



Anette Suigusaar

NAHKHIIRLASTE RÄNDEDÜNAAMIKA JA SEDA MÕJUTAVAD TEGURID KABLIS

LÕPUTÖÖ

Tehnoloogia ja ringmajanduse instituut
Keskkonnatehnoloogia ja- juhtimise õppekava

Juhendaja: Oliver Kalda

Kaasjuhendaja: Rauno Kalda

Tallinn 2022

Mina, Anette Suigusaar, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Oliver Kalda, Rauno Kalda (allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud tehnoloogia ja ringmajanduse instituudi direktori korraldusega nr 1-14/59 (kuupäev digiallkirjas)

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Anette Suigusaar

sünnikuupäev: 24.11.1999

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Nahkhiirlaste rändedünaamika ja seda mõjutavad tegurid Kablis.

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas 19.05.2022 (allkirjastatud digitaalselt)

SISUKORD

SISSEJUHATUS	4
1 NAHKHIIRLASED.....	6
1.1 Nahkhiirlaste kaitse Eestis	8
2 KÄSITIIVALISTE RÄNNE.....	10
2.1 Nahkhiirlaste ränne	10
2.2 Nahkhiirlaste rände uurimise olulisus	12
3 METOODIKA	15
4 TULEMUSED JA ARUTELU	17
4.1 Nahkhiirlaste möödalennud ajalises jaotuses.....	17
4.2 Nahkhiirlaste rände aastatevaheline hajuvuse varieerumine.....	18
4.3 Nahkhiirlaste liikumine sõltuvalt tuule suunast	20
4.3.1 Nahkhiirlaste liikuvus kuude lõikes vastavalt tuule suunale	22
4.4 Nahkhiirlaste liikumine sõltuvalt õhutemperatuurist	23
4.5 Nahkhiirlaste liikumine sõltuvalt tuulekiirusest.....	24
KOKKUVÕTE	26
SUMMARY	28
VIIDATUD ALLIKAD	30

SISSEJUHATUS

Laiemale üldsusele tunduvad kõik nahkhiirlased ühtmoodi sarnased. Tegelikult kuuluvad nahkhiirlased seltsi käsitiivalised ning klassis imetajad on tegemist ühe liigirikkaima seltsiga. Teadaolevalt on Eestis tuvastatud 7 perekonda 12 liigiga. Nahkhiirlased on lennuvõimelised imetajad ning sõltuvalt liigist võtavad ette lühemaid või pikemaid rändeid. Seetõttu satub Eesti aladele liike, kes ei ole siin igapäevased, kuid nende esinemine on haruldane. [1]

Nahkhiirlaste ja nende rännete uurimine annab olulist sisendinformatsiooni mitmetele valdkondadele. Olemasolev informatsioon nahkhiirlaste rännete kohta on suuresti spekulatiivne, kuid teadmiste puudumine põhjustab looduskaitseprobleeme. Tulenevalt fossiilkütuste kasutamisest ja muudest teguritest tekkivatest pikaajalistest keskkonnamõjudest on taastuenergia alternatiivide väljatöötamine ja kasutuselevõtmine muutunud ülemaailmseks prioriteediks. Eesti riiklikus energia- ja kliimakavas aastani 2030 on seatud eesmärgid, kus muuhulgas on nimetatud, et taastuenergia osakaal energia summaarsest lõpptarbimisest peab aastal 2030 olema vähemalt 42%. Seetõttu on hoogustunud taastuvatest ja heitmevabadest energiaallikatest elektri tootmine. [2] Antud valdkonnas omab Eestis suurimat potentsiaali tuuleenergeetika, eelkõige avamere tuuleenergeetika, kuid tegemist ei ole keskkonnaneutraalse energeetikaga. Uuringute kohaselt põhjustab tuuleparkide ja tuulikute rajamine negatiivset mõju nahkhiirlastele, nii otsese suremuse kui ka kumulatiivse mõjuna nahkhiirlaste populatsioonide vähenemisele ning elupaikade struktuurile. Eesti nahkhiirlaste kaitse tegevuskavas on välja toodud Eesti nahkhiirefauna peamised ohutegurid; muuhulgas on välja toodud hukkumine tuuleparkides, mida on hinnatud aina suureneva mõjuna.

2008-2013 teostati Kablis nahkhiirlaste rändeseire uuring (Leivits. M). Teostatud uuringu eesmärgiks oli leida sobivaim automaatjaama lahendus, mis võimaldab terve vegetatsiooniperioodi vältel registreerida mööda lendavate nahkhiirlaste ultraheli, et seirata nahkhiirlaste aktiivsuse dünaamikat läbi aasta. [3]

Käesoleva töö eesmärgiks on välja selgitada ilmastikunäitajate (õhutemperatuur, tuule suund ja tuulekiirus) väärtused, mis on kõige soodsamad tingimused nahkhiirlaste rändeks. Saavutamaks püstitatud eesmärki on seatud järgnevad alaeesmärgid:

- edasiseks andmete analüüsiks koondada, korrastada ja töödelda nahkhiirlaste rände ja ilmastiku andmed;
- koostada korrastatud andmete põhjal analüüs ja väljundid (graafikud, tabelid);
 - spetsiifilisemate ja paremini eristuvate tulemuste saamiseks paiksete ja rändsete liikide rändeandmete analüüs;
 - ilmastikuandmete analüüs.

Töö koosneb teoreetilisest ja praktilisest osast. Teoreetiline osa on koostatud toetamaks taustinformatsiooniga praktilist tööd. Käsitletud on nahkhiirlaste evolutsiooni, iseloomustust, rännet, rände uurimise olulisust ja nende kaitset Eestis. Praktilise tööna on koostatud varem kogutud andmete põhjal analüüs. Graafikute tegemisel on kasutatud nahkhiirlaste rände andmeid, mis on kogutud Kablis perioodil 2008-2020 ning ilmastikuandmeid, mis on kogutud perioodil 2013-2020 Kablis.

Valminud töö omab praktilist sisendväärtust edasistes uuringutes. Tööd saab kasutada alusmaterjalina nii tuuleparkide keskkonnamõju hindamisel kui ka põhjalikemates nahkhiirlaste uuringutes.

1 NAHKHIIRLASED

Nahkhiirlased kuuluvad klassi imetajad (*Mammalia*) ja käsitiivaliste (*Chiroptera*) seltsi. Käsitiivaliste seltsi kuulub enam kui 20% liike kõigist imetajaliikidest. Seetõttu on imetajate seas tegemist ühe liigirikkaima seltsiga. Traditsiooniliselt jaotatakse käsitiivaliste selts kaheks morfoloogiliselt eristuvaks alamseleks: suur-käsitiivalised (*Megachiroptera*) ja väike-käsitiivalised (*Microchiroptera*). Kokku kuulub alamseleksidesse 18 sugukonda, 202 perekonda ja 1386 liiki. [4], [5], [6]

Alamseksi suur-käsitiivalised kuulub üks sugukond – tiiburlased (*Pteropodidae*). Tegemist on ühe liigirikkaima sugukonnaga, mis koosneb 42 perekonnast ja 197 liigist. Tiiburlaste levialaks on troopiline ja lähistroopiline Aafrika, Aasia, Austraalia ja Lääne-Okeania. Geneetiliste uuringute tulemustena on tähendatud, et suur-käsitiivalised on lähedalt seotud osade väike-käsitiivaliste sugukondadega. [4], [5]

Alamseksi väike-käsitiivalised kuulub 17 sugukonda: hiirsabalased ehk klappninalased (*Rhinopomatidae*), kärss-nahkhiirlased (*Craseonycteridae*), pauntiiblast (*Emballonuridae*), lõhiskoonlased (*Nycteridae*), odaninalased (*Megadermatidae*), sagarninalased (*Rhinolophidae*), ümarninalased (*Hipposideridae*), vutlatrtiiblast (*Mystacinidae*), lehthabelased (*Mormoopidae*), jäneseemokalased (*Noctilionidae*), lehtninalased ehk nopslased (*Phyllostomidae*), lehtkõrvalased (*Natalidae*), virviklased (*Furipteridae*), nappjalgsed (*Thyropteridae*), imijalgased (*Myzopodidae*), nahkhiirlased (*Vespertilionidae*), mopsninalased (*Molossidae*). Sugukonnad koosnevad 160 perekonnast ja 1189 liigist. [5]

Alamseksid erinevad üksteisest mitmete omaduste poolest, näiteks toitumisharjumused ja kajalokatsioonivõime. Väike-käsitiivalised on loomtoidulised (mõningate eranditega) ja saagi püüdmiseks kasutavad peamiselt kajalokatsiooni - seetõttu on neil hästi arenenud kuulmine. Suur-käsitiivalised on taimtoidulised. Saagi leidmiseks ja orienteerumiseks kasutavad nad peamiselt nägemismeelt. Vähestel liikidel on algeliselt väljaarenenud kajalokatsioonivõime. [4]

Eestis esineb sugukond nahkhiirlased 7 perekonna ja 12 liigiga (Tabel 1). Võimalik on veel kahe liigi - euroopa laikõrv (*Barbastella barbastellus*) ja väikevidevlane (*Nyctalus leisleri*) - esinemine, kuid kinnitatud andmed nende kohta puuduvad. [4], [5], [3]

Tabel 1. Eestis esinevad nahkhiirlased [3]

Eesti keelne liiginimetus	Ladina keelne liiginimetus
Euroopa laikõrva	<i>Barbastella barbastellus</i>
Põhja-nahkhiir	<i>Eptesicus nilssonii</i>
Tõmmulendlane	<i>Myotis brandtii</i>
Tiigilendlane	<i>Myotis dasycneme</i>
Veelendlane	<i>Myotis daubentonii</i>
Habelendlane	<i>Myotis mystacinus</i>
Nattereri lendlane	<i>Myotis nattereri</i>
Väikevidevlane	<i>Nyctalus leisleri</i>
Suurvidevlane	<i>Nyctalus noctula</i>
Pargi-nahkhiir	<i>Pipistrellus nathusii</i>
Kääbus-nahkhiir	<i>Pipistrellus</i>
Pügmee-nahkhiir	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>
Pruun-suurkõrv	<i>Plecotus auritus</i>
Hõbe-nahkhiir,	<i>Vespertilio murinus</i>

Nahkhiirlaste sugukond on liigirikkaim käsitiivaliste sugukond, hõlmates endas 48 perekonda ja 493 liiki ning levides peaaegu üle kogu maailma, troopikast parasvöötme põhjapiirini. Samuti on tegemist kõige kaugemale põhja levinud sugukonnaga. Looduses võivad nahkhiirlased elada enam kui 20 aastat. Sugukonnale on omased väikesed 4-50 g kaaluvad käsitiivalised, kes elavad üksikult, rühmadena või moodustavad kolooniaid. Tiinusperioodiks loetakse 40-70 päeva kuid latentsus perioodiga loote arengu puhul võib see kesta tunduvalt kauem. Pesakondi on aastas üks ning korraga saadakse 1-2 poega. Nahkhiirlastele iseloomulik karvastiku värvus on hallikas, pruunikas, mustjas, punakas või kollakas; mõningatel liikidel võib esineda valgeid laike. Nahkhiirlastel puuduvad paljudele käsitiivalistele iseloomulikud jätked ninal, ent esineb traagus (kõrvalesta alumises servas olev jätke), mille kuju on sageli liigispetsiifiline. Teravatipuliste hammaste arv sõltub liigist (28-38). [4], [5], [6], [7]

Valdavalt on nahkhiirlased öise eluviisiga. Pimedas orienteerumiseks ja saagi püüdmiseks kasutavad nad kajalokatsiooni, läbi avatud suu saadavad välja ultraheliimpulsse. Teatud liigid

(suurkõrvad) saadavad ultraheliimpulsse välja läbi ninasõõrmete. Üksikute eranditena on kõik sugukonna liigid loomtoidulised ehk toituvad putukatest ja teistest lülijalgsetest, mida püüdvad õhust, korjavad maast või erinevatelt pindadelt (taimed, seinad). Tiibu ja sabalennust kasutatakse suuremate lendavate putukate püüdmiseks. Esineb liike nagu kalurlendlane (*Myotis vivesi*) ja suurjalg-lendlane (*Myotis adversus*), kes püüavad jalgade abil saaki veest (sealhulgas ka kalu). [4], [5], [6], [7]

Looduslike vaenlasi esineb nahkhiirlastel vähe. Euroopa kiskjatel ei ole nahkhiirlased toiduahelas olulisel kohal. Isendid võivad langeda kakuliste, väikekiskjate või kodukasside saagiks. Nahkhiirlaste arvuka hukkumise põhjuseks võib olla nende elupaiga (koloonia) muutus. Seetõttu on Euroopas ja Eestis nahkhiirlased kaitsealused imetajad. [4], [5]

1.1 Nahkhiirlaste kaitse Eestis

Eestis põhineb nahkhiirlaste kaitse mitmetele õigusaktidele, tegevuskavadele ja juhenditele. Euroopas levinud nahkhiirlaste kaitseks on 36 riiki ühinenud Euroopa nahkhiirlaste kaitse lepinguga (*Agreement on the Conservation of Populations of European Bats - UNEP/EUROBATS*). Eesti ühines lepinguga 2004. aastal. [8]

Alamselts väike-käsiitiivalised on kantud Euroopa Liidu nõukogu direktiivi 92/43/EMÜ „looduslike elupaikade ning loodusliku loomastiku ja taimestiku kaitse kohta,“ (EÜT L 206, 22.07.1992, lk 7–50; edaspidi loodusdirektiiv) IV lisasse ning tiigilendlane ja euroopa laikõrv kuuluvad lisaks II lisasse. IV lisasse loetletud liigid kuuluvad Euroopa Liidus range kaitse alla ning kaitsta tuleb lisaks nahkhiirtele endile ka nende paljunemis- või puhkekohti. Direktiivi lisas II on eraldi välja toodud liigid, kelle kaitseks tuleb moodustada erikaitsealasid, mis peavad moodustama ökoloogiliselt sidusa Natura 2000 kaitsealade võrgustiku. [8], [9]

Eestis kindlaks tehtud nahkhiireliigid kuuluvad Vabariigi Valituse 20.05.2004 määruse nr 195 „I ja II kaitsekategooriana kaitse alla võetavate liikide loetelu“ alusel II kaitsekategooriasse. Euroopa laikõrv ja väikevidevlane ei ole Eestis kaitse alla võetud. Määrus on kehtestatud looduskaitseseaduse alusel. Looduskaitseseaduse järgi on piiritletud Eestis viis nahkhiirte püsielupaika (kolm talvituspiirkonda ja kaks suvist elupaika). Muuhulgas sätestab

looduskaitseseadus, et kaitsealuse loomaliigi isendi püüdmine ja tahtlik häirimine paljunemise, poegade kasvatamise, talvitamise ning rände ajal on keelatud. [3], [8], [10]

Tegevuskavad ja juhendid millel nahkhiirte kaitse põhineb [8]:

- Berni konventsiooni nõudel ja Euroopa Nõukogu tellimusel on valminud tegevuskava tiigilendlaste kaitseks Euroopas: *"Action plan for the conservation of the Pond Bat (Myotis dasycneme) in Europe"* (2000).
- Nahkhiirte kaitse korraldamiseks Eestis on Keskkonnaameti peadirektori käskkirjaga kinnitatud "Nahkhiirlaste (*Vespertilionidae*) kaitse tegevuskava" (2017).
- EUROBATS on välja andnud põhjalikke juhendeid ja infomaterjale nahkhiirte kohta.

2 KÄSITIIVALISTE RÄNNE

Loomade rännet defineeritakse kui loomaliigi korrapärast, suhteliselt pikka ja enamasti aastaaegade vaheldumisega seotud liikumist elupaikade vahel [11, lk 58]. Rändavate loomaliikide seas on nii maismaaloomad, veeloomad kui ka lendavad loomad. Peamiselt teatakse lendavate pikamaaränduritena linde, kuid nende seas esineb ka käsitiivalisi. Käsitiivaliste kohastumus lendama eristab neid teistest imetajaliikidest. Mõningatel imetajatel esineb liuglemisoskus, kuid lennuvõime puudub. Lennates püüavad käsitiivalised saaki ning mõned liigid sooritavad pikemaid või lühemaid rändeid suviste ja talviste elupaikade vahel. Rännates väldivad käsitiivalised maailma erinevates paikades ebasoodsaid mõjusid ning seetõttu moodustavad ränded olulise osa nende elukäigust. [11], [12], [13]

Käsitiivaliste ränne on paindlik käitumismuster, mis varieerub sõltuvalt liigist, liigi paiknemisest ja soost. Parasvöötmele asuvate käsitiivaliste ränne on tugevalt seotud talveunega ehk lennatakse paikadesse, kus on soodsamad ilmastikutingimused talvitumiseks. Leidub ka liike, kes rändavad lähistroopilistesse paikadesse ja on aktiivsed ületalve. Geograafiliselt isoleeritud populatsioonide seas võib esineda erinevat rändekäitumist. See viitab fakultatiivsele või kultuurilisele käsitiivaliste rändekäitumisele. Samuti on levinud soopõhine ränne ehk võrreldes isastega on emaste ränne tõenäolisem või läbivad nad pikemaid vahemaid. Sellist soopõhist diferentseerumist võib osaliselt seletada emaste suure energiavajadusega tiinuse ja imetamise ajal. Selle tulemusena võivad nad lennata kõrgematele laiuskraadidele, kus on suvel hooajalised ressursid rikkalikumad. [13]

2.1 Nahkhiirlaste ränne

Tinglikult jaotatakse nahkhiirlaste elutsükli ühte aastat aktiivsusperioodiks ja talvitusperioodiks. Eestis algab aktiivsusperiood aprillis või mais ning kestab oktoobri või novembrini. Aktiivsusperioodi täpse algus- ja lõppaja määrab välistemperatuur, mis piirab saakputukate ohtrust. Aktiivsusperioodil toimub kevadränne ja sügisränne. Kevadränne toimub aprilli lõpust kuni mai alguseni ning sügisränne toimub alatest juuli lõpust või augusti algusest. Kevadel on nahkhiirlaste populatsiooni arvukus võrreldes sügisega väiksem, kuna osad loomad hukkuvad talvitusperioodil. [3], [14]

Nahkhiirlased jaotatakse vastavalt nende liikumisulatusale paikseteks ja rändliikideks. Rändliigid jagunevad lähi- ja pikamaaränduriteks (Tabel 2). Paikseteks loetakse liigid, kelle aastane liikumisraadius jääb 50 kilomeetri piiresse. Lähirändurite alla liigitatakse nahkhiirlased, kelle ränne suviste ja talviste elupaikade vahel on kuni 1000 kilomeetrit. Pikamaarändurid on liigid, kelle ränded on rohkem kui 1000 kilomeetrit. Sellised ränded on omased liikidele, kelle talvised harjumused ei ole vastavuses kohalike oludega. [11], [1]

Tabel 2. Eestis leiduvate nahkhiirlaste liigitus sõltuvalt liikumisraadiusest [11]

Paiksed liigid	Lähirändsed liigid	Pikamaarände liigid
pruun-suurkõrv (<i>Plecotus auritus</i>)	tiigilendlane (<i>Myotis dasycneme</i>)	suurvidevlane (<i>Nyctalus noctula</i>)
põhja-nahkhiir (<i>Eptesicus nilssonii</i>)	nattereri lendlane (<i>Myotis nattereri</i>)	pargi-nahkhiir (<i>Pipistrellus nathusii</i>)
tõmmulendlane (<i>Myotis brandtii</i>)	veelendlane (<i>Myotis daubentonii</i>)	kääbus-nahkhiir (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)
habelendlane (<i>Myotis mystacinus</i>)		pügmee-nahkhiir (<i>Pipistrellus pygmaeus</i>)
euroopa laikõrva (<i>Barbastella barbastellus</i>)		hõbe-nahkhiir (<i>Vespertilio murinus</i>)
		väikevidevlane (<i>Nyctalus leisleri</i>)

Läänemere piirkonnas elavate nahkhiirlaste elutegevuse ja rände kohta on suurem osa informatsiooni spekulatiivne. Läänemere piirkonnas mõjutavad nahkhiirlaste elutegevust mitmed tegurid – kliima, elupaiga ja hooajalisuse eripärad. Seetõttu rändavad osad liigid sügisperioodil neile sobivamatesse talvitumis tingimustesse. Rändel läbivad nad tuhandeid kilomeetreid ning ületavad mitmetes kohtades Läänemerd, kasutades orienteerumiseks peamiselt rannajoont. Pikad teekonnad on aga loomadele energeetiliselt kulukad ja tõstavad riski sattuda röövlomade saagiks. Samuti võib nahkhiirlastele keerukaks osutuda sobiva peatuspaiga või elupaiga leidmine. Nahkhiirlaste rännet ei ole veel piisavalt uuritud (Joonis 1). Läänemere piirkonnas on vaja läbi viia

uurimistööd seal elavate nahkhiirlaste toitumisharjumuste, toidueelistuste, öömajade valikute ja liikide levikualade kohta. [15]



Joonis 1. Läänemere piirkonnas arvatavad nahkhiirlaste rändeteed [15]

2.2 Nahkhiirlaste rände uurimise olulisus

Nahkhiirlaste rände uurimine annab olulist sisendinformatsiooni mitmele valdkonnale. Hetkel on informatsioon nahkhiirlaste rände kohta suuresti spekulatiivne, kuid teadmiste puudumine põhjustab looduskaitseprobleeme. Euroopa seadusandlus nõuab nahkhiirlastele oluliste rändeteede kaitsmist, kuid see eeldab, et teekonnad on ruumiliselt ja ajaliselt kindlaks määratud. [16], [17]

Tulenevalt fossiilkütuste kasutamisel tekkivatest pikaajalistest keskkonnamõjudest ning tuumaenergia kasutusele võtmisega tekkivate negatiivsete mõjude ja muutuva kliima tõttu, on taastuvenergia alternatiivide väljatöötamine ja kasutusele võtmine muutunud ülemaailmseks prioriteediks. Seetõttu on seatud Eesti riiklikus energia- ja kliimakavas aastani 2030 Eestile siseriiklikud energia- ja kliimapoliitika eesmärgid. Muuhulgas on nimetatud, et 2030. aastal

taastuvenergia osakaal energia summaarsest lõpptarbimisest peab olema vähemalt 42% ning võrreldes 1990. aastaga peab aastaks 2050 kasvuhoonegaaside heide vähenema vähemalt 80% (sh 70% aastaks 2030). Sellest tulenevalt on vaja suurendada taastuvatest ja heitmevabadest energiaallikatest elektri tootmist. [18], [19], [20], [2]

Eestis omab enim potentsiaali taastuvatest energiaallikatest tuuleenergeetika, eelkõige avamere tuuleenergeetika. Tegemist on ühe kõige kiiremini areneva taastuvenergeetika haruga maailmas. Osaliselt on see tingitud tehnoloogilistest edusammudest, maksusoodustustest ja võrreldes tavapäraste energiaallikatega on tuuleenergeetika lahendused ka kulusäästlikumad. Uuringud on näidanud, et tuuleenergeetika arendamine ei ole keskkonnaneutraalne. Kinnitust on leitud, et tuuleparkide ja tuulikute rajamine omab negatiivset mõju elusloodusele otsese suremuse ja kaudselt kumulatiivse mõjuna nahkhiirlaste populatsioonide vähenemisele ning elupaikade struktuurile. Seetõttu käib nahkhiirlaste uurijate vahel arutelu tuuleenergia kasutamise üle. [18], [19], [21]

Nahkhiirlased satuvad tuuleturbiinide juurde erinevatel põhjustel. Näiteks võidakse turbiinide juurest otsida ööbimispaika või tulenevalt ööputukate koondumisest tuuleturbiinide lähedusse, otsivad nahkhiirlased sealt toitu. Toitumiskohtadeks on veel rannikud, veekogude kaldad ja puistud. Samuti on rändeperioodidel rannikud nahkhiirlastele koondumispaikadeks. Antud asukohtadesse paigaldatud tuulikud võivad põhjustada nahkhiirlaste hukkumist. [17], [18]

On teada, et nahkhiirlaste hukkumine tuuleturbiinide tõttu ei ole juhuslik, kuid siamaani on ebaselge, kas või miks nahkhiirlased ei suuda kiiresti liikuvaid labasid tuvastada ja neile reageerida. Laboriuuringud (LONG et al. (2010 a, b)) on tõestanud, et teatud tüüpi tuulikute (SWT) liikuvad labad segavad ultraheli kajalokatsiooni kasutamist. See vähendab liikuvate labade tuvastamist, mistõttu kokkupõrke oht suureneb. Tuuleturbiinid põhjustavad nahkhiirlaste hukkumist traumade (kokkupõrge tiivikulabaga), barotraumade, sisekõrva kahjustuste või teiste vigastuste näol, mis ei ole kohapeal korjust uurides kindlaks tehtavad. [20]

Hukkuvate loomade arv sõltub eelkõige tuuleparkide paiknemisest maastikul, mistõttu on oluline teada nahkhiirlaste rändeid. Ohtlikumaks peetakse tuulikuid ja tuuleparke, mis paiknevad metsade kohal, metsastel mäeahelikel ja rannikualade lähedal. Tuulikuid, mis paiknevad avamaastikel, peetakse nahkhiirlastele vähem ohtlikeks. Kokkupõrkeohtu mõjutavad ka aastaaeg

ja ilmastikutingimused. Tulenevalt nahkhiirlaste rännetest on kõrgeima suremusega hilissuve ja sügise alguse periood. Väiksema suremusega on kevad- ja suvekuud. Sobivaimad ilmastikutingimused nahkhiirlastele on madala tuulekiirusega ööd, soojemad temperatuurid ja sademete puudumine. Seetõttu on väljatoodud ilmastikutingimused seotud ka suurema nahkhiirlaste suremusega. On ka uuringuid, mis väidavad, et nahkhiirlaste hukkumisriski ennustavad kohalikest ilmastikutingimustest edukamalt suuremad ilmastikumustrid. Põhja-Ameerikas on täheldatud, et ilmastikunähtused nagu kõrgrõhualad ja madal õhuniiskus, ennustasid kokkupõrkeid täpsemini kui lokaalsed ilmastikutingimused. [22], [23], [15]

Nahkhiirlaste kokkupõrkamist tuuleturbiinidega mõjutavad mitmed aspektid. Mõistmaks paremini tuuleturbiinide mõju nahkhiirlastele on vaja põhjalikumaid uuringuid nahkhiirlaste elutegevuse kohta. Andmete olemasolu annaks olulist informatsiooni piirkonna tuuleparkide mõju kohta ning tagaks tõhusamad vältimis- ja leevendusmeetmed. Näiteks võimaldavad andmed luua kaarte nahkhiirlaste ööbimisvalikute ja toidu otsimise kohta, mis oleks abiks tuuleparkidele sobivate kohtade leidmisel. [15]

3 METOODIKA

Nahkhiirlaste rändel mängivad olulist rolli nii lokaalsed kui ka suuremad ilmastikumustrid. Antud töö statistilises osas on nahkhiirlaste rändest parema ülevaate saamiseks võrreldud rändeandmeid lokaalsete ilmastikutingimustega. Käsitletud on õhutemperatuuri, tuulekiirust ja tuule suunda.

Väljundid on koostatud varem kogutud andmete põhjal. Nahkhiirlaste rände andmed on kogutud Pärnu maakonnas, Häädemeeste vallas, Kabli külas, perioodil 2008-2020. Nahkhiirlaste rände andmete kogumiseks kasutati Kabli külas ultraheli salvestajat, mis paigutati Kabli linnujaama. Ultraheli salvestaja loendab möödalende ultraheli signaalide abil. Ilmastikuandmed pärinevad Eesti Ilmateenistuse Häädemeeste rannikujaamast mis paikneb Kabli linnujaamast ligikaudu 2 km kaugusel. Ilmastikuandmed pärinevad perioodist 2013-2020.

Töös on analüüsitud nahkhiirlaste sügisrände perioodil ehk ajavahemikul 01.07-31.10 kogutud andmeid. Selleks, et nahkhiirlaste registreeringute ajaline paiknemine oleks aastate vahel võrreldav, kasutati töös kuupäevade asemel nädala ja päeva numbrit aasta algusest. Statistiline osa on koostatud järgnevate nahkhiirlaste liikide põhjal:

Nahkhiirlaste liigid, keda on töös käsitletud paiksena:

- põhja- nahkhiir;
- hilis-nahkhiir (määrang kaheldav);
- pruun-suurkõrv;
- lendlaste perekond.

Nahkhiirlaste liigid, keda on töös käsitletud rändsena:

- väikevidevlane;
- suurvidevlane;
- pargi-nahkhiir;
- pügmee-nahkhiir;
- hõbe-nahkhiir;
- kääbus-nahkhiir;
- perekond *pipistrellus*.

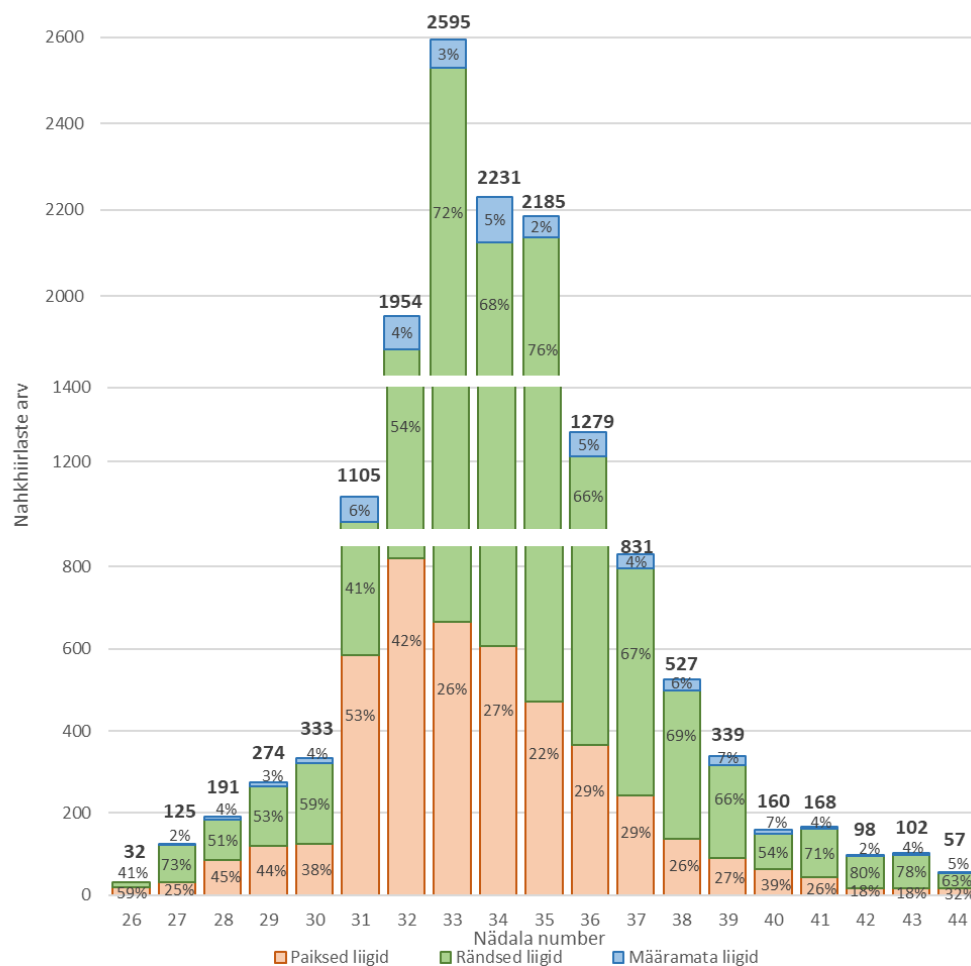
Nahkhiirlaste liigid, keda on töös käsitletud määramata:

- nahkhiirlaste sugukond, kindel liik teadmata.

4 TULEMUSED JA ARUTELU

4.1 Nahkhiirlaste möödalennud ajalises jaotuses

Joonis 2 annab ülevaate nahkhiirlaste liikuvusest sügisrände perioodil sõltuvalt nädalast. Iga tulba koguväärtus on üle aastate summeeritud nahkhiirlaste möödalendude arv, mis on vastavuses nädala numbriga. Jooniselt on väljaloetavad kuude algused ja lõpud järgnevalt: juulikuu 26.-32. nädal, augustikuu 32.-36. nädal, septembrikuu 36.-40. nädal ja oktoobrikuu 40.-44. nädal. Täpsema ülevaate saamiseks, kas nahkhiirlaste ränne on ajaliselt erinev sõltuvalt liikumisraadiusest, on tulbad jaotatud paikseteks, rändseteks ja määramata osadeks.



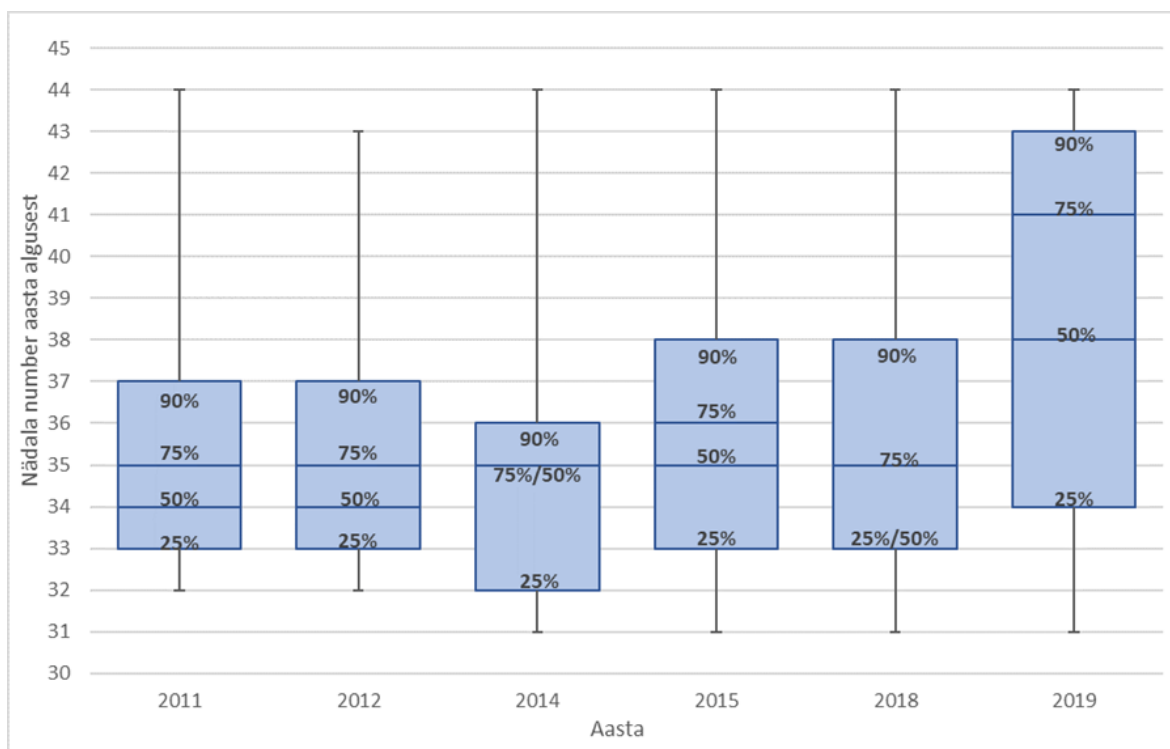
Joonis 2. Nahkhiirlaste ränne lähtuvalt nädalast

Nahkhiirlaste ränne elavneb 31. nädalast ning aktiivseim periood kestab 36. nädalani. Kõige aktiivseimaks nahkhiirlaste rände perioodiks on 33. nädal. Vaiksemateks perioodideks on 26.-30. nädal ning 39.-44. nädal. Joonise põhjal saab öelda, et nahkhiirlaste sügisrände intensiivseim periood kestab augusti algusest kuni septembri alguseni.

Sügisrände perioodil suurima osa möödalenud moodustavad rändsed nahkhiirlased, kes suunduvad neile sobivamatesse tingimustesse. Paiksed liigid otsivad ranniku äärsetel aladel toitu ning seetõttu esineb ka neid arvestatav osa.

4.2 Nahkhiirlaste rände aastatevaheline hajuvuse varieerumine

Alltoodud joonisel on kirjeldatud nahkhiirlaste rände aastate vahelist varieerumist. Jooniselt näeb, mis ajaks on vastavalt läbi 25%, 50%, 75% ja 90% rändest. Topelt protsendiline märgeline joonisel tähendab, et ühel nädalal saab läbi mitu rändeetappi. Saame järeldada, et lühikese ajaperioodi vältel oli liikuvuses märgatavalt rohkem nahkhiirlasi. Lähtudes asjaolust, et erinevatel aastatel alustati andmete kogumist erinevatel kuupäevadel, on antud joonis koostatud 01.08-31.10 perioodi kohta. Sel perioodil koguti andmeid kõigil joonisel toodud aastatel. Välja on jäetud aastad, kus nahkhiirlaste rändeinformatsioon ei olnud piisav. Jooniselt on väljaloetavad kuude algused ja lõpud järgnevalt: augustikuu 32.-36. nädal, septembrikuu 36.-40. nädal ja oktoobrikuu 40.-44. nädal.



Joonis 3. Nahkhiirlaste rände varieeruvus aastate vaheselt

Aastatel 2011 ja 2012 koguti 25% nahkhiirlaste rædaegsetest registreeringutest 33. nädalal. Pool rändest oli läbi 34. nädalal ning 75% rändest sai läbi 35. nädalal. 90% rändest oli läbi 37. nädalal.

2014 aastal oli 32. nädalaks läbi 25% rändest. Pool rändest ja 75% rändest said antud aastal läbi samal ehk 35. nädalal. 90% rändest sai läbi 36. nädalal. Kuna rände läbivuses ei esinenud suurt hajuvust, saame järeldada, et nahkhiirlaste rändeks olid soodsaimad tingimused 31.-36. nädalal. Kõige soodsaimad tingimused olid 35. nädalal. Saame järeldada, et sellele eelnesid vähem soodsamad tingimused, kuna pool ja 75% rändest sai läbi samal nädalal.

2015. ja 2018. aastal sai 25% rändest läbi 33. nädalal. Aastal 2015 sai pool rändest läbi 35. nädalal. 2018 sai pool rändest läbi samal nädalal kui 25% ehk 33. nädalal. Sellest saab järeldada, et 33. nädalal olid nahkhiirlastele soodsaimad tingimused. 75% rändest sai 2015. aastal läbi 36. nädalal ning 2018 35. nädalal. 90% rändest lõppes mõlemal aastal 38. nädalal. 2015. aastal saame järeldada, et tulenevalt rände hajuvusest olid nahkhiirlastele kõige soodsamad tingimused 35. kuni 36. nädalal ning vähem soodsamad tingimused 33.-35. ja 36.-38. nädalal. Nagu eelnevalt väljatoodud, oli 2018. aastal kõige soodsamaks nädalalaks 33. nädal ning vähemsoodsaks

perioodiks oli 35.-38. nädal. Üldjoontes võib öelda, et 2015. ja 2018. aastal oli hajuvus väike ning nahkhiirlastele olid rändeks soodsad tingimused.

2019. aastal sai 25% rändest läbi 34. nädalal, pool rändest lõppes 38. nädalal. 75% rändest sai läbi 41. nädalal ning 90% rändest sai läbi 43. nädalal. Jooniselt on näha, et antud aastal oli nahkhiirlaste rände hajuvus suur ehk soodsaid tingimusi oli vähe. Seetõttu venis ka rändeperiood pikemaks.

Nahkhiirlaste rände aastatevaheline hajuvuse varieerumine on tingitud erinevustest ilmastikuoludes. Soodsate ilmastikuolude korral kestab nahkhiirlaste põhiränne ca 1 kuu ning rände kestvus pikeneb kui ilmastikutingimused on nahkhiirlastele ebasoodsad.

4.3 Nahkhiirlaste liikumine sõltuvalt tuule suunast

Üheks oluliseks lokaalseks ilmastikunäitajaks, mis mõjutab nahkhiirlaste rännet, on tuule suund. Joonisel 4 on väljatoodud nahkhiirlaste ränne vastavalt tuule suunale. Paikseid ja rändseid liike on eraldi vaadeldud, et välja selgitada, kas tuule suund mõjutab nende liikuvust erinevalt.



Joonis 4. Paiksete ja rändsete nahkhiirlaste liikuvus sõltuvalt tuule suunast

Joonisel 4 on näha, et paikseid nahkhiirlasi on liikuvuses rohkem ida- ja kagutuule korral. Kagutuulega lendab 27,6% ja idatuulega 27,3% nahkhiirlasi. Märkimisväärselt vähem liigub

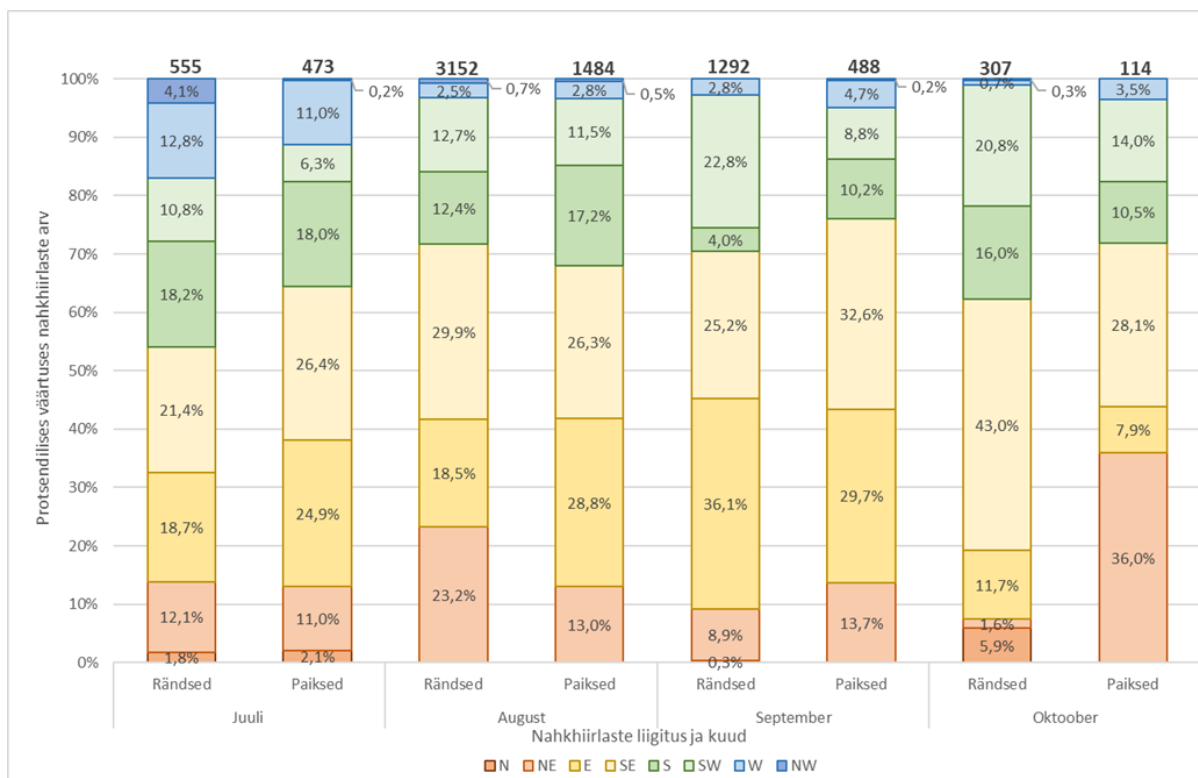
nahkhiirlasi kirde-, edela-ja lõunatuulte korral. Lääne-, loode- ja põhjatuulte korral on paiksete liikide liikumine kõige väiksem või peaaegu olematu.

Joonisel 4 on väljatoodud rändsete liikide liikuvus sõltuvalt tuule suunast. Sarnaselt paiksetele liikidele eelistavad ka rändsed liigid kagu- ja idatuuli. Kagutuulega lendab 28,6% ja idatuulega 22,4% nahkhiirlastest. Vähem eelistavad nahkhiirlased edela- ja kirdetuuli. Kõige vähem kasutavad rändliigid sügisrände perioodil rändamiseks lääne-, loode- ja põhjatuult.

Vastavalt tuule suunale ei esine suuri erinevusi paiksete ja rändsete liikide osas. Väike erinevus esineb selles, et rändsed liigid eelistavad peamiselt kagutuult ning paiksed liigid lendavad nii kagutuule kui ka idatuulega võrdses koguses. Suurem erinevus kajastub paiksete ja rändsete nahkhiirlaste tuule suuna valikul vähemeelistatavate tuule suundade korral. Nimelt eelistavad paiksed liigid kolmanda ja neljanda tuule suunana vastavalt lõuna- (15,7%) ja kirdetuuli (13,8%). Rändsetele liikidele on aga sobivamad kirde- (17,3%) ja edelatuuled (15,4%).

4.3.1 Nahkhiirlaste liikuvus kuude lõikes vastavalt tuule suunale

Joonis 5 kajastab nahkhiirlaste sügisrände perioodil nahkhiirlaste liikuvust vastavalt tuule suunale. Eraldatud on rändsed ja paiksed liigid ning välja on toodud erinevus kuude lõikes.



Joonis 5. Nahkhiirlaste liikuvus kuude lõikes vastavalt tuule suunale

Jooniselt on näha, et nahkhiirlased lendavad kõige vähem põhja-, loode- ja läänetuulte puhul. Kõige rohkem lendab rändseid nahkhiirlasi põhjatuulega oktoobris. Seevastu loodetuulega lendavad rändsed nahkhiirlased enim juulikuus. Läänetuult kasutavad nii rändsed kui paiksed nahkhiirlased enim juulikuus.

Juulikuus eelistavad rändsed liigid enim kagutuult. Väiksema osakaaluga, kuid mitte suure vahega on lõuna- ja idatuuled. Paiksed liigid eelistavad enim kagu- ja idatuuli, suurt erinevust nende osakaalude vahel ei esine. Lõunatuult eelistavad rändsed ja paiksed nahkhiirlased võrdselt.

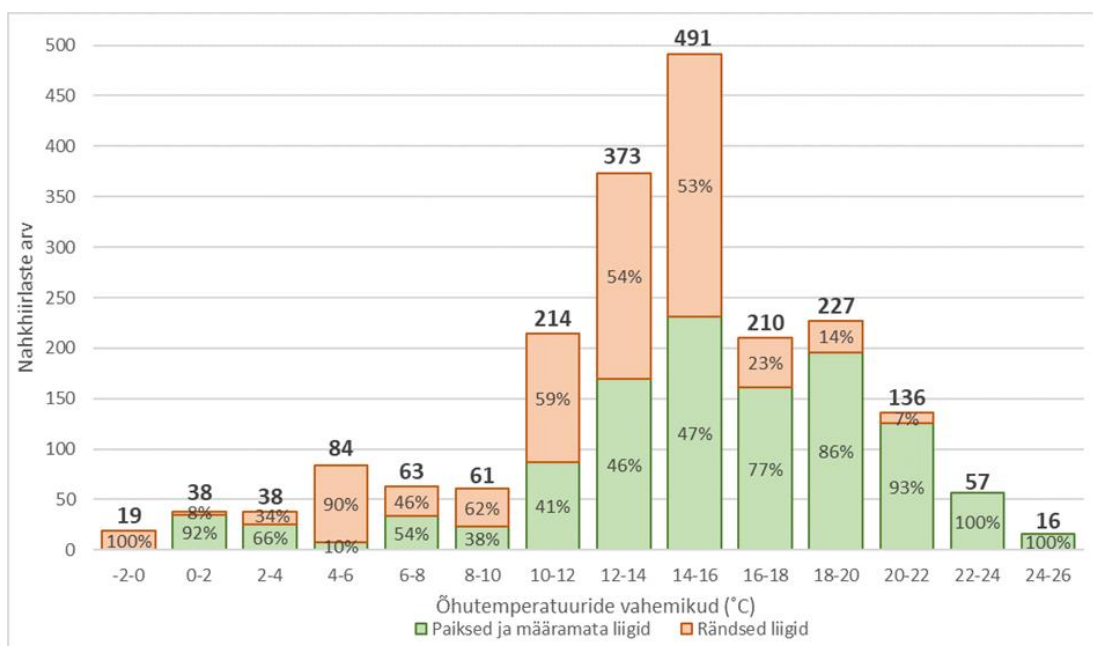
Rändsed liigid eelistavad augustikuus enim kagutuult, kuid paikseid liike lendab enim lõunatuulega. Augustis ei ole täheldatud nahkhiirlaste lendamist põhjatuulega. Suurim erinevus seisneb sellest, et rändsed liigid eelistavad teisena kirdetuult ning paiksed liigid kagutuult.

Võrreldes septembrikuud augustiga on näha, et rändsed nahkhiirlased lendavad meelsamini idatuulega ning kolmanda tuulesuuna valikuna on eelistatud edelatuult. Paiksete liikide puhul ei esine suuri erinevusi augustikuuga. Oktoobris eelistavad rändsed liigid enim kagutuult ja seejärel edelatuult. Paiksetel liikidel on aga suurima osakaaluga kirde- ja kagutuuled.

Kablis on rannikuääres metsaala, mis pakub idapoolt tulevate tuulte korral nahkhiirlastele tuulevarju. Seetõttu saame järeldada, et nahkhiirlaste rändes ei oma nii suurt rolli mitte tuulesuund vaid tuulesuuna ja ümbritsevate olude koosmõju (hoonestus ja metsaalad).

4.4 Nahkhiirlaste liikumine sõltuvalt õhutemperatuurist

Tõenäoliselt on nahkhiirlaste ränne seotud temperatuurimuutustega [24]. Seetõttu on allolevale tabelile koondatud nahkhiirlaste liikumine sõltuvalt õhutemperatuurist, et näha, kuidas õhutemperatuur mõjutab nahkhiirlaste rännet. Detailsema ülevaate saamiseks on eristatud paiksed ja rändsed liigid ning määramata liike on vaadeldud koos paiksetega.



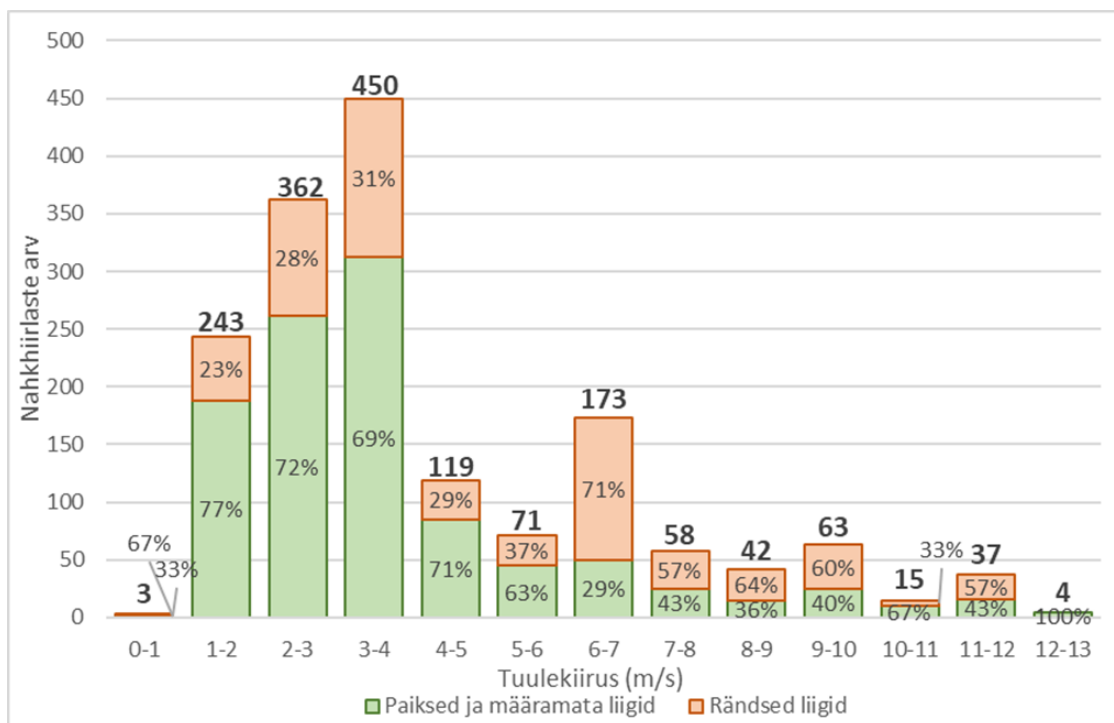
Joonis 6. Nahkhiirlaste liikuvus sõltuvalt õhutemperatuurist

Alates 0°C hakkab liikuvus intensiivistuma, kuid hüppeline tõus toimub alles 10°C juures ning langeb märkimisväärselt 22°C juures. Selgub, et nahkhiirlased eelistavad enim õhutemperatuure vahemikus 12-16°C. Samuti on nahkhiirlaste ränne intensiivsem 10-12°C ja 16-22°C õhutemperatuuri korral. Kõige vähem lendab nahkhiirlasi -2-0°C ja 24-26°C temperatuuride korral.

Eristades paikseid ja rändseid liike on näha, et kõige sobivamate temperatuuride korral ei esine osakaaludes märkimisväärselt erinevusi. Jooniselt saab välja lugeda, et rändsed liigid eelistavad pigem külmemaid temperatuure ning paiksed liigid seevastu soojemaid temperatuure.

4.5 Nahkhiirlaste liikumine sõltuvalt tuulekiirusest

Nagu eelnevalt väljatoodud, sõltub nahkhiirlaste ränne nii tuule suunast kui ka õhutemperatuurist. Samuti on üheks oluliseks faktoriks tuulekiirus. Neile sobiva kiirusega tuul on nahkhiirlaste rändel abistavaks faktoriks. Liiga tugev tuul põhjustab suuremat energiakulu, kuna ränded on niigi energeetiliselt kulukad on sobiva tuulekiiruse valimine oluline.



Joonis 7. Nahkhiirlaste liikuvus sõltuvalt tuulekiirusest

Joonis 7 annab ülevaate, milliste tuulekiiruste vahemikus on nahkhiirlaste liikumine intensiivseim. Tulbad on jagatud paikseteks ja rändseteks, et võrrelda, kas paiksed nahkhiirlaste liigid eelistavad lendamiseks erinevat tuulekiirust kui rändsed liigid. Lihtsustamise eesmärgil on määramata liike vaadeldud koos paiksete liikidega.

Nahkhiirased eelistavad tuulekiirusi vahemikkudes 1-2, 2-3 ja 3-4 m/s, peale mida langeb nahkhiirlaste liikuvus märgatavalt. Kõige enam eelistavad nahkhiirased tuulekiirusi vahemikus 3-4 m/s. Väikseim on nahkhiirlaste liikuvus tuulekiiruse vahemikkudes 0-1, 5-6 ja 7-13 m/s.

Tulenevalt nahkhiirlaste liigitusest on näha, et protsentuaalselt on väiksemate tuulekiiruste korral enim paikseid liike ning väiksema osa moodustavad rändsed liigid. Suurim protsentuaalne osakaal rändsete liikide puhul on tuulekiiruste vahemikes 6-10 ja 11-12 m/s. Kõige enam domineerivad rändsed liigid vahemikus 6-7 m/s.

KOKKUVÕTE

Seatud taastuvate energiaallikate eesmärkide täitmiseks ning taastumatute energiaallikate asendamiseks omab Eestis suurimat potentsiaali avamere tuuleenergeetika. Tuuleparkide ja tuulikute rajamine põhjustab aga negatiivset mõju nahkhiirlastele. Seetõttu on vaja põhjalikke andmeid nahkhiirlaste elutegevuse ja rännete kohta, et tagada tõhusamad vältimis- ja leevendusmeetmed ning osata arvestada tuuleparkide rajamisel nahkhiirlaste rändeteedega. Mõistmaks paremini läänemere piirkonnas elavate nahkhiirlaste elutegevust on vaja uurida aastaegadeist sõltuvalt hooajalisi eripärasusi, mis mõjutavad nahkhiirlaste elutegevust.

Käesolevas töös on analüüsitud ilmastikunäitajaid (tuulekiirus, õhutemperatuur ja tuule suund), et välja selgitada väärtused, mis on aastate lõikes olnud kõige soodsamad tingimused nahkhiirlaste rändeks. Samuti on uuritud nahkhiirlaste rännet aastate üleselt nädalate kaupa ning aastate vahelist rände varieeruvust. Töö on koostatud tuginedes pikaajalistele rände- ja ilmastikuandmetele, mistõttu on võimalik välja selgitada soodsaimad tingimused.

Töös on analüüsitud järgmised joonised: nahkhiirlaste ränne lähtudes nädalast, nahkhiirlaste rände hajuvus aastate vaheselt, liikuvus sõltuvalt tuule suunast, nahkhiirlaste liikuvus kuude lõikes sõltuvalt tuule suunast ning liikuvus sõltuvalt õhutemperatuurist ja tuulekiirusest. Spetsiifilisemate tulemuste saamiseks on joonistel eristatud paiksed- ja rändliigid, et teada saada, kas nende vahel esineb erinevusi.

Nahkhiirlased eelistavad rändeks eelkõige augustikuu keskpaika. Sügisrände tõttu on Kablis peamiselt liikuvuses rändsed liigid, kuid tulenevalt asjaolust, et rannikuääred on üheks toitumiskohaks nahkhiirlastele, satub piirkonda ka paikseid nahkhiirlasi. Aastate lõikes esinevad erinevused rände hajuvuses, mis on tingitud erinevustest ilmastikuoludes.

Nahkhiirlaste rändes ei ole oluline tuulesuund vaid tuulesuuna ja ümbritsevate olude koosmõju (hoonestus ja metsaalad), kuna metsaalad pakuvad nahkhiirlastele tuulevarju.

Õhutemperatuuridest eelistavad nahkhiirlased vahemikku 12-16 °C. Eristades paikseid ja rändseid liike on näha, et kõige sobilikema temperatuuride korral ei esine osakaaludes märkimisväärsed

erinevusi, kuid on näha, et rändsed liigid eelistavad pigem külmemaid temperatuure ning paiksed liigid seevastu soojemaid temperatuure.

Nahkhiirlaste rändeks on kõige sobivam tuulekiirus vahemikus 2-4 m/s. Tulenevalt nahkhiirlaste liigitusest on protsentuaalselt väiksemate tuulekiiruste korral enim paikseid liike ning väiksema osa moodustavad rändsed liigid. Suurim protsentuaalne osakaal rändsete liikide puhul on tuulekiiruste vahemikes 6-10 ja 11-12 m/s.

Saadud tulemusi saab kasutada alusmaterjalina edasistes põhjalikemates nahkhiirlaste uuringutes, et omada nahkhiirlaste elutegevusest ja rändest paremat ülevaadet.

SUMMARY

Vespertilionidae (bat) Migration Dynamics and Factors Influencing it in Kabli

The study of bats and their migration provides important input to a number of areas. Existing information on bat migration is largely speculative, but a lack of knowledge causes nature conservation problems. Due to the long-term environmental impact of fossil fuel use, the development and deployment of renewable energy alternatives has become a global priority. The Estonian National Energy and Climate plan until 2030 sets targets which among other things, state that the share of renewable energy in total energy consumption in 2030 must be at least 42%. Therefore, the production of electricity from renewable and emission-free energy sources has increased. In Estonia, the greatest potential to reach the set targets is wind energy, especially offshore wind energy, but it is not environmentally neutral energy. Studies have shown that the construction of wind farms and windmills has a negative impact on bats, in terms of direct mortality and cumulative effects on bat population decline and habitat structure. The action plan for the protection of Estonian bats has set out the main risk factors for the Estonian bat fauna. It has assessed the deaths of bats in wind farms as an increasing impact.

The aim of this work is to find out values of weather indicators (temperature, wind directions and wind speed) that are the most favorable conditions for bat migration.

The thesis consists of a theoretical and practical part. The theoretical part provides background information for practical work. Therefore, the theoretical part covers bat evolution, characterization, migration, importance of migration research and bats protection in Estonia.

As practical work, weekly movement of bats, dispersion of bat migration over the years, mobility depending on wind direction, wind speed and temperature graphs was compiled. Graphs are based on bat migration data collected in Kabli in 2008-2020 and weather data collected in Kabli in 2013-2020.

Based on graphs the most suitable conditions for bat's migration are during mid-august. Most of them are migratory bats because of the autumn migration, but stationary species are also reflected

because the coast is one of the feeding grounds for bats. Due to differences in weather conditions, there are differences in the dispersion of migration over the years.

In the migration the wind direction alone is not an important weather indicator for bats. The more important part is the interaction between the wind direction and the surrounding conditions (buildings and forest areas). The forest areas provide windshield for the bats. Bats prefer lower wind speeds (2-4 m/s) for migration and the most suitable temperatures are between 12 and 16 °C. Distinguishing stationary and migratory species, there is no significant differences in the percentages of most suitable temperatures, but migratory species prefer colder temperatures and stationary species prefer warmer temperatures.

The completed work has practical input value in further research. The work can be used as a basis for assessing the environmental impact of wind farms as well as for more in-depth studies of bats.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] T. Tõrv, „Nahkhiired on Eestis kaitse all,“ 2012. [Võrgumaterjal]. Available: http://www.eestiloodus.ee/artikkel4960_4941.html. [Kasutatud 13. aprill 2022].
- [2] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, „Eesti riiklik energia- ja kliimakava aastani 2030 (REKK 2030),“ 2019. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 13.04.2022].
- [3] Keskkonnaamet, „Nahkhiirlaste (Vespertilionidae) kaitse tegevuskava,“ 2017. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 13.04.2022].
- [4] A. Miljutin, *Maailma imetajate mitmekesisus*. Tallinn: Varrak, 2015, p. 360.
- [5] E. Moks, J. Remm, O. Kalda, H. Valdmann, *Eesti imetajad*, Tallinn: Varrak, 2015, p. 278.
- [6] C.J. Burgin, J.P. Colella, P.L. Kahn, N.S. Upham, „How many species of mammals are there?“ *Journal of Mammalogy*, nr 99, pp. 1–14, veebruar, 2018.
- [7] T. Hagström, E. Hagström, *Põhjamaade imetajad*. Tallinn: Varrak, 2011, p. 190.
- [8] Nahkhiired Eesti Looduses, „Nahkhiirte kaitsest.“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://elfond.ee/nahkhiired/nahkhiirtest/kuidas-kaitstakse>. [Kasutatud 13. aprill 2022].
- [9] NÕUKOGU DIREKTIIV 92/43/EMÜ, 21. mai 1992, looduslike elupaikade ning loodusliku loomastiku ja taimestiku kaitse kohta, [Võrgumaterjal]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:01992L0043-20070101&from=EN>. [Kasutatud 04.05.2022].
- [10] Looduskaitseseadus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/116062021003?leiaKehtiv>. [Kasutatud 13.04.2022].
- [11] O. Kalda, R. Kalda, „Eesti nahkhiirte ränded,“ *Eesti Lood.*, nr 8/2020, pp. 58–61, august 2020.
- [12] M.B. Fenton, *Just Bats*. Toronto: University of Toronto Press, 1983, p. 166.
- [13] J. Aegerter, „Migration and dispersal patterns of bats and their influence on genetic structure,“ *Mammal Review*, nr 43, pp. 183–190, mai 2012.
- [14] Rahandusministeerium „Eesti mereala planeering mõjude hindamise aruanne,“ 2021. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 13. aprill, 2022].
- [15] S. P. Gaultier, A.S. Blomberg, A. Ijäs, V. Vasko, E.J. Vesterinen, J.E. Brommer, T.M. Lilley, „Bats and Wind Farms: The Role and Importance of the Baltic Sea Countries in the European

- Context of Power Transition and Biodiversity Conservation,” *Environmental Science and Technology*, nr 54, pp. 10385–10398, 2020.
- [16] L. Bach, P. Bach, J. Rydell, L.G. Diaz, J. Furmankiewicz, N. Hagner-Wahlsten, E. Kyheröinen, T.M. Lilley, M. Masing, M.M. Meyer, G. Petersons, J. Šuba, V. Vasko, A. Hedensröm, V. Vintulis, „Phenology of Migratory Bat Activity Across the Baltic Sea and the South-Eastern North Sea,” *Acta Chiropterologica*, pp. 140–147, juuli 2014.
- [17] C. Kruszyński, L.D. Bailey, A. Courtiol, L. Bach, P. Bach, M. Götsche, M. Götsche, R. Hill, O. Lindecke, H. Matthes, H. Pommeranz, A.G. Popa-Lisseanu, A. Seebens-Hoyer, M. Tichomirowa, C.C. Voigt, „Identifying migratory pathways of Nathusius’ pipistrelles (*Pipistrellus nathusii*) using stable hydrogen and strontium isotopes,” *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, nr 6, pp. 1–9, dets 2020.
- [18] C.C. Voigt, T. Kingston, *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*, SpringerLink: Springer International Publishing, 2016, p. 606.
- [19] M. Masing, L. Lutsar, „Taastuvate energiaallikate ja uurimine ja kasutamine,” 2005. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 18.04.2022].
- [20] L. Rodrigues, L. Bach, M.-J. Doubourg-Savage, B. Karapandža, B. Kovac, T. Kervyn, J. Dekker, A. Kepel, P. Bach, J. Collins, C. Harbusch, K. Park, B. Micevski, J. Minderman, “Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. Revision 2014,” *EUROBATS Publication Series*, nr 6, pp. 53–64, 2015.
- [21] Energiatalgud, „Tuuleenergia ressurs,” 5. veebruar 2021. [Võrgumaterjal]. Available: https://energiatalgud.ee/Tuuleenergia_ressurs. [Kasutatud 18. aprill 2022].
- [22] O. Kalda, R. Kalda, „Nahkhiirte uuring Saarde valda kavandatavate P14, P15 ja P16 tuuleparkide mõju kohta nahkhiirtele.” 2018. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 14.04.2022].
- [23] A.G. Popa-Lisseanu, C.C. Voigt, „Bats on the Move,” *Journal of mammalogy*, nr 6, pp. 1283–1289, dets 2009.
- [24] J.L. Pettit, J.M. O’Keefe, „Day of year, temperature, wind, and precipitation predict timing of bat migration,” *Journal of mammalogy*, nr 98, pp. 1236–1246, okt 2017.