

Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Sven Koovit

RISKIRUUTUDE MOODUSTAMINE PÄÄSTESÜNDMUSTE
JA ELANIKE ANDMETE ALUSEL ArcGIS DESKTOP
PROGRAMMIS

Lõputöö

Juhendaja:

Rein Kask MA

Kaasjuhendaja:

Urmas Paejärv

Tallinn 2015

ANNOTATSIOON

Kolledž/Päästekolledz	Kaitsmine: juuni 2015
<p>Töö pealkiri eesti keeles: Riskiruumide moodustamine päästesündmuste ja elanike andmete alusel <i>ArcGIS Desktop</i> programmis. Töö pealkiri võõrkeeles: "Formation of the risk squares based on the rescue events and population data using <i>ArcGIS Desktop</i> programme"</p> <p>Lõputöö on kirjutatud teemal „ Riskiruumide moodustamine päästesündmuste ja elanike andmete alusel <i>ArcGIS Desktop</i> programmis“. Lõputöö koosneb 38 leheküljest, mis sisaldab 10 lehekülge lisasid ja 2 tabelit. Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ja kokkuvõte on kirjutatud ka inglise keeles. Lõputöö koostamisel on viidatud 25 allikale, millest eestikeelseid on 14 ja võõrkeelseid 11. Käesoleva lõputöö eesmärgiks on selgitada välja, millised piirkonnad Eestis on suurema tõenäosusega päästesündmuse tekkekohaks, arvestades seni toimunud päästesündmusi 2009. kuni 2014. aastal ja elanike paiknemist 2011. aastal toimunud rahvaloenduse alusel. Uurimustöö tulemusena selgub kahe faktori, so elanike arvu ja toimunud päästesündmuste poolt koostatud riskiruumid, mille alusel on võimalik tulevikus Päästeametil näiteks hinnata päästekomandode paiknevuse efektiivsust ja otstarbekust. Esimeses peatükis antakse ülevaade Soomes riski hindamisel kasutatavatest riskiruumidest, selle moodustamise põhimõtetest. Lisaks on vaatluse alla võetud riskiklassid, riskiala määramine, riskiruumide analüüs ja muudetavate pindüksuste probleem. Teises peatükis on kirjeldatud valimi moodustamise aluseid ja riskiruumide analüüsimise meetodikat. Kolmandas peatükis antakse ülevaade riskiruumide moodustamisest ja valimi faktorite korrelatiivsest seosest. Neljandas peatükis on tehtud teoreetilise ja uurimistöö kohta järeldused ja ettepanekud.</p>	
Võtmesõnad: Riskiruum, rahvastiku tihedus, päästesündmus	
Võõrkeelsed võtmesõnad: Risk square, population density, rescue events	
Lõputöö/ seos riiklike arengukavade ja prioriteetidega: VAAK 2013-2016; Siseturvalisuse arengukava 2015-2020	
Säilitamise koht: SKA raamatukogu, SKA PPK raamatukogu, Piiratud ligipääsuga töö (AK)	
Töö autor: Sven Koovit	Allkiri:
Olen koostanud lõputöö iseseisvalt. Kõik lõputöö koostamisel kasutatud teiste tööde autorite tööd, seisukohad, kirjalikest allikatest ja mujal allikates saadud info on nõuetekohaselt viidatud. Olen nõus oma lõputöö avaldamisega elektroonilises keskkonnas.	
Vastab lõputöö nõuetele	
Juhendaja: Rein Kask	Allkiri:
Vastab lõputöö nõuetele	
Kaasjuhendaja: Urmas Paejärv	Allkiri:
Kaitsmisele lubatud	
Kolledži direktor/Instituudi juhataja	Allkiri:
Nimi: Ain Karafin	

SISUKORD

ANNOTATSIOON	2
MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU	5
SISSEJUHATUS	6
1. RISKIRUUTUDE MOODUSTAMISE TEOREETILISED ALUSED	8
1.1. Riskiruutude moodustamine Soome praktikas	8
1.1.1. Riskiruut, riskiklassid ja riskiala	8
1.1.2. Ohtude hindamine, riskiklasside ja – alade määramine	9
1.1.3. Riskiruutude uurimisanalüüsi meetodid	12
1.2. Muudetavate pindüksuste probleem	13
2. UURIMISTÖÖ METOODIKA	16
2.1. Valimi moodustamise alused	16
2.2. Riskiruutude analüüsimise meetoodika	18
3. RISKIRUUTUDE ANALÜÜS	20
3.1. Elanike jaotumine ruutudes, visualiseerimine <i>ArcGIS Desktop</i> programmis ja järjestamine elanike arvu järgi	20
3.2. Päästesündmuste jaotumine ruutudes, visualiseerimine <i>ArcGIS Desktop</i> programmis ja järjestamine sündmuste arvu järgi	22
3.3. Elanike arvu ja toimunud päästesündmuste korrelatiivse seose leidmine	24
3.4. Elanike arvu ja päästesündmuste liitmine riskiruutudesse	27

4. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD	30
KOKKUVÕTE	33
SUMMARY.....	35
VIIDATUD ALLIKATE LOETELU	36
Lisa 1. Riskiklassid Eestis Soome 2003. a juhendi järgi (elanikud)	39
Lisa 2. Päästesündmuste jaotumine Tallinna linna lähistel 2009. kuni 2014. aastal.....	40
Lisa 3. Soome 2003. a juhendi järgi koostatud liiklusavarii riskialad	41
Lisa 4. 2011. – 2014. aastal toimunud päästesündmuste esinemissagedus riskiruutudes	42
Lisa 5. Elanike asustustihedus ja päästesündmuste tihedus Tallinna ümbruses	43
Lisa 6. Tallinna linna riskiruutude kujutamine 3-D formaadis	44
Lisa 7. Pärnu linna riskiruudud	45
Lisa 8. Riskiruutude paiknemine Eestis	48

MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU

ADS – Eesti aadressandmete süsteem

k – territoorium

Kiiremat sekkumist nõudvad päästesündmused – hoonetulekahjud, transpordivahendi tulekahjud, maastikutulekahjud, muud tulekahjud, plahvatus/plahvatusoht, inimeste päästmine, õnnetused ohtlike ainetega, liiklusvariid,

MAUP – muudetavate pindüksuste probleem

n – elanike arv

PK - päästekomando

PÄA – Päästeamet

Riskiruut – planeerimise abivahend, mis moodustub käesolevas lõputöös ruudust küljepikkusega 1 km

Riskiklass – Soomes määratakse riskiruudule vastav riskiklass, kui täitub 2003. a juhendis märgitud elanike arv või põrandapind ruutmeetrites. Teeliikluse osas järgitakse õnnetuste tõenäosust aasta kohta kilomeetri pikkusel teosal. Teosa riskiklass määratakse antud juhendis määratud piirarvude põhjal.

Riskitase – luuakse, kui vähemalt kümme samasse või kõrgemasse riskiklassi kuuluvat riskiruutu puutuvad kokku

SOM – iseorganiseeruv kaart

t - liiklusõnnetused

SISSEJUHATUS

Valitsusala arengukava 2013-2016 kohaselt on Päästetööd maismaal meetme eesmärgiks tagada piirkondlike ohuteguritega ja riskidega ning võimalike tagajärgede ulatusega tasakaalus oleva päästeteenuse kiire kättesaadavus (Siseministeerium, 2012). Antud eesmärgi saavutamise üheks oluliseks tingimuseks on tasakaalustatud riskidega kooskõlas oleva päästeteenuse pakkumine.

Päästeteenuse pakkumine peab olema korrelatsioonis Eesti demograafilise olukorraga ja kaasas käima nende muutustega (Pomerants, 2010), kuna päästeteenuse keskmises on inimene ja temani jõudva abi efektiivsus (Tammearu, 2012). Päästeteenuse planeerimine on riskipõhine. Riskide hindamiseks on rahvusvaheliselt mitmeid erinevaid mudeleid, kuid üldistatult võib väita, et õnnetuste risk on suurem seal, kus paikneb rohkem inimesi. Seetõttu peab päästeteenuse planeerimisel jälgima lisaks teistele spetsiifilistele riskidele ka rahvastiku paiknemist ning tegema vastavalt vajadusele muudatusi. (Siseministeerium, 2014)

Kuna päästeteenuse planeerimine on muutumas järjest enam geoinfopõhiseks, samas kui planeerimise prioriteetseim lähenemine on riskipõhine, siis on elanike paiknemisega kaasnevate riskide ja juba toimunud päästeõnnetuste alusel prognoositava riski leidmine päästevõimekuse riskipõhisele planeerimisele tõhusaks toetuseks. Uurimistöö tulemused oleksid tulevikus abiks päästekomandode võrgustiku oluliselt täpsemaks planeerimiseks, kui seda on olnud võimalik teha lähiminevikus.

Käesoleva lõputöö eesmärgiks on selgitada välja, millised piirkonnad Eestis on suurema tõenäosusega päästesündmuse tekkekohaks, arvestades seni toimunud päästesündmusi 2009. kuni 2014. aastal ja elanike paiknemist 2011. aastal toimunud rahvaloenduse alusel.

Lõputöö eesmärgi täitmiseks püstitatakse järgmised uurimisülesanded:

- 1) Jaotada ja järjestada valimi elanike arvu järgi ruutudesse ja visualiseerida tulemused ArcGis Desktop programmi abil.
- 2) jaotada ja järjestada valimis päästesündmused ruutudesse ja visualiseerida tulemused ArcGis Desktop programmi abil;
- 3) leida korrelatiivne seos elanike arvu ja toimunud päästesündmuste vahel;
- 4) moodustada elanike arvu ja toimunud päästesündmuste alusel riskiruuud ArcGis Desktop programmi abil.

Käesolevas töös viiakse läbi empiiriline uuring, kus kasutatakse kvantitatiivset andmeanalüüsi meetodit. Analüüsitavateks andmeteks on Statistikaametist saadud 1 x 1 km² suurused rahvastikutiheduse ruutkaardid, mille ruudud on vastavuses Euroopa ruumiandmete infrastruktuuriga. Iga ruudu kohta on esitatud selles ruudus elavate inimeste arv. Teiseks analüüsitavaks teguriks on Päästeameti Arendusosakonna päästesündmuste andmestik 2009. kuni 2014. a. Eesmärk on empiirilise uuringu käigus moodustada *ArcGIS Desktop* programmi kaasabil riskiruuud ja kvantitatiivse andmeanalüüsi abil selgitada välja, millised piirkonnad Eestis on suurema tõenäosusega päästesündmuse tekkekohaks.

Lõputöö koosneb neljast peatükist. Esimene peatükk annab ülevaate riskiruuude moodustamisest ja nende kasutamisest riskitaseme määramisel välisriikides. Lisaks käsitletakse geograafias tuntud muudetavate pindüksuste probleemi, mida inglise keeles teatakse *modifiable areal unit* (edaspidi: MAUP) nime all (Remm, Remm ja Kaasik, 2012, lk. 219). Teine peatükk annab ülevaate uurimustöö metoodikast. Kirjeldatakse valimi moodustamise aluseid ja analüüsiks kasutatavaid uurimismeetodeid. Kolmas peatükk käsitleb riskiruuude moodustamise protsessi ja analüüsi tulemusi. Vaatluse alla on võetud elanike paigutamine riskiruuutesse, ruute iseloomustavate parameetrite määramine, elanike ja päästesündmuste suhte lisamine riskiruuutu, riskiruuude gruppidesse liigitamine, elanike arvu ja päästesündmuste toimumise tõenäosuse korrelatiivse seose leidmine grupiti. Neljas peatükk sisaldab uurimistöö analüüsi põhjal tehtud järeldusi ja ettepanekuid.

Lõputöö autor tänab juhendajaid Rein Kaske ja Urmas Paejärve.

1. RISKIRUUTUDE MOODUSTAMISE TEOREETILISED ALUSED

1.1. Riskiruutude moodustamine Soome praktikas

Teoreetiliste aluste esimeses alapeatükis antakse ülevaade riski mõistest, Soomes riski hindamisel kasutatavatest riskiruutudest, selle moodustamise põhimõtetest ja kujunemisest oluliseks abivahendiks päästekomandode paiknemise planeerimisel. Lisaks on vaatluse alla võetud riskiklassid, riskiala määramine ja riskiruutude analüüs.

1.1.1. Riskiruut, riskiklassid ja riskiala

2003. aastal koostati Soome Siseministeriumi poolt operatiivse valmisoleku juhend (edaspidi: 2003. a juhend), mille alusel käsitletakse **riskiruutu** kui planeerimise abivahendit, mis moodustub 250 m x 250 m suurusest alast (Sisäasiainministeriö, 2003). Statistikaamet on koostanud päästeteenistuse jaoks kogu Soomet katva 6055185-st riskiruudust koosneva võrgustiku (Tillander, et al., 2010). Alates 2012. aastast moodustub riskiruut 1 km x 1 km suurusest alast (Sisäasiainministeriö, 2012).

Riskiruudule määratakse vastav **riskiklass**, kui täitub 2003. a juhendis märgitud elanike arv või põrandapind ruutmeetrites. Teeliikluse osas järgitakse õnnetuste tõenäosust aasta kohta kilomeetri pikkusel teosal. Teosa riskiklass määratakse antud juhendis määratud piirarvude põhjal. **Riskiala** luuakse, kui vähemalt kümme samasse või kõrgemasse riskiklassi kuuluvat riskiruutu puutuvad kokku (puudutavad teineteist). Teede osas moodustatakse riskiala riskiklassi alusel kilomeetri pikkuse tee kohta. (Sisäasiainministeriö, 2003)

Alates 2012. aastast moodustatakse Soomes riskiruutudes riskiklassid regressioonimudeliga määratud riskitaset arvestades. Regressimudeli muutujateks on elanike arv, põrandapind ruutmeetrites ja nende koosmõju. Riskitaseme eesmärk on näidata, millistes ruutudes toimuvad kõige tõenäolisemalt sellised õnnetused, mis vajavad kiireloomulist päästetegevust (Sisäasiainministeriö, 2012).

1.1.2. Ohtude hindamine, riskiklasside ja – alade määramine

Soomes planeeritakse Päästeteenistuse ressursse selliselt, et nendega oleks võimalik päästesündmuse korral efektiivselt tegutseda. Oluline osa planeerimisel on ohtude hindamine, mida kohandatakse koostöös järelevalvega (Sisäasiainministeriö, 2012). Ohtude hindamine tuleb teha vähemalt korra valitsuse korralise valitsemisaja jooksul või kui olukorras või keskkonnas on toimunud päästeteenistuse seisukohalt olulisi muutusi. Ohtude hindamisel määratletakse riskialad ja erilised riskiobjektid. (Sisäasiainministeriö, 2003)

Ohtude hindamine koosneb kolmest osast (Sisäasiainministeriö, 2012):

1. Päästetoimingute tegutsemisvalmiduse määramiseks jagatakse päästetoimingu piirkonnad riskiklassidesse, kasutades regressioonimudelit ja riskiklassi määravaid õnnetusi.
2. Identifitseeritakse sellised õnnetuse liigid ja üksikud riskiobjektid, sündmused ning avalikud üritused, mis vajavad erilist korraldust.
3. Jälgitakse õnnetuse ohtude, õnnetuste arvu ja –põhjuste arengut ja tehakse sellele tuginedes otsustusi vajalike meetmete tarvitusele võtmiseks.

Järgnevalt on välja toodud 2003. aastast kuni 2012. aasta lõpuni Soomes rakendatud riskiruutude ja riskialade klassifitseerimise põhimõtted (Sisäasiainministeriö, 2003):

1. Riskiruutude riskiklass määratakse elanike arvu ja põrandapinna maa-ala suuruse alusel.
2. Riskiala luuakse, kui vähemalt kümme samasse või sellest kõrgemasse riskiklassi kuuluvat riskiruutu on teineteisega ühenduses. Riskiala moodustub siis nimetatud kümne riskiruudu välispiiride järgi. Eraldi tuleb vaatluse alla võtta ja hinnata selliseid alasid, kus ühel näiteks 2 ruutkilomeetri suurusel alal on vähemalt 10 samasse või kõrgemasse riskiklassi kuuluvat riskiruutu, mis kõik ei ole teineteisega ühenduses.
3. Teeliikluse osas jälgitakse õnnetuste tõenäosust kilomeetri kohta aastas ja riskiala määratakse otse selle alusel.

2003. a juhendi kohaselt jaotatakse riskiruumid, mille elanike arv või territoorium jääb alla nimetatud tingimust või liiklusõnnetuse tõenäosus kilomeetri tee kohta jääb alla nimetatud tingimust, järgmistesse riskiklassidesse (Sisäsiaministeriö 2003):

1) Esimene riskiklass

- a) elanike arv n $n > 250$;
- b) territoorium k $k > 10\,000\text{ m}^2$;
- c) liiklusõnnetused t $t > 1$

2) Teine riskiklass

- a) elanike arv n $60 < n \leq 250$;
- b) territoorium k $2\,500\text{ m}^2 < k \leq 10\,000\text{ m}^2$;
- c) liiklusõnnetused t $0,5 < t \leq 1$

3) Kolmas riskiklass

- a) elanike arv n $10 < n \leq 60$;
- b) territoorium k $250\text{ m}^2 < k \leq 2\,500\text{ m}^2$;
- c) liiklusõnnetused t $0,1 < t \leq 0,5$

4) Neljas riskiklass - riskiruumid, mis ei vasta esimese, teise ega ka kolmanda riskiklassi nõuetele.

2003. a juhendis kasutatud asustustihedus ja piirkonna andmed tuginevad päästeteenistuse piirkonna (üleriigilise) statistikast saadud uurimistulemustele. Uurimistulemused baseeruvad ehitiste tulekahjude teemal tehtud uuringutel. Uuringute kohaselt on jõutud järeldusele, et asustustiheduse ning ehitiste põlengute ja põrandapinna maa-ala vahel on märgatav korrelatsioon. Sellele lisaks ei ole erinevatel ehitiste liikidel märkimisväärseid vahesid. Nende uuringute kohaselt võidakse ehitiste põlengute riski arvutada järgimiste valemite alusel (Sisäsiaministeriö 2003):

$$y = 0,47x \tag{1}$$

kus y on tulekahjude arv aastas ja x on elanike arv tuhandetes.

$$y = 6,55x \tag{2}$$

kus y on tulekahjude arv aastas ja x on ehitiste kogu põrandapind ruutkilomeetrites.

Lisaks tuleb arvestada valemiga (Lehtonen, 2006, lk. 32):

$$y = 10x \tag{3}$$

kus y on päästekomando kiiremat sekkumist nõudvat päästesündmust aastas ja x hoonetulekahjude arv aastas.

2500 elanikuga ala puhul toimuvad päästekomando kiiremat sekkumist nõudvaid päästesündmuseid aastas järgmiselt (Lehtonen, 2006, lk. 32):

$$y = (0,47 \times 2,5) \times 10 = 11,75$$

100 000 km² põrandapinna ruumala puhul on päästekomando sekkumist nõudvaid päästesündmuseid aastas järgmiselt (Lehtonen, 2006, lk. 32):

$$y = (6,55 \times 0,1) \times 10 = 6,55$$

Statistika alusel võib tõdeda, et ühe ehitise põlengu kohta Soomes toimub üheksakordselt muid päästekomando kiiremat sekkumist nõudvat päästesündmust aastas (Sisäasiainministeriö, 2003).

Juhendis kasutatavat arvud (väärtused) tähendavad praktikas seda, et esimesel riskialal toimub palju tulekahjusid aastas ja üle kümne päästekomando kiiremat sekkumist nõudvat päästesündmust aastas. Teisel riskialal toimub tulekahjusid sagedamini kui iga kolme aasta tagant, kuid mitte rohkem, kui üks aastas. Päästekomando kiiremat sekkumist nõudvaid päästesündmusi toimub teisel riskialal mitmeid aastas, kuid neid ei toimu aasta jooksul üle kümne. Kolmandal riskialal toimub tulekahju sagedamini kui korra 25 aasta jooksul, kuid harvemini kui iga kolme aasta tagant ja päästekomando kiiret reageerimist nõudvaid tegevusi sagedamini kui kord kolme aasta jooksul, kuid mitte rohkem, kui üks aastas. Neljandal riskialal toimub tulekahju harvemini kui kord 25 aasta jooksul ja päästekomando kiiret reageerimist nõudvaid tegevusi on harvemini kui kord kolme aasta jooksul. (Sisäasiainministeriö, 2003)

Alates 2012. aastast kasutatakse riskiklasside määramise põhimõttena regressioonimudeliga määratud riskitaset. Regressioonimudeli muutujateks (elementideks) on elanike arv, territoorium ja nende koosmõju. Regressioonimudel on loodud toimunud ehitiste tulekahjude andmel. Mudeli abil ennustatakse riskitase igale 1 km küljepikkusega ruudule (Sisäasiainministeriö 2012):

- I Riskiklass Riskitase ≥ 1 ;
- II Riskiklass 0,25 \leq Riskitase < 1 ;
- III Riskiklass 0,1 \leq Riskitase $< 0,25$;
- IV Riskiklass Riskitase $< 0,1$

Lisaks regressimudeliga määratud riskitasemele arvestab päästeasutus neid riskirute, kus on toimunud riskiklassidesse kuuluvaid õnnetusi viimase viie aasta jooksul

keskmiselt vähemalt kahel korral aastas. Päästeasutus võib selle arvutuse tulemusena kõrgendada riskiruuu riskiklassi. Riskiruuu, kus on toimunud vähemalt 10 riskiklassi kuuluvat õnnetust aastas viie järjestikuse aasta jooksul, võidakse tõsta I riskiklassi. Riskiruuu, kus on toimunud vähemalt kaks, kuid vähem kui 10 riskiklassi kuuluvat õnnetust viiel aastal järjest võidakse tõsta II riskiklassi. (Sisäasiainministeriö, 2012)

1.1.3. Riskiruuude uurimisanalüüsi meetodid

Riskiruuude analüüsimisel on Soomes kasutatud mitmeid erinevaid riskianalüüsi hindamise mudeleid. Probleemseks kohaks on olnud riskianalüüsi läbiviimisel eelnevatel aegadel sündmuste puhul tulekahjude ebatäpsed statistilised andmed (Tillander & Keski-Rahkonen, 2000). Selleks, et aidata munitsipaal-tuletõrjehiirgaadidel teostada riskihinnanguid, avaldati 1994.a käsiraamat siseministeriumi ja Soome Tuletõrjehiirgaadide Ülemate Föderatsiooni koostöös (Krisp, et al., 2005). Soomes arvutati riski planeerimise eesmärgil järgnevalt (Lonka, 1999):

$$\mathbf{R} = (\mathbf{L} + \mathbf{F} + \mathbf{P} + \mathbf{E}) * \mathbf{Pb}, \quad (4)$$

kus \mathbf{R} on risk, \mathbf{L} on tagajärjed elule ja tervisele, \mathbf{F} on õnnetuse arengu kiirus, \mathbf{P} on tagajärjed varale, \mathbf{E} on tagajärjed keskkonnale, \mathbf{Pb} on tõenäosus.

Tagajärjed võivad olla surmad, varalised kahjud, elulise tähtsusega funktsioonide katkestused ja keskkonnakahjud. Neid mõjutab kiirus, millega õnnetus tekib ja progresseerub. Need arvutused annavad väga umbkaudse hinnangu riskile, kus tegelikkuses ainult suhtelisi suurusjärke hinnatakse. Selle mudeli rakendamine ei ole sirgjooneline, kuid iga omavalitsuse erisused teevad selle väga subjektiivseks (Krisp, et al., 2005).

Soomes riskiruuude analüüsimisel kasutati 2010. aastal kolme teineteisest sõltumatut lähenemisviisi: lihtsat regressimudelit, ruumilist regressimudelit ja iseorganiseeruvat kaarti (SOM). Lihtsa regressimudeli idee on nagu selle nimigi ütleb, luua võimalikult lihtne mudel, mille abil ennustada ala õnnetuse riske senisest täpsemalt. Mudelis on muutujateks elanike arv ja põrandapinna ruumala. Mudel on ka selle kasutajale väga lihtne. (Tillander, et al., 2010, lk. 13)

Ruumilise regressimudeli selge erinevus eelmisega võrreldes on see, et see võtab arvesse muutujate territoriaalse (piirkondliku) muutuse ehk näiteks selle, et elanike arvu mõju õnnetuste toimumisse ei pruugi olla samasugune maa erinevates piirkondades.

Mudel on kasutaja seisukohalt ilmselgelt keerulisem kui lihtne regressimudel. (Tillander, et al., 2010, lk. 13)

SOM tuletab muutujate mittelineaarsed sõltuvussuhted otse vaadeldud tuvastatud andmetest. Selle planeerimise käigus võidakse kasutada kõiki võimalikke muutujaid ja siis nende alusel määrata erinevate alade (piirkondade) riskitasemed. See planeerimise viis ei ole kasutajale lihtne ja see toimib kõige paremini siis, kui riskitasemed määratakse suurele territooriumile kindlate ajavahemike järel, kui on saadud uusi andmeid õnnetuste ja muutujate kohta. (Tillander, et al., 2010, lk. 13)

Üheks võimaluseks riskiruumide analüüsil on uurimisvisualisatsiooni kasutamine. Visualisatsiooni kasutus ja kasutatavus sõltub tugevalt kasutajast ja visualisatsiooni eesmärgist (Nielsen, 1993). Visualisatsioonid võivad olla animatsioonid või staatilised pildid. Visualisatsiooni valik, geograafilise ruumi orientatsioon vaataja suhtes nagu ka selle ruumilise ala valik, mida kujutatakse – kõik need mõjutavad sarnaselt üldist sõnumit (Cosgrove, 1999). Uurimismeetodid, ruumilise uurimisanalüüsi meetodid ja uurimisvisualisatsioonid tuginevad kasutaja ning arvuti vastastikusele toimele ning kasutaja võimele leida seoseid muutujate ja visualisatsioonide vahel. Ruumilise uurimisanalüüsi meetodeid on vaja selleks, et leida ja hinnata muutujaid igale riskimudelile. Uurimisvisualisatsioon on vaja selleks, et määratleda (kindlaks teha) ruumilised seosed nende muutujate vahel. Informatiivsed ja meelepärased kaardid, mis koondavad suure andmemahu ühele pildile, on hädavajalikud vahendid ekspertidest otsustajatele ja neid tuleb kasutada täiendavalt, et meelitada avalikkust osalema planeerimisprotseduurides (näiteks õigustamaks uue päästekomando asukohta). (Krisp, et al., 2005)

1.2. Muudetavate pindüksuste probleem

Mõõtkava probleemi olulisust on geograafias nimetatud muudetavate pindüksuste probleemiks (*modifiable areal unit* – MAUP) (Remm, et al., 2012, lk. 219). MAUP seisneb kahes omavahel seotud probleemis: skaala probleem - ruumilise analüüsi tulemused võivad olla väga erinevad sõltuvalt skaalast (ruumiline lahusus, uurimisala ulatus); ning tzoneerimise probleem – ruumilise analüüsi tulemused varieeruvad erineva

ruumilise konfiguratsiooni või tsoneerimise põhimõtte (klassifitseerimise) tõttu sama skaala juures. (Uuemaa, 2004, lk. 4)

MAUP on põhimõtteliselt lahendamatu ülesanne (Ervin, 2014). Probleem tuleneb asjaolust, et uuritavat ala saab üksteist välistavateks allüksusteks jagada paljudel erinevatel viisidel, kusjuures jaotamise põhimõtted tulenevad enamasti üksikuuringu vajadustest ja võimalustest. Kuna iga sellise uurimuse tulemus sõltub kasutatud üksustest ja kuna üksused on vabalt muudetavad, siis ei ole erinevaid eraldi kasutanud uuringute tulemused omavahel võrreldavad. Osalist lahendust muudetavate pindüksuste probleemile pakub hierarhiliselt mitme mõõtkavaline segmenteerimine ning spektraalanalüüs ja selle analoogid. (Remm, et al., 2012, lk. 219)

Skaala valik, mida me kasutame oma töös, sõltub nii sellest, millised on meie uurimistöö eesmärgid, kui ka sellest, millise täpsusega andmeid meil on kasutada (Nthiwa, 2011, lk. 74). MAUP-i mõjude minimaliseerimiseks soovivad analüütikud muuhulgas alustada andmete kogumist nii väikesest jaotisest alates, kui see on võimalik. Täpse analüüsi jaoks peab olema täidetud kaks tingimust – meil peab olema nii statistiline täpsus (andmed peavad olema tõesed ja usaldusväärsed ning kogitud ühtse definitsiooni alusel) kui ka geograafiline täpsus. (Martinez, et al., 2009)

Eesti näitel on olemas hea statistiline täpsus päästesündmuste toimumise arvu kohta, kuid kahjuks ebapiisav täpsus nende toimumiskoha täpse asukoha kohta. Arvestades asjaolu, et Eesti territooriumil on väga palju piirkondi, kus elanikke ei ole üldse või on asustustihedus väga hõre, on käesolevas töös riskiruuude küljepikkuseks määratud 1km. Sellise suurusega riskiruuude kasutatakse ka Soomes. Tillander ja tema meeskond alustas 2010. aastal modelleerimist 250 m x 250 m andmestiku alusel, kuid analüüs osutus problemaatiliseks materjali suure koguse ja selle detailirohkuse tõttu ning edaspidi otsustati üle minna 1 km küljepikkusega riskiruuudele (Tillander, et al., 2010).

Eesti olemasolev statistika ei ole kõikidel juhtudel sedavõrd detailne, et õnnetuse toimumiskohta saaks paigutada eksimatult konkreetseesse 250 x 250 m ruudustikku. Näiteks võib maastikupõleng ulatuda paljudel juhtudel mitme riskiruuu keskmesse, mis tekitaks täiendavaid takistusi dubleerivate tulemuste elimineerimiseks. Küll aga

võimaldab see statistika määratleda sündmuse toimumispaika hea kvaliteediga 1 x 1 km² ruudustikus.

2. UURIMISTÖÖ METOODIKA

Käesoleva lõputöö statistilise analüüsi eesmärgiks on selgitada välja uurimistöö käigus moodustatud riskiruumide riskitase, arvestades seni toimunud päästesündmusi 2009. kuni 2014. aastal ja elanike paiknemist rahvaloenduse alusel. Saadud tulemi abil on võimalik välja selgitada, missugused piirkonnad Eestis on suurema tõenäosusega päästesündmuste tekkekohaks.

2.1. Valimi moodustamise alused

Järgnevalt kirjeldatakse antud lõputöös andmete analüüsimisel kasutatud valimite moodustamise aluseid. Valim on väljavõtte üldkogumist (Remm, et al., 2012), ehk teisisõnu mõõtmiseks võetud üldkogumi osa nimetatakse valimiks (Veelmaa, 2008). Käesoleva lõputöö puhul on kasutusele võetud kaks üldkogumit. Üldkogumi uurimisel on kaks võimalust: kas uuritakse üldkogumi kõiki elemente või uuritakse selle üldkogumi mingit osahulka ja tehakse selle osahulga uurimise põhjal järeldusi terve üldkogumi kohta (Veelmaa, 2008). Rahvaloenduse puhul on vaatluse alla võetud kogu üldkogum ja seda liigitatakse vaatlusobjekti hõlmamise ulatuse järgi kõikseks statistikaks (Sauga, 2005).

2011. aasta rahvaloenduse andmed töötles ja kandis ArcGIS Desktop programmi üle Alphagis OÜ meeskond eesotsas Rein Kask'iga. Kasutusele võeti Statistikaametist saadud 1 x 1 km² suuruseid rahvastikutiheduse ruutkaardid, mille ruudud on vastavuses Euroopa ruumiandmete infrastruktuuriga INSPIRE. Iga ruudu kohta on esitatud selles ruudus elavate inimeste arv. Ruudu tähiseks määrati ruudu alumise vasakpoolse nurga L-EST97 koordinaat – näiteks ruudu „1kmN6587E0731“ vastava nurga ristkoordinaadid on: X = 731000, Y = 6587000. 1 x 1 km² suurusega rahvastikutiheduse ruutkaardid valiti MAUP efekti ja Eesti Vabariigi iseärasusi arvestades. (Alphagis OÜ, 2014)

Päästeameti arendusosakonna poolt koostatud 2009. kuni 2014. aastal toimunud päästesündmuste statistika andmed töödeldi Alphagis OÜ poolt. Lõputöös on kasutatud tabeleid nende sündmuste kohta.

Tabelites on analüüsiks olulistest andmetest esitatud sündmuse liik, asukoht (aadress või koordinaat – nii süsteemist SOS kui OPIS). Sündmuste tabelitest vaadeldakse ainult neid sündmusi, mis päästeteenuse eesmärki hinnates, nõuab kiireloomulist reageerimist (elupäästesündmused, kiirelt arenevad sündmused): tulekahjud, hoonetulekahjud, liiklusõnnetused ja õnnetused veekogudel. Arvestada tuleb, et sageli ei ole sündmuse liiki kasutades võimalik aru saada, kas tegemist oli hoonetulekahjuga. Sündmustel (eriti enne 2014.a toimunutel) puuduvad enamikel juhtudel koordinaadid, mistõttu tuleb nende positioneerimiseks lisaks koordinaatidele kasutada sündmuste geokodeeritud aadresse. Geokodeerimiseks nimetatakse objektile (antud juhul päästesündmusele) aadressi põhjal tema koordinaatide määramist. (Kask, 2015)

Sündmuste aadressid on esitatud mitmel erineval viisil, kuid väga paljudel sündmustel on aadressid määratud ebatäpselt. Tihti puudub tänava nimetuse juures majanumber, antud on ainult asustusüksus (linn, alevik, küla), kuid on ka selliseid, kus saab usaldada ainult omavalitsust (linn, vald). See vähendab geokodeerimise täpsust ja seetõttu tuleb ka osa sündmusi kustutada, kuna enam-vähem täpset asukohta ei õnnestu tuvastada. Täiesti kasutamiskõlbmatute sündmuste osakaalu suurusjärk on ca 20%. (Kask, 2015).

Geokodeerimise protsessiks on vajalikud kaks koostisosa – aadressandmed ja geolokaator. Aadressandmetena kasutatakse Maa-ameti poolt genereeritud Eesti aadressandmete süsteemi (ADS). Seal kasutatakse erineval aadressitasemel andmeid – majapunktid, liikluspinnad (tänavad), talud, väikekohad (aiandusühistud), omavalitsused, asustusüksused. Aadressandmeid on võimalik Maa-ameti kodulehel tasuta alla laadida, neid on Eestis suurusjärgus 2 miljonit. Geolokaator on vahend (arvutiprogramm), mis võimaldab aadressidele koordinaate määrata. Geolokaatorid moodustatakse, kasutades Esri lokaatorite stiile (majade stiil, asustusüksuste stiil). Kuna aadresse on esitatud mitmel viisil, tuleb moodustada mitu erinevate tasemete ja võimalustega geolokaatorit ja neid omavahel kombineerida. Kokku on suhteliselt õigete koordinaatidega sündmusi 40671 (tulekahjusid 27453, hoonetulekahjusid 6412, liiklusõnnetusi 6249 ja õnnetusi veekogudel 557). (Kask, 2015)

Üheks erinevuseks Soomes kasutusel olevast meetodist ei ole käesoleva töö valimis hõlmatud statistikat elamispindade pindala kohta, kuna Eestis puudub neid käsitlev piisavalt põhjalik andmestik. Käesoleva töö maht ja ebapiisavad sisendandmed seavad piirangud ka nende järgmiste oluliste tegurite arvestamisel valimis – demograafilised tegurid nagu näiteks elanikkonna vanus ja elatustase, elamufondi eripärasid käsitlevad faktorid nagu näiteks ehitiste valdavad liigid, nendes kasutusel olevad kütteviisid ning ehitiste vanus, peamine ehitusmaterjal jne, mistõttu neid faktoreid ei ole arvestatud riskiruuude moodustamisel.

2.2.Riskiruuude analüüsimise meetoodika

Riskiruuude moodustamise ja nende analüüsi esimeseks etapiks on Eesti territooriumi jagamine ruutudeks ruudukülje pikkusega 1 km. Järgmisena sisestatakse ruutudesse andmed elanike jaotuse kohta ruutudesse jääval alal. Elanike paigutus ruudustikus visualiseeritakse *ArcGIS Desktop* programmi abil ning statistilise analüüsi käigus järjestatakse elanikud asustustiheduse järgi. Elanikud klassifitseeritakse Soome 2003.aastal kasutuses olnud elanike asustustiheduse järgi. Seejärel sisestatakse ruutudesse andmed ruudu territooriumile jääval alal ajavahemikul 2009. kuni 2014. aastal toimunud päästesündmuste kohta. Päästesündmuste toimumine visualiseeritakse analoogselt *ArcGIS Desktop* programmi abil ning statistilise analüüsi käigus järjestatakse riskiruuudud seal paiknevate päästesündmuste järgi.

Korrelatsiooni 2009. kuni 2014 toimunud päästesündmuste ja elanikkonna asustustiheduse vahel määratakse riskiruuude ja asustusüksuste põhiselt, kasutades Spearmani astakorrelatsiooni ja *ArcGIS*-is lineaarse regressiooni OLS (*Ordinary Least Squares*) valemit, mille abil selgub, kas nende kahe faktori vahel on seos. Lisaks korrelatsiooni abile võrreldakse visuaalselt *ArcGIS Desktop* programmi vahendusel riskiruuudes elanikkonna ja toimunud päästesündmuste kattumist. Elanike asustustiheduse ning päästesündmuste arvu järjestamine toimub järgnevalt: kõige suurema elanike arvu ning päästesündmuste arvuga riskiruuudule antakse tinglikult väärtuseks kokku 100 %. Kõige väiksema elanike arvu ning päästesündmuste arvuga riskiruuudule antakse tinglikult väärtuseks kokku 0 protsenti. Seejärel arvutatakse välja iga konkreetse riskiruuudus paiknevate elanike arv võrdluses riskiruuuduga, milles on

elanike arv kõige suurem. Analoogselt toimitakse päästesündmuste pingerea kindlaksmääramisel. Kuna erialases kirjanduses omistatakse päästesündmuste arvule suuremat tähtsust kui elanike arvule, siis on käesolevas töös antud elanike arvule osakaaluks 30 protsenti ja päästesündmuste arvule osakaaluks 70 protsenti.

Käesolevas lõputöös kasutatakse kvantitatiivset ja ruumilist uurimisanalüüsi meetodit.

3. RISKIRUUTUDE ANALÜÜS

Riskiruumide analüüsi peatükk sisaldab uurimistööd, mille ettevalmistatud andmete valimis on 45668 ruumiühikut, suurusega 1x1 ruutkilomeetrit, mis katavad kogu Eestimaad. Töö autor on kasutanud andmete analüüsimiseks *Arcgis 10.3 Desktop*, *IBM SPSS Statistics 19* ja *Microsoft Office Excel 2013* programme.

3.1. Elanike jaotumine ruutudes, visualiseerimine *ArcGIS Desktop* programmis ja järjestamine elanike arvu järgi

Kaartide visuaalne pool on koostatud *Arcgis 10.3 Desktop* programmi abil. Eelnevalt oli lõputöö autoril võimalus kasutada Alphagis OÜ poolt koostatud valimit, mille koostamist on kirjeldatud 2.1. alapeatükis. Elanike 2011. aasta rahvaloenduse järgi oli Eestis 1294455 inimest, kes paiknesid 20 708-s 1x1 km suurustes ruutudes. Üle poole ruutudest, ca 54,7 %, on elanike poolt Eestis hõivamata, selliseid ruute oli arvult 24 960. Kümme suurema tihedusastusega tulevast riskiruumi jäid vahemikku 15 805 kuni 9958 inimest ruudu kohta.

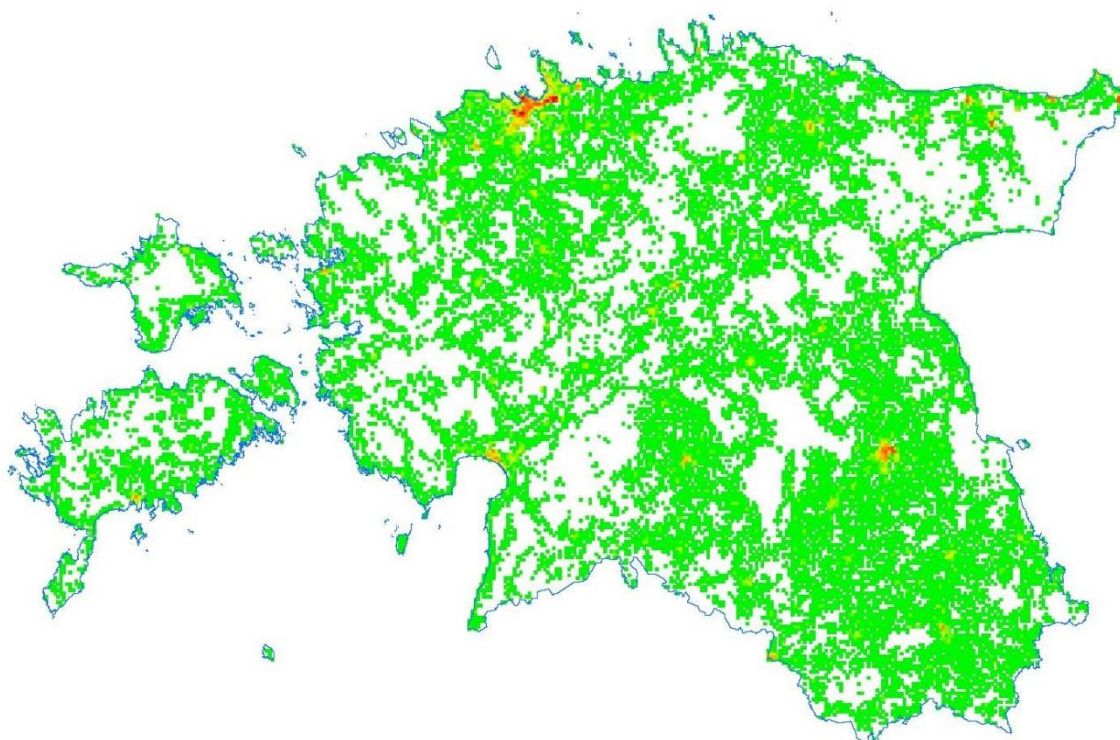


Joonis 1. Kümme suurema ja väiksema elanike tihedusastusega omavalitsust (autori koostatud)

Joonisel 1 on välja toodud kümme suurema ja väikesema tihedusastusega omavalitsust. Rahvastikuruut kuulub mingisse omavalitsusse, kui tema tsentroid kuulub

sinna. Järgneval joonisel ei ole rahvaarvud päris kooskõlas omavalitsuste ametlike rahvaarvudega, seda tänu ruutudele, mis asuvad omavalitsuste piiridel. Sel juhul määratakse antud analüüsis kõik selle ruudu elanikud ühte omavalitsusse.

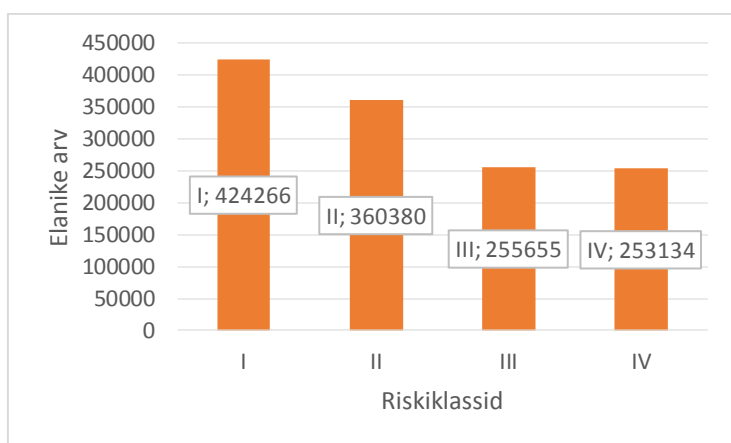
Joonisel 2 on kujutatud elanikkonna paiknemist Eestis, värvispektriga punasest roheliseni, kus punase puhul on elanikkonna asustustihedus suurem. Valgetel laikudel elanikud puuduvad.



Joonis 2. Kogu Eesti elanikkonna asustustiheduse visualiseerimine *ArcGIS Desktop* programmiga. Tihedus langeb punasest värvispektrist roheliseni (autori koostatud)

Järgmisena on jaotatud Soome 2003. a juhendi järgi inimeste arvu arvestades riskiruudud nelja riskiklassi. Kuna 1 x 1 km mõõduga riskiruut on 2003. a juhendis 250 x 250 m mõõtudega riskiruudust 16 korda suurem, siis on elanike näidud korrutatud vastavalt 16-ga. Loomulikult ei vasta see üks-ühele Soomes kasutuses olnud mudelile, kuna seal piisas riskiala moodustamisest kümne riskiruudu vähemalt ühe külje puutumisest, et moodustada vastav riskiala. Seetõttu tekib Eestis esimese kolme riskiklassi ruute vähem. Eestis on 1 x 1 riskiruudu puhul riskiklassis elanike arv (n) järgmine: esimene riskiklass - $n > 4000$; teine riskiklass - $960 < n \leq 4000$; kolmas

riskiklass $160 < n \leq 960$; ja neljas riskiklass $n \leq 159$. Vastava jaotuse puhul saame, nagu jooniselt 3 on näha, esimese riskiklassi 58 riskiruutu 424 266 elanikuga, teise riskiklassi 186 riskiruutu 360 380 elanikuga, kolmandasse riskiklassi 676 riskiruutu 255 655 elanikuga ja neljandasse riskiklassi 44 748 riskiruutu 253 134 elanikuga. Kogu riskiruutude kogumist moodustab esimene riskiklass 0,12 %, teine 0,4 %, kolmas 1,48 % ja neljas riskiklass 98 %. Lisa 1-lt, riskiklassid Soomes 2003.aasta juhendi järgi (elanikud), on hästi näha, kuidas kogu Eestis IV riskiklass domineerib.

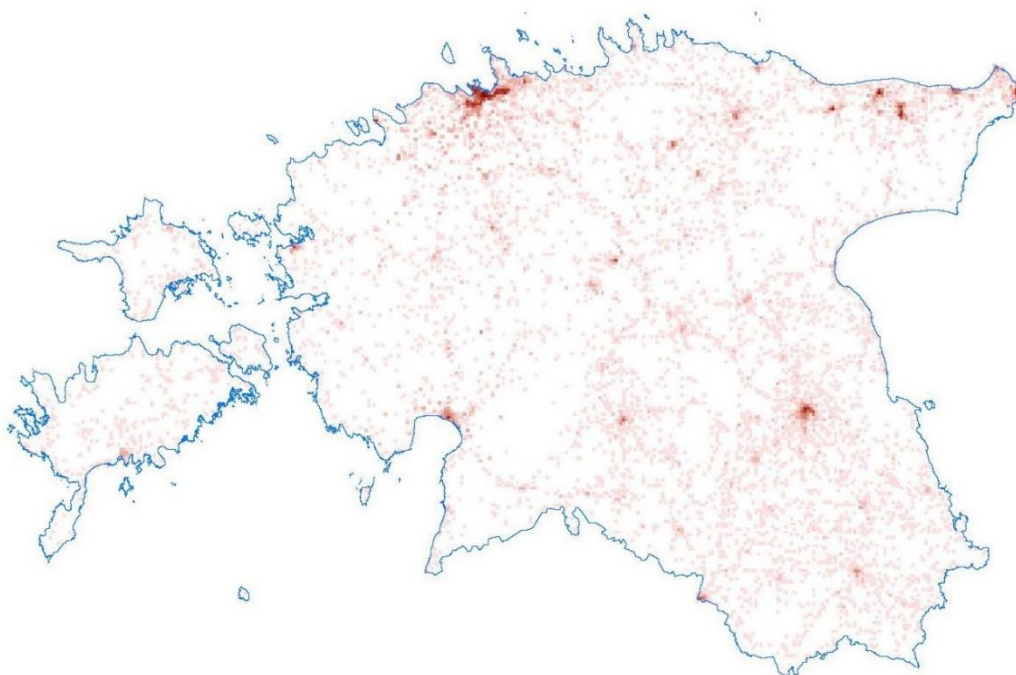


Joonis 3. Neljas riskiklassis paiknevate elanike arv Eesti territooriumil (autori koostatud)

3.2. Päästesündmuste jaotumine ruutudes, visualiseerimine *ArcGIS Desktop* programmis ja järjestamine sündmuste arvu järgi

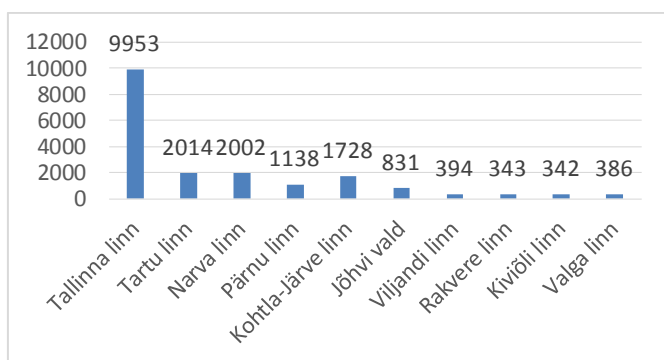
Sündmuste tabelitest on vaatluse alla võetud tulekahjud, hoonetulekahjud, liiklusõnnetused ja õnnetused veekogudel. Lähemalt on valimi moodustamise põhimõtteid käsitletud 2.1 alapeatükis. Valimis on kokku 6562 toimunud päästesündmusega riskiruutu, mis moodustab kogu Eesti katva 45668-st ruudustikust ca 14,4 protsenti, mida on elanikkonna kattuvusega 3,8 korda vähem. Joonisel 4 on kujutatud Eestis päästesündmuste paiknemine ruudustikes. Värvikodeeringu järgi punased ruudud on kõige suurema esinemissagedusega päästesündmused ja mida heledam ruut, seda väiksem on päästesündmuste arv ruudus. Valimis kümme suurima päästesündmuste esinemissagedusega päästepiirkonda kuue aasta kestel olid järgmised (sulgudes on koht sageduse järgi): Tallinnas Kesklinna PK 462 (1), 318 (4), 296 (5), 246 (8); Kopli PK 266 (6); Lasnamäe PK 215 (10); Narva PK 339 (2), 262 (7); Kohtla-

Järve PK 325 (3) ja Tartu PK 224 (9). Eespool nimetatud ruudud jäid kõik päästekomandode 5 minuti ajatsooni sisse.



Joonis 4. 40671 päästesündmuse paiknemine ruudustikus (autori koostatud)

Omavalitustest leiab Tallinna linnas aset valimis peaaegu neljandik päästesündmuseid. Joonisel 5 selgub, et Tallinnas on toimunud 2009.- 2014. aastal valimis olevatest päästesündmustest peaaegu neljandik, ehk 24,5 protsenti. Samuti on võimalik jälgida joonis 6 ja lisa 2 alusel päästesündmuste jaotumist Tallinna lähistel aastatel 2009. kuni 2014. aastal.



Joonis 5. Eestis aastatel 2009.-2014. kümme suurema päästesündmuse arvuga omavalitsust (autori koostatud)

Soome 2003. a juhendi järgi jälgitakse teeliikluse osas õnnetuste tõenäosust kilomeetri kohta aastas ja riskiala määratakse otse selle alusel. Eesti oludes oleksid riskialad järgmised: I riskiala (t – liiklusavariid) - $t > 6$, II riskiala - $3 < t \leq 6$, III riskiala $0,6 < t \leq 3$ liiklusavariid aastas. IV riskiala moodustub, kui riskiala ei vasta esimese, teise ega ka kolmanda riskiala nõuetele. Lisa 3 näitab, kuidas jaotuvad Eestis liiklusõnnetuste riskiklassid. I riskiklass on kuvatud punase, II kollase, III roheline ja IV valge värviga. Lisast 3 on näha, et I riskiklass paikneb enamasti linnades ja selle ümbruses. Maanteedel domineerib III riskiruu riskialana.



Joonis 6. Päästesündmused Tallinna linna lähistel aastal 2009. kuni 2014. aastal. Skaala on järgmine: valgetes ruutudes on 0-4, rohelistes ruutudes 5-20, kollastes ruutudes 21-100 ja punastes ruutudes üle saja päästesündmust (autori koostatud)

3.3. Elanike arvu ja toimunud päästesündmuste korrelatiivse seose leidmine

Järgnevalt tuuakse lõputöös välja kahe faktori, so elanike arvu ja toimunud päästesündmuste omavaheline seos. Selle ülesande lahendamiseks on käesoleva alapeatüki esimeses osas vaatluse alla võetud elanikkonna asustustihedus ja toimunud päästesündmuste arv aastas riskiruu kohta. Selleks on soomlaste 2010. aasta uurimusega sarnaselt (Tillander, et al., 2010, lk. 26) riskiruu jaotatud elanike asustustiheduse järgi üheteistkümmesse klassi. Tabelist 1 on näha, et riskiruuades kasvab päästesündmuste arv elanike arvu suurenemisega. Samasugusele järeldusele

tulid ka soomlased oma töös (Tillander, et al., 2010, lk. 25). Tabelist 1 selgub, et viimases üle tuhande inimesega riskiruuu klassis tõuseb päästesündmuste esinemissagedus väga suurel määral. Antud klassi 235 riskiruuu moodustab kogu valimi 20565 riskiruuu ainult 1,1 protsenti, samas leidis selles rahvarohkeimas riskiruuude klassis aset 46,7 protsenti kõigist 2009. kuni 2014. aastal toimunud kiiremat sekkumist nõudvatest päästesündmustest. Tabeli 1 tulemused näitavad kahe faktori, so elanike arvu ja toimunud päästesündmuste omavahelist seost. Mida suurem on riskiruuus paiknevate elanike arv, seda suurem on päästesündmuste esinemissagedus.

Lisa 4 on tulpdiaagrammina välja toodud Soomes 2005. kuni 2008. aastal ja Eestis 2011. kuni 2014. aastal toimunud kiiremat sekkumist vajavate päästesündmuste esinemissagedused. Nendel diagrammidel on selgelt näha elanikkonna asustustiheduse ja toimunud päästesündmuste omavaheline seos. Lisa 4 joonistel Soome ja Eesti andmeid võrreldes selgub, et kui muudes riskiruuude klassides on andmed üldjoontes samades suurusjärgudes, siis oluline, st 3,2-kordne erinevus ilmneb kõige suurema asustustihedusega, so 1001 ja enam elanikuga riskiruuude klassis.

Tabel 1. 2011.-2014. aastal toimunud päästesündmuste ja elanikkonna asustustiheduse omavaheline seos (autori koostatud)

Inimeste arv riskiruuus	Päästesündmuste arv aastas riskiruuu kohta	Päästesündmuste arv klassis	Riskiruuude arv
1-9	0,1	4143	12896
10-20	0,13	3138	4008
21-30	0,22	1423	1069
31-40	0,26	823	525
41-50	0,29	547	312
51-60	0,43	546	211
61-250	0,66	4010	1009
251-500	1,75	2650	121
501-750	2,8	2036	121
751-1000	3,87	1348	58
1001-	12,84	18102	235

Elanike arvu ja päästesündmuste omavahelise korrelatiivse seose leidmiseks on järgnevalt välja toodud erinevates gruppides faktorite Pearsoni

korrelatsioonikoefitsiendid ja Spearmani astakorrelatsiooni koefitsiendid. Teades 1.2. alapeatükis käsitletud muudetavate pindüksuste probleemi, võivad tulemused analüüsimisel olla väga erinevad. Kui jälgida tabelist 2 Spearmani korrelatsioonikoefitsiendi r erinevate suurustega pindüksuste koefitsiente, mis mõõdab monotoonse seose tugevust, on pindüksuste gruppidel - riskiruumid ja omavalitsused - seosed elanikkonna arvu ja päästesündmuste vahel väga erinevad. Korrelatsioonikoefitsient on vastavalt $r = 0,439$ ja $r = 0,912$, mis näitab, et omavalitsuste grupil on väga tugev seos elanikkonna arvu ja päästesündmuste vahel, küll aga riskiruumide grupil on see seos nõrk. Pearsoni korrelatsioonikoefitsient, mõõtes lineaarse seose tugevust, näitab tabelis 2 vaadeldavate faktorite koefitsiendi tulemust, mis jääb enamjaolt kõrgemale kui $r = 80$.

Tabel 2. Faktorite omavaheliste seoste leidmine erinevates üksustes, arvutamisel kasutatud *IBM SPSS Statistics* 19 programmi, olulisuse nivoo 0,01 (autori koostatud)

Vaadeldavad grupid ja faktorid	Korrelatsioon	Korrelatsiooni-koefitsient
1x1 km riskiruumid Rahvaarv ja sündmused	Pearson	0,830
	Spearman	0,439
1x1 km riskiruumid Rahvaarv ja tulekahjud	Pearson	0,816
	Spearman	0,378
1x1 km riskiruumid Rahvaarv ja hoonetulekahjud	Pearson	0,823
	Spearman	0,309
1x1 km riskiruumid Rahvaarv ja liiklusavariid	Pearson	0,516
	Spearman	0,293
1x1 km riskiruumid Rahvaarv ja õnnetused veekogul	Pearson	0,192
	Spearman	0,109
Omavalitsused Rahvaarv ja sündmused	Pearson	0,990
	Spearman	0,912
Omavalitsuste 5 minuti tsoon Rahvaarv ja sündmused	Pearson	0,995
	Spearman	0,972
Omavalitsuste 10 minuti tsoon Rahvaarv ja sündmused	Pearson	0,993
	Spearman	0,967
Omavalitsuste 15 minuti tsoon Rahvaarv ja sündmused	Pearson	0,991
	Spearman	0,959

Riskiruumide vaadeldavate faktorite juures: rahvaarv ja liiklusõnnetused ning rahvaarv ja õnnetused veekogul, on vastav koefitsient väga madal. Seda saab põhjendada asjaoluga, et paljud liiklusõnnetused juhtuvad maanteedel, kus elanikkonna asustustihedus võib olla madal ning veekogudel juhtuvate õnnetuste korral on põhjus sama. Viimase puhul on Pearsoni ja Spearmani korrelatsioonikoefitsient vastavalt $r = 0,192$ ja $r = 0,109$. Omavalitsuste grupi tulemuste puhul võib öelda, et päästekomandod paiknevad tihedalt asustatud elanikkonna läheduses, sest mida pikemaks läheb ajatsoon, seda väiksemaks korrelatsioonikoefitsient ja omakorda mida lühemaks muutub ajatsoon, seda suuremaks faktorite omavaheline seos.

Kasutades *ArcGIS Desktop* keskkonnas ruumiliste andmete töötlemisel lineaarse regressiooni OLS (*Ordinary Least Squares*) valemit ja arvestades neid ruute valimis, millel on toimunud päästesündmused, siis on päästesündmuste ja elanike arvu $R^2 = 0,68$ ja regressioonivalem järgmine:

$$y = 0,0203 x + 2,67 \quad (5)$$

kus y on sündmuste arvu ruudus ja x on elanike arv ruudus.

Kui võtta arvesse ainult ruudud, milles on elanikke rohkem kui 0, siis $R^2 = 0,69$ ja valem on järgmine:

$$y = 0,0208x + 0,57 \quad (6)$$

Kui võtta arvesse kõik ruudud, siis $R^2 = 0,69$ ja valem on:

$$y = 0,0209 x + 0,30 \quad (7)$$

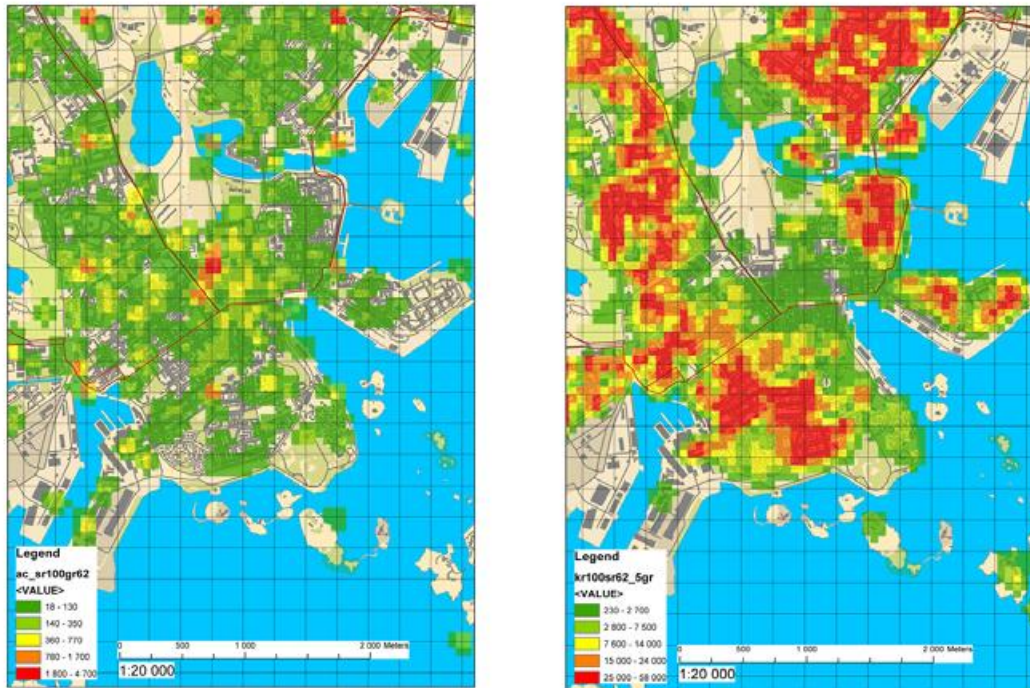
Valemities (6) ja (7) on y ja x tähendus sama, mis valemis (5).

Käesoleva lõputöö autor leiab, et valemities (4) – (6) on riskiruumide tõenäosuse arvutamiseks parim valem (5), kuna siis jäävad sood ja rabad ning teised elaniketa maad regressioonivõrrandi koostamisel välja.

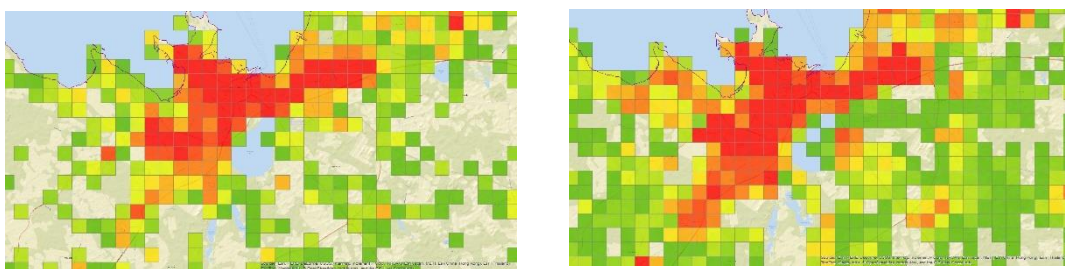
3.4. Elanike arvu ja päästesündmuste liitmine riskiruumidesse

Valimis on kokku 21584 elanike paiknemisega või toimunud päästesündmusega riskiruumi, mis moodustab kogu Eesti katva 45668-st ruudustikust ca 42,3 protsenti. *ArcGIS Desktop* programmi abil saab luua esitluse elanikkonna asustus- ja toimunud päästesündmuste esinemistihedusest ja võrrelda neid kahte faktorit omavahel. 2005.

aastal läbiviidud uuringus leidsid soomlased (joonis 7), et elanike asustustiheduse ja toimunud päästesündmuste vahel ei ole nii tugevat seost, kui arvati (Krisp, et al., 2005). Elanikkonna asustustihedus ja 2009.-2014. aastal toimunud päästesündmuste esinemistihedus on kujutatud joonisel 8 ja lisas 5. Kaart on mõõtkavas 1:100 000.



Joonis 7. Elanike asustustihedus (vasakul pool) ja päästesündmuste esinemistihedus (paremal pool) Helsingis (Krisp, et al., 2005)



Joonis 8. Elanike asustustihedus (vasakul pool) ja päästesündmuste tihedus (paremal pool) Tallinna ümbruses (autori koostatud)

Joonis 8 näitab Tallinna ja selle ümbruse asustustihedust ja päästesündmuste tihedust värvikodeeringus rohelisest, mis näitab madalat tihedust kuni kollase, roosa ja punaseni, mis tähendab kõrget tihedust. Linnade puhul annaks parema ülevaate 250 x 250 m küljepikkusega riskiruumides paiknevate faktorite visualiseerimine. Jooniste 7 ja 8

esitlust võrreldes saab öelda, et Tallinnas ja selle ümbruses on palju rohkem omavahel kattuvaid kõrge asustustihedusega ja kõrge päästesündmuste tihedusega piirkondi, kui Helsingi kaartidel. Helsingi riskiruudud on suurusega 250 x 250 meetrit.

Käesoleva lõputöö neljandaks uurimisülesandeks on elanike arvu ja päästesündmuste liitmine riskiruutu. Konkreetset metoodikat antud faktorite liitmise kohta käesoleva töö autor ei leidnud. Erinevaid faktoreid on uurimustöodes küll ühtsesse riski seatud, määraes eelnevalt muutujatele koefitsiendid (Loon, et al., 2008), kuid rahvastiku asustustiheduse ja toimunud päästesündmuste puhul peale visuaalset analüüsi lõputöö autor teaduslikku lähenemist antud probleemile ei kohanud. Erinevate faktorite omavahelise osakaalu määramisel on tuginetud näiteks töögruppides osalenud erinevate ekspertide arvamustele. Käesoleva töö muutujate: rahvastiku asustustiheduse ja 2009.-2014. aastal toimunud päästesündmuste esinemistiheduse osakaalu määramisel, toetus kirjatöö autor enda ja juhendajate arvamusele. Osakaalu suhe rahvaarvu ja toimunud päästesündmuste vahel määrati 30/70. Kuna selle suhte määramisel ei ole tuginetud teaduslikele allikatele, siis antud osakaalu põhjal ei ole antud töös eesmärk analüüsida Eesti Päästeameti päästekomandode paiknevuse efektiivsust ja otstarbekust.

Moodustatud riskiruutude visualiseerimine 3D mõõtmes on kujutatud lisa 6. Lias 7 on Pärnu linna kaardile asetatud neli erinevat kaardikihti. Kõikidel kaartidel on näha must tärn, mis kujutab Pärnu päästekomando asukohta, samuti on kaardile kantud kolm ajatsooni. Ajatsoonid tähistavad seda, kui kaugale kohalikust komandost väljakutsele reageeriv ressurss kindlaks määratud aja jooksul. 5 minuti ajatsoon (st piirkond, kuhu kohalikust komandost startiv ressurss jõuab 5 minuti jooksul) on piiritletud punase, 10 minuti ajatsoon kollase ja 15 minuti ajatsoon sinise piirjoonega. Lisa 8 jooniste värvikodeering on sarnane lisale 6. Parema ülevaate saamiseks on lisa 7 joonistel b ja c elanike asustustihedus ja toimunud päästesündmused välja toodud ka arvuliselt.

Rahvastiku asustustiheduse ja 2009.-2014. aastal toimunud päästesündmuste osakaaluga 30/70 koostatud riskiruudud on kujutatud Eesti kaardil, mis paikneb lisa 8.

4. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

Neljas peatükk sisaldab riskiruumide moodustamise teoreetiliste aluste ja uurimistöö kvantitatiivse analüüsi põhjal tehtud järeldusi ja ettepanekuid.

Käesolevas lõputöös on lähtutud riskiruumide moodustamisel kahest faktorist: elanike arvust ja toimunud päästesündmustest. Riskiruumide moodustamise teoreetiliste aluste koostamisel selgus, et Eestis ei ole varem vastavat uuringut läbi viidud, samuti ei ole nende kahe faktori omavahelisi seoseid täpsemalt uuritud. Lõputöö teemaga seondult tekkis autoril küsimus, kas valimis vaatluse all oleval kahel faktoril on piisavalt usaldusväärset hindamaks ja määramaks päästesündmuste tekkekohtade tõenäosust. Higgins jt (2012) tõid välja oma töös, et eluhoone tulekahju põhjus ei ole kunagi inimene kui olend, isik või riski suurendav argument (kui inimene lihtsalt seisab või lamab, siis ta ei lähe kuumaks, ega süüta midagi), küll aga suurendab tulekahju võimalust tema tegevus (Higgins, et al., 2012, p. 404). Sellest võib järeldada, et inimene oma tegevusega võib olla üheks faktoriks päästesündmuste toimumise määramisel. Käesoleva töö maht seab piirangud uurimaks ja arvestamaks neid inimese tegevusega kaasnevaid olukordi, mis suurendavad võimalust, et inimene suurema tõenäosusega käitub ohtlikumalt või hooletumalt või on olukorras, kus tõenäosus õnnetuse tekkimiseks on suurem. Sellepärast on lõputöös vaatluse alla võetud ainult elanikkonna asustustihedus ja selle faktori usaldusväärset hinnatud korrelatiivse seose määramisega toimunud päästesündmuste suhtes.

Uurimisülesanne 1: Jaotada ja järjestada valimi elanikud arvu järgi ruutudesse ja visualiseerida tulemused ArcGis Desktop programmi abil

Käesolevas töös jaotati Eestis elanikud riskiruumidesse ja Soome 2003. a. juhendi järgi omakorda riskiklassidesse (vt lisa 1). Esimesed kolm riskiklassi moodustasid kogu Eestit katvast riskiruumide võrgustikust ainult 2 % ja viimane neljas riskiklass 98 %. Lähtuvalt eelnevalt viidatud tulemusest otsustas töö autor Soome 2003. a juhendis elanike arvu järgi koostatud riskiklasse riskiruumide moodustamisel mitte kasutada. Soomes on elanike arv oluliselt erinevalt paigutatunud ruutudesse, kui Eestis. Esimese

uurimisülesandena ruutudesse jaotatud elanikke rakendati visuaalses analüüsis ja riskiruuude riskitaseme määramisel. Sellega täideti käesolevas töös uurimisülesanne nr 1.

Uurimisülesanne 2: jaotada ja järjestada valimis päästesündmused ruutudesse ja visualiseerida tulemused *ArcGis Desktop* programmi abil

Käesolevas töös järjestati liiklusavariid Soome 2003. a juhendi järgi. Tulemuseks oli maanteede peal 3. riskiklassi domineerimine. Selle järgi on Soomes ette nähtud päästjate kohalesaabumine 30 minuti pärast, mistõttu antud reegli rakendamine tekitaks Eestis juurde palju inimohvreid ja vastavat riskiruuude klassifitseerimist ei ole Eestis mõistlik kohaldada.

Valimis olnud päästesündmuste visualiseerimine ja statistika näitas, et enamus õnnetusi juhtub linnades, kusjuures Tallinnas lausa 24,5 protsenti kogu Eestis toimunud päästesündmustest. Tabel 1 andmete kohaselt moodustavad riskiruuud, kus on elanikkonna asustustihedus üle 1001 inimese ruudu kohta 46,7 % kõigist 2009. kuni 2014. aastal toimunud kiiremat sekkumist nõudvatest päästesündmustest. Tähelepanuväärne on see, et nii suure asustustihedusega riskiruuud moodustavad ainult 1,1 % kogu Eestis olevatest riskiruuudest. Eelpool väljatoodud statistika põhjal võib järeldada, et elanike arv riskiruuudus on seotud päästesündmuste arvuga.

Uurimisülesanne 3: leida korrelatiivne seos elanike arvu ja toimunud päästesündmuste vahel

Uurimistöös selgus, et Pearsoni korrelatsioonikoefitsient elanike arvu ja päästesündmuste vahel on kõrgem kui $r = 80$. Demograafilised muutused on olulised komandovõrgustiku planeerimisel (Päästeamet, 2014) ja elanikkonna ümberpaiknemine on tõsiasi, mistõttu käesolevas töös püstitatud uurimisülesannete raames, arvestades kahe faktori korrelatiivse seose olemasolu, on koostatud regressioonivalem (valem (5)), mille abil on võimalik hinnata elanikkonna ümberpaiknemisega kaasnevaid riske.

Uurimisülesanne 4: moodustada elanike arvu ja toimunud päästesündmuste alusel riskiruuud *ArcGis Desktop* programmi abil

Kõrvutades *ArcGis Desktop* programmi abil koostatud elanikkonna asustustiheduse ja päästesündmustega kaardikihte ning võrreldes koostatud riskiruuude elanike arvu ja

päästesündmuste osakaaluga 30/70, on võimalik tuvastada nn „kuumad kohad“, mis on potentsiaalsed tulevaste päästesündmuste toimumispaigaks. Teades riskide paiknemist, on Päästeametil võimalik suunata ja planeerida oma ressursse ning tegevusi vastavalt vajadusele.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli selgitada välja, millised piirkonnad Eestis on suurema tõenäosusega päästesündmuse tekkekohaks, arvestades ajavahemikul 2009. kuni 2014. aastal toimunud päästesündmusi ja elanike paiknemist 2011. aastal toimunud rahvaloenduse alusel. Uurimistöö tulemusena moodustati riskiruumid, mida visualiseeriti *ArcGIS Desktop* programmi abil. Selgitati välja elanike arvu ja toimunud päästesündmuste korrelatiivse seose olemasolu. Valimis oleva kahe faktori vahel leiti tugev lineaarne seos, mis väljendus Pearsoni korrelatsioonikoefitsiendi tulemuses, mis jäi enamjaolt kõrgemale kui $r = 80$. Lisaks valimi statistilisele analüüsile kasutati vaadeldavate faktorite omavahelise seose ja riskipiirkonna kindlakstegemiseks ruumilist uurimisanalüüsi meetodit. *ArcGIS Desktop* programm võimaldas visuaalselt tuvastada korrelatsiooni olemasolu elanike arvu ja toimunud päästesündmuste vahel.

Käsitletud muudetavate pindüksuste probleemi puhul leidis kinnitust, et tulemused võivad analüüsimisel olla väga erinevad. Suurendades analüüsitavat pindüksust, muutus nii vaadeldavate faktorite omavahelise lineaarse kui ka monotoonse seose tugevus, tuues välja mõõtkava probleemi ja andmete täpsuse olulisuse. Käesolevas lõputöös leiti, et mida suurem on vaadeldav pindüksus, seda tugevam on korrelatiivne suhe elanike arvu ja toimunud päästesündmuste vahel.

Elanike arvu ja toimunud päästesündmuste seose olemasolu puhul modelleeriti uurimistöös regressioonianalüüsi kaasabil arvutusvalem, mille eesmärgiks oli elanike arvu järgi ennustada päästesündmusi. Uurimise tulemusena selgus, et mida suurem on riskiruumid elanike asustustihedus, seda suurem on päästesündmuste esinemissagedus aastast riskiruumi kohta.

Elanike arvu ja päästesündmuste liitmine riskiruumidesse, selgitamaks välja, millised piirkonnad Eestis on suurema tõenäosusega päästesündmuse tekkekohaks, määratleti visuaalselt ruumilise uurimisanalüüsi meetodit kasutades ning elanike arvu ja toimunud

päästesündmuste osakaalu 30/70 arvestades. Kokkuvõttes väljatoodud tulemusi arvestades leiab autor, et lõputöö eesmärk on täidetud.

SUMMARY

This thesis is written on the subject "Formation of the risk squares based on the rescue events and population data using ArcGIS Desktop programme". Thesis consists of 38 pages, including 10 pages of notes and two tables. While this thesis is written in Estonian, the summary is in English. This thesis is a compilation of 25 sources, of which 14 were Estonian and 11 from foreign languages.

Purpose of this thesis is to find out in which regions in Estonia rescue events are most likely to take place, taken into account actual rescue events that occurred from 2009 to 2014 and population data according to the results of the census in 2011. As a result of this research risk squares were created based on two factors - population data and occurred rescue events, which could be used in the future by Rescue Service for example for assessing the effectivity and expedience of the allocation rescue units.

In the first chapter overview of the risk squares that are used in Finland to assess risks is presented, also principles of their formation. In addition the risk classes, allocation of the risk areas, analysis of the risk squares and modifiable areal unit problem are examined. The second chapter describes the principles of the described selection and methodology of the analysis of the risk squares. In the third chapter overview of the formation of the risk squares and the correlation of the the selection is presented. In the fourth chapter the conclusions are made and propositions are given on the theoretical work and research.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

Alphagis OÜ, 2014. *Vabatahtlike organisatsioonide päästekomandode teenusepõhine paigutusanalüüs. Teostatud tööde dokumentatsioon*, Tallinn: s.n.

Ervin, D., 2014. *Maup. Advanced spatial analysis.* [Võrgumaterjal]

Available at: <http://gispopsi.org/maup/>

[Kasutatud 02 12 2014].

Higgins, E., Taylor, M. & Francis, H., 2012. A Systemic Approach to Fire Prevention Support. *Systemic Practice and Action Research*, 5(25), pp. 393-406.

Kask, R., 2015. *Geokodeerimine*, Tallinn: s.n.

Krisp, J. M., Virrantaus, K. & Jolma, A., 2005. Using Explorative Spatial Analysis to Improve Fire and Rescue Services. rmt:: O. v. P. & E. M. F. M. E. Zlatanova S., toim-d *Geo-information for Disaster Management*. s.l.:s.n., pp. 1283-1296.

Lehtonen, J., 2006. *Pelastustoimi alueellisessa kehittämisessä.*, Helsingin: Helsingin Yliopisto Maantieteen laitos.

Lonka, H., 1999. *Report on risk assesment procedures used in the field of civil protection and rescue services in different European Union countries and in Norway.*

[Võrgumaterjal]

Available at:

http://ec.europa.eu/echo/files/civil_protection/civil/pdfdocs/riskassfinrep.pdf

[Kasutatud 14 12 2014].

Loon, A. et al., 2008. *Raudteeõnnetuste riskianalüüs.* [Võrgumaterjal]

Leitav: http://www.rescue.ee/vvfiles/0/Raudteeonnetuste_Riskianalyys.pdf

[Kasutatud 09 12 2014].

Martinez, L. M., Viegas, J. M. & Silva, E. A., 2009. *Effects of the modifiable areal unit problem on the delineation of traffic analysis zones*, s.l.: Environment and Planning B: Planning and Design.

Nielsen, J., 1993. *Usability Engineering*. New York: Academic Press.

Nthiwa, A. N., 2011. *Modeling scale and effects of the modifiable areal unit problem on multiple deprivations in Istanbul, Turkey*, Enschede: University of Twente Faculty of Geo-Information and Earth Observation.

- Pomerants, M., 2010. *Arupärimine Simuna päästekomando sulgemise kohta. XI Riigikogu stenogramm. Riigikogu kodulehelt.* [Võrgumaterjal]
Leitav: www.riigikogu.ee/?op=steno&stcommand=stenogramm&date=1266235500
[Kasutatud 01 03 2015].
- Päästeamet, 2014. *Päästeamet. Organisatsioon. Strateegia.* [Võrgumaterjal]
Leitav: <http://www.päästeamet.ee/dotAsset/e57e351f-b290-4b49-a528-08081cc213d3.pdf>
[Kasutatud 14 01 2015].
- Remm, K., Remm, J. & Kaasik, A., 2012. *Ruumiliste loodusandmete statistilise analüüsi. Õpik-käsiraamat.*, Tartu: Tartu Ülikooli Ökoloogia ja Maateaduste Instituut.
- Sauga, A., 2005. *Statistika sotsiaalteadustes. Statistika ja õigusteadus.* [Võrgumaterjal]
Leitav: http://www.sauga.pri.ee/audentes/download/jur_konspekt.pdf
[Kasutatud 05 12 2014].
- Siseministerium, 2012. *Valitsmisala arengukava 2013-2016.* [Võrgumaterjal]
Leitav: www.siseministerium.ee/public/Siseturvalisuse_VAAK_2013-2016.rtf
[Kasutatud 01 05 2015].
- Siseministerium, 2014. *Siseturvalisuse arengukava 2015-2020 koostamise ettepanek.*
[Võrgumaterjal]
Leitav: https://valitsus.ee/sites/default/files/content-editors/arengukavad/siseturvalisuse_arengukava_2015-2020_koostamise_ettepanek.pdf
[Kasutatud 05 12 2014].
- Siseministerium, 2015. *Vabariigi Valitsuse koduleht.* [Võrgumaterjal]
Leitav: https://valitsus.ee/sites/default/files/content-editors/arengukavad/siseturvalisuse_arengukava_2015-2020_kodulehele.pdf
[Kasutatud 02 03 2015].
- Sisäasiainministeriö, 2003. *Toimintavalmiusohje.* [Võrgumaterjal]
Available at: <http://www.finlex.fi/data/normit/15851-toimintavalmiusohje.pdf>
[Kasutatud 04 12 2014].
- Sisäasiainministeriö, 2012. *Pelastustoimen toimintavalmiuden suunnitteluohje.*
[Võrgumaterjal]
Available at: <http://www.intermin.fi/julkaisu/212012?docID=33309>
[Kasutatud 06 12 2014].
- Tammearu, K., 2012. Eesmärk on tõsta päästeteenuste kvaliteeti. *Häire 112*, Issue 2.

Tillander, K. & Keski-Rahkonen, O., 2000. *Palokunnan saatavuuden merkitys rakennuksen paloriskitarastelussa.*, Espoo: Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus.

Tillander, K. et al., 2010. *Pelastustoimen riskianalyysimallien.* [Võrgumaterjal]
Available at: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2530.pdf>
[Kasutatud 03 12 2014].

Uemaa, E., 2004. *Maastikuindeksite sõltuvus lähteandmete ruumilisest lahutusest ning indikatsiooniväärtus valglatest toitainete ja orgaaniliste ainete väljakandes. Magistritöö.*, Tartu: Tartu Ülikool.

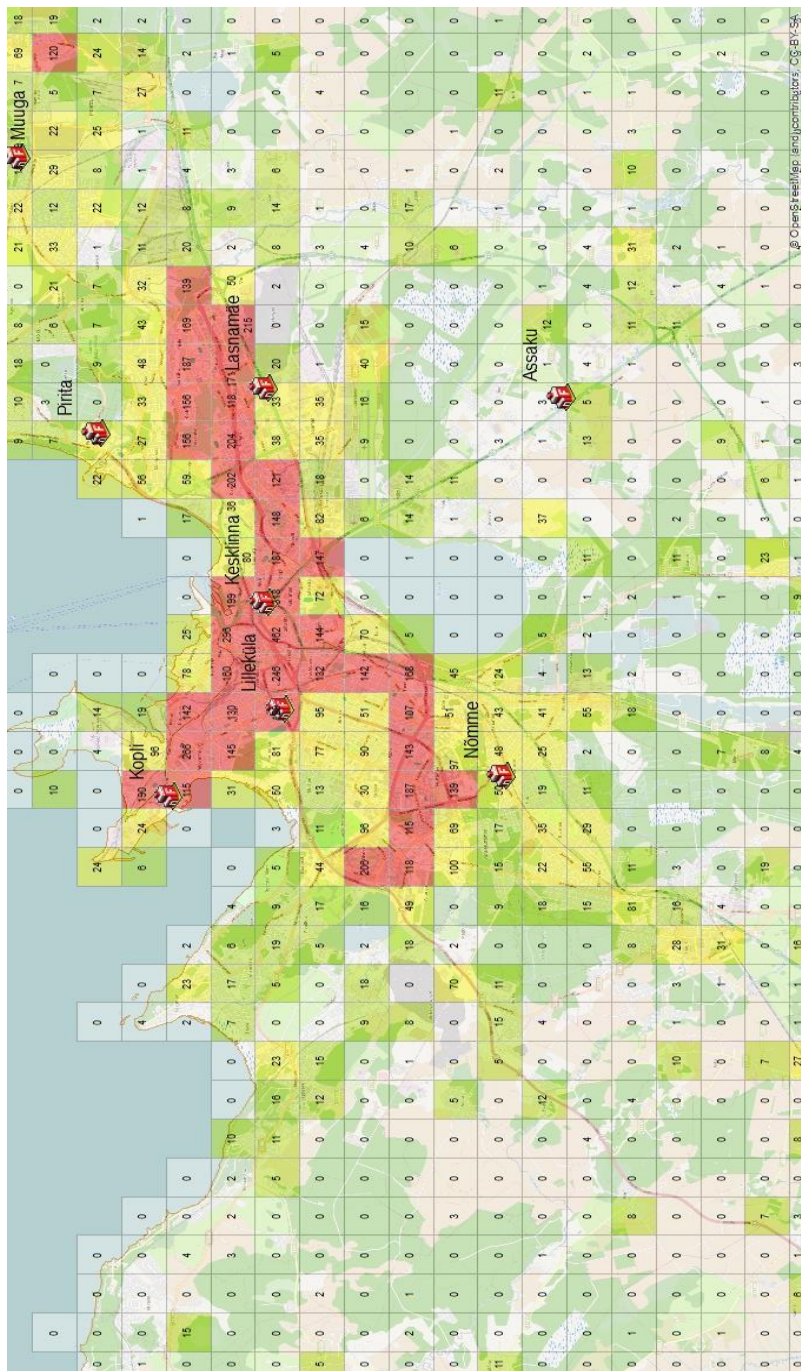
Veelmaa, A., 2008. *Mida uurib statistika? Üldkogum ja valim. Andmete ettevalmistamine.* [Võrgumaterjal]

Leitav:

[http://web.zone.ee/veelmaaallar/sisul/mida_uurib_statistika_ldkogum_ja_valim_andme](http://web.zone.ee/veelmaaallar/sisul/mida_uurib_statistika_ldkogum_ja_valim_andmete_ettevalmistamine.html)
[te_ettevalmistamine.html](http://web.zone.ee/veelmaaallar/sisul/mida_uurib_statistika_ldkogum_ja_valim_andmete_ettevalmistamine.html)

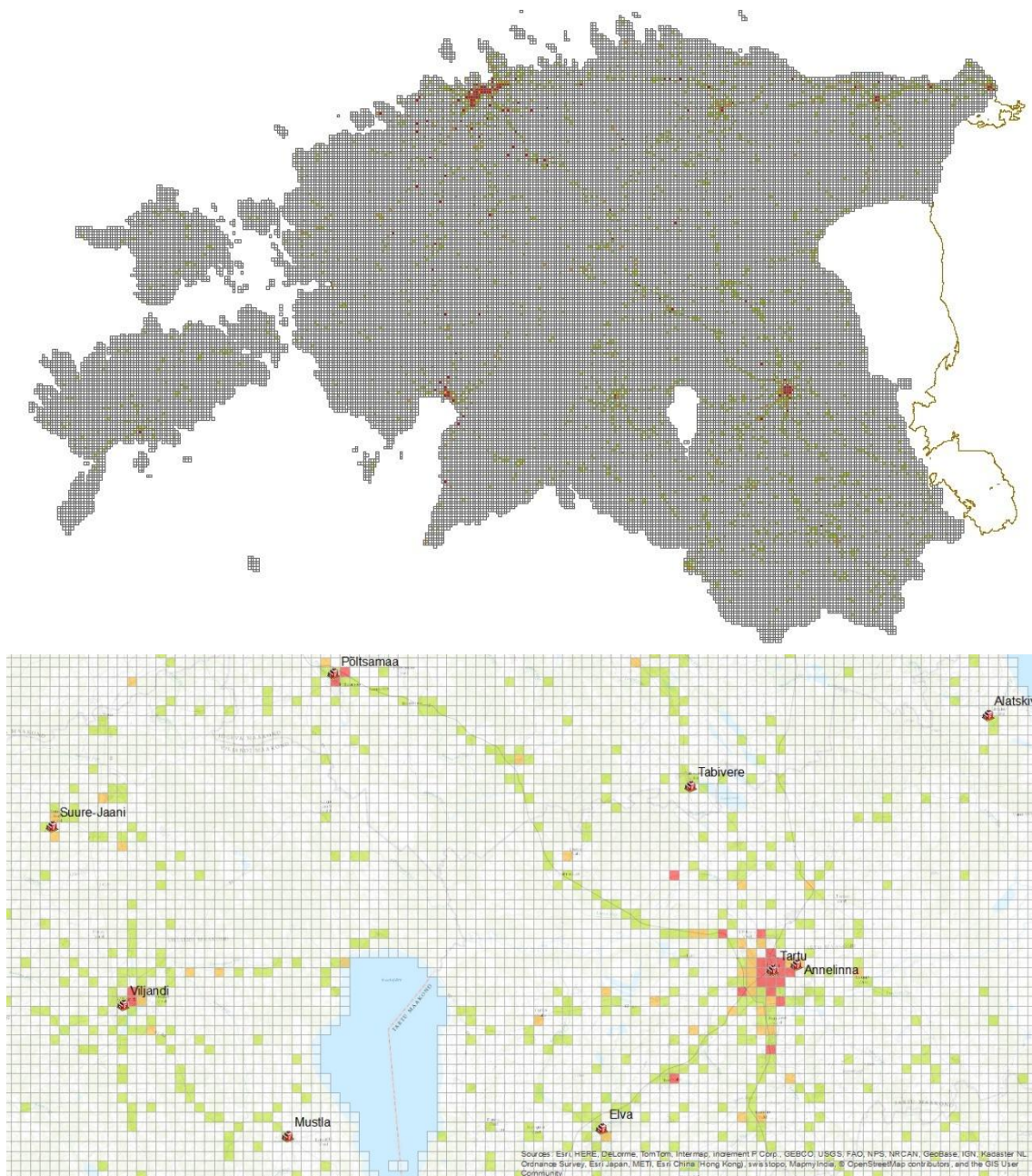
[Kasutatud 25 11 2014].

Lisa 2. Päästesündmuste jaotumine Tallinna linna lähistel 2009. kuni 2014. aastal



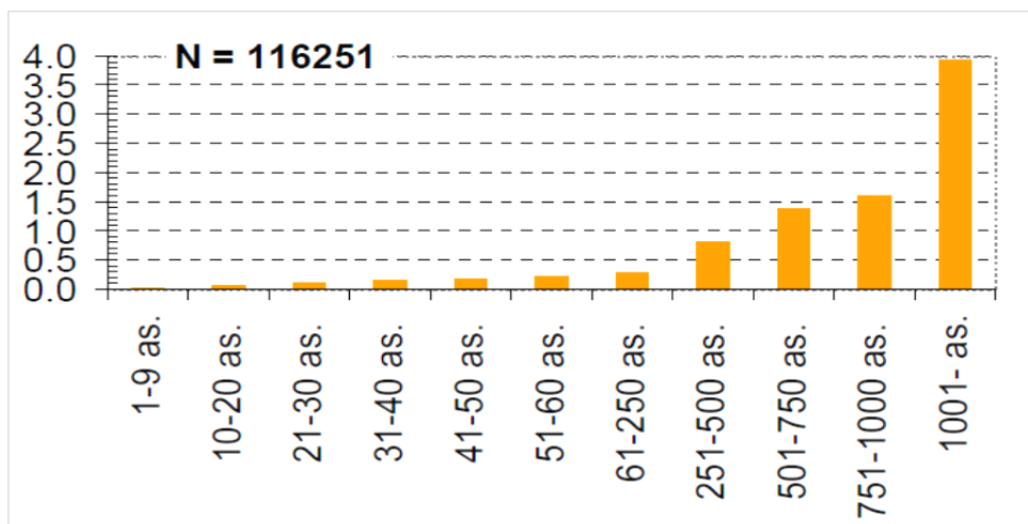
Päästesündmuste jaotumine Tallinna linna lähistel 2009. kuni 2014. a värvispektriga punasest roheliseni, kus punase puhul on päästesündmuste esinemistihedus suurem (autori koostatud)

Lisa 3. Soome 2003. a juhendi järgi koostatud liiklusavarii riskialad



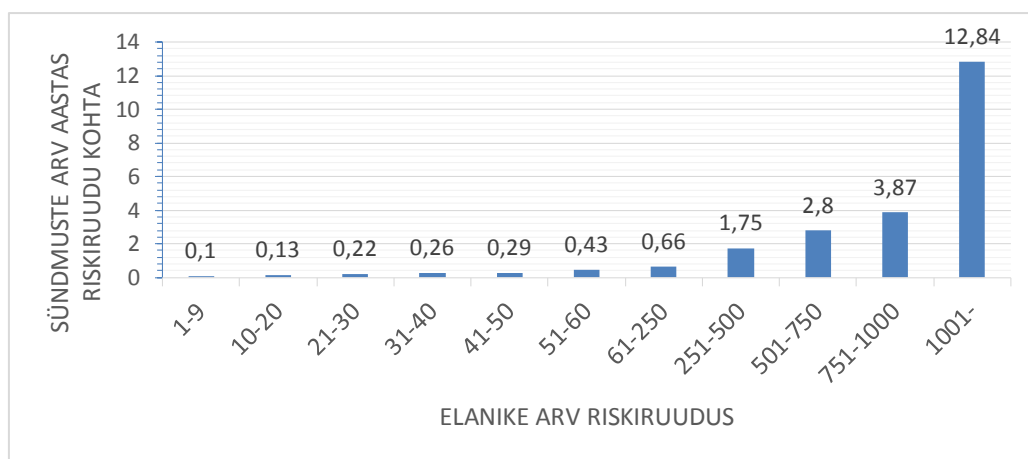
Eestis liiklusõnnetuste riskiklasside jaotus Eestis (ülemine joonis) ja Tartumaal (alumine joonis) Soome 2003. a juhendi järgi. I riskiklass on kuvatud punase, II kollase, III rohelise ja IV valge värviga (autori koostatud)

Lisa 4. 2011. – 2014. aastal toimunud päästesündmuste



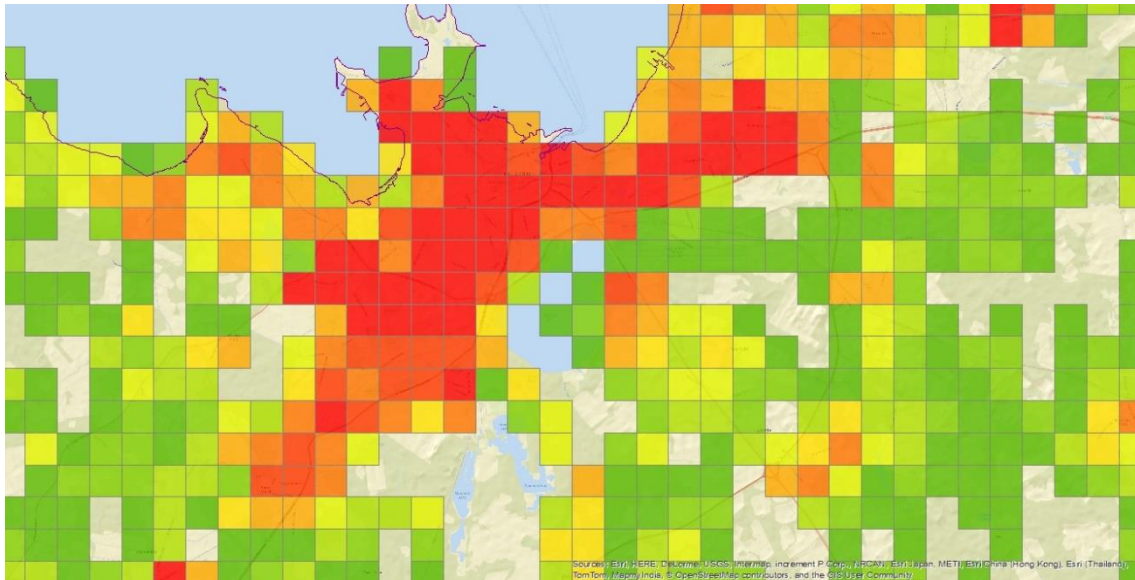
esinemissagedus riskiruuudes

Kiiremat sekkumist nõudvate päästesündmuste esinemissagedus Soomes ajavahemikul 2005 – 2008. Vertikaalteljel on kujutatud sündmuste arvu aastas riskiruuu kohta ja horisontaalteljel on moodustatud riskiklassid elanike tiheduse järgi (Tillander, et al., 2010, lk. 26)

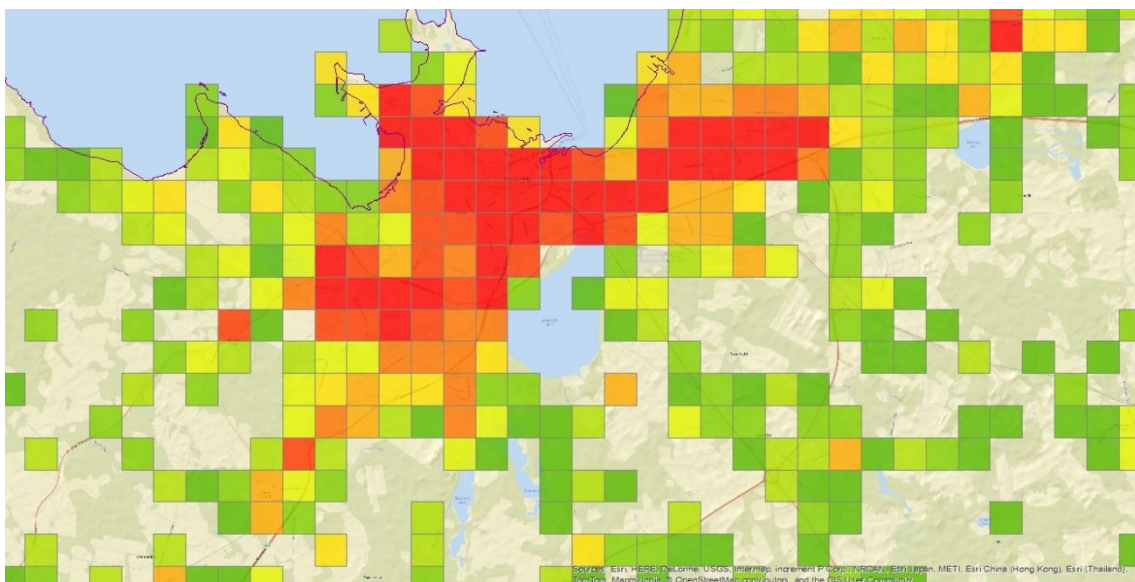


2011.-2014. aastal toimunud päästesündmuste ja elanikkonna asustustiheduse omavaheline seos (autori koostatud)

Lisa 5. Elanike asustustihedus ja päästesündmuste tihedus Tallinna ümbruses

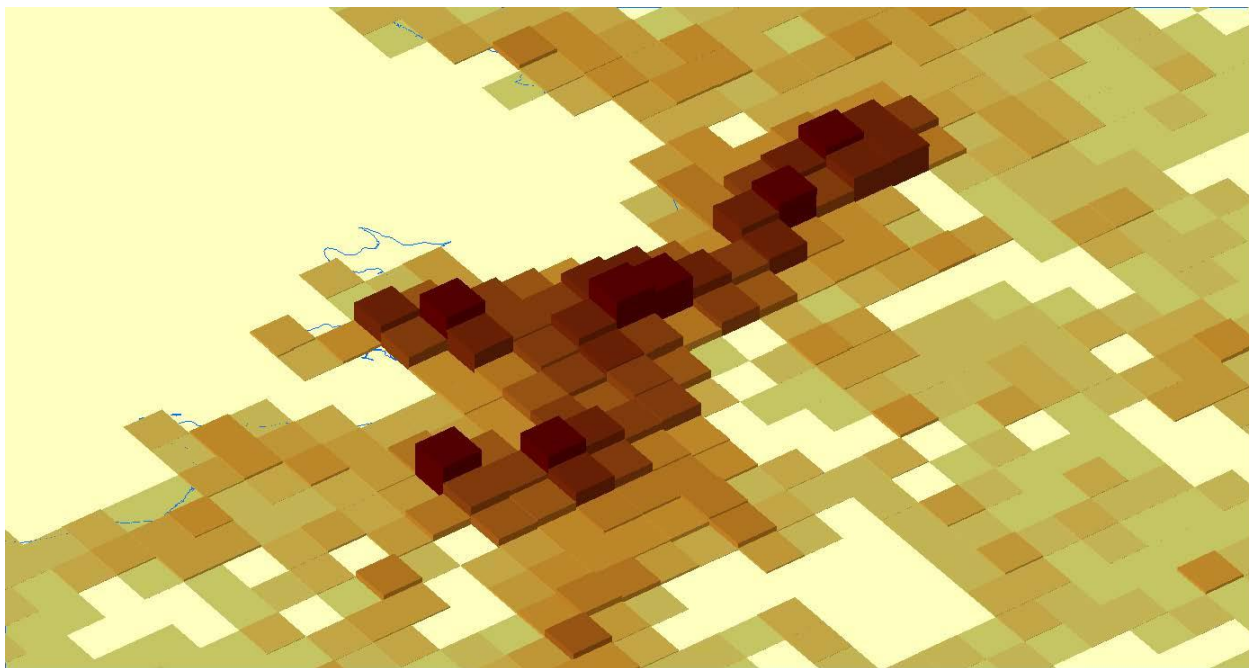


Elanike asustustihedus Tallinna ümbruses värvispektriga punasest roheliseni, kus punase puhul on elanike asustustihedus suurem (autori koostatud)



Päästesündmuste esinemistihedus Tallinna ümbruses värvispektriga punasest roheliseni, kus punase puhul on päästesündmuste esinemistihedus suurem (autori koostatud)

Lisa 6. Tallinna linna riskiruutude kujutamine 3-D formaadis

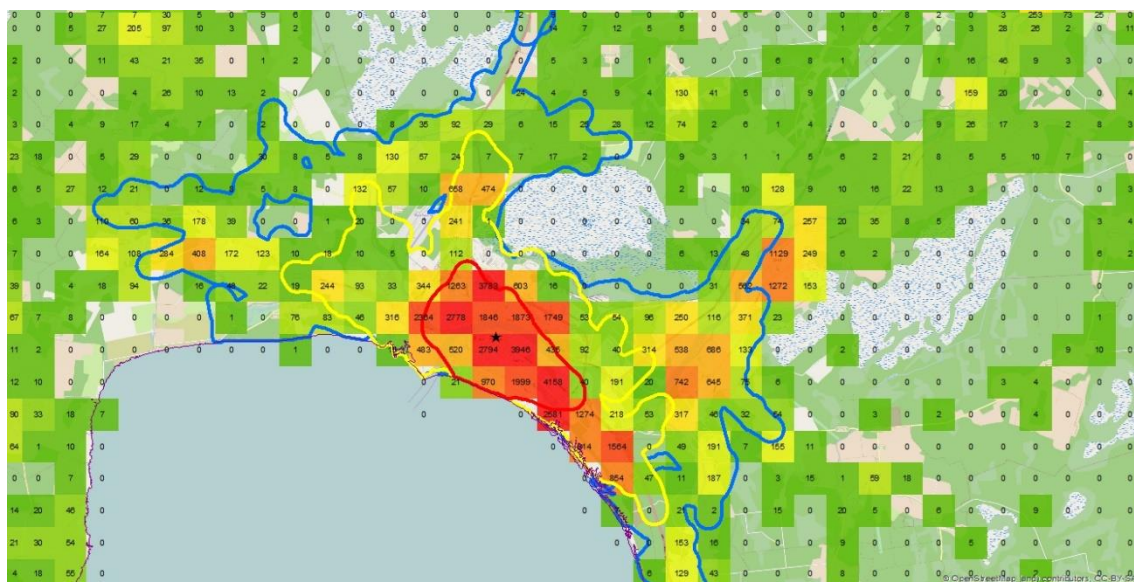


Tallinna linna riskiruutude kujutamine 3-D formaadis. Mida tumedam ja kõrgem on riskiruut kaardil, seda suurema tõenäosusega võib selles piirkonnas toimuda päästesündmus (autori koostatud)

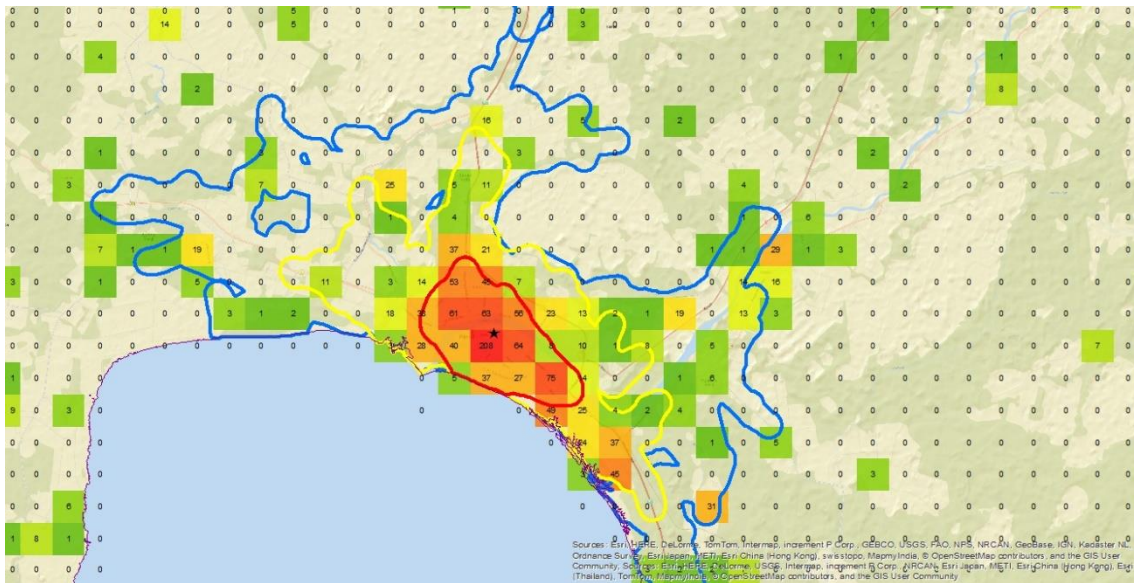
Lisa 7. Pärnu linna riskiruudud



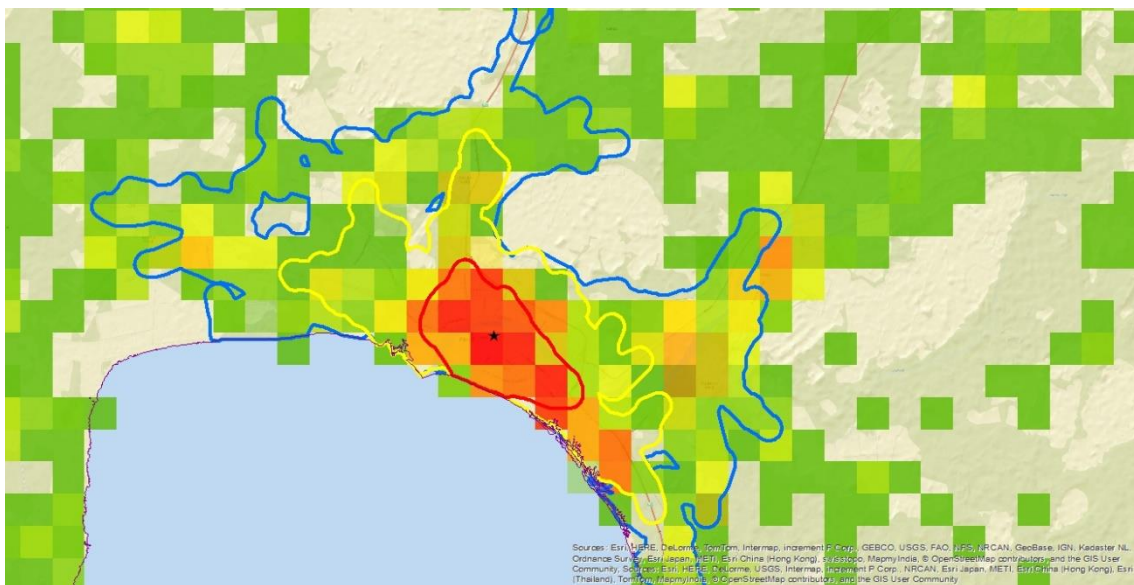
a. Pärnu linn, päästekomando asukoht ja kolm ajatsooni (autori koostatud)



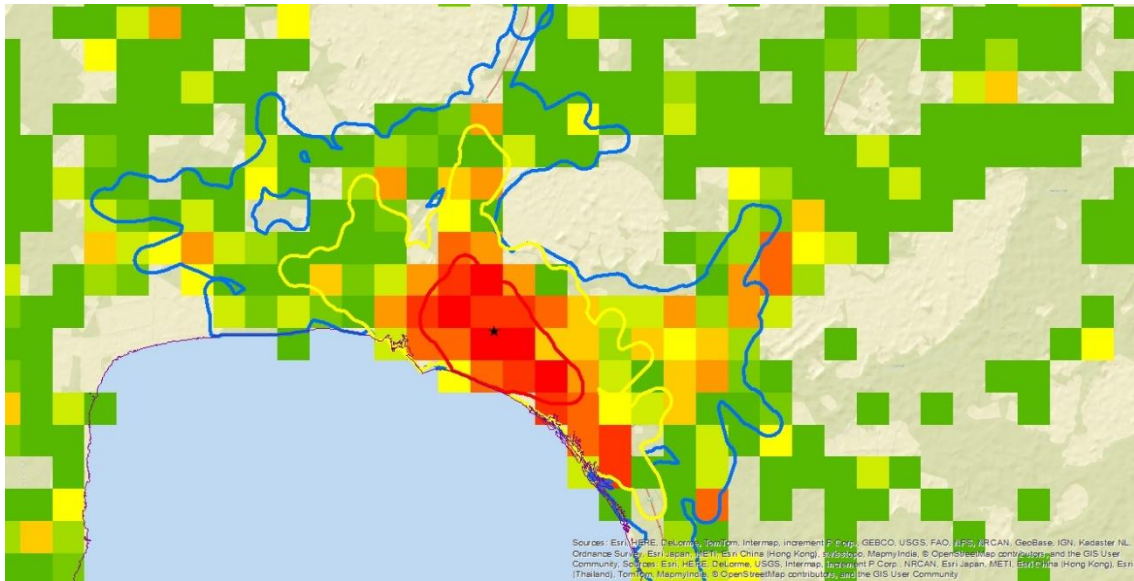
b. Pärnu linna elanikkonna asustustihedus ja paiknemine ajatsoonide suhtes (autori koostatud)



c. Pärnu linnas 2009. kuni 2014. aastal toimunud kiiremat sekkumist nõudvate päästesündmuste esinemissagedus ajatsoonide suhtes (autori koostatud)

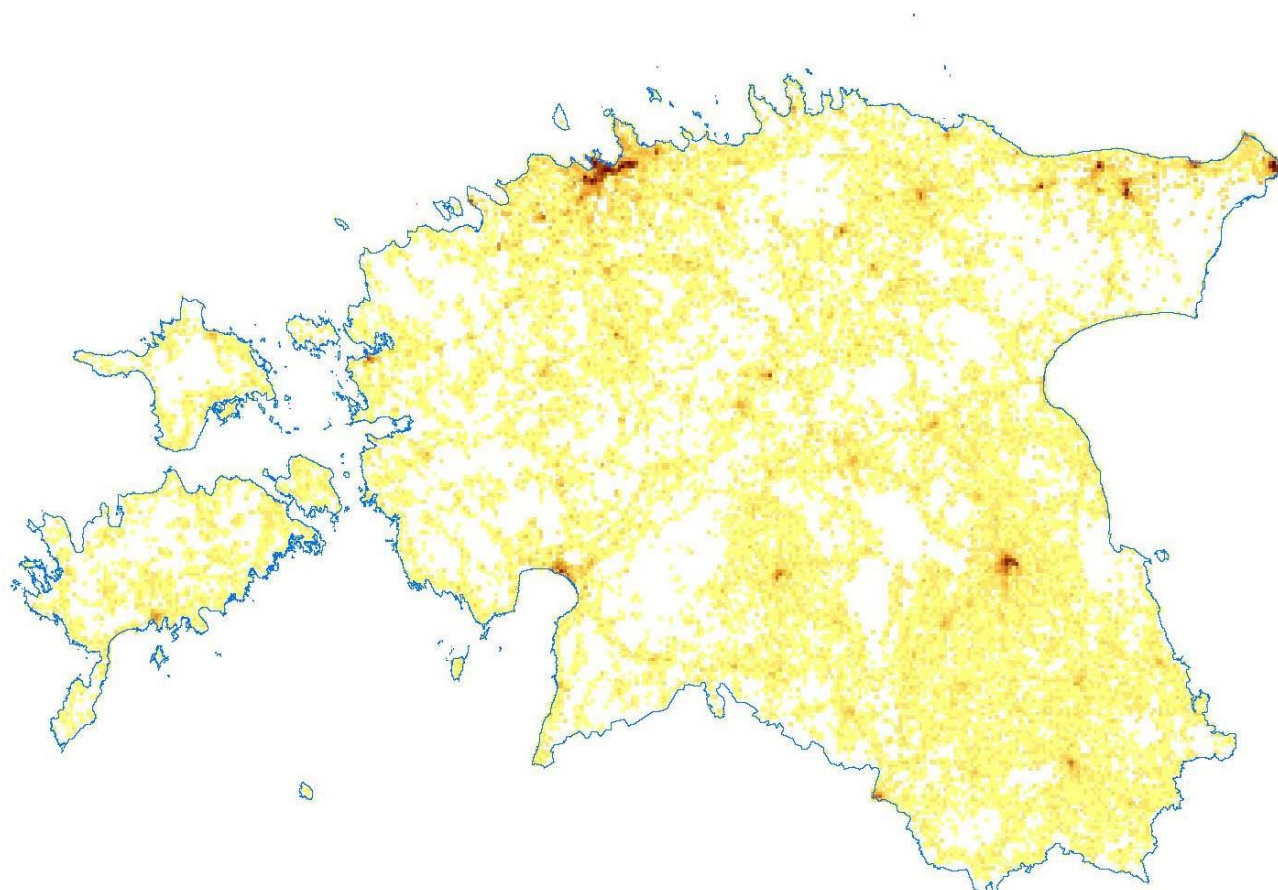


d. Pärnu linna vaade elanikkonna asustustiheduse ja lõputöö valimis olevatele päästesündmustele ühisele kaardile üksteise peale asetatud kihtidega (autori koostatud)



e. Rahvastiku asustustiheduse ja 2009.-2014. aastal toimunud päästesündmuste osakaaluga 30/70 koostatud riskiruumid Pärnu linnas (autori koostatud)

Lisa 8. Riskiruutude paiknemine Eestis



Eesti kaardil kujutatud rahvastiku asustustiheduse ja 2009.-2014. aastal toimunud päästesündmuste osakaaluga 30/70 koostatud riskiruudud värvispektriga pruunist kollase ja valgeni, kus pruuni puhul on päästesündmuste esinemistihedus suurem (autori koostatud)