

TRAFICOM

Liikenne- ja viestintävirasto
Transport- och kommunikationsverket
Finnish Transport and Communications Agency

Meriliikenteen automaation kehitys

Merenkulun automaation ja digitalisaation
tutkimusohjelma

Traficom in julkaisu ja
Traficoms publikation
Traficom Publications

122/2019

Sisällysluettelo

| | |
|--|-----------|
| Esipuhe..... | 1 |
| Tiivistelmä..... | 2 |
| 1 Johdanto..... | 5 |
| 1.1 Tavoitteet | 5 |
| 1.2 Raportin rakenne | 5 |
| 1.3 Merenkulun automaatiotasot | 5 |
| 1.4 Automaation kehityksen vaikutukset merenkulun turvallisuuteen | 7 |
| 1.5 Tutkimusprosessi | 7 |
| 2 Yhteenveto sääntelyn mukauttamisesta automaation ja digitalisaation tarpeisiin | 9 |
| 2.1 Johdanto..... | 9 |
| 2.2 Tausta | 9 |
| 2.3 Tulokset | 10 |
| 2.4 Johtopäätökset | 13 |
| 3 Laiva-automaation kehityksen vaikutukset ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon ja viranomaistoimintaan | 15 |
| 3.1 Johdanto..... | 15 |
| 3.2 Kirjallisuuskatsaus | 16 |
| 3.3 Skenaariot | 19 |
| 3.4 Haastattelututkimus | 19 |
| 3.5 Johtopäätökset | 28 |
| 4 Miten perinteinen liikenne ja automaattiset alukset sovitetaan yhteen normaali- ja hätätilanteessa? | 30 |
| 4.1 Kirjallisuuskatsaus | 30 |
| 4.2 Haastattelut | 32 |
| 4.3 Yhteenveto..... | 34 |
| 5 Johtopäätökset | 36 |
| 6 Lähdeluettelo..... | 38 |

Esipuhe

Meriteollisuus ja toimivat kappamerenkulun yhteydet ovat Suomelle tärkeitä, ja siksi pyrimme olemaan yksi maailman johtavia maita myös alan digitalisaation ja automaation kehityksessä. Uudet merenkulun teknologiset ratkaisut, kuten lisätyn todellisuuden käyttö alusten komentosilloilla, alusten etäohjaustoiminnot ja autonomiset alukset ovat käytännön esimerkkejä niiden hyödyntämisestä.

Suomi kehittää aktiivisesti merenkulun digitalisaatiota ja automaatiota. Maassamme toimii useita huippuyrityksiä, jotka luovat uusia teknologisia ratkaisuja merenkulun tarpeisiin yhdessä yliopistojen ja tutkimuslaitosten kanssa. Suomessa on toteutettu mm. onnistuneita täyden mittakaavan kokeiluja autonomisten ja etäohjattujen alusten käytöstä, jotka ovat saaneet ansaittua huomiota myös muualla maailmassa.

Suomen tavoitteena on edistää meriliikenteen automaation kehitystä, sekä kansainvälisessä merenkulkujärjestö IMO:ssa, että EU:ssa yhdessä muiden alan kärkimaiden kanssa. Tämän kehityksen arvioidaan synnyttävän uusia innovaatioita, jotka mm. vähentävät alusten kasvihuonekaasupäästöjä, laskevat niiden operointikustannuksia ja edistävät meriliikenteen turvallisuutta. Samalla sen arvioidaan haastavan satamat kehittämään omaa toimintaansa vastaamaan meriliikenteen uusia tarpeita.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom on liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalalla toimiva keskushallinnon virasto, joka hoitaa liikenteen ja sähköisen viestinnän viranomaistehtäviä. Suomen kansallisten tavoitteiden mukaisesti Traficom pyrkii omalta osaltaan edistämään merenkulun digitalisaatiota ja automaatiota, ja ohjata niiden kehitystä maamme kannalta suotuisaan suuntaan. Jotta virasto pystyy ajamaan Suomen etuja parhaalla mahdollisella tavalla, työn tueksi tarvitaan sekä tutkimustietoa että tietoa sidosryhmien tarpeista ja näkemyksistä. Tämän tiedon saamiseksi Traficom käynnisti vuonna 2018 merenkulun automaation ja digitalisaation tutkimusohjelman, jonka tuloksia käsitellään tässä raportissa.

Helsingissä 28.11.2019

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

Tiivistelmä

Tämä raportti on laadittu osana Traficom in merenkulun automaation ja digitalisaation tutkimusohjelmaa. Sen tarkoituksena muodostaa yhtenäinen käsitys meriliikenteen automaation kehityksestä ja siitä, mihin suuntaan tätä kehitystä tulisi ohjata. Raporttia varten on tehty kolme osatutkimusta, joiden tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

Tutkimuskysymys 1: Miten merenkulun sääntelyä tulisi mukauttaa automaation ja digitalisaation tarpeisiin?

Tutkimuskysymys 2: Miten laiva-automaation kehitys tulee vaikuttamaan ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon ja viranomaistoimintaan?

Tutkimuskysymys 3: Miten perinteinen liikenne ja automaattiset alukset sovi tetaan yhteen normaali ja hätätilanteessa?

Raportin tuloksia voidaan hyödyntää valmisteltaessa Suomen näkökantoja kansainvälisiin laiva-automaatiosta annettaviin säädöksiin sekä kehitettäessä kansallisia säädöksiä, lupamenettelyjä ja valvontaa. Lisäksi sen tuloksia voidaan hyödyntää suunniteltaessa uusia koulutus- ja tutkimustarpeita laiva-automaation kehitykseen liittyen. Tutkimusmenetelminä tässä raportissa on käytetty kirjallisuuskatsausta ja erilaisia haastattelumenetelmiä.

Keskeiset tulokset tutkimuskysymyksittäin

Tutkimuskysymys 1: Miten merenkulun sääntelyä tulisi mukauttaa automaation ja digitalisaation tarpeisiin?

Kansainvälisen lainsäädännön kannalta keskeiset kysymykset tässä kontekstissa liittyvät aluksen päällikkyteen ja päällystöön. Yhdistyneiden Kansakuntien merioikeusyleissopimuksen (UNCLOS) (1982) mukaan jokaisella aluksella on oltava sellainen päällikkö ja päällystö, joilla on asianmukainen pätevyys. Kun alukset muuttuvat autonomisiksi tai etäohjatuiksi, on tällöin ratkaistava, miten aluksen päällikkyys määritetään ja osoitetaan.

Tutkimuksessa nousi esille kolme IMO:n yleissopimusta, joita pidetään erityisen tärkeinä autonomisten alusten kehityksen kannalta: i) merenkulkijoiden koulutusta, pätevyyskirjoja ja vahdinpitoa koskeva kansainvälinen yleissopimus (STCW-yleissopimus), ii) kansainväliset yhteentörmäysten ehkäisemistä koskevat säännöt (COLREG), ja iii) kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä (SOLAS). Parasta aikaa IMO:ssa on käynnissä arviointiprosessi, jonka tarkoituksena on selvittää, miten kyseisiä yleissopimuksia voidaan soveltaa autonomisiin aluksiin.

Tällä hetkellä on vaikea arvioida laiva-automaation ja digitalisaation kehitykseen liittyviä sääntelyongelmia, koska kehityksen yksityiskohdat eivät ole vielä tiedossa. Kirjallisuuskatsauksen perusteella nykyisessä lainsäädännössä ei ole kuitenkaan mitään sellaista, mikä suoraan estäisi autonomisten alusten kokeilut ja kehittämisen.

Yhteenvedona läpikäydystä kirjallisuudesta, sääntelyssä ratkaistaviksi nousevat seuraavat seikat:

- Navigointi ja säännöt merellä tapahtuvien yhteentörmäysten estämiseksi
- Miehistö ja tulevaisuuden merenkulkijat
- Meriympäristön suojele

- Laivojen rakennevaatimukset ja muut tekniset vaatimukset
- Vastuu-, korvaus- ja vakuutusasiat
- Kyberturvallisuus ja terrorismin vastaiset toimet

Tutkimuskysymys 2: Miten laiva-automaation kehitys tulee vaikuttamaan ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon ja viranomaistoimintaan?

Tutkimuksen perusteella voidaan arvioida, että laiva-automaation kehityksen aiheuttamat muutokset ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon tapahtuvat vähitellen, kun tulee uusia innovaatioita, ulkoinen toimintaympäristö mahdollistaa niiden käytön, ja niiden hyödyt ovat suuremmat kuin kustannukset.

Tulokset viittaavat myös siihen, että kommunikaatio ihmisen ja koneen välillä tulee aluksi lisääntymään, kun mukaan tulee uusi komponentti entisten rinnalle, eli maista tapahtuva etäohjaus. Kehityksen jatkuessa tämän kommunikaation arvioidaan kuitenkin vähenevän ja samalla muuttavan muotoaan, kun tekoälyn rooli päätöksen teossa kasvaa ja ihmisen vastaavasti vähenee.

Tutkimuksen nojalla voidaan lisäksi todeta, että arviot laiva-automaation kehityksen vaikutuksista ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon ovat sitä epävarmempia, mitä kauemmas ne ulottuvat laiva-automaation evoluutiossa. Tätä epävarmuutta on mahdollista kuitenkin jossain määrin hallita.

Tutkimuskysymys 3: Miten perinteinen liikenne ja automaattiset alukset sovitetaan yhteen normaali ja hätätilanteessa?

Tämän tutkimuksen perusteella tärkein kirjallisuuskatsauksessa esiin tullut teema oli alusten yhteentörmäyksen välttäminen (Collision Avoidance). Artikkeleissa esitellään tyypillisesti autonomisten alusten tarvitsemia algoritmeja, joiden avulla alus tekee mahdollisia väistämispäätöksiä merenkulun kansainvälisten COLREG-sääntöjen mukaan ottaen huomioon muiden alusten liikkeet. Kirjallisuuden mukaan autonomisten alusten tarvitsemat algoritmit ovat tänä päivänä riittävän kehittyneitä ennakoimaan muiden kohteiden liikkeet ja siten suoriutumaan tarvittavista väistöliikkeistä. Muutoin autonomisten alusten ja perinteisten alusten yhteen sovittamista liikenteessä ei tutkimuskirjallisuudessa ole tähän mennessä erityisesti tarkasteltu.

Haastatteluiden perusteella ensimmäiset operatiiviset autonomiset tai etäohjatut alukset voisivat olla mahdollisia jo lähiaikoina. Ne liikennöisivät lyhyillä vakioireiteillä, vähäliikenteisillä alueilla ja vähäliikenteiseen aikaan. Pidemmällä saaristo- ja rannikkoreiteillä autonomisia aluksia ei tulla kuitenkaan toistaiseksi näkemään. On myös syytä huomioida, että yritysten tavoite on pyrkiä kaupallistamaan kokeilussa käytetyt teknologiat mahdollisimman pian.

Kirjallisuuden ja haastatteluiden perusteella näyttää siltä, että täysin itsenäinen ja autonominen alus olisi teknologian puolesta mahdollista toteuttaa jo nyt. Tarvittava teknologia on olemassa, eikä se integrointi uusiin aluksiin olisi edes erityisen kallista. Sitä vastoin vanhojen alusten kohdalla tämä integraatio olisi hyvin vaikea toteuttaa niiden laajasta laitekirjosta johtuen.

Käytännössä autonominen liikenne tulee olemaan vielä pitkään ”valvottua autonomiaa”, jossa autonomista alusta valvotaan joko aluksen komentosillalta tai etävalvomosta. Tietyissä olosuhteissa voidaan sallia myös täysin itsenäinen aluksen kulku, jolloin henkilöstö voi tehdä esimerkiksi muita töitä tai levätä.

Autonomiset ja etäohjatut alukset tulevat sopimaan yhteen muun liikenteen kanssa normaalioloissa. Haasteena on löytää keinot niihin kohtaamistilanteisiin, joissa kohdattavan aluksen liikkeiden havainnointi ei riitä, vaan tarvitaan alusten välistä kommunikaatiota toisen aikeiden varmistamiseksi. Tutkimuskirjallisuudessa ei juurikaan ole tarkasteltu autonomisen aluksen tai etäohjatun aluksen mahdollisia ongelmatilanteita, kuten esimerkiksi black-out tai tulipalo, joihin liittyy monia ratkaisemattomia kysymyksiä.

Yhteenveto

Edellä esitettyjen kolmen osatutkimuksen perusteella ehdotetaan seuraavia toimenpiteitä:

1. Laaditaan viranomaisten, kaupallisten toimijoiden, oppilaitosten ja tutkijoiden kanssa yhdessä visio siitä, mihin laiva-automaatioon tulee pitkällä tähtäimellä pyrkiä realiteetit huomioiden.
2. Määritetään viranomaisten, kaupallisten toimijoiden, oppilaitosten ja tutkijoiden kanssa yhdessä periaatteet, jotka ohjaavat laiva-automaation kehitystä. Esimerkkinä mainittakoon tutkimuksissa esiin nostettu seikka, että automaatioalusten on oltava vähintään yhtä turvallisia kuin perinteiset alukset.
3. Laaditaan yhdessä strategia, joka ohjaa matkalla kohti aiemmin laadittua visiota. Kehityksessä tulisi edetä vaihe vaiheelta niin, että kulloisenkin laiva-automaatiotason turvallisuus varmistetaan aina ennen siirtymistä tasolta seuraavalle.
4. Edistetään laiva-automaatiota koskevaa sääntelyä sekä kansainvälisillä että kansallisilla foorumeilla, ja haetaan ratkaisuja uudenlaisiin valvontamenettelyihin liittyen. Samalla voidaan selvittää mm. kysymyksiä tiedon ja laitteiden standardisointiin liittyen.
5. Jatketaan kokeiluja laiva-automaation eri tasoilla ja tehdään siihen liittyvää kansainvälistä yhteistyötä, jotta saadaan mahdollisimman paljon uutta tietoa kehitystyötä varten. Lisäksi voidaan selvittää muiden toimialojen, kuten ilmailun, avaruusteknologian sekä ydinvoima- ja kaivosteollisuuden hyviä käytäntöjä, jotka ovat sovellettavissa merenkulkuun.

1 Johdanto

1.1 Tavoitteet

Merenkulun automaation ja digitalisaation tutkimusohjelma käynnistettiin Traficomissa vuonna 2018. Sen tavoitteena on tuottaa tietoa, jota voidaan hyödyntää valmisteltaessa Suomen näkökantoja kansainvälisiin merenkulun automaatiosta annettaviin säädöksiin, sekä kehitettäessä kansallisia säädöksiä, lupamenettelyjä ja valvontaa vastaamaan meriliikenteen uusia tarpeita.

Lisäksi tämän tutkimusohjelman tavoitteena on tuottaa tietoa uusien merenkulun koulutus- ja osaamistarpeiden tunnistamiseksi, tutkimuksen suuntaamiseksi sekä teknisten kokeilujen suunnitteluun.

1.2 Raportin rakenne

Tämän raportin ensimmäinen luku koostuu yleisestä johdannosta sekä merenkulun automaatiotasojen ja Traficom in tutkimusprosessin kuvauksesta. Raportin toinen, kolmas ja neljäs luku käsittelevät tutkimuksia ja niiden tuloksia.

1.3 Merenkulun automaatiotasot

Merenkulun automaation ja digitalisaation tutkimista varten on esitetty useita eri luokittelumenetelmiä. Esimerkiksi Porathe ja hänen kollegansa (2018) ovat määritelleet automaation tasoille taksonomian, joka perustuu kolmeen eri ulottuvuuteen. Nämä ulottuvuudet ovat kompleksisuus, miehityksen taso ja autonomian taso.

Kompleksisuus tarkoittaa tässä yhteydessä aluksen toimintaympäristön monimutkaisuutta, eli liikkuuko alus esimerkiksi saaristossa, rannikolla vai avomerellä, ja toisaalta, kuinka vilkasta on muu liikenne alueella. Miehityksen kannalta aluksen komentosilta voi olla koko ajan miehitetty, tai miehistö voi olla aluksella mutta ei aina komentosillalla, taikka alus voi olla kokonaan miehittämättä. Autonomian tasolla tarkoitetaan sitä, kuinka itsenäisesti aluksen automatiikka hoitaa aluksen toimintoja. Alimmalla tasolla miehistö tai etäoperaattori operoi alusta jatkuvasti, ja automatiikan rooli on ainoastaan avustava. Seuraavalla tasolla automaatio hoitaa pääasiassa navigoinnin ja miehistö puuttuu vain tarvittaessa sen toimintaan. Täyden autonomian tasolla automaatio hoitaa navigoinnin kokonaan ilman miehistön väliintuloa. (Porathe et al. 2018).

Tässä tutkimusohjelmassa on käytetty IMO:ssa esillä ollutta luokittelua ja siihen liittyviä kriteerejä (Taulukko 1). Tätä luokittelua on hyödynnetty sekä tutkimusten rajaamisessa, että verrattaessa merenkulun eri automaatiotasoa toisiinsa.

Taulukko 1. Merenkulun neljä eri automaatiotasoa

| Kuvaus | Operaattorin tehtävät |
|---|---|
| T-1: Automaattitoiminnoilla sekä päätöksentekoa tukevilla toiminnolla varustettua alus | Operaattori on aluksella, ja ohjaa alusta sekä kontrolloi sen toimintoja aluksella. |
| T-2: Etäohjattava-alus miehistöllä | Operaattori on maissa, ja ohjaa alusta sekä kontrolloi sen toimintoja maista käsin. Aluksella oleva miehistö voi tarvittaessa ottaa aluksen hallintaansa. |
| T-3: Etäohjattava-alus ilman miehistöä | Operaattori on maissa, ja ohjaa alusta sekä kontrolloi sen toimintoja maista käsin. Aluksella ei ole miehistöä apuna. |
| T-4: Täysin automatisoitu alus | Operaattorilla ei ole roolia tässä toimintamallissa, vaan alus toimii täysin itsenäisesti. |

Useiden tutkimusten perusteella merenkulun automaatiotasot tulevat vaihtelevaan aluksen matkan eri vaiheissa ja poikkeustilanteissa. Tämä vastaa jossain määrin myös nykyisiä käytäntöjä, joissa aluksen satamamanöveeraus hoidetaan manuaalisesti ja navigointiosuudet aluksen eri automaatiotasoa hyödyntäen. Taulukossa 2 on esitetty laivan automaatiotasot sen matkan eri vaiheissa. Poikkeustilanteissa voidaan mahdollisesti tukeutua myös ulkopuoliseen apuun, kuten MIRG-ryhmään (Maritime Incident Response Group).

Taulukko 2. Merenkulun automaatiotasot aluksen matkan eri vaiheissa

| Taso | Satamanöveeraus | Rannikko- ja saaristonavigointi | Avomerinavigointi | Poikkeustilanteet |
|------|--|--|--|---|
| 1 | Operointi ja päätöksenteko tapahtuu aluksen miehistön toimesta | Operointi ja päätöksenteko tapahtuu aluksen miehistön toimesta | Operointi ja päätöksenteko tapahtuu aluksen miehistön toimesta | Operointi ja päätöksenteko tapahtuu aluksen miehistön toimesta + esim. MIRG |
| 2 | Operointi ja päätöksenteko tapahtuu aluksen miehistön toimesta | Operointi ja päätöksenteko tapahtuu aluksen miehistön toimesta | Operointi ja päätöksenteko tapahtuu etäohjauksena maista | Operointi ja päätöksenteko tapahtuu aluksen miehistön toimesta + esim. MIRG |
| 3 | Operointi ja päätöksenteko tapahtuu etäohjauksena maista | Operointi ja päätöksenteko tapahtuu etäohjauksena maista | Alus operoi autonomisesti | Operointi ja päätöksenteko tapahtuu etäohjauksena maista |
| 4 | Alus operoi autonomisesti | Alus operoi autonomisesti | Alus operoi autonomisesti | Alus operoi autonomisesti |

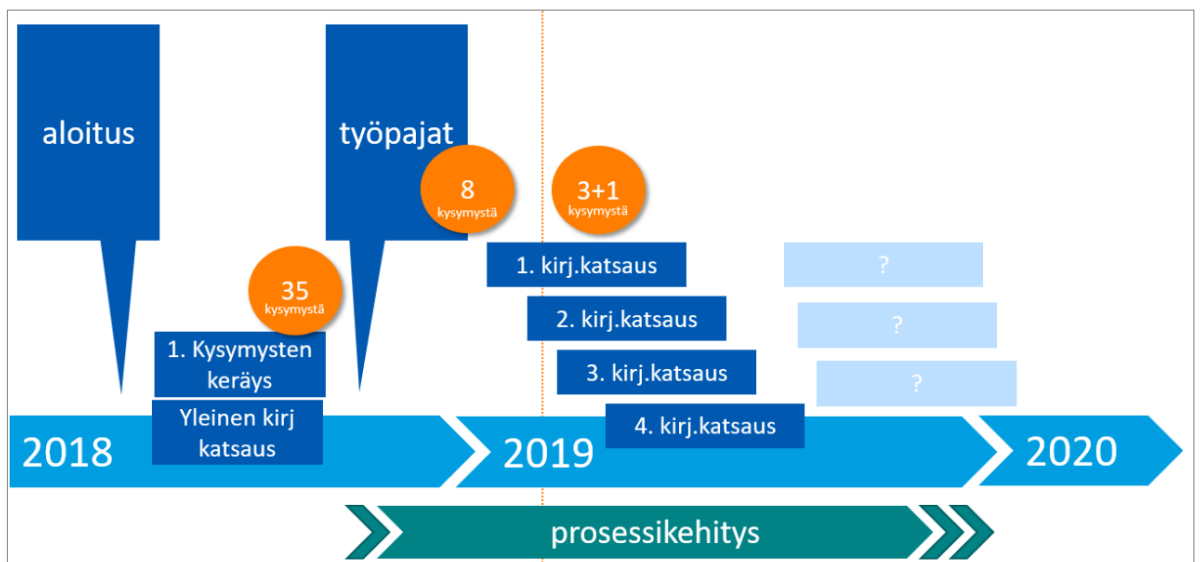
1.4 Automaation kehityksen vaikutukset merenkulun turvallisuuteen

Laiva-automaation kehityksen arvioidaan pääsääntöisesti parantavan merenkulun turvallisuutta. Työskentely aluksilla on yksi maailman vaarallisimmista ammateista. Voidaan siis olettaa, että jo pelkkä miehistön poistaminen aluksilta parantaa merenkulun turvallisuutta, kun se ei enää altistu alan vaaroille (Porathe et al. 2018). Lisäksi useat tutkimukset ovat pyrkineet osoittamaan, että valtaosa kaikista merionnettomuuksista aiheutuu inhimillisestä virheestä, jolloin voidaan olettaa, että ihmisen korvaaminen automaatiolla vähentää merionnettomuuksia (Porathe et al. 2018).

Toisaalta kirjallisuudessa on myös todettu, että automaation lisääminen aluksilla ja ihmisen korvaaminen automaatiolla voi aiheuttaa uudenlaisia ongelmia, ja edelleen myös uudentyypisiä merionnettomuuksia (Porathe et al. 2018). Toisin sanoen, automaation kehitys ei poista inhimillisen virheen mahdollisuutta, vaan pikemminkin siirtää sen mereltä maalle (IMO 2017). Lisäksi aluksella oleva miehistö tuo resilienssiä järjestelmään, kuten mukautumista ja luovuutta vaihteleviin olosuhteisiin sekä poikkeustilanteisiin, jolloin sen poistuminen aluksilta saattaa heikentää meriturvallisuutta (Ahvenjärvi 2015).

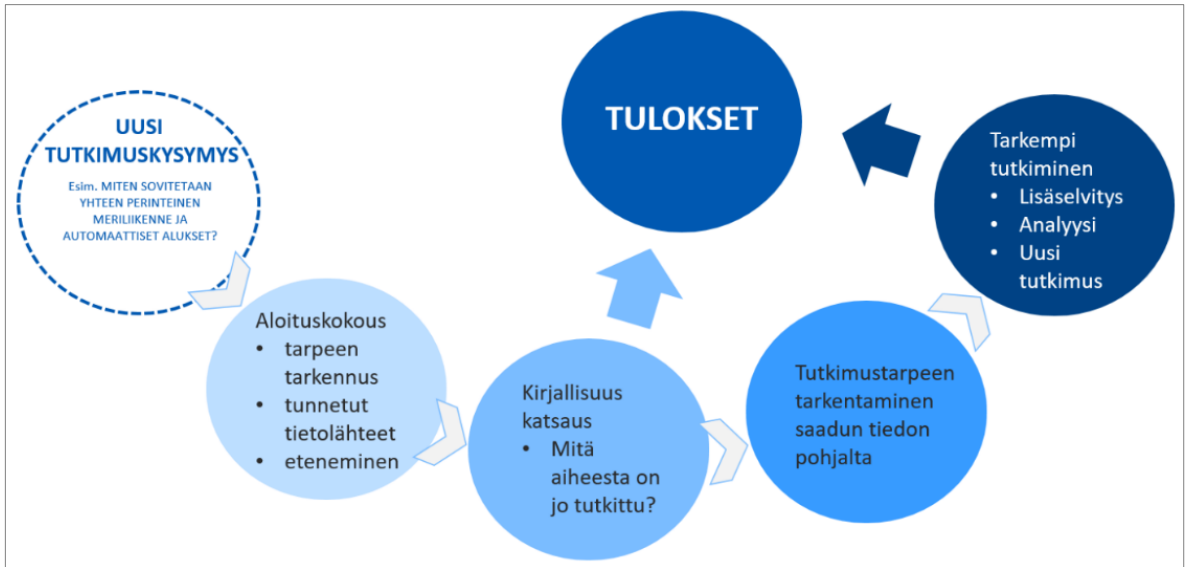
1.5 Tutkimusprosessi

Merenkulun automaation ja digitalisaation tutkimusohjelmaa varten Traficom on kehittänyt prosessin, jossa yhdistetään eri menetelmiä (Kuva 1). Sen ensimmäisessä vaiheessa järjestetään työpaja, jossa sidosryhmien kanssa määritetään yhteistyössä tutkimuskysymykset. Prosessin toisessa vaiheessa tutkimuskysymyksistä valitaan tarkasteltavaksi aina sellaiset, jotka ovat ensisijaisia Traficom in tarpeiden kannalta. Kummatkin vaiheet voidaan myös toistaa aina tarpeen mukaan.



Kuva 1. Prosessikuvaus merenkulun automaation ja digitalisaation tutkimusohjelmasta.

Tutkimuskysymysten käsittelyä varten on lisäksi kehitetty oma erillinen prosessi (Kuva 2). Sen ensimmäisessä vaiheessa järjestetään aloituskokous, jossa määritetään tutkimuksen rajaus sekä käytettävät menetelmät ja aineistot. Pääsääntöisesti menetelmänä käytetään kirjallisuuskatsausta, jonka aineisto koostuu aiheesta käsittelevistä tieteellisistä julkaisuista. Kirjallisuuskatsauksen tuloksia voidaan tarvittaessa täydentää mm. haastattelututkimuksella, jonka kohderyhmän muodostavat alan asiantuntijat. Omien tutkimusten ohella Traficom voi tehdä aloitteita kansallisille ja kansainvälisille tutkimusorganisaatioille, jotta nämä käynnistävät yhden tai useamman tutkimushankkeen aiheesta.



Kuva 2. Prosessikuvaus tutkimuskysymysten käsittelystä.

2 Yhteenvedo sääntelyn mukauttamisesta automaation ja digitalisaation tarpeisiin

2.1 Johdanto

Tässä kappaleessa on esitetty yhteenvedo siitä, mitä tutkimuksissa ja muussa kirjallisuudessa on sanottu voimassa olevasta merenkulun lainsäädännöstä ja sen kehitystarpeista laiva-automaatioon ja digitalisaatioon liittyen.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa¹ on käytetty lähteinä vuoden 2016 jälkeen tehtyjä artikkeleita sekä IMO:n dokumentteja. Tämä rajausta perustuu siihen, että laiva-automaation ja digitalisaation kehitys on nopeaa, jolloin tätä vanhemmat dokumentit ovat useimmiten jo tiedollisesti vanhentuneet.

2.2 Tausta

Kansainvälinen ja kansallinen keskustelu itsenäisistä ja miehittämättömistä aluksista on viime vuosina edennyt nopeasti. Sen vuoksi IMO:ssa päätettiin vuonna 2017 tehdä selvitys siitä, mitä muutoksia tarvitaan kansainväliseen merenkulun sääntelyyn, kun autonomiset alukset otetaan käyttöön (Maritime Autonomous Surface Ships, MASS). Realistinen lähestymistapa autonomisten alusten kansainväliseen sääntelyyn olisi, että niiden on oltava vähintään yhtä turvallisia kuin perinteiset alukset.

Pääsääntöisesti lähdeaineistossa todetaan, että on vaikea arvioida asiaan liittyviä sääntelyongelmia, koska laiva-automaation kehityksen yksityiskohdat eivät vielä ole tiedossa. Artikkeleissa nousee esille myös määritelmien puute: *mitä tarkoitetaan aluksella, laivalla, autonomisella aluksella sekä aluksen päälliköllä*.² Näiden termien määrittäminen selkeyttäisi samalla sekä nykyisiä että tulevia velvollisuuksia.

Pakollinen luotsaus tekee autonomisesta aluksesta hyödyttömän, jos se ei voi noudattaa tai olla vapautettu luotsauslaista. Alusten itsenäisten toimintojen alkuvaiheessa on todennäköistä, että kansainvälisiä matkoja tehdään vain sellaisten maiden välillä, jotka ovat sopineet luotsauskysymyksistä kahdenvälisesti³. Kansainvälisellä tasolla on siis tehtävä päätös siitä, miten miehittämättömät alukset on ohjattava tai vapautettava luotsauksesta.

Ei voida myöskään unohtaa, että ennen kuin autonomiset alukset voivat toimia kaupallisesti, on ratkaistava monia merkittäviä oikeudellisia kysymyksiä. Esimerkiksi aluksen miehistön puute voi tehdä autonomisesta aluksesta merikelvottoman, ja keskeisiä ovat myös vastuukysymykset. Perinteiset alukset, etäohjattavat alukset ja täysin automaattiset alukset tulevat jonakin päivänä liikennöimään samaan aikaan samoilla vesillä. Tästä seuraa lisää kysymyksiä, jotka niin ikään on lainsäädännössä ratkaistava, kuten esimerkiksi miten alukset väistävät toisiaan, kuinka alusten välinen kommunikaatio hoidetaan normaalitilanteissa ja onnettomuustapauksissa jne.

¹ Liite 1, kirjallisuus aiheeseen liittyen

² Analysis of Regulatory Barriers to the use of Autonomous Ships Submitted by Denmark, 2018; All hands off deck? The legal barriers to autonomous ships, Luci Carey, 2017
The Autonomous Shipping Era. Operational, Regulatory, and Quality Challenges, A. Komianos, 2018
Existing conventions and unmanned ships – need for changes?, Tomotsugu Noma, 2016

³ All hands off deck? The legal barriers to autonomous ships, Luci Carey, 2017

Alusten omistajat voivat joutua vastuuseen lastin vahingoittumisesta tai katoamisesta. Haagin-Visbyn sääntöjen (tavarakuljetuksia koskevat määräykset vuodelta 1968) mukainen merenkulullinen poikkeus voi olla tehoton (ellei etäohjaajaa pidetä aluksen päällikkönä) ja miehistön puute voi jopa jättää laivanvarustajan ilman vakuutusturvaa. Säännön mukaan varustajat eivät ole velvollisia korvaamaan vahinkoja, jotka johtuvat virheestä tai laiminlyönnistä aluksen navigoinnissa tai käsittelyssä, niin sanotusta navigointivirheestä tai jotka aiheutuvat tulipalosta, joka ei johdu laivanvarustajan omasta virheestä tai laiminlyönnistä.

Hampurin säännöissä on rahdinkuljettajan pakottavaa vastuuta hieman laajennettu. Säännöt koskevat yleisesti sopimusta kappaletavaran kuljetuksesta meritse. Säännöt eivät edellytä kuljetusasiakirjan eli konossementin antamista, mikä merkitsee laajennusta suhteessa Haag-Visbyn sääntöihin, joita sovelletaan ainoastaan konossementin perusteella tapahtuvaan kuljetukseen. Rahdinkuljettajan vastuuta on myös laajennettu ajallisesti käsittämään koko sen ajanjakson, minkä aikana rahdinkuljettajalla on tavara huostassaan lastaussatamassa, kuljetuksen aikana tai purkaussatamassa. Eli, Haag-Visbyn sääntöjen mukainen vastuukausi, joka käsittää ajankohdan *lastauksen alkamisesta tavaran purkaukseen* ja joka antaa rahdinkuljettajalle mahdollisuuden vapauttaa itsensä vastuusta lastauksen alkamista edeltävältä ajalta ja purkauksen päättymisen jälkeiseltä ajalta, laajenee. Rahdinkuljettajan pakottava vastuu laajenee käsittämään myös vahinkoja, jotka johtuvat viivästymisestä tavaran luovutuksessa.

2.3 Tulokset

Pääsääntöisesti merenkulun lainsäädäntö voidaan jakaa kolmeen eri osaan, ja nämä vaikuttavat eri tavalla sekä kansainväliseen että kansalliseen lainsäädäntöön riippuen automaation asteesta.

1. YK: n merioikeusyleissopimus, UNCLOS, Lippuvaltion velvollisuudet

Yhdistyneiden Kansakuntien merioikeusyleissopimuksen (UNCLOS) (1982) mukaan alusten on oltava rekisteröity yhden valtion lipun alla. Alusten on noudatettava kyseisen valtion kansallisia määräyksiä kansainvälisten määräysten mukaisesti. Lippuvaltiot voivat kehittää omia kansallisia säädöksiä; saattaa kuitenkin olla vaikeaa siirtyä toiseen maahan, jossa on erilaisia sääntöjä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että mikään valtion vesialueilla ei voi purjehtia miehittämättömiä aluksia lukuun ottamatta kotimaan sisäisiä matkoja.

Yleissopimuksen mukaan jokainen valtio voi käyttää tehokkaasti lainkäyttövaltaansa ja valvontaa hallinnollisissa, teknisissä ja sosiaalisissa asioissa, jotka koskevat sen lipun alla purjehtivia aluksia, sekä sen päällikön, päällystön ja miehistön kanssa alukseen liittyviä hallinnollisia, teknisiä ja sosiaalisia kysymyksiä.

(Lippu)valtion on tehtävä tarvittavat toimenpiteet meriturvallisuuden varmistamiseksi alusten miehityksen, työolojen ja miehistöjen koulutuksen osalta, mukaan lukien signaalien käyttö, viestintä ja törmäysten ehkäiseminen. Näillä toimenpiteillä varmistetaan

- a) että jokaisella aluksella on *päällikkö ja päällystö*, joilla on asianmukainen pätevyys, erityisesti merimiestäidoissa, navigoinnissa, viestinnässä ja merenkulussa, ja että *aluksen miehistö* on pätevää ja sitä on oikea määrä ottaen huomioon alustyyppin, aluksen koon, koneiston ja laitteet

b) että päällikkö päällystö ja miehistön jäsenet ovat, siinä määrin kuin se on taroituksenmukaisia, täysin tietoisia ja velvollisia noudattamaan kansainvälisiä merellä tapahtuvaa turvallisuutta koskevia sääntöjä, yhteentörmäysten ehkäisemistä, meren pilaantumisen ehkäisemistä, vähentämistä ja valvontaa sekä radioyhteyden ylläpitoa.

Merioikeus asettaa merkittävän vastuun päällikölle. *Kenelle tai missä nämä tehtävät jaetaan ja missä yhteydessä tai olosuhteissa on tehtävä selväksi.* Etäohjaaja voi joutua alttiiksi, ei pelkästään siviilioikeudellisista vahingonkorvausvaatimuksista vaan myös rikollisoikeudellisesti syytteeseen, jos laki katsoo, että etäohjaajat ovat autonomisen aluksen päälliköitä⁴.

2. IMO yleissopimukset, jotka kuuluvat järjestön meriturvallisuuskomitean alaisuuteen

IMO vastaa merenkulun turvallisuudesta ja alusten aiheuttaman meren ja ilman saastumisen ehkäisemisestä ja sen työ tukee YK: n kestävä kehityksen tavoitteita⁵. Yhdistyneiden Kansakuntien erityisvirastona IMO on kansainvälinen merenkulun turvallisuus-, turvallisuus- ja ympäristötehokkuuden (performance) standardointiviranomainen. Sen päätehtävänä on luoda merenkulkualalle sääntelykehys, joka on oikeudenmukainen ja tehokas, yleisesti hyväksytty ja yleisesti toteutettu.

IMO: n toimenpiteet/sopimukset kattavat kaikki kansainvälisen merenkulun näkökohdat, mukaan lukien alusten suunnittelu, uusi teknologia ja innovaatiot, rakentaminen, laitteet, miehitys, käyttö ja hävittäminen - sen varmistamiseksi, että tämä ala säilyy turvallisena, ympäristöystävällisenä, energiatehokkaana ja turvallisena.

Käsiteltäessä autonomisia aluksia, lähdeaineistosta on noussut esille kolme IMO: n yleissopimusta, joita pidetään erityisen tärkeinä: merenkulkijoiden koulutusta, pätevyyskirjoja ja vahdinpitoa koskevista kansainvälisistä yleissopimuksista (STCW-yleissopimus); vuonna 1972 tehdyt kansainväliset yhteentörmäysten ehkäisemistä koskevat säännöt (COLREG); ja kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä, 1974 (SOLAS)⁶.

Ihmisten toiminnasta johtuvia läheltä piti-tilanteita, onnettomuuksia ja katastrofeja ei lähdeaineistossa juurikaan käsitellä, eikä myöskään ihmisen tuomaa resilienssiä järjestelmään. Näiden kummankin näkökulman analysointi auttaisi ymmärtämään autonomisten alusten todellista panosta meriturvallisuuteen⁷.

IMOn meriturvallisuuskomitean (Maritime Safety Committee, MSC) 100. kokouksessa sovittiin sääntelyn kartoittamistyön (Regulatory Scoping Exercise, RSE) käytännön toteutuksesta. Kokouksessa jaettiin MSC:lle kuuluvien sopimusten alustava arviointi automaation näkökulmasta vapaaehtoisten jäsenvaltioiden kesken.

Säännösten soveltuvuutta eri automaatiotasolle MSC:ssä arvioitiin seuraavilla vaihtoehdoilla:

⁴ Research Associate, Centre for Maritime Law, Faculty of Law, NUS Singapore, 2017

⁵ <http://www.imo.org>

⁶ Liite 2, Titles of conventions

⁷ The Autonomous Shipping Era. Operational, Regulatory, and Quality Challenges A. Komianos, 2018

A apply to MASS and prevent MASS operations = sääntö koskee autonomisia aluksia mutta nyky muodossa estää aluksen operoinnin

B apply to MASS and do not prevent MASS operations and require no actions = sääntö koskee autonomisia aluksia mutta ei estä operointia eikä vaadi toimenpiteitä

C apply to MASS and do not prevent MASS operations but may need to be amended or clarified, and/or may contain gaps = sääntö koskee autonomisia aluksia mutta saattaa vaatia muutoksia ja täydennyksiä

D have no application to MASS operations = sääntö ei vaikuta autonomisiin aluksiin

Suomi on mukana IMO:n arviointiprosessissa, jonka tarkoituksena on selvittää, miten IMO:n yleissopimuksia voidaan soveltaa itseohjautuviin aluksiin. IMO:ssa on sovittu, että meriturvallisuuskomitealla on johtovastuu työssä, sillä muutkin komiteat käyvät läpi niiden toimivaltaan kuuluvia sopimuksia. Oikeudellisen komitean (LEG) 106. kokouksessa tehtiin päätös merenkulun automaatiota koskevan säädöskartoituksen aloittamisesta. Vastaava päätös tehtiin merenkulun sujuvoittamista koskevan komitean (FAL) 43. kokouksessa. Säädöskartoituksen osalta molemmissa komiteoissa hyväksyttiin metodologia, joka vastaa pitkälti meriturvallisuuskomitean metodologiaa. LEGin osalta kiinnitettiin huomiota siihen, että metodologiassa otetaan huomioon myös oikeudellisen komitean alaisten yleissopimusten luonteesta johtuvat erot. Säädöskartoitustyö tehdään istuntojen välillä vapaaehtoisten valtioiden vetämänä sihteeristön kehittämän nettialustan avulla. Kaikki komiteat pyrkivät saamaan säädöskartoituksen tehtyä vuoden 2020 aikana, siten että LEG käsittelee tuloksia maaliskuussa 2020 LEG 107 -kokouksessa, FAL huhtikuussa 2020 FAL 44 -kokouksessa ja MSC toukokuussa 2020 MSC 102 -kokouksessa.

MSC:n säädöskartoituksessa Suomen vastuulla on SOLAS-yleissopimuksen luvut XI-1, XI-2 ja XIV sekä niihin liittyvät säännöt. LEG:n säädöskartoituksessa Suomen vetovastuulla on meripelastusyleissopimus ja työtä tukee kansainvälinen merioikeusyhdistys CMI⁸. FAL-komitealla on vain yksi sopimus, jonka arviosta vastaa Suomi.

Säädöskartoituksen ensimmäisessä vaiheessa tunnistetaan automaatioon liittyvät esteet ja mahdollisesti aukot sääntelyssä. Toisessa vaiheessa on tarkoitus esittää, mikä olisi sopiva ratkaisu ensimmäisessä vaiheessa tehtyihin havaintoihin. MSC käsittelee ensimmäisen vaiheen arviot säännöksissä tunnistetuista automaatioon liittyvistä esteistä istuntojen välisessä asiantuntijatyöryhmässä syyskuun 2019 alussa. Työpajan tulosten perusteella työn toisessa vaiheessa harkitaan soveliainta ratkaisua päivittää sääntelyä mahdollistamaan myös MASS-alukset. LEG ja FAL eivät pitäneet työryhmää arvioinnin ensimmäisen vaiheen jälkeen, vaan siirtyivät suoraan toiseen vaiheeseen.

MSC:n aikataulu on, että toisen vaiheen arvion on oltava laitettuna GISIS-järjestelmään (Global Integrated Shipping Information System) 16.11.2019 mennessä, LEG:ssä aikaa on syyskuu 2019. MSC:ssä muiden maiden tekemiä arvioita voi kommentoida 14.12. asti, minkä jälkeen vastuuvaltio ottaa saadut kommentit huomioon ja valmistelee raportin MSC 102-kokoukselle vastuullaan olevista instrumenteista.

⁸ Regulatory scoping exercise and gap analysis of conventions emanating from the legal committee with respect to maritime autonomous surface ships (MASS), Report of the LEG Working Group on MASS

LEGissä kommentointiaikaa on lokakuu, minkä jälkeen vastuuvaltio ottaa saadut kommentit huomioon sekä valmistelee raportin LEG 107 –kokoukselle.

3. Kansallinen lainsäädäntö

Traficom (tehty Trafain aikana, päivitetty 10/2018) on käynyt läpi melko kattavasti osan kansainvälisistä sopimuksia omassa yhteenvedossa ”Koonnos Suomen vesillä liikennöivään automatisoituun lastialukseen sovellettavista säännöksistä”. Tämä yhteenvedo poikkeaa IMO:n tunnistamasta neljästä automaation asteesta siten, että Traficom in koonnoksessa on käytetty kolmea automaation astetta:

- Monet toiminnot on automatisoitu ja laivaväki on aluksella.
- Alusta ohjataan etäohjauskeskuksesta. Aluksella on yhä henkilöstöä, joka voi tarvittaessa ottaa aluksen ohjauksen haltuun.
- Aluksen toiminnot on täysin automatisoituja. Alus on miehittämätön. Aluksen kulkua seurataan ja ohjataan täysin etäohjauskeskuksesta.

Tämä lainsäädäntö on syytä käydä läpi yhtä suurella tarkkuudella kuin IMO on jo aloittanut kansainvälisten sopimusten läpikäynnin, käyttäen samaa menetelmää.

2.4 Johtopäätökset

Asiasta on kirjoitettu paljon ja se vaatii edelleen selvittelyä. Yleisesti läpikäydyssä kirjallisuudessa ollaan yhtä mieltä siitä, että kansainvälisten määräysten ja määritelmien puuttuminen (kuten ”päällikkö” ja säännökset, joissa vaaditaan, että asiakirjojen on oltava fyysisesti aluksilla) sekä yhteisen terminologian puute vaikeuttavat jo nyt kansallisten määräysten kehittämistä. Toisaalta samaan aikaan ollaan sitä mieltä, että ensin pitäisi muuttaa kansallista lainsäädäntöä autonomisten alusten esteiden poistamiseksi ja valmistetaan tätä tietä kansainvälisen sääntelyn hyväksyminen IMO:n kautta.

Läpikäydyin materiaalin mukaan kansainvälisten sääntöjen ja sopimusten kehittyessä jäsenmaiden tulisi miettiä, haluavatko he aluksi esimerkiksi muuttaa kansallista lainsäädäntöä lyhyen matkan lauttareittien autonomisen toiminnan mahdollistamiseksi. Tästä voisi seurata kehitysmahdollisuuksia ja arvokasta tutkimustietoa teknologian tarjoajille uusien tietojen soveltamiseksi miehittämättömille tai etäohjatuille aluksille, kuten myös arvokasta tietoa lainsäädännön kehittymiselle.

Yhteenvedona läpikäydyistä kirjallisuudesta, kansainvälisessä sääntelyssä ratkaistaviksi asioiksi ovat nousseet seuraavat asiat:

- Navigointi ja säännöt merellä tapahtuvien törmäysten estämiseksi
- Miehistö ja tulevaisuuden ”merenkulkijat”
- Meriympäristön suojelu
- Laivojen rakennevaatimukset ja tekniset ehdot
- Vastuu-, korvaus- ja vakuutusasiat
- Kyberturvallisuus ja terrorismin vastaiset takeet

IMO on jo ottanut suuren roolin ja jäsenmaat yhdessä ovat vapaaehtoisuuteen perustuvalla työnjaolla vertailleet olemassa olevaa lainsäädäntöä. Kansainvälisessä sääntelytyössä IMO:ssa tulisi jatkaa niin, että erityisesti IMO:n yleissopimuksista kolme tärkeintä: merenkulkijoiden koulutusta, pätevyyskirjoja ja vahdinpitoa koskevista kansainvälisistä yleissopimuksista (STCW-yleissopimus); vuonna 1972 tehdyt

kansainväliset yhteentörmäysten ehkäisemistä koskevat säännöt (COLREG); ja kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä, 1974 (SOLAS) käydään läpi mahdollisimman pian ottaen huomioon liikennealueen ja automaation as-teen ja näiden selkiytyttyä jatkaa lainsäädännön muuttamista muiden kansainvälis-ten sopimusten osalta.

Satojen yksittäisten säännösten yksityiskohtainen tarkastelu ei todennäköisesti lisää merkittävästi tietoa tulevien sääntelyhaasteiden luonteesta. On vaikea arvioida uu-teen kehitykseen liittyviä sääntelyongelmia, kun kehityksen yksityiskohtia ei tunneta. Läpikäydyn materiaalin mukaan nykyisessä lainsäädännössä ei ole suoraan mitään sellaista, mikä estäisi jo nyt automaatioalusten kokeilut ja kehityksen. Operatiivisen ja kaupallisen toiminnan aloittaminen vaatii kuitenkin muutoksia sääntelyyn sekä kansainvälisellä että kansallisella tasolla.

3 Laiva-automaation kehityksen vaikutukset ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon ja viranomaistoimintaan

3.1 Johdanto

Tässä luvussa tarkastellaan:

1. Miten ihmisen ja koneen välinen kommunikaatio tulee muuttumaan laiva-automaation kehittyessä?
2. Mihin toimenpiteisiin Suomen merenkulkuviranomaisten tulisi ryhtyä, jotta laiva-automaation kehityksen vaikutukset ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon olisivat mahdollisimman myönteiset?

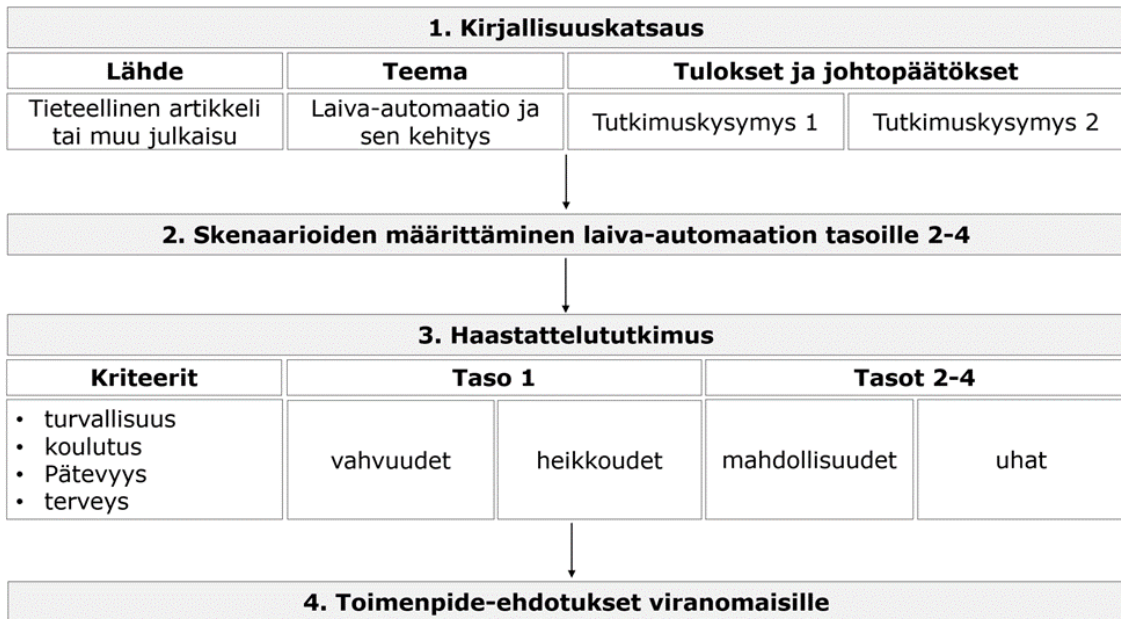
Menetelminä on käytetty kirjallisuuskatsausta, skenaarioita ja haastattelututkimusta. Sen eri vaiheet on esitetty Kuvassa 3. Tutkimuksessa käytetyt laiva-automaation tasot perustuvat IMO:n luokittelumenetelmään, joka on kuvattu tutkimusohjelman yleisessä osuudessa (Taulukko 1).

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa toteutettiin kirjallisuuskatsaus, jonka keskiössä olivat tuoreet tieteelliset artikkelit ja muut julkaisut, jotka käsittelevät laiva-automaation kehityksen vaikutuksia ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon. Valttuja artikkeleita oli yhteensä 11 (Liite 1). Kirjallisuuskatsauksessa artikkelit luokiteltiin ensin aihealueittain, jonka jälkeen niiden keskeisistä tuloksista ja johtopäätöksistä haettiin vastauksia kumpaankin tutkimuskysymykseen.

Tutkimuksen toisessa vaiheessa määritettiin skenaariot laiva-automaation tasoille 2-4. Tämä vaihe toteutettiin yhteistyössä Traficom in asiantuntijoiden kanssa. Skenaarioiden määrittämisessä hyödynnettiin myös laiva-automaation pilotti-kokeilujen tuloksia.

Tutkimuksen kolmannessa vaiheessa toteutettiin SWOT-menetelmään perustuva haastattelututkimus, jossa haastateltavina oli sekä Traficom in henkilöstöä, että sen keskeisten merenkulun sidosryhmien edustajia. Haastatteluissa keskityttiin edellä mainittuihin tutkimuskysymyksiin, jotka kohdennettiin turvallisuus-, koulutus-, pätevyys- ja terveysaspekteihin. Laiva-automaation tasoa 1 (nykytaso) käsiteltäessä haastatteluiden painopiste oli sen vahvuuksien ja heikkouksien arvioinnissa. Tasoissa 2-4 käytettiin aiemmin määritettyjä skenaarioita, joiden avulla arvioitiin näihin eri tasoihin liittyviä mahdollisuuksia ja uhkia. Samalla haastatteluissa kerättiin toimenpide-ehdotuksia Suomen merenkulkuviranomaisia varten.

Tutkimuksen viimeinen vaihe käsitti vaiheiden 1-3 tulosten analysoinnin. Sen perusteella laadittiin Suomen viranomaisille ehdotuksia toimenpiteistä, joiden arvioidaan edistävän laiva-automaation kehityksen myönteisiä vaikutuksia ihmisen ja koneen välisessä kommunikaatiossa.



Kuva 3. Tutkimuksessa käytetyt menetelmät ja tutkimusprosessi.

3.2 Kirjallisuuskatsaus

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa toteutettiin kirjallisuuskatsaus. Sen ensimmäisessä osassa keskityttiin laiva-automaation kehityksestä aiheutuviin muutoksiin ihmisen ja koneen välisessä kommunikaatiossa (Tutkimuskysymys 1). Tätä tarkoitusta varten valittiin kaksi ajankohtaista artikkelia. Niiden keskeiset tulokset ja johtopäätökset on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 3), ja ne on luokiteltu IMO:n määrittämien laiva-automaatiotasojen mukaisesti.

Taulukko 3. Muutokset ihmisen ja koneen välisessä kommunikaatiossa

| Keskeiset johtopäätökset |
|--|
| Taso 1: Ei muutosta nykyiseen. |
| Taso 2: Operaattori ohjaa 1-6 alusta maista käsin, ja kommunikointi operaattorin ja alusten välillä tapahtuu sensoreiden, TV-monitorien yms. avulla (navigointi ja konetoiminnot), joiden tuottaman tiedon perusteella operaattori tekee päätökset. Alusten henkilökunta voi tarvittaessa avustaa operaattoria alusten navigoinnissa ja konetoimintojen hallinnassa. |
| Taso 3: Ihmisen ja koneen välinen kommunikaatio on melko vähäistä. Algoritmeihin perustuva aluksen tekoäly analysoi sensoreiden tuottamaan tietoa ja tekee päätökset. Operaattori kuitenkin valvoo aluksen/alusten toimintaa maista käsin ja tekee tarvittaessa päätöksiä sensoreiden tuottaman tiedon perusteella. |
| Taso 4: Ihmisen ja koneen välinen kommunikaatio on erittäin vähäistä. Algoritmeihin perustuva aluksen tekoäly analysoi sensoreiden tuottamaan tietoa ja tekee päätökset itsenäisesti. |
| Blanke et al. (2017), Porathe et al. (2018) |

Kirjallisuuskatsauksen toisessa osassa tarkasteltiin ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon vaikuttavia tekijöitä laiva-automaation kehittyessä (Tutkimuskysymys

2). Tähän tarkoitukseen valittiin 11 ajankohtaista artikkelia, joiden keskeiset tulokset ja johtopäätökset on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 4).

Taulukko 4. Ihmisen ja koneen väliseen vuorovaikutukseen vaikuttavia tekijöitä

| Keskeiset johtopäätökset |
|--|
| <p>Käyttäjien näkemyksen huomioimista laiva-automaation suunnittelussa pidetään yleisesti tärkeänä. Tämä seikka on kuitenkin jäänyt alaa koskevassa sääntelyssä vähälle huomiolle.</p> <p>Merenkulkijoilla on paljon arvokasta tietoa, jota voidaan hyödyntää laiva-automaation suunnittelussa. Sen tehokkaalla hyödyntämisellä katsotaan olevan myönteisiä vaikutuksia myös merenkulun turvallisuuteen.</p> <p>Praetorius et al. (2015)</p> |
| <p>Tulevaisuudessa autonomiset ja perinteiset alukset sekä maa-asetat ovat jatkuvassa yhteydessä toisiinsa tietoliikenneyhteyksien kautta. Tällöin tehokkaiden, luotettavien, turvallisten ja kustannustehokkaiden tietoliikenneyhteyksien merkitys korostuu.</p> <p>Mobiiliyhteydet ovat vartenotettava vaihtoehto merenkulun tulevia tietoliikennejärjestelmiä suunniteltaessa. Tässä suunnittelussa tulee huomioida myös järjestelmien riittävä redundanssi, johon mm. satelliittiyhteydet tarjoavat ratkaisuja.</p> <p>Allal et al. (2017)</p> |
| <p>Autonomisille aluksille on asetettu tavoite, jonka mukaisesti niiden on oltava vähintään yhtä turvallisia kuin perinteiset alukset. Keinot tämän tavoitteen saavuttamiseksi ovat kuitenkin yhä avoinna.</p> <p>Autonomisten alusten tietojärjestelmiin ja järjestelmien validointiin liittyy useita epävarmuustekijöitä, joilla saattaa olla merkittäviä negatiivisia turvallisuusvaikutuksia. Niitä voidaan kuitenkin vähentää keräämällä ja analysoimalla dataa järjestelmien toimivuudesta.</p> <p>Wrobel et al. (2018)</p> |
| <p>Alusten automaatiotasoa voidaan nostaa alustyyppistä riippumatta. Kustannus-hyöty analyysit ovat tässä yhteydessä kuitenkin tarpeen sopivan tason määrittämiseksi kullekin eri alustyyppille ja liiketoimintamallille.</p> <p>Alusten automaatiotason kehitys saattaa luoda uusia merenkulun turvallisuuhkia. Uhkiin liittyvien riskien hallitsemiseksi on tarpeen harkita nykyistä tiukempia alusten turvallisuusvaatimuksia.</p> <p>Jalonen R. et al. (2018)</p> |
| <p>Autonomiset alukset tarvitsevat toimiakseen kehittyneitä systeemitaso ratkaisuja.</p> <p>Turvallisuusaspekti tulee huomioida autonomisten alusten suunnittelussa jo suunnittelun alkuvaiheessa.</p> <p>Valdez Banda et al. (2018)</p> |
| <p>Ongelmat SOLAS ja non-SOLAS alusten välillä saattavat yleistyä autonomisten alusten käytön myötä.</p> |

Ongelmien välttämiseksi on syytä harkita erillisiä väyliä ja reittejä autonomisille SOLAS aluksille ja perinteisille non-SOLAS aluksille. Lisäksi alusten autonomian tason tunnistamiseksi tulisi kehittää toimivia ratkaisuja.

Porathe (2013)

Alusten automaation kehityksellä saattaa olla sekä myönteisiä että kielteisiä vaikutuksia merenkulun turvallisuuteen. Automaation kehitys ei poista inhimillisen virheen mahdollisuutta, vaan pikemminkin siirtää sen mereltä maalle. Autonomiset alukset tulevat muuttamaan merenkulun toimintaympäristöä monin eri tavoin, mikä tulee huomioida myös merenkulun koulutuksessa.

Autonomisia aluksia varten kehitetyt algoritmit ja päätöksentekoprosessit on määriteltävä huolella sekä tarkistettava ja testattava. Niiden suunnittelussa tulee huomioida myös mahdolliset yllätykset ja järjestelmän resilienssi niihin varautumiseksi. Muita tärkeitä seikkoja autonomisten alusten suunnittelussa ovat kehittyneet laitteistojen tallennetoiminnot, käyttäjänäkökulman huomioiminen laitteiden suunnittelussa ja äänisensorien käyttö visuaalisensorien ohella riittävän tilanne- ja automaatiotietoisuuden varmistamiseksi.

Ahvenjärvi (2015)

Virtuaalitodellisuus tarjoaa uusia mahdollisuuksia merenkulun koulutukseen. Sitä voidaan hyödyntää myös autonomisten alusten operointiin liittyvässä koulutuksessa. Se on turvallinen ja tehokas apuväline mm. harjoiteltaessa toimintaa poikkeamatilanteissa.

Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen merenkulun koulutuksessa on tänä päivänä vähäistä, mikä johtuu ensisijaisesti laitteiden korkeasta hinnasta. Laitteiden käyttöön liittyy myös negatiivisia terveys ja turvallisuusaspekteja, joiden ehkäisy edellyttää tuotekehitystä.

Bertram et al 2017

Alusten digitaaliset kaksoiskappaleet ovat hyödyllisiä alusten operoinnin, koulutuksen ja suunnittelun kannalta. Esimerkiksi öljyntuotannon prosessiteollisuudessa niiden käyttö on jo nyt arkipäivää. Tähän seikkaan on kuitenkin merenkulussa kiinnitetty toistaiseksi vain vähän huomiota.

Alusten digitaalisten kaksoiskappaleiden luominen vaatii investointeja, mutta ne ovat kuitenkin kannattavia, koska kaksoiskappaleita voidaan hyödyntää monessa eri tarkoituksessa.

Morais et al. (2017)

Merenkulussa päätöksenteko on vahvasti kytköksissä ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon. Ihminen ja kone eivät siis ole toisistaan erillisiä komponentteja, vaan toisiaan täydentävänä kokonaisuus. Miten hyvin tämä kokonaisuus toimii, riippuu sekä ihmisen tiedoista ja taidoista, että koneen ominaisuuksista ja siitä, miten hyvin nämä komponentit kommunikoivat keskenään.

Jotta ihmisen ja koneen välinen kommunikaatio olisi mahdollisimman sujuvaa, koneet tulee suunnitella käyttäjälähtöisesti. Tosin sanoen, koneen tuottama tieto päätöksen teon tueksi tulee olla riittävän selvästi indikoitu ja priorisoitu. Lisäksi standardisointi on tässä yhteydessä tarpeen, jotta käyttäjä löytää samat tiedot samasta paikasta koneen valmistajasta riippumatta. Alaan liittyvässä kehitystyössä kognitiivinen tutkimus on suureksi avuksi.

Andrews (2017)

3.3 Skenaariot

Tutkimuksen toisessa vaiheessa määritettiin skenaariot laiva-automaation neljälle eri tasolle. Tämä vaihe toteutettiin Traficomissa merenkulun asiantuntijoiden toimesta. Sen tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa 5.

Taulukko 5. Skenaariot laiva-automaation tasoille

| Taso | Kuvaus skenaariosta |
|------|--|
| 1 | Operaattori on aluksella, ohjaa sitä ja kontrolloi sen toimintoja (esim. nykyiset ro-ro-matkustaja, risteily ja off-shore alukset). |
| 2 | Operaattori on maissa, ohjaa 1-6 alusta ja kontrolloi niiden toimintoja. Aluksella oleva miehistö voi tarvittaessa ottaa aluksen hallintaansa (esim. maantielautta lyhyellä vakioreitillä tai rahtialus valtameriosuudella). |
| 3 | Operaattori on maissa, ohjaa 1-6 alusta ja kontrolloi niiden toimintoja. Aluksella ei ole miehistöä apuna (esim. tutkimusalus tai -laivue tietyllä rajatulla merialueella tai rahtialus valtameriosuudella). |
| 4 | Operaattorilla ei ole roolia tässä toimintamallissa, vaan alus toimii täysin itsenäisesti (esim. tutkimusalus tai -laivue tietyllä rajatulla merialueella). |

3.4 Haastattelututkimus

Tutkimuksen kolmannessa vaiheessa tehtiin SWOT-menetelmään perustuva haastattelututkimus, jonka puitteissa haastateltiin kaikkiaan yhdeksää henkilöä. Siihen valitut henkilöt edustivat seuraavia organisaatioita: VTT, Aalto-yliopisto, SAMK, Finnпилot Oy ja Traficom.

Haastattelujen tulokset on esitetty alla olevissa taulukoissa. Jokainen niistä on keskittynyt tiettyyn laiva-automaatiotasoon, kuten esimerkiksi Taulukko 6 tasoon 1. Taulukoissa haastattelujen tulokset on luokiteltu SWOT-menetelmän mukaisesti, ja niissä tarkasteltavat aspektit ovat turvallisuus, koulutus, pätevyys ja terveys. Lisäksi jokaisen taulukon lopussa on haastateltavien antamia suosituksia viranomaiselle kyseiseen laiva-automaatiotasoon liittyen.

Taulukko 6. Laiva-automaation taso 1

| Aspekti | Vahvuudet | Heikkoudet |
|--------------|---|---|
| Turvallisuus | <ul style="list-style-type: none"> • kokonaisvaltainen tilannetietoisuus (esim. sää- ja meriolosuhteet sekä muu liikenne), kun kaikki aistit ovat käytössä • kone- ja kansimiehistö on koko ajan saatavilla • ihmiset aluksella tuovat resilienssiä järjestelmään (esim. mukautumista ja luovuutta vaihteleviin olosuhteisiin sekä poikkeaviin tilanteisiin) | <ul style="list-style-type: none"> • perustuu liikaa IMO:n asettamien vaatimusten noudattamiseen, mikä on vain osa turvallisuutta (safety vs. compliance) • ihmisten vireystilat vaihtelevat, mikä heijastuu suoritukseen • ammattitaidossa on toisinaan puutteita ja siitä aiheutuu myös vaaratilanteita • ihmisen ja koneen välinen työnjako ei ole optimaalinen (esim. vikoja on vaikeaa huomata, ne huomataan liian myöhään, ja |

| | | |
|----------|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ihminen kommunikoi konetta paremmin tekniikka on tällä tasolla kypsää, eikä ns. lapsenviakoja ole laivoilla on jo nykyisin hyviä teknisiä apuvälineitä (esim. ARPA, ECDIS, AIS, yms.) automaatitietoisuus on hyvä, kun laitteiden toimintaa seurataan reaaliajassa ja -olosuhteissa | <p>kontrolli perustuu liikaa ihmisen vaihtelevaan kykyyn havaita asioita)</p> <ul style="list-style-type: none"> organisaatioiden turvallisuuskulttuurin tasot vaihtelevat, eikä systeemiajattelun etuja osata riittävästi hyödyntää |
| Koulutus | <ul style="list-style-type: none"> koulutusjärjestelmät ovat hioutuneet vastaamaan hyvin nykyisiä tarpeita (esim. simulaattoreiden käyttö ja ohjattu harjoittelu) koulutus on hyvällä tasolla, erityisesti turvallisuuskoulutus | <ul style="list-style-type: none"> koulutuksen todellinen taso vaihtelee eri maissa STCW sopimuksesta huolimatta, ja esim. simulaattoreiden laadussa on suuria maakohtaisia eroja koulutukseen tulee jatkuvasti uusia elementtejä, mutta mitään ei poistu – esim. tähtinavigointi on jo historiaa monet tärkeät asiat joudutaan hoitamaan pintaraapaisuna, kun työaika ei riitä koulutuksessa tulisi painottua uudet elementit, kuten kyberturvallisuus ja muu IT osaaminen ohjattu harjoittelu on tärkeää, mutta sen ei tulisi syödä koulutustunteja (esim. Saksassa ne menevät eri tuntikiintiöstä) poikkeustilanteisiin liittyvä koulutus ja harjoittelu ovat vähäistä (esim. ydinvoimaloissa tätä tehdään jatkuvasti) kiinnostus alaan on melko vähäistä, mikä johtuu osittain haastavasta työympäristöstä järjestelmä on kankea, kun on tarvetta muutoksille |
| Pätevyys | <ul style="list-style-type: none"> yleisesti ottaen taso on hyvä, mukaan lukien luotit, VTS-henkilöt ja viranomaiset Suomessa on vahva talvi-merenkulun osaaminen ja lisäksi merenkulkijoiden kommunikaatio ja kielitaidot ovat maassamme hyvät STCW takaa perustason, mutta työhön pätevoidytään ensi sijaisesti käytännön kokemuksen kautta | <ul style="list-style-type: none"> ammattitaito on yleisesti ottaen hieman heikentynyt viime vuosina, ja laitteisiin luotetaan liikaa jäänavigoinnin osaaminen heikkoa kolmansissa maissa nykyisen kaluston ikähaitari ja teknisen tason vaihtelu ovat laajat, mikä suuri haaste koulutukselle ja merenkulkijoille oppilaiden ja merenkulkijoiden perehdytyksen taso on kirjavaa eri varustamoissa standardien puute vaikeuttaa asioita monessa mielessä |

| | | |
|----------------|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • toiminta poikkeamatilanteissa vaatii erityistä osaamista, jota ei harjoitella riittävästi |
| <p>Terveys</p> | <ul style="list-style-type: none"> • nykyiset terveysvaatimukset ovat tasoltaan sopivat | <ul style="list-style-type: none"> • alusten järjestelmien jatkuva ja pitkäkestoinen valvonta on stressaavaa ja vaativaa, ja ihmisten vireystasossa on myös vaihtelua • laitesuunnittelussa ei ole riittävästi huomioitu inhimillisiä tekijöitä, vaikka tekniikka mahdollistaisi sen nykyistä paremmin • vuorotyön ja epäsäännöllisten työaikojen terveyshaitoista puhutaan liian vähän (esim. uniapnea alkaa olla merellä ammattitauti) • järjestelmien kognitiiviseen ergonomiaan ei kiinnitetä riittävästi huomioita, vaikka se vaikuttaa työhyvinvointiin • työergonomian merkitystä ei ymmärretä riittävästi • merimieslääkärien jatkotarkastukset ja poikkeuslupamenettelyt hakevat yhä linjaansa, eikä lääkäreiden käyttämät kriteerit ole yhtäläiset |

Toimenpide-ehdotukset:

- Koulutuksen ajanmukaistamiseen tulisi kiinnittää huomiota ja koulutuksen tason vaihteluun eri maissa. Tärkeitä asioita ei ehditä käsitellä kunnolla, ohjattu harjoittelu vie liikaa tunteja ja oppimiskokonaisuuteen on tullut uusia vähemmän oleellisia asioita.
- Kyberturvallisuus ja IT-osaaminen tulisi huomioida koulutuksessa nykyistä paremmin. Lisäksi kyberturvallisuus tulisi olla kiinteä osa varustamoiden turvallisuusjohtamisjärjestelmää.
- Turvallisuuskulttuurissa tulisi edetä pelkästä vaatimustenmukaisuudesta todelliseen turvallisuusajatteluun.
- Kiinnitetään koulutuksessa enemmän huomiota automaation toimintalogiikkaan, ja sen poikkeamatilanteisiin. Esimerkiksi ydinvoimaloissa on käytössä logiikkakaaviot järjestelmän ymmärtämiseksi ja sen toiminnan optimoimiseksi. Lisäksi poikkeamatilanteita harjoitellaan jatkuvasti, ja ne videoidaan analysointia ja jälkipuintia varten.
- Laitesuunnitteluun tulee kiinnittää huomiota, jotta vuorovaikutus ihmisen ja koneen välillä on mahdollisimman saumatonta.
- Hyvä merimiestaito tulee säilyttää myös jatkossa

Taulukko 7. Laiva-automaation taso 2

| Aspekti | Mahdollisuudet | Uhat |
|--------------|--|--|
| Turvallisuus | <ul style="list-style-type: none"> • monitorointi ja avustus maista voi edistää turvallisuutta, mutta kontrollin on hyvä pysyä laivalla (esim. etäluotsaus) • aluksen ja maa-aseman välinen yhteistyö edistää tilannetietoisuutta molemmin puolin • nykYTEknologia voi parantaa tilannetietoisuutta (esim. Intelligent Awareness-laite) • turvallisuus voi kehittyä, kun toimintaa tuetaan myös maista • avaruusteknologiassa käytetään lisättyä todellisuutta, josta on ollut paljon apua • hyvä laitesuunnittelu, suuret HR-näytöt, loogiset symbolit, IRD-indikaattorit ja äänimaailmat auttavat oleellisen tiedon välittämisessä tukemaan päätöksentekoa | <ul style="list-style-type: none"> • kukaan ei tiedä miten hyvin IT-ratkaisut voivat korvata ihmisen toiminnan • kuinka varmistaa laitteiden toimivuus aina ja kaikkialla, mikä on edellytys hyvän tilannetietoisuuden ylläpitämiselle • perinteisten ja autonomisten alusten yhteensovittaminen merellä on suuri haaste – miten ja kuinka se tehdään, ja kuka sitä kontrolloi • kuinka kommunikoida autonomisen aluksen kanssa • järjestelmistä tulee yhä monimutkaisempia, kun komponentteja on kolme (miehistö, automaatio ja kontrolli maista) • vastualueiden rajat voivat hämärtyä, mikä on myös juridinen seikka • erilaiset kyber-turvallisuuteen liittyvät riskit ovat keskeisiä • todellinen tuntuma laivaan heikkenee (esim. 2D-malleissa etäisyyden hahmottaminen on vaikeaa) • riittävän tilannetietoisuuden takaaminen on erittäin vaikea toteuttaa ja suuri haaste suunnittelulle • suuria haasteita tiedonsiirrolle, kun tarvitaan HR-tason kuvaa reaaliajassa (esim. jo 1 s. viive on toisinaan liikaa) • laivahenkilöstön, etäohjaajan ja automaation välinen työnjako on haastava toteuttaa niin, että tilannetietoisuus on kollektiivinen ja systeemi on toimiva kokonaisuus • todellisuuden taju katoaa helposti peliefektin myötä ja vaarana on myös tylsistyminen • valvonta vaikeutuu, kun kokonaisuutta tarkastellaan erillisistä "avaimenrei'istä" • kommunikaatiossa voi tulla uudenlaisia haasteita, kun aluksen miehistö on yhdestä maasta ja etäohjaus toisesta maasta |
| Koulutus | <ul style="list-style-type: none"> • uudet koulutusvaatimukset ja ohjelmat merenkulkijoille • kokonaan uusia koulutus- ja urapolkuja alaan liittyen (vrt. esim. drone-lentäjät sotilas ammateissa) | <ul style="list-style-type: none"> • harjoittelu aidossa meriympäristössä hiipuu, mikä on kuitenkin tärkeää todellisuudentajun kannalta (esim. DP-koulutuksen alussa tämä ongelma tuli vahvasti esiin) |

| | | |
|----------|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • kun seurataan alan kehitystä aktiivisesti ja kehitetään koulutusta sen mukaan, Suomi voi olla edelläkävijä autonomisiin aluksiin liittyvässä koulutuksessa • kansipuolelle teoria- ja simulaattorikoulutusta etäohjausta varten • konepuolelle koulutusta mm. anturi-ohjausta ja huoltoa varten (esim. digital twin-ratkaisut) • uudenlainen merenkulku voi lisätä kiinnostusta alaan ja parantaa koulutuksen laatua – uudet hienot hightech-järjestelmät • uudenlaista tyyppikoulutusta aluksen eri komponentteja varten • tarve perinteiselle koulutukselle tulee säilymään kauan, koska liikenteessä on myös jatkossa perinteisiä aluksia | <ul style="list-style-type: none"> • kuinka saada nykyinen koulutusjärjestelmä reagoimaan nopeasti tulevaan murrokseen • koulutuksesta tulee hyvin haastava, ja sen hyväksyminen ja valvonta asettavat haasteita myös viranomaisille • miten koulutusta säädellään, uudistetaanko STCW, ja tuleeko täysin uusia yleissopimuksia maahenkilöitä varten |
| Pätevyys | <ul style="list-style-type: none"> • uusia ammatteja ja pätevyysvaatimuksia alaan liittyen, joihin liittyy myös juridisia vastuukysymyksiä • tarvitaan päteviä henkilöitä sekä laivoilla että etäohjauskeskuksissa • pätevyysvaatimukset tulevat muuttumaan – henkilöiden tulee olla analyyttisiä ja pystyä hallitsemaan monimutkaisten systeemien muodostamia kokonaisuuksia • ilmailusta tutut laitekohtaiset pätevyysvaatimukset tulevat yleistymään | <ul style="list-style-type: none"> • todellisuudentaju hiipuu pelissä virtuaalimaailmassa • ei osata enää pelätä, vaikka siitä on toisinaan hyötyä • miten pätevyys alalla varmistetaan aina ja kaikkialla, kun se on haaste jo tänäkin päivänä • perinteisten navigointitaitojen osaaminen katoaa (esim. optinen- ja tutkanavigointi) • 99 % ajasta on tylsää laitteiden toimintojen seuraamista, mutta 1% voi olla todella haastava ja stressaava, ja vaatii korkean tason osaamista |
| Terveys | <ul style="list-style-type: none"> • henkinen hyvinvointi paranee, kun pitkät törrit ja erot perheestä jäävät vähemmälle • mahdollistaa ammatin harjoittamisen myös nykyistä heikommassa terveyden tilassa (esim. kyky savusukelta jäisi pois) • hyvä työpisteiden ergonomia auttaa jaksamaan | <ul style="list-style-type: none"> • elämä laivalle on yhä yksinäisempää, kun miehistö pienenee entisestään |

Toimenpide-ehdotukset:

- Kustannus-hyöty analyysien teko, jossa verrataan nykyistä laiva-automaation tasoa sitä korkeampiin tasoihin. Tänä päivänä on jo olemassa paljon hyviä ja toteutuskelpoisia ratkaisuja, mutta niiden hinta on liian korkea toimijoille. Miehittämätön alus on huomattavasti kalliimpi ja sen suunnittelu ja operointi vaativat kokonaan uutta lähestymistapaa.
- Merenkulkijoiden tulee olla mukana laitesuunnittelussa alusta alkaen, koska muutoin merenkulun realiteetit jäävät suunnittelussa helposti vaille huomiota.
- Laiva-automaation kehitys tulee tapahtua asteittain, siten että varmistetaan aina kunkin tason toimivuus ja turvallisuus siirryttäessä tasolta seuraavalle. Toisin sanoen, ei yritetä hypätä esim. tasolta 1 suoraan tasolle 4.
- Jatketaan tuotekehittelyä ja pilottikojeiluja eri toimijoiden välisenä yhteistyönä
- Standardisointia on kehitettävä tässä yhteydessä monella eri sektorilla, ja sen tueksi tarvitaan tutkimusta. Lisäksi on tarpeen selvittää tahot, jotka laativat ja vastaavat standardeista. Tämä olisi syytä toteuttaa pian, ennen kuin laitevalmistajat alkavat kukin omalla tahollaan kehittää omia ja toisistaan riippumattomia tuotteita.
- Edistetään laiva-automaation ja digitalisaation kehitystä IMO:ssa, koska teknologia on jo olemassa, mutta sitä on vaikeaa myydä ennen kuin kansainväliset säädökset tukevat tätä toimintaa ja sille asetetut vaatimukset ovat tiedossa.
- "Avaimenreikä efekti" on syytä huomioida laitesuunnittelussa, esim. ydinvoimateollisuudessa se on eräs keskeisimmistä seikoista.
- Ydinvoimateollisuudessa käytetty NUREC-standardi voi olla avuksi kokonaisuuden suunnittelussa.
- Toiminta tulee painottumaan tiimityöskentelyyn – mallia voi ottaa nykyisestä VTS:n ja Merivartioston toiminnasta tai lennonvarmistuksesta.
- Nykyiset valvontamenettelyt, kuten PSC- ja Flagstate tulee uudistaa. Tarvitaan myös uudet vaatimukset maa-asemille, niiden operaattoreille, mukaan lukien valvonta. Lisäksi ratkaistavaksi tulee monia uusia kysymyksiä, kuten esimerkiksi kuka on aluksen päällikkö, miten hoidetaan meripelastus ja hätätoimet aluksella, lastivakuutus kysymykset jne.

Taulukko 8. Laiva-automaation taso 3

| Aspekti | Mahdollisuudet | Uhat |
|-------------------|---|--|
| Turvalli- suus | <ul style="list-style-type: none"> • ihmishenkien menetykset vä- henevät, kun aluksilla ei ole enää miehistöä • monet tekniset ratkaisut ovat periaatteessa joko jo ole- massa tai ainakin ratkaista- vissa • jos edetään askel askeleelta, tämä voidaan toteuttaa to- dennäköisesti myös turvalli- sesti • uudet energiaratkaisut saat- tavat parantaa alusten tek- nistä toimintavarmuutta • kone tekee väsymättömästi työtä ohjelmoinnin mukai- sesti | <ul style="list-style-type: none"> • tilanne- ja automaatiotietoisuus heikkenee • resilienssin puute - kun asiat ei mene suunnitellusti tulee on- gelmia • muiden alusten miehistö ja ve- neilijät voi menehtyä – miten miehittämätön alus voi auttaa hädässä olevia • heikkoudet maissa tapahtu- vassa vahdinvaihdossa • tekniikan murrosvaiheessa tu- lee usein uusia ja ennalta ar- vaamattomia ongelmia, mikä tekee riskienarvioinnista vai- keaa • kyberuhkien merkitys korostuu entisestään • alalla on paljon hypetystä ja esitetyt aikataulut eivät ole realistisia • öljyllä toimivat polttomoottorit vaativat myös jatkossa osaa- vaa henkilökuntaa laivalla (esim. bläkärit tuskin katoaisi- vat) • miehittämättömien ja miehitet- tyjen alusten välillä voi tulla ongelmia • järjestelmien luettavuus ja redundanttisuus korostuvat en- tisestään ja lisäksi tarvitaan di- versiteettiä, mikä nostaa yhä kustannuksia • huollot tapahtuvat maissa ja ovat periaatteeltaan ennaltaeh- käiseviä • datan saanti aina ja kaikkialla on suuri haaste • miten varmistaa automaatiotie- toisuus, jotta tiedetään esim. mikä on todellinen ongelma, mikä sensoriongelma, toimiiko automaatiikka tarkoituksen mu- kaisesti jne. • inhimillinen virhe siirtyy aluk- selta järjestelmäsuunnitteluun |
| Koulutus | <ul style="list-style-type: none"> • virtuaalitodellisuuden hyö- dyntäminen korostuu • tuulee uusia työtehtäviä ja sen myötä uusia koulutusko- konaisuuksia ja tyyppikoulu- tusta • mallia voitaisiin ottaa ilmai- lusta, jossa huoltotehtävät hoidetaan maissa, ja jossa on | <ul style="list-style-type: none"> • samat kuin tasolla kaksi • kone ehdottaa jotain, mutta päättökseen seurauksia ei ym- märretä reaali maailmassa • miten varmistetaan, että koulu- tus vastaa uusia tarpeita |

| | | |
|----------|--|--|
| | <p>tiukat laitekohtaiset koulutusvaatimukset ja näyttökokeet</p> <ul style="list-style-type: none"> • uusia houkuttelevia urapolkuja nuorille • isot toimijat voivat ottaa hoidakseen kokonaiset alusten komponentit niiden elinkaaren ajan samoin kuin ilmailussa, jolloin vältetään omistajan vaihdoista aiheutuvista ongelmista • järjestelmä- ja prosessikoulutuksen merkitys korostuu entisestään • sekä järjestelmien että koulutuksen on oltava läpinäkyviä, eikä "mustalaatikko" tyyppiä • voidaan hyödyntää jo olemassa olevia komponentteja, mutta uusia tarvitaan • osaamisen tulevaisuusfoorumi tuottaa tietoa tähän tarkoitukseen | |
| Pätevyys | <ul style="list-style-type: none"> • tekniseen suunnitteluun tarvitaan uusia vaatimuksia • laitekohtaiset pätevyysvaatimukset samoin kuin ilmailussa tai sähköpuolella • järjestelmätason vaatimukset | <ul style="list-style-type: none"> • samat kuin tasolla kaksi |
| Terveys | <ul style="list-style-type: none"> • samat kuin tasolla kaksi | <ul style="list-style-type: none"> • samat kuin tasolla kaksi |

Toimenpide-ehdotukset:

- Tulee kehittää uusia menetelmiä turvallisuuden ja riskien arvioimiseksi. Perinteinen FSA-lähestymistapa ei enää riitä, vaan kompleksisessa järjestelmässä täytyy tarkastella koko järjestelmää, sen luotettavuutta, resilienssiä, inhimillisiä tekijöitä yms. uudella tavalla.
- Laitekohtaiset tekniset pätevyysvaatimukset on huomioitava koulutuksessa ja toimintaa tulee auditoida aktiivisesti. Kokonaisuus tulee olemaan hyvin monimutkainen, ja sen hallintaan pystyvät todennäköisesti vain suuret toimijat, samoin kuin autoteollisuudessa.
- Kehitetään uusia ja toimintavarmoja energiaratkaisuja, nykyisten polttomootoreiden tilalle
- Panostusta suunnitteluun ja koulutukseen. Edessä on suuria haasteita, kun pitää osata verifioida ja arvioida kokonaisia järjestelmiä ja laivastoja, joissa esim. tekoäly on osana toimintaa.
- Tämä ei rajoitu pelkkään aluksen ohjailuun ja koneistojärjestelyihin, vaan se vaikuttaa myös mm. lastinkäsittelyyn matkan aikana sekä toimintaan satamissa – koko järjestelmää täytyy näin ollen tarkastella uudessa valossa.
- Mahdollistetaan erityyppisiä kokeiluja viranomaisen toimesta.

Taulukko 9. Laiva-automaation taso 4

| Aspekti | Mahdollisuudet | Uhat |
|--------------|--|---|
| Turvallisuus | <ul style="list-style-type: none"> • voi edistää turvallisuutta merkittävästi • standardisoinnin merkitys korostuu entisestään | <ul style="list-style-type: none"> • ala pyrkii rahallisen intressin vuoksi tälle tasolle liian nopeasti ilman että asiat on kunnolla tutkittu ja selvitetty • ei ymmärretä, että tämä vaatii kokonaan uudenlaista ajattelua, jossa lähtökohtana on koko systeemi • kyberuhkien merkitys korostuu entisestään • turvallisuuden tunne hiipuu, kun ihminen ei ole ohjaimissa (esim. automaatti metro) • suunnittelussa ei ole mahdollista huomioida kaikkea, joten ihminen tulee olemaan myös tässä tasossa osa kokonaisuutta, koska hän on luova ja keksii ratkaisuja • miten kommunikaatio hoidetaan perinteisen liikenteen kanssa ymmärrettävästi ja luotettavasti • Mars-lennoilla maakeskus on yhä vahvassa roolissa, vaikka toiminta on hyvin pitkälti automatisoitu |
| Koulutus | <ul style="list-style-type: none"> • täysin uusia koulutus mahdollisuuksia, kun lähtökohtana on koko systeemi ja sen muutos | <ul style="list-style-type: none"> • ei onnistuta luomaan koulutusta jossa on kaikki tarvittavat komponentit ja jotka on integroitu toisiinsa oikein |
| Pätevyys | <ul style="list-style-type: none"> • pätevyys muodostuu tii-meistä ja sen kollektiivisesta osaamisesta • johtajuus ja yhteistyö korostuu | <ul style="list-style-type: none"> • kuka pystyy tarjoamaan tällaista koulutusta |
| Terveys | | |

Toimenpide-ehdotukset:

- Tulee ajatella, että tämä taso on visio, johon pyritään pitkällä tähtäimellä eikä konkreettinen tavoite johon on päästävä nyt ja heti.
- Vasta tässä automaation todelliset hyödyt tulevat esiin, kuten kustannussäästöt, turvallisuuden paraneminen, ympäristöhaittojen ehkäisy yms. Tälle tasolle pääsy on kuitenkin erittäin haastavaa, ja se tulisi tapahtua vaihe vaiheelta. Lisäksi tämä taso koskisi vain osaa alustyypeistä, eikä esim. matkustaja-alueita.
- Toiminnan tueksi mallia voisi ottaa ilmailusta, jossa on tiukat tyyppihyväksynät, standardit sekä koulutus- ja pätevyysvaatimukset eri komponenteille.
- Tekoälyn merkitys tulee tässä kasvamaan merkittävästi, mikä vaatii perinpohjaista tutkimusta ja harkintaa.
- Tämä taso IMO:n kuvaamalla tavalla ei ole realistinen, koska ihmistä tullaan tarvitsemaan myös korkealla automaatiotasolla.
- Kehitys tapahtuu melko tasaisesti, mutta harppauksia voi tulla joillakin osaluilla.

- IMO:n kehittämä nykyinen luokittelu vaatii vielä parannuksia, etenkin taso 4.

3.5 Johtopäätökset

Tässä luvussa käsiteltiin kirjallisuuskatsauksen, skenaarioiden ja SWOT-menetelmään perustuvien haastattelujen avulla laiva-automaation kehityksen vaikutuksia ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon ja viranomaistoimintaan. Alla on yhteenveto tutkimuksen tuloksista.

1. *Miten ihmisen ja koneen välinen kommunikaatio tulee muuttumaan laiva-automaation kehittyessä?*

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan esittää johtopäätös, että arviot laiva-automaation kehityksen vaikutuksista ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon ovat sitä epävarmempia, mitä kauemmas ne ulottuvat laiva-automaation evoluutiossa. Toisen sanoen, kun verrataan esimerkiksi laiva-automaation tasoja 2 ja 4 toisiinsa, ensin mainittuun liittyy selvästi vähemmän epävarmuustekijöitä kuin jälkimmäiseen, mikä vaikuttaa arvion luotettavuuteen (Kuva 4).

Tässä tutkimuksessa arvioinnin haasteeksi osoittautui erityisesti se, että laiva-automaation kehityksen vaikutukset ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon ovat vahvasti kytköksissä muuhun kehitykseen sen sisäisessä ja ulkoisessa toimintaympäristössä, eli koko niin sanotussa ekosysteemissä. Esimerkiksi automaatiojärjestelmien kyky ylläpitää ja välittää tilanne- ja automaatiotietoisuutta ihmiselle, tai tehdä tekoälyyn perustuvia itsenäisiä päätöksiä järjestelmän tuottaman tiedon perusteella on vahvasti kytköksissä siihen, miten nopeaa on yleinen kehitys tiedonsiirrosta, tekoälyratkaisuihin, kustannustehokkuudessa, toimintaa koskevassa sääntelyssä jne. Kyse on siis hyvin monimutkaisesta kokonaisuudesta, joka koostuu useista eri tekijöistä ja niiden välisistä vuorovaikutuksista, joiden yhteisvaikutusta on hyvin vaikea ennakoita.

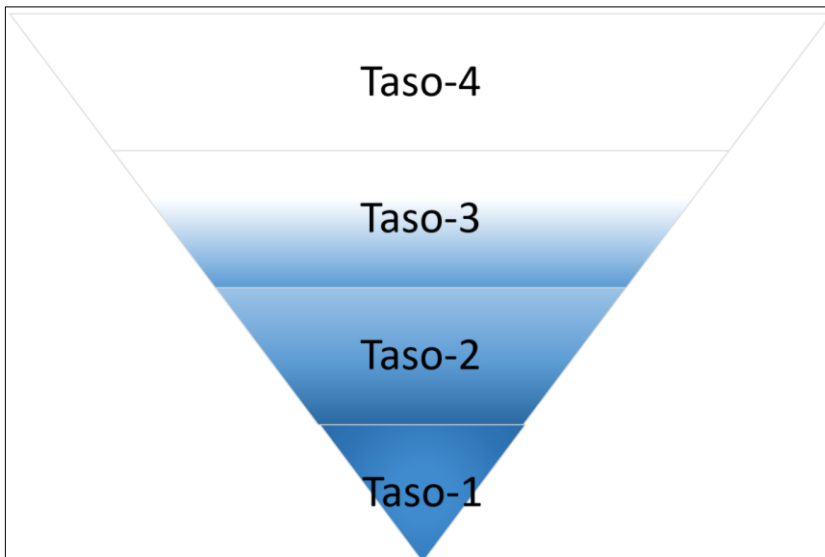
Yleisellä tasolla voidaan kuitenkin tehdä joitain johtopäätöksiä. Ensinnäkin, kun siirrytään laiva-automaation tasolta 1 tasolle 2, ihmisen ja koneen välinen kommunikaatio tulee todennäköisesti lisääntymään, mutta muuttaa samalla muotoaan. Nykyisten komponenttien, jotka koostuvat aluksen henkilökunnasta ja aluksen automaatiojärjestelmistä, rinnalle tulee uusi kolmas komponentti, jossa ihmiset kontrolloivat alusta myös maista käsin. Esimerkkinä tästä tasosta mainittakoon toimintatapa miehitetyillä avaruuslennoilla.

Toiseksi, kun siirrytään laiva-automaation tasolta 2 tasolle 3, kehityksen suunta tässä kontekstissa todennäköisesti muuttuu. Tosin sanoen, kun laivalla ei ole enää omaa henkilökuntaa, se on yksi komponentti pois tästä kokonaisuudesta, mikä puolestaan vähentää kommunikaatiota ihmisen ja koneen välillä. Samalla se toisaalta korostaa aluksen ja maa-aseman välisen kommunikaation merkitystä, ja aluksen kykyä toimia itsenäisesti. Tästä tasosta esimerkkinä mainittakoon toimintatapa nykyisessä kaivos- ja ydinvoimateollisuudessa.

Kolmanneksi, kun siirrytään laiva-automaation tasolta 3 tasolle 4, kommunikaatio ihmisen ja koneen välillä vähenee entisestään tekoälyn tehdessä päätökset saamansa sensoritiedon perusteella. Tämän tason suhteen on kuitenkin syytä korostaa, että haastattelujen perusteella sitä ei pidetä merenkulussa realistisena, vaan ihmisellä tulee olemaan rooli myös hyvin pitkälle viedyissä automaatoratkaisuissa. Esimerkiksi

miehittämättömissä Mars-lennoissa, jotka edustavat kehityksen kärkeä tällä sektorilla, maa-asema on yhä tärkeässä roolissa. Näin ollen tämä taso nähdään lähinnä visiona, joka voi ohjata laiva-automaation kehitystä, mutta tätä visiota tulee vielä kuitenkin tarkentaa.

Lopuksi, tämän tutkimuksen perusteella laiva-automaation kehityksen aiheuttamat muutokset ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon tapahtuvat todennäköisesti vähitellen, kun tulee uusia innovaatioita, ulkoinen toimintaympäristö mahdollistaa niiden käytön, ja hyödyt ovat suuremmat kuin kustannukset. Tätä kehityskulkua voi verrata esimerkiksi autoteollisuuteen, jossa uudet tekniset ratkaisut, kuten luistonestojärjestelmät, kaistavahdit yms. ovat pikkuhiljaa tulleet vakiovarusteeksi monen eri valmistajan autoihin, kun järjestelmät on todettu toimiviksi, niiden käytölle on luotu ulkoiset edellytykset ja kustannukset on saatu maltillisiksi. Lisäksi tulokset viittaavat siihen, että laiva-automaation taso tulee todennäköisesti vaihtelemaan laivan matkan aikana. Toisin sanoen, matkan haastavimmat navigointiosuudet hoitaa myös jatkossa vielä pitkään laivan miehistö, mutta matkan avomeriosuuksilla automaation rooli tulee kasvamaan.



Kuva 4. Epävarmuuden kasvu siirryttäessä laiva-automaation tasolta toiselle.

2. *Mihin toimenpiteisiin Suomen merenkulkuviranomaisten tulisi ryhtyä, jotta laiva-automaation kehityksen vaikutukset ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon olisivat mahdollisimman myönteiset?*

Tämän kysymyksen vastauksia käsitellään kappaleessa 5, sillä ne ovat sovellettavissa myös osatutkimuksiin 1 ja 3.

4 Miten perinteinen liikenne ja automaattiset alukset sovitaan yhteen normaali- ja hätätilanteessa?

Keskeinen kysymys ennen autonomiseen meriliikenteeseen siirtymistä on varmistaa autonomisten alusten liikkuminen muun liikenteen joukossa ilman, että siitä aiheutuu vaaraa alukselle itselleen, ympäristölle ja muulle meriliikenteelle. Kuinka pitkälle voidaan toimia nykyisten COLREG-sääntöjen puitteissa, joissa ei kuitenkaan nimenomaisesti vielä ole käsitelty autonomisia tai etäohjattuja aluksia?

Tutkimuskysymys on: "Miten perinteinen liikenne ja automaattiset alukset sovitaan yhteen normaali ja hätätilanteessa?"

Tutkimusmenetelmänä käytettiin kirjallisuuskatsausta sekä haastatteluita. Kirjallisuuskatsaus ja haastattelut tehtiin maalis-huhtikuussa 2019. Kirjallisuuskatsauksen pääasiallisena hakukoneena käytettiin Google Scholarin hakua. Hakusanoina käytettiin seuraavia englannin kielisiä avainsanoja:

- "Autonomous ship"
- "Autonomous ship navigation"
- "Autonomous ship collision avoidance"
- "Autonomous ship communication"

Haastatteluiden kohteeksi valittiin henkilöitä, jotka osallistuivat kahteen vuoden 2018 aikana Suomessa suoritettuun kokeiluun.

Suomen Lauttaliikenne -konserni (Finferries) ja Rolls-Royce kokeilivat 3. joulukuuta 2018 onnistuneesti lautta-aluksen autonomista operointia ja etäoperointia Turun saaristossa Paraisten ja Nauvon välillä.⁹

Toinen vastaava kokeilu suoritettiin Helsingin seudun liikenteen ja ABB:n yhteistyössä. Kokeilussa testattiin Suomenlinna II -lautan etäohjausta testialueella Helsingin sataman edustalla olleella testialueella. Koe toteutettiin lautan liikennöintiäkojen ulkopuolella ilman matkustajia ja alueella, jossa ei liikennöinyt muita aluksia.¹⁰

Haastatteluissa asiakasyrityksiä, eli Finferriestä ja Helsingin seudun liikennettä, edusti kumpaakin yksi henkilö. Teknologiayrityksiä edustivat Rolls Royceltä yksi henkilö, joka toimi kokeilun projektipäällikkönä, sekä ABB:ltä kolme henkilöä. Lisäksi haastateltiin Liikenne- ja viestintäviraston kolmea virkamiestä, jotka ovat seuranneet merenkulun automaation kehitystä ja kyseisiä kokeiluita.

4.1 Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsausta varten tehdyissä haussa tähän tutkimukseen valikoitui 14 lähi-vuosina (2015 -2019) julkaistua tieteellistä vertaisarvioitua artikkelia. Kooste näistä artikkeleista on esitetty liitteen 1 taulukossa, josta löytyvät kunkin artikkelin abstraktit sekä keskeisimmät tulokset ja johtopäätökset.

⁹ <https://www.finferries.fi/ajankohtaista/lehdistotiedotteet/finferriesilla-maailman-ensimmainen-taysin-autonomisen-lautta-alus.html>

¹⁰ <https://new.abb.com/news/fi/detail/11652/abb-toteutti-uraaurtavan-etaohjatun-matkustaja-aluksen-testiajon-helsingissa>

Tämän tutkimuksen kannalta tärkein kirjallisuuskatsauksessa esiin tullut teema oli yhteentörmäyksen välttäminen (Collision Avoidance). Artikkeleissa^{11,12,13,14} esitellään autonomisten alusten tarvitsemia algoritmeja, joiden avulla alus tekee mahdollisia väistämispäätöksiä merenkulun kansainvälisten COLREG-sääntöjen mukaan ottaen huomioon muiden alusten liikkeitä. Artikkeleiden kuvaamissa tutkimuksissa arvioitiin algoritmien pätevyyttä tekemällä erilaisia simulointeja tai testejä tekemällä mallikoita.

Johansen ja muiden mukaan¹⁵ autonomisten alusten tarvitsemat algoritmit ovat riittävän tehokkaita ennakoimaan muiden kohteiden liikkeitä ja siten suoriutumaan tarvittavista väistöliikkeistä. Heidän mukaansa näitä algoritmeja voidaan hyödyntää miehitetyillä aluksissa päätöksen teon tukemiseen ja autonomisilla aluksilla tekemään tarvittavat päätökset väistöliikkeistä.

Woerner ja muut¹⁶ testasivat useamman aluksen mallikokeilla, kuinka hyvin autonominen alus selviytyy yhteentörmäyksen välttämisestä suhteessa ihmiseen. Kokeissa autonomisen aluksen täytyi pystyä päättämään muiden alusten aikomukset pelkäämään niiden sijainnin ja liikkeiden perusteella sekä tekemään omat manööverit COLREG-sääntöjen mukaisesti. Mallikokeet osoittivat, että autonominen alus pystyy toimimaan onnistuneesti ihmisen ohjaaman aluksen kanssa. Lisäksi kokeet osoittivat, että ihmisen ohjaamana alukset tekevät väistöliikkeet aiemmin kuin autonomiset alukset, minkä perusteella Woerner ja muut katsoivat, että autonomiset aluksen kykenisivät liikkumaan tehokkaamman kuin ihmisen operoimat alukset (a greater mission efficiency).¹⁷

Chen ja Mou¹⁸ mukaan autonomisiin aluksiin kehitettävien yhteen törmäyksen välttämisen järjestelmien tulee perustua COLREG-sääntöihin ja hyvään merimiestapaan, millä tässä tarkoitetaan sitä, että aluksen manööverit suoritetaan hyvissä ajoin ja riittävän suurina. Tällöin perinteiset alukset voivat suhtautua autonomisiin aluksiin kuten muihin aluksiin.

Porathe ja Brödje¹⁹ esittävät paperissaan STM-meriliikenteen hallintajärjestelmää (Sea Traffic Management – STM), jonka yhtenä ominaisuutena on reaaliaikainen reittisuunnitelmien vaihto alusten kesken sekä alusten ja VTS-keskuksen kesken. Heidän mukaan reittisuunnitelmien sähköisellä tiedonvaihdolla voidaan parantaa alusten liikkeiden ennakoitavuutta autonomisten ja miehitettyjen alusten välillä. Tämä lisäisi samalla luottamusta autonomisiin aluksiin.

Johansen ja Perez²⁰ esittävät yhtenä apuvälineenä autonomisten alusten ja muiden alusten väliseen havainnointiin miehittämättömien lennokkien käyttöä täydentämään tutkan ja AIS-järjestelmän tuottamaa tietoa aluksen ympäristöstä. Lennokkien käyttö mahdollistaisi paremman tilannekuvan muodostamisen varsinkin sellaisista kohteista, jotka eivät kykene kommunikoimaan aluksen kanssa tai joita ei ole esitetty kartalla.

¹¹ Johansen, T. A., Perez, T., & Cristofaro, A. (2016).

¹² Perera, L. P., Ferrari, V., Santos, F. P., Hinostroza, M. A., & Soares, C. G. (2015).

¹³ He, Y., Jin, Y., Huang, L., Xiong, Y., Chen, P., & Mou, J. (2017).

¹⁴ Woerner, K., Benjamin, M. R., Novitzky, M., & Leonard, J. J. (2018).

¹⁵ Johansen, T. A., Perez, T., & Cristofaro, A. (2016).

¹⁶ Woerner, K., Benjamin, M. R., Novitzky, M., & Leonard, J. J. (2018).

¹⁷ Woerner, K., Benjamin, M. R., Novitzky, M., & Leonard, J. J. (2018).

¹⁸ Chen, P., & Mou, J. (2017).

¹⁹ Porathe, T., & Brödje, A. (2015).

²⁰ Johansen, T. A., & Perez, T. (2016).

4.2 Haastattelut

Haastattelut suoritettiin teemahaastatteluina²¹. Niissä pyritään keskustelun-omaiseen tilanteeseen, jossa haastateltavat saavat vapaasti puhua ennalta valituista teemoista haluamassaan laajuudessa. Myös kysymykset ovat väljiä ja niiden muoto vaihtelee eri haastateltavien kanssa.

Haastatteluiden tavoitteena oli kerätä kokemuksia Suomessa tehdystä kahdesta autonomisen aluksen ohjailun ja etäohjauksen kokeilusta. Seuraavassa on esitetty tämän tutkimuksen tarkemmat kysymykset ja lyhyet yhteenvedot haastatteluissa esiin nousseista näkemyksistä:

Mikä oli organisaation tavoite kokeiluun osallistumiselle?

- Asiakasorganisaatiot olivat mukana antamalla kokeilujen käyttöön aluksensa ja tarjotakseen kokeiluille elävän todellisen ympäristön. Motivaatio kokeiluihin osallistumisessa oli auttaa edistämään teknologia kehitystä.
- Finferries ei pitänyt autonomisiin tai etäohjattuihin lauttoihin siirtymistä mahdollisena, mutta tällä hetkellä ovat käyttövoimaan liittyvät kysymykset ehkä ajankohtaisempia.
- Suomenlinnan lautat toimivat Suomen vilkasliikenteisimmällä merialueella, joten heillä autonomisiin aluksiin tai etäohjattuihin aluksiin siirtyminen ei ole näköpiirissä.
- Teknologiayritysten kannalta kokeilujen tavoite oli osoittaa, että teknologia on jo sillä tasolla, että sitä voidaan ottaa käyttöön.
- Pitkällä tähtäimellä tavoite on säästää henkilöstökuluissa ja mahdollistaa palvelua myös hiljaisille ajankohdille ja vähemmän liikennöidyille reiteille.
- Autonomisiin aluksiin ja etäoperointiin käytettävän teknologian uskotaan parantavan myös turvallisuutta.

Miten kokeilu sujui oman organisaation tai muulta kannalta?

- Vastaajien mukaan molemmat kokeilut sujuivat hyvin ja antoivat paljon tietoa jatkokehittämiselle.
- Yritysten kannalta kokeilut onnistuivat osoittamaan, että autonomisiin aluksiin tai etäohjattuihin aluksiin voitaisiin siirtyä teknologian puolesta jo hyvin pian. Teknologia-yritysten kaupalliset ponnistukset kohdistuvat haastatteluiden teon aikana erilaisten päätöksenteontukijärjestelmien tarjoamiseen miehitetyille aluksille.
- Tehtyjen kokeilujen aikana ei testattu mahdollista toimintaa ongelmatilanteissa.

Miten autonomisten alusten tai etäohjauksen kehitys menee tästä eteenpäin?

- Ensimmäiset operatiiviset autonomiset tai etäohjatut alukset voisivat olla mahdollisia jo aivan lähiaikoina. Ne liikennöisivät lyhyillä vakioreiteillä, vähäliikenteisillä alueilla ja vähäliiketeiseen aikaan. Tällaisia aluksia voisivat olla esim. maantielautat ja yhteysalukset, jotka toimivat lyhyillä reiteillä. Näillä aluksilla haasteena ei ole välttämättä turvallinen navigointi vaan se, kuinka aluksella voidaan hoitaa mahdolliset ongelma- ja hätätilanteet, kun niissä on matkustajia kyydissä.

²¹ Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006

- Satunnaisilla ja vähänkin pidemmillä saaristo- ja rannikkoreiteillä ei tulla autonomisia aluksia näkemään vielä pitkään aikaan. Etäohjattujen alusten ilmestyminen vaativammille reiteille edellyttää varsinkin tiedon siirtoon ratkaisuja sekä tiedonsiirtokapasiteetin että tarvittavan tietosisällön/-määrän suhteen.
- Matkustajaliikenne tulee siirtymään todennäköisesti viimeisinä miehittämättömiin aluksiin.
- Vilkas liikenteisillä alueilla, kuten Helsingin edustajalla, on vaikea nähdä pitkään aikaan toteutuskelpoisia ratkaisuja miehittämättömille aluksille.
- Yritysten lähiaikojen tavoite on pyrkiä kaupallistamaan kokeiluissa käytetyt teknologiat. Kokeiluissa käytetyt teknologiat rakentuivat jo tuotantokäytössä olevista moduuleista kuten esimerkiksi dynaamisen paikannuksen (Dynamic Position) järjestelmistä. Kehitetyt teknologia tarjoavat apuvälineitä esimerkiksi tähyttämiseen ja aluksen ohjailuun sekä päätöksenteon tukijärjestelmiä yhteentörmäyksen tai karilleajon välttämiseksi.
- Autonomia tulee olemaan hyvin pitkään valvottua automaatiota, jossa joko aluksen miehistö tai etäohjauskeskus valvoo toimintaa.

Mikä on viranomaisen rooli tässä kehityksessä?

- Viranomaisedustajat näkevät, että heidän rooli ei ole osallistua teknologia kehittämiseen vaan toimia mahdollistajana.
- Kun teollisuus kehittää voimakkaasti uusia teknologioita, heillä on myös asiantuntemus niihin. Kysymys kuuluu, kehittykö viranomaisten ja myös teknologian asiakkaiden asiantuntemus riittävästi pitkällä tähtäimellä ja onko viranomaisilla kykyä arvioida eri teknologioiden kykyä ja laatua? Viranomaisten pitäisi määrittellä tavoitepohjaiset suorituskykystandardit, joiden perusteella luokituskäytökset tai muut kolmannet osapuolet voivat arvioida järjestelmien toimivuutta. Viranomaisten pitäisi määrittellä myös sellaiset standardit, että asiakkaat eivät olisi tulevaisuudessa yhden toimittajan varassa, vaan heillä olisi mahdollisuus aidosti kilpailuttaa osajärjestelmiä.
- Tulevaisuudessa ei riitä, että arvioidaan ainoastaan alusta yksittäisenä toimijana. Sen sijaan on arvioitava myös taustalla olevia järjestelmiä, ohjelmistoja, käytettäviä yhteyksiä ja ohjauskeskuksia ja niitä operoivia organisaatioita kokonaisuutena.

Miten autonomiset tai etäohjatut alukset ja muu liikenne ovat sovitettavissa yhteen?

- Haastateltavien näkemys oli, että kokeiluvaiheessa voidaan ajatella muulta liikenteeltä rajoitettua aluetta, mutta operatiivisessa vaiheessa autonomisten ja etäohjattujen alusten on pystyttävä liikkumaan muun liikenteen joukossa.
- Varsinkin teknologiatoimittajat näkevät, että autonomiset alukset ja etäohjatut alukset on oltava varusteltu sellaisilla havainnointitekniikoilla, että ne kykenevät arvioimaan tulevaa liikennetilannetta paljon aiemmin kuin nykyisin vallitsevan teknologia tason avulla ihminen pystyy komentosillalla tekemään havainnot. Tämän vuoksi he arvioivat, että kiperiä väistötilanteita ei juuri synny tai niitä syntyy merkittävästi vähemmän kuin nykytilanteessa. Autonomiset alukset voivat korjata kurssiaan niin hyvissä ajoin, ettei siitä olisi myöskään aika- ja tilallista haittaa aluksen kululle.
- Haastateltavien mukaan, niin kauan kuin liikutaan sääntöjen (COLREG) mukaan, ongelmia ei tule esiintymään. Samoin kuin nykyisinkin vaaratilanteita ja onnettomuuksia voi aiheutua sääntöjen rikkomisesta. Tosin autonomisten alusten ei uskota rikkovan sääntöjä, mutta niiden liikkumista voidaan haitata

ja häiritä rikkomalla sääntöjä. Yksi esimerkkitalanne voisi, olla huvialuksen tekemä tahallinen häirintä. Haastateltavien mukaan ihminen voi sooloilla, venyttää sääntöjä ja jopa rikkoa niitä mutta algoritmi tekisi vain sen, mikä on sille ohjelmoitu, jolloin algoritmin toiminta olisi ennustettavampaa, kun se perustuu COLREG-sääntöihin.

- Toisaalta ihminen voi rikkoa sääntöjä myös ratkaistakseen ongelman ja esittääkseen onnettomuutta syntymästä.
- Autonomisilla ja etäohjatuilla aluksilla tarvitaan luotettavat tilannetietoisuusjärjestelmät, jotta nämä kykenevät luotettavasti havaitsemaan ympäristön kohteet ja sen perusteella tekemään oikeat ratkaisut väistämisen suhteen. Koska teknologia toimittaja kehittävät jokainen omia ratkaisujaan algoritmeiksi, tarvitaan joku kolmas taho joka validoi järjestelmien luotettavuuden ja toimintavarmuuden ennen kuin ne otetaan operatiiviseen käyttöön.

Mitä asioita on ratkaistava ennen kuin autonomisia aluksia tai etäohjausta otetaan käyttöön?

- Ratkaistava kysymys on, miten autonomista alusta kutsutaan, kun tarvitaan elävää kommunikaatiota kohdattavan aluksen aikeiden selvittämiseksi. Etäohjaus ei saisi olla ns. viimeinen lenkki (last resource), koska yhteydet etäohjauskeskuksen ja autonomisen aluksen välillä voivat katketa.
- On kehitettävä toimintatavat niitä tilanteita varten, jolloin tarvitaan kommunikaatiota autonomisten alusten ja miehitettyjen alusten välillä, eikä pelkkä kohdattavan aluksen havainnointi riitä.

4.3 Yhteenveto

Tämän tutkimuksen kannalta tärkein kirjallisuuskatsauksessa esiin tullut teema oli yhteentörmäyksen välttäminen (Collision Avoidance). Tyypillisesti artikkeleissa esitellään autonomisten alusten tarvitsemia algoritmeja, joiden avulla alus tekee mahdollisia väistämispäätöksiä merenkulun kansainvälisten COLREG-sääntöjen mukaan ottaen huomioon muiden alusten liikkeitä. Kirjallisuuden mukaan autonomisten alusten tarvitsemat algoritmit ovat tänä päivänä riittävän tehokkaita ennakoimaan muiden kohteiden liikkeitä ja siten suoriutumaan tarvittavista väistöliikkeistä. Muutoin autonomisten alusten ja perinteisten alusten yhteen sovittamista ei tutkimuskirjallisuudessa ole tähän mennessä tarkasteltu juuri ollenkaan.

Haastatteluiden perusteella ensimmäiset operatiiviset autonomiset tai etäohjatut alukset voisivat olla mahdollisia jo aivan lähiaikoina. Ne liikennöisivät lyhyillä väkioireiteillä, vähäliikenteisillä alueilla ja vähäliiketeiseen aikaan. Satunnaisilla ja vähänkin pidemmällä saaristo- ja rannikkoreiteillä ei tulla autonomisia aluksia näkemään vielä pitkään aikaan. Yritysten lähiaikojen tavoite on pyrkiä kaupallistamaan kokeiluissa käytetyt teknologiat. Lähitulevaisuudessa teollisuus keskittyy tarjoamaan tekoälyyn pohjautuvia apuvälineitä miehitettyjen alusten komentositatyöskentelyyn.

Kirjallisuuden ja haastatteluiden perusteella näyttää siltä, että täysin itsenäinen ja autonominen alus olisi teknologian puolesta mahdollista toteuttaa. Tarvittava teknologia on olemassa eikä se uusin aluksiin toteutettuna ole edes hirveän kallista. Vanhoissa aluksissa integraatio olemassa olevaan laitekirjoon tulee olemaan vaikeaa.

Autonominen liikenne on vielä pitkään "valvottua autonomiaa". Autonomista alusta valvotaan, joko aluksen komentosillalta tai etävalvomosta. Jossain tietyissä olosuhteissa voidaan sallia täysin itsenäinen aluksen kulku, jolloin henkilöstö voisi tehdä

muita tehtäviä tai levätä. Nämä tilanteet on etukäteen määriteltävä ja ohjeistettava sekä säädöksen kautta, että itse kunkin varustamon turvallisuusjohtamisjärjestelmässä.

Sekä kirjallisuus että tehdyt haastattelut indikoivat, että autonomiset tekoälyyn pohjautuvat järjestelmät kykenevät tehokkaammin havainnoimaan ympäristöään ja siellä olevia kohteita. Ennakoivamman havainnoinnin ansiosta autonomiset alukset kykenisivät tekemään aikaisempia ja tehokkaampia ratkaisuja yhteentörmäyksen välttämiseksi, mikä parantaisi turvallisuutta.

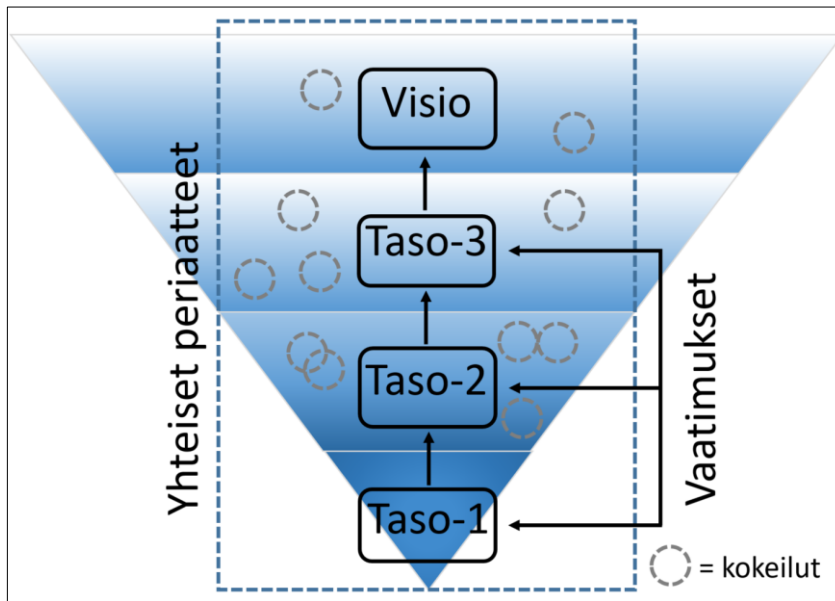
Autonomiset ja etäohjatut alukset tulevat sopimaan yhteen muun liikenteen kanssa normaalioloissa. Haasteena on löytää keinot niihin kohtaamistilanteisiin, joissa kohdattavan aluksen liikkeen havainnointi ei riitä vaan tarvitaan alusten välistä kommunikaatiota toisen aluksen aikeiden varmistamiseksi. Tutkimuskirjallisuudessa ei juurikaan ole tarkasteltu autonomisen aluksen tai etäohjatun aluksen mahdollisia ongelmatilanteita kuten esimerkiksi black-out tai tulipalo. Näihin ongelmatilanteisiin liittyy paljon ratkaisemattomia kysymyksiä.

5 Johtopäätökset

Koska Suomi on yksi edelläkävijöistä merenkulun digitalisaation ja laiva-automaation alalla, on sillä hyvät mahdollisuudet ohjata myös jatkossa laiva-automaation kehityksen suuntaa sekä kansallisesti että kansainvälisesti. Tämän tutkimuksen perusteella laiva-automaation kehitykseen liittyvään epävarmuuteen voidaan vaikuttaa mm. laa-
timalla toimintaa ohjaava visio, sopimalla keskeisistä periaatteista, asettamalla kansainvälisiä ja kansallisia säädöksiä, ja toteuttamalla kokeiluja uuden tiedon saamiseksi (Kuva 5).

Tutkimuksen perusteella esitetään seuraavia toimenpide-ehdotuksia vaikuttamisen tueksi.

1. Laaditaan viranomaisten, kaupallisten toimijoiden, oppilaitosten ja tutkijoiden kanssa yhdessä visio siitä, mihin laiva-automaatiossa tulee pyrkiä reaali-
teetit huomioiden.
2. Määritetään viranomaisten, kaupallisten toimijoiden, oppilaitosten ja tutkijoiden kanssa yhdessä periaatteet, jotka ohjaavat laiva-automaation kehitystä. Esimerkkinä mainittakoon tutkimuksissa esiin nostettu seikka, että automaatioalusten on oltava vähintään yhtä turvallisia kuin perinteiset alukset.
3. Laaditaan strategia, joka ohjaa matkalla kohti aiemmin laadittua visiota. Kuten haastatteluissa todettiin, kehityksessä tulisi edetä vaihe vaiheelta niin, että kulloisenkin laiva-automaatiotason turvallisuus varmistetaan aina ennen siirtymistä seuraavalle tasolle.
4. Edistetään laiva-automaatiota koskevaa sääntelyä sekä kansainvälisillä että kansallisilla foorumeilla, ja haetaan ratkaisuja uudenlaisiin valvontamenetelyihin liittyen. Kohtaan 3 viitaten, tämä työ tulisi ensin keskittyä laiva-automaation tasoon 2, ja kun toiminnassa on saavutettu riittävä kypsyyden, tässä työssä voidaan edetä tasolta seuraavalle. Kappaleessa 3.3.2 on useita hyviä käytännön toimenpide-ehdotuksia tasoon 2 liittyen. Samalla voidaan selvittää mm. kysymyksiä tiedon ja laitteiden standardisointiin liittyen.
5. Jatketaan kokeiluja laiva-automaation eri tasoilla ja tehdään siihen liittyvää kansainvälistä yhteistyötä, jotta saadaan mahdollisimman paljon uutta tietoa kehitystyötä varten. Lisäksi voidaan selvittää muiden toimialojen, kuten ilmailun, avaruusteknologian sekä ydinvoima- ja kaivosteollisuuden hyviä käytäntöjä, jotka ovat sovellettavissa merenkulkuun.



Kuva 5. Keinoja hallita laiva-automaation kehitykseen liittyviä epävarmuuksia.

6 Lähdeluettelo

- Ahvenjärvi, S. (2016). The human element and autonomous ships. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 10.
- Allal, A. A., Mansouri, K., Youssfi, M., & Qbadou, M. (2017, November). Toward a new maritime communication system in Detroit of Gibraltar where conventional and autonomous ships will co-exist. In *2017 International Conference on Wireless Networks and Mobile Communications (WINCOM)* (pp. 1-8). IEEE.
- Andrews D. (2018). Does the Future Ship Designer Need to be a Human Factors Expert? in Bertram, V. (Ed.). (2018). *17th International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries, COMPIT'18: Pavone, 14-16 May 2018*
- Bertram, V., & Plowman, T. (2018). Virtual Reality for maritime training: A survey. In *Proceedings of the 17th International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries, Pavone* (pp. 7-21).
- Blanke M., Henriques M., Bang J. A pre-analysis on autonomous ships (2017). Technical University of Denmark (p. 27)
- Carey, L. (2017). All hands off deck? The legal barriers to autonomous ships.
- Core (2018). Maritime autonomous surface ships - Zooming in on civil liability and insurance. (www.cefor.no)
- Danish Maritime Authority. (2017). Analysis of Regulatory Barriers to the use of Autonomous Ships Final Report. tech. rep.
- He, Y., Jin, Y., Huang, L., Xiong, Y., Chen, P., & Mou, J. (2017). Quantitative analysis of COLREG rules and seamanship for autonomous collision avoidance at open sea. *Ocean Engineering*, 140, 281-291.
- Hinostroza, M. A., & Soares, C. G. (2018, April). Collision avoidance, guidance and control system for autonomous surface vehicles in complex navigation conditions. In *Progress in Maritime Technology and Engineering: Proceedings of the 4th International Conference on Maritime Technology and Engineering (MARTECH 2018), May 7-9, 2018, Lisbon, Portugal* (p. 121). CRC Press.
- Hinostroza, M. A., Soares, C. G., & Xu, H. (2018, June). Motion Planning, Guidance and Control System for Autonomous Surface Vessel. In *ASME 2018 37th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering* (pp. V11BT12A016-V11BT12A016). American Society of Mechanical Engineers.
- IMO (2017). NCSR 5/INF.15: GUIDELINES ON STANDARDIZED MODES OF OPERATION, S-MODE
- IMO (2018). IMO takes first steps to address autonomous ships. <http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/08-MSC-99-MASS-scoping.aspx>
- IWGUS, C. Cmi international working group position paper on unmanned ships and the international regulatory framework. online.[Online]. Available: <https://comitemaritime.org/wp-content/uploads/2018/05/CMI-Position-Paper-on-Unmanned-Ships.pdf>

Jalonen, R., Tuominen, R., & Wahlström, M. (2016). Remote and autonomous ships—the next steps: Safety and security in autonomous shipping—challenges for research and development. Rolls-Royce, Buckingham Gate, London: The Advanced Autonomous Waterborne Applications (AAWA), 56-73.

Jalonen, R., Tuominen, R., & Wahlström, M. (2017). Safety of Unmanned Ships-Safe Shipping with Autonomous and Remote Controlled Ships. <https://aalto-doc.aalto.fi/handle/123456789/28061>

Johansen, T. A., & Perez, T. (2016, June). Unmanned aerial surveillance system for hazard collision avoidance in autonomous shipping. In 2016 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS) (pp. 1056-1065). IEEE.

Johansen, T. A., Perez, T., & Cristofaro, A. (2016). Ship collision avoidance and COLREGS compliance using simulation-based control behavior selection with predictive hazard assessment. IEEE transactions on intelligent transportation systems, 17(12), 3407-3422.

Komianos, A. (2018). The Autonomous Shipping Era. Operational, Regulatory, and Quality Challenges. TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 12.

Li, S., Liu, J., & Negenborn, R. R. (2019). Distributed coordination for collision avoidance of multiple ships considering ship maneuverability. Ocean Engineering, 181, 212-226.

Maritime UK (2017). Being a responsible industry - an industry code of practice. <https://www.maritimeuk.org/media-centre/publications/being-responsible-industry-industry-code-practice/>

Meskauskienė, V., Öörni, A., & Sell, A. (2019, January). When the Sea meets City: Transformation towards a Smart Sea in Finland. In Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences.

Morais et al. (2017). The Digital Twin Journey

MUNIN Project. MUNIN Results. <http://www.unmanned-ship.org/munin/about/munin-results-2/>

Noma, T. (2016). Existing conventions and unmanned ships-need for changes? World Maritime University.

Perera, L. P., Ferrari, V., Santos, F. P., Hinojosa, M. A., & Soares, C. G. (2015). Experimental evaluations on ship autonomous navigation and collision avoidance by intelligent guidance. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 40(2), 374-387.

Porathe, T. (2015). Human-machine interaction between unmanned, autonomous, ships and manned non-SOLAS vessels in confined and inshore waters: research needs. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2398915>

Porathe, T., & Brødje, A. (2015). Human Factor Aspects in Sea Traffic Management. In Bertram, Volker [Eds.] 14th Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries - COMPIT'15 p. 306-317, Technische Universität Hamburg-Hamburg, 2015

- Porathe, T., Hoem, Å. S., Rødseth, Ø. J., Fjørtoft, K. E., & Johnsen, S. O. (2018). At least as safe as manned shipping? Autonomous shipping, safety and "human error". *Safety and Reliability—Safe Societies in a Changing World. Proceedings of ESREL 2018, June 17-21, 2018, Trondheim, Norway.*
- Praetorius, G., Kataria, A., Petersen, E. S., Schröder-Hinrichs, J. U., Baldauf, M., & Kähler, N. (2015). Increased awareness for maritime human factors through e-learning in crew-centered design. *Procedia Manufacturing, 3*, 2824-2831.
- Ramos, M. A., Utne, I. B., & Mosleh, A. (2019). Collision avoidance on maritime autonomous surface ships: Operators' tasks and human failure events. *Safety science, 116*, 33-44.
- Ringbom, H. (2019). Regulating Autonomous Ships—Concepts, Challenges and Precedents. *Ocean Development & International Law, 1-29.*
- Rodriguez-Delgado, J. P. (2018). The Legal Challenges of Unmanned Ships in the Private Maritime Law: What Laws would You Change?. *Maritime, Port and Transport Law between Legacies of the Past and Modernization, 5*, 1.
- Tsimplis, M., & Papadas, S. (2019). Information Technology in Navigation: Problems in Legal Implementation and Liability. *The Journal of Navigation, 1-17.*
- Valdez Banda, O. A., Kannos, S., Goerlandt, F., van Gelder, P. H., Bergström, M., & Kujala, P. (2019). A systemic hazard analysis and management process for the concept design phase of an autonomous vessel. *Reliability Engineering & System Safety, 191*, 106584.
- Woerner, K., Benjamin, M. R., Novitzky, M., & Leonard, J. J. (2018). Quantifying protocol evaluation for autonomous collision avoidance. *Autonomous Robots, 1-25*
- Wróbel, K., Montewka, J., & Kujala, P. (2018). Towards the development of a system-theoretic model for safety assessment of autonomous merchant vessels. *Reliability Engineering & System Safety, 178*, 209-224.