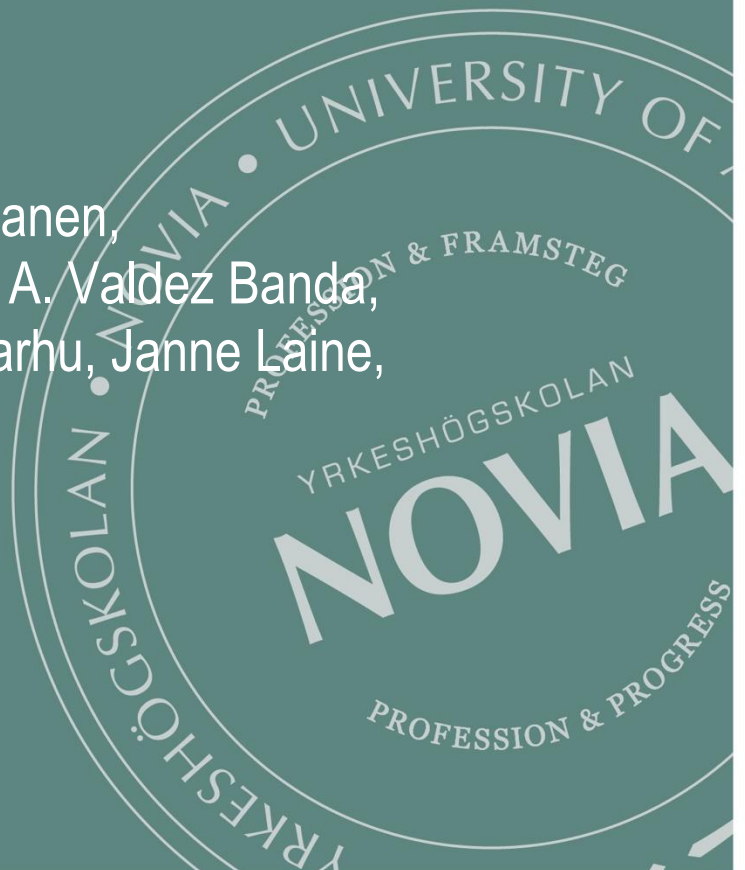


Älykkään kaupunkivesiliikenteen ratkaisut ja mahdollisuudet

Sirpa Kannos, Timo Viljanen,
Teresia Othman, Osiris A. Valdez Banda,
Jari Lehtinen, Tarmo Karhu, Janne Laine,
Satu Salmela

Serie R: Rapporter



Sirpa Kannos, Timo Viljanen, Teresia Othman, Osiris A. Valdez Banda, Jari Lahtinen, Tarmo Karhu,
Janne Laine & Satu Salmela

Älykkään kaupunkivesiliikenteen ratkaisut ja mahdollisuudet

Utgivare: Yrkeshögskolan Novia, Wolffskavägen 33, 65200 Vasa, Finland
© Yrkeshögskolan Novia och Sirpa Kannos, Timo Viljanen, Teresia Othman, Osiris A. Valdez Banda,
Jari Lahtinen, Tarmo Karhu, Janne Laine & Satu Salmela

Novia Publikation och produktion, serie R: Rapporter 5/2019
ISBN 978-952-7048-58-0 (online)
ISSN 1799-4179

Sammanfattning:

ÄlyVESI – Älykäs kaupunkivesiliikenne -hankkeessa haluttiin kehittää rohkeasti älykästä, miehittämätöntä ja ekotehokasta vesiliikennettä eteenpäin yhdessä yritysten, korkeakoulujen, kaupunkien ja viranomaisten kanssa. Hankkeen yhtenä konkreettisenä tavoitteena oli valmistella ja edesauttaa autonomisen kaupunkilautan kehittämistä ja käyttöönottoa lähitulevaisuudessa. Hankkeessa selvitettiin lautan toteuttamisen ja operoinnin kannalta oleellisia kysymyksiä sekä tutkittiin ja testattiin käytännön ratkaisuja.

Tämän tietopaketin tarkoituksena on antaa lukijalle kokonaiskuva älykkästä vesiliikenteestä, sen kehitystyön tilasta ja haasteista sekä jakaa tietoa hankkeessa opituista asioista. Osasta aiheita on julkaistu lisäksi yksityiskohtaisempia raportteja, jotka tarjoavat syvempää lisätietoa. Tietopaketin alkuosa keskittyy autonomisen aluksen turvallisuuteen ja teknisiin ratkaisuihin, loppuosassa esitellään älylaiturikonsepti sekä kuvaillaan älykkään vesiliikenteen palvelumuotoilua.

Älykäs kaupunkivesiliikenne eli ÄlyVESI-hanke oli 1.10.2016 – 31.5.2018 toteutettu kaupunkien, yritysten sekä korkeakoulujen välinen konseptointi, tuotekehitys- ja innovaatioprojekti. Hankkeessa tutkittiin, kehitettiin ja testattiin uutta teknologiaa ja älykkäitä kaupunkivesiliikenteen ratkaisuja ja palveluita. Hankkeen toteuttivat yhteistyössä Yrkeshögskolan Novia, Turun ammattikorkeakoulu, Aalto-yliopisto ja Turun kaupunki. Hanke sai päärahoituksen Euroopan aluekehitysrahaston 6Aika-ohjelmasta. Lisäksi hanketta rahoittivat Liikenteen turvallisuusvirasto sekä Helsingin ja Espoon kaupungit.

Eng:

The Smart City Ferries project was designed to boldly develop intelligent, unmanned and eco-efficient waterborne transport; businesses, universities, cities and public authorities all together. One concrete objective of the project was to prepare and to contribute to developing and bringing into use an autonomous city ferry in the near future. The project clarified questions relevant to the realisation and operation of such a ferry. Practical solutions were also studied and tested.

The idea with this information package is to give the reader an overall picture about intelligent waterborne traffic, about the state of present R&D as well as challenges concerning it, and to spread information about experiences from the project. Some topics are described in more detail in separate reports, offering the reader more and deeper insights. The first part of this information package focuses on safety and technical solutions on autonomous vessels. In the latter part the smart pier concept and intelligent waterborne service design are presented.

Smart City Ferries, the ÄlyVESI project, was a conceptualisation, product development and innovation project realised by cities, businesses and universities 1.10.2016 – 31.5.2018. The project explored, developed and tested new technologies and intelligent urban waterborne traffic solutions and services. Novia University of Applied Sciences, Turku University of Applied Sciences, Aalto University and the City of Turku carried out the project in co-operation. The project was funded by the 6Aika-program of the European Regional Development Fund. In addition, the project was funded by the Finnish Transport Safety Agency and the cities of Helsinki and Espoo.

Sök- och nyckelord:

Novia UAS, Kaupunkivesiliikenne, kaupunkilautta, Älyvesi, miehittämätön, ekotehokas, autonominen lautta

Novia UAS, City waterborne traffic, Älyvesi, unmanned, eco-efficient, city ferry, autonomous city ferry



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

6 Aika



ÄLYKKÄÄN KAUPUNKIVESILIIKENTEN RATKAISUT JA MAHDOLLISUUDET

Sisällys

1.	JOHDANTO.....	4
1.1	AUTONOMINEN ALUS.....	4
1.2	MIKSI AUTONOMOMISIA ALUKSIA TARVITAAN?.....	5
1.3	AUTONOMISTEN ALUSTEN KEHITYS.....	6
2.	AUTONOMISEN ALUKSEN TURVALLISUUS.....	7
2.1	TURVALLISUUSANALYYSITYÖKALU AUTONOMISILLE ALUKSILLE.....	7
2.2	MATKUSTAJAN ROOLI AUTONOMISESSA ALUKSESSA.....	8
2.3	UUSIEN TEKNISTEN RATKAISUJEN TURVALLISUUDEN VARMISTAMINEN	8
3.	AUTONOMISEN ALUKSEN ENERGIARATKAISUT.....	10
3.1	TUTKITTAVAT ALUKSET.....	10
3.2	ENERGIAN KULUTUS.....	11
3.3	YMPÄRISTÖKUORMITUS.....	12
3.4	TURVALLISUUS JA LUOTETTAVUUS	13
3.5	KUSTANNUKSET.....	13
3.6	SUOSITUKSET.....	13
4.	ALUKSEN ETÄOPEROINTITOIMINNOT.....	14
4.1	ETÄOPEROINNISTA YLEISESTI	14
4.2	ETÄOPEROINTIKESKUS.....	14
4.3	ETÄOPERAATTORI.....	16
4.4	ALUKSEN YMPÄRISTÖN HAVAINNOINTITEKNOLOGIA.....	17
4.5	OHJAUSALGORITMIEN KEHITTÄMINEN.....	18
4.6	TEKNISTEN JÄRJESTELMIEN ETÄVALVONTA, -DIAGNOSTISOINTI JA HUOLTOTOIMET	19
5.	AUTONOMISEN ALUKSEN TIEDONSIIRTO JA TIETOTURVALLISUUS.....	20
5.1	TIEDONSIIRRON ERI TEKNIIKAT	20
5.2	TIEDONSIIRRON TIETOTURVALLISUUS.....	22
5.3	KYBERTURVALLISUUS – AJATUSMALLI KAIKEN TOIMINNAN TAUSTALLA.....	23
5.4	OHJELMISTOKEHITYKSEN TIETOTURVA.....	25
6.	ÄLYLAITURI	26
6.1	VESI OSANA KESTÄVÄÄ KASVUA	26
6.2	LAITURI TOTEUTUSALUSTANA.....	26
6.3	ÄLYKKÄÄT RATKAISUT	26
6.4	MODULAARISUUS JA SKAALAUTUVUUS.....	27
6.5	SOVELTUVUUS JA MUKAUTETTAVUUS.....	28
7.	KONSEPTOINTI OSANA ÄLYKÄS KAUPUNKIVESILIIKENNE -HANKETTA.....	29

7.1	MUOTOILUAJATTELUN 4K-RINNAKKAISMALLI.....	29
7.2	KOKONAISUUS.....	31
7.3	KOKEMUS.....	32
7.4	KOKEILU.....	33
7.5	KONSEPTIMUOTOILU.....	34
7.6	KONSEPTOINNIN OSION TULOKSIA.....	35
8.	LOPUKSI.....	42
	LÄHDELUETTELO.....	43

1. JOHDANTO

Kun ratkotaan monimuotoisia kaupunkilogistiikan ja liikkumisen haasteita, innovatiivisuus, älykkään ja vihreän teknologian hyödyntäminen sekä automaatio ovat tärkeitä avainsanoja. Vuoden 2015 syksyllä valmistuneen älykkään automatisaation edistämissuunnitelmassa esitetään visio alan merkityksestä Suomessa. Sen mukaan vuonna 2025 Suomessa on maailman kärkitasoa olevia liikenteen älykkään automaation osaamiskeskittyviä. Maalla, merellä ja ilmassa toimivat liikkumisrobotit ovat arkipäivää, ja niiden avulla ratkaistaan monia liikenteen palveluistumiseen liittyviä haasteita niin kaupungeissa kuin haja-asutusalueillakin.¹

Digitalisaation ennakkoluuloton hyödyntäminen on otettu Sipilän hallituksen ohjelmassa yhdeksi keskeiseksi tekijäksi Suomen kilpailukyvyn parantamisessa. Taustalla on ajatus siitä, että ne, jotka johtavat digitalisaatiokehitystä, myös hyötyvät siitä eniten, ja tämän vuoksi kehityksen kärkitilaa on syytä tavoitella aktiivisesti. Suomella on erinomaiset mahdollisuudet olla digitalisaation edelläkävijämaita.¹

Älykkään automatisaation kehittäminen on ajankohtaista myös esimerkiksi laajemmin lauttaliikenteessä, sillä saaristoliikenteessä toimivien lauttojen ja yhteysalusten keski-ikä on korkea ja uusimistarve lähivuosina merkittävä². Liikenne- ja viestintäministeriö kannustaa miehittämättömän vesiliikenteen tutkimus- ja kokeiluhankkeisiin. Niiden avulla tavoitellaan ketterää uudistumista. Kokeiluissa tulee ottaa riskejä sekä hyväksyä virheitä, sillä uusia ratkaisuja on muuten vaikea omaksua nopeasti. Tähän rohkaisee Sipilän hallitusohjelmakin.¹

ÄlyVESI – Älykäs kaupunkivesiliikenne -hankkeessa haluttiin vastata edellä kuvattuihin tarpeisiin ja kehittää rohkeasti älykästä, miehittämätöntä ja ekotehokasta vesiliikennettä eteenpäin yhdessä yritysten, korkeakoulujen, kaupunkien ja viranomaisten kanssa. Hankkeen yhtenä konkreettisena tavoitteena oli valmistella ja edesauttaa autonomisen matkustajalautan kehittämistä ja käyttöönottoa lähitulevaisuudessa. Hankkeessa selvitettiin lautan toteuttamisen ja operoinnin kannalta oleellisia kysymyksiä sekä tutkittiin ja testattiin käytännön ratkaisuja.

Tämän tietopaketin tarkoituksena on antaa lukijalle kokonaiskuva älykkäästä vesiliikenteestä, sen kehitystyön tilasta ja haasteista sekä jakaa tietoa hankkeessa opituista asioista. Osasta aiheita julkaistaan lisäksi yksityiskohtaisempia raportteja, jotka tarjoavat syvempää lisätietoa. Tietopaketin alkuosa keskittyy autonomisen aluksen turvallisuuteen ja teknisiin ratkaisuihin, loppuosassa esitellään älylaiturikonsepti ja kuvaillaan älykkään vesiliikenteen palvelumuotoilua.

1.1 AUTONOMINEN ALUS

Perinteisesti alusta on operoinut miehistö, jolla on apunaan vaihteleva määrä teknisiä laitteita. Ihminen on tehnyt aluksen ohjailun ja muun operoinnin edellyttämät päätökset käytettävissä olevan tiedon, omien havaintojensa ja kokemuksensa pohjalta. Koneita ja laitteita on huollettu ja valvottu paikan päällä.

¹ Liikenne ja viestintäministeriö, Robotit maalla, merellä ja ilmassa, Liikenteen älykkään automaation edistämissuunnitelma, 7/2015. <https://www.lvm.fi/documents/20181/514467/Julkaisuja+7-2015/1d7f13f3-409b-4957-8023-85d227b8585b?version=1.0>

² Jaakkola, T., Yhteysalusliikenne tulevaisuudessa -opinnäytetyö, 2014.

Autonominen alus ja sen toimintaperiaate poikkeavat edellisestä selvästi. Täysin autonominen alus pystyy suoriutumaan sekä operoinnista että päätöksenteosta teknisten järjestelmiensä ja tekoälyn avulla itsenäisesti ilman ihmisen apua. Autonominen aluksen tekniset järjestelmät suunnitellaan diagnostisoimaan ja seuraamaan omaa tilaansa ja toimimaan mahdollisimman pitkään huoltovapaasti. Turvallisuus varmistetaan muun muassa kriittisten laitteiden kahdennuksen avulla. Autonomiset alukset tulevat ainakin alkuvaiheessa tarvitsemaan parikseen etäoperointikeskuksen, joka tilanteesta ja valitusta toimintamallista riippuen kykenee valvomaan aluksen kulkua tai puuttumaan siihen tarvittaessa.

Autonomian astetta kuvataan autonomian tasojen avulla. Kansainvälisesti hyväksytyä standardia asiasta ei vielä ole, joten käytössä on hieman toisistaan poikkeavia asteikkoja. Luokituslaitos Lloyd's määrittelee autonomian tasoa seitsemänportaisen asteikon avulla. Taso AL 0 on lähes täysin manuaalinen ihmisen operoima alus. Taso AL6 asteikon yläpäässä on täysin autonominen alus, joka kykenee tekemään itse kaikki päätökset sekä toteuttamaan ne ilman ihmisen valvontaa.³ Erityyppisiä etäoperointitoimintoja suoritetaan lähes kaikilla autonomian tasoilla. Tason noustessa etäoperointitoiminnot tyypillisesti vähenevät ja alus hoitaa itse valtaosan tehtävistä.

Autonomisten aluksien lisäksi puhutaan myös miehittämättömistä aluksista. Termejä autonominen ja miehittämätön käytetään usein ristiin, ja ne saattavat hämmentää lukijaa. Miehittämättömässä aluksessa ei ole lainkaan miehistöä. Käytännössä sen on siis aina oltava myös autonominen. Autonominen alus puolestaan ei välttämättä ole miehittämätön. Autonomisessa aluksessa voi pysyvästi, tilanteesta riippuen tai ajoittain olla myös miehistöä. Etäoperointitoiminnot voivat liittyä sekä autonomisiin että miehittämättömiin aluksiin.

Älykäs kaupunkivesiliikenne -hankkeessa sekä tässä tietopakettissa olevaa tietoa on mahdollista soveltaa ja hyödyntää kaikilla autonomian tasoilla miehityksen määrästä riippumatta.

1.2 MIKSI AUTONOMOMISIA ALUKSIA TARVITAAN?

Pelkkä uusi tekniikka ja sen käyttö sinänsä ei ole peruste siirtyä pois nykyisistä toimivista käytänteistä. Tavoitteena kaikkialla yhteiskunnassa on etäoperoinnin ja autonomisten kulkuneuvojen avulla saavuttaa selkeästi mitattavia hyötyjä, turvallisuutta, tehokkuutta ja luotettavuutta nykyiseen tilanteeseen verrattuna. Autojen riippumattomuutta kuljettajan toiminnasta kehittävä parhailaan kaikki merkittävät autovalmistajat, ja vastaava kehitystyö on nyt aloitettu myös vesiliikenteen puolella.

Vesiliikenne kehittyy koko ajan, ja niin rannikkokaupungeissa kuin sisävesialueillaakin vesi tunnustetaan voimavaraksi tavoiteltaessa kestävää kasvua. Vesiliikenteen palvelutason nostaminen tukee kaikkia matkaketjuja. Autonominen vesiliikenteen avulla pyritään luomaan kustannustehokkaita ja joustavia ratkaisuja kaupunkien muuttuviin tarpeisiin. Autonomista alusta voidaan esimerkiksi hyödyntää väliaikaratkaisuna vesistöjen rannoilla sijaitseville asuinalueilla kulkemiseen tai paikoissa, joihin ei voida rakentaa siltaa.

1.3 AUTONOMISTEN ALUSTEN KEHITYS

Autonomisten ja etäohjattavien kulkuneuvojen kehitys on päässyt vauhtiin vasta kuluvalle vuosikymmenellä. Vesiliikenteen osalta kehitystä tehdään monissa maissa ja kohteet vaihtelevat

³ Lloyd's Register, Cyber-enabled ships, ShipRight procedure – autonomous ships, 2016.

<http://info.lr.org/l/12702/2016-07-07/32rrbk>

valtameriliikenteen rahtialuksista pieniin kaupunkiliikenteessä hyödynnettäviin veneluokan aluksiin asti. Monet kehitystyistä ratkaisuista ovat kuitenkin luonteeltaan sellaisia, että niitä voidaan soveltaa tai modifioida hyvin erilaisiin kohteisiin sopiviksi. Myös tämän tietopakettien informaatiota on osittain mahdollista soveltaa muihin kuin kaupunkiliikenteen matkustaja-aluksiin, koska se on luonteeltaan geneeristä.

Kilpailu kehitystyössä on kovaa, ja monet toimijat pyrkivät saamaan tuotteensa ensimmäisenä markkinoille. Yleisesti on esitetty arvioita, että jo lähivuosina rannikkoalueilla liikkuisi ainakin jossain määrin autonomisia pieniä aluksia ja että seuraavan kymmenen vuoden sisään niitä nähtäisiin myös avomerialueilla. Rannikkoalueet kuuluvat kunkin maan oman kansallisen säätelyn piiriin. Tämä mahdollistaa autonomisten alusten kokeilun ja nopeankin käyttöönoton kansallisilla vesialueilla hitaammin perässä tulevan kansainvälisen lainsäädännön kehitysvaiheesta riippumatta.

Tärkeimpiä autonomisiin aluksiin liittyviä kehitysalueita tällä hetkellä ovat muun muassa aluksen ympäristön havainnointitekniikka, luotettavat tiedonsiirtoratkaisut aluksen ja etäoperointikeskuksen välillä, sensoritiedon fuusiointi, ohjausalgoritmien ja tekoälyn kehittäminen, teknisten järjestelmien etävalvonnan ja diagnostiikan kehittäminen sekä etäoperointikeskusten kehittäminen. Kehitystyö ei kuitenkaan ole pelkästään teknistä. Ihmisten tarpeet, erilaisten palvelujen kehittäminen ja käyttökokemuksen parantaminen ovat osa-alueita, joihin etsitään vastauksia esimerkiksi palvelu- ja konseptimuotoilun avulla.

2. AUTONOMISEN ALUKSEN TURVALLISUUS

Autonomisten alusten turvallisuus on asia, joka on herättänyt paljon keskustelua. Tämä on luonnollista, kun kyseessä vesiliikenteessä uusi toimintamalli ja tietoa siitä on toistaiseksi tarjolla verrattain vähän. Lähtökohdaksi autonomisten alusten turvallisuutta pohdittaessa kannattaa ottaa nykyinen tilanne ja turvallisuustaso. Miten autonomian mukaantulo muuttaa tilannetta ja miten hyväksytyt turvallisuustaso saadaan säilytettyä ennallaan tai jopa nostettua sitä? Toimijoiden välistä yhteistyötä, tapoja turvallisuustiedon tuottamiseen sekä konkreettista tietoa tarvitaan eteenpäin pääsemiseksi.

2.1 TURVALLISUUSANALYYSITYÖKALU AUTONOMISILLE ALUKSILLE

Älykäs kaupunkivesiliikenne -hankkeessa kehitettiin turvallisuusanalyysityökalua, joka soveltuisi nimenomaan autonomille aluksille. Tavoitteena oli luoda toimintamalli, jota voidaan käyttää riskien ja riskinhallintakeinojen kartoittamiseen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa suunnitteluprosessia, jolloin aluksen rakenteellisiin ratkaisuihin, järjestelmiin ja toimintoihin on vielä mahdollista vaikuttaa ilman lisäkuluja. Työn tuloksena syntyi olemassa oleviin STAMP (Systems-Theoretic Accident Modelling and Processes)- ja STPA (System Theoretic Process Analysis) -menetelmiin perustuva systemaattinen metodi, joka pyrkii toiminnan kokonaisturvallisuuteen yksittäisten virheiden korjaamisen sijasta.

Analyysimetodia testattiin kahdella Turun kaupunkiliikenteeseen sijoittuvalla skenaariolla yhdessä laajan asiantuntijajoukon kanssa. Viisiportaisen prosessin alkuvaiheessa tunnistettiin todennäköisimmät onnettomuustyyppit ja niihin liittyvät riskitekijät, jotka voisivat kohdata esimerkialuksia. Sen jälkeen tunnistetuille riskeille etsittiin hallintakeinoja, joita kehitettiin edelleen systemaattisiksi turvallisuuden hallintastrategioiksi. Prosessin lopputuloksena saatiin kokonaiskuva esimerkialusten riskeistä sekä turvallisuuden hallintakeinoista ja niiden toimintaperiaatteista ja soveltuvuudesta eri tilanteisiin.

Esimerkkialuksille tehty analyysi kattaa kaikki todennäköisimmät hätätilanteet, kuten törmäämisen, pohjakosketuksen, uppoamisen, tulipalon, matkustajan veteen putoamisen tai matkustajan sairaskohtauksen sekä näihin tilanteisiin johtavat riskitekijät. Löydetyt hallintakeinot painottuvat selvästi ennaltaehkäiseviin keinoihin, joilla pyritään eliminoimaan riskitekijät tai estämään niiden kehittyminen onnettomuuksiksi. Vain pieni osa turvallisuuden hallintakeinoista liittyy onnettomuuksien seurauksien rajoittamiseen.

Analyysin perusteella teknisluonteisten riskien osalta turvallisuuden hallinta perustuu pitkälti oikeiden ja soveltuvien laitteiden valintaan, niiden tilan seurantaan sekä tarvittavien varajärjestelmien olemassaoloon. Huolellinen suunnitteluprosessi, asennus ja testaus ovat myös tärkeitä.

Matkustajien toiminnan ohjaamisen kannalta aluksen rakenteellisilla ratkaisuilla on merkittävä rooli. Jos aluksen rakenne itsessään tekee esimerkiksi laidan yli putoamisen vaikeaksi tai ohjaa suunnittelullisilla ratkaisuilla matkustajia automaattisesti toimimaan turvallisesti ja oikein, voidaan monia tarpeettomia riskitilanteita välttää. Toinen merkittävä asia on nykyistä kehittyneempi opastaminen eri tilanteissa. Ohjeiden selkeys, yksiselitteisyys ja ymmärrettävyys ovat peruslähtökohta. Lisäksi viesti pitäisi saada mielenkiintoiseksi, jotta matkustaja huomioi sen. Perinteisten kirjoitettujen turvallisuusopasteiden rinnalle voidaan tuoda esimerkiksi videonäyttöjä ja mobiilisovelluksia. Hätätilanteiden kaksisuuntaista viestintää on tarvetta myös pohtia, jos

aluksella ei ole miehistöä. Etäoperointikeskuksen rooli ohjeistajana tunnistettiin tärkeäksi, joskin varsinaiset etäoperointikeskustoiminnot oli rajattu analyysien ulkopuolelle.

Prosessien ja toiminnan näkökulmasta analyysit toivat esiin nykyistä perusteellisemman suunnittelun tarpeen. Tällä hetkellä prosessit aluksissa etenkin poikkeustilanteissa perustuvat usein ihmisen tilannekohtaisiin päätöksiin, joita prosessit ja ohjeet vain väljästi ohjaavat. Autonomisen aluksen toimintamallit ja prosessit on suunniteltava perusteellisemmin etukäteen, ja niiden on katettava myös poikkeustilanteet.

Analyysin tulokset eivät ole suoraan sovellettavissa muihin kuin esimerkkialuksiin ja perustuvat analyysihin osallistuneiden asiantuntijoiden näkemyksiin. Niitä voidaan kuitenkin hyödyntää perustietona autonomisten kaupunkiliikenteen aluksien turvallisuuteen perehtymisessä sekä esimerkkinä metodin soveltamisesta. Lisää analyysityökalusta sekä täydelliset analyysit ovat luettavissa englanninkielisessä raportissa ” *Hazard Analysis Process for Autonomous Vessels*”.

2.2 MATKUSTAJAN ROOLI AUTONOMISESSA ALUKSESSA

Teknisten ratkaisujen rinnalla on tärkeää pohtia matkustajan roolia ja sen mahdollista muuttumista. Matkustajan tulisi tulevaisuudessakin pystyä matkustamaan turvallisesti ja helposti aluksen autonomian asteesta ja miehistön määrästä riippumatta. Keinoja tähän tavoitteeseen pääsemisessä ovat muun muassa hengenpelastus- ja palonsammutusvälineiden automaatioasteen kehittäminen, entistä älykkäämmät sensori- ja viestintäjärjestelmät sekä tehokas valvonta ja opastus. Rakenteelliset ratkaisut, joilla pyritään estämään aluksen evakuointitarve hätätilanteessa, yksinkertaistavat toimintamalleja.

Älykkäiden järjestelmien avulla on mahdollista päästä tilanteeseen, jossa matkustajan rooli ei juurikaan muutu eikä häneltä odoteta nykyistä suurempaa osallistumista. Jos tarvittavat hätätilannetoimet ovat mahdollisimmat automaattisia kattaen tilanteen havaitsemisen, hälytyksen sekä tarvittavan toiminnan, jää matkustajan tehtäväksi seurata annettuja toimintaohjeita ja osata käyttää henkilökohtaisia pelastusvälineitä.

Älykäs kaupunkivesiliikenne -hankkeessa opinnäytetyönä tehdyssä tutkimuksessa aihetta lähestytään kahden Turun kaupunkiliikenteeseen sijoittuvan esimerkkialuksen ja reitin kautta neljässä eri hätä- ja poikkeustilanteessa. Esimerkkialukset ja reitit olivat samat, joita käytettiin autonomisten alusten turvallisuusanalyysityökalun testauksessa. Mari Junkkarin merikapteenityö ”*Hätätilanteiden hallinta miehittämättömällä kaupunkilautalla – matkustajan uusi rooli?*” kertoo asiasta tarkemmin.

2.3 UUSIEN TEKNISTEN RATKAISUJEN TURVALLISUUDEN VARMISTAMINEN

Liikenteen turvallisuusviraston ja luokituslaitosten tehtävänä on Suomessa varmistaa aluksen teknisten ratkaisujen riittävä turvallisuus. Autonomisten alusten kehitys luo paineita näille organisaatiolle kehittää omia prosessejaan ja valmistautua uudentyyppisten alusten hyväksymismenettelyihin, tarkastuksiin ja sertifiointeihin. Olemassa olevat säännöt ja menettelyt toimivat hyvänä pohjana tuleville autonomisten alusten luokitusäännöille, mutta kehitystyötä tarvitaan osa-alueilla, jotka eroavat nykyisistä aluksista tai joita ei vielä ole olemassa.

Älykäs kaupunkivesiliikenne -hanke fasilitoi luokituslaitos Lloyd ’s Registerin ja teknologiayritysten työryhmiä, jotka ovat työskennelleet kolmen tärkeäksi kehityskohteeksi tunnistetun aihealueen parissa. Ryhmissä on pohdittu autonomisen aluksen laitteiden ja järjestelmien

redundanttisuusvaatimuksia, autonomisen aluksen tilaa monitoroivien laitteiden vaatimuksia sekä hätä- ja poikkeustilanteiden edellyttämiä valmiussuunnitelmia.

Perinteiset luokitussäännöt ovat määritelleet tarkasti vaatimukset, jotka luokitettavan kohteen tulee täyttää. Tämän toimintamallin rinnalle on viime vuosina tullut tavoiteperusteinen lähestyminen, joka mahdollistaa aiempaa paremmin tekniikan ja järjestelmien kehittymisen. Autonomisten alusten kohdalla tullaan todennäköisesti yhdistämään näitä kahta toimintamallia. Tavoiteperusteisen lähestymisen myötä turvallisuusarviointien merkitys valittujen ratkaisujen todentamisessa korostuu, koska sama asia voidaan hyväksyttävästi toteuttaa monella eri tavalla.

Aluksen liikennealueen, alustyyppin ja autonomian asteen on tunnistettu olevan merkityksellisimpiä asetettavaan vaatimustasoon vaikuttavia tekijöitä. Esimerkiksi rannikon lähellä rajatulla alueella liikkuvalta pieneltä tavarankuljetusalukselta tuskin on tarpeen vaatia yhtä korkeaa järjestelmien redundanttisuutta kuin matkustajia pidemmällä tai vaihtuvilla reiteillä kuljettavalta alukselta

Laitteiden ja järjestelmien kehitystyössä on mahdollista ainakin osittain hyödyntää nykyisiä, olemassa olevia laitteita, jos niiden luotettavuus on riittävä. Uusia järjestelmiä kuitenkin tarvitaan. Esimerkiksi ihmisen tällä hetkellä komentosillalta käsin tekemää aluksen lähiympäristön havainnointia korvaamaan on kehitettävä uutta sensoritekniikkaa.

Järjestelmien kaksin- tai kolminkertaistaminen on yleisesti esitetty turvallisuusratkaisu vikatilanteiden varalta. Harkitsemattomat vaatimukset tällä alueella johtavat kuitenkin helposti tilanteeseen, jossa järjestelmistä tulee niin monimutkaisia ja kalliita, ettei aluksen operointi ole enää taloudellisesti kannattavaa. Moninkertaisen varmistamisen sijaan harkittu kriittisten järjestelmien kahdentaminen ja hyvin suunnitellut laitevalinnat ovat todennäköisesti järkevin kokonaisratkaisu. Sen sijaan että hankittaisiin kaksi samanlaista laitetta, jotka ovat molemmat alttiita yksittäiselle ulkoiselle vian aiheuttajalle, on järkevää hankkia kaksi eri toimintaperiaatteella toimivaa mutta vastaavaa tietoa tuottavaa laitetta.

Aiheeseen voi perehtyä lisää Lloyd's Registerin ja teknologiayritysten kehitystyön englanninkielisestä raportista ”*Development of Classification Procedures for Autonomous Ships*”.

3. AUTONOMISEN ALUKSEN ENERGIARATKAISUT

Autonomisten vesibussien käyttö tulee lisääntymään yhtenä osana kaupunkien sisäistä liikennettä. Vesiliikenne mahdollistaa uusien kulkureittien hyödyntämisen ja on helposti yhdistettävissä terveysvaikutteisiin liikkumismuotoihin, jalankulkuun ja pyöräilyyn, joita suositaan kaupunkien liikennesuunnittelussa.

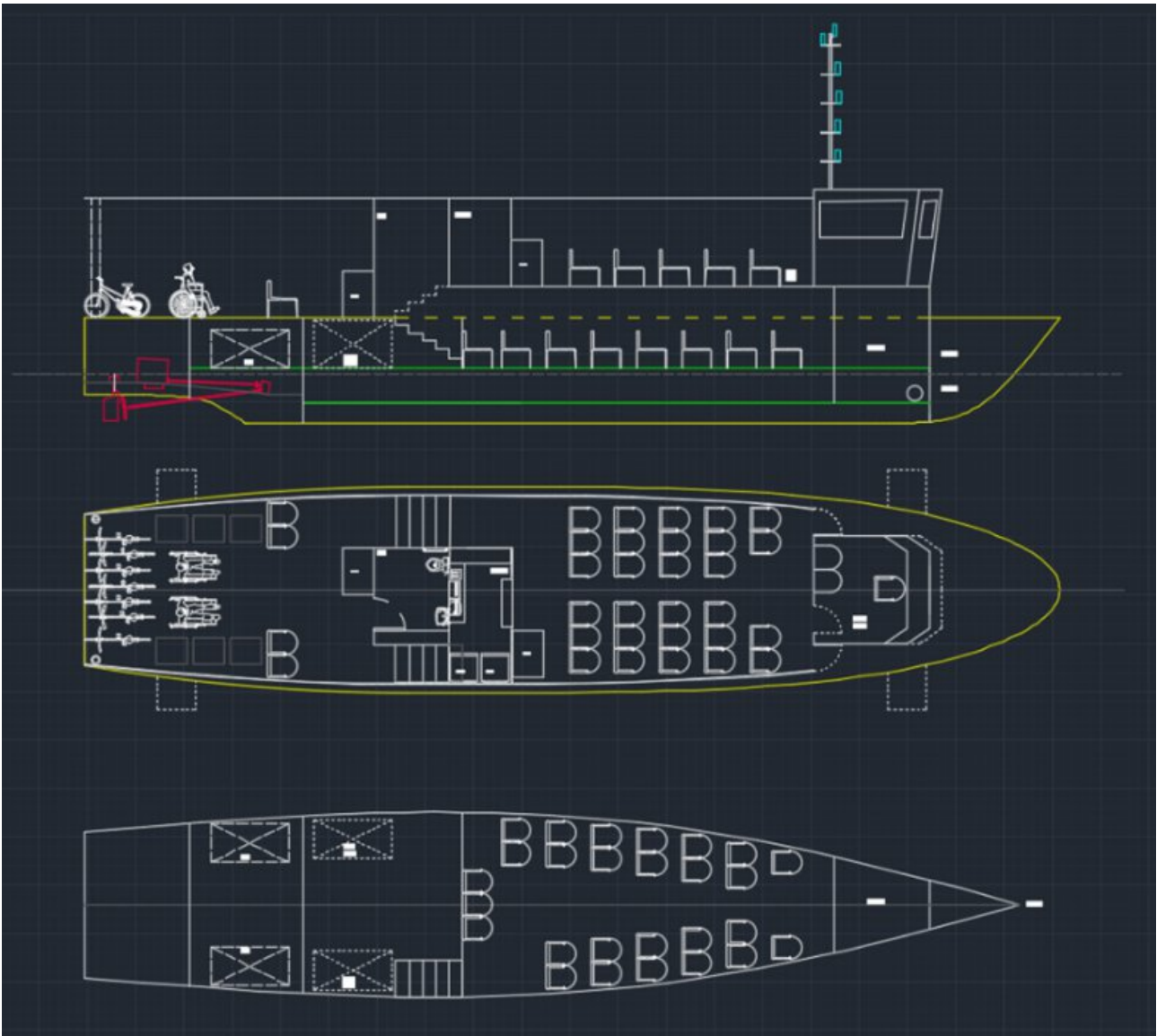
Vesibussien tulee olla saasteettomia ja hiljaisia, minkä lisäksi niiltä edellytetään toimintavarmuutta ja turvallisuutta. Alusten investointikustannusten lisäksi käyttökustannukset ovat keskiössä harkittaessa uudentyyppisten kuljetuspalvelujen tarjoamista kaupunkilaisille. Autonomiset miehittämättömät alukset vähentävät henkilöstökuluja, ja valitsemalla kuljetuskoneisto oikein voidaan vaikuttaa tehokkaasti vesiliikenteen polttoainekustannuksiin. Pitkä kuljetuskoneiston huoltoväli helpottaa vesibussien aikataulun mukaista operointia erityisesti silloin, kun korvaavaa aluskalustoa ei ole saatavilla.

3.1 TUTKITTAVAT ALUKSET

Älyvesi-hankkeessa tarkasteltiin Turun lähivesillä liikkuvien lautta-alusten energiaratkaisuja. Tavoitteena oli etsiä säästöjä energiankulutuksessa ja ympäristökuormituksessa. Kohteina olivat ketjukäyttöinen Aurajoen ylittävä lautta ”Föri” ja lähiliikennevesibussi, joka on vielä toteutumaton alusprojekti (kuvat 1 ja 2). Förin osalta vertailtiin alkuperäisen dieselmoottorikoneiston energiankulutusta lautan modernisointityössä asennettuun uuteen sähkökoneistoon. Vesibussin osalta tarkasteltiin neljää vaihtoehtoa: uusiutuvalla polttoaineella toimivaa dieselmoottorikoneistoa, kaasukäyttöistä kipinäsytytteistä polttomoottorikoneistoa, sähköhybridikoneistoa sekä sähkökäyttöistä vesibussia. Tutkittavia ominaisuuksia olivat ympäristökuormitus, turvallisuus ja luotettavuus sekä pääoma- ja käyttökustannukset.



Kuva 1. Kaupunkilautta Föri. Kuva Jari Lahtinen.



Kuva 2. Vesibussin yleisjärjestelypiirustus. Kuva Mariana Pereis.

3.2 ENERGIAN KULUTUS

Förin osalta energiankulutus arvioitiin mitattujen polttoaineen kulutustietojen perusteella. Lautan sähkönkulutus voitiin arvioida akustojen lataukseen käytettävän sähköliitännän kulutusmittarin lukemien avulla. Tulosten perusteella alkuperäisen Förin vuotuinen polttoaineenkulutus oli keskimäärin 7.4 m^3 , joka vastaa 76 MWh :n energiamäärää. Sähköförin liikkumiseen käyttämä energiamäärä oli 46 % pienempi (ottoenergia). Sähkökäytön ympäristökuormitus päästöjen osalta voidaan olettaa nollassa, jos sähkövirta on tuotettu puhtaasti esimerkiksi ydinvoiman, tuulen tai aurinkoenergian avulla. Toisen tutkittavan aluksen eli vesibussin energiankulutus (117 MWh vuodessa) laskettiin siten, että alus liikennöi kahteen kohteeseen, Ruissaloon ja Satavaan (kuva 3).



Kuva 3. Vesibussin reitti. Kuva pohjakartta: Paikkatietoikkuna, 2016a.

3.3 YMPÄRISTÖKUORMITUS

Ympäristökuormitusta tarkasteltiin siten, että dieselkäyttöisellä koneistolla varustettu alus oli referenssi, johon kolmea muuta koneistovaihtoehtoa verrattiin. Ympäristöpäästötyypeistä ei tarkasteltu sellaisia, joihin koneistovalinnalla ei ollut vaikutusta (aallonmuodostus, pohjan antifouling-maalit ynnä muut) tai joita ei syntynyt laisinkaan (jätevesipäästöt).

Sähköhybridialus samoin kuin sähkövesibussi perustuvat akun käyttöön, jota hybriditoteutuksissa hyödynnetään dieselkoneiston optimaalisen käytön saavuttamiseen. Tästä seuraa polttoainekulutuksen aleneminen. Tarkastelussa akkua käytettiin myös kompensoimaan dieselkoneen tuottama teho pienillä nopeuksilla, jolloin pysäytetyt dieselmoottorit vähensivät polttoainekustannuksia ja samalla myös pakokaasupäästöjä sekä melua.

Akun lisäksi sekä hybridi- että sähköaluksen osalta tarkasteltiin tapausta, jossa katto- ja seinäpintoihin asennetaan aurinkopaneeleja. Aurinkovoimajärjestelmän tuottama energia käytetään vesibussissa potkurikoneiden pyörittämiseen, ja ylituotannon tapauksessa energia voidaan ladata akkuun. Tarkastelu osoitti, että tällaisella toteutuksella voidaan saavuttaa 26 %:n vuosittaiset polttoainesäästöt. Saavutettu etu riippuu asennettavan aurinkovoimajärjestelmän tehosta sekä vuosittaisista sääolosuhteista. Sähköä hyödyntävien hybridialusten pakokaasupäästöjen alenema oli vastaavasti 26 %. Täysin sähköllä toimivalla vesibussilla ei päästöjä synny lainkaan, jos siinä käytetty sähkö on tuotettu päästöttömästi.

Kaasu- ja dieselmoottoreilla varustetut alukset kuluttivat suunnilleen saman määrän (massan) polttoainetta. Kaasumoottori todettiin dieselmoottoria paremmaksi kasvihuonekaasujen kannalta, jos kaasu valmistetaan jätteestä. Haitallisten aineiden osalta kaasumoottorin pakokaasuissa oli enemmän rikkiä ja metaania kuin dieselmoottoriin pakokaasuissa.

Vesibussi ei liiku yöllä, jolloin melurajat ovat päiväaikaan verrattuna tiukemmat. Kaupunkialueella vesibussin melu ei todennäköisesti erotu muusta liikenteestä, koska se liikkuu nopeusrajoitusten vuoksi hitaasti ja käytettävä moottoriteho on tällöin alhainen. Tiukin meluraja on Ruissalon luonnonsuojelualueella, jota vesibussin reitti sivuaa, mutta aluksen vaikutus keskimeluarvoon voidaan olettaa jaksottaisen käytön vuoksi vähäiseksi. Sähkökäyttöinen alus on todennäköisesti hiljaisin, koska pakoputkiston melua ei esiinny. Myös sähköhybridialuksen melu on alhainen hidassajossa, kun dieselmoottorit ovat pysäytettyinä ja ajaminen tapahtuu akuilla.

3.4 TURVALLISUUS JA LUOTETTAVUUS

Jos kaasukäyttöinen alus rakennetaan kansainväliseen liikenteeseen tarkoitettujen normien mukaisesti, tulee sen olla yhtä turvallinen kuin dieselkäyttöisen aluksen. Tämä johtaa siihen, että mahdollisten kaasuvuotojen ehkäisyyn ja havaitsemiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Turvallinen kaasusäiliöiden täyttö voi edellyttää aluksen siirtymistä pois Aurajokirannasta tankkauksen ajaksi. Sähkökäyttöisen aluksen turvallisuutta parantaa mahdollisuus toteuttaa sähköjärjestelmä alhaisella 400 voltin jännitteellä, jolloin korkeamman välijännitteen aiheuttamia turvallisuusriskejä ei esiinny. Akkaturvallisuuteen tulee kuitenkin aina kiinnittää erityistä huomiota sähkökäyttöisessä aluksessa.

Kaikki koneistoratkaisut ovat toiminnaltaan luotettavia, koska niissä on kaksi erillistä toisistaan riippumatonta potkurikoneistoa. Ongelmia voi esiintyä, jos konehuoneessa on tulipalo tai se jostain syystä täyttyy vedellä. Kaasumoottoireita on asennettu vähän pienaluksiin, mutta tämä teknologia on tunnettua ja laajasti käytössä esimerkiksi kaupunkibusseissa.

3.5 KUSTANNUKSET

Kustannusten kannalta investoinnit kaasualukseen ovat korkeammat kuin perinteisessä dieselmoottorialuksessa. Jos taas hankitaan sähköhybridialus, kustannukset lisääntyvät merkittävästi. Hybriditoteutuksessa tarvittava akkukapasiteetti riippuu täysin sen käyttötavasta, ja jos akkua käytetään vain dieselmoottoriajon optimointiin, voidaan laivan akkuinvestoinnissa säästää jopa 60–70 %. Sähkökäyttöisen aluksen käyttö on edullista, mutta säästöt eivät tee investoinneista taloudellisesti kannattavia, jos latauspisteiden rakennuskustannukset ovat korkeat. Kaasualuksen käyttökustannukset ovat polttoaineen hinnan vuoksi dieselaluksen käyttökustannuksia korkeammat. Myös maapuolelle eli aluksen kaasutankkausjärjestelmään joudutaan investoimaan.

3.6 SUOSITUKSET

Peruskorjattu sähkökäyttöinen Föri on hyvä esimerkki siitä, miten uudet tekniset ratkaisut tulevat käyttöön pienaluksissa. Autonomisten alusten teknologia tulee uudistumaan nopeasti, ja perinteiset energiaratkaisut poistuvat käytöstä.

Tämän selvityksen osalta voidaan todeta, että sähkökäyttöinen alus on ympäristöystävällisin vaihtoehto. Sähkökäyttöisen aluksen hintaluokka vastaa dieselalusta. Kaasukäyttöinen alus on edellisiä kalliimpi, ympäristöystävällisyydessä se sijoittuu diesel- ja sähköaluksen väliin. Hybridialus on dieselalusta kalliimpi, mutta sen päästöt ovat dieselalusta pienemmät. Tulevissa alushankinnoissa tulee pohtia mahdollisuutta myöntää julkista tukea uudentyypisten koneistoratkaisujen edistämiseen erityyppisissä pienaluksissa. Ilman tätä tukea muutos kohti laadukkaampaa autonomista vesiliikennettä on hidasta.

Lisää tietoa aiheesta antaa ”*Kaupunkilautan käyttöenergiavaihtoehtojen tarkastelu*” -raportti.

4. ALUKSEN ETÄOPEROINTITOIMINNOT

Autonomiset alukset tulevat tarvitsemaan parikseen autonomian asteesta riippumatta etäoperointikeskuksen, joka tilanteesta ja valitusta toimintamallista riippuen monitoroi tai ohjaa alusta sekä hoitaa aluksen kululle välttämättömiä muita toimintoja maista käsin. Tulevaisuuden etäoperointikeskukset tulevat todennäköisesti tarjoamaan lisäksi laajan kirjon muita aluksen operointiin liittyviä tai sitä tukevia palveluja. Merenkulun sidosryhmien roolien uskotaankin muuttuvan merkittävästi autonomiseen merenkulkuun siirryttäessä.

Alusten kulun valvonta ja koneistojen etävalvonta ovat jo arkipäisiä ja tuttuja toimintoja merenkulun alalla. Meriliikennekeskukset seuraavat alusten kulkua ja tilannekuvaa muun muassa kauppamerenkulun väylillä ja ottavat aluksiin yhteyttä ongelmatilanteissa turvallisuuden varmistamiseksi. Omien alusten kulkua seurataan myös varustamoissa. Koneistojen toimintaa ja huoltotarpeita valvotaan usein keskitetysti koneistojen valmistajien keskuksista käsin. Mahdollisesti ainakin osa näistä valvontatoiminnoista siirtyy tulevaisuudessa etäoperointikeskusten hoidettaviksi.

Olemassa oleva tekniikka mahdollistaisi myös aluksen ohjaamisen etänä jo tällä hetkellä. Nykyiset alukset on kuitenkin suunniteltu aluksella olevan miehistön operoitaviksi, eikä niiden etäoperointi olisi turvallista tai taloudellista. Autonomiset alukset tullaan suunnittelemaan eri lähtökohdista käsin ja maista käsin tehtävä mahdollinen etäohjaustarve huomioiden.

4.1 ETÄOPEROINNISTA YLEISESTI

Etäoperointi tarkoittaa minkä tahansa teknisen järjestelmän tai koneen operointia sen itsensä ulkopuolelta. Nikola Tesla laati ensimmäiset etäoperoinnin periaatteet saamassaan patentissa jo 120 vuotta sitten. Ilman minkään tason etäoperoimahdollisuutta esimerkiksi ydinvoimaloiden käyttäminen olisi käytännössä mahdotonta.

Siirtyminen ihmisen suorittamista toiminnoista etäoperointiin ja autonomisten laitteiden aikaan tulee tapahtumaan pienin askelin ja useiden välivaiheiden kautta. Kyseessä on siis varsin luonnollinen yhteiskunnan kehittymiseen liittyvä muutos. Vesiliikenteessä autonomiset toiminnot ja etäoperoinnin mahdollistava teknologia tullaan aluksi näkemään käytössä miehitetyissä aluksissa, joissa se tukee miehistön toimintaa ja lisää turvallisuutta. Samalla laitteista saadaan käyttökokemusta ja niitä voidaan valvotusti kehittää edelleen. Ensimmäiset tilannetietoisuutta lisäävät laitteistot ovat jo markkinoilla, ja niiden oletetaan yleistyvän aluksissa nopeasti.

Yksi esitetty oletus on, että kun teknologia on saavuttanut riittävän tason, aluksella työskentelevän miehistön määrä alkaa vähentyä ja vastaavia uusia työtehtäviä syntyy maihin. Ennen siirtymistä täysin miehittämättömään alukseen viimeisenä laivaan saattaa myös jäädä eräänlainen talonmies, joka virtuaaliodellisuustyökalujen ja etätuen avulla pystyy korjaamaan merellä lähes kaiken korjattavissa olevan. Osassa aluksia siirryttäen kuitenkin suoraan täyteen autonomiaan ilman miehitystä. Nämä skenaariot, sekä kaikkea mahdollista niiden väliltä, tullaan todennäköisesti näkemään tulevaisuudessa.

4.2 ETÄOPEROINTIKESKUS

Ensimmäinen alusliikennettä valvova VTS (Vessel Traffic Service) -keskus perustettiin Suomeen vuonna 1996. Merenkulun alalla VTS-keskukset ovat lähin vertailukohta, kun pohditaan tulevaisuuden etäoperointikeskuksia. Benchmarking-ympäristöinä voidaan myös käyttää lennonjohtotorneja sekä ydinvoimaloiden valvomoita.

Etäoperointikeskuksen toimintaympäristö ja tarpeet kuitenkin poikkeavat kaikista edellä mainituista. Etäoperointikeskuksen suunnittelussa onkin olennaista lähteä liikkeelle suoritettavista toiminnoista ja pohtia tyhjältä pöydältä parhaita mahdollisia teknisiä ratkaisuja sekä työprosesseja niiden suorittamiseen. Hyviä käytäntöjä ja muualla kerättyä kokemusta esimerkiksi työprosesseista kannattaa hyödyntää, mutta niin kutsuttua outside the box -ajatteluakin tarvitaan hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi.

Etäoperointikeskuksessa on mahdollisuus katsoa asioita täysin uusista näkökulmista ilman niitä teknisiä rajoitteita, joita laivassa sijaitsevalla komentosillalla on. Esitettyjä visioita ovat muun muassa visuaalinen 360°:n näkymä, jonka päälle rakennettaisiin lisätyn todellisuuden informaatiota havaitusta ja tunnistetusta kohteesta. Koneiston eri osien toimintaa voitaisiin mahdollisesti havainnollistaa 3D-hologrammien avulla ja paneelinäytöissä siirtyä kohti black panel -ideologiaa, jossa korostetusti esillä ovat kaikki poikkeamat tai muuten reagointia vaativat tilanteet. Haptisten eli ihmisen aistihavaintoja hyödyntävien järjestelmien avulla operaattorille olisi mahdollista viestiä tilanteiden muutoksesta työmuistia kuormittamatta. Kosketusnäytöt, hologrammitoiminnot ja puheohjaus ovat myös mahdollisia uusia teknologioita, joiden odotetaan korvaavan näppäinkomentoja ainakin osittain.

Kieli- ja puheteknologiaa voitaisiin hyödyntää myös monipuolisemmin kuin pelkkään puheohjaukseen. Sen avulla on mahdollista tehostaa tiedon tuotantoa, esimerkiksi lokikirjan tai huoltoraportin sanelu, tai helpottaa ja automatisoida tiedonhakua. Älykäs kaupunkivesi -hankkeessa testattiin yhdessä Lingsoftin kanssa puheentunnistus- ja puhesynteesityökalujen käyttöä merenkulun simulaattoriympäristössä Aboa Maren komentosiltasimulaattorissa Turussa (kuva 4). Video, jossa operaattori ohjaa alusta autopilotilla puhekomennoin, on katsottavissa osoitteessa <https://youtu.be/unrTp5BQcgg>



Kuva 4. Operaattori ohjaa alusta puhekomentojen avulla. Kuva Jari Kesti.

Etäoperointikeskuksen eri toiminnoissa tarvitaan erilaista tietoa ja tilannekuvaa. Alusten avoimella vesialueella tapahtuvassa valvontatilanteessa laaja ja kattava tilannekuva on lähtökohta, jota täydennetään tilanteen mukaan esimerkiksi yksittäisiin aluksiin ja ympäristöön liittyvällä informaatiolla. Väylillä liikuttaessa tarkasteltava alue on yleensä pienempi ja alukseen tilaan, väylään ja navigointiin liittyvä tilannekuva on tärkein. Siirryttäessä aluksen ohjaukseen etäoperointikeskuksesta käsin oman aluksen liiketilan hahmottaminen on keskeistä. Poikkeus- tai vikatilanteessa operaattori ensisijaisesti yrittää tilanteen vakauttamisen jälkeen ratkaista tai korjata ongelman siten, että turvallisuus kärsii mahdollisimman vähän eivätkä lisäkustannukset muodostu korkeiksi. Silloin saatetaan tarvita esimerkiksi yksityiskohtaista teknistä tietoa aluksen järjestelmistä ja niiden tilasta tai analyysejä ja ennusteita tilanteen kehittymisestä.

Kaiken kaikkiaan keskeistä etäoperointikeskuksen suunnittelussa onkin toimintojen optimointi mahdollisimman tarkoituksenmukaiseksi yhdistämällä suoritettavat toiminnot ja niihin soveltuva tekniikka ja informaatio. Raportointi ja seuranta sekä historiatietojen tallennus ovat toimenpiteitä, jotka tulee myös huomioida suunnittelussa. Tulevaisuudessa ne toteutettaneen ennalta määriteltyjen rutiinien mukaisesti pääosin automaattisesti.

4.3 ETÄOPERAATTORI

Tekniikan lisäksi etäoperointikeskuksen suunnittelussa joudutaan miettimään ihmisiä ja prosesseja. Minkälainen henkilö soveltuu etäoperointikeskusoperaattoriksi ja minkälaista koulutusta työ edellyttää?

Meriliikennekeskuksissa tällä hetkellä työskentelevät Vessel Traffic Service (VTS) -operaattorit ovat merenkulkijoita, jotka ovat suorittaneet perämiehen koulutuksen lisäksi kansainvälisen majakkajärjestön (IALA) laatimaan ja kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO) hyväksymään suositukseen perustuvan alusliikenneohjaajan koulutuksen ja sekä työpaikkakoulutuksen. Alusliikenneohjaajan koulutus keskittyy muun muassa laitteiden ja niiden mahdollisten virhetilanteiden ymmärtämiseen sekä paikallisten olosuhteiden tuntemukseen.

Etäoperointikeskusten henkilöstölle virallisia koulutusvaatimuksia ei vielä ole laadittu. Älykäs kaupunkivesiliikenne -hankkeessa aihetta lähestyttiin yhteistyössä Rolls-Roycen kanssa simulaattoriympäristössä tehdyn käytännön testin kautta (kuva 5). Testissä havainnointiin eri määrän kokemusta omaavia perämiehiä ja merikapteeneita, joille annettiin tehtäväksi ohjata etäoperointikeskuksesta (tässä tapauksessa komentosiltasimulaattori) käsin alus sisään mereltä Vuosaaren satamaan. Testin aikana simuloitiin yhteysongelmia aluksen ja etäoperointikeskuksen välillä, ja operaattorin käytössä ollut informaatio alukselta väheni testin edetessä.

Testi osoitti, että tilannekuvan säilyttäminen ja aluksen liiketilan hahmottaminen etänä nykyisenkaltaisesta komentosiltaympäristöstä käsin on ongelmatilanteessa haastavaa. Uusia visuaalisia työkaluja ja paremmin tilannekuvaa tukevaa toimintaympäristöä siis tarvitaan etäohjailukeskukseen.

Merkittävin havainto testissä oli työkuorman nopea kasvu ongelmatilanteissa. Ongelmien kasaantuessa osallistujat olisivat kaivanneet avukseen toista operaattoria jakamaan työkuormaa. Työprosessien suunnittelu onkin merkittävä asia, jotta esimerkiksi valvontatilanteesta etäohjailuun siirryttäessä tai ongelmatilanteen kohdatessa tilanne pystytään hoitamaan sujuvasti ja turvallisesti. Testissä havaittiin myös, että testihenkilöt eivät osanneet tai halunneet hyödyntää tarjolla ollutta

ulkopuolista apua ja informaatiota, mikä heikensi heidän suoritustaan. Etäoperointitoiminnoissa aluksen operointi täytyy hahmottaa uudella tavalla ja kouluttaa operaattorit toimimaan perinteistä komentositatyöskentelyä enemmän osana kokonaisuutta muiden tarjoamaa informaatiota



hyödyntäen.

Kuvat 5. Etäoperointitestissä simuloitiin yhteysongelmia aluksen ja etäoperointikeskuksen välillä. Kuva Sirpa Kannos.

Siitä vaikuttiko testihenkilöiden tausta tai kokemusmäärä tulokseen, ei voitu vetää luotettavia tai yleistettäviä johtopäätöksiä. Vaikuttaisi kuitenkin, että positiivinen suhtautuminen uuteen teknologiaan, kyky käyttää navigointilaitteita monipuolisesti ja luottaa niiden tuottamaan informaatioon sekä riittävä merenkulkukokemus ovat asioita, jotka yhdistettyinä antavat henkilölle hyvät lähtökohdat etäoperointityöhön. Nämä kaikki ovat osa-alueita, jotka varmasti tullaan huomioimaan tulevia koulutus- ja pätevyysvaatimuksia pohdittaessa.

4.4 ALUKSEN YMPÄRISTÖN HAVAINNOINTITEKNOLOGIA

Yhteentörmäyksien ja karilleajojen välttämiseksi aluksen on tarkkailtava sen ympäristöä ja muita aluksia. Nykyiset merenkulkututkat kykenevät havaitsemaan kauempana aluksesta olevat kohteet erittäin hyvin. Pienet, matalat kohteet parin sadan metrin sisällä aluksesta jäävät tutkalta kuitenkin usein havaitsematta, ja niiden näkeminen perustuu ihmisen tekemään havainnointiin. Ihmissilmien korvaamisesta ympäristön havainnoinnissa onkin tullut merkittävä tutkimuskohde autonomisten alusten kehitystyössä.

Yksittäinen laite ei ihmissilmää ainakaan toistaiseksi pysty korvaamaan. Ympäri maailmaa testataan tällä hetkellä erilaisia laitekombinaatioita, joiden tiedot yhdistämällä saataisiin luotettavasti havaittua aluksen lähialueen kohteet. Havaitsemisen lisäksi kohteet pitäisi myös pystyä tunnistamaan. Useiden laitteiden tuottama tietomäärä kasvaa helpoksi erittäin suureksi ja aiheuttaa ongelmia esimerkiksi tilanteessa, jossa tietoa on tarve siirtää aluksen ja etäoperointikeskuksen välillä. Kerätyn datan prosessointi ja kompressointi sekä tunnistamiseen liittyvät tekoälyratkaisut ovat kiinteästi havainnointitekнологiaan liittyviä omia kehitysalueitaan.

Erilaiset video- ja stereokamerat, lämpökamerat, laserkeilaimet sekä autotekniikasta tutut lähialuetutkat ovat esimerkkejä laitteista, jotka tuottavat autonomiselle alukselle soveltuvaa lähialuetietoa. Kaikilla edellä mainituilla laitteilla on heikot kohtansa, esimerkiksi laserkeilain häiriintyy sateesta ja sumusta. Älykäs kaupunkivesiliikenne hankkeessa tutkittiin laserkeilaimen ja lämpökameran ominaisuuksia yhdessä videokameran referenssimateriaalin kanssa. Laitetesteistä voi lukea tarkemmin englanninkielisestä raportista *"Specifics of using Lidar and IR-camera for detecting obstacles on maritime vessels"*.

4.5 OHJAUSALGORITMIEN KEHITTÄMINEN

Ohjausalgoritmien kehittämisessä lähtökohtana toimivat meriteiden säännöt. Vaikka meriteiden säännöt ovat sinällään selkeät, monimutkaisissa liikennetilanteissa niiden tulkinta voi olla hyvinkin haastavaa. Sääntöjä usein myös rikotaan, joko tahallisesti tai tahattomasti. Joskus esimerkiksi aluksen turvallisuus saattaa edellyttää sääntöjen rikkomista.

Lähtötilanne algoritmien kehittämiseen on siis monimutkainen. Tällä hetkellä komentosillalla oleva henkilö tekee ohjailupäätökset laitteiden tuottaman tiedon, sääntöjen, kokemuksensa ja tilannearvionsa perusteella. Säännöt ja tilannearvion teko ovat suhteellisen helposti kirjattavissa algoritmien muotoon. Tietokoneen tekemä tilannearviokin on todennäköisesti pätevämpi kuin ihmisen, jos sillä on käytössään tarvittavat tiedot, koska kone kykenee tekemään luotettavia laskelmia eri vaihtoehdoista sekunneissa. Kokemusperäinen hiljainen tieto on kuitenkin alue, jonka siirtäminen algoritmien muotoon tai opettaminen tekoälylle vaatii paljon työtä.

Tekoälypohjaisen algoritmin kehittäminen lähtee siitä, että käytettävissä on riittävästi esimerkkejä järjestelmän opettamiseen. Opettaminen perustuu siihen, että järjestelmälle voidaan antaa riittävän monta luokiteltua esimerkkiä, joista se oppii ongelman rakenteen. Kuluttajatuotteisiinkin tuodut kuvantunnistusalgoritmit on pystytty toteuttamaan, koska on olemassa hyvin laaja luokiteltu kuvamateriaalipankki (<http://www.image-net.org/>), jota on mahdollista käyttää algoritmien opettamiseen.

Autonomisen laivaliikenteen ohjausalgoritmien kehittäjä kohtaa tässä saman ongelman kuin autonomisten autojen ohjausalgoritmien kehittäjä. Soveltuvia datapankkeja ei ole olemassa. Tällä hetkellä monet autonvalmistajat käyttävätkin itsekehittämiään liikennesimulaattoreita datapankin keräämiseen. Lähestymistavassa on myös haasteensa turvallisuuskulmasta: Yhdysvaltalainen tutkimuslaitos RAND Corporation on laskenut, että liikkumista joudutaan simuloimaan jopa miljardeja kilometrejä, jotta ohjausalgoritmille voidaan taata riittävän pieni onnettomuusriski⁴. Merenkulkualan toimijoiden yhteisestä datapankista on aika ajoin käyty keskustelua, mutta toistaiseksi kukaan ei ole ottanut vetovastuuta asian eteenpäin viemiseksi. Yhteinen datapankki nopeuttaisi autonomisten alusten kehitystyöhön tarvittavan datan keräämistä verrattuna tilanteeseen, jossa jokainen toimija kerää oman datapankkinsa.

Autonomisen aluksen ohjausalgoritmeista ei toistaiseksi ole julkaistu paljoakaan. Älykäs kaupunkivesiliikenne -hankkeessa aihetta ei ollut mahdollista tutkia lyhyen projektiajan vuoksi. Peruskäsityksen ohjausalgoritmeista ja niiden rakenteesta voi kuitenkin saada esimerkiksi artikkelista *Perception, Planning, Control, and Coordination for Autonomous Vehicles*⁵, joka on

⁴ Kalra, Nidhi and Susan M. Paddock, Driving to Safety: How Many Miles of Driving Would It Take to Demonstrate Autonomous Vehicle Reliability?. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2016.

https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1478.html.

⁵ Pendleton, S.D.; Andersen, H.; Du, X.; Shen, X.; Meghjani, M.; Eng, Y.H.; Rus, D.; Ang, M.H. Perception, Planning,

osoitteessa <https://doi.org/10.3390/machines5010006>. Vaikka asiaa käsitellään artikkelissa autonomisen auton näkökulmasta, vastaavat periaatteet toimivat myös laivaliikenteen ohjausalgoritmien lähtökohtana.

4.6 TEKNISTEN JÄRJESTELMIEN ETÄVALVONTA, -DIAGNOSTISOINTI JA HUOLTOTOIMET

Tällä hetkellä etävalvontaa ja etätukea hyödynnetään jo yleisesti aluksen huoltotoiminnassa. Tarkistukset ja mittaukset on mahdollista automatisoida, jolloin päästään ennakoivaan huoltoon ja vika-analyysiin. Laite osataan vaihtaa juuri oikeaan aikaan ennen sen rikkoutumista, jolloin vältytään mahdollisesti suuriltakin välillisiltä kustannuksilta. Huolto- ja korjaustoiminnassa koko toimintakulttuuri on kokenut mullistuksen. Paksut paperiset manuaalit ovat jäämässä historiaan, kun oleellinen tieto voidaan kämmentietokoneelta löytää merkittävästi nopeammin. Laajennetun todellisuuden työkalujen avulla etäohjeistettuna yhä vaikeammatkin työtehtävät voidaan hoitaa paikallisesti pelkän miehistön voimin.

Tulevaisuudessa etävalvontaratkaisuja sovelletaneen aluksissa entistä laajemmin. Päätöksentekoa tukevia järjestelmiä saadaan reaaliaikaiseen käyttöön, jolloin räätälöityjen analyysien ja ennusteiden määrä lisääntyy. Etävalvonnalla tavoitellaan jatkuvaa tilannekuvaa autonomisesta aluksesta. Etävalvontajärjestelmän suunnitteluvaiheessa on oleellista kohteesta riippuen pohtia, tavoitellaanko järjestelmän avulla esimerkiksi luotettavuutta, taloudellisuutta vai tehokasta operointia, jotta järjestelmä vastaa haluttuun tarpeeseen. Tämän perusteella valitaan sitten informaation tuottamiseen tarvittavat sensorit, jotka tuottavat käyttötarkoitukseen soveltuvaa luotettavaa dataa. Datan analysointi perustuu muun muassa tilastollisiin malleihin, koneoppimiseen, simulointiin, ennustamiseen, optimointiin ja olemassa olevan tiedon virtuaaliseen rikastamiseen.

Vaikka etävalvonta ja -diagnostisointityökalut olisivat kunnossa, täytyy laivojen energiantuoton ja muiden järjestelmien olla soveltuvia etäoperointiin ja pitkiin huoltoväleihin. Tarvittava teknologia tähänkin on enimmäkseen olemassa, mutta sen käyttöä on toistaiseksi rajoittanut hinta. Miehitettyihin aluksiin on ollut kannattavampaa laittaa edullisempaa teknologiaa. Käytännön esimerkkejä järjestelmien kehityskohteista ovat esimerkiksi hälytys- ja mittauspisteiden määrän lisääminen, käyttövarmempien laitteiden valinta, venttiilien kauko-ohjaus sekä putkistojen venttiili- ja liitoskohtien havainnointi. Lentoliikenteessä hyödynnettävää modulaarisuutta pidetään yhtenä tulevaisuuden kehityssuuntana myös merenkulun huoltotoiminnassa. Tällöin suuremmat ”paketoitua” laitekokonaisuudet voitaisiin etävalvontatiedon indikaatiosta jättää maihin huoltoon ja nostaa tilalle vastaava laitepaketti satamakäynnin yhteydessä.

Kuka sitten suorittaa miehittämättömässä aluksella pakollisen korjaustyön, joka on välttämätöntä tehdä heti matkan jatkumiseksi? Lähtökohtaisesti tällaiset tilanteet pyritään ennakoimaan ja estämään jo suunnitteluvaiheessa esimerkiksi kriittisten laitteiden kahdentamisen avulla. Teollisuudessa käytettyjen manipulaattorien eli niin kutsuttujen robottikäsiensä avulla pystytään tekemään korjaustöitä etänä, jos aluksen konehuone on suunniteltu manipulaattorikorjauksiin soveltuvaksi. Vastaavaa tekniikkaa käytetään esimerkiksi vedenalaisissa rakennustöissä, joissa ROV (Remote Operated Vehicle) -pilotti ohjaa robottikäsiä omien käsiensä liikkeillä. Viimeisenä oljenkortena työkalupakista löytyy aluksen hinaaminen maihin, aivan kuten nykyäänkin.

5. AUTONOMISEN ALUKSEN TIEDONSIIRTO JA TIETOTURVALLISUUS

Tarve valvoa alusta sekä mahdollisesti ohjailta sitä etänä ovat asioita, jotka vaativat tiedonsiirrolta paljon. Tälle kommunikoinnille on monia välttämättömiä reunaehtoja, joita ilman operointi ei onnistu, esimerkiksi ohjaukset ahtailla väylillä vaativat sekä riittävän nopean että luotettavan tiedonsiirtokanavan.

Koska maailmanlaajuisesti ei ole käytettävissä nopeaa ja luotettavaa sekä kohtuuhintaista 4G-tasoisia tiedonsiirtoverkkoa, täytyy hyödyntää niitä ratkaisuja, jotka teknisesti ovat mahdollisia. Satelliittiyhteyksien lisäksi käytössä ovat erilaiset radiotekniikat. Ongelmana kaikissa näissä on se, että radiosignaalin kantomatka on sitä lyhempi, mitä suuremman tiedonsiirron kyseinen tekniikka mahdollistaa. Siksi tiedonsiirto pitää käytännössä pilkkoa eri osiin sen mukaan, kuinka laajan kaistanleveyden se vaatii ja mikä on sallittu turvallinen ajallinen viive tiedonsiirrossa. Useiden erilaisten viestitekniikoiden samanaikainen käyttö tuo myös tarvittavaa redundanssia, jos jokin tiedonsiirtoyhteys putoaa pois pelistä.

Tunnetusti tiedonsiirrossa ei riitä se, että yhteys on teknisesti toimiva. Pitää myös varmistaa, että tiedon lähettäjä on juuri se taho, josta viesti näyttää tulevan. Lisäksi on varmistettava, että kukaan ei ole päässyt muuttamaan siirrettävää tietoa missään vaiheessa. Tiedonsiirron tulisi myös onnistua aina, kun sille on tarvetta. Palvelunestohyökkäytilanne tarkoittaa tässä ympäristössä yhtä isoa ongelmaa, kuten vaikkapa konehuoneen blackout. Pelkät tekniset varmistukset eivät kuitenkaan ole kokonaisuuden kannalta vielä riittäviä. On myös pystyttävä varmistumaan siitä, että kaikki tietoverkon käyttäjät ovat todellisuudessa niitä henkilöitä, joihin he esiintyvät. Lisäksi kaikista käytettävistä ohjelmistoista on varmistettava, että niistä käytössä oikea versio, joka ei mahdollista takaportteja tai aiheuta sivuvaikutuksena virhetoimintoja.

Autonomisen aluksen kyberturvallisuuden suunnittelun tulee kattaa aluksen koko elinkaari. Ei riitä, että tietoturvaluutta mietitään hankintaprosessin alussa ja vaikka kerran vuodessa operoinnin aikana. Prosessin tulee olla jatkuva, ja koko ajatusmalli pitää saada sisäistettyä kaikille suunnittelussa ja operoinnissa mukana oleville tahoille. Yhteistyön tulee kattaa niin ohjelmistojen ja teknisten järjestelmien suunnittelijat kuin myös operaattorit ja viranomaiset.

5.1 TIEDONSIIRRON ERI TEKNIIKAT

Tällä hetkellä alukset kommunikoivat ympäristönsä kanssa pääasiassa erilaisilla radiokanavilla joko kiinteiden maa-asemien kautta tai satelliittien välityksellä. Suurtaajuinen HF-signaali kantaa tuhansia kilometrejä, mutta taajuusalueen tiedonsiirtokapasiteetti on erittäin pieni: esimerkiksi tavanomaisen 2 MB valokuvan siirto kestää yli minuutin. Lisäksi signaalin laatu vaihtelee voimakkaasti vuorokauden, vuodenajan ja auringonpilkkurytmin mukaan. Kantamaltaan alle sadan kilometrin VHF-taajuus taas on meriolosuhteissa havaittu luotettavaksi. Vaikka yksittäisen VHF-kanavan tiedonsiirtokapasiteetti ei ole merkittävästi edellistä suurempi, voidaan tiedonsiirrossa käyttää rinnan jopa tuhansia kanavia. VHF-signaali läpäisee myös ylemmän ilmakehän ionosfääriin, joten sitä hyödynnetään myös satelliittien ja maan välillä.

UHF-taajuuksia on merenkulun alalla käytetty toistaiseksi lähinnä alusten sisäisessä kommunikoinnissa. Älykäs kaupunkivesiliikenne -hankkeessa testattiin IP (Internet Protokolla) -radioreitittimillä toteutettua langatonta tiedonsiirtoa 400 MHz:n taajuusalueella Turun saaristossa. Vastaavaa teknologiaa käytetään tällä hetkellä kansainvälisesti erilaisten turvallisuuskriittisten maakohteiden, kuten sähkö- ja vesilaitosten jakeluverkojen ohjauksessa ja valvonnassa.

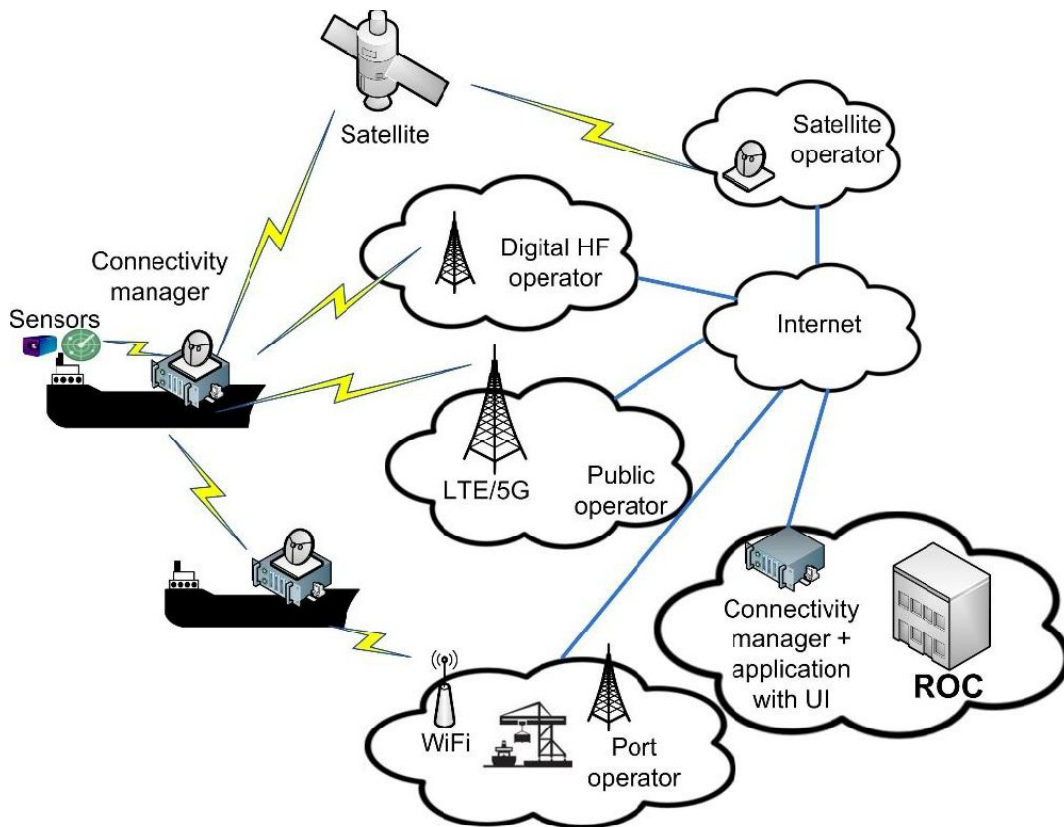
Menetelmällä voidaan saavuttaa kymmenien kilometrien kantama, jota voidaan toistimien avulla kasvattaa edelleen. Menetelmän etuja ovat luotettavuus, lyhyt ja ennalta tiedossa oleva vasteaika ja kohtuullinen kustannustaso. Rajoituksena voidaan pitää esimerkiksi matkapuhelinverkon yli siirrettyyn dataan verrattuna alhaista siirtonopeutta. UHF-tiedonsiirto soveltuu erinomaisesti telematiikkatiedon siirtämiseen, mutta esimerkiksi videokuvan siirtoon kaistanleveys ei ole riittävä. Älykäs kaupunkivesiliikenne -hankkeessa Satel Oy:n ja Åbo Akademin kanssa toteutetusta testistä voi lukea lisää englanninkielisestä testiraportista ”*Building and operating a UHF-band test network for providing mission critical marine communication in the Turku archipelago*”.

Kaupallisten operaattorien 4G-verkot toimivat mikroaaltotaajuuksilla ja suunnatuilla antenneilla. Niiden kantama on jopa 70 km ja tiedonsiirtokapasiteetti moninkertainen aiemmin mainittuihin radiotaajuuksiin verrattuna. Kyseinen matkaviestinverkko kehittyy myös nopeasti kohti Network As A Service -tyyppistä lohkoverkkoa, jossa useat lohkot palvelevat erilaisia käyttäjäryhmiä. Myös Internet of Things (IoT) tuo merkittävän määrän uusia käyttökohteita ja mahdollisuuksia. Satama-alueilla ja väylien välittömässä läheisyydessä voidaan jo lähivuosina hyödyntää myös 5G-teknologiaa. Kauempana rannikosta 5G:n käytössä on rajoitteita, koska signaalin kantama on vain satoja metrejä

Pelkkää kaupallisten matkaviestinverkkojen kautta tapahtuvaa alusten reaaliaikaista kontrollointia ei pidetä suositeltavana, vaikka yhteysmuotona sille onkin käyttöä. Tästä alan asiantuntijat ovat harvinaisen yksimielisiä. Yhtenä keinona älykkään automaation kehittymiselle pidetään nopeita, suoria alusten välisiä yhteyksiä. Alukset toimisivat siis tulevaisuudessa samalla muiden merellä liikkujien tukiasemina. Myös poijut, saaret ja majakat voidaan varustaa IoT-sensoreilla, ja ne voivat toimia osana tulevaisuuden älyväyliä. Kaiken kaikkiaan autonomisen aluksen tiedonsiirtoratkaisut riippuvat erittäin vahvasti alueesta, jolla laiva operoi. Samalla myös tilannetietoisuuden vaatima datamäärä vaihtelee merkittävästi valtameren aavalta ruuhkaiselle sisääntuloväylälle.

Satelliittiyhteyksissä kaupallinen kilpailu eri toimijoiden, kuten FBB, VSAT, Iridium ja Inmarsat C, välillä pitää hintatason siedettävänä. Erityinen ongelma nykyisissä, maasta katsoen paikallaan pysyvissä satelliiteissa on se, että niiden toiminta-alue ei ulotu arktisille vesille. Toinen maantieteellisesti laajempi ongelma on se, että siirrettävän datan määrä maailmalla kaksinkertaistuu noin puolessa vuodessa eikä uusia satelliitteja saada taivaalle samaan tahtiin.

Kuva 6 havainnollistaa järjestelmää, jossa hyödynnetään samanaikaisesti useampaa edellä esitellyistä tiedonsiirtotekniikoista.



Kuva 6. Esimerkki useita eri tiedonsiirtotekniikoita hyödyntävästä järjestelmästä. Kuva VTT.

5.2 TIEDONSIIRRON TIETOTURVALLISUUS

Käytännössä kaikki aluksen ja sen ympäristön välinen radioteitse tapahtuva tiedonsiirto on langatonta ja siten myös julkista: ulkopuolinen voi havaita signaalin ja signaalin lähetyspiste voidaan paikantaa. Tiedonsiirtoa voidaan kuunnella ja häiritä tai se voidaan kaapata, jos näitä mahdollisuuksia ei ole teknisesti estetty. Vaikein ja samalla kriittisin torjuttava asia on tiedonsiirron häirintä, ilman yhteyttä etäoperointi ei onnistu. Tämänkin vuoksi teknisesti erityyppisten radiotekniikoiden samanaikainen käyttö on erittäin perusteltua ja varayhteyksiin siirtyminen pitää suunnitella automaattisesti tapahtuvaksi ja mahdollisimman viiveettömäksi.

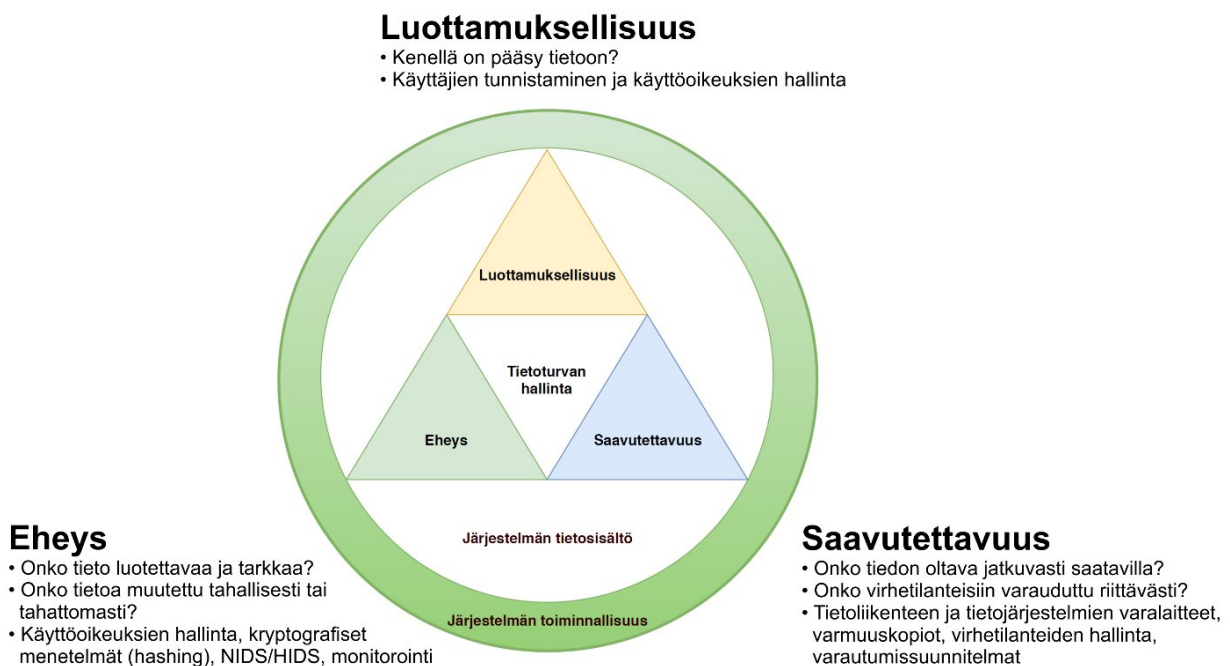
Perusasia tiedonsiirron tietoturvasa on varmistaa, että liikenne on aina vahvasti salattua. Tämä voidaan toteuttaa yleisesti käytössä olevilla tekniikoilla ja standardeilla käyttäen tarpeeksi pitkää salausavainta. Salauksen luotettavuuden kannalta kriittinen osa-alue on salausavainten hallinta. Salaus kyllä kestää, vaikka hyökkääjällä olisi kaikki salatut viestit ja tieto siitä, miten ne on salattu. Salaisten avaimien vuotaminen mitätöi kuitenkin kaikki ponnistelut. Tämän takia onkin syytä laatia avaintenhallintasuunnitelma, jossa esimerkiksi avainten luontiin, turvalliseen säilytykseen, jakeluun ja voimassaoloaikoihin otetaan kantaa. Seuraavaksi tärkeintä on sallia vain sellaiset tietoliikennetavat, joille on järjestelmän ja työtehtävien kannalta oikeaa käyttöä. Erilaisten tietoliikenteen yhteystapojen sekä salausalgoritmien mahdollisista tietoturvaheikkouksista on jatkuvasti syytä pysyä ajan tasalla, jotta nämä puutteelliset menetelmät voidaan tarvittaessa korvata. Esimerkiksi TLS (Transport Layer Security, aiemmin tunnettu nimellä SSL) ja VPN (Virtual Private Network) ovat paljon käytettyjä salauksen sisältäviä yhteyskäytänteitä.

Luvattoman tietoliikenteen estäminen tapahtuu palomuurin avulla. Palomuuuri on järjestelmä, joka estää asiattoman pääsyn verkosta toiseen, esimerkiksi julkisesta internetistä autonomisen aluksen lähiverkkoon. Palomuuuri tulee määritellä sallimaan vain asianmukainen liikenne käytössä oleviin palveluihin. On huomattava, että palomuuuri suodattaa ainoastaan lävitsensä kulkevan tietoliikenteen. Hyökkääjä voi päästä käsiksi organisaation verkkoon myös muuta kautta, vaikkapa langattoman lähiverkon tukiasemien avulla tai tuleamalla fyysisesti organisaation tiloihin. Langaton lähiverkko onkin suojattava aina riittävän pitkällä salasanalla, joka ei ole missään ulkopuolisten saatavilla. Ellei langaton verkko on ole täysin eristetty järjestelmän kriittisestä toiminnallisuudesta, siihen ei koskaan tule päästää laitteita, joiden tietoturva ei välttämättä ole huolehdittu asianmukaisesti. Tämä koskee erityisesti operoivan henkilöstön omia mobiililaitteita ja kannettavia tietokoneita.

Lisää informaatiota autonomisen aluksen tieto- ja kyberturvallisuudesta on Älykäs kaupunkivesiliikenne -hankkeelle tilaustyönä tehdyssä raportissa ”*Kyberturvallisuus ja tiedonsiirron turvaaminen autonomisten alusten kehittämisessä ja operoinnissa*”.

5.3 KYBERTURVALLISUUS – AJATUSMALLI KAIKEN TOIMINNAN TAUSTALLA

Kyberturvallisuus tarkoittaa tietoteknisen turvan rakentamista ympäristölle, joka koostuu sen käyttäjistä, tietoliikenneverkosta, laitteista, ohjelmistoista, prosesseista, taltioidusta ja välitettävästä tiedosta, sovelluksista, palveluista ja ylipäänsä kokonaisuuteen suoraan tai epäsuoraan liitettyistä järjestelmistä. Tietoturvan tavoitteina ovat luottamuksellisuus (confidentiality), eheys (integrity) ja saavutettavuus (availability), jotka muodostavat ns. CIA-kolmion (kuva 7). Luottamuksellisuus tarkoittaa, että minkä tahansa toiminnallisuuden osan käyttäjällä on siihen tarkoitukseen myönnetty lupa. Eheys toteutuu, kun kaiken toiminnan sisältö pysyy sellaisena kuin se on tarkoitettukin ilman tahallista tai tahatonta muuttamista.



Saavutettavuus merkitsee, että kaikki toiminnot ovat aina tarvittaessa käytettävissä.

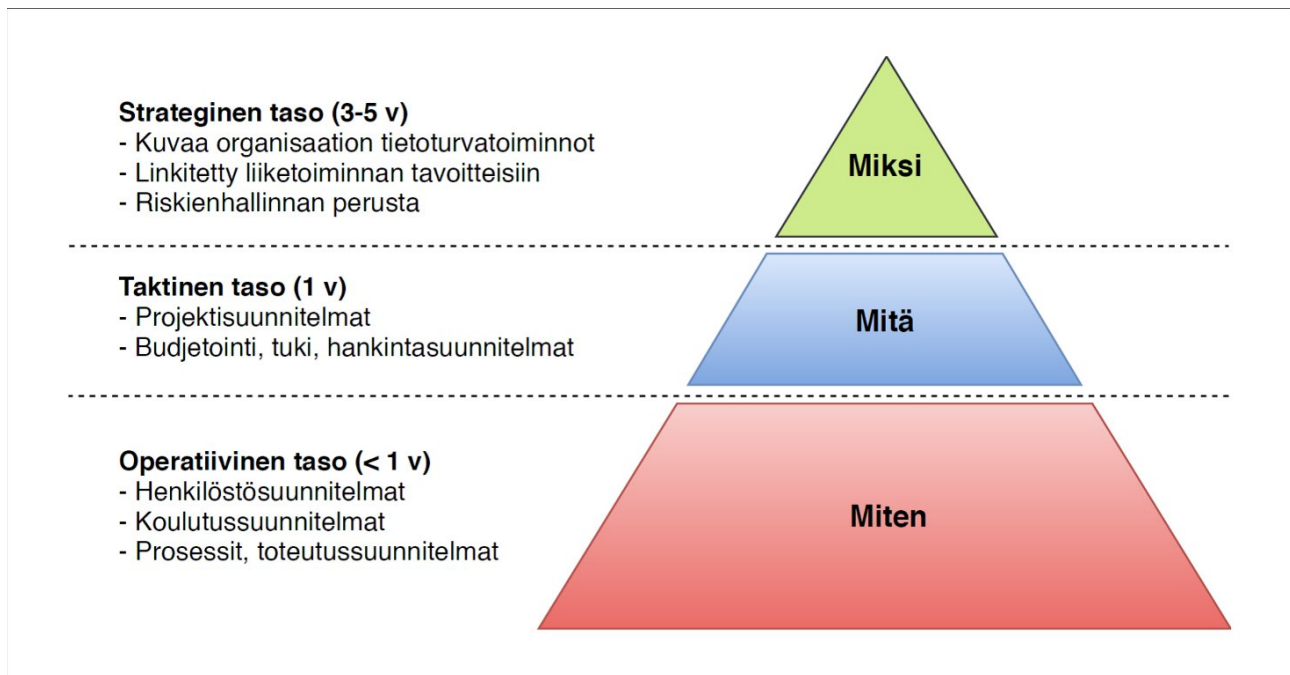
Kuva 7. Luottamuksellisuus, eheys ja saavutettavuus. Kuvio Kalle Rindell.

Näitä käsitteitä täydentävät toiset kolme oleellista käsitettä: tunnistus, todennettavuus ja kiistämättömyys. Tunnistus on menettely, jossa käyttäjä identifioidaan yksilöidysti. Todennus vahvistaa tunnistuksen, salasanan antaminen on tästä arkipäiväisin esimerkki. Todennus voi pohjautua myös esimerkiksi avainkorttiin tai vaikka sormenjälkeen. Tietoturvaa voidaan parantaa kaksi- tai monivaiheisella todennuksella käyttäen useampia eri todennusmenetelmiä. Kiistämättömyys tarkoittaa, että kaikista suoritetuista toiminnoista voidaan jälkikäteen selvittää, kuka on tehnyt mitä ja milloin.

Kyberturvallisuusuhat voivat olla joko tahallisia tai tahattomia, ja jälkimmäiset voidaan vielä jakaa kohdennettuihin tai kohdistamattomiin. Tahattomia ovat esimerkiksi ohjelmistovirheet tai väärät tietoturva-asetukset. Tahallisten hyökkäysten motiivit vaihtelevat taloudellisen edun tavoittelusta terrorismiin. Muita yleisiä syitä ovat sotilastiedustelu, teollisuusvakoilu, kosto, aktivismi ja vandalismi. Hyökkäykset voidaan suorittaa joko organisaation sisä- tai ulkopuolelta. Merenkulku on strategisena ja yhteiskunnalle kriittisenä toimialana altis kaikille mainituille uhille. Uhat voivat kohdistua itse alukseen, sen lastiin, matkustajiin, miehistöön ja operoijatahoihin, varustamoon, omistajiin, ympäristöön tai jopa näihin liittyviin valtioihin.

Jo autonomisen aluksen suunnitteluvaiheessa on perusteltua nimetä tietoturvajohtaja, joka on viime kädessä vastuussa kaikista tietoturvaprosesseista sekä esimerkiksi tietoturvaohjeiden ajantasaisuudesta ja saatavilla olosta. Hänen tukena tulisi olla tietoturva-asiantuntija, joka huolehtii tiedon luokittelusta ja käsittelystä sen elinkaaren eri vaiheissa sekä tietoturvakäytäntöjen toteutuksesta ja tehokkuudesta.

Tietoturvan toteutukseen ja sen hallintaan laaditaan tietoturvasuunnitelma, joka määritellään kolmella tasolla (kuva 8). Strateginen taso kuvaa organisaation tietoturvatoiminnot ja on riskienhallinnan perusta, joka linkittyy liiketoiminnan tavoitteisiin. Taktinen taso kuvaa projekti- ja hankintasuunnitelmat, budjetoinnin ja tuet. Se tarkoittaa strategiaa sekä esittää käytännön keinot tavoitteeseen pääsemiseksi. Operatiivinen taso määrittää toteutuksen, henkilöstö-, koulutus- ja toteutussuunnitelmat sekä kaikki käytännön prosessit.



Kuva 8. Tietoturvan hallinnan tasot. Kuvio Kalle Rindell.

Tietoturvariskien arviointi sisältää riskien tunnistamisen, analysoinnin ja kriittisyysluokittelun. Kun toimenpiteitä vaativat riskit on tunnistettu, määritellään niille soveltuvat riskienhallintakeinot. Riskienhallintakeinot muodostavat yhdessä riskienhallintastrategian, jonka rinnalle tarvitaan myös käytännön toteutusjärjestelyt. Kaikesta tästä syntynyt tietokanta täytyy pitää ajan tasalla käymällä sama prosessi uudestaan määräajoin, järjestelmäpäivitysten yhteydessä tai toimintaympäristön muuttuessa. Riskienhallinnan malleja ja käytäntöjä ovat esimerkiksi Process Hazard Analysis (PHA) sekä Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) ja sitä ohjaavat ISO 31000 -sarjan standardit.

5.4 OHJELMISTOKEHITYKSEN TIETOTURVA

Koska autonomisuus perustuu ohjelmistoihin, on ohjelmistojärjestelmien tietoturvallisuus luonnollisestikin yksi keskeisistä tietoturva-asioista. Tietoturvan vaatimukset on huomioitava kriittisten järjestelmien kehitystyössä jo määrittelyvaiheesta alkaen. Sekä järjestelmän että sen sisältämän tiedon luotettavuus, eheys ja saavutettavuus – tietoturvan kolme perustavoitetta – on pystyttävä varmistamaan koko elinkaaren ajan. Tietojärjestelmäkehitys onkin usein jatkuva prosessi.

Tietojärjestelmiä kehitettäessä riittävä osaamistaso tietoturva-asioissa on edellytys onnistuneelle hankkeelle ja tavoitteiden saavuttamiselle. Tiukat aikataulut ja niukat henkilöstöresurssit johtavat ainoastaan lyhyen aikavälin kustannussäästöihin. Kehitysvaiheessa tehdystä oikomisesta ja tietoturva-vaatimusten huomioimatta jättämisestä voi myöhemmin seurata mittavia ylläpito- ja korjaustoimia. Tietoturva ei koskaan ole ”jonkun muun” huolenaihe ja seuraamukset sen laiminlyönnistä koskevat jokaista.

Tietoturvan huomioiminen järjestelmäkehityksessä yhdistää organisaation liiketoimintatavoitteet, riskienhallinnan ja järjestelmään kohdistuvat tietoturva-vaatimukset. Kehitysvaiheessa tehdyt laadulliset ja tietoturvakäsitteelliset parannukset helpottavat järjestelmän ylläpitoa, lisäävät sen vikasietoisuutta ja tekevät häiriötilanteista toipumisesta helpompaa. Ohjelmistokehitystyön asiakkaana on usein kannattavaa täydentää omaa osaamista käyttämällä puolueetonta tietoturva-

asiantuntijaa, joka varmistaa järjestelmän turvallisuuden ja hyväksyttävyyden. Kriittisiin järjestelmiin saattaa liittyä myös viranomaisvaatimus tietoturvasertifiointista.

6. ÄLYLAITURI

6.1 VESI OSANA KESTÄVÄÄ KASVUA

Maantieliikenteeseen liittyen on kuluneina vuosikymmeninä toteutettu monia teknologiaan perustuvia ratkaisuja, joissa tienkäyttäjille tuotetaan informaatiota ja palveluja. Vesistöt on vasta nyt tunnistettu voimavaraksi, jossa liikkuminen on kuitenkin osittain vielä samalla asteella kuin se on ollut vuosisatoja. Ainoastaan alusten hallintaan ja toimintaympäristön tunnistettavuuteen on kehitetty ratkaisuja. Vesiliikenne kehittyy jatkuvasti, ja niin rannikkokaupungeissa kuin sisävesialueillakin vesi tunnistetaan voimavaraksi tavoiteltaessa kestävää kasvua. Vesiliikenteen palvelutason nostaminen tukee kaikkia matkaketjuja. Tärkeäksi osatekijäksi muodostuu maatoimintojen liittyminen vesillä tapahtuvaan liikkumiseen.

Vesiympäristönä ja sen saavutettavuudella on vaikutus niin mereen liittyvälle liiketoiminnalle kuin myös asumisen, vapaa-ajan sekä matkailun vetovoimaisuuteen. Digitalisaation murros antaa mahdollisuudet aivan uudenvälisiin palvelumahdollisuuksiin ja ratkaisuihin. Kerättävän ja tuotettavan tiedon avulla laiturialue voi olla maaliikenteen ja vesiliikenteen rajapinnassa tekijä, joka mahdollistaa rantojen ja vesialueiden aktiivisemmän käytön.

6.2 LAITURI TOTEUTUSALUSTANA

Älylaituri käsitteenä on ÄlyVESI-hankkeessa mielletty laiturikonseptiksi, joka soveltuu autonomiselle matkustajalautalle sekä muun älykkään kaupunkivesiliikenteen erilaisten palveluiden toteuttamisalustaksi. Laiturin suunnittelussa huomioitaviksi asioiksi tunnistettiin projektin alussa lippujen ostaminen, matkustajien kulunvalvonta, esteettömyys- ja turvallisuuskysymykset, matkustajalautan, veneiden tai muiden kulkuneuvojen latausmahdollisuudet, muut palvelumahdollisuudet sekä laiturin design-kysymykset. Lähtökohtana oli, että vesiliikennettä tukevia laitureita voidaan toteuttaa jokiympäristön lisäksi myös kaupungin ulkoilusaarille tai asumattomille alueille.

ÄlyVESI-hankkeeseen liittyen on tilattu ideasuunnitelma mahdollisen laiturikonseptin määrittämiseksi. Laaditun suunnitelman mukaisesti älylaituri on älykäs, modulaarinen, soveltuva ja skaalautuva. Näitä ominaisuuksia on kuvattu tarkemmin jäljempänä.

6.3 ÄLYKKÄÄT RATKAISUT

Älykäs laituritukee sekä hyödyntää digitalisaation mukanaan tuomia uusia ratkaisuja ja infraa. Laiturin toiminnot toteutetaan etäohjattavina, joten esimerkiksi palvelujen käyttäminen sekä maksut tai sähkönjakelu voidaan tarjota online-etävarausjärjestelmän avulla.

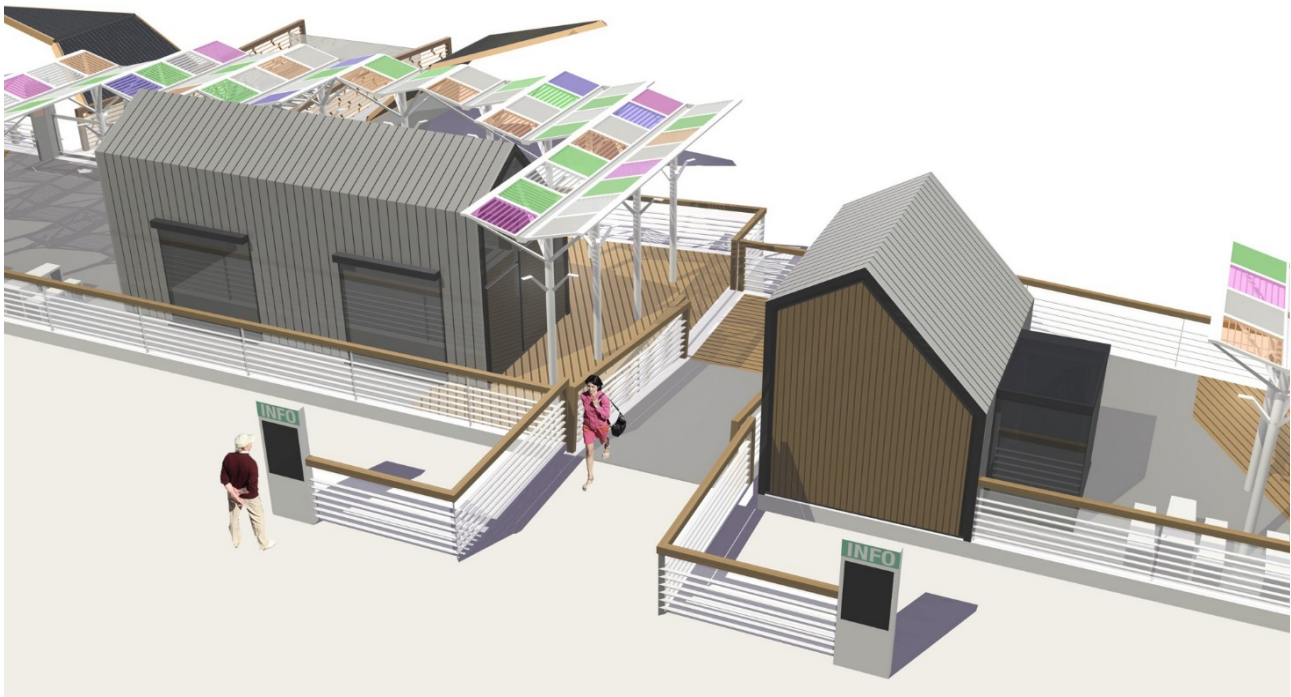
Mikäli laiturit on julkisen liikenteen käytössä, on se mahdollista varustaa liiketunnistimella tai QR-koodilla toimivilla porteilla. Porttien käyttöön voidaan liittää videovalvonta sekä hahmontunnistus, joka mahdollistaa esimerkiksi pyörätuolissa istuvien tai lastenvaunujen kanssa asioivien henkilöiden maksuttoman sisäänpääsyn laiturialueella/alukseen. Videovalvontaa voidaan hyödyntää myös laajemmin ihmisvirtojen seurantaan. Niin sanottu heat mapping mahdollistaa laiturin toimintojen muokkaamisen automaattisesti esimerkiksi valo-ohjausjärjestelmän avulla siten, että ihmisvirta on sujuvaa ruuhkatilanteissa.

Koska laiturit on suunniteltu toimivan itsenäisesti myös asumattomilla saarilla ja alueilla, on se mahdollista varustaa erilaisilla hälytysjärjestelmillä. Varas- ja ilkivaltahälytyksien lisäksi laiturit

kamerajärjestelmään on mahdollista integroida lämpökameratekniikkaan perustuva hälytysjärjestelmä veden varaan pudonneista ihmisistä.

Käyttäjien ja erityisesti matkailun kannalta tärkeiksi älykkäiksi toiminnoiksi on tunnistettu kattavan opastus ja ohjeistusjärjestelmän luominen laitureille infotaulujen avulla (kuva 9.). Infotauluihin voi tuottaa ajantasaista tietoa alusten aikatauluista ja jatkoyhteyksistä maalla sekä jakaa kaupunki-infoa tai mainostaa alueen palveluita. Kulku laiturille, laiturilta, alukseen ja aluksesta on suunniteltu toteutettavaksi älykkäillä valo-ohjauksilla. Valaistut tunnisteet tai kulkureitit ovat ohjattavissa ja säädettävissä tilanteen mukaan. Lisäksi koko laiturin valaistus on ohjelmoitavissa. Toiminta-aikoina laituri on kokonaan valaistu, ja tarpeen mukaan suljettuna vain äärivalot ovat käytössä. Valaistuksen värit voivat myös olla ohjattavissa teemojen mukaan.

Lisäksi laituri tarjoaa avoimen langattoman verkkoyhteyden (wifi) asiakkaiden käyttöön

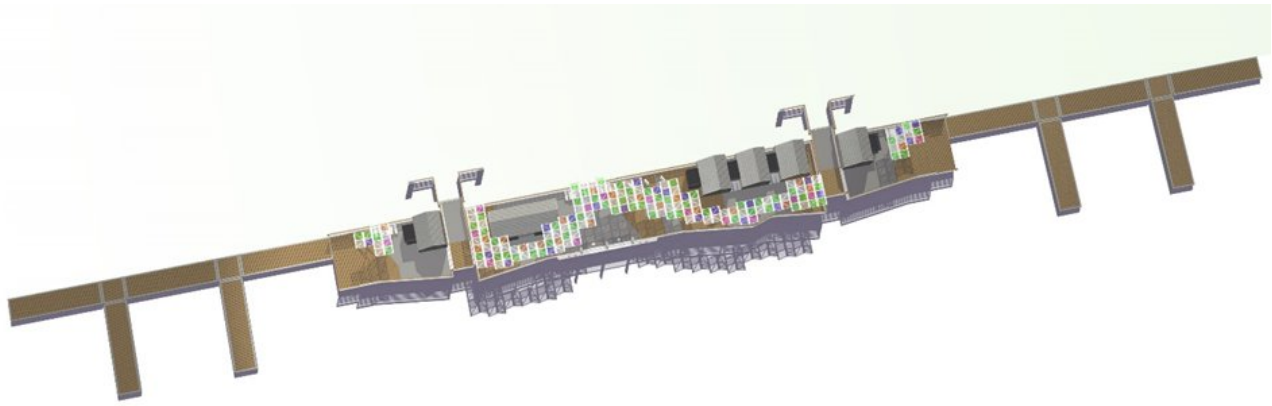


läheisyydessään.

Kuva 9. Älykäs opastaminen ja esteettömyys. Kuva Remotec Oy, muotoilu Lauri Jaala.

6.4 MODULAARISUUS JA SKAALAUTUVUUS

Laiturin käyttötarkoitus on paikasta riippuvainen, ja toisaalta sijoituspaikka vaikuttaa laiturin mitoittamiseen, joten laituri on suunniteltu toteuttavan moduuleista. Modulaarisuus takaa, että laiturit ovat tunnistettavia kokonaisuuksia, joissa muotokieli on aina sama. Paikasta riippuen laituri voi olla ainoastaan yhteysaluksen kiinniottopaikka tai suurimmillaan palveluja tarjoava vierasvenesatamakokonaisuus. Kuvassa 10 on esitetty moduuleista koostuva kokonaisuus, joka soveltuu esimerkiksi vierasvenesatamaksi. Laituri on varustettu palvelujen alustana toimivilla paviljonkirakennuksilla sekä aurinkoenergiaa keräävillä katoksilla.



Kuva 10. Vierasvenesatamaksi soveltuva älylaiturikonaisuus. Kuva Remotec Oy, muotoilu Lauri Jaala.

6.5 SOVELTUVUUS JA MUKAUTETTAVUUS

Älylaituri luo mahdollisuuden ekologiseen ja älykkääseen kaupunki-infran rakentamiseen. Kaupunkiympäristössä laituri voi toimia uutena ja viihtyisenä kohtaamis- tai tapahtumapaikkana luoden lisää palvelutarjontaa sinne, missä sitä ei aikaisemmin ole ollut mahdollista toteuttaa. Laituriin on toteutettavissa makasiinirakennuksia, jotka voivat toimia yritysten popup -tiloina, kausiluonteisina palvelupisteinä tai jopa majoituksena. Toisaalta laituri voi toimia matalan kynnyksen siltana saaristomatkailulle tarjoten palveluja veneilijöille saaristokohteissa. Uniikkina ratkaisuna laituri on helposti tunnistettavissa ja sen avulla voidaan luoda helposti oma brändi, jossa laiturit itsessään jo luovat mielikuvaa alueen toiminnoista.

Moduuliratkaisu luo mahdollisuuden laiturin muokkaamiseen kasvavien tarpeiden mukaan. Laiturialueen kasvattaminen onnistuu helposti lisämoduulien asennuksella ja palvelutarjonnan rikastuttaminen yksinkertaisesti makasiineja lisäämällä. Laiturien älyratkaisut kehittyvät jatkosuunnittelussa ja tulevaisuuden mahdollisuuksien myötä. Laituri onkin jatkuvasti mukautuva tarpeiden ja uuden teknologian tuomien mahdollisuuksien mukaan.

Turun kaupungin strategisen ohjelman ”Kilpailukyky ja kestävä kasvu” yksi pääteemoista on ”Rakentuva Turku ja ympäristö”. Teeman alatavoitteiksi on listattu muun muassa seuraavia aiheita:

- Kaupunkilaisille, matkailijoille- ja elinkeinoelämälle suunnatuissa toimenpiteissä painotetaan veden synnyttävää vetovoimaa.
- Aurajokeen ja merellisyyteen liittyviä tavoitteita edistetään aktiivisesti.
- Merellisen asumisen mahdollisuuksia kehitetään arkkitehtonisesti kunniahimoisin suunnitelmin ja toteutuksin.
- Matkailun infrastruktuuri otetaan kokonaisvaltaisesti kehittämiskohteeksi jokivarressa ja merenrannoilla edistäen samalla saariston saavutettavuutta.
- Kaupunki toimii mahdollistajana vapautuvien rantojen saamisessa aktiiviseen käyttöön.

Älylaituri ”Åby” on suunniteltu ensisijaisesti toteutettavaksi palvelemaan Aurajoessa tapahtuvaa vesiliikennettä sekä täydentämään rannan palvelutasoa. Konsepti on kuitenkin suunniteltu laajennettavaksi mihin tahansa maailmassa. Konseptiin voi tutustua tarkemmin raportissa ”Älylaiturikonsepti ÅBy”

7. KONSEPTOINTI OSANA ÄLYKÄS KAUPUNKIVESILIIKENNE -HANKETTA

Muotoilulähtöinen älykkään kaupunkivesiliikenteen mahdollisuuksien konseptointi aloitettiin älykkään kaupunkivesiliikenteen ja yleisemmin älykkään kaupunkiliikenteen kytkemisellä tulevaisuusnäkökulmaan muun muassa megatrendien, trendien ja erilaisten signaalien kautta. Erilaisia tulevaisuuden mahdollisuuksia konkretisoitiin visioiviksi tuote- ja palvelukonsepteiksi.

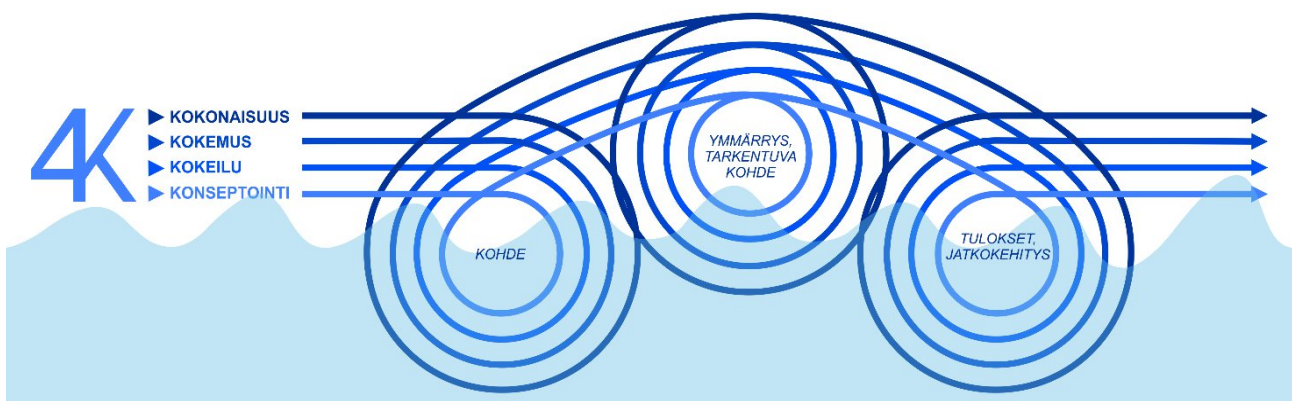
Toisessa vaiheessa erityiskohteena olivat erilaiset ihmiset – käyttäjät ja käyttäjäryhmät –, joiden tarpeita, haluja, unelmia ja myös erilaisia pelkoja kartoitettiin käyttäjälähtöisen tiedonhankinnan menetelmiä (esimerkiksi käyttäjäpersoonat, käyttötilanneskenaariot ja käyttäjäluotaimet) hyödyntämällä.

Näiden vaiheiden rinnalla ja jälkeen ideoinnin ja kehittämisen työkaluna oli muun muassa prototypoimalla kokeilu, ja konsepteja prototypoitiin myös esittelyä varten. Hanke oli esillä Tukholman Design Weekillä älylautta-ympäristöön kytkettyjen muotoilukonseptien ja messuosaston kautta helmikuussa 2018. Tässä kehittämis- ja konseptointityössä hyödynnettiin muotoiluajattelullista lähestymistapaa, josta samalla jalostettiin selkeää ja helposti ymmärrettävää mallia. *Muotoiluajattelun 4K-rinnakkaismallia* esitellään tarkemmin seuraavassa luvussa.

7.1 MUOTOILUAJATTELUN 4K-RINNAKKAISMALLI

Muotoiluajattelu (design thinking) on 2000-luvulla vahvasti esiin noussut ja melko laajalle muotoilun ulkopuolellekin levinnyt käsite. Muotoiluajattelu voidaan nähdä eräänlaisena yläkäsitteenä perinteiselle tuote- ja myös palvelumuotoilulle, joissa ongelmat ovat hyvin tai ainakin kohtuullisen selkeästi rajattavissa ja oletetut lopputuotokset tuotteita, palveluita tai palvelukokonaisuuksia. Muotoiluajattelun ylätasolla on lähtökohtaisesti kyse erilaisten monitahoisten kokonaisuuksien hahmottamisesta (organisaatiot, yritykset, yhteiskunnalliset ja globaalit haasteet) ja ymmärtämisestä (sense making). Kohteena olevasta asiasta siis haetaan ymmärrystä ilman mitään lähtöoletuksia lopputuloksista tai -tuotoksista. Ymmärryksen rakentumisen myötä voidaan sitten tarkastella esiin nousseita muutos- ja kehittämistarpeita ja hakea sopivimpia ratkaisumalleja ja -tapoja tavoiteltavaksi katsotun kehityksen aikaansaamiseksi.

Seuraavaksi esitellään muotoiluajattelun 4K-rinnakkaismallia (kuva 11.), jossa ymmärrystä kohteesta luodaan toisiinsa limittyvissä iteratiivisesti etenevissä prosesseissa. ÄlyVESI-hankkeen konseptoinnin osiota tullaan esittelemään tämän 4K-mallin kautta.



Kuva 11. Muotoiluajattelun 4K-rinnakkaismalli. Kuvio Tarmo Karhu.

Kokonaisuus – *Yhteydet ihmisten, asioiden ja systeemien välillä, vaihtelu tarkastelun etäisyyksien, tarkkuuksien ja näkökulmien välillä*

Asiat ja toiminnot tapahtuvat aina kytkeytyen ympäristöönsä ja laajempaan kokonaisuuteen. Vaikutuksia ja niiden mekanismeja on hyvä ymmärtää niin kokonaisuudesta (konteksti) yksityiskohtiin (ihmiset yksilöinä, tuotteet jne.) kuin yksityiskohdista kokonaisuuteenkin päin. Mitä monitahoisemmasta kokonaisuudesta on kyse, sitä monimuotoisempia ovat myös erilaiset kytkökset ja vaikutusmekanismit asioiden välillä. Monitahoisuuden selvittämiseen, ymmärrettäväksi tekemiseen, tarvitaan useita erilaisia tarkastelunäkökulmia suhteessa esimerkiksi aikaan, yhteiskunnallisiin rakenteisiin, ympäristöön, teknologiaan, talouteen sekä erilaisiin ihmisiin ja ihmisryhmiin. Muun muassa PESTE-analyysillä tätä monitahoisuutta ja sen muutostekijöitä voidaan jaotella erilaisiin osiin. PESTE tulee sanoista poliittinen, ekologinen, sosiologinen, teknologinen ja ekonominen. Pyrkimyksenä on siis yksinkertaistaa kokonaisuuden hahmottamista sekä toisaalta löytää ja hyväksyä yksityiskohtien monimuotoisuus.

Kokemus – *Kokemusten ja tunteiden ymmärtäminen, todellisten tarpeiden löytäminen*

Muotoiluajattelunkin keskiössä on ihminen sekä käyttäjälähtöisen muotoilun tiedonhankinnan ja ongelmanratkaisun tavat. Tässä olennaisina asioina ovat empatiakyky ja eri osapuolten mukaan ottaminen yhteisen ymmärryksen luomisen ja suunnittelun prosesseihin. Empatiakykyä tarvitaan kaikenlaisessa inhimillisessä toiminnassa yhteiselon ja -toiminnan sujumiseksi, mutta muotoilullisessa toiminnassa se korostuu esimerkiksi havainnoivassa käyttäjätiedonhankinnassa sekä uskottavien käyttäjäpersoonien ja -skenaarioiden luomisessa. Käyttäjäskenaariot ovat yksinkertaisia tilannekuvauksia (sanallisia, kuvasarjoja, näytetyjä tilanteita jne.) kohdehenkilön elämässä, joissa henkilön näkökulmasta osoitetaan jokin tilanne jossakin tietyssä ympäristössä. Osallistavaa ihmisymmärryksen lisäämistä ovat esimerkiksi muotoilu-/käyttäjälähtöiset sekä erilaiset intensiivisen yhteisen tekemisen sessiot, kuten ideoinnin ja konseptoinnin protoilupajat, hackathonit, jamit ja campit. Koko kehittämistyö ei tapahdu käyttäjätiedonhankinnan tavoilla ja tällaisissa kokeilevissa sessioissa, vaan ne ovat osa pitkäjänteisempiä ja jatkuvia kehittämisen prosesseja. Kuitenkin ne parhaimmillaan antavat olennaisia perusteita ja suuntaa kehittämiselle.

Kokeilu – *Kokeilu nopeasti käytännössä (prototypointi). Käyttäjälähtöisyys, nopeus ja tehokkuus*

Kokeilu-sana kuvastaa kehittävän tekemisen tapoja, joissa kehittämisen eri vaiheissa asioita, ajatuksia, ideoita ja konsepteja kokeillaan erilaisista näkökulmista mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti: erilaisia käyttäjänäkökulmia eläytymällä ja muilla mahdollisilla apukeinoilla kustannustehokkaasti simuloiden sekä todellisia käyttäjiä kokeiluihin mukaan ottamalla ja pyrkimällä kohdistamaan kokeilut tuottamaan kulloinkin olennaista kokemuksellista tietoa. Jo ensimmäisiä ajatuksia ja ideoita voidaan havainnollistaa ja kokeilla esimerkiksi paperi- ja pahviprototilla tai ideoihin liittyviä tilanteita läpi kokeilemalla ja näyttelemällä (quick & dirty). Varhaisella kokeilemisella voidaan huomata erilaisia vaikeasti sanoitettavia epäkohtia ajoissa ja rakentaa kokeilujen kohteina olevista asioista yhteistä ymmärrystä käyttäjien ja kehittäjien välille.

Konseptimuotoilu – *Konseptit luovat konkretiaa vaihtoehtoihin kehityskulkuihin ja mahdollisuuksiin*

Erilaisten ja usein vaihtoehtoisten konseptien luomisen perusteina käytetään *Kokonaisuuden* hahmottamisen ja *Kokemusten* ymmärryksen tuottamaa ja *Kokeilemalla* koeteltua käsitystä mahdollisuuksista jossain tietyssä asiassa tai kokonaisuudessa ja jollain määritellyllä aika-akselilla.

Konsepteilla voidaan näyttää, millaiset asiat voisivat olla mahdollisia eri kehityskulkujen myötä, ja myös osoittaa, miksi ne voisivat olla tavoiteltavia kohteeksi valikoitujen käyttäjien näkökulmasta.

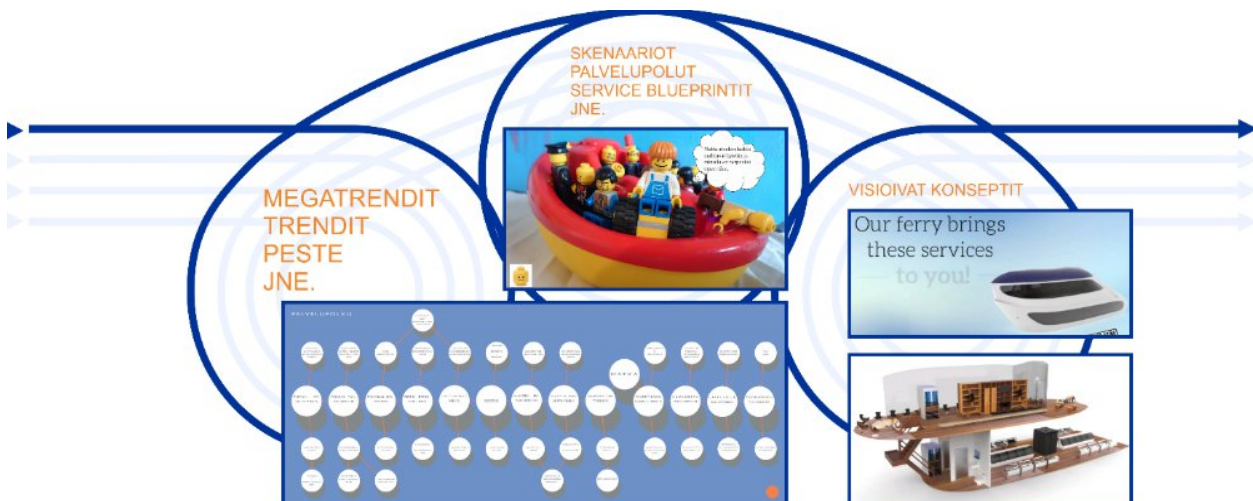
4K – Kokonaisuus, kokemus, kokeilu ja konseptointi yhdessä

Muotoiluajattelun 4K-mallissa kehittämisen kierroksia tehdään eri mittakaavoissa: eri osa-alueiden sisällä pienimuotoisempaa ja nopeaa 4K-työskentelyä sekä laajemmin ja pitkäkestoisemmin kehitysprojektien kestoisesti ja niiden ylikin. Vaikka mallin neljä osa-aluetta selkeyden ja hahmottamisen vuoksi ovat erillisiä, ne todellisuudessa sekoittuvat ja limittyvät yhteen vapaasti ja tarpeiden mukaan. Esimerkiksi erilaisissa kokeiluissa käyttäjäkokemus ja ympäröivä kokonaisuus ovat aina lähtökohtina mukana. Toisin päin käännettynä kokeilut tuovat näkökulmia kokonaisuuden ja kokemusten hahmottamiseen ja ymmärtämiseen. Konseptointi yhdistää kaikki osa-alueet eräänlaisiksi esimerkkitiivistymiksi.

7.2 KOKONAISUUS

Yhteiskunnalliset tavoitteet sekä globaalit ja paikalliset näkymät älykkäälle liikenteelle.

Taustaa koko hankkeelle saadaan liikenne- ja viestintäministeriön vuoden 2013 julkaisusta *Kohti uutta liikennepolitiikkaa, Älyä liikenteeseen ja viisautta liikkujille, Toisen sukupolven älystrategia liikenteelle*. Siellä liikenteen älystrategian painopistealueiksi määriteltiin tehokkuus, turvallisuus, ympäristöystävällisyys, käyttömukavuus sekä toteutusyhteistyö. Nämä heijastelevat laajempia megatrendejä väestönkasvuun, älyteknologian kehitykseen ja ilmastonmuutokseen sekä inhimilliseen hyvinvointiin ja globaaliin talouteen liittyen. Edellä mainituista seikoista nousee erilaisia mahdollisuuksia ja vaatimuksia älykkäälle liikenteelle niin vedessä, maalla kuin ilmassakin. Näihin yleisiin kokonaisuutta määrittäviin tekijöihin keskityttiin muun muassa PESTE-analyyysien, käyttäjäskenaarioiden ja visioivan konseptoinnin kautta. Hyvänä esimerkkinä visioivasta konseptoinnista toimii *Agorà* -lautta- ja palvelukonsepti kuvassa 12 (oikea reuna) sekä osoitteesta



<https://vimeo.com/266644735>.

Kuva 12. Älykäs kaupunkivesiliikenne suhteessa ympäröivään maailmaan ja ihmisiin. Kuvio Tarmo Karhu.

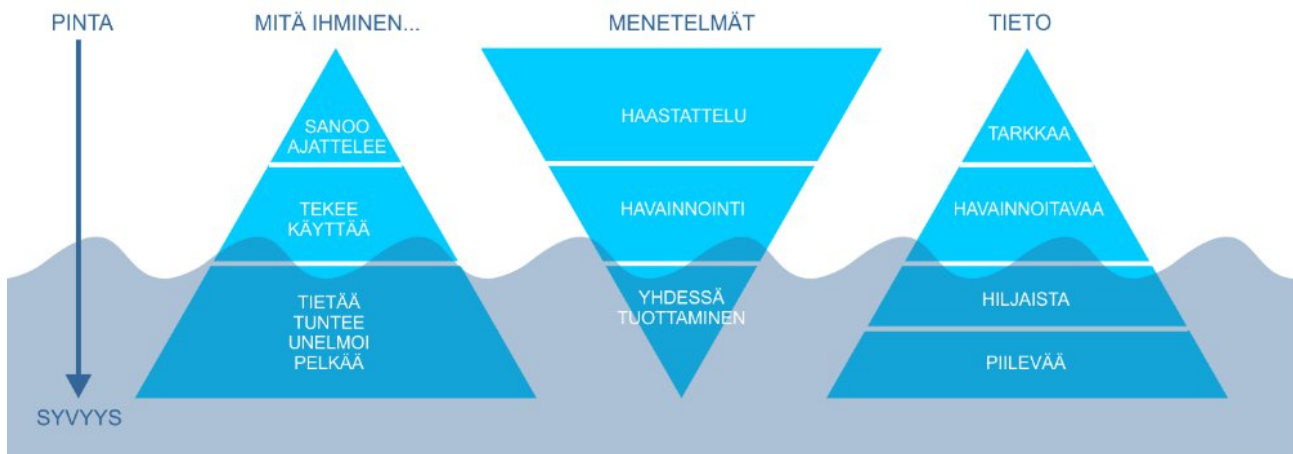
Vesistöjen äärellä (Turku, Espoo, Helsinki) helppo liikkuminen myös vesiteitse kaupunkialueella ja kaupungin tuntumassa oleviin asutus- ja virkistätymiskohteisiin voi tuoda merkittävää lisäarvoa

niin kaupungin asukkaille kuin kaupungissa vierailevillekin sekä tietenkin myös saariston asukkaille. Turvallisuuutta, käyttömukavuutta ja tehokkuutta voidaan saavuttaa vain, jos ymmärrämme yleisiä inhimillisen elämän aineksia sekä erilaisia yksilöllisiä tarpeita ja tunteita riittävän syvällisesti. Tällaista ymmärrystä tarvitaan esimerkiksi joukkoliikenteen eri muotojen yhteensovittamisessa ja samalla niihin liittyvissä yksityiskohdissa, kuten palvelukohtaisissa ihmisten ja laitteiden kanssa. Hyvä kokemus syntyy toimivista perusasioista sekä pienistä huomioivista ja ilahduttavista yksityiskohdista. Kokemuksista lisää seuraavassa luvussa.

7.3 KOKEMUS

Inhimilliset liikkumisen tarpeet ja tunteet liikenteessä

Inhimillisiä tarpeita voidaan löytää ja tunteita ymmärtää, mutta kovin syvälle ei päästä suorilla kysymyksillä, kuten mitä tarvitset tai mitä haluat. Tarvitaan epäsuorempia keinoja. Tällaisia ovat erilaiset osallistuvan ideoinnin ja kehittämisen muodot, kuten esimerkiksi käyttäjälouduimet, skenaariotyökalut ja yhteinen prototypointi (kuva 13.).



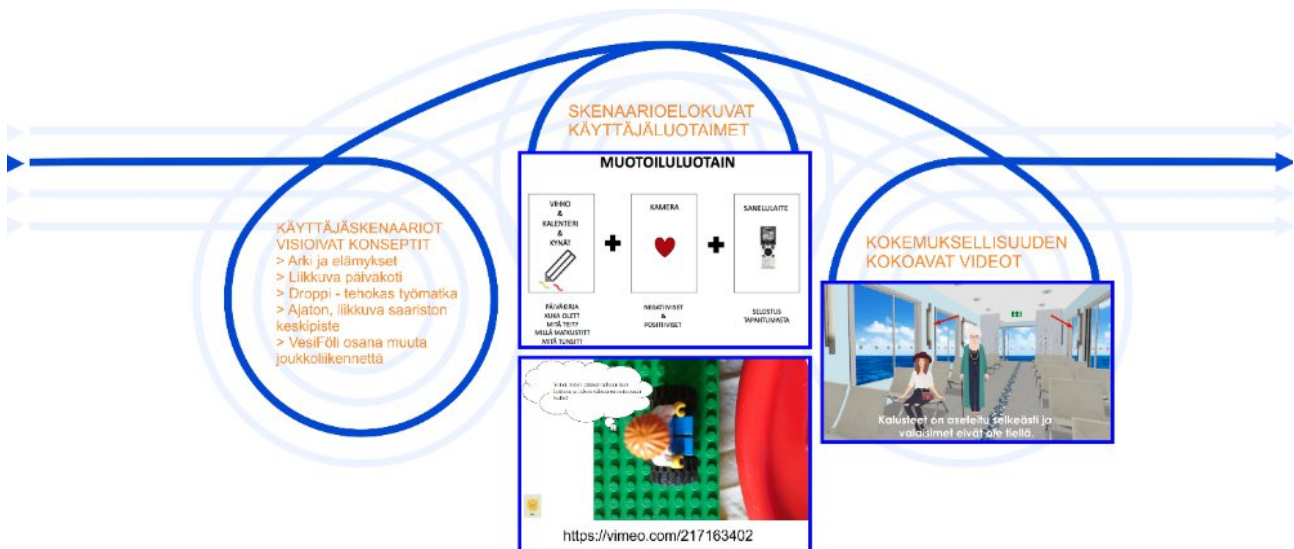
Kuva 13. Käyttäjätiedon ja -kokemuksen tasoja (Convivial Toolbox: Generative Research for the Front End of Design, 2013)⁶. Kuvio Tarmo Karhu.

Älykkääseen kaupunkivesiliikenteeseen liittyviä tarpeita ja tunteita selvitettiin muun muassa käyttäjälouduimien ja -skenaarioiden avulla. Muotoilun käyttäjälouduin on kohdekäyttäjille muotoiltu paketti, joka voi sisältää esimerkiksi erilaisia luodattavaan teemaan liittyviä ja helposti arjessa toteutettavia havainnointi- ja tallentamistehtäviä. Louduin siis kulkee mukana, ja siihen voi tallentaa hetkiin liittyviä tunteita ja kokemuksia. Louduin ei ole kysely, vaan syvemmälle pyrkivä aistien, havainnoinnin, ajattelun ja monesti rutiininomaisten toimien avaaja. Louduimilla voidaan saada esille arjessa toimimisesta ja tunteiden muodostumisesta muutoin helposti piiloon jäävää tietoa sekä lisätä samalla louduimien käyttäjien itsetuntemusta (kuva 14.).

Toteutetuissa käyttäjälouduuksissa, kokemuksellisissa havainnoinneissa ja käyttäjäskenaarioissa tuli esille erilaisia toiveita ja pelkoja autonomisiin aluksiin liittyen. Toiveina erityisesti korostuivat palveluiden helppous ja saavutettavuus. Pelot autonomisuutta kohtaan liittyivät paljon turvattomuuden tunteisiin, jos aluksella ei ole henkilökuntaa ja matkaseuraa ei voi valita. Turvallisuuksien kokemukseen voidaan vaikuttaa aluksen käyttöympäristöjen suunnittelulla, kuten

⁶ Sanders, Stappers: Convivial Toolbox: Generative Research for the Front End of Design, 2013

tilojen avaruudella ja esteettömyydellä, hyvällä näkyvyydellä sekä sisätiloissa että ulospäin, riittävällä häikäsemättömällä valaistuksella, selkeällä monikanavaisella ja -aistisella opastuksella ja turvallisuusvälineiden näkyvällä mutta korostamattomalla sijoittelulla (kuva 14.).



Kuva 14. Miltä älykäs kaupunkivesiliikenne tuntuu? Kuvio Tarmo Karhu.

7.4 KOKEILU

Kehittävä protoilu, kokeilemalla kehittäminen

Kokeilemalla saamme kokemuksellista tietoa olemassa olevasta sekä ajatuksiemme mahdollisuuksista ympäröivässä todellisuudessa tuotteiden ja palvelujen käyttäjien näkökulmasta.

Älykkään kaupunkivesiliikenteen palvelujen muotoilun pohjaksi tehtiin erilaisia kokeilullisia visualisointeja. Potentiaalisten käyttäjien kanssa koottiin tunnelmatauluja (moodboard), joihin kerättiin kuvia erilaisista käyttäjäryhmistä sekä erilaisista vesillä liikkumiseen liittyvistä tilanteista ja olosuhteista. Tämän tavoitteena oli tehdä näkyväksi vesiliikenteen mahdollisia käyttäjiä ja erilaisten käyttäjäryhmien mahdollisia vaatimuksia sekä ennen kaikkea vesilläliikkujien moninaisia tarpeita liittyen ikään, sukupuoleen, kiinnostuksen kohteisiin jne. Olosuhdetunnelmataulujen kautta päästiin keskustelemaan olosuhteiden muutoksista vesillä, jolloin esille nousivat esimerkiksi vuodenajat, vuorokauden ajat ja säävaihtelut sekä niiden vaikutukset vesillä liikkumisen kokemuksiin.

Käyttäjien kanssa laadittiin edellisen pohjalta eräänlaisia käyttäjäskenaarionäytelmiä, joissa erilaisiin käyttäjäryhmiin eläydyttiin rooleina. Ennalta luoduille käyttäjäpersoonille luotiin mahdollisia tilanteita miehittämättömälle älylautalle ja -lautalta siirtymisiin sekä lautalla matkustamiseen erilaisissa sääolosuhteissa ja eri vuorokauden aikoina. Käyttäjät puhuivat oman roolinsa kokemuksia ulos, jolloin esille tuli muun muassa turvallisuuden tunteeseen vaikuttavia asioita. Rooliin asettuminen auttoi myös erilaisten äänimuutosten, valaistusmuutosten ja ikkunoiden koon yms. kokemusten muodostumiseen merkityksellisten asioiden esille tulemisessa. Näiden kokeilujen kautta havaittiin muun muassa, että esimerkiksi valaistuksessa, äänimaailmassa tai ikkunoiden koossa on olemassa erilaisia tilannekohtaisia raja-arvoja, joiden ylittäminen alkaa horjuttaa turvallisuuden tunnetta ja kokemusta. Näiden lyhytelokuviksi leikattujen skenaarioiden

avulla voitiin kokea ja osoittaa erilaisia turvallisuuden tunteisiin, käytettävyyteen sekä yhteisöllisyyden mahdollisuuksiin ja uhkiin liittyviä asioita.

Esimerkkejä skenaarioelokuvista kuvassa vasemmalla (kuva 15.) sekä osoitteessa <https://vimeo.com/217163402>



Kuva 15. Kokeile, koe ja kehitä! Kuvio Tarmo Karhu.

7.5 KONSEPTIMUOTOILU

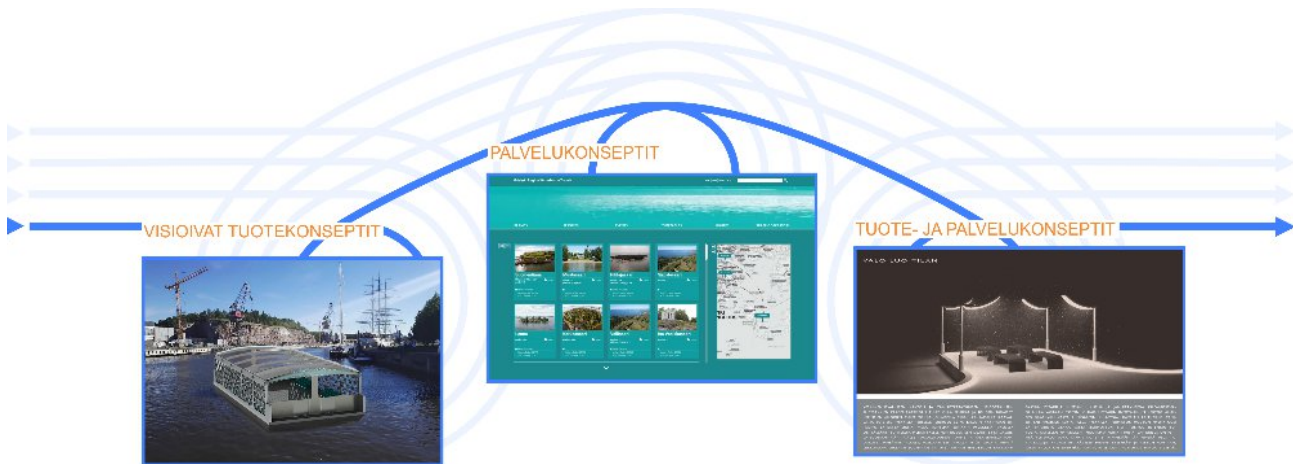
Erilaiset vaihtoehtoiset muotoilukonseptit älykkäälle liikenteelle ja liikkumiselle

Kokonaisuudesta nousevia mahdollisuuksia ja kokeilujen kautta saatua kokemuksellista tietoa yhdistäviä hyvin erilaisia muotoilukonsepteja tehtiin koko hankkeen ajan. Konseptointi alkoi kokonaisuutta ja tulevaisuuden mahdollisuuksia hahmottavalla visioivalla konseptoinnilla. Aihetta lähestyttiin nostamalla ensin esiin kaikkia mahdollisia jo olemassa olevia vesillä liikkumisen ratkaisuja. PESTE-analyysin kautta tulevaisuuden älykkääseen kaupunkivesiliikenteeseen ja ihmisten arkeen liittyviksi muutostekijöiksi nousivat muun muassa ekologisuus, työn ja vapaa-ajan yhdistyminen, jakamistalous sekä palvelujen siirtyminen ihmisten luo. Näiden pohjalta tulevaisuuden tuote- ja palvelutarpeita pyrittiin hahmottamaan. Tarpeiden pohjalta visioitiin konsepteja erilaisista mahdollisuuksista ja mahdollisista tavoitteista kaupunkivesiliikenteeseen ja vesillä liikkumiseen, paikoin reilustikin irti nykyhetken realiteeteista (kuva 16.).

Kaukaisemman tulevaisuuden visioinnista palattiin lähemmäs nykyhetkeä. Konseptoinnin ja prototypoinnin tuloksina syntyneet teknisesti toteuttamiskelpoiset käyttäjälähtöiset tuote- ja palvelukonseptit ja konkreettiset kokeiltavat mallit voivat olla lähtökohtia kaupallisille tuotteille, tuotekehitykselle sekä kehitystavoitteiden asettamiselle.

Palvelumuotoilu lähtee käyttäjien profiloinnista ja erilaisten sidosryhmien hahmottamisesta. Palvelukartta (service blueprint) on työkalu, johon kuvataan palveluprosessi ja -polku eri osapuolten näkökulmista. Keskeisenä on käyttäjän kokemuksen muodostuminen, älylautta-tapauksessa lautalle meneminen, lautalla oleminen ja lautalta poistuminen. Palvelukarttaan kootaan käyttäjän polku sekä sen rinnalle myös palvelun tuottajan käyttäjälle näkyvä ja näkymätön toiminta. Esille nostetaan myös eri polun vaiheisiin liittyvät konkreettiset esineet, kuten esimerkiksi matkaliput, pelastusvälineet, ensiapuvälineet ja opastekyltitykset.

Palvelumuotoilussa huomioidaan myös etukäteispalvelut, jolloin palvelu nähdään alkavan käyttäjän ajatuksesta matkalle lähdöstä. Palvelupolkuja havainnoitiin, kokeiltiin ja laadittiin Förillä ja yhteysaluksilla. Havainnoimalla käyttäjien polkua ja haastattelemalla käyttäjiä lautalle menosta, siellä olostä ja sieltä poistumisesta pystyttiin löytämään polkuun liittyviä kipupisteitä eli palvelukokemuksen onnistumisen mahdollisia esteitä. Kokonaisen kokemuspolut hahmottamisen kautta keskityttiin erilaisiin kehittämistä vaativiin kohtiin. Esimerkiksi turvallisuusopastus ja tutustuminen turvallisuusvälineistön käyttöön olisi hyvä tehdä jo ennen lautalle menoa. Tästä oivalluksesta syntyi pelillinen konsepti opastamisesta turvallisuusvälineistön käyttämiseen. Palvelujen löydettävyys ja näkyminen nousivat myös esille palvelupolkuja tehdessä. Näistä huomioista syntyi muun muassa konsepti valosta palveluna (kuva 16.).



Kuva 16. Konseptit ovat yhteisesti ymmärrettäviä esimerkkejä erilaisista mahdollisuuksista. Kuvio Tarmo Karhu.

7.6 KONSEPTOINNIN OSION TULOKSIA

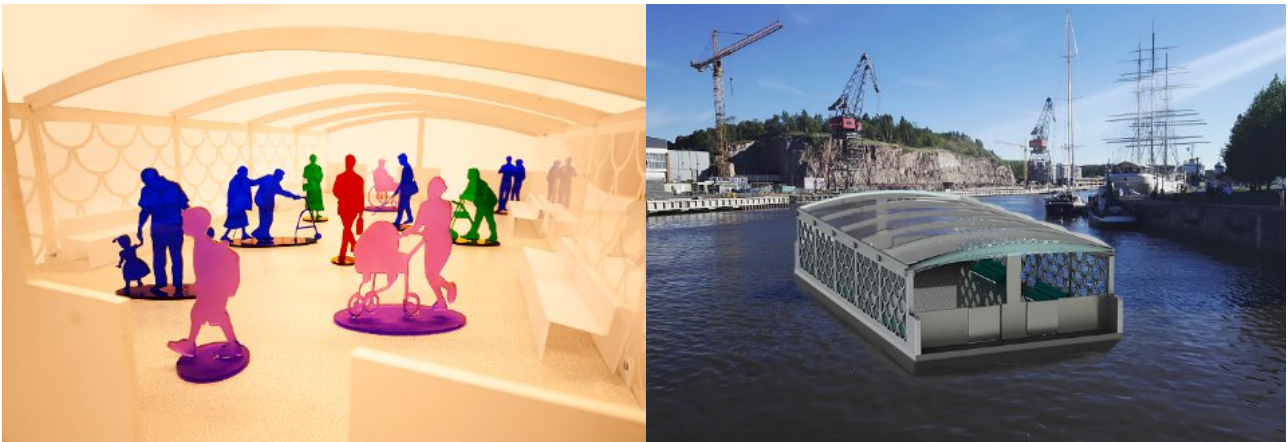
Tuloksena syntyi lukuisia tuote- ja palvelukonsepteja. Oivallus erilaisista raja-arvoista turvallisuuden tunteen muodostumisen optimoinnissa todettiin lisätutkimuksien arvoiseksi kohteeksi. Valosta osana palvelukokonaisuutta sekä esteettömyydestä kaupunkivesiliikenteessä tehtiin informoivia ja opastavia videoita (verkko-osoitteet kappaleen lopussa). Prosessin aikana myös kehitettiin eteenpäin muotoiluajattelua kiteyttävää 4K-mallia.

Esimerkkejä hankkeen aikana tuotetuista tuote- ja palvelukonsepteista:

Älylaiturin palvelut: Palvelutarpeiden ja -mahdollisuuksien tutkiminen ja palvelukokonaisuuden konseptointi modulaarisen älylaiturin yhteyteen. Ove Sundkvistin Turun AMK:n opinnäytetyö (YAMK) löytyy osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017101015920>.

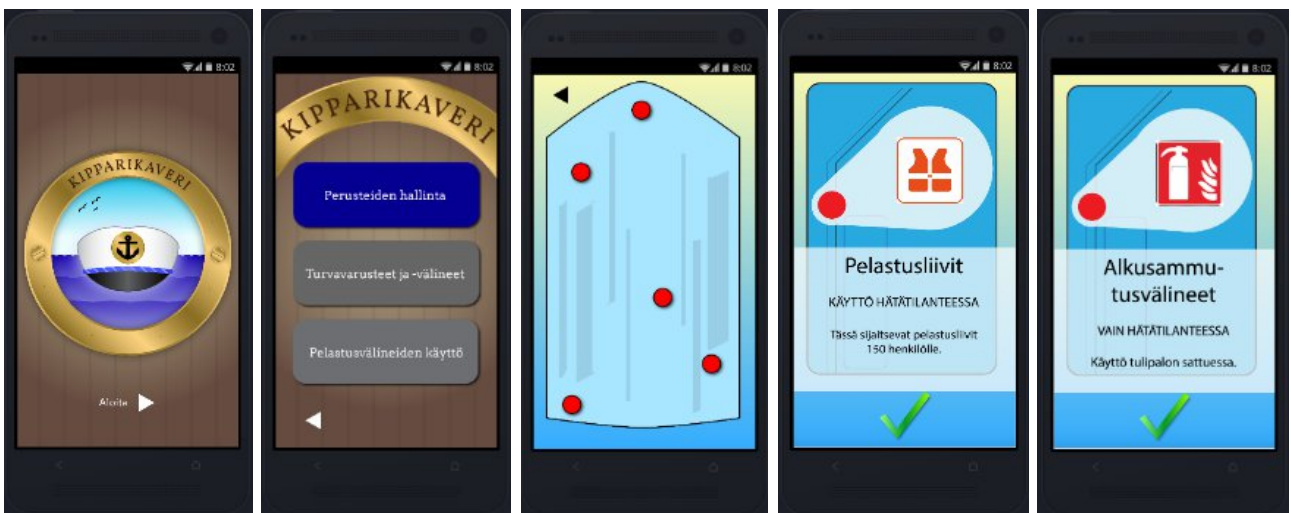
Pelastusrenkas-konsepti: Hankkeessa aloitettiin kehittämään turvallisempaa ja älykkäämpää pelastusrenkasta. Ominaisuuksissa on otettu huomioon renkaan parempi näkyvyys, sen helpompi paikallistaminen merellä sekä turvallisuuden lisääminen. Erilaiset pelastusrenkaan värit ja materiaali olivat myös tutkimuksen alla sekä kuinka sen valmistus olisi helpointa. Rengasta testattiin yhdessä ammattilaisten kanssa ja kehitysprosessia sekä työskentelyä jatketaan myös hankkeen jälkeen. Konseptin ovat kehittäneet Sofia Nieminen ja Kalle Tuominen Turun ammattikorkeakoulussa.

Älyföri-konsepti: Konseptissa on huomioitu esteettömyys ja viihtyisyys erilaisten käyttäjien näkökulmista. Konseptin ovat kehittäneet Nicola Mäkilä, Zurisadai Hands, Niina Salmi ja Veera Ketonen Turun ammattikorkeakoulussa.



Kuvat 17 ja 18. Erilaisia älykkään kaupunkilautan käyttäjiä ja älykäs kaupunkilautta Aurajoen alajuoksulla. Vasen kuva Henna Sandell, oikea kuva Jaana Pitkänen ja Henna Sandell.

Kipparikaveri - pelillinen turvallisuussovellus: Sovelluksen avulla matkustaja voi opetella toimimaan ja käyttämään pelastusvälineistöä vaaratilanteessa autonomisella miehittämättömällä aluksella. Ajatuksena on, että matkustaja voi jo ennen lautalle menoa tutustua ja opetella käyttämään pelastusvälineistöä. Turvallisuussovelluksen eteenpäin kehittämisestä on neuvoteltu Turun kaupungin kanssa. Konseptin ovat kehittäneet Markus Pulli, Laura Höglund, Airi Katajamäki ja



Emilia Kulma Turun ammattikorkeakoulussa.

Kuvakooste 19. Kipparikaveri-turvallisuussovellus. Kuvat Markus Pulli, Laura Höglund, Airi Katajamäki ja Emilia Kulma.

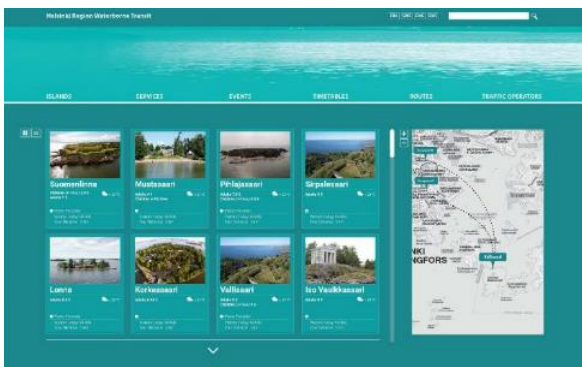
Info-sovellus saaristo-opastukseen: Tämän tavoitteena on tarjota saaristoon haluaville veneettömille matkajille mahdollisuus löytää samasta paikasta sekä julkiset että yksityiset vesiliikennepalvelun tarjoajat aikatauluineen ja reitteineen. Konseptin ovat kehittäneet Jaana



Pitkänen ja Henna Sandell Turun ammattikorkeakoulussa.

Kuvat 20 ja 21. Turun saariston info-sovelluskonseptin esimerkinäkymiä. Kuvat Jaana Pitkänen ja Henna Sandell.

Kaupunkilautta -palvelukokonaisuuskonsepti: Konseptissa yhdistyvät digitaaliset palvelut lauttakonseptiin. Esimerkkinä ovat etukäteen ladattavat saarikortit, jolloin tieto matkustamisen kohteena olevasta saaresta on älylaitteella, vaikka verkkoyhteys ei olisikaan kaikkialla toimiva. Konseptin on kehittänyt Juho Kruskopf Aalto-yliopistossa.



Kuvat 22 ja 23. Vasemmalla näkymä verkkopalvelukonseptiin ja oikealla autonominen lauttakonsepti. Kuvat Juho Kruskopf.

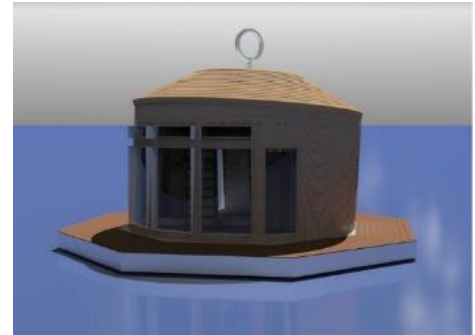
Valaistus palveluna -konsepti: Konsepti opastaa ja neuvoo sekä luo turvallisuuden tunnetta. Konseptin ovat kehittäneet Janne Juuse, Doris Välikangas ja Miska Harjamäki Turun



ammattikorkeakoulussa.

Kuvat 24 ja 25. Valolla voidaan luoda ymmärrettävyyttä ja saavutettavuutta. Kuvat Miska Harjamäki, Janne Juuse ja Doris Välikangas.

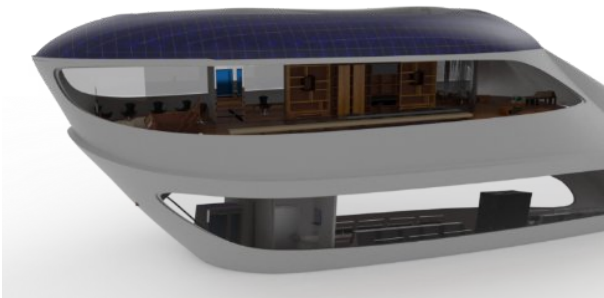
Poijju-konsepti: Vuokrattava, kelluva ja haluttuun paikkaan siirrettävissä oleva virkistyspaikka (esimerkiksi sauna). Konseptin ovat kehittäneet Liina Pölönen ja Mikko Hakulinen Aalto-yliopistossa.



Lisätietoa osoitteesta contact@poijju.fi

Kuvat 26 ja 27. Vasemmalla esimerkki Poijjun älykkästä varaus- ja yhteisöpalvelusta, oikealla Poijju-konseptin visualisointia. Kuvat Liina Pölönen ja Mikko Hakulinen.

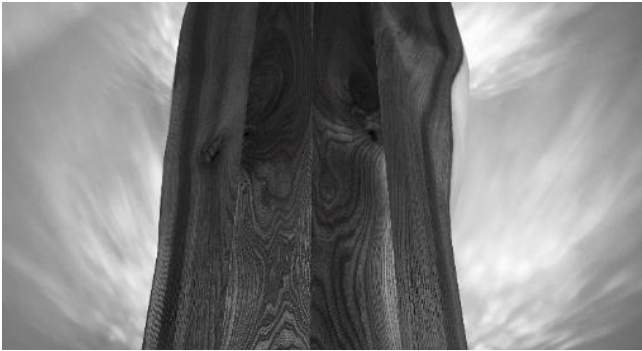
Agorà-lauttakonsepti: Paikka kohtaamiseen, ajan viettämiseen, ostoksiin sekä matkustukseen kaupungin ja saariston välillä. Konseptin ovat kehittäneet Chiara Parise, Cristian Garcia Cebollada, Toni Heino, Milja Kokko ja Debora Scwarzbach Turun ammattikorkeakoulussa.



<https://vimeo.com/266644735>

Kuvat 28 ja 29. Agorà-lauttakonseptin ulkoasua ja sisätiloja. Kuvat Chiara Parise.

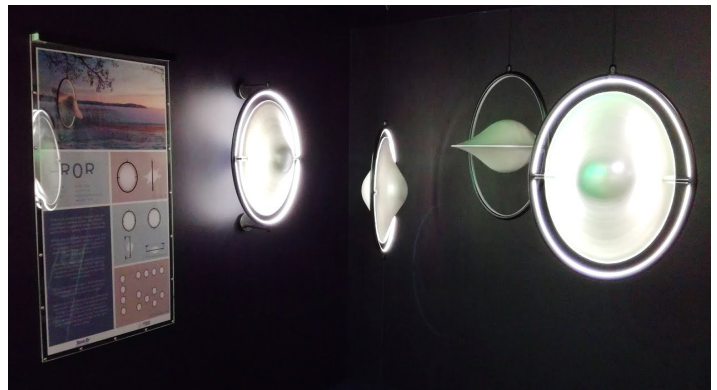
Wavelet - muunneltava elävää valoa lattiaan projisoiva penkki: Penkki projisoi ja luo siten matkustajia rauhoittavaa tunnelmaa. Konseptin on kehittänyt Jaana Pitkänen Turun



ammattikorkeakoulussa. <http://innave.tuas.fi>

Kuvat 30 ja 31. Wavelet-istuinkonseptin rauhoittavaa liikkuvaa valoa. Vasen kuva Zurisadai Hands, oikea kuva Tarmo Karhu.

Ror - epäsuoraa valoa tuottava valaisin-konsepti: Konseptissa valaisimia voi sijoitella yhteen tilaa rajaaviksi elementeiksi tai erilaisin kiinnitystavoin myös yksittäin. Konseptin on kehittänyt Janne



Juuse Turun ammattikorkeakoulussa. <http://innave.tuas.fi>

Kuvat 32 ja 33. Ror-valaisinkonsepti luonnon ympäristössä sekä messuilla Tukholmassa. Vasen kuva Janne Juuse, oikea kuva Tarmo Karhu.

mushROOM - istuin ja sääsuoja -konsepti: Konsepti lautan odotukseen rannalla älylaiturin yhteyteen. Konseptin on kehittänyt Giorgia Gallesio Turun ammattikorkeakoulussa.



<http://innave.tuas.fi>

Kuvat 34 ja 35. mushROOM-konsepti katos- ja istuin-asennossa. Kuvat Giorgia Gallesio.

BeBalance -tasapainottava istuinkonsepti: Ehkäisemään matkustuspahoinvointia vesillä: istuin pysyy horisontin tasossa, vaikka lautta keinuisi aallokossa. Konseptissa hyödynnetään muussa yhteydessä patentoitua tekniikkaa. Konseptin on kehittänyt Zurisadai Hands Turun

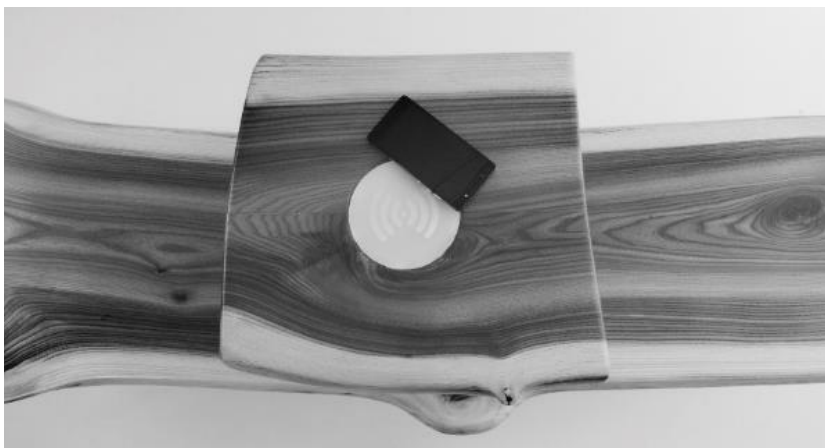


ammattikorkeakoulussa. <http://innave.tuas.fi>

Kuvat 36-38. BeBalance-istuimessa pysyt vaakasuorassa myös aallokossa! Kuvat Zurisadai Hands.

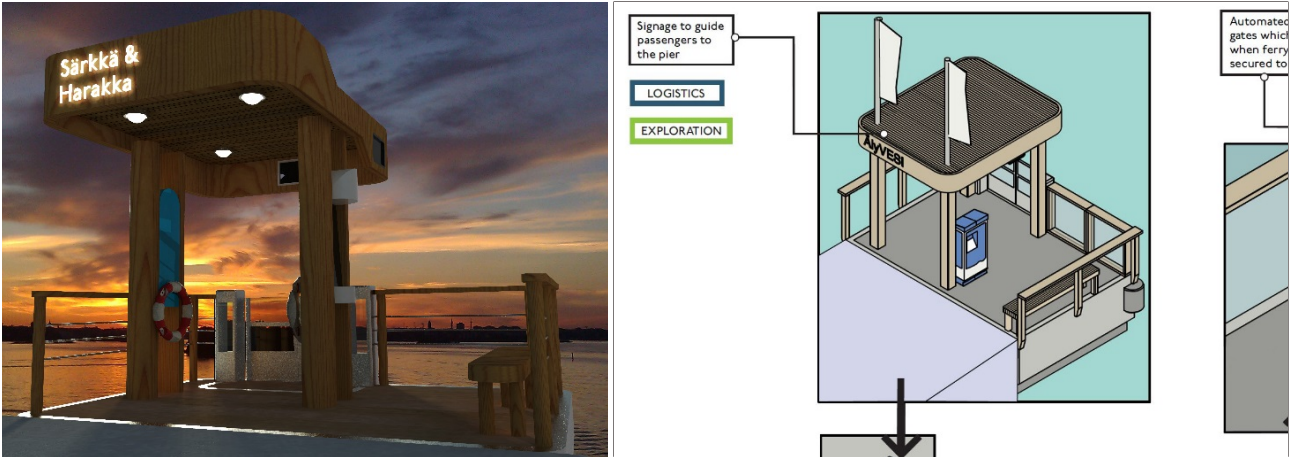
Dock -istuinkonsepti, jossa matkatavarat säilyvät siistinä istuimen alla mobiililaitteet latautuvat langattomasti. Konseptin on kehittänyt Henna Sandell Turun ammattikorkeakoulussa.

<http://innave.tuas.fi>



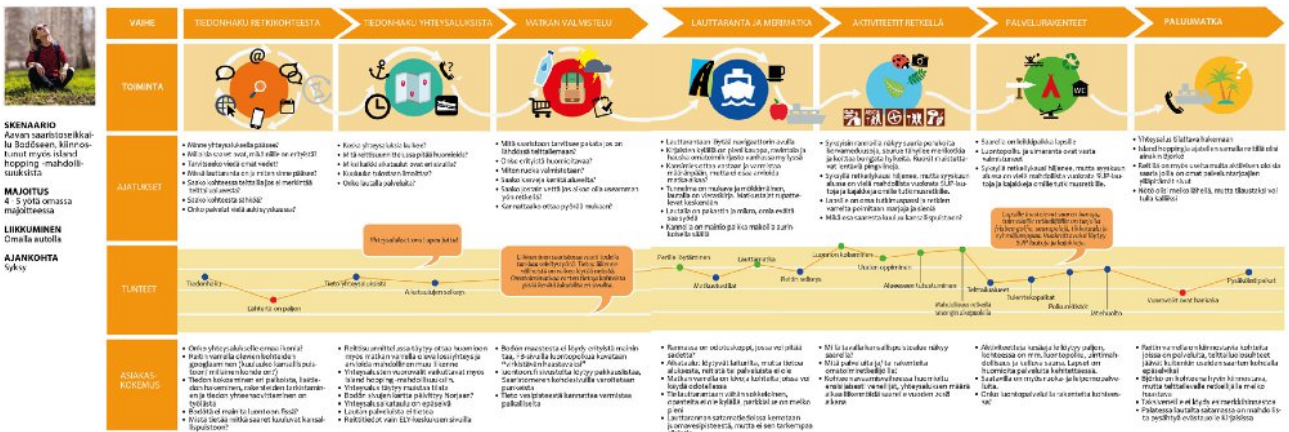
Kuvat 39 ja 40. Dock-istuinkonsepti. Kuvat Zurisadai Hands.

Julkisen kaupunkivesiliikenteen mahdollistaminen automaattisen laituripalvelun avulla - Käyttäjakeskeinen palvelumuotoilu automatisoidulle kaupunkivesiliikenteelle. Konseptin on kehittänyt David Bradley Mullen Aalto yliopistossa. <http://www.aboamare.fi/ÄlyVESI-Tulokset>



Kuvat 41 ja 42. Laituriehdotus ja kuvankaappausnäköjä palvelun kuvakäsikirjoituksesta. Kuvat David Bradley Mullen.

Yhteysaluksella kansallispuistoon – Veneettömän retkeilijän palvelupolku saaristomeren kansallispuistossa. Sanna-Mari Jalosen Turun ammattikorkeakoulussa ÄlyVESI-hankkeen aikana ja hankkeen teemaa sivuavasti Metsähallituksen toimeksiantoon tekemä opinnäytetyö luettavissa ja ladattavissa osoitteessa <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201805178745>.



Kuva 43. Saaristoseikkailijan palvelupolku yhteysaluksella saaristoon. Kuva Sanna-Mari Jalonen.

Esteettömyyden, turvallisuuden tunteen ja monipuolisesti toimivan valaisun suunnitteluun opastavat videot löytyvät seuraavasta osoitteesta:

https://www.youtube.com/watch?v=B6SxAOVF1E&list=PLng1TfzRr_2491fnp-8Gde1J-6DLW0JGS

Edellä esitellyistä konsepteista saa lisätietoa konseptien yhteydessä olevista osoitteista sekä tarvittaessa myös Turun ammattikorkeakoulun muotoilun koulutus- ja tutkimusvastaavalta, Tarmo Karhulta (tarmo.karhu@turkuamk.fi).

8. LOPUKSI

Älykkään kaupunkivesiliikenteen ja autonomisten alusten kehitys Suomessa on vielä alkutaipaleella. Tiedon jakaminen sekä yritysten, korkeakoulujen ja kaupunkien verkostoituminen ovat kehityksen tärkeitä edellytyksiä. Älykäs kaupunkivesiliikenne -hankkeen yhtenä tavoitteena oli edistää ja tukea tätä yhteistyötä. Hankkeeseen osallistui suuri joukko yrityksiä ja muita sidosryhmiä, jotka antoivat tietopääomaansa hankkeen käyttöön. Yhteistyötä toteutettiin esimerkiksi käytännön testien, asiantuntijatyöpajojen, seminaarien sekä opiskelijatöiden muodossa. Tämän tietopaketin sisältö kiteyttää tehdyn yhteistyön tulokset ja toivomme sen hyödyttävän mahdollisimman monia.

Lämmin kiitos kaikille hankkeeseen osallistuneille henkilöille, yrityksille ja organisaatioille!

Älykäs kaupunkivesiliikenne eli ÄlyVESI-hanke oli 1.10.2016 – 31.5.2018 toteutettu kaupunkien, yritysten sekä korkeakoulujen välinen konseptointi, tuotekehitys- ja innovaatioprojekti. Hankkeessa tutkittiin, kehitettiin ja testattiin uutta teknologiaa ja älykkäitä kaupunkivesiliikenteen ratkaisuja ja palveluita. Hankkeen toteuttivat yhteistyössä Yrkeshögskolan Novia, Turun ammattikorkeakoulu, Aalto-yliopisto ja Turun kaupunki. Hanke sai päärahoituksen Euroopan aluekehitysrahaston 6Aika-ohjelmasta. Lisäksi hanketta rahoittivat Liikenteen turvallisuusvirasto sekä Helsingin ja Espoon kaupungit. Lisätietoa ÄlyVESI-hankkeesta sekä hankkeen tuloksista: <http://www.aboamare.fi/ÄlyVESI-Tulokset>



ÄLYKÄS KAUPUNKI
VESILIIKENNE

LÄHDELUETTELO

1. Liikenne ja viestintäministeriö, Robotit maalla, merellä ja ilmassa, Liikenteen älykkään automaation edistämissuunnitelma, 7/2015.
<https://www.lvm.fi/documents/20181/514467/Julkaisu+7-2015/1d7f13f3-409b-4957-8023-85d227b8585b?version=1.0>
2. Jaakkola, T., Yhteysalusliikenne tulevaisuudessa -opinnäytetyö, 2014.
3. Lloyd's Register, Cyber-enabled ships, ShipRight procedure – autonomous ships, 2016.
<http://info.lr.org/l/12702/2016-07-07/32rrbk>
4. Kalra, Nidhi and Susan M. Paddock, Driving to Safety: How Many Miles of Driving Would It Take to Demonstrate Autonomous Vehicle Reliability?. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2016. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1478.html.
5. Pendleton, S.D.; Andersen, H.; Du, X.; Shen, X.; Meghjani, M.; Eng, Y.H.; Rus, D.; Ang, M.H. Perception, Planning, Control, and Coordination for Autonomous Vehicles. *Machines* 2017, 5, 6.
6. Sanders, Stappers: Convivial Toolbox: Generative Research for the Front End of Design, 2013.

YRKESHÖGSKOLAN
NOVIA

Yrkeshögskolan Novia har ca 3500 studerande och personalstyrkan uppgår till ca 390 personer. Novia är den största svenskspråkiga yrkeshögskolan i Finland som har examensinriktad ungdoms- och vuxenutbildning, utbildning som leder till högre yrkeshögskoleexamen samt fortbildning och specialiseringsutbildning. Novia har utbildningsverksamhet i Vasa, Jakobstad, Raseborg och Åbo.

Yrkeshögskolan Novia är en internationell yrkeshögskola, via samarbetsavtal utomlands och internationalisering på hemmaplan. Novias styrka ligger i närvaron och nätverket i hela Svenskfinland.

Novia representerar med sitt breda utbildningsutbud de flesta samhällssektorer. Det är få organisationer som kan uppvisa en sådan kompetensmässig och geografisk täckning. Högklassiga och moderna utbildningsprogram ger studerande en bra plattform för sina framtida yrkeskarriärer.

Yrkeshögskolan Novia
Wolffskavägen 33, 65100 Vasa, Finland
Tfn +358 (0)6 328 5000 (växel),
www.novia.fi

Ansökningsbyrån
PB 6, 65201 Vasa, Finland
Tfn +358 (0)6 328 5555
ansokningsbyran@novia.fi

Yrkeshögskolan Novia upprätthåller en publikations- och produktionsserie för att sprida information och kunskap om verksamheten såväl regionalt, nationellt som internationellt.

Publikations- och produktionsserien är indelad i fem kategorier:

R - Rapporter • P - Produktioner • A - Artiklar • L - Läromedel • S - Studerandes arbete

Läs våra senaste publikationer på www.novia.fi/FoU/publikation-och-produktion

ISBN 978-952-7048-58-0 (online)
ISSN 1799-4179