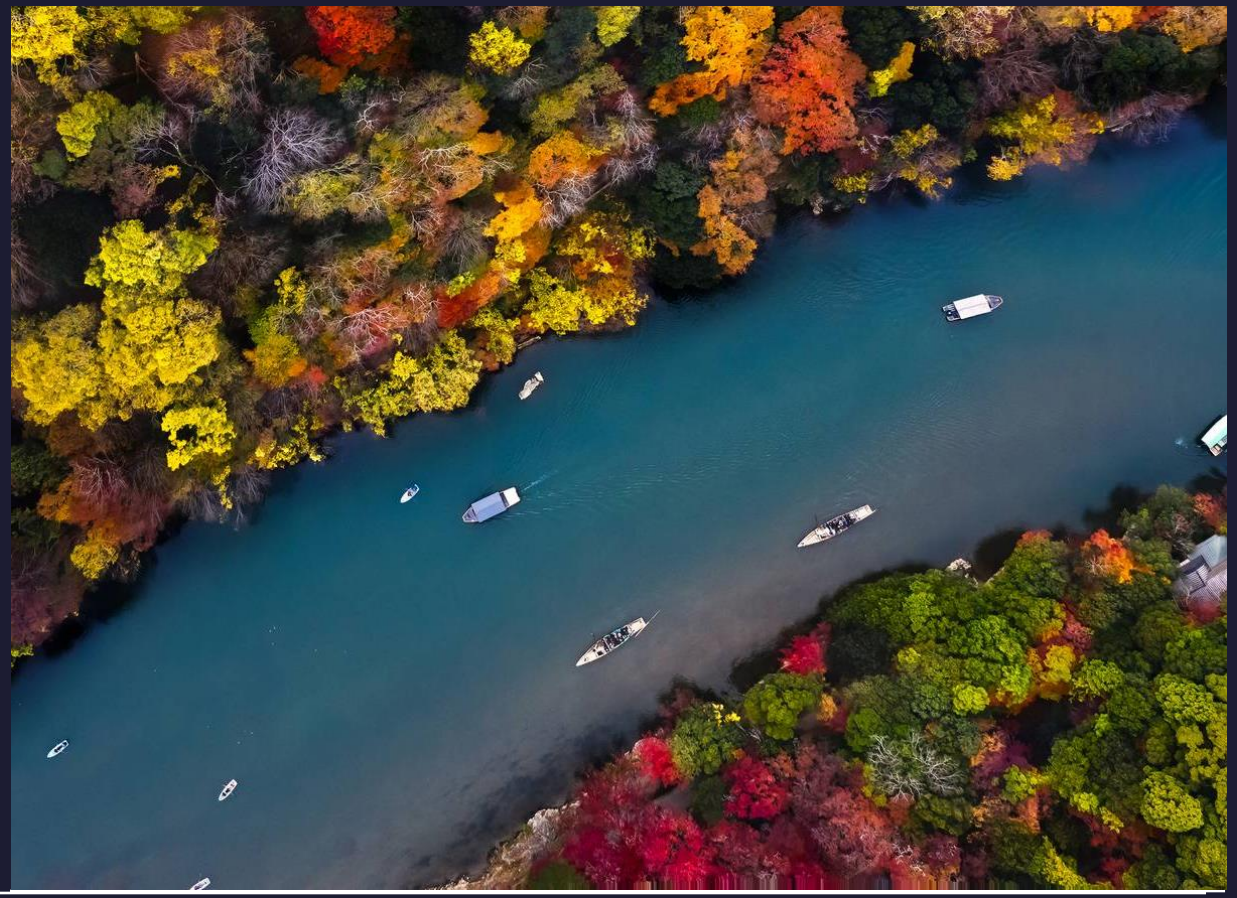


MERITEOLLLISUUDEN VIHREÄ SIIRTYMÄ -KOULUTUS

# AUTONOMINEN ALUS JA KONVENTIONAALINEN ALUS JAETUSSA TOIMINTAYMPÄRISTÖSSÄ



# TUTKIMUSKYSYMYS

Työssä tarkastellaan kuinka paljon operatiivista ja ympäristötaloudellista lisäarvoa eriasteinen automaatio tuo sisävesikuljetuksiin, kun tarkastellaan koko kuljetusketjua väylästöstä ja suluista lastaukseen, purkuun, aluksen operointiin ja huoltovarmuuteen ja verrataan tätä raskaisiin maantiekuljetuksiin samoilla reiteillä.

# TÄMÄN ESITYKSEN RAKENNE

- Sisävesistöihin liittyvät luonnonsuojelumääräykset.
- Merenkulun automaation säädöskehikkoa
- Merenkulun automaation ja autonomisuuden tila
- Autonomian mahdollisuudet sisävesiliikenteessä
- Tieto- ja kyberturvallisuus laivoissa

# LUONNONSUOJELU SISÄVESISTÖISSÄ LAIVALIIKENTEEN OSALTA

- Sisävesirahtiliikenteen aloittamisen tärkein asia on luonnonsuojelu autonomisten ja konv. Alusten osalta myös.
- Sisävesirahtiliikenteen aloittamiseksi tarvitsemme laivaväylien kaivamista ja eliöstön selvitystä.
- Suomen laki ilmaisee selkeästi miten kansalaist maat ja eliöt suojellaan.
- Akkutoiminen laivan kulku vähentää haittaa eliöstölle.
- Miten voisimme edesauttaa sisävesiliikenteen kehitystä?



# TIETOTURVALLISUUS JA KYBERTURVALLISUUS

- Tietoturvallisuuden heikoin lenkki on ihminen. Tulevaisuudessa varoitetaan sen vaihtuvan tekoälyksi.
- Uhkana on etäkeskuksen ohjaajan luuleminen järjestelmää tietokonepeliksi.
- Autonomisien aluksien järjestelmiin ei haluta tehdä etäohjaukseen mahdollistavaa porttia, koska se mahdollistaisi laivan kulkusuunnan ja tehon terrorisoinnin.
- Etäohjauksessa langattomia verkkoja voidaan terrorisoida ulkoisella häirintäsignaalilla.
- Autonomisten laivojen osalta tietoturvauhka on myös etäkeskuksessa olevat paperit ja tallenteiden säilytys. Tätä ongelmaa ei ole konventionaalisissa laivoissa.

# MERENKULUN AUTOMAATION JA AUTONOMIAN SÄÄDÖSKEHIKKOA

- **IMO MASS koodi – autonomisen merenkulun asteet 1-4 säädöstyön perusteeksi, jossa tavoitelähtöinen näkökulma autonomisuuden kehittämiseksi**
- **MARPOL yleissopimus ja sen liite VI ohjaamassa CO2-vapaiden polttoaineiden/käyttövoimien kehittämistä ja käyttöä. Taustalla myös EUfuel regulaatioon perustuva päästökauppamekanismi päästöjen vähentämiseksi.**
- **COLREGs – säännöt yhteentörmäyksen estämiseksi ohjaavat autonomisuutta edistävien navigointiratkaisujen ja niiden vaatiman virtuaalisen tilannetietoisuuden kehittämistä**
- **STCW-sopimus ja -koodi määrittävät merenkulun koulutusvaatimukset, joiden soveltaminen MASS-maailmaan edellyttää lisätoimenpiteitä**
- **IHO:n S-100 standardi tarjoaa mahdollisuuden merenkulkuun liittyvien tietovirtojen rajapintaongelmien vähentämiseen merenmittausdatasta ja sen esittämisestä alkaen.**
- **Laki liikenteen palveluista 327/2017 määrittää muun muassa nonSOLAS-liikenteen edellyttämät merenkulkijoiden pätevyysvaatimukset. Laki tarjoaa mahdollisuuden autonomisen nonSOLAS-liikenteen edellyttämien pätevyyksien määrittämiselle ja käyttöönotolle ilman raskasta IMO-prosessia.**

# LAIVA-AUTOMAATIO JA MASS-ALUKSET

- nykyaikaisissa aluksissa lähes jokaista toimintoa ohjataan erilaisten automaatiojärjestelmien avulla
- miehistön tehtävänä auttaa automaatiota valvomalla sen toimintaa sekä suorittaa tarvittaessa korjaavia toimenpiteitä ja käskyjä
- automaatiotarve kasvaa huomattavasti siirryttäessä konventionaalisista aluksista kohti täysin autonomisia aluksia

# MASS -TASOT

- IMO jakaa MASS-alukset neljään ryhmään

  - **Taso 1** **Alus, jossa on automatisoituja prosesseja päätöksenteon tukena**
  - **Taso 2** **Kauko-ohjattava alus, jossa on miehistöä aluksella**
  - **Taso 3** **Kauko-ohjattava alus ilman miehistöä aluksella**
  - **Taso 4** **Täysin autonominen alus**

  Turvallisuuden ja redundanttisuuden suhteen alemmat tasot 1-2 ovat riippuvaisia ihmisistä varajärjestelminä, korkeimmilla tasoilla 3-4 näistä vastaavat enimmäkseen tekoäly sekä etäjärjestelmät.

# AUTONOMIAN TASOT KÄYTÄNNÖSSÄ

- Autonominen navigointijärjestelmä koostuu päätöksenteko- ja toimintajärjestelmistä, jotka ovat vahvasti riippuvaisia tilannekuvausjärjestelmän antureista, jotka syöttävät tietoja esteiden havaitsemiseksi mm. karttajärjestelmään sekä paikalliseen reittisuunnitteluun osana törmäysten välttämistä

- Päätetyt toimenpiteet välitetään ohjausjärjestelmälle

- Tilannekuvaus-, törmäysten välttämis- ja ohjausjärjestelmien tiedot tulevat eri antureista ja ne yhdistetään anturifuusiotekniikan avulla ja tallennetaan sisäiseen tietokantaan

# SUUNNITELMAT KOHTI MASS-4 -TASOA

| Maa | Tämän hetkinen status | Tavoiteaikataulu, MASS-taso 4 | Avainprojektit |
|---|---|---|---|
| Norja | Yara Birkeland sekä muut MASS-projektit | 2025-2030: kaupalliset autonomiset rahtialukset | Yara Birkeland, Massterly etäohjailuasemat |
| Suomi | Autonomisten alusten testaus (Falco), kansallisen ekosysteemin rakentaminen | 2030: Kehitetään autonomisia alustoimintoja sekä ekosysteemejä | Finferries & Rolls-Royce lauttakokeet |
| Japani | Nippon Foundation, MEGURI2040 -projekti | 2040: täysin autonominen kaupallinen rannikkoliikenne | Nippon Foundationin MEGURI2040, DFFAS+ |
| Singapore | MASS testaus yhdessä Japanin kanssa (NYK, ClassNK, TCOMS) | 2030-luku: autonomiset satama-alueet | MPA-NYK autonomiset alukset, MASSPorts |
| Korea | KASS -projekti | 2025-2035: tasojen 2-3 testit<br>2035-2040: operiointi tasolla 4 | KASS -projekti |

# ERI MASS -TASOILLA TARVITTAVAT NAVIGOINTI- JA APUJÄRJESTELMÄT

- **Taso 1**
  - Perinteiset navigoinnin apuvälineet: tutka, ECDIS, AIS, GPS
  - yhteentörmäystä estävät algoritmit, reittioptimointi
  - miehistö tekee lopulliset päätökset, automaatio avustavassa roolissa
- **Taso 2**
  - Etähallintajärjestelmät
  - komentosiltatyöskentely joko laivalta tai etäyhteydellä
  - Kehittynyt sensoritekniikka, kuten kamerat, LiDAR ja infrapuna etäohjauksen apuna
  - miehistö aluksella tarjoaa redundanttisuutta sekä takaa turvallisuuden

- **Taso 3**
  - Täysi tilannetietoisuus etäohjauksella: teräväpiirtovideo, sensorifuusiointi (tutka+LiDAR+AIS+GPS)
  - Redundanttinen kommunikaatiojärjestelmä
  - Etähallintajärjestelmänä digitaalisia kaksosia sekä simulointityökaluja matkan toteuttamisessa
  - navigointipäätökset toteutetaan täysin maa-asemilta käsin, ei miehistöä

- **Taso 4**
  - Autonominen navigointijärjestelmä, jossa AI-vetoiset algoritmit
  - Sensorifuusiointi sekä redundanttisuus, jossa tutka, LiDAR, kaiku, infrapuna, GPS ja AIS integroitu autonomiseen päätöksentekoon
  - Itsediagnostiikka ja fail-safe –järjestelmät
  - etämonitorointi mahdollista, mutta alus operoi täysin itsenäisesti

# AUTONOMIAN NYKYTILA JA TURVALLINEN PÄÄTÖKSENTEKO

- Suomessa ei vielä ole laajassa tuotantokäytössä etäohjattuja tai pitkälle autonomisia aluksia kaupallisessa liikenteessä, mutta teknologian kypsyystaso on noussut useiden kokeilujen myötä. Saariston yhteysalusliikenteessä ja Suomenlinnan lautalla on testattu etäohjausta ja autonomisia toimintoja kontrolloiduissa olosuhteissa. Merenmittauksessa on käytetty automaattisia aluksia syvyyskartoituksiin Saimaalla.
- Väyläviraston älyväyläpilotti on rakentanut digitaalista selkärankaa meriväylille. Älyväylä yhdistää väylä- ja olosuhdetiedot, merimerkit, satamien tilannekuvan ja VTS-palvelut yhdeksi kokonaisuudeksi, jota alukset voivat hyödyntää navigointijärjestelmissään. Samalla luodaan rajapintaa etäluotsaukselle ja tuleville autonomisille ratkaisuille.
- Norjalainen Yara Birkeland on maailman ensimmäinen täyssähköinen, autonominen konttialus. Se on mitoitukseltaan keskikokoinen feeder-luokan alus, noin 80 metriä pitkä, 15 metriä leveä ja noin 3 200 DWT:n kantavuusluokassa. Konttikapasiteetti on 120 TEU ja energiapohjana toimii usean megawattitunnin akkujärjestelmä. Yara Birkeland korvaa vuositasolla kymmeniä tuhansia rekkakuljetuksia lyhyellä, toistuvalla reitillä ja vähentää näin maantieliikenteen päästöjä, melua ja ruuhkia.
- Kun automaatio ja tekoäly kytketään aluksen operointiin, päätöksenteko jakautuu ihmisen ja järjestelmän kesken. Tässä tilanteessa turvallisen toiminnan arviointi ei voi rajoittua yksittäisen komponentin toimivuuteen, vaan sen on katettava koko ketju havaintodatan keruusta analyysiin, päätöksentekoon ja toteutukseen. Riskien hallinta ja HAZID/HAZOP-tyyppiset analyysit muodostavat olennaisen osan käyttöönoton due diligence -prosessia. Keskeinen kysymys on, onko turvallisuus otettu riittävästi huomioon toiminnassa, suunnittelussa, valmistuksessa ja käytössä.

## AUTONOMISTEN(MASS) LAIVOJEN ONGELMIA

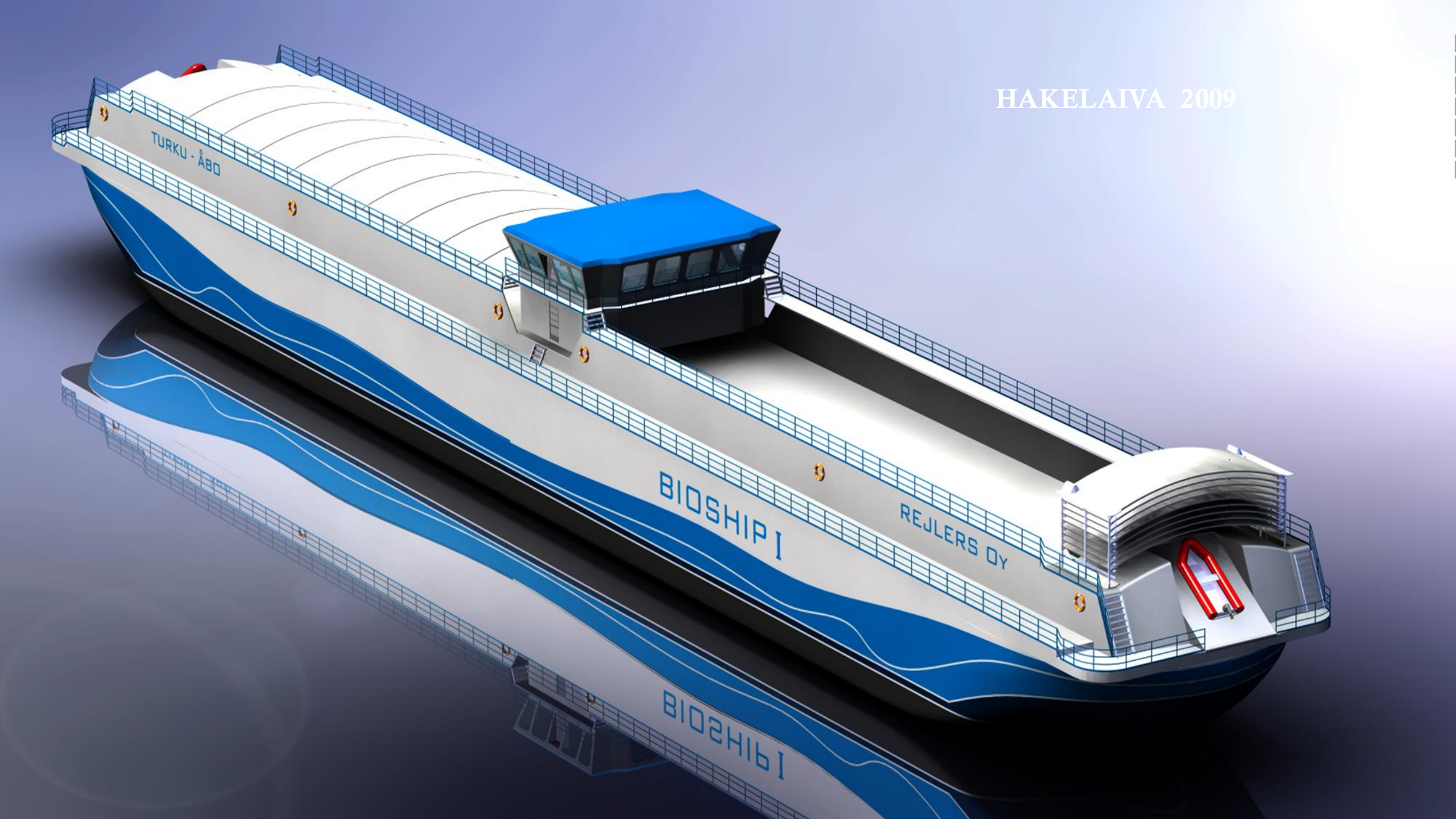
- Sensoreiden luotettavuus ja integrointi
- Laivojen törmäyksien estäminen
- Kyberturvallisuus
- Kommunikaatioyhteyksien virhetilanteet. Kaiutin, mikrofoni rikki/liian pieni
- Järjestelmien toimintahäiriöt
- Mielenkiinnolla odotamme tulevan hybridilaivan toimivuuden testausta.

ALATUNNISTEEN ESIMERKKITEKSTI



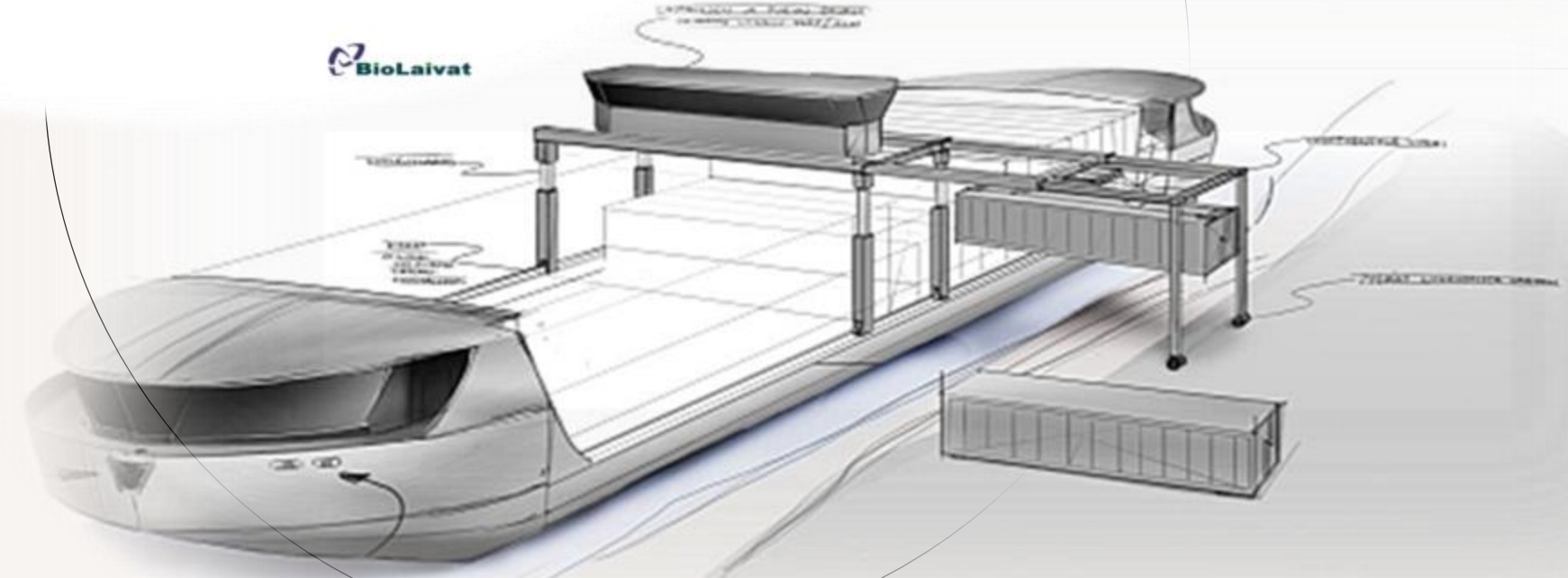
# SISÄVESILIIKENNE – BIOSHIP 2026

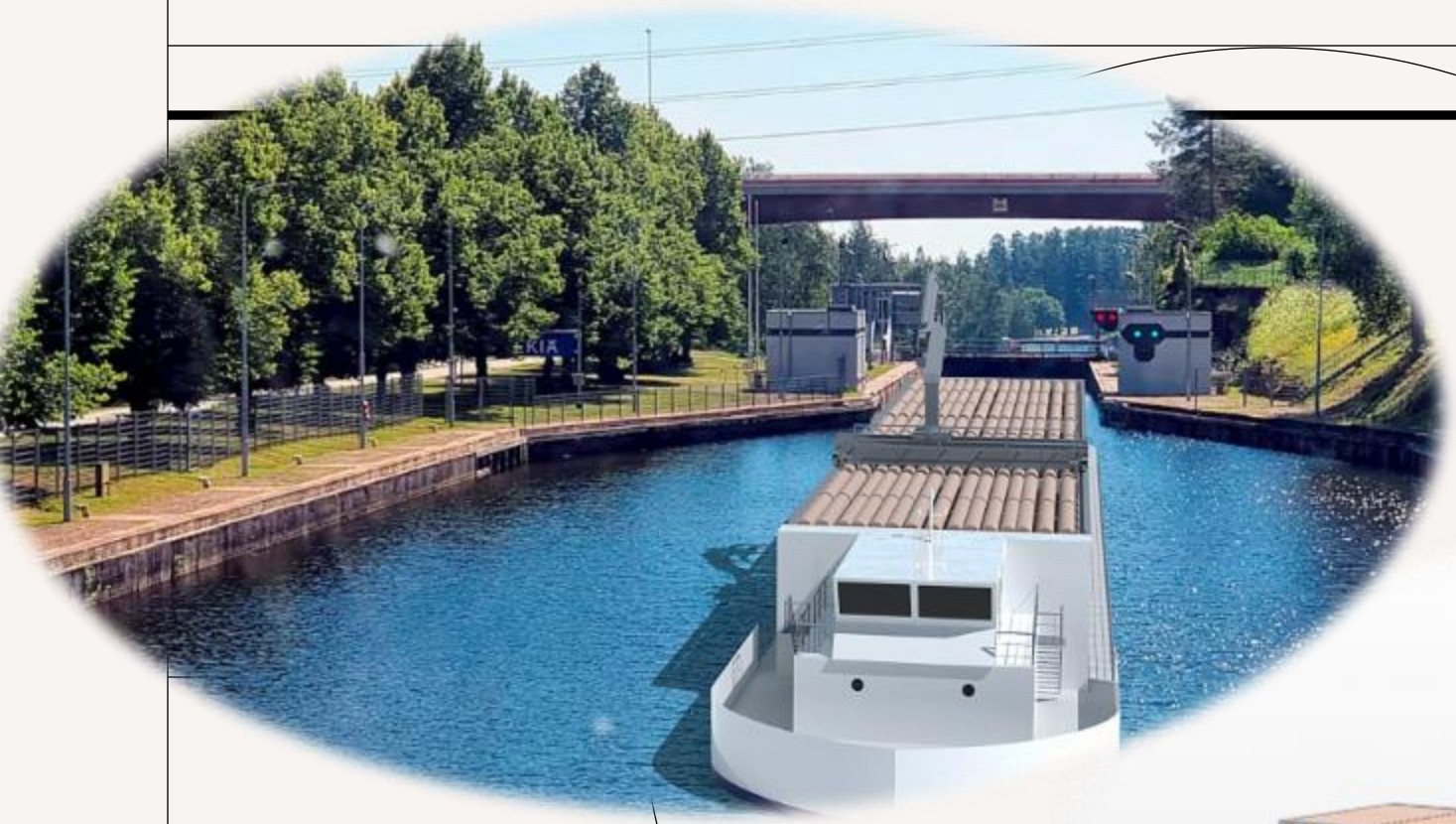
Innovatiiviset ratkaisut kestävään vesiliikenteeseen


HAKELAIVA 2009
TURKU - ÅBO
BIOSHIP I
REJLERS Oy



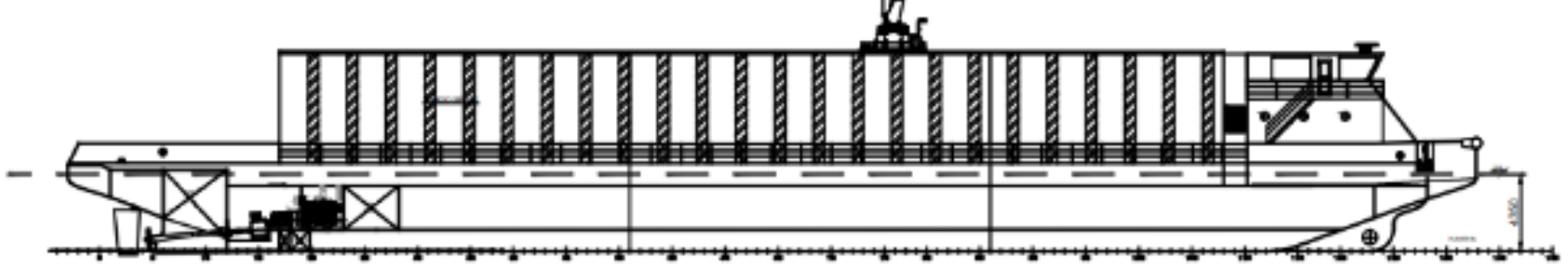

KONTTILAIVA 2009

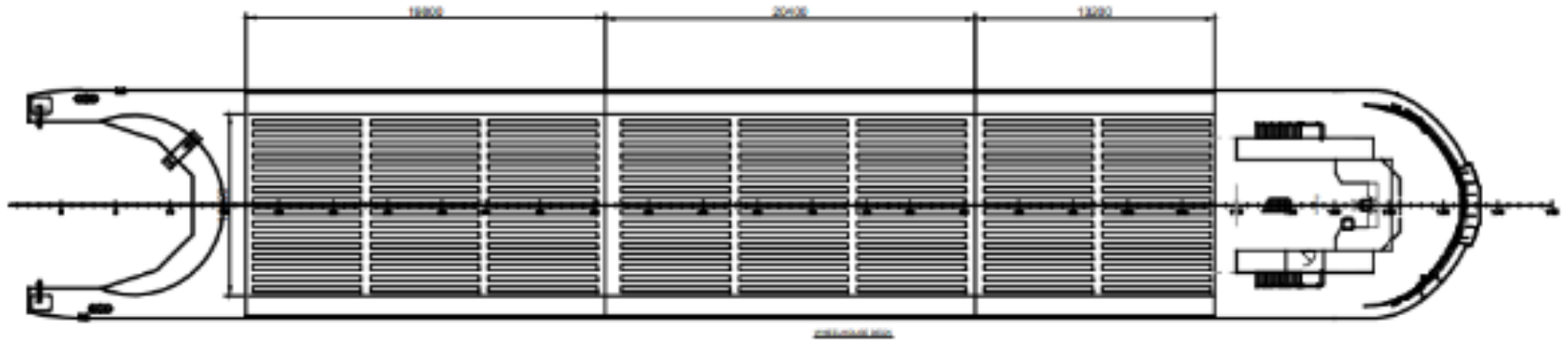


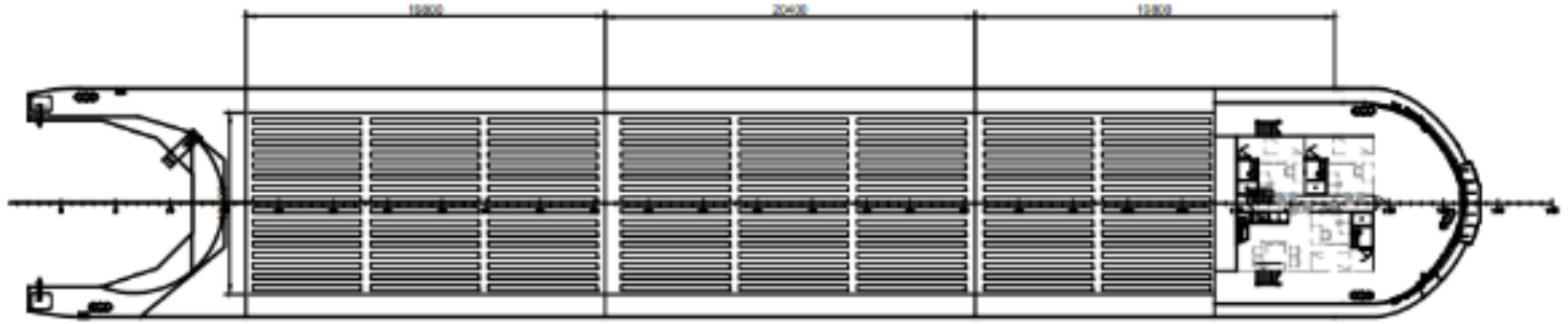


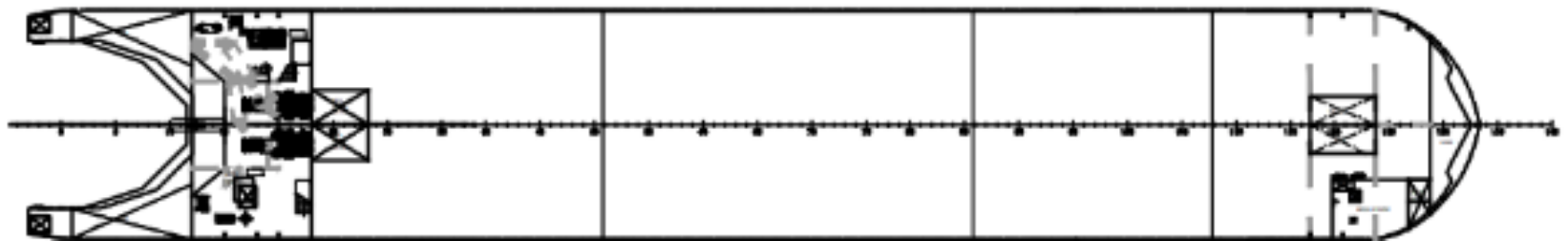


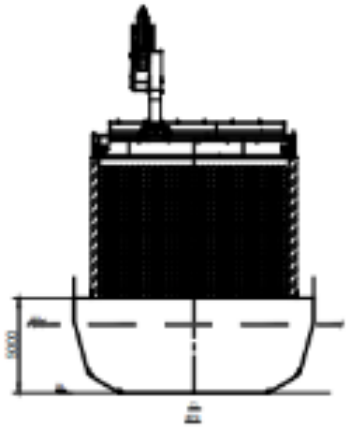
Raakamaa kuljetus 2026

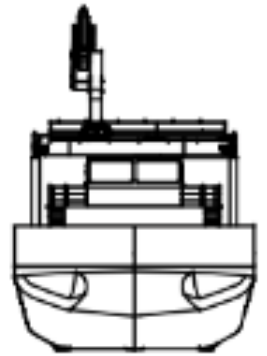












| MAIN DIMENSIONS: | |
|---|---|
| Length OA | 80,00 m |
| Breadth MLD | 12,60 m |
| Depth MLD | 5,00 m |
| Draught MLD | 4,35 m |
| LWT | 1010 t |
| Disp. mass | 3350 t |
| Height from WL | 10,5 m |
| | |
| Cargo hold | 3400 m3 |
| Cargo capacity | 2300 t |

# VTT 37/73/2009

**Yhteenveto**

Laffcomp OY:n alusprojektin suurin innovatiivisuusarvo on kokonaan uuden kuljetusjärjestelmän luominen, jolla on mahdollista korvata kumipyöräkuljetukset puuraaka-aineen kuljettamiseksi voimalan polttoaineeksi. Alusratkaisu tekee mahdolliseksi ympärivuotisen liikenteen sekä matalien luonnonsatamien käytön, joihin ei tarvita lastausinfrastruktuuria, koska lastauslaitteisto kulkee laivan mukana. Laffcomp Oy:n hakemuksen liitteessä A esitetyt uutuuspiirteet 0, 1, 2 ja 6 täyttävät innovaatiotuen myöntämiselle esitetyt kriteerit vaatimusten osalta. Uutuuspiirteet 2, 3, 4, 5, ja 7 eivät varsinaisesti sellaisenaan ole uusia, mutta niiden soveltaminen kyseiseen kokonaiskonseptiin tuo innovatiivisuusarvon.

Haettu tukisumma perustuu aluskonseptin innovatiivisten osioiden kustannusarvioon, mutta hyväksyttävän ylärajan ollessa 150 € kompensoitua bruttorekisteritonnia kohti, tuen enimmäismäärä suunnittelun tämän hetkisellä tarkkuudella on 818 100 €

Espoo 30.1.2009

Harri Soininen

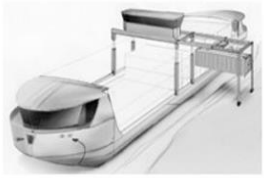
Asiakasjohtaja, TkT

Koneet ja kuljetusvälineet

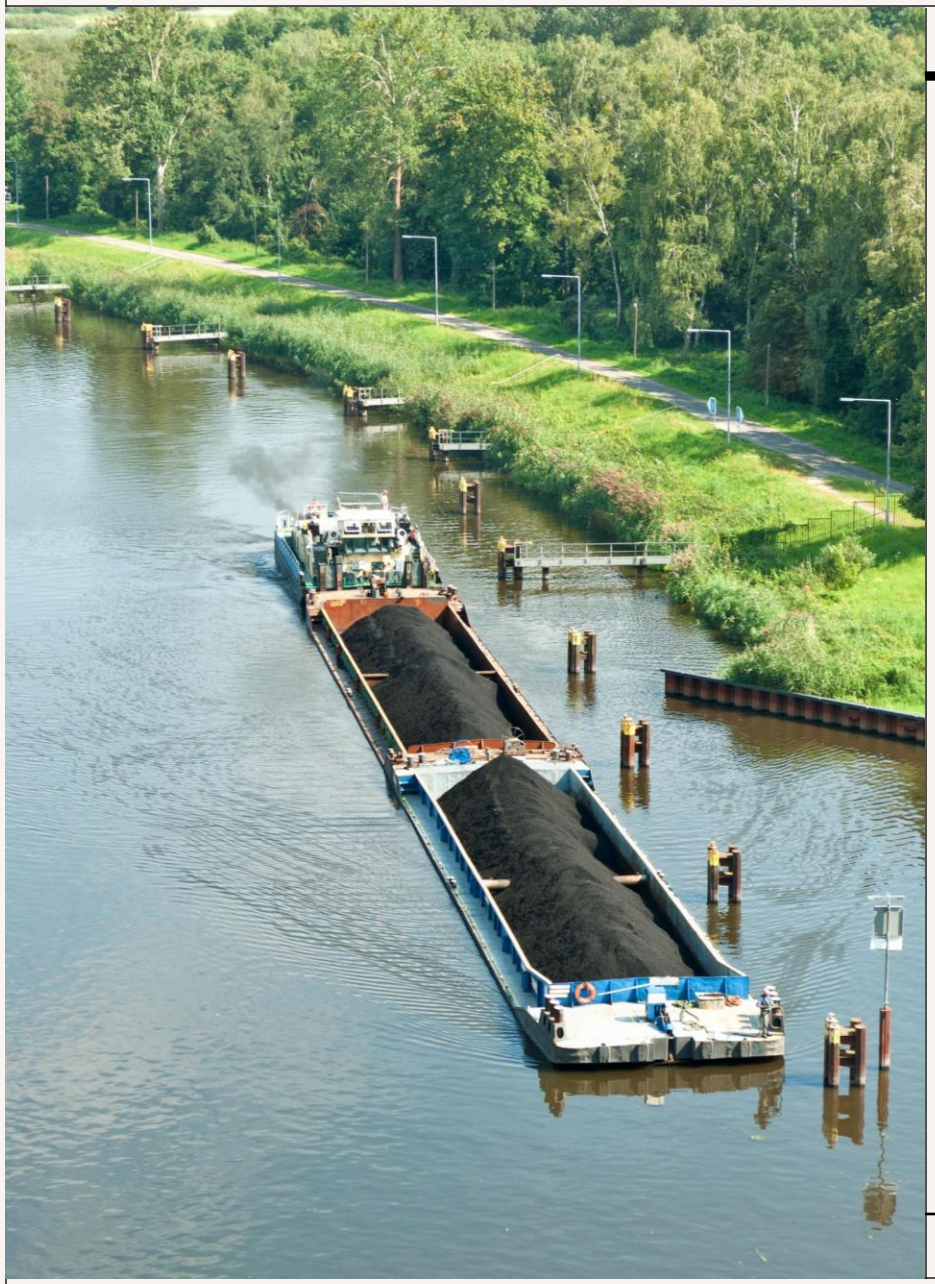
# MALLISUOJA

Hakutuloksia 1

Näyttöasetukset:



| | | |
|---|---|---|
| Tuotenimike<br>**Sisävesialus** | Etuoikeuspäivä<br>**-** | Hakemispäivä<br>**18.12.2008** |
| Hakemusnumero<br>M20080212 | Nykyinen tila<br>**Kansallinen; Rekisteröity** | Tavaraluokat<br>**12-06** |
| Rekisterinumero<br>**24596** | Haltija<br>**Veikko Hintsanen** | |



# BIOSHIP JA SISÄVESI

**BioShip-tutkimusten merkitys ja kysymys**

Voidaanko BioShip 2026 –avulla kehittää sisävesiliikennettä teollisuuden raaka-ainekuljetuksia tehokkaammiksi ja ympäristöystävällisemmiksi

**Kustannustehokkuuden parantaminen**

Automaatio,laivan minimmiehitys ,maksimilasti ja  lastausten ja purkausten automaatio ilman satamainfran tarvetta, pitävät logistiikan kustannukset tasaisina ympäri vuoden. Tätä kaikkea tarkastellaan

**Kilpailukyky ja vakaus**

Kilpailukyvyn vertailu tapahtuu toiseen maaliikenne välineeseen eli rekka liikenteeseen jota EU kestävän kehittämisen tavoitteet edellyttävä massiivisessa mittakaavassa siirrettävän vesille..Syy vihreä siirtymä ja valtion ulkoisten  kulujen minimointi

# MITÄ TUTKITAAN JA MILLÄ RAJAUKSILLA



**Tutkimuksen keskeinen kysymys**

Tutkimus selvittää automaation tuoman lisäarvon sisävesikuljetuksissa käytännössä.

**Rajauksen sisältö**

Rajaus kattaa ympärivuotisen liikenteen, myös sulut ja talviskenaariot.

**Lastaus ja purku**

Lastaus ja purku tapahtuvat aluksen omilla laitteilla ilman kiinteää satamainfraa.

**Vertailtavat mallit**

Vertailu tehdään perinteisen miehitetyn mallin ja automaatiotasojen välillä realismia säilyttäen.

# SELF-HANDLING JA NOLLATASON INFRA



**Omakuljetus ja purku**

Alus suorittaa itse lastauksen ja purun, mikä poistaa satamainfran tarpeen ja lisää joustavuutta.

**Pneumaattinen hakkeen siirto**

Haketta siirretään pneumaattisesti suoraan rannasta alukseen ja takaisin tehokkaasti.

**Jäissä kulkeva versio**

Talvisin käytetään jäissä kulkevaa alusta tai hinaajaa reitin ja jäätilanteen mukaan.

**Kustannussäästöt ja joustavuus**

Konsepti mahdollistaa kustannussäästöt ja joustavan kuljetusketjun syrjäisillä alueilla.

# MASS-TASOT JA AFS-RUNKO

**MASS-automaatiotasot**

MASS-tasot 0–4 kuvaavat miehistön optimointia ja operatiivisen tehokkuuden kehitystä automaatiossa.

**AFS-kevennetty runko**

AFS-rungon alumiinivaahtorakenne keventää laivaa minimissään 27 % verrattuna teräsrunkoon ja vähentää polttoaineenkulutusta menettämättä jäissäkulku ominaisuuksia matalassa vedessä

**LNG-/akku enrgia järjestelmä**

LNG /akku tarjoaa vaihtoehdon päästöjen hallintaan, edellyttäen sopivan jakelu- ja tilaratkaisun olemassaoloa.

**Tehokas operatiivinen ketju**

Teknologioiden yhdistelmä tekee satama- ja sulkuaikaketjusta ennustettavan ja tasoittaa OPEX-profiilia.



# MALLIN RAKENNE JA PARAMETRIT

**Kierrosajan osatekijät**

Kierrosaika koostuu ajosta, sulusta, lastauksesta, purusta ja odotuksista, jotka yhdessä vaikuttavat mallin laskentaan.

**Polttoainekulutuksen mallinnus**

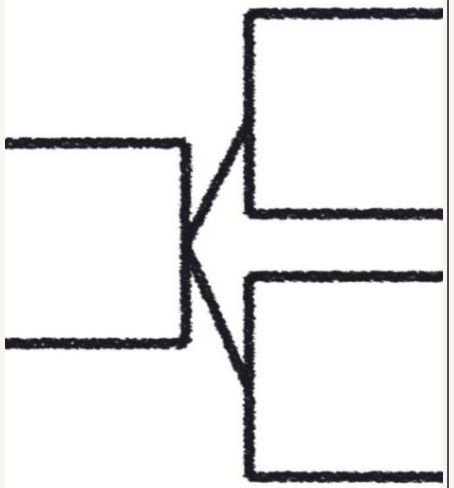
Polttoainekulutus lasketaan litraa per tunti kesä- ja talvikertoimet huomioiden, mikä vaikuttaa päästöjen arviointiin.

**Yksikkökustannusten rakenne**

Yksikkökustannus sisältää polttoaineen, miehityksen, ylläpidon, maksut, vakuutukset ja pääoman kustannukset.

**Mallin analyysityökalut**

Parametrit normalisoidaan Excelissä, mahdollistaen herkkyysanalyysin ja skenaariovertailut alusten ja rekkaketjujen välillä.



# KILPAILUKYKY ERI ETÄISYYKSILLÄ



**Lyhyet reitit alle 50 km**

Hyvin organisoitu HCT-rekka on kilpailukykyinen ja pääsee laivan kanssa samoihin taloudelliseen tulokseen.

**Keskitason reitit 50–100 km**

Laiva voittaa hinnalla, koska lastaus ja purku ovat vakioituja, ja AFS-runko vähentää polttoaineen kulutusta.

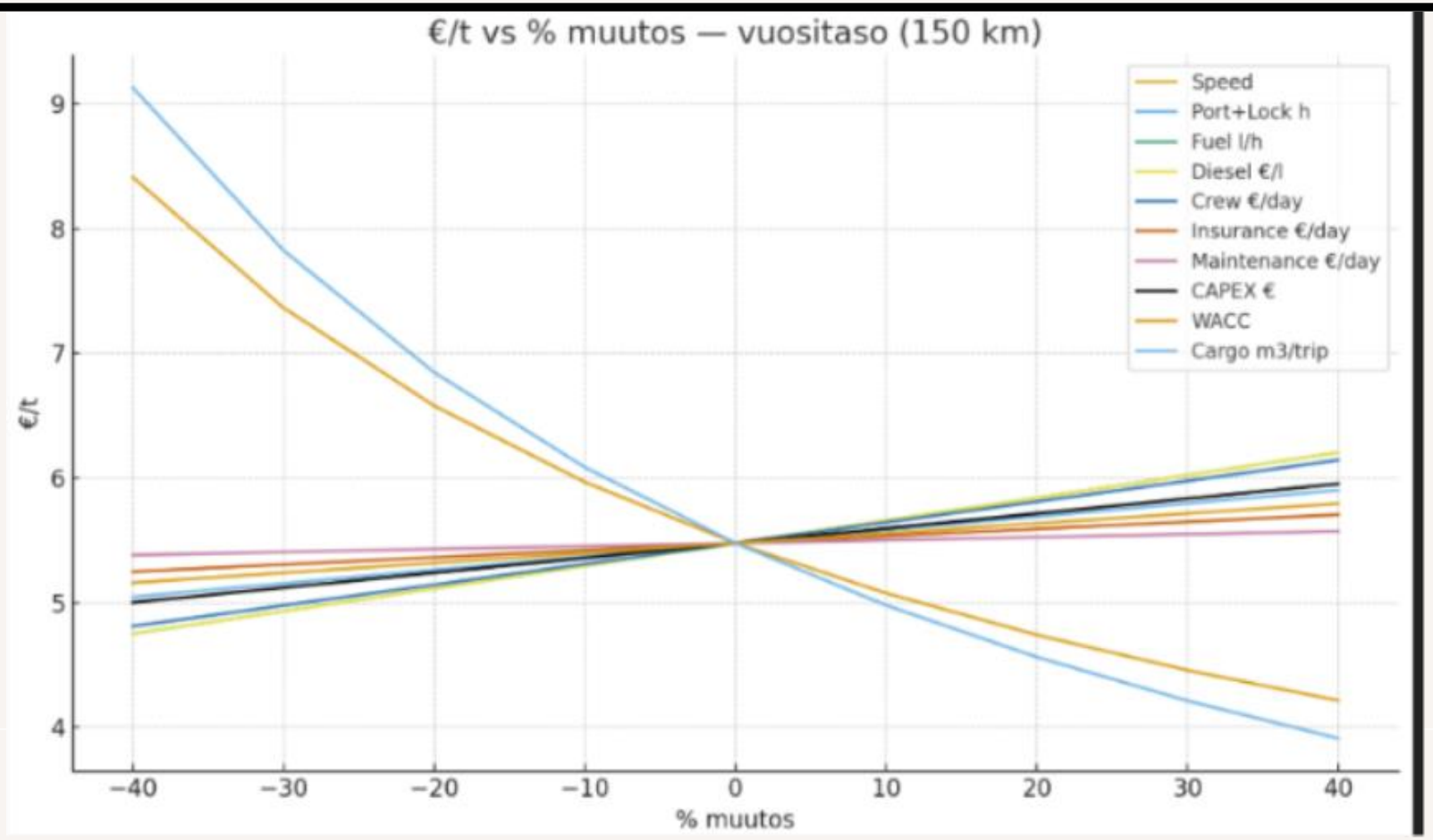
**Pitkät reitit yli 100 km**

Laiva on oletusvalinta kustannus- ja päästösyistä, koska yksikkökustannus ja päästöintensiteetti laskevat.

**Materiaalien lastausmenetelmät**

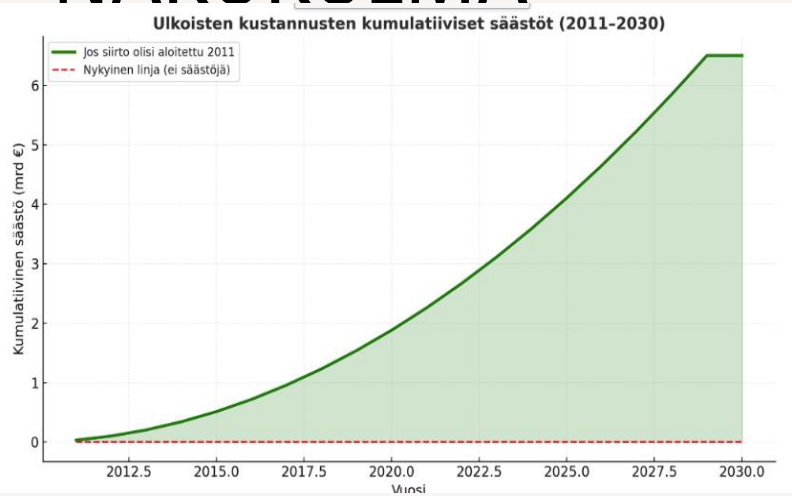
Hakkeen vahvuus on pneumaattinen lastaus ja purku, raakapuun vahvuus on nipputyöskentely ilman satamaa.

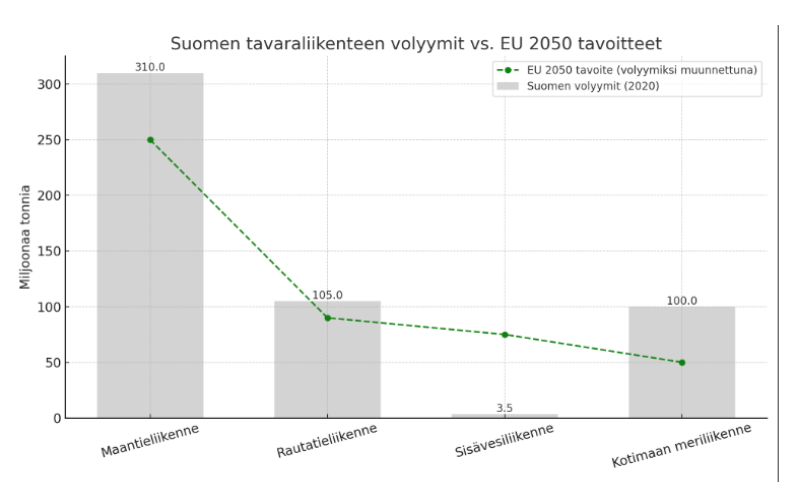
ALATUNNISTEEN ESIMERKKITEKSTI




1) Lastikoko /DWT laivalla tärkein ominaisuus sisävesiliikenteessä
2) Kierto nopeus jolla laiva suorittaa tehtävänsä
   eli : Lastaus -sulut – matkaajo –purkaus –paluu lastaukseen.

# STRATEGINEN NÄKÖKULMA




**Sisävesiliikenteen merkitys**

Sisävesiliikenteen puuttuminen eli TEN-T-verkoston rakentamatta jättäminen heikentää talouskasvua ja alueellista tasa-arvoa Suomessa.

**Yli- ja ali-investoinnit**

Liiallinen tie- ja raideinfrastruktuurin investointi nostaa kustannuksia ja jättää vesiväylät huomiotta. Esimerkit korjausvelka on vv 2010-2025 tuplaantunut ja on nyt 4,4 miljardia euroa . Ja liikenteen ulkoiset kulut vuodessa noin 7,4 miljardia euroa joista 96% maantieliikenteen osuus edelleen noin puolet eli 3,5 miljardia /vuosi rekka liikenteen osuus jota EU tavoitteisella liikennejärjestelmällä samoin puolitetaan….

**EU-rahoitusmahdollisuudet**

EU-rahoitusikkunat kuten CEF ja NAIADES jäävät hyödyntämättä sisävesiliikenteen puuttuessa.

**Huoltovarmuus ja resilienssi**

Vaihtoehtoisen kuljetusmuodon puuttuminen Suomen nykyliikennejärjestelmässäö heikentää huoltovarmuutta kriisitilanteissa.

ALATUNNISTEEN ESIMERKKITEKSTI

# TOIMENPITEET JA PILOTIT




**Pilotit raakapuun kuljetuksissa**

Pilotit kohdistuvat 80–150 km kuljetuksiin kiinnitys- ja sulkuautomaation testaamiseksi tehokkuuden lisäämiseksi.

**Hakkeen kuljetus ja lastaus**

200–300 km kuljetuksissa otetaan käyttöön pneumaattinen lastaus ja valvomoprotokollat sujuvuuden varmistamiseksi.

**Talvikyky ja rahoitus**

Talvikyky varmistetaan AFS-runkoisilla aluksilla, ja sisävesipiloteille haetaan CEF-rahoitusta Ruotsin mallin mukaan.

**Tavoite raskaan liikenteen siirrolle**

MAL-sopimuksiin kirjataan tavoite siirtää 10–20 % raskasta liikennettä vesille vuoteen 2030 mennessä päästöjen



# IDEOITA SISÄVESILIIKENTEEN KONV. JA AUTON. ALUSTEN SAMAAN YMPÄRISTÖÖN

- Alusten erot ja akkujen tilanne tulisi nähdä kulussa olevasta laivasta etänä pelkästään suomalaisille.
- Arviona noin neljä akkupakettia voisi asentaa laivan kannelle irtoasennuksena tuottamaan potkurivoimaa sisävesi kulkua varten.
- Uusiin rahtialuksiin voisi liittää myös matkustajapaikkoja.
- Alusten kulkulinjat merkittävä selkeästi vesistöihin.
- Kansalaisille yleisiin rantoihin ilmoitustaulut autonomisten laivojen kulusta.