuren osan kuin Tesla yksinään. [6] [7]

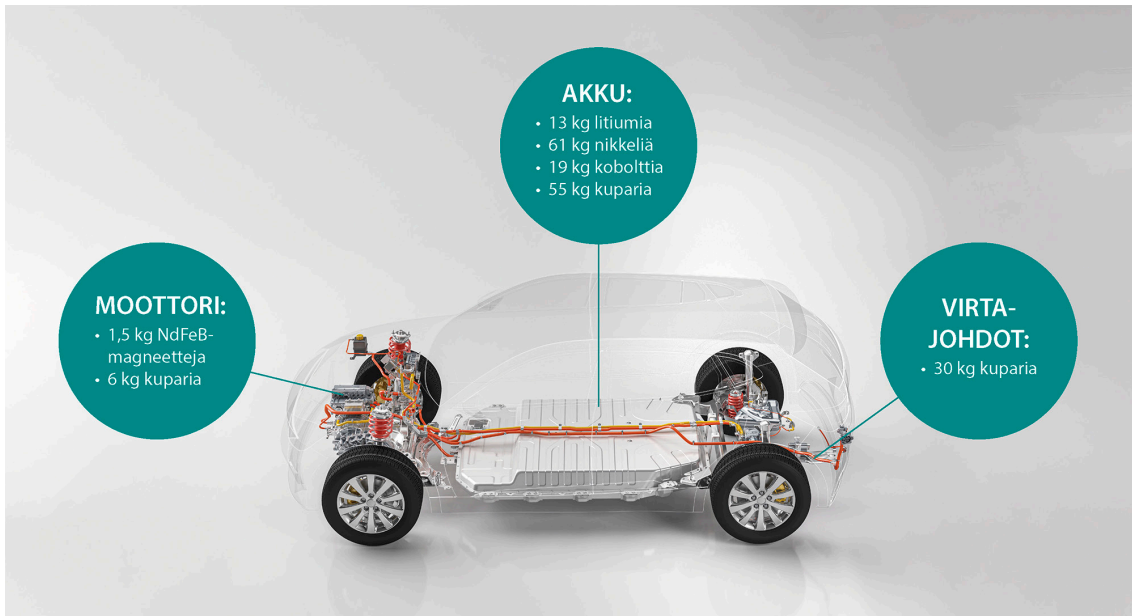
Akkuteollisuuden kasvu on ollut huimaa. Vuonna 2017 käynnistetyn kansainvälisen EV30@30% -kampanjan tavoitteena oli, että vuonna 2030 sähköautojen määrä olisi 30% uusien autojen myynistä. Nyt tuotetun akkukapasiteetin osalta ollaan jo noin 10%:ssa ja edellä mainitun ennusteen mukaan kasvu olisi tänäkin vuonna lähes 50%. Mikäli asennetun akkukapasiteetin tuotantoa pystyttäisiin kasvattamaan vuodesta toiseen, niin tasainen 20%:n vuosittainen kasvu riittäisi vuonna 2017 asetetun tavoitteen saavuttamiseen.

Vuotuisen 100 miljoonan sähköauton valmistamiseksi litiumin tuotanto on kuitenkin yli 15-kertaistettava ja nikkelin osalta vähintään kaksinkertaistettava vuoden 2018 tasosta. Kaivostoiminnan kiihdyttämisen lisäksi myös uusia teknologiametalliesiintymiä on löydettävä. Jos vuonna 2050 lähes koko autokanta koostuu sähköautoista, on niiden akkuihin varastoitua lähes kaksinkertaisesti vuoden 2018 tunnetut litium kaivosvarannot ja nikkelin osalta yli 140%. Yhteiskunnan sähköistyminen on luonut valtavan kysynnän teknologiametalleille.

Vaikka litiumakuissa palattaisiin osin natriumin käyttöön tai sähköautoissa polttokennojen käyttöön, pitää pitkällä aikavälillä järjestää näiden elektroniikassa, akuissa ja moottoreissa tärkeiden teknologimetallien kierrätys.

Kuvassa 2 on esitetty tyypillisen täyssähköauton teknologiametallimääriä eri komponenteissa. Esitettyssä tapauksessa NCM622 akuston koko on 100kWh. Arvokkaiden metallien määrä on suurin akustossa, jonka kokonaisuudessa voi olla noin 500kg. [1] 1990-luvulta alkaen NdFeB-magneeteilla on ollut keskeinen rooli sähköistyvässä yhteiskunnassa. Magneettisilta ominaisuuksiltaan aiempia ferriittimagneetteja

merkittävästi tehokkaampina ne ovat mahdollistaneet tehotilavuussuhteeltaan erittäin voimakkaiden ja energiatehokkaiden sähkömoottorien, generaattorien, toimilaitteiden sekä anturien valmistamisen.



Kuva 2. Sähköauton teknologiametallit. Kuva: Prizztech Oy [8].

Kestomagneettimoottorit ja -generaattorit ovat hyötysuhteeltaan tehokkaampia kuin saman kokoluokan induktiokoneet ja ovat tästä syystä erittäin yleisiä sähköautoissa, joista yli 90%:ssa on kestopagneettimoottori. Harvinaisia maametalleja sisältävä NdFeB-kestopagneettimoottori on materiaaleiltaan kalliimpi kuin induktiomoottori, mutta energiatehokkaampi moottori mahdollistaa saman toimintamatkan pienemmällä akustolla, minkä takia kestopagneettimoottoriin perustuva sähköauto on kokonaisvalmistuskustannuksiltaan edullisempi. Kestomagneettimoottori tarjoaa myös maksimivääntömomentin koko toiminta-alueellaan toisin kuin induktiomoottori, mutta sen vääntömomentti leikkautuu voimakkaammin, kun moottorin virran- tai jännitteensyöttö muuttuu rajoittavaksi tekijäksi. Tämän takia osassa sähköautoja käytetään sekä induktio- että kestopagneettimoottoreita paremman tehotuntuman luomiseksi.

NdFeB-magneetit ovat nykyaikaisen teknologian keskeisiä komponentteja ja näiden magneettien kysyntä kasvaa nopeasti yhteiskunnan sähköistymisen ja energiatehokkuusvaatimusten vuoksi. NdFeB-magneetit sisältävät harvinaisia maametalleja, kuten neodyymiä, dysprosiumia ja terbiumia, noin kolmanneksen painostaan. Vuonna 2011 Etelä-Kiinan merellä tapahtuneessa selkkauksessa Japanin merivartiosta

pidätti kiinalaisen kalastaja-aluksen kapteenin, minkä seurauksena Kiina esti magneettien ja harvinaisten maametallien viennin elektroniikka- ja autoteollisuudesta riippuvaiseen Japaniin. Tapahtuman seurauksena neodyymin ja dysprosiumin hinnat nousivat jyrkästi ja aktivoivat magneettien ja kriittisten metallien kierrätystutkimuksen niin EU:ssa kuin Yhdysvalloissa. Kierrätyksen tavoitteena on ollut vähentää neitseellisten raaka-aineiden tarvetta, kaivostoimintaa ja ympäristövaikutuksia, mutta yksi länsimaisen magneettituotannon motiiveista on ollut myös vähentää voimakasta riippuvuutta Kiinan raaka-aineiden viennistä.

NdFeB-magneettien maailmanlaajuisen kysynnän odotetaan kuitenkin kolminkertaistuvan nykytilanteesta vuoteen 2035 mennessä, kun samalla materiaalien tuotanto vain kaksinkertaistuu.

Vuodesta 2021 lähtien autojen mikromoottorit, anturit ja kaiuttimet ovat vastanneet yhdessä lähes 15% maailmanlaajuisesta NdFeB-magneettien kysynnästä. Vastaavasti kuluttajaelektroniikka, sähkötyökalut ja -laitteet vastasivat yhteensä 35% NdFeB-magneettien kysynnästä.

Tulevaisuudessa kuitenkin suurin NdFeB-magneettien kysyntä tulee sähköautojen ajomoottoreista, tuulivoimageneraattoreista ja energiatehokkaista sähkömoottoreista, pumpuista ja kompressoreista. [9]

Sähköistyvän yhteiskunnan myötä elektroniikan ja elektroniikkaromun määrä on kasvanut voimakkaasti. Maailmanlaajuisesti vuosittain syntyvän elektroniikkaromun sisältäminen raaka-aineiden arvoksi on arvioitu n. 55 miljardia euroa. Tästä määrästä vain noin 20% päätyy asianmukaiseen kierrätykseen. Suomessa sähkö- ja elektroniikkaromua (SER) kerätään vuosittain n. 65 000 tonnia tuottajavastuujärjestelmän kautta ja vain pieni osa, noin 1,2% joutuu kotitalouksien sekajätteeseen.

SER:n tyypillisestä koostumuksesta puolet on rautaa. Mielenkiintoisia teknologiametalleja kuten kuparia ja alumiinia on 7% ja 5% romun painosta. [10]

Piirikorttijakeen osuus on 3% koko sähkö- ja elektroniikkaromusta, mutta sen osuus painottuu pienissä tieto- ja teleteknisissä laitteissa, kuten puhelimissa ja tietokoneissa. Piirilevyjen metallipitoisuus voi vaihdella 30-40% välillä ja arvometallien osuus voi olla alle 1% piirilevyjakeen painosta, mutta niiden arvo voi olla jopa 80% koko jakeen arvosta. [11]

## Kierrätys

Yhteiskunnan sähköistyminen on luonut valtavan kysynnän kasvun teknologiametalleille. Metallien riittävyyden ja ympäristövaikutusten minimoisen vuoksi materiaalien kierrätystä on tehostetta ja kiertotaloutta edistävää teknologiaa on kehitettävä. Manuaalinen käsittely on työlästä ja kallista. Murskauksessa romun sisältämät metallit ja materiaalit sekoittuvat, jolloin niiden jatkokäsittely vaatii mekaanisia ja kemiallisia erottelumenetelmiä sekä kehittyneitä tunnistusmenetelmiä materiaalien lajitteluun. Toisaalta nämä osavaiheet voidaan pitkälti automatisoida ja siten saavuttaa riittävän kustannustehokas kokonaisprosessi, jolloin kierrätys tai urban mining nousee merkittäväksi toiminnaksi nykyisten kaivosten ja helposti hyödynnettävien varantojen metallipitoisuuksien laskiessa riittävän alhaisiksi.

Tänä päivänä kiertotalouteen ohjaavia tekijöitä ovat ympäristönsuojelu ja poliittisen riippuvuuden vähentäminen. Näiden asioiden rahallista merkitystä on kuitenkin vaikea mitata ja siksi niiden todellinen ohjaava vaikutus voi jäädä heikoksi.

Suurin osa metalleista kierrätetään murskauksen ja erottelun kautta sulattamalla. Raudalle, kuparille, alumiinille ja lyijylle on olemassa hyvin toimivat kierrätysprosessit ja näiden metallien kierrätysasteet ovat globaalisti erittäin hyvällä tasolla. Myös tiettyjen jalometallien kuten kullan ja hopean kierrätysaste on korkea, erityisesti korujen ja kolikoiden osalta. Samoin katalyytteinä käytetyt platina, palladium ja rhodium päätyvät käyttöään päätyttyä hyvin suurelta osin kiertoon.

Teräksen tai paremminkin raudan kierrätys on maailmanlaajuisesti merkittävintä, jopa 90% eliniän saavuttaneista terästuotteista päätyy kierrätykseen. Terässulattoihin romumetallin yhteydessä päätyvät arvometallit (Au, Ag, Pt, Pd, Rh, Cu) katoavat kuitenkin kierrosta uusien terästuotteiden valmistuksen myötä. Esimerkiksi kuparin pitoisuus romumetallissa pitää olla alle 1%, koska terästuotteissa kupari on merkittävä epäpuhtausaine, jonka pitoisuuden alentamiseksi valmistettavaan teräslaatuun on lisättävä puhdasta rautaa. Vastaavasti on toimittava myös muiden jalometallipitoisuuksien laimentamiseksi. Romumetallin mukana kulkevat terästen seosaineet taas voivat olla valmistettavan terästuotteen kannalta hyödyllisiä tai haitallisia.

Kuparituotteiden valmistus sisältää usein sulatuksen ja elektrolyyttisen puhdistuksen, missä kierrätetyn kupariromun yhteydessä kulkeutuneet muut alkuaineet saadaan kerättyä talteen toisinkuin rautasulatoissa. Tämän takia muun muassa

elektroniikkaromun, jonka arvo muodostuu pitkälti jalometalleista, kierrättäminen kuparisulaton ja elektrolyysin kautta voi olla kannattavaa.

NdFeB-magneetit ovat avainkomponentteja modernissa sähköntuotannossa ja erilaisten sähkökoneiden moottoreissa. Sähköistyvä yhteiskunta lisää kestromagneettien kysyntää voimakkaasti, minkä voidaan ennakoida johtavan raaka-aineiden saatavuusongelmaan. NdFeB-magneetit sisältävät raudan lisäksi noin kolmanneksen harvinaisia maametalleja, pääosin neodyymiä (Nd), mutta myös dysprosiumia (Dy) ja terbiumia (Tb). Dy ja Tb lisäyksiä käytetään erityisesti moottori- ja generaattorisovelluksissa, sillä niillä saadaan parannettua magneettien korkean lämpötilan kestoa.

Suurin osa, yli 90 %, harvinaisten maametallien globaalista tuotannosta tapahtuu Kiinassa. Eurooppalainen magneettien valmistus on siten varsin riippuvaista Kiinan kauppapolitiikasta. Kiina on pyrkinyt rajoittamaan raaka-aineiden vientiä asettamalla niille vientikiintiöitä ja pitämään siten jatkojalostuksen maan sisällä. Euroopassa onkin ryhdytty etsimään uusia harvinaisten maametallien lähteitä raaka-aineiden saatavuuden turvaamiseksi paikalliselle magneettiteollisuudelle.

Maailmanlaajuisesti NdFeB-pohjaisia kestromagneetteja valmistetaan tällä hetkellä n. 70 000 tonnia vuodessa. Romuksi arvioidaan päätyvän vuosittain n. 54 000 tonnia magneetteja. Romutettavien magneettien saaminen kiertoon uusien magneettien raaka-aineeksi turvaisi sekä magneettituotannon raaka-aineiden saantia, että säästäisi energiaa ja pienentäisi magneettien valmistuksen ympäristövaikutuksia, kun neitseellisen raaka-aineen käyttö vähenisi. [12]

Ulvilassa sijaitseva Euroopan toiseksi suurimman NdFeB-magneettien valmistajan Neorem magnets Oy:n pulverimetallurginen prosessi mahdollistaa erittäin energiatehokkaan tavan kierrättää käytöstä poistetut kestromagneetit uusien magneettien raaka-aineena. Valmistusprosessia demonstroitu onnistuneesti laajalla kierrätysraaka-aine osuudella ja prosessi on nykyään aktiivisessa käytössä.

Euroopasta puuttuu kuitenkin harvinaisten maametallien hydrometallurginen erotteluprosessi, missä sekalaisesta magneettimosta voitaisiin happoliuotusmenetelmällä erotella metallioksidit erilleen malmimineraalien tapaan. Tällaisia kaivosmalmien käsittelyprosesseja on tällä hetkellä Kiinassa ja Malesiassa.

Metallien kierrätyksellä on merkittävä rooli hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. Kierrätetyillä metallituotteilla pelkästään energiakulutus on 50-70% pienempi kuin perinteisellä malmien louhintaan perustuvalla valmistusmenetelmällä. Kierrätysprosessien tehokkuuden kannalta on merkittävää, että eri materiaalit pystytään erottelemaan toisistaan sopiviin jakeisiin. [13]

SAMK:ssa kehitetty LIBS-menetelmä soveltuu hyvin erilaisten metallien nopeaan tunnistamiseen esimerkiksi automaatiolinjastossa. Mittauslaitteistoa jatkokehitetään vielä spektroskopian ja erityisesti tekoälypohjaisen data-analyysin osalta. LIBS-mittauslaitteistoa tullaan käyttämään myös jatkotutkimushankkeissa, kuten sulan metallin analysoimisessa.

## Lopuksi

Sähköistyvä yhteiskunta ja erityisesti sähköistyvä liikenne voi olla merkittävä tekijä ilmastonmuutoksen torjunnassa, kun sähkö on tuotettu uusiutuvalla ja päästöttömällä energialla. Samoin teollisuuden prosessien ja rakennusten lämmittämisessä siirtyminen fossiilisista energialähteistä lämpöpumpputeknologiaan tai suoraan sähkölämmitykseen voi parantaa systeemien energiatehokkuutta ja samalla vähentää hiilidioksidipäästöjä.

Suurimmat haasteet liittyvät kuitenkin sähköenergian varastointiin ja uusiutuvien tuuli- ja aurinkovoiman tuotantovaihtelujen hallitsemiseen. Lyhyellä aikavälillä merkittävimmät energian varastointiteknologiat tulevat olemaan vesivoima ja vedyn elektrolyysi sen heikosta hyötysuhteesta huolimatta.

Mutta liikenteen sähköistäminen voi toimia hiilidioksidipäästöjen vähentäjänä vain, jos sähkö tuotetaan päästöttömästi. Korkean hyötysuhteen polttomoottorin tuottaman mekaanisen työn muuttaminen heikommalla hyötysuhteella toimivan hiilivoimalan sähköksi ei vähennä päästöjä globaalisti. Hiilidioksidipäästöjen ja niiden aiheuttaminen ilmaston lämpenemisen ja muutosten rajoittaminen on kannatettavaa ja vaatii poliittista ohjausta aivan kuten aikoinaan polttomoottoriautojen päästöjen vähentäminen. Rajoituksilta, lainsäädännöltä ja yhteiskunnalliselta ohjaukselta pitää kuitenkin odottaa nykyistä parempaa kokonaisuuksien hallintaa. Öljyn vaihtaminen kivihien polttamiseen on juuri tätä osaoptimointia, jossa kokonaisvaikutus voi pahimmillaan muuttua negatiiviseksi.



## Lähteet

- [1] T. Santa-Nokki, M. Haavisto ja J. Vuorela, "Sähköautot ja Satakunnan teknologiametalliklusteri," 2020.
- [2] T. Nurmi, M. Vähätalo ja R. Saarimaa, "Magneettiteknologiaklusteri 2020," Turun yliopisto, 2011.
- [3] M. Paju, "Magneettiteknologiaklusteri 2020 - Kohti täyssähköistä yhteiskuntaa," nro 4, 2011.
- [4] Elinkeinoelämän keskusliitto, "Suomen vihreät investoinnit," [Online]. Available: <https://ek.fi/tutkittua-tietoa/vihreat-investoinnit/>.
- [5] Prizztech Oy, "Satakunnan akku- ja teknologiametallit - Tiekartta kasvuun," 2022.
- [6] Adamas Intelligence, "The Global Passenger EV Market to Deploy 762.9 GWh Onto Roads in 2023," 2023.
- [7] Adamas Intelligence, "State of Charge: EVs, Batteries and Battery Materials," 2022.
- [8] Prizztech Oy, "Sähköautot ja Satakunnan teknologiametalliklusteri," [Online]. Available: <https://www.prizz.fi/kehittamisteemat/teknologiametallit/kriittisten-kierratysmetallien-koetehdas-konsepti/hankeessa-tuotetut-selvitykset.html>.
- [9] Adamas Intelligence, "As Anchors Cut Free, NdPr Oxide Price Set to Sail Higher," 25 10 2022. [Online]. Available: <https://www.adamasintel.com/ndpr-oxide-price-to-sail-higher/>.
- [10] C. Baldé, V. Forti, R. K. V. Gray ja P. Stegmann, "The Global E-waste Monitor – 2017," International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn, 2017.
- [11] A. Väisänen, "Kriittisten raaka-aineiden selektiivinen talteenotto SE-romusta," Jyväskylän yliopisto, 2018.
- [12] M. Haavisto, "NdFeB magneettien kierrätysdemonstraatio," 2019.
- [13] T. Santa-Nokki, "Smart Metal - Arvometallien kiertotalouden mekaaniset erotusmenetelmät ja digitalisaatio," 2023.

---

# Kohti turvallista ja tehokasta akkujen kiertotaloutta

Johanna Valio, DI, YTM, asiantuntija, [johanna.valio@samk.fi](mailto:johanna.valio@samk.fi)

---

Materiaalien kaivaminen ja jalostus akkumateriaaleiksi on energia- ja pääomaintensiivistä. Uusiutumattomia luonnonvaroja on maapallolla rajallinen määrä, joten on tärkeää, että maaperästä otettu ja jalostettu materiaali pidetään kierrossa mahdollisimman kauan: otetaan talteen ja käytetään uudelleen. Toisaalta raaka-aineiden kierrossa pitämisen ja kierrätyksen tulisi olla vähäpäästöisempää ja kuluttaa vähemmän energiaa kuin primäärien raaka-aineiden kaivamisen ja jalostuksen, jotta kokonaisvaikutus olisi suotuisa.

Yritystasolla akkujen kiertotalouden tulisi olla kannattavaa ja turvallista, jotta se voisi menestyä liiketoimintana. Kannattavuuden edellytyksenä on, että prosessit, joilla akut esimerkiksi valmistellaan uudelleenkäyttöön tai joilla akut puretaan ja niiden sisältämiä materiaaleja otetaan talteen, ovat tehokkaita, ja lopputuotteille löytyy asiakkaita. Koska akut teknologiana kehittyvät nopeasti ja akkumateriaalimarkkinat vastaavasti elävät, tarvitaan kiertotalouden ratkaisuilta myös ennakoitavuutta ja muunneltavuutta. Ratkaisujen on lisäksi oltava turvallisia ihmisille ja ympäristölle, sillä akut ovat sähkökemiallisia tuotteita ja sisältävät haitallisia aineita.

Tässä artikkelissa pyritään hieman valottamaan akkujen kiertotalouden monimutkaisuutta ja haasteita.

## Litiumioniakkujen tuotanto on moninkertaistunut 30 vuodessa

Sitten litiumioniakkujen kaupallistamisen 1990-luvun alussa akkujen käyttökohteet ovat monipuolistuneet alkuvaiheen kannettavasta kuluttajaelektroniikasta muun muassa sähköautojen ja kevyempien kulkuneuvojen käyttövoimaksi, työkoneisiin sekä energian varastointiin suuressa mittakaavassa. Akkujen materiaalikoostumus samalla kehittynyt ja materiaaleja ja sovelluskohtaisia materiaaliyhdistelmiä ja lisäaineita kehitetään edelleen vastamaan sovellusten erilaisia vaatimuksia, jotka voivat liittyä esimerkiksi energiatiheuteen, tehoon, tiheästi toistuvien lataus-purkusyklien tai äärisääolosuhteiden kestoon tai turvallisuuteen.

30 vuodessa litiumioniakkujen kysyntä ja tuotanto on kasvanut moninkertaiseksi: perinteiset lyijyakut (omine tyyppillisine sovelluskohteineen) olivat globaalisti eniten tuotettu ja käytetty ladattavien akkujen tyyppi 2020-luvun alkuun saakka [1], kunnes litiumioniakut ohittivat ne. Pelkästään sähköisiin henkilö- ja hyötyajoneuvoihin globaalisti tarvittu litiumioniakkukapasiteetti kasvoi Kansainvälisen energiajärjestön IEA:n mukaan 2016–2022 yli kymmenkertaiseksi: noin 50 GWh:sta noin 550 GWh:iin [2]. Vuoteen 2030 mennessä ajoneuvoihin liittyvän litiumioniakkujen kapasiteettitarpeen arvioidaan edelleen kasvavan noin 4 300 GWh:iin eli lähes kahdeksankertaistuvan - kokonaistarpeen noustessa 4 700 GWh:iin [3].

## Monivaiheiset kierrätysprosessit

Litiumioniakkujen kierrätysprosessien optimointiin on panostettu akkujen yleistyessä ja akkuraaka-aineiden kysynnän kasvaessa. Kun akut muutama vuosikymmen sitten saattoivat olla kierrätysprosessissa vain yksi syötelaaji muiden joukossa tai erityyppisiä akkuja kierrätettiin samoissa (usein pyrometallurgisissa) prosesseissa, on maailmassa tänä päivänä kymmeniä, pelkästään (litiumioni)akkujen kierrätykseen kehitettyjä teollisia prosesseja [4]. Monet prosesseista on kehitetty akkujen valmistusprosessin aikana muodostuvan tuotantojätteen käsittelemiseksi ja palauttamiseksi takaisin tuotantoprosessiin – globaalisti tuotantojäte muodostaa vielä tällä hetkellä merkittävimmän osan kierrätysprosessin syötteestä.

Aivan aluksi – jatkotalteenotto-prosessin tyyppistä riippumatta - suurista akkujärjestelmistä (kuten sähköauton akustot) puretaan ensin sähkövaraus, minkä jälkeen akustot puretaan vähintään moduulitasolle ja virtajohtimet, ”kehikot” ja muut ulkoiset osat erotellaan varsinaisista akuista/moduuleista. **Esikäsittelyvaiheiden automatisoimiseksi etsitään ratkaisuja**, jotta tulevaisuuden suuremmat kierrätysvolyymit saataisiin tehokkaasti ja turvallisesti käsiteltyä. **Haasteita automatisoinnille tuovat mm. akkujärjestelmien lukuisat erilaiset kokoonpanot ja komponenttien kiinnitystavat** eikä täyttä automatisointia pidetä tällä hetkellä realistisena saavuttaa [5, 6].

Olemassa olevat teolliset litiumioniakkujen kierrätysprosessit on perinteisesti jaettu pyrometallurgisiin ja hydrometallurgisiin. **Pyrometallurgisille talteenotto-prosesseille on yhteistä akkujen/väli tuotteiden käsittely korkeassa/ korkeahkossa lämpötilassa.** Prosessit vaihtelevat paljonkin siinä suhteessa, mitä erilaisia yksikköprosesseja kierrätysprosessi kokonaisuudessaan sisältää. Se, mitä esikäsittelyä syötteelle tehdään ja mitä pyrometallurgista käsittelyä seuraa

(tai edeltää), riippuu esimerkiksi siitä, mikä prosessin tavoiteltu lopputuote on, käsitelläänkö samalla kertaa myös muita tuotteita kuin litiumioniakkuja tai millaisia fyysisiä rajoituksia käsiteltävälle kappalekoolle on [7].

Tuotteena on yleensä metalliseos, jota vielä prosessoidaan hydrometallurgisesti lopputuotteeksi/-tuotteiksi. Tyypillisesti litiumioniakuista saadaan talteen metalliseoksena kupari, koboltti ja nikkeli [8]. Esimerkiksi sulatusuunissa litium menetetään kuonaan, josta se kuitenkin on mahdollista ottaa jälkikäteen talteen hydrometallurgisella prosessilla [7], jos se katsotaan kannattavaksi. Pyrometallurgisten prosessien **etuna on mahdollisuus käsitellä samalla kertaa erilaisia akkukemioita. Energiankulutus ja joidenkin materiaalien menetys kuonaan ovat menetelmän haittapuolia.**

**Hydrometallurgisissa kierrätysprosesseissa materiaaleja otetaan talteen liuotusta seuraavilla peräkkäisillä erotusmenetelmillä.** Ennen liuotusvaihetta akkuja on käsiteltävä mekaanisesti, jotta liotusprosessin syötemateriaali on oikeanlainen: yleensä kappalekokoa pienennetään murskaamalla ja/tai jauhamalla, ja syntyvistä murskeista erotellaan materiaaleja magneettisuuden, tiheyden tai muiden materiaaliominaisuuksien perusteella. Myös lämpötilakäsittelyjä voidaan hyödyntää erityisesti irrottamaan arvokkaimmat elektrodiaktiivimateriaalit virrankeräimistä sidosaineet hajottamalla.

**Onnistunut esikäsittely- ja erotteluvaihe on edellytys materiaalien talteenoton onnistumiselle korkeina pitoisuuksina.** Tavoitteena on saada eroteltua varsinaisen hydrometallurgisen talteenottovaiheen syötteeksi menevästä seoksesta pois rauta, alumiini, kupari, polymeerit ja muut talteenottoa häiritsevät materiaalit, jotta arvokkaimpien (katodi-)materiaalien talteenotto prosentti ja puhtausaste saadaan korkeaksi. Yleensä hydrometallurgisilla prosesseilla tähdätään tuottamaan **materiaalia uusien akkujen tuotantoon.**

Toisin kuin pyrometallurgisiin prosesseihin, hydrometallurgiseen prosessiin ei voida syöttää sekaisin kaikkia tämänhetkisiä tyypillisiä litiumioniakkukemioita: erityisesti litiumrauta-fosfaattikennot (LFP) eivät sovellu käsiteltäväksi koboltti- ja nikkelpitoisten materiaalien käsittelyyn tarkoitettussa talteenotto-prosessissa, koska sekä rauta että fosfori häiritsevät kobolttin ja nikkelin talteenottoa [6]. Litiumrauta-fosfaattikennojen ja litiummangaanioksidikennojen kierrätystä erikseen hydrometallurgisesti taas ei ole pidetty kannattavana kennojen sisältämien materiaalien alhaisen arvon vuoksi [6].

Tällä hetkellä LFP-kennojen kierrätys tapahtuu tyypillisesti lähellä tuotantoprosesseja, ja taloudellinen intressi on toistaiseksi ollut erityisesti **litiumin talteenotossa**. Niin sanottua **“direct recycling”** -prosessia, jossa katodiyhdiste otetaan talteen mahdollisimman ehjänä rakenteena ja “virkistetään” käytettäväksi uusiin katodeihin, on pidetty potentiaalisena talteenotto-prosessina LFP-kennoille [6]. Tällä menetelmällä myös mm. fosfori ja rauta saataisiin LFP-kennoista talteen litiumin ohella. Myös akkutyypin porrastettua käyttöä eli uudelleenkäyttöä ennen kierrätystä on pidetty houkuttelevana, koska se voi lisätä akusta saatavaa tuottoa ja pienentää sen elinkaaren aikaisia vaikutuksia [9].

## **Kustannustehokas kierrätys edellyttää tehokasta lajittelua ja tunnistamista**

Ensimmäiset kierrätetyt litiumioniakut olivat matkapuhelinten ja vastaavien sovellusten akkuja. Kierrätysjätteen koostumus oli korkeakobolttipitoinen ja koboltista saatavan hinnan ollessa korkea kierrätysprosessin kustannuksissa oli enemmän liikkumavaraa ylöspäin. Tänä päivänä **kierrätettävien litiumioniakkujen joukko on kooltaan ja koostumukseltaan jo huomattavasti kirjavampi lähtötuote kierrätysprosessille**. Toisaalta edelleenkin valtaosa elinkaarensa päähän tulevista litiumioniakuista on kannettavia akkuja mm. kuluttajaelektroniikasta, mutta **akkujen materiaalikoostumus on jo ehtinyt muuttua**. Ensi vuosikymmenellä kannettavat akut muodostavat enää pienen osan akkujen kierrätysvirrasta [10]. Tämä **kehitys haastaa kierrätysprosessien kannattavuuden**.

Erilaisten litiumioniakkujen kierrättäminen niille optimoiduissa prosesseissa voi lisätä lopputuotteen puhtautta ja arvoa ja parantaa eri materiaalien talteenotto-prosenttia, mutta asettaa myös vaatimuksia akkutyypin lajittelulle ennakoon. **Lajittelutarve / valikointitarve kasvaa entisestään** seuraavan sukupolven akkujen saavuttaessa elinkaarensa lopun – tämä on **tärkeää myös akkujen turvallisen käsittelyn ja kierrätyksen näkökulmasta** [5]. Talteenotto-prosessien kehittäminen kiinteän elektrolyytin kennoille, natriumioniakuille ja muille uusille akkutyypeille on vielä alkuvaiheessa [6], mutta tuntuu todennäköiseltä, että varsinkin litiumia sisältämättömät akut kierrätetään tulevaisuudessa aivan omissa prosesseissaan.

Circular Energy StoraGen mukaan vuonna 2018 litiumioniakkuja saatettiin markkinoille yli miljoona tonnia [10]. Vuodelle 2030 vastaava ennuste on lähes 19 miljoonaa tonnia [11]. Ennusteiden mukaan kierrätysvaiheeseen tulevien akkujen määrä lisääntyy voimakkaasti 2030-luvulla [3]: **vuonna 2030 jo 1.2 miljoonan tonnin litiumioniakkuja**

**ennustetaan tarvitsevan kierrätystä** [12]. Akkujen elinikä vaihtelee käyttökohteen mukaan muutamasta vuodesta jopa lähemmäs 20 vuoteen. Myös eliniän hajonta samassa sovelluksessa käytetyille akulle voi olla useita vuosia. **Tietynä hetkenä kierrätykseen päätyvät akut on siten voitu valmistaa hyvin pitkän aikavälin kuluessa** [13], mikä lisää kierrätysakkujen **materiaalikoostumuksen kirjavuutta**.

**Homogeeninen kierrätysakkuvirta, jolle löytyy kannattava käsittelyprosessi ja maksavia asiakkaita, kierrätetään ja siitä kilpaillaan:** tietynlaisia akkumateriaaleja valmistava yritys tai niitä tarvitseva akkujen-/autonvalmistaja on valmis maksamaan akuista, joiden materiaalit soveltuvat omaan valmistusprosessiin. On todennäköistä, että sähköauton akkujen kierrätystä integroidaan tulevaisuudessa entistä tiiviimmin sähköautojen valmistuksen arvoketjuun. Intressi tähän on suuri jalostus- ja toimitusketjujen yksinkertaistamiseksi ja huoltovarmuuden lisäämiseksi. Itsenäinen kierrätysyritys on puolestaan valmis maksamaan akuista/materiaalista, jotka ovat kustannustehokkaasti jalostettavissa sellaiseksi lopputuotteeksi, jolle löytyy asiakas. **Uusia innovaatioita tarvitaan edullisempia materiaaleja sisältävien akkujen kannattavaksi ja lainsäädännön talteenottovaateet täyttäväksi kierrättämiseksi.**

**Homogeenisen materiaaliavirran aikaansaaminen edellyttää lajittelua** (jossakin kohdassa prosessia) ja/tai arvoketjun eri toimijoiden välisiä yhteistyösopimuksia, joilla rajataan kierrätykseen saapuvien akkujen kirjoa ja taataan valmistajalta saatavat tarkemmat tiedot kierrätykseen saapuvista akuista. Lajittelua ja tunnistamista pyritään helpottamaan myös lainsäädännöllä. Euroopassa heinäkuussa 2023 voimaan tulleen akkuasetuksen myötä EU-alueella tuotettuihin/sille tuotuihin akkuihin vaaditaan siirtymäajan jälkeen QR-koodi tai digitaalinen akkupassi, jotka antavat tietoa mm. materiaalikoostumuksesta. Myös esimerkiksi Kiinassa akkujen parempaan tunnistamiseen ja materiaaliavirtojen hallintaan tähtäävää lainsäädäntöä ja muita ohjauskeinoja on otettu käyttöön vuosikymmenen vaihteesta saakka [14]. Akkujen kiertotalouteen vaikuttaakin myös laajempi konteksti, kuten maantieteellinen sijainti, ympäröivä ekosysteemi sekä yhteiskunnan ohjaus- ja tukimekanismit.

## **Johtopäätökset**

Akkujen määrän ja niiden sovelluskohteiden lisääntyminen, akuissa käytettyjen materiaalien kirjo, kilpailu akkumateriaaleista ja uusien kierrätysprosessien kehittäminen haastavat akkujen kiertotaloutta tulevaisuudessa. Akkujen asianmukainen lajittelu ja tunnistus on entistä tärkeämpää, jotta akkujen turvallinen ja kannattava kiertotalous olisi mahdollista.

Robottiikan, konenäön ja laserspektroskopian soveltava tutkimus ovat RoboAI tutkimus- ja tuotekehityskeskusten Green- ja Industry-tiimien ydinosaamista. Kun yhtälöön lisätään tekoäly, on tiimeissä vahvat lähtökohdat kehittää uusia ratkaisuja akkujen kiertotalouden tulevaisuuden haasteisiin.

Tekoälyn ja koneoppimisen avulla laserspektroskopiasta on mahdollisuus kehittää tehokas materiaalien tunnistusmenetelmä osaksi teollisuuden prosesseja. Konenäön ja koneoppimisen avulla voidaan helpottaa erilaisten akkukennojen ja paristojen lajittelua asianmukaisesti jatkoprosesseihin. Kiinteä yhteistyö Satakunnan alueen akku- ja teknologiametalliklusterin kanssa antaa lisäksi hyvät mahdollisuudet kehitettyjen ratkaisujen pilotointiin teollisessa ympäristössä.

Osaaminen ja yhteistyö vievät kohti turvallista ja tehokasta akkujen kiertotaloutta.

## Lähteet

- [1] C. Pillot. "The Rechargeable Battery Market and Main Trends 2020 – 2030". Presentation at BATTERIES 2021, Lyon, France, Septembre 2021. Haettu 31.7.2023 osoitteesta: [https://www.avicenne.com/articles\\_energy.php](https://www.avicenne.com/articles_energy.php).
- [2] IEA. "Trends in Batteries". Haettu 2.8. osoitteesta: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023/trends-in-batteries>.
- [3] McKinsey & Company. "Battery 2030: Resilient, sustainable, and circular". Haettu 3.8.2023 osoitteesta: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-2030-resilient-sustainable-and-circular>.
- [4] T. Tsogt. "List of companies involved in battery recycling 2021". Haettu 27.7.2023 osoitteesta: <https://payhip.com/b/iUy6b>.
- [5] G.D.J. Harper et al. "Roadmap for a sustainable circular economy in lithium-ion and future battery technologies". J. Phys. Energy 2023, 5, 021501. DOI: [10.1088/2515-7655/acaa57](https://doi.org/10.1088/2515-7655/acaa57).
- [6] J. Neumann, M. Petranikova, M. Meeus, J. D. Gamarra, R. Younesi, M. Winter, S. Nowak. "Recycling of Lithium-Ion Batteries—Current State of the Art, Circular Economy, and Next Generation Recycling." Adv. Energy Mater. 2022, 12, 2102917. DOI: [10.1002/aenm.202102917](https://doi.org/10.1002/aenm.202102917).
- [7] B. Makuza, Q. Tian, X. Guo, K. Chattopadhyay, D. Yu, "Pyrometallurgical options for recycling spent lithium-ion batteries: A comprehensive review". Journal of Power Sources 2021, 491. DOI: [10.1016/j.jpowsour.2021.229622](https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2021.229622).
- [8] O. Velázquez-Martínez et al. "A Critical Review of Lithium-Ion Battery Recycling Processes from a Circular Economy Perspective" Batteries 2019, 5(4):68. DOI: [10.3390/batteries5040068](https://doi.org/10.3390/batteries5040068).
- [9] M. Wang et al. "Recycling of lithium iron phosphate batteries: Status, technologies, challenges, and prospects". Renewable and Sustainable Energy Reviews 2022, 163, art. no. 112515. DOI: [10.1016/j.rser.2022.112515](https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112515).
- [10] H.E. Melin, 2019 "The lithium-ion battery end-of-life market – A baseline study." Haettu 26.7.2023 osoitteesta: [https://www3.weforum.org/docs/GBA\\_EOL\\_baseline\\_Circular\\_Energy\\_Storage.pdf](https://www3.weforum.org/docs/GBA_EOL_baseline_Circular_Energy_Storage.pdf).
- [11] CES online. "Placed on the Global Market – Chemistries." Haettu 8.11.2023 osoitteesta: <https://www.circularenergystorage-online.com/>.

- [12] PV Magazine: "Lithium batteries – 1.2m tons ready for recycling by 2030". Haettu 26.7.2023 osoitteesta: <https://www.pv-magazine.com/2019/11/04/lithium-batteries-1-2m-tons-ready-for-recycling-by-2030/>.
- [13] L. Gaines, J. Zhang, X. He, J. Bouchard, H.E. Melin, "Tracking Flows of End-of-Life Battery Materials and Manufacturing Scrap." Batteries 2023, 9, 360. DOI: [10.3390/batteries9070360](https://doi.org/10.3390/batteries9070360).
- [14] L. Wei, C. Wang, & Y. Li. "Governance strategies for end-of-life electric vehicle battery recycling in China: A tripartite evolutionary game analysis." Frontiers in Environmental Science.2022, 10. DOI: [10.3389/fenvs.2022.1071688](https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1071688).



---

# RoboAI Intelligent Systems

---

RoboAI Intelligent Systems osakokonaisuuden tutkijat toimivat pääasiassa Tampereen yliopiston Porin yksikössä, jossa tutkimus painottuu generatiivisen tekoälyn ja laajojen kielimallien sekä datalähtöisen mallinnuksen sovelluksiin. Älykkäiden järjestelmien ja data-analytiikan avulla on mahdollista parantaa ja tehostaa liiketoiminnan prosesseja sekä tuottaa faktapohjaista tietoa päätöksenteon tueksi. Tutkijat toimivat kiinteässä yhteistyössä Satakunnan elinkeinoelämän kanssa tavoitteenaan parantaa yritysten kilpailukykyä ja synnyttää uutta liiketoimintaa uusien tekoälypohjaisten ratkaisujen avulla. Osana kansainvälistä tiedeyhteisöä ryhmän tutkijat osallistuvat teknologian kehittämiseen ja julkaisevat tutkimustuloksiaan tieteellisillä foorumeilla.

---

# ChatGPT yrityksen johdon työkaluna

*Pekka Abrahamsson, FT, ohjelmistotekniikan professori, Tampereen yliopisto,*

[pekka.abrahamsson@tuni.fi](mailto:pekka.abrahamsson@tuni.fi)

---

## Johdanto

Viime vuosikymmenen aikana teknologian kehitys on ollut merkittävää. Tekoälyn ja koneoppimisen alueella tapahtunut edistys on vaikuttanut useisiin toimialoihin. Tekoäly mahdollistaa suurten datamäärien käsittelyn ja analysoinnin, mikä on johtanut uusiin keksintöihin, tehokkuuden lisäämiseen ja liiketoimintamallien muutoksiin. Tämä teknologinen kehitys on tehnyt tekoälystä tärkeän työkalun yrityksille, jotka haluavat pysyä kilpailukykyisinä ja innovatiivisina.

Generatiiviseen tekoälyyn pohjautuvat sovellukset ovat saaneet merkittävää huomiota liike-elämässä. Ne vaikuttavat kommunikaatioon, päätöksentekoon ja yritystoiminnan hallintaan. Erityisesti ChatGPT (Kuva 1), yksi tunnetuimmista tekoälypohjaisista chatboteista, on herättänyt kiinnostusta yritysjohtajien keskuudessa.

Tässä artikkelissa keskitymme ChatGPT:n rooliin yritysjohtamisessa, sen käytännön sovelluksiin ja mahdollisuuksiin. Tarkastelemme myös, miten se voi auttaa yrityksiä kasvamaan ja menestymään kilpailuympäristössä. Esittelemme konkreettisia esimerkkejä ja tarjoamme asiantuntijanäkemyksiä siitä, miksi ChatGPT voi olla arvokas työkalu nykypäivän yritysjohtajille. Artikkelin kirjoitusprosessissa on hyödynnetty ChatGPT:n lisäksi myös Googlen Bard:ia ja Anthropicin Claude 2-tekoälyä.

PE

Käytä Flywheel Model:ia analysoimaan verkkokauppaliiketoimintaani, joka sijaitsee Porissa, Satakunnassa ja myy liikelahjoja. Ymmärrä, kuinka luoda vauhtia asiakashankinnassa ja asiakaspysyvyydessä.



### Flywheel-malli verkkokauppaliiketoiminnan analysoimiseksi

Flywheel-malli on moderni tapa ymmärtää asiakaspolkua ja liiketoiminnan kasvua. Se korvaa perinteisen suppilomallin ja keskittyy asiakaskokemuksen parantamiseen jatkuvasti pyörivän "vauhtipyörän" avulla. Tässä on analyysi siitä, kuinka voit soveltaa Flywheel-mallia liikelahjoja myyvään verkkokauppaasi Porissa, Satakunnassa.

#### 1. Asiakashankinta

##### Markkinointi:

- **Paikallinen SEO:** Koska liiketoimintasi on paikallinen, optimoi verkkosivusi paikalliseen hakukoneoptimointiin (SEO).
- **Sosiaalinen media:** Käytä alueellisia tunnisteita ja paikallisia yhteisöjä hyväksesi sosiaalisen median markkinoinnissa.
- **Kumppanuudet:** Tee yhteistyötä muiden paikallisten yritysten kanssa ja tarjoa yhteisiä liikelahjapaketteja.

##### Myynti:

- **Verkkokaupan käytettävyys:** Varmista, että verkkokauppa on helppokäyttöinen ja mobiililystävällinen.

Kuva 1. ChatGPT:n käyttöliittymä.

## ChatGPT:n historiaa

ChatGPT on OpenAI:n kehittämä tekoälypohjainen keskusteluavustaja, joka perustuu GPT-4-kielimalliin [1]. Se on suunniteltu ymmärtämään ja tuottamaan luonnollista kieltä, ja se on koulutettu suurella määrällä tekstiä eri lähteistä. ChatGPT:n historia juontaa juurensa GPT-2:een, joka oli yksi ensimmäisistä suurista transformer-pohjaisista malleista ja sai paljon huomiota sen kyvystä tuottaa yhtenäisiä ja johdonmukaisia tekstejä. Voidaan sanoa, että GPT-2 oli kuin 5-vuotias pieni lapsi, joka osaa muodostaa itsenäisiä lauseita ilman virheitä. GPT-3 toi mukanaan merkittäviä parannuksia ja laajensi sovellusmahdollisuuksia, minkä jälkeen GPT-4 toi entistä suuremman mallin ja paremman suorituskyvyn. ChatGPT on nyt tunnetuin tekoälypohjaisista keskusteluavustajista maailmassa. GPT-3.5 -kielimallia luonnehditaan kuin lukiolaisena, joka on innokas vastaamaan, muttei aina tiedä mistä puhuu. GPT-4 taas osaa jo kymmenen tuhannen erilaisen työn sisällön. GPT-5 on tätä kirjoitettaessa koulutusvaiheessa ja se julkistettaneen vuoden 2024 aikana.

## ChatGPT:n käyttökohteita teollisuudessa ja liiketoiminnassa

Bahrini et al. [2] mukaan ChatGPT tarjoaa laajan valikoiman sovellusmahdollisuuksia liiketoiminnan eri sektoreilla. Erityisesti toimitusketjun hallinnassa se voi auttaa monin tavoin. Esimerkiksi **kysynnän ennustamisessa** ChatGPT voi analysoida historiallista dataa ja markkinatrendejä, jolloin yritykset voivat optimoida varastonhallintaa ja tuotantosuunnittelua. Se voi myös auttaa **varaston optimoinnissa** analysoimalla yrityksen varastodataa ja ehdottamalla tapoja parantaa varastotasoa, vähentää varastojen puutteita ja säästää kustannuksia. Lisäksi ChatGPT voi auttaa **valitsemaan ja arvioimaan potentiaalisia toimittajia** erilaisten kriteerien, kuten laadun, hinnan ja toimitusajan, perusteella. Tekoäly voi myös **optimoida logistiikkaa**, kuten reitin suunnittelua ja kuljetusyhtiöiden valintaa, sekä **tunnistaa toimitusketjun riskejä** ja ehdottaa keinoja niiden hallitsemiseksi.

Vaikka ChatGPT:n hyödyntäminen tarjoaa monia etuja, kuten **kustannussäästöjä, tehokkaampaa päätöksentekoa ja parantunutta toiminnan suunnittelua**, on tärkeää olla tietoinen myös sen mahdollisista riskeistä ja rajoituksista. Yksi keskeinen huolenaihe on liiallinen riippuvuus teknologiasta. Jos yritys nojaa liikaa ChatGPT:n ennusteisiin ja suosituksiin, se voi menettää kykynsä tehdä harkittuja päätöksiä, erityisesti jos tekoälyn tuottamat tulokset ovat epätarkkoja tai vinoutuneita. Toinen huomioon otettava seikka on kyberturvallisuus. ChatGPT:n tehokas toiminta edellyttää suurten datamäärien saatavuutta, mikä voi tehdä järjestelmästä haavoittuvan kyberhyökkäyksille. Tämä voi johtaa tietovuotoihin tai jopa koko toimitusketjun manipulointiin [2].

## Svään päätyyn: Kehotteet ja niiden antaminen

Kehotetekniikka (engl. Prompt Engineering) on prosessi, jossa tekoälymallit saavat tarkasti suunnitellut ohjeet tai kehotukset, joiden avulla niiden toimintaa voidaan ohjata haluttuun suuntaan [3]. Tekniikan perusajatuksena on, että antamalla tarkat ja yksityiskohtaiset kehotukset voidaan tekoälymallien tuottamia tuloksia tehdä tarkemmiksi ja relevantimmiksi. Kehotetekniikassa aloitetaan määrittelemällä tarkka tavoite, jonka jälkeen kerätään kaikki kyseiseen tavoitteeseen liittyvä tieto. Tämän pohjalta luodaan alustava kehote, joka testataan ja hienosäädetään useaan otteeseen. Koko prosessi on iteratiivinen ja vaatii jatkuvaa arviointia ja muutosten tekemistä kehotteeseen sen perusteella, miten malli reagoi siihen.

Tekniikassa on erilaisia lähestymistapoja, kuten rooli-, nolla- (engl. zero-shot), yksi- (engl. 1-shot) ja muutama (engl. Few-shot) -kehotustapa, joilla voidaan ohjata mallin toimintaa eri tavoin [4]. Esimerkiksi roolikehotus tarjoaa mallille kontekstuaalisia vihjeitä, kun taas nolla-kehotustapa antaa mallille yksittäisen kehotteen ilman lisäkoulutusta. Yksi- ja muutama-kehotustavassa mallille annetaan yksi tai useampi esimerkki, joka auttaa sitä ymmärtämään, miten vastata kehotteeseen oikein.

Vaikka kehotetekniikalla on monia etuja, kuten parantunut tarkkuus ja mahdollisuus mukauttaa malli eri toimialoille, siinä on myös ongelmia. Kehotteiden suunnittelussa voi olla vaara vahvistaa olemassa olevia ennakkoluuloja, ja se voi olla aikaavievää. Lisäksi on tärkeää huomata, että tekoälymallit ovat herkkiä sille tiedolle, jota ne saavat; epätarkat tai harhaanjohtavat kehotteet voivat johtaa epätarkkoihin tai merkityksettömiin tuloksiin.

Yritysjohtajat voivat hyödyntää kehotetekniikkaa monin eri tavoin tehostaakseen päätöksentekoa, parantaakseen asiakaspalvelua tai optimoidakseen sisäisiä prosesseja. Otetaan esimerkiksi tehtävä, jossa yritysjohtaja haluaa tekoälymallin analysoivan yrityksen viime kvartaalin myyntidataa ja tuottavan strategisia suosituksia tulevaa kvartaalia varten.

Ensimmäisessä vaiheessa yritysjohtaja määrittelee tarkan tavoitteen: **"Analysoi viime kvartaalin myyntidata ja tuota strategisia suosituksia seuraavalle kvartaalille."** Tämän jälkeen kerätään kaikki relevantti data, kuten myyntitilastot, asiakaspalautteet ja kilpailijoiden toimet samalta ajanjaksolta.

Seuraavaksi luodaan alustava kehote tekoälymallille, joka voisi olla seuraavanlainen: **"Käyttäen viime kvartaalin myyntidataa, asiakaspalautteita ja kilpailijoiden toimintaa, analysoi yrityksen suoritus ja tuota kolme strategista suositusta seuraavalle kvartaalille. Suosituksissa tulee olla perustelut ja ne tulee esittää prioriteettijärjestyksessä."**

Tekoälymallintuottamiatuloksia tarkastellaan huolellisesti. Jos tulokset ovat epätarkkoja tai eivät ole linjassa yrityksen tavoitteiden kanssa, kehotetta hienosäädetään. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi kehotteen muotoilun tarkentamista tai lisädatan antamista mallille. Lähtökohtana kehotteen luomiselle voisi olla Taulukossa 1. esitetyt lähtökohdat. Iteoimalla näistä, voidaan saada varsin tarkkaa kuvaa yrityksen nykytilanteesta ja mahdollisuuksista.

Taulukko 1. Erilaisia kehoitteita yritysjohdolle.

#	Toiminto	Kuvaus
1	Taloudellinen tilanne	Mikä on yrityksen nykyinen taloudellinen tilanne ja miten se vaikuttaa strategiaan?
2	Henkilöstöstrategia	Miten yritys aikoo houkutella, kehittää ja säilyttää lahjakkuutta?
3	Markkinatilanne	Mikä on yrityksen asema markkinoilla ja miten se aikoo erottua kilpailijoista?
4	Asiakassuhteet	Miten yritys aikoo rakentaa ja ylläpitää vahvoja asiakassuhteita?
5	Innovaatio	Mikä on yrityksen suunnitelma tuote- tai palveluinnovaatioille?
6	Toimitusketju	Miten yritys aikoo optimoida toimitusketjunsä tehokkuuden ja kestävyuden?
7	Riskienhallinta	Mitkä ovat yrityksen suurimmat riskit ja miten niitä hallitaan?
8	Yrityskulttuuri	Minkälaista yrityskulttuuria yritys haluaa rakentaa ja ylläpitää?
9	Sidosryhmäsuhteet	Miten yritys aikoo ylläpitää suhteitaan sidosryhmiin, kuten osakkeenomistajiin, yhteistyökumppaneihin ja viranomaisiin?
10	Kestävä kehitys	Miten yritys aikoo edistää kestävää kehitystä ja ottaa huomioon ympäristö- ja yhteiskuntavastuun?

## ChatGPT:n laajennukset tuovat uusia kyvykkyyksiä

ChatGPT:een on tullut paljon uusia ominaisuuksia sen julkaisun jälkeen. Tärkeimmät uudet toiminnallisuudet ovat laajennuksia (plugins) ja Advanced Data Analytics -ominaisuus (julkaistiin aluperin Code Interpreter -nimellä).

ChatGPT:n laajennukset ovat suunniteltu laajentamaan ja mukauttamaan palvelun toiminnallisuutta [5]. Nämä lisäosat tarjoavat erilaisia toimintoja, jotka voivat vaihdella luonnollisen kielen käsittelystä erikoistuneempiin tehtäviin, kuten datan analysointiin tai kolmansien osapuolten palveluiden integrointiin. Open AI:n mukaan laajennusten tarkoituksena on täyttää käyttäjien erityistarpeita, jotka eivät välttämättä ole osa ChatGPT:n alkuperäistä toiminnallisuutta.

ChatGPT Plus -tilaajille on tarjolla yli 700 erilaista laajennusta, jotka on kehitetty eri kehittäjien ja yritysten toimesta. Nämä laajennukset voivat tarjota erilaisia toimintoja ja palveluita, jotka ulottuvat yksinkertaisista tehtävistä, kuten sääennusteiden hakemisesta, monimutkaisempiin toimintoihin, kuten verkkokauppa-integraatioihin.

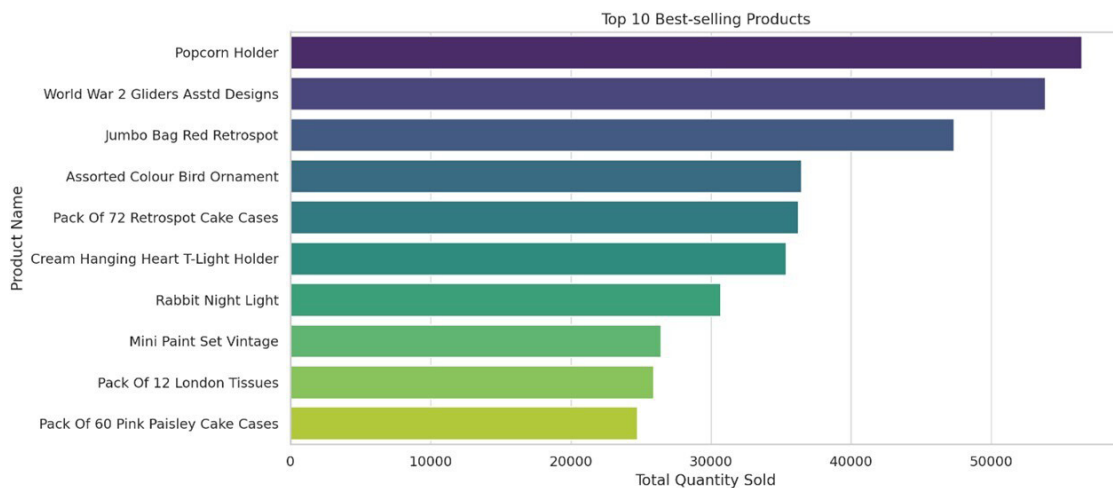
Laajennuksia on huima määrä, mutta muutamat näyttävät ansainneen paikkansa top-10 käyttölistauksissa. Tuoreen kirjoituksen<sup>2</sup> mukaan ChatGPT:n useat lisäosat tarjoavat erilaisia toimintoja. Expedia ja KAYAK ovat käytettävissä matka- ja hotellivarauksissa, ja Ask Your PDF mahdollistaa tiedon hakemisen PDF-tiedostoista. Link Reader tiivistää hakutuloksia ja OpenTable on suunniteltu ravintolavarausten tekemiseen. Prompt Perfect auttaa muotoilemaan kysymyksiä ChatGPT:lle, VoxScript mahdollistaa tiedon etsimisen YouTube-transkriptioista ja WolframAlpha tarjoaa vastauksia teknisiin kysymyksiin. There's an AI for That on suunniteltu auttamaan oikean tekoälyohjelman löytämisessä erityistehtäviin, What to Watch ehdottaa katsottavaa eri suoratoistopalveluista ja Zapier integroi erilaisia palveluita, kuten Google Kalenterin, Gmailin ja Slackin, automatisoiden työnkulkuja. Lisäosat laajentavat ChatGPT:n toiminnallisuutta ja tekevät siitä monipuolisemman työkalun erilaisiin tehtäviin.

## Lisää data-analytiikkaosaamista

Advanced Data Analytics on osa ChatGPT:n tarjoamia tuoreita palveluita se on suunnattu käyttäjille, jotka tarvitsevat monipuolisia datan käsittelymahdollisuuksia. Ominaisuus on kehitetty vastaamaan erilaisten toimialojen ja yritysten tarpeisiin, jotka vaihtelevat markkinoinnista talouteen ja henkilöstöhallintoon. Se tarjoaa käyttäjilleen mahdollisuuden suorittaa monimutkaisia laskutoimituksia, käsitellä tiedostoja ja suorittaa datan analysointia. Kyseessä on niin merkittävästä kehitysaskeleesta, että monet puhuvat jo ChatGPT4.5:stä. Ristiriitaisia viestejäkin kuitenkin kuuluu. Bioinformatiikan alalla kytkentöjen puuttuminen ja rajoitettu datankäsittelykyvykyys ovat haasteita [6].

Tuoreella palvelulla on kuitenkin monia käyttökohteita yritysjohtajille. Markkinointianalyysissä ominaisuutta voidaan käyttää myyntidatan lataamiseen ja erilaisten markkinointikampanjoiden tehokkuuden arviointiin. Taloudellisessa analyysissä se mahdollistaa tuloslaskelman ja taseen tietojen lataamisen sekä taloudellisten analyysien suorittamisen. Henkilöstöhallinnossa ominaisuus voi olla hyödyllinen henkilöstödataan, kuten työtyytyväisyyskyselyiden tulosten, analysoinnissa. Tuotekehityksessä se voi auttaa ymmärtämään, mitkä tuoteominaisuudet ovat asiakkaille merkittäviä asiakaspalautteen ja käyttäjätiedon perusteella. Asiakaspalvelussa analytiikkatoiminnot voivat auttaa tunnistamaan yleisimpiä kysymyksiä ja ongelmia. Toimitusketjun optimoinnissa ominaisuus voi auttaa tunnistamaan pullonkaulat ja tehottomuudet lataamalla toimitusketjudataa järjestelmään.

Esimerkinomaisesti Advanced Data Analytics-ohjelmistolle annettiin 41MB julkisesti saatavilla oleva data-aineisto<sup>3</sup>, jossa oli globaalin tuotemyynnin dataa 500 000 riviä ja kahdeksan saraketta. Sarakkeet ovat kauppatapahtuman numero, kauppatapahtuman päivämäärä, tuotteen numero, tuotteen nimi, tuotteen hinta, ostettu määrä, asiakasnumero, ja maa, josta asiakas on. Pyydettiin seuraavalla kehoitteella “tee 10 kuvailevaa visualisointia data-aineistosta” tekoälyä antamaan aineistosta tarkempia tietoja.



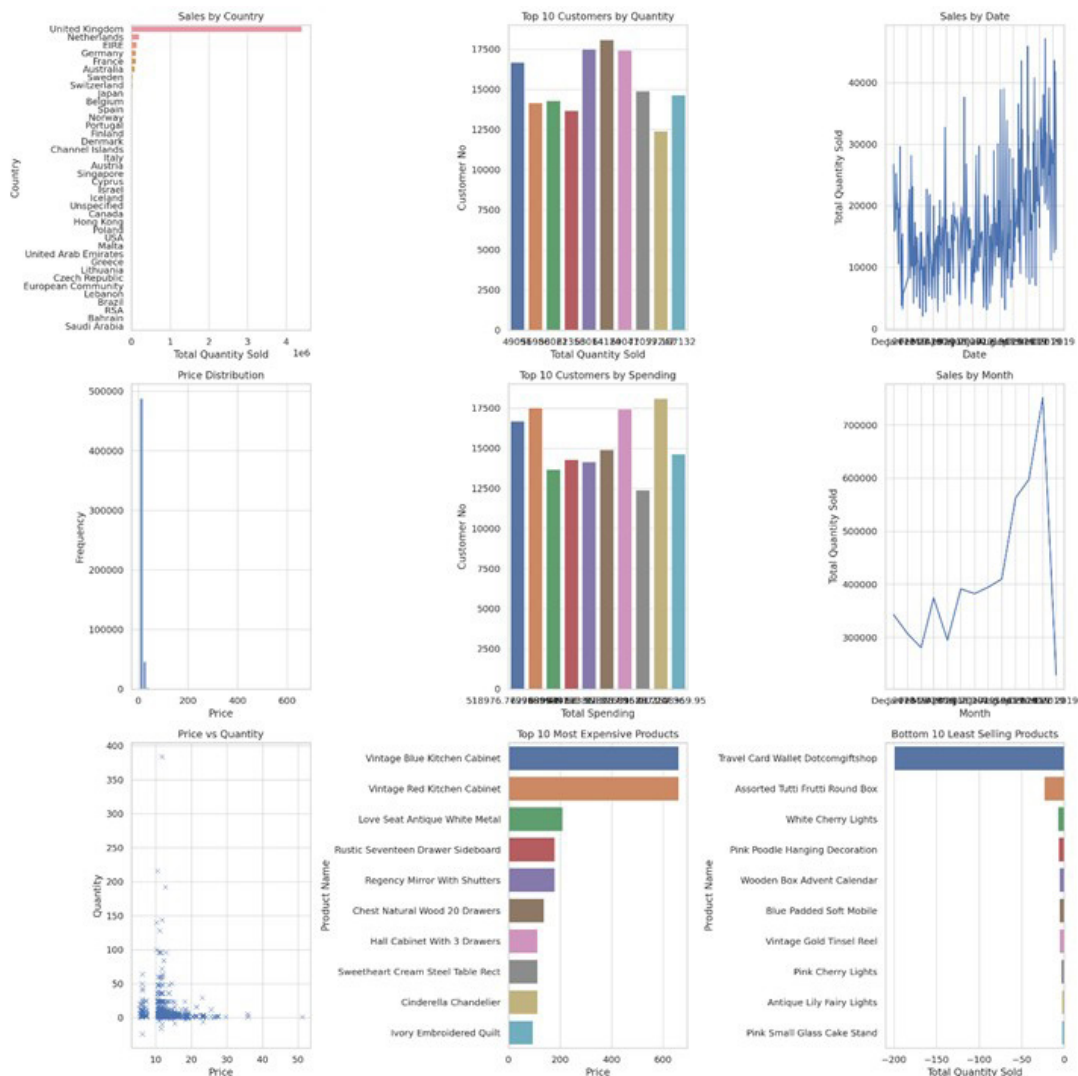
Kuva 2. Tekoälyn muodostama graafiaineisto.

Tuloksena saatiin ideoita, millaista data voidaan esittää. Myydyimpien tuotteiden TOP 10 -lista esittää 10 myydyintä tuotetta kokonaismäärän perusteella (Kuva 1). Myyntimäärät eri maissa näyttää, missä maissa on myyty eniten tuotteita. Asiakaskohtaiset ostot esittää 10 asiakasta, jotka ovat ostaneet eniten tuotteita. Myynti päivämäärän mukaan näyttää myyntimäärät eri päivinä. Tuotteiden hintajakauma esittää tuotteiden hintojen jakauman. Top 10 ostavaa asiakasta esittää 10 asiakasta, jotka ovat käyttäneet eniten rahaa. Myyntimäärät kuukausittain näyttävät myyntimäärät kuukausittain. Tuotteiden hintojen ja määrien suhde näyttää tuotteiden hinnan suhteessa myytyyn määrään. Top 10 kalleinta tuotetta esittää 10 kalleinta tuotetta. Määrällisesti vähiten myydyt 10 tuotetta esittää 10 tuotetta, joita on myyty vähiten. Näistä muodostettiin myös pyydetyksi kuvaajat, jotka löytyvä Kuvasta 3.

Analyysiä voi jatkaa kysymällä miksi-kysymyksiä joistain datan osa-alueista tai voi pureutua tarkemmin, vaikka yhteen mielenkiintoiseen kysymykseen. Puhutaan aivan uudenlaisesta kyvystä tehdä data-pohjaisia päätöksiä. Kyseessä on monitahoinen



kyvykkyys, joka yhdistää data-analytiikan, nopean iteraation, kommunikaatiotaidot, liiketoimintaymmärryksen, teknologisen osaamisen, joustavuuden ja eettisen ymmärryksen. Tämä kyvykkyys on yritysjohtajille erittäin tärkeä, koska se mahdollistaa heille nopean ja tarkan päätöksenteon monimutkaisissa ja muuttuvissa liiketoimintaympäristöissä. Ymmärrys siitä, miten dataa voidaan kerätä, analysoida ja visualisoida, on keskeistä. Samalla on välttämätöntä pystyä kommunikoimaan nämä havainnot selkeästi ja ymmärrettävästi niin, että ne voidaan ottaa huomioon liiketoimintastrategiassa. Teknologinen osaaminen, kuten ohjelmointikielet ja analytiikkatyökalut, nopeuttaa analyysiprosessia, kun taas eettinen ymmärrys varmistaa, että dataa käytetään vastuullisesti ja kestävästi. Tämä kyvykkyys on arvostettu eri toimialoilla, koska se edistää tehokkaampaa päätöksentekoa ja tuottaa selkeää kilpailuetua.



Kuva 3. Lisää visualisointeja 500 000 rivin data-aineistosta.

## Eettisyys ja yksityisyys ovat jatkossa entistä tärkeämpiä näkökulmia

Yritykset ja kuluttajat joutuvat miettimään miten kielimalleihin pohjautuvia tekoälysovellutuksia voidaan jatkossa käyttää. Eettinen ja vastuullinen kielimallien käyttö on mahdollista<sup>4</sup>, mutta vaatii osaamista ja resursseja. ChatGPT:ssä on havaittu useita hyvin ongelmallisia piirteitä (esim. [7]). Yritykset jatkossa tulevatkin kouluttamaan omia kielimallejaan käyttöön. Tällöin on pidettävä huoli siitä, että koulutusdatan tulee olla monipuolista ja edustaa laajaa näkökulmien kirjoa, jotta malli olisi mahdollisimman oikeudenmukainen ja läpinäkyvä. Tämä edellyttää myös säännöllisiä tarkistuksia ja arviointeja mallin mahdollisista vinoumista ja eettisistä ongelmista. Toiseksi, organisaatioiden on kehitettävä ja toteutettava eettiset ohjeistukset kielimallien kuten ChatGPT:n käytölle. Nämä ohjeistukset tulisi sovittaa yhteen laajemmin yhteiskunnallisten arvojen kanssa, jotta teknologia palvelisi laajemmin oppimista ja kehittymistä. Kolmanneksi, henkilökohtaisten tietojen ja datan suojaukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tämä tarkoittaa jämäköiden yksityisyyden ja tietoturvan toimenpiteiden toteuttamista sekä läpinäkyvyyden varmistamista tietojen keräämisessä ja käytössä. Lopuksi, on tärkeää kouluttaa käyttäjiä, sidosryhmiä ja kehittäjiä mallin rajoituksista, mahdollisista vinoumista ja parhaista käytännöistä.

### Lopuksi

Tässä artikkelissa keskityttiin tarkastelemaan ChatGPT:n roolia yritysjohtamisessa ja sen käytännön sovelluksissa. Tarkastelimme miten se voi auttaa yrityksiä kasvamaan ja menestymään kilpailuympäristössä. Esittelimme konkreettisia esimerkkejä ja asiantuntijanäkemyksiä siitä, miksi ChatGPT on arvokas työkalu nykypäivän yritysjohtajille.

ChatGPT:n kehitys on erittäin nopeaa, ja uusia ominaisuuksia lisätään lähes viikoittain. Tämä dynaaminen kehityskaari tarjoaa yrityksille ainutlaatuisen mahdollisuuden pysyä kehityksen kärjessä. Lokakuussa 2023 ChatGPT sai "näkemisen" kyvyt, jotka laajentavat edelleen sovellusmahdollisuuksia huomasti. Nyt on mahdollista ottaa kuva fläppitaulun ideahahmotelmasta ja pyytää ChatGPT:tä analysoimaan ideaa, parantamaan sitä ja tuottamaan ohjelmistokoodia tai muuta materiaalia kuvaan perustuen.

Johtajien tulisi keskittyä säännöllisesti päivittämään ymmärrystään ja hyödyntämään ChatGPT:tä, perustamaan sisäisiä tiimejä uusien ominaisuuksien ja toiminnallisuuksien kartoittamiseksi. Partnerointi korkeakoulujen kanssa mahdollistaa nopean tiedonsiirron tutkimuksen, opetuksen ja liike-elämän kesken. Proaktiivisen ja ketterän lähestymistavan omaksuminen ChatGPT:n käyttöön otossa mahdollistaa tämän teknologian potentiaalin paremman hyödyntämisen. Lopuksi voidaan todeta, että joustamattomuus tai sopeutumattomuus voi johtaa menetettyihin mahdollisuuksiin ja voivat estää uusien innovaatioiden esiinmarssin.

## Lähteet

- [1] K. I. Roumeliotis and N. D. Tselikas, ChatGPT and Open-AI Models: A Preliminary Review, *Future Internet*, vol. 15, no. 6, p. 192, 2023.
- [2] A. Bahrini, M. Khamoshifar, H. Abbasimehr, R. J. Riggs, M. Esmaili, R. M. Majdabadkohne, and M. Pasehvar, ChatGPT: Applications, opportunities, and threats, in *2023 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS)*, pp. 274-279, IEEE, April 2023.
- [3] T. F. Heston, Prompt Engineering For Students of Medicine and Their Teachers, *arXiv preprint arXiv:2308.11628*, 2023.
- [4] Y. Song, T. Wang, P. Cai, S. K. Mondal, and J. P. Sahoo, A comprehensive survey of few-shot learning: Evolution, applications, challenges, and opportunities, *ACM Computing Surveys*, 2023.
- [5] S. B. Anders, Chat GPT Resources for CPAs, *The CPA Journal*, vol. 93, no. 5/6, pp. 76-77, 2023.
- [6] L. Wang, X. Ge, L. Liu, and G. Hu, Code Interpreter for Bioinformatics: Are We There Yet?, *Annals of Biomedical Engineering*, pp. 1-3, 2023.
- [7] T. Y. Zhuo, Y. Huang, C. Chen, and Z. Xing, Red teaming chatgpt via jailbreaking: Bias, robustness, reliability and toxicity, *arXiv preprint arXiv:2301.12867*, pp. 12-2, 2023.

---

## Datan avulla tehokkaampaa viljelyä

*Tarmo Lipping, TkT, professori, Tampereen yliopisto, [tarmo.lipping@tuni.fi](mailto:tarmo.lipping@tuni.fi)*

*Petri Linna, DI, projektipäällikkö, Tampereen yliopisto, [petri.linna@tuni.fi](mailto:petri.linna@tuni.fi)*

*Nathaniel Narra, TkT, vanhempi tutkija, Hämeen ammattikorkeakoulu, [nathanielnarra@gmail.com](mailto:nathanielnarra@gmail.com)*

---

Data-analytiikka ja tekoäly ovat läsnä kaikilla elämänaloilla, myös maataloudessa. Tampereen yliopiston Data-analytiikan tutkimusryhmä on työskennellyt maatalousdatan parissa yli 10 vuotta. Sinä aikana datan rooli ja merkitys on kasvanut ja datasta on muodostumassa kauppatavaraa myös maataloudessa. Datan avulla voidaan havaita ongelmakohtia tuotannossa, oppia paremmin tuntemaan olosuhteiden (kuten ilmasto tai maaperän ominaisuudet) vaikutusta sekä kohdentaa tarkemmin toimenpiteitä. Data on merkittävässä roolissa myös maatalouden ympäristövaikutusten vähentämisessä. Usein käytetyt käsitteet kuten älymaatalous (smart farming) tai täsmäviljely (precision agriculture) perustuvat suurelta osin dataan. Mutta mitä tarkoitetaan, kun puhutaan maatalousdatasta ja miten dataa jakamalla tai vaihtamalla voidaan tuottaa lisäarvoa? Kuka omistaa viljelijän tuottaman datan?

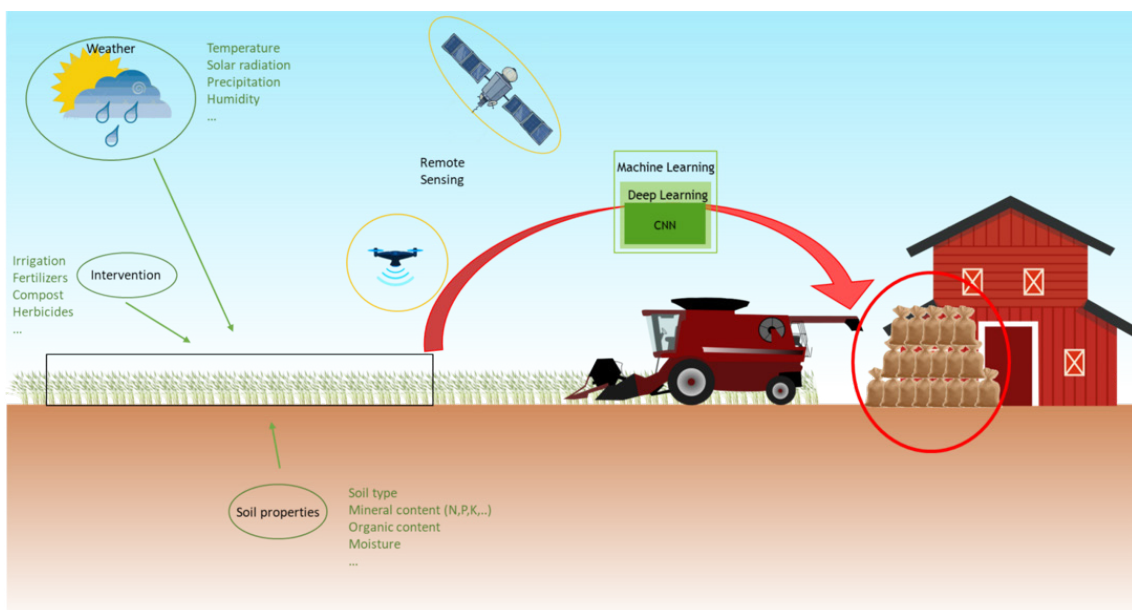
### Millaista dataa?

Kun tutkimusryhmämme aloitti maatalousdataan liittyvien hankkeiden parissa, tuskin osattiin ajatella, kuinka monipuolisesti eri lähteistä olevaa dataa voidaan maanviljelyssä hyödyntää. Sinä aikana menetelmät ja laitteet ovat kehittyneet; 10 vuotta sitten useat mittausmenetelmät, joita nykyään aktiivisesti hyödynnetään, eivät olleet vielä löytäneet tietään maatalouteen.

Eräs näkemys datan hyödyntämisestä peltoviljelyssä on esitetty Kuvassa 1. Tutkimusryhmämme kiinnostus datan hyödyntämisestä kohtaan viljelyssä lähti **kaukokartoituksesta**, josta ryhmällämme oli aiempaa kokemusta mm. biosfäärimallinnuksen alalta. European Innovation Partnership -ohjelmasta rahoitetussa MikäData-hankkeessa käytettiin droneja ja niihin kiinnitettyjä multispektrikameroita, joilla kuvattiin testipeltoja viikoittain kasvukauden aikana. Datan pohjalta koulutettiin syväoppivia neuroverkkomalleja, joiden avulla onnistuttiin arvioimaan syksyn satomäärää ja sen peltokohtaista vaihtelua kesäkuun aikana

tehtyjen mittausten perusteella hyvinkin tarkasti. Tutkimuksesta syntyi useita julkaisuja sekä Petteri Rannan väitöskirja Feasibility of Remote Sensing Based Deep Learning in Crop Yield Prediction [1].

Drooneja helpompi tapa hankkia kaukokartoitusdataa ovat satelliitit. Esimerkiksi Sentinel-satelliittien aineisto on vapaasti saatavissa ja vaikka se ei ole yhtä tarkka kuin drooneilla mitattava data, on se kuitenkin usein riittävä. Multispektriaineiston lisäksi esimerkiksi laserkeilausdatan avulla voidaan luoda pelloista korkeusmalli ja analysoida veden käyttäytymistä tai tutka-aineiston avulla kuvata kasvuston rakennetta.

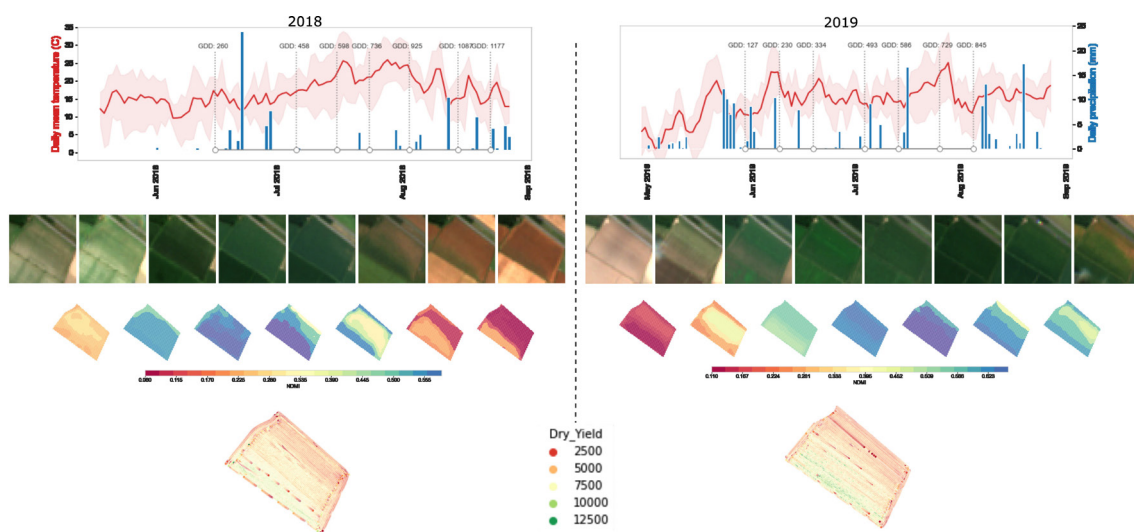


Kuva 1. Datan käyttö viljelyssä (lähteestä [2]).

**Maaperä** ja sen ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi viljelyn tehokkuuteen ja sen parantamiseksi vaadittaviin toimenpiteisiin. Perinteinen tapa selvittää maaperän ominaisuuksia on ottaa siitä näytteitä ja analysoida niiden alkuainekoostumusta laboratoriossa. Maaperän ominaisuuksia voidaan kuitenkin mitata myös muulla tavoin esim. skannaamalla peltoalue joko tutkalaitteella (Ground Penetrating Radar, GPR) tai maaperän impedanssia mittaavalla järjestelmällä. Lisäksi maaperän alkuainekoostumusta voidaan analysoida X-ray fluorescence -laitteella, joka perustuu radioaktiiviseen säteilyyn. Tutkimusryhmämme on pilotoinut kaikkien mainittujen mittaustapojen käyttöä ja selvittänyt niiden käyttökelpoisuutta.

Kolmas merkittävä tekijä kasvukauden onnistumiseen on **sää ja ilmasto**. Säädataa löytyy kattavasti Ilmatieteenlaitoksen sivuilta; jos kuitenkin halutaan tarkemmin

kohdennettua säätietoa, voidaan käyttää tila- tai peltokohtaisia sääasemia. Säädatan käytössä voidaan erottaa kaksi aikaskaalaa – kasvukauden sisäinen vaihtelu (esim. kuiva tai sateinen kasvukausi tai sateiden ja lämpökertymän jakautuminen kasvukauden aikana) sekä pitkäaikaistrendit ilmastossa. Kuvassa 2 on esimerkki kahden vuoden säädatan visualisoinnista, jossa ylemmissä kuvissa on lämpötila, sademäärä sekä satelliittiaineistojen ajankohdat, keskellä satelliittikuvat sekä satelliittiaineistosta lasketut indeksit, ja alimpana satokartat. Tämyntyyppisten visualisointien avulla voidaan havaita, miten pelto reagoi erilaisiin sääolosuhteisiin ja miten ne vaikuttavat satomäärään.



Kuva 2. Esimerkki säädatan visualisoinnista (lähteestä [3])

Säädatan ja maaperädatan välimaastoon sijoittuvat **maaperään laitettavat kosteus- ja lämpötila-anturit**. Markkinoilla on monenlaisia ratkaisuja, jotka poikkeavat mm. siitä, millaisia suureita pystytään mittaamaan sekä millä tavalla laitteiden kanssa pystytään kommunikoimaan. Useat ratkaisut mahdollistavat datan lähes reaaliaikaisen lukemisen langattoman verkon yli. Näillä laitteilla saadaan jatkuva aikasarja mitattavista parametreista, mutta vain pistemäisesti muutamasta paikasta peltoa. Paikat, johon laitteita olisi mielekästä sijoittaa, voidaan selvittää laskemalla esim. kaukokartoitusdatan pohjalta pellostuottavuusvyöhykkeitä [4].

Jotta pellon tuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä voidaan datan avulla selvittää, tarvitaan referenssi tai, mallinnustermein, kohdemuuttuja. Selkein kriteeri on **satomäärä**, jota esim. viljapellolla voidaan mitata satokartoittimilla. Satokarttoitin tuottaa pellostuotokartan, joskin käyttökelpoisen satokartan luominen vaatii datan merkittävää esikäsittelyä ja puhdistamista virheistä. Satomäärän lisäksi oleellisena kriteerinä on

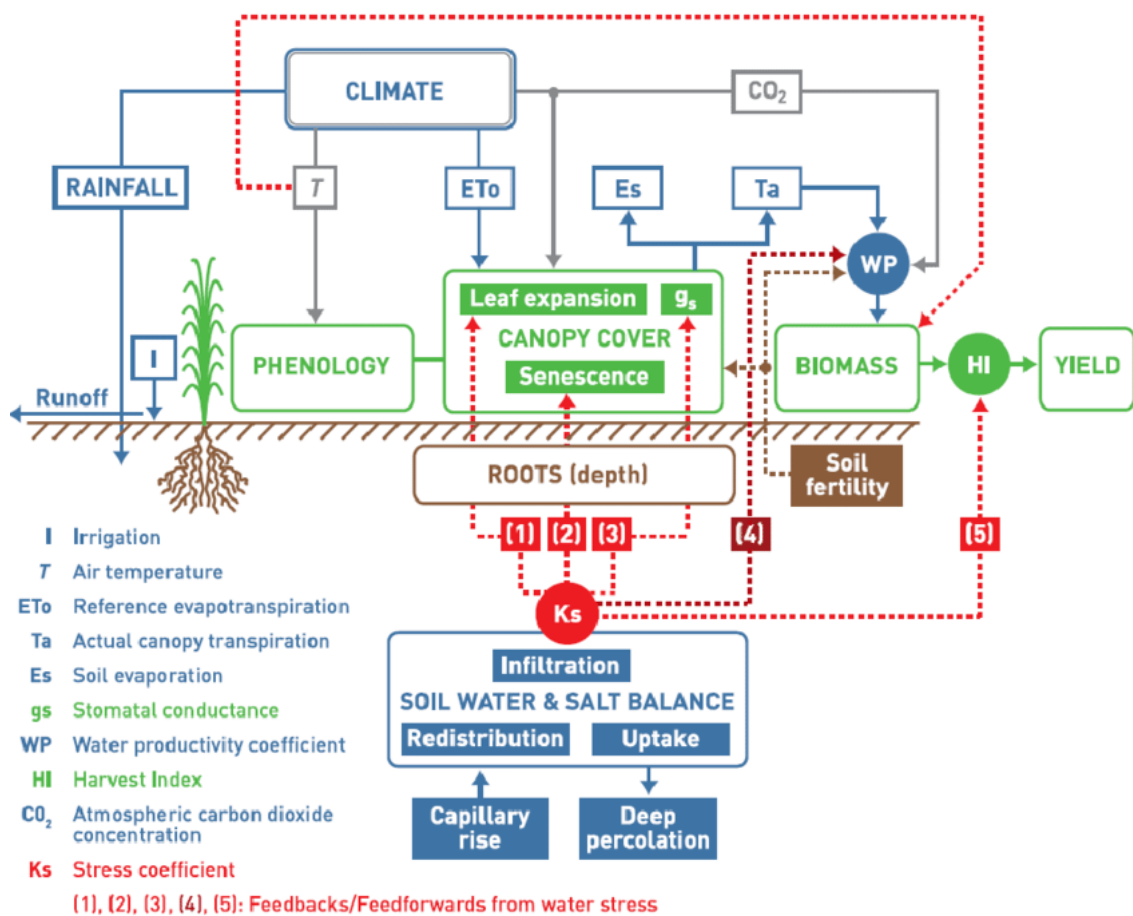
**sadon laatu**, esimerkiksi proteiinipitoisuus. Sadon laadun mittaamiseen kattavasti koko pellolta puinnin yhteydessä ei vielä ole yleisesti käytössä olevaa ratkaisua, vaan se voidaan tehdä näytekohtaisesti.

## **Datasta malliksi**

Viljeltävien kasvien kasvuun, satomäärään ja sadon laatuun vaikuttavat monet tekijät, jotka ovat monimutkaisessa vuorovaikutuksessa keskenään. Tällaisten vuorovaikutusten ymmärtämiseksi on luotu useita malleja. Karkeasti ottaen mallit voidaan jakaa hiileen, aurinkosäteilyyn tai veteen pohjautuviksi. Esimerkiksi WOFOST (WORLD FOOD STUDIES) -malli pohjautuu hiilen kiertoon, kun Cropsyst-malli käsittää sekä veden saatavuutta että aurinkosäteilyä mallintavia moduuleita. Eräs yleisimmin käytetty malli on Aquacrop, joka mallintaa veden kulkua ja saatavuutta kasveille, sen vaikutusta kasvien biomassaan ja sitä kautta satomäärään. Yleiskuva Aquacrop-mallista on Kuvassa 3 [5]. Aquacrop-malli on avoin ja siitä löytyy useita toteutuksia eri ohjelmointiympäristöissä. Mallin avulla voidaan tarkastella, millainen olisi potentiaalinen maksimi satomäärä annetuissa olosuhteissa ja verrata sitä todelliseen satomäärään. Näiden erotus on ns. yield gap. Mallin avulla siis voidaan tarkastella, miten kasvuolosuhteisiin vaikuttamalla voitaisiin päästä mahdollisimman lähelle potentiaalisia maksimisatomääriä.

Kasvimallit poikkeavat toisistaan myös parametrien määrältä. Yhtenä mallien hyödyntämisen rajoitteena onkin tarvittavien parametrien määrittely. Se voi pohjautua joko mitattuun dataan tai tutkittuun tietoon kasvien fysiologiasta. Puhutaan datalähtöisistä (data-driven) ja fysikaalisista (physics-based) malleista. Suurin osa malleista on kehitetty eri olosuhteita varten kuin mitä Suomessa on. Voi siis esimerkiksi olla, että Suomen pohjoisten alueiden kasvukauden lämpösumma jää mallin edellyttämän skaalan ulkopuolelle. Toinen vaikuttava tekijä on valoisuus; pohjoisilla alueilla aurinkosäteilyn määrä jakaantuu eri tavalla kuin eteläisillä alueilla.

Tutkimusryhmämme tarkoitus on ollut selvittää, miten Aquacrop-malli soveltuu Suomen alueelle ja miten sitä kenties pitäisi muokata, jotta mallia voitaisiin täällä hyödyntää. Siinä malli pyritään verifioimaan käytettävissä olevalla datalla. Yhdessä Luonnonvarakeskuksen kanssa on toteutettu malli, joka pohjautuu typen kiertoon pellossa. Mallien verifointiin tarvitaan lisädataa pilotoinnin avulla. Ensi vuodelle onkin suunniteltu uusia mittauksia pilotoinnin kohteena olevilla pelloilla, joiden avulla ryhmämme toivoo saavan tarkempia mallinnustuloksia. Mallit on tarkoitus integroida peltodata.fi -palveluun, joka tukee viljelijöitä päätöksenteossa.



Kuva 3. Aquacrop-mallin yleiskuva [5].

## Datatalous maataloudessa

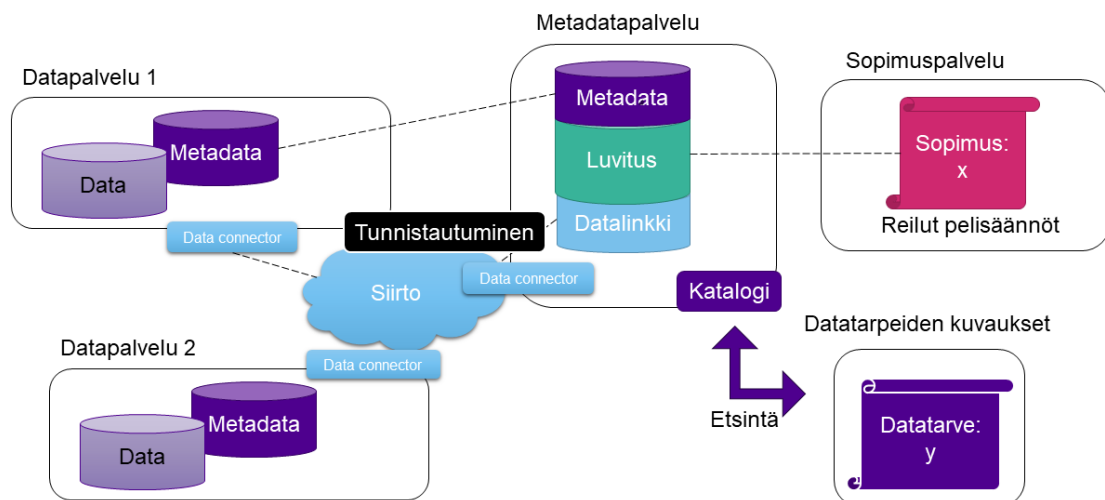
Datasta puhuttaessa käytetään usein termiä **datatalous**. Väljemässä merkityksessä datataloudella tarkoitetaan tapoja, joilla data voidaan laittaa palvelemaan taloudellisia päämääriä joko toimijan oman toiminnan kehittämiseksi tai lisäpalvelujen tuottamiseksi asiakkaille. Laajemmassa merkityksessä datatalous käsittää koko ratkaisukokonaisuutta, jolla mahdollistetaan datan käyttö kauppatavarana. Kokonaisuus käsittää useita tasoja, joista esimerkkeinä voidaan mainita **teknologiat** (datan tallennusratkaisut, datan löydettävyyys metadatan avulla, datan saavutettavuus rajapintojen yli), **oikeudelliset ratkaisut** (esim. datan omistajuuteen ja käyttöoikeuteen liittyvät seikat), **kaupallinen ulottuvuus** (miten määritellään datan arvo, miten datalla käydään kauppaa eli dataan liittyvät liiketoimintamallit), sekä **osaaminen** (kuka jalostaa dataa ja mikä on jalostuksen lisäarvo). EU:ssa on otettu datatalous vakavasti ja kehitteillä on useita säädöksiä, joiden tarkoitus on määritellä datatalouden perusta. Nämä säädökset on tarkoitus implementoida osaksi data-avaruuksia (data spaces),



joita Euroopan tasolla on kehitteillä yhdeksällä eri toimialalla. Näistä toimialoista yksi on maatalous.

Edellä mainittiin useita maatalouden datalähteitä. Osa datalähteistä ovat julkisia ja kuka tahansa voi niitä hyödyntää, osa taas liittyy tiettyyn tilaan tai peltoon ja tuotetaan maatalousyrittäjien toimesta. Datan arvo kasvaa, kun eri tuottajien data yhdistetään ja kun mukaan otetaan myös muut ruoantuotannon toimitusketjun toimijat kuten elintarviketeollisuus ja kauppa. Pahimmassa tapauksessa viljelijän tuottama data siirtyy suoraan esim. laitevalmistajan tietokantaan ja datan tuottaja joutuu maksamaan siitä, että voi hyödyntää tuottamaansa dataa. Säädösten tarkoitus on siis luoda reilut pelisäännöt sille, miten dataa kerätään ja millaiset oikeudet eri toimijoilla on hyödyntää sitä.

Tutkimusryhmämme osallistuu Implementing a Fair Data Economy in Agriculture (IFDEA) -hankkeeseen, jossa kehitellään sääntöjä, työstetään case-esimerkkejä ja suunnitellaan data-arkkitehtuureja maatalousdatalle. Kuvassa 4 on eräs esimerkki tällaisesta arkkitehtuurista. Ratkaisun keskiössä on metadatatapalvelu, joka toimii tietynlaisena hubina tai välittäjänä. Datan tuottaja – joko isompi toimija tai yksittäinen maatalousyrittäjä – ilmoittaa metadatatapalveluun omasta datasta perustiedot eli metadatan. Metadatan avulla datan hyödyntäjien on pystyttävä selvittämään, sopiiko data heidän tarpeisiinsa. Sen lisäksi että datan potentiaalinen hyödyntäjä löytää metadatatapalvelun avulla tarvitsemansa datan, palvelu käsittää myös pelisäännöt ja sopimuspohjat datan hyödyntämiselle. Metadatatapalvelun ylläpitäjä voi olla julkinen tai kaupallinen taho, joka toimii datan välittäjänä eli jonkinlaisena datameklarina.



Kuva 4. IFDEA-hankkeessa kehitetty data-arkkitehtuurin malli maatalouteen.

## Yhteenveto

Datan hyödyntäminen maataloudessa on ottanut ison harppauksen eteenpäin viimeisen 10 vuoden aikana. Lääketieteen alalla on jo jokin aikaa puhuttu näyttöön (evidence) perustuvasta terveydenhuollosta. Samaa terminologiaa soveltaen voidaan maataloudessa puhua näyttöön perustuvasta viljelystä. Yksinkertaisesti tämä tarkoittaa, että viljelyssä tehtävät toimenpiteet perustuvat siihen, mitä olemassa olevan datan pohjalta tiedämme eri tekijöiden (sää, ilmasto, maaperä, lannoitus) vaikutuksesta satoon sekä viljelyn ympäristövaikutuksiin. Kohdennetun tiedon avulla voidaan kohdentaa myös toimenpiteitä optimaalisesti. Uudet mittausteknologiat, eri lähteistä saatavan datan yhdistely (data fusion) sekä mallinnusmenetelmien kehittyminen ovat mahdollistavia tekijöitä siirtymisessä näyttöön perustuvaan viljelyyn.

## Lähteet

- [1] Ranta, P. 2022, Feasibility of Remote Sensing Based Deep Learning in Crop Yield Prediction. Väitöskirja. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-2333-2>.
- [2] Narra Girish, N, Nevavuori, P, Linna, P & Lipping, T. 2020. A Data Driven Approach to Decision Support in Farming. In: Information Modelling and Knowledge Bases XXXI. Frontiers in artificial intelligence and applications, vol. 321, pp. 175-185, International conference on information modelling and knowledge bases, 1/01/00. <https://doi.org/10.3233/FAIA200014>.
- [3] Narra, N, Hietala, R & Lipping, T. 2023. Analysing data from open sources to manage risks in food production. In Priyadarshan, P. M., Jain, Shri Mohan, Penna, Suprasanna, Al-Khayri, Jameel M (Eds.) Digital Agriculture: A Solution for Sustainable Food and Nutritional Security. Springer Nature. In press.
- [4] Narra, N, Linna, P & Lipping, T. 2022. Calculating Productivity zones of crop fields using open satellite data. In IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium proceedings (IGARSS 2022), Kuala Lumpur, Malaysia, July 17th. <https://doi.org/10.1109/IGARSS46834.2022.9883146>.
- [5] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. Introducing AQUACROP. Available: <https://www.fao.org/3/i6321e/i6321e.pdf>.

Keväällä 2019 toimintansa aloittanut RoboAI on Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Tampereen yliopiston Porin yksikön yhteinen tutkimus- ja tuotekehityskeskus. RoboAI keskittyy alueellisesti tärkeisiin strategisiin vahvuusaloihin, kuten automaatio ja robotiikka, hyvinvointi- ja terveysteknologia, teknologiametallien kiertotalous, älykkäät järjestelmät, tekoäly, data-analytiikka ja optimointi.

Toiminnan tavoitteena on mm. tukea alueen teollisuuden ja yritysten kasvua, lisätä kilpailukykyä sekä luoda vahva pohja teolliselle sekä julkisten palveluiden digitalisaatiolle.

Vuonna 2022 RoboAI oli kasvanut jo yli 60 asiantuntijan organisaatioksi ja se päätettiin jakaa neljään osakokonaisuuteen: Industry, Health, Green ja Intelligent Systems.

ISSN 1457-0718 | ISBN 978-951-633-404-5 (nid.)  
ISSN 2323-8372 | ISBN 978-951-633-405-2 (PDF)