

Saare-Liivi meretuulepargi esialgse ala ehituseelne käsitiivaliste uuring

MSc Oliver Kalda

MSc Rauno Kalda



OÜ Elustik

2024

<u>1</u>	<u>NAHKHIIRTE KAITSE</u>	<u>4</u>
<u>2</u>	<u>TUULEPARKIDE MÕJU KÄSITIIVALISTELE</u>	<u>5</u>
2.1	NAHKHIIRTE RÄNNE	6
2.1.1	ILMASTIKU MÕJU NAHKHIIRTE RÄNDELE	9
2.1.2	NAHKHIIRTE RÄNDEAEGSED UURINGUD EESTI MERE- JA RANNIKUALADEL	9
2.2	NAHKHIIRTE KÄITUMISEST AVAMEREL	13
2.3	TUULEPARKIDE MÕJU LEEVENDAMINE	14
2.3.1	TUULIKUTE TÖÖ PIIRAMINE	14
2.3.2	NAHKHIIRTE PELETAMINE	15
<u>3</u>	<u>METOODIKA</u>	<u>17</u>
3.1	NAHKHIIRTE LOENDUSED MEREPOIDEL	18
3.2	LAEVALOENDUSED	21
3.3	NAHKHIIRTE LOENDUSED RANNIKUL	24
3.3.1	ILMASTIKUANDMED	25
3.4	HELISALVESTISTE MÄÄRAMINE	25
<u>4</u>	<u>TULEMUSED</u>	<u>27</u>
4.1	NAHKHIIRTE RÄNNE KABLIS JA KIHNU	27
4.2	LAEVALOENDUSED	32
4.3	PÜSIREGISTRAATORID	35
4.3.1	TÄHELEPANEKUID NAHKHIIRTE KÄITUMISE KOHTA AVAMEREL	37
<u>5</u>	<u>NAHKHIIRTE RÄNNE JA ILMASTIK</u>	<u>39</u>
5.1	SAARE-LIIVI TUULEPARGI UURINGUALA TULEMUSTE VÕRDLUS VARASEMATE ANDMETEGA	43
<u>6</u>	<u>ARUTELU</u>	<u>44</u>
6.1	KUMULATIIVNE MÕJU.	45
<u>7</u>	<u>ÜLDJÄRELDUSED:</u>	<u>46</u>
<u>8</u>	<u>JÄRELMONITOORING</u>	<u>47</u>
	<u>KASUTATUD KIRJANDUS</u>	<u>48</u>

Sissejuhatus

Antud aruanne on koostatud lähtuvalt **OÜ Utilitas Wind** ja **OÜ Elustik** vahel 27.05.2022 sõlmitud teenuse osutamise lepingule. Töö on koostatud vastavalt lepingu juurde kuuluvale lähteülesandele. Lepingu esemeks on **Saare-Liivi tuulepargi käsitiivaliste uuringu läbiviimine**.

1 Nahkhiirte kaitse

Kõik nahkhiireliigid on Eestis kaitstud nii siseriiklike kui mitmete rahvusvaheliste konventsioonide ja õigusaktidega. Eestis kindlasti leiduvad 12 nahkhiireliiki (Tabel 1) kuuluvad Vabariigi Valituse 20.05.2004 määruse nr 195 „I ja II kaitsekategooriana kaitse alla võetavate liikide loetelu“ alusel II kaitsekategooriasse ning nende kaitse korraldamiseks Eestis on Keskkonnaameti peadirektori käskkirjaga kinnitatud "Nahkhiirlaste (*Vespertilionidae*) kaitse tegevuskava".

Euroopas on kõik nahkhiireliigid loetletud Euroopa Nõukogu 21. mai 1992. aasta direktiivi 92/43/EMÜ looduslike elupaikade ning loodusliku loomastiku ja taimestiku kaitse (edaspidi *loodusdirektiiv*) IV lisas ning osa neist ka II lisas. Eestis esinevatest liikidest on II lisasse kantud tiigilendlane (*Myotis dasycneme*). Kõik Euroopa nahkhiireliigid on loetletud ka 1979. aasta Bonni konventsiooni II lisas. Bonni konventsiooni raames sõlmiti spetsiaalne riikidevaheline leping nahkhiirte kaitse kohta Euroopas (UNEP/EUROBATS), mis hõlmab kõiki nahkhiireliike Euroopas ja Eestis (<https://www.eurobats.org/>). Peaaegu kõik Eestis esinevad liigid (v.a kääbus-nahkhiir *Pipistrellus pipistrellus*) on loetletud ka 1979. aasta Berni konventsiooni (Euroopa loodusliku mitmekesisuse ja looduslike elupaikade kaitse kohta) II lisas.

Viimase Eesti liikide ohustatuse hindamise käigus, mis toimus IUCN punase nimistu meetodikat kasutades, on enamus käsitiivaliste liike kantud kategooriasse **soodsas seisundis** (LC) ja kolm liiki – habelendlane, Nattereri lendlane ja suurvidevlane on kantud kategooriasse **ohulähedane** (NT). Järgnevas tabelis (Tabel 1) on toodud erinevad olemasolevad hinnangud Eesti nahkhiirte seisundile. Trend lc ja pc näitavad hinnangut liikide arvukuse muutustele nahkhiirte seire joonloenduse ja punktloenduse meetodit kasutades. Trend talv näitab talviste seireloenduste põhjal saadud hinnangut.

Tabel 1 Nahkhiirte seisundi näitajad Eestis. *Eesti punane nimestik, hinnatud IUCN meetodika järgi, 2021. aasta seisuga.

Liiginimetused	Arvukuse hinnang	Trend lc	Trend pc	Trend talv	IUCN*
tiigilendlane (<i>Myotis dasycneme</i>)	keskmise arvukusega	mõõdukas kasv	ebaselge	stabiilne	LC
veelendlane (<i>M. daubentonii</i>)	arvukas	stabiilne	stabiilne	stabiilne	LC
tõmmulendlane (<i>M. brandtii</i>)	keskmise arvukusega	ebaselge	ebaselge		LC
habelendlane (<i>M. mystacinus</i>)	vähearvukas	ebaselge	ebaselge		NT
Nattereri lendlane (<i>M. nattereri</i>)	vähearvukas	ebaselge	ebaselge		NT
pruun-suurkõrv (<i>Plecotus auritus</i>)	arvukas	ebaselge	ebaselge	stabiilne	LC
pargi-nahkhiir (<i>Pipistrellus nathusii</i>)	arvukas	mõõdukas kasv	ebaselge		LC
kääbus-nahkhiir (<i>P. pipistrellus</i>)	keskmise arvukusega	ebaselge	stabiilne		LC
pügmee-nahkhiir (<i>P. pygmaeus</i>)	vähearvukas	ebaselge	ebaselge		LC
põhja-nahkhiir (<i>Eptesicus nilssonii</i>)	väga arvukas	mõõdukas kasv	stabiilne		LC
hõbe-nahkhiir (<i>Vespertilio murinus</i>)	vähearvukas	mõõdukas kasv	ebaselge		LC
suurvidevlane (<i>Nyctalus noctula</i>)	keskmise arvukusega	stabiilne	mõõdukas langus		NT

2 Tuuleparkide mõju käsitiivalistele

Vastavalt EUROBATS-i juhendile tuleb tuuleenergeetika arenduseks sobivate alade planeerimisel arvestada erinevate elustikurühmade seas ka nahkhiirtega. Strateegiline lähenemine mõjude vähendamiseks käsitiivalistele näeb ette esmajärjekorras planeeringutega kaasneva võimaliku negatiivse mõju vältimist, seejärel selle minimaliseerimist (leevendamist) ning lõpuks kompenseerimist (Rodrigues et al. 2015).

Tuuleparkide mõju käsitiivalistele saab selle mehhanismi järgi jagada kaheks – elupaikade kadumine ja muutumine ning nahkhiirte otsene hukkumine. Täpsemalt öeldes võivad tuuleparkide püstitamise mõjud nahkhiirtele olla liikumisteede ja toitumisalade kadumine, poegimiskolooniate, varjupaikade ja talvituspaikade hävimine või nahkhiirte poolt maha jätmine ning nahkhiirte hukkumine (Rodrigues et al. 2015). Loetletud mõjude realiseerumine ja ulatus sõltuvad tuulikute paiknemisest maastikus, mistõttu on tuulikute rajamisele eelnevalt oluline hinnata arendusala sobivust nahkhiirte elupaigana. Üldiselt peetakse potentsiaalseid mõjusid elupaikade muutumise läbi väiksemaks (sageli väikeseks) ning mõjusid hukkumise läbi, olenevalt asukohast, suureks kuni väga suureks (Rodrigues et al. 2015).

Seega on suurimaks tuuleparkidega kaasnevaks probleemiks nahkhiirte hukkumine (Rydell et al. 2010; Rodrigues et al. 2015). Hukkumise peamiseks põhjuseks on otsene kontakt liikuvate tuulikulabadega, kuid spetsiifilistes tingimustes on võimalikuks põhjuseks ka hukkumine barotrauma tagajärjel (Baerwald et al. 2008; Lawson et al. 2020). 2016. aastal avaldatud kokkuvõtte põhjal varieerub tuuleparkides hukkuvate nahkhiirte hulk Euroopa maismaa tuuleparkides suurel määral, jäädes osadel andmetel vahemikku 0 kuni 11 nahkhiirt MW kohta aastas (Arnett et al. 2016) või isegi 0 kuni 23 hukkunud nahkhiirt MW kohta aastas. Euroopa mererannikul paiknevates tuuleparkides hukkuvate nahkhiirte arvuks on hinnatud 5-20 isendit tuuleturbiini kohta aastas (Rydell et al. 2010). Hukkumisrisk on üldjuhul suurem asukohtades, kus tuulikud on paigutatud nahkhiirtele sobivasse biotoopi või selle vahetusse lähedusse. Selleks võivad olla mõne nahkhiirekoloonia kodupiirkond, rannikujoone, siseveekogude, puistuservade jt lineaarsete keskkonnamelementide lähedus, mida nahkhiired kasutavad orienteerumiseks (Ijäs et al. 2017; Ahlén, Baagøe, ja Bach 2009), ja kohad, kus nahkhiired rände ajal koonduvad (Rydell et al. 2010; Arnett et al. 2016).

Risk tuulikute labade lähedusse sattuda ja seeläbi hukkuda on liigiti erinev. Tuulikud ohustavad peamiselt liike, kes lendavad kõrgel ning kasutavad avatud biotoope, samas kui enamjaolt madalal ja puude lähedal lendavad liigid hukkuvad tuulikute tõttu harva. Loode-Euroopas, kus nahkhiirefauna on meie aladega suuresti sarnane, moodustavad valdava osa (98%) tuuleparkides hukkuvatest nahkhiirtest perekondadesse *Nyctalus*, *Pipistrellus*, *Vespertilio* ja *Eptesicus* kuuluvad isendid (Rydell et al. 2010). Kõik nimetatud perekonnad on esindatud ka Eestis. Perekondadesse *Myotis* ja *Plecotus* kuuluvad liigid on sama allika põhjal madala hukkumisriskiga, kuna püüavad saaki tavaliselt maapinnale lähedal ja hoiduvad enamasti avamaastikust eemale.

Eestis leiduvate nahkhiireliikide jaotus kõrge ja madala kokkupõrke riskiga liikideks on esitatud järgnevas tabelis, kuid tuleb silmas pida, et nahkhiirte käitumine mere kohal võib erineda nende käitumisest maismaal (Tabel 2). Lisaks tuleb lähitulevikku silmas pidades

arvesse võtta ka tuulikute parameetreid ja nende võimalikku mõju. Uuringud, millel antud tabel põhineb, on läbi viidud peamiselt tuulikute ümbruses, mille masti kõrgus on ligikaudu 90-100 m ning mis paiknevad lagedal või metsade servades ja rannikul.

Tabel 2 Eestis leiduvate nahkhiireliikide jaotus maismaa tuuleparkides hukkamise riski alusel (Rydell et al. 2010*; Rodrigues et al. 2015**).

Liiginimetuse		Riskiklass*	Riskiklass**
tiigilendlane	<i>Myotis dasycneme</i>	madal risk	keskmise risk
veelendlane	<i>Myotis daubentonii</i>	madal risk	madal risk
tõmmulendlane	<i>Myotis brandtii</i>	madal risk	madal risk
habelendlane	<i>Myotis mystacinus</i>	madal risk	madal risk
Nattereri lendlane	<i>Myotis nattererii</i>	madal risk	madal risk
pruun-suurkõrv	<i>Plecotus auritus</i>	madal risk	madal risk
pargi-nahkhiir	<i>Pipistrellus nathusii</i>	kõrge risk	kõrge risk
kääbus-nahkhiir	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	kõrge risk	kõrge risk
pügmee-nahkhiir	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	kõrge risk	kõrge risk
põhja-nahkhiir	<i>Eptesicus nilssonii</i>	kõrge risk	keskmise risk
hõbe-nahkhiir	<i>Vespertilio murinus</i>	kõrge risk	kõrge risk
suurvidevlane	<i>Nyctalus noctula</i>	kõrge risk	kõrge risk
väikevidevlane	<i>Nyctalus leisleri</i>	kõrge risk	kõrge risk
euroopa laikõrv	<i>Barbastella barbastellus</i>	madal risk	keskmise risk

2.1 Nahkhiirte ränne

Tuulepargi mõju nahkhiirtele võib lisaks tuulikute asukohale määrata ka aasta-aeg. Peamiselt eristatakse mõjude kontekstis kolme perioodi – suvi ning nahkhiirte rändeperioodid sügisel ja kevadel. Euroopa nahkhiirtest 12 liiki peetakse pikamaa või regionaalseteks ränduriteks (Hutterer et al. 2005). Pikamaarändurite ränded võivad ületada 2 000 kilomeetrit ning regionaalsed rändurid võivad liikuda sadade kilomeetrite ulatuses. Paljud neist võivad ületada ka Lääne- ja Põhjamerd, mistõttu on avamere tuuleparkidel potentsiaalselt suur mõju.

Eesti nahkhiireliikidest on pikamaarändurid viis: pargi-nahkhiir, kääbus-nahkhiir, pügmee-nahkhiir, hõbe-nahkhiir ja suurvidevlane (Hutterer et al. 2005; Masing 2015). Rändeaegsetest mereuuringutest nii Soome (Ijäs et al. 2017; Rydell et al. 2014) kui Eesti pool (Lutsar 2017; 2019; 2021) Soome lahte selgub, et enamuse rändavatest isenditest kuulub liiki pargi-nahkhiir, oluliselt väiksema osa moodustab suurvidevlane ning marginaalse osa teised liigid. Näiteks on Lõuna-Skandinaavias tõendatud mere kohal kokku 10 nahkhiireliigi esinemine, kuid uuritavad alad olid maismaast ligikaudu kuni 10 km kaugusel ning kahe suure maismaa-ala vahel Östersundis ja Kalmarsundis (Ahlén et al. 2007).

Rändliigid saavad kevadel Eestisse peamiselt maikuu jooksul, aprillis võib kohata vaid üksikuid isendeid (Leivits 2013). Mai lõpuks on nahkhiired kogunenud poegimiskolooniatesse ning rände võib lugeda lõppenuks. Sügisrände alguseks loetakse Euroopas juuli lõppu (pargi-nahkhiire puhul) või augusti algust (Dietz ja Kiefer 2016). Viimaseid rändliikide esindajaid võib meil kohata oktoobri alguses, kuid üldiselt esineb neid septembri teisest poolest alates harva (Leivits 2013). Samas võivad pikad soojad sügised, nagu viimastel aastatel esinenud on, rändsete nahkhiireliikide meil kohtamise perioodi pikendada.

Nahkhiired rändavad vaid öösiti ning ei moodusta rännates parvesid. Küll aga võivad nad koonduda teatud kohtades ranniku lähedal, kus ootavad mere ületamiseks sobiva ilma saabumist. Läänemere äärest on rändliikide kogunemisest andmeid nii Soome rannikult (Rydell et al. 2014; Ijäs et al. 2017), Eestist (O. Kalda ja Kalda 2022; Lutsar 2012; Leivits 2013), Lätist (Hutterer et al. 2005; Šuba, Petersons, ja Rydell 2012) kui ka Rootsist (Ahlén et al. 2007; Ahlén, Baagøe, ja Bach 2009). See tähendab, et erilist tähelepanu tuleb tuulepargi arendamisel pöörata kohtadele, kus inimtegevus katkestab nahkhiirte lennukoridore ja rändeteid – kitsaid ribasid maastikus, kuhu nahkhiired koonduvad liikumisel ühest piirkonnast teise. Sellised koondumiskohad on võimalikud ka merel (Rodrigues et al. 2015) näiteks kohtades, kus on mere ületamine võimalik kõige lühemat teed mööda.

Maismaa tuuleparkides ja rannikul tehtud vaatlustega võrreldes on nahkhiirte rändeaegne arvukus avamerel paiknevate loenduspunktide juures madal. Eestis avamerel läbi viidud uuringud on näidanud, et nahkhiirte suhteline arvukus, väljendatuna möödalendude arvuna tunnis, varieerub suurel määral. Enamikul öödest nahkhiiri ei registreerita ning rände tippajal augustis on nahkhiirte suhteline arvukus maksimaalselt vahemikus 0,9-1,6 möödalendu tunnis (Lutsar 2017; 2019; 2021). Tulemusi maismaaga võrreldes tuleb aga silmas pidada, et mereuuringutega on kaetud vaid väike osa merealast ning rändavate isendite arvukus võib erinevates piirkondades olulisel määral varieeruda. Lisaks võib möödalendude hulk merel olla allahinnatud nii nahkhiirte käitumuslike eripärade, kui ka ultraheli registraatorite tehnilise võimekuse tõttu. Sõltuvalt liigile omastest kajalokatsiooni signaalide parameetritest, tuvastavad nahkhiirte registraatorid avatud biotoobis nahkhiirte möödalende 30-100 m raadiuses. Kuna merel puuduvad nahkhiiri koondavad maastikuelemendid, nt. metsaservad, siis hajuvad loomad merel tõenäoliselt suuremale alale. See võib seletada, miks on merel tehtud uuringutes registreeritud keskmine möödalendude hulk rannikul registreeritust mitukümmend korda madalam (Lutsar 2017; 2019; „Saare Wind Energy meretuulepargi Keskkonnamõju hindamine“ 2023). Madala arvukuse üheks põhjuseks võib olla ka asjaolu, et pargi-nahkhiir ja suurvidevlane on Soomes piiratud levila ning väikese arvukusega liigid. Liigi isendid kasutavad rändamiseks nii Soome-Rootsi kui ka Soome-Eesti rändeteed. Edela Soomest lendab otse Lääne-Eesti saarte suunas tõenäoliselt vaid väike osa populatsioonist. Samas ei saa välistada, et Eestit läbivad rändel ka meis idasse jäävad populatsioonid, kuigi otsesed anded selle kohta puuduvad.

Nahkhiirtel on põhjapoolsest levilast ehk Soomest Kesk- ja Lääne-Euroopa talvituspaikadesse rändamiseks tõenäoliselt kolm võimalust (Joonis 1):

- üle Põhjalahe, mööda Rootsi rannikut ja üle Taani väinade või Läänemere lõunaosa saarte (nt Bornholmi) kaudu;

- üle Soome lahe ja mööda Baltikumi rannikut;
- üle avatud merealade, kogunedes/puhates vahepeal Lääne-Eesti saartel.

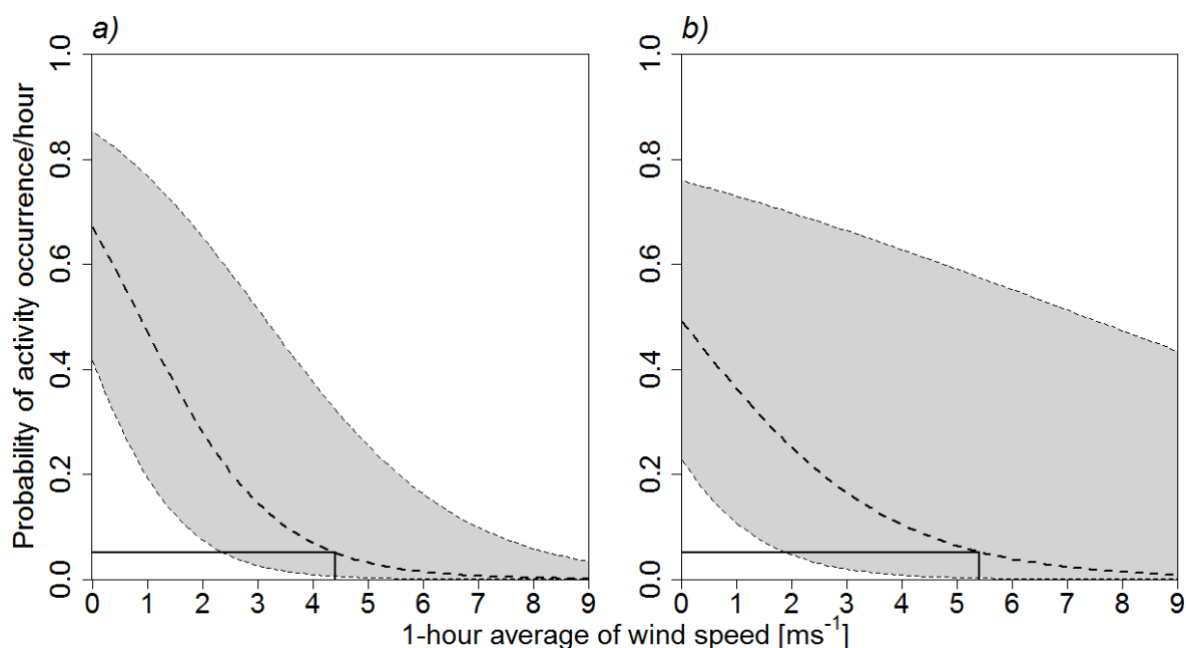
Neist kolmest rännuteest peetakse energeetiliselt kõige säästlikumaks avatud merealade ületamist, kuna nii on vahemaad märksa lühemad kui rannikut järgides (Rydell et al. 2014). Teadusuuringutega on kinnitatud, et Läänemere ületamine on nahkhiirtele jõukohane. Näiteks on telemeetria uuringud Saksamaal näidanud, et pargi-nahkhiir võib veidi enam kui 24 tunni jooksul läbida üle 395 km (Ohlendorf ja Kuhring 2016). Seega ei ole Soome lahe ületamine (Edela-Soomest Hiiumaa rannikuni ca 80 km) või lendamine Tõstamaalt Läti rannikule (ca 100 km) nahkhiirtele võimatu katsumus. Üheks potentsiaalseks rändeteeks, mis on küllaltki sirgjooneline ja pakub puhkamisvõimalusi maismaal, on Edela-Soome – Hiiumaa – Saaremaa – Kuramaa. Antud marsruut võimaldab Läänemere ületada küllaltki sirgjooneliselt ning väldib sakilist Mandri-Eesti kaldajoont. Sellest potentsiaalsest rändeteest on teada nahkhiirte rändeaegne kogunemine kolmest piirkonnas: Edela-Soomes (Rydell et al. 2014), Hiiumaal (Lutsar 2012) ja Lätis Papes (Gunārs Pētersons 2004). Nagu ka varasemalt mainitud, ei saa nahkhiirte rändeteed avamerel käsitleda kitsa koridorina. Paigas küll üldine suund, kuid rändel olevad loomad hajuvad tõenäoliselt laiali suurema ala peale. Näiteks täpne marsruut Edela-Soome ja Hiiumaa ranniku vahel sõltub ilmselt suuresti ilmastikuoludest ning paarikraadine suuna erinevus võib tähendada suurt erinevust lõpp-punktis ning avamerel täpselt läbitud teekonnas.



Joonis 1 Pideva joonega on esitatud peamised käsitiivaliste rändeteed Läänemereääre piirkonnas (Gaultier et al. 2020).

2.1.1 Ilmastiku mõju nahkhiirte rändele

Nahkhiirte ränne ja üldine aktiivsus (suhteline arvukus konkreetses asukohas) on suuresti mõjutatud ilmastikutingimustest, täpsemalt kolmest parameetrist: tuulekiirusest, temperatuurist ja sademetest (Sander Lagerveld, Poerink, ja Geelhoed 2021). Nahkhiired kasutavad rändamiseks ja ka toitumiseks tuulevaikseid või madala tuulekiirusega öid ning tuulekiiruse suurenedes nende lennuaktiivsus langeb. Mitmed uuringud on leidnud, et enamus nahkhiirte möödalende jääb tuulekiirustele 0 kuni 6 m/s (Sander Lagerveld et al. 2015; Behr et al. 2017). Sarnaseid tulemusi on saadud Eestis nii maismaalt (Suigusaar 2022; O. Kalda ja Kalda 2022; 2018; R. Kalda ja Kalda 2018) kui merelt (Lutsar 2019). Suurematel tuulekiirustel registreeritakse vaid üksikuid möödalende. Tüüpiline nahkhiirte lennuaktiivsuse ja tuulekiiruse sõltuvuskõver on esitatud joonisel 2.



Joonis 2 Nahkhiirte möödalendude tõenäosus erinevate tunnikeskmise tuulekiiruse näitajate juures. Hall ala näitab $\pm 95\%$ usalduspiire. Must pidevjoon näitab tuulekiirust, mille puhul langeb nahkhiirte kohtamise tõenäosus alla 5%, a) kõikidel mõõdetud kõrgustel, b) kõrgustel üle 50 m (Wellig et al. 2018b).

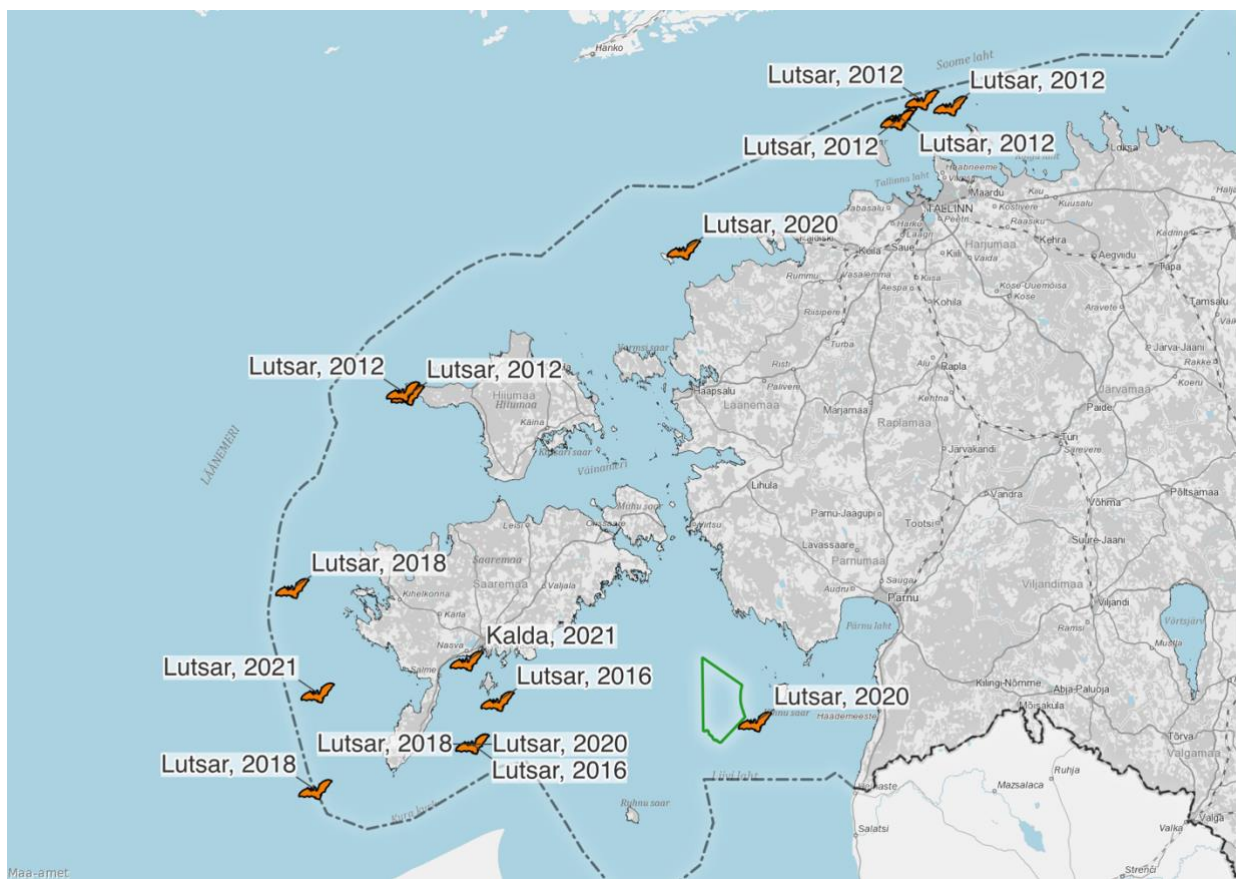
Peale tuulekiiruse on nahkhiirte rändeintensiivsus ja suhteline arvukus korrelatsioonis ka temperatuuriga - mida madalam temperatuur, seda vähem lendab ka nahkhiiri. Behr et al. (2017) toob välja, et nahkhiirte möödalendude arv kasvas märkimisväärselt temperatuuridel 10-25 °C ning sama peab paika ka Eesti kohta, kus nahkhiirte lennuaktiivsus kasvab märkimisväärselt alates 10 °C ning jõuab maksimumini 20 °C juures (O. Kalda ja Kalda 2018). Lisaks tuulele ja madalale temperatuurile langeb nahkhiirte lennuaktiivsus ka saju korral, ning juba vähese sademete hulga korral ei lenda pea ühtegi isendit. Hõreda saju ajal võib nahkhiiri vahel lendamas kohata kinnistes biotoopides nagu pargid või vanad metsad.

2.1.2 Nahkhiirte rändeaegsed uuringud Eesti mere- ja rannikualadel

Uuringu koostajatele teadaolevalt on nahkhiirte liikumist Eesti avamerel automaatsete ultraheliregistraatoritega varasemalt uurinud Lauri Lutsar (Joonis 3). Mereuuringute alad on paiknenud Saaremaa ümbruses (Lutsar 2017; 2019; „Saare Wind Energy meretuulepargi Keskkonnamõju hindamine“ 2023), Kihnu saarest lõunas (Lutsar 2021), Põhja-Eesti rannikul

Neugrundi madalal (Lutsar 2021) ja Sõrve poolsaarest läände jääva Saare Wind Energy tuulepargi planeeringu aladel („Saare Wind Energy meretuulepargi Keskkonnamõju hindamine“ 2023). Käsidetektoriga on nahkhiirte vaatluseid merel tehtud Hiiumaal Kõpu poolsaare lääneosas (Lutsar 2012) ja Põhja-Eestis Tallinna lähel (Lutsar 2013). Rannikule lähemal on nahkhiirte toitumist ja rännet merel uurinud ka OÜ Elustik 2021. aastal Nasva sadama piirkonnas (O. Kalda ja Kalda 2022). Lisaks on teada, et Põhja-Eesti rannikust kaugel Soome lahes asuvast väikesest Keri saarest lendavad sügisrände perioodil üle pargi-nahkhiired (L. Lutsari suulised andmed). Lääne-Eesti saarte ja Soome vaheline ala on senini uurimata ja üldiselt võib öelda, et uuringualade katvus rändeteede kaardistamiseks on olnud väike ja seega põhjalikke järeldusi nende alusel teha ei saa.

Merealasil käsitlevad tööd on läbi viidud peamiselt nahkhiirte sügisrände perioodil ning kevadrände lõpuperioodil on mere registraatorid olnud vaid Saare Wind Energy tuulepargi alal („Saare Wind Energy meretuulepargi Keskkonnamõju hindamine“ 2023). Samuti on sama uuring ainsana hõlmanud nahkhiirte suvist poegimisperioodi.

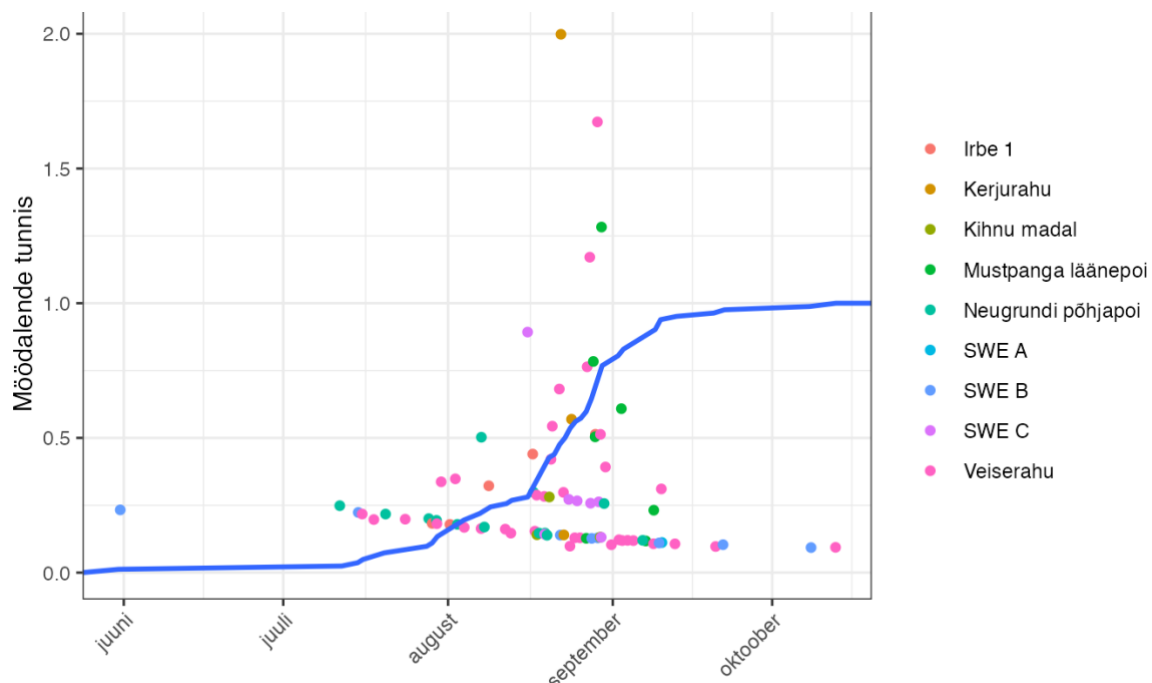


Joonis 3 Varasemates merealadel läbiviidud uuringutes kasutatud nahkhiirte vaatlusalad Eestis.

Uuringute käigus on avamerel registreeritud neli nahkhiireliiki, osadel juhtudel on määrang jäänud perekond lendlane tasemele. Tuvastatud liikideks on olnud põhja-nahkhiir (*Eptesicus nilssonii*), pargi-nahkhiir (*Pipistrellus nathusii*), suurvidevlane (*Nyctalus noctula*) ja hõbenahkhiir (*Vespertilio murinus*), kolme viimast peetakse pikamaaränduriteks (Hutterer et al. 2005). Perekonda lendlane kuuluvate liikide puhul oli tegemist tõenäoliselt veelendlase (*Myotis daubentonii*) või tiigilendlasega (*Myotis dasycneme*).

Varasematest uuringutest viie puhul on nahkhiiri vaadeldud maismaast rohkem kui 8 km kaugusel (Lutsar 2013; 2017; 2019; 2021; „Saare Wind Energy meretuulepargi Keskkonnamõju hindamine“ 2023), kusjuures 2018. aastal läbiviidud uuringus (Lutsar 2019) paiknes kaugeim uuringupunkt maismaast 22 km kaugusel. Maismaast nii kaugel registreeritud isendeid võib pidada rändel olevateks ning on vähetõenäoline, et sinna on lennatud toitumiseks. 2012. aasta Kõpu poolsaare ning Nasva uuringute merevaatluspunktid paiknesid rannikust kuni 1,5 km kaugusel (Lutsar 2012; O. Kalda ja Kalda 2022). Sellisel juhul on tegemist vahemaaga, mille puhul ei saa väita, et registreeritud on kindlasti just rändel olevaid nahkhiiri, kuna selle vahemaa võivad loomad läbida ka toitumiseks. Nasva sadamas läbi viidud uuringus selgus, et nahkhiired kasutasid rannikust kuni 1,5 km kaugusel paiknevaid alasid tuulevaiksetel öödel toitumiseks kogu suveperioodi vältel. Kaugemal paiknevate alade kohta antud uuringu käigus andmeid ei kogutud. Sügisrände perioodil oli Nasvas nahkhiirte arvukus ja rändliikide esinemissagedus suvest suurem, mis näitab, et tõenäoliselt toimus ka rändel olevate nahkhiirte liikumine Saaremaa rannikul.

Kogu sügisrändeperioodi katnud uuringutest (Lutsar 2013; 2017; 2019; 2021; „Saare Wind Energy meretuulepargi Keskkonnamõju hindamine“ 2023), selgub, et nahkhiiri kohtab merel kõige sagedamini augusti lõpus. Nahkhiirte rände tipp merel on seniste uuringute põhjal langenud kokku maismaal registreerituga ja rändavate isendite suhteline arvukus on suurim olnud 35. nädala ümbruses (Joonis 4). Antud vaatlused on kooskõlas ka Soomes tehtud uuringutega (Ijäs et al. 2017; Rydell et al. 2014), kust selgub, et sel perioodil kogunevad rändliigid Lääne- ja Edela-Soome rannikule. Kõigi eelduste kohaselt lendavad nad sealt edasi Rootsi ja Eesti suunas.



Joonis 4 Varasemates mereuuringutes registreeritud nahkhiirte möödalendude arv ööde kaupa („Saare Wind Energy meretuulepargi Keskkonnamõju hindamine“ 2023)

Eestis avamerel läbi viidud uuringud on näidanud, et nahkhiirte suhteline arvukus, väljendatuna möödalendude arvuna tunnis, varieerub suurel määral. Enamikul öödest nahkhiiri ei

registreerita ning öödel kui loomi registreeritakse, jääb nahkhiirte suhteline arvukus vahemikku 0,3-2 möödalendu tunnis (Lutsar 2017; 2019).

Lisaks mereuuringutele on nahkhiirte rännet uuritud ka Eesti rannikualadel. Aastatel 2005-2009 viis Matti Masing läbi nahkhiirte sügisrände monitooringut, mis hõlmas nii lääne-, põhja- kui ka idarannikut (Peipsi järv). Uuringu käigus loendati nahkhiiri viiel uuringualal vahemikus augusti lõpp kuni septembri algus (Masing 2015). Kord aastas seirati nahkhiiri igal alal ühe öö vältel. Nahkhiirte arvukust hinnati arvukusindeksina, mõõdetuna möödalendude arvuna tunni kohta. Uuringust selgub, et kõige arvukamaks rändliigiks rannikul on pargi-nahkhiir, kellele kuulus 70% kõikidest registreeringutest, järgnes hõbe-nahkhiir (17%). Kõigi rannikupunktide viie aasta keskmine liikide summaarne arvukusindeks oli 17,2 möödalendu tunnis ning arvukaimal liigil pargi-nahkhiirel 12,1 möödalendu tunnis. Lääne-Eestis paiknevatel uuringualadel Kablis (Pärnumaa) ja Salmes (Saaremaa) registreeriti keskmiselt 32,8 ja 5,4 rändliigi möödalendu tunnis.

Matti Masingu hinnangul läbib kogu rändeperioodi jooksul kõiki monitooringu käigus külastatud punkte igal aastal kokku ca. 15 000 rändliikide isendit. Lääne-Eestis paiknenud Kabli ja Salme uuringualasid läbib Masingu hinnangul vastavalt 5 724 ja 972 isendit. Arvukuse hinnang on antud nahkhiiredetektori kuulmisulatusse jääva ca 100 meetri laiuse lõigu kohta.

Tabelis 3 esitatud andmed on võetud Eesti nahkhiirte rändemonitooringust (Masing 2011) ning Eestis läbi viidud merealade uuringutest, mis on katnud kogu sügisrände perioodi (Lutsar 2017; 2019). Tabeli viimases tulbas toodud nahkhiirte arvukus on arvutatud vastavalt Matti Masingu uuringus kasutatud metoodikale. Arvutuse alusel läbib merealadel asuvaid uuringupunkte 54 kuni 162 nahkhiirt kogu sügisrände perioodi jooksul. Antud hinnangu puhul tuleb aga silmas pidada mitmeid kitsendusi:

- Lauri Lutsari andmete puhul on kasutatud välitööde perioodil registreeritud maksimaalse möödalennuindeksiga ööd;
- Masingu metoodika eeldab, et nahkhiirtele on sobilikud pooled rändeperioodi ööd ning nahkhiirte ränne on igal ööl konstantne;
- Lutsari läbi viidud tööd näitavad, et nahkhiiri registreeritakse vaid vähesel hulgal öödest ning keskmine registreeringute hulk tunni kohta on märksa madalam kui maksimum. Seega võib pidada Masingu valemit kasutades saadud arvukust pigem ülehinnanguks;
- erinevate nahkhiireregistraatorite tundlikkus on erinev.

Tabel 3 Rändliikide arvukus Eesti rannikul (Masing et al. 2015) hinnangul. *-ga märgitud ridade puhul on möödalendude arv võetud Lauri Lutsari töödest (Lutsar 2017; 2018) ning arvukus arvutatud vastavalt Masing 2011 arvutuskäigule.

Allikas	Koht	Biotoop	Möödalende tunnis	Arvukus
Masing 2015	Kodavere	Rannik	32,8	5 904
Masing 2015	Kabli	Rannik	31,8	5 724
Masing 2015	Laulasmaa	Maismaa	8,8	1 584
Masing 2015	Karepa	Maismaa	7.0	1 260
Masing 2015	Salme	Maismaa	5,4	972
Lutsar 2018	Veiserahu lõunapoi	Avameri	0,3	54
Lutsar 2018	Mustpanga läänepoi	Avameri	0,5	90
Lutsar 2018	Irbe teljepoi nr. 1	Avameri	0,3	54
Lutsar 2017	Veiserahu lõunapoi	Avameri	0,3	54
Lutsar 2017	Kerjurahanu	Avameri	0,9	162

Tabel 3 esitatud andmete põhjal on rannikul läbi viidud rändeuuringute keskmine nahkhiirte möödalendude arv tunni kohta 17,2 ning avamere uuringute puhul 0,46. Võrreldes rannikul registreeritud arvukust avamerel tehtud uuringutega, on rannikul rändliikide keskmine möödalendude hulk tunnis ligikaudu 37 korda suurem.

Kuna andmed ei ole kogutud sama metoodikaga, tuleb nende võrdlemisel silmas pidada, et:

- merel hajuvad rändavad nahkhiired suure ala peale laiali ning ühe punkti põhjal ei saa hinnata rändavate isendite arvukust suuremal alal. Samas rannikul lendavad nahkhiired enamasti koondunult mööda selgeid biotoope, avamerel aga võib väike kursierinevus hajutada loomad väga suurele alale laiali. Nahkhiiredetektorit kuulderaadius jääb 30-100 meetri raadiusesse. Seega satub kuulderaadiusesse potentsiaalselt rohkem loomi neid koondava maastikuelemendi, näiteks rannajoone, puhul;
- nahkhiirte käitumine suurtel avaaladel on võrreldes maismaaga teistsugune. Nahkhiired kasutavad kajalokatsiooni mere ületamisel tõenäoliselt harvemini ning osa loomi võib seetõttu jääda registreerimata;
- osad avamerel rändel olevad loomad võivad rännata kõrgemal ja jääda seetõttu detektorit kuulderaadiusest välja. Rändamiseks kasutatava kõrguse kohta on teaduskirjanduses infot vähe.

2.2 Nahkhiirte käitumisest avamerel

Nahkhiirte hukkumise risk tuuleparkides oleneb suurel määral nende lennukõrgusest ja käitumuslikest iseärasustest. Liike, kes lendavad peamiselt madalatel kõrgustel või taimestiku varjus, ohustavad tuuleturbiinid vähem ning liike, kes veedavad suurema aja kõrgel ja avatud biotoopides lennates, rohkem. Seega on avamere tuuleparkide mõju hindamisel nahkhiirtele oluline nende lennukõrgus. Andmeid nahkhiirte lennukõrguse kohta merel on vähe, kuid Ahlén et al. 2007 kirjeldavad, kuidas määrati radarit ja käsidetektorit kasutades nahkhiirte lennukõrguseid avamere tuuleturbiinide ümbrusest Lõuna-Rootsi rannikul. Tulemused näitasid, et enamus nahkhiirte lennuajast möödus merepinnast kuni 40 m kõrgusel, kuid nahkhiiri registreeriti ka kõrgemal. Samas toodi välja, et osad nahkhiired tundusid eesmärgipäraselt tuulikute juures kõrgemale lendavat ja lendasid tuulikute labade vahel. Samuti on teada, et mõnel pool võivad nahkhiired lennata mitmesaja meetri kõrgusel, nii kõrgele antud uuringu vaatlusseadmete võimekus ei ulatunud. Belgia rannikul läbiviidud uuringus hinnati nahkhiirte arvukust tuuleturbiini jalamil (16 m merepinnast) ja turbiini gondli kõrgusel (92 m). Uuringu käigus tehti kindlaks vaid pargi-nahkhiire esinemine mere kohal ning möödalendude arv 92 m kõrgusel oli ligikaudu 10% turbiini jalamist (Brabant et al. 2020).

2.3 Tuuleparkide mõju leevendamine

Tuuleparkide arendamisel on soovituslik järgida põhimõtet, et kõigepealt tuleb teha kõik võimalik hukkumise riski vältimiseks ning seejärel, probleemide esinemisel, tegeleda hukkumisriski leevendamisega. Hukkumisriski ennetamisena peetakse nahkhiirte puhul enamasti silmas tuulepargi paigutamist eemale asukohtadest, kus see võiks eeldatavasti põhjustada nahkhiirtele suurt ohtu (Rodrigues et al. 2015). Seda võidakse vaadata nii üldise planeeringu mõttes, kuhu piirkonda terve park paigutada (nt. valdade eriplaneeringute

protsessid) või ka üksiku tuuliku vaates (jättes ohtlikumad tuulikud konkreettsel arendusalal rajamata). Näiteks on maismaa tuuleparkide ohuteguriteks nende paiknemine metsa, veekogude, suve- ja talvituskolooniate läheduses või rändeteedel. EUROBATS juhendis soovitatakse tuulikud paigutada vähemalt 200 meetri kaugusele neid koondavatest maastikuelementidest, kuid see ei pruugi olla alati piisav (Rodrigues et al. 2015). Kuna nahkhiirte rännete kohta avamere kohal on teada vähe, puuduvad tuulikute paigutamise osas avamerele üldise juhised, kuid võib eeldada, et mida kaugemal paiknevad tuulikud maismaast, seda väiksem on nende mõju käsitiivalistele.

Leevendusmeetmete rakendamise peamiseks eesmärgiks tuuleparkides on hukkuvate nahkhiirte arvu minimeerimine. Selle saavutamiseks on kaks peamist strateegiat:

- tuulikute töö piiramine (seiskamine) nahkhiirte jaoks ohtlikel ajaperioodidel;
- nahkhiirte peletamine tuulikute lähedusest.

Hetkel olemasolevate teadmiste kohaselt peetakse neist toimivaks vaid esimest.

2.3.1 Tuulikute töö piiramine

Enamus nahkhiirte kokkupõrgetest tuulikulabadega toimuvad väikestel tuulekiirustel, sest nahkhiired on aktiivsed tuulevaiksetel öödel. Seega võib eeldada, et mida suurem on tuule kiirus, mille puhul rootorid pöörlema hakkavad, seda väiksem on ka hukkuvate nahkhiirte hulk. Seda on korduvalt näidanud erinevad uuringud (Allison ja Butryn 2018; Jong et al. 2021). Käivitumiskiiruse (*cut-in speed*) tõstmisel tuulekiiruseni 5 m/s langeb hukkuvate nahkhiirte arv üle 50%. Negatiivse aspektina langetab see leevendusmeede toodetud energia hulka ning vähendab seeläbi tuulikute kasumlikkust, kuid majanduslikku mõju saab minimeerida. Selle minimeerimiseks saab meetmeid rakendada ainult perioodidel, kui eeldatav hukkumise risk on suurim, näiteks nahkhiirte rände ajal või muul ajaperioodil, mille puhul on piirkonnas teada suur nahkhiirte arvukus. Samuti on meetmete rakendamine vajalik vaid päikeseloojangust päikesetõusuni.

Osade tuulikute labad võivad liikuda ka tuulekiirustel, mil elektri tootmist tegelikult ei toimu ning on teada, et nahkhiiri hukkab ka nendel madalatel tuulekiirustel. Uuringud on näidanud, et tuuliku labade peatamine madalatel tuulekiirustel aitab nahkhiirte hukkumist vähendada. Üheks võimaluseks selle saavutamiseks on tiivikute pööramine tuulega paralleelselt (*blade feathering*), mis võib vähendada nahkhiirte hukkumist suurusjärgus 30% (<https://www.conservationevidence.com/actions/970>). Labade pööramise võimekus sõltub tuulikute tüübist. *American Wind Energy Association* on võtnud antud meetme vabatahtlikult kasutusele. Labade pööramise alternatiiviks on ka pidurite rakendamine madalatel tuulekiirustel, kui tuuliku rootorid küll pöörlevad, aga elektrit ei tooda.

Optimaalne leevendusmeede, nahkhiirte hukkumise vähendamiseks, on tuulikute seiskamine pimedal ajal nahkhiirte aktiivsusperioodil (üldjuhul mai algus kuni septembri lõpp). Võttes arvesse ka sademete esinemise ja tuulekiiruse, mille puhul nahkhiired lendavad, on võimalik tootlikkuse kao minimeerimine. Leevendusmeetmete tõhusust on korduvalt uuringute käigus tõendatud, näiteks toob värskest avaldatud artikkel välja, et asukohapõhiste leevendusmeetmete abil õnnestus hukkuvate nahkhiirte hulka 78% võrra vähendada (Rnjak et al. 2023). Tuulepargi püstitamisele eelneva uuringu tulemuste põhjal saab nahkhiirte ekspert pakkuda välja antud

paiga kohta täpse skeemi (konkreetsed soovitusel Saare-Liivi tuulepargi kohta on toodud antud uuringu tulemuste osas), kuidas leevendav meede peaks toimima, et oleks tagatud parim teadaolev võimalus nahkhiiri säästa, säilitades samal ajal vajalik energia tootmine.

Lisaks ilmastikul ja hooajal põhinevatele tööaja piiramise algoritmidele on arenduses ka nn „*smart curtailment*“ süsteemid, mis tuvastavad nahkhiiri radarite, infrapunakaamerate või muude sensorite abil. Selliste lahenduste eesmärk on vähendada nahkhiirte ja lindude hukkumise riski veelgi ning suurendada samas tuulikute tootlikku tööaega.

2.3.2 Nahkhiirte peletamine

Majanduslikus mõttes oleks tuulikute töötamise piiramise asemel kasumlikum lahendus nahkhiirte peletamine tuulikute ümbrusest. See võimaldaks tuulikute kasutamist madalatel tuulekiirustel ka perioodidel, kui nahkhiirte hukkumise risk on kõrge. Samuti võimaldaks see rajada tuuleparke asukohtadesse, kus seda hetkel kõrge hukkumise riski tõttu pole soovituslik teha. Nahkhiirte peletamist on viimasel kümnendil küllaltki intensiivselt uuritud ning katsetatud on järgnevaid variante (Allison 2018; Bennun et al. 2021):

- Ultrahelipeletid (inglisekeelses kirjanduses kasutatakse lühendit UAD);
- UV valgustus, mis aitab nahkhiirtel aru saada, et tuulikute puhul ei ole tegemist puudega;
- tuulikute pinna krobestamine, et see ei sarnaneks kajalokatsiooni kasutamisel veepinnaga.

Kõigi eespool toodud lahenduste puhul on nende praktiline väärtus hetkel veel kaheldav (Allison 2018). Mitmete uuringute alusel võib väita, et neist ükski meetod ei ole tõhusam, kui tuulikute töö piiramine. Kõige suurem potentsiaal on tõenäoliselt UAD lahendustel, kuid nende kasutamist tuuleparkides piiravad suuresti ultraheli omadused. Nimelt sumbuvad ultrahelilained keskkonnas lühikese vahemaa järel ja seega ei ulatu nende mõju eriti kaugemale. Siiani ei ole üheselt kindel, kas UAD seadmed suudavad nahkhiiri piisavalt kaugelt peletada.

Antud peatükis välja toodud argumentide alusel võib väita, et hetkeseisuga on ainsaks tõhusaks leevendusmeetmeks tuulikute seiskamist nahkhiirte rändeperioodil tuulekiirusel alla 5 m/s. Seiskamise poolt tekkinud tootlikkuse vähenemist saab vähendada, kui uuringu käigus selgitada välja nahkhiirte rände täpsem fenoloogia antud piirkonnas ning rakendada piiranguid vaid lühikesel perioodil.

3 Metoodika

Uuringuala on pindalaga 216 km² ning Mandri-Eesti rannik paikneb uuringualast põhjasuunas ligikaudu 16 km ning idasuunas 39 km kaugusel. Kihnu saar jääb ligi 10 km ning Ruhnu saar 31 km kaugusele (Joonis 5). Mere sügavus uuringualal on valdavalt üle 20 m ning uuringualal ei paikne madalikke ega laide. Uuringuala läbib tõenäoliselt nahkhiirte ränne Tõstamaa ja Kura poolsaare vahel.

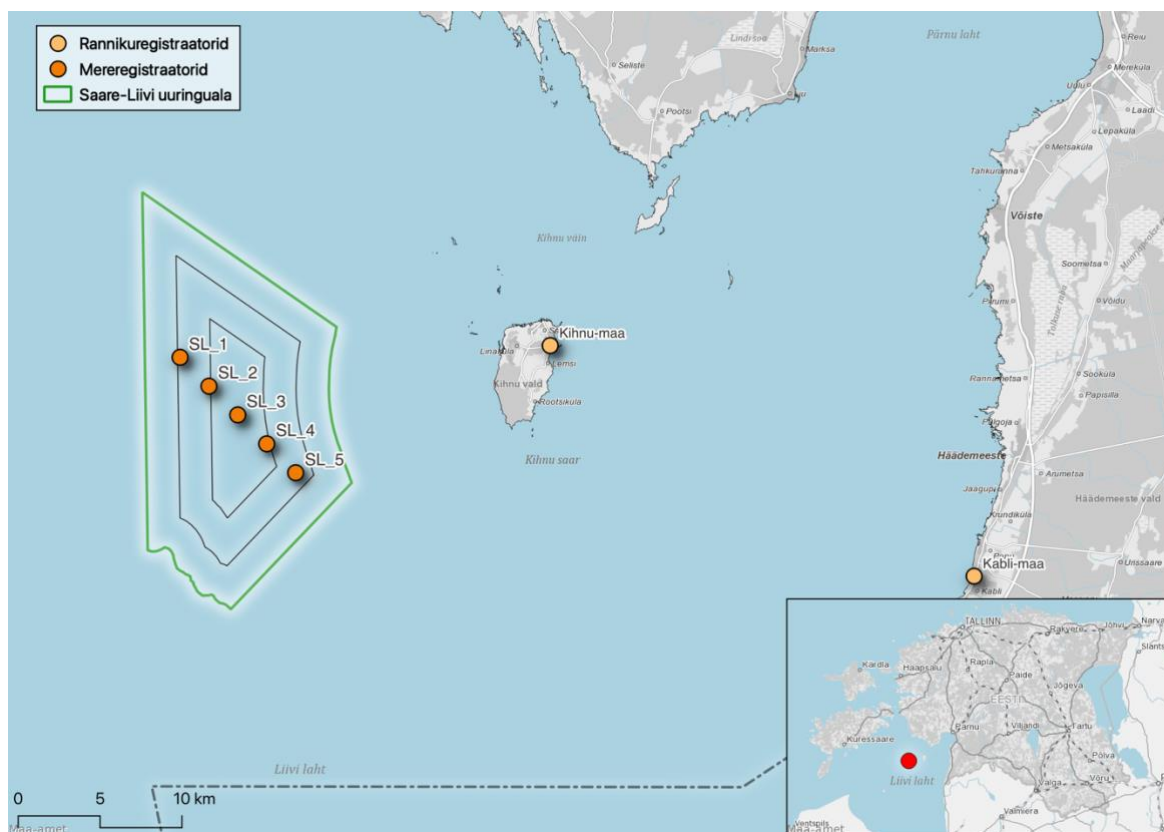
Uuringuperiood jagunes nahkhiirte fenoloogiast tulenevalt kolmeks:

- 1. mai kuni 1. juuni – kevadperiood ja nahkhiirte kevadränne;
- 1. juuni kuni 30. juuli – suveperiood;
- 1. august kuni vaatluste lõpp - sügisperiood ja nahkhiirte sügisränne.

Kevadperioodil toimub paiksete nahkhiireliikide kevadine toitumine ning suvistesse elupaikadesse liikumine ja nahkhiirte kevadränne. Selle perioodi lõpuks kogunevad kokku nahkhiirte poegimiskolooniad. Suveperioodil toimub nahkhiirte poegimine, järglaste kasvatamine ja lennuvõimestumine. Emased loomad on sel ajal võrdlemisi väheliikuvad ning püsivad kolooniakohtade ümbruses. Sügisperioodil toimub rändsete liikide ränne ning paiksed liigid valmistuvad talveuneks ning liiguvad maastikus suveperioodist laiemalt ringi.

Uurimaks nahkhiirte leidumist alal koguti andmeid kolmel viisil:

- laevaloendused nahkhiirte kevad- ja sügisrände perioodil;
- nahkhiirte loendused merepoidel kevad- ja sügisrände perioodil ning suvel;
- nahkhiirte loendused rannikul Kablis ja Kihnus.



Joonis 5. Saare-Liivi meretuulepargi esialgne ala ja nahkhiirte registraatorite paiknemine

3.1 Nahkhiirte loendused merepoidel

Nahkhiirte registreerimiseks avamerel paigaldati uuringualale viis kollast eriotstarbelist poid. Iga poi oli varustatud kollase märgutulega, iseloomuga Fl Y 5s, mille nähtavuskauguseks oli 3 meremiili. Poid paigaldas transpordiamet. Poide täpsed asukohad on toodud joonisel 5 ning koordinaadid esitatud järgnevas tabelis 4.

Tabel 4 Nahkhiireregistraatoriga varustatud poide koordinaadid WGS-84 süsteemis.

Poi tähis	Lat	Long	Kaugus Kihnust	Kaugus Mandri-Eestist
SL_1	58,1346	23,6278	20 km	24 km
SL_2	58,1189	23,6579	18 km	25 km
SL_3	58,1032	23,6879	16 km	26 km
SL_4	58,0874	23,7180	14 km	28 km
SL_5	58,0716	23,7480	14 km	29 km



Joonis 6 Seadmete paigaldamine poide külge.

Nahkhiirte registreerimiseks paigaldati poidele firma ecoObs ultraheliregistraatorid GSM-Batcorder 1.0 koos paigalduskomplektiga „box extension“ (Joonis 7), millesse kuuluvad veekindel kast, aku ja päikesepaneel. Seadmed olid seadistatud saatma igapäevaseid SMS-teavitusi seadme töökorras oleku kohta, kuid mobiilside levi oli uuringualal kohati nõrk, mistõttu ei saanud sõnumeid igapäevaselt.



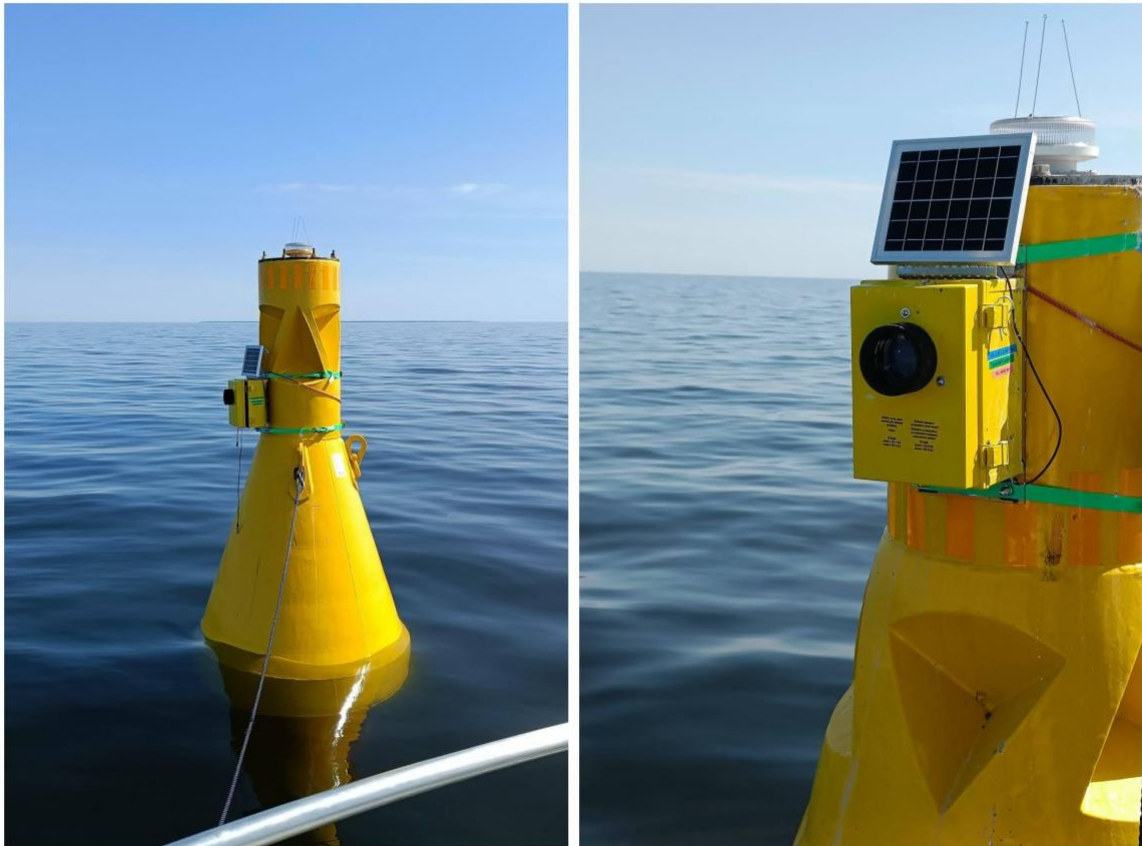
Joonis 7 GSM-Batcorder koos lisakomplektiga.

Seadmed paigaldati poidele koormarihmade abil (Joonis 8). Päikesepaneeli kinnitamiseks tehti metallist rakis, kuna komplekti kuulunud plastikrakis ei oleks eeldatavasti avameretingimustele vastu pidanud. Seadmed paigaldati poide külge Rohuküla sadamas 24.04.2023 ning viidi merele transpordiameti laevaga. Kõik poid jõudsid merele 01.05.2023 ja olid seal kuni 10.10.2023.

Tehniline parameeter	Sätted
Kvaliteet (<i>quality</i>)	20
Lävendnivoo (<i>threshold</i>)	-27 dB
Maksimaalne ajavahemik järjestikuste heliimpulsi vahel (<i>post trigger</i>)	400 ms
Kriitiline sagedus (<i>critical frequency</i>)	16 kHz
Mürafilter (<i>noise filter</i>)	välja lülitatud

Uuringuperioodi vältel hooldati seadmeid kolmel korral – 20.05, 07.06 ja 20.07. Muul ajal jälgiti seadmete töökorda GSM-side abil. Töö vältel esines ka tehnilisi probleeme. Seadmete ei töötanud perioodil arvatud 21. mai kuni 6. juuni. Seisak seadmete töös esines, sest seadmete hoolduse käigus tehti nende seadistamisel viga ja need ei käivitunud. Viga kõrvaldati esimesel võimalusel 07.06.2023. Varasemalt ei olnud võimalik seadmeid taaskäivitada ilmastiku tõttu, seadmete hooldamiseks on vaja pea laineteta ilmaolusid.

Tekkinud seisak, ei takista meie hinnangul järeltuste tegemist nahkhiirte rände kohta Saare-Liivi lahe uuringualal. 20. maiks on valdav osa kevadrändest läbi ning algab suveperiood, mil nahkhiiri kaugel merel ilmselt suurel hulgal ei ole.



Joonis 8 Nahkhiirte registraator Liivi lahel.

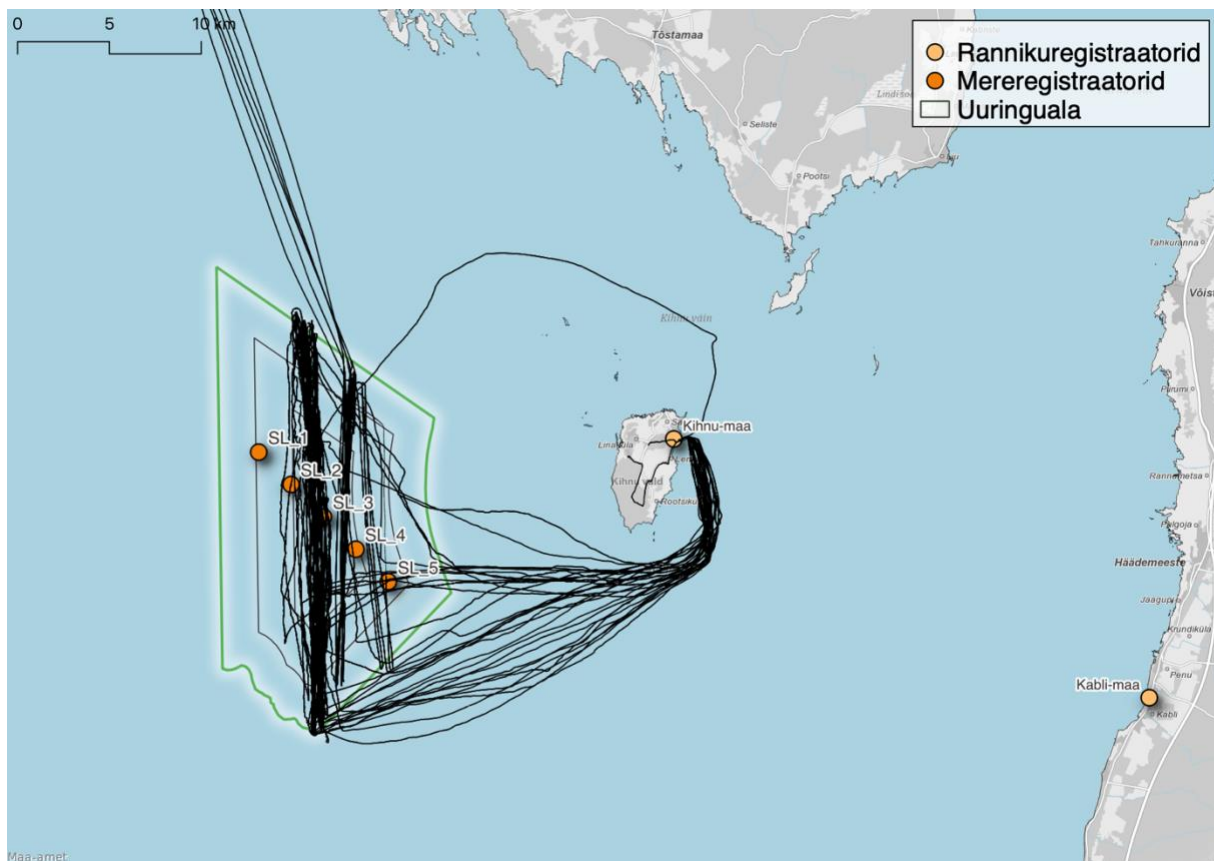
3.2 Laevaloendused

Kevad- ja sügisrände perioodil viidi, lisaks loendustele merepoidel, läbi ka laevaloenduseid väikelaevaga. Laevaloendused toimusid 2022. ja 2023. aastal. Kevadrände perioodil toimusid loendused 7 öö vältel ning kõik loendused viidi läbi 2023. aastal. Sügisrände perioodil toimusid loenduse 14 öö vältel, neist 8 viidi läbi 2022. aastal (Tabel 5). Kevadperioodil kulges tööde läbiviimine plaanipäraselt, esimene laevaloendus toimus 06.05.2023 ning viimane 24.05.2023. 2023. aastal oli sügisperioodil plaanis meresõitudega alustada juuli viimasel nädalal, kuid tormise ilma tõttu sai loendustega alustada alles 09.08.2023, viimane loendus toimus 12.09.2023. 2023. aastat iseloomustab tavapärasest tormisem ilmastik, mistõttu oli laevaloenduseks sobivaid öid küllaltki vähe. Samuti ei olnud võimalik alati sõita kuni päikesetõusuni, kuna ilma halvenemise tõttu tuli sadamasse tagasi pöörduda. Loenduste lühem kestvus ei mõjuta järelduste tegemist, kuna ilmastiku halvenedes nahkhiired avamerd ei kasuta.

Tabel 5 Laevaloenduste läbiviimise kuupäevad ja loenduste kestvus.

Loenduskuupäev	Loendusperiood	Registraatori mudel	Loenduse kestvus (h)
05.08.2022	Sügisränne	SM2Bat+	2,5
09.08.2022	Sügisränne	SM2Bat+	4,7
13.08.2022	Sügisränne	SM2Bat+	6,4
26.08.2022	Sügisränne	SM2Bat+	6,8
27.08.2022	Sügisränne	SM2Bat+	7,6
28.08.2022	Sügisränne	SM2Bat+	5,0
10.09.2022	Sügisränne	SM2Bat+	3,8
23.09.2022	Sügisränne	SM2Bat+	10,0
06.05.2023	Sügisränne	SM2Bat+	7,7
08.05.2023	Kevadränne	SM2Bat+	6,4
10.05.2023	Kevadränne	SM2Bat+	6,6
12.05.2023	Kevadränne	SM2Bat+	6,5
19.05.2023	Kevadränne	SM2Bat+	5,8
22.05.2023	Kevadränne	SM2Bat+	5,5
24.05.2023	Kevadränne	SM2Bat+	5,6
17.08.2023	Sügisränne	SM4Bat-FS	7,7
31.08.2023	Sügisränne	SM2Bat+	4,0
03.09.2023	Sügisränne	SM2Bat+	8,1
08.09.2023	Sügisränne	SM2Bat+	8,5
11.09.2023	Sügisränne	SM2Bat+	9,3
12.09.2023	Sügisränne	SM2Bat+	8,5

Loenduste käigus sõideti uuringualal ligikaudu põhja-lõuna suunal (Joonis 9) kiirusega ca 5 sõlme, kuid täpne sõidukiirus olenes ilmastikutingimustest. Loendusel sõideti vaid uuringuala idapoolsel alal ning lääne poolsel lisa alal laevaloenduseid läbi ei viidud. Loendus kestis ideaaljuhul päikeseloojangust -tõusuni, kuid mitmel korral juhtus, et ilmastiku halvenemisel kestis loendus lühemalt. Loenduse käigus läbitud teekond salvestati GPS seadme abil ning salvestiste asukoht tehti kindlaks ühendades kellaja alusel GPS-i salvestatud asukohapunktid ning ultraheli salvestaja poolt tehtud helisalvestised.



Joonis 9 Laevaloenduste sõidulogid. Kaardil on ka loendusele sõitmise ja loenduselt naasmise logid.

Loenduste läbiviimiseks kasutati peamiselt ultrahelisalvestajat SM2BAT+ ja ühel ööl SM4BAT-FS (*Wildlife Acoustics*) SM2BAT+ võimaldab korraga salvestisi teha kahe mikrofoniga. Nahkhiirte salvestamiseks paigutati üks mikrofon laeva reelingu külge vööris ning teine raadioantenni külge. Selline lahendus võimaldab katta suurema nurga ning vähendada loomade märkamata jäämist.

Tabel 6 Registraatorite SM2Bat+ seadistamisel kasutatud parameetrid. Seadme SM4Bat-fs puhul olid seaded samad, kuid korraga kasutusel üks mikrofon.

Tehniline parameeter	Sätted
kvantimissagedus (<i>sampling rate</i>)	192 khz
kõrgpääsfilter (<i>high-pass filter</i>)	16 khz
päästiku tugevus (<i>trigger level</i>)	12 db
päästiku kestvus (<i>trigger window</i>)	3 s
salvestise formaat	*.wav
kasutatud mälumaht	2 x 32 Gb
töörežiimi algus	päikeseloojangul
töörežiimi lõpp	päikesetõusul
kasutatud mikrofone	2



Joonis 10 Laevandusteks peamiselt kasutatud väikelaev Kyne Munalaiu sadamas.

3.3 Nahkhiirte loendused rannikul

Jälgimaks nahkhiirte rände dünaamikat Mandri-Eesti rannikul ja Kihnu saarel, mis on potentsiaalne nahkhiirte merele suundumise koht, paigutati üks automaatregistraator (SM4Bat-FS, *Wildlife Acoustics*) Kihnu saarele ning teine Kabli linnujaama juurde. Kihnu registraatori asukohaks valiti Kihu Suaru sadamast 250 m kaugusel paiknev hoone, mis paikneb rannikult saare keskosasse suunduvad metsavööndi ääres (Joonis 12). Asukoht on tuulevaikne ning lähedal sadamale, 2022. aastal tehti antud kohas eeltöid ja kontrolliti asukoha sobivust nahkhiirte salvestamiseks. Kabli registraator paiknes Kabli linnujaama kõrval maast ca 4 m kõrgusel (Joonis 11). Samas asukohas on rändel olevaid nahkhiiri seiratud üle 10 aasta ning see annab uuringule hea võrdlusbaasi varasemaga.



Joonis 11 Nahkhiirte registraatori asukoht Kabli rannikul



Joonis 12 Nahkhiirte registraatori asukoht Kihnu rannikul

3.3.1 Ilmastikuandmed

Ilmastikumõjude analüüsiks kasutati riikliku meteoroloogia seirevõrgu jaamade andmeid. Vaatlusandmed pärinevad Keskkonnaagentuuri Ruhnu, Häädemeeste ja Kihnu ilmajaamadest. Ilmastiku analüüsiks kasutati kolme ilmajaama keskmistatud 10-minuti keskmiseid andmeid, kõik täiendavad arvutused ja teisendused tehti analüüsi koostajate poolt.

Nahkhiirte möödalendude ja ilmastiku seoste analüüsiks kasutati korraga nii Saare-Liivi täiendaval uuringualal, kui ka selle kõrval paikneval Saare-Liivi uuringualal kogutud andmeid. Ainult lisaalal kogutud andmete kasutamisel oleks andmestik liiga väike. Mõlemad paiknevad sarnastes oludes (kaugus maismaast, tuuleolud jne.), seega on andmete koos analüüsimine sisult korrektne.

3.4 Helisalvestiste määramine

Nahkhiireliikide tuvastamiseks kasutati tarkvara Kaleidoscope 5.6 (*Wildlife Acoustics*). Tarkvara võimaldab nahkhiireliikide automaatset tuvastamist, kuid kvaliteetse ja täpse tulemuse saavutamiseks kontrolliti tarkvarapoolsed määrangud manuaalselt üle. Failid määrati võimalusel liigini, välja arvatud perekonna lendlane liikide puhul. Perekonda lendlane on käsitletud liigirühmana, kuna antud rühm ei ole alati usaldusväärselt liigini identifitseeritav või on kõikide helisalvestiste liigini identifitseerimine väga ajakulukas. Seetõttu on otstarbekas käsitleda lendlaseid ühe rühmana ning liike arvukuse hinnangus eraldi mitte käsitleda. Eestit asustavate lendaseliikide hukkumisrisk tuuleparkides, on EUROBATS 2015. aasta juhismaterjalis (Rodrigues et al. 2015) hinnatud madalaks, erandiks on vaid tiigilendlane, kelle puhul on hukkumisrisk hinnatud keskmiseks.

Rannikuregistraatorite puhul tõlgendati iga nahkhiire salvestust eraldi sündmusena ning nahkhiirte möödalende arv näitab salvestiste arvu, millel antud liik tuvastati. Avamerel salvestatud nahkhiirte hääled tõlgendati eraldi möödalennu sündmusteks käsitsi. Merepoidel olnud registraatorid GSM-Batcorder tegid lagedal merealal lendavate nahkhiirte kajalokatsiooni aeglase rütmi tõttu ühest möödalennust sageli mitu faili mis tõttu tõlgendati iga möödalend selle aja ja liigi alusel eraldi. Laevaloendusel kasutati nahkhiirte salvestamiseks korraga kahte mikrofoni, kuna enamasti salvestasid sama nahkhiirt korraga kaks mikrofoni tuli samad möödalendu näidanud helisalvestised koondada üheks möödalennuks. Lisaks kestsid möödalennud sageli kauem, kuna tundub, et nahkhiired käivad merel olevaid laevasid uudistamas. Tuleb mainida, et ei saa välistada, et mõne eristatud möödalennu puhul võis olla tegemist kahe teineteisele järgnenud nahkhiirega.

4 Tulemused

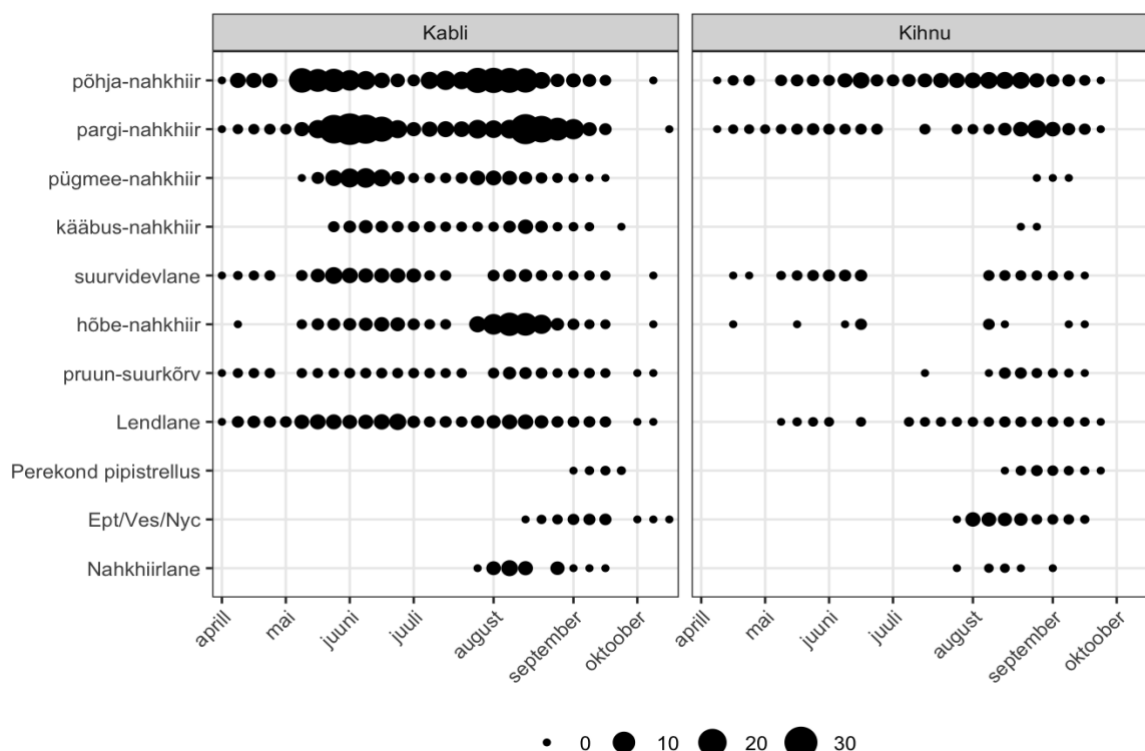
4.1 Nahkhiirte ränne Kablis ja Kihnus

Rändemonitooringu käigus registreeriti mõlema registraatori peale kokku 30 818 nahkhiirte möödalendu 11 taksonist (Tabel 7) – põhja-nahkhiir (*Eptesicus nilssonii*), tõmmu/habelendlane (*Myotis brandtii/mystacinus*), tiigilendlane (*Myotis dasycneme*), veelendlane (*Myotis daubentonii*), nattereri lendlane (*Myotis nattereri*), suurvidevlane (*Nyctalus noctula*), pargi-nahkhiir (*Pipistrellus nathusii*), kääbus-nahkhiir (*Pipistrellus pipistrellus*), pügmee-nahkhiir (*Pipistrellus pygmaeus*), pruun-suurkõrv (*Plecotus auritus*) ja hõbe-nahkhiir (*Vespertilio murinus*). Osadel juhtudel jäid salvestatud häämitsused liigini eristamata ning need määrati taksonoomiliselt võimalikult täpse tasemeni.

Tabel 7 Registraatorite juures kohatud nahkhiireliigid ja registreeringute arv. *Lendlaste puhul määrati liik vaid osal salvestistest.

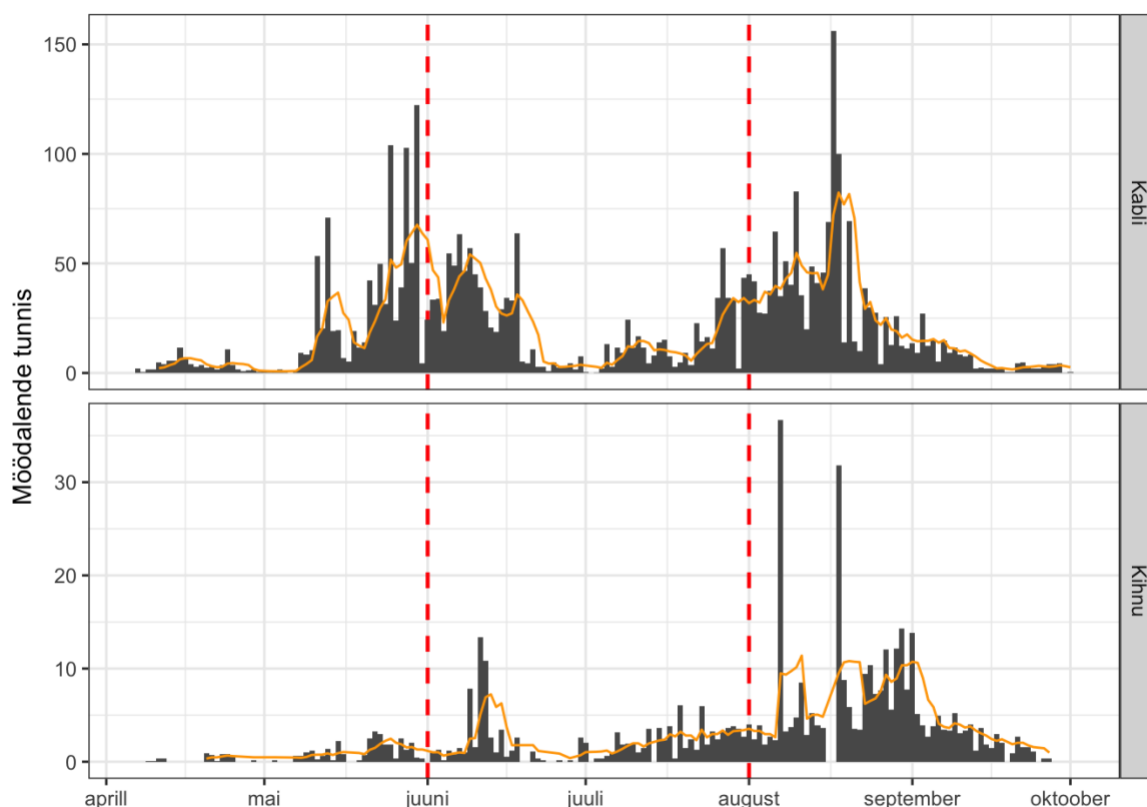
Liiginimetus		Kabli	Kihnu
pargi-nahkhiir	<i>Pipistrellus nathusii</i>	10797	1092
põhja-nahkhiir	<i>Eptesicus nilssonii</i>	8041	2043
hõbe-nahkhiir	<i>Vespertilio murinus</i>	2672	47
perekond lendlane	<i>Myotis sp.</i>	1644	145
pügmee-nahkhiir	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	1572	8
suurvidevlane	<i>Nyctalus noctula</i>	794	112
Nahkhiirlane	<i>Vespertilionidae sp.</i>	462	13
kääbus-nahkhiir	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	398	2
pruun-suurkõrv	<i>Plecotus auritus</i>	256	56
Ept/Vesp/Nyc	<i>Ept/Vesp/Nyc</i>	153	304
veelendlane	<i>Myotis daubentonii</i>	88	-
perekond pipistrellus	<i>Pipistrellus sp.</i>	22	79
tõmmu/habelendlane	<i>Myotis brandtii/mystacinus</i>	11	-
nattereri lendlane	<i>Myotis nattereri</i>	4	-
tiigilendlane	<i>Myotis dasycneme</i>	3	-
Kokku		26917	3901

Järgnev joonis (Joonis 13) näitab, et tuvastatud liikide esinemine Kabli ja Kihnu rannikuregistraatorite juures oli hooajati erinev. Kabli registraatori juures olid kõik tuvastatud liigid kohal pea terve vaatlusperioodi vältel, samas kui Kihnu saarel puudusid kevadel ja suvel kääbus-, pügmee-, ja hõbe-nahkhiir. Samuti ei registreeritud suve keskel saarel suurvidevlast. Võimalik, et tegu on saart vaid rändeperioodil asustavate rändliikidega, samas kui pruun-suurkõrv on tõenäoliselt saarel olemas ka ülejäänud aasta vältel.



Joonis 13 Uuringu käigus kindlaks tehtud nahkhiireliigid registraatorite ja nädalate kaupa. Täpi suurus näitab registreeringute nihkuvat keskmist 7 päeva jooksul.

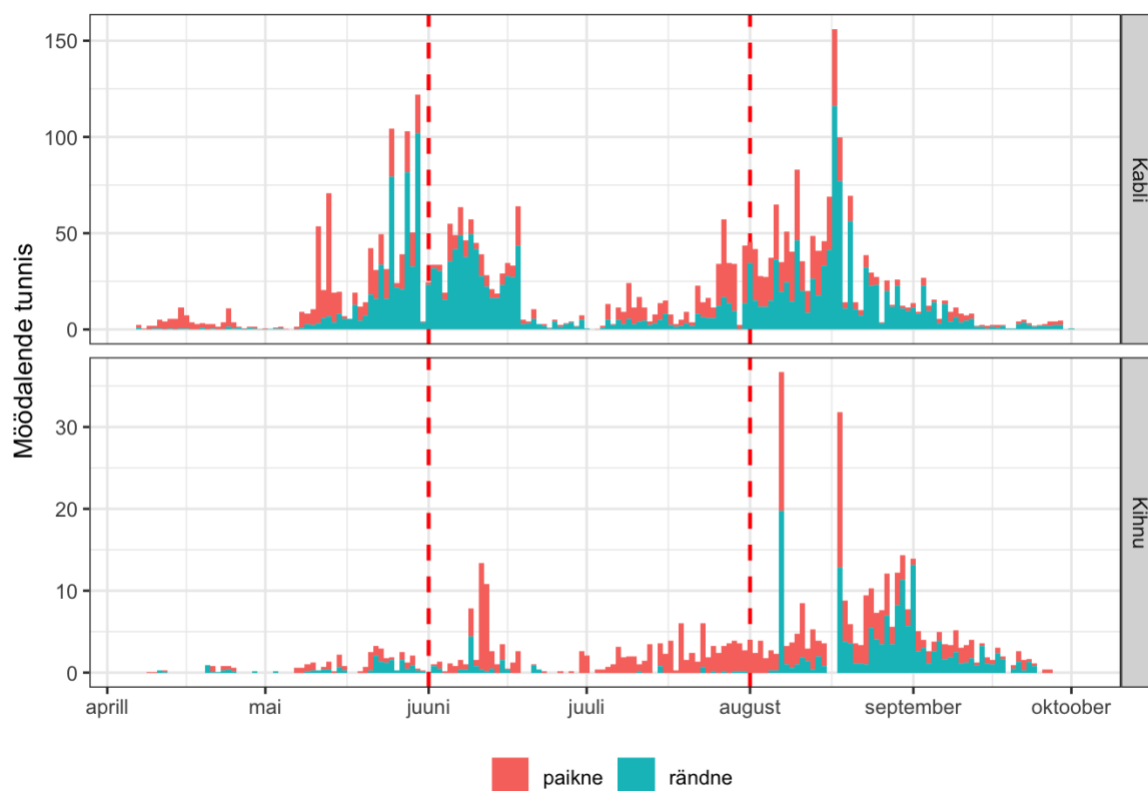
Nahkhiirte möödalendude arv oli suurem Kabli külas paikneva registraatori juures, kus registreeriti 26 917 möödalendu. Kablis registreeriti kõik 11 taksonit, kellest arvukaimaks olid pargi-nahkhiir, põhja-nahkhiir ja hõbe-nahkhiir. Nahkhiirte möödalennud jagunesid Kablis kaheks suurema aktiivsusega perioodiks (Joonis 14). Esimene neist kestis mai algusest juuni keskpaigani ning sellele järgnes juuni lõpus ja juuli esimeses pooles oluliselt madalama nahkhiirte arvukusega periood. Teine kõrgema arvukusega periood algas juuli lõpus ja kestis kuni septembri keskpaigani. Esimest suurema arvukusega perioodi võib tõlgendada rändurite saabumise ja järkjärgult piirkonnas paikseks jäämisena. Teisel perioodil kasvas alates juuli viimasest nädalast rändsete liikide arvukus ning arvukuse kasvu teisel perioodil võib ilmselt tõlgendada nahkhiirte rändena.



Joonis 14 Nahkhiirte möödalendude dünaamika rannikuregistraatorite juures. Kollane joon tähistab 5 päeva möödalendude nihkuvat keskmist, punased jooned kevad ja sügisrände tinglikku lõpp- ja algusaega.

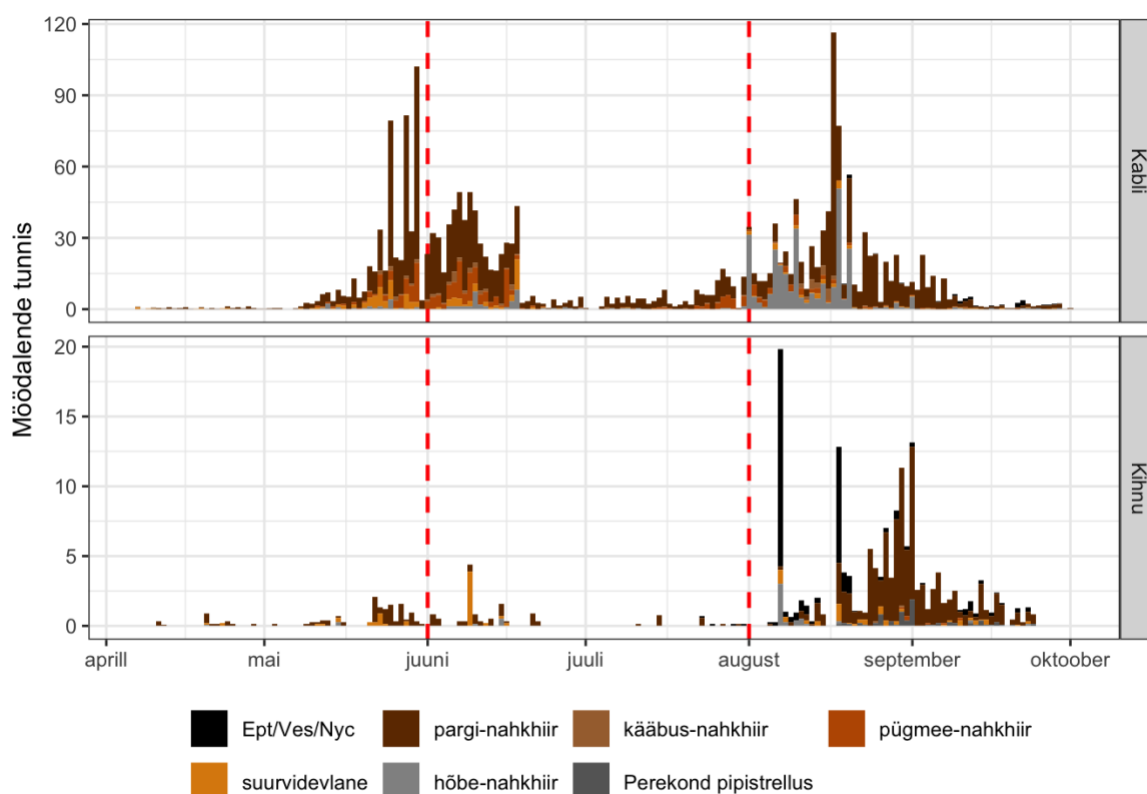
Kihnu saarel paiknenud registraator registreeris kogu uuringuperioodi peale kokku 3 901 nahkhiirte möödalendu. Kihnu vaatluspunktis tehti kindlaks 7 nahkhiireliiki ja perekond lendlane. Kõige arvukamateks liikideks olid põhja-nahkhiir ja pargi-nahkhiir, kes moodustasid kahepeale kokku üle 80% möödalendudest. Nahkhiirte möödalendude hulk oli Kihnus enamuse hooajast madal, tõustes mõnevõrra kevadrände perioodil. Kõige kõrgema möödalendude arvuga perioodiks võib pidada sügisrände perioodi juuli lõpust septembri keskpaigani (Joonis 14).

Järgneval joonisel (Joonis 15) on toodud möödalendude jaotus rändsete ja paiksete liikide kaupa. Jooniselt nähtub, et suure osa möödalendudest moodustavad Kablis rändliigid ja seda terve suvehooaja vältel. Rändsete liikide kõrge arvukus juuni kuus viitab asjaolule, et piirkonda asustavad suvel tõenäoliselt ka rändsete liikide kolooniad. Jooniselt on näha ka maikuusse jäävad möödalennud ja augusti arvukuse tõus, mida võib pidada nahkhiirte rändeks. Augusti esimeses pooles on peamine rändliik hõbe-nahkhiir ning kuu teises pooles on peamiseks ränduriteks pargi-nahkhiir. Rändliike leidub piirkonnas kuni oktoobrini, kui arvukus langeb oluliselt septembri teises pooles.



Joonis 15 Nahkhiirte möödalendude dünaamika rannikuregistraatorite juures. Punased jooned tähistavad kevad ja sügisrände tinglikku lõpp ja algusaega, värvid rändete ja paiksete liikide möödalendude osakaalu.

Kihnu saarel on kevad- ja sügisrände perioodil näha rändliikide osakaalu suurenemine võrreldes juuni ja juuli kuuga. Rändliikide arvukus oli Kihnus sügisel oluliselt kõrgem kui kevadel. Peamise osa rändliikidest moodustas pargi-nahkhiir, kellele järgnes suurvidevlane (Joonis 16), videvlase möödalende registreeriti aga ca 10 korda vähem. Rändliike leidis piirkonnas sügisel septembri lõpuni.



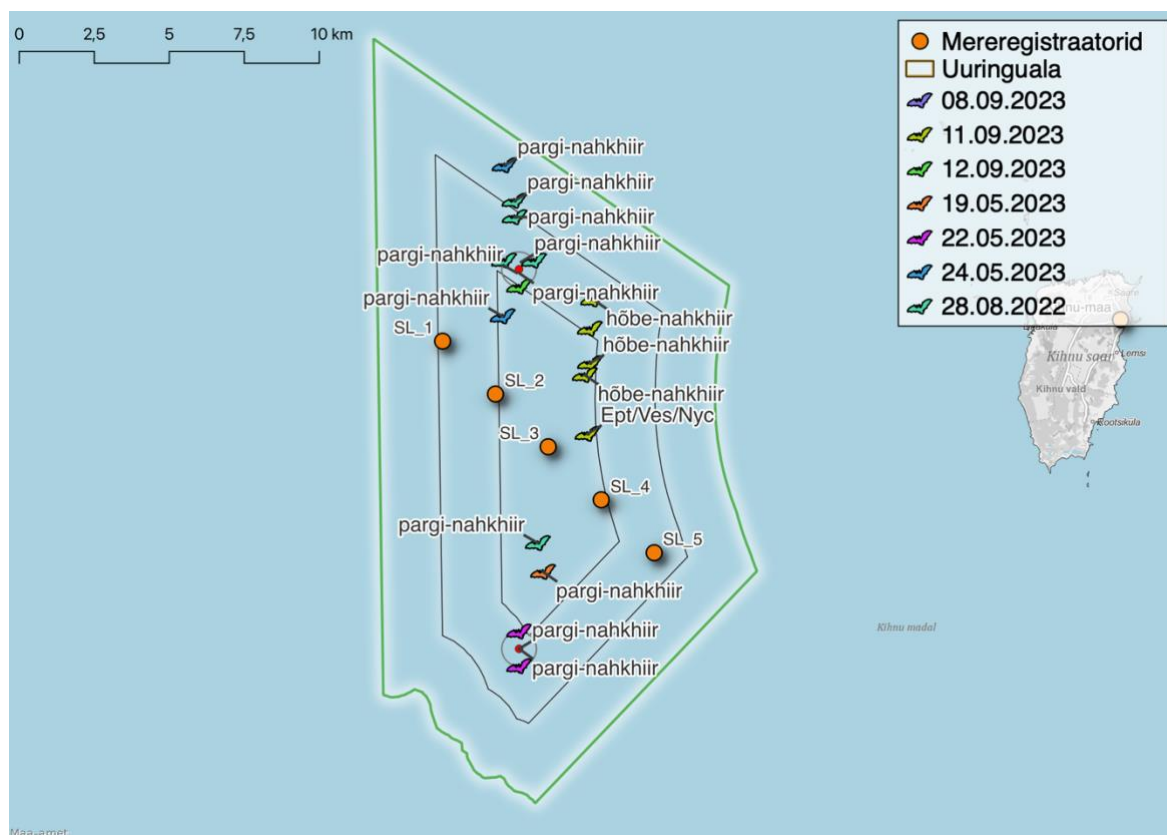
Joonis 16 Rändliikide registreeringud Kabli ja Kihnu vaatluspunktides. Punased jooned tähistavad kevad ja sügisrände tinglikku lõpp ja algusaega, värvid rändete ja paiksete liikide möödalendude osakaalu.

Järeldused:

- Mõlemat vaatluspunkti läbisid nii kevadel kui sügisel rändliigid. Mõlemat ala (Kihnu ja Kabli) läbib nii nahkhiirte kevad- kui sügisränne.
- Kevadrändel Kihnut läbivate nahkhiirte arvukus on oluliselt madalam, kui Kablit läbivate liikide arvukus. Tõenäoliselt on kevadel eelistatav rändetee mööda maismaad.
- Sügisrändel on nahkhiirte arvukus Kablis oluliselt kõrgem, samas on võrreldes kevadega rändlike ka Kihnus mitu korda rohkem. Sügisränne kulgeb nii mööda maismaad, kui ka üle Liivi lahe.
- Kevadrände tipp on nii Kihnus kui ka Kabli rannikul umbkaudu samal perioodil, mai kuu keskel ja teises pooles. Esimesed rändurid saavad piirkonda juba aprillis.
- Sügisrände tipp on nii Kihnus kui ka Kabli rannikul umbkaudu samal perioodil, augusti teises pooles. Rändliike leidub piirkonnas kogu rändeperioodi vältel.

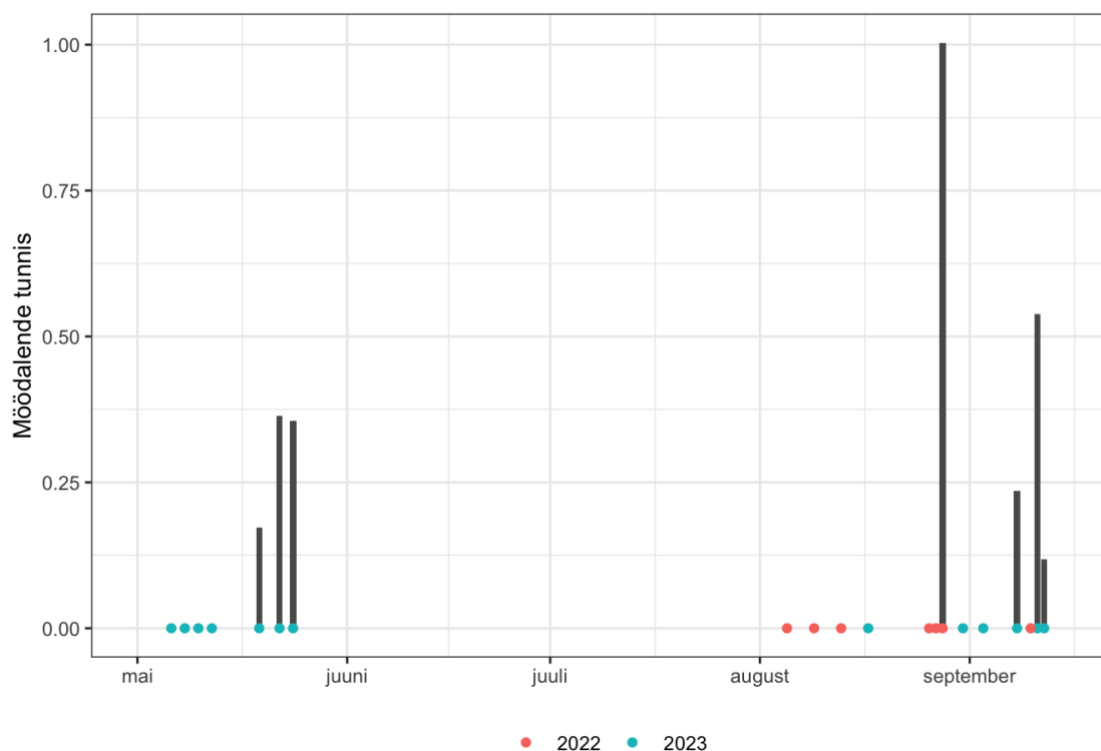
4.2 Laevaloendused

Laevaloendused toimusid kevadperioodil seitsmel ja sügisperioodil 14 ööl, neist 8 viidi läbi 2022. aastal ning 6 toimusid 2023. aastal. Loendused toimusid kokku 136 tunni vältel.



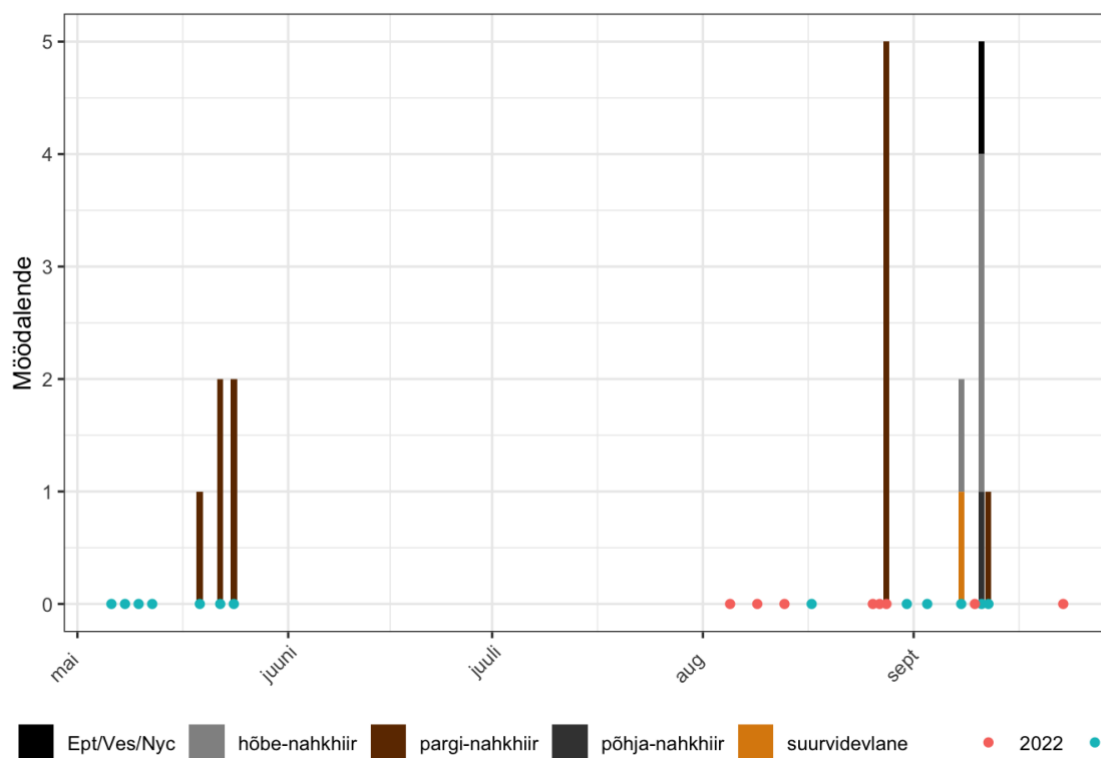
Joonis 17 Laevaloenduste käigus registreeritud nahkhiirte möödalennud.

Laevaloenduste käigus tehti kindlaks neli nahkhiireliiki – põhja-nahkhiir (*Eptesicus nilssonii*), pargi-nahkhiir (*Pipistrellus nathusii*), suurvidevlane (*Nyctalus noctula*) ja hõbe-nahkhiir (*Vespertilio murinus*). Lisaks jäid osadel juhtudel helisalvestised liigini määramata ning määrati rühmani – põhja-, hõbe-nahkhiir või suurvidevlane (*Ept/Ves/Nyc*) (Joonis 17). Grupi *Ept/Ves/Nyc* registreeringute puhul on tõenäoliselt tegemist hõbe-nahkhiirte või suurvidevlastega.



Joonis 18 Laevaloendustel registreeritud möödalendude hulk loendusel veedetud tunni kohta. Täpid näitavad öid, mil laevaloendus toimus.

Laevaloenduste käigus eristati 18 nahkhiirte möödalendu, neist kuus kevadrände perioodil ja 12 sügisrände perioodil (Joonis 18). Nahkhiirte möödalendude suhteline arvukus, möödalende ühe laevaloenduse tunni kohta jäi, öödel kui nahkhiiri registreeriti, vahemikku 0,12 – 1 möödalendu tunnis. Keskmise möödalendude hulk tunnis, öödel kui nahkhiiri avamerel kohati, oli 0,4 möödalendu tunnis.



Joonis 19 Nahkhiirte möödalendude jagunemine liikide ja kuupäevade kaupa.

Kõige arvukamaks liikiks laevaloendustel oli pargi-nahkhiir, keda salvestati viiel ööl seitsmest, mil nahkhiiri registreeriti. Kokku registreeritud 18 möödalennust 11 olid pargi-nahkhiired (Joonis 19).

Järeldused:

- Nahkhiirte arvukus on uuringualal suurem sügisperioodil.
- Ala läbib ka kevadränne, kuid nahkhiirte arvukus uuringualal on kevadel madalam.
- Ala läbib nahkhiirte sügisränne. Sügisrände tipp on augusti viimasel kolmandikul ja septembri esimesel poolel.
- Kõige arvukamaks rändliigiks on pargi-nahkhiir.

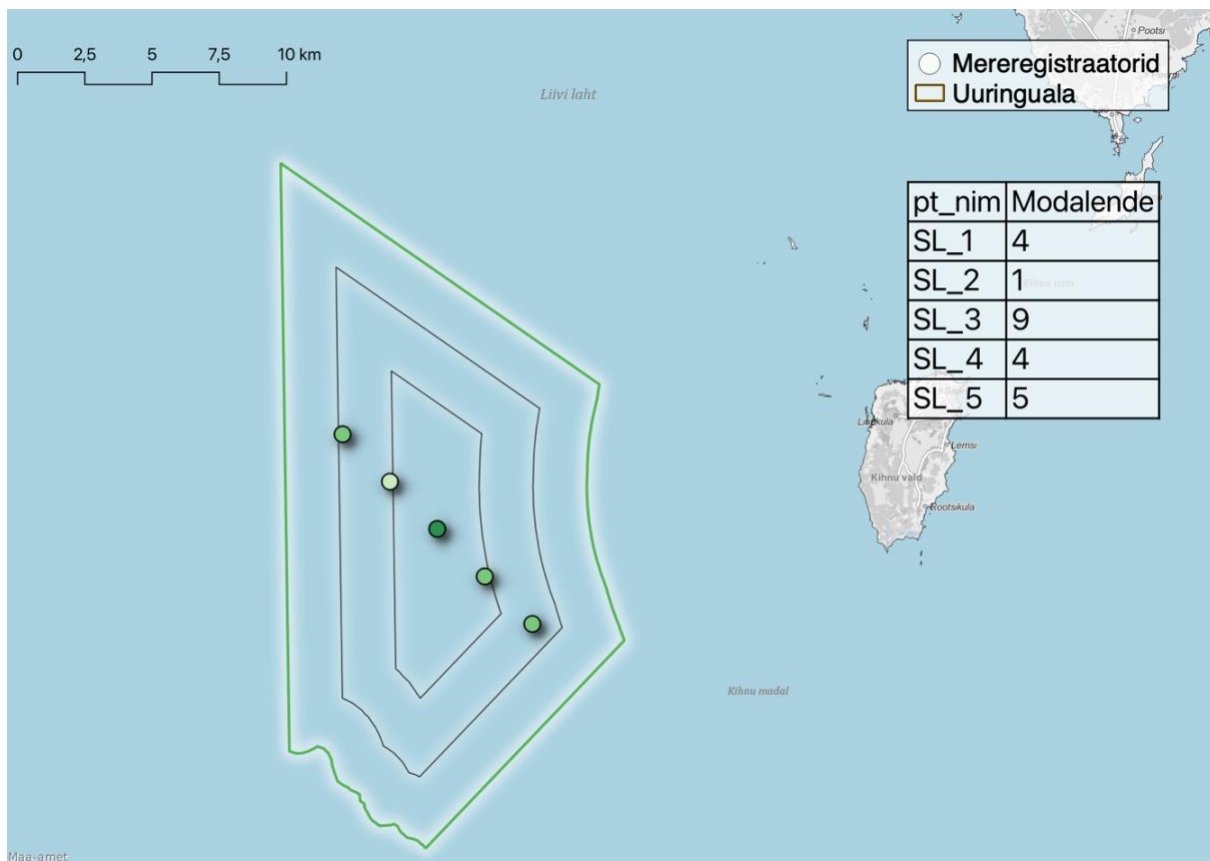
4.3 Püsiregistraatorid

Püsiregistraatorid tegid kindlaks 4 nahkhiireliiki – põhja-nahkhiir, pargi-nahkhiir, suurvidevlane ja tiigilendlane (Tabel 8). Osadel juhtudel jäid salvestused liigini määramata, kuna nahkhiired ei teinud merel liigile tüüpilist kajalokatsiooni heli. Neil juhtudel oli tegemist põhja-nahkhiire, hõbe-nahkhiire või suurvidevlasega (*Ept/Ves/Nyc*). Kõige vähem nahkhiiri registreeriti poi SL_2 juures, kus registreeriti 1 möödalend. Ülejäänud poide juures varieerus registreeringute arv 4 ja 9 vahel. Vaatlusandmete üldstatistika on toodud järgnevas tabelis (Tabel 8).

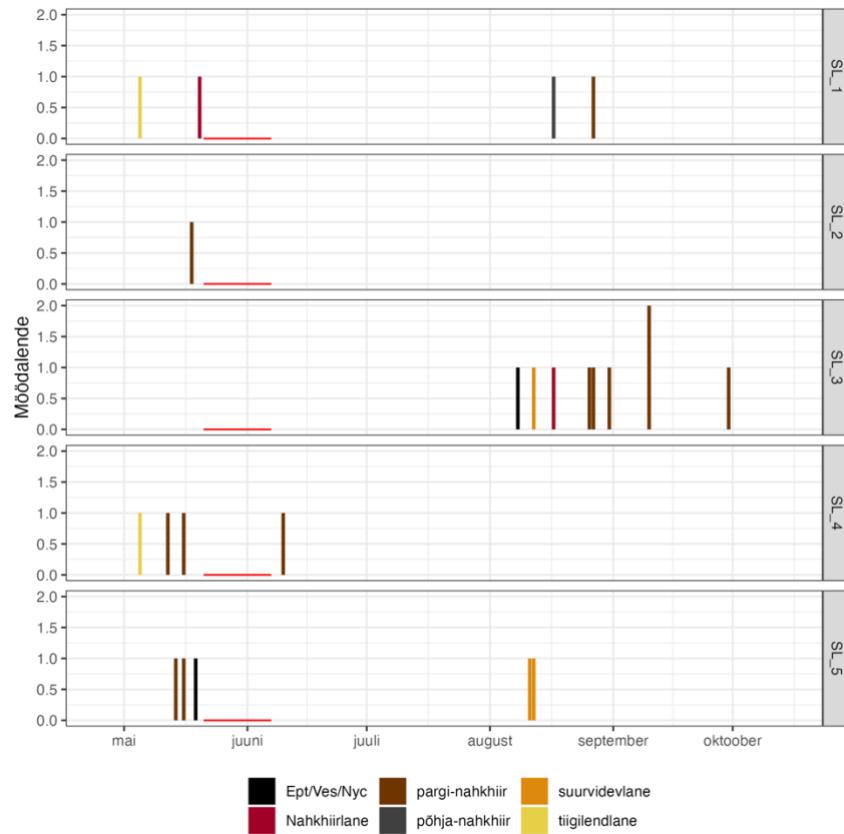
Tabel 8 Püsiregistraatorite poolt registreeritud liigid merepoide kaupa.

Takson	SL_1	SL_2	SL_3	SL_4	SL_5	Kokku
põhja-nahkhiir	1					1
tiigilendlane	1			1		2
suurvidevlane			1		2	3
pargi-nahkhiir	1	1	6	3	2	13
Ept/Ves/Nyc			1		1	2
nahkhiirlane	1		1			2
Kokku	4	1	9	4	5	23

Nahkhiiri registreeriti neljal kuul - mais, juunis, augustis ja septembris (Joonis 21). Andmed näitavad, et suvisel perioodil kasutavad nahkhiired avamerel paiknevat uuringualal vähe, ala läbivad tõenäoliselt üksikud isendid. Ala ei kasutata ilmselt toitumisalana ning antud perioodil on tuulepargi toimimine nahkhiirtele ohutu. Nahkhiirte kevadised ja sügisesed möödalennud on seotud rändeperioodiga. Kevadel on nahkhiirte arvukus antud piirkonnas madalam kui sügisel, kuid ala läbib nahkhiirte kevadränne kui ka sügis ränne. Andmete põhjal ei saa välja tuua alasid, mis (Joonis 20).

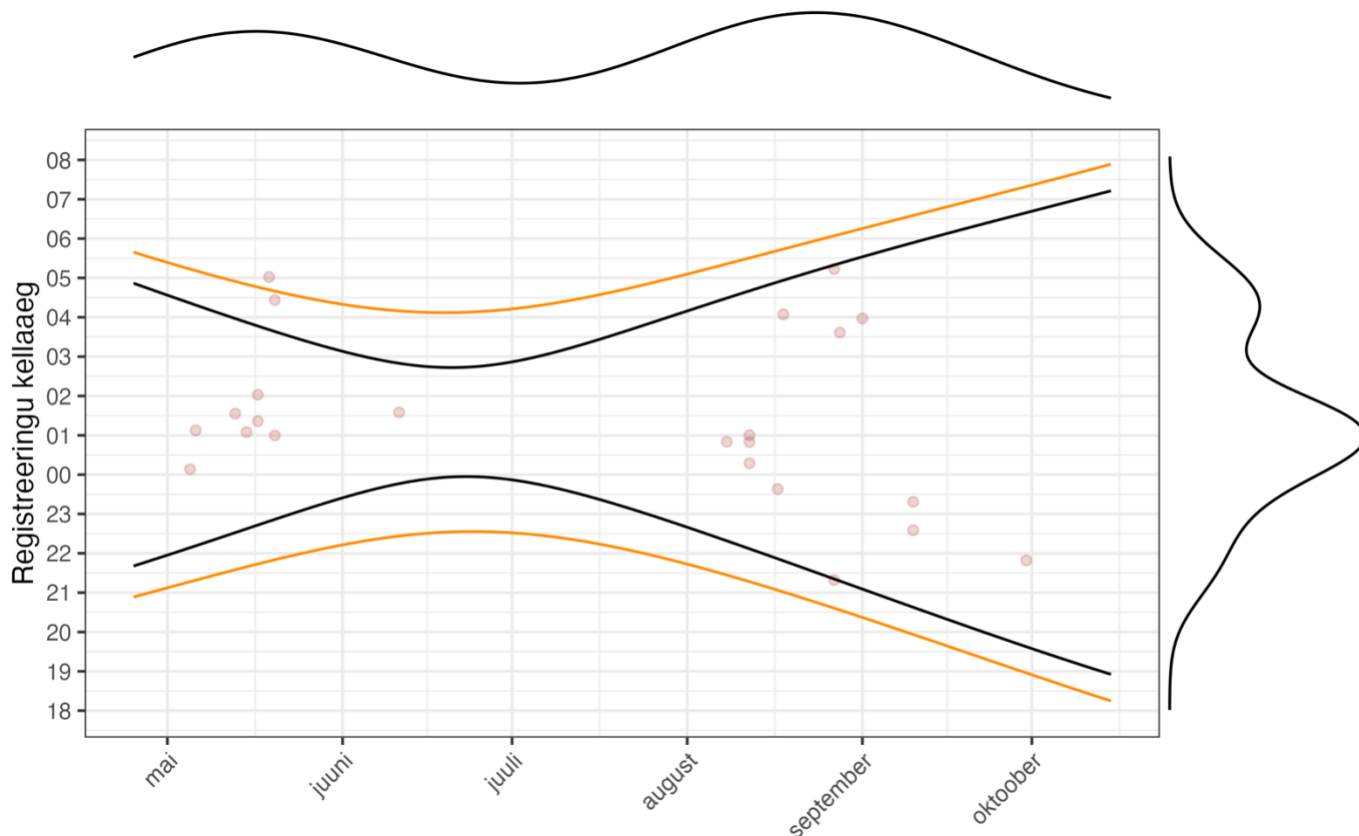


Joonis 20 Nahkhiirte summaarne möödalendude jagunemine poide vahel.



Joonis 21 Püsiregistraatorite poolt registreeritud nahkhiirevaatluste ajaline jaotumine. Punane joon tähistab perioodi, mil registraatorid ei töötanud.

Järgneval joonisel (Joonis 22) on kuvatud nahkhiirte möödalendude jagunemine kellaajaliselt. Oranži joonega on tähistatud päikselloojang ja -tõus ning musta joonega hämardumine (*civil twilight*). Nahkhiirte ajaline jaotutus näitab, et nahkhiirte möödalennud jaotuvad enam-vähem kogu pimedada perioodi peale ning ei saa välja tuua perioode, mil nahkhiiri rannikust kaugel merel ei leiduks.



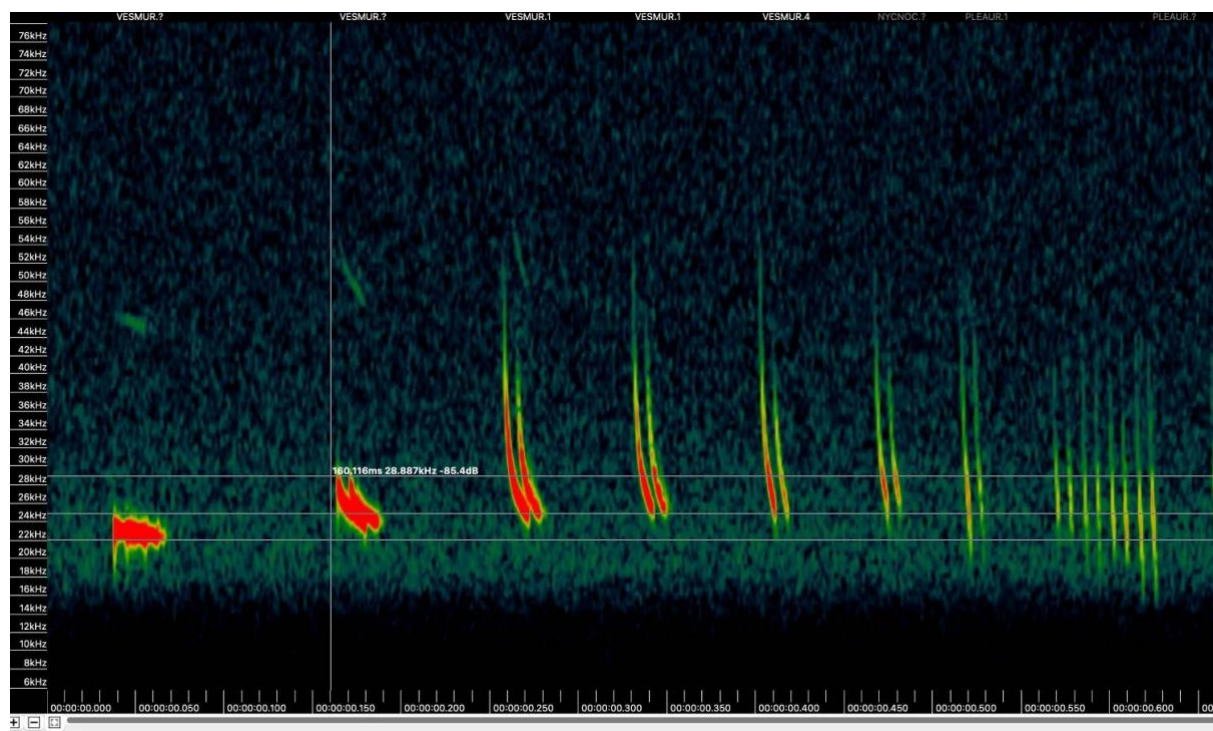
Joonis 22 Avamerel registreeritud nahkhiirte möödalendude jagunemine kellaajaliselt.

4.3.1 Tähelepanekuid nahkhiirte käitumise kohta avamerel

Merel salvestatud nahkhiirte puhul jäi silma, et sageli tegid loomad liigile ebatüüpilist häält, mistõttu jäi mitmel puhul merel registreeritud nahkhiireliik kindlaks tegemata. Mõnel puhul olid merel tehtud salvestised lühikesed, kuid vaadates pikemaid salvestatud heliridasid on näha, et poist või laevast kaugemal olles tegi nahkhiir tavalist, liigile omast häält, kuid registraatorile lähenedes muutus helisagedus kõrgemaks ning signaali kestvus lühemaks (Joonis 23). Selliselt muudavad nahkhiired oma heli siis, kui nad satuvad mingi huvipakkuva objekti lähedusse ning „uurivad“ seda täpsemalt. Antud uuringu kontekstis käisid nahkhiired süsteemselt uurimas avamerel paiknevaid poisid ning sama nähtus oli helifailide põhjal näha ka loenduslaeva puhul.

Kajalokatsiooni abil on nahkhiirte „kuulderaadius“ või objektide tuvastamise kaugus küllaltki väike jäädes enamasti mõnekümne meetri raadiusesse, kuid nende tähelepanu võivad äratada ka visuaalsed stiimulid. Näiteks toob Eklöf 2003 välja, et pikemaid liikumisi tehes tuginevad nahkhiired ilmselt olulisel määral ka nägemismeelele. Merel olevad poid ja ka laevad kujutavad selget muutust monotoonses lagedas keskkonnas ning äratavad seega tõenäoliselt nahkhiirte

tähelepanu ka kajalokatsiooni ulatusest välja jäädes. Uuringu jaoks kasutatud poidele olid kinnitatud topituled, mis plinkisid sagedusega kord iga viie sekundi tagant, samuti on öisel ajal merel viibivad laevad valgustatud erisuguste tuledega. Mitmed uuringud on näidanud, et valgustus võib meelitada nahkhiiri, kuid tulede mõju võib sõltuda valgusspektrist (Guest et al. 2022), samuti on mõju liigi spetsiifiline. Uuringud on näidanud, et tulede (eriti punaste) mõju on eriti märgatav just rändliikide (nt. perekond *Pipistrellus*) puhul, kes kasutavad orienteerumiseks ja suuna seadmiseks nägemismeelt. Sarnast käitumist ning objektide uurimist võib eeldada ka avamerele püstitatud tuulikute puhul. Tuulikud on nähtavad kaugele ning mõjuvad nahkhiirtele ilmselt sama moodi kui poid ja laevad ning nahkhiired võivad nende olemasolul oma käitumist muuta ning sattuda rootorite lähedusse mitte ainult juhuslikult vaid sihipäraselt objekte uurides. Tuulikute nahkhiiri koondavat mõju saab tõenäoliselt leevendada kui tuulikute tipus olevad tuled välja lülitada ning kasutada neid vaid siis, kui see on lennuohutuse tagamiseks tarvilik.



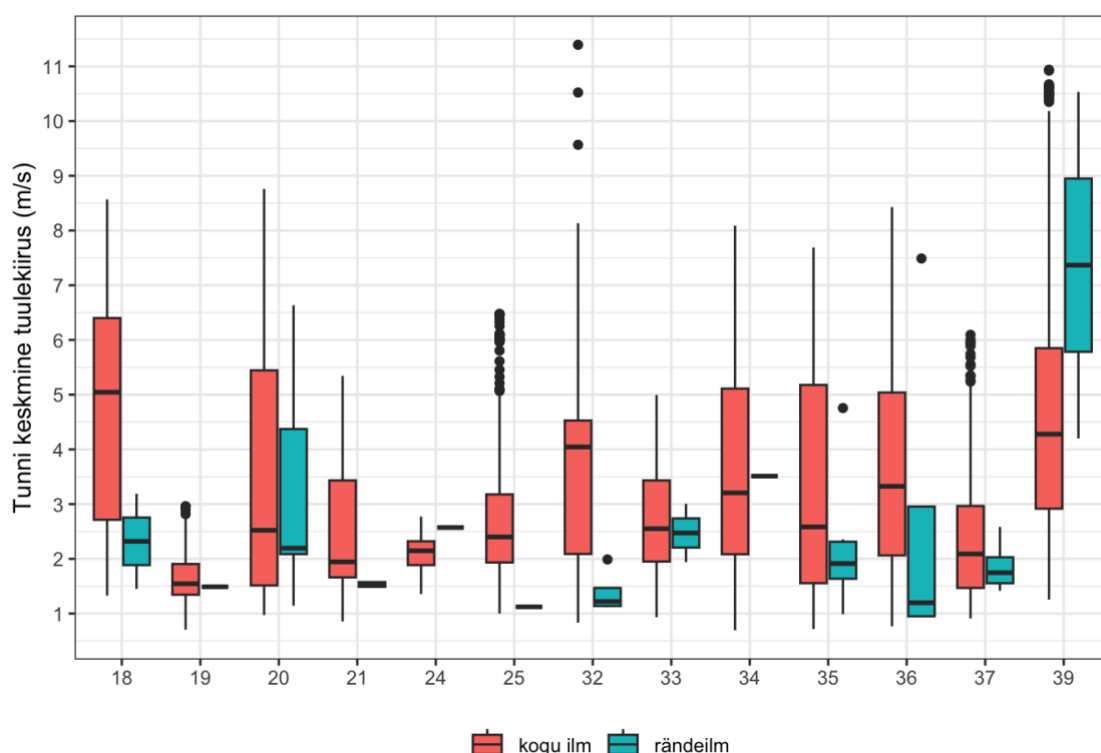
Joonis 23 Suurvidevlase lähenemine Liivi lahel paiknevale poile.

Järeldused:

- Uuringuala läbib nahkhiirte kevad- ja sügisränne. Sügisrändel on nahkhiirte arvukus kõrgem.
- Nahkhiired ei kasuta uuringuala suveperioodil toitumisalana. Suvel läbivad ala üksikud isendid.
- Sügisrände tipp on augusti lõpus ja septembri esimesel poolel.
- Nahkhiirte arvukus ei erinenud uuringuala eri piirkondade vahel.
- Nahkhiired liiguvad alal pea terve öö vältel, öötunde, mil nahkhiired alal ei liiguks kindlaks ei tehtud.

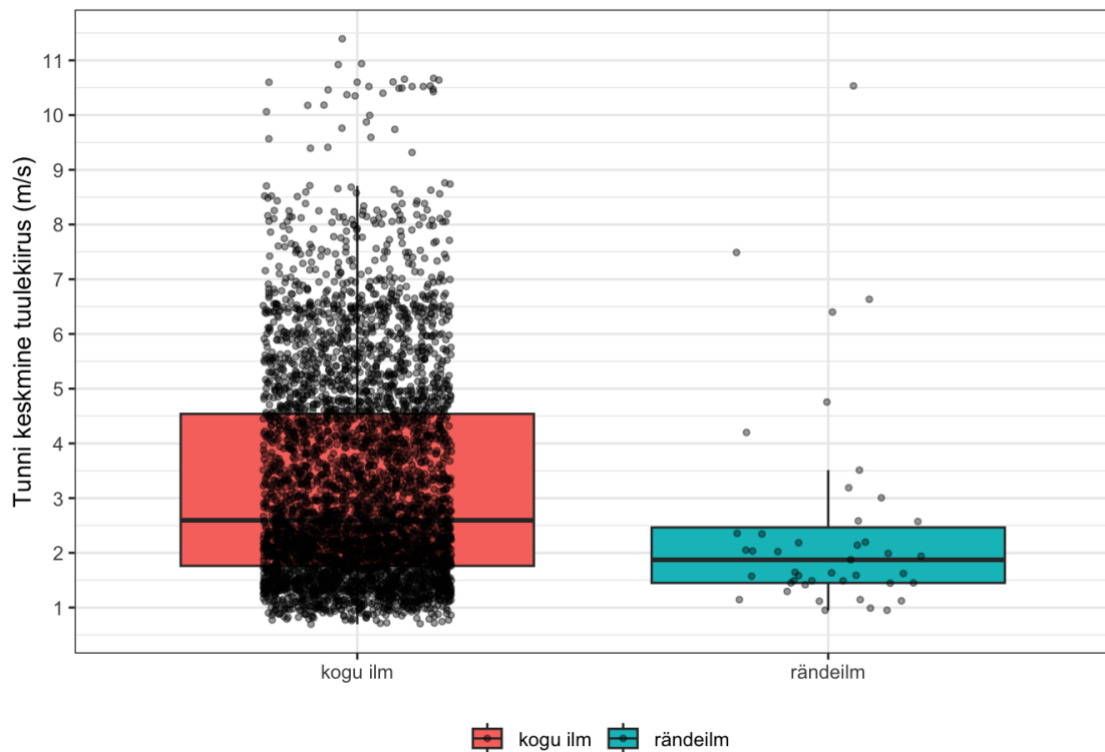
5 Nahkhiirte ränne ja ilmastik

Nahkhiirte arvukust elupaigas ning rännet merel mõjutavad olulisel määral ilmastikutingimused. Järgnevalt on kokku koondatud kõik avamerel tehtud nahkhiirte registreeringud (48) ning analüüsitud nende toimumise aja ilmastikutingimusi. Järgneval joonisel (Joonis 24) on esitatud tunnikeskised tuulekiirused nädala vältel ning tuulekiirused, mille puhul kohati merel nahkhiiri. Punased riskülikud iseloomustavad kogu nädala öiseid tunnikeskiseid tuulekiiruseid ning rohelised ilmastikuandmeid nahkhiireregistreeringule eelnenud tunni vältel. Risküliku sees paiknev joon näitab tunnikeskiste tuulekiiruste mediaanväärtust, risküliku alumine ja ülemine piir vastavalt 25% ja 75% kvantiile. Jooniselt on näha, et nahkhiired kasutavad avamerel rändamiseks valdavalt madalama tuulekiirusega tunde. 39. nädalal esines erandlik öö, mil registreeriti kaks nahkhiirte möödalendu tuulekiirustel 7,5 ja 10,5 m/s.



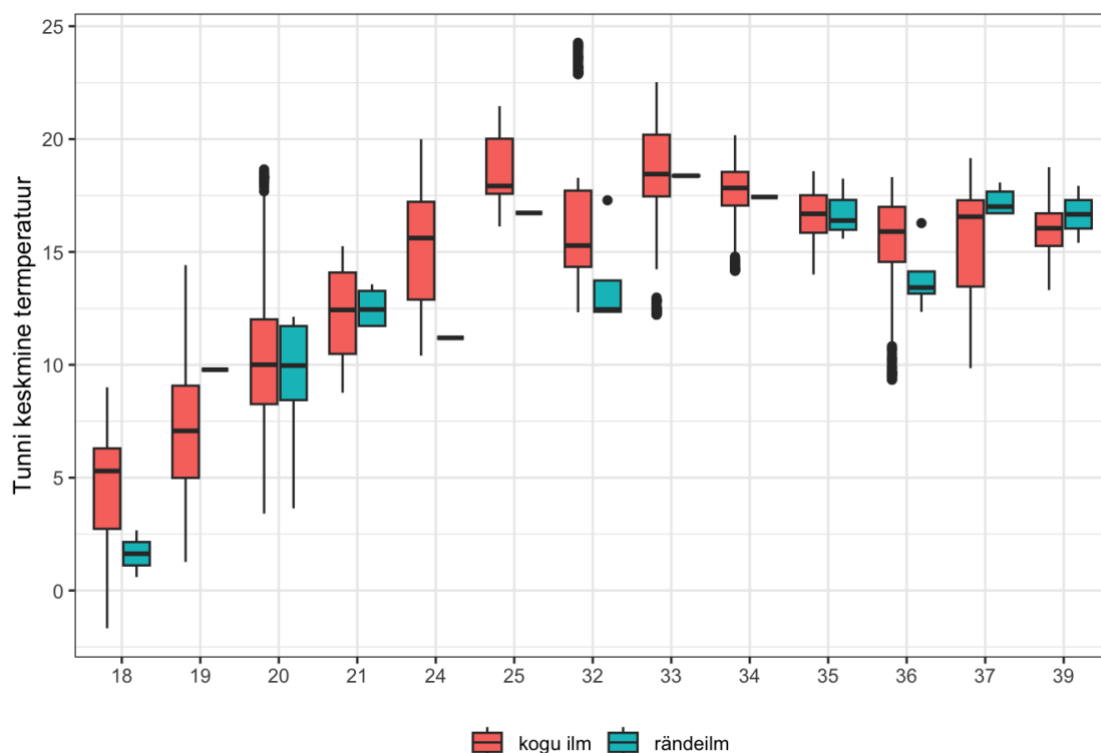
Joonis 24 Nahkhiirte möödalendude sõltuvus tuulekiirusest. X-teljel on toodud nädala number. Joonisel on kuvatud Saare-Liivi ja Saare-Liivi täiendava alal kogutud andmed.

Koondades kokku kõik nahkhiire möödalennud ning tunnikeskise tuulekiiruse andmed samast perioodist näeme, et nahkhiired valivad merele lendamiseks madalama tuulekiirusega ilmasid. Pool nahkhiirte registreeringutest leidis aset tuulekiirustel kuni 1,9 m/s ning 75% möödalendudest tuulekiirustel kuni 2,5 m/s. 90% möödalendudest jäid tuulekiirustele 4,6 m/s (Joonis 25).



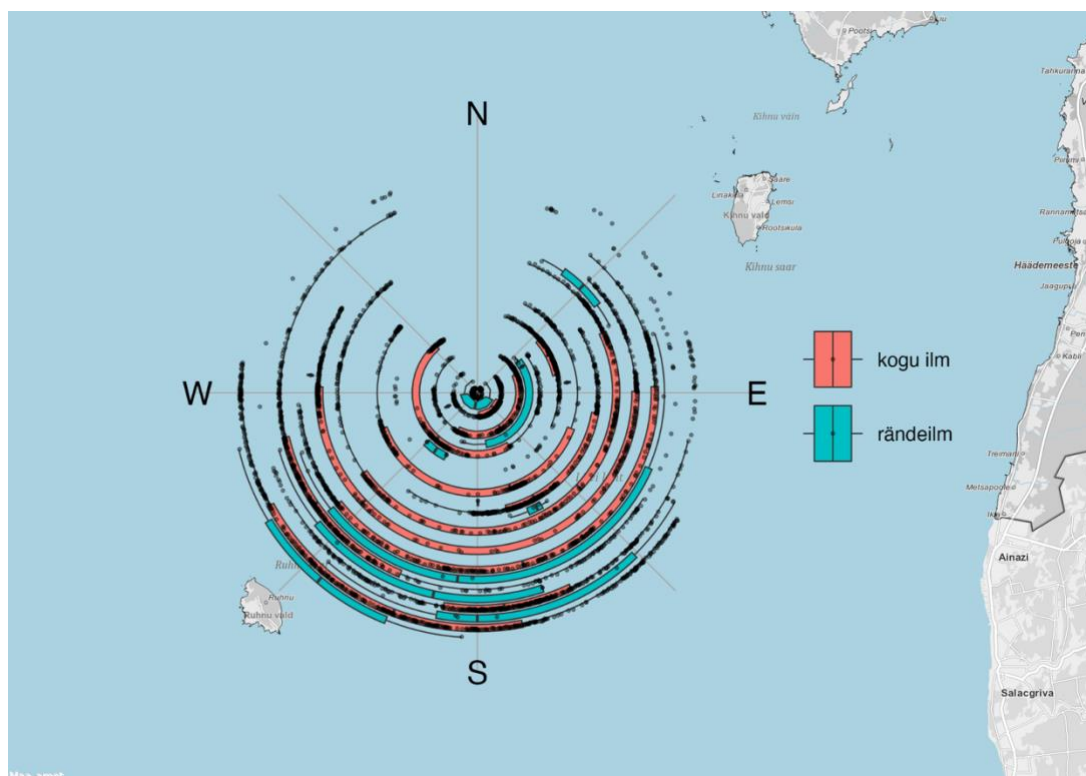
Joonis 25 Nahkhiirte möödalendude jaotumine tuulekiiruse suhtes. Joonisel kuvatud punktid näitavad üksikuid andmepunkte ning parema visualiseerimise huvides hajutatud kesk telje suhtes laiali. X-teljel on toodud nädala number. Joonisel on kuvatud Saare-Liivi ja Saare-Liivi täiendava alal kogutud andmed.

Nahkhiirte möödalennud avamerel toimusid öödel, mil keskmised temperatuurid jäid enamasti üle 15 °C. Joonis 26 näitab nädala tunnikeskist temperatuuri (punane) ja tunnikeskist temperatuuri nahkhiirte registreeringu ajal (roheline). Joonisel olevate „kastide“ keskmine joon näitab tunnikeskiste temperatuuride mediaanväärtust, kasti alumine ja ülemine piir vastavalt 25% ja 75% kvantiile. Jooniselt on näha, et nahkhiirte ränne ei sõltu temperatuurist. Temperatuuri ei saa pidada rännet iseseisvalt määravaks ilmastikuparameetriks.



Joonis 26 Nahkhiirte möödalendude sõltuvus temperatuurist. X-teljel on toodud nädala number. Joonisel on kuvatud Saare-Liivi ja Saare-Liivi täiendava alal kogutud andmed.

Järgneval joonisel (Joonis 27) on toodud tuulesuuna andmed, kus punased „kastid“ iseloomustavad kogu nädala tunnikeskist tuulesuunda ning rohelised „kastid“ iseloomustavad tunnikeskist tuulesuunda nahkhiirte möödalendude ajal. Jooniselt on näha, et rändeperioodil olid valdavalt lõunakaartest puhuvad tuuled. Uuringuala registreeritud nahkhiirte möödalendude ajal olid valdavateks tuulesuundadeks idast, kagust, lõunast ja edelast puhuvad tuuled. Lääne ja loode tuulte puhul rändavaid nahkhiiri kindlaks ei tehtud.



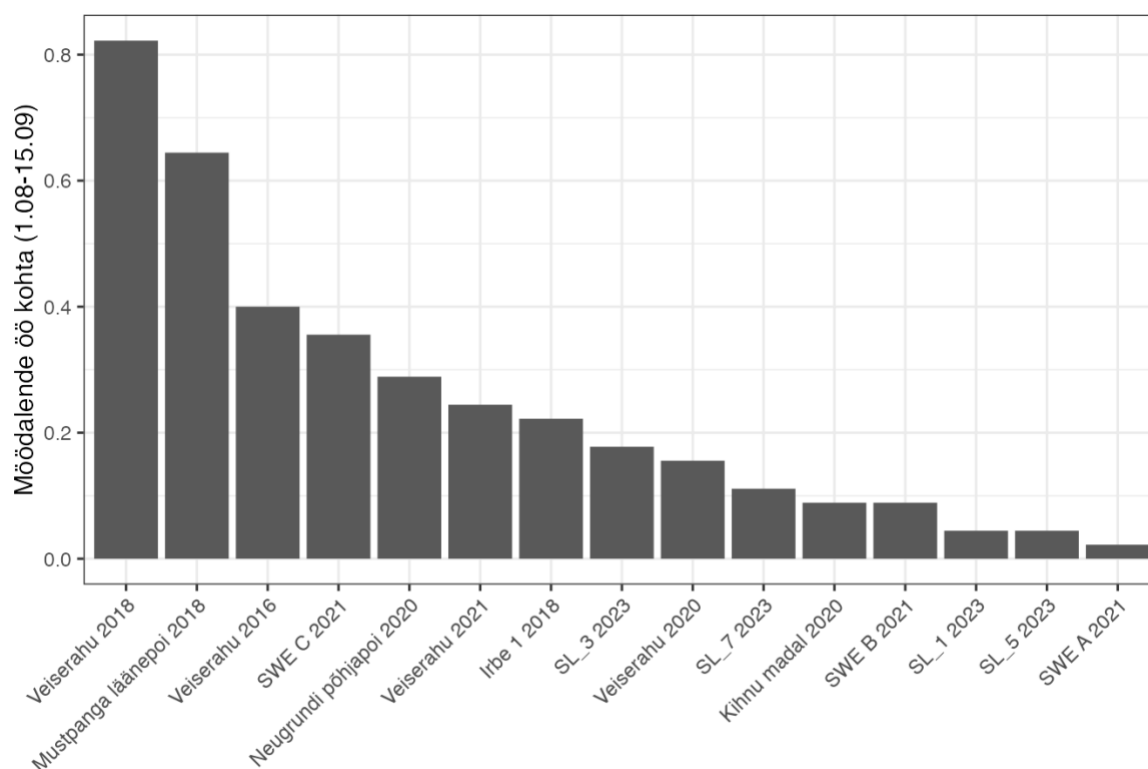
Joonis 27 Nahkhiirte rände sõltuvus tuulesuunast. Ringid seest välja poole kujutavad eelnevatel ilmastiku joonistel toodud nädala numbreid. Joonisel on kuvatud Saare-Liivi ja Saare-Liivi täiendava alal kogutud andmed.

- Nahkhiired kasutavad rändamiseks vaiksema tuulega öid, 75% möödalendudest registreeriti tuulekiirustel kuni 2,5 m/s.
- 90% möödalendudest registreeriti tuulekiirustel kuni 4,6 m/s. Üksikuid vaatluseid tehti ka kõrgematel tuulekiirustel, kõige suurem tuulekiirus, mille puhul nahkhiir registreeriti oli 10,3 m/s. Nahkhiirte hukkumiskiriski saab oluliselt vähendada peatades tuulikute töötamine rändeperioodil (1. august – 15. september) päikseloojangust päikesetõusuni madalamatel tuulekiirustel kuni 5 m/s.
- Nahkhiired rändavad peamiselt ida ja lõuna kaartest puhuvate tuulte puhul. Läänekaartest puhuvate tuulte puhul nahkhiired avamerele ei rännanud.
- Öine temperatuur ei mõjuta nahkhiirte rännet.

5.1 Saare-Liivi tuulepargi uuringuala tulemuste võrdlus varasemate andmetega

Eestis on avamerel kogutud nahkhiirte andmeid erinevate uuringute käigus alates 2016. aastast. Järgneval joonisel on kokku kogutud kogu antud uuringu koostajatele teada olev ja kättesaadav andmestik. Kuna uuringute perioodid on olnud erinevad, siis on kasutatud vaid sügisrände perioodi andmeid. Andmed on standardiseeritud selliselt, et need väljendaksid möödalendude arvu öö kohta, kogu sügisrändeperioodi osas. Arvesse on võetud ultraheliregistraatorite tegelikke tööperioode, see tähendab, et ööd mille vältel seadmed mõne tõrke tõttu ei töötanud on arvutusest välja jäetud.

Joonis 28 näitab, et nahkhiirte möödalendude arv seni tehtud uuringute käigus jääb sügisrände perioodil vahemikku 0,82 kuni 0,02 möödalendu öö kohta. Enim nahkhiiri on kindlaks tehtud 2018. aastal Veiserahul. Veiserahu asub Sõrve poolsaare rannikul ning seda teed võib pidada lühimaks rändeteeks. Sügisrändeperioodil tuvastati nahkhiiri kolme püsiregistraatori juures. Poi SL_3 juures oli nahkhiirte arvukus varasemate mereuuringutega võrreldes keskmine. Poide SL_1 ja SL_5 juures oli arvukus madal.



Joonis 28 Registreeritud nahkhiirte möödalendude hulk sügisrändeperioodil Eesti avamerel läbi viidud uuringute käigus. Kõigi uuringute käigus on kasutatud ecoObs Batcorder registraatoreid.

6 Arutelu

Uuringu käigus koguti kolm erinevat, kuid üksteist toetavat andmestikku - püsivaatluspunktid rannikul ja avamerel ning rändeaegsed vaatlused laevaloendustel. Andmestike põhjal saab teha üldistavaid järeldusi Liivi lahe ja selle ranniku olulisuse kohta nahkhiirtele.

Andmed näitavad, et nahkhiirte kevadränne läbib nii Liivi lahe rannikut kui avamerd. Saare-Liivi tuulepargi uuringualal registreeriti kevadel nii püsiregistraatorite kui ka laevaloenduste abil rändavaid isendeid. Nahkhiirte arvukus kevadel oli võrreldes sügisrändega madalam. Nahkhiirte arvukus Kabli püsivaatluspunktis oli aga kevadperioodil sügisega võrreldav, seega on võimalik, et kevadel kulgeb nahkhiirte eelsitatud rändetee mööda rannikut.

Suveperioodil tehti avamerel vaatluseid vaid püsiregistraatorite abil. Juuni kuus registreeriti avamerel kaks nahkhiirte möödalendu. Juuni viimasest kolmandikust kuni augusti alguseni ei registreeritud uuringualal ühtegi nahkhiirte möödalendu. See näitab, et nahkhiired kasutavad antud perioodil uuringuala väga vähe. Rannikust kaugel paiknevad avamerealad on liiga kaugel selleks, et suvel sinna toituma lennata ning paremad toitumisalad paiknevad maismaal ja ranniku lähedal.

Sügisrändel läbivad nahkhiired nii rannikut kui uuringuala. Rände tipp jääb mõlemal juhul umbes samasse perioodi – septembri keskpaika ja septembri algusesse. Avamerel tehtud registreeringud näitasid, et nahkhiiri lendab mere kohal terve augusti kuu vältel, kuid enim kuu lõpus. Samuti leidub nahkhiiri merel septembri alguses. Mõlema meetodi puhul jäi nahkhiirte möödalendude hulk tunni kohta samasse suurusjärku. Püsivaatluspunktid näitasid, et nahkhiirte arvukus ei erine uuringuala osade vahel, samuti registreeriti laevaloendustel nahkhiiri nii ala põhja-, lõuna- kui keskosas. Samas tuleb arvestada, et nahkhiirte arvukus mere kohal võib samas kohas aastati erineda, mida kinnitavad Lauri Lutsari mitmel aastal kogutud andmed Veiserahult (Joonis 28).

Tulemused näitasid, et nahkhiired ei lenda merel iga ilmaga. Eelistati sademeteta ja vaikse tuulega ilmasid, pooled registreeringutest tehti aegadel mil eelneva tunni keskmine tuulekiirus oli alla 1,9 m/s ning 90% möödalendudest registreeriti tuulekiirustel kuni 4,6 m/s. Sarnastele tulemustele on jõutud ka Põhjamerel paiknevas tuulepargis (Sander Lagerveld, Poerink, ja Geelhoed 2021), kus 67% pargi-nahkhiire registreeringutest leidis aset tuulekiirustel alla 5 m/s ning vaid 2% kiirustel üle 8 m/s. Samas tuleb märkida, et antud uuringus kasutati öö keskmiseid ilmastikunäitajaid.

Meie uuringus paiknesid poidele kinnitatud registraatorid merepinnast ca 2 m kõrgusel ning laevaloendusel kasutatud mikrofonid 2-3 m kõrgusel. Kuna ultraheliregistraatorid suudavad nahkhiiri tuvastada mõnekümne kuni saja meetri kauguselt, tuleb tulemusi tõlgendades arvestada, et me ei tea, kas nahkhiiri lendas mikrofonide kuuldeulatusest ka kõrgemal. Kirjanduses leidub siiski viiteid asjaolule, et tõenäoliselt lendab suurem osa nahkhiirtest merel pigem madalal. Näiteks Belgia rannikul läbiviidud uuringus hinnati nahkhiirte arvukust tuuleturbiini jalamil (16 m merepinnast) ja turbiini gondli kõrgusel (92 m). Uuringu käigus tehti kindlaks vaid pargi-nahkhiire esinemine mere kohal ning möödalendude arv 92 m kõrgusel oli ligikaudu 10% turbiini jalamil registreeritust (Brabant et al. 2020). Sarnaseid tulemusi on saadud ka maismaa tuuleparkidest. Ahlén et al. 2007 kirjeldavad, kuidas radarit ja

käsidetektorit kasutades määrati nahkhiirte lennukõrguseid avamere tuuleturbiinide ümbruses Lõuna-Rootsi rannikul. Tulemused näitasid, et enamuse nahkhiirte lennuajast möödus merepinnast kuni 40 m kõrgusel, kuid väheseid nahkhiiri registreeriti ka kõrgemal.

Nahkhiired asustavad uuringu ala vaid hooajaliselt ning teatud ilmastiku tingimustel. See annab võimaluse lähtuda uuringu tulemustest ning vältida olulist negatiivset mõju nahkhiirte populatsioonidele. Nahkhiirte hukkumisriski saab oluliselt vähendada peatades tuulikute toimimine rändeperioodil (1. august – 15. september) päikseloojangust päikesetõusuni madalamatel tuulekiirustel kui 5 m/s.

6.1 Kumulatiivne mõju

Eesti läänerannikut ja Liivi lahte võib pidada üheks peamiseks rändeteeks, mida läbivad pargi-nahkhiire, suurvidevlase ja teiste, meil ja lähialadel leiduvate, rändsete nahkhiireliikide populatsioonid (Gaultier et al. 2020). Potentsiaalselt läbivad piirkonda Soome, Eesti, Läti ja neist idapoole jäävate piirkondade isendid. Uuringud on näidanud, et meie laiuskraadi võib pidada nende liikide populatsioonide üheks suviseks tuumikalaks (Voigt et al. 2012; Kruszynski et al. 2021). Nahkhiirte hukkumisrisk kasvab tuulikute arvu ning tuuleparkide pindala kasvades. Seega on tõenäoline, et Liivi lahte rajatvate tuuleparkide puhul on nende mõju kumulatiivne ja oleneb sellest, kas Liivi lahte ja lähialadele rajatakse tuuleparke 1, 2 või rohkem. Mida enam on tuulikuid, seda suurem on mõju populatsioonile. Käsitiivaliste puhul peetakse tuuleparkide põhjustatud hukkumise kumulatiivset mõju eriti oluliseks, kuna nahkhiired on madala sigimispotentsiaaliga rühm. Meie piirkonda asustavatel liikidel on aastast üldjuhul 1-2 järglast ning emasloomad ei sigi igal aastal, samuti on noorloomade suremus esimesel eluaastal suur ka looduslikult (Russo 2024). (Mere)tuulepargid lisavad meie piirkonda uue inimtekkelise surveteguri, mille ruumiline ulatus on ajas kasvav (lisanduvate parkide arvu ei ole teada). Uus survetegur võib tekitada olukorra, kus populatsioonide aastane juurdekasvu vähenemine omab nende pikaajasele säilivusele olulist mõju. Täpset mõju suurust ja lävendväärtust, millest alates mõju on talumatu, ei ole teada. Seetõttu tuleb juba tuuleparkide laialdase planeerimise alguses võtta kasutusele optimaalsed leevendusmeetmed (leevendusmeetmed on toodud peatükis 2.3 Tuuleparkide mõju leevendamine).

Voigt 2012 toob välja, et Saksamaa tuuleparkides ei hukku ainult kohaliku populatsiooni esindajad, vaid mõjutatud on ka pikamaarändurid, kellest osa pärineb suure tõenäosusega Balti-Vene populatsioonist. Seega omavad tuulepargid potentsiaalselt piiriülest mõju. Kuna Balti-Vene populatsiooni peab vaatama tervikuna, omab antud tuulepark mõju ka Läti asurkonnale.

7 Üldjärelused:

- Saare-Liivi meretuulepargi mõju avaldub potentsiaalselt tuulepargi opereerimise kestel, siis kui tuulikute labad liiguvad pimedal aja. Seisvate labadega tuulik nahkhiirtele mõju ei avalda. Seega võib tuulepargi mõju ka ehitamise ja demonteerimise perioodil pidada mitteoluliseks.
- Nahkhiirte arvukus kevadrände perioodil on uuringualal väike, kevadrände aegne oht nahkhiirte populatsioonidele on madal.
- Nahkhiired läbivad uuringuala suveperioodil väga harva. Oht nahkhiirte populatsioonidele on sel perioodil madal.
- Uuringuala läbib nahkhiirte sügisränne. Tuulepargi potentsiaalset mõju nahkhiirtele saab leevendada.
- Mõjude leevendamiseks tuleb tuulikute töötamist piirata perioodil 1. august – 15. september madalamatel tuulekiirustel kui 5 m/s. Piiranguid tuleb rakendada päikeseloojangust päikesetõusuni sademeteta ilmaga. Järeelseire tulemusel on võimalik täpsustada piirangute ajalist kestvust ning ruumilisi piire, st selgitada välja, kas meetmed on vajalikud kogu tuulepargi ja iga tuuliku ulatuses või osaliselt.
- Juhul kui tulevikus tekivad usaldusväärsed tehnilised lahendused muud tüüpi leevendusmeetmete kasutamiseks, nt. radaritel, infrapunakaameratel või muul sensorikal põhinevad tuulikute peatamise mehhanismid, võib ekspertidega kooskõlastades rakendada ka neid.

8 Järelmonitooring

Järelmonitooring tuleb meretuulepargis läbi viia kahel tuulepargi käivitumisele järgneval aastal. Järelmonitooringu käigus tuleb hinnata nahkhiirte suhtelist arvukust ning võrrelda seda eeluuringu käigus kogutud andmetega. Vältimaks registraatorite asukohast tulenevaid kaasmõjusid, tuleks seadmed paigaldada tuulepargi samadesse piirkondadesse. Ajutiste poide asemel on järelmonitooringuks otstarbekas paigaldada registraatorid tuulikute hooldusplatvormidele. Järelmonitooring tuleb läbi viia peale tuulepargi valmimist ja käivitumist.

Järelmonitooringu käigus on võimalik hinnata uuesti tuulikute töö piiramise vajadust ning täpsustada piirangute ajalist kestvust. Järelmonitooringu alusel saab hinnata ka piirangute ruumilist ulatust. Piisavalt tiheda seirevõrgu alusel on võimalik välja selgitada, kas tuulepargis on piirkondi, kus rändavate nahkhiirte arvukus on oluliselt madalam ning kas leevendusmeetmeid peab rakendama kõikide tuulikute puhul või on see vajalik vaid osade tuulikute puhul.

Senised uuringud viitavad, et nahkhiired rändavad mere kohal peamiselt kuni 10 (20) m kõrgusel, kuid on teateid ka kõrgemal lennanud nahkhiirtest (S. Lagerveld et al. 2020). Hindamaks nahkhiirte hukkumisriski, tuleks lisaks merepinna lähedal olevatele registraatoritele kasutada ka seadmeid, mis paigaldatakse tuuliku labade tööalasse, et hinnata nahkhiirte lennuaktiivsust ohutsoonis. Varasemad uuringud Põhjamerel on näidanud, et nahkhiirte lennuaktiivsus tuulikute labade kõrgusel on tuuliku jalamil paiknevast oluliselt madalam (nt. Brabant et al. 2020), kuid vastavaid uuringuid mere kohal on vähe ja Eesti lähipiirkonnas need puuduvad.

Hukkuvate nahkhiirte arvukuse hindamiseks maismaa tuuleparkides kasutatakse mitmeid arvutuskäike (Bernardino et al. 2013), kuid metoodiliselt on protsess sarnane, hõlmates hukkunud loomade otsimist, nende otsimise efektiivsuse hindamist ning hukkunud loomade otsingualal püsivuse hindamist. Avamere tuuleparkides hukkunud loomad ei säili, seega ei ole hukkunud loomade otsimisel põhinevat metoodikat võimalik kasutada. S. Lagerveld et al. 2020 toovad välja põhimõttelised võimalused hukkuvate loomade arvu hindamiseks avamere tuuleparkides, kuid hästi rakendatavad lahendused hetkel puuduvad. Täpset metoodikat ei ole hetkel võimalik välja tuua, kuid on võimalik, et sobivad lahendused tekivad lähitulevikus. Saare-Liivi tuulepargi valmimisel tuleks üle vaadata selleks ajaks olemas olevad metoodikad hukkuvate nahkhiirte arvukuse hindamiseks ning lähtuda selleks ajaks välja kujunenud parimatest praktikatest.

Kasutatud kirjandus

- Ahlén, Ingemar, Hans J. Baagøe, ja Lothar Bach. 2009. „Behavior of Scandinavian Bats during Migration and Foraging at Sea“. *Journal of Mammalogy* 90 (6): 1318–23. <https://doi.org/10.1644/09-MAMM-S-223R.1>.
- Ahlén, Ingemar, Lothar Bach, Hans J. Baagøe, ja Jan Pettersson. 2007. *Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia*. Stockholm: Swedish Environmental Protection Agency.
- Allison, Taber. 2018. „Bats and Wind Energy: Impacts, Mitigation, and Tradeoffs“. American Wind Wildlife Institute. https://www.researchgate.net/publication/329045110_Bats_and_Wind_Energy_Impacts_Mitigation_and_Tradeoffs.
- Allison, Taber, ja Ryan Butryn. 2018. „A Summary of Bat Fatality Data in a Nationwide Database“. American Wind Wildlife Institute. <https://awwi.org/resources/awwic-bat-technical-report/>.
- Arnett, Edward B., Erin F. Baerwald, Fiona Mathews, Luisa Rodrigues, Armando Rodríguez-Durán, Jens Rydell, Rafael Villegas-Patraca, ja Christian C. Voigt. 2016. „Impacts of Wind Energy Development on Bats: A Global Perspective“. *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*, toimetanud Christian C. Voigt ja Tigga Kingston, 295–323. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25220-9_11.
- Baerwald, Erin F., Genevieve H. D'Amours, Brandon J. Klug, ja Robert M. R. Barclay. 2008. „Barotrauma Is a Significant Cause of Bat Fatalities at Wind Turbines“. *Current Biology* 18 (16): R695–96. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.06.029>.
- Behr, Oliver, Robert Brinkmann, Klaus Hochradel, Jürgen Mages, Fränzi Korner-Nievergelt, Ivo Niermann, Michael Reich, Ralph Simon, Natalie Weber, ja Martina Nagy. 2017. „Mitigating bat mortality with turbine-specific curtailment algorithms: A model based approach“. *Wind Energy and Wildlife Interactions*, 135–60. Springer.
- Bennun, Leon, J. Bochove, C. Ng, C. Fletcher, D. Wilson, Nikki Phair, ja G. Carbone. 2021. *Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development: guidelines for project developers*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2021.04.en>.
- Bernardino, J, R Bispo, H Costa, ja M Mascarenhas. 2013. „Estimating Bird and Bat Fatality at Wind Farms: A Practical Overview of Estimators, Their Assumptions and Limitations“. *New Zealand Journal of Zoology* 40 (1): 63–74. <https://doi.org/10.1080/03014223.2012.758155>.
- Brabant, Robin, Yves Laurent, Bob Poerink, ja Steven Degraer. 2020. „Activity and Behaviour of Nathusius' Pipistrelle *Pipistrellus nathusii* at Low and High Altitude in a North Sea Offshore Wind Farm“. *Acta Chiropterologica* 21 (jaanuar): 341–48. <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2019.21.2.009>.
- Dietz, Christian, ja Andreas Kiefer. 2016. *Bats of Britain and Europe*. Bloomsbury USA.
- Eklöf, Johan. 2003. „Vision in Echolocating Bats“. University of Göteborg. <http://www.fladdermus.net/thesis.htm>.
- Guest, Emma E., Brittany F. Stamps, Nevin D. Durish, Amanda M. Hale, Cris D. Hein, Brogan P. Morton, Sara P. Weaver, ja Sarah R. Fritts. 2022. „An Updated Review of Hypotheses Regarding Bat Attraction to Wind Turbines“. *Animals : an Open Access Journal from MDPI* 12 (3): 343. <https://doi.org/10.3390/ani12030343>.
- Gunārs Pētersons. 2004. „Seasonal Migrations of North-Eastern Populations of Nathusius' Bat *Pipistrellus nathusii* (Chiroptera)“. *MYOTIS* 41–42. https://www.researchgate.net/publication/313473217_Seasonal_migrations_of_north-eastern_populations_of_Nathusius'_bat_Pipistrellus_nathusii_Chiroptera.

- Hutterer, Rainer, Teodora Ivanova, Christine Meyer-Cords, ja Luisa Rodrigues. 2005. *Bat Migrations in Europe: A Review of Banding Data and Literature*. Bonn: Federal Agency for Nature Conservation.
- Ijäs, Asko, Aapo Kahilainen, Ville V. Vasko, ja Thomas M. Lilley. 2017. „Evidence of the migratory bat, *Pipistrellus nathusii*, aggregating to the coastlines in the Northern Baltic Sea“. *Acta Chiropterologica* 19 (1): 127–39. <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2017.19.1.010>.
- Jong, Johnny, Lara Millon, Olle Håstad, ja Jonas Victorsson. 2021. „Activity Pattern and Correlation between Bat and Insect Abundance at Wind Turbines in South Sweden“. *Animals* 11 (november): 3269. <https://doi.org/10.3390/ani11113269>.
- Kalda, Oliver, ja Rauno Kalda. 2018. „Tootsi Suursoo tuulepargi arenduse ehituseelne nahkhiirte uuring“. ———. 2022. „Nasva nahkhiirte uuring“. Tallinn, Tartu.
- Kalda, Rauno, ja Oliver Kalda. 2018. „Nahkhiirte uuring Saarde valda kavandavate P14, P15 ja P16 tuuleparkide mõju kohta nahkhiirtele“.
- Lagerveld, S., C.A. Noort, L. Meesters, L. Bach, P. Bach, ja Steve Geelhoed. 2020. „Assessing Fatality Risk of Bats at Offshore Wind Turbines“. Den Helder: Wageningen Marine Research. <https://doi.org/10.18174/518591>.
- Lagerveld, Sander, Bob Poerink, ja Steve Geelhoed. 2021. „Offshore Occurrence of a Migratory Bat, *Pipistrellus nathusii*, Depends on Seasonality and Weather Conditions“. *Animals* 11 (detsember): 3442. <https://doi.org/10.3390/ani11123442>.
- Lagerveld, Sander, Bob Jonge Poerink, Pepijn de Vries, ja Michaela Scholl. 2015. „Bat Activity at Offshore Wind Farms LUD and PAWP in 2015“, 32.
- Lawson, Michael, Dale Jenne, Robert Thresher, Daniel Houck, Jeffrey Wimsatt, ja Bethany Straw. 2020. „An Investigation into the Potential for Wind Turbines to Cause Barotrauma in Bats“. *PLOS ONE* 15 (12): e0242485. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242485>.
- Leivits, Meelis. 2013. „Eesti Riikliku Keskkonnaseire Eluslooduse mitmekesisuse ja maastike seire allprogrammi seiretöö Nahkhiired 2013 aasta koondaruanne“. Keskkonnaamet.
- Lutsar, Lauri. 2012. „Nahkhiirte uuring Kõpu poolsaare lääneosas ja seda ümbritseval merel 2011. aasta juulis ja augustis“. ———. 2013. „Nahkhiirte uuring Uusmadala, Kuradimuna madala ja Tallinna madala piirkonnas 2012. aasta augustis ja septembris“. Tallinn.
- . 2017. „Nahkhiirte uuring Veiserahul ja Kerjurahul 2016. aasta augustis, septembris ja oktoobris“, 21.
- . 2019. „Nahkhiirte uuring merel Saaremaa ümbruses 2018. aasta juulist oktoobrini“, 20.
- . 2021. „Nahkhiirte uuring Liivi ja Soome lahel juunist oktoobrini 2020. aastal“.
- Masing, Matti. 2011. „How Many Bats Migrate along Estonian Coasts during Late Summer?“ https://www.academia.edu/5336933/Masing_M._2011._How_many_bats_migrate_along_Estonian_coasts_during_late_summer_Oral_presentation_21_pp._-12th_European_Bat_Research_Symposium._Vilnius_25th_August_2011.
- . 2015. *Eesti nahkhiired: uurimine ja uurijad, liikide kirjeldused ja määramistunnused, elupaigad ja eluviis, levik, ohutegurid ja kaitseabinõud*. Haapsalu ; Tartu: Sicista Arenduskeskus.
- Ohlendorf, Bernd, ja Kathleen Kuhring. 2016. „Erste Ergebnisse der Projekte ‘Monitoring Fledermauszug Deutschland’ und ‘Fledermauszug: Funk-Fern-Telemetry mit Funkamateuren’“. *Nyctalus*, nr 18.
- Rnjak, Dina, Magdalena Janeš, Josip Križan, ja Oleg AntoniĆ. 2023. „Reducing Bat Mortality at Wind Farms Using Site-Specific Mitigation Measures: A Case Study in the

- Mediterranean Region, Croatia“. *Mammalia* 87 (3): 259–70.
<https://doi.org/10.1515/mammalia-2022-0100>.
- Rodrigues, Luisa, Lothar Bach, Marie-Jo Dubourg-Savage, Branko Karapandža, Dina Kovač, Thierry Kervyn, Jasja Dekker, Andrzej Kepel, Petra Bach, ja Jan Collins. 2015. *Guidelines for consideration of bats in wind farm projects: Revision 2014*. UNEP/EUROBATS.
- Rydell, Jens, Lothar Bach, Petra Bach, Laura Guia Diaz, Joanna Furmankiewicz, Nina Hagner-Wahlsten, Eeva-Maria Kyheröinen, et al. 2014. „Phenology of Migratory Bat Activity Across the Baltic Sea and the South-Eastern North Sea“. *Acta Chiropterologica* 16 (1): 139–47. <https://doi.org/10.3161/150811014X683354>.
- Rydell, Jens, Lothar Bach, Marie-Jo Dubourg-Savage, Martin Green, Luisa Rodrigues, ja Anders Hedenström. 2010. „Bat Mortality at Wind Turbines in Northwestern Europe“, detsember, 261–74.
- „Saare Wind Energy meretuulepargi Keskkonnamõju hindamine“. 2023. OÜ Roheplaan.
- Suigusaar, Anette. 2022. „Nahkhiirlaste rändedünaamika ja seda mõjutavad tegurid Kablis“, mai. <https://dspace.ttk.ee/handle/20.500.12863/4334>.
- Šuba, Jurgis, Gunars Petersons, ja Jens Rydell. 2012. „Fly-and-forage strategy in the bat *Pipistrellus nathusii* during autumn migration“. *Acta Chiropterologica* 14 (2): 379–85.