

TARTU ÜLIKOOL
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT
ZOOLOOGIA OSAKOND
LOOMAÖKOLOOGIA ÕPPETOOL

Viktoria Mikša
MERETUULEPARGI MÕJU LÄÄNEMERE HÜLJESTELE
Bakalaureusetöö
12 EAP

Juhendaja: Marko Mägi PhD
Kaasjuhendaja: Mart Jüssi PhD

TARTU 2025

Infoleht

Meretuulepargi mõju Läänemere hüljestele

Käesolev töö käsitleb meretuuleparkide potentsiaalset mõju Läänemeres elavatele hüljeliikidele – hallhüljes (*Halichoerus grypus*), viigerhüljes (*Pusa hispida*) ja randalhüljes (*Phoca vitulina*). Eesmärk on anda ülevaade seni teadaolevast, kuidas tuuleparkide rajamine ja toimimine, eelkõige ehitusetappide veealune müra ja elupaikade muutused mõjutavad nende liikide ökoloogiat, käitumist ja tervist.

Töö tugineb rahvusvahelisele teaduskirjandusele ning rakendusuuringutele, milles käsitletakse ehitusmüra mõju hüljeste vältimiskäitumisele, ümberpaiknemisele, kuulmiskahjustuste riske ja muutusi toitumismustrites. Lisaks käsitletakse tehnilisi leevendusmeetmeid, nagu isoleeriv ümbris, mullikardinad, kohverdam ja pehmelt algav rammimine, mis võivad aidata vähendada müra mõju tundlikele mereimetajatele.

Selgus, et kuigi hülged suudavad teatud määral kohaneda ehitus- ja tööfaasis tekkiva müraga, võivad intensiivsed ja pidevad häiringud viia ajutise või pikaajalise ümberpaiknemise, stressi ja kuulmiskahjustuseni.

Töö tulemused rõhutavad vajadust arvestada meretuuleparkide kavandamisel hüljeliikide käitumise ja hooajaliste iseärasustega, et tagada ökoloogiline taastuvenergia areng.

Märksõnad: meretuulepargid, hallhüljes, randalhüljes, viigerhüljes, ökoloogia

CERCS: B280 Loomaökoloogia

The Impact of Offshore Wind Farms on Seals in the Baltic Sea

This thesis explores the potential impact of offshore wind farms on seal species inhabiting the Baltic Sea - the grey seal (*Halichoerus grypus*), the ringed seal (*Pusa hispida*), and the harbour seal (*Phoca vitulina*). The aim is to provide an overview of the current scientific knowledge on how the construction and operation of wind farms, particularly underwater noise generated during the construction phase and habitat alterations, affect the ecology, behaviour, and health of these species.

The thesis is based on international scientific literature and applied research that examine the effects of construction noise on seal avoidance behaviour, displacement, the risk of hearing

damage, and changes in foraging patterns. In addition, the study discusses technical mitigation measures such as isolating casings, bubble curtains, cofferdams, and soft-start piling, which may help reduce noise impacts on sensitive marine mammals.

Research findings suggest that while seals are capable of adapting to some extent to the noise generated during the construction and operational phases, intense and persistent disturbances may lead to temporary or long-term displacement, stress, and hearing damage.

The results highlight the need to consider the behavioural patterns and seasonal characteristics of seal species in the planning of offshore wind farms to ensure ecologically responsible renewable energy development.

Key words: offshore wind farms, grey seal, harbour seal, ringed seal, ecology

CERCS: B280 Animal ecology

SISUKORD

1. Sissejuhatus.....	5
2. Ülevaade kirjanduse otsimisest.....	9
3. Liikide ülevaade.....	10
3.1 Hallhüljes (<i>Halichoerus grypus</i>).....	10
3.2 Viigerhüljes (<i>Pusa hispida</i>).....	14
3.3 Randalhüljes (<i>Phoca vitulina</i>).....	16
4. Meretuuleparkide mõju.....	18
4.1 Müra mõju.....	18
4.2 Elupaiga muutus ja isendite ümberpaiknemine.....	20
4.3 Vältimine.....	22
4.4 Kuulmine.....	22
4.5 Toitumine.....	23
5. Tehnilised lahendused müra leevendamiseks.....	25
5.1 Isoleeriv ümbris.....	26
5.2 Kohverdam.....	26
5.3 Mullikardinad.....	26
5.4 Pehme ehk vaikselt algav rammimine.....	27
6. Arutelu.....	29
Kokkuvõte.....	32
Summary.....	33
Tänuavaldused.....	34
Kasutatud allikad.....	35
Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks.....	41

1. Sissejuhatus

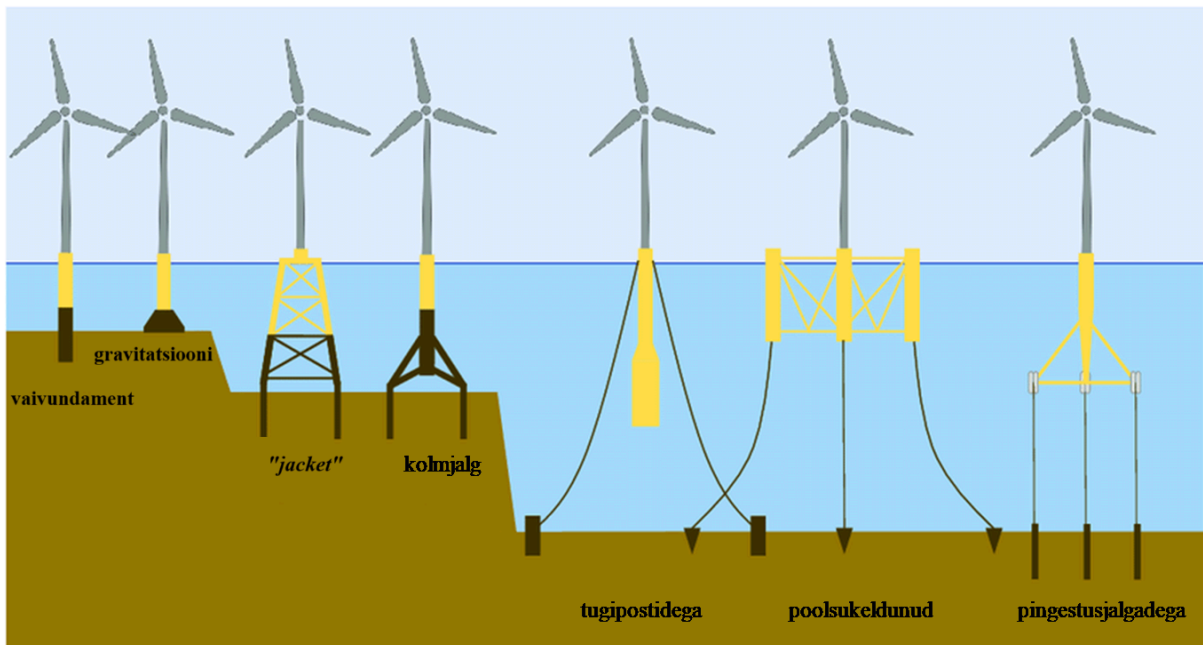
Tuuleenergia on üks vanimaid taastuvaid energiaallikaid, mille inimene kasutusele võttis. Kunagiste tuuleveskite asemel on tänaseks kasutusel kaasaegsed elektrituulikud (ka tuuleturbiinid) ehk tuugenid, mis muudavad tuuleenergia elektrienergiaks. Tuugenite mõõtmed varieeruvad, eelkõige nende labade pikkus ja masti ehk tuugeni torni kõrgus sõltuvad kasutusala ja -kohast. Tuulepargid võtavad enda alla üsna suuri alasid ning vajavad avatud maastiku, kus tuul takistusteta piisavalt tugevalt puhub, kuid samas tuugenite töö ei häiriks ümbritsevat keskkonda ja elusloodust. Sobivaimad tuuleenergia alad on rannik, mäed või avameri (Keskkonnaportaal, 2025).

Tuuleenergia on võrreldes fossiilenergia kasutamisega oluliselt puhtam, kuna tuugen ei tekita heitgaase ega tarbi pärast tootmist märkimisväärselt loodusressursse. Sellest tulenevalt on taastuvenergiale üleminekul tuugenite rajamine aktuaalne ja neid rajatakse üle ilma nii veekogudesse kui ka maale. Ka Eestis on kavas võrreldes tänasega suurendada mitmekordselt tuuleenergia osakaalu. Maismaale on juba tuugeneid rajatud, merre veel mitte, kuid esimesi samme meretuuleparkide rajamisel on juba astunud. Vaatamata kliimasõbralikkusele ei saa eirata, et tuulepargi ehitamine võib olla negatiivse mõjuga ümbritsevale keskkonnale, kuna sellega kaasneb müra, vibratsioon ja võimalik madalsagedusheli (Keskkonnaportaal, 2025). Tuulepargi rajamiseks tuleb eelnevalt teha põhjalik keskkonnamõjude hinnang, et negatiivset mõju vältida või leevendada (Keskkonnaportaal, 2025).

Eesti on viimase ajani rajanud enda tuuleparke maismaale, kuid nüüd on tuuleparkide rajamine jõudnud merre: stabiilsemad tuuleolud ja kasutamata territoorium pakkuvad ruumi arenguks ja tehnoloogia arendamiseks ning tagavad efektiivsuse. Avamere seni kasutamata ruum võimaldab võtta kasutusele suuremaid ja seega suurema võimsusega tuugeneid, mis ei häiri inimesi nii palju kui maismaal olevad tuugenid. Keda need tuugenid hakkavad häirima on aga linnud, kalad ja mereimetajad, kes perspektiivis on sunnitud oma elupaikadest lahkuma. Rootsis ja Soomes tehtud uuringute põhjal on võimalik täheldada, et suurimetajad enamasti väldivad maismaa tuuleparke ja et viimased avaldavad negatiivset mõju loomade

eluviisile ja käitumisele (Mägi, 2022). Avaldatav negatiivne mõju on kinnitust leidnud, kuid seni tehtud uuringute põhjal ei ole võimalik täpselt öelda, kas tekitatava kahju hind on õigesti määratud või alahinnatud.

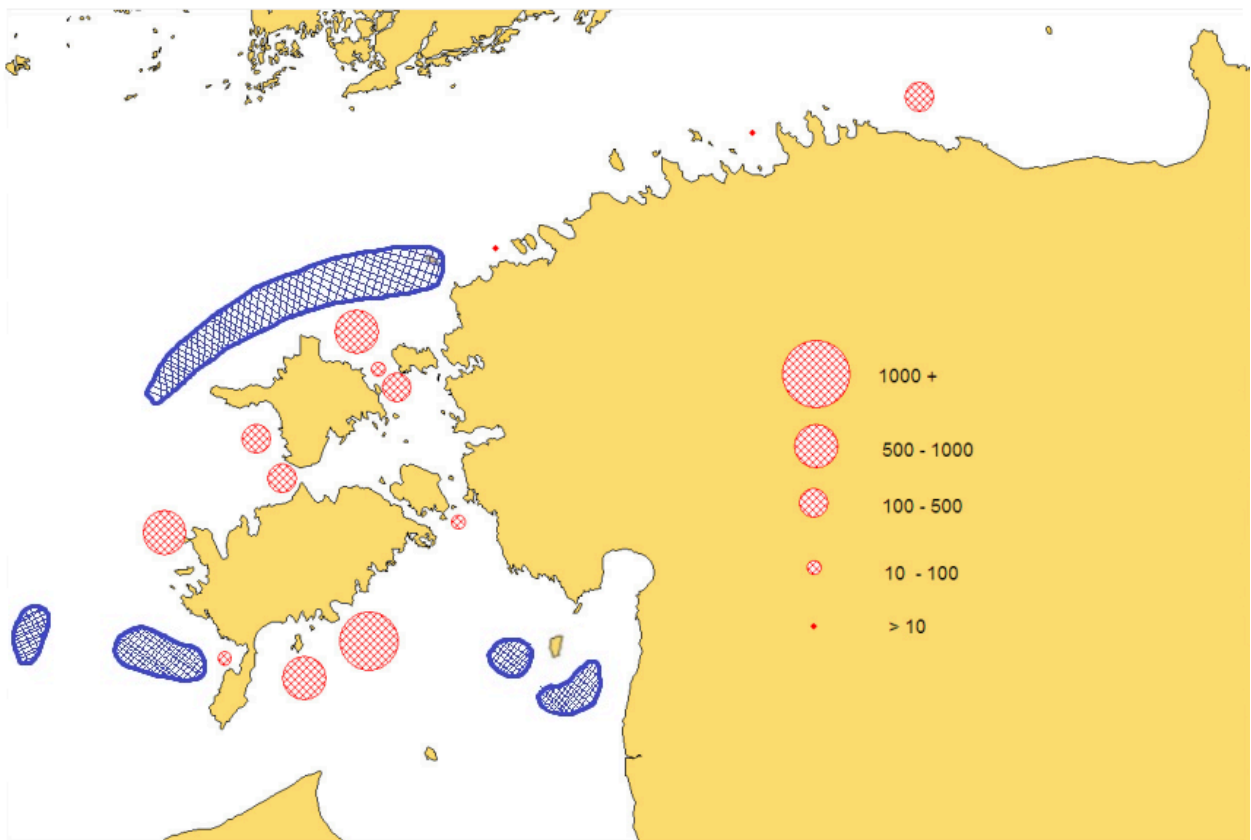
Ehitusetappil tekitatav müra sõltub otseselt tuugeni vundamenditüübist. Neid on erinevaid: veepõhja kinnituvad või ujuvad (joonis 1). Kõige levinum on vaivundament (“*monopile*”), mis nõuab merepõhja puurimist või rammimist (Energiatalgud, 2022). Eesti oludes on ilmselt eelistatud gravitatsioonivundament (“*gravity-based*”), sest see püsib merepõhjas raskusjõu mõjul, ei vaja puurimist ja sobib ka jäätuvasse ja triivjääga merre (Energiatalgud, 2022). Ujuvvundamente kasutatakse üle 50 meetri sügavuses meres; need on kergemad ja väiksema materjalikuluga, kuid tehnoloogia vajab veel arendust ja katsetamist (Energiatalgud, 2022).



Joonis 1. Meretuugenite vundamendi- ja platvormitüübid. Vasakult paremale: vaivundament (*monopile*), gravitatsioonivundament (*gravity-based*), “*jacket*” vundament, kolmjalg vundament (*tripod*), tugipostidega platvorm (*spar*), poolsukeldunud platvorm (*semi-submersible platform*), pingestusjalgadega platvorm (*tension legs, TLP*). (Dornhelm *et al.*, 2019)

Mereenergeetika on ülemaailmselt kiiresti arenev ja seega põhjalikku uurimist vajav valdkond. Seoses sellega, et meretuulepargid on aina kasvav energialahendus, mille juurde

pöörduvad riigid üle kogu maakera, on oluline mõista, missugust mõju avaldab see mereökosüsteemidele ja mida tuleb teha, et tagada selle säilimine. Hülged on mereökosüsteemis kiskjad, kelle käitumine mõjutab teisi liike ja ökosüsteemi toimimist. Kuna meretuulepargid võtavad enda alla üsna suure ala, on sellised aktiivsed liikujad nagu hülged sunnitud muutma oma liikumismustreid, toitumisharjumusi ja paljunemiskäitumist. Selline uuring annab infot selle kohta, kuidas meretuulepargid mõjutavad loodusressursse ja mereimetajaid, ning aitaks vältida või minimeerida tekitatavaid häiringuid.



Joonis 2. Hallhüljese lesilate (punased ringid) paiknemine Eesti rannikumeres ja planeeritavate meretuuleparkide orienteeruvad asukohad (sinised alad). Originaaljoonis (Jüssi I. & Jüssi M., 2014), umbkaudsed tuuleparkide asukohad lisatud autori poolt toetudes Maa- ja Ruumiamet andmetele (Maa- ja Ruumiamet, 2025).

Hülglaste sugukonnas on 19 liiki, kes asustavad enamasti polaar- ja parasvöötme veealasiid (Moks *et al.*, 2015). Neid leidub Atlandi ja Vaikses ookeanis, Põhja-Jäämeres, aga ka mageveelistes järvedes nagu nt Laadoga järv (Moks *et al.*, 2015). Käesolev töö keskendub

Läänemeres elavatele hüljeste liikidele: hallhüljes (*Halichoerus grypus*), viigerhüljes (*Pusa hispida*) ja randalhüljes (*Phoca vitulina*). Läänemeres on nad tippkiskjate rollis, mis tähendab, et nendest sõltub madalamate ökosüsteemi lülide seisund. Kuid ka nende enda olukord sõltub Läänemeres toimuvatest muutustest ja inimtegevusest. Lisaks sellele eraldavad Taani väinad Skagerrak ja Kattegat Läänemerd ookeanist, moodustades piiratud territooriumi.

Töö eesmärk on anda ülevaade, kuidas mõjutavad meretuulepargid ja nende ehitamine hallhülge, viigerhülge ja randalhülge ökoloogiat ja käitumist ning kas/ja missugust mõju see võib avaldada nende tervisele, missugused kohastumused võivad hüljestel tekkida uudsete tehnoloogiate kasutusele võtmisega ja territooriumite äravõtmisega.

2. Ülevaade kirjanduse otsimisest

Teaduskirjandust otsin teaduskirjanduse andmebaasist Scopus ja Google Scholar. Otsingusõnadeks olid: “grey seal”, “gray seal”, “Halichoerus grypus”, “harbour seal”, “harbor seal”, “Phoca vitulina”, “ringed seal”, “Pusa hispida”, “wind farm”, “offshore wind farm”, “wind energy”, “global wind energy development”, “wind turbine types”, “Baltic Sea”, “Baltic Sea wind farms”, “morphology”, “life cycle”, “mitigation measures”, “bubble curtain”, “cofferdam”, “avoidance”, “marine ecosystem”, “artificial reef”, “noise”, “displacement” ning nende erinevad kombinatsioonid. Teaduskirjanduses on hüljeste ja tuuleparkide interaktsioonide kohta teavet suhteliselt vähe, eriti Läänemere kohta. Paljude rakendusuuringute tulemused piirduvad aruandlusega. Seetõttu kasutasin ka kättesaadavaid rakendusuuringute tulemusi. Jõudsin raportiteni läbi Tethys veebilehe (Knowledge Base | Tethys), kuhu on koondatud artiklid, aruanded jm seotud mere taastuveni energiaga. Teemaliste algallikate leidmiseks kasutasin tehisaru, täpsemalt ChatGPT (Open, AI, 2025), mis soovitas kirjandust.

3. Liikide ülevaade

3.1 Hallhüljes (*Halichoerus grypus*)



Joonis 3. Hallhüljes Foto: Laurent Bélanger, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0

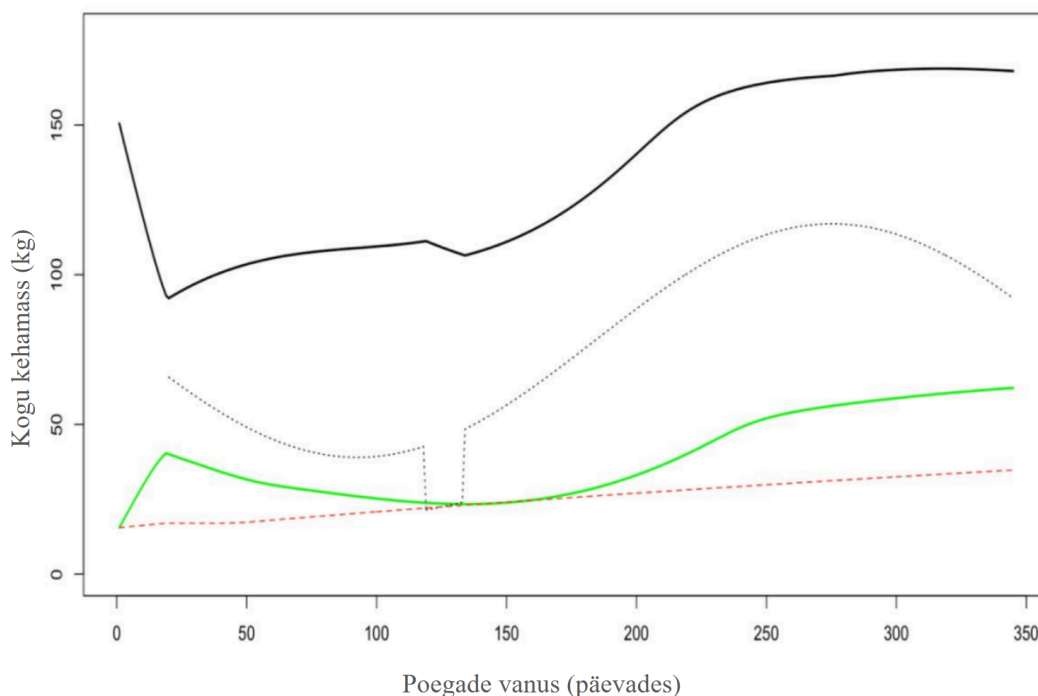
Hallhüljes (*Halichoerus grypus*) on suurim Eesti vetes elutsev mereimetaja, kes liigub kogu Läänemere ulatuses (Aul *et al.*, 1957): isend võib liikuda 75 - 100 km ööpäevas, mis võimaldab lühikese ajaga läbida suuri vahemaid (McConnell *et al.*, 2001). Tegemist on suure mereimetajaga, kes saavutades suguküpsuse, kipuvad järgima kindlaid trajektoore ja külastama konkreetseid kohti: lesilad, toitumis-, sigimis- ja poegimisalad (Kliimaministeerium, 2024).

Hülged on piirkondlikud, vanemaks saades külastavad nad aina sagedamini juba tuttavaks saanud kohti. Aasta jooksul külastab hüljes arvukalt lesilaid, toitumiskohti ja puhkepausideks sobivaid laide, aga ka sigimis- ja poegimiskohti, mille jaoks on tal spetsiifilisemad nõued. Puhkealadeks valib ta väikesi saari või liivaranna, kuid sigimiseks otsib aju- ja paakjää piirialasid (Moks *et al.*, 2015). Hallhülge kehapikkus võib ulatuda üle 2,5 meetri ja kehakaal

üle 200 kilogrammi (Jüssi I. & Jüssi M., 2014). Kuulmine on loivaliste seltsi esindajatel kõige teravam meeltest, kuid paljudel liikidel on nägemine ka väga hästi arenenud (Aul *et al.*, 1957).

Hallhüljes on polügüünne (üks isane paaritub mitme emasega), kes oma elutsükliks veedab aega nii maismaal, meres kui ka jää peal (Jüssi M. *et al.*, 2008). Täiskasvanud isendi eluiga jääb 4–24 eluaastani (Thomas *et al.*, 2019). Emased saavutavad suguküpsuse viiendaks eluaastaks, mille järel on nad võimelised sünnitama maksimaalselt ühe poja aastas (Bowen *et al.*, 2006).

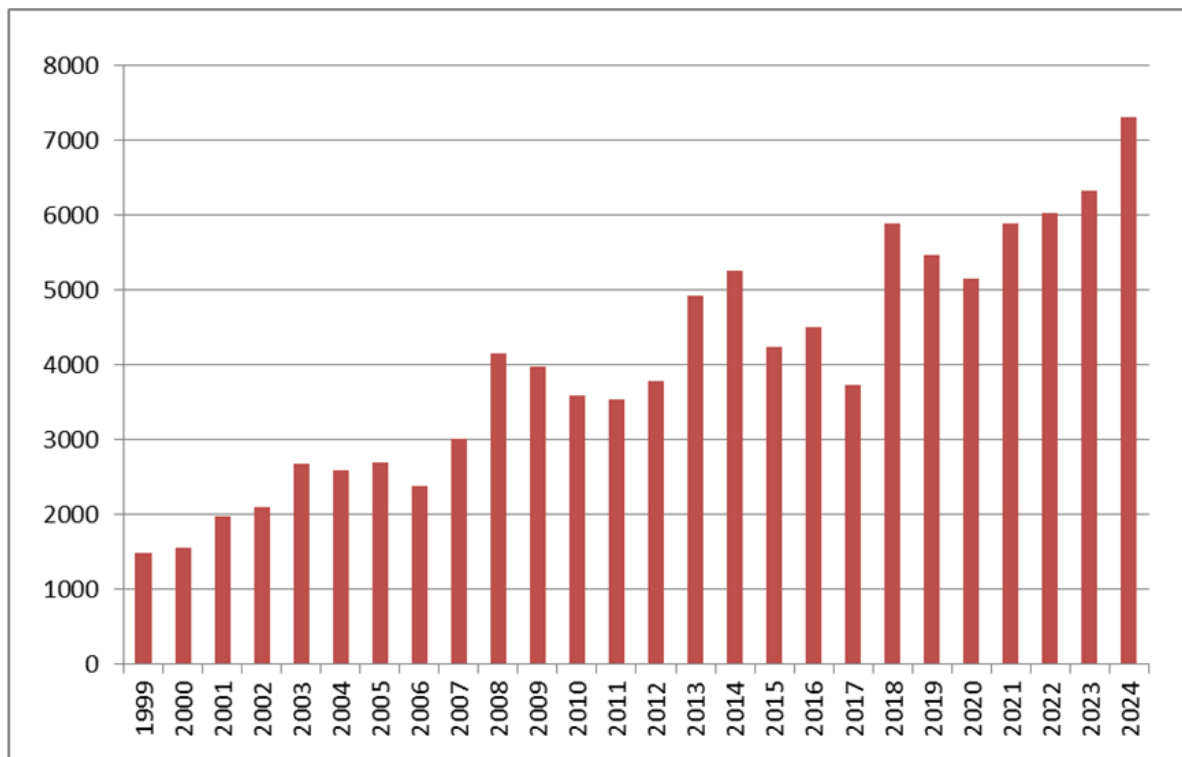
Paaritumisaeg algab aprilli lõpus ning sellele järgneb implantatsiooni hiline mine ning tegelikkuses tiinus kestab 8,5 kuud (Moks *et al.*, 2015). Pärast seda, veebruaris-märtsis, tulevad hallhülged jääle, kuhu teevad rindaugu ja võimalusel ehitavad jääkoopa või poegivad jäätükkide ja lumehangede vahele (Aul *et al.*, 1957). Vastsündinud pojad ei oska ujuda ning esimest korda lähevad vette kuu pärast sündimist, kui on oma kollakasvalge kasuka ära vahetunud (Aul *et al.*, 1957).



Joonis 4. Emase hallhülge (must joon) ja tema poja (roheline joon) kehakaalu ennustatud varieeruvus ühe aasta jooksul (Hardwood *et al.*, 2023). Joonis sisaldab ka muud informatsiooni, mida antud töös ei kasutata.

Esimese elukuu jooksul kasvab poja kehamass kiiresti, samas kui emane kaotab ligi kolmandiku oma kehakaalust (Joonis 4). Hiljem, kui imetamisperiood on lõppenud, kaotab poeg osaliselt kaalust maha ja hakkab seda tasapisi juurde võtma, toitudes iseseisvalt kalast. Aul kirjeldas, et hallhülged toituvad räimest, tursast, lestast, angerjast, lõhest ja ka emakalast, vähemal määral vähkidest (Aul *et al.*, 1957).

19. sajandi lõpus ja 20. sajandi alguses oli hallhüljeste arvukus Euroopas märkimisväärselt vähenenud. Selle põhjustas aktiivne hüljeste küttimine, languse peatamiseks kehtestati 1914. aastal Briti saartel sigimisperioodil jahikeeld (Jüssi I. & Jüssi M., 2014). Samal ajal oli Läänemere asurkonna hinnatav suurus 80 000 - 100 000 isendit, kuid juba 1970ndateks oli isendite arv ainult 5 - 7 % sajandi alguse arvukusest (Jüssi I. & Jüssi M., 2014). Viimase poole sajandi jooksul on hallhüljeste arvukus Läänemeres tasapisi kasvanud. 2011. aastal oli ennustatav Läänemere hallhülge asurkonna suurus vähemalt 24 000 isendit, kellest Eestis elas ligi 3636 isendit (Jüssi I. & Jüssi M., 2014). Eelmise aasta andmete põhjal oli Eesti vetes juba üle 7000 isendi (Jüssi I., 2024a), mis tähendab, et hallhüljeste arv on Eesti rannikumeres viimase 13-ne aasta jooksul kahekordistunud (joonis 5).



Joonis 5. Hallhülge arvukus Eesti rannikumeres 1999 - 2024. (Jüssi I., 2024a)

25. aasta jooksul isendite arv kasvas umbes 1,5 tuhandest kuni 7,3 tuhadeni. Perioodil 1999-2008 on märgata kasv; 2009-2017 arvukus stabiliseerus, kuid esines ka ajaline arvukuse tõus; võrreldes 2017. aastaga 2024. aastal hallhüljeste arvukus Eesti vetes peaaegu kahekordistus (joonis 5).

Hallhüljese arvukus ja esinemine erinevates piirkondades on seotud toitumisalade, puhkealade ja sigimiskiirkondade sesoonse eelistusega. Sigimiskiirkonnad sõltuvad näiteks jää olemasolust ja üldisemalt talve iseloomust. Joonisel 2 on näha trend, et Eesti rannikuvees elavad hallhülged on enamasti asustanud Lääne-Eesti saarestikku. Suuremad lesilad asuvad Saaremaa lõuna- ja looderannikul ning Hiiumaa põhjarannikul. Seal varieerub hallhüljeste arvukus 500st üle 1000 isendini.

3.2 Viigerhüljes (*Pusa hispida*)



Joonis 6. Viigerhüljes Foto: Ray Muzyka, Flickr.com, CC BY-NC-SA 2.0

Viigerhüljes (*Pusa hispida*) on arktiline liik, kes sõltub jääst; Läänemeres levib ta kuni jääkatte esinemise piirini (Aul *et al.*, 1957). Tema esialgseks levila on polaarbassein, kuid tähelepanuväärt on ka tema esinemine põhjapoolkera mageveekogudes, näiteks Laadoga ja Saima järvedes (alamliik *Pusa hispida saimensis*) (Aul *et al.*, 1957).

Erinevalt hallhülgest on viiger tüüpiline rannavete liik, kes asustab lahtesid, väinu, fjorde ja suudab isegi jõgedesse tungida, kuid on väga inimpelglik (Aul *et al.*, 1957, Hagström T. & Hagström E., 2011). Jää- ja toitumisolude kujunemisest olenevalt sooritab lühemaid rändeid, kuid kevadel, pärast paaritumisaega siirdub kaugemaise vetesse (Aul *et al.*, 1957).

2006. aastal lennuloenduseltegutses Eesti vetes 1475 isendit ($\pm 30\%$) (Jüssi M. & Jüssi I., 2015).

Kehamõõdmetelt on viiger maailma kõige väiksem hülgeliik, kelle pikkus ulatub 1,5 meetrini ja kehakaal kuni 150 kilogrammini (Jüssi M. & Jüssi I., 2015). Täiskasvanud isendi eluiga varieerub 15-25 aastani (Aul *et al.*, 1957, Moks *et al.*, 2015). Viiger saab suguküpseks 5.-6. eluaastal (Moks *et al.*, 2015). Paaritusperiood on märtsis-aprillis, kui jää hulk on suurem ja selle esinemise tõenäosus kõrgem. Sellele järgneb hilinev implantatsioon, poegimine on veebruari lõpus märtsi alguses (Moks *et al.*, 2015). Tugev inimpelglikkus ja poegade ehk “natide” kõrge suremus kiskluse tõttu rannaaladel sunnivad viigerhülgeid sageli poegima ebastabiilsel jääl, mis võib püsib alla 35 päeva, või mõnedel juhtudel üldse poegimisaasta vahele jätma (Jüssi I., 2024b).

Viigerhülge toidulaual on tavaliselt planktilised vähid, räim, kilu, tursk, angerjas ja siig (Aul *et al.*, 1957). Toidu otsingul satub viigerhüljes sageli kalapüünistesse, mis on ka peamine surma põhjus (Moks *et al.*, 2015). Lisaks sellele ohustab viigerit veereostus. Kuna tippkiskjana on ta toiduahela lõpplüli, kuhjuvad tema organismi peaaegu kõik keskkonnamürgid (Moks *et al.*, 2015).

Selgus, et infot viigerhüljeste ja meretuuleparkide või tuugenite seoste kohta on infot vähe või ei õnnestunud asjakohast infot leida. Võimalik põhjus on, et selline info puudub, sest viigerhüljes on kartlik ja inimpelglik, mistõttu lahkuvad nad kohe piirkonnast, mis tekitab hirmu.

3.3 Randalhüljes (*Phoca vitulina*)



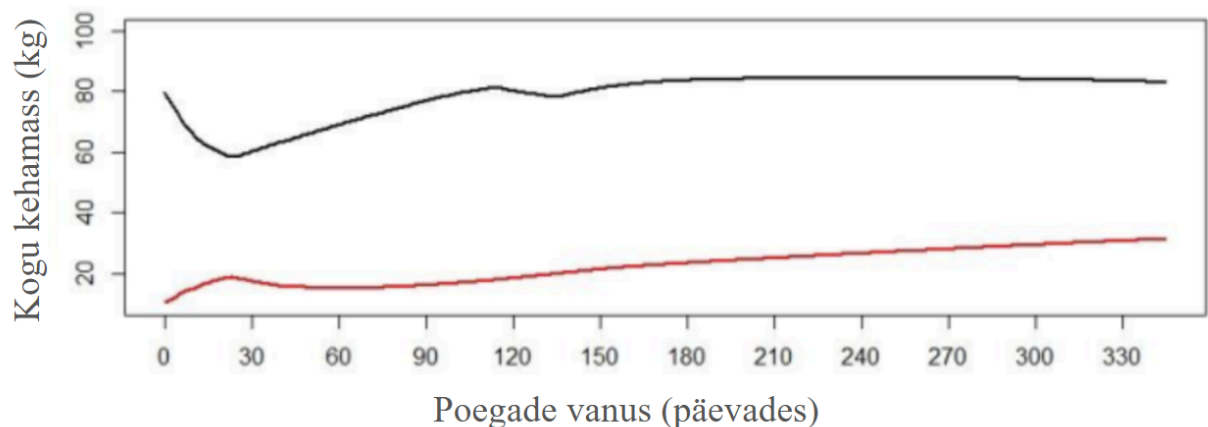
Joonis 7. Randalhüljes Foto: Andreas Trepte, Wikipedia, CC BY-SA 2.5

Randalhüljes (*Phoca vitulina*) ei talu jääd, mistõttu on ta levinud Läänemere jäävabas lõuna- ja lääneosas (Aul *et al.*, 1957). Tegemist on liigiga, keda kohtab peamiselt liivarandadel või kaljunukkidel. Vaikse liigina, kes lisaks suudab ligi 20 minutit vee all olla, asustab ta ka jõgesid, jäädes inimestele märkamatuks (Hagström T. & Hagström E., 2011).

Randalhüljes eelistab turvalist madalat vett, kus saab liikumatult puhata, tõustes pinnale vaid mõneks minutiks hingama (Hagström T. & Hagström E., 2011).

Täiskasvanud isase kehapikkus ulatub 160 - 190 cm ja kaal 60 - 145 kilogrammini, emase maksimaalne kehapikkus on 140 cm (Cale, 2012). Vastsündinud pojad on ligikaudu 83 cm pikad (Hall *et al.*, 2019). Randalhülge emane saavutab suguküpsuse neljandaks eluaastaks, isane aga viiendaks eluaastaks (Härkönen & HeideJørgensen, 2012; Sinclair *et al.*, 2020). Randalhüljes toitub tursast, makrellist, heeringast, aga ka kaheksajalgadest, kalmaaridest, vähilaadsetest ja krevettidest (Cale, 2012). Ta tegutseb kodupaiga läheduses ega käi toiduotsingul kaugel - maismaal liigub ta oma puhkepaigast vaid 25 - 50 meetri raadiuses (Cale, 2012).

Paaritumisperiood on sügise alguses, millele järgneb 11-kuuline tiinus, sealhulgas hilinevad implantatsioon; poegivad mais-juunis (Härkönen & Heide-Jørgensen, 2012; Harwood *et al.*, 2023). Emane valib poegimiseks väike laiu, sündinud poja välimus on sarnane täiskasvanud isendile (Hagström T. & Hagström E., 2011; Cordes *et al.*, 2013). Imetamise periood kestab keskmiselt 23 päeva ja selle käigus võtab poeg 10-30 kg juurde, samas emane kaotab ligi kolmandiku oma kaalust (Hagström T. & Hagström E., 2011).



Joonis 8. Emase randalhülge (must joon) ja tema poja (punane joon) kehakaalu ennustatud varieeruvus ühe aasta jooksul (Harwood *et al.*, 2023).

Emase kehakaal langeb miinimumi imetamisperioodi lõpuks, ja taastub ühe aasta jooksul järgmise poegimise hetkeks. Poja kehakaal hakkab kiiresti kasvama kohe peale tema sündi. Esimesel kuul toitub poeg rasvasest piimast, mis põhjustab kiiret kaalutõusu. Imetamisperioodi lõppedes kaotab poeg kaalu, kuid õpib iseseisvalt toitu otsima ning pidevalt ja ühtlaselt kaalu juurde võtma (Joonis 8).

4. Meretuuleparkide mõju

Vee all levib heli paremini kui õhus, kuna vee tihedus võimaldab helil liikuda kiiremini ja kaugemale (Erbe *et al.*, 2022). Seetõttu võib veealune müra mõjutada oluliselt mereloomi. Kuulmissageduse vahemik (Hz) määrab looma kuulmistundlikkuse, helirõhk (dB) määrab, kui tugev heli on selles sageduses - vees kasutatakse selle arvutamiseks kontrollrõhuväärtust $1 \mu\text{Pa}$ (Southall *et al.*, 2007). Näiteks mõõtühik “131 dB re $1 \mu\text{Pa}$ (RMS)” tähistab veealuse heli tugevust, kus RMS (*Root Mean Square*) näitab, kui vali on heli keskmiselt aja jooksul. Selline mõõtmine on sobiv pideva heli mõju hindamiseks ja seda kasutatakse näiteks uurimustes, mis käsitlevad müra võimalikku mõju mereimetajatele, nagu hülged (Southall *et al.*, 2007). Siinses töös on toodud helitugevused erinevatest uuringutest, mille eesmärgid varieerusid ja mõõtühikud seega veidi erinevad.

4.1 Müra mõju

Tuuleparkide rajamine ja nendega kaasnev müra tihedalt seotud, kuid müra intensiivsus ja mõju organismidele sõltuvad suuresti sellest, millise ehitusetaapiga on tegu. Mitmed teadusuuringud (Skeate *et al.*, 2012; Hastie *et al.*, 2015; Russell *et al.*, 2018; Hastie *et al.*, 2021) on jõudnud sarnasele järeldusele: kõige tugevamat ja ulatuslikumat müra tekitavad ehitustööd ise, eelkõige vaiade rammimine merepõhja, puurimine ja muu rasketehnika kasutamine konstruktsioonide paigaldamisel. Ehitusetaap, eriti vaiade rammimise faas, on akustiliselt kõige häirivam periood, kus müra võib levida kilomeetrite kaugusele ja mõjutada mereimetajate käitumist.

Uuringud on näidanud, et Läänemeres elutsevad hülged – hallhüljes, viigerhüljes ja randalhüljes – väldivad ehitustööde perioodil piirkonda (Walls *et al.*, 2011; Russell *et al.*, 2018). Nad hoiavad eemale piirkondadest, kus müratase on kõrge, ja väldivad ajutiselt tavapäraseid lesilaid, toitumis- ja puhkekohti ehitusmüra vahetus läheduses. Sellist käitumist peetakse kaitslikuks, kuna tugevad ja järsud helid võivad häirida loomade navigatsiooni, suhtlust ja toitumist, samuti põhjustada stressi.

On oluline rõhutada, et piirkonna vältimine on üldjuhul lühiajaline. Ehitustööde lõppedes ja mürataseme normaliseerudes naasevad hülged enamasti oma varasematesse elupaikadesse (Edrén *et al.*, 2010). See viitab, et kuigi ehitusjärgne taustmüra – näiteks tuugenite pöörlevate labade tekitatud heli – on pidev, ei ole see nii intensiivne ega häiriv, et põhjustada hüljeste püsivat elupaiga hülgamist. Sellest võib järeldada, et kuigi tuuleparkide rajamine võib ehituse ajal lühiajaliselt häirida mereloomade käitumist, ei ole tuugenite püsimüra mõju vähemalt praeguste uuringute põhjal piisavalt tugev, et põhjustada randalhüljeste, hallhüljeste või viiherhüljeste püsivat piirkonna hülgamist.

Hastie *et al.* (2021) uuris, kuidas antropogeenne müra mõjutab hallhüljeste toitumiskäitumist. Uuringus kasutati kahte tüüpi helisid: vaiade rammimise ja loodelainegeneraatori müra, mille allikatasemed olid 148 dB re 1 μ Pa @ 1 m (RMS). Müra edasikandumisel vähenes helitase umbes 17 dB, mille tulemusel oli müra helitase 148 dB re 1 μ Pa (RMS) kõlari juures ja 131 dB re 1 μ Pa (RMS) salvestuskohas. Uuring näitas, et hülged väldivad madala saagitihedusega toitumisaladel asuvaid müraallikaid, mis viis nende toitumisedu vähenemiseni umbes 16-28%. Kui müraallikas paiknes kõrge saagitihedusega alal, oli toitumisedu sarnane vaikse kontrolltingimusega. See viitab, et hülged teevad toitumisotsuseid lähtuvalt saagi väärtusest ja tajutud riskist. Uuringus rõhutatakse, et antropogeense müra mõju hindamisel tuleb arvestada toitumisalade kvaliteeti ja loomade käitumist.

Hastie *et al.* (2015) artiklis uuriti avamere tuulepargi vaiade rammimise helide mõju randalhüljeste kuulmisele - randalhüljeste lähim kaugus vaiade rammimise allikast oli 4,7–40,5 km ning hinnangulised M-kaalutud kumulatiivsed helikokkupuute tasemed ulatusid 170,7 kuni 195,3 dB re 1 μ Pa²-s. Umbes pooled uuritud hüljestest võisid saada püsiva kuulmiskahjustuse.

4.2 Elupaiga muutus ja isendite ümberpaiknemine

Elupaiga muutus, ümberpaiknemine ja vältimine on tihti omavahel seotud, kuid neid on keeruline üksteisest eristada. Seega on elupaiga muutus, ümberpaiknemine ja vältimine tinglikud mõisted.

Elupaiga muutus tingib protsessi, mille käigus üksik isend, rühm isendeid või terve asurkond muudab püsivat ehk pikaajalist elupaika. Selline muutus võib olla ajutine või jääda püsivaks, olenevalt muutuste ulatusest ja isendite kohanemisvõimest. Selle põhjusteks võivad olla keskkonnamuutused, inimtegevus või ressursside nappus.

Üldised keskkonnamuutused hõlmavad looduslikke protsesse nagu kliimamuutus, meretaseme tõus, tormid, põuad, vulkaanipursked või muu taoline, mis muudab elupaiga loomade jaoks sobimatuks, kõik need ei ole meie oludes hüljestele olulised. Näiteks mitmed uuringud toovad välja, et kliimasoojenemise tõttu liiguvad paljud liigid, näiteks linnud ja kalad, oma levila põhjapoolsetele aladele või kõrgematelealadele, otsides sobivamaid temperatuuritingimusi (Chen *et al.*, 2011). Mereimetajad, nagu jääkarud (*Ursus maritimus*), on sunnitud muutma oma liikumismustreid ja jahipidamisharjumusi, kuna jääkate Arktikas sulab järjest varem ja ulatuslikumalt (Laidre *et al.*, 2008).

Kuigi looduslikud tegurid, nagu kliimamuutused või looduskatastroofid, on ajalooliselt mõjutanud elupaikade dünaamikat, on tänapäeval vaieldamatult suurimaks elupaigamuutuste põhjustajaks inimtegevus. Tööstuslik areng, urbaniseerumine, põllumajanduse intensiivistumine ja loodusvarade ületarbimine on toonud kaasa laialdase looduslike ökosüsteemide killustumise ja hävitamise. Mereökosüsteemides tekitavad avamere tuuleparkide ehitused, nafta- ja gaasipuurimine ning laevaliikluse intensiivistumine mürahäiringut ja füüsilisi muutusi, mis võivad muuta elupaikade kättesaadavust või sobivust näiteks mereloomadele nagu vaalalistele ja hülglastele (Hastie *et al.*, 2015). Näiteks on suur tuuleparkide ehitus merre põhjustanud mõningatel juhtudel mereloomade, sealhulgas randalhüljeste, ajutise elupaiga nihkumise mürahäiringu tõttu (Hastie *et al.*, 2015).

Ümberpaiknemise all mõistetakse isendi või populatsiooni ajutist liikumist teise kohta, millele mõne aja pärast järgneb tavaliselt tagasipöördumine ja vanade elupaikade taastasustamine, juhul kui tingimused taastuvad. See liikumine toimub sageli mingil põhjusel, näiteks ajutine

müra, ebasoodsad keskkonnatingimused, inimtegevus, või kiskjate lähedus. Loomad võivad ajutiselt lahkuda oma tavalisest elupaigast, et vältida häiringut või otsida sobivamaid toitumis- või peidukohti, kuid peale ajutist häiringut võivad nad siiski naasta oma algsetesse elupaikadesse, kui tingimused seda võimaldavad.

Müra tõttu on hülged mõnikord sunnitud lahkuma oma elupaikadest, kuid uuringud näitavad, et tegemist on lühiajaliste eemale rändamisega, millele järgneb varasemate alade taasasustamine. Näiteks selgus Skeate *et al.* (2012) *Scroby Sands* (Norfolk, Inglismaa) meretuulepargi hall- kui randalhülge uuringust, et enne ehitustööde algust 2002.-2003. aastal loendati poegimis- ja karvavahetusperioodil vastavalt 191 ja 155 randalhülge isendit, pärast ehitamist aga 80 isendit. 2005.-2006. aastal taastus isendite arv osaliselt, vastavalt 102 ja 114 isendit ehk tegemist oli osalise taastumisega. Vabanenud kohtadele tulid juba ehitamise aastal hallhülged, keda tõenäoliselt müra ei seganud, vastupidi andis neile territooriumi eest konkureerimisel eelise. Enne ehitustööde algust 2002.-2003. aastal oli hallhülgeid *Scroby Sands* aladel vastavalt 98 ja 51; 2004. aastal ehk ehituse aastal aga 143; 2005.-2006. aastal püsis hallhülge arvukus samuti kõrgel – vastavalt 122 ja 141 isendit. Seega oli randalhülge elupaiga muutus kaudselt seotud tuugenitest tuleneva müraga, kuid pigem mõjutas seda vahetu konkurents hallhülgega.

Edrén *et al.* (2010) uuris Taani avamere suure tuulepargi ehitamise ja käitamise mõju randalhüljeste ja hallhüljeste kaldale tulemise käitumist lähedalasuvas (4 km kaugusel) hülge kaitsealal. Eelehituse, ehituse ja esimese tööaasta jooksul suurenes randalhüljeste arv kaitsealal sama kiiresti kui naabruses asuvates kaldale tuleku kohtades. See viitab, et tuulepargi ehitus ja tegevus ei avaldanud pikaajalist mõju hüljeste kaldale tulemise käitumisele. Kuid leiti, et lehtvaiade (inglk *sheet pile*), mida kasutatakse ajutiselt piirkonnast vee eemaldamiseks või eemale hoidmiseks rammimise ajal tuulepargis või selle lähedal, vähenes lühiajaliselt märkimisväärselt maale tulnud hüljeste arv 20–60% võrra. See reaktsioon oli siiski lühiajaline ja kõige väiksem vähenemine toimus augustis, kui randalhüljeste karvavahetusperiood muudab nad eriti maismaast sõltuvaks. Kuulmisvigastuste vältimiseks kasutati sel juhul samaaegselt akustilisi peleteid.

4.3 Vältimine

Vältimise all mõistetakse isendi või asurkonna mingist piirkonnast eemal hoidumist ka juhul, kui keskkond/piirkond võiks nendele sobida. Selleks võivad olla mitmesugused põhjused: inimpelglikkus, mürarikastest aladelt eemale hoidumine, kiskjate suur arvukus jne.

Russell *et al.* (2016) telemeetriauringus *The Washi* piirkonnas (Lincolnshire & Norfolk, Inglismaa) selgus, et vaiade rammimise ajal, kui helitase oli vahemikus 166-178 dB re 1 $\mu\text{Pa(p-p)}$, vähenes randalhülgede kohalolek kuni 25 km raadiuses tuulepargist, olles 19–83% võrra väiksem kui ajal, mil rammimine oli peatatud. Pärast rammimise lõppemist naasid hülged oma tavapärastesse piirkondadesse umbes kahe tunni jooksul. Tööfaasis olevaid tuugeneid hülged enamasti ei vältinud. Samuti ei täldatud uuringus negatiivset mõju randalhüljeste asurkonna kasvule.

Hastie *et al.* (2017) uuring Šotimaal, mille tulemused näitasid, et randalhülged kipuvad vältima töötavaid loodelaineteturbiine (inglk *tidal turbine*) vaid kohati, kuid laiemas piirkonnas nende arvukus oluliselt ei muutunud. Kuigi tegemist on loodelaineturbiiniga, mis töötab vee all, on selle printsiip sarnane tuugeniga. See uuring kinnitas, et hülged suudavad kuulda töötava turbiini heli ja hoiduda sellest eemale (kuni 500 meetri kaugusel). Tuleb märkida, et uuringu tulemused põhinevad hüljeste asukohtadele veepinnal, ei ole välistatud, et vee all tulid nad lähemale.

4.4 Kuulmine

Hetkel on raske uurida, kui suurt kahju meretuulepargid võivad avaldada mereimetajate kuulmisele. Esiteks, on see tingitud üldisest mereloomade uurimise keerukusest ja tehnoloogiast. Teiseks, meelte uurimine on keeruline ja tuleb arvesse võtta palju võimalikke kõrvalfaktoreid, mille avaldatava mõju osatähtsust on raske hinnata. Kolmandaks, hüljeste iga meelega tundlikkus võib varieeruda ja erineda liigikaaslastest ja teistest liikidest.

Kindlasti on meretuuleparkidest tuleneva müra tugevus vee all ja hüljeste kuulmislävend teema, mida tuleb uurida ja andmeid koguda, kuna tänapäeva maailm liigub rohelise energia suunas. Võttes kasutusele uusi alasid, peaks arvestama ka nendega, kellele see on püsielupaik ja proovida neid negatiivseid mõjusid leevendada, minimeerida või vältida.

Heli ulatust ja tajumist mõjutavad nii vaiade tehnilised omadused kui ka keskkonnatingimused (sügavus, põhja geoloogia, lained jne). Näiteks Russell *et al.* (2016) on toonud välja, et randalhülged vältisid vaiade rammimise ala kuni 40 km kauguselt.

Sundberg & Söderman (1999) käsitlesid avamere tuuleparkide võimalikke mõjusid hallhüljestele Läänemeres keskendudes Gotlandi saare edelaosa lesilatele. Leiti, et helihäiringul, mis tekib avamere tuuleparkide ehituse ja töö käigus, võib olla potentsiaalne mõju hallhüljeste käitumisele. Samas rõhutatakse, et hülged võivad madalama mürataseme korral piirkonda naasta, kui häiring ei ole pidev ja kui olulised ressursid, nagu toit ja lesilad, on endiselt kättesaadavad.

Eelnevates alapeatükkides toodud näited viitavad, et meretuuleparkide igasugune mõju hüljestele toimib eelkõige läbi kuulmise. Kui müra on liiga tugev, kipuvad hülged neist piirkondadest lahkuma, ümberpaiknema või neid ajutiselt vältima. Kui müra tase langeb või koguni kaob, naasevad hülged peagi. Ükski loom ei saa elada seal, kus tema keskkonna tajumise piir on ületatud ning mis tekitab talle kahju.

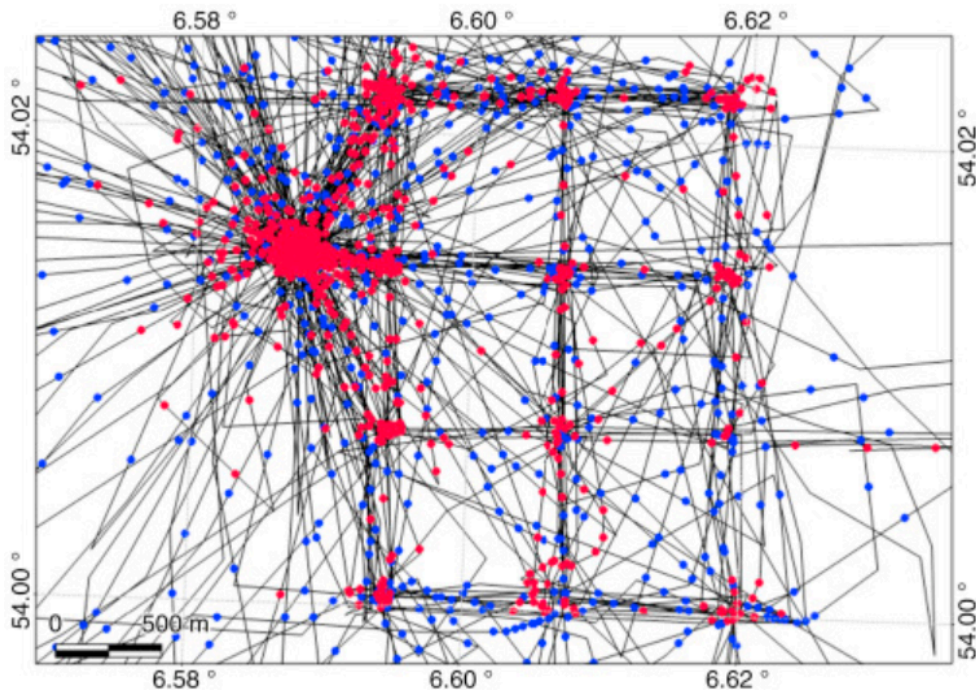
4.5 Toitumine

Meretuulepargid võivad mõjutada hüljeste toitumiskäitumist erinevalt. Ehitustööde ajal, eriti vaiade rammimise perioodil, võivad hülged ajutiselt piirkonnast lahkuda, kuid naasevad sageli kiiresti pärast tööde lõppu. Samuti võivad tuulepargid pakkuda uusi toitumisvõimalusi, toimides kunstlike riffidena, mis meelitavad ligi saakkalu. Siiski on mõju ulatus ja iseloom piirkonniti erinev ning sõltub mitmetest teguritest, sealhulgas tuulepargi asukohast, ehitusmeetoditest ja kohalike hüljeste harjumustest.

On mitmeid teadusuuringuid, mis näitavad, et meretuulepargid võivad toimida kunstlike riffidena, pakkudes elupaiku ja toitumisvõimalusi erinevatele mereorganismidele (Langhamer, 2012; Glarou *et al.*, 2020; Degraer *et al.*, 2020). Need käsitlevad, kuidas meretuuleparkide veealused konstruktsioonid mõjutavad mereökosüsteeme. Tehisstruktuurid on nagu kunstlikud rifid, pakkudes uusi elupaiku, suurendades liigirikkust ja biomassi. Neist saavad sageli ajutised või püsivad peatus- ja toitumiskohad kaladele, selgrootutele ja mereimetajatele, sealhulgas hüljestele. Samas rõhutatakse, et mõju võib olla ka kaudne ja sõltub pargi iseloomust, asukohast ja kohalike liikide kooslusest (Langhamer, 2012; Glarou *et al.*, 2020; Degraer *et al.*, 2020).

Müra alapeatükis (4.1) mainisin, et hülged teevad toitumisotsuseid. See tähendab, et nad kaaluvad, kas piirkonnas esinevast mürast saadav kahju on suurem, kui potentsiaalne saagi väärtus või vastupidi - tegemist on nii hea toitumisalaga, et müra ei ole piisav põhjus eemale hoidmiseks.

Russell *et al.* (2014) tegi uuringu, kus kasutades GPS-andmeid hallhüljeste ja randalhüljeste liikumise jälgimiseks *Alpha Ventus* (Saksamaa; ehitusaasta 2009–2010) ja *Sheringham Shoal* (Suurbritannia; ehitusaasta 2010–2012) meretuuleparkides. Eesmärk oli teada saada, kuidas mereimetajad kasutavad inimtekkelisi infrastruktuure ja kuidas need kujundavad loomade liikumist. GPS-seadmeid paigaldati Põhjamere Briti ja Hollandi rannikul elavatele randal- ja hallhüljestele. Valituks osutusid nad sellepärast, et mõlemad käivad pikematel toiduotsingutel kaugel meres. Mõnel isendil on silmatorkav ruudukujuline liikumismuster, mis viitab, et nad käivad üksikute tuugenite juures (Joonis 9).

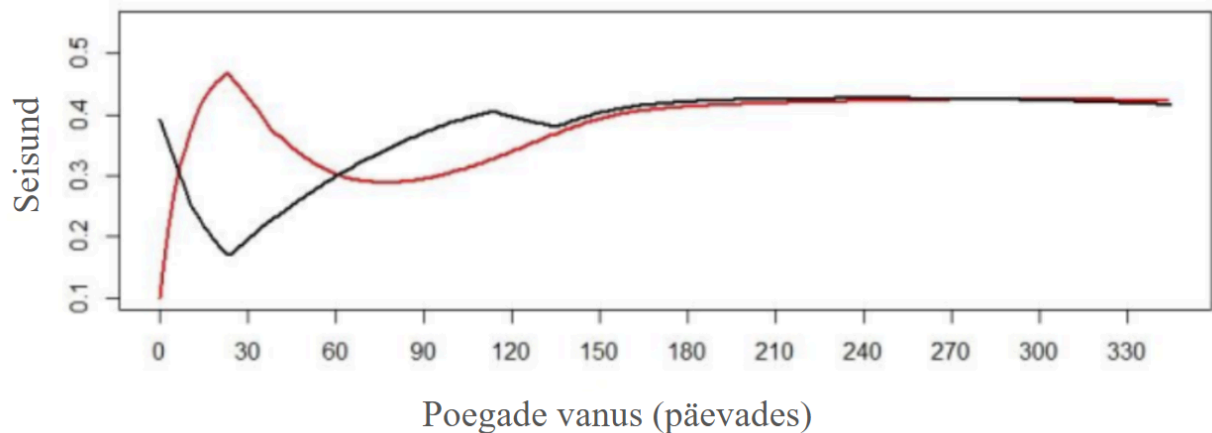


Joonis 9. Randalhüljeste liikumine *Alpha Ventuse* tuulepargis (Russell *et al.*, 2014).

Punktid tähistavad isendi asukohti iga 30 minuti järel. Punased punktid viitavad suurele tõenäosusele ($p > 0,5$), et isend tegeles toiduotsinguga. Sinised punktid viitavad tõenäolisemale liikumisele. Randalhüljes käis toidu otsimas kõigi 12 tuugeni ümbruses ja ka lääne pool asuva meteoroloogiamasti juures, mida külastati kõige sagedamini (ehitatud 2003.aastal) (Russell *et al.*, 2014).

5. Tehnilised lahendused müra leevendamiseks

Meretuuleparkide ehitamisel on vealuse müra leevendusmeetmete arendamine hädavajalik, kuna ehitusega, eriti vaiade rammimisega, kaasneb intensiivne impulssmüra, mis võib ohustada tundlikke mereliike, eelkõige mereimetajaid. Piisava leevenduseta võib müra põhjustada kuulmiskahjustusi, häirida loomade loomulikku käitumist ja mõjutada nende elupaikade kasutust. Seetõttu peavad tuuleparkide kavandamisse ja rajamisse olema integreeritud tõhusad tehnilised lahendused, nagu mullikardinad, aeglane rammimise alustamine ning tööde ajastamine väljapoole kriitilisi eluperioode (joonis 10) (nt paaritumisaeg, poegimisaeg, imetamisperiood, karvavahetuseperiood). Need meetmed ei ole olulised ainult keskkonnanohiu seisukohalt, vaid aitavad täita rahvusvahelisi looduskaitsealaseid nõudeid ja suurendada tuuleenergia arenduse sotsiaalset vastuvõetavust (Prideaux *et al.*, 2017).



Joonis 10. Emase randalhülge (must joon) ja tema poja (punane joon) seisundi (rasvaprotsent) ennustatud varieeruvus ühe aasta jooksul (Harwood *et al.*, 2023). Emase ja poja seisund on tugevas seoses nende kehakaaluga (joonis 8). Emase seisundi ja kehakaalu langus umbes 130. päeval põhjustab karvavahetus, sest emased veedavad rohkem aega maismaal, mistõttu toituvad nad vähem (Harwood *et al.*, 2023).

5.1 Isoleeriv ümbris

Isoleeriv ümbris (inglk *isolation casing*) on müra vähendamise lahendus, mille puhul paigutatakse vaia ümber spetsiaalse konstruktsioon, mis neelab ja hajutab rammimisel tekkivat heli. Selle meetodi eeliseks on ümbriste korduvkasutatavus, mis võib muuta need pikaajaliselt kulutõhusamaks. Siiski on praegu nende kasutamine tehniliselt keerukas, aeganõudev ja kallis (Klauson & Mustonen, 2023).

5.2 Kohverdam

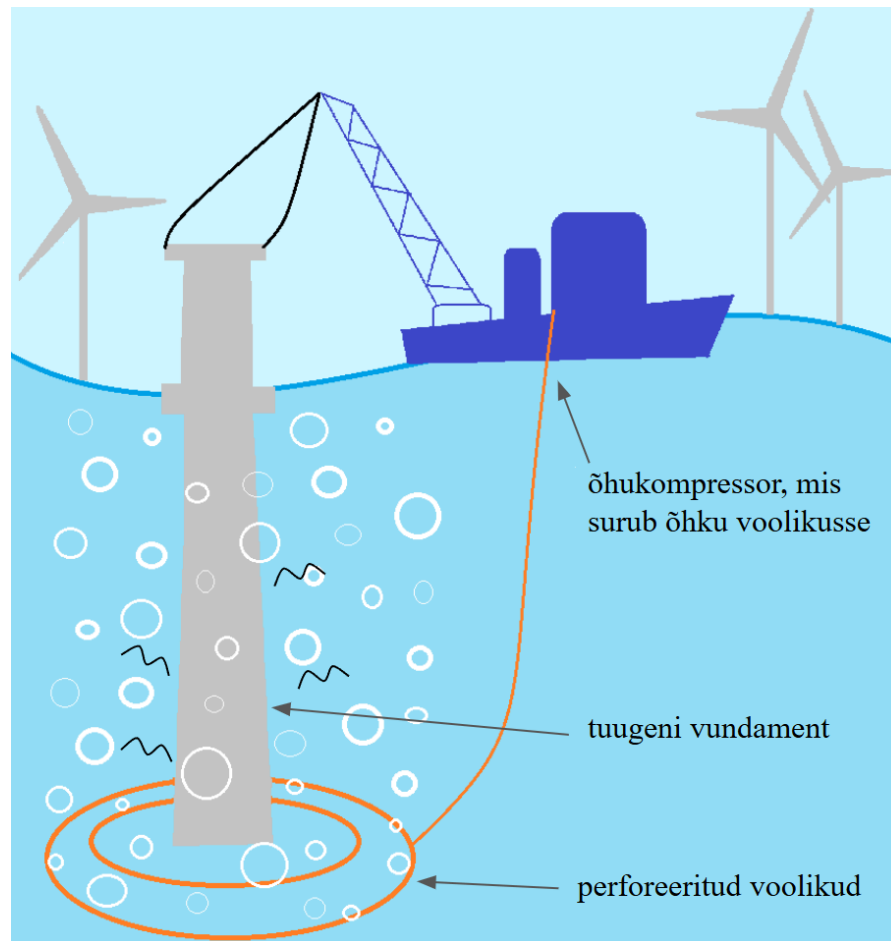
Kohverdam (inglk *cofferdam*) on tugeva konstruktsiooniga terastorst moodustatud ümbris, mis sarnaselt isoleerivatele ümbristele paigaldatakse vaia ümber ulatudes merepõhjast kuni veepinnani. Erinevus seisneb selles, et kohverdami sisemus tehakse veest täiesti tühjaks, võimaldades vaia rammida n-ö õhus, mitte vee all. See pärsib oluliselt heli levikut vees ja aitab oluliselt vähendada veealust müra (Koschinski & Lüdemann, 2013).

5.3 Mullikardinad

Mullikardinad (inglk *bubble curtain*) on laialdaselt kasutusel mereimetajate kaitsmiseks ehitusmüra, näiteks vaiatööde, eest. Mullikardin koosneb tavaliselt kahest komponendist: perforeeritud voolikust või torust, mis pannakse merepõhja müra tekitava allika ümber, ja õhukompressorist, mis surub õhku voolikusse, mille aukudest õhk väljub väikeste mullidena (joonis 11). Kui õhk voolikust väljub, tõusevad mullid veepinnale, moodustades vertikaalse seinu. See mullikardin toimib akustilise barjäärina, kuna heli levib õhus halvemini. Mullikardinad võivad olla ühe- ja mitmekordsed, kuid reeglina mitte üle kahekordsed.

Kahekordne mullikardin koosneb kahest kontsentrisest mullikardinast, ning müra summutamine on tõhusam tänu kahekordsele helibarjäärile. Isegi kui sisemisel kardinal on puudusi, võib välimine kiht neid kompenseerida. Mullikardinad võivad märkimisväärselt vähendada veealust müra taset. Mõõtmised on näidanud kahekordse mullikardina kuni 11 dB paremat mürasummutust võrreldes ühekordsega (Beelen *et al.*, 2025).

Hongkongis läbi viidud uuringus vähendas mullikardin vaia tööde tekitatud müra taset 3–5 dB võrra, eriti sagedusvahemikus 400–6400 Hz, mis on oluline mereimetajate kuulmisvahemik (Würsig *et al.*, 1999). Mullikardinad aitavad seega kaista mereelustikku müra kahjulike mõjude eest, vähendades stressi, desorientatsiooni ja kuulmiskahjustuste riski.



Joonis 11. Kahekordse mullikardina süsteem (autor: Mikša V.) Mullikardinatelt tulevad mullid neelavad kõrgeid helisid ja pärsivad nende levimist vees.

5.4 Pehme ehk vaikselt algav rammimine

Üks oluline ja samas lihtne veealuse müra leevendusmeetmede meretuuleparki ehitades on vaiade rammimise järk-järguline alustamine ehk niinimetatud vaikselt algav rammimine (*soft start of piling*). Selle meetodi puhul suurendatakse löögienergiat aeglaselt – näiteks alustatakse umbes 20% maksimaalsest võimsusest ja suurendatakse seda järk-järgult järgmise

30–45 minuti jooksul. Nii on müratundlikel mereimetajatel, nagu pringlid ja hülged, võimalik müra tekitava alalt ohutult ja aegsasti lahkuda, vähendades püsiva kuulmis- ja käitumusliku kahju riski. Vaikselt algav rammimine on seetõttu oluline meede loomade heaolu tagamiseks. Selle meetodi juures peab aga arvestama, et üldine rammimisele kuluv aeg on pikem, kuna esimesed löögid ei ole täisvõimsusega. Isendid, kes ei lahku piirkonnast ehitustööde perioodiks, puutuvad kõrge müratasemega samuti kauem (Klauson & Mustonen, 2023).

Tabel 1. Erinevate vaiade rammimise müra vähendavate tehnoloogiate summutava mõju võrdlus (Andersson *et al.*, 2016). Tabeli on eestikeelseks muutunud Klauson & Mustonen (2023).

Müra mõju leevendav tehnoloogia	Δ_{SEL} [dB]	Mõõdetud vaiade arv
Suur mullikardin ($>0,3 \text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{m})$, raskuseks kett, vee sügavus $> 30 \text{ m}$)	10 < 13 < 15	>150 (>300)
Kahekordne suur mullikardin ($>0,3 \text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{m})$, raskuseks kett, vee sügavus $> 30 \text{ m}$, voolikute vaheline kaugus $>$ vee sügavus)	14 < 17 < 18	>150 (>300)
Väike mullikardin (erineva õhukogus, aukude paiknemine)	(5 <) 10 < 14	2
Õhupallide kardin (õhupallide suurus ja arv)	8 < 10 < 13	>50
Müra leevendussüsteem (IHC)	10 < 13 < 15	>140
Kohverdam (tihendava võru lekkimine)	lekkega < 10 ilma lekketa \geq 20	>30 (>70)
Kahe mullikardina kombinatsioon (kahekordne suur + suur)	15 < 16 < 19	>30 (>70)
IHC-müra leevendussüsteem + suur mullikardin	17 < 19 < 23	>90
Suur mullikardin + õhupallide kardin	15 < 16 < 20	>10
Kahekordne suur mullikardin + õhupallide kardin	14 < 16 < 22	2

6. Arutelu

Meretuuleparkide levik üle maailma tingib vajaduse lahendada olukordi, kus tuleb sobitada tehnoloogiline areng looduskeskkonna säilitamisega. Igasugune antropogeenne sekkumine kujunenud ökosüsteemidesse võib neid tugevalt mõjutada, eriti kui mõjutatud võivad olla tippkiskjad, kelle käitumine ja heaolu peegeldavad mereökosüsteemi üldist seisundit.

Käesolev töö toob esile, et kuigi tuuleenergeetikat käsitletakse rohelise ehk keskkonnasõbralikuma arenguna, ei tähenda see automaatselt, et selle mõju oleks tühine või et seda võiks tähelepanuta jätta. Avameri ei ole inimeste looduslik tegutsemisala ning mõned tegevused võivad avaldada ennustamatult suurt mõju kohalikele liikidele. Avamere tuuleparkide ehitus ja kasutus mõjutavad hüljeste ökoloogiat muutes eelkõige keskkonna akustikat. Ehitusetapis, eriti vaiade rammimisel, võib müratase ületada loomade taluvuspiire, põhjustades nende ajutist lahkumist kriitilistest elupaikadest. Siin tekib põhimõtteline küsimus: kui roheline energia areng peab toimuma loodust säästvalt, siis kas ajutine mõju on aktsepteeritav või peaks ehitusprotsesside kavandamisel ja ellu viimisel rohkem arvestama ka loomade käitumuslike vajadusi?

Töö kirjutamisel hakkasin mõtlema, kuivõrd vältimiskäitumine, mis on hüljestele omane vaiade rammimise ja ehitusmüra ajal, on tegelikult vabatahtlik tingimustega kohanemine või hoopis reaktsioon olukorrale, kus neil puudub reaalne valik. Kui loomad peavad loobuma olulistest sigimis- või toitumisaladest, isegi kui ainult ajutiselt, võib see aja jooksul mõjutada nii nende elurütmi, poegade ellujäämist ja ka asurkonna suurust. Kuigi mitmes käsitletud uuringus on täheldatud, et hülged naasevad hiljem varasematesse piirkondadesse, viitab see pigem nende vajadusele, mitte tingimata sellele, et vahepealne häiring oleks olnud kahjutu. Kohanemisvõime ei tähenda automaatselt, et mõju on tühine. Pigem tekitab see vajaduse ennetada olukordi, kus loomade võime kohaneda pannakse tarbetult proovile.

Huvipakkuv on nähtus, mida võiks nimetada “akustiliseks riskijuhtimiseks”. Selgus, et loomad kaaluvad toitumisalade väärtust võrreldes tajutava mürariskiga. Näen selles potentsiaalset viisi tulevaste meretuuleparkide paremaks planeerimiseks, mis ei lähtu ainult kaugusest lesilatest, vaid ka saagi rohkusest. Kui tuugenid loovad kunstliku riffina uusi toitumisvõimalusi, võib see mõningat häiringut tasakaalustada. Kuid tegu ei tohiks olla juhuse ja lootuse peale rajatud lahendusega, vaid tegemist peaks olema teadlikult disainitud ja jälgitava ökosüsteemiga, mis lõpuks kujuneb isetoimivaks.

Teemaga tegelemisel ja töö kirjutamisel jõudsin järeldusele, et meil on tegelikult olemas head tehnilised teadmised ja vahendid, et hüljeste heaolu kaitsta – olgu selleks siis mullikardinad, isoleeritvad ümbrused, kohverdam süsteemid või vaiade paigaldamine pehme rammimise meetodil. Küsimus ei ole enam tehnilises võimalikkuses, vaid selles, kas oleme valmis panustama rohkem, kui me ise sellest otsest kasu ei saa? Kas rohepööre tähendab ainult inimkonna energiajulgeoleku suurendamist või ka looduskeskkonna kaasamist ja kaitsmist?

Kokkuvõttes näen, et dilemma ei ole selles, kas ehitada meretuuleparke või mitte, vaid selles, kuidas neid projekteerida, millal ehitada ja kuhu paigutada. Minu töö näitas, et hüljeste käitumine ja levik on tundlikud häiringutele ning nende kaudu saame hinnata looduskeskkonna taluvuspiiride ületamist. Tuuleparkide arendajad ja planeerijad peaksid õppima neid hoiatussignaale ära tundma ja arvesse võtma. Vastasel juhul võib juhtuda, et taastuenergia areng, mis peaks olema loodussõbralik või vähemalt keskkonna neutraalne, muutub hoopis uueks ohuks tasakaalust väljas mereökosüsteemile.

Meretuuleparkide mõju tuvastamisel hüljeste ökoloogiale, käitumisele ja tervisele on kindlasti ruumi arendamiseks. Läänemeres elavate viigerhüljeste kohta ei õnnestunud tööraames leida asjakohast kvantitatiivset informatsiooni. Kuna mereloomade uurimine ja proovide ning andmete kogumine on nende elukeskkonna tõttu raskendatud, siis ka selles valdkonnas on võimalik arendada teadmiste ja materjalide kogumise meetodeid. Meil on vähe teavet, kuidas lisaks vältimiskäitumisele ja kuulmiskahjustusele võivad tuugenid või nende rajamise tugev müra mõjutada hüljeste tervist ja üldist heaolu.

Tabel 2. Meretuuleparkide mõjude kokkuvõte Läänemeres elavatele hüljestele.

Liik	Asukoht	Mõju	Mõju aeg	Allikas
Hallhüljes	Suurbritannia	Positiivne isendite arvukus suurenes	ehitusfaas; tööfaas	Skeate et al., 2012
	Šotimaa (tehis tingimused)	Negatiivne toitumise efektiivsus vähenes	müra tekitamise periood	Hastie et al., 2021
	Šotimaa	Neutraalne ei ole tõestatud tuulepargi mõju Negatiivne müraallika vältimine	ehituseelne periood; ehitusfaas	Walls et al., 2011
	Saksamaa ja Suurbritannia	Positiivne tekkis uus toitumisala	tööfaas	Russell et al., 2014
	Rootsi	Neutraalne lühiajaline arvukuse vähenemine	ehitusfaas; hooldustööd	Sundberg J. & Söderman M., 1999
Randalhüljes	Suurbritannia	Neutraalne ei ole tõestatud tuulepargi mõju Negatiivne isendid lahkusid piirkonnast; populatsiooni arvukuse vähenemine	ehitusfaas	Skeate et al., 2012
	Taani	Neutraalne lühiajaline mõju käitumisele Negatiivne lühiajaline kuid märkimisväärne käitumise muutus	vaiade rammimise etapp	Edrén <i>et al.</i> , 2010
	Suurbritannia	Negatiivne kuulmiskahjustuste oht	ehitusfaas	Hastie et al., 2015
	Saksamaa ja Suurbritannia	Positiivne uus toitumisala	tööfaas	Russell et al., 2014
	Suurbritannia	Positiivne aktiivsuse suurenemine Neutraalne lühiajaline vältimine Negatiivne märkimisväärne arvukuse ja aktiivsuse vähenemine	tööfaas ehitusfaas; tööfaas vaiade rammimise etapp	Russell et al., 2016
	Šotimaa	Neutraalne pikaajaliselt arvukus ei muutunud Negatiivne kohati välditi tugevaid helisid	tööfaas	Hastie et al., 2017

Kokkuvõte

Bakalaureusetöö uurib meretuuleparkide mõju Läänemere hülgeleikidele: hallhüljes, viigerhüljes ja randalhüljes. Eesmärk oli välja selgitada, kuidas mõjutavad tuuleparkide ehitus- ja tööfaasid hüljeste käitumist, ökoloogiat, heaolu ning tervist. Põhitähelepanu oli suunatud veealusele mürale, hüljeste ümberpaiknemisele ja vältimiskäitumisele, kuulmiskahjustustele ning toitumisele.

Selgus, et ehitusetappis tekitab vaiade rammimine kõige rohkem ja tugevama müra ning võib põhjustada hüljeste ajutist eemaldumist. Samas selgus, et tegemist on lühiajaline mõjuga ja loomad kipuvad tulema tagasi samadesse piirkondadesse, kui müratase langeb või häiringu allikas kaob. See viitab kohanemisvõimele, kuid ei välista stressi, energiakulu suurenemist ja potentsiaalset mõju kogu asurkonnale.

Samal ajal võivad tuugenite vundamendid toimida kunstlike riffidena, pakkudes hüljestele ja teistele liikidele toitumisvõimalusi. See loob tasakaalu müra negatiivse ja elupaiga rikastumise positiivsete mõjude vahel. Töös on välja toodud tehnilised leevendusmeetmed (mullikardinad, isoleeriv ümbris, kohverdam ja vaikselt algav rammimine), mis aitavad vähendada mürakahjustust ja annavad loomadele võimaluse ohutult piirkonnast lahkuda.

Roheenergia ei saa olla täielikult loodussõbralik, kui see kahjustab liike. Seega on töö keskne järeldus, et merel taastuenergia kavandamisel, tuleb arvestada ka mereloomade hooajalise ja käitumusliku tundlikkusega ja iseärasustega. Ökoloogiliselt jätkusuutlik areng eeldab kompromisside tegemist ja keskkonnateadlikkust.

Summary

This bachelor's thesis examines the impact of offshore wind farms on seal species in the Baltic Sea: the grey seal, the ringed seal, and the harbour seal. The aim was to determine how the construction and operational phases of wind farms affect the behaviour, ecology, well-being- and health of seals. The main focus was on underwater noise, displacement and avoidance behaviour, hearing damage, and foraging activity.

The study showed that pile driving during the construction phase produces the most intense underwater noise and may lead to the temporary displacement of seals. However, several studies indicate that the effect is short-term, and animals tend to return to the same areas once noise levels decrease or the disturbance source disappears. This suggests a degree of adaptability, but does not rule out the possibility of stress, increased energy expenditure, or potential impacts at the population level.

At the same time, the foundations of wind turbines can function as artificial reefs, providing feeding opportunities for seals and other marine species. This creates a balance between the negative impact of noise and the positive effects of habitat enrichment. The thesis outlines technical mitigation measures such as bubble curtains, isolating casing, cofferdams, and soft-start piling methods, which can help reduce acoustic damage and allow animals to leave the area safely.

The discussion emphasizes that renewable energy cannot be considered fully environmentally friendly if it causes harm to other parts of nature. Therefore, the central conclusion of this thesis is that the planning of marine renewable energy must take into account the seasonal and behavioural sensitivity of marine mammals. Ecologically sustainable development requires compromise and environmental awareness.

Tänuavaldused

Autor soovib tänada oma juhendajaid Marko Mägi ja Mart Jüssi, kelle suunavad kommentaarid aitasid kaasa minu lõputöö valmimisele.

Kasutatud allikad

Andersson, M. H., Andersson, S., Ahlsen, J., Andersson, B. L., Hammar, J., Persson, L. K. G., Pihl, J., Sigray, P. & Wikström, A. (2016). A framework for regulating underwater noise during pile driving. A technical Vindval report, ISBN 978-91-620-6775-5, Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, Sweden. <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Andersson-et-al-2017-Report6775.pdf>

Aul, J., Ling, H. & Paaver, K. (1957). Selts *Pinnipedia* - loivalised. J. Metsar (toim), Eesti NSV imetajad, 262-271. Tallinn: Eesti riiklik kirjastus

Beelen, S., Nijgof, M., de Jong, C., van Wijngaarden, L. & Krug, D. (2025). Bubble curtains for noise mitigation: One vs two. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 157: 1336-1355. <https://doi.org/10.1121/10.0035817>

Bowen, W. D., Iverson, S. J., Mcmillan, J. I. & Boness, D. J. (2006). Reproductive performance in gray seals: Age-related improvement and senescence in a capital breeder. *Journal of Animal Ecology*, 75: 1340-1351. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01157.x>

Cale, K. (2012). *Phoca vitulina* harbor seal. University of Michigan. Museum of zoology. https://animaldiversity.org/accounts/Phoca_vitulina/ (viimati vaadatud 02.02.2025)

Chen, I-C., Hill, J. K., Ohlemüller, R., Roy, D. B. & Thomas, C. D. (2011). Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science*, 333: 1024-1026 <https://doi.org/10.1126/science.1206432>

Cordes, L. S., Thompson, P. M. (2013). Variation in breeding phenology provides insights into drivers of long-term population change in harbour seals. *The Royal Society Publishing. Biological Sciences*, 280. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.0847>

Degraer, S., Carey, D. A., Coolen, J. W. P., Hutchison, Z. L., Kerchof, F., Rumes, B., Vanaverbeke, J. (2020). Offshore wind farm artificial reefs affect ecosystem structure and functioning: A synthesis. *Oceanography*, 33: 48-57. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2020.405>

Dornhelm, E., Seyr, H. & Muskulus, M. (2019). Vindby - A Serious Offshore Wind Farm Design Game. *Energies*, 12: 1499. <https://doi.org/10.3390/en12081499>

Energiatalgud. (2022). Elektrituulik. <https://energiatalgud.ee/Elektrituulik> (viimati vaadatud 12.02.2025)

Erbe, C., Duncan, A. & Vigness-Raposa, K. J. (2022) Introduction to sound propagation under water. *Exploring Animal Behavior Through Sound*, 1: 185-216. https://doi.org/10.1007/978-3-030-97540-1_6

Glarou, M., Zrust, M., Svendsen, J. C. (2020). Using Artificial-Reef Knowledge to Enhance the Ecological Function of Offshore Wind Turbine Foundations: Implications for Fish Abundance and Diversity. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8: 332. <https://doi.org/10.3390/jmse8050332>

Hagström T. & Hagström E. (2011). Loivalised. M. Kiirend (toim), Põhjamaade imetajad (lk 153-157, 161-163). Tallinn: Kirjastus Varrak.

Hall, A. J., Mackey, B., Kershaw, J. J. & Thompson, P. (2019). Age-length relationships in UK harbour seals during a period of population decline. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29: 61-70. <https://doi.org/10.1002/aqc.3104>

Hastie, G. D., Lepper, P., McKnight, J. C., Milne, R., Russell, D. J. F., Thompson, D. (2021). Acoustic risk balancing by marine mammals: anthropogenic noise can influence the foraging decisions by seals. *Journal of Applied Ecology*, 58: 1854-1863. <https://doi-org.ezproxy.utlib.ut.ee/10.1111/1365-2664.13931>

Hastie, G. D., Russell, D. J. F., McConnell, B., Moss, S., Thompson, D., Janik, V. M. (2015). Sound exposure in harbour seals during the installation of an offshore wind farm: predictions of auditory damage. *Journal of Applied Ecology*, 54: 631-640. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12403>

Hastie, G. D., Russell, D. J. F., Lepper, P., Elliott, J., Wilson, B., Benjamins, S., Thompson, D. (2017). Harbour seals avoid tidal turbine noise: Implications for collision risk. *Journal of Applied Ecology*, 55: 684-693 <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12981>

Härkönen T. & Heide-Jørgensen M.-P. (2012). Comparative life histories of East Atlantic and other harbour seal populations. *Marine Biology Research*, 32: 211-235.
<https://doi.org/10.1080/00785236.1990.10422032>

Harwood, J., Chudzinska, M. & Booth, C. (2023). Further development of marine mammal dynamic energy budgets models for application to environmental assessments and integration into the iPCoD framework. *Marine Scotland*
https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Harwood_et_al_2023.pdf

Jüssi, M., Härkönen, T., Helle, E. & Jüssi, I. (2008). Decreasing ice coverage will reduce the breeding success of Baltic grey seal (*Halichoerus grypus*) females. *Ambio: A Journal of the Human Environment*, 37: 80.
[https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2008\)37\[80:DICWRT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2008)37[80:DICWRT]2.0.CO;2)

Jüssi I. & Jüssi M. (2011). Hallhülge (*Halichoerus grypus*) kaitse tegevuskava.
<https://www.keskkonnaamet.ee/sites/default/files/documents/2022-04/Hallh%C3%BClge%20kaitse%20tegevuskava%202015%E2%80%932019.pdf>

Jüssi I. & Jüssi M. (2015). Viigerhülge (*Phoca hispida*) kaitse tegevuskava.
<https://loodusveeb.ee/sites/default/files/inline-files/Viigerh%C3%BCljes%202015.pdf>

Jüssi, I. (2024a). Riigihanke “Riikliku keskkonnaseire eluslooduse mitmekesisuse ja maastike seireallprogrammi seiretööd 2024”, nr 273688 hankeosa nr 29: “hallhülge lennuloendused, leping (4-3/24/7)” teostamise aruanne.
<https://kese.envir.ee/kese/downloadReportFile.action?fileUId=35542208&monitoringWorkUId=34349021> (viimati vaadatud 10.03.2025)

Jüssi I. (2024b). Hülgeuurija: viigerhülgeid kimbutab demograafiline kriis. *Novaator*
<https://novaator.err.ee/1609343718/hulgeuurija-viigerhulgeid-kimbutab-demograafiline-kriis> (viimati vaadatud 10.03.2025)

Keskkonnaportaal. (2025). Tuuleenergia.
<https://keskkonnaportaal.ee/et/teemad/taastuvenergia/tuuleenergia> (viimati vaadatud 14.03.2025)

Klauson, A. & Mustonen, M. (2023). Veealuse inimtekkelise impulssmüra normide ja piirangute uuring. <https://kliimaministeerium.ee/media/9392/download>

Kliimaministeerium. (2024). Heakskiidetud Loode-Eesti rannikumere tuulepargi KMH aruanne. lk 147 - 158. <https://kliimaministeerium.ee/loode-eesi-rannikumere-tuulepargi-keskkonnamoju-hindamine> (viimati vaadatud 12.11.2024)

Koschinski, S. & Lüdemann, K. (2013). Development of noise mitigation measures in offshore wind farm construction. <https://www.cbd.int/doc/meetings/mar/mcbem-2014-01/other/mcbem-2014-01-submission-noise-mitigation-en.pdf>

Laidre, K. L., Stirling, I., Lowry, L. F., Wiig, Ø., Heide-Jørgensen, M. P., Ferguson, S. H. (2008). Quantifying the sensitivity of arctic marine mammals to climate-induced habitat change. *Ecological Applications*, 18: S97-S125. <https://doi.org/10.1890/06-0546.1>

Langhamer, O. (2012). Artificial Reef Effect in relation to Offshore Renewable Energy Conversion: State of the Art. *The Scientific World Journal*, 2012, 386713. <https://doi.org/10.1100/2012/386713>

Maa- ja Ruumiamet. (2025). Hoonestusload. <https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/TTJAhoonestusload>

McConnell, B. J., Fedak, M. A., Lovell, P. & Hammond, P. S. (2001). Movements and foraging areas of grey seals on the North Sea. *Journal of Applied Ecology*, 36: 573–590 <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.1999.00429.x>

Meyer-Gutrod, E. L., Davies, K. T. A., Johnson, C. L., Plourde, S., Sorochan, K. A., Kenney, R. D., Ramp, C., Gosselin, J.-F., Lawson, J. W., Greene, C. H. (2022). Redefining North Atlantic right whale habitat-use patterns under climate change. *Limnology and Oceanography*, 68: S71–S86. <https://doi.org/10.1002/lno.12242>

Moks, E., Remm, J., Kalda, O. & Valdmann, H. (2015). Selts kiskjalised, sugukond hülglased. E. Allikmaa (toim), *Eesti imetajad* (lk 226–233). Tallinn: Kirjastus Varrak.

Mägi, M. (2022). Lisa 3. Tuugenid ja linnud - teaduskirjanduse ülevaade. https://kliimaministeerium.ee/sites/default/files/documents/2022-12/Lisa%203%20Tuugenid%20ja%20linnud%20-%20kirjandusp%C3%B5hine%20%C3%BClevaade_0.pdf

OpenAI. (2025). Abi kirjanduse ja teemaliste allikate otsimises ning abstrakti ja kokkuvõtte tõlkimises inglise keelde. ChatGPT (GPT-4o). <https://chat.openai.com/>

Prideaux, G. (2017). Technical support information to the CMS family guidelines on environmental impact assessment for marine noise-generating activities. Convention on Migratory Species of Wild Animals. https://www.cms.int/sites/default/files/basic_page_documents/CMS-Guidelines-EIA-Marine-Noise_TechnicalSupportInformation_FINAL20170918.pdf

Russell, D. J. F., Brasseur, S. M. J. M., Thompson, D., Hastie, G. D., Janik, V. M., Aarts, G., McClintock, B. T., Matthiopoulos, J., Moss, S. E. W., McConnell, B. (2014). Marine mammals trace anthropogenic structures at sea. *Current Biology*, 24: PR638–R639. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.06.033>

Russell, D. J. F., Hastie, G. D., Thompson, D., Janik, V. M., Hammond, P. S., Scott-Hayward, L. A. S., Matthiopoulos, J., Jones, E. L. & McConnell, B. J. (2016). Avoidance of wind farms by harbour seals is limited to pile driving activities. *Journal of Applied Ecology*, 53: 1642 - 1652. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12678>

Sinclair, R. R., Sparling, C. E. & Harwood, J. (2020). Review of demographic parameters and sensitivity analysis to inform inputs and outputs of population consequences of disturbance assessments for marine mammals. *Scottish Marine and Freshwater Science*, 11, nr 14. <https://doi.org/10.7489/12331-1>

Skeate, E. R., Perrow, M. R. & Gilroy, J. J. (2012). Likely effects of construction of Scroby Sands offshore wind farm on a mixed population of harbour *Phoca vitulina* and grey *Halichoerus grypus* seals. *Marine Pollution Bulletin*, 64: 872-881. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.01.029>

Southall, B. L., Finneran, J. J., Reichmuth, C., Nachtigall, P. E., Ketten, D. R., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Nowacek, D. P. & Tyack, P. L. (2007). Marine mammal noise exposure criteria: Updated scientific recommendations for residual hearing effects. *Aquatic Mammals* 2019, 45: 125-232. <https://doi.org/10.1578/AM.45.2.2019.125>

Sundberg, J. & Södermann, M. (1999). Windpower and grey seals: An impact assessment of potential effects by sea-based windpower plants on a local seal population. <http://space.hgo.se/wpcvi/wp-content/uploads/import/pdf/Kunskapsdatabas%20miljo/Flora%20och%20fauna/daggdjur/forskningsresultat/Windpower&Seals.pdf>

Thomas, L., Russell, D. J. F., Duck, C. D., Morris, C. D., Lonergan, M., Empacher, F., Thompson, D. & Harwood, J. (2019). Modelling the population size and dynamics of the British grey seal. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29: 6-23. <https://doi.org/10.1002/aqc.3134>

Würsig, B., Greene Jr., C. R. & Jefferson, T. A. (1999). Development of an air bubble curtain to reduce underwater noise of percussive piling. *Marine Environmental Research*, 49: 79-93. [https://doi.org/10.1016/S0141-1136\(99\)00050-1](https://doi.org/10.1016/S0141-1136(99)00050-1)

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Viktoria Mikša

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Meretuulepargi mõju Läänemere hüljestele“, mille juhendajad on Marko Mägi ja Mart Jüssi reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Viktoria Mikša

19.05.2025