

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Ökoloogia ja Maateaduste instituut
Geograafia osakond

Lõputöö

**Metsloomadega toimuvate liiklusõnnetuste seosed maanteede
lähiümbruse maastikuga Eesti põhimaanteedel**

Henri Lippur

Juhendaja: PhD Evelyn Uuemaa

Kaitsmisele lubatud:
Juhendaja:
Osakonna juhataja:

Tartu 2016

Metsloomadega toimuvate liiklusõnnetuste seosed maanteede lähiümbruse maastikuga Eesti põhimaanteedel

Henri Lippur

Metsloomadega toimuvatel liiklusõnnetustel on laialdane mõju ühiskonna erinevatele valdkondadele. Eesti kontekstis on antud teemat väga pealiskaudselt käsitletud. Käesolev töö uurib, kas ja kuidas on seotud ulukitega juhtuvad avariid maanteid ümbritseva maastikuga. Analüüs viidi läbi kahel viisil. Esialgu vaadeldi maastikku kui tervikut. Seejärel uuriti maakasutuse tüüpide kaupa. Töös leiti, et loomaõnnetuste tõenäosus on kõrgem mitmekesiste maastikega piirkondades ja aladel, kus esineb rohkem metsa ja vähem põllumaad.

Märksõnad: metsloom, liiklusõnnetus, maastik, maantee

CERCS: T260

Territoriaalne planeerimine

The relationship between traffic accidents with wild animals and landscape on the main highways of Estonia

Henri Lippur

Traffic accidents with wild animals has a broad effect on different parts of society. There has not been a profound study of this subject in Estonia. This research studies if and how are accidents with wild animals connected with landscape. Analysis was conducted in two ways. At first, the landscape as a whole was examined, and then land usage was viewed. The results showed that traffic accidents with wild animals occur more in areas with diverse landscape and forests and less in areas with arable land.

Key-words: wild animal, traffic accident, landscape, highway

CERCS: T260

Physical planning

Sisukord

1. Sissejuhatus	4
2. Teoreetiline sissejuhatus	6
2.1. Ülevaade suurulukite elupaigaeelistustest	6
2.2. Loomaõnnetuste esinemissagedust mõjutavad faktorid	6
2.2.1. Aastaaeg ja kellaeg	6
2.2.2. Ulukite asustustihedus ja küttemismahud	7
2.2.3. Tee tüüp ja teega külgnev topograafia	8
2.2.4. Teid ümbritsev maastik ja elupaigad.....	8
2.3. Ülevaade loomaõnnetuste vähendamise meetmetest.....	10
3. Materjal ja meetodika.....	11
3.1. Andmeallikad.....	11
3.2. Analüüsimetodika.....	13
4. Tulemused	14
4.1. Kogu maastiku tasand.....	14
4.2. Maakasutuse tüübid	16
5. Arutelu ja järeldused	20
6. Kokkuvõte	22
7. Summary	23
8. Tänuavaldused.....	24
9. Kasutatud kirjandus.....	25

1. Sissejuhatus

Metsloomadega toimuvate liiklusõnnetuste arv on viimastel kümnenditel tõusnud mitmel pool maailmas (Colino-Rabanal jt 2011). Põhjuseks võib välja tuua transpordi infrastruktuuri tihenemise, mille tulemusena on suurenenud kokkupõrke risk uluki ja sõiduki vahel. Samas on ka oma mõju loomade arvukuse ja liiklussageduse kasvul (Seiler 2004, Neumann jt 2012).

Loomaõnnetustel on nii ökoloogiline, majanduslik kui ka sotsiaalne külg. Õnnetustes hukkunud ulukid avaldavad mõju populatsiooni arvukusele. Sõiduki,- ja loomavahelise kokkupõrkega kaasneb varaline kahju, mis väljendub tavaliselt autoremondikuludes. Suurulukitega toimuvate liiklusõnnetuste korral on suures ohus ka inimesed (Hurley jt 2007; Eilat 2011). Tavaliselt piirneb insident majandusliku kahju ja emotsionaalse traumaga (Eilat 2011).

Eestis pole antud temaatikat väga palju uuritud. Maanteeameti tellimusel on analüüsitud, millised transpordi- ja liiklustegurid mõjutavad põhimaanteed ümbruse loomastikku ja elupaiku (Eilat 2011). 2011. aastal kaitsti Tallinna Ülikoolis magistritöö „Suurulukitega Eesti maanteedel toimuvad liiklusõnnetused” Toomas Eilati poolt. Selle uurimuse eesmärgiks oli iseloomustada suurulukitega toimuvate liiklusõnnetuste ajalist jaotust, leida teelõigud, kus toimub enim õnnetusi ning hinnata liiklussageduse ja suurulukite arvukuse mõju avariidele (Eilat, 2011). Eelnevad tööd on keskendunud pigem loomaõnnetuste liiklusega seotud parameetrite uurimisele ning teid ümbritseva maastiku mõju pole lähemalt vaadeldud. Natuke rohkem on arvestatud maakasutuse aspekte Maanteeameti poolt tellitud töös „Eesti riigimaanteedevõrgu loomaõnnetuste registri loomine ning liiklusohtlike lõikude selgitamine”. Tellimuse teostas keskkonnakorralduse ja ruumilise planeerimise konsultatsiooniettevõtte Hendrikson ja Ko. Selle töö üheks eesmärgiks oli välja selgitada maanteelõigud, kus loomade teesattumistõenäosus on erinevate looduslike tegurite tõttu suurem kui mujal (Peet ja Padrik 2015). Siiski on jäänud maastiku käsitus küllaltki pealiskaudseks. Määratledes ohtlikke piirkondi maanteedel, on antud erinevatele maastikuteguritele oletuslik hinnang, kuidas need võiksid mõjutada ohutaset teelõigul. Näiteks on Peet ja Padrik (2015) võtnud haritava maa külgnemist maanteega kui lõigu ohtlikkust vähendavat tegurit. Tegelikuses pole täpselt uuritud, millist mõju selline maakasutuse tüüp omab.

Nähes, et ulukitega toimuvad liiklusõnnetused on koondunud ruumis, siis on alust arvata, et see pole juhuslik (Finder jt 1999). Seega oleks vaja välja selgitada, kas ja kuidas teeäärne maastik avaldab mõju liiklusõnnetuste esinemissagedusele. Informatsioon selliste seoste kohta aitaks paremini kavandada leevendusmeetmeid ning ette näha potentsiaalseid õnnetuste tulipunkte. Samas oleksid uurimuse tulemused ka vajalikud detailsemate uuringute läbiviimisel, maanteede rekonstrueerimise, keskkonnamõju hindamise (KMH) protsessides, teavitustöös jms (Eilat 2011).

Lõputöö eesmärgiks on leida, kas ja kuidas on õnnetuste esinemissagedus seotud maantee läbiümbruse maastikuga. Uurimisobjektiks on metsloomad, kellega avariid toimuvad. Nende hulka kuuluvad nii suur- ja väikeulukid. Küll aga on töös rohkem tähelepanu pööratud suurulukitele. Seda põhjusel, et 90% registreeritud liiklusõnnetustest on toimunud just nendega (Peet ja Padrik 2015). Samas on ka suurulukite poolt tekitatav kahju märkimisväärselt suurem ülejäänud loomadega võrreldes. Uurimisalaks on valitud põhimaanteed. Selline valik langetati, kuna igapäevane summaarne läbisõit nendel maanteedel moodustab peaaegu 50% kogu maanteeliiklusest (Peet ja Padrik 2015). Need on kõrge liiklussagedusega teed (Eilat 2011). Lõputöö eesmärgist tulenev uurimisküsimus on järgmine:

- Kuidas mõjutab Eesti maanteede lähiümbruse maastik suurulukitega toimuvaid liiklusõnnetusi?

2. Teoreetiline sissejuhatus

2.1.Ülevaade suurulukite elupaigaeelistustest

Täpsemalt on vaatluse all järgnevad sõralised: põder, metskits ja metssiga, kuna käesolevas töös analüüsitavatest liiklusõnnetustest moodustavad nende liikidega toimunud avariid 90% kogumahust.

Põder

Suvel eelistavad põdrad lodumetsi ja lehtpuunoorendikke. Samuti pajuistikke ja uuenevaid raiesmikke. Talveks siirduvad soode servaaladele ning kuivematesse sega- ja männimetsadesse. Avamaastikul liiguvad põdrad teistest sõralistest vähem (Klein 2010).

Metskits

Metskitsed liiguvad suveperioodil peamiselt liigestatud kultuurmaistutel, põldudevahelistes metsatukkades, metsaservades, väludel ja raiesmikel. Talvel eelistavad kuivemaid, rikkaliku puhmarindega sega- ja männimetsi. Metskitse võib tihti kohata avamaastikul (Klein 2010).

Metssiga

Metssigadel puudub märkimisväärne elukoha eelistuse muutumine perioodiliselt. Nad liiguvad aastaringselt niisketes leht- ja segametsades, lodudes ja sooservades, veekogude kallastel, mosaiiksetes kultuurmaistutes ning põldudega piirnevates metsaservades. Samuti kasutavad metssead varjumiseks noori kuusetihnikuid (Klein 2010).

2.2.Loomaõnnetuste esinemissagedust mõjutavad faktorid

Eelnevate uurimuste põhjal on selgunud, et metsloomadega toimuvad liiklusõnnetused on süsteemselt seotud nelja erineva näitajate rühmaga (Hussain jt 2007):

- aastaaeg ja kellaaeg;
- ulukite asustustihedus ja küttemahud;
- tee tüüp ja teega külgnev topograafia;
- teid ümbritsev maastik ja elupaigad..

2.2.1. Aastaaeg ja kellaaeg

Liiklusõnnetuste ajalist jaotumist on uurinud Eesti maanteedel Eilat (2011). Selgub, et kõige rohkem loomaõnnetusi toimub sügisel oktoobris– novembris ning kevadel mais- juunis. Sügisene avariide kõrgeaeg on paljustki tingitud sellest, et mitmetel loomaliikidel on

jooksuaeg. Põtradel on see septembris- oktoobris, metssigadel novembris- detsembris. Lisaks mõjutab õnnetuste sageduse kasvu ka alanud jahihooaeg ning sesoonne ränne, mille tõttu liiguvad loomad rohkem ringi ja satuvad tihemini maanteedele (Eilat 2011; Javoiš 2008). Kevadise kõrgperioodi peamiseks põhjusteks on ulukite sesoonne ränne ja asjaolu, et vanaloomadest lahku löödud noorloomad peavad iseseisvalt hakkama saama (Eilat 2011). Kogenematud noorloomad satuvad suurema tõenäosusega ohtlikesse olukordadesse (Javoiš 2008).

Loomaõnnetuste ajalist jaotumist on põhjalikult uuritud ka väljaspool Eestit. Neumann jt (2012) leidsid, et enim õnnetusi põtradega toimub perioodil oktoober-jaanuar. Erinevalt Eilatist (2011), polnud kõrge avariide määr seotud jahi- ja jooksuhooajaga, vaid sel perioodil suurenenud liiklussagedusega. Danksi ja Porteri (2010) uurimusest tuli välja see, et avariide kõrgaeg on hoopis maist oktoobrini. Nad leidsid sarnaselt Eilatiga (2011), et loomaõnnetuste arvu tõus on seotud sesoonse rändega ja sellega, et kogenematud noorloomad hakkavad sel perioodil iseseisvalt ringi liikuma. Erinevused avariide kõrgperioodides tulenevad arvatavasti asjaolust, et kõik kolm uurimust on läbi viidud erinevatel lauskraadidel. Siinkohal võivad seega mängida rolli valgustingimused (Danks ja Porter 2010).

Suurulukitega toimuvate liiklusõnnetuste puhul saab eristada ka ööpäevast rütmi. Suurem osa avariisid toimub perioodil, mis algab hilistest lõunatundidest ja lõpeb varahommikul (Neumann jt 2012; Hussain jt. 2007; Danks ja Porter 2010). Kell 7.00-8.00 ja 16.00-00.00 on kaks õnnetuste tippaega (Eilat 2011; Christie ja Nason 2003). Avariid juhtuvad just nendel aegadel kõige sagedamini, kuna loomad on eha ja koidu ajal väga aktiivsed. Lisaks on liiklussagedus sel perioodil küllaltki kõrge ning nähtavus halb (Eilat 2011).

2.2.2. Ulukite asustustihedus ja küttimehahud

Eilat (2011) oma uurimuses suurulukite arvukuse ja loomaõnnetuste vahelist seost ei tuvastanud. Põhjuseks pakkus ta välja selle, et avariisid mõjutavad faktorid on eri piirkonnas erinevad. Samas täheldas Eilat (2011), et Eesti tasandil langesid kokku liiklusõnnetuste arvu muutus kütitud isendite arvu muutusega. Seiler (2003) tõi välja asjaolu, et kohalikul tasandil pole võimalik saada adekvaatset pilti ulukite arvukusest, kuna osade ulukite territooriumid, mille ulatuses nad liiguvad, katavad mitmeid haldusüksusi. Seega on täpne loendamine väikeste üksuste kaupa raskendatud.

Seiler (2005), kes uuris põtradega toimuvaid liiklusõnnetusi, leidis, et avariid on seotud küttimehahuga. Loomaõnnetuste paikades kütiti rohkem ulukeid võrreldes

kontrollpunktidega. Nagu eelnevalt mainitud, siis Eilat ja mõningad teised autorid on leidnud, et jahihooaeg mõjutab liiklusõnnetuste sageduse kasvu. Loomade suurenev liikuvus jahipidamise tõttu suurendab tõenäosust, et nad satuvad maanteedele ja seega avariidesse (Seiler 2005). Vastupidiselt Seilerile, leidsid Hussain jt. (2007), et piirkonna küttimismahu suurendamine vähendas loomaõnnetuste toimumise tõenäosust. Siinkohal tuleb arvestada sellega, et väljastatud jahilubade arvu tõusu mõju avaldub alles järgneval aastal.

2.2.3. Tee tüüp ja teega külgnev topograafia

Hubbard jt. (2000) on uurinud Iowas maanteed ja maastiku muutujate mõju valgesaba pampahirvega toimuvatele liiklusõnnetustele ning on leidnud, et mida rohkem sõiduradu maanteel esineb, seda suurema tõenäosusega on sellel teelõigul liiklusõnnetusi loomadega. Hurley jt. (2007), kes uurisid Kanada rahvusparkides toimuvaid õnnetusi põtradega, töid samuti välja, et avariioht on suurem maanteedel laienedes. Laiema tee ületamisel viibib uluk kauem riskitsoonis, millega tõuseb avarii tõenäosus.

Samuti on määravaks aspektiks maanteed ümbritsev topograafia. Metsloomadega toimuvad liiklusõnnetused pigem kohtades, kus tee on samal tasapinnal ümbritseva maastikuga (Gunson jt 2005). Seda toetavad Malo jt (2004) uurimistulemused, mis näitasid, et kõrgete äärtega teedel on avariisid vähem. Teeääred peavad olema vähemalt kaks meetrit kõrgemal ümbritsevast, et ulukeid eemale hoida (Malo jt 2004).

Paljud uurimused on näidanud, et lineaarsed maastikuelemendid, nagu veekogude äärsed kaldad, kraavid, järsud nõlvad, vallid kui ka aiad, juhivad loomi paralleelselt teega või üle selle ning suurendavad seega loomaõnnetuste riski (Malo jt. 2004; Hurley jt. 2007; Finder jt 1999; Clevenger jt 2007; Hubbard jt 2000). Samas Gunson jt (2005), kes uurisid Kanadas sõralistega toimuvaid avariisid, otseselt sellist seost ei täheldanud. Põhjuseks on see, et vee äravoolukanalid, mida pidi ulukid liiguvad, on juhitud sildade alt läbi, mille tõttu loomad ei satu maanteedele. Sarnaselt leidis ka Seiler (2003), et loomaõnnetuste risk on suurem kohtades, kus kõrvalteed ristuvad põhimaanteedega, kui seal, kus neid eraldavad tunnelid või sillad. See võib olla tingitud asjaolust, et ulukid kasutavad väiksemaid teid liikumiskoridoridena (Seiler 2003).

2.2.4. Teid ümbritsev maastik ja elupaigad

Loomaõnnetuste esinemissageduse üheks oluliseks mõjutajaks on metsamassiivi olemasolu ning selle kaugus maanteest. Mida lähemal paikneb mets teele, seda tõenäolisem on avariide esinemine (Finder jt 1999; Malo jt 2004; Seiler 2005). Malo jt (2004) ja Seiler (2005) leidsid,

et lisaks metsa lähedusele, on ka selle osakaal ümbritsevast maastikust, mis tõstab õnnetuste toimumise riski. Lisaks neile autoritele said sama tulemuse ka Danks ja Porter (2010) oma töös. Samas erinesid nende tulemused metsatüüpide lõikes. Seiler (2005) ning Danks ja Porter (2010), kes analüüsisid põtradega toimuvaid liiklusõnnetusi, leidsid, et just okasmetsadega külgnevatel teedel on avariide oht suurem. Danks ja Porter (2010) toovad välja ka, et selline tulemus on arvatavasti seotud asjaoluga, et seda tüüpi metsad on põtratele elupaigaks. Malo jt (2004), kelle uurimisöö hõlmas punahirvi ja metssigu, leidis, et ohtlikumad on teelõigud, kus ääres on metsamassiivid, mis külgnevad just veekogudega. Eelnevat toetab veel Seiler (2003) oma uuringuga, kus leitakse, et mitmekesiste elupaikadega piirkondades toimuvad õnnetused ikkagi pigem metsavahelistel lõikudel või nende läheduses, kuna loomad eelistavad läheneda teedele puude ja põõsaste varjust.

Veel mõjutab loomaõnnetuste esinemist teede ümbruses paikneva maharaiutud metsa määr. Danks ja Porter (2010) ning Christie ja Nason (2003) on leidnud, et maanteed läheduses olevad raielangid on seotud kõrgenenud loomaõnnetuste arvuga. Seda põhjusel, et ulukitele on sellised maharaiutud piirkonnad toitumiskohtadeks ning seega liiguvad antud piirkonnas loomad aktiivsemalt (Javoš 2008).

Maanteedel, mida ümbritsevad suured põllumajanduslikud alad, on liiklusõnnetuste toimumise tõenäosus väiksem (Hussain jt 2007; Hubbard jt 2000; Malo jt 2004; Seiler 2005). Samuti vähendab loomadega toimuvate avariide tõenäosust inimasustuse ligidus (Seiler 2005; Malo jt 2004). Samas on leidnud Hussain jt. (2007), et põllulappide ja täisehitatud alade rohkus toob kaasa selle, et ulukite elupaigad on rohkem tükeldatud. Fragmenteeritus omakorda sunnib loomad rohkem liikvele, mistõttu tõuseb ka liiklusõnnetuste tõenäosus (Hussain jt. 2007).

Jättes kõrvale konkreetsed maakasutuse tüübid ja vaadeldes kogu maastikku ühe tervikuna, siis Malo jt (2004) leidsid, et ulukitega toimuvad avariid esinevad eelkõige aladel, kus tihedad metsaalad vahelduvad avatud elupaikadega ehk kus maastik on mitmekesisem. Malo jt (2004) uurimisobjektiks olid erinevad imetajad (punahirv, metssiga, punarebane), kes eelistavad liikuda avatud maastikuga aladel. Malo jt (2004) leidu kinnitab Finder jt (1999), kelle uurimistööst järeldus, et teelõikudel, kus ümbritsev maastik on mitmekesisem, toimub suurema tõenäosusega loomaõnnetusi. Lisaks neile kahele uuringule leidsid Hothorn jt (2012), et mida pikemad on metsaservad teid ümbritsevatel aladel, seda tõenäolisemalt

liiklusõnnetused juhtuvad selles piirkonnas. Mida pikemad maastikuklasside servad, seda suurem servatihedus, mis omakorda näitab seda, et maastik on mitmekesisem.

Loomadega toimuvate õnnetuste asukohad on ka seotud sellega, mis liiki loomadega on tegu. Seiler (2005) leidis, et põtradega toimuvad õnnetused rohkem piirkondades, mis on kaetud peamiselt metsaga ning punahirvedega aladel, kus on rohkem avatud maastikku. Seega on näha, et avariide asukohad on sõltuvuses ulukite elukohaeelistustest.

2.3.Ülevaade loomaõnnetuste vähendamise meetmetest

Loomadega toimuvate liiklusõnnetuste vähendamise meetmeid saab üldjoontes jagada kahte rühma:

- sõidukijuhtide käitumise mõjutamine;
- loomade liikumise mõjutamine (Glista jt 2009).

Sõidukijuhtide käitumise mõjutamiseks on kõige enam levinud meetod hoiatusmärkide kasutamine (Forman 2003). Selliste märkide eesmärk on muuta autojuhid teatud teelõikudel metsloomade suhtes tähelepanelikumaks. Samuti peaksid need panema ka inimesi sõidukiirust vähendama (Huijser jt 2007). Lisaks on väga tähtsal kohal ka autojuhtide teavitamine ohtlikest teelõikudest (Eilat 2011).

Metsloomade liikumise mõjutamisel on kõige levinum meede maanteede tarastamine, et takistada loomade juurdepääsu teedele (Huijser jt 2007). Huijser jt (2007) toovad välja ka selle, et kuna aedade paigaldamine on suhteliselt odav, siis seepärast ongi see nii laialt kasutusele võetud. Samas, kui loomatarad paigutada valedesse kohtadesse, võib liiklusohu pigem tõsta. Suuremad metsloomad hüppavad tarad maha ning võivad ennast selle käigus vigastada. Šokiseisundis haavatud loom käitub veelgi ettearvamatult (Klein 2010). Metsloomade teedelt eemalepeletamiseks kasutatakse ka reflektoreid, mis on paigutatud maanteede äärde. Nende eesmärk on autodelt tuleva valguse peegeldamine loomadele ja sellega nende hirmutamine. Samas on Hedlund jt (2004) oma uuringus leidnud, et selle meetodi efektiivsus on kaheldav. Kõige ulukisõbralikumaks leevendusmeetmeks on ökoduktide ja loomatunnelite rajamine. Nende abil saavad metsloomad segamatult ja liiklust häirimata maanteid ületada (Klein 2010). Samas on miinuseks see, et neid on kallis rajada (Huijser jt 2007).

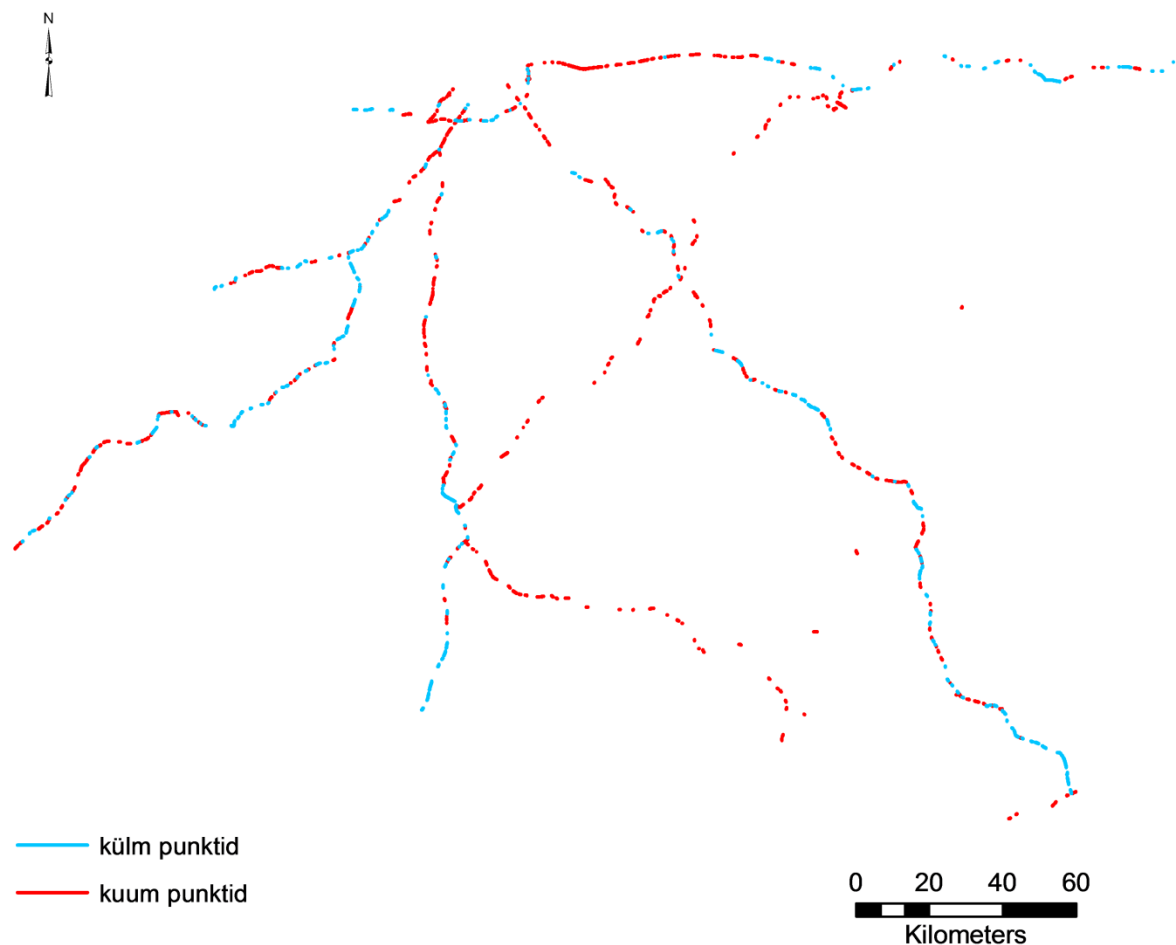
3. Materjal ja metoodika

3.1. Andmeallikad

Antud töös kasutatud andmed on pärit Maanteeameti poolt tellitud uuringust „Eesti riigimaanteedevõrgu loomaõnnetuste registri loomine ning liiklusohtlike lõikude selgitamine.” Läbiviijaks oli OÜ Hendrikson & Ko. Töö eesmärgiks oli Häirekeskuse poolt Maanteeametile edastatud 1313 valvetelefoni loomaõnnetuste teadete korrastamine ja geokodeerimine ning nende koondamine andmebaasi. Samuti analüüsiti õnnetuste toimumispaikade ja loomade liikumist soodustavate maastikuelementide ruumiandmeid, et välja selgitada Eesti maanteedel loomaõnnetuste teelõigud (Peet ja Padrik 2015). Käesolevas töös kasutatakse eelnevalt mainitud uuringu tulemusena valminud shp- faile. Eelkõige on kasutatud kahte kaardikihti. Ühel neist on tuvastatud statistiliselt olulised loomaõnnetuste koondumiskohad (nn kuum punktid ehk *hot spots*) ja teisel teelõigud, kus esineb avariisid võrreldes muude aladega vähem (nn külm punktid ehk *cold spots*). Peet ja Padrik (2015) kasutasid antud kaardikihtide koostamiseks Häirekeskuse valvetelefonile 1313 laekuvaid teateid loomaõnnetustest. Vahemikus 2009-2013 registreeriti ulukitega 12 386 avariid, millest Peet ja Padrik (2015) oma analüüsimeetodikaga kandsid registrisse ja kaardile 9688. Ülejäänud õnnetuste puhul ei olnud võimalik piisavalt täpset asukohta määrata. 90% loomaõnnetustest oli juhtunud suurulukitega. Analüüsitavaks ajavahemikuks on 2009-2013. Lõputöös on kasutatud siis peamiselt kahte kaardikihti (Joonis 1). Koondumiskohtade andmebaas sisaldas endas järgmisi andmeveerge:

- tee nimetus;
- tee number - igal maanteel on oma unikaalne number;
- kuum punktide/ külm punktide asukoht - need on ära määratud kilomeetrivahemikuna;
- metskitsedega toimunud õnnetuste arv vastaval lõigul;
- metssigadega toimunud õnnetuste arv vastaval lõigul;
- põtradeega toimunud õnnetuste arv vastaval lõigul;
- kõikide toimunud loomaõnnetuste arv kokku.

Külm punktide andmebaasis on ainult tee nimetused ja numbrid.



Joonis 1. Külm punktide ja kuum punktide paiknemine põhimaanteedel.

Käesolevas lõputöös käsitletakse ainult põhimaanteid. Kogu Eesti riigimaanteede võrgust moodustavad põhimaanteed umbes 10%, kuid summaarne igapäevane läbisõit nendel teedel moodustab ligikaudu 50% kogu Eesti maanteeliiklusest. Lisaks sellele moodustas perioodil 2009-2013 põhimaanteedel toimunud loomaõnnetuste arv peaaegu 50% (4657) kogu avariide mahust. Seega on näha, et ühele kümnendikule maanteedest on koondunud ligikaudu pooled liiklusõnnetused metsloomadega (Peet ja Padrik 2015). See on ka põhjuseks, miks käesolevas töös on vaatluse alla võetud just põhimaanteed. Kokku oli põhimaanteedel 402 kuum punkti ja 216 külm punkti, millega hakati edasist analüüsi läbi viima.

Lisaks Peet ja Padriku (2015) tööst saadud andmetele, kasutati maastikuanalüüsi läbiviimiseks Eesti Põhikaardi (1:10 000) andmeid. Töös kasutati järgmisi maakasutuse klasse: mets, noor mets, põld, hoonestatud alad, märgalad ja vooluveekogud. Osa maakasutuse klasse on grupeeritud. Kokku pandi raba, madalsoo ja raskesti läbitav soo. Ühisnimetajaks määrati „märgalad”. Veel koondati ühte rühma järgmised maakasutuse tüübid: aed, elu-ja ühiskondlik hoone, eraõu, kalmistu, kasvuhoone, katusealune,

kõrvalhoone, muu ehitis, tootmisõu, vare ja vundament. Seda gruppi kirjeldavaks nimeks määrati „hoonestatud ala”.

3.2. Analüüsimetoodika

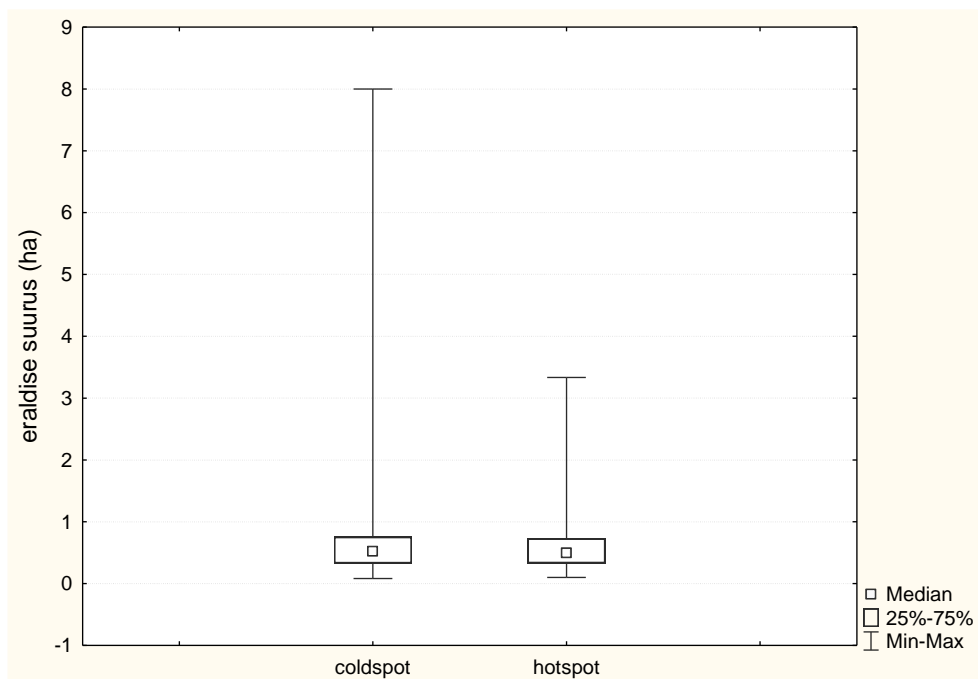
Kaardianalüüsiks kasutati kaarditarkvara ArcGIS 10.2. Esimese sammuna sorteeriti Peet ja Padriku (2015) andmebaasist välja põhimaanteedega seotud andmed. Loodi uus geoandmebaas, kus olid ainult põhimaanteedel asuvad kuum punktid ja külm punktid. Seejärel loodi teede ümber 100 m, 200 m ja 500 m puhvrid. Järgmise sammuna lõigati puhvrialadesse jääv maakasutus Eesti Põhikaardist välja. Igale saadud kuum punkti ja külm punkti puhvri maakasutusele arvutati *Patch Analyst*-is kogu maastiku tasandil kolm maastikuindeksit. Servatihedus (*edge density*)- kõikide maastikuklasside piiride pikkus ühe pindalaühiku kohta (McGarigal ja Marks 1995). Keskmise eraldise suurus (*mean patch size*)- kõikide maastikuklasside eraldiste keskmine pindala. Keskmise kujuindeks (*mean shape index*)- mõõdab eraldiste kuju keerukust, võrdub ühega, kui eraldised on ringi- või ruudukujulised (vastavalt vektoris või rastris).

Maastikuanalüüsi teise suure osana käsitleti maastikuklasse. Nimelt vaadeldi metsade, noorte metsade, põldude, hoonestatud alade, märgalade ja vooluveekogude osakaalu terve puhvriala maastikus. Analüüsi viimases osas võrreldi kuum punktide ja külm punktide maastikuindeksite ja maakasutuse osakaalude erinevusi. Statistiline analüüs viidi läbi programmis Statistica ning kasutati Mann-Whitney U testi.

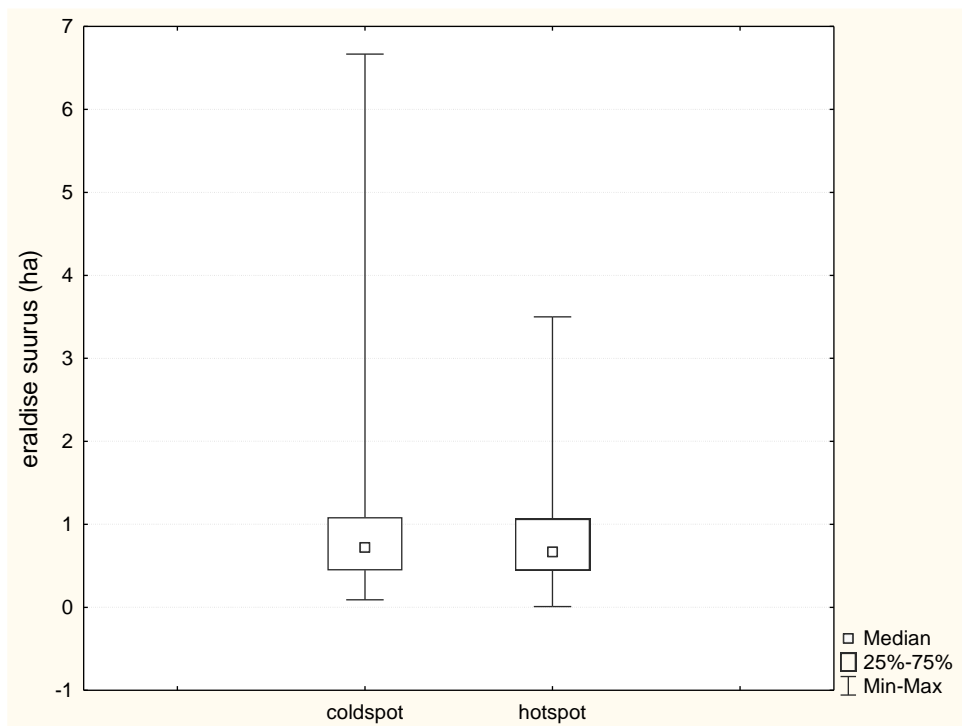
4. Tulemused

4.1. Kogu maastiku tasand

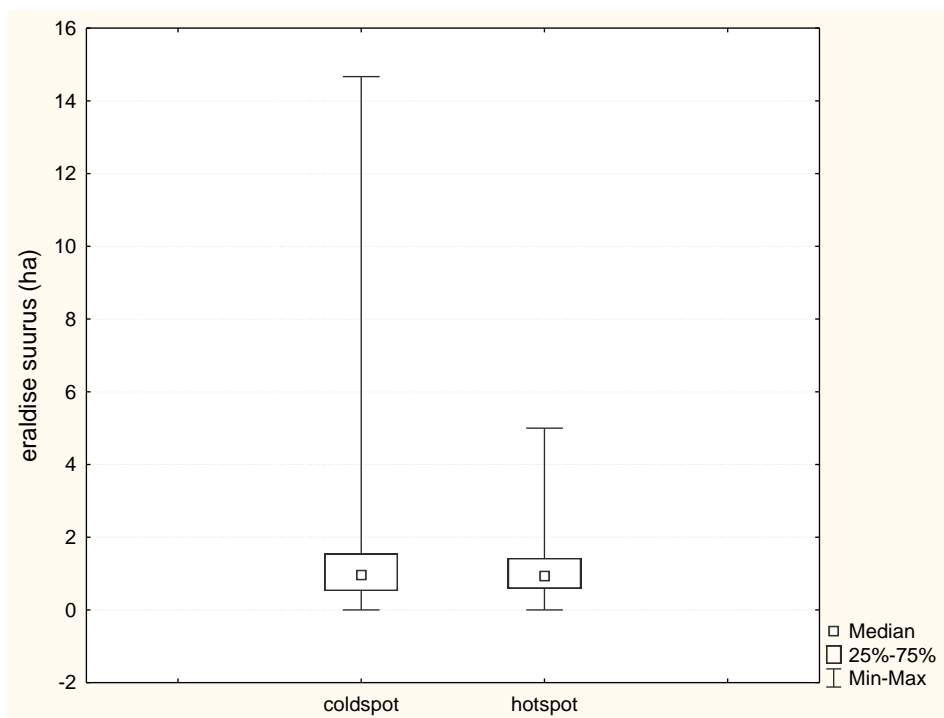
Maastikuindeksite tulemused olid kuumade lõikude ja külmade lõikude ümbritsevate maastike võrdluses sarnased. Statistiliselt olulisi erinevusi välja ei tulnud. Samuti ei olnud suuri erinevusi puhvrite vahelises võrdluses. Samas joonistus küllaltki selgelt kõikide puhvri laiuste lõikes välja üks trend. Nimelt keskmise eraldise suuruse maksimumid olid kuum punktidel palju madalamal kui külm punktidel (joonis 2, 3 ja 4). Näha on, et kuumade lõikude eraldise suurused on väiksemad. Mida väiksemad eraldise suurused, seda mitmekesisem on maastik. Seega võib väita, et kuumi punkte ümbritsev maastik kaldub olema mitmekesisem kui külmade punktide läheduses olev.



Joonis 2. Keskmise eraldise suuruse võrdlus kuum punktide ja külm punktide 100 meetri laiustes puhvrites.



Joonis 3. Keskmise eraldise suuruse võrdlus kuum punktide ja külm punktide 200 meetri laiustes puhvrites.

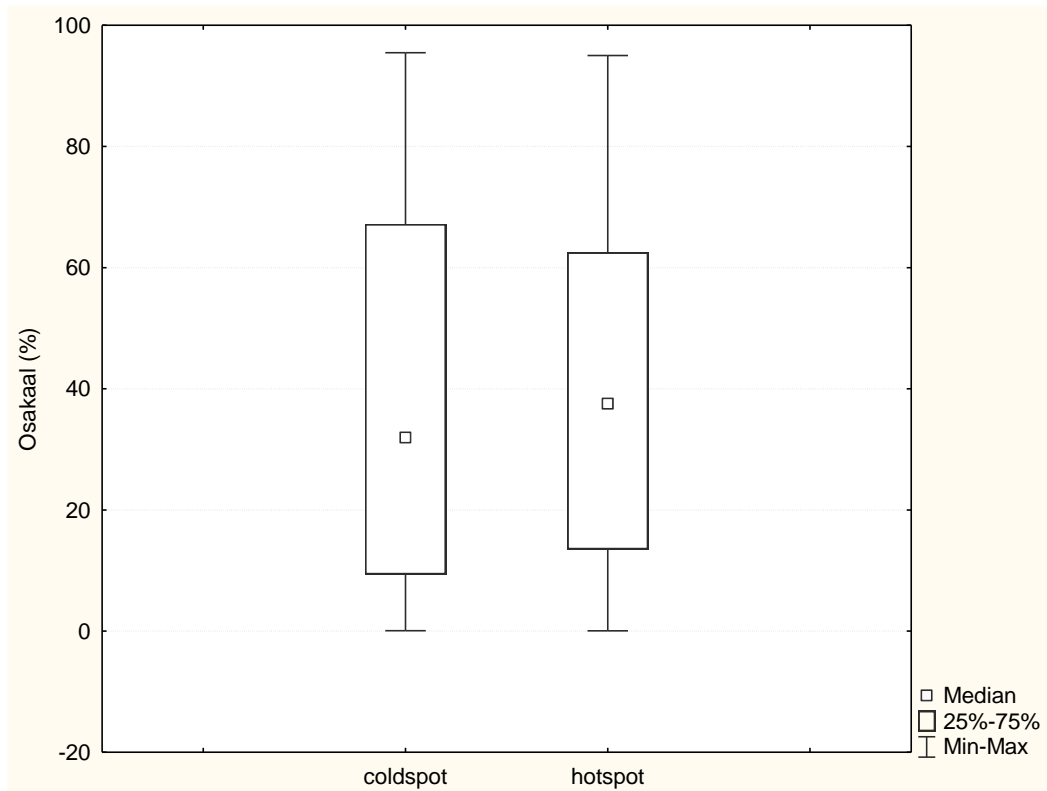


Joonis 4. Keskmise eraldise suuruse võrdlus kuum punktide ja külm punktide 500 meetri laiustes puhvrites.

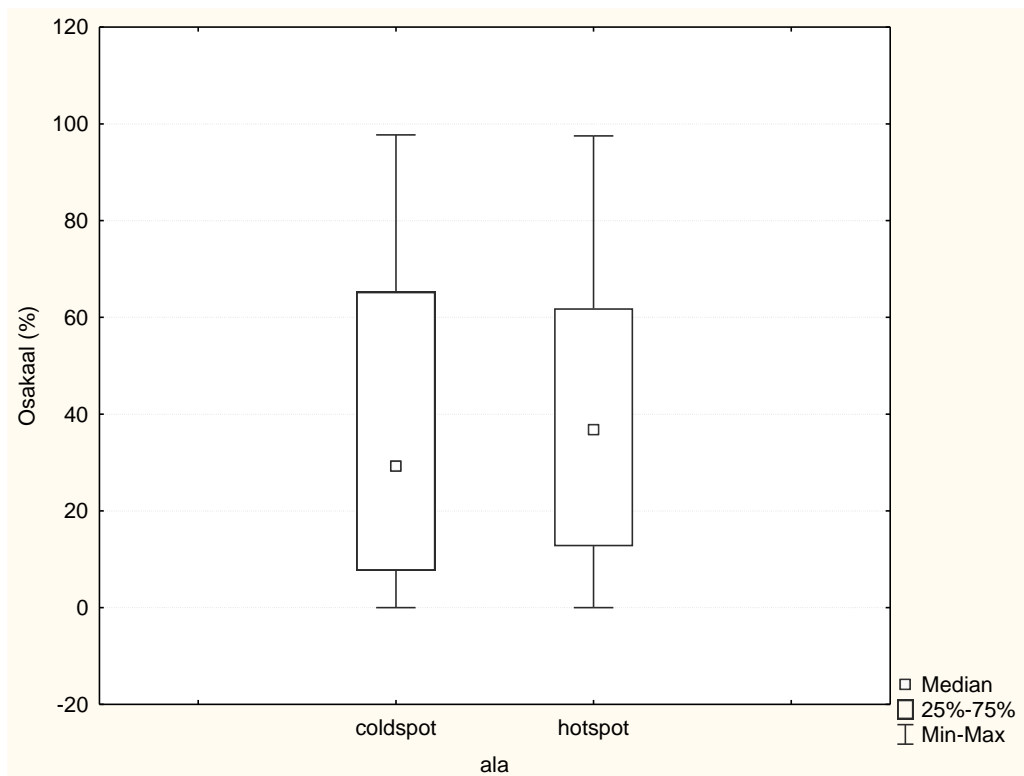
4.2. Maakasutuse tüübid

Analüüsidest puhvrites erinevate maastiklasside osakaale, leiti, et kuum ja külm punktide vahelises võrdluses on tulemuste erinevused statistiliselt olulised ($p < 0,05$) kahe maastikutüübi lõikes. Need kaks maakasutuse tüüpi olid mets ja põllumaa. Ülejäänud maastikuklasside lõikes statistiliselt olulisi erinevusi ei leitud.

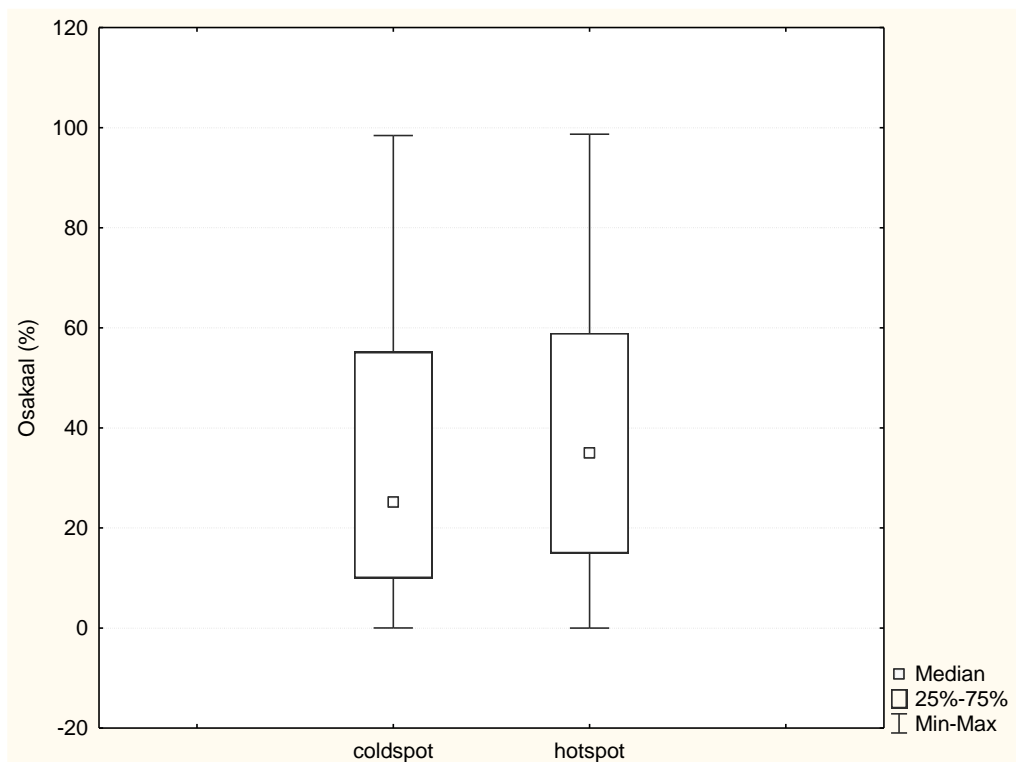
Statistiline olulisus tuleb välja metsade puhul 500 meetri laiusega puhvreid võrreldes. Metsade osakaalu (joonis 5, 6 ja 7) puhul joonistub välja ka 100 m ja 200 m laiustega puhvrite puhul silmnähtav trend. Üldine trend, mida kinnitavad 500 meetri laiusega puhvri kohta leitud statistiliselt oluline ($p < 0,05$) tulemus, on see, et kuum punkte ümbritsevas maastikes on metsade keskmine osakaal kõrgem võrreldes külmade punktidega.



Joonis 5. Metsa osakaalu võrdlus kuum ja külm punktide 100 meetri laiustes puhvrites.

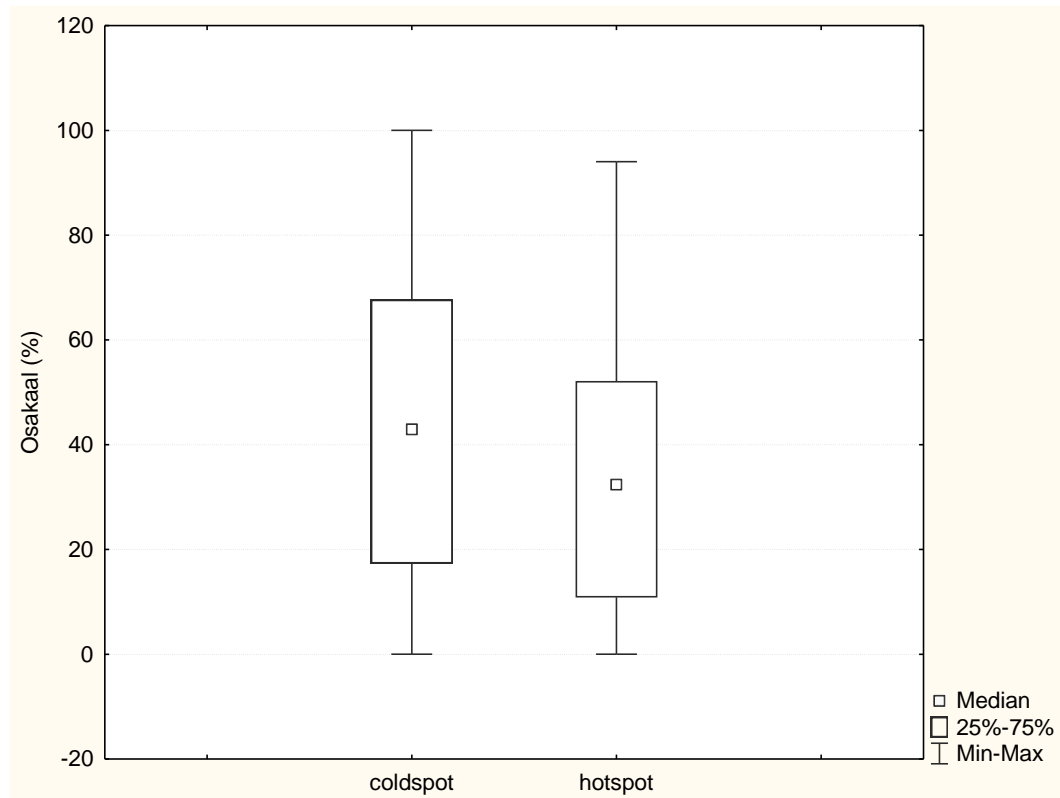


Joonis 6. Metsa osakaalu võrdlus kuum ja külm punktide 200 meetri laiustes puhvrites.

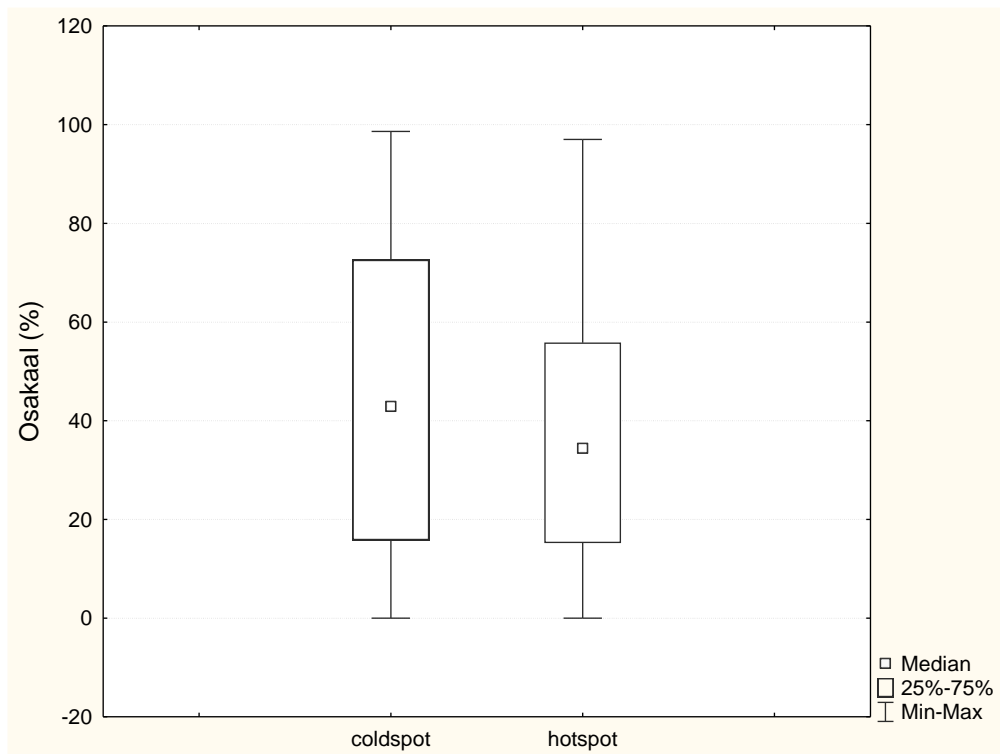


Joonis 7. Metsa osakaalu võrdlus kuum ja külm punktide 500 meetri laiustes puhvrites.

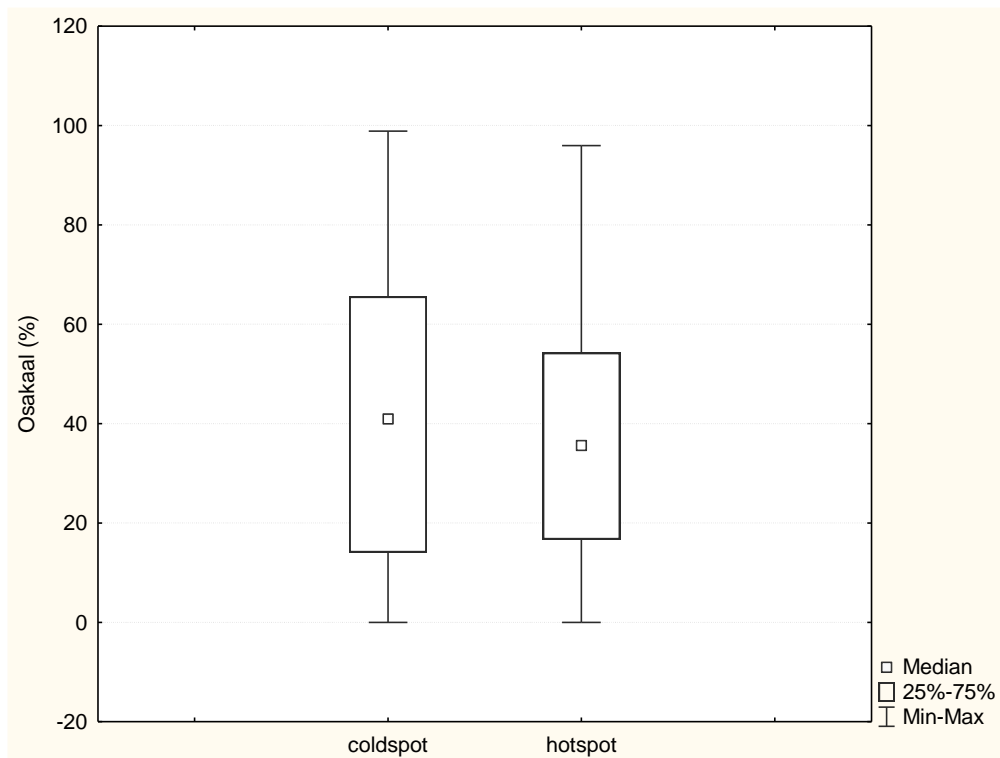
Põllumaa puhul tulid statistiliselt olulised ($p < 0,05$) tulemused välja just siis, kui kuumade punktide 100 m ja 200 m laiuseid puhvreid (joonis 8 ja 9) võrreldi külm punktide sama laiuste puhvritega. Samas oli ka 500 meetriseid puhvreid (joonis 10) kõrvutades märgata trendi. Analüüs näitas, et kuum punkte ümbritsevas maastikes on põldude keskmine osakaal väiksem, kui seda on külm punktidega külgnevas maastikus.



Joonis 8. Põllu osakaalu võrdlus kuum ja külm punktide 100 meetri laiustes puhvrites.



Joonis 9. Põllu osakaalu võrdlus kuum ja külm punktide 200 meetri laiustes puhvrites.



Joonis 10. Põllu osakaalu võrdlus kuum ja külm punktide 500 meetri laiustes puhvrites.

5. Arutelu ja järeldused

Võrreldes maanteelõike, kus metsloomadega toimuvad õnnetused on koondunud, nende teelõikudega, kus on tunduvalt vähem avariisid, siis käesoleva lõputöö analüüsi tulemusel on võimalik välja tuua mõningad olulised maastikulised erinevused selliste piirkondade vahel. Loomaõnnetuste koondumiskohti ehk nn kuumi punkte ümbritsev maastik kaldub olema mitmekesisem kui külmi punkte piirav. Veel näitasid analüüsi tulemused, et metsa ja põllumaa osakaal teede läheduses mõjutab metsloomadega toimuvate õnnetuste esinemissagedust. Kuum punktide ümber oli rohkem metsa ja vähem põllumaad võrreldes külmi punktidega. See tähendab seda, et rohkem liiklusõnnetusi toimus maanteelõikudel, mille läheduses oli metsa osakaal kõrgem ja põllumaa osatähtsus väiksem.

Seda, et maastiku mitmekesisus teid ümbritsevatel aladel tõstab loomaõnnetuste toimumise tõenäosust, on leidnud ka mitmed teised autorid (Malo jt 2004; Finder jt 1999). Malo jt (2004) uuring leidis seda, et õnnetused toimuvad piirkondades, kus tihedad metsaalad vahelduvad avatud elupaikadega ehk maastik on mitmekesisem. Selliseid tulemusi seostatakse uurimise all olevate loomaliikide elupaigaeelistustega (Finder jt 1999; Malo jt 2004; Nielsen jt 2003). Näiteks Malo jt. (2004) uurimisobjektideks olid erinevad imetajad (punahirv, metssiga, punarebane). Nende keskseks elupaigaks on küll metsaalad, kuid need liigid liiguvad toiduotsimise eesmärgil ka avatud maastikel (Malo jt 2004). Kui nüüd vaadata antud lõputöö algandmetest, et kui suure osa liiklusõnnetuste arvust moodustasid sellised liigid, kelle elupaigad hõlmavad mitmekesisemat maastikku, siis on näha, et metskitse, metssea ja rebasega toimunud liiklusõnnetuste arv (8072) moodustab 83% kogu õnnetuste arvust (9688) (Peet ja Padrik 2010). Seega omavad need liigid suurt kaalu analüüsis, mis väljendub omakorda lõpptulemustes.

Metsamaa osakaalu suurenemine maanteede ümber tõstab loomaõnnetuste toimumise tõenäosust antud piirkonnas. Sama tulemuseni on jõudnud ka hulk teisi autoreid (Finder jt 1999; Gunson jt 2009; Malo jt 2004; Seiler 2005; Danks ja Porter 2010; Hubbard jt 2000). Jällegi tuuakse välja seoseid metsloomade elupaikadega. Uuringud, mis on keskendunud just põtradega toimuvate õnnetuste uurimisele, on leidnud, et rohkem toimub avariisid okasmetsadega aladel ja seostanud seda asjaoluga, et seda tüüpi metsad on põtradele elupaigaks (Danks ja Porter 2010; Seiler 2005). Lisaks sellele on Seiler (2003) leidnud oma oma uuringus, et mitmekesisete elupaikadega piirkondades toimuvad õnnetused ikkagi pigem metsavahelistel lõikudel või nende läheduses. Põhjuseks on välja toodud asjaolu, et loomad eelistavad läheneda teedele puude ja põõsaste varjust (Seiler 2003).

Põllumaa osakaalu suurenemine maanteed ümbruses vähendab liiklusõnnetuste toimumise tõenäosust. Finder jt (1999) ja Malo jt (2004) on oma uuringutes leidnud, et metsloomad väldivad piirkondi, kus toimub inimtegevus. Kuna põllumaa on põllukultuuride kasvatamiseks kasutatav maa, siis on tegu alaga, kus toimub aktiivne inimtegevus. Hubbard jt (2000) on leidnud samuti, et isegi teid ümbritsev mitmekesisem maastik, mis vaheldub suurte põllulappidega vähendab loomaõnnetuste tõenäosust. Seega on näha, et metsloomad hoiavad inimtegevusest eemale.

Analüüs hõlmas veel teisigi maastikuklasse, kuid statistiliselt olulisi tulemusi sealt välja ei tulnud. Üheks põhjuseks võib välja tuua asjaolu, et andmeid oli liiga vähe. Seega peaks järgmistes uuringutes käsitlema ikkagi ka kõiki teisi maanteid, kus on õnnetusi registreeritud. Lisaks võiks võtta ka pikema ajaperioodi.

Mis puudutab lõputöö analüüsi poolt, siis tulevikus võiks läheneda liigipõhiselt. Sama on väla toonud Peet ja Padrik (2015) oma töös. Nagu arutelu osas välja tuli, siis väga palju oli seotud erinevate liikide elupaigaeelistustega. Seega, et saada täpsemaid andmeid õnnetuste paiknemisest maanteedel, tuleks läheneda igale loomaliigile eraldi. Kuna suurem osa õnnetustest on põhjustatud suurulukite poolt, siis tuleks just neile põhjalikumalt tähelepanu pöörata.

6. Kokkuvõte

Lõputöös uuriti maanteid ümbritseva maastiku seoseid loomaõnnetustega. Uurimistöö eesmärk oli teha kindlaks, kas maastiku ja avariide vahel on olemas seos ning seejärel leida, milles see väljendub. Analüüsiks kasutati Maanteeameti käest saadud andmeid. Need sisaldasid infot Eesti maanteedel paiknevate õnnetuste koondumiskohtade ja piirkondade, kus toimub vähem avariisid kohta.

Uurimisobjektiks olid nii suurulukid kui ka väikeulukid, kuid peamiselt keskenduti suurulukitele. Andmed olid ajavahemikust 2009- 2013. Uurimisalaks olid Eesti põhimaanteed ja neid ümbritsev maastik.

Maastikuanalüüs viidi läbi kahes suuremas osas. Esialgu vaadeldi maanteid ümbritsevat maastikku kui ühte tervikut. Seejärel uuriti eraldi maakasutuse tüüpide kaupa. Töö eesmärgist ja uurimisküsimusest lähtuvalt näitasid analüüsi tulemused, et maanteede lähiümbruse maastik mõjutab liiklusõnnetuste toimumist. Tööst tuli välja kolm peamist resultaati. Esiteks, loomaõnnetuste esinemine on tõenäolisem mitmekesisema maastikuga piirkondades. Teiseks, kõrgem metsamaa osakaal maanteede ümbruses tõstab loomaõnnetuste toimumise riski. Kolmandaks, põllumaa olemasolu teede ääres vähendab õnnetuste tõenäosust.

Paremaid tulemusi saaks tõenäoliselt, kui analüüs läbi viia liigipõhiselt, kuna metsloomade elupaigaeelistused mängivad suurt rolli õnnetuste paiknemises. Esmajärjekorras tuleks uurida suurulukeid, kuna nendega kaasnevatel avariidel on tõsisemad tagajärjed.

7. Summary

The relationship between traffic accidents with wild animals and landscape on the main highways of Estonia

Henri Lippur

Prior studies have suggested that the concentration of traffic accidents in space is not incidental. There has not been much attention on researching these connections. While, it is important to study this subject, because traffic accidents with wild animals have various impacts. Traffic accidents have an ecological, economic and social side.

The objective of this thesis is to find out if and how the incidence of traffic accidents with wild animals and landscape are linked. To find out the connections, the sections of roads, where animals were often, were compared with the regions, where there were significantly less traffic accidents. Landscape analysis was carried out in two stages. Initially, landscape as a whole was observed, analyzing different landscape indexes. Next, the proportion of land usage was studied. The results of the analysis showed that the landscape surroundings of highways affect the occurrence of traffic accidents. There were three main results. Firstly, the occurrence of accidents with animals is more likely in the areas with diverse landscape. Secondly, the higher proportion of wooded area near the highways, raises the risk of animal accidents. Thirdly, the existence of arable land near the roads, reduces the probability of accidents. The results of the research also showed that further analysis should be species based to see the connections between the location and the habitat preferences of wild animals.

8. Tänuavaldused

Avaldan väga suurt tänu oma juhendajale Evelyn Uuemaale, kes oli minuga väga kannatlik ja mõistev. Samuti tänan oma lähedasi, kes toetasid ja motiveerisid mind. Suur tänu ka muidugi Villu Lükile ja Maanteeametile, kes võimaldasid mulle vajalikud andmed.

9. Kasutatud kirjandus

Christie, J.S., Nason, S. 2003. Analysis of ungulate- vehicle collisions on arterial highways in New Brunswick. Prepared for Canadian ITE Annual Conference, June 2004, Moncton, New Brunswick.

Clevenger, A.P., Chruszcz, B., Gunson, K.E., 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation*, Volume 109, Issue 1, January 2003, Pages 15-26.

Colino-Rabanal, V.J., Lizana, M., Peris, S.J., 2011. Factors influencing wolf *Canis lupus* roadkills in Northwest Spain. *European Journal of Wildlife Research*; Jun2011, Vol. 57 Issue 3, p399.

Danks, Z.D., Porter, W.F., 2010. Temporal, spatial and landscape habitat characteristics of moose-vehicle collisions in Western Maine. *Journal of Wildlife Management*, 74(6):1229-1241.

Eilat, T., 2011. Suurulukitega Eesti maanteedel toimuvad liiklusõnnetused.

Finder, R.A., Roseberry, J.L., Woolf A., 1999. Site and landscape conditions at white-tailed deer/vehicle collision locations in Illinois. *Landscape and Urban Planning*, 44, (1999) 77-85.

Forman, R. 2003. *Road ecology: science and solutions*. Island Press. Washington, DC

Glista, D., DeVault, T., DeWoody, J. 2009. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and Urban Planning*. 91. 1–7.

Gunson, K.E., Chruszcz, B., Clevenger, A.P. 2005. What features of the landscape and highway influence ungulate vehicle collisions in the watersheds of the Central Canadian Rocky Mountains: a fine-scale perspective? *International Conference on Ecology and Transportation*. San Diego, California. September, 2005.

Gunson, K.E., Clevenger, A.P., Ford, A.T., Bissonette, J.A., Hardy, A., 2009. A comparison of data sets varying in spatial accuracy used to predict the locations of wildlife-vehicle collisions. *Environmental Management* 44, 268-277.

Hedlund, J., Curtis, P., Curtis, G., Williams, A. 2004. Methods to reduce traffic crashes involving deer: what works and what does not. *Traffic Injury Prevention*, 5, 122–131.

- Hothorn T., Brandl R., Müller J., 2012. Large-scale model-based assessment of deer-vehicle collision risk. Merenlender A.M. University of California, Berkeley, United States of America.
- Hubbard, M.W., Danielson, B.J., Schmitz, R.A., 2000. Factors influencing the location of deer-vehicle accidents in Iowa. *The Journal of Wildlife Management*, Vol. 64, No. 3 (Jul., 2000), pp. 707-713.
- Huijser, M., McGowen, P., Fuller, J., Hardy, A., Kociolek, A., Clevenger, D. 2007. *Wildlife-Vehicle Collision Reduction Study: Report to Congress*. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Washington D.C., USA.
- Hurley, M.V., Rapaport, E.K., Johnson, C.J., 2007. A spatial analysis of moose-vehicle collisions in Mount Revelstoke and Glacier national parks, Canada. *Alces* vol. 43: 79-100.
- Hussain, A., Armstrong, J.B., Brown, D.B., Hogland, J., 2007. Land-use pattern, urbanization, and deer-vehicle collisions in Alabama. *Human-Wildlife Interactions*. Paper 122.
- Javoiš, J. 2008. Liiklusõnnetused metsloomadega. *Eesti Loodus*, nr 3.
- Klein, L., 2010. Loomad ja liiklus Eestis. Käsiraamat konfliktide määratlemiseks ja tehnilised lahendused meetmete rakendamiseks.
- Malo, J.E., Suarez, F., Diez, A., 2004. Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology*, 2004, 41, 701-710.
- McGarigal, K. & B.J. Marks. 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-351
- Neumann, W., Ericsson, G., Dettki, H., Bunnefeld, N., Keuler, N.S., Helmers, D.P., Radeloff, V.C., 2012. Differences in spatiotemporal patterns of wildlife road-crossings and wildlife-vehicle collisions. *Biological Conservation*; Volume 145, Issue 1, January 2012, Pages 70-78.
- Nielsen, C.K., Anderson, R.G., Grund, M.D., 2003. Landscape influences on deer-vehicle accident areas in an urban environment. *Journal of Wildlife Management* 67, 46-51.

Seiler, A. 2004. Trends and spatial patterns in ungulate-vehicle collisions in Sweden. *Wildl. Biol.* 10: 301-313.

Seiler, A., 2005. Predicting locations of moose–vehicle collisions in Sweden. *Journal of Applied Ecology*, 2005, 42 , 371–382.

Internetiallikad

Maa-ameti Geoportaal (2016). Digitaalkaardistusjuhend, 1999. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Topograafilised-andmed/Eesti-Pohikaart-110-000/Juhendid-ja-abifailid-p130.html>, vaadatud 23.05.2016

Seiler, A. 2003. The toll of the automobile: wildlife and roads in Sweden. <http://pub.epsilon.slu.se/388/1/Silvestria295.pdf>, vaadatud 30.04.2016

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Henri Lippur,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Suurulukitega toimuvate liiklusõnnetuste seosed maanteed lähiehitiste maastikuga Eestis”, mille juhendaja on Evelyn Uemaa,
 - 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **26.05.2016**