



Tutkittua tietoa kriiseistä

Suomen Akatemian kriisivalmiuden ja huoltovarmuuden tutkimuksen erityisrahoitushaussa rahoitetut tutkimushankkeet



Suomen Akatemia

Sisällys

1.	Johdanto.....	3
2.	Terveys ja terveydenhuolto	4
2.1.	Jätevesiseuranta pandemioiden varautumistyökaluksi	4
2.2.	Muutosjoustavuus, kriisivalmius ja huoltovarmuus suomalaisessa terveydenhuoltojärjestelmässä	6
2.3.	Kriittisten terveydenhuoltoympäristöjen toiminnan varmistaminen modernin teknologia avulla.....	9
2.4.	Kansalaisuusia - teknologisia, käyttäytymistieteellisiä ja yhteiskunnallisia ratkaisuja pandemioiden ehkäisyyn	11
2.5.	Ennustemallien, resurssien ja suoja-toimien kehittäminen kriisivalmiuden parantamiseksi	13
3.	Ympäristö ja sää	15
3.1.	Varautuminen äärimmäisimpään avaruussäähän	15
3.2.	Kaupunkialueiden indusoidun seismisen riskin hallinta	18
3.3.	Tutkasääennusteiden kehittäminen Suomen merialueilla	21
3.4.	Päätöksenteon tuki ympäristölähtöisten monimutkaisten ja kauaskantoisten riskien hallintaan kaupunkialueilla	23
3.5.	Kiinteistöt kriisinhallinnan apuna - ratkaisuja integroituna tulevaisuuteen.	26
3.6.	Kohti resilientimpää ruokajärjestelmää epävarmuuksien edessä	29
4.	Tieto ja yhteiskunta	32
4.1.	Paikkatiedon turvallisuus ja satavuus kriittisille infrastruktuureille	32
4.2.	Ulkomaiset yritysostot ja poliittiset kostotoimet huoltovarmuuden uhkina strategisen irtautumisen aikakaudella.....	35
4.3.	Oikeuden rooli huoltovarmuuden turvaamisessa: kriisipoikkeuksien sisäistäminen järjestelmään.....	37
4.4.	Tiedon huoltovarmuus kompleksisessä ympäristössä	40
4.5.	Reconstructing Crisis Narratives for Trustworthy Communication and Cooperative Agency	43
5.	Tutkimushankkeet mediassa	47

ISBN 978-951-715-954-8

Helsinki 2025

2. Terveys ja terveydenhuolto

2.1. Jätevesiseuranta pandemioiden varautumistyökaluksi

- o Tarja Pitkänen, Terveys ja hyvinvoinnin laitos
- o Sami Oikarinen, Tampereen yliopisto
- o Annamari Heikinheimo, Helsingin yliopisto

Jätevedet paljastavat, millaisia tartuntatauteja aiheuttavia mikrobeja yhteiskunnissa on liikkeellä. Kehitimme WastPan-yhteistyöhankkeessamme jätevesipohjaista taudinaiheuttajamikrobien ja antibioottiresistenssin ympäristöseuranta. Tutkimme jätevesinäytteitä ja niiden sisältämiä mikrobeja ja metagenomia. Hankkeessa selvitimme kansallisesti kattavalla tavalla jäteveten erittyvien taudinaiheuttajien lukumäärien ajallista ja paikallista vaihtelua.

AVAINSANAT

Jätevesi
Tartuntatauti
Infektioepidemiologia
Koronavirus
Influenssa
Antibioottiresistenssi
Väestö
Viemäriverkko
Terveystietokanta

Tutkimuksen tulosten perusteella laadimme suosituksia jätevesiperustaisen seurannan toteuttamiseksi jatkossa ja kehitimme epidemioiden hillitsemiseksi varhaisvaroitusjärjestelmän, jonka avulla tartuntatautien hälytysmerkit voidaan havaita ennalta nykyistä helpommin.

Taudinaiheuttajien määrä jätevedessä auttaa arvioimaan yhteiskunnan tautitaakkaa

Mikrobit aiheuttavat tautitaakkaa yhteiskunnassa ja myös valtavia taloudellisia tappioita, kuten SARS-CoV-2 pandemia osoitti. Perinteisesti epidemioiden seuranta perustuu tautita-

pausten diagnosointiin sairaaloissa ja niiden rekisteröintiin kansalliseen tartuntatautirekisteriin. WastPan-projektissa kehitimme jätevesipohjaisen mikrobien seurantajärjestelmän, jolla pystytään seuraamaan kustannustehokkaasti yhteiskunnassa esiintyviä taudinaiheuttajia sekä ajallisesti että maantieteellisesti. Tämä menetelmä täydentää yksilötestauksesta saatua tietoa.

WastPan-hankkeessa toteutettiin kahden vuoden mittainen näytteenotokampanja muun muassa SARS-CoV-2-koronavirus-RNA:n, influenssa A- ja RS-virusten sekä mikrobilääkkeille vastustuskykyisten bakteerikantojen määrittämiseksi kymmenellä jätevedenpuhdistamolla Suomessa.

Tehdyt tutkimukset osoittivat, että influenssa A- ja RS-virusten jätevesiseuranta voidaan hyödyntää näiden tautien kansallisen tason seurantaan. Samalla tavalla koronaviruksen määrän testaus jätevedessä on hyödyllinen ja ennustava muuttuja, kun arvioidaan covid-19-tautitapauksia jätevedenpuhdistamon alueella. Hankkeen tulokset osoittivat myös, että kliinisesti tärkeät

moniresistentit bakteerit ovat jätevesissä yleisiä. Mikrobin esiintyvyydessä havaittiin myös kaupunkikohtaista vaihtelua.

Jätevesitutkimus antaa ennakkovaroituksen tulevista pandemiosta

Jätevesitutkimus tarjoaa poikkeuksellisen tavan arvioida väestötason muutoksia tartuntatautien esiintyvyydessä, ja sitä voidaan käyttää ennakkovaroitusjärjestelmänä uhkaavien epidemioiden ja pandemioiden varalta. Jätevesimonitorointi antaa myös uutta tietoa taudinaiheuttajista, joita ei rekisteröidä terveydenhuollossa. Jätevesiseuranta tuottaa ennakkovaroituksen paikallisesta tartuntatautilanteesta ja tartuntatautien esiintyvyyden muutoksesta kaupunkikohtaisesti.

Jätevesiseurannan merkitys tartuntatautien testausstrategiasta riippumattomana työkaluna on korostunut viime vuosina ja jätevesiseurantaa käytetään entistä enemmän hengitystievirusten esiintymisen mittaamiseen sekä uusien mahdollisia pandemiota aiheuttavien mikrobin ja moniresistenttien bakteerien ajantasaisessa seurannassa.

WastPan-hankkeen päättyessä julkaisimme portaalin helpottamaan hankkeen tulosten löytämistä ja hyödynnettävyyttä (<https://www.thl.fi/episeuranta/jatevesi/wastpan/fi/>). Projektin tuloksiin pohjautuen THL seuraa tällä hetkellä kansallisella tasolla SARS-CoV-2-, influenssa A- ja RS-virusia jätevedestä ajallisesti sekä maantieteellisesti kattavalla tavalla ja pilotoi antibioottiresistenssin kansallista ympäristöseuranta.

Jätevesiseuranta on kustannustehokas menetelmä ajantasaisen väestön terveystiedon hankkimiseen yhdyskuntien tasolla. WastPan-hankkeessa tuotetut tulokset tukevat kehitystä, jossa jätevesipohjaisten seurantamenetelmien kehittyessä jätevesiseurannan laajentaminen uusien kansanterveysmuuttujien seurantaan on jatkossa mahdollista.

LUE LISÄÄ JA OTA YHTEYTTÄ

- o [thl.fi/wastpan](https://www.thl.fi/wastpan) #wastpan
- o WastPan-portaali: <https://www.thl.fi/episeuranta/jatevesi/wastpan/fi/>
- o Lehto K-M., Länsivaara A., Hyder R., Luomala O., Lipponen A., Hokajärvi A-M., Heikinheimo A., Pitkänen T., Oikarinen S. Wastewater-based surveillance is an efficient monitoring tool for tracking influenza A in the community. *Water Research*. 2024. 257: 121650. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121650>.
- o Al-Mustapha AI, Tiwari A, Johansson V, Heljanko V, Kirsi-Maarit L, Lipponen A, Oikarinen S, Pitkänen T, Heikinheimo A; WastPan Study Group. Characterization of methicillin resistant *Staphylococcus Aureus* in municipal wastewater in Finland. *One Health*. 2024 Aug 21;19:100881. doi: [10.1016/j.onehlt.2024.100881](https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2024.100881).
- o Tiwari A, Lehto KM, Paspaliari DK, Al-Mustapha AI, Sarekoski A, Hokajärvi AM, Länsivaara A, Hyder R, Luomala O, Lipponen A, Oikarinen S, Heikinheimo A, Pitkänen T; WastPan Study Group. Developing wastewater-based surveillance schemes for multiple pathogens: The WastPan project in Finland. *Sci Total Environ*. 2024 May 20;926:171401. doi: [10.1016/j.scitotenv.2024.171401](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171401).

2.2. Muutosjoustavuus, kriisivalmius ja huoltovarmuus suomalaisessa terveydenhuoltojärjestelmässä

- o Ilmo Keskimäki, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos ja Tampereen yliopisto
- o Liina-Kaisa Tynkkynen, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos

Terveydenhuollon kriisivalmius, huoltovarmuus ja muutosjoustavuus ovat tärkeitä yhteiskunnan toimivuudelle kriiseissä. Koronapandemia on tuonut näkyviin niin hyviä käytänteitä kuin haavoittuvuuksia terveydenhuollon toiminnassa. RECPHEALS-hankkeessa analysoimme terveydenhuoltojärjestelmään kohdistuvia uhkia ja pyrimme tukemaan sen kykyä varautumiseen, hallintaan ja kriiseistä oppimiseen.

AVAINSANAT

Terveydenhuoltojärjestelmä
Muutosjoustavuus
Hallinta
Säätely
Sähköiset tietojärjestelmät
Skenaariot
Pandemia
Covid-19
Kyberhyökkäys
Kriisivalmius
Huoltovarmuus

Hankkeen toteutus

Tutkimus käynnistettiin tarkastelemalla koronapandemian hallintakeinoja, minkä jälkeen tutkimusta laajennettiin muiden kriisiskenaarioiden vaikutusten ja hallinnan tutkimukseen.

Hankkeen toteutukseen vaikutti merkittävästi Covid-19-pandemia, joka erosi merkittävästi siitä, mitä projektia suunniteltaessa yleisesti odotettiin. Pandemian kesto oli huomattavasti pidempi ja sen hallintatoimenpiteet tiukempia kuin aiemmissa pandemioiden. Lisäksi pandemiaa liittyvä kriisiä seurasi Ukrainan sota ja laaja sosiaali- ja terveydenhuollon uudistus. Nämä pe-

räkkäiset ja samanaikaiset kriisit edellyttivät muutoksia projektin tavoitteisiin, menetelmiin ja toteutukseen. Esimerkiksi kaikki haastattelut, työpajat, asiantuntijakonsultaatiot, seminaarit ja suurin osa projektikokouksista oli toteutettava verkossa. Terveydenhuollon lisääntyneen työmäärän vuoksi oli odotettua vaikeampaa rekrytoida kumppaneita palveluntuottajaorganisaatioista. Päätöksenteko ja muun muassa tutkimuslupiin liittyvät prosessit muuttuivat sote-uudistuksen aikana.

Pandemian pitkittymisen seurauksena osaa suunnitelluista menetelmällisistä lähestymistavoista, kuten asiantuntijoiden live-Delphi-prosessia ja järjestelmä-analyysityöpajoja, ei voitu toteuttaa. Tämä seurauksena esimerkiksi Delphi-prosessi toteutettiin ilman järjestelmäanalyysiä ja alkuperäistä suunnitelmaa laajennettiin tapaustutkimuksella Covid-potilaiden hoitoon perustetusta varasairaalasta. Lisäksi Delphi-prosessissa sovellettiin dissensus-lähestymistapaa, mikä on menetelmällinen innovaatio suomalaisessa tutkimuksessa.

Kyberhyökkäyksiin valmistautumista ja niihin reagoimista tutkittiin johdon haastatteluilla organisaatioiden käytännöistä. Suunniteltua prosessimallinusta, joka vaati tietoja useista organisaatioista, ei voitu toteuttaa. Myös yleisen resilienssi- ja kriisinhallintamallin suunnitteluun liittyvät käytännön kokeilut eivät edenneet suunnitellusti. Terveystuudistus muutti organisaatorakenteita, mikä vaikeutti yhteistyötä palveluntuottajaorganisaatioiden kanssa ja esti kokeilujen toteuttamisen.

Terveystuuditusjärjestelmän varautuminen pandemiaan

Terveystuuditusjärjestelmän pandemian hallinnan keinoissa tunnistimme useita kehittämiskohteita. Pandemian aiheuttama uhka tunnistettiin hitaasti järjestelmässä. Pandemian aikana viestinnän avoimuus ja ajantasaisuus sekä kansallisella että paikallisella tasolla oli haaste. Keskeinen heikkous eri toimijoiden välisessä yhteistyössä oli vuorovaikutuksen ja luottamuksen puute. Alueiden välisiä eroja pandemia tilanteessa ei huomioitu riittävästi kansallisella tasolla. Asiantuntijat ja viranomaiset kohtasivat myös painostusta ja häirintää, mikä vaikeutti tilannetta entisestään. Lisäksi pandemian hallinnassa keskeisten kansallisten seurantarjestelmien puutteet haittasivat tietoon perustuvaa päätöksentekoa. Pitkittynyt kriisi paljasti merkittävän haavoittuvuuden: pätevän ja resilientin henkilöstön puutteen kaikilla järjestelmän tasoilla, mukaan lukien hallinto. Tulokset korostavat kansanterveys- ja terveystuuditusjärjestelmän uudistamisen tarvetta terveysuhkien hallinnan tehostamiseksi.

Julkishallinto ja päätöksenteko kriisien aikana

Suomen hallintoa kuvataan yleensä systemaattiseksi, ennakoitavaksi ja tehokkaasti verkostoituneeksi. Käyttäen pandemiaa tapaustutkimuksena, tutkimuksemme osoitti tämän käsityksen heikkouksia. Lainsäädäntö ja aiempi valmistautuminen määrittivät toimintakehyksen kriisitilanteessa, mutta todellisessa tilanteessa ennalta määriteltyä kehystä ei noudatettu tai sitä ei voitu noudattaa. Joidenkin toimijoiden (kuten aluehallintovirastojen) rooleja ei ymmärretty yhtenäisesti. Päätöksenteko oli hierarkkista, ja tilanneanalyysissä oli merkittävää tiedon epäsymmetriaa. Johtopäätöksenä on, että lainsäädäntöä, politiikkalinjauksia, sekä hallintoa ja päätöksentekoa on tarvetta uudistaa. Pandemian aktiivisen vaiheen loputtua järjestelmän oppimis- ja muuttumiskyky on kuitenkin vaikuttanut heikolta.

Kriisit ja varautumismielikuvitus

Yleisellä tasolla pandemia toimi esimerkkinä kapeasta kriisien käsitteellistämisestä. Pandemia kehystettiin terveystuuditusjärjestelmän keinoihin. Yhteiskunnallisten kytkösten tunnistaminen Covid-19-pandemian kaltaisten merkittävien kriisien keskeisenä piirteenä on erittäin tärkeää ja johtaa ymmärtämään niiden leviämisen monimuotoisiksi koko yhteiskuntaa koskeviksi kriiseiksi. Näiden laajempien kriisivaikutuksien ymmärtäminen on olennaista sopeutumiskyvyn ja joustavuuden tukemiseksi tulevissa kriiseissä. Toinen kriisivalmiuteen liittyvä väärinkäsitys oli uskomus suomalaisen yhteiskunnan erityisestä resilienssistä. Tuleviin kriiseihin valmistautumisessa varautumismielikuvituksen kehittäminen on tärkeää (ks. esim. Heino ym. 2022).

Hankkeen vuorovaikutus ja jatkotutkimukset

Hankkeen aikana tutkimusryhmällä oli useita vuorovaikutuksia alueellisten (hyvinvointialueet), kansallisten (ministeriöt) ja kansainvälisten (EU, WHO, OECD) toimijoiden kanssa, jotka liittyivät terveydenhuoltojärjestelmän resilienssiin. Näihin kuuluivat työkalut kansallisen terveydenhuoltojärjestelmän resilienssin arvioimiseksi, kuulemiset Suomen pandemiavalmistautumissuunnitelmasta sekä organisaatiosuunnitelmat kyberhyökkäysten varautumisen vahvistamiseksi terveydenhuollossa. Ymmärryksemme mukaan näiden panosten kautta olemme tukeneet yhteiskunnan ja terveydenhuoltojärjestelmän kykyä vastata ulkoisiin shokkeihin, kuten pandemiaan. Olemme myös tunnistaneeet uudistustarpeita sekä uusia yhteiskunnan resilienssiä vahvistavia toimia. RECPHEALS-hanketta toteutettiin osin yhteistyössä STN-rahoitteisen WELGO-konsortion kanssa. Aihepiirin tutkimus jatkuu osana tutkimusryhmien muuta toimintaa sekä yhteistyössä kansainvälisten kumppaneiden (esim. [HSPM-verkoston](#)) kanssa.

LUE LISÄÄ

- Heino O, Heikkilä M, Rautiainen P. (2022) Caging identified threats - Exploring pitfalls of state preparedness imagination. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 78, 103121.
- Huhtakangas M, Paananen H, Kihlström L, Rautiainen P, Keskimäki I, Karreinen S, Tynkkynen L-K. "Peruskehikko on olemassa, mutta sitä ei seurattu" - asiantuntijankemetykset kansanterveysjärjestelmän toiminnasta ja ketterästä hallinnasta COVID-19-pandemiassa vuosina 2020-2021. *Hallinnon Tutkimus* 41(2), 140-168.
- Karreinen S, Rautiainen P, Keskimäki I, Satokangas M, Viita-aho M, Tynkkynen L-K. Pandemic preparedness and response regulations in Finland: Experiences and implications for post-COVID-19 reforms. *Health Policy* 2023;132:104802.
- Väyrynen H, Vainikainen J, Paunu A, Helander N, Tenhovuori S. (2023). Technology and Information Management Supporting Resilience in Healthcare and Rescue Systems. In: Scholl, H.J., Holdeman, E.E., Boersma, F.K. (eds) *Disaster Management and Information Technology. Public Administration and Information Technology*, vol 40, pp.35-49. Springer, Cham
- Linkki: [Hankkeen julkaisut](#)

2.3. Kriittisten terveydenhuoltoympäristöjen toiminnan varmistaminen modernin teknologia avulla

- o Johanna Virkki, Tampereen yliopisto
- o Sari Merilampi, Satakunnan ammattikorkeakoulu

Kriittisen terveydenhuollon pitää toimia kriisienkin aikana

Hankkeen tavoitteena oli kehittää teknologiaa varmistamaan terveydenhuoltoympäristöjen toimivuus kaikissa tilanteissa. Hankkeessa kehitettiin teknologiaratkaisuja, jotka integroivat radiotaajuista tunnistustekniikkaa (RFID) vaatteisiin ja terveydenhuoltotiloihin. Tämä mahdollisti seurannan ja tiedonkeruun ilman mukana kulkevaa energialähdettä. Kerätty tieto yhdistettiin muihin terveydenhuoltoympäristöjen tiedonlähteisiin, ja sitä käytettiin tukemaan mobiilirobottien toimintaa. Tämä mahdollisti mobiilirobottien tehokkaan käytön rutiinitehtävissä, mutta myös monenlaisissa oheistehtävissä sekä nopean reagoinnin kriisitilanteissa.

AVAINSANAT

Kriittiset terveydenhuollon tehtävät
Mobiilirobotiikka
RFID-Teknologia
Datafuusio
Yhteiskehittäminen

Teknologia voi kriisin aikana toimia monessa tärkeässä tehtävässä

Aktiivinen yhteistyö terveydenhuollon organisaatioiden sekä kansallisten ja kansainvälisten asiantuntijoiden kanssa vahvistaa ymmärrystämme terveydenhuollon vaatimuksista, edisti teknologiajärjestelmien kehittämistä sekä helpotti kenttätiestien suunnittelua ja toteutusta.

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa tunnistimme tarvetunnistuskyselyn avulla kriittisiä terveydenhuollon toimia, joihin voidaan vastata mobiiliroboteilla ja niihin integroidulla RFID-teknologialla. Näiden tarpeiden perusteella loimme erilaisia skenaarioita, joissa normaalitilanteen ja kriisitilanteiden vaatimukseen vastataan mobiilirobotiikan, RFID-teknologian ja niiden toimintaa ohjaavan datafuusion avulla. Seuraavina askelina tutkimme mahdollisia teknologiaskenaarioita, suoritimme laboratoriotason demonstraatioita, mittasimme osajärjestelmiä ja teimme arviointeja todellisissa terveydenhuollon ympäristöissä.

Teknologiaratkaisujen avulla voidaan esimerkiksi:

- varmistaa, että suojavarusteita käytetään oikein
- parantaa palveluasumisen yöllistä turvallisuutta
- perehdyttää terveydenhuollon yksiköiden vaihtuvia hoitajia ja muita ammattilaisia
- lisätä liikuntaan aktivoivia toimintoja ikäihmisten asumisyksikköön sekä
- ehkäistä ja ratkaista psykiatrian yksiköiden vaaratilanteita.

Kertyneen laajan datan pohjalta loimme teknologian yhteiskehittämiselle mallin, jossa ammattikorkeakoulu ja yliopisto työskentelevät yhdessä varmistaen, että tieteelliset tulokset siirtyvät sujuvasti sekä akateemiselle yhteisölle että niitä tarvitseville organisaatioille.

Hankkeen tulokset

Hankkeen tuloksia on julkaistu laajasti tieteellisissä lehdissä ja konferensseissa, ja niitä on esitelty laajemmalle yleisölle prototyyppien, terveydenhuollon ammattilaisille suunnattujen julkaisujen ja demonstraatiovideoiden avulla. Hanke saavutti merkittävää näkyvyyttä kansallisissa sanomalehdissä ja mediassa, esimerkiksi Aamulehden, Satakunnan Kansan ja Ylen julkaisemissa artikkeleissa.

Hankkeen ansiosta useat uransa alkuvaiheessa olevat tutkijat pystyivät laajentamaan verkostojaan ja oppimaan uusia tutkimustaitoja. Vaikka liikkuvuus ei alun perin kuulunut suunnitelmiin, kansainväliset yhteistyökumppanimme tarjosivat merkittävää asiantuntemustaan, mikä johti kolmeen onnistuneeseen liikkuvuusjaksoon.

LUE LISÄÄ JA OTA YHTEYTTÄ

- Leino, M., Jyräkoski, T., Lehtinen, T., Aaltonen, J.-P., Herrnegger, S., Virkki, J., Merilampi, S. JOYRIDE: Mobile Robot-Integrated Gamified Exercise Tour for Increasing Physical Activity Among Elderly People. In: Dondio, P., et al. Games and Learning Alliance. GALA 2023. Lecture Notes in Computer Science, vol 14475. Springer, Cham, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-49065-1_15
- Leino, M., Virkki, J., Valo, P., Lehtinen, T., Kortelainen, J., Merilampi, S. Validation of a Mobile Robot-Integrated RFID and Machine Vision System for Elderly Care Environments. IEEE International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA), 2022, doi: <https://doi.org/10.1109/RFID-TA54958.2022.9924126>
- Leino, M., Merilampi, S., Kortelainen, J., Valo, P., Lehtinen, T., Virkki, J. Mobile Robot-Integrated Machine Vision and RFID Systems for Improving Fire Safety in Care Environments. International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), 2022, doi: <https://doi.org/10.23919/SpliTech55088.2022.9854383>
- www.roboai.fi/tutkimus-ja-tuotekehitys/projektit/roborfid/
- Älyvaatteet ja robotit hyvinvoinnin tukena: <https://www.youtube.com/watch?v=Lg-7nPiEUAg>
- Mobiilirobotti uuden asukkaan perehdyttäjänä: <https://youtu.be/CFnRTTz8-pc>
- Mobiilirobotti aktivoimassa liikkumaan: https://youtu.be/zBOsSBmFe_I
- Uuden opettajan perehdytys mobiilirobotilla: <https://youtu.be/a-oDBvA3lh4>
- Mobiilirobotti muistisairaana yöaikaisena oppaana: <https://youtu.be/kb3zWvtvqyo>

2.4. Kansalaissuoja - teknologisia, käyttäytymistieteellisiä ja yhteiskunnallisia ratkaisuja pandemioiden ehkäisyyn

- o Ali Harlin, VTT
- o Nelli Hankonen, Tampereen yliopisto

Pandemiat ovat mutkikkaita ongelmia, joiden torjuminen vaatii monitieteistä yhteistyötä. Tarvitaan hengityssuojainten ja ilmanvaihdon kaltaisia teknisiä ratkaisuja, mutta lisäksi on huomioitava toimien hyväksyttävyys, esteet sekä sosiaaliset ja muut seuraukset yhteiskunnassa. Citizen Shield -hankkeessa tuotimme tieteellistä tietoa yhteiskunnan suojaamiseksi ilmajälitteisiltä epidemioilta.

AVAINSANAT

Henkilökohtainen suojauminen, Motivaatio Suojautumiskäyttäytyminen Pesarat ja aerosolit ilmajälitteisyydessä Tekniset ratkaisut

Hengityssuojaimet ja tehokas ilmanvaihto torjuvat ilmajälitteisesti leviäviä taudinaiheuttajia tehokkaasti. Tutkimuksessa kehitettiin hengityssuojainten suodatusmateriaali, joka parantaa käyttömukavuutta, hengittävyttä ja ympäristöystävällisyyttä.

Suojauskeinot eivät kuitenkaan toimi, jos ne jäävät käyttämättä tai niitä käytetään väärin. Kansalaisten neuvonnan suunnittelussa ja toteutuksessa tulee huomioida myös ihmisten psykologiset perustarpeet ja varotoimien helppo käytettävyys. Yhdistimme tutkimushankkeessamme siksi käyttäytymistieteellistä ja teknistä osaamista.

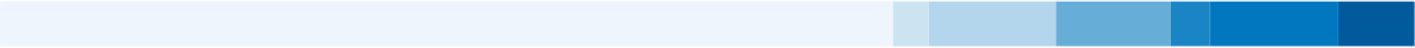
Nuoret aikuiset näkevät maskien käytön mahdollisuutena vaikuttaa

Olemme selvittäneet suojaustoimia koskevia asenteita, kokemuksia ja koettuja esteitä haastattelu- ja kyselytutkimuksissa. Kehitimme virkakunnalle koulutuspaketin, joka auttaa hyödyntämään käyttäytymistietoa yhteiskunnallisissa haasteissa.

Omaehtoisen motivaation sekä tilannetekijöiden merkitys korostuu pandemiavalmiudessa. Kansallisesti edustavaan kyselyymme vastanneet kansalaiset sanoivat noudattavansa suojaustoimia siksi, että he kokivat ne merkityksellisinä, järkevinä ja omien arvojen mukaisina. Haastatellut nuoret aikuiset kokivat maskien käytön mahdollisuutena vaikuttaa. Molemmat tutkimukset valoittivat myös erilaisia suojauskeinoihin liittyviä esteitä ja tilannetekijöitä, jotka tulee huomioida torjuntatoimien suunnittelussa.

Tutkittu tieto innostaa kansalaisia suojautumaan omaehtoisesti

Tutkimustieto suojauskeinoista edistää tehokkaiden torjuntatoimien suunnittelua pandemiatilanteessa. Kansalaisten omaehtoista suojautumista voidaan edistää tarjoamalla heille tieteellistä tietoa eri keinojen tehokkuudesta ja oikeanlaisesta käytötavasta. On myös tärkeää lisätä pystyvyyden kokemusta viestinnällä, joka korostaa vaikutusmahdollisuuksia.



Olemme jakaneet hankkeessa kerääntynyttä tutkimustietoa paitsi muille tutkijoille, myös muiden alojen asiantuntijoille ja maallikoille. Hankkeen verkkosivujen blogissa on julkaistu kirjoitussarja, joka käsittelee suojaustoimiin liittyviä virhekäsityksiä. Sivulla on julkaistu myös kuvitetut ohjeet hengityssuojainten ja ilmanvaihdon käytöstä suojauskeinoina.

LUE LISÄÄ JA OTA YHTEYTTÄ

<https://citizenshield.fi/>

2.5. Ennustemallien, resurssien ja suojauskeinojen kehittäminen kriisivalmiuden parantamiseksi

- Hanna M. Ollila, Helsingin yliopisto
- Andrea Ganna, Helsingin yliopisto
- Liisa T. Laine, Helsingin yliopisto

Koronaviruksen nopea ja laaja leviäminen vaikuttaa yhteiskunnan kriisi- ja huoltovarmuuteen. Pandemia aiheuttaa sairastumisia ja kuolemia sekä taloudellisia tappioita. Poikkitieteellinen PREDICT-tutkimushankkeemme tuotti kriisi- ja huoltovarmuutta tukevaa lääke-, terveys- ja taloustieteen tutkimusta.

AVAINSANAT

Kansanterveys
Taloustiede
Riskiarviointi
Kriisivalmius
Koneoppiminen
Epidemiologia

Kehitimme ennustemalleja ja työkaluja, joiden avulla tunnistimme pandemialle haavoittuvia sektoreita, toimialoja ja riskiryhmiä. Lisäksi selvitimme lääketieteellisiä ja biologisia tautireittejä, jotka vaikuttavat tautien syiden ymmärtämiseen sekä lääkkeiden jakamiseen ja lääkekehitykseen. Lopuksi tutkimme koronaepidemian laajan leviämisen taloudellisia ja terveydellisiä vaikutuksia sekä akuutin ja pitkäkestoisen koronataudin tautimekanismeja ja riskitekijöitä. Nämä tulokset vaikuttivat riskiryhmien rokotteiden jakoon, auttoivat ymmärtämään

koronaviruksen tautimekanismeja sekä väestöryhmiä, jotka tarvitsivat eniten rokotteita ja suojauskeinoja.

Perimän riskitekijät liittyvät koronavirustartuntaan, vakavaan tautimuotoon sekä pitkään koronaan

Hyödynsimme geneettisen epidemian työkaluja ja löysimme uusia riskitekijöitä, jotka kertovat koronan biologisista mekanismeista, vakavan taudin riskitekijöistä sekä pitkän koronan tautimekanismeista. Riskitekijöitä löytyi muun muassa immuunipuolustukseen vaikuttavista interferonireseptoreista ja HLA-molekyyleistä, kemokiinireseptoreista sekä ACE2-reseptorista, jota koronavirus käyttää päästäkseen soluun sisälle.

Väestötutkimuksessa havaitsimme, että uniapnea lisää vakavan koronataudin riskiä. Tämä tulos huomattiin sekä kansainvälisesti että Suomessa, jossa uniapneapotilaat priorisoitiin aikaiseen rokoteriimään. Kävimme aktiivista keskustelua Suomessa HUS:n ja TYKS:n keuhkolääkäreiden kanssa sekä kansainvälisesti Harvardin ja Stanfordin sairaaloiden keuhko- ja unilääkäreiden kanssa.

Taloustieteen hankkeessa tutkimme epidemian leviämisen ja talouden välistä vuorovaikutusta ja erilaisten hallintatoimien taloudellisia vaikutuksia. Lisäksi tarkastelimme sitä, tulisiko julkisen vallan suunnata kriisitilanteissa tukensa pankkeihin vai yrityksiin. Tavoiteltaessa talouden vakauttamista suurin

tukipanosin tulisi tuki suunnata yrityksiin. Mikäli tuki on pientä, olisi se tehokkaampaa suunnattuna pankkeihin.

Yhteiskunnallista vuorovaikutusta olemme pandemian osalta harjoittaneet esittelemällä hankkeemme tuloksiamme Eduskunnan talousvaliokunnalle seitsemän kertaa, Vihreiden eduskuntaryhmän ja Keskustan sote-ministeriryhmälle. Näiden lisäksi olemme esitelleet hankkeemme tuloksia Suomen Panikissa ja Kansainvälisessä valuuttarahastossa. Pandemian talousvaikutuksia esiteltiin laajalle yleisölle Helsingin yliopiston Tiedekulman "Poikkeuslinjalla".

Koronalla on sekä taloudellisia että terveydellisiä vaikutuksia

Tutkimuksemme havainnollisti biologisia riskitekijöitä koronataudissa ja selvitti sosioekonomisten tekijöiden merkitystä koronataudin taustalla. Luennot ja lehdistötiedotteet toivat uniapnean riskitekijänä ja koronaan liittyvät genetiikkalöydökset nopeasti kansallisen ja kansainvälisen tiedeyhteisön käyttöön.

LUE LISÄÄ JA OTA YHTEYTTÄ

Andrea Ganna: andrea.ganna@helsinki.fi

Liisa T. Laine: laine@helsinki.fi

Hanna M. Ollila: hanna.m.ollila@helsinki.fi

- Hartonen T, Jermy B, Sõnajalg H, Vartiainen P, Krebs K, Vabalas A; FinnGen; Estonian Biobank Research Team; Leino T, Nohynek H, Sivelä J, Mägi R, Daly M, Ollila HM, Milani L, Perola M, Ripatti S, Ganna A. Nationwide health, socioeconomic and genetic predictors of COVID-19 vaccination status in Finland. *Nat Hum Behav.* 2023 Jul;7(7):1069-1083
- Strausz S, Kiiskinen T, Broberg M, Ruotsalainen S, Koskela J, Bachour A; FinnGen; Palotie A, Palotie T, Ripatti S, Ollila HM. Sleep apnoea is a risk factor for severe COVID-19. *BMJ Open Respir Res.* 2021 Jan;8(1):e000845. doi: 10.1136/bmjresp-2020-000845.
- The COVID-19 Host Genetics Initiative, Neale BM*, Daly MJ*, Ganna A* A second update on mapping the human genetic architecture of COVID-19. *Nature.* 2023
- Haavio, Markus; Antti Ripatti; Tuomas Takalo (2024). Public funding of banks and firms in a time of crisis, Forthcoming in *International Journal of Central Banking*.

3. Ympäristö ja sää

3.1. Varautuminen äärimmäisimpään avaruussäähän

- o Minna Palmroth, Helsingin yliopisto
- o Kirsti Kauristie, Ilmatieteen laitos
- o Karoliina Pilli-Sihvola, Change in Momentum

Vuonna 1859 tapahtui mitatun historian voimakkain avaruussäätapahtuma, niin sanottu Carringtonin myrsky. Tieteelliset todisteet osoittavat, että on vain ajan kysymys, milloin Carrington-luokan myrsky uusiutuu. Ei ole kokemusta siitä, miten tämä vaikuttaisi sähköistyneeseen ja digitalisoituneeseen nyky-yhteiskuntaan. Siksi tutkimme CARRINGTON-hankkeessa varautumista äärimmäisiin avaruusmyrskyihin.

AVAINSANAT

Avaruussää
Kriittinen infrastruktuuri
Sähkösiirtoverkot
Säteily-ympäristö
Lentoliikenne
Satelliittisignaalit
Numeerinen mallinnus
Ääriarvoteoria
Satelliittiteknologia

Konsortiomme kuvasi lähiavaruuden vasteen Carrington-luokan myrskyn seurauksena käyttämällä maailman johtavia malleja, aineistoja ja ääriarvoteoriaa. Tutkimme myrskyn vaikutuksia taloudellisesti ja yhteiskunnallisesti kalleimpaan kriittiseen infrastruktuuriin: sähköverkkoon, satelliitteihin ja satelliittien signaaleihin. Kehitimme siviilivalmiuden menettelytapoja järjestämällä valmiusseminaareja.

Ennennäkemättömät sähkövirrat ja elektronivuot aiheuttaisivat häiriöitä sähköverkoissa ja satelliiteissa

Sähköverkkojen osalta olemme tutkineet geomagneettisesti indusoituneiden virtojen suuruutta ja maantieteellistä laajuutta käyttäen uusimpia mallinnustuloksia. Konsortion tekemän tutkimuksen mukaan virrat ovat moninkertaiset verrattuna aiemmin mitattuihin. Konsortion arvion mukaan Suomen sähköverkko voisi silti kestää tämän kokoluokan häiriön, mutta muualla maailmassa tapahtuvien häiriöiden vaikutuksia sähköjalkeluun voi vain arvailla. Satelliittien kokemaa korkeaenergisten elektronien vuota olemme arvioineet käyttämällä ääriarvoteoriaa. Ääriarvoteoriasta johdettujen tulosten mukaan näiden lähes valon nopeudella kulkevien elektronien vuo on melkein kaksi kertalukua suurempi, kuin hallussamme olevassa aineistossa on havaittu.

Konsortio selvitti yhteistyössä satelliittiteknologiaa tuntevien tahojen kanssa satelliittien kokemaa vastetta, jos elektroni- ja protonipommitus olisivat suunnitteen alustavien tulosten mukaisia. Pahimmassa vaarassa ovat noin 500-600

kilometrin korkeudella lentävät kaupalliset satelliitit, joiden ei normaaliolosuhteissa tarvitse huolehtia ylimääräisestä säteilystä.

Äärimmäisessä avaruussäässä tapahtuu kaksi asiaa: sekä Maan omat säteilyvyöt siirtyvät alemmas näiden satelliittien radoille että Auringon protonipomitus lisääntyy huomattavasti. Näiden ilmiöiden yhteisvaikutus on satelliittien aurinkopaneelien merkittävä vanhentuminen, sekä satelliitin muistijärjestelmien korruptoituminen. Paljon riippuu satelliiteissa käytettävästä teknologiasta ja siitä, onko satelliitissa automatiikkaa mennä niin sanottuun suojamoodiin äärimmäisessä avaruussäässä. Konsortio haluaa jatkossa selvittää, miten moni satelliitti mahdollisesti menetettäisiin, sillä satelliitit ovat nyky-yhteiskunnan kannalta kriittinen infrastruktuuri.

Olemme myös tunnistaneet tärkeimmät erityisammattilaiset, joiden kanssa jatkamme valmiussuunnittelua. Lisääntynyt tieto avaruusmyrskyjen merkityksestä on myötävaikuttanut myös kansallisen avaruustilannekeskuksen valmisteluun. Suomen hallitus esitti lokakuussa 2024 keskuksen perustamista. Perustamistoimet on jo aloitettu ja täysi toimintavalmius saavutetaan 2028. Siviilijohtokeskus toimii Ilmatieteen laitoksella yhteistyössä Maanmittauslaitoksen kanssa, ja sotilasjohtokeskus sijoitetaan Puolustusvoimien yhteyteen.

Tutkimustuloksia hyödynnetään avaruussäälle alttiiden infrastruktuurien valmiussuunnitelmissa

Tutkimuksella kuvataan maan lähiavaruuden fysikaalinen ympäristö äärimmäisen avaruussään aikana. Avaruussäälle erityisen alttiita infrastruktuureja ovat sähköverkot ja satelliittien signaaleihin tukeutuvat palvelut, kuten laiva- ja lentoliikenteen navigaatio. CARRINGTON-hankkeen tuloksiin nojautuen laaditaan parhaillaan harjoitusmateriaalia ja ohjeistusta tulevaisuuden lentoliikenteen turvallisuushkia käsittelevässä, EU:n rahoittamassa ALBATROS hankkeessa (<https://www.albatros-horizon.eu/>).

Tutkimuksen seurauksena infrastruktuurien edustajat tulevat tietoisiksi avaruussään riskeistä. He tunnistavat avaruussään erityisriskit ja kehittävät valmiussuunnitelmat riskien varalle yhdessä konsortion kanssa. Esimerkiksi Huoltovarmuuskeskuksen laajat kriittisten yritysten verkostot voivat hyödyntää tutkimuksen tuloksia varautumistyössään. Tutkimustulokset huomioidaan myös kansallisen avaruustilannekeskuksen suunnittelutyössä. Lisäksi voidaan vaikuttaa satelliittien rakenteisiin siten, että ne kestävät paremmin äärimmäisintä avaruussäätä. Tästä on hyötyä sekä satelliittiriippuvaisten palvelujen suojaamisessa että siinä, että satelliitit eivät vaurioidu herkästi rajuissakaan olosuhteissa. Pitkän aikavälin vaikutukset ulottuvat esimerkiksi avaruuden kestävään käyttöön sekä muuhun nopeasti ja globaalisti tapahtuvien uhkien varautumiseen.

Tieto äärimmäisistä avaruusmyrskyistä on edelleen vajavaista ja ennustaminen hyvin vaikeaa. Geomagneettisesti indusoituvien virtojen osalta on oleellista mallintaa useita erityyppisiä voimakkaita aurinkotuulitapahtumia ja niiden vaikutuksia maanpinnan magneettikenttään. Näin voidaan luoda kokoelma skenaarioita äärimmäisistä induktiovirroista ja arvioida niiden teknologisia vaikutuksia yhteistyössä kriittisen infrastruktuurin operaattoreiden kanssa.

Fysikaalinen mallinnus ensisijaisena lähtökohtana

Ääriarvomenetelmät ovat konservatiivisia, eli ne eivät kykene ennustamaan jostain täysin poikkeuksellista ennen näkemätöntä ilmiötä tai ilmiöiden yhdistelmiä. Ne perustuvat mitattuun dataan, jossa ei ole mukana todella äärimmäisiä tapauksia. Perustavanlaatuinen kysymys onkin, ovatko äärimmäiset avaruusmyrskyt nykyosaamisella selitettävissä olevia tapahtumia vai sisältyykö niihin aiemmin havaitsemattomia ilmiöitä, joita varten on kehitettävä uutta tietämystä.

Konsortion lähtökohtana on jatkaa tutkimusta fysiikkaan perustuvien mallien kehittämisellä, joiden tuloksista voitaisiin arvioida myös ennen havaitsemattomia ilmiöitä, niiden yhdistelmiä ja vaikutuksia yläilmakehässä. Oma mielenkiintonsa on muinaisilla Auringon protonipurkauksilla, joita lähellekään ei ole päästy nykyaikana. Näistä ei tiedetä, kuinka voimakkaita magneettisia myrskyjä niihin voisi liittyä.

OTA YHTEYTTÄ

Minna Palmroth: minna.palmroth@helsinki.fi

3.2. Kaupunkialueiden indusoidun seismisen riskin hallinta

- Annakaisa Korja, Helsingin yliopisto
- Ludovic Fülöp, VTT
- Niko Putkinen, Geologian tutkimuskeskus (GTK)

Pienet indusoidut maanjäristykset aiheuttavat potentiaalisen uhan kaupungin rakennetulle infrastruktuurille, kuten tärinäherkille laitteille, maanalaiselle rakentamiselle, pienille modulaarisille ydinvoimaloille (SMR) ja lämpölaitoksen omalle energianlähteelle. SEISMIC RISK -hankkeessa tutkimme, miten syviin geotermisiin kaukolämpövoimaloihin liittyvää indusoidun seismisyyden riskiä voisi valvoa ja hallita.

AVAINSANAT

Seismisyys
Indusoitu seismisyys
3D-Rakennemalli
Riski
Hasardi
Tomografia
Geoterminen voimala
GMPE
EPOS
Kaupunki
Kallioperä
Maaperä
Rakentaminen
Ohjeet
Viranomaiset
Institutionaalinen epäselvyys

Indusoidulla seismisyydellä tarkoitetaan pieniä maanjäristyksiä ja tärinää, joita syntyy ihmisen toiminnan seurauksena. Syvissä geotermisissä voimaloissa lämpimän veden kiertoa kallioperässä edistetään kallioperän rako-
vyöhykkeitä stimuloimalla paineistetulla vedellä eli indusoituja maanjäristyksiä tuottamalla. Indusoidun seismisyyden riskiä voidaan hallita ja minimoida läpinäkyvällä lupaprosessilla, seismisellä valvonnalla ja maankäytön suunnittelulla.

Geotermisten haasteena on, että ne eivät voi sijaita liian lähellä kallioperän siirrosvyöhykkeitä. Ensinnäkin poraaminen siirroksen läpi on osoittautunut hankalaksi, osin mahdottomaksi ja toiseksi veden lisääminen voi aktiivoida olemassa olevia siirroksia epätoivotuin seurauksin. Havaintojen perusteella Espoon Otaniemen geotermisessä kokeessa stimulointi kasvatti maanjäristysten määrän 50-ker-
taiseksi. Koe oli erityinen myös siksi, että seismiset aallot ja ääniaallot etenivät nopeasti ja vaimenivat poikkeuksellisen hitaasti kiteisessä

kallioperässä, minkä vuoksi kansalaisten ääni- ja tärinähavaintoja saatiin jopa kymmenen kilometrin päästä.

Kaupungeilta saadun kairausaineiston avulla laadittiin Otaniemen alueen tarkennettu kalliopinnan syvyyden tulkinta ja maaperäolosuhteita kuvaava geologinen kolmiulotteinen rakennemalli sekä pääkaupunkiseudun laajempi geologisten rakenteiden ja heikkousvyöhykkeiden kartta-aineisto. Näillä on huomattavaa yhteiskunnallista vaikuttavuutta parantuneen geologisen rakenteen ymmärryksen sekä värinöiden, tärinäiden ja äänen kulkeutumisessa eri maakerrosten läpi rakennuksiin ja kaupunkialueelle.

Työn tulokset heijastuvat luonnollisesti kaupunkisuunnitteluun ja seismisen riskin arviointiin. Kaupunkien kanssa jatketaan yhteistutkimuksia liittyen yhdistetyn maa- ja kallioperämallin soveltamiseen kaupunkisuunnittelussa seuraavissa aiheissa: seismiset vaara- ja riskimallit, tomografiset nopeusmallit ja äänen leviäminen sekä pääkaupunkiseudulle yhdistetty 3D-kalliopinta- ja maaoperämalli.

Tuotimme koko Suomen kattavan seismisen hasardinkartan

Projektissa tehtiin ensimmäinen koko Suomen kattava seisminen hasardinkartta, jossa on mukana järjestyshavainnot aina magnitudiin $M_w 2$ asti. Vaikka näin pienet järjestykset eivät voi tuhota rakennuksia, ne voivat väliaikaisesti häiritä kriittisiä toimintoja (data- ja tietoliikennekeskukset, herkkien sairaala- ja laboratorio laitteiden kalibroinnit jne.). Kartan valmisteluvaiheessa laadittiin ja julkaistiin avoimesti homogeenoitu maanjärjestykatalogi, seismiset lähdealueet. Näiden avulla yritykset ja tutkijayhteisöt voivat aloittaa yleiset tai paikkakohtaiset tutkimukset myös muille kriittisille rakennuksille kuten erilaiset voimalat (SMR, EGS, vetyvarastot) ilman vuosikausien taustatutkimuksia.

Pääkaupunkiseudun kuntien tietojen avulla tehtiin rakennustietokanta, jonka perusteella tehtiin Suomen rakennuskannalle rakennustyyppien värinäsensitiivisyysluokittelu. Yhdistämällä maanjärjestyshasardi, geologiset kallioperä - ja maaperän laatu, levinneisyys- ja syvyystiedot sekä rakennusten paikkakohtaiset värinäsensitiivisyystiedot luotiin malli, jonka avulla voidaan arvioida rakennusten mahdollisia tuhoja eli paikallista seismistä riskiä. Esimerkiksi savikkoalueilla rakennukset reagoivat voimakkaimmin ja niillä alueilla seisminen riski onkin aavistuksen verran suurempi.

Kehitimme menetelmiä arvioida rakennusten sietokykyä

Riskinarviomenetelmää ja rakennusten värinän sietokyky -tietokantaa voidaan jatkossa käyttää myös arvioitaessa rakennusten tai kaupunginosien kykyä sietää liikenteestä tai räjäytyksistä aiheutuvan värinää tai selviytymistä isoistakin räjähdyksistä (maanpuolustussovellukset). Uusissa energia-alan hankkeissa selvitetään, miten SMR-lupaprosessissa otetaan huomioon mahdolliset alueella olevat tai sinne tulevat geotermiset voimalat ja miten SMR-lupaprosessiin otetaan huomioon seisminen hasardiarvio.

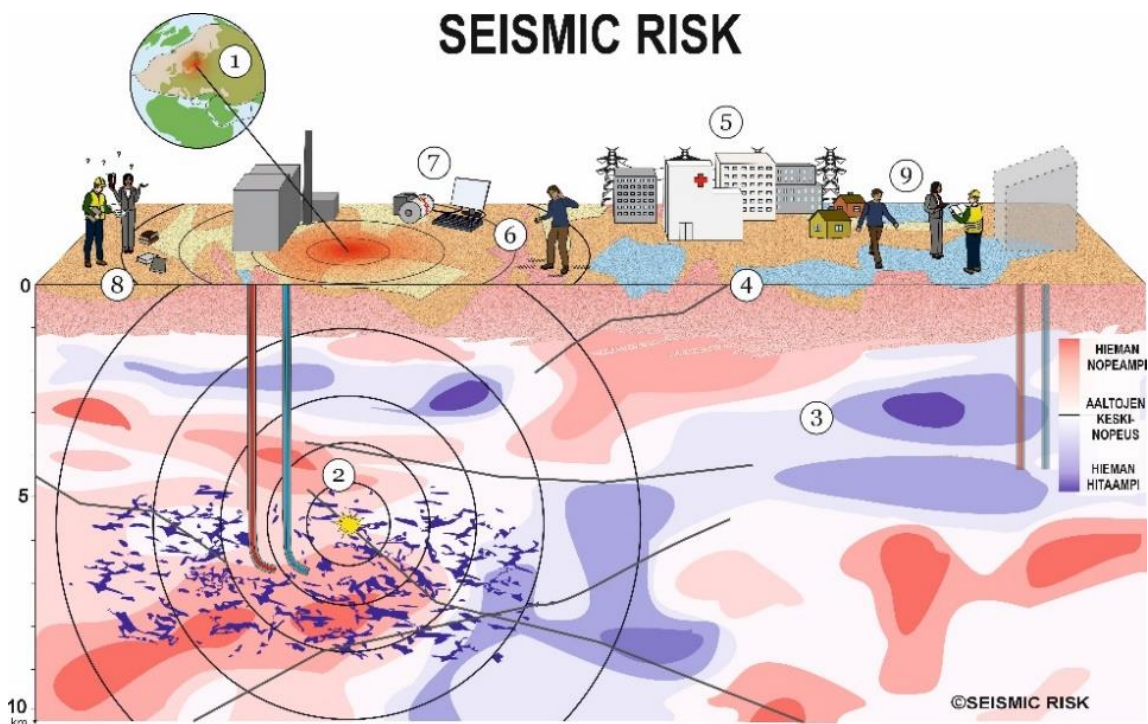
Lisäksi olemme selvittäneet haastattelututkimuksilla seismisen riskin hallinnan nykytilaa sekä analysoineet eri toimijoiden näkemyksiä siitä, keiden tulisi olla mukana riskin hallinnassa ja millaista tietoa eri tahot kokevat tarvitsevänsä. Keskeinen havainto on, että sekä käsitys riskin luonteesta että uhkasta vaihtelee. Myös ajatukset toimijoiden rooleista ja sääntelyn tarpeesta vaihtelevat.

Projekti koulutti sekä tutkijoita että viranomaisia seismisen riskin menetelmiin, järjesti avoimia seminaareja ja kursseja sekä kuntapäätäjien kokoussarjoja sekä laati seismisen riskin sanaston tieteen termipankkiin. Haastattelututkimuksen ja avoimen seminaarin seurauksena työ- ja elinkeinoministeriö käynnisti selvityksen geotermiseen energiaan liittyvistä lainsäädäntötarpeista ja edistämismahdollisuuksista Suomessa. Suuret kaupungit ovat perustaneet keskusteluverkoston, jossa ne vaihtavat tietoa geotermisten hankkeiden

edistymisestä sekä niihin liittyvästä kaupunkisuunnittelusta, lupaprosesseista ja teknisestä tietotaidosta.

LUE LISÄÄ JA OTA YHTEYTTÄ

- o helsinki.fi/fi/projektit/seismic-risk
- o Naumer S. et al., 2024. Seismic hazard analysis of the Helsinki Capital area including local soil conditions, VTT-R-00070-24
- o Metsalo, K. et al., 2024. SEISMIC RISK - Kaupunkialueiden indusoidun seismisen riskin hallinta -hanke laajentaa geotermisen energian vaikutusten ymmärrystä. *Geologi*, (1), 13-17.
- o Lindqvist et al. 2025; Integrated geological modeling of partially exposed Precambrian bedrock surface and thickness of overlying Quaternary deposits, Engineering geology.
- o Mäntyniemi et al., 2025. A zoning model for seismic hazard analysis of Finland and adjacent areas: A fusion of seismological and geological data. *Tectonophysics*.
- o Rintamäki, A.E. et al., 2022. A seismic network to monitor the 2020 EGS stimulation in the Espoo/Helsinki area, southern Finland. *Seismological Research Letters* 93, 1046-1062.



Kuva 1. SEISMIC RISK hankkeen yleiskuvaus ja työpaketit.

3.3. Tutkasääennusteiden kehittäminen Suomen merialueilla

- o Lauri Laakso, Ilmatieteen laitos

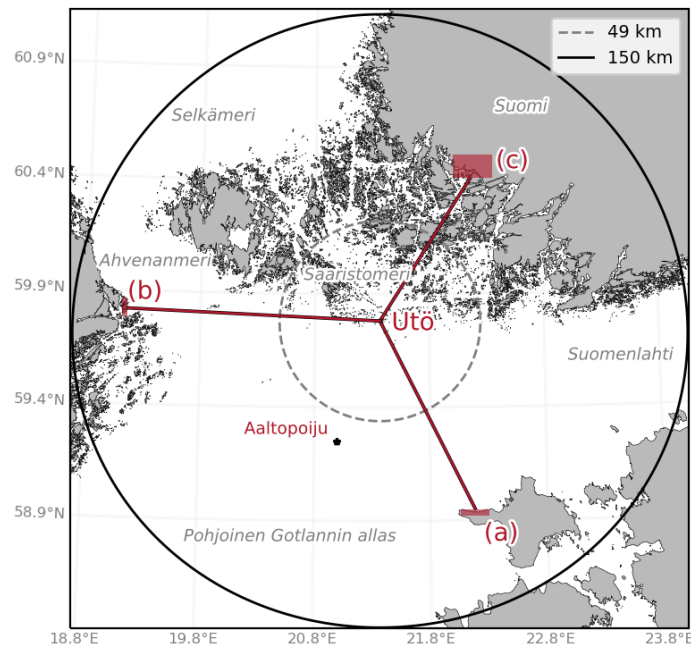
AVAINSANAT

Tutkien toiminta
Kanavoituminen
Sään
Ennustaminen
Meren rajakerros
Meriturvallisuus
Huoltovarmuus
Meripuolustus

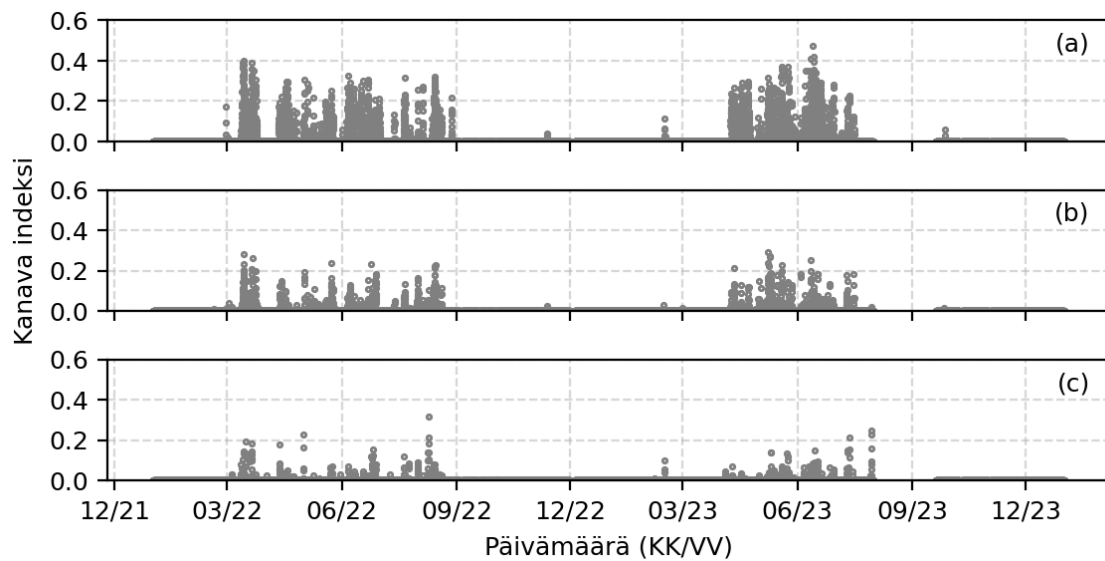
Suomen Akatemian rahoittamassa hankkeessa tarkasteltiin erilaisten tutka- ja kommunikaatiotaajuuksien signaalien etenemiseen vaikuttavia ilmiöitä merialueilla sekä tutkittiin näiden ennustamiseen liittyviä menetelmiä.

Hanke toteutettiin tiiviissä yhteistyössä kansallisten ja pohjoismaisten turvallisuusviranomaisten kanssa. Hankkeen aikana ja sen jälkeen Suomeen on luotu vahva kokeellinen kyky aihepiiriin liittyvien ilmiöiden reaaliaikaiseen mittaamiseen.

Kuvissa 1 ja 2 on esitelty Utö X-kanavan tutkan signaalin tutkahorisontin ulkopuolisen etenemisen vaihtelu kolmelle eri kohteelle vuosina 2022–23. Tutkasignaalin havaittiin kanavoituvan erityisesti keväällä ja kesällä johtuen alailmakehän pystysuuntaisesta rakenteesta ja meren pinnan olosuhteista.



Kuva 1: Esimerkki Utön Ilmakehän- ja merentutkimusaseman X-kanavan tutkan signaalin tutkahorisontin (harmaa katkoviiva) ulkopuolisen etenemisen arvioimisessa käytetyistä kohteista (Lähde: Rautiainen et al., 2025)



Kuva 2: Kuvassa 1 esitettyjen tutkahorisontin ulkopuolisten kohteiden näkyminen tutkasignaalin kanavoitumisen vuoksi vuosina 2022–23 (Lähde: Rautiainen et al., 2025).

Tulosten ja jatkohankkeiden pohjalta on pystytty kehittämään alustava kyky keskeisten signaalikulkuun vaikuttavien ilmiöiden ennustamiseen. Tällä hetkellä hankkeen tuloksia validoidaan kokeellisesti ja ne ovat testikäytössä.

Suomen Akatemian rahoittaman tutkimushankkeen tuloksia voidaan hyödyntää kaikissa ilmakehän eritaajuisten sähkömagneettisten signaalien kulkuun liittyvissä siviili- ja sotilaspuolen teknologioissa, kuten tutkissa, viestinnässä sekä käytettäessä autonomisia laitteita. Hanke jatkuu laajassa Euroopan puolustusrahaston (EDF) rahoittamassa "Forecasting Electromagnetic Signal Propagation Anomalies (FESPAN)" hankkeessa vuosina 2025–28.

LUE LISÄÄ

- Rautiainen, L., Tyynelä, J., Lensu, M., Siiriä, S., Vakkari, V., O'Connor, E., Hämäläinen, K., Lonka, H., Stenbäck, K., Koistinen, J. and Laakso, L., Utö Observatory for Analysing Atmospheric Ducting Events over Baltic Coastal and Marine Waters, *Remote Sens.*, 15, <https://doi.org/10.3390/rs15122989>, 2023.
- Rautiainen, L., Lensu, M., Vakkari, V., Tyynelä, J., Kanarik, H., Laakso, L., Marine atmospheric ducting statistics based on two years of coastal surveillance radar observations, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-24-0096.1>, 2025
- Schulz-Stellenfleth, J., Blauw, A., Laakso, L., Mourre, B., She, J., Wehde, H. Fit-for-Purpose Information for Offshore Wind Farming Applications–Part-II: Gap Analysis and Recommendations. *J. Mar. Sci. Eng.*, 1817, <https://doi.org/10.3390/jmse11091817>, 2023.
- She, J., Blauw, A.N., Laakso, L., Mourre, B., Schulz-Stellenfleth, J., Wehde, H. Fit-for-Purpose Information for Offshore Wind Farming Applications–Part-I: Identification of Needs and Solutions. *J. Mar. Sci. Eng.*, 1630, <https://doi.org/10.3390/jmse11081630>, 2023.
- [Utön ilmakehän- ja merentutkimusasema](#)

3.4. Päätöksenteon tuki ympäristölähtöisten monimutkaisten ja kauaskantoisten riskien hallintaan kaupunkialueilla

- o Janne I. Hukkinen, Helsingin yliopisto
- o Jussi T. Eronen, Helsingin yliopisto
- o Turo-Kimmo Lehtonen, Tampereen yliopisto
- o Jouni Pulliainen, Ilmatieteen laitos

Ekologinen kriisi aiheuttaa yhteiskunnalle suuria riskejä. LONG-RISK-tutkimushankkeessa vahvistimme suomalaisten kaupunkien monimutkaisten ympäristöriskien pitkän tähtäyksen hallintaa. Teimme sen strategisten tilannehuoneharjoitusten avulla.

AVAINSANAT

Maanhavainnointidata
Moniulotteiset riskit
Polkuriippuvuus
Skenaariot
Simulaatioharjoitus
Tilannehuone
Kriisipäätöksenteko
Strateginen päätöksenteko
Päätöksenteon tukijärjestelmät
Ympäristöpolitiikka

Hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin (IPCC) ja luontopaneelin (IPBES) mukaan planeettamme ekosysteemit ovat kriisiytyneet. Ympäristökriisit ovat muuttuneet kroonisiksi. Siksi kaikilla hallinnan tasoilla tarvitaan päätöksentekoa, joka samanaikaisesti kykenee kohtaamaan kriisit ja ottamaan huomioon päätösten vuosikymmenien päähän ulottuvat strategiset vaikutukset. Haaste on yhteiskunnallisesti merkittävä, koska lyhyen tähtäyksen kriisinhallinta ja pitkän tähtäyksen strateginen suunnittelu ovat erillään niin hallinnossa kuin tutkimuksessa.

Kaupungit harjoittelivat strategista ympäristökriisiin reagointia politiikkapäämajassa

Kehitimme strategisia tilannehuoneharjoituksia, eli politiikkapäämajoja, joita järjestettiin vuonna 2022 Helsingissä, Tampereella ja Kotkassa kaupunkien asiantuntijoille, kaupunginjohtajille ja puolueyhymien johtajille. Harjoituksissa osallistujia pyydettiin kuvittelemaan olevansa oikeassa tilannehuoneessa, jonka lähtökohtana oli kuviteltu tilanne vuonna 2025:

Poikkeuksellisen suuret ja monimutkaiset ympäristökriisit ovat toistuneet useana peräkkäisenä vuotena ja toistuvat jatkossakin. Kaupungin ylin johto on päättänyt välittömästi arvioida uudelleen strategisten suunnitelmien edellytykset kohdata kroonistuneet ympäristökriisit. Tilannehuoneessa asiantuntijat valmistelevat kaupungin johdolle analyysin toistuvien monimutkaisten ympäristökriisien aiheuttamista uhkista vuosina 2040–2050 ja ehdotuksen vaihtoehtoisista toimenpiteistä uhkien torjumiseksi. Analyysi perustuu Ilmatieteen laitoksen mallinnustietoon. Kaupungin johto valmistelee asiantuntijoiden tuella kaupungin päättäjille esityksen kauaskantoisten ympäristöriskien torjunnan

edellyttämistä muutoksista varautumisen, maankäytön ja talouden suunnitelmiin.

Politiikkapäämaja on päätöksenteon alusta ympäristökriisien strategiseen hallintaan

Hankkeessa kehitettiin suunnitteluperiaatteet politiikkapäämajalle, joka on päätöksenteon alusta ympäristökriisien strategiseen hallintaan. Politiikkapäämaja koostuu kaupungin poliittisesta johdosta ja eri toimialojen johtavista asiantuntijoista. Sen puheenjohtajana toimii kaupungin strategisen varautumisen vastuuhenkilö. Politiikkapäämaja kokoontuu vähintään vuosittain. Se yksilöi toimialakohtaisten strategioiden ja toimintaohjeiden heikkoudet strategisen varautumisen näkökulmasta ja ehdottaa toimialakohtaisia korjauksia. Uudistetut strategiat ja ohjeet perustuvat yhdessä muodostettuun strategiseen tilannekuvaan eli jaettuun näkemykseen kauaskantoisista kriisiskenaarioista, joihin kaupungin on syytä varautua. Politiikkapäämaja tekee esityksen kaupungin päättäjille strategisen varautumisen edellyttämistä pitkän tähtäyksen budjetti- raameista ja investoinneista.

LONGRISK-hankkeen yhteiskunnallinen vaikuttavuus nousee politiikkapäämajasta, joka lisää päättäjien ja kansalaisten tietoisuutta ympäristön kroonisista monikriiseistä. Politiikkapäämaja säästää myös resursseja, kun toimialat yhdessä sovittavat toimintansa heilahteluun normaaliolojen ja häiriötilojen välillä. Hanke osoitti vaikuttavuutensa hankekaudella ja sen jälkeen. Huoltovarmuusorganisaation elintarvikepooli pyysi hankettamme järjestämään strategisen ruokaturvallisuuden seminaarin ja politiikkapäämajaharjoituksen marrasjoulukuussa 2023.

Tallinnan kaupungin strategisen johdon kanssa käytiin keskusteluja mahdollisuudesta istuttaa politiikkapäämaja kaupungin toimintaan. San Francisco Marine Exchange -organisaatio, joka tuottaa merenkulkuun liittyvää kriittistä tietoa, konsultoi ryhmäämme vuosina 2022-2023 suunnitellessaan ilmatoriskien hallinnan politiikkapäämajaa toimialueensa satamille, rantakaupungeille ja kriittisen infrastruktuurin organisaatioille. Tietoisuutta politiikkapäämajasta ja strategisesta kriisinhallinnasta olemme lisänneet räätälöidyillä esityksillä seuraaville tahoille: United Nations Development Programme, Permanent Representation of the Kingdom of the Netherlands to the European Union in Brussels, European Societal Security Research Group, Suomalainen Tiedeakatemia ja Tieteiden Yö.

Ympäristökriisien strategiseen hallintaan liittyvä tutkimus jatkuu hankkeissa GYROSCOPE: Digitaalisten ratkaisujen skenaarit, riskit ja mahdollisuudet siirryttäessä kohti vihreää ja kestävästä merilogistiikkaa (Suomen Akatemia/Euroopan komissio), CHARTER: Drivers and Feedbacks of Changes in Arctic Terrestrial Biodiversity (Euroopan komissio) ja Arkistotiedon käyttö ympäristötutkimuksessa – pohjoisen sosioekologinen ympäristöhistoria työkaluna ympäristömuutosten ymmärtämiseen (Koneen säätiö). Helsingin ja Tampereen yliopiston sekä Ilmatieteen laitoksen lisäksi LONGRISK-hankkeen tutkijat jatkavat työskentelyä strategisen kriisinhallinnan parissa Huoltovarmuuskeskuksessa, Kotkan Meriturvallisuuden ja -liikenteen tutkimuskeskus Merikotkassa,

Ulkopoliittisessa instituutissa, Suomen ympäristökeskuksessa ja BIOS-tutkimusyksikössä.

LUE LISÄÄ JA OTA YHTEYTTÄ

- <https://www.helsinki.fi/fi/projektit/longrisk>
- Vihma, P., J.I. Hukkinen (2024) Bracing urban governance against climate crises: How to integrate high reliability into strategic decision-making? *Environmental Policy and Governance*, 1-11. <https://doi.org/10.1002/eet.2129>
- Räsänen, H., J.T. Eronen, J.I. Hukkinen (2023) Imagining the next pandemic: Finnish preparedness for chronic transboundary crises before and during COVID-19, *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy*, 14(3): 226-246. <https://doi.org/10.1002/rhc3.12271>
- Little, J.C., R.O. Kaaronen, J.I. Hukkinen, S. Xiao, T. Sharpee, A.M. Farid, R. Nilchiani, C.M. Barton (2023) Earth systems to Anthropocene systems: An evolutionary, system-of-systems, convergence paradigm for interdependent societal challenges, *Environmental Science & Technology*, 57(14): 5504-5520. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c06203>
- Hukkinen, J.I., J.T. Eronen, N. Janasik, P. Järvensivu, R.O. Kaaronen (2022) Coping with policy errors in an era of chronic socio-environmental crises, *Ecological Economics*, Vol. 199: 107489. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107489>
- Hukkinen, J.I., J.T. Eronen, N. Janasik, S. Kuikka, A. Lehikoinen, P.D. Lund, H. Räsänen, M.J. Virtanen (2022) The policy operations room: Analyzing path-dependent decision-making in wicked socio-ecological disruptions, *Safety Science*, Vol. 146: 105567. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105567>

3.5. Kiinteistöt kriisinhallinnan apuna - ratkaisuja integroituna tulevaisuuteen

- Saija Toivonen, Aalto-yliopisto
- Kimmo Lapintie, Aalto-yliopisto
- Sofie Pelsmakers, Tampereen yliopisto
- Markku Wilenius, Turun yliopisto

Kiinteistöt ovat kriiseissä tärkeässä roolissa. Alueilla ja erilaisilla tiloilla, olivatpa ne koteja tai työtiloja, on keskeinen rooli siinä, miten erilaiset kriisit vaikuttavat ihmisiin, työntekijöihin, yrityksiin ja yhteiskuntaan. RESCUE-hankkeessa (Real Estate and Sustainable Crisis Management in Urban Environments) tarkasteltiin kiinteistöjen roolia kriisinhallinnan keinona. Lisäksi hankkeessa tutkittiin yhteistyössä rakennetun ympäristön toimijoiden kanssa kriisien varalta tarvittavia politiikkatoimenpiteitä, säädöksiä ja käytäntöjä.

AVAINSANAT

Kriisivalmius
Kriisinhallinta
Kiinteistöt
Sosiaalinen kestävyys
Rakennettu ympäristö
Hyvinvointi
Tulevaisuuden tutkimus
Ennakointi
Maankäytön suunnitelma
Tilasuunnittelu

Kiinteistöillä on tärkeä rooli kriisien hallinnassa

Hankkeen kautta pyrittiin lisäämään sekä tieteellistä että käytännön ymmärrystä niin etukäteen tunnistettujen kuin odottamattomien tulevaisuuden kriisien mahdollisista vaikutuksista tilojen ja alueiden käyttöön sekä ihmisten hyvinvointiin. Luonteeltaan tutkimus oli poikkitieteellinen yhdistäen tulevaisuudentutkimusta, arkkitehtuuria, kaupunkitutkimusta, maankäytön ja tilojen suunnittelua sekä kiinteistöaloutta. Tutkimuksessa tunnistettiin useita erilaisia kriisejä, jotka ovat osittain aiemmin jääneet vähälle huomiolle, sekä niiden mahdollisia suoria ja epäsuoria vaikutuksia rakennuksiin

ja tiloihin. Erytistä huomiota kiinnitettiin sosiaaliseen kestävyteen, terveyteen ja hyvinvointiin liittyviin tekijöihin.

Hankkeen kautta järjestettiin yli 70 työpajaa, joihin osallistui yli 250 asiantuntijaa eri tieteenaloilta ja toimialoilta. Lisäksi näkemystä saatiin haastatteluista kiinteistö-, rakennus-, ja varautumisalan asiantuntijoilta sekä tilankäyttäjiltä ja kriisien kokemusasiantuntijoilta. Hankkeen tutkijat osallistuivat yli 60 kansainväliseen konferenssiin, seminaariin ja tapahtumaan. Tutkimuskonsortio oli myös mukana Asuntomessuilla vuosina 2022 ja 2023 esittelemässä hankkeen tuloksia sekä osallistui Tiedekeskus Heurekan Katastrofien keskellä -näyttelyn perhepäivässä maaliskuussa 2022 viestien hankkeen tuloksista lapsille ja nuorille.

Tutkimuksessa tunnistettiin 128 mahdollista tulevaisuuden kriisiä sekä näiden keskeiset vaikutukset rakennetun ympäristön fyysisiin rakenteisiin sekä näiden

kanssa vuorovaikutuksessa oleviin instituutioihin, arvoihin, palveluihin ja resursseihin. Lisäksi tunnistettiin keskeisiä keinoja ja teemoja (esim. monipaikkaisuus, muuntojoustavuus ja vihreät ympäristöt), joiden kautta on mahdollista vahvistaa rakennetun ympäristön kriisinsietokykyä tunnettuihin ja tuntemattomiin kriiseihin kaupunkitasosta kortteleihin sekä yksittäisiin kiinteistöihin ja asuntoihin. Tutkimuksessa tunnistettiin myös neljä infrastruktuurikategoriaa, jotka ovat keskeisiä sekä maankäytön että rakennustason suunnittelussa ja politiikassa.

Hankkeen tulokset osoittavat, että rakennettu ympäristö ja kiinteistösektori altistuvat monimutkaisille ja erilaisille kriisitilanteille, joiden hallinta vaatii laaja-alaista yhteistyötä. Resilienssin vahvistaminen edellyttää moniammatillista lähestymistapaa, jossa suunnittelu- ja muutosprosessit huomioivat kriisivalmiuden varhaisessa vaiheessa ja rakennetun ympäristön eri tasoilla niin ruohonjuuritason osallistamisessa, käytännöissä ja aloitteissa kuin politiikkatoimenpiteissä ja säädöstyössä. Laaja-alainen tulevaisuusajattelu huomioiden myös epätodennäköisemmiksi mielletyt kriisit voivat lisätä ymmärrystä tulevaisuuden uhista ja siten vahvistaa perinteistä varautumistyötä kunnallishallinnossa, kiinteistömarkkinoilla sekä yritysten toimitilajohtamisessa. Tutkimus osoitti, että yhteisöllisyys on keskeinen tekijä kriiseistä selviytymisessä, ja julkiset tilat, kuten koulut, voivat tarjota suojan ja tukiverkoston kriisitilanteissa. Lisäksi luonnonmateriaalit, viherrakenteet, saavutettavat tilat sekä oikeudenmukaiset ja joustavat ratkaisut edistävät kokonaisvaltaista hyvinvointia. Tutkimuksessa myös huomattiin, että usein kriisien pitkäaikaiset vaikutukset aliarvioidaan, vaikka niiden ymmärtäminen voisi nimenomaisesti laajentaa käsitystä kokonaisvaltaisesta resilienssistä.

Vaikuttavuus

Tutkimuksen tuloksista on julkaistu yli 20 tieteellistä vertaisarvioitua artikkelia sekä lukuisia kirjakappaleita ja raportteja sekä Futura-lehden 4/2021 teemanumero ”Kriisitietoisuus ja tulevaisuusresilienssi”. Vuonna 2024 julkaistiin käytännön resilienssin kehittämiseen keskittyvä, avoimesti saatavilla oleva ”Real Estate and Sustainable Crisis Management in Urban Environments: Challenges and Solutions for Resilient Cities”-kirja sekä rakennetun ympäristön kriisivalmiuden tarkistuslista ja dynaaminen kartta, joiden avulla käyttäjät voivat arvioida omaa hankettaan ja pohtia parhaita tapoja kehittää resilienssiään ympäristössään. Lisäksi hankkeessa tuotettiin kymmenen teesiä sekä käytännön ohjeet ohjaamaan päättäjiä ajattelutapansa muuttamisessa tulevaisuuden resilienssin saavuttamiseksi. Tulevaisuusresilienssi tarkoittaa kykyä ennakoita, navigoida, selviytyä ja oppia kriiseistä sekä uudistaa organisaatiota ja toimintaa erilaisten mahdollisten tulevaisuuden kehityskulkujen keskellä. Hankkeen tuloksista jaetaan myös lyhyt, käytännönläheinen esite, joka on suunnattu esimerkiksi julkisille organisaatioille ja esittelee keskeiset elementit resilienssin rakentamiseksi rakennetussa ympäristössä. Lisäksi tutkimuksessa valmistui aiheita käsittelevä väitöskirja sekä neljä diplomityötä. Hankkeen lopuksi järjestettiin loppuseminaari, jossa laaja joukko kaupunkisuunnittelun ja -kehittämisen, varautumisen ja tutkimuksen edustajia pääsi kuuntelemaan hankkeen keskeisiä tuloksia sekä kansainvälisiä asiantuntijapuheenvuoroja kaupunkien resilienssistä Australiassa, Singaporessa sekä Saksassa. Tapahtuma videoitiin

ja sen YouTube-tallennetta jaettiin aktiivisesti hankkeen nettisivuilla sekä sosiaalisessa mediassa.

Tutkimustiedon avulla yritykset voivat parantaa kriisivalmiuttaan

Hankkeen tuloksien ja työkalujen tarkoituksena on helpottaa uusien resilienssiin tähtäävien käytäntöjen omaksumista ja sisällyttämistä osaksi suunnittelua ja päätöksentekoprosesseja. Tutkimustiedon avulla yritykset voivat parantaa kriisivalmiuttaan ja siten turvata liiketoiminnan jatkuvuuden epävarmoissa olosuhteissa. Organisaatiot voivat hyödyntää uutta tietoa tilojen ja maa-alueiden roolista kriisien hallinnassa, mikä voi johtaa innovatiivisiin ja ennakoiviin varautumisstrategioihin. Kriisien kokeneiden selviytymistarinat tarjoavat arvokasta tietoa ja inspiraatiota tulevaisuuden varautumistyöhön. Ympäristön ja luonnonvarojen osalta tutkimus tuo esiin rakennetun ympäristön resilienssin kehittämisen merkityksen luonnonkatastrofeihin ja ilmastonmuutoksen hitaasti kehittyviin vaikutuksiin sopeutumisessa. Monikäyttöisyys ja hybriditilat voivat edistää tehokkaampaa resurssien käyttöä. Lisäksi viherrakenteiden, luonnonmateriaalien ja luontopohjaisten ratkaisujen hyödyntämisen kautta voidaan mahdollisesti parantaa kriisivalmiutta ja vähentää hiili-intensiivisten materiaalien, kuten betonin ja teräksen, käyttöä. Rakennetun ympäristön resilienssin kestävä kehittäminen erilaisten kriisien monimuotoisia vaikutuksia vastaan vaatii ennen kaikkea perustavanlaatuisia muutosta kohti nykyistä tulevaisuusorientoituneempaa suunnittelua ja johtamista.

LUE LISÄÄ JA OTA YHTEYTTÄ:

- o <https://www.rescue-finland.com/>
- o Castaño-Rosa, R., Pelsmakers, S., Järventausta, H., Poutanen, J., Tähtinen, L., Rashidfarokhi, A., & Toivonen, S. (2022). Resilience in the built environment: Key characteristics for solutions to multiple crises. *Sustainable Cities and Society*, 87, 104259. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104259>
- o Heinonen, S., Sivonen, R., Karjalainen, J., Taylor, A., Toivonen, S., & Tähtinen, L. (2024). Testing urban resilience with immersive CLA and What if?: Three cases: Rovaniemi, Kotka and Tripla. (Tutu-ejulkaisuja; Vol. 2014, No. 1). Turun kauppakorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-249-612-6>
- o Rashidfarokhi, A., & Danivska, V. (2023). Managing crises 'together': how can the built environment contribute to social resilience? *Building Research & Information*, 51(7), 747-763. <https://doi.org/10.1080/09613218.2023.2191922>
- o Toivonen, S., Heinonen, S., Verma, I., Castaño-Rosa, R., & Wilkinson, S. (Eds.). (2024). *Real Estate and Sustainable Crisis Management in Urban Environments: Challenges and solutions for resilient cities* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.1201/9781003474586>
- o Tähtinen, L., & Toivonen, S. (2024). Expanding horizons: a framework for developing futures-oriented resilience in the built environment. *Building Research & Information*, 1-24. <https://doi.org/10.1080/09613218.2024.2426471>

3.6. Kohti resilientimpää ruokajärjestelmää epävarmuuksien edessä

- Marketta Rinne, Luonnonvarakeskus
- Matti Kummu, Aalto-yliopisto
- Jyrki Niemi, Luonnonvarakeskus
- Pasi Rikkonen, Luonnonvarakeskus

Kansallisen ruokaturvan vaarantuminen kriisitilanteissa uhkaa yhteiskuntarauhan säilymistä, joten ruoan tuotannon ja jakelun häiriön toiminta on tärkeää. Yhteiskunnan keskeisiä haasteita on turvata ruokajärjestelmän resilienssi ja huolehtia varautumisesta kriisitilanteisiin. TREFORM-tutkimushankkeessa tuotimme uusia ratkaisuja ja suosituksia ruokaturvan parantamiseksi lyhyellä ja pitkällä aikajänteellä.

AVAINSANAT

Ruokaturva
Huoltovarmuus
Alkutuotanto
Omavaraisuus
Riski
Häiriö
Uhka
Shokki
Maatalous
Kotieläintuotanto

Maailma on yhä epävakaampi esimerkiksi ilmastomuutoksen, globaalien pandemioiden, maailmanmarkkinahintojen vaihtelun ja geopolitiittisten jännitteiden takia. Ruokaturva edellyttää ruoan taloudellista saavutettavuutta, kestävä tuotantoa, resilienttejä tuotantoketjuja ja maatalouden tuotantopanosten varmistettua saatavuutta sekä toimivia kansainvälisiä kauppasuhteita. Se ei ole pelkäänsä yksittäisten valtioiden vastuulla vaan globaali haaste, joka vaatii yhteistyötä ja ratkaisuja monilla tasoilla - kansallisesta ja alueellisesta tasosta globaaleihin suhteisiin ja kauppasopimuksiin asti.

Suomen elintarvikemarkkinan kotimaisuusaste on korkea

Olemme selvittäneet koko suomalaisen ruokaketjun tuontiriippuvuutta eli alkutuotannon, elintarviketeollisuuden, kaupan ja ravitsemispalvelujen riippuvuutta tuontipanoksista tuontimaittain. Suomalaisilla elintarvikemarkkinoilla kiertävistä euroista joka neljäs maksetaan ulkomaille. Kotimaisuusaste on siten 75 prosenttia, mitä voidaan pitää kansainvälisesti varsin korkeana.

Eri tuotantopanosten kuten energian, lannoitteiden, kasvinsuojeluaineiden, koneiden ja rehujen osalta Suomen riippuvuus tuonnista vaihtelee voimakkaasti. Esimerkiksi täydennysvalkuaisrehujen soijan ja rapsin suhteen olemme hyvin riippuvaisia tuonnista. Suomella ei ole omaa typpilannoitteiden primääriraaka-aineen eli ammoniakkin tuotantoa, mutta fosforiraaka-aineissa olemme täysin omavaraisia. Nykymuotoinen maatalous ei pärjäisi ilman maahan tuotuja polttoaineita, eikä jalostus tai jakelu hoituisi ilman tuontien energiaa. Merkittävä osa Suomessa käytetystä energiasta ja lannoiterakaaka-aineesta tuli

aiemmin Venäjältä, mutta uusia tarjontakanavia on löytynyt pakotteiden rajoitettua kauppaa Venäjälle sen hyökättyä Ukrainaan vuonna 2022.

Tutkimus auttaa arvioimaan Suomen ruokahuollon haavoittuvuutta ja varautumista häiriötilanteisiin

Tietoa tarvitaan, kun arvioidaan Suomen ruokahuollon ja -markkinoiden haavoittuvuutta ja varautumista häiriötilanteisiin. Olemme mallintaneet, miten kotieläintuotteista ihmisille käyttökelpoisen energian ja proteiinin tuotanto muuttuu rehujen saatavuuden muuttuessa. Olemme myös arvioineet, miten ilmastoshokit tai lannoitteiden saatavuus vaikuttavat viljojen tuotantoon. Globaalilla tasolla tuotantopanosten saatavuuden häiriöt voisivat vähentää tärkeimpien ruokaviljojen satoja merkittävästi, erityisesti korkean tuottavuuden tuotantoalueilla Etelä-Amerikassa, Aasiassa ja Euroopassa. Suomessa kuitenkin ruokaturva- ja huoltovarmuusasiantuntijoiden mukaan kansallinen ruokajärjestelmämme on jo varsin muutosjoustava verrattuna muihin maihin. Tämä on korkean omavaraisuusasteen, huoltovarmuusorganisaation ja eri toimijoiden luottamukseen perustuvan yhteistyön ansiota.

Riippuvuutta tuontipanoksista voitaisiin vähentää kasvattamalla uusiutuvan energian tuotantoa, lisäämällä valkuaiskasvien tuotantoa ja edistämällä työntekijöiden liikkuvuutta. Fossiilisten energianlähteiden korvaaminen ruoantuotannossa on pitkällä aikavälillä mahdollista.

Muutosjoustavuutta lisäävät keinot voivat aiheuttaa lisäkustannuksia, ja ratkaistavaksi jää, kuka kattaa nämä niin sanotut resilienssikustannukset. Muutosjoustava, monipuolinen, hyvinvoiva ja taloudellisesti kannattava alkutuotanto turvaa ruoan saatavuuden tulevaisuudessa, jonka kaikkia epävarmuuksia, uhkia ja häiriöitä emme vielä tunne. Valitettavasti yhä uusien maailmanpoliittisten ja ympäristökriisien takia tutkimus on erittäin ajankohtaista.

Ruokaturvaa rakennetaan yhteistyöllä

Tämän tutkimuksen tulosten pohjalta olemme antaneet useita lausuntoja sekä eduskunnalle että maa- ja metsätalousministeriölle Suomen ruokaturvasta ja huoltovarmuudesta. TREFORM-hankkeen tutkijat ovat osallistuneet aktiivisesti myös julkiseen keskusteluun suomalaisesta ruokahuollosta ja ruokaturvasta. Tutkimuksen aikana järjestettiin useita webinaareja, joissa tuloksia esiteltiin ja keskusteltiin yhdessä elintarvikealan keskeisten sidosryhmien kanssa resilienssin tekijöistä ja keinoista parantaa sitä. Lisäksi tutkimuksessa hyödynnettiin kolmivaiheista ja vuorovaikutteista Delfoi-menetelmää, jonka haastatteluihin ja kyselykierrokseen osallistui yhteensä yli 60 ruokajärjestelmän ja huoltovarmuuden asiantuntijaa. Ennakointiprosessissa asiantuntijat arvioivat ruokajärjestelmän muutosta 2020-luvulla aina vuoteen 2030 saakka sekä muutosjoustavuuden tekijöitä ja muutosjoustavuutta vahvistavia toimia.

LUE LISÄÄ JA OTA YHTEYTTÄ

- <https://www.luke.fi/fi/projektit/treform>
- Ahvo A, Heino M, Sandström V, Chrisendo D, Jalava M & Kummu M. 2023. Agricultural input shocks affect crop yields more in the high-yielding areas of

- 
- the world. *Nature Food* 4: 1037–1046. <https://doi.org/10.1038/s43016-023-00873-z>
- Huan-Niemi E, Knuutila M, Vatanen E & Niemi J. 2021. Dependency of domestic food sectors on imported inputs with Finland as a case study. *Agricultural and Food Science* 30: 119–30. <https://doi.org/10.23986/afsci.107580>
 - Rikkonen P, Rimhanen K, Aro K & Aakkula J. 2023. The determinants of a resilient food system for Finland in the 2020s—three opinion polls for improvements based on a Delphi study among food system experts. *European Journal of Future Research* 11: 2. <https://doi.org/10.1186/s40309-023-00215-z>
 - Rimhanen K, Aro K & Rikkonen P. 2023. Prioritising key variables for assessing food system resilience in Finland. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 73: 170–183. <https://doi.org/10.1080/09064710.2023.2256341>
 - Sandström V, Huan-Niemi E, Niemi E & Kummu, M. 2024. Dependency on imported agricultural inputs—global trade patterns and recent trends. *Environmental Research: Food Systems* 1: 015002. <https://doi.org/10.1088/2976-601X/ad325e>

4. Tieto ja yhteiskunta

4.1. Paikkatiedon turvallisuus ja satavuus kriittisille infrastruktuureille

- o Sanna Kaasalainen, Maanmittauslaitos
- o Laura Ruotsalainen, Helsingin yliopisto
- o Thomas Fordell, VTT

Yhteiskunnan elintärkeät infrastruktuurit eivät toimi ilman luotettavia paikannus-, navigointi- ja ajoituspalveluja. REASON-tutkimushankkeessa kehitämme automaattisen satelliittipaikannuksen häiriöiden seuranta- ja ennustamisjärjestelmän. Sillä voidaan ennustaa paikka- ja aikapalvelujen toiminnan jatkuvuutta koko Suomen alueella.

AVAINSANAT

GNSS
Satelliittipaikannus
Tekoäly
Turvallisuus
Tilannekuva
Kyberturvallisuus
Aikapalvelu

Satelliittinavigointisignaalit (GNSS) tarjoavat tarkkaa ja jatkuvaa paikannus-, navigointi- ja ajoituspalvelua kansalaisille. Nämä palvelut ovat myös välttämättömiä kriittisille infrastruktuureille, kuten osakemarkkinoiden tarkalle ajoitukselle, sähkönsiirrolle, pankki- ja turvallisuusjärjestelmille, ilmailun luotettavalle paikannukselle, langattomalle viestinnälle, pelastushenkilöstön tarkalle paikannukselle (112) ja logistiikkaketjujen toiminnalle.

Syväoppimisella ennustetaan häiriöitä satelliittipaikannuksessa

Tutkimushanke perustuu Maanmittauslaitoksen FinnRef-paikannuksen tukiasemaverkkoon ja sen pohjalta kehitettyyn GNSS-Finland-seurantatyökaluun. Tästä saadun big datan pohjalta voidaan ennustaa häiriöitä. Helsingin yliopistossa kehitetään syväoppiviin neuroverkkoihin perustuvia menetelmiä GNSS-häirinnän tunnistamiseen ja paikallistamiseen.

Keitämme täysin uusia syväoppimisen menetelmiä (Deep Learning, DL) lähitulevaisuuden trendien laskemiseksi signaalin poikkeavuuksille, sijaintitietojen jatkuvuuden arvioimiseksi sekä paikka- ja aikatiedon kriittisten virheiden ennustamiseksi. Parannamme myös aikapalvelun luotettavuutta ja ajansiirtoa optisissa tietoliikenneverkoissa.

Hankkeessa kehitettiin menetelmä, jolla voidaan ratkaista ionosfäärin aiheuttama viive suoraan GNSS-havainnoista, jotka on saatu Suomen kansallisesta referenssiverkosta FinnRefistä. Menetelmä perustuu neuroverkkomalliin (convolutional neural network (CNN) [1].

Tärkeintä on kehittää tilannekuva, vastaanotinteknologiaa ja tarkan ajan saatavuutta

Hankkeen sidosryhmäyhteistyön tavoitteena oli saada yleiskuva siitä, millaisia tarpeita huoltovarmuuden avaintoimijoilla on liittyen GNSS:n saatavuuteen, tilannekuvaan ja signaalin laatuun. Huoltovarmuuden kannalta ajan synkronointi ja tilannekuva todettiin kriittisimmiksi kehitystarpeiksi. Projektin aikana kehitettiin vaihtoehtoisia menetelmiä ajanmäärittämiseen GNSS-riippuvuuden vähentämiseksi [2]. Datan-keruukampanja ja kehitettyjen algoritmien kenttätestausta tehtiin avoimessa GNSS-häirinnän testauskampanjassa [Jammertestissa](#) Norjassa 2023. Myös häirinnän vaikutusta eri GNSS-vastaanottimiin testattiin tämän mittauskampanjan aikana.

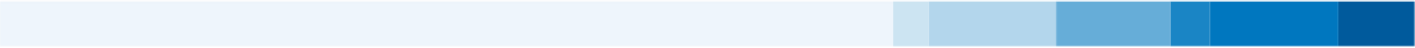
Tutkimus on herättänyt paljon mielenkiintoa eri sidosryhmien keskuudessa, mikä kävi selkeästi ilmi loppukäyttäjätutkimuksestamme. Kyselyn tuloksia on myös hyödynnetty Huoltovarmuuskeskukselle tehdyssä selvityksessä GNSS-palveluiden tarjonnasta ja toiminnasta Suomessa. Lisäksi GNSS-huoltovarmuutta tutkittiin edelleen yhteistyössä Huoltovarmuuskeskuksen kanssa. GNSS-häirintä on hankkeen jälkeen lisääntynyt ja Maanmittauslaitos on viestinyt aiheesta aktiivisesti ja lisännyt yhteistyötä yritysten kanssa [3]. HY on kehittänyt GNSS-häirintälaitteiden luokittelua ja kaupunkialueiden GNSS-vapaata paikannusta.

Tutkimuksen jatkokehitys

Tärkeimmät tutkimuskysymykset ovat lisääntyvässä määrin liittyneet GNSS-signaalin häiriöihin. Kehitämme menetelmiä, joilla saadaan paikka- ja aikatieta silloinkin, kun GNSS-signaalia häiritään tai se on kokonaan poissa käytöstä. FGI on myös kehittänyt suorituskykyä tuottavaa tilannekuva kriittisiä paikannuspalveluja varten. Avaruustoiminta on entistä haavoittuvampaa ja osallistumme sen resilienssin kasvattamiseen: GNSS-häirintää ja harhautusta on tutkittu edelleen, julkaistu useita artikkeleita sekä GNSS-häirinnän tietokanta [4] ja kehitetty osaamista paikannushäirinnän tunnistamiseen [5]. Aiheesta on myös käynnistymässä laajempaa yhteistyötä EU:n ja ESA:n ohjelmien puitteissa, esim. ESA:n rahoittama FutureNav-tutkimusohjelma, jossa kehitetään uusia vaihtoehtoisia menetelmiä GNSS:lle.

LUE LISÄÄ JA OTA YHTEYTTÄ

- o <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/reason-paikkatiedon-turvallisuus-ja-saatavuus-kriittisille-infrastruktuureille>
- o [1] Z. Yan, O. Savolainen, X. Tang, L. Ruotsalainen, "Simultaneous Classification and Searching Method for Jammer Localization in Urban Areas Using KNN-GSA and Ray-tracing", 37th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2024), Baltimore, USA, 2024.
- o [2] T. Lindvall, A.E. Wallin, K.J. Hanhijärvi, T. Fordell, "Noise-induced servo errors in optical clocks utilizing Rabi interrogation", Metrologia 60, 045008 (2023)

- 
- [3] [Voimakas gps-häirintä pilasi ilmakuvauskaakkois-Suomessa - Miljoonavahingot uhkaavat, sanoo Maanmittauslaitos | HS.fi](#)
 - [4] [Paikkatietokeskuksen peittävän ja harhauttavan GNSS-häirinnän tietokanta \(FGI-JSDR\) | Maanmittauslaitos](#)
 - [5] [Häirintä pilasi ilmakuvauskaakkois-Suomessa, uhkana miljoonien eurojen seuraukset - Maanmittauslaitoksella ratkaisuja GNSS-häiriöihin varautumiseen | Maanmittauslaitos](#)

4.2. Ulkomaiset yritysostot ja poliittiset kostotoimet huoltovarmuuden uhkina strategisen irtautumisen aikakaudella

- o Mikael Mattlin, Turun yliopisto

Suomessa ja Ruotsissa on tehty useita merkittäviä yrityskauppoja viime vuosina, myös huoltovarmuuden kannalta kriittisillä aloilla. ForAc-hankkeessa tutkimme pienten avoimien talouksien keinoja hallita kriittisiin teollisuudenaloihin kohdistuvia huoltovarmuusriskejä, joita syntyy erityisesti yritysostojen ja poliittisten kostotoimien seurauksena. Hanke keskittyi erityisesti kiinalaisiin yritysostoihin Suomessa ja Ruotsissa.

AVAINSANAT

Huoltovarmuus
Kiina
Yritysostot
Taloudellinen valtiotaito
Kriisinhallinta
Pohjoismaat
Euroopan Unioni
Teknologia
Tekoäly
Yhdysvallat

Kiinalaisten yritysten läheiset kytkökset maan autoritaariseen hallintoon tekevät näistä kaupoista erityisen painavan kysymyksen. Hankkeen tavoitteena oli lisätä tietoa Kiinan taloudellisen valtiotaidon luonteesta ja ulkomaisiin sijoituksiin liittyvistä riskeistä. Selvitimme myös millaisilla keinoilla huoltovarmuutta, kansallista turvallisuutta ja yhteiskunnallista resilienssiä voidaan vahvistaa Pohjoismaissa.

Loimme vuoteen 2035 ulottuvia skenaarioita huoltovarmuuden ja kansallisen turvallisuuden uhkista

Tutkimme muun muassa Kiinan taloudellista valtiotaitoa, Kiinan kasvavaa taloudellista vaikutusvaltaa Pohjoismaissa ja arktisella alueella sekä Kiinan Euroopan unionin strategiselle autonomialle asettamia haasteita. Lisäksi teimme taustaselvityksen Kiinan tekoälyekosysteemistä ja kartoitimme strategista irtautumista ohjaavia Kiinan hallituksen politiikkadokumentteja alkuperäiskielellä.

Haastattelimme valtionhallinnon ja yritysten edustajia yritysostoista. Niiden perusteella työstimme vuoteen 2035 ulottuvia skenaarioita strategisen irtautumisen ajan uhkista huoltovarmuuden ja kansallisen turvallisuuden toteutumiseksi. Skenaariot toimivat pohjana laajalle Delfoi-sidosryhmäharjoitukselle, jossa eri alojen suomalaiset asiantuntijat pohtivat keinoja, joilla Suomen varautumista ja yhteiskunnallista resilienssiä voidaan lisätä. Herätimme skenaariot eloon yhteistyössä sarjakuvataiteilija Tuuli Hypénin kanssa.

Vuorovaikutusprosessi tarjosi mahdollisuuden eläytyä kuvitteellisiin kriiseihin ja tulevaisuuden riskeihin

ForAc-tutkimushankkeen tulokset auttavat pohjoismaisia toimijoita asettamaan huoltovarmuuskysymykset ja muut ulkomaalaisomistuksen riskit Kiinan ja Yhdysvaltojen välisen strategisen kilpailun kontekstiin. Hanke osallisti laajasti asiantuntijoita valtionhallinnon organisaatioista, tutkimuslaitoksista ja yritysmaailmasta.

Erityisesti hankkeessa toteutetun Delfoi-tutkimuksen yhteiskunnallinen vaikutavuus on ollut suurta jo lyhyellä aikavälillä. Jo pelkkä menetelmään kuuluva vuorovaikutusprosessi tarjosi suomalaisille ja ruotsalaisille asiantuntijoille ja päättäjille mahdollisuuden eläytyä kuvitteellisiin huoltovarmuuskriiseihin ja riskeihin, pohtia tapoja estää uhkakuvia toteutumasta ja oppia muiden vastauksista. Lisäksi hankkeen tutkijat ovat jakaneet aktiivisesti Delfoi-tutkimuksen löydöksiä valtakunnallisessa mediassa, valiokuntalausunnoissa ja kutsutuina puhujina kansainvälisissä ja kansallisissa yhteyksissä.

LUE LISÄÄ JA OTA YHTEYTTÄ

- o [Ulkomaiset yritysostot ja poliittiset kostotoimet huoltovarmuuden uhkina strategisen irtautumisen aikakaudella | FORAC](#)
- o Twitter: @FORAC_Research

4.3. Oikeuden rooli huoltovarmuuden turvaamisessa: kriisipoikkeuksien sisäistäminen järjestelmään

- o Jaakko Salminen, Turun yliopisto
- o Kirsi-Maria Halonen, Lapin yliopisto
- o Mikko Rajavuori, Itä-Suomen yliopisto

Globaaleissa kriiseissä on elintärkeää, miten kriittisten tuotteiden kuten terveydenhuollon tai puolustusvoimien varusteiden toimitusketjut voidaan turvata. LEXSECURE-projekti tutki ylikansallisten toimitusketjujen oikeudellista perustaa. Kartoitimme ylikansallisten toimitusketjujen hallintamekanismien toimintaa kriisitilanteissa. Arvioimme toimitusketjujen turvaamisen vaihtoehtoja tulevia järjestelmätason kriisejä silmällä pitäen. Huomioimme erityisesti valtiollisten ja yksityisten toimijoiden keskinäisriippuvuuden.

AVAINSANAT

Huoltovarmuus
Kriisivalmius
Globaalit toimitusketjut
Arvoketjukapitalismi
Turvallisuuspoikkeukset
Resilienssi
Kestävyys
COVID-19
Ilmastonmuutos
Globaali Hallinta
Transnationaalinen oikeus
Yritystoseuranta
Toimitusketjuhallinta
EU-Oikeus
Julkiset hankinnat

Nykyisen ylikansallisen kaupan järjestelmän lähtökohta on, että valtiot puuttuvat siihen mahdollisimman vähän. Vaapaan ja tehokkaan vaihdannan järjestelmään on kuitenkin rakennettu useita poikkeuksia, joihin valtiot ja yksityiset toimijat voivat vedota kohdatessaan kriisin. Valtio voi estää kriittisten tavaroiden viennin maasta ja yritys ilmoittaa kohdanneensa ylivoimaisen esteen.

Jos ylikansallista järjestelmää kohtaa globaali kriisi, kuten pandemia tai sota, vaarana on, että poikkeuksia hyväksikäytetään systemaattisesti, koordinoimatta ja häikäilemättä. Valtioiden ja yritysten alttius hyväksikäyttää poikkeuksia voi aiheuttaa häiriöitä, jotka estävät kriittisiä varusteita saavuttamasta niitä tarvitsevia. Samalla valtioiden ja yksityisten toimijoiden, erityisesti kriittisten arvoketjujen

johtoyritysten on mahdollista yhteistyössä kehittää toimintatapoja, joilla kriittisten tuotteiden saatavuus voidaan pyrkiä turvaamaan.

Uraauurtava kuva ylikansallisen tuotannon hallinnasta

Olemme tutkineet muun muassa ylikansallisten arvoketjujen hallinnan ja sääntelyn mekanismeja, Euroopan unionin hankintasääntelyä ja ulkomaisten yritystojen rajoittamista. Käytännön esimerkkeinä ovat toimineet vaikkapa arvoketjun hallinta ja sääntely kestävyys- ja huoltovarmuuden takaamiseksi [1], kriisinhallinnan sisämarkkinasääntelyreaktiot [2], kansallinen poikkeussääntely ulkomaisten yritystojen osalta [3] ja EU:n ja jäsenvaltioiden kompetenssi-jako huoltovarmuuden turvaamisessa [4]. Lukuisat julkaisumme piirtävät

uraaurtavaa kokonaiskuvaa ylikansallisen tuotannon oikeudellisista rakenteista sekä niiden hallintamahdollisuuksista paitsi kansainvälisesti myös kansallisessa oikeus- ja monitieteellisessä keskustelussa [6].

Konkreettisina tuloksina projekti on tarjonnut tieteellisten julkaisujen lisäksi myös tiekartan ja työkalupakin, jotka auttavat yrityksiä ja valtiollisia toimijoita paremmin hahmottamaan ja varautumaan ylikansallisen tuotannon järjestelmätason häiriöihin yksin ja yhteistoiminnassa [7]. Projektissa on hahmoteltu myös suuntaviivoja globaalien tuotannon tehokkaammalle valtioiden väliselle koordinoinnille kriisitilanteissa. Yleisemmällä tasolla tutkimus auttaa kehittämään globaalien tuotannon oikeudellisten rakenteiden ja hallinnan hahmotusta opetuksen, tutkimuksen ja yhteiskunnallisen keskustelun tasoilla. Projektin monien tulosten välittäminen tieteelliselle yhteisölle ja laajemminkin tulee viemään aikaa. Monet alustavien tulosten kirvoittamat jatkojulkaisut ja -tulokset ovat vielä työn alla samoin kuin näihin perustuvat jatkoprojektisuunnitelmat.

Ylikansallisen varautumisen tutkiminen ja käytännön järjestäminen on haastavaa ja edellyttää vuorovaikutusta eri toimijoiden välillä

Ylikansallisen kaupan toimitusketjujen hallinta ja sen sääntely ovat jääneet katveeseen tähänastisessa oikeus- ja yhteiskuntatieteellisessä tutkimuksessa. Yhteiskunnan oikeudellista, taloudellista tai poliittista maailmankuvaa ei ole jäsennetty vastaamaan ylikansallisesti hajautuneen tuotannon todellisuutta. Esimerkiksi huoltovarmuuden osalta varautuminen ylikansallisten toimitusketjujen järjestelmätason häiriöihin, kuten koronapandemiaan, on ollut puutteellista Suomessa ja kansainvälisesti.

Yksi keskeinen haaste on, että nykyisessä globaalissa arvoketjutaloudessa varautuminen edellyttää valtiollisten ja yksityisten toimijoiden, erityisesti arvoketjujen johtoyritysten tiivistä vuorovaikutusta. Tämä vuorovaikutuksen tarve leimaa myös tutkimusta. Projektin puitteissa olemme olleet yhteydessä useisiin yrityksiin ja niille oikeudellisia asiantuntijapalveluita tarjoaviin toimijoihin, ministeriöihin, komissioon sekä tutkimuslaitoksiin ja yliopistoihin kartoittaaksemme huoltovarmuuden ja siihen liittyvän yhteistyön edellytyksiä. Tällaisen vuorovaikutuksen tarve tulee lisääntymään ja sen rakenteistaminen oikeudelliseen tutkimukseen on keskeinen tulevaisuuden haaste.

Järjestelmätason kriisit eivät lopu tulevaisuudessakaan. Ukrainan sota, pakolaisvirrat ja ilmastonmuutos luovat merkittävää painetta ylikansallisille tuotantoketjuille. Siksi nykyisen muotoisen arvoketjutalouden tuotannollisen todellisuuden jäsentäminen niin, että yhteiskunnan kaikilla tasoilla ymmärretään sen toiminta ja vaikutukset, on keskeistä myös toimivan demokraattisen keskustelun ja päätöksenteon takaamiseksi.

LUE LISÄÄ JA OTA YHTEYTTÄ

1. J. Salminen, M. Rajavuori ja K. Eller, 'Global Value Chains as Regulatory Proxy: Transnationalising the Internal Market through EU Law', teoksessa Anna Beckers and others (eds), Foundations of European Transnational Private Law (Hart Publishing 2024).

2. T. Tuominen, M. Salminen ja K.-M. Halonen, 'The European Union's Responses to the COVID-19 Crisis: How to Fight a Pandemic with the Internal Market' (2022) 29 Maastricht Journal of European and Comparative Law 451.
3. M. Mattlin ja M. Rajavuori, 'Changing Causal Narratives and Risk Perceptions on Foreign Investment: The Riskification of Chinese Investments in the Nordic Region' (2023) 40 East Asia 243.
4. T. Tuominen, K.-M. Halonen ja M. Salminen, 'Security of Supply: A National or European Competence?' (2023) 25 Cambridge Yearbook of European Legal Studies 241.
5. J. Salminen, M. Rajavuori, M. Viljanen, K.-M. Halonen, I. Storsjö, P. Kaave, ja T. Tuominen 'Strateginen resilienssi ja ylikansalliset arvoketjut: kohti uutta talousoikeutta' (2023) 121 Lakimies 1160. Noudettu osoitteesta <https://journal.fi/lakimies/article/view/136384>
6. J. Salminen, K.-M. Halonen, M. Rajavuori, M. Viljanen, P. Kaave, T. Tuominen, I. Storsjö ja S. Eriksson (2024), LEXSECURE Policy Brief: Awareness, operationalization, and capabilities for secure supply. Saatavilla esim.
7. https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/150087232/lexsecure_policy_brief_awareness_operationalization_and_capabilities_for_secure_supply_1.pdf

4.4. Tiedon huoltovarmuus kompleksisessa ympäristössä

- Annukka Jokipii, Vaasan yliopisto
- Harri Jalonen, Vaasan yliopisto
- Anssi Keinänen, Itä-Suomen yliopisto
- Aki-Mauri Huhtinen, Maanpuolustuskorkeakoulu
- Valdemar Kallunki, LAUREA-ammattikorkeakoulu

Tietoympäristö on monimutkaistunut, pandemia pitkittänyt ja maailman turvallisuustilanne kiristynyt. Yksittäiset kriisit haastavat päätöksentekijöitä ja luovat kansalaisten keskuuteen hämmennystä, mutta kriisien yhteisvaikutuksesta syntyvä epävarmuus on kerta-luokkaa suurempaa. Tiedon huoltovarmuudelle riittää siksi kysyntää nyt ja tulevaisuudessa. Tutkimme IRWIN-hankkeessa tiedon huoltovarmuutta monimutkaisessa maailmassa.

AVAINSANAT

Kansallinen varautuminen
Kansallinen turvallisuus
Tiedon huoltovarmuus
Kompleksisuus
Säädösvalmistelu
Säädösjohtaminen
Sääntely
Systemiajattelu
Julkinen politiikka
Kollektiivinen toimijuus
Luottamus
Sosiaalinen media
Misinformaatio
Disinformaatio

Kehitimme osallistavan ja ennakoivan varautumisen viitekehystä. Siinä päätöksentekijät, kansalaiset, tiedeyhteisö ja elinkeinoelämä tuottavat tilannetietoisuutta ja toimivat yhteistyössä kansakunnan kriisivalmiuden edistämiseksi.

Tieto syntyy eri toimijoiden tekemistä tulkinnoista

Hankkeessa näemme tiedon huoltovarmuuden moniulotteisesti. Huoltovarmuus on yhteiskunnallista kyvykkyyttä, joka luo edellytyksiä tietoperustaiselle poliittis-hallinnolliselle päätöksenteolle. Tiedon huoltovarmuus on alati käynnissä oleva vuorovaikutusprosessi, jossa tieto syntyy eri toimijoiden tekemistä tulkinnoista.

Olemme tutkineet muun muassa suomalaisen lainvalmistelun tilaa, palvelujärjestelmän kykyä mukautua poikkeustilanteisiin, informaatioresilienssin käsitteellisiä juuria, yhteiskunnallisen resilienssin ilmenemistä OECD-maissa, soteuudistuksen kompleksisuutta sekä hallituksen esityksiin annetuissa asiantuntijalausunnoissa toteutettavaa episteemistä hallintaa. Hankkeessa on kirjoitettu myös kolme teosta, joista yhdessä tarkastellaan systeemistä muutosta ja ilmiölähtöistä hallintaa, toisessa lainvalmistelun nykytilaa, kehittämismahdollisuuksia ja tulevaisuudennäkymiä ja kolmannessa tiedon huoltovarmuuden ja kokonaisturvallisuuden haasteita.

Tiedon huoltovarmuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota kriisissä

Olemme IRWIN-hankkeessa tunnistaneeet, että erityistä huomiota tulee kiinnittää jännitteeseen olemassa olevien rakenteiden ja prosessien sekä kriisivarautumisessa vaadittavien ratkaisujen ja kriisitilanteissa edellytettävän ketteryuden välillä. Hankkeessa tuotimme uutta ymmärrystä ja kehitimme käytäntöjä, joiden avulla voidaan:

- edistää poliittis-hallinnollisen järjestelmämme kykyä
- ennakoida, sopeutua ja oppia kriisi- ja poikkeustilanteista
- parantaa lainvalmistelun tietopohjaa sekä niin sanottujen normaaliolojen että kriisiaikojen lainvalmistelussa
- vahvistaa kansalaisten toimijuutta ja osallisuutta sekä kansalaisyhteiskunnan roolia kansallisessa varautumisessa ja
- turvata yhteiskunnan kriittisiä toimintoja tahattomasti jaettavalta misinformaatiolta ja vahingoittamistarkoituksessa levitettävältä disinformaatiolta.

Yhteiskunnallisesti hanke on edistänyt tiedon huoltovarmuutta tarkastelemalla sitä kollektiivisen toiminnan, tilannetietoisuuden, lainsäädännön ja viranomaisten yhteistoiminnan näkökulmista. Tämän seurauksena on saatu aikaan kokonaiskuva, jossa tiedon huoltovarmuus ymmärretään yhteiskunnan eri sektoreiden läpileikkaavana prosessina, joka vahvistaa kansallisen varautumisen eheyttä ja kriisinsietokykyä.

IRWINissä lanseerattu 'tiedon huoltovarmuus' on aktiivisen vuorovaikutuksen myötä vakiintunut osaksi suomalaista julkista keskustelua ja näkyy esimerkiksi Huoltovarmuuskeskuksen strategiassa (2024). Hankkeen tutkijat ovat osallistuneet merkittäviin kansallisiin ja kansainvälisiin asiantuntijatehtäviin, kuten valtioneuvoston kanslian turvallisuusjohtamisen työryhmään, kansallisen turvallisuuden strategian valmisteluun, Hybriuhkien torjunnan osaamiskeskuksen (Hybrid CoE) ja Euroopan komission Joint Research Centerin hybridiuhkien ekosysteemin flagship-raportin valmistelussa, huoltovarmuusselonteon ja huoltovarmuuden tavoitepäätöksen kuulemisfoorumien fasilitointiin, siviilivalmiuden tilaa tarkastelevassa asiantuntijaryhmään ja eduskunnan tulevaisuusvaliokuntaan, lainvalmistelun vaikutusarviointiohjeiden ja laadun kehittämishankkeisiin ja Key note -puheenvuoroihin OECD:n sääntelykomitean seminaareissa. Lisäksi tutkijat ovat kouluttaneet asiantuntijoita ministeriöissä ja esiintyneet kansalaisille SuomiAreenalla, televisiossa, radiossa, kolumneissa yhtenä osaamisalueenaan Ukrainan hyökkäyssotaan ja informaatiovaikuttamiseen liittyvät teemat.

Hankkeen tema jatkuu parhaillaan seuraavissa hankkeissa: PAKO - Pandemiakriisin opetukset (VN TEAS) sekä STRONG - Demokraattisten innovaatioiden implementointi (2024-2027) (STN). Lisäksi KOMAR -Kokonaismaanpuolustus osana kansallista resilienssiä (2024-2028) sekä STN-hankkeessa Safe Water for All 2024-2027(2030). Lisäksi useita hankkeita on hakuvaiheessa.

Vaasan yliopisto on perustanut 2024 yhteiskunnan resilienssiin kohdistuvan monitieteisen tutkimusalustan, joka keskittyy kokonaisturvallisuuteen ja talouden resilienssiin. Laurea-ammattikorkeakoulu perusti vuonna 2023

tutkimustiimin, joka tutkii alueellisten varautumiskeskusten roolia kansalaiskeskeisen varautumisen mahdollistajana. Maanpuolustuskorkeakoulussa tutkitaan tiedon huoltovarmuutta, disinformaatiota ja informaatiovaikuttamista kokonaismaanpuolustuksen ja vesiturvallisuuden osana. Itä-Suomen yliopistossa on jatkettu IRWIN-hankkeen pohjalta tutkimusta esimerkiksi siitä, miten lainvalmistelussa tulisi huomioida niin yhteiskunnan kuin lainsäädännön kompleksisoituminen ja keskinäisriippuvuus?

LUE LISÄÄ JA OTA YHTEYTTÄ

- <https://sites.uwasa.fi/irwinproject/>
- Uusikylä, P., Jalonen, H., Jokipii, A. (eds.) (2024). Information Resilience and Comprehensive Security: Challenges and Complexities in Wicked Environments, *Palgrave Macmillan*.
- Jalonen, H. (2024). Epistemic Governance in the Context of Crisis - A Complexity-informed Approach. *Administration & Society*, 57(2).
- Petsani, D., Santonen, T., Merino-Barbancho, B., Epelde, G., Bamidis P., Konstantinidis, E. (2024). Categorizing digital data collection and intervention tools in health and wellbeing living lab settings: A modified Delphi study. *International Journal of Medical Informatics* 185 (May).
- Sommarberg S, Alaraatikka M, Huhtinen A-M, Sederholm T. (2024). Disinformaatio: Kohti parempaa viranomaisten tilannetietoisuutta. *Hallinnon tutkimus*. 43(2).
- Vartiainen, N. & A. Keinänen (2024). Measuring the Quality of Law Drafting: Did Covid-19 weaken evidence-based policy making in Finland? *Statute Law Review* 45(1).

4.5. Reconstructing Crisis Narratives for Trustworthy Communication and Cooperative Agency

- Nitin Sawhney, Aalto University
- Tuukka Tammi, Finnish institute for health and welfare

AVAINSANAT

Crisis informatics
Risk communication
Narrative analysis
Social media analytics
Information visualization
Participatory design
Public health
Computational social sciences

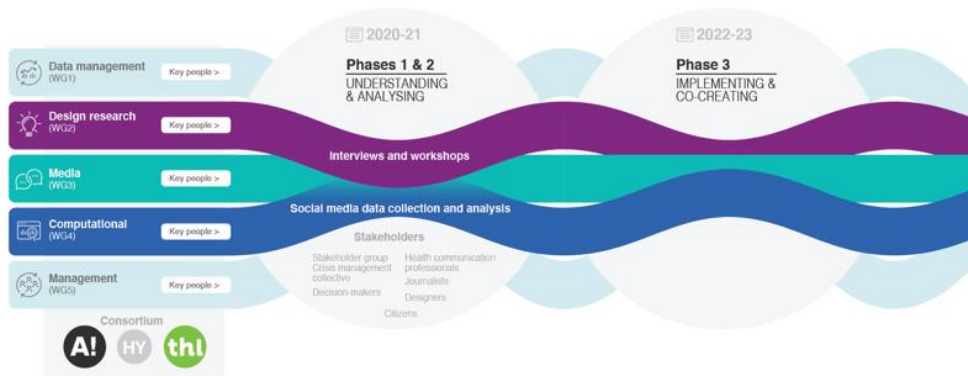
A crisis brings with it a flood of information, misinformation and different interpretations. The Reconstructing Crisis Narratives project has conducted interdisciplinary research on public perceptions of risk and trust in public health crises. Collaborative sensemaking can improve crisis communication and cooperative crisis preparedness.

Project Overview: The emergence of a crisis is often accompanied by unexpected events, uncertain signals, malicious misinformation, and conflicting reports that must be collectively interpreted and analyzed to understand the complex nature and scope of the situation, and its potential implications for society. This research jointly conducted between Aalto University and THL proposed to analyze and reconstruct crisis narratives through a mixed methods approach using qualitative research and social media analytics. We conducted design research to conceptualize and prototype a collaborative platform for representing and visualizing such information to engage decision-makers, front-line responders, stakeholders, and the general public in making sense of crises and perceptions of risk and trust. Temporal interactive visualization of crisis narrative threads can be used to support participatory narrative building and multiple hypotheses, facilitate discovery of unusual patterns, and collaborative sense-making for devising cooperative crisis preparedness and response.

Progress: The research project was launched in December 2020 with the participation of the main consortium partners THL and Aalto, and collaborations initiated with researchers from the University of Helsinki. The project successfully engaged an interdisciplinary team of over 20 researchers, postdocs, doctoral researchers, and masters students. They focused on the key research aims of the project along five main working groups:

- WG1: Data Practices, Protocols and Ethics
- WG2: Design Research and Public Engagement
- WG3: Media Understanding and Narrative Analysis
- WG4: Computational Social Science Taskforce
- WG5: Project Management and Team Processes

Reconstructing Crisis Narratives



The research consortium setup the necessary computing research infrastructure and data management protocols and research practices for the teams, while establishing several project management roles and responsibilities among THL and Aalto University. Over the course of the project, the research program focused on integrating collaborative research, ongoing qualitative and quantitative data collection, computational social media analysis and data visualization, designing a collaborative sensemaking platform, publishing interim findings, establishing a project research website, and engaging with multiple stakeholders (journalists, healthcare communication experts, and civil society actors) in the process.

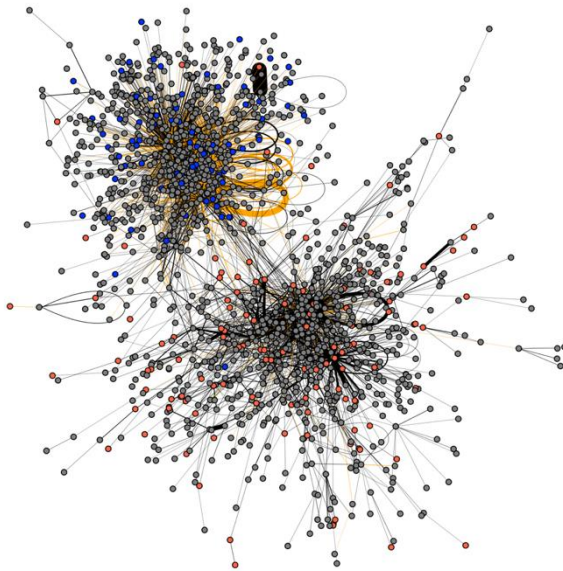
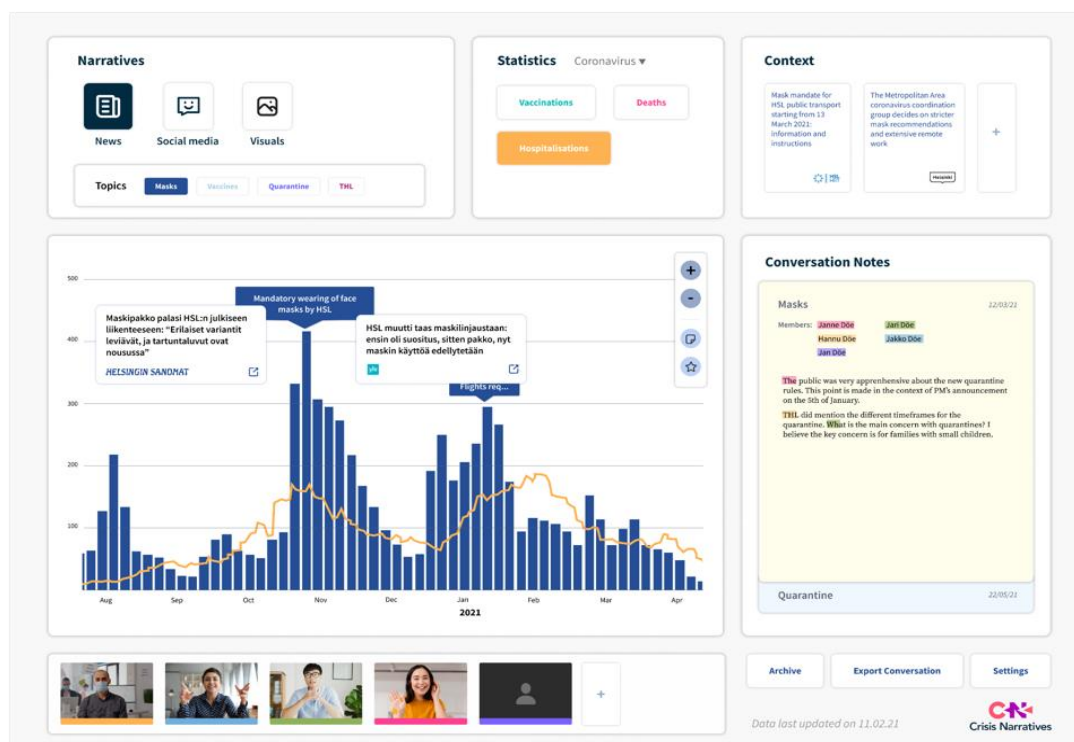


Figure 1: Visualization of social media interactions tracing the dynamics of misinformation & vaccine stance in Finland amid COVID-19

Making sense of crises and perceptions of risk and trust

The research conducted a narrative analysis of the COVID-19 pandemic from February 2020 onwards in Finland (in relation to the global discourse); this served as the primary case study for this project though we also examined other crisis domains. In particular, the research highlighted the key narratives, public anxieties, perceptions of risk, misconceptions, values and trust in official guidelines, news/media coverage, and societal deliberations. The research offered a conceptual framework for risk perception and trust in pandemic crisis situations for use by THL, though it could be expanded to other crisis contexts.

Sensemaking platforms for improving risk communication and cooperation



We conducted design research to conceptualize and prototype a platform for representing and visualizing such information to engage decision-makers, front-line responders, stakeholders, and the general public in making sense of crises and perceptions of risk and trust. This was based on the narrative analysis and participatory design research conducted with stakeholders and public participants. The novel timeline-based prototype tool allowed browsing, searching, and unraveling information for selected crisis themes and narratives. Temporal interactive visualization of crisis narrative threads can be used to support participatory narrative building and multiple hypotheses, facilitate discovery of unusual patterns, and collaborative sense-making. An evaluation of the platform with participants in a pilot study with the THL offered insights on how such temporal crisis narratives can be used for making sense of perceptions of formal crisis communications, news/media coverage, and informal social media engagement, while improving risk communication and cooperative models for crisis preparedness and response.

Societal Interactions: Thus far our collaboration has been between Aalto University and THL, however we have also collaborated with selected researchers at the University of Helsinki, which has been quite productive. We have also engaged with numerous stakeholders including journalists at major Finnish media companies and health communication experts across all regions of Finland to solicit their perspectives and feedback on this research through workshops and interviews, which we will continue to do going forward to ensure crucial societal impact of our work.

ADDITIONAL READING AND CONTACT

- Unlu, A., Truong, S., Sawhney, N., & Tammi, T. 2024. Unveiling the Veiled Threat: The Impact of Bots on COVID-19 Health Communication. *Social Science Computer Review*, 0(0).
- Unlu, A., Truong, S., Sawhney, N., & Tammi, T. 2024. Setting the misinformation agenda: Modeling COVID-19 narratives in Twitter communities. *New Media & Society*, 0(0).
- Unlu, A., Truong, S., Sawhney, N. et al. 2024. Long-term assessment of social amplification of risk during COVID-19: challenges to public health agencies amid misinformation and vaccine stance. *J Comput Soc Sc* 7.
- Unlu, A., Truong, S., Sawhney, N., Sivelä, J., & Tammi, T. 2024. Tracing the dynamics of misinformation and vaccine stance in Finland amid COVID-19. *Information, Communication & Society*, 1-25.
- Varanasi, U., Leinonen, T., Tikka, M., Ahsanullah, R., & Sawhney, N. 2023. Collaborative Sensemaking in Crisis: Designing Practices and Platforms for Resilience. Pictorial Paper, *ACM Designing Interactive Systems (DIS 2023) Conference, July 10-12, Pittsburgh, PA*.
- Tikka, M., Ahsanullah, R., Varanasi, U., Härmä, V., Sawhney, N., & Leinonen, T. Contextual Inquiry of Affordances for Collaboration in Crisis: Lessons from the Finnish Context. *Proceedings of the 20th ISCRAM Conference, May 28-31, 2023, Omaha, Nebraska*.
- Unlu, A., Truong, S., Tammi, T., Lohiniva, AL. Exploring Political Mistrust in Pandemic Risk Communication: Mixed-Method Study Using Social Media Data Analysis. *J Med Internet Res* 2023;25:e50199.
- Lohiniva, AL., Pensola, A., Hyökki, S., Härmä, V., Sivelä, J., Tammi, T. Identifying factors influencing COVID-19 vaccine uptake in Finland - a qualitative study using social media data. *Frontiers in Public Health*, 2023, 11.
- Lohiniva, AL., Pensola, A., Hyökki, S. et al. COVID-19 risk perception framework of the public: an infodemic tool for future pandemics and epidemics. *BMC Public Health* 22, 2124 (2022).

Nitin Sawhney: nitin.sawhney@aalto.fi | Tuukka Tammi: tuukka.tammi@thl.fi

5. Tutkimushankkeet mediassa

Kriisivalmiuden ja huoltovarmuuden erityisrahoitushaussa rahoitetut tutkimushankkeet ovat esiintyneet aktiivisesti mediassa. Tämä kooste linkeistä eri medioihin on otos, joka ei kata kaikkia esiintymisiä.

2. Terveys ja terveydenhuolto

2.1. Jätevesiseuranta pandemioiden varautumistyökaluksi

- [Jätevesien mikrobianalytiikka avaa uusia mahdollisuuksia tartuntatautien seurantaan väestötasolla](#)
- [Jätevesissä voi piillä tieto uudesta pandemiasta - "Oikea aarreaitta", sanoo varoitusjärjestelmää kehittävä asiantuntija | Yle](#)
- [Jätevesi-voi-paljastaa-seuraavan-pandemian-6-2021.pdf](#)
- [Koronavirusta on jätevesissä yhä paljon, mutta pääkaupunkiseudulla näkyy jo merkkejä epidemian taitumisesta | Yle](#)
- [Grafiikka näyttää, kuinka koronaviruksen määrä jätevedessä on kasvanut omikronaallon mukana - Vedestä ilmeni tartuntoja, joita ei ole saatu testein todistettua | HS.fi](#)
- [Jäteveden hyödyntäminen väestön terveyden ja hyvinvoinnin seurannassa - Lääkärilehti](#)
- [Koronavirus esiintyy yhä tiuhemmin jätevedessä](#)
- [Koronaa havaitaan edelleen ennätysmäärä Tampereen jätevesissä - Grafiikka näyttää nousevan trendin viruksen määrässä - Aamulehti](#)
- [THL:n jätevesiseuranta keskittyy nyt vain isoimpiin kaupunkiin - Koronavirusta erittyä ulosteisiin lähes kolmen viikon ajan tartunnasta | Mediuutiset](#)
- [Koronavirusta todettu useiden kaupunkien jätevesissä](#)
- [Turun Kakolanmäen jätevesinäytteissä on jälleen todettu koronavirusta - Uutiset - Turun Sanomat](#)
- [Tämän jääkaapin sisältö kertoo nyt luotettavimman tiedon Satakunnan koronatilanteesta - Yksi kuva näyttää, missä mennään - Satakunnan Kansa](#)
- [Jätevesi paljastaa, miten paljon koronavirusta Tampereella todella on - Aamulehti](#)
- [Maskien käyttö saattaa jatkua busseissa, todellinen tartuntamäärä voi olla jopa viisinkertainen - THL:n Salminen: "Päätettiin ottaa pieni tenkkapoo" | HS.fi](#)

2.2. Muutosjoustavuus, kriisivalmius ja huoltovarmuus suomalaisessa terveydenhuoltojärjestelmässä

- [Miten koronarajoituksista päästään pysyvästi eroon? Suomen terveydenhuollossa on erityispiirre, jonka vuoksi rajoituksia määrätään herkästi | HS.fi](#)
- [Hoitoalalla työvoima jakautuu epätasaisesti eivätkä pelkät palkankorotukset välttämättä ratkaise työntekijäpulaa - Ilta-Sanomat](#)
- [Suomen sairaanhoidon kapasiteetti uhkaa ylittyä pienemmillä potilasmäärillä kuin monissa muissa maissa - Eivätkä pullonkaulana ole sairaalasängyt tai tilat | HS.fi](#)
- [Nämä olivat koronapandemian opetukset | MTV Uutiset](#)

2.3. Kriittisten terveydenhuoltoympäristöjen toiminnan varmistaminen modernin teknologia avulla

- [Tampereella suunnitellaan huppareita, joiden narusta vetämällä pystyy lähettämään tekstiviestin | Kotimaa | Yle](#)

- o [Tampereella kehitettävän teknologian avulla roboteista saadaan apua kriisiaikana - Aamulehti](#)

2.4. Kansalaissuoja - teknologisia, käyttäytymistieteellisiä ja yhteiskunnallisia ratkaisuja pandemioiden ehkäisyyn

- o [Meillä monella on nyt uusi asuste - Tässä ohjeet maskin käyttöön, puhdistamiseen ja hävittämiseen | Yle](#)
- o [Onko maskista hyötyä, jos se on nenän alla?](#)
- o [MTV Uutisten simulaatiot näyttävät, miten "korona" leviää | MTV Uutiset](#)
- o [VTT: Kertakäyttömaskin voi pestä ja käyttää uudelleen | Mediuutiset](#)

2.5. Ennustemallien, resurssien ja suojauskeinojen kehittäminen kriisivalmiuden parantamiseksi

- o [Terveys vai talous -seminaari 7.3.2023 - Yrjö Jahnessonin säätiö \(yjs.fi\)](#)

3. Ympäristö ja sää

3.1. Varautuminen äärimmäisimpään avaruussäähän

- o [Seuraava voimakas aurinkomyrsky voi tuhota piensatelliitit avaruusromuksi - mutta Suomen sähköverkko kestäisi | Tiede | Yle](#)
- o [Miten internet- tai sähköverkko voisi kaatua pysyvästi ja mihin se johtaisi? | MTV Uutiset](#)
- o [Sähköt poikki ja netti matalaksi? Suomalaistutkijat selvittävät massiivisen aurinkomyrskyn vaikutuksia | MTV Uutiset](#)

3.2. Kaupunkialueiden indusoidun seismisen riskin hallinta

- o [Suomessakin maa järisee kymmeniä kertoja vuodessa - maailmalla syvimät järitykset ovat 600 kilometrin syvyydessä | Tekniikka&Talous](#)

3.3. Tutkasääennusteiden kehittäminen Suomen merialueilla

3.4. Päätöksenteon tuki ympäristölähtöisten monimutkaisten ja kauaskantoisten riskien hallintaan kaupunkialueilla

- o [Kuinka Suomi selviytyy sitkeistä ympäristökriiseistä? - Pasilan kirjaston tiedeluentosarja osa 4 | Pasilan kirjasto | Helsinki](#)
- o [Ilmastohätätilaan sopeutuminen edellyttää strategisia kriisipäätöksiä - Politiikasta.fi](#)

3.5. Kiinteistöt kriisinhallinnan apuna - ratkaisuja integroituna tulevaisuuteen

- o [Kriisi ei tule yksin.pdf](#)

3.6. Kohti resilientimpää ruokajärjestelmää epävarmuuksien edessä

- o [HS selvitti, mitä syömme, jos Suomi jäisi eristyksiin - mullistus olisi massiivinen | HS.fi](#)
- o [Syke: Turvemaita on poistettava viljelystä ja eläintuotteita käytettävä vähemmän - "Epäreiluin ruokamurros on tekemättä jätetty ruokamurros" | Uutissuomalainen | Etelä-Suomen Sanomat](#)
- o [Luke: Korona vaikuttaa luonnonvara-alalla eniten luontomatkailuun - Epävarmuutta myös elintarvike- ja metsäsektoreilla | Lapin Kansan](#)

- [Luke: Luontomatkailun ahdinko noudattelee koko matkailualan romahdusta | MTV Uutiset](#)
- [Luke: Korona vaikuttaa luonnonvara-alalla eniten luontomatkailuun - epävarmuutta myös elintarvike- ja metsäsektoreilla | Uutissuomalainen | Keski-Uusimaa](#)
- [Syke: Turvemaita on poistettava viljelystä ja eläintuotteita käytettävä vähemmän - "Epäreiluin ruokamurros on tekemättä jätetty ruokamurros" | Uutissuomalainen | Itä-Häme](#)
- [Syke: Turvemaita on poistettava viljelystä ja eläintuotteita käytettävä vähemmän - "Epäreiluin ruokamurros on tekemättä jätetty ruokamurros" | MTV Uutiset](#)
- [Hallitusohjelmaan kirjatusta ilmastoruokaohjelmasta löytyi herkkä kipupiste - "Ruokavalion muutos on ympäristön näkökulmasta väistämätön" | Uutissuomalainen | Kymen Sanomat](#)
- [Hallitusohjelmaan kirjatusta ilmastoruokaohjelmasta löytyi herkkä kipupiste - "Ruokavalion muutos on ympäristön näkökulmasta väistämätön" | SSS.fi](#)
- [Syke: Turvemaita on poistettava viljelystä ja eläintuotteita käytettävä vähemmän - "Epäreiluin ruokamurros on tekemättä jätetty ruokamurros" | Uutissuomalainen | Savon Sanomat](#)

4. Tieto ja yhteiskunta

4.1. Paikkatiedon turvallisuus ja satavuus kriittisille infrastruktuureille

- [Tahallinen häirintä pilasi Suomelle tärkeät ilmakuvaukset - Miljoonahaitat | Talouselämä](#)
- [Miten estetään gps-häirintä? - Tekniikan Maailma](#)
- [Häirintä pilasi ilmakuvaukset Kaakkois-Suomessa, uhkana miljoonien eurojen seuraukset - Maanmittauslaitoksella ratkaisuja GNSS-häiriöihin varautumiseen | Maanmittauslaitos](#)
- [Suomi varautuu laajaan satelliittihäirintään - Nämä ovat suurimmat ongelmat | HS.fi](#)
- [Ilman satelliittien aikaisignaaleja maailma pysähtyisi: uusi tutkimushanke etsii ratkaisuja | Maanmittauslaitos](#)
- [Venäjän hyökkäys voi näkyä yllättäen rakennustyömailla - Häirintä voi estää sentin tarkan mittaus toiminnan | Rakennuslehti](#)

4.2. Ulkomaiset yritysostot ja poliittiset kostotoimet huoltovarmuuden uhkina strategisen irtautumisen aikakaudella

- [Velkakupla kasvaa eikä lapsia synny - Kiinan nousua pelätessä unohtuu usein, että maalla on myös valtavia ongelmia | HS.fi](#)
- [Joe Biden ja Xi Jinping tapaavat luhistuneen unelman raunioilla - Putin ei tervetullut - Suomenmaa.fi](#)

4.3. Oikeuden rooli huoltovarmuuden turvaamisessa: kriisipoikkeuksien sisäistäminen järjestelmään

- [Huoltovarmuuskeskus on hankkinut yli 300 miljoonalla suojavälineitä - Nopeat suoraostot ovat olleet onnenpotku monelle firmalle](#)

4.4. Tiedon huoltovarmuus kompleksisessa ympäristössä

- [Mitä on tiedon huoltovarmuus ja miksi tarvitsemme sitä juuri nyt? | Tiedeykkönen | Yle Areena](#)

- [Rahoitusta kriisivalmiuden ja huoltovarmuuden tutkimukseen - Turvallisuus ja ympäristö - Promaint](#)
- [Vaasan yliopistolle kahden miljoonan euron rahoitus tiedon huoltovarmuuden tutkimiseen | Ilkka-Pohjalainen](#)
- [Tieto kansallisen varautumisen kriittisenä menestystekijänä - Maanpuolustuslehti](#)
- [RAU - Suomen Akatemia rahoittaa huoltovarmuustutkimusta - Osto&Logistiikka](#)
- [Jatkuva epävarmuus ja kriisit korostavat tiedon huoltovarmuuden merkitystä | HS.fi /Tutkijoiden yleisönosastokirjoitus, hanke mainittu](#)
- [Kriisivalmiuden ja huoltovarmuuden tutkimukselle miljoonarahoitus - Kemia-media](#)
- [Miten aktivoida sidosryhmät paremmin mukaan lainvalmisteluun - ovatko lautokierrokset vain teatteria? - MustRead](#)