



**TALLINNA TEHNICAÜLIKOOL**  
EESTI MEREAKADEEMIA  
merenduskeskus

Tanek Korv

**POTENTSIAALSELT KESKKONNAOHTLIKE  
VRAKKIDE KÜTUSEST TÜHJAKS PUMPAMISE  
OTSTARBEKUS**

Lõputöö

Juhendaja: Ivar Treffner

Tallinn 2022

Olen koostanud töö iseseisvalt.

Töö koostamisel kasutatud kõigile teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele on viidatud.

Tanek Korv

*(allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)*

Üliõpilase kood: 178382VDVR

Üliõpilase e-posti aadress: [tanekkorv@windowslive.com](mailto:tanekkorv@windowslive.com)

Juhendaja Ivar Treffner:

Töö vastab lõputööle esitatud nõuetele

*(allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)*

Kaitsmiskomisjoni esimees: Dotsent Inga Zaitseva-Pärnaste

Lubatud kaitsmisele

*(allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)*

## Sisukord

|  |    |
|--|----|
| Jooniste loetelu .....   | 4  |
| Tabelite loetelu .....   | 5  |
| Annotatsioon.....  | 6  |
| Sissejuhatus .....   | 7  |
| 1 Taustaandmed.....  | 9  |
| 2 Mis muudab vraki ohtlikuks? .....  | 13 |
| 2.1 Laeva tüüp .....   | 13 |
| 2.1.1 Kütuse tüüp.....   | 15 |
| 2.2 Vraki seisund .....  | 16 |
| 2.3 Vraki asukoht.....   | 20 |
| 2.4 Laeva last.....  | 21 |
| 3 Vrakkidelt esinev reostusohht .....                                      | 25 |
| 4 Empiiriline uurimus.....   | 29 |
| 5 Saadud andmete/hinnapakumiste analüüs .....                              | 30 |
| 5.1 Vrakk 1 – HMS Cassandra .....  | 31 |
| 5.2 Vrakk 2 – T-208 Škiv .....   | 32 |
| 5.3 Vrakk 3 – M-37 .....   | 34 |
| 5.4 Merest ja rannast likvideerimine .....                                 | 36 |
| 5.4.1 Merest likvideerimine.....   | 36 |
| 5.4.2 Rannast likvideerimine .....   | 38 |
| 6 Hindade üldine analüüs ja järeldused .....                               | 42 |
| Kokkuvõte .....  | 46 |
| Summary.....   | 48 |
| Viidatud allikad .....   | 50 |
| Lisa 1. Eestikeelne hinnapäring.....                                       | 54 |
| Lisa 2. Inglisekeelne hinnapäring.....                                     | 55 |
| Lisa 3. Hinna- ja informatsioonipäring Politsei- ja Piirivalveametile..... | 56 |
| Lisa 4. 10 potentsiaalselt keskkonnaohtlikku vrakki Eesti vetes.....       | 57 |

## Jooniste loetelu

|  |    |
|--|----|
| Joonis 1. Potentsiaalselt ohtlike laevavrakkide jaotus. Punktid ei näita kindlaid asukohti, vaid umbkaudset vrakkide jaotust ..... | 9  |
| Joonis 2. Hapnikuvaegusega alad (punasega) Läänemeres .....  | 12 |
| Joonis 3. Keemiarelvade uputamisalad Läänemeres .....  | 23 |
| Joonis 4. Lõhkeainete leidmise tõenäosus Eesti merealadelt .....   | 24 |
| Joonis 5. 2020. aasta kevadel Narva lahes lekkima hakanud Saksa torpeedo-laeva T-30 õlilaigud.....                                 | 25 |
| Joonis 6. HMS Cassandra.....   | 31 |
| Joonis 7. T-208 Škiv.....  | 33 |
| Joonis 8. M-37 .....   | 35 |

## Tabelite loetelu

|  |    |
|--|----|
| Tabel 1. Sotsiaal-majanduslikud valdkonnad, nende tegevused ja nende tundlikkus reostusele ..... | 27 |
| Tabel 2. MV Finnbirchi ja HMS Cassandra kütusest tühjaks pumpamise maksumus... 32                |    |
| Tabel 3. Sändoni, Neuenfelsi ja T-208 Škivi kütusest tühjaks pumpamise maksumus . 34             |    |
| Tabel 4. T-30 ja M-37 kütusest tühjaks pumpamise maksumus .....                                  | 35 |
| Tabel 5. Ühe tonni rannikule jõudnud reostuse koristamise maksumus USA näitel .....              | 39 |
| Tabel 6. Maksumuste võrdlus.....   | 42 |

## **Annotatsioon**

Potentsiaalselt keskkonnaohtlike ehk endiselt kütust sisaldavate laevavrakkide keskkonnaohutuks muutmiseks on vajalik neile teostada kütuse välja pumpamise operatsioonid. Paraku hakatakse selliste laevavrakkidega tegelema alles siis, kui reostus on juba lekkimise või vraki kokku kukkumise tulemusena ilmnenud.

Lõputöö eesmärgiks oli võrrelda vraki ennatliku kütusest tühjaks pumpamise maksumust kütusereostuse likvideerimise maksumusega merest ja rannast. Võrdluse tulemusena sai hinnata kummagi tegevuse otstarbekust majanduslikust vaatenurgast. Lühidalt vaadeldi ka kütusereostuse sotsiaal-majanduslike kahjude ja keskkonnakahjude suurus. Eesmärkide saavutamiseks esitati hinna- ja informatsioonipäringuid ettevõtetele, riigiasutustele ja inimestele ning uuriti ja analüüsiti erinevaid allikaid.

Tulemusena selgus, et vrakkide kütusest tühjaks pumpamise otstarbekus sõltub vraki sügavusest, kütuse tüübist ja kogusest. Kui arvestada reostusega kaasnevate kulude kogumaksumust, on vrakke siiski igal juhul otstarbekas kütusest tühjaks pumbata.

Käesolevas lõputöös kogutud info ja läbiviidud analüüs on sisendiks Keskkonnaministeeriumile ja Politsei ja Piirivalveametile edasiseks keskkonnaohtlike laevavrakkide probleemiga tegelemiseks.

Märksõnad: *laevavrakid, keskkonnaoht, kütusereostus, pumpamine, majanduslik otstarbekus, reostuse likvideerimine*

## Sissejuhatus

Potentsiaalselt keskkonnaohtlikud laevavrakid on suureks ohuks keskkonnale. Kuna tegu on probleemiga, mis on nii-öelda silma alt ära, ei oska inimesed teadvustada sellega kaasnevaid riske.

Paljud laevavrakid on mere põhjas lebanud ligi sada aastat. Selle aja jooksul kaotab tüüpilise laevakere konstruktsioon suure osa oma algsest tugevusest ja paksusest. Laevakeresse korrodeerunud auk loob pääsetee sinna lõksu jäänud kütusele, mis hakkab selle tulemusena vrakist lekkima ja merekeskkonda reostama.

Keskkonda jõudnuna võivad laeva kütusena kasutatavad mürgiste omadustega naftaproduktid põhjustada sellele tagasipöördumatut kahju. Merereostusel on ka suur paljude inimeste elusid mõjutav sotsiaal-majanduslik kahju.

Eesti vetes on üksikud vrakkide lekkimise juhtumid juba aset leidnud, kuid tõsisemate tagajärgedega keskkonnareostust veel toimunud ei ole. Maailmas ja ka Eestis hakatakse siiski laevavakkidega kaasnevatesse ohtudesse tõsisemalt suhtuma.

Käesolevas töös käsitletakse vrakkide keskkonnaohtlikkust mõjutavaid faktoreid ning tuuakse paralleele nende mõjude olulisusest ja suurusest Läänemeres. Töös vaadeldakse vrakkidelt lähtuvat ohtu kütusereostuse vaatenurgast. Kummitusvõrkude ja lõhkemoonaga seotud probleemidele ei keskenduta.

Lõputöö eesmärgiks on saada adekvaatne hinnang kolme Eesti vetes asuva vraki kütusest tühjaks pumpamise maksumuse kohta ning võrrelda seda maksumust kütusereostuse likvideerimise maksumusega merest ja rannast. Võrdluse tulemusena saab ettekujutuse vrakkide ennatliku kütusest tühjaks pumpamise otstarbekusele majanduslikust vaatenurgast. Reostusega kaasnev keskkonna ja sotsiaal-majanduslike kahjude suurus tuuakse välja analüüsi osas.

Püstitatud hüpoteesiks on, et potentsiaalselt keskkonnaohtlike vrakkide kütusest tühjaks pumpamine on majanduslikult otstarbekam kui nendelt tekkida võiva reostuse likvideerimine merest ja rannast.

Lõputöö koosneb kuuest peatükist. Esimeses teoreetilises peatükis antakse lugejale ülevaade töö paremaks mõistmiseks vajalikest taustaandmetest.

Teine teoreetiline peatükk jaguneb neljaks alapeatükiks. Esimene alapeatükk kirjeldab vraki seisundit mõjutavaid faktoreid. Teises alapeatükis on lühidalt juttu laevade tüüpidest ja põhjustest, miks see ohtlikkuse määramisel oluline on. Teine alapeatükk jaguneb veel omakorda üheks alapeatükiks, kus kirjeldatakse kütuse tüüpe. Kolmandas alapeatükis seletatakse vraki asukoha mõju vraki ohtlikkusele ja neljandas peatükis laeva lasti ohtlikkust.

Kolmandas teoreetilises peatükis kirjeldab autor ohte ja mõjusid, mis võivad kaasneda vrakkidelt esineva reostusega meres.

Neljas peatükk kirjeldab kolme vraki tühjaks pumpamise ning merest ja rannast reostuse likvideerimise maksumuste võrdlemiseks kasutatud uurimis- ja andmekogumis-meetodeid.

Viiendas peatükis tehakse kogutud andmete analüüs. Peatükk jaguneb neljaks alapeatükiks. Esimeses kolmes alapeatükis tuuakse välja kolme Eesti vetes paikneva vraki umbkaudsed kütusest tühjaks pumpamise maksumused. Neljas alapeatükk jaguneb omakorda kaheks alapeatükiks, kus esitatakse reostuse merest ja rannast likvideerimise maksumused.

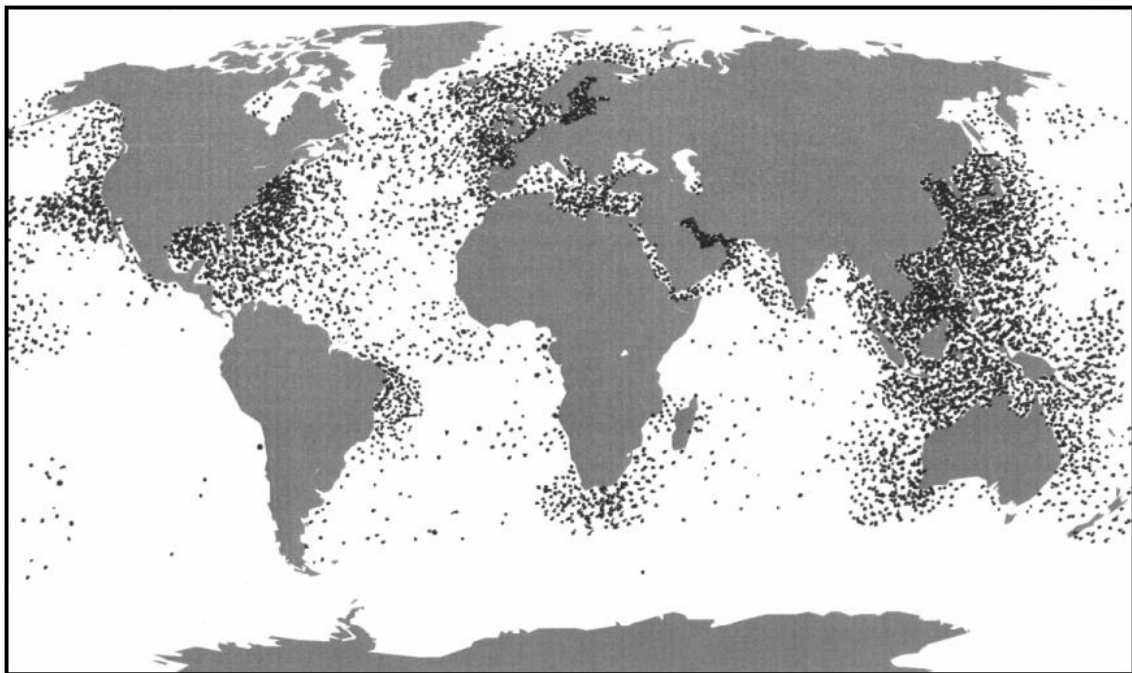
Kuuendas peatükis võrdleb lõputöö autor saadud maksumusi omavahel ning esitab järeldused.



# 1 Taustaandmed

Muinsuskaitseaduses on vrakile kui mõistele antud järgmine kirjeldus: vrakk on vee-, õhu- ja muu sõiduki jäänus või selle osa või osad koos nende alla jääva alaga ning vrakiga seonduva lasti või muude esemetega (Muinsuskaitseadus, Riigi Teataja). Eesti õigekeelsussõnaraamat annab vraki tähenduseks „hukkunud laeva kere“.

Potentsiaalselt ohtlikeks loetakse vrakke, mille pardal on endiselt kütust (Michel *et al.*, 2005, 3). Maailmas on tänaseks päevaks tuvastatud üle 8500 potentsiaalselt ohtliku laevavraki (Joonis 1), mis võivad olla suureks ohuks merekeskkonnale. Hinnanguliselt arvatakse, et nende vrakkide pardal on endiselt kütuse või lastina 2.5 kuni 20.4 miljonit tonni naftasaadusi (Goodsir *et al.*, 2019). Naftasaadused alates kergematest on näiteks järgmised: vedelgaasid, bensiinid, petrooleumid, diisliõlid, kerged kütteõlid, rasked kütteõlid ja bituumenid (ELF, 2007, 8).



Joonis 1. Potentsiaalselt ohtlike laevavrakkide jaotus. Punktid ei näita kindlaid asukohti, vaid umbkaudset vrakkide jaotust

Allikas: (Michel *et al.*, 2005, 11)

Halb ilm, puudulik hooldamine, inimlikud eksimused, sõjad ja piraatlus on põhjustanud selle, et väike osa meredel seilavatest laevadest oma sihtkohta kunagi ei jõua. Laeva uppumist vaadatakse tavaliselt kaotatud elude ning finantsilise kahju vaatenurgast, ning vrakke endeid saadab teatud müstika või huvi (näiteks kadunud aarded) (Girin, 2004).

Eelmise sajandi alguses muutus nafta kiiresti maailma põhiliseks energiaallikaks. Järjest suuremaid koguseid toornaftat ja töödeldud naftat transporditi mööda ookeane. Laevanduses said normiks vedelkütusel sõitvad laevad, mis muutusid järjest suuremaks ja võimsamaks, vajades ka järjest suuremaid kütusemahuteid. Iga uus vrakk tähendas, et osa pardal olevatest naftaproduktidest sattus merre ning osa jäi laeva kere sisse lõksu. Aarete asemel leiame vrakkide näol tänapäeval eest aga hoopis keskkonnale ohtlikud ajapommid, mille „plahvatamist“ on üsna keeruline ennustada. Kuna näiteks tankeritel lastiks olnud naftaproduktid ja eriti laeva kütusena kasutatav masuut on veest kergemad, siis ootavad nad põhimõtteliselt lihtsalt oma hetke, et laeva konstruktsioon järgi annaks ja nii-öelda pääsetee looks (sealsamas, 2004).

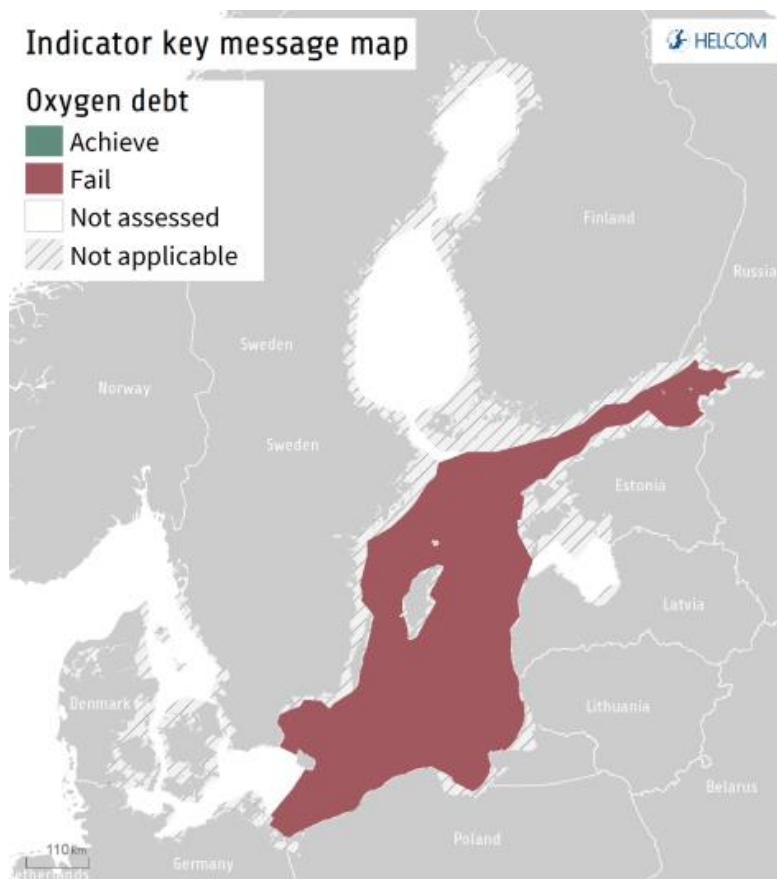
Lähiajaloo suurimaks laevandusega seotud keskkonnakatastroofiks võib lugeda tankeri Prestige uppumist ja aluse lastiks olnud nafta lekkimist Hispaania ja Prantsuse rannikule. Õnnetus sai maailmas palju tähelepanu ning vraki leidmiseks ja keskkonnaohutuks tegemise peale kulutati suurel hulgal ressursi ja raha. Mis aga pole nii suure tähelepanu alla sattunud on see, et keskkonda ohustavad tegelikult palju rohkem ainuüksi teise maailmasõja ajal uppunud 7800 laeva, millest vähemalt 860 tankerit on tänaseks hetkeks ligi 80 aastat merepõhjas korrodeerunud (Gilbert, 2005).

Esimene ja teine maailmasõda olid perioodid, kus lühikese ajaga uppus suur arv laevu. Paljude nende vrakkide keredes on endiselt peidus märkimisväärne kogus kütust, laske- ja lõhkemoona ja keemiarelvi. Arvatakse, et enamik vrakke sellest perioodist on uppunud Atlandi ja Vaikses ookeanis. Kuid vrakkide keskkonnaohtlikkuse probleem on eriti tõsine just väiksemates, madalates ja suletud meredes nagu seda on Läänemeri, kus toimus samuti intensiivne meresõda. Läänemere ääres asusid teise maailmasõja mõistes olulised mereväebaasid: Gdańsk ja Gdyna Poolas; Pillau (1946. aastast nimega Baltiisk) ja Kronstadt Venemaal; Liepaja Lätis. Oma militaarse tähtsuse tõttu olid püüdlused neid baase enda kätte võita meeletud, selle tulemusena uppus ainuüksi nende sadamate juures suur hulk sõja- ja abilaevu pommitamise tõttu (Rogowska *et al.*, 2010).

Läänemeri on olnud juba sajandeid lisaks sõjalis-strateegilisele vaatenurgale ka oluline mereteede kaupade transportimiseks. Aegade jooksul on siin põhja läinud ilmselt kümneid tuhandeid laevu. Muinsuskaitseameti, Rahvusarhiivi, Eesti Meremuuseumi ja Rootsi Meremuuseumi koostööprojektina valminud Eesti vrakiregistrisse on 07.02.2022 seisuga sisestatud andmed 1297 laeva kohta. Transpordiameti hüdrograafiaosakonna juhataja Peeter Välingu käest küsides selgus, et nende poolt hallatavasse Hüdrograafia infosüsteemi on 07.02.2022 seisuga kantud 651 leitud vrakki, millest teadaolevalt 146 on hukkunud alates 20. sajandi algusest. Kuna Eesti merealadest on kaasaegsete sonaritega lausmöödistatud ligi 70%, siis võib arvata, et vrakke leitakse kindlasti veel.

2019. aastal Muinsuskaitseameti tellimusel valminud „20. sajandil uppunud vrakkide keskkonnaohtlikkuse analüüsist“ leitava uppunud aluste nimekirja põhjal hinnati kõige ohtlikumaks esimese ja teise maailmasõja ajal uppunud hävitajad, miiniraalerid ja allveelaevad, mis sõitsid kütteõlil või diisli, ning mille pardal oli ka erinevat lõhkemoona.

Eesti mereala pindala (36500km<sup>2</sup>) moodustab Läänemere pindalast ligi 10%. Eesti mereala veesügavused varieeruvad vahemikus 0 kuni 180 meetrit, kolmandik merealast on sügavam kui 60 meetrit. Eesti mereala veesoolsus jääb vahemikku 0-8 promilli ning veetemperatuur põhjalähedases kihis püsib 2-5 °C vahel. Vee läbipaistvus sõltub fütoplanktoni ja suurvetikate aktiivsusest ja kasvust. Kuid võib öelda, et Läänemere vee läbipaistvus on pigem kesine. Järjest on süvenemas ka probleemid hapnikuvaegusega. Hinnanguliselt esineb Läänemeres umbes 18% ulatuses hapnikupuudusega ja umbes 28% ulatuses hapnikuvaeseid alasid (Joonis 2). Eesti mereala pinnakihis on iseloomulikuks hoovuse kiiruseks 10-20 cm/s ja sügavamates kihtides võib esineda hoovuseid kiirusega 40-50 cm/s (Keskkonnaministeerium, 2019).



Joonis 2. Hapnikuvaegusega alad (punasega) Läänemeres

Allikas: (HELCOM, 2018)

## 2 Mis muudab vraki ohtlikuks?

Nagu varasemalt juba mainitud, on ookeanides ja meredes suurel hulgal laevavrakke. Kõik need vrakid ei kujuta ohtu keskkonnale. Selleks, et kindlaks teha, milline laevavrakk võib keskkonnaohtlik olla, tuleb teha mahukat taustauuringut. Näiteks *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) 2013. aastal tehtud raportis sõeluti ainuüksi vraki vanuse, vraki asukoha, ehitamisel kasutatud materjalide, käikuvuse, laevatüübi ja suuruse põhjal andmebaasis olevast umbes 20 000 vrakist välja 573 potentsiaalselt keskkonnaohtlikku vrakki (NOAA, 2013, 15).

Järgnevates alapeatükkides kirjeldatakse üksikasjalikumalt lahti põhilised faktorid, millele pööratakse vrakkide keskkonnaohtlikkuse hindamisel tähelepanu.

### 2.1 Laeva tüüp

Laeva tüüp on oluline aspekt vraki keskkonnaohtlikkuse määramisel. On selge, et näiteks 17. sajandi puidust purjelaeva vrakk ei kujuta ohtu keskkonnale kütusereostuse näol. Sama ei saa väita aga näiteks enamuse 20. sajandi alguse vrakkide kohta. See on seotud laevade arenguga. Laevade ehitamisel kasutatud materjalides toimus areng ja muutus, nimelt hakati puidu asemel laialdaselt kasutama metalli. Laeva käigus hoidvaks jõuks said purjede asemel masinad, mis algselt kasutasid kütusena kivisütt ja hiljem kütteõli. Tekkisid erinevad laevatüübid, mis olid suunatud ühe kindla kaubatüübi transportimiseks (näiteks naftatankerid). Kaubanduse ja tehnika areng tõi endaga kaasa laevade suuruse kasvu, et rahuldada järjest suuremat nõudlust (NOAA, 2013).

Võimaliku reostusallikana vaadeldakse peamiselt laevu, mis on ehitatud vastupidavamatest materjalidest nagu raud ja teras, sest sellisest materjalidest laevadel on levinud vedelkütuste kasutamine. Esimesed metallist laevad ehitati Ameerikas 19. sajandi keskel. Terasest laevad muutusid levinuks 20. sajandi alguses, kuid kuni selle ajani kasutati laevade konstruktsioonides endiselt laialdaselt ka puitu (sealsamas, 2013, 15).

19. sajandil muutusid tavaliseks ka aurulaevad, mis kasutasid kütusena kivisüsi. Esimesed kütteõlil sõitvad laevad ilmusid 1890. aastatel, kuid kivisöe kasutamine oli

levinud kuni teise maailmasõjani välja (sealsamas, 2013, 15-16). Kütteõlide kasutamine laeva kütusena muutus tavaliseks 20. sajandi alguses. Esimene kütteõlil sõitev sõjalaev USS *Oklahoma* ehitati aastal 1912. Esimeses maailmasõjas kasutati veel nii kivisööel kui kütteõlil sõitvaid sõjalaevu, kuid 1920nendatel toimus vähemalt militaarlaevade seas ulatuslik ümberehitamine ainult kütteõlide kasutamiseks. Tsiviillaevade ümberehitamine oli natuke tagasihoidlikuma mastaabiga, sõltudes suuresti laeva sõidupiirkonnast ja kütuste kättesaadavusest. Näiteks Suurel Järvistul kasutati kivisütt pikalt edasi just selle hea kättesaadavuse tõttu (Michel *et al.*, 2005, 38-39).

Aasias ja Euroopas oli 1920. aastatel levinud diiselmootorite kasutamine. 1932. aastaks olid 95% nendes piirkondades ehitatud uutest suurtest kaubalaevadest diiselmootoritega. Laevaehitajad jätkasid suuremate, aeglasekäiguliste mootorite arendamisega, mis kasutasid kergem või raskem laeva diislikütust. Need diislikütused on madala viskoossusega ja suhteliselt ebapüsivad. USAs eelistati samal ajal aurumootoritega laevu, mis kasutasid kütusena kõrge viskoossusega punkrikütust. See oli odav ja aurukateldesse sobiv kütus, mida tuli pidevalt soojendada, et tagada pumpamise jaoks piisav viskoossus (sealsamas, 2005, 39). Teadmine selle kohta, mis tüüpi kütust laev kasutas või transportis (tankerite puhul), aitab oletada seda, kui palju võib endiselt laeva pardal olla.

Moodsate laevade materjalidest rääkides tuleb arvestada ka sünteetiliste materjalide, elektrooniliste seadmete, tuletõrjekemikaalide ja teiste mürgiste kemikaalidega. Siiski on täheldatud, et laevavraki masinaruumil või raadioruumil on keskkonnale üsna väike ja lokaalne mõju. Uuringute tulemusena on näiteks selgunud, et mitmetes Norra sadamates ja laevatehastes on laevadest tekkiv reostuse tase suurem kui see on uppunud laevade ümbruses (Bergstrøm, 2014). Laevad saastavad keskkonda õlide, kemikaalide ja prüügiga, mis satub merre näiteks pilsivee, ballastvee või reovee välja pumpamisel (Boran, 2017, 244). Selline reostus on aga siiski minimaalne ning ei ole võrreldav reostusohuga, mida võib kujutada üks potentsiaalselt keskkonnaohtlik laevavrakk.

Enne spetsiifiliste kaubalaevatüüpide (konteinerlaev, puistlastilaev jne) tekkimist olid kaubalaevad üldotstarbelised. Kaupa veeti lastiruumides või teki peal, vedelat kaupa hoiustati tünnides. Esimesed naftatankerid ehitati kindlate marsruutide tarbeks, näiteks Baku – Kaspia mere tanker 1877. aastal (Michel *et al.*, 2005, 38). Reostusohu

seisukohalt on naftatankerid kõige ohtlikumad, sest nende pardal on potentsiaalselt kõige suurem kogus naftat. Kui tänapäevased VLCC (*Very Large Crude Carrier*) ja ULCC (*Ultra Large Crude Carrier*) tankerid saavad peale võtta kuni 2 miljonit barreelit (umbes 318 000 m<sup>3</sup>) naftat, siis näiteks teise maailmasõja ajal levinud Liberty-klassi transpordilaeva keskmine pardal oleva nafta kogus oli 12 054 barreelit (1916 m<sup>3</sup>). Kuigi see koguse vahe on suur, ei tasu siiski alahinnata ka neid koguseid, mis nende laevade peal olla võivad (NOAA, 2013, 16).

Naftatankerid kõrvale jättes saab üldiselt kogust, mis ühe või teise laeva pardal olla võis hinnata ka lihtsalt laeva enda suuruse järgi: suuremate laevade pardal rohkem ja väiksemate laevade pardal vähem. NOAA raportis loeti mitteohtlikeks näiteks laevad, mille pikkus oli alla 200 jala (umbes 61 meetrit) või mille kogumahutavus jäi alla tuhande. Läänemere eripärasid arvestades ei oleks siin muidugi mõistlik selliseid numbreid kasutada. Treffner (2019) on oma analüüsis kirjutanud, et Läänemeres oleks 100 tonni kütusereostuse korral tegemist märkimisväärse koguse ning keskkonnaohuga. Kui arvestada, et tüüpilise tänapäevase puksiiri kütusemahutite suurus on kuskil 35 kuni 110 tonni (Fuel management..., 2008), siis võivad ka väiksemate mõõtudega alused Läänemere keskkonnale ohtu kujutada.

### **2.1.1 Kütuse tüüp**

Erinevaid nafta tüüpe on maailmas küll tuhandeid, kuid oma põhiomadustelt võime need jagada kolme gruppi: kerged kütteõlid, rasked kütteõlid ja toornafta (NOAA, 2013, 44). Enamik naftatooteid on veest kergemad, vees lahustumatud ja toatemperatuuril vedelas olekus, kuid näiteks toornafta ja raske kütteõli on külmades tingimustes tahkes olekus. Vette sattudes nafta olek muutub ja ta hakkab õhustuma: lenduma, segunema, muutuma tilkadeks, lagunema ja vee alla vajuma. Lendumine on üks kõige olulisemaid nafta omadusi – esimeste päevade jooksul võib lenduda kuni 75% vette pääsenud kergetest naftaliikidest. Kerged naftaliigid levivad kiiresti (kanduvad laiali mõne tunniga) laialdasele alale, moodustades veepinnale õhukese kihi. Seetõttu on neid keerulisem veest eemaldada kui raskeid. Lendumise tõttu jäävad naftast alles raskemad ja tugevamad ühendid, mille tõttu moodustubki eeskätt rasketest naftaliikidest nii-öelda tahked rasked massid. Lisaks võib raske nafta lendumisel muutuda veest raskemaks ja vajuda vee alla. Külmades tingimustes on nafta õhustumine väiksem (ELF, 2007, 8).

Kerged kütteõlid õhustuvad tuule ja lainete toimele üsna kiiresti ja ohustavad peamiselt veesambas elavaid organisme. Toornafta on suurema viskoossusega, keskkonnas püsivam ja hõljub vees kauem. Selle tulemusena on oht, et toornafta rannikule jõuab suurem kui kergetel kütteõlidel. Rasked kütteõlid on eriti viskoossed, mille tõttu on nad keskkonnas ka väga püsivad ja tõenäosus, et õli rannikule välja jõuab, on suur (NOAA, 2013, 44-45).

Peale kütuse võib vrakkide pardal olla veel ka mootoriõli, hüdraulilist õli ja teisi määrdeõlisid (Michel *et al.*, 2005, 39). Nende õlide kogused on tõenäoliselt võrreldes kütuste kogustega küll väiksed, kuid ka nende vrakilt eemaldamine on keskkonnaohtlikkuse seisukohast oluline. 2006. aastal Rootsi vetes põhja läinud 156 meetri pikkuse ro-ro laeva Finnbirchi pardal oli uppumise hetkel näiteks 441 m<sup>3</sup> rasket kütteõli, 100 m<sup>3</sup> diisli ja 10 m<sup>3</sup> määrdeõlisid (Lindgren *et al.*, 2021).

## 2.2 Vraki seisund

Vraki seisundi hindamine on vraki keskkonnaohtlikkuse hindamise juures üks kõige olulisem, kuid samas kõige raskemini teostatav protsess, sest nõuab päriselt vraki juurde sukeldumist (tuukrid või ROV – *Remotely Operated Vehicle*).

Laevavraki lagunemise protsessi kiirus sõltub:

- laeva konstruktsioonist;
- millal ta on uppunud (ehk kaua ta on vee all olnud);
- millisel määral on ta vajunud setetesse (sügavamale mutta vajunud laevakered säilivad näiteks paremini);
- keemilistest, füüsilistest ja bioloogilistest faktoritest (madalam hapnikusisaldus ja madalam vee temperatuur aitavad vrakkide säilimisele kaasa).

Meres toimuvad protsessid (korrosioon, põhjasetete liikumine, bakterite ja mereorganismide elutegevus, tormide ja hoovuste mõju) lagundavad vraki aja möödudes aga siiski tagasi algelementideks (Gilbert, 2005).



Korrosiooniks nimetatakse metallide lagunemist välismõjude toimetel. Levinuim korrosiooni näide on raua roostetamine. Korrosiooni esinemiseks on vaja kolme omavahel reageerivat komponenti: vett, elektrolüüti (vees lahustunud soolad) ja oksüdeerijat (vees lahustunud hapnik). Metallid hakkavad korrodeeruma niiskuse olemasolul ning vrakkidele keskendudes on tegu peamiselt elektrokeemilise protsessiga. See tähendab seda, et protsessi käigus toimub elektronide ülekanne metallilt vees lahustunud hapnikule. Ülekande tulemusena toimub algse metalli omaduste kadumine ja selle lagunemine. Mida kõrgem on vees lahustunud hapniku tase, seda aktiivsemalt protsess toimub. Vees lahustunud hapniku tase sõltub näiteks veetemperatuurist ja soolsusest. Mida kõrgem on vee soolsus ja temperatuur, seda vähem hapnikku esineb veelahuses (Overfield, 2005; Keith, 2016, 90-93).

Bakterite ja mereorganismide elutegevuse aktiivsus sõltub samuti vee temperatuurist ja hapnikusisaldusest. Mida kõrgem on vee temperatuur ja hapnikusisaldus, seda aktiivsem on nende elutegevus. Laevavrakid pakuvad elupaika selgroogsetele ja selgrootutele ning on heaks substraadiks erinevatele kinnituvatele selgrootutele ja vetikaliikidele (Whitfield, 2011, 3). Kui puust laevavrakkide puhul lagundavad seemed ja bakterid neid otseselt süsinikuringe tulemusena (Björdal, 2012, 137), siis metallist vrakkidele avaldab mõju organismide elutegevus. Näiteks korallide ja molluskite tegevus põhjustab lubjakihi teket. Tekkinud kiht kaitseb metalli korrosiooni eest, sest vähendab hapniku juurdepääsu (Keith, 2016, 95-96). Läänemeres ei ole madala veetemperatuuri, vee hapniku sisalduse ja läbipaistvuse tõttu bakterite ja mereorganismide elutegevuseks head tingimused, mille tulemusena on nende mõju suures pildis minimaalne.

Põhjasetete liikumine on tihedalt seotud lainetuse ja hoovustega, ning vraki säilimise seisukohast võib sellel protsessil olla nii hea kui ka halb külge. Säilimisele aitab kaasa see, kui setted liiguvad nii, et nad matavad vraki aja möödudes settekihi alla. Settekiht takistab hapniku juurdepääsu, mille tulemusena aeglustub korrosiooni protsess. Hoovused ja lained võivad aga tekitada sellise setete liikumise, kus näiteks liivasetted kanduvad pidevalt vastu vraki kere ja siis sealt edasi (sealsamas, 2016, 44-64). Lõputöö autor võrdleks seda protsessi liivapaberi hõõrumisega vastu laevakere, mille tulemusena metall õheneb.

Ajaline faktor mängib vrakkide seisundis suurt rolli. Mida kauem on eelmainitud protsessid toimuda saanud, seda halvemas seisus vrakk on. Sellest tingituna keskendutakse käesolevas töös eelkõige vanematele, peamiselt esimese ja teise maailmasõja laevavrakkidele. On hinnatud, et 20. sajandil ehitatud laevade vrakid kukuvad kokku 40-100 aastaga (Masetti, Orsini, 2009, 58).

Kurado *et al.* läbiviidud uuringus saadi laevavrakkide metalli korrodeerumise kiiruseks madalas vees (28 m) 0.229 mm/aastas ja sügavas vees (2511 m) 0.019 mm/aastas. Madalas vees olid keskkonnatingimused järgmised: augustikuu keskmine veetemperatuur merepõhjas oli 27 °C, lahustunud hapniku sisaldus vees oli 4.57 mg/l ja keskmine hoovuse kiirus 0.04 m/s. Sügavas vees olid tingimused järgmised: veetemperatuur oli 0 °C, lahustunud hapniku sisaldus vees oli 7.2 mg/l ja hoovus peaaegu puudus. Merre ehitatavate metallkonstruktsioonide korrodeerumiskiiruseks loetakse turvalisuse tagamiseks 0.3 mm/aastas (Kurado *et al.*, 2008). Läänemere kohta võrreldavaid andmeid tuues on siin sügavamas avameres ja Soome lahes juulis ja augustis veetemperatuur pinnakihis keskmiselt 15–17 °C. Põhjalähedases kihis püsib veetemperatuur 2–5 °C vahel. Väinameri soojeneb juuliks-augustiks põhjani. Liivi laht soojeneb 10–20 km kauguseni rannast põhjani. Eesti mereala sügavamate piirkondade põhjalähedases kihis esinevad hüpoksilised tingimused (lahustunud hapniku sisaldus  $\leq 2.9$  mg/l) (Lips, 2020, 21), hoovuse kiirus põhjalähedases kihis kuni 0.5 m/s (Keskkonnaministeerium, 2019).

Kuna korrosiooni ulatust on ka visuaalselt üsna keeruline määrata, tuleb laevakere seisundist täpsema pildi saamiseks mõõta metalli paksust. Selleks saab kasutada näiteks ultraheli mõõteriistasid. Eesti firma Tuukritööde OÜ kasutab metalli paksuse mõõtmiseks firmade Trittech ja Cygnus veealuseid mõõteaparaate (Lisa 1). Aga ka nende mõõdistuste põhjal saadud informatsiooni tuleb suhtuda üsna skeptiliselt, sest ei pruugi olla teada kui paks see plaadistus oli näiteks uppumise hetkel. Erinevate aluste tehnilised andmed võivad olla küll leitavad, aga tihtipeale (eriti sõjaajal) olid kasutatud materjalide kvaliteetides suured kõikumised. Kvaliteet olenes sellest, millist materjali oli parasjagu võimalik kätte saada ning ka metallide erinevatest tootmis- ja töötlemistehnoloogiatest (NOAA, 2013, 22).

Vraki seisundis mängib suurt rolli ka see, kuidas laev põhja on läinud. Tormisel merel madalikule või karile sõitnud või sõjategevuses kannata saanud laevade konstruktsioonid said juba enne põhja minemist ulatuslikke kahjusid. Näiteks sõjalaevade puhul olid tulekahjud ja laskemoonade plahvatused enne uppumist üsna tavalised. Ka peale uppumist jätkusid tihti plahvatused süvapommide lõhkemise näol (Gilbert, 2005). Peale uppumist muutusid paljud vrakid (näiteks laevateedel või sadama sissesõitude juures asuvad vrakid) navigatsiooniohtudeks, mille tulemusena hakati neid kõrvaldama. Kui oli võimalik, siis tõsteti vrakk merepõhjast üles ja transporditi minema. Kui see võimalik ei olnud, siis lasti vrakk lõhkeainega lihtsalt tükkideks. Mõnda vrakki, mis oli osaliselt veest väljas, kasutati ka sõjaliste laskeharjutuste märklauana. Alles jäänud rusuhunnikutest hakkas tihtipeale kütust ja teisi kahjulikke aineid merre lekkima (NOAA, 2013, 27; Rogowska *et al.*, 2010).

Lisaks laeva uppumise põhjusele, mõjutab vraki seisundit ka see, milline nägi välja uppumise protsess ise. Madalas vees, eriti kui laeva pikkus oli tunduvalt suurem vee sügavusest, avaldusid laeva kerele merepõhjaga kokku puutudes suured pinged. Pinged olid eriti suured nendel juhtudel, kus osa laevakerest (näiteks ahter) tõusis enne uppumist veest välja. Selliste vrakkide puhul on mõrad laevakeres ja tekkides üsna tavalised. Sügavamas vees uppunud laevade puhul on merepõhjaga kokkupuutel saadud vigastused tavaliselt suuremad, kui madalas vees uppunud laevadel. Kuigi kiirus, millega alus põhja vajub, on iga juhtumi puhul erinev (sõltub näiteks laevakere kujust, laeva asendist, lastist jne), siis vajumise lõppkiirus saavutatakse 100-300 meetriga (Michel *et al.*, 2005, 43).

Kui vrakk lebab merepõhjas kiilu peal, siis on üsna suur tõenäosus, et vähemalt kergemad õlid on läbi tuulutussavade või õhuklappide, lastiluukide, torude ja keres olevate pragude kaudu aja möödudes juba merre lekkinud. Selleks, et kindlaks teha, kui palju kütust võib endiselt pardal olla, ongi vajalik põhjalik vraki uuring ja ka proovide võtmine. Vrakkidest, mis lebavad külje peal või ümberpöörduvalt, ei ole ilmselt leket läbi tuulutussavade toimunud. Seega on oht, et nendes vrakkides on endiselt suurel hulgal kütust (NOAA, 2013, 27; Michel *et al.*, 2005, 39).

## 2.3 Vraki asukoht

Vraki asukoht mängib rolli nii vraki seisundi kujunemisel kui ka näiteks pumpamisetööde teostamise keerukuses. Lisaks sõltub asukohast kui suurt ohtu võib üks või teine vrakk reostuse korral kujutada ümbritsevale keskkonnale.

Vraki sügavus on üks kõige olulisem aspekt, kui rääkida laeva lagunemisest keskkonnamõjude tulemusena. Sügavusest sõltub nimelt lainete ja hoovuste mõju tugevus. Tavaline laine tekitab rõhu muutusi veesambas kuni poole lainepikkuse sügavuseni. Need rõhu muutused veesambas on laevakerele uuristava toimega, nagu näiteks lainete erosioon rannikul (Michel *et al.*, 2005, 43). Rannikuerosiooni puhul põhjustab lainete rannikule jõudmine rannajoone kulumist ja pinnase ära kandumist, mille tulemusena rannajoon taganeb. Läänemeres võivad sõltuvalt tuule tugevusest, kestvusest, suuna stabiilsusest ja veesügavusest tekkida lained pikkusega kuni 130 meetrit. Tavaline vaadeldav lainepikkus jääb 20-70 meetri vahele (Kriaučiūnienė *et al.*, 2006). Sellest võib järeldada, et Läänemeres avaldub tavaliselt lainete mõju vrakkidele, mis asuvad kuni 35 meetri sügavusel.

Väga madalas vees, kus vrakk on otsese lainete mõju käes, kiireneb laevakere lagunemine veel. Üheks põhjuseks on lainete nii-öelda puhtalt füüsiline purustav mõju, mis põhjustab ka varasemalt mainitud rannikuerosiooni. Teiseks põhjuseks on lainetega kanduv lisahapnik, mis läbi laevakere uhtudes ja metalliga kokkupuutudes kiirendab selle oksüdeerumist. Kui vrakk asub lainete ja hoovuste poolt kaitstumas kohas, siis nende mõju on kindlasti väiksem (Michel *et al.*, 2005, 43). Eesti kontekstis mõjutab madalas vees asuvaid vrakke ka jää. Jää liikumisel ja kuhjumisel avalduvad laevavrakile jõud, mis selle lagunemist kiirendavad.

Vrakke leidub maailmas väga erinevates kohtades. Sellest sõltuvalt on igalt vrakilt esineda võiva ohu suurus seotud tema asukoha ja ümbritseva keskkonnaga. Kütusereostusega kaasnevad ohud on peamiselt ökoloogilised ja sotsiaalmajanduslikud (NOAA, 2013, 48). Ökoloogilisest vaatenurgast avaldab reostus mõju looduskaitsealadele, mereimetajatele, merelindudele, roomajatele, kaladele ja teistele mereliikidele. Sotsiaal-majanduslik mõju avaldub laevaliiklusele, turismile, kalapüügile ja teistele merendusest sõltuvatele infrastruktuuridele. See, milliseid ohte esmajärjekorras

hinnatakse, sõltub suuresti regioonist. Troopilistes piirkondades on ökoloogilise keskkonna prioriteediks näiteks korallrahud ja meriheina niidud. Põhjapoolsemates piirkondades on esimuseks hoopis mereimetajad ja merelinnud (Goodsir *et al.*, 2019).

Reostuse leviku modelleerimisel ja võimaliku tagajärje hindamisel kasutatakse samuti suuresti asukohast sõltuvaid tegureid. Piirkonnas valitsevatest tuultest sõltub reostuse laiali kandumise kiirus ja suund. Hoovustest sõltub otseselt reostuse leviku trajektoor. Veetemperatuur ja soolsus avaldavad mõju kütuste omadustele (madalam temperatuur – väiksem viskoossus) (NOAA, 2013, 43). Sõltuvalt reostuse kandumisest ja liikumise trajektooriga sõltub kas kütus jõuab rannikule. Rannikutüüpe on erinevaid, vastavas rannikualas elavad organismid on erinevad. Mõned alad on reostusele tundlikumad ja teised vähemtundlikumad. Kõik see mängib rolli kindla vraki ohtlikkuses.

## **2.4 Laeva last**

Peale võimaliku kütusereostuse, tuleb mitmete vrakkide puhul arvestada ka ohuga, mida kujutab endast laeva pardal olnud last. Võimalike saasteainete nimekiri on pikk, sest mööda meresid transporditakse tuhandeid erinevaid kemikaale ja teisi ohtlikke aineid. Põhirõhku pööratakse püsivatele ainetele, nagu näiteks elavhõbe, mis ei ole merevees lahustuv ega biolagunev, kuid põhjustab toiduahela saastumist (NOAA, 2013, 5-6). Sellest lähemalt peatükis 3. Norra seisab näiteks silmitsi probleemiga Saksa allveelaeva U-864 näol, mis läks 1945. aastal Bergenil lähedal põhja 67 tonni elavhõbedaga (Bergström, 2014). 2018. aasta info põhjal otsustas Norra valitsus edasise keskkonnareostuse vältimiseks allveelaeva vraki mätta kuni 12 meetri paksuse pinnase kihi alla (Dyer, 2018). Ameerika Ühendriikide rannikul 1944. aastal põhja läinud Briti kaubalaeva lastiks oli 221 elavhõbedat konteinerit/mahutit. Vraki ümber on kehtestatud ohutsoon, mille sees on süvendamine, sukeldumine, ankurdamine ja kalapüük keelatud. Lisaks toimub vraki ümbruse seisundi pidev jälgimine, et hinnata elavhõbedat võimalikke mõjusid keskkonnale (NOAA, 2013, 6). On alust arvata, et elavhõbedat leidub Narva lahes uppunud Saksa miinitraaleri M-37 pardal. Seda tüüpi miinitraalerite peal kasutati paravane (laeva järel veetav lõhkeseadeldis allveelaevade hävitamiseks ja miinide kahjutuks tegemiseks), mille sügavuse kontrollimise aparaat sisaldas 8 kg elavhõbedat (German mine sweeping..., 2022).

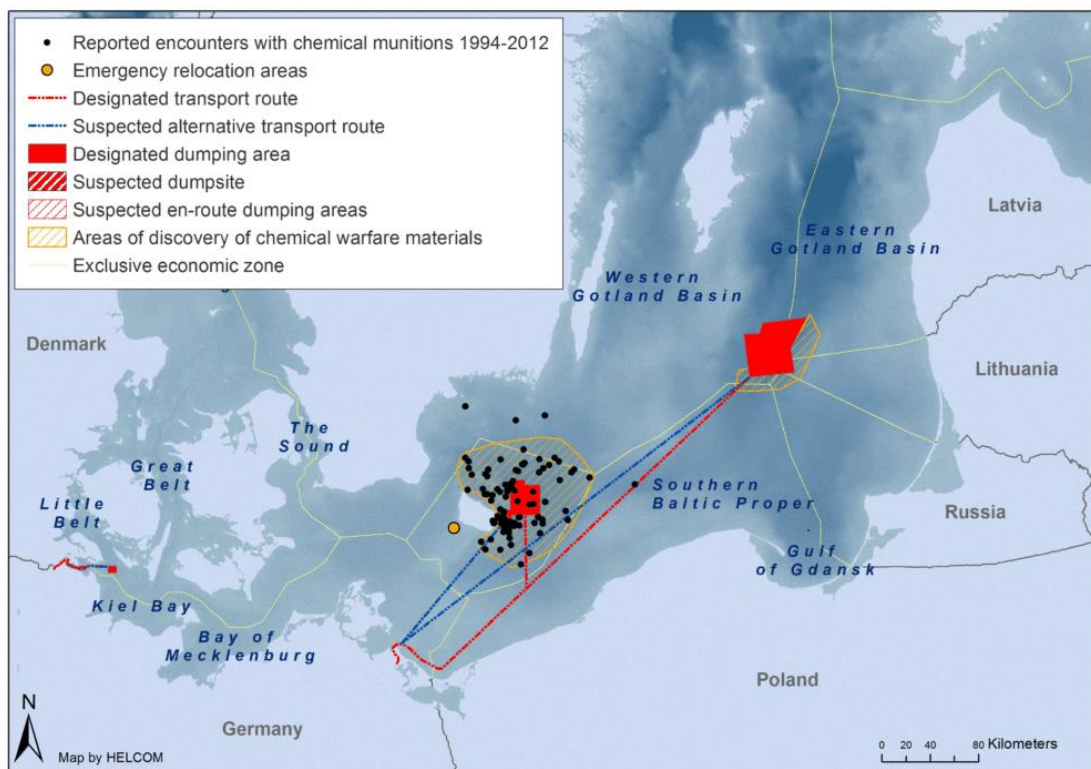
Maailmasõdade ajal uppunud laevade lastiks oli tihtipeale suures koguses lõhkeaineid, mürske, miine, süvapomme ja ka keemiarelvi. Praeguste hinnangute kohaselt on Euroopa vetes üle 300 000 tonni keemiarelvi (Gilbert, 2005). Lisaks sõjategevuse käigus vette sattunud lõhkeainetele, toimus ka laialdane lõhkeainete ja keemiarelvade uputamine. Teise maailmasõja lõpu poole uputasid Saksa väed lõhkeaineid ja keemiarelvi järgnevatel põhjustel. Ohtlikke materjale eemaldati peatselt sõjategevuse käes kannatada saavatest piirkondadest, et vältida lisakahjusid. Taheti vältida sõjavarustuse ja laskemoona vastase kätte sattumist. Kuna sõja lõpp ja ühtlasi selle kaotus oli lähedal, siis hakati ennast ise demilitariseerima. Peale sõja lõppu asusid liitlasväed Saksamaad ise lõpuni demilitariseerima ja lõhkeainetest ning keemiarelvadest puhastama. Lõhkeainete ja keemiarelvade uputamist nähti odava ja turvalise alternatiivina võrreldes nende kahjutuks tegemisega maa peal (Wendt *et al.*, 2019, 13).

Uputamisel kasutati tihti kasutuskõlbmatuid laevu, mis lastiti kõrvaldamist vajava laadungiga, ning uputati selleks ette nähtud kohas (Gilbert, 2005). Norra ja Taani vahelistes vetes arvatakse olevat 38 Natsi-Saksamaa keemiarelvadega lastitud ja pärast teist maailmasõda tahtlikult uputatud laeva, pardal peamiselt ipriidi ehk sinepigaasi (hinnanguliselt 150 000 tonni) kuid tõenäoliselt ka närvigaasi (Bergstrøm, 2014).

Lõhkeained ja keemiarelvad kujutavad otsest ohtu kahele riskigrupile: sukeldujad ja kalamehed. Sukeldujad võivad lõhkekehad aktiveerida puudutuse, kiire liigutuse, staatilise elektri, magnetvälja või isegi valguse ning akustika peale (Treffner, 2019, 13). Kalameestele seisneb oht traalimises, mille käigus võib lõhkeaineid plahvatama panna. Samuti on oht lõhkeaineid ja keemiarelvi traalimise käigus välja tõmmata. Kõik keemiarelvad on inimestele äärmiselt mürgised ning ka väikesed kogused võivad juba surmavad olla (Wendt *et al.*, 2019).

Praegusel hetkel ei osata täpselt hinnata, millist mõju merepõhjas lagunevad lõhkeained ja keemiarelvad veekeskkonnale ja -organismidele avaldavad. Uuringud on siiski näidanud, et uputamisalade ümbruses esineb veorganismides kõrgeenenud mürgisuse tase. Samuti erinevad uputusala liigilised kooslused märkimisväärselt teistest sarnastest aladest, mis viitavad muutustele piirkonna ökosüsteemis (Greenberg *et al.*, 2016).

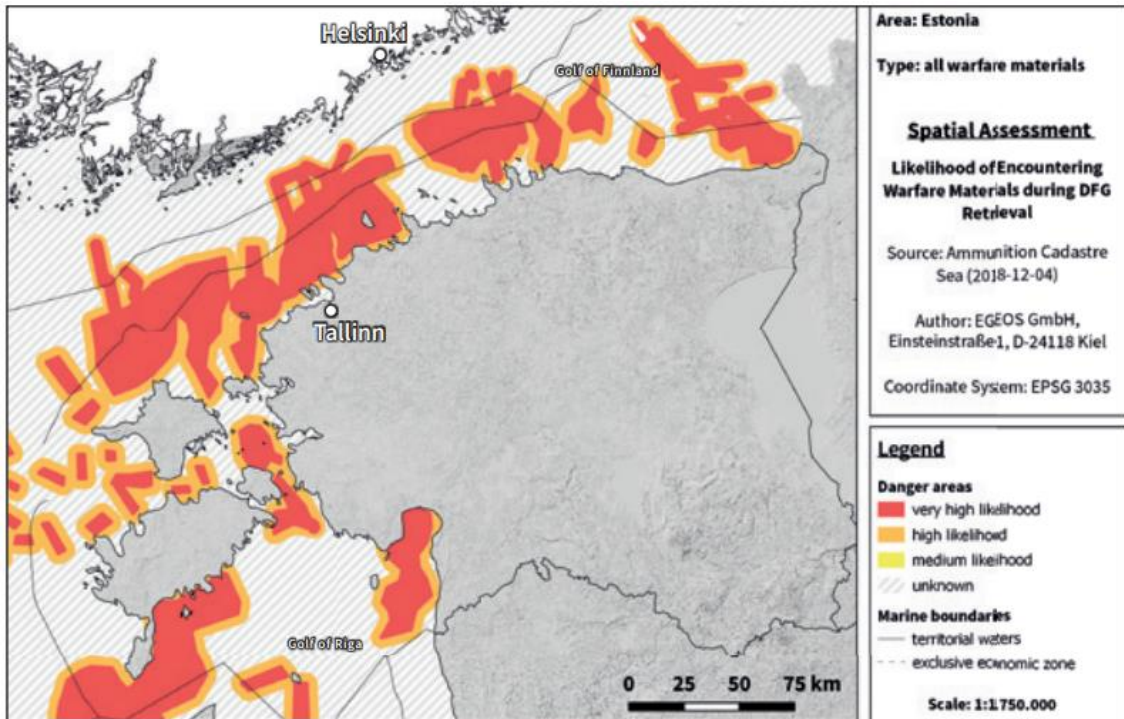
Läänemeres on teadaolevaid lõhkeainete ja keemiarelvade uputamisalasisid viis (Joonis 3): Bornholmi bassein, Gotlandi süvik, Adlergrund, ala Väike-Beltist lõunas ja Gdanski süvik. Suurim kogus lõhkeaineid ja keemiarelvi uputati Bornholmi basseini (sügavused varieeruvad 75-105 meetrini, pindala 67 260 hektarit): kokku 32 000 tonni, millest umbes 11 000 tonni on keemiarelvi. Koguseliselt teine ala on Väike-Beltist lõunas (sügavused 25-31 meetrit, pindala 4180 hektarit), kuhu on hinnanguliselt uputatud 3000 tonni lõhkeaineid ja 2000 tonni keemiarelvi. Gotlandi süvikusse arvatakse olevat uputatud kuni 5000 tonni keemiarelvi. Ülejäänud kahe ala peale on hinnanguliselt uputatud 120 tonni lõhkeaineid (Wendt *et al.*, 2019, 48).



Joonis 3. Keemiarelvade uputamisalad Läänemeres

Allikas: (HELCOM Sea-Dumped Chemical Munitions, 2022)

Eesti vetesse on küll sõjategevuse käigus sattunud hulgaliselt lõhkeaineid (Joonis 4), kuid teadaolevalt ei ole siin suuremahulist lõhkeainete ja keemiarelvade uputamist toimunud (Treffner, 2019, 13).



Joonis 4. Lõhkeainete leidmise tõenäosus Eesti merealadelt

Allikas: (Wendt et al., 2019, 44)



### 3 Vrakkidelt esinev reostusohht

Kui vraki seisundist, tüübist, asukohast ja lastist sõltub otseselt, kui ohtlik üks või teine vrakk ikkagi on, siis selles peatükis on juttu juba nendega kaasnevatest tegelikest ohtudest.

Vrakkidelt lähtuvatest ohtudest peetakse suurimaks keskkonna reostusohtu kütusereostuse näol. Nafta on mürgine ja looduses aeglaselt lagunev aine, mis merre või rannikule sattudes mõjub kahjulikult kõikidele taime- ja loomaliikidele ning lõpuks ka inimestele. Läänemeri on oma omaduste (väike, madal, aeglane veevahetus) poolest eriti kergesti haavatav. Lisaks külmale ja hapnikuvaesele keskkonnale, mis nafta lagunemist aeglustab, siin peaaegu puuduvad naftasööjad bakterid, mille tulemusena kestab nafta kahjulik mõju Läänemerele kaua (ELF, 2007, 6-7).

Reostuse nähtavaim tagajärg on mere pinnal triiviv nafta (Joonis 5), millega määrdumine või kattumine on suureks probleemiks kõikidele eluvormidele. Nimelt võib paks naftakord takistada taimede ainevahetust ja sel moel need lämmatada, kuid kõike kattev naftakord on eluohtlik ka loomadele ja lindudele. Isegi mündi suurune naftaplekk võib linnu sulestiku soojapidavust nii palju vähendada, et lind külmub surnuks (sealsamas, 2007, 7).



Joonis 5. 2020. aasta kevadel Narva lahes lekkima hakanud Saksa torpeedolaeva T-30 õlilaigud

Allikas: (ERR, Kümned laevavrakid..., 2020)

Lühiajalisest mõjust on hullem reostuse pikaajaline toime. Nafta mürgised koostisosad põhjustavad taimedel ja loomadel mürgitusi, haigusi, rakukahjustusi, arenguhäireid ja nendega kaasnevaid probleeme. Lisaks on naftal kantserogeenne ehk vähki tekitav toime. Nafta mürgised osised jõuavad organismidesse kas otsesel kokkupuutel, toidu või ainevahetuse kaudu. Kuna osa nafta kahjulikest ühenditest on lahustumatud, siis need kogunevad elusolendite organismidesse. Toiduahela kaudu võivad mürgained jõuda lõpuks inimeseni. Nafta võib põhjustada raskete tagajärgedega muutusi toiduahelas (sealsamas, 2007, 7).

Lisaks nafta kahjulikele omadustele, ohustab toiduahelat ka näiteks elavhõbe. Erinevalt teistest raskemetallidest, akumulereb elavhõbe toiduahelas. Looduses muudavad mikroorganismid anorgaanilise elavhõbeda metüülelavhõbedaks, mis on suurimaks ohuks nii inimesele kui ka kala söövatele lindudele ja imetajatele. Kalas on elavhõbedast üle 90% metüülelavhõbedana. Inimene saab elavhõbedat peamiselt toiduga, kuid kõige mürgisemat metüülelavhõbedat leidub olulisel määral ainult kalades ja teistes mereandides. Metüülelavhõbe on närvisüsteemile erakordselt mürgine ning kõige tundlikum elund seda tüüpi toksilisusele on arenev aju. Samuti võib metüülelavhõbe kahjustada neerusid, põhjustada depressiooni, ärrituvust, mäluhäireid ja spasme (Simm *et al.*, 2015, 20).

Merereostusel võivad sõltuvalt asukohast ja ulatusest olla ka märkimisväärsed sotsiaalsed ja majanduslikud tagajärjed. NOAA raportis toodi välja erinevad valdkonnad ning hinnati nende tundlikkust reostusele. Tabelis 1 on näha valdkonnad, nendes tehtavad peamised tegevused ja nende tundlikkus reostusele.

Tabel 1. Sotsiaal-majanduslikud valdkonnad, nende tegevused ja nende tundlikkus reostusele

| <b>Valdkond</b>                    | <b>Valdkonna tegevused</b>  | <b>Tundlikkus reostusele</b>   |
|------------------------------------|---|--|
| Rannikuasumid ja turismipiirkonnad | Aastaringne või hooajaline turism (ujumine, paadirent, hobikalapüük, matkamine jne). Oluline tuluallikas kohalikule kommuunile. Sõltuvalt kliimast võib turism olla hooajaline (näiteks Eestis peamiselt suvel).  | Väga tundlikud. Isegi kui reostus ei ole nii suur, et tekitada kahju keskkonnale või inimestele, tekitab teadmine reostuse olemasolust ja naftatõrjemeeskondade kohalolek suurt rahalist kahju kohalikele ettevõtetele ja maaomanikele.  |
| Sadamad ja laevateed               | Kõik laevandusega seotud tegevused.   | Laevateede või sadamate osaline või täielik blokeerimine veepinnal oleva reostuse tõttu võib mõjutada kaubandust nii lokaalsel kui regionaalsel tasemel. Iga viivitus laevade liikumises võib endaga kaasa tuua märkimisväärseid lisakulutusi.   |
| Kaitsealad                         | Looduskaitsealade alusel eristatakse Eestis kolme tüüpi kaitsealad: rahvuspargid (kannavad endas erilise rahvusliku väärtusega ökosüsteeme, maastikke ning traditsioonilist kultuuripärandit), looduskaitsealad (loodud eelkõige haruldaste ja ohustatud liikide elupaikade ning koosluste kaitseks) ja maastikukaitsealad (loodud loodus- või pärandkultuurimaastike ning maastikuelementide kaitseks) (Eesti kaitsealade leht). Turism. | Väga tundlikud. Reostus rannikul ja rannalähedases vees kujutab suurt ohtu kaitsealades kaitstavatele ja säilitatavatele kooslustele ja liikidele. Rahaline kahju kohalikele, kes sõltuvad kaitseala külastavatest inimestest.   |
| Kalapüük                           | Kommertskalapüük, elatuskalapüük  | Kommertskalapüügile on eriti ohtlikud reostusest tingitud mõjud veesambale, mis avalduvad otsese suremusena või pikemaajaliselt kalamahtude vähenemisega. Tarbijad on samuti väga skeptilised ostma toodet, mis on püütud reostusega mõjutatud piirkonnast. See võib kalapüüdjale tähendada märkimisväärset sissetuleku kaotust. Kalapüüki mõjutab samuti võrkude, laevade ja muu varustuse naftaga määrdumine ning reostuse |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | koristustegevus kalapüügialas.<br>Elatuskalapüügile võib<br>püügipiirkonna reostumine mõjuda<br>laastavalt, sest kaotatakse ainuke<br>sissetulekuallikas. |
|--|--|---|

Allikas: (NOAA, 2013, 50-52)

Veepinnal ja veesambas olev reostus avaldab negatiivset mõju laevaliiklusele ja kalapüügile. Rannikule jõudnud merereostus mõjutab negatiivselt rannikuasumeid, turismipiirkondi ja kaitsealasid. Negatiivne mõju avaldub peamiselt rahalise kahjana, näiteks turismi ja kalapüügi puhul kaotatud tuluna.

## 4 Empiiriline uurimus

Antud töö eesmärk on saada adekvaatne hinnang kolme Eesti vetes asuva vraki kütusest tühjaks pumpamise maksumuse kohta ning võrrelda seda maksumust kütusereostuse likvideerimise maksumusega merelt ja rannast. See teema on väga aktuaalne, sest teadaolevalt ei ole Eestis tänasel päeval sellist analüüsi tehtud. Vrakkidelt lähtuv reostusohu on tõsine probleem, mis muutub iga mööduva aastaga aina suuremaks.

Valitud tegevuste maksumuste saamiseks esitati hinnapäringud valdkonnas tegutsevatele pädevatele Eesti ja välismaa ettevõtetele ja asutustele, et oleks võimalik võrrelda, kas potentsiaalselt keskkonnaohtlike vrakkide kütusest tühjaks pumpamine on majanduslikult odavam, kui neilt tekkida võiva reostuse likvideerimine merest ja rannast. Kusjuures tööde maksumuste saamisel ei olnud antud töö jaoks olulised täpsed hinnad, sest adekvaatse hinnangu saamiseks piisab ka umbkaudsetest suurusjärgudest.

Päringuid esitati perioodil 20.01.2022 – 11.04.2022 e-kirja vahendusel Politsei- ja Piirivalveameti Mereturvalisuse Grupi reostustõrje vanemspetsialistile Mati Kosele, Päästeameti valmisoleku talituse eksperdile Ksenia Vihrinale, Eestimaa Looduse Fondi merekeskkonna kaitse eksperdile Aleksei Lotmanile, ohtlike jäätmete töötluste ja kõrvaldusega tegelevale Eesti ettevõttele Ökoloog OÜ, Eesti ettevõttele Tuukritööde OÜ, Rootsi ettevõtetele Northen Offshore Services AB, Marine Works AB ja Svensk Sjöentreprenad AB, Taani ettevõttele JD-Contractor AS, Norra ettevõtetele Subsea Partner AS, Miko Marine AS ja DOF Subsea AS. Välismaa ettevõtete nimekiri saadi e-kirja teel *The Swedish Agency for Marine and Water Management* (SwAM) analüütiku Fredrik Lindgreni käest. Nendel ettevõtetel on SwAMiga koostööleping vrakkidest kütuse välja pumpamiseks. Seega on need ettevõtted käesoleva lõputöö eesmärgi seisukohast pädevad.

Lõputöös on kasutatud kvalitatiivset uurimismeetodit, tehakse saadud andmete kvalitatiivne võrdlev analüüs.

## 5 Saadud andmete/hinnapakumiste analüüs

Järgnevatel peatükkides analüüsitakse kolme Eesti vetes asuva vraki kütusest tühjaks pumpamise maksumusi ning kütusereostuse merest ja rannast likvideerimise maksumusi kogutud ja saadavaloleva informatsiooni põhjal.

PPA on koostöös Keskkonnaministeeriumi ja Muinsuskaitseametiga välja valinud 10 ajaloolist laevavrakki (Lisa 4), mille keskkonnaohtlikkust kahe järgmise aasta jooksul hinnatakse. Lõputöö autor valis uuritavad vrakid nende kümne vraki seast. Iga vraki peatükk sisaldab vraki lühikirjeldust ning põhjendust, miks just see vrakk töösse valiti. Lisaks on välja toodud umbkaudsed vrakkide kütusest tühjaks pumpamise maksumused.

Eestis ettevõtte Tuukritööde OÜ soovis oma hinnad jätta konfidentsiaalseks ja seega hinnapäringule vastust ei andnud. Norra firma Subsea Partner AS teatas, et neil puudub vajalik inimressurss hinnapäringule vastamiseks, kuna keskendutakse algava hooaja projektide ette valmistamisele. Rootsi ettevõtte Marine Works AB ei osanud hinnapäringule vastata, kuna neil ei ole nii suurte projektidega kogemust. Rootsi ettevõtte Northern Offshore Services AB ja Svensk Sjöentreprenad AB, Taani ettevõtte JD-Contractor AS ning Norra ettevõtte DOF Subsea AS hinnapäringule ei vastanud. Päringule lubas vastata Norra ettevõtte Miko Marine AS, kuid kahjuks seda ei teinud.

Kuna hinnapäringutele vastuseid ei tulnud, siis otsustas lõputöö autor välja valitud vrakkide kütusest tühjaks pumpamise maksumused arvutada ise. Saadud maksumused põhinevad peamiselt Eestis ja Rootsis tehtud tööde maksumustel. Autor võrdles tehtud töid välja valitud vrakkidega vraki vanuse, sügavuse, kütuse koguse ja tüübi põhjal. Tehtud arvutused ja saadud maksumused on indikaativsed. Arvutused toetuvad sarnase sügavuse ja kütuse tüübiga vrakkide kütusest tühjaks pumpamise maksumustel. Kuna realselt vrakis oleva kütuse kogust ei ole teada, lähtutakse arvutamisel maksimaalsetest kütuse kogustest, mida laev pardale suutis võtta.

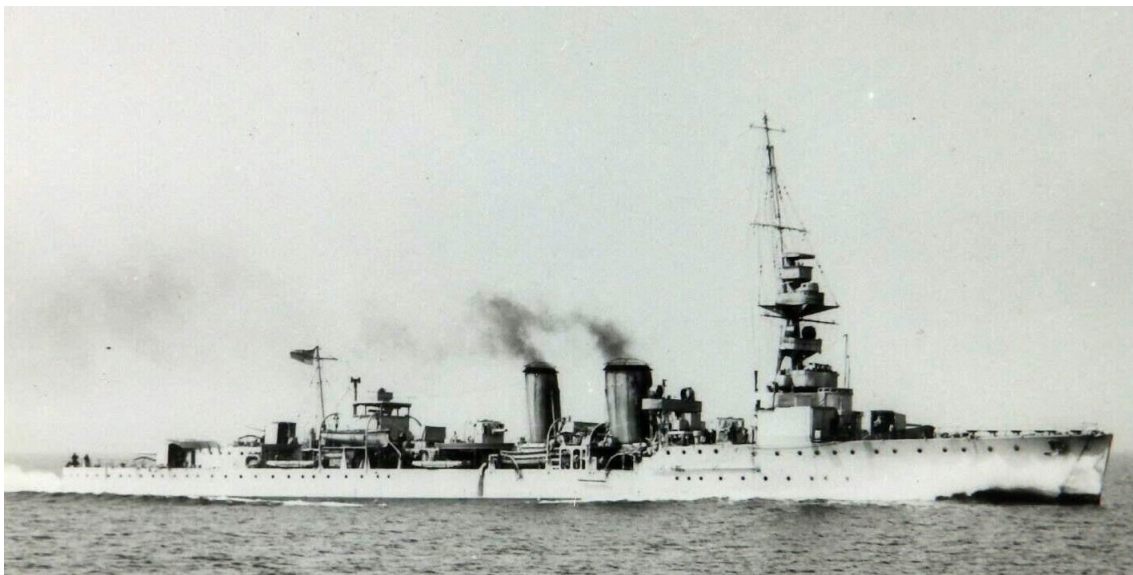
Esmalt leitakse sarnase vraki 1 m<sup>3</sup> kütusest tühjaks pumpamise hind. Hind leitakse tehtega: vraki kütusest tühjaks pumpamise maksumus / vrakist eemaldatud kütuse hulk (m<sup>3</sup>). Arvutatud hinnad ümardatakse ühelisteni.

Nagu teoreetilises osas mainiti, on iga vrakk erinev. Sellest tulenevalt on ka vrakkidest kütuse välja pumpamise operatsioonid erineva raskuse astmega. Sõjalaevade puhul peab arvestama lõhkemoona olemasoluga ning vrakkide küljes võib samuti leiduda kummitusvõrke, mis muudavad operatsioonide läbiviimise ohtlikumaks ja keerulisemaks. Potentsiaalselt ohtlikust laevavrakist kütuse välja pumpamise täpsema maksumuse leidmiseks on vaja vrakist detailsemat ülevaadet. Tulemusena ei saa töös toodud hindadele täielikult toetuda.

## 5.1 Vrakk 1 – HMS Cassandra

Esimeseks vrakiks on Suurbritannia *Caledoni* klassi kergristleja HMS Cassandra (Joonis 6), mis läks 1918. aastal miiniplahvatuse tagajärjel põhja. Vrakk lebab Saaremaast läänes, umbes 85 meetri sügavusel (Hüdrograafia infosüsteem, 2022).

Kergristleja pikkus oli 137.2 meetrit, laius 13 meetrit ja süvis 4.3 meetrit (maksimaalne 5 meetrit) (Wargaming, 2016). Laev sai pardale võtta maksimaalselt 950 tonni rasket kütteõli (Lisa 4).



Joonis 6. HMS Cassandra

Allikas: (Wrecksite, 2020)

HMS Cassandra vrakk on kümnest välja valitud vrakist suurima potentsiaalse kütusekogusega. Lisaks asub ta kümnest välja valitud vrakist ka kõige sügavamal ning esindab esimese maailmasõja ajal uppunud laevu.

2019. aastal eemaldati 2006. aastal uppunud MV Finnbirchi vrakist kokku 148.2 m<sup>3</sup> kütust. Sellest 60 m<sup>3</sup> oli diislit ja 88.2 m<sup>3</sup> rasket kütteõli. Vrakk lebab Läänemeres Rootsi vetes 83 meetri sügavusel. Kogu operatsioon läks maksma 24 miljonit Rootsi krooni ehk 2 320 776 eurot (SwAM, 2019a). Finnbirchi näol on tegu küll lausa 88 aastat noorema kaubalaeva vrakiga, kuid vraki sügavus ja raske kütteõli pumpamise vajadus iseloomustavad hästi Cassandra olukorda.

Tabel 2. MV Finnbirchi ja HMS Cassandra kütusest tühjaks pumpamise maksumus

| Vrakk         | Vraki sügavus | Uppumise aeg | Pumbatud kütuse kogus | Maksumus eurodes | 1m <sup>3</sup> pumpamise maksumus |
|---------------|---------------|--------------|-----------------------|------------------|------------------------------------|
| MV Finnbirch  | 83m           | 2006         | 148.2m <sup>3</sup>   | 2 320 776        | 15660 eurot                        |
| HMS Cassandra | 85m           | 1918         | 950m <sup>3</sup>     | 14 877 000       | 15660 eurot                        |

Allikas: Autori koostatud eelpool viidatud andmete põhjal

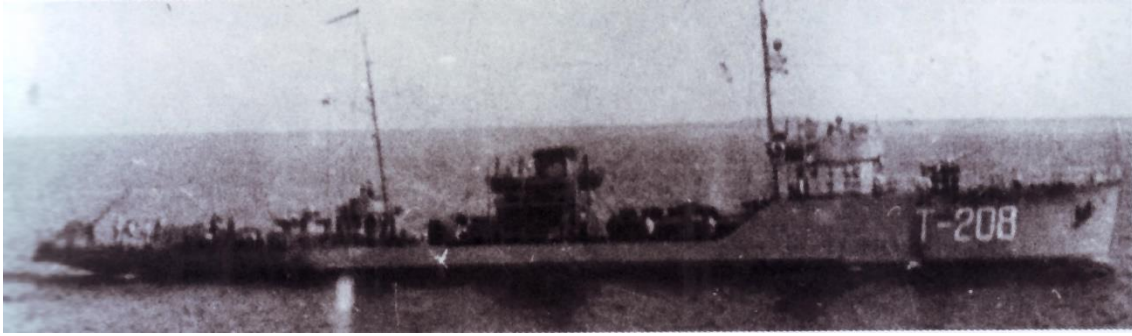
Kui võtta 1 m<sup>3</sup> kütuse välja pumpamise hinnaks 15 660 eurot, siis kujuneb HMS Cassandrast 950 tonni kütuse välja pumpamise umbkaudseks maksumuseks 14 877 000 eurot (Tabel 2).

## 5.2 Vrakk 2 – T-208 Škiv

Teiseks vrakiks on Nõukogude Liidu *Fugas* klassi miinitraaler T-208 Škiv (Joonis 7), mis läks 1941. aastal miiniplahvatuse tagajärjel põhja. Vrakk lebab Hiiumaast kirdes 12 meetri sügavusel. Laev murdus miiniplahvatuse tagajärjel kaheks (Hüdrograafia infosüsteem, 2022).

Miinitraaleri pikkus oli 62 meetrit, laius 7.41 meetri ja süvis 2.5 meetrit (Wikipedia, 2022). Laeva pardal oleva diislikütuse maksimaalne kogus oli 99 tonni (Lisa 4).





Joonis 7. T-208 Škiv

Allikas: (Hüdrograafia infosüsteem, 2022)

T-208 Škiv valiti töösse, sest asub PPA poolt välja valitud kümnest vrakist kõige madalamal sügavusel ja sõitis diislikütusel. Paberil peaks see vrakk esindama lihtsamat pumpamistööd.

2018. aastal viidi kütusest tühjaks pumpamise operatsioon läbi 18 meetri sügavusel Rootsi vetes asuvale Sändoni vrakile. 1975. aastal uppunud laeva pardal oli teadaoleva info põhjal 40 tonni diislikütust. Kütuse eemaldamiseks puuriti vraki kesse mitmeid auke, kuid kütuse olemasolu ei tuvastatud. Operatsiooni maksumuseks 285 500 eurot (SwAM, 2019b).

Norras viidi 2012. aastal kütuse eemaldamise operatsioon läbi 20 meetri sügavusel lebavale Saksa kaubalaevale Neuenfels, mis uppus 1940. aastal. Eeldatav vrakis leiduva raske kütteõli kogus oli 50 tonni. Reaalsuses vrakist tööde käigus kütust ei leitud. Operatsiooni maksumuseks 3 miljonit Norra krooni ehk ligikaudu 310 000 eurot (Bergstrøm, 2014).

T-208 Škivi kütusest tühjaks pumpamise maksumuse leidmiseks võttis autor Neuenfelsi ja Sändomi projektide maksumuste keskmise. Kuna kummaski nendes kahes vrakis kütust ei esinenud, siis  $1 \text{ m}^3$  kütuse pumpamise hind arvestatakse neil algselt oletatava pardal oleva kütuse koguse põhjal. Škivi kütusest tühjaks pumpamise hinnale lisatakse T-30ne vrakist välja pumbatud kütuse utiliseerimise ja kasutatud tehnika puhastamise hind, milleks kujunes  $25000/10 = 2500$  eurot/ $\text{m}^3$  (Lisa 3).

Tabel 3. Sändoni, Neuenfelsi ja T-208 Škivi kütusest tühjaks pumpamise maksumus

| Vrakk      | Vraki sügavus | Uppumise aeg | Hinnanguline vrakis leiduv kütuse kogus | Maksumus eurodes | 1m <sup>3</sup> pumpamise maksumus |
|------------|---------------|--------------|---|------------------|------------------------------------|
| Sändon     | 18m           | 1975         | 40m <sup>3</sup>                        | 285 500          | 7138 eurot                         |
| Neuenfels  | 20m           | 1940         | 50m <sup>3</sup>                        | 310 000          | 6200 eurot                         |
| T-208 Škiv | 12m           | 1941         | 99m <sup>3</sup>                        | 907 731          | 9169 eurot                         |

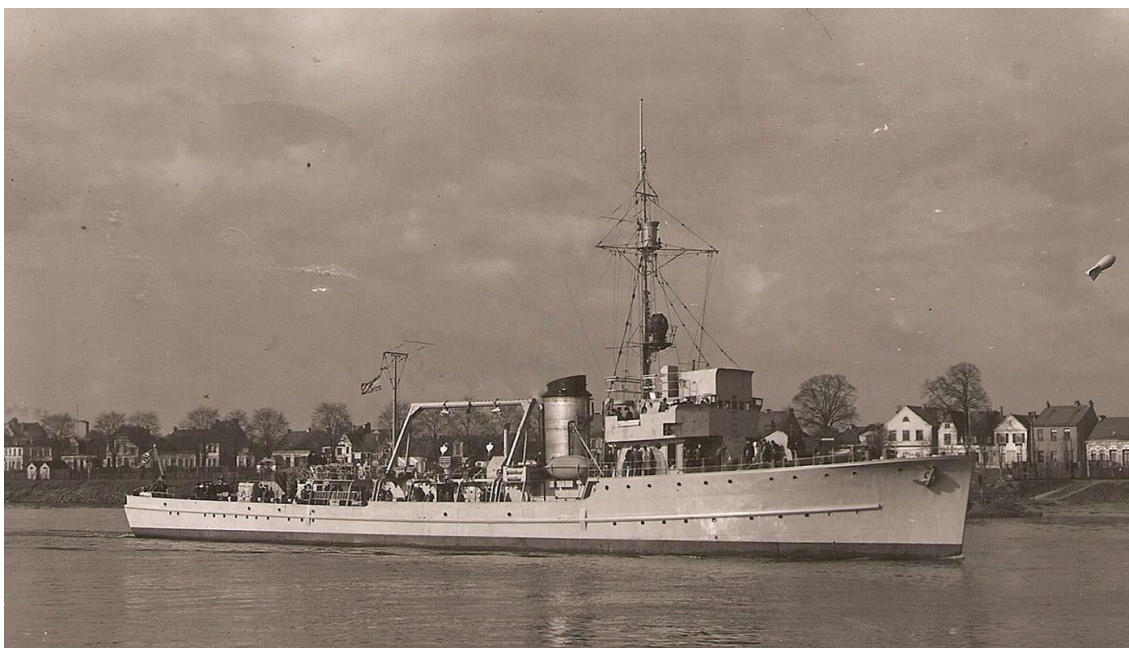
Allikas: Autori koostatud eelpool viidatud andmete põhjal

Kui võtta 1 m<sup>3</sup> kütuse välja pumpamise hinnaks 9169 eurot, siis kujuneb T-208 Škivist 99 tonni kütuse välja pumpamise umbkaudseks maksumuseks 907 731 eurot (Tabel 3). Arvesse tuleb võtta ka seda, et erinevalt Sändonist ja Neuenfelsist on T-208 Škivi puhul tegemist sõjalaevaga, mis võib sisaldada lõhkemoona. Lõhkemoona olemasolu muudab kütuse välja pumpamise operatsiooni keerulisemaks ja sellest tulenevalt ka kallimaks.

### 5.3 Vrakk 3 – M-37

Kolmandaks vrakiks on Saksamaa M-klassi miiniraaler M-37 (Joonis 8), mis sai 1944. aastal torpeedoga pihta. Tabamuse tulemusena murdus laev pooleks ja läks Narva lahes põhja. Vööriosa lebab 21 meetri sügavusel ja ahter 25 meetri sügavusel (Hüdrograafia infosüsteem, 2022).

Miiniraaleri pikkus oli 68.1 meetrit, laius 8.7 meetrit ja süvis 2.65 meetrit (Minesweepers 35, 2013). Maksimaalselt sai laev pardale võtta 143 tonni rasket kütteõli (Lisa 4).



Joonis 8. M-37

Allikas: (Тральщики..., 2006)

M-37 valiti töösse, sest peale kütusereostuse ohu, võib laeva pardal olla ka elavhõbedat sisaldavaid paravane (vaata peatükk 2.4). Vraki keskkonnaohutuks tegemise seisukohast tuleks need olemasolul vrakilt likvideerida.

Aastal 2020 korraldas PPA Narva lahes Saksa torpeedolaeva T-30 lekkima hakanud vraki kütusest tühjaks pumpamise. Tööde käigus eemaldati ja korjati 10 m<sup>3</sup> kütust. T-30 sõitis 1944. aastal miini otsa ja murdus pooleks. Eristatav on vöör (sügavus 27 meetrit) ja laevakere (sügavus 32 meetrit) (Hüdrograafia infosüsteem, 2022). T-30ne vrakist 10m<sup>3</sup> naftaproducti eemaldamise maksumuseks kujunes 96 557 eurot (Lisa 3).

Tabel 4. T-30 ja M-37 kütusest tühjaks pumpamise maksumus

| Vrakk | Vraki sügavus | Uppumise aeg | Pumbatud kütuse kogus | Maksumus eurodes | 1m <sup>3</sup> pumpamise maksumus |
|-------|---------------|--------------|-----------------------|------------------|------------------------------------|
| T-30  | 27-32m        | 1944         | 10m <sup>3</sup>      | 96 557           | 9656 eurot                         |
| M-37  | 21-25m        | 1944         | 143m <sup>3</sup>     | 1 380 808        | 9656 eurot                         |

Allikas: Autori koostatud eelpool viidatud andmete põhjal

Kui võtta 1 m<sup>3</sup> kütuse välja pumpamise hinnaks 9656 eurot, siis kujuneb M-37 vrakist 143 tonni kütuse välja pumpamise umbkaudseks maksumuseks 1 380 808 eurot (Tabel 4).

## **5.4 Merest ja rannast likvideerimine**

Kui reostus on juba merre jõudnud, siis sõltuvalt reageerimiskiirusest ja oludest toimub reostuse likvideerimine kas ainult merest, või merest ja rannast. Tuleb ära märkida, et kõike keskkonda sattunud reostust ei ole võimalik nafta omaduste (vaata peatükk 2.1.1) tõttu likvideerida. Näiteks 1989. aasta Exxon Valdezi õlireostuse puhul suudeti hinnanguliselt keskkonnast kokku korjata ainult 14% sinna sattunud naftast (Nikiforuk, 2016). Reostuse koristamise efektiivsus sõltub kasutatavast koristamise meetodist (näiteks põletamine või skimmersüsteemide kasutamine), asukohast, kütuse tüübist ja kogusest ning paljuski ka ilmastikuoludest. Kahjuks ei taga ükski meetod 100% reostuse koristamise efektiivsust (Etkin, 2000). Seega avaldab keskkonda jõudnud reostus sellele igal juhul negatiivset mõju ning kõike keskkonda sattunud kütust ei ole võimalik sealt likvideerida. Reostuse koristamisega on võimalik negatiivset mõju lihtsalt vähendada.

Peatükis leitud maksumustes ei ole arvestatud keskkonnale avalduvaid ja tabelis 1 välja toodud sotsiaal-majanduslikke kahjusid. Need maksumused tuuakse välja peatükis 6.

Inflatsiooni mõju võetakse arvesse enam kui 15 aasta vanuste andmete juures.

### **5.4.1 Merest likvideerimine**

Merereostustõrjega merel tegeleb Eestis peamiselt Politsei- ja Piirivalveamet. 2018. aasta seisuga on PPA merereostustõrjetehnika hulgas kaks multifunktsionaalset laeva: L-101 Kindral Kurvits ja L-203 Raju. Transpordiameti käsutuses on samuti kaks reostustõrjevõimekusega laeva: EVA-316 ja SEKTORI, reostuse korjevõimekusega 0.6 km<sup>2</sup>/12h jäävabas vees (Keskkonnaministeerium, 2022).

Kindral Kurvitsa pardal on merereostuse lokaliseerimise jaoks avamere poom HFB 1600, mida on pardal kokku 600 meetrit. Merereostuse likvideerimiseks on pardal

Lamor skimmersüsteem võimekusega reostust koguda kuni 200 m<sup>3</sup>/h ja korjeulatusega 0.6 km<sup>2</sup>/24h/1 sõlme juures. Jäätingimustes kasutatakse merereostuse likvideerimiseks Lamor koppskimmerit LRB 150, võimekusega reostust korjata 60 m<sup>3</sup>/h. Laeva pardal on reostuskorje tank mahutavusega 100 m<sup>3</sup> (Politsei- ja Piirivalveamet, 2022).

Raju pardal on reostuse likvideerimiseks PVC poom FOB 1200, mida on pardal kokku 200 meetrit. Merereostuse likvideerimiseks kasutatakse Lamor skimmersüsteemi võimekusega reostust koguda 120 m<sup>3</sup>/h, mille korjeulatus on 0.6 km<sup>2</sup>/24h/1 sõlme juures. Täiendavalt on Raju pardal Lamor Multi Skimmer Süsteem LMS 140 m<sup>3</sup>/h. Reostust korjatakse spetsiaalsetesse kottidesse mahuga 0.5 m<sup>3</sup> (sealsamas, 2022).

Nagu eelmises peatükis mainiti, korraldas PPA 2020. aastal Narva lahes Saksa torpeedolaeva T-30 lekkima hakanud vraki kütusest tühjaks pumpamise. Tööde käigus eemaldati ja korjati 10 m<sup>3</sup> kütust. PPA Merereostustõrje Grupi edastatud informatsiooni põhjal selgus, et reostusega mereala poomidega ümbritsemine ja väljapumbatud kütuse tankidesse paigutamine ning veepinnalt skimmeriga jääkreostuse likvideerimine toimus Kindral Kurvitsa poolt. Merereostuse tõrjel on 2019. aasta hindade alusel selle laeva tööühiku maksumuseks arvestatud 400 eurot tund. Narva lahes läbi viidud operatsiooni kestuseks koos kohale tulemisega oli 24-36 tundi. Seega arvestuslik kogumaksumus jääb 9600 ja 14400 euro vahele (Lisa 3).

Kuna operatsiooni kestuse hulgas on ka aeg, mil Kindral Kurvits oli seotud ainult kütuse välja pumpamisega (kestus ei ole teada), võtame merelt likvideerimise vaatenurgast operatsiooni kestuseks 30 tundi. Olemasolevate andmete põhjal oletame, et merepinnalt koristatakse 10 m<sup>3</sup> kütust. Arvestades pardal oleva skimmersüsteemi võimekust reostust korjata 200 m<sup>3</sup>/h, võib üsna kindlalt väita, et kui sellise mahuga leke oleks Narva lahes toimunud, siis 30 tunniga oleks see likvideeritud. 400 eurose tunnihinna juures teeb see laeva kuludeks 12000 eurot.

Peale reostuse kogumist on vajalik kogutud õlijääkide utiliseerimine (T-30ne puhul vajas utiliseerimist 10 m<sup>3</sup> kütust) ning laeva mahutite ja õli kogumiseks kasutatud tehnika puhastamine. Selle peale kulus 25 000 eurot (Lisa 3).

Eestis ohtlike jäätmete töötamise ja kõrvaldamisega tegelev firma Ökoloog OÜ, kes teostas ka T-30ne õlijääkide utiliseerimise ja Kindral Kurvitsa mahutite ning õli kogumiseks kasutatud tehnika puhastamise, hinnapäringule ei vastanud. Sellest tulenevalt lähtume olemasolevast infost.

10 m<sup>3</sup> kütuse eeldatav merest likvideerimise maksumus on seega 25000+12000=37000 eurot. 1 m<sup>3</sup> likvideerimise hinnaks kujuneb 37000/10=3700 eurot.

#### **5.4.2 Rannast likvideerimine**

Kui reostuse avastamisega hiljaks jäädakse või kui reostuse ulatus on nii suur, et kõike ei suudeta merelt kokku korjata, võib reostus jõuda rannikuni. Kuna rannikule jõudnud reostus on endiselt ka vees, ei saa siin rääkida siiski puhtalt rannast likvideerimisest, sest ka merelt tuleb endiselt reostust kokku korjata.

Rannikureostuse likvideerimisega tegeleb Eestis peamiselt Päästeamet. E-kirja teel küsis lõputöö autor Päästeametilt, kui palju maksab rannast ühe tonni naftasaaduse koristamine. Vastusest selgus, et Päästeamet tagab kütusereostuse likvideerimise võimekuse naftareostuskorje varustuse ja vastava päästevarustusega päästeautode olemasoluga ning teenistujatele koolituste läbi viimisega. Sellega tagatakse valmisolek ja reageerimisvõime kõikidele sündmustele. Kuid kahjuks puuduvad Päästeametil andmed selle kohta, kui palju võib näiteks ühe tonni rannikule sattunud naftasaaduse koristamine maksma minna, sest tehtud päästetööde eest arveid ei esitata. Lisaks puuduvad Eesti lähiajaloo suuremahulised rannikukoristustööd, mille põhjal oleks võimalik maksumust arvutada.

Kuna käesoleva analüüsi eesmärgiks ei ole välja selgitada täpseid hindu, siis otsustas lõputöö autor kasutada kolme mudeli põhjal saadud maksumusi ja kolme päriselt toimunud rannikureostuse likvideerimise maksumusi. Hindade leidmiseks kasutatud mudelite ja meetodite lahti seletamisele ei keskenduta, kuna käesolevas töös on olulised ainult hinnad.

Etkin tõi oma 2001. aasta töös välja tabeli, kus olid hinnangulised rannikureostuse likvideerimise maksumused USA ranniku näitel. Tabelis 5 toodud maksumused on ühe tonni rannikule jõudnud naftaproducti koristamise eeldatavad hinnad selles piirkonnas.

Tabel 5. Ühe tonni rannikule jõudnud reostuse koristamise maksumus USA näitel

| <b>Hinnangulised ranniku koristamise maksumused<br/>(Tonni rannikule jõudnud kütuse kohta)</b> |                          |                      |
|--|--------------------------|----------------------|
| <b>Programmi ala</b>   | <b>Keskmiised hinnad</b> | <b>Kõrged hinnad</b> |
| Mid-South Atlantic   | €6712/tonn               | €10361/tonn          |
| Mehhiko lahe idaosa  | €8202/tonn               | €12653/tonn          |
| Mehhiko lahe keskosa   | €9766/tonn               | €15043/tonn          |
| Mehhiko lahe lääneosa  | €3741/tonn               | €5781/tonn           |
| Southern California  | €5166/tonn               | €7954/tonn           |
| Alaska laht  | €7421/tonn               | €11454/tonn          |
| Cook Inlet   | €9401/tonn               | €14499/tonn          |
| Navarin ookeanibassein   | €10108/tonn              | €15596/tonn          |
| St. Matthew Hall   | €10607/tonn              | €16359/tonn          |
| Norton ookeanibassein  | €10607/tonn              | €16359/tonn          |
| St. George ookeanibassein  | €10892/tonn              | €16791/tonn          |
| Hope ookeanibassein  | €11674/tonn              | €17998/tonn          |
| Chukchi meri   | €6570/tonn               | €11457/tonn          |
| Beaufort meri  | €9609/tonn               | €18829/tonn          |
| Algne allikas: US Minerals Management Service 1992   |                          |                      |

Allikas: (Etkin, 2001)

Tabelis 5 välja toodud hinnad on inflatsiooni arvestades arvutatud ümber eurodesse. Keskmiste hindade tulba keskmiseks väärtuseks tuleb 8140 eurot/tonn. Kõrgete hindade tulba keskmiseks väärtuseks tuleb 12650 eurot/tonn.

Montewka *et al.* viisid 2013. aastal Soome lahe näitel läbi uurimuse, et luua mudel, millega oleks võimalik täpsemalt hinnata kütusereostuse likvideerimise maksumust. Loodud mudelit kasutati kahe stsenaariumi hindamiseks Soome lahes jäävabal perioodil.

- Esimese stsenaariumi puhul oli reostuse suuruseks 5000 tonni kerge kütteõli. Reostuse likvideerimise maksumuseks hindas mudel 12.1 miljonit eurot. Kasutades lihtsat jagamistehet teeb see ühe tonni kerge kütteõli koristamise maksumuseks hinnanguliselt 2420 eurot.
- Teise stsenaariumi puhul oli reostuse suuruseks 30 000 tonni rasket kütteõli. Reostuse likvideerimise maksumuseks hindas mudel 95 miljonit eurot. Ühe tonni raske kütteõli koristamise maksumuseks on seega hinnanguliseks 3167 eurot.

Helle *et al.* tegid 2015. aastal Soome lahe näitel uue mudeli kütusereostuse likvideerimise maksumuse arvutamiseks. Loodud mudelit kasutati taaskord kahe stsenaariumi hindamiseks.

- Esimese stsenaariumi puhul oli reostuse suuruseks 3000 tonni rasket kütteõli. Reostuse likvideerimise maksumuseks kokku hindas mudel 8.7 miljonit eurot. Ühe tonni vette sattunud kütuse koristamise hinnaks kujunes 2900 eurot. Välja oli toodud ka eraldi hinnanguline rannikult koristamise maksumus, milleks oli hinnatud 6.7 miljonit eurot (ehk 2233 eurot/tonn).
- Teise stsenaariumi puhul oli reostuse suuruseks 30000 tonni kerget kütteõli. Reostuse likvideerimise maksumuseks hindas mudel 49 miljonit eurot. Ühe tonni vette sattunud kütuse koristamise hinnaks kujunes 1633 eurot. Rannikult koristamise maksumuseks hinnati 43.8 miljonit eurot (1460 eurot/tonn).

Kuna mudelite eesmärgiks on eelkõige mingite parameetrite ja suurusjärgude sisestamisel meile umbkaudne reostuse likvideerimise maksumus anda, siis tasuks kindlana ettekujutuse saamiseks tuua näiteid ka realselt toimunud ja tehtud reostuse koristamistest.

2002. aastal uppus Hispaania rannikul kütusetanker Prestige. Laevast lekkis merre üle 60 000 tonni rasket kütteõli, mis reostas üle 1300 kilomeetri rannikut. Ainuüksi reostuse koristustööde maksumuseks kujunes 2001. aasta valuutakursiga hinnanguliselt 228 miljonit eurot. Kui arvestada ka vraki tühjaks pumpamist, vabatahtlike tööd ja muid leevendavaid meetmeid, oli hinnanguline maksumus 583.4 miljonit eurot (Loureiro *et al.*, 2005). See teeb ühe tonni koristamise hinnaks vastavalt 3800 eurot ja 9723 eurot. Arvestades inflatsiooni on need hinnad 2022. aastal vastavalt 5503 eurot ja 14082 eurot.

2003. aastal põrkasid Bornholmi saare lähistel kokku kaks laeva, puistlastilaev Fu Shan Hai ja konteinerlaev Gdynia. Kokkupõrke tulemusena hakkas Fu Shan Hai lekkima ja uppus. Reostus jõudis ka Taani rannikule. 11 päevaga korjati veest 1200 tonni kütust. Reostuse likvideerimine läks maksma 8.8 miljonit eurot (Cedre, 2009). See teeb ühe tonni vette sattunud kütuse koristamise hinnaks 7333 eurot. Arvestades inflatsiooni 10170 eurot.



2011. aasta septembris toimus Skagerrakis kahe laeva kokkupõrge, mille tulemusena hakkas ühest laevast lekkima punkrikütust. Kütus kandus hoovustega Rootsi läänerannikule Tjörni saarestikku. Üle mitme kuu kestnud koristustööde käigus korjati veest ja rannikult kokku 500 tonni lekkinud kütust, mis läks maksma 16.25 miljonit dollarit (14 955 000 eurot) (Lindgren *et al.*, 2021). Ühe tonni vette sattunud kütuse koristamise hinnaks kujunes seega 29 910 eurot.

Mudelite põhjal on keskmiseks reostuse likvideerimise hinnaks  $(8140+12650+2420+3167+2900+1633=30910)$   $30910/6 = 5152$  eurot.

Reaalsete sündmuste põhjal on keskmiseks reostuse likvideerimise hinnaks  $(14082+10170+29910=54162)$   $54162/3=18054$  eurot.

Mudelite ja reaalsete sündmuste keskmine on  $(5152+18054=23206)$   $23206/2=11603$  eurot.

Saadud maksumuste põhjal näeme, et tonni vette sattunud kütuse koristamise hinnad erinevad sõltuvalt juhtumist märkimisväärselt. Autori saadud keskmine maksumus on indikatiivne, reaalse juhtumi puhul võib maksumus kujuneda sellest väiksemaks või oluliselt suuremaks.

## 6 Hindade üleüldine analüüs ja järeldused

HMS Cassandra 950 tonni raske kütteõli vrakist välja pumpamise umbkaudne maksumus on 14 877 000 eurot. Sama koguse kütteõli merest ja rannast koristamise maksumuseks on mudelite ja reaalseste sündmuste keskmist hinda kasutades  $950 \cdot 11603 = 11\,022\,850$  eurot.

T-208 Škivist 99 tonni diislikütuse vrakist välja pumpamise maksumuseks on hinnanguliselt 907 731 eurot. Sama koguse kütuse merest ja rannast koristamise maksumuseks on mudelite ja reaalseste sündmuste keskmist hinda kasutades  $99 \cdot 11603 = 1\,148\,697$  eurot.

M-37 143 tonni raske kütteõli vrakist välja pumpamise maksumuseks on hinnanguliselt 1 380 808 eurot. Sama koguse kütteõli merest ja rannast koristamise maksumuseks on mudelite ja reaalseste sündmuste keskmist hinda kasutades  $143 \cdot 11603 = 1\,659\,229$  eurot.

Eespool toodud kütteõlide merest ja rannast koristamise hindades ei ole arvestatud sotsiaal-majanduslikke ning keskkonnakahjusid.

Kontovas ja Psaraftis jõudsid oma 2008. aasta töös järeldusele, et kogu reostusega kaasneva kahju maksumus (reostuse likvideerimise maksumus koos sotsiaal-majanduslike ja keskkonnakahjudega) on 2.5 korda suurem kui on reostuse kokku korjamise maksumus üksinda.

HMS Cassandra reostuse keskkonda sattumisel oleks reostusega kaasnevate kulude ja kahjude kogumaksumuseks  $11\,022\,850 \cdot 2.5 = 27\,557\,125$  eurot. T-208 Škivil vastavalt 2 871 753 eurot ja M-37 kogumaksumus umbkaudu 3 452 020 eurot.

Tabel 6. Maksumuste võrdlus

| Vrakk         | Vraki kütusest tühjaks pumpamise maksumus | Reostuse merest ja rannast likvideerimise maksumus | Reostusega kaasnevate kulude ja kahjude kogumaksumus |
|---------------|---|--|--|
| HMS Cassandra | 14 877 000 eurot                          | 11 022 850 eurot                                   | 27 557 125 eurot                                     |
| T-208 Škiv    | 907 731 eurot                             | 1 148 697 eurot                                    | 2 871 753 eurot                                      |
| M-37          | 1 380 808 eurot                           | 1 659 229 eurot                                    | 3 452 020 eurot                                      |

Allikas: Autori koostatud

Tabelis 6 välja toodud maksumuste põhjal saab järeldada, et sügavamal (85 m) asuvate vrakkide kütusest tühjaks pumpamine on kallim kui madalamal (21-25 m ja 12 m) asuvate vrakkide kütusest tühjaks pumpamine.

Tulemusena võib kütusest tühjaks pumpamise operatsioon sügaval lelavate vrakkide puhul osutuda kallimaks kui nendest tekkiva reostuse merest ja rannast likvideerimine (14 877 000 eurot > 11 022 850 eurot). Siiski kui arvestada reostusega kaasnevate kulude ja kahjude kogumaksumust, on vraki kütusest tühjaks pumpamine majanduslikult igati otstarbekam (14 877 000 eurot < 27 557 125 eurot).

Madalamal sügavusel asuvate vrakkide kütusest tühjaks pumpamine on võrreldes reostuse merest ja rannast likvideerimisega odavam. Näiteks M-37 puhul on umbkaudne kütuse pumpamise ja reostuse likvideerimise maksumuste vahe  $1\,659\,229 - 1\,380\,808 = 278\,421$  eurot. Sellest saab järeldada, et selliseid vrakke on otstarbekam kütusest tühjaks pumbata. Hilisem reostuse likvideerimine ja sellega seotud kahjudega tegelemine on majanduslikult kallim.

Üldjuhtudel hakkab vrakk lekkima, mis tähendab, et seal leiduv kütus ei satu keskkonda ühe korraga. See omakorda tähendab seda, et vraki keskkonnaohutuks muutmiseks on vaja sellest kütus eemaldada. Suure lekke ja reostuse korral tuleb läbi viia nii vraki kütusest tühjaks pumpamise operatsioon kui ka reostuse merest ja rannast likvideerimine. M-37 näitel, kui pool kütusest lekiks keskkonda (71.5 tonni) ja pool jääks vraki sisemusse (71.5 tonni), kuluks reostuse likvideerimise ja vrakis alles oleva kütuse välja pumpamise peale  $(71.5 \cdot 9659 = 690619$  eurot) +  $(71.5 \cdot 11603 = 829\,615$  eurot) = 1 520 234 eurot. Seega selline olukord on kallim kui ainult vraki kütusest tühjaks pumpamine (1 380 808 eurot < 1 520 234 eurot), kuid odavam kui sama koguse merest ja rannast likvideerimine (1 659 229 eurot > 1 520 234 eurot).

Autori püstitatud hüpotees peab paika madalamal sügavustel asuvate vrakkide puhul. Sügavamal paiknevate vrakkide kütusest tühjaks pumpamise operatsioonid on keerulisemad, mille tõttu on nende maksumused suuremad. Kui aga arvestada reostusega kaasnevate kulude ja kahjude kogumaksumust, on vrakke majanduslikult otstarbekam kütusest tühjaks pumbata sõltumata sügavusest. Vrakide kütusest tühjaks

pumpamisega välditakse negatiivsete mõjudega mürgiste naftaproduktide keskkonda sattumist.

Kuna arvutustes kasutati maksimaalseid kütuse koguseid, mida laev pardale suutis võtta, siis reaalsem oletatav kütuse kogus selgub alles vraki uuringu põhjal. Suure tõenäosusega on vrakist aja möödudes mingi osa kütust juba välja lekkinud või lekkis suurem osa merre laeva uppumise ajal. Väiksema tegeliku kütuse koguse tulemusena on ka kütuse välja pumpamise operatsioonid odavamad. Autori saadud kütuse välja pumpamise maksumustesse tuleb suhtuda kui hindade ülempiiri.

Autori hinnangul on potentsiaalselt keskkonnaohtlikud laevavrakid probleem, millega tuleb kohe tegelema hakata. Merereostuse tuvastamiseks kasutatakse Eestis Euroopa Mereagentuuri poolt hallatavat satelliitseiret ning korraldatakse mereala kohal regulaarseid patrull-lende mitu korda nädalas. Patrull-lende teostatakse seirelennukiga, millel on peal õlireostuse tuvastamiseks mõeldud SLAR radar (Lisa 3). Selline seire on kasulik aeglase lekete tuvastamiseks, kus keskkonda korraga suurt kogust kütust ei satu. Kui aga peaks toimuma vraki kokku kukkumine, võib korraga keskkonda sattuda märkimisväärne kogus kütust. Sõltuvalt ilmastikuoludest on oht sellisel reostusel kiiresti laiali kanduda ja tekitada kahjusid merekeskkonnale ja majandusele. Kui vrakid enne taoliste sündmuste juhtumist kütusest tühjaks pumbata, võidetakse nii majanduslikus kui ka keskkonnavalas mõistes.

Lõputöö autor soovib Eesti vetes asuvatele potentsiaalselt ohtlikele laevavakkidele korraldada uuringud nende seisundite ning võimalike kütusekoguste välja selgitamiseks. Uuringute tulemusena saab parema pildi vrakkide hetkeseisudest, mille põhjal on võimalik luua täpsem tegevuskava nendega edasi tegelemiseks. Juba täpse info olemasolu meie vetes leiduvate vrakkide seisukordadest annab meile suure eelise teadvustada ja hinnata ohtude suurust, mis meie keskkonda ja majandust nende näol varitseb. Puhtalt vraki uuringute läbiviimine on majanduslikult vaatenurgast veel odavam kui vrakist kütuse välja pumpamine või reostuse likvideerimisega tegelemine. Volare laevavraki näitel oli keskkonnaohtlikkuse uuringu maksumus 39 000 eurot ja vraki keskkonnohutuks tegemise maksumus 206 399 eurot (Lisa 3). Samas võib uuringute käigus selguda, et mitmed potentsiaalselt ohtlike laevavakkide nimekirjas

olevad vrakid seda tegelikult ei olegi. Tulemusena muutub potentsiaalselt ohtlike laevavakkide nimekiri taas lühemaks.

Lisaks leidis autor, et puudub ühtne teabeallikas või koht (näiteks interneti lehekülg), kuhu oleks kokku koondatud info sellest, mis toimub Eestis selles valdkonnas ning millist ohtu üldse potentsiaalselt ohtlikud vrakid meie keskkonnale kujutavad. Lehekülje loomise tulemusena on sellealane info laiemale avalikkusele lihtsamini kättesaadav ning probleem ise satub kindlasti suurema tähelepanu alla kui ta on hetkel. Heaks näiteks on SwAMi sama teemat käsitlev internetilehekülg.

## Kokkuvõte

Potentsiaalselt keskkonnaohtlike laevavrakkidega tegelemine on majanduslikult üsna kulukas protsess. Kütusest tühjaks pumpamise operatsioonide maksumused on tihti miljonites eurodes. Kuid ka vrakkidest lähtuva reostuse keskkonnast likvideerimine ja selle tagajärgedega tegelemine on majanduslikult kallis.

Lõputöö eesmärgiks oli saada adekvaatne hinnang kolme Eesti vetes asuva potentsiaalselt keskkonnaohtliku laevavraki (HMS Cassandra, T-208 Škiv ja M-37) kütusest tühjaks pumpamise maksumuse kohta ning võrrelda seda maksumust kütusereostuse likvideerimise maksumusega merest ja rannast. Eesmärgi täitmiseks esitati hinna- ja informatsioonipäringuid valdkonnas pädevatele ettevõtetele, asutustele ja inimestele ning otsiti ja analüüsiti temaatikat käsitlevaid infoallikaid.

Hinnapäringutele autor kahjuks vastuseid ei saanud, mille tulemusena põhinevad töös välja toodud maksumused autori enda arvutustel. Saadud maksumused on indikatiivsed.

Töös püstitatud hüpoteesiks oli, et potentsiaalselt keskkonnaohtlike vrakkide kütusest tühjaks pumpamine on majanduslikult otstarbekam, kui nendelt tekkida võiva reostuse likvideerimine merest ja rannast. Hüpotees pidas paika T-208 Škivi ja M-37, ehk madalamal sügavusel asuvate ning väiksema kütuse kogusega vrakkide puhul. Sügavamal asuval ja suurema kütuse kogusega HMS Cassandra puhul hüpotees paika ei pidanud.

Siiski, kui arvesse võtta ka sotsiaal-majanduslikke kahjusid ning keskkonnakahjusid, on potentsiaalselt keskkonnaohtlike laevavrakke majanduslikult otstarbekas kütusest tühjaks pumpata sõltumata sügavusest ja kütuse kogusest. Lisaks välditakse kütuse ennatliku välja pumpamisega mürgiste omadustega naftaproduktide keskkonda sattumist.

Lõputöö autor soovib tungivalt Eestis keskkonnaohtlike laevavrakkide probleemiga tegelema hakata. Vrakide lekkima hakkamine on vaid aja küsimus. Esialgu oleks probleemiga tegelemisel suureks abiks vrakiuuringute teostamine. Uuringud annavad meile ettekujutuse sellest, mis seisundis meie vetes asuvad vrakid tegelikult on, ning kui

paljud neist realselt ohtu kujutavad. Samuti soovib autor luua keskkonnaohlike laevavrakkide probleemi käsitleva eestikeelse teabeallika või internetilehekülje, kus oleks võimalik probleemiga tutvuda ning jälgida Eestis selles valdkonnas ette võetut.

## **Summary**

### **Feasibility of oil removal operations of potentially polluting shipwrecks**

Tanek Korv

Dealing with potentially polluting shipwrecks is an economically expensive process. Costs of oil removal operations can be in millions of euros. But the costs of oil spill clean-up and other pollution related consequences are also economically high.

The purpose of this thesis is to get an adequate pricing for the oil removal operations of three potentially polluting shipwrecks (HMS Cassandra, T-208 Škiv and M-37) in Estonian waters and compare the prices with oil spill clean-up costs from open sea and shoreline. Enquiries for the cost of oil removal operations, and other information requests were sent out to competent companies, establishments and people. Data was also gathered by searching and analysing different sources.

Unfortunately no answers were received for the oil removal cost enquires. As a result, the costs in this thesis are indicative and based on the authors calculations.

The feasibility of oil removal operations depend on the water depth and oil amount. Wrecks like T-208 Škiv and M-37, that are located in shallower waters and have smaller amounts of oil on board, the oil removal operations cost is smaller than oil spill clean-up cost. In the case of HMS Cassandra, deeper water depth and larger oil quantity means, that the oil spill clean-up cost appeared to be cheaper than oil removal operations cost.

If socio-economic and environmental damage costs are also included, it is feasible to perform oil removal operations on potentially polluting shipwrecks, regardless of the water depth and oil amount. In addition, removing oil form shipwrecks prevents toxic oil products from entering the environment.

Author strongly suggests that the problem with potentially polluting shipwrecks in Estonia should be dealt with immediately. It is only a matter of time when the wrecks



start leaking oil. Initially, a big step towards resolving the problem would be to survey and inspect the wrecks. Knowledge on the condition of the wrecks gives us a better idea of what wrecks really pose a threat and should be prioritised. Author also suggests that a source of information, for example a website in Estonian about potentially polluting shipwrecks should be made, so the problem could reach the general public.

## Viidatud allikad

- Bergström, R. (2014). Lessons learned from Offloading Oil from Potentially Polluting Ship Wrecks from World War II in Norwegian Waters. *International Oil Spill Conference 2014*: 804-813.
- Björdal, C. G. (2012). Evaluation of microbial degradation of shipwrecks in the Baltic Sea. *International Biodeterioration & Biodegradation, Volume 70, May 2012* (pp. 126-140).
- Boran, M. (2017). Pollution of Marine Environment by Ship. *Cercetări Marine, Issue no. 47, Turkey*, 244-248.
- Dyer, C. (2018). Sunken Nazi submarine described as an „underwater Chernobyl“ will be buried under rubble off Norway to reduce leakage from 1800 deadly mercury canister on board. *Mail Online*.  
<https://www.dailymail.co.uk/news/article-6268963/Nazi-submarine-described-underwater-Chernobyl-buried-reduce-leakage-canisters.html> (03.03.2022)
- Eesti kaitsealade leht. Kaitsealade tüübid ja vööndid.  
<https://kaitsealad.ee/et/looduskaitse-abc/kaitsealade-tuubid-ja-voondid>  
(09.03.2022)
- ERR. (2020). Kümned laevavrakid Eesti vetes võivad kaasa tuua massiivse kütusereostuse.  
<https://www.err.ee/1146935/kumned-laevavrakid-eesti-vetes-voivad-kaasa-tuua-massiivse-kutusereostuse> (29.03.2022)
- Etkin, D.S. (2000) Worldwide Analysis of Marine Oil Spill Cleanup Factors. *Arctic and Marine Oilspill Program Technical Seminar (June 2000)*: (Vol. 1, pp. 161-174).
- Etkin, D.S. (2001). Methodologies for estimating shoreline cleanup costs. *Proceedings of 24th Arctic and Marine Oilspill Program Technical Seminar*: (pp. 647-70).
- Fuel management for tugs becoming an increasing challenge. (2008). *Professional Mariner*.  
<https://professionalmariner.com/fuel-management-for-tugs-becoming-an-increasing-challenge/> (16.03.2022)
- Cedre. (2009). Fu Shan Hai/Gdynia.  
<https://wwz.cedre.fr/en/Resources/Spills/Spills/Fu-Shan-Hai-Gdynia>  
(20.04.2022)
- German mine sweeping gears (Kriegsmarine WW II). (2022).  
<http://www.ship-model-today.de/sd130.htm> (27.04.2022)
- Gilbert, R. (2005). The Global Risk of Marine Pollution from WWII Shipwreck: Examples from the Seven Seas. *International Oil Spill Conference Proceedings · May 2005*.
- Girin, M. (2004). European Experience in Response to Potentially Polluting Shipwrecks. *Marine Technology Society Journal Volume 38, Number 3*, (pp. 21-25).

- Greenberg, M.I., Sexton, K. J., Vearrier, D. (2016). Sea-dumped chemical weapons: environmental risk, occupational hazard. *Clinical Toxicology, Volume 54:2*, 79-91.
- Goodsir, F., Lonsdale, J. A., Mitchell, P. J., Suehring, R., Farcas, A., Whomerley, P., Brant, J. L., Clarke, C., Kirby, M. F., Skelhorn, M., Hill, P. G. (2019). A standardised approach to the environmental risk assessment of potentially polluting wrecks. *Marine Pollution Bulletin, Volume 142*, 290-302.
- HELCOM. (2018). Oxygen debt. HELCOM core indicator report. Kättesaadav: <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/Oxygen-debt-HELCOM-core-indicator-2018.pdf> (17.03.2022)
- HELCOM. (2022). Sea-Dumped Chemical Munitions. <https://helcom.fi/baltic-sea-trends/hazardous-substances/sea-dumped-chemical-munitions/> (27.04.2022)
- Helle, I., Ahtiainen, H., Luoma, E., Hänninen, M., Kuikka, S. (2015). A probabilistic approach for a cost-benefit analysis of oil spill management under uncertainty: A Bayesian network model for the Gulf of Finland. *Journal of Environmental Management 158 (2015)* (pp. 122-132).
- Hüdrograafia infosüsteem. <https://his.vta.ee:8443/HIS/Avalik?REQUEST=Main&WIDTH=1280&HEIGHT=881> (23.02.2022)
- Keith, M. E. (2016). Site Formation Processes of Submerged Shipwrecks. University Press of Florida.
- Keskkonnaministeerium. (2019). Eesti mereala keskkonnaseisund 2018. Kättesaadav: <https://envir.ee/media/274/download> (11.02.2022)
- Keskkonnaministeerium. (2022). Veetranspordi reostusjuhtumite analüüs ja reostustõrje võimekuse hindamine aastatel 2012 – 2021. Kättesaadav: <https://envir.ee/media/6581/download> (14.04.2022)
- Kriauciūnienė, J., Gailiusis, B., Kovalenkoviėnė, M. (2006). Peculiarities of sea wave propagation in the Klaipėda Strait, Lithuania. *Baltica, Vol. 19 (1)*, 20–29. *Vilnius*.
- Kontovas. C. A., Psaraftis, H. N. (2008). Marine Environment Risk Assessment: A Survey on the Disutility Cost of Oil Spills. *Paper presented at International Symposium on Ship Operations, Management and Economics (SNAME Greek Section), Athens, Greece*.
- Kurado, T., Takai, R., Kobayashi, Y., Tanaka, Y. (2008). Corrosion Rate of Shipwreck Structural Steels under the Sea. *National Maritime Research Institute, Japan*.
- Lindgren, J. F., Åberg, F., Johansson, J. R. (2021). Polluting shipwrecks in Swedish waters: investigations, risk assessment methodology and oil removal operations. *International Oil Spill Conference Proceedings (2021) 2021 (1): 684035*.
- Lips, U. (2020). Proovivõtumetoodika ja hindamisindikaatorite arendamine Eesti mereala seisundihinnangute täpsustamiseks. Kättesaadav: <https://envir.ee/media/447/download> (11.03.2022)

- Loureiro, M. L., Ribas, A., López, E., Ojea, E. (2005). Estimated costs and admissible claims linked to the Prestige oil spill. *Ecological Economics. Volume 59, Issue 1, 5 August 2006*, (pp. 48-63).
- Masetti, G., Orsini, F. (2009). Environmental Risks Monitoring of Shipwrecks in Italian Seas. *International Hydrographic Review. Volume No. 2 (2009), 52-60. Monaco.*
- Michel, J., Gilbert, T., Etkin, D. S., Urban, R., Waldron, J., Blocksidge, C. T. (2005). Potentially Polluting Wrecks in Marine Waters. An Issue Paper Prepared for the 2005 International Oil Spill Conference.
- Minesweepers 35 (Minensuchbloote 35). (2013).  
<https://www.kbismarck.com/minesweepers-35.html> (23.04.2022)
- Montewka, J., Weckström, M., Kujala, P. (2013) A probabilistic model estimating oil spill clean-up costs – A case study for the Gulf of Finland. *Marine Pollution Bulletin 76 (2013)*, (pp. 61-67).
- Muinsuskaitseeadus. Riigi Teataja.  
<https://www.riigiteataja.ee/akt/110122020022> (28.01.2022)
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2013). Risk Assessment for Potentially Polluting Wrecks in U.S. Waters. *Silver Spring, MD.*
- Nikiforuk, A. (2016). The Oil Spill Cleanup Illusion. *Hakai Magazine, July 12, 2016.*  
<https://hakaimagazine.com/features/oil-spill-cleanup-illusion/>
- Overfield, M. L. (2005). Corrosion on Deep Gulf Shipwrecks of World War II. *International Oil Spill Conference Proceedings 2005 (1)*, (pp. 387-383).
- Politsei- ja Päärivalveamet. Merereostustõrje. Merereostustõrjevahendid ja – tehnika.  
<https://www.politsei.ee/et/juhend/merereostustorje/merereostustorjevahendid-ja-tehnika> (29.03.2022)
- Rogowska, J., Wolska, L., Namieśnik, J. (2010). Impacts of pollution derived from ship wrecks on the marine environment on the basis of s/s “Stuttgart” (Polish coast, Europe). *Science of The Total Environment Volume 408, Issue 23, November 1, 2010* (pp. 5775-5783).
- SA Eestimaa Looduse Fond (ELF) (2007). Merereostustõrje käsiraamat. Kättesaadav:  
[http://media.voog.com/0000/0037/1265/files/Merereostustorje\\_kasiraamat\\_2009.pdf](http://media.voog.com/0000/0037/1265/files/Merereostustorje_kasiraamat_2009.pdf) (25.02.2022)
- Simm, M., Roots, O., Järv, L. (2015). Saasteainete uuring Läänemere kalas. Tellija: EV Põllumajandusministeerium. Kättesaadav:  
<https://www.agri.ee/sites/default/files/content/uuringud/2015/uuring-2015-saasteained-kala.pdf> (18.03.2022)
- Swedish Agency Marine and Water Management (SwAM). (2019a). Finnbirch.  
<https://www.havochvatten.se/en/facts-and-leisure/environmental-impact/shipwrecks/swams-work-with-shipwrecks/finnbirch.html> (23.04.2022)
- Swedish Agency Marine and Water Management (SwAM). (2019b). Sandön and Hoheneichen.

<https://www.havochvatten.se/en/facts-and-leisure/environmental-impact/shipwrecks/swams-work-with-shipwrecks/sandon-and-hoheneichen.html> (25.04.2022)

Тральщики (Minensuchboote) с М 1 до М 50. (2006). М 37.  
<http://navyworld.narod.ru/m5.htm#M-37> (18.05.2022)

Treffner, I. (2019). 20. sajandil uppunud vrakkide keskkonnaohtlikkuse analüüs. Muinsuskaitseamet. Kättesaadav:  
[https://www.muinsuskaitseamet.ee/sites/default/files/contenteditors/Veealune/vrakkide\\_keskkonnaohtlikkuse\\_analuus.pdf](https://www.muinsuskaitseamet.ee/sites/default/files/contenteditors/Veealune/vrakkide_keskkonnaohtlikkuse_analuus.pdf) (10.03.2022)

Vrakiregister:  
<https://register.muinas.ee/public.php?menuID=wreckregistry> (07.02.2022)

Wargaming. (2016) Caledon-class cruisers.  
[https://wiki.wargaming.net/ru/Navy:Легкие\\_крейсера\\_типа\\_Caledon](https://wiki.wargaming.net/ru/Navy:Легкие_крейсера_типа_Caledon) (18.04.2022)

Wendt, J., Eisbrenner, E., Maser, E., Strehse, J., Wichert, U. (2019). Ammunition Risk Assessment Study For DFG search and retrieval actions. *EGEOS GmbH, February 2019, Kiel*. Kättesaadav:  
<https://static1.squarespace.com/static/58525fe86a4963931b99a5d1/t/5c66d0c9c830256eb24d11a2/1550242018520/Ammunition+Risk+Assessment.pdf> (03.03.2022)

Whitfield, P.E., Muñoz, R.C., Buckel, C.A., Heesemann, L.M. (2011). Fish and Habitat Community Assessments on North Carolina Shipwrecks: Potential sites for detecting climate change in the Graveyard of the Atlantic. *Marine Sanctuaries Conservation Series, ONMS-11-03*. Kättesaadav:  
<https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/12809> (16.03.2022)

Wikipedia. (2022). Fugas-class minesweeper.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Fugas-class\\_minesweeper](https://en.wikipedia.org/wiki/Fugas-class_minesweeper) (23.04.2022)

Wrecksite. (2020). HMS Cassandra (+1918).  
<https://wrecksite.eu/wreck.aspx?148421> (18.05.2022)

## Lisa 1. Eestikeelne hinnapäring

Tere!

Mina olen TalTech Eesti Mereakadeemia Veeteede haldamise ja ohutuse korraldamise eriala neljanda kursuse tudeng Tanek Korv ja kirjutan seoses enda lõputööga teemal "Potentsiaalselt keskkonnaohtliku vraki kütusest tühjaspumpamise otstarbekuse hindamine" - Ivar Treffneri juhendamisel. Töö eesmärgiks on jõuda järeldusele:

"Kas potentsiaalselt keskkonnaohtlike vrakkide tühjaks pumpamine on majanduslikult odavam kui neilt tekkida võiva reostuse likvideerimine merelt ja rannast?"

Teie käest loodaksin saada hinnapakumisi kolme Eesti vetes asuva vraki kütusest tühjaks pumpamistele:

1. HMS Cassandra, 950 tonni rasket kütteõli. Vrakk sügavusel 85m
2. Miinitraaler T-208, Škiv, 61.5 tonni diiselmootorit. Vrakk sügavusel 12m
3. Miinitraaler M-37, 143 tonni rasket kütteõli. Vrakk sügavusel 20-25m. Lisaks oleks vaja välja selgitada, kas pardal olid elavhõbedat sisaldavad paravanid (nagu on M-459 pardal).

Hinnad võivad olla umbkaudse suurusjärguga (ei pea olema sendi pealt).

Välismaa firmade jaoks koostas ingliskeelse lühiülevaate nendest vrakkidest. Lisasin selle manusena.

Kui Teil tekkis küsimusi, siis vastan neile meeleldi.

Kirjale palun vastata hiljemalt seitsme päeva jooksul.

Parimate soovidega,

Tanek Korv

## **Lisa 2. Ingliskeelne hinnapäring**

Dear Sir/Madam

I am a fourth-year student from TalTech Estonian Maritime Academy, studying Waterway Safety Management. I am currently writing my thesis on topic „Feasibility of oil removal operations of a potentially polluting shipwreck“. I am doing research to find out whether it would be cheaper to remove oil from the wreck than clean up the oil-spill from water and shoreline.

I am writing because for the thesis **I need an approximate or estimated cost of oil removal operations** for three shipwrecks located in Estonian waters. Additional available information about the shipwrecks is added as a PDF to this email.

Main information about the shipwrecks:

1. HMS Cassandra (sank 1918). Removal of 950 tons of heavy fuel oil. Depth: 85 meters
2. Russian minetrawler T-208, Shkiv (sank 1941). Removal of 61.5 tons of diesel. Depth: 12 meters
3. German minetrawler M-37 (sank 1944). Removal of 143 tons of heavy fuel oil. Depth: 20-25 meters. May have mercury containing paravane on board (if found, to be removed).

**Costs of oil removal operations can be very rough estimates (based on amount of fuel and depth).**

I look forward to receiving the requested information.

Best regards

Tanek Korv

TalTech Estonian Maritime Academy

Waterway Safety Management

## **Lisa 3. Hinna- ja informatsioonipäring Politsei- ja Piirivalveametile**

Küsimused esitatud PPA Mereturvalisuse grupi reostustõrje vanemspetsialistile, läbi viidud meili teel 20.01.2022.

1. Kas Teil on olemas raamatupidamine toimunud reostustõrjetööde (sealhulgas vrakkide tühjaks pumpamise) maksumustele? Kui jah, siis mida detailsemalt mul seda saada oleks võimalik, seda parem. Lõputöö eesmärk oleks luua võrdluspilt sellest, kui palju maksab reostuse likvideerimine merelt ja rannast võrreldes vraki tühjaks pumpamise maksumusega. Ehk siis eraldi punktidenä viiks saada hinnad:

- a. Vrakkide tühjaks pumpamise maksumused (mis on tehtud)
- b. Reostustõrjetööde maksumus merelt
- c. Reostustõrjetööde maksumus rannast

2. Kas PPA'le või Keskkonnaametile pakuvad huvi mingid kindlad teadaolevad vrakid (2-3 tükki), mida ma võiksin enda töös kasutada ja mille kohta uurida? Kui otseselt kindlaid pole siis võib-olla oskaksite ise 2-3 tükki nimetada?

3. Kas hetkel toimub ka aktiivset vrakkide monitooringut, et võimalikke lekkeid ja reostusi kiiresti avastada? Kui tihti ja mis moodi selline seire toimub?

4. Milliste firmade (Eesti ja välismaiste) või riigiasutustega olete koostööd teinud? Näiteks vrakkide tühjaks pumpamiste osas?



## Lisa 4. 10 potentsiaalselt keskkonnaohtlikku vrakki Eesti vetes

ANNEX 1 - Wrecks to be examined for oil elimination

| Wreck name                        | Time of sinking | Place of sinking  | Location on map   | Fuel           | Explosives on board   | Amount of oil | Depth |
|-----------------------------------|-----------------|---|-------------------|----------------|---|---------------|-------|
| Destroyer S-31 (Germany)          | 1914            | 57:48.677590 23:05.902809                               | Ruhnu island      | Heavy fuel oil | 88mm bombs; 6 torpedoes, 24 mines                           | Max 220 tons  | 24 m  |
| Cruiser Cassandra (Great Britain) | 1918            | 58:28.676645 21:13.679327                               | Saaremaa island   | Heavy fuel oil | 152mm bombs; 76 ja 57mm bomb; 8 torpedoes                   | Max 950 tons  | 85 m  |
| Mine trawler T-208, Škiv          | 1941            | 59:07.559610 22:59.138800                               | Hiiumaa island    | Diesel         | 206 100mm bombs; 200 45mm bombs                             | Max 99 tons   | 12 m  |
| Mine trawler T-206 Verp           | 1941            | 59:46.289124 25:09.952172                               | Prangli island    | Diesel         | 206 100mm bombs; 200 45mm bombs                             | Max 99 tons   | 77 m  |
| Mine trawler T-214 Bugel          | 1941            | 59:46,246 25:16,760. ahter<br>59:46,262N 25:16,721E     | Prangli island    | Diesel         | 206 100mm bombs; 200 45mm bombs                             | Max 99 tons   | 81 m  |
| Destroyer Jakov Sverldov          | 1941            | 59:50.676719 25:50.757189;<br>59:50.666077 25:50.732521 | Juminda peninsula | Heavy fuel oil | 9 torpedoes; 834 102mm bombs;<br>37mm bombs                 | Max 410 tons  | 80 m  |
| Guard ship Tsiklon                | 1941            | 59:48.247756 25:28.984103                               | Juminda peninsula | Heavy fuel oil | 3 torpedoes; 400 100mm bombs;<br>4000 45mm bombs; 40 bombs  | Max 112 tons  | 74 m  |
| Destroyer Kalinin                 | 1941            | 59:48.201720 25:35.463692                               | Juminda peninsula | Heavy fuel oil | 9 torpedoes; ca.1000 102mm bombs;<br>76mm bombs; 45mm bombs | Max 450 tons  | 80 m  |
| Mine trawler M-37 (Germany)       | 1944            | 59 30N 27 36E   | Narva bay         | Heavy fuel oil | 105mm, 37mm and 20mm bombs                                  | Max 143 tons  | 25 m  |
| Destroyer T-22 (Germany)          | 1944            | 59:32.159522 27:33.792632                               | Narva bay         | Heavy fuel oil | 105mm, 37mm, 20mm bombs; 6 torpedoes; 32 bombs              | Max 374 tons  | 32 m  |

Allikas: Lisa 3

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina, Tanek Korv:

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Potentsiaalselt keskkonnaohtliku vraki kütusest tühjakspumpamise otstarbekuse hindamine, mille juhendaja on Ivar Treffner,
  - 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

23.05.2022

---

<sup>1</sup> Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.