



**Euroopa Merendus- ja Kalandusfondi (EMKF) rakenduskava 2014-2020
meede 1.1 “Kalapüügi innovatsioonitoetus”**

**Autonoomse uurimisaluse väljatöötamine kalapüügi ja -uuringute säästlikumaks
muutmiseks**

PRIA viitenumber: 811020790013

Projekti lõpparuanne

Toetuse saaja: Tartu Ülikool

Aruande koostaja: Elor Sepp (TÜ Eesti Mereinstituut)



Sisukord

1. Sissejuhatus	3
2. Autonoomsed veesõidukid	3
3. Tulemused	4
3.1 Aluse põhikonstruktsioon	6
3.2 Juhtsüsteem	10
3.3 Navigeerimine	12
4. Hinnang tulemustele	13
5. Kokkuvõte	14
6. Viited	16
7. Summary	17



1. Sissejuhatus

Käesolev aruanne on Eesti Mereinstituudi projekti „Autonoomse uurimisaluse väljatöötamine kalapüügi ja -uuringute säästlikumaks muutmiseks“ lõpparuanne. Töö vastutav täitja oli Elor Sepp, meeskonda kuulus ka Mart Enok ja käesoleva aruande koostamisel osalesid lisaks vastutavale täitjale ka Markus Vetemaa ja Vello Peedimaa. Töö teostamisel oli suur osa ka lepingupartneritel MEC Insenerilahendused OÜ (juhataja Meelis Mäesalu) ja Mindchip OÜ (juhataja Heigo Mölder). Siinkohal suur tänu kõigile osalejatele.

2. Autonoomsed veesõidukid

Autonoomsed ja mehitamata veesõidukid on viimasel aastakümnel kiirelt arenenud ning leiavad järjest enam kasutust ka merel läbi viidavates teadustöodes (Barrera et al., 2021; Eriksen et al., 2001; Griffiths, 2002; Verfuss et al., 2016, 2019; Wynn et al., 2014). Sõltuvalt töö iseärasustest on kasutusel nii mehitamata õhusõidukid (UAS- Unmanned Aerial System), autonoomsed allveesõidukid (AUV- Autonomous Underwater Vehicle), autonoomsed veesõidukid (ASV- Autonomous Surface Vehicle) ja mehitamata veesõidukid (USV- Unmanned Surface Vehicle). Mitmed sellised sõidukid on turul saadaval nii ostmiseks kui ka teenuse tellimiseks, kuid kõigil neil on omad piirangud. Sõltuvalt töö eesmärgist, läbitavatest distantsidest ja veekogu iseärasustest on sageli vaja ikkagi täpselt oludele vastavat lahendust (Verfuss et al., 2019).

Eesti Mereinstituudi suurem huvi antud valdkonnaga tegelemiseks tulenes uurimislaevade rendi ja kütuse hindade olulisest tõusust viimastel aastatel, mis muutis juba käimas olevate projektide läbiviimise järjest keerukamaks. Igal aastal viiakse Eesti merealal läbi pelaagiliste kalavarudega seotud uuringuid, milles kasutatakse valdavalt sonareid kombineerituna traalimisega. Üle poole selliste reiside ajast kulub sonari transekti läbimiseks suure uurimislaevaga, mis pole laeva ja meeskonna kulusid arvestades eriti optimaalne lahendus. Autonoomse uurimisaluse kasutuselevõtt selliste uuringute läbi viimisel annaks olulist kulude kokkuhoidu ning võimaldaks suurendada uuritava ala katvust, et saada senisest täpsemaid tulemusi (Sepp et al., 2022). Sarnaseid võimalusi tööde optimeerimiseks leiab veel paljudelt teistelt merega seotud aladelt nagu kalandus, batümeetrilised uuringud, reostustõrje, jne.

Käesoleva projektiga alustades olid mõned mehitamata uurimisalused juba maailmas kasutusel või testimisel. Lõuna-Aafrika rannikul katsetati sonari abil kalavarude uuringuks Wave-Glider (<https://www.liquid-robotics.com/>) mehitamata veesõidukit, mis kasutab liikumiseks lainete energiat, kuid mille keskmine kiirus antud piirkonnas oli ainult 1.36 sõlme, mis ei võimaldanud

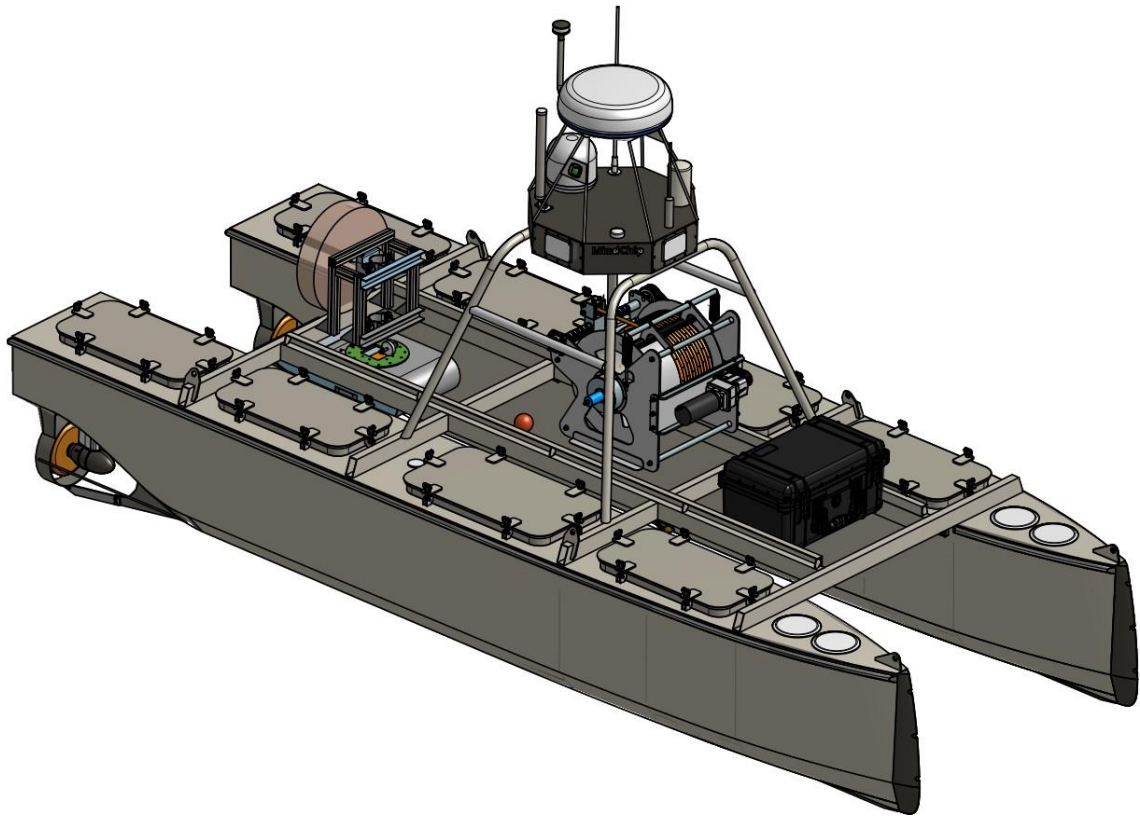


kogu ala soovitud aja jooksul läbida (Swart et al., 2016). Suurematel meredel ja ookeanidel kasutatakse suhteliselt laialdaselt ka tuule jõul liikuvat autonoomset veesõidukit Sairdrone, mis on ennast mitmetel uurimisreisidel tõestanud, kuid puuduseks on piiratud juhitavus kitsastes alades, kuna antud aluse liikumine on sõltuv tuule suunast (Chu et al., 2019; Gentemann et al., 2020; Meinig et al., 2019; Mordy et al., 2017). Praeguseks on turule jõudnud ka Norra Kongsberg korporatsiooni väga võimekas autonoomne alus Sounder, mis on võimeline läbima pikki vahemaid (kuni 10 päeva kiirusega 4 sõlme) kasutades kütuseks diislit. Antud sõiduki puuduseks on väga kõrge hind (baasmudeli hind ca 2.5 miljonit eurot). Kongsbergi autonoomsete veesõidukite kategoorias on ka autonoomne allveesõiduk Seaglider, mis muudab enda erikaalu ning kasutab edasi liikumiseks veesambas üles-alla liikumist. See seadeldis on kasutatav sügavates veekogudes, kus andmete kogumisel pole oluline katta kogu veesammast. Lisaks eelpoolmainitud sõidukite tüüpidele on arendusjärgus või turul ka suur arv väikeseid raadio teel juhitavaid sõidukeid, mida saab kasutada vaid nägemisulatuses (Verfuss et al., 2019).

Käesoleva projekti eesmärgiks oli välja töötada prototüüp, mis võimaldaks täiendada ja osaliselt asendada Läänemerel läbi viidavaid kalandus- ja batümeetrilisi uuringuid ning võimaldada kaluritel kalaparvede asukohta ning liikumist jälgida. Autonoomne alus võimaldaks koguda senisest oluliselt odavamalt ja turvalisemalt sonari andmeid (kahjuks pole hetkel realistlik autonoomselt bioloogiliste proovide kogumine traalnooda abil) või koostöös suure uurimislavaga kahekordistada sama aja jooksul kogutud andmete hulka. Sellise võimekusega ja sobivas hinnaklassis lahendusi projekti käivitamise hetkel turul pakkuda polnud.

3. Tulemused

Projekti esimeses faasis koostati peamised tingimused, millele ehitatav prototüüp peab vastama. Peamisteks eesmärkideks olid, et alus peab olema võimeline katma kogu Eesti majandusvööndi ilma välise sekkumiseta (s.t. läbima iseseisvalt vähemalt 100 meremiili), olema täielikult juhitav (juhtimine ei tohi sõltuda tuulest, lainetusest jne), olema merekindel kuni 2m laine kõrguseni ja aluse transport maismaal peab olema võimalik B-kategooria autoga, et alust saaks operatiivselt merealade vahel transportida. Selleks kaasati protsessi laevaehituse insener ning alustati koostööd MEC Insenerilahendused OÜ (veesõidukite projekteerimine ja ehitus) ja Mindchip OÜ-ga (autonoomse juhtsüsteemi arendaja), kellega koostöös leiti lähtetingimustele sobivaim lahendus (Joonis 1). Lisaks vajaduste kaardistamisele, teostati ka sobivate tehnoloogiate analüüs ning kaardistati koostöös Transpordiametiga rakenduvad õigusaktid.



Joonis 1. Autonoomse veesõiduki esmane projektjoonis.

3.1 Aluse põhikonstruktsioon

Piisava tugevuse tagamiseks otsustati aluse kere valmistada merealumiiniumist (Joonis 2) ning kuna põhieesmärgiks on teadusandmete kogumine, valiti keretüübiks katamaraan, mis püsib lainetel stabiilsemana ja tekitab seega mõõtmistesse vähem müra. Täpsemad projektjoonised on lisatud aruandele eraldi failidena. Seoses projekti jooksul tekkinud toormete ja elektroonika väga suure hinnatõusuga (põhjuseks muuhulgas Vene-Ukraina sõda) ning komponentide tarneaegade pikenedamisega sattus projekti läbiviimine ajutiselt kahtluse alla. Maaeluministerium ei olnud nõus projekti eelarvet tõstma, kuid mõningate muudatustega eelarves (osa palgarahast suunati mujale ning vähendati palku) ning Eesti Mereinstituudi oma rahaliste vahendite kasutamisega õnnestus projektiga jätkata.



Joonis 2. Autonoomse veesõiduki korpuse konstrueerimine.



Aluse käitamiseks oli esialgu plaanis akudelt töötavad elektrimootorid, et tagada maksimaalne keskkonnas säästlikkus, kuid selgus, et turul olevate akude mahutavus ei ole piisav, et tagada soovitud tööraadiust. Kuna ka vesinikutehnoloogia oli projekti piiratud eelarve oludes liiga kallis, otsustati lisada akudele diisलगeneraatorid, et tagada alusele piisav autonoomsus töötamiseks avamere tingimustes. Samas säilitati sõiduki modulaarsus, et tulevikus oleks võimalik nii akusid kui generaatoreid vahetada efektiivsemate lahenduste vastu.

Autonoomse aluse tehnilised näitajad:

Pikkus: 6.20 m

Laius: 2.50 m

Kõrgus veeliinist (töösendis antennimastiga): 3.50 m

Kõrgus veeliinist (transpordiasendis antennimastiga): 2.30 m

Kõrgus kiilust (töösendis antennimastiga): 3.94

Kõrgus maapinnast transpordikärul (transpordiasendis antennimastiga): 3.50m

Süvis: 0.40 m

Veeväljasurve: 1850 kg

Kandevõime: 450 kg

Maksimaalne kiirus: 7 sõlme

Optimaalne töökiirus (näiteks sonari vedamisel): 3 sõlme

Sõiduulatus: 269 meremiili (500 km)

Ajam: diisel-elektriline

Diiselnõude varu: 80 l

Akude mahutavus: 6.7 kWh

Veojamite koguvõimsus: 8 kW

Akude laadimine: diisलगeneraatorilt (merel), elektrivõrgust (sadamas)

Sensorid: 2 radarit, AIS süsteem ja kaamerad

Katamaraan tüüpi keres on kõik energia- ja ajamisüsteemi osad dubleeritud ja mõlema kere tehnilised süsteemid on peaaegu identsed. Kumbki kere on jaotatud viieks veekindlaks kambriks, millele ligipääs on tagatud dekile paigaldatud luukide kaudu (Joonis 2). Laev ahtris on kummagi kere all veojamite korpus koos sõukruviga. Navigatsioonituled ja antennid on paigaldatud kokku volditavasse masti. Masti kõrval asuvad ka radar ja juhtsüsteemi korpus koos kaameratega (Joonis 3).



Joonis 4. Uurimisalus katsesõidul.



Joonis 5. Lõpliku värvilahendusega uurimisalus transporditreileril.

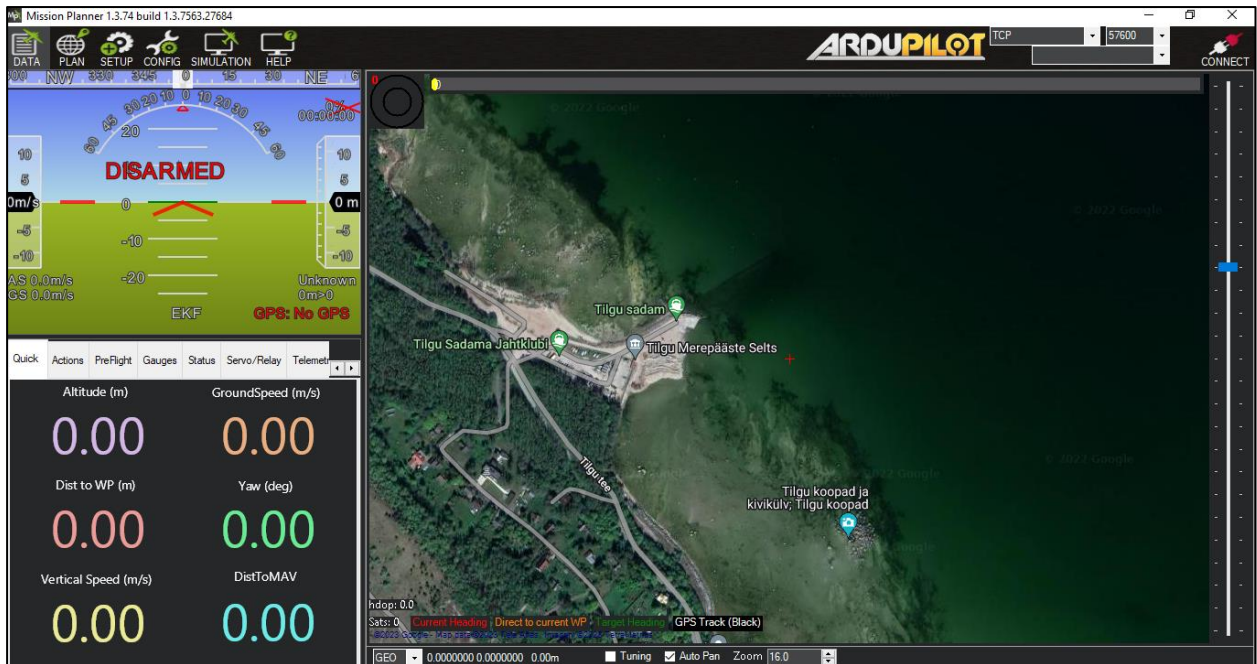
3.2 Juhtsüsteem

Juhtsüsteemi eesmärgiks seati maksimaalse autonoomsuse saavutamine, nii et laev saab ülesannetega täiesti iseseisvalt hakkama, kuid samas säilib eemal paikneval operaatoril pidev kontroll ja ühendus alusega. Laev on võimeline automaatselt jälgima operaatori poolt määratud teekonda ja täitma selle käigus ettemääratud ülesandeid, sealjuures vältides otsasõitu radarite või AIS süsteemi poolt tuvastatud objektidele.

Laeva manööverdamiseks nägemisulatuses (kuni 1.5km) või täpsemaks käsitsi juhtimiseks sadamas manööverdades on laeval juhtpult (Joonis 6). Autonoomsete ülesannete täitmiseks kasutatakse arvutil töötavat tarkvara „Mission Planner“, mis võimaldab kaardirakenduse abil sisestada soovitud marsruuti ja ülesandeid, mida laev peab etteantud punktides täitma. Antud programmi kasutamiseks peab laeva ja operaatori vahel olema tagatud interneti side. Kui interneti võimalus puudub, on võimalus operaatorarvuti ja laeva vaheline suhtlus läbi raadiomodemi, kuid selleks peab laev olema sarnases nägemisulatuses kui juhtpuldiga juhtides.

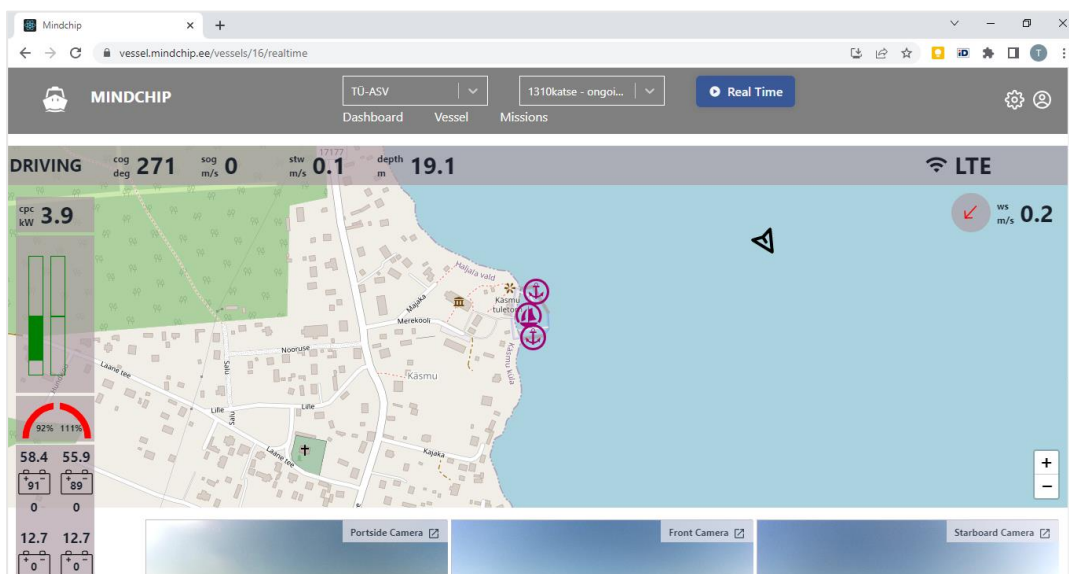


Joonis 6. Laeva juhtpult, millel on tähistatud olulisemad juhtnupud (A- pötkurid, B- puldi käivitamine, C-kiirus ja suund, D- funktsioon muudetav) .

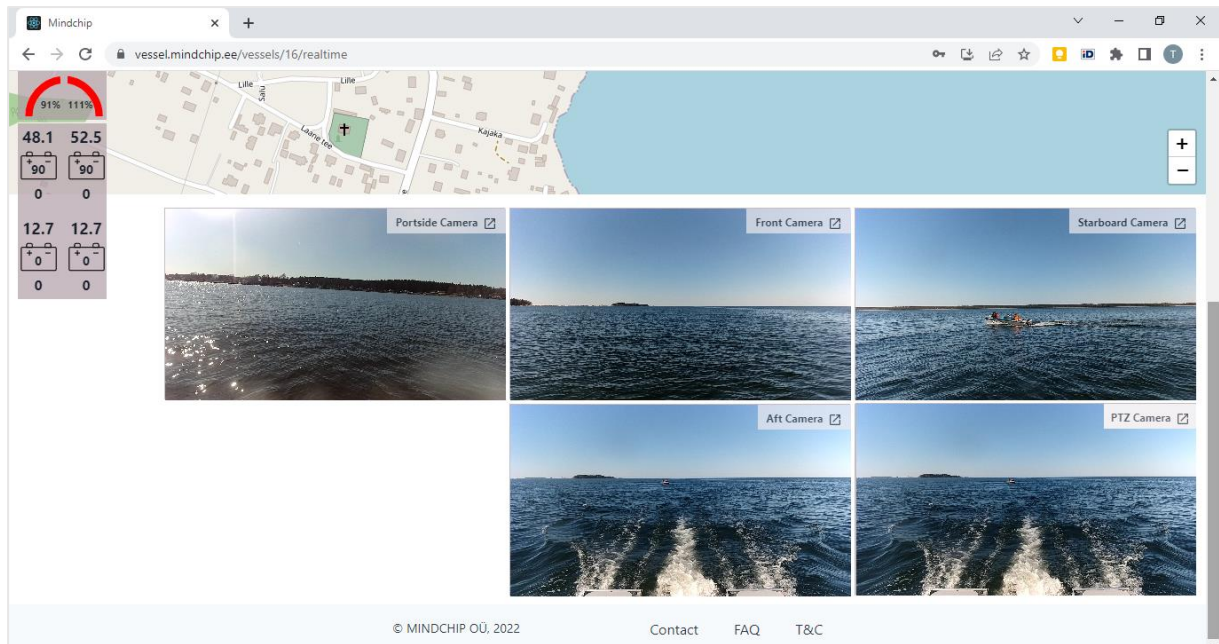


Joonis 7. Juhtprogramm „Mission Planner“.

Laeva jälgimine on võimalik ka spetsiaalse internetilehe kaudu (Mindchip WEB APP), mis võimaldab reaalajas jälgida robotlaeva asukohta kaardil, sensorite poolt avastatud objekte, kõigi kaamerate pilte, VHF raadiosidet laeva ümbruses ning olulisi tehnilisi näitajaid nagu kütuse kogus, akude laetustase, elektrisüsteemide pinged, võimsused ning erinevad veateated ja hoiatused.



Joonis 8. Laeva veebiliidese reaalaja vaade.



Joonis 9. Laeva veebiliidese pardakaamerate vaade.

Laeva ühendus internetiga on tagatud peamiselt 4G võrgu kaudu, kuid kuna rannikust kaugemates piirkondades 4G levi puudub on laevale lisatud ka satelliitside võimekus.

3.3 Navigeerimine

Automaatrežiimil liikudes jälgib laev ette antud missiooni täpsusega $\pm 1-2$ meetrit sõltuvalt ilmastikuoludest. Laev jälgib ühenduse olemasolul AIS süsteemi kaudu läheduses paiknevaid objekte ning edastab süsteemi infot enda asukohta ja liikumise kohta. Kaugradari ja nelja lähiradari abil tuvastatakse laeva ümbruses liikuvaid ja seisvaid objekte. Liikuvate objektide korral arvestatakse nende asukohta, kurssi ning kiirust, mille põhjal võtab alus etteantud parameetrite järgi vajadusel vastu otsuse kurssi muutmiseks või peatumiseks. Takistustele reageerimine sõltub konkreetsest tööpiirkonnast ning on kasutaja poolt seadistatav.



4. Hinnang tulemustele

Projekti eesmärgiks oli välja töötada ja katsetada autonoomset isenavigeerivat veesõidukit, mis sai edukalt teostatud. Sõiduki prototüüp on valmis ja edukalt katsetatud. Katsetusi on läbi viidud nii piiratud alal sadamate lähistel kui ka reaalsetes kalaparvede kaardistamise töödes Liivi lahel.

Arvestades projekti täitjate piiratud ressursse (aeg ja finantsvõimalused) ning eriti seda, et projekti täitmise perioodil tekkis oluline kallinemine, mida ei saanud ette näha, võib projekti pidada väga õnnestunuks. Aluse prototüüp on merekindel, seda on võimalik transportida B-kategooria maasturiga ning veeskamiseks ning treileriga transportimiseks pole vaja suuremat meeskonda kui 2 inimest. Opereerimine on võimalik vaid 1 meeskonnaliikme olemasolul ning operaator saab laeva juhtida kõikjalt, kus on olemas piisava kiirusega internetiühendus. Hetkel on alus modifitseeritud kandma kalasonarit ja selle opereerimine on distantilt testitud ning valmis töötamiseks. Iseseisev takistuste vältimise otsuste vastu võtmine on laeval olemas, kuid esialgu tuleks operaatoril laeva tööd siiski pidevalt jälgida (seda ka seadusandlikel põhjustel).

Peamised puudused, mis projekti käigus selgusid, ei sõltu kahjuks projekti läbiviijatest. Nimelt puudub endiselt avamerel kiire 4G interneti ühendus ning seetõttu on antud laeva ohutuks opereerimiseks vajalik kasutada satelliitinterneti, mis on hetkel veel suhteliselt kulukas. Laev suudab küll ka ilma internetita oma missiooni jätkata, kuid operaatoril puudub ülevaade laevast, mis ei ole navigatsiooniohutuse seisukohast praeguses faasis lubatav. Suurimaks puuduseks antud aluse laialdaseks kasutuselevõtuks on hetkel puudulik seadusandlus, mis tähendab, et mehitamata aluste kasutamine on Eestis reguleerimata. Hetkel on tänu Transpordiameti vastutulelikkusele lubatud antud aluse katsetamised piiratud aladel varem kooskõlastatud tingimustel, kuid laialdane kasutamine on seetõttu endiselt piiratud.

Kuigi peamised ilmnunud puudused on projekti välistest tingimustest sõltuvad, selgusid katsetuse käigus mitmed tulevaste edasiarenduste võimalused. Näiteks korpuse disain ei võimalda oluliselt suuremaid kiiruseid kui 7 sõlme, suuremaid kiiruseid vajavad lahendused peaksid laeva kere projekteerimisel sellega arvestama. Ilmselt tähendaks kiiruste suurendamine ka vajadust laeva veeliini pikkust oluliselt pikendada, mis omakorda muudaks aluse maismaal transportimise keerukamaks. Antud projekti piiratud vahendite tingimustes polnud võimalik ka laevale pööratavate mootorite paigaldamine, mis oluliselt lihtsustaks sadamates manööverdamist, kuid samas muudaks aluse oluliselt kallimaks. Akude tehnoloogia arenemisega tuleks kaaluda ka suurema mahutavusega akudele üle minekut, et alus oleks võimeline kaldavoolust laetuna pikemaid distantse läbima, mis vähendaks diisलगeneraatoritele kuluvat kütust.

5. Kokkuvõte

Projekt „Autonoomse uurimisaluse väljatöötamine kalapüügi ja-uuringute säästlikumaks muutmiseks“ sai projekti täitjate hinnangul edukalt ellu viidud. Koos partneritega töötati välja võimalikult paljude võimalustega prototüüp koos joonistega, mis võimaldab huvitatutel tulevikus sarnaseid aluseid ehitada või vastavalt vajadustele projekti modifitseerida. Projekti elluviimise perioodi sattusid ka segased ajad globaalses majanduses, mis raskendasid tegevuste elluviimist, kuid tänu projekti pikendamistele ning eelarve mõningasele muutmisele õnnestus projekt soovitud mahus siiski ellu viia.

Autonoomse uurimisaluse prototüüp on valmis ning mitmel üritusel ka avalikkusele tutvustatud (Joonis 10). Laev on katamaraan tüüpi alus, mis on võimeline opereerima kogu Läänemere ulatuses kuni laine kõrguseni 2 m. Diiseli-elektriline jõuajam võimaldab liikuda kuni 7 sõlmese kiirusega ning töötada iseseisvalt kuni 24 tundi. Alusel on võimekus transportida erinevaid sonareid, millede tarbeks on olemas ka elektriühendused ning kommunikatsioonid. Kuna korpus on ehitatud arvestades võimalikult mitmekesise kasutusega, saab vajadusel laevale paigaldada väga mitmekülgset aparatuuri.

Laeva on võimalik juhtida nägemisulatuses juhtpuldiga või üle interneti operaatorkeskusest. Alus on võimeline ka täiesti autonoomselt etteantud missiooni täitma, vältides seejuures iseseisvalt takistusi. Takistuste tuvastamiseks on laeval 2 radarit, AIS süsteem ja kaamerad, millede abil saab laev ise enda ümbrust jälgida ning kõik informatsioon kuvatakse ka operaatorkeskusesse. Operaatorkeskuseks on arvutil töötavad programmid, mis võimaldavad laeva jälgida ja juhtida läbi interneti.

Pärast projekti lõppu jätkub prototüübi kasutamine ja edasiarendus. Loodetav autonoomsete/kaugjuhitavate laevade kasutuselevõtt annab meie merendussektorile olulise tööriista liikumaks keskkonnasäästlikumate ja ohutumate lahenduste suunas.



Joonis 10. Autonoomse uurimisaluse prototüübi „Heli“ veeskamisüritus. (Foto: Robert Markus Liiv)

6. Viited

- Barrera, C., Padron, I., Luis, F. S., & Llinas, O. (2021). Trends and challenges in unmanned surface vehicles (Usv): From survey to shipping. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 15.
- Chu, D., Parker-Stetter, S., Hufnagle, L. C., Thomas, R., Getsiv-Clemons, J., Gauthier, S., & Stanley, C. (2019). 2018 Unmanned Surface Vehicle (Saildrone) acoustic survey off the west coasts of the United States and Canada. *OCEANS 2019 MTS/IEEE SEATTLE*, 1–7.
- Eriksen, C. C., Osse, T. J., Light, R. D., Wen, T., Lehman, T. W., Sabin, P. L., Ballard, J. W., & Chiodi, A. M. (2001). Seaglider: A long-range autonomous underwater vehicle for oceanographic research. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 26(4), 424–436.
- Gentemann, C. L., Scott, J. P., Mazzini, P. L. F., Pianca, C., Akella, S., Minnett, P. J., Cornillon, P., Fox-Kemper, B., Cetinić, I., & Chin, T. M. (2020). Saildrone: Adaptively sampling the marine environment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101(6), E744–E762.
- Griffiths, G. (2002). *Technology and applications of autonomous underwater vehicles* (Vol. 2). CRC Press.
- Meinig, C., Burger, E. F., Cohen, N., Cokelet, E. D., Cronin, M. F., Cross, J. N., De Halleux, S., Jenkins, R., Jessup, A. T., & Mordy, C. W. (2019). Public–private partnerships to advance regional ocean-observing capabilities: a saildrone and NOAA-PMEL case study and future considerations to expand to global scale observing. *Frontiers in Marine Science*, 6, 448.
- Mordy, C. W., Cokelet, E. D., De Robertis, A., Jenkins, R., Kuhn, C. E., Lawrence-Slavas, N., Berchok, C. L., Crance, J. L., Sterling, J. T., & Cross, J. N. (2017). Advances in ecosystem research: Saildrone surveys of oceanography, fish, and marine mammals in the Bering Sea. *Oceanography*, 30(2), 113–115.
- Sepp, E., Vetemaa, M., & Raid, T. (2022). Use of autonomous research vehicles in Baltic fisheries acoustic surveys: potential benefits and pitfalls. *Trends in Maritime Technology and Engineering*, 613–616.
- Swart, S., Zietsman, J. J., Coetzee, J. C., Goslett, D. G., Hoek, A., Needham, D., & Monteiro, P. M. S. (2016). Ocean robotics in support of fisheries research and management. *African Journal of Marine Science*, 38(4), 525–538.
- Verfuss, U. K., Aniceto, A. S., Biuw, M., Fielding, S., Gillespie, D., Harris, D., Jimenez, G., Johnston, P., Plunkett, R., & Sivertsen, A. (2016). Literature review: Understanding the current state of autonomous technologies to improve/expand observation and detection of marine species. *SMRU Consulting*.
- Verfuss, U. K., Aniceto, A. S., Harris, D. V., Gillespie, D., Fielding, S., Jiménez, G., Johnston, P., Sinclair, R. R., Sivertsen, A., & Solbø, S. A. (2019). A review of unmanned vehicles for the detection and monitoring of marine fauna. *Marine Pollution Bulletin*, 140, 17–29.
- Wynn, R. B., Huvenne, V. A. I., Le Bas, T. P., Murton, B. J., Connelly, D. P., Bett, B. J., Ruhl, H. A., Morris, K. J., Peakall, J., & Parsons, D. R. (2014). Autonomous Underwater Vehicles (AUVs): Their past, present and future contributions to the advancement of marine geoscience. *Marine Geology*, 352, 451–468.



7. Summary

The project „Development of an autonomous research vessel for economical commercial fishery and fisheries research” was successfully completed. Together with partners, a prototype with variety of possible uses was developed together with project documentation, which allows the interested parties to build similar vessels or to modify the project. Difficulties in the global economy during the project period made the project completion difficult, but thanks to the prolonging of the project and some changes in the budget, the project was still completed to the full extent.

The prototype of the autonomous research vessel is complete and has already been publicly demonstrated in several events (Figure 10). The vessel is catamaran type with possibilities to operate all over the Baltic Sea up to wave height of 2m. A diesel-electric powertrain enables speed up to 7 knots and autonomous operation up to 24 hours without refueling. The vessel can transport different sonars, for which electric power and connections are provided. Since the hull is constructed for multiple uses, very diverse kinds of equipment can be mounted on the vessel.

The vessel can be navigated using operational center over the internet or in the line of sight, the vessel can be operated using remote control. The vessel is capable of fulfilling pre-planned missions fully autonomously, independently avoiding obstacles on the way. For obstacle identification, 2 radars, AIS system and cameras are installed to enable monitoring of the surroundings autonomously and send the information to the operational center. The operational center is a computer-based program, which enables monitoring and control of the vessel over the internet.

After the completion of the project, the use of prototype and further development will continue. Hopefully the use of autonomous/unmanned vessels will give our marine sector an important tool to move towards environmentally friendly and safer solutions.

Toetuse saaja: Tartu Ülikool

Tartu Ülikooli esindaja: Siret Rutiku, grandikeskuse juhataja

/allkirjastatud digitaalselt/

Vastutav täitja: Elor Sepp
elor.sepp@ut.ee