

VAHEARUANNE

Projekti nimetus:

Veealuse müra mõju hindamine kalastikule

2018 aasta 1. etapp (kuni 21.08.2018.a.)

Projekti läbiviiv organisatsioon: Tallinna Tehnikaülikool

Vastutav täitja: Aleksander Klauson

E-mail: aleksander.klauson@ttu.ee

Tel.: 55604137

1. Sissejuhatus

1.1 Veealuse akustika põhimõisteid

Helirõhu tase (Sound Pressure Level , SPL)

$$SPL = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \left(\int_0^T p_{rms}^2 dt \right) / p_{ref}^2$$

Ruutkeskmise helirõhu tase SPL (root-mean square SPL) on ruutkeskmise rõhu tase antud sagedusribas ja ajaaknas T , mis näitab keskmist rõhku ajaperioodi T jooksul. Helirõhu tase mõõdetakse logaritmilisel skaalal ning esitatakse detsibellides dB. Veealuse helirõhu taseme valemis on kasutusel võrdlusrõhk $p_{ref}=1\mu\text{Pa}$. Helirõhu taseme mõõtühikuks vees on dB re $1\mu\text{Pa}$.

Heli tavaliselt koosneb mitmest sageduskomponendist. Helirõhutasemete jaotust mingis sagedusribas näitab helispekter või helivõimsuste spektraaltihedus. Helispekter näitab helirõhutasemete sõltuvust sagedusest väikse sageduse sammuga. Kvalitatiivse hinnangu andmiseks sobib tihti suurem sageduse samm. Seetõttu jagatakse kogu helispekter suuremateks osadeks ehk sagedusribadeks. Akustikas on laialt levinud **1/3 oktaavriba** laiuste sagedusribade kasutamine. MSRД pakub pideva inimekkiliste müratasemete indikaatorsagedusvahemikeks kolmandik ($1/3$) oktaavriba (tertsriba) kesksagedustel 63 Hz ja 125 Hz.

1.2 Laevamüra mõju kaladele

Kaladel on kaks sensoorset süsteemi, mis saavad helisid vastu võtta. Lisaks kõrvale on kaladel ka küljejooneelund, mille abil nad tunnevad veeosakeste liikumist. Samuti saavad kalad küljejoone kaudu informatsiooni teiste kalade liikumisest ja paiknemisest vees. Küljejooneelund on spetsialiseerunud vastu võtma pigem lähedalt pärinevaid, enamasti madalama sagedusega (1–200 Hz) helisid. Kala sisekõrv saab lisaks madalatele vastu võtta ka

kõrgemaid ja kaugemalt lähtuvaid helisid. Hea kuulmise eelduseks on see, et kalal on ujupõis mis on ühenduses sisekõrvaga.

Kalu jagatakse kuulmisvõime alusel **kuulmisgeneralistideks** ja **kuulmisspetsialistideks**.

Kuulmisgeneralistid: enamasti pole ujupõit ja kui ongi, siis ei ole see ühenduses sisekõrvaga. Siia gruppi kuuluvad: *haug, ahven, angerjas, lest, lõhe ja forell*. Need kalad kuulevad küll hästi madalaid helisid, sh infrahelisid, kuid kõrgsageduslike helide piiriks jääb neil umbes 1000 Hz.

Kuulmisspetsialistid: ujupõis on ühenduses sisekõrvaga. Karpkalalastel ja sägalastel on selleks ühenduslülilik Weberi aparaat, mille moodustavad nelja esimese selgrootüli omavahel ühenduses olevad jätked. *Räimel* ulatub ujupõiest välja peenike kapillaar, mis lõpeb sisekõrvas väikese õhumulliga. Ujupõie jätkeid esineb ka *tursklattel*, sealhulgas Atlandi tursal, kuid need on suhteliselt lühikesed ega ulatu sisekõrva lähedale [A. Tuvike, 2016].

Inimtekkelise müra mõju kaladele võib liigitada järgmiselt:

- mõju kalakoondiste paiknemisele,
- pikaajaline mõju kala tervisele ning arengule,
- mõju saaklooma-kiskja vahekorrale,
- mõju kalade kommunikatsioonile (maskeerimine).

Norra teadlased on [Vabø et al., 2002, Handegard et al, 2005, Røstad et al., 2006] on uurinud kalakoondiste liikumisi kala- või uurimislaeva sõidu ajal. Oli täheldatud, et kala sukeldub umbes 15 minutit enne laeva kohale jõudmist. Mõnede teiste kalaliikide puhul on aga täheldatud, et nad eelistavad oma territooriumile jäämist isegi tugeva impulssmüra tingimustes [Wardle, 2001]. Kuigi läheneva laeva müra peletab kalu, siiski on kalade reaktsiooni tihti raske ennustada, kuna see sõltub nii kala liigist kui ka laevast [De Robertis, et al. 2015]. Tihti peavad kalad toitumiseks viibima merealadel, kus domineerib inimtekkeline veealune müra. Pikaajalise mõju tõttu tekib kaladel stress, mille märgiks on kortisooli ehk stressihormooni kõrgendatud tase veres. Uuringud on näidanud [Sierra-Flores et al., 2015], et laiaribalise müra toimel on tursal tõusnud kortisooli tase ning samas langeb kalamarja viljastamise edukuse määr.

Kalade hääleline kommunikatsioon omab tähtsat rolli, eriti paarituse ja paljunemise perioodil. Nii näiteks tursa isane meelitab emast kala saates madalsageduslike signaale (100 Hz) [Wysocki, et al. 2005].

Paljud kalad otsivad oma saaki kasutades selleks oma kuulmist. Kuulmine on abiks ka kiskja õigeaegsel avastamisel. Mõlemad mainitud funktsioonid võivad olla häiritud kõrge ümbritseva heli tase korral [Slabbekoorn et al., 2010].

1.3 Projekti eesmärgid

Üks MSRD hea keskkonnaseisundi kriteeriumidest (tunnus 11.2) nõuab, et inimtekkeline veealune müra peab olema tasemel, mis ei kahjusta merekeskkonda. Üheks oluliseks veealuse müra allikaks on laevaliiklus, mis põhjustab ümbritseva mürataseme tõusu. Selle tulemusena meres esineb pidev madalsageduslik mürafoon, mis võib avaldada pikaajalist olulist mõju Läänemeres esinevatele kaladele. See mõju võib avalduda mitmel viisil, nagu näiteks kalade kommunikatsiooni maskeerimine, toitumise ja sigimise häiringud jne.

Käesoleva projekti põhieesmärgiks on hinnata madalasagedusliku pideva veealuse müra võimalikku mõju rahvusvaheliselt reguleeritavate kalaliikide (räim, kilu, tursk) töenduslike koondiste ruumilise paiknemise dünaamikale Eesti mereruumis.

Püstitatud eesmärkide saavutamiseks viiakse kokku ERS FAR andmete alusel määratletud, analüüsitud ja visualiseeritud Eesti traallaevade tegelikud püügiplad, saak traaltunnile kalaliikide kaupa ja madalasagedusliku veealuse müra olulise mõju alad mereruumis kuude lõikes. Tulemuse saamiseks paralleelselt teostatakse veealuse müra vajalikud mõõdistused Eesti mereruumis. Toodud andmete ruumilise modelleerimise ja statistilise analüüsi tulemusena selgitatakse, kas ja kuidas madalasagedusliku veealuse müra olulised tasemed mõjutavad rahvusvaheliselt reguleeritavate kalaliikide töenduslike koondiste paiknemist Eesti mereruumis ja kaasnevaid aastaajalisi muutusi kuude lõikes.

Projekti tulemuse saamiseks teostatakse müra mõõdistusi Eesti mereruumis (Soome lahes poi BIAS20) ning modelleeritakse veealuse heli levi piirkondades, kus mõõdistused toimivad.

2. Projekti ettevalmistustegevused

Projektis on ettenähtud uute seadmete ost. On tellitud uus salvestussüsteem - 2 seadet SoundTrap ST-500, mille autonoomsus ja tundlikus on parem võrreldes praegu kasutusel olevate seadmetega (<http://www.oceaninstruments.co.nz/product/soundtrap-st500-std/>).

BIAS projekti raames saadud modelleerimistulemuste esitati GIS süsteemis, selleks et neid saaks kasutada koos teiste GIS põhiste andmetega.

Modelleerimine saab tehtud tarkvara Quonops abil (<https://qos.quiet-oceans.com/>). On toimunud läbirääkimised tarkvara liisimiseks üheks aastaks.

On toimunud mõõtmispiirkondade hüdroakustiliste poijaamade asukohtade määramine ning on koostamisel mõõtmistööde ajakava.

On paigaldatud poijaam ümbritseva müra monitooringuks: BIAS20-17. Mõõtmisperioodi algus 09.04.2018. Salvestamine toimub 30 minutit tunnis ning mõõtmisperioodi kestvus on 6 kuud.

3. Katkestused ja häiringud tavapärasel tööl:

Ei esinenud.

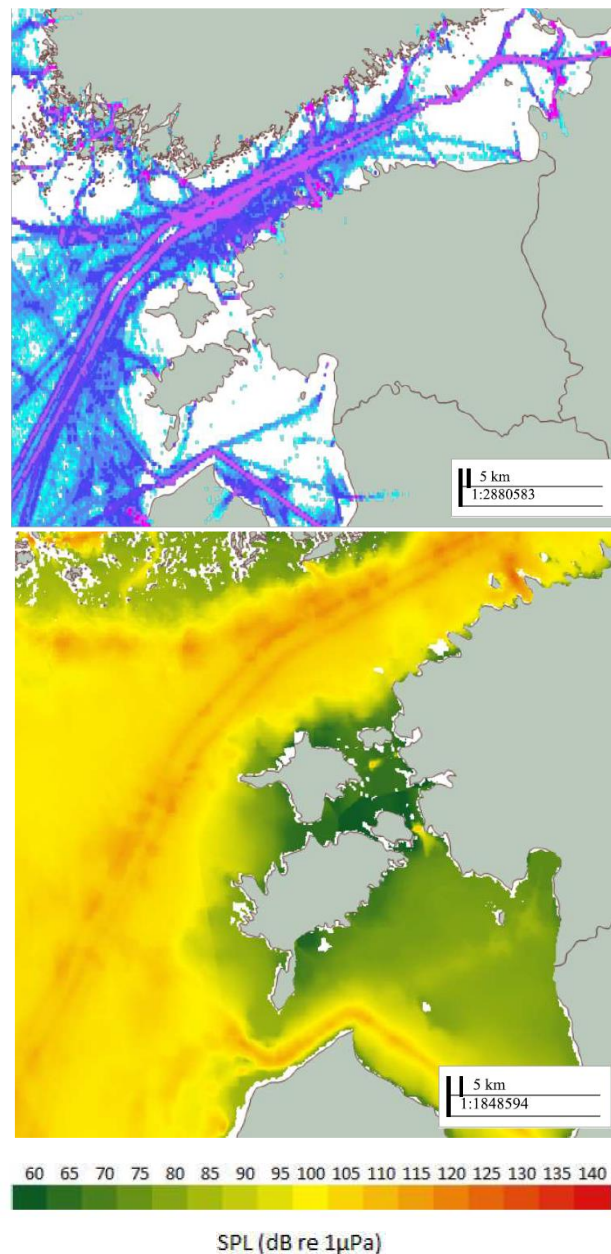
4. Lühikokkuvõte saadud tulemustest:

On saadud ülevaade Eesti traallaevade püügipladest aastal 2014 kuude kaupa. Sama aasta jaoks on olemas BIAS projekti tulemused: helirõhu tase erinevate kolmandik oktaavide jaoks ning erinevate ajalise ületamise määrade juures.

Töötamiseks sai valitud kolmandik oktaavi 125Hz helirõhu tasemed, kuna teaduskirjanduse kohaselt on see sagedusvahemik hästi kuuldav Eesti majandusvööndis esinevatele kalaliikidele (räim, kilu, tursk). Ajaperioodiks valisime jaanuar 2014, kuna see on aktiivse traalpärgi periood. BIAS projekti mürakaardid on valmistatud kuude kaupa ning

tegemist on ajas ja ruumis keskmistatud tulemustega. Tulemusi valiti kolme erineva veesamba osa jaoks: veesamba keskmine, veepinnakihi keskmine (0-15m), veepõhja kihi keskmine (30m – põhi). Ületamismääraks oli valitud L05, mis tähendab, et 5% ajast oli veealune helirõhutase antud helitasemest kõrgem. BIAS projekti helikaart on esitatud joonisel 1.

Lepiti kokku püügiandmete ja ümbritseva helitaseme võrdluse meetoodika.



Joonis 1. Üleval: laevaliikluse tihedus Jaanuaris 2014. All: Helikaart ajaperioodil 01-2014, 1/3 oktaav kesksagedusega 125Hz, sügavus: kogu veesammas, ületamise määr L05 (5% ajast)

5. Järgmiseks vahearuande perioodiks kavandatavad tegevused

- Täpsustatakse kalalaevade liikumise informatsiooni (VMS) ning kalalaevade veealuse müra panust.
- Teostatakse valitud piirkondade veealuse müra modelleerimist selgitamaks helitaseme muutmise dünaamikat.

- Jätkatakse veealuse ümbritseva müra monitooringut Soome lahes.

6.Võimalikud riskid ja tegevused riskide maandamiseks

Riskid on seotud eeskätt meretöödega ning mõõtmisaparatuuri võimalike rikketega. Riske maandatakse seadmete õigeaegse hooldamisega ning standardite järgimisega.

7. Asjaolud, millega pole arvestatud lepingu sõlmimisel ja ettepanekud nende lahendamiseks

Projekti esimesel etapil pole arvestamata asjaolusid ilmnenu.

8. Kasutatud kirjandus

De Robertis A. and Handegard N.O. Fish avoidance of research vessels and the efficacy of noise-reduced vessels: a review. *ICES Journal of Marine Science* (2013), 70(1), 34–45.

Handegard, N.O. et al. (2003) Avoidance behavior in cod, *Gadus morhua*, to a bottom trawling vessel. *Aqua. Liv. Res.* 16, 265–270

Handegard, N. O., and Tjøstheim, D. (2005). When fish meet a trawling vessel: examining the behaviour of gadoids using a free-floating buoy and acoustic split-beam tracking. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62: 2409–2422.

Sierra-Flores, R., Atack, T., Migaud, H., Davie, A. Stress response to anthropogenic noise in Atlantic cod *Gadus morhua* L. *Aquacultural Engineering* 67 (2015) 67–76.

Slabbekoorn, H., Bouton, N., van Opzeeland, I., Coers, A., ten Cate, C., Popper, A.N., 2010. A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. *Trends Ecol. Evol.* 25, 419–427.

Tuvikene, Arvo (2016). Kui hästi kalad kuulevad? *Kalale!*, 20, 14–21.

Vabø, R. et al. (2002) The effect of vessel avoidance of wintering Norwegian spring-spawning herring. *Fish. Res.* 58, 59–77

Wardle, C.S. et al. (2001) Effects of seismic air guns on marine fish. *Cont. Shelf Res.* 21, 1005–1027.

Wysocki, L.E. and Ladich, F. (2005) Hearing in fishes under noise conditions. *JARO-J. Assoc. Res. Oto.* 6, 28–36

Aruande koostaja: Aleksander Klauson

Esitamise kuupäev: 21.08.2018.a.