

Eesti riigimaanteede võrgu loomaõnnetuste registri täiendamine, liiklusohutlike lõikude selgitamine ning kaardirakenduse loomine

LÕPPARUANNE

Töö nr 19003280

Tartu 2019

Kaile Eschbaum
projektijuht

Jaanus Padrik
Kartograaf-geoinformaatik

Sisukord

SISSEJUHATUS	4
1 LOOMAÕNNETUSTE ANDMEBAASI KOOSTAMINE	5
1.1 Analüüsi meetodika	5
1.2 Tulemused	7
2 EESTI RIIGIMAANTEEDE LOOMAOHTLIKE PIIRKONDADE VÄLJASELGITAMINE	10
2.1 Analüüsi meetodika	10
2.2 Tulemused	11
3 LOODUSLIKE OHUTEGURITE ANALÜÜS	13
3.1 Analüüsi meetodika	13
3.2 Tulemused	14
4 VEEBIRAKENDUS	18
5 KOKKUVÕTE	20

Lisa I Loomaõnnetuste register 2014–2018 a (eraldi kaustana)

Lisa II Loomaõnnetuste register 2009–2018 a (eraldi kaustana)

Lisa III Loomaohtrlike maanteelõikude andmebaas (eraldi kaustana)

Lisa IV Looduslike ohutegurite analüüsi aruanne ja andmebaas (eraldi kaustana)

Lisa V Veebirakendus aadressil <http://hendrikson.ee/maps/Loomaohtrlikkus/>



SISSEJUHATUS

Eesti teedel vigastatud ja hukkunud loomadest teatatakse Keskkonnainspektsiooni valvetelefoni numbrile 1313. Aastas edastatakse valvetelefonile keskmiselt 3000 teadet teel hukkunud või vigastatud metsloomade kohta. Õnnetuste andmed edastatakse kvartaalselt Maanteeametile. Käesoleva töö eesmärgiks on korrastada ja geokodeerida laekunud loomaõnnetuste teated ning koondada need andmebaasi ehk registrisse. Analüüsides toimunud loomaõnnetuste ruumiandmeid, on seejärel võimalik välja selgitada loomaohhtlikud teelõigud Eesti maanteedel ning kajastada need kaardirakenduses. Lisaks analüüsitakse töö käigus loomade liikumist soodustavate maastikuelementide ehk nn looduslike ohutegurite komponenti.

Töö võib jagada nelja etappi:

- Eesti riigimaanteede loomaõnnetuste registri 2014–2018 koostamine – Keskkonnainspektsiooni valvetelefonile laekunud maanteedel hukkunud või vigastatud metsloomade teadete põhjal koostatakse loomaõnnetuste geokodeeritud andmebaas, mis võimaldab õnnetuste andmeid järgmistes analüüsides kasutada.
- Loomaohhtlike piirkondade väljaselgitamine maanteedel – loomaõnnetuste registri andmete analüüsi käigus selgitatakse välja statistiliselt olulised loomaõnnetuste koondumiskohad Eesti riigimaanteedel.
- Looduslike ohutegurite analüüs – analüüsitakse registrisse kantud ulukiõnnetuste seoseid maastikutunnustega, mille tulemuseks on looduslikest ohuteguritest tulenevalt kõrgendatud õnnetuste riskiga teelõikude paiknemist kajastav kaardikiht.
- Veebirakenduse loomine – kirjeldatud analüüsides tulemuste visualiseerimiseks luuakse avalik veebirakendus, kus kajastatakse maanteede loomaõnnetuste koondumiskohad ning looduslikest ohutegustest tulenev potentsiaalne õnnetusrisk maanteedel.

Töö viidi läbi järgmise töörühma poolt:

- Kaile Eschbaum (Hendrikson& Ko) – projektijuht, loomastiku ekspert;
- Jaanus Padrik (Hendrikson& Ko) – kartograaf-geoinformaatik;
- Epp Zirk (Hendrikson& Ko) – keskkonnakorralduse spetsialist;
- Jaanus Remm (ReWild OÜ) – ulukiõnnetuste looduslike ohutegurite analüüsi osa projektijuht, loomastiku ekspert;
- Piret Remm (ReWild OÜ) – ulukiõnnetuste looduslike ohutegurite analüüsi osa töögrupi liige.

1 LOOMAÕNNETUSTE ANDMEBAASI KOOSTAMINE

1.1 Analüüsi meetodika

Keskkonnainspeksiooni valvetelefon 1313 registreerib muuhulgas teateid ka maanteedel vigastatud ja hukkunud metsloomade kohta. Andmed registreeritakse Exceli tabeli kujul, kus olulisema infona on kajastatud õnnetuse registreerimise aeg ja toimumise asukohta kirjeldus. Käesoleva töö esimeseks eesmärgiks oli viiel viimasel aastal (2014–2018) registreeritud loomaõnnetused geokodeerida ning moodustada loomaõnnetuste andmebaas.

Kokku oli viie aasta pikkuse perioodi jooksul Eesti riigimaanteedel registreeritud 18 401 õnnetust loomadega. Õnnetused olid valdavalt toimunud suurulukitega, vähem väikeulukitega ja muude loomadega (nt koduloomad, kahepaiksed, linnud jne). Käesoleva töö koostajad töötasid läbi kõik õnnetuste teated ning kandsid andmebaasi ehk registrisse kõik need teated, mille puhul oli asukohta tuvastamine võimalik ning täidetud teatavad tingimused. Näiteks ei kantud registrisse andmeid juhul kui:

- õnnetuse asukohakirjeldus ei võimaldanud õnnetuse toimumise kohta määrata;
- õnnetus ei toimunud riigimaanteel (vaid näiteks kohalikul- või erateel, raudteel jne);
- õnnetus oli juba registrisse kantud teise teate põhjal;
- õnnetus oli toimunud koduloomaga, linnuga.

Registrisse kandmist võimaldavate teadete puhul moodustati ruumiandmed ArcGis Desktop 10.6 tarkvara abil. Teate sisust tulenevalt märgiti õnnetuse toimumise koht kaardile:

- **punktina**, kui teates sisalduv õnnetuse toimumiskoha kirjeldus oli esitatud piisava täpsusega;
- **joonena**, kui teates sisalduva info põhjal oli võimalik määratleda õnnetuse toimumiskoht mingi maanteelõigu piires.

Kui teade sisaldas informatsiooni, mis viitas mitmele õnnetuse toimumise asukohale, siis sisestati registrisse kõik need asukohad ja tehti asukohtade arvu kohta märke registri lahtrisse „märkused“.

Ruumiandmetega on seotud register tabelkujul, mida illustreerib Joonis 1-1. Registri ülesehitust selgitab Tabel 1-1.

ID	teat_nr	liik	kateg	arv	aasta	kuu	päev	mnt_nr	x	y	märkused	ppa	lkf	pikkus
983	210654	mets siga	suuruluk	1	2014	7	20	24174	6453183.42...	604576.442...		0.00000...		997,082...
985	210656	mets kits	suuruluk	1	2014	7	20	1	6593209.92...	612901.542...	kaks asukohta	0.00000...		242,817...
985	210656	mets kits	suuruluk	1	2014	7	20	1	6593374.89...	614313.873...	kaks asukohta	0.00000...		341,860...
991	210751	mets kits	suuruluk	1	2014	7	21	2	6557400.51...	574492.278...		0.00000...		1004,36...
993	210757	mets kits	suuruluk	1	2014	7	21	5	6522468.34...	584862.884...		0.00000...		990,011...
1002	210936	mets siga	suuruluk	1	2014	7	23	4	6528455.19...	526237.069...		0.00000...		987,269...
1006	211013	põder	suuruluk	1	2014	7	23	24151	6469183.59...	563865.543...		0.00000...		303,237...

Joonis 1-1 Illustreeriv väljavõte loomaõnnetuste registri ülesehitusest

Tabel 1-1 Loomaõnnetuste registri struktuuri selgitused

Tunnus tabelis	selgitus
ID	Unikaalne identifikaator konkreetses registri tabelis.
teat_nr	Teate number Keskkonnainspektsiooni andmebaasis (algne Exceli tabel loomaõnnetuste infoga).
liik	Liigi nimetus, mis on määratud nii täpselt kui teate sisu seda võimaldab. Kui liigi nimetust ei ole võimalik tuvastada on liigiks märgitud „loom“.
kateg	Sündmuses osalenud uluki kategooria, milleks on antud juhul „suuruluk“/“väikeuluk“ vastavalt jahiseaduse ¹ määratlusele. Lisaks kasutatakse kategooriana ka „kahepaikne“. Kui kategooriat pole võimalik määrata, siis on märgitud „pole teada“.
arv	Sündmuses osalenud isendite arv. Juhul kui teate sisust ilmneb, et õnnetusse sattus mitu isendit, kuid nende täpset arvu ei ole öeldud, siis on arvuks sisestatud „karj“.
aasta	Õnnetuse teate registreerimise aasta.
kuu	Õnnetuse teate registreerimise kuu.
päev	Õnnetuse teate registreerimise päev.
mnt_nr	Riigimaantee number, millel õnnetus toimus.
x	Sündmuse asukoht L-EST97 ristkoordinaatides, x-koordinaat.
y	Sündmuse asukoht L-EST97 ristkoordinaatides. Y-koordinaat.
märkused	Vajalikud täpsustused, näiteks õnnetuse asukohtade arvu kohta jms.
ppa	Kui sündmus on üheselt seostatav Politsei- ja Piirivalveameti liiklusõnnetuste andmebaasis kajastatud õnnetusega, siis lisati lahtrisse vastava liiklusõnnetuse identifikaator ja märgitakse loomaõnnetuse toimumiskohaks liiklusõnnetuse asukoht.
lkf	Kui sündmus on üheselt seostatav Eesti Liikluskindlustuse Fondi liiklusõnnetuste andmebaasis kajastatud õnnetusega, siis lisatakse lahtrisse vastava liiklusõnnetuse identifikaator ja märgitakse loomaõnnetuse toimumiskohaks liiklusõnnetuse asukoht.
pikkus	Joone pikkus meetrites (kajastub ainult joontena märgitud teadete puhul).

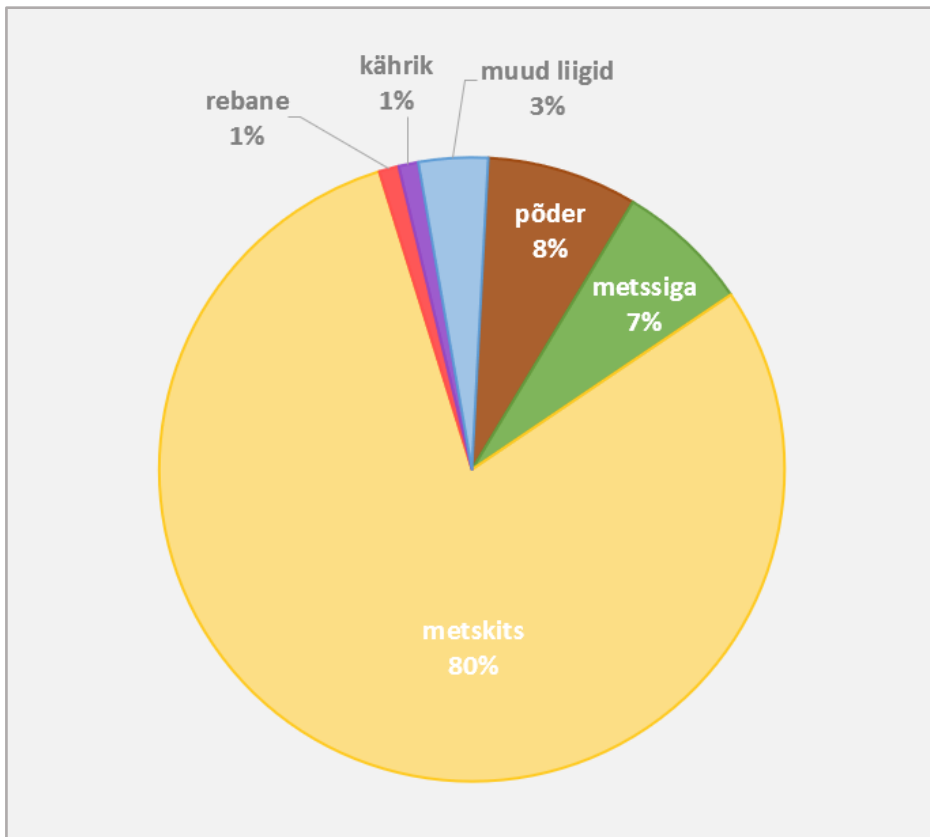
¹ Suurulukid vastavalt jahiseadusele on: põder; punahirv; metskits; metssiga; pruunkaru; hunt; ilves, hallhüljes.

Valminud loomaõnnetuste register on käesoleva töö Lisa I ja see esitatakse eraldisesva kaustana, mis sisaldab andmebaasi sisestatud loomaõnnetuste registrit *ESRI Shapefile* formaadis joonte ja punktide kaardikihtidena.

1.2 Tulemused

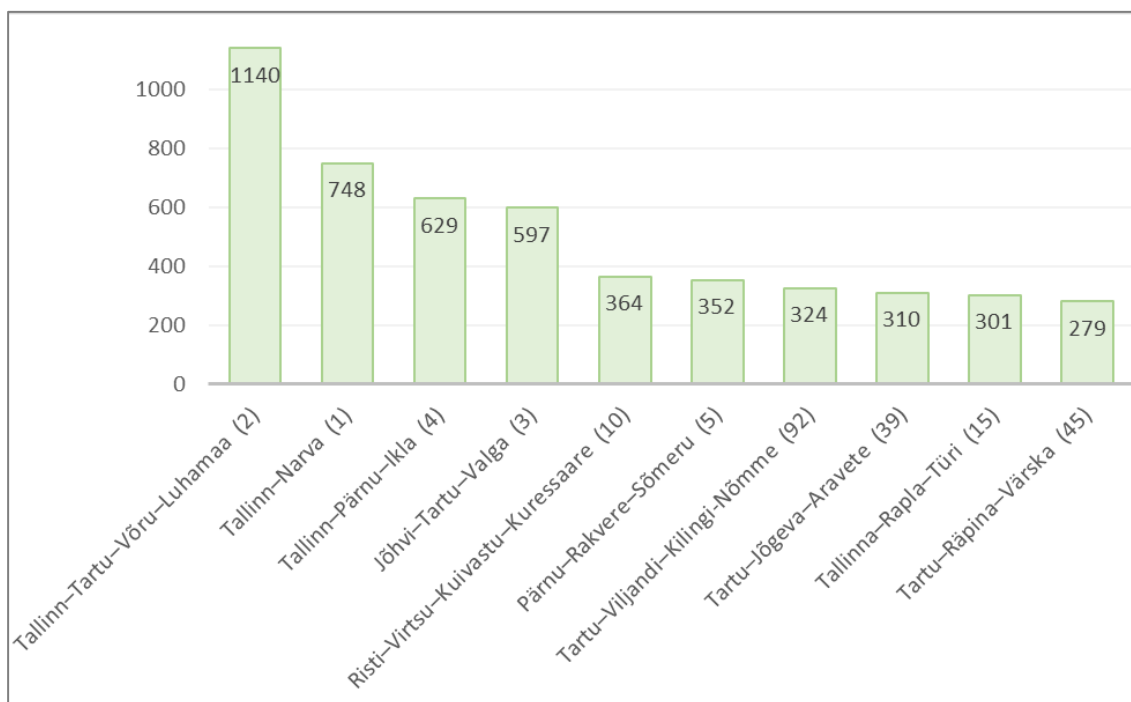
Viie vaadeldava aasta jooksul on Keskkonnainspeksioon registreerinud 18 401 teadet maanteedel vigastatud või hukkunud loomade kohta. Eelpool toodud metoodika võimaldas geokodeerida ja registrisse (andmebaasi) kanda ca 60% Keskkonnainspeksiooni poolt registreeritud õnnetusjuhtumistest, st registrisse kanti kokku 11 059 loomadega toimunud õnnetust.

Põhiosa registrisse kantud õnnetustest (ca 95 %) oli juhtunud suurulukitega. Täpsemalt, valdav osa registrisse kantud õnnetustest oli toimunud metskitsedega (8816 isendit ehk ca 80%). Põtradega õnnetusi registreeriti andmebaasi 856 juhul, mis moodustas ca 8% kogu andmebaasi kantud õnnetusjuhtumistest. Metssigade puhul vastavalt 767 isendit ehk 7% (Joonis 1-2). Suurkiskjate õnnetusi toimub maanteedel kordades vähem: hundi, karu ja ilvese õnnetusi võimaldas teate täpsusaste kanda andmebaasi kokku 18 korral. Väikeulukitest kanti registrisse enam kähriku ja rebase õnnetusi, vastavalt 110 ja 113 korda. Mõlemal juhul moodustab õnnetuste arv andmebaasi kõigist õnnetustest ca 1 % (Joonis 1-2). Lisaks nimetatutele kanti andmebaasi veel järgmiste liikidega toimunud õnnetusi: hirv, mäger, jänes, kobras, saarmas, siil, nugis, nirk. Samuti registreeriti mõned kahepaiksete maanteedel hukkumise asukohad.



Joonis 1-2 Registrisse kantud loomaõnnetuste liigiline koosseis

Käesolev töö keskendus loomaõnnetustele, mis on toimunud Eesti riigimaanteedel. Viimaseid on 2019. aasta alguse seisuga kokku 16 608 kilomeetrit². Loomaõnnetuste seisukohalt võib maanteevõrgu olulisemaks osaks pidada eeskätt põhimaanteid, mida on kokku ca 1609 km ja kogu riigimaanteede võrgust moodustab see ca 9,7%. Summaarne igapäevane läbisõit põhimaanteedel moodustab ca 50% kogu maanteeliiklusest. Loogiliselt on maanteede kasutamise intensiivsusega seotud ka loomaõnnetuste toimumine. Käesoleva töö eesmärkideks ei olnud küll analüüsida õnnetuste ja liiklussageduse seoseid täpsemalt, kuid vaadeldava viie aasta andmebaasi sisse viidud loomaõnnetuste toimumiskohti analüüsidest võib öelda, et ca 44% registrisse kantud õnnetustest toimus põhimaanteedel ehk veidi alla poolte loomaõnnetustest olid koondunud 9,7 protsendile riigimaanteede võrgustikule. Registri alusel oli enim õnnetusi Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maanteel – viie aasta jooksul 1140 õnnetust. Tugimaanteedel on registrisse kantud õnnetusi kõige rohkem Tartu-Jõgeva-Aravete; Tallinn-Rapla-Türi ja Tartu-Räpina-Väraska maanteedel – kõigil kolmel kanti registrisse ligikaudu 300 viie aasta jooksul toimunud õnnetust. Õnnetuste jaotumisest maantee kaupa annab ülevaate Joonis 1-3. Joonisel on toodud loomaõnnetuste andmebaasi sisestatud õnnetuste koguarv aastatel 2014–2018 maanteede kaupa. Kajastatud on kümme suurima õnnetuste arvuga maanteed.



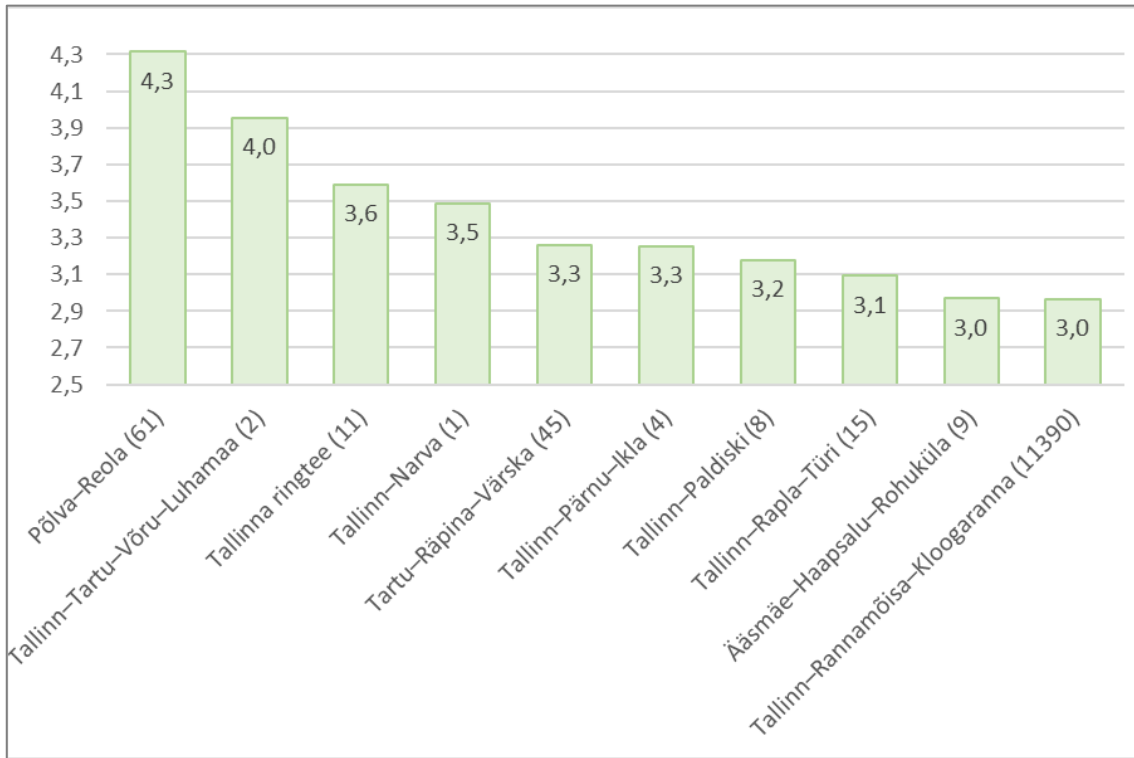
Joonis 1-3 Loomaõnnetuste andmebaasi sisestatud õnnetuste arv kümnel suurima õnnetuste arvuga maanteel (aastatel 2014–2018).

Õnnetuste arvu ühe maantee kilomeetri kohta kirjeldab Joonis 1-4, mis kajastab kümnet maantee kilomeetri kohta kõige suurema õnnetuste arvuga maanteed³. Registrisse kantutest on vaadeldava viie aasta jooksul toimunud kõige rohkem loomaõnnetusi ühe maantee kilomeetri kohta Põlva-Reola maanteel – 4,3 loomaõnnetust maantee kilomeetri kohta. Sellele järgnes Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maantee – 4,0 loomaõnnetusega maantee kilomeetri kohta ning

² <https://www.mnt.ee/et/tee/eesti-teedevork>

³ Arvestatud on maanteed, kus õnnetusi oli toimunud viie aasta jooksul >100

seejärel teised maanteed, kus ühe maantee kilomeetri kohta on vaadeldaval perioodil toimunud 3,0–3,6 õnnetust.



Joonis 1-4 Loomaõnnetuste andmebaasi sisestatud õnnetuste arv maanteed 1 km kohta (aastatel 2014–2018)

2 EESTI RIIGIMAANTEEDE LOOMAOHTLIKE PIIRKONDADE VÄLJASELGITAMINE

Töö teise etapina viidi läbi registrisse kantud loomaõnnetuste ruumiandmete analüüs. Kuna analüüsil sooviti kasutada õnnetuste andmeid pikemast perioodist, siis liideti analüüsi tarbeks varem koostatud loomaõnnetuste andmebaas (2009–2013 a)⁴ käesoleva töö raames koostatud andmebaasiga (2014–2018). Kokku oli koondandmebaasis õnnetusi 20 817, sealjuures 11 616 õnnetust oli määratud punktidenä ja 9201 õnnetust joontena.

Kümne aasta loomaõnnetuste koondandmebaasi alusel teostati sagedusanalüüs ja selgitati välja statistiliselt olulised loomade teele sattumise koondumiskohad.

2.1 Analüüsi meetodika

Eesti riigimaanteede loomaõnnetuste koondumiskohtade e klastrite väljaselgitamise aluseks võeti 10 aasta (2009–2018) loomaõnnetuste andmed. Andmebaas koosnes nii punktide kui joontena geokodeeritud loomaõnnetuste asukohtadest, kuid selleks, et tõsta analüüsi täpsust, kasutati klastrite analüüsi sisendina ainult punktidenä määratud õnnetusi. Kuna teated maanteedel hukkunud loomadest on valdavalt suurulukite⁵ kohta ning viimased on ka inimese vara ja tervise seisukohalt olulisemad kui väikeulukid, siis kaasati analüüsi just suurulukite õnnetuskohtade punktina määratud asukohad – neid oli kokku 10 844. Sealjuures käsitleti analüüsi kaasatud õnnetusi nõ võrdsetena ehk neid ei kaalutud liigist tuleneva ohtlikkuse järgi.

Klastrite identifitseerimiseks kasutati KDE+ meetodikat, mis on välja töötatud Tšehhi Transpordiuuringute Keskuse poolt⁶ ning seda on viimastel aastatel kasutatud mitmete sarnaste loomaõnnetuste koondumiskohtade analüüside läbiviimisel⁷. Käesolevas töös teostati analüüs ArcGIS Desktop tarkvara jaoks loodud KDE+ *toolbox*-i kasutades. Meetod põhineb sagedusanalüüsil (KDE e *kernel density estimation*), mis selgitab välja loomaõnnetuste klastrid. Analüüsitakse punktandmestikku, mis asub piki jooni – antud juhul loomaõnnetuste punktina märgitud asukohad analüüsitaval maantee(lõigul)⁸. KDE+ edasiarendus võimaldab eristada statistiliselt olulised klastrid, kasutades olulisuse hindamiseks *Monte Carlo* simulatsiooni, mis modelleerib võimalike tulemite riskihinnangu. Analüüsi väljundiks on õnnetuste punktide alusel tekkinud statistiliselt olulised loomaõnnetuste klastrid maanteedel. Need väljastatakse joonobjektide kaardikihina. KDE+ meetodika kasutamine võimaldas seega käesolevas töös leida statistiliselt olulised loomaõnnetuste koondumiskohad Eesti riigimaanteedel.

Lisaks on võimalik KDE+ analüüsi tulemuste põhjal klastrite ohtlikkust omavahel võrrelda järjestades neid nn tugevuse näitaja (väärtused 0 kuni 1) alusel. Klastri tugevuse näitaja sõltub järgmisest faktoritest:

- õnnetuste arv ja paiknemine klastris;

⁴ Eesti loomaõnnetuste andmebaas ja kaardirakendus 2009–2013

<https://www.mnt.ee/et/tee/elusloodus>

⁵ metskits, metssiga, põder, hirv, karu, ilves hunt

⁶ Transport Research Centre (<https://www.cdv.cz/en/>), meetodist täpsemalt:

<http://www.kdeplus.cz/en/method>

⁷ <http://www.kdeplus.cz/en/apps>

⁸ Käesolevas töös viidi KDE+ analüüs läbi maanteede kaupa, kuid põhimaanteede puhul analüüsiti maateid lõikudena. Lõikudeks jagati maanteed olulisemate liiklussageduse muutuste kohtades e põhimaanteedega ristumise kohtades.

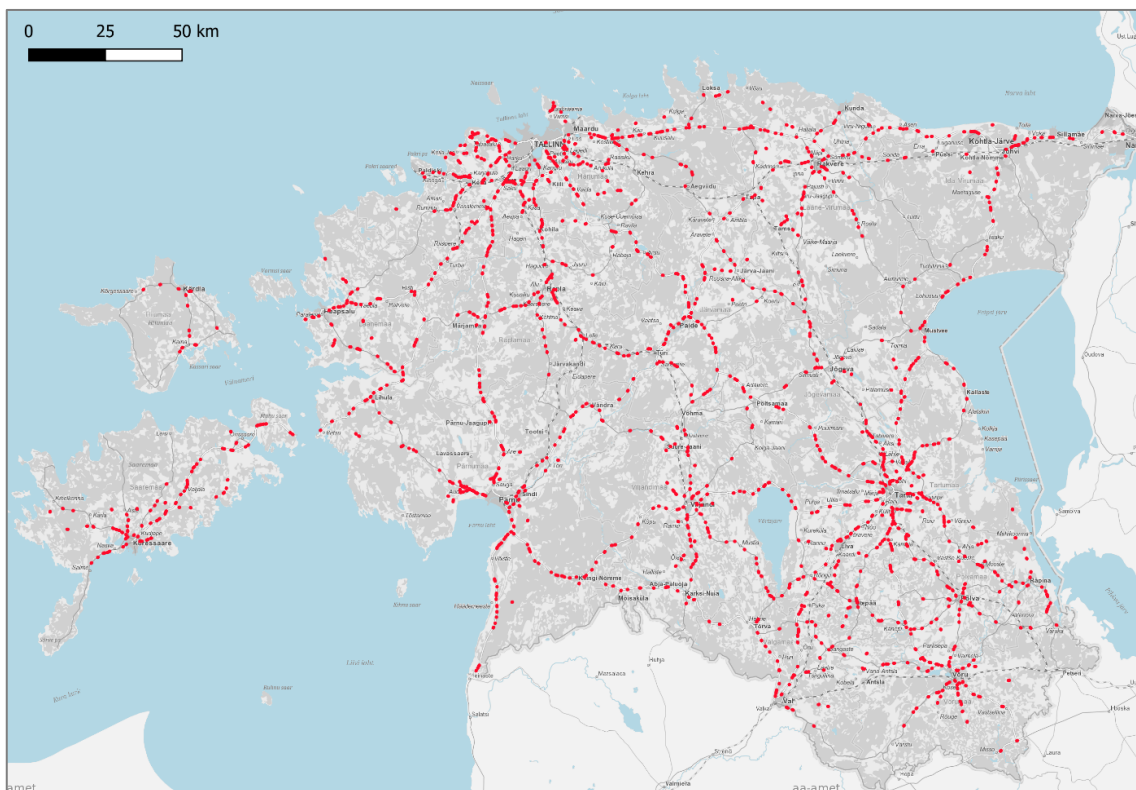
- klastri pikkus;
- analüüsitava teelõigul toimunud õnnetuste arv;
- analüüsitava teelõigu pikkus.⁹

Klastri tugevuse näitaja tõuseb, kui tõuseb õnnetuste arv klastris või mida pikem on kogu analüüsitava maanteelõik. Samas, klastri tugevuse näitaja kahaneb, kui klastri pikkus suureneb või õnnetuste arv analüüsitava teelõigul väljaspool klastrit tõuseb.⁹

2.2 Tulemused

10 aasta (2009–2018 a) loomaõnnetuste analüüsi tulemusel selgitati välja Eesti riigimaanteed statistiliselt olulised loomaõnnetuste piirkonnad e klastrid. Need kajastavad kasutatud andmestiku põhjal loomadega toimunud õnnetuste koondumiskohti, kus loomade teele sattumise tõenäosust võib pidada suuremaks kui muudel teelõikudel.

Eesti riigimaanteedel tuvastati statistiliselt olulisi loomaõnnetuste koondumiskohti kokku 322,2 km ulatuses (1443 erinevas asukohas). Need koondumiskohtadena määratletud teelõigud moodustavad Eesti riigimaanteed võrgust ca 1,9% (käesolevas töös analüüsitud riigimaanteed oli kokku 16608 km). Analüüsi tulemusi illustreerib Joonis 2-1.

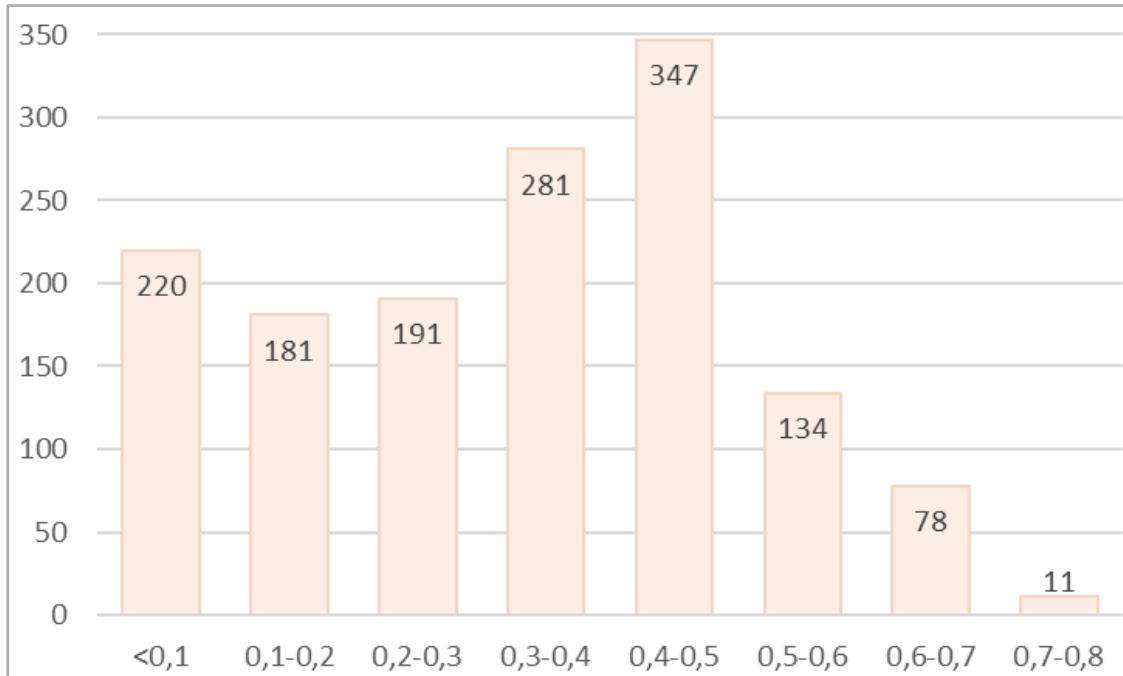


Joonis 2-1 Eesti riigimaanteed loomaõnnetuste klastrid (2009–2018)

Klastrid saab järjestada nende olulisuse alusel, milleks annab aluse klastri tugevuse näitaja, mis sõltub nii analüüsitava maantee(lõigu) kui ka klastri enda pikkusest, aga ka klastri moodustanud ning maanteelõigul juhtunud õnnetuste arvust ning paiknemisest. Analüüsis leitud

⁹ Spatial analysis of traffic crashes by the use of kernel density estimation. Andrášik, R., 2017

loomaõnnetuste klastrite jaotust klastri tugevuse skaalal 0–1 iseloomustab Joonis 2-2. Mida suurem on klastri tugevuse number, seda olulisem on klaster ehk seda suuremat ohtu kujutab konkreetne asukoht maanteel sõitjale. Näha on, et väga tugevaid loomaõnnetuste koondumiskohti (klastri tugevuse näitaja >0,7) on moodustunud väga vähe (11 tk). Kõige enam on moodustunud keskmise (0,4–0,5) tugevusega klastreid (347 tk).



Joonis 2-2 Loomaõnnetuste koondumiskohtade jaotus klastri tugevuse järgi skaalal 0–1.

Kümne aasta (2009–2018) loomaõnnetuste koondandmebaas *ESRI Shapefile* formaadis on käesoleva töö Lisa II. Analüüsi tulemusel välja selgitatud loomaõhtlikud maanteelõigud esitatakse *ESRI Shapefile* formaadis andmebaasina, mis on käesoleva töö Lisa III.

3 LOODUSLIKE OHUTEGURITE ANALÜÜS

Looduslike ohutegurite analüüsi eesmärk oli analüüsida Eesti riigiteedel registreeritud ulukiõnnetuste seoseid maastikutunnustega, mille alusel omakorda välja selgitada looduslikest ohuteguritest tulenev ulukiõnnetuste riski paiknemine teedel. Analüüsi alusena kasutati aastatel 2009–2018 infotelefonil 1313 registreeritud ja hiljem geokodeeritud suurulukiõnnetuste andmeid (käesoleva töö lisa II). Erinev õnnetuste sagedus seostati maanteed ümbritseva maastiku koosseisu ja võimalike ohuteguritega. Tulemuseks oli toimunud õnnetusriski seoste kirjeldus maastikutunnustega ning looduslikest ohuteguritest tingitud kõrgendatud õnnetuste riskiga teelõikude paiknemist kajastav kaardikiht.

3.1 Analüüsi metoodika

Analüüs viidi läbi kahes etapis ning analüüsiks kasutati kolme kõige sagedamini õnnetusse sattunud suuruluki liiki – metskits, põder ja metssiga. Kõigepealt võrreldi liikide kaupa õnnetuskohtade maastiku koosseisu kohtadega, kus õnnetusi ei ole registreeritud. Selle tulemusena sündisid iga liigi kohta õnnetuse tõenäosuse seosed uuritud maastikutunnustega. Teise etapina kombineeriti eri liikide õnnetusriskid kogu Eesti riigiteede võrgustiku ulatuses, arvestades liikide erinevat ohtlikkust liiklusesse sattudes.

Õnnetuskohtadena arvestati kõiki loomaõnnetuste registrisse kantud kirjeid (kokku 19 235 kirjet), sh nii punktide kui joontena märgitud kohtasid. Liikide võrdlemiseks kasutati suurimetajate liigiomaseid ohukaalusid vastavalt OÜ Rewild 2018 ulukiohtlike teelõikude võrdluseks välja töötatud väärtustele¹⁰. Ohukaal vastab liikide kaupa õnnetuse suhtelisele kulukusele võrrelduna põdraõnnetustega.

Suurimetajate liigiomased ohukaalud:

- | | | |
|---|----------------------|----------------|
| ▪ Põder (<i>Alces alces</i>) | kehamaas: 275–600 kg | ohukaal: 1,000 |
| ▪ Metssiga (<i>Sus scrofa</i>) | kehamaas: 125–130 kg | ohukaal: 0,400 |
| ▪ Metskits (<i>Capreolus capreolus</i>) | kehamaas: 16–35 kg | ohukaal: 0,125 |

Analüüsiks valiti 7 maastikutunnust, mida on seostatud ulukiõnnetustega paljudes teistes Eestiga sarnastes loodusoludes tehtud teadusuuringutes Euroopas ja Põhja-Ameerikas.

Uuritud maastikutunnused:

- Metsa osakaal maastikust (%) – kirjeldab metsaliikide elupaiga rohkust.
- Puistu servade ja puisturibade sagedus (m/ha) – ökotoniliikide elupaiga rohkus ning loomi suunavate maastikuelementide paiknemine ja rohkus.
- Looduslike rohumaade osakaal maastikust (%) – rohumaaliikide elupaiga rohkus.
- Hoonete hulk, hoonete aluse ala osakaal maastikust (%) – inimhäiringu ulatus.
- Kallaste sagedus, sh nii looduslikud veekogud kui ka suured kraavid (m/ha) – loomi suunavate maastikuelementide paiknemine ja rohkus.
- Keskmise muldade niiskuseindeks skaalal 1–9 vastavalt kasvukohatüüpide ordinatsiooni

¹⁰ Remm, J., Remm, P., Jaik, K., 2018. Ulukiohtlikud teelõigud. Ulukiõnnetuste koondumiskohtade tehniline analüüs. OÜ Rewild.

skeemile¹¹ – erinevate elupaigatüüpide sagedus; 1 – kuiv, 9 – märg.

- Väikeste teede, radade ja sihtide sagedus (m/ha) – loomi suunavate maastikuelementide paiknemine ja rohkus, kuid samas ka inimtegevuse intensiivsus maastikus.

Õnnetuste sageduse ühikuks on arvestatud keskmine aastane õnnetuste arv teelõigu kilomeetri kohta juhul, kui liiklussagedus on 1000 sõidukit ööpäevas. Seega näitab õnnetuste riski väärtus eeldatavat õnnetuste arvu ühe sõiduki 365 250 läbitud kilomeetri kohta (st 1000 km ööpäevas × 365,25 päeva aastas).

Tulemusena sündis kaardikiht, mis kajastab ulukiõnnetuste riski neljaastmelisel skaalal vastavalt põdraõnnetuse ekvivalendi protsentiilidele¹²: 0–50% (kaardikihile ei märgitud), 50–75% (ohuaste 1), 75–95% (ohuaste 2) ja 95–100% (ohuaste 3).

3.2 Tulemused

Analüüsitud 10 aasta (2009–2018) vältel registreeriti eesti riigiteedel kokku 19 235 õnnetust suurimetajatega. Registreeritud suurulukiõnnetustest valdav enamuse (99,4%) toimusid metskitse, põdra ja metsseaga:

▪ Metskits (<i>Capreolus capreolus</i>)	15 782	registreeritud õnnetust
▪ Pöder (<i>Alces alces</i>)	1 765	registreeritud õnnetust
▪ Metssiga (<i>Sus scrofa</i>)	1 579	registreeritud õnnetust
▪ Punahirv (<i>Cervus elaphus</i>)	44	registreeritud õnnetust
▪ Ilves (<i>Lynx lynx</i>)	28	registreeritud õnnetust
▪ Karu (<i>Ursus arctos</i>)	22	registreeritud õnnetust
▪ Hunt (<i>Canis lupus</i>)	18	registreeritud õnnetust

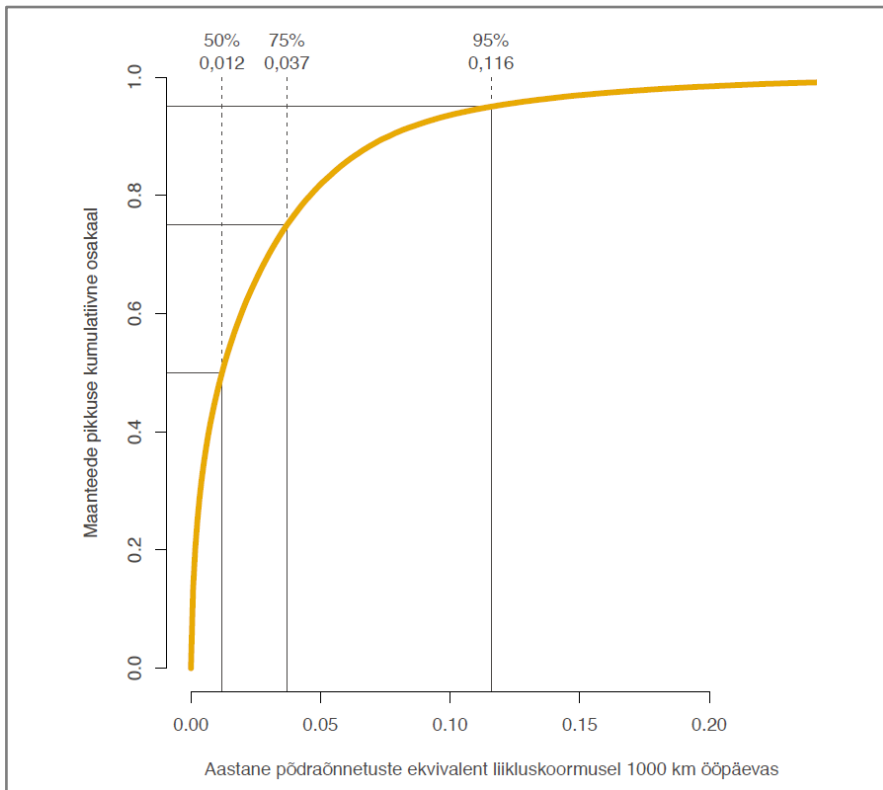
Kõigist suurulukiõnnetustest 82% moodustavad metskitseõnnetused, põdraõnnetused ja metsseaõnnetused moodustavad vastavalt 9,2% ja 8,2%. Kuna hirve, karu, hundi ja ilvesega registreeritud õnnetused moodustavad vaid 0,6% kõigist suurulukiõnnetustest, siis jäeti need liigid analüüsist välja. Tulemusena lihtsustus oluliselt analüüsi käik ning tulemuste tõlgendatavus. Samas oleks nende liikide võimalik mõju saadud tulemusele äärmiselt marginaalne.

Looduslike ohuteguritega seotud ulukiõnnetuste riski kaardistamiseks kogu Eesti riigiteede võrgustikul summeeriti kolme analüüsitud ulukiliigi (pöder, metskits, metssiga) õnnetuste riskid, kaaludes igat liiki vastava ohukaaluga. Ühele põdraõnnetusele vastab oma summaarselt ohtlikkusest 8 metskitseõnnetust ning 2,5 metsseaõnnetust. Teelõigud eristati neljas kategoorias vastavalt põdraõnnetuste ekvivalendi 50%, 75% ja 95% protsentiilidele maanteede pikkuses (Joonised 3-1 ja 3-2). Protsentiili vahemikus 0–50%, see tähendab alla ohuskoori mediaanväärtusega, teelõike eraldi välja ei toodud.

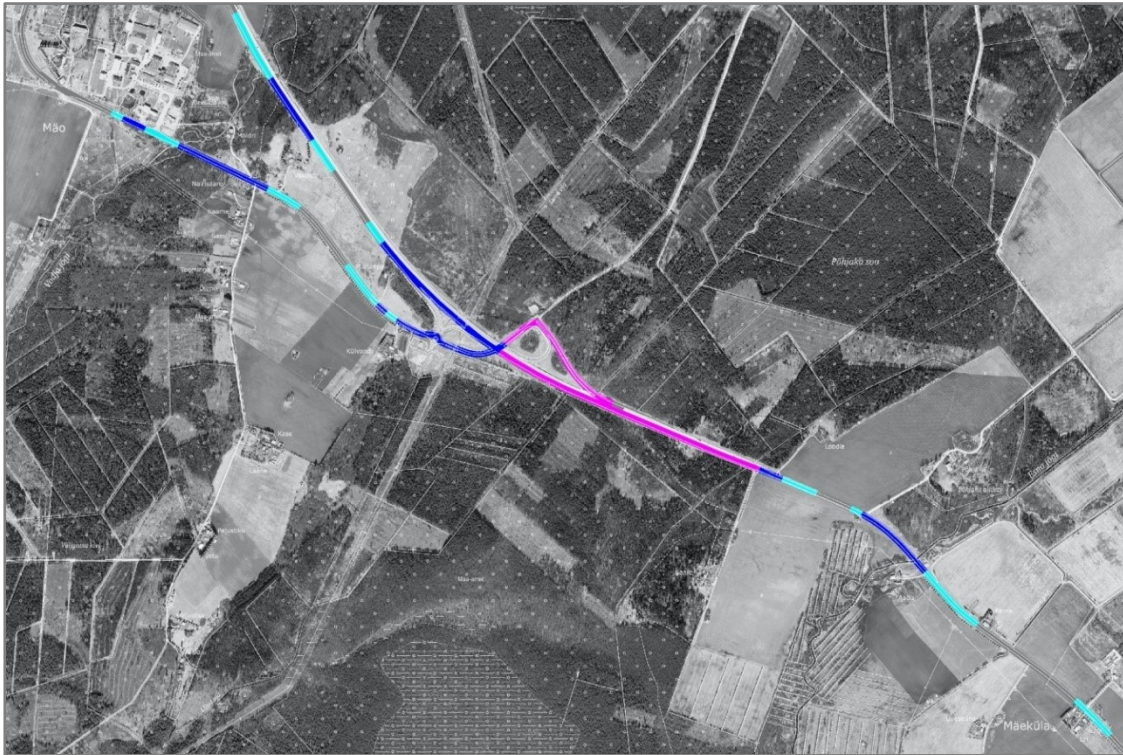
¹¹ Lõhmus, E., 2004. Eesti metsakasvukohatüübid. Eesti Loodusfoto.

¹² Protsentiilid jagavad variatsioonireaa 100-ks võrdseks osaks. Nt 50-protsentiil e mediaan on väärtus, millest suuremaid ja väiksemaid tunnuseid on variatsioonireas ligikaudu võrdselt; 75-protsentiil aga tunnuse väärtus, millest suuremaid või võrdseid tunnuseid on ligikaudu 25%.

Õnnetusrisi jaotuse 75% protsentiilile vastav väärtus on 0,037 põdraõnnetusega ekvivalentset õnnetust aastas juhul, kui liikluskoormus on 1000 sõidukilomeetrit päevas. Sellest väärtusest kõrgema ohuväärtusega teelõike eristus 7085, millede summaarne pikkus moodustab 25% riigiteede võrgustiku kogupikkusest (4 125 km). Eesti neljal suuremal põhiteel, kus liikluskoormus on keskmiselt 7000 sõidukit ööpäevas, toimuks sellise ulukiohuga teelõikudel vähemalt 0,26 põdraõnnetusega ekvivalentset õnnetust kilomeetri kohta aastas ehk umbes kaks metskitseõnnetust.



Joonis 3-1 Põdraõnnetuste ekvivalendi kumulatiivne sagedusjaotus Eesti riigiteedel. Vertikaaljooned tähistavad maanteed kogupikkuse 50% (8249 km), 75% (12 374 km) ja 95% (15 673 km) protsentiile, millele vastavad ulukiõnnetuste riski väärtused on 0,012, 0,037 ja 0,116 põdraõnnetuste ekvivalenti liikluskoormusel 1000 sõidukilomeetrit päevas.



Joonis 3-2 Näide ulukiõnnetuste ohu paiknemisest riigiteel nr 2 (Tallinn-Tartu) Mäo ja Mäeküla vahelisel lõigul. Roosaga on märgitud kõrgeima ohutasemega teelõigud, mis läbivad maastikku, kus vastavalt pödraõnnetuste ekvivalendile on õnnetuste aastane sagedus kilomeetri kohta $\geq 0,116$ juhul, kui keskmine ööpäevane liikluskoormus oleks 1000 sõidukit. Tumesinisega on märgitud vastav väärtus $\geq 0,037$ ning helesinisega $\geq 0,012$. Valitud piirväärtused vastavad Eesti teede ulukiõnnetuste ohu sagedusjaotuse protsentilidele 95%, 75% (3. kvantil) ja 50% (mediaan). Kõrgem ulukiõnnetuste oht on metsasid läbivatel teelõikudel ja metsa servades ja puisturibade läheduses ning madalam oht on lagedatel aladel ja hoonete läheduses. Arvestades, et roosaga märgitud põhitee lõigu pikkus on 1,15 km ning liiklussagedus on ca 9200 sõidukit ööpäevas, toimub sellisel teelõigul eeldatavasti vähemalt 1,2 pödraõnnetust või nendega ekvivalentne arv ulukiõnnetusi teiste liikidega aastas.

Looduslike ohutegurite analüüsi väljundiks on kaardikiht, millel on märgitud keskmisest kõrgema ulukiõnnetuste ohuga lõikude paiknemine Eesti maanteedel kolme astmena:

- 1 – Üle keskmise ohtlik teelõik**, mis läbib maastikku, millises toimuvate õnnetuste hulk vastavalt pödraõnnetuse ekvivalendile on vähemalt 0,012 õnnetust kilomeetri kohta aastas juhul, kui liiklussagedus on 1000 sõidukit ööpäevas. Sellest kõrgemad väärtused moodustavad 50% Eesti riigiteede kogupikkusest. Joonisel 3-2 helesinisega.
- 2 – Kõrge ohuga teelõik**, mis läbib maastikku, millises toimuvate õnnetuste hulk vastavalt pödraõnnetuse ekvivalendile on vähemalt 0,037 õnnetust kilomeetri kohta aastas juhul, kui liiklussagedus on 1000 sõidukit ööpäevas. Sellest kõrgemad väärtused moodustavad 25% Eesti riigiteede kogupikkusest. Joonisel 3-2 tumesinisega.
- 3 – Väga ohtlik teelõik**, mis läbib maastikku, millises toimuvate õnnetuste hulk vastavalt pödraõnnetuse ekvivalendile on vähemalt 0,116 õnnetust kilomeetri kohta aastas juhul, kui liiklussagedus on 1000 sõidukit ööpäevas. Sellest kõrgemad väärtused moodustavad 5% Eesti riigiteede kogupikkusest. Joonisel 3-2 roosaga.

Looduslike ohutegurite analüüsi tulemustest selgus, et ulukiõnnetuste risk väheneb oluliselt tiheda inimasustuse naabruses ning on tunduvalt suurem metsaga ümbritsetud teelõikudel. Eesti riigiteedel eristus 8444 teelõiku, kus vastavalt maastiku koosseisule on ulukiõnnetuste risk keskmisest kõrgem. Väga kõrge ulukiõnnetuste riskiga teelõike on 1974 (5% kõrgeima ulukiohuga teed).

Looduslike ohutegurite analüüsi tulemused: kõrgendatud õnnetuste riskiga teelõikude kaardikiht *ESRI Shapefile* formaadis ning analüüsi juurde kuuluv täispikkuses aruanne on esitatud käesoleva töö Lisas IV.

4 VEEBIRAKENDUS

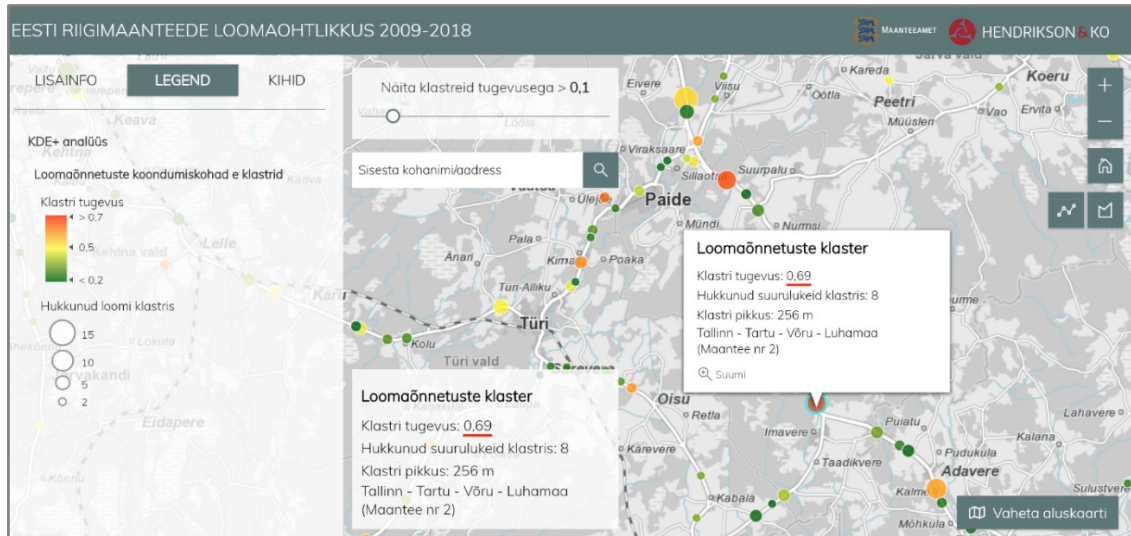
Käesoleva töö tulemuste visualiseerimiseks loodi avalik veebipõhine kaardirakendus. **Maanteede loomaohtlikkuse rakendus on käesoleva töö Lisa V ja see on avatav järgneva lingi kaudu: <http://hendrikson.ee/maps/Loomaohtlikkus/>.**

Veebirakendus loodi ArcGIS Javascript API 4.13 (<https://developers.arcgis.com/javascript/>) abil.

Veebirakenduses kajastuvast informatsioonist annab ülevaate Tabel 4-1 ja illustreerib Joonis 4-1.

Tabel 4-1 Ülevaade veebrakenduses kuvatavast infost

analüüsi osa	visuaalne lahendus rakenduses	kajastuv info	selgitus
KDE+ analüüs	Loomaõnnetuste koondumiskohad e klastrid. Klastrite tugevust visualiseeritakse värviskaalal rohelistest punaseni ning õnnetuste arvu klastris visualiseerib markeri suurus.	klastrite tugevus	Väärtus 0–1 vahel, mille alusel on võimalik klastrite ohtlikkust omavahel võrrelda: mida suurem väärtus, seda loomaohtlikum on konkreetne asukoht maanteel.
		hukkunud suurulukeid klastris	Suurulukitega toimunud õnnetuste arv, mille põhjal klaster on moodustunud.
		klastrite pikkus	Klastrite pikkus meetrites.
		maantee nimi ja number	Riigimaantee nimi ja number, millel klaster asub.
analüüsi osa	visuaalne lahendus rakenduses	selgitus	
Looduslike ohutegurite analüüs	Keskmisest kõrgema ulukiõnnetuste ohuga maanteelõike kajastab rakendus kolmeastmelisel skaalal, mida visualiseeritakse värvidega.	Teelõigu ohuaste: helesinine – üle keskmise ohtlik teelõik; tumesinine – kõrge ohuga teelõik; roosa – väga ohtlik teelõik.	



Joonis 4-1 Illustreeriv näide Eesti riigimaanteedde veebirakendusest.

5 KOKKUVÕTE

Eesti teedel vigastatud ja hukkunud loomadest teatatakse Keskkonnainspeksiooni valvetelefoni numbrile 1313. Aastas edastatakse valvetelefonile keskmiselt 3000 teadet teel hukkunud või vigastatud metsloomade kohta. Analüüsidest aastate jooksul toimunud loomaõnnetuste andmeid, on võimalik aimu saada loomastiku liikumismustritest ning paiknemist asustuse ning taristu suhtes, samuti leida konfliktkohad, kus kaaluda leevendavate meetmete rakendamist. Loomaõnnetuste analüüsi tulemused võivad anda sisendi erineva tasandi ruumilise planeerimise ja projekteerimise protsessides. Näiteks on loomaõnnetuste asukohaandmetega arvestamine asjakohane maakasutuse, eeskätt rohelise võrgustiku planeerimisel maakonna- ja üldplaneeringutes; maanteede (rekonstrueerimis)projektide koostamisel jne.

Käesolevas töös koostati esmalt Eesti riigimaanteede loomaõnnetuste register, mis tugines Keskkonnainspeksioonile aastatel 2014–2018 laekunud loomaõnnetuste teadetele. Viie vaadeldava aasta jooksul on Keskkonnainspeksioon registreerinud 18 401 teadet maanteedel vigastatud või hukkunud metsloomade kohta. Geokodeerida ja registrisse kanda õnnestus neist ca 60%, st registrisse kanti kokku 11 059 metsloomadega toimunud õnnetust, millest valdav osa (ca 95%) oli toimunud suurulukitega.

Loomaõnnetuste andmebaasile liideti eelmise viie aasta loomaõnnetused ning saadi 2009–2018 a loomaõnnetusi kajastav koondandmebaas. Kümne aasta loomaõnnetuste analüüsil selgitati välja riigimaanteede statistiliselt olulised loomaohhtlikud piirkonnad (klastrid). Kokku tuvastati loomaõnnetuste koondumiskohti 322,2 km ulatuses (1443 erinevas asukohas). Need koondumiskohtadena määratletud teelõigud moodustavad Eesti riigimaanteede võrgust ca 1,9%.

Lisaks analüüsiti 2009–2018 aasta loomaõnnetuste andmebaasi põhjal õnnetuste seoseid maastikutunnusega, mille alusel selgitati omakorda välja looduslikest ohuteguritest tulenev ulukiõnnetuste riski paiknemine teedel. Eesti riigiteedel eristus 8444 teelõiku, kus vastavalt maastiku koosseisule on ulukiõnnetuste risk keskmisest kõrgem. Väga kõrge ulukiõnnetuste riskiga teelõike on 1974 (5% kõrgeima ulukiohuga teed). Selgus, et ulukiõnnetuste risk väheneb oluliselt tiheda inimasustuse naabruses ning on tunduvalt suurem metsaga ümbritsetud teelõikudel.

Kahe läbiviidud analüüsi selgituseks: loomaõnnetuste klastrite analüüsil (KDE+) käsitleti kõiki suurulukite õnnetusi võrdsetena, kuid looduslike ohutegurite analüüsil kaalutuna ohtlikkuse (sõltub liigi kehamassist) järgi rakendades liigiomaseid ohukaale. Analüüside erinevus seisneb ka selles, et loomaõnnetuste klastrite analüüsi tulemused väljenduvad maantee kilomeetrite kohta, kuid looduslike ohutegurite analüüsi tulemused läbisõidu kilomeetrite kohta.

Analüüside tulemusel selgunud loomaohhtlike piirkondade ja looduslikest ohuteguritest tuleneva ulukiõnnetuste riski visualiseerimiseks loodi avalik veebipõhine kaardirakendus: <http://hendrikson.ee/maps/Loomaohhtlikkus/>. Rakenduses kuvatav info on kasutatav kohalikele omavalitsustele, planeerijatele, keskkonnamõju hindajatele jne. ning annab ühe võimaliku sisendi planeerimise/mõjuhindamise jm protsessides.

Käesoleva töö koostajad rõhutavad, et siinse töö tulemuste täpsusaste on seotud algandmestiku täpsusastmega. Keskkonnainspeksiooni poolt registreeritud loomaõnnetuste asukohad on antud vabas vormis tekstiliste kirjeldustena ning info selleks tuleb teataja poolt antud asukoha hinnanguna. On loomulik, et asukohakirjelduste täpsusaste ja andmete kvaliteet on seetõttu kõikuv, millele lisandub ka geokodeerija poolne tõlgendus asukohast. Seega tuleb arvestada, et käesolevas töös leitud loomaõnnetuste koondumiskohtadega arvestamisel tuleb neid igakordselt kriitiliselt üle hinnata nende asukohast, ümbritsevast maastikust, selle võimalikest muutustest, hetkel valitsevast olukorrast ning uusimast teadmistest lähtuvalt.