

Tartu Ülikool

Loodus- ja täppisteaduste valdkond

Ökoloogia ja maateaduste instituut

Geograafia osakond

Magistritöö geoinformaatikas ja kartograafias (30 EAP)

**Veebipõhise kaardirakenduse kui ruumilisi otsustusi toetava  
süsteemi loomine päästevõrgustiku planeerimiseks Eestis**

**Ats Rimmelg**

Juhendajad: Prof. Evelyn Uemaa

PhD Alexander Kmoch

Tartu 2024

## **Annotatsioon**

### **Veebipõhise kaardirakenduse kui ruumilisi otsustusi toetava süsteemi loomine päästevõrgustiku planeerimiseks Eestis**

Uurimistöö tulemusena valmis veebipõhine kaardirakendus, mille loomiseks kasutati vabavaralist tehnoloogiat: kasutajaliidese puhul Leaflet, Vue.js ja Quasar ning andmehalduseks GeoServer ja PostgreSQL PostGIS laiendiga. Rakendusse lisati Päästeameti poolt soovitud funktsionaalsused, töö käigus kaasati Päästeameti esindajad kogumaks tagasisidet, et luua nende vajadustele vastav süsteem. Loodud veebipõhine GIS leiab kasutust Eesti päästevõrgustiku planeerimisel ning jääb avalikult kättesaadavaks.

**Märksõnad:** Leaflet, veebikaart, ruumiandmed, geoinformaatika, programmeerimine

#### **CERCS:**

P160 Statistika, operatsioonianalüüs, programmeerimine, finants- ja kindlustusmatemaatika

S240 Linna ja maa planeerimine

## **Annotation**

### **Developing a web-based mapping application as a spatial decision support system for rescue network planning in Estonia**

The research resulted in a web-based mapping application developed using open-source technologies: Leaflet, Vue.js, and Quasar for the user interface, GeoServer and PostgreSQL with PostGIS for data management. The functionalities requested by the Rescue Board were implemented in the application, and Rescue Board representatives were involved throughout the process to gather feedback and create a system that meets their needs. The developed web-based GIS will be used for planning the Estonian rescue network and will also remain publicly available.

**Keywords:** Leaflet, web map, spatial data, geoinformatics, programming

#### **CERCS:**

P160 Statistics, operation research, programming, actuarial mathematics

S240 Town and country planning

# Sisukord

Lühendid ja mõisted.....	5
Sissejuhatus.....	7
1. Teoreetiline ülevaade .....	9
1.1. Otsustusi toetav süsteem .....	9
1.2. Otsustusi toetavate süsteemide funktsionaalne jaotus .....	9
1.3. Ruumilisi otsustusi toetavad süsteemid .....	12
1.4. Ruumilisi otsustusi toetava süsteemi hindamine .....	13
1.4.1. Kasutatavuse hindamine .....	14
1.4.2. Funktsionaalsuse hindamine .....	15
1.5. Veebikaardistamise teegid .....	16
2. Andmed ja metoodika .....	18
2.1. Tellija kriteeriumid kaardirakendusele .....	18
2.2. Lähteandmed .....	19
2.3. Rakenduse üldine arendusprotsess .....	20
2.4. Veebipõhise kaardirakenduse loomiseks kasutatud tehnoloogia .....	20
2.4.1. Andmete haldamine ja ettevalmistus .....	21
2.4.2. Kaardirakenduse kasutajaliides .....	21
2.5. Tagasiside kogumine kaardirakenduse arendamiseks .....	23
3. Tulemused .....	27
3.1. Veebipõhine kaardirakendus .....	27
3.1.1. Üldine ülesehitus .....	27
3.1.2. Kaardikihtide haldur ja aluskaardid .....	27
3.1.3. Rändekalkulaatori prognoosi andmete kuvamine .....	30
3.1.4. Liugur Rändekalkulaatori prognoosi aasta muutmiseks .....	31

3.1.5. Andmete allalaadimise funktsionaalsus .....	31
3.1.6. Päästekomandode väljakutsete kihi filtreerimine atribuutide alusel.....	32
3.1.7. Kaardile huvipunktide lisamine .....	34
3.1.8. Kasutaja tuvastamine .....	35
3.1.9. Täiendavad funktsionaalsused .....	35
3.1.10. Rändekalkulaatori andmemudeli ümberehitamine .....	37
3.2. Päästeameti tagasiside rakendusele.....	37
3.2.1. Esimene tagasisidevoor.....	37
3.2.2. Esimese tagasisidevooru tulemuste põhjal tehtud muudatused .....	41
3.2.3. Teine tagasisidevoor .....	42
3.2.4. Teise tagasisidevooru tulemuste põhjal tehtud muudatused.....	45
4. Arutelu .....	48
4.1. Tellija soovide väljaselgitamine .....	48
4.2. Tellija tagasiside .....	50
4.3. Tehnoloogiline keerukus.....	52
4.4. Loodud veebipõhine kaardirakendus kui ROTS.....	53
Kokkuvõte.....	55
Summary .....	56
Tänuavaldused .....	58
Kasutatud kirjandus .....	59
Lisad.....	67
Lisa 1. Tagasiside küsimustiku vorm.....	67

## Lühendid ja mõisted

**Asünkroonne funktsioon** – Funktsioon, mida kasutatakse siis, kui tehtav operatsioon nõuab rohkem aega, näiteks serverist vastuse ootamine. Funktsioon ootab ära serveri vastuse ning jätkab vastuse saamisel koodi käitamist.

**EHAK** – Eesti haldus- ja asustusjaotuse klassifikaator. Kasutatakse haldusüksuste klassifitseerimiseks ja territoriaalse paiknemise tähistamiseks. Klassifikaatoris on määratud neljakohalised koodid riiklikele haldusüksustele (maakonnad), omavalitsuslikele haldusüksustele (vallad ja linnad), piiratud omavalitsusega haldusüksustele (linnaosad) ning muudele asulatele ja haldusüksustele (linnad asustusüksusena, alevid, alevikud ja külad) (Statistikaamet, 2024).

**forEach-tsükkel** – Tsükkel, mida kasutatakse JavaScriptis jada objektil, et vaadata läbi kogu objekt ning rakendada igal objekti elemendil soovitud funktsiooni.

**for-tsükkel** – Laialt kasutatav struktuur programmeerimises, mis võimaldab käitada tsüklis kasutatavat koodiosa soovitud arv kordi. Seda kasutatakse paljudes programmeerimiskeeltes ülesannete puhul, mis nõuavad mingite tegevuste kordamist.

**GIS** – Geoinfosüsteem, mis võimaldab ruumilisi andmeid koguda ja hallata, päringuid teha, andmeid analüüsida ning esitleda.

**GPKG** – Lühend inglise keelsest sõnast *GeoPackage*, tähistab failiformaati .gpkg laiendiga. Avatud, vabavaraline, platvormist sõltumatu ja standardipõhine andmeformaad ruumiandmete hoiustamiseks.

**JSON** – Inglise keelest *JavaScript Object Notation*, andmete hoidmiseks ja transportimiseks loodud formaat. Levinud viis, kuidas veebirakendused omavahel andmeid vahetavad.

**npm** – Inglise keelest *Node Package Manager*, maailma suurim tarkvararegister. Avatud lähtekoodiga projekt, mis võimaldab JavaScripti arendajatel pakettidena jagada enda loodud koodi. Lisaks toimib npm käsurea kliendina, mis võimaldab arendajatel pakette paigaldada ja avaldada (npm Inc, 2024).

**OTS** – Otsustusi toetav süsteem.

**Rakendusliides** – Tuntud ka kui API (ingl. k. *Application Programming Interface*). Süsteem, mis aitab luua ühenduse kahe tarkvarakomponendi vahel, et võimaldada nende vaheline informatsiooni voog.

**ROTS** – Ruumilisi otsustusi toetav süsteem.

**Switch-funktsioon** – Mitmetes programmeerimiskeeltes kasutatav funktsioon, mida kasutatakse alternatiivina tingimuslausele. See funktsioon võimaldab käitada koodiread vastavalt sellele, millise väärtusega muutujat parajasti funktsioonis kasutatakse.

**Tingimuslause** – Tuntud ka kui *if*-funktsioon. Arvutab, kas funktsioonis sätestatud tingimus on täidetud ning käitab vastavalt sellele sobiva koodi. Kui koodis kasutatakse palju erinevaid tingimusi, võiks eelistada *switch*-funktsiooni.

**Tsükkel** – Programmeerimises kasutatav konstruktsioon, mis võimaldab korduvalt käitada ühte konkreetset koodilõiku. Üldjuhul koosneb tsükkel käitatavast koodist ja tingimuslausest, vajadusel saab tsükli sees defineerida veel täiendavaid tsükleid.

**WFS** – inglise keelest *Web Feature Service*. Open Geospatial Consortium-i poolt arendatud standard geograafilistele andmetele ligipääsu andmiseks veebis. Võimaldab edastada vektorandmeid punktide, joonte ja polügonidena koos atribuutidega (OGC: Web Feature Service, 2024).

**WMS** – inglise keelest *Web Map Service*. Open Geospatial Consortium-i poolt arendatud standard veebi teel kaardipiltide edastamiseks. Edastab eelnevalt koostatud kaardipilte kasutaja päringu põhjal ilma konkreetseid objekte muutmata (OGC: Web Map Service, 2024).

**Z-indeks** – viitab objektide visuaalsele järjekorrale kahemõõtmelises ruumis. Mida suurema väärtusega indeks on, seda kõrgemal kahemõõtmelises ruumis asub objekt, mida indeks kirjeldab.

## Sissejuhatus

Otsustusi toetav süsteem (OTS), mille alaliik on ruumilisi otsustusi toetav süsteem (ROTS), on arvutipõhine süsteem, mis kombineerib andmed ja otsustamise loogika otsustajat abistavaks tööriistaks (Crossland, 2008). Nagu nimigi ütleb, pole OTS ise otsustajaks, selle eesmärgiks on toetada otsustajat andmete analüüsimisel ning seeläbi otsuse langetamisel. 1980. aastate lõpus esile kerkinud ROTs-i tööpõhimõte on sarnane, kuid ROTs-i puhul tegeletakse ruumilise iseloomuga probleemidega, mille lahendamine eeldab ruumiandmete kasutamist (Keenan & Jankowski, 2019). Seega aitab ROTs ruumiandmed otsustajale lihtsamini ligipääsetavaks teha ning soodustab nende kasutamist otsustamisprotsessis.

ROTS-e kasutatakse peamiselt valdkondades, kus on oluline arvestada ruumiliste aspektidega: keskkonnakaitse, ressursside ja katastroofide haldamine ja linnaplaneerimine (Pick & Weatherholt, 2012; Power, 2008). De Lima et al. (2019) kombineerisid mitme ROTs-i tulemused, loomaks süsteem, mis aitaks Brasiilias tuberkuloosi levikuga võidelda. ROTs-i on kasutatud metsamajandamiseks (Sivrikaya et al., 2010), maakasutuse optimeerimiseks (Xiaoli et al., 2009), kõrgema kuritegevusega piirkondade leidmiseks (Wen & Li, 2022) ja maaväriinate suhtes haavatavamate alade leidmiseks (Esmaelian et al., 2015).

Päästeteenistuste nagu tuletõrjedepoode ja kiirabibaaside strateegiline paigutamine mängib olulist rolli kriitilistele situatsioonidele õigeaegselt ja efektiivselt reageerimisel. Nende asukohtade optimaalne valimine võib olulisel määral parandada reageerimisaegu, päästa elusid ja vähendada varalist kahju (Davari et al., 2011). Lisaks eelnevalt mainitule kaasneb päästeteenistuste asukohtade hea paigutusega rahaline kokkuhoid, sest väiksema arvu asutustega saab suurema ala teenindatud.

Käesolev töö valmis osana projektist “Päästevõrgustiku teaduspõhine tulevikuvaade”. Projekti üldiseks eesmärgiks on koostada Päästemetile päästevõrgustiku paiknemiseks pikk strateegiline vaade, mis võtaks arvesse ühiskondlike trendide tulevikuprognose: varasemalt põhines strateegiline vaade suuresti minevikuandmetel. Senist lähenemist soovitakse paremaks muuta, hinnates elanike arvu ja selle tulevikupronoosi eri piirkondades ning väljakutsete iseloomu. Selle protsessi lihtsustamiseks luuakse veebipõhine GIS, mida kasutatakse ROTs-ina.

Päästeameti poolt seatud lähteülesandes sooviti näha erinevaid andmeid veebipõhises kaardirakenduses ning GIS-i peetakse üldiselt ROTS-i kandvaks komponendiks (Halbich & Vostrovský, 2011; Keenan, 2008), seega keskendutakse töös veebipõhise GIS-i arendamisele. Veebipõhine GIS on ROTS-i arendamiseks sobilik just hea ligipääsetavuse tõttu: selle kasutamiseks pole vaja midagi alla laadida, rakenduse veebilehte külastades saab seda kohe kasutada.

Veebipõhise GIS-i loomisel on oluline tähelepanu pöörata süsteemi funktsionaalsusele ja kasutatavusele just lõppkasutaja vaatevinklist. Nendest aspektidest ülevaate saamiseks kasutatakse kujundavat hindamist (Komarkova et al., 2017), mis tähendab, et valmivat veebipõhist GIS-i lastakse testida lõppkasutajatel, et tuvastada juba arendustöö käigus võimalikud kitsaskohad, mis nende jaoks süsteemi kasutamist mõjutada võiksid. Sellise lähenemisega saab probleemid lahendada juba arendustöö käigus, et süsteemi üleandmisel oleks see kohe kasutusvalmis.

Töö eesmärgiks on luua vastavalt Päästeameti lähteülesandele veebipõhine ROTS, mis teeks Päästeametile päästevõrgustiku planeerimiseks vajalikud ruumandmed mugavasti kättesaadavaks ja kasutatavaks. Töö eesmärgiks ei ole anda Päästeametile päästevõrgustiku planeerimiseks soovitusi ja pakkuda lahendusi, vaid luua platvorm, mis koondaks otsuste tegemist toetavad ruumandmed. Loodava veebipõhise ROTS-i jaoks on oluline koostöö Päästeametiga, mille töötajad hakkavad loodavat süsteemi kasutama. Päästeameti esindajatelt saadi esialgsed ootused rakendusele baaskaartide, kaardikihtide ja erinevate funktsionaalsuste osas, mida töö käigus jooksvalt täiendati.

# 1. Teoreetiline ülevaade

## 1.1. Otsustusi toetav süsteem

Otsustusi toetav süsteem (OTS, ingl. k. *decision support system, DSS*) pole küll oma areneva olemuse tõttu rangelt defineeritud (Gil et al., 2020), kuid seda võib mõista kui arvutipõhist süsteemi, mis kombineerib andmed ja otsustamise loogika otsustajat abistavaks tööriistaks (Crossland, 2008). Tavaliselt on süsteem varustatud kasutajaliidesega, et otsustajal oleks tööriista lihtsam kasutada. Nagu nimigi ütleb, pole OTS ise otsustaja, vaid pigem abiline, mis aitab andmeid analüüsida ning esitleb neid otsustajale lihtsamini mõistetavas vormis (*ibid.*).

OTS kasutatakse seega peamiselt poolstruktureeritud probleemide puhul, mis eeldavad lisaks andmetöötlusele ja -analüüsile otsustaja teadmisi ning hinnanguid, et parima lahenduseni jõuda (Power, 2007). Meditsiinilised OTS-id on heaks näiteks, kuidas OTS erineb täielikult automatiseeritud süsteemidest. Keerulise meditsiinilise seisundi diagnoosimiseks on vaja arvestada nii kvantitatiivseid andmeid nagu patsiendi tervise ajalugu kui ka erinevaid kvalitatiivseid faktoreid nagu intuitsioon, inimlik hinnang ja erinevad eetilised kaalutlused (Sutton et al., 2020).

OTS-i kasutamine võib endaga kaasa tuua parema otsustamisprotsessi, mis võib omakorda tähendada paremat otsust. Parema otsustusprotsessi kujutab endas näiteks rohkemate alternatiivide kaalumist (OTS näitab erinevaid võimalikke stsenaariume), väiksemat ajakulu ja suuremat läbipaistvust (Gil et al., 2020). Läbipaistvam otsustusprotsess võib tuua kaasa vastuvõetud otsuse lihtsama elluviimise, sest otsuse tegemise alused ja sammud on paremini dokumenteeritud ning arusaadavamad kui enne OTS-i kasutuselevõttu (Pick ja Weatherholt, 2012).

## 1.2. Otsustusi toetavate süsteemide funktsionaalne jaotus

OTS-id jagunevad mitmeks suuremaks kategooriaks vastavalt sellele, mis on süsteemi aluseks ja millele süsteem peamiselt tugineb. Varasemas kirjanduses on OTS-id jagatud viieks kategooriaks: kommunikatsiooni-, andme-, dokumendi-, teadmiste- või mudelipõhine (Power, 2002). Hiljem on nendele kategooriatele lisandunud veel veebipõhine OTS (Power, 2007). Järgnevalt antakse nendest süsteemidest lühike ülevaade.

Kommunikatsioonipõhise OTS-i (teaduskirjanduses tuntud grupipõhise OTS-i ja grupi tugisüsteemina (Pick ja Weatherholt, 2012)) puhul on peamiseks tehnoloogiaks inimestevahelise suhtluse hõlbustamine (Power, 2002). Sellised süsteemid võivad olla kasulikud grupiotsuste langetamisel, soodustades positiivset ja vähendades negatiivset käitumist grupis. Mida suurem on grupp, seda suurema tõenäosusega esineb seal negatiivseid käitumismustreid, seega saaksid just suuremad organisatsioonid sellisest süsteemist rohkem kasu (Pick & Weatherholt, 2012). Sellist tüüpi OTS toetab struktureeritumat otsustamist, mille puhul on põhiline fookus otsustajatevahelisel kommunikatsioonil.

Tänapäeval tekib kõikvõimalikes tegevusvaldkondades suures koguses mitmekesiseid andmeid, mis võivad olla nii struktureeritud kui struktureerimata, tekib juurde uusi andmetüüpe ja -allikaid (Roeder et al., 2022). Andmeid aitab analüüsida andmepõhine OTS, mis kasutab mitmekesiseid andmeallikaid (ka reaaliajasaabuval andmeid) aitamaks otsustajal lahti mõtestada konkreetset probleemi või situatsiooni. Andmete töötlemiseks kasutatakse mitmesuguseid võtteid nagu statistiline analüüs, andmekaeve, prognoosimudelid ja masinõppe algoritmid, et näidata trende, mustreid ja võimalikke tulemusi (Power, 2008). Mahukad andmed viiakse analüüsi abil lihtsamini tõlgendatavasse vormi nagu erinevad illustratsioonid, graafikud, raportid ja kaardid. Info edastatakse kasutajale interaktiivses vormis, mis võimaldab erinevaid parameetreid muuta ning stsenaariume läbi mängida, et langetada informeeritud otsus. Ruumilise analüüsi andmepõhise OTS-i näiteks on Papathanasiou ja Kenward (2014), eesmärgiga edendada keskkonnaalase info liikumist kohalike ja kõrgemate valitsustasandite vahel ning kaasata kohalikke elanikke otsustamisprotsessi. Loodud tööriist võimaldab väikeste sammude ja muudatuste tagajärgede prognoosimist kohalikele elurikkusele, valitsusasutuste informeerimist ning vajalike meetmete rakendamist.

Dokumendipõhised OTS-id keskenduvad sellele, kuidas struktureerimata dokumentidest infot kätte saada ning see süsteemi kasutajale võimalikult efektiivselt edasi anda (Power, 2002). Sellised süsteemid organiseerivad, analüüsivad ja esitlevad dokumentides leiduvat väärtuslikku teavet ning on seeläbi abiks otsustusprotsessis: sisuliselt tegeleb programm andmekaevega (inlg. k. *data mining*). Erinevat tüüpi dokumendid, mida selline süsteem võib sisendina kasutada, on näiteks tekstifailid, tabelarvutuse failid, andmebaasid, ajaleheartiklid, tagasiside ja kommentaarid veebilehtedel (Ada & Ghaffarzadeh, 2015), lisandunud on pildid ja videod (Abdullah et al., 2020).

Enne soovituselise andmist teeb süsteem kindlaks, kas antud dokument on konkreetse otsustusprotsessi juures asjakohane ning alles seejärel võtab dokumenti soovituselise andmisel arvesse (*ibid.*). Tihtipeale funktsioneerivad sellised süsteemid dokumendikogudena, mis talletavad organisatsiooni teadmiste baasi (Pick & Weatherholt, 2012).

Teadmiste põhised OTS-id kasutavad teadmiste baasi, mis on loodud mingi ala eksperdi teadmiste ja kogemuste põhjal (Pick & Weatherholt, 2012; Power, 2000) ning soovivad selle põhjal otsustajale võimalikke tegevusi. Selline süsteem teeb eksperdi teadmised otsustajale kättesaadavaks ning võimaldab neid kombineerida erinevate mudelite, algoritmide, andmebaaside ja otsustaja enda teadmiste ja kogemustega (Pick & Weatherholt, 2012).

Mudelipõhise OTS puhul on peamiseks tehnoloogiaks üks või mitu matemaatilist mudelit (Pick & Weatherholt, 2012). Sellised süsteemid pakuvad juhtidele mudeleid ja analüüsivõimekust, mida saab otsustusprotsessis kasutada. Selle kategooria OTS ulatus on väga suur: tihti kuulutatakse välja uusi tooteid, juba olemasolevate mudelite põhjal luuakse veebirakendusi ja ettevõtte loovad enda tegevuseks sobilikke firmasiseseid süsteeme (Power, 2002). Mudelipõhised OTS-id aitavad luua kiiremaid ja interaktiivsemaid planeerimisprotsesse ning aitavad kaaluda ka alternatiivseid plaane ja võimalusi. Üks varasemaid teadaolevaid mudelipõhise OTS kasutusi algas 1966. aastal ühes Ameerika Ühendriikide korporatsiooni harus, mis tootis pesu pesemise vahendeid. See süsteem aitas kaasa tootmise planeerimisel, mis enne süsteemi kasutuselevõttu nõudis kuut päeva planeerimist 20 päeva jooksul, pärast kasutuselevõttu kulus samaks tegevuseks pool päeva kahe päeva jooksul (Pick & Weatherholt, 2012).

Interneti laiema levikuga kerkisid 1990. aastate lõpus esile veebipõhised OTS-id. Veebipõhise süsteemi peamiseks tunnuseks on, nagu nimigi ütleb, veebipõhisus: tänu sellele on süsteem kättesaadavam ja kaob vajadus arvutisse tarkvara paigaldamise järele, sest OTS rakendust majutab server, millele pääseb ligi veebilehitseja vahendusel (Power, 2007). Veebipõhine OTS võib seega olla ühiseks nimetuseks kõigile eelnevalt kirjeldatud OTS-idele, kui neid kasutatakse veebilehitseja abil. Veebipõhise OTS-i näiteks on Mileti et al. (2022), kes lõi süsteemi ökoturismi toetamiseks Itaalia Campania piirkonnas. Süsteemis on tööriistad keskkonnaandmete kogumiseks, kultuurilised ja looduslikud vaatamisväärsused, toidu ja veini pärimuse piirkonnad ning statistilist infot kõrgusmudeli, geoloogia, mullastiku, maakasutuse ja elukeskkonna kvaliteedi näol. OTS loodi erinevate huvidega kasutajatele nagu turistid, õpilased ja teadlased.

Kochilakis et al. (2016) löid ruumilise veebipõhise OTS-i üleujutuste ja metsatulekahjude haldamiseks linnalistes ja linnalähedastes keskkondades. Süsteem võimaldab tsiviilkaitse asutustel ja kohalikel osapooltel hinanta üleujutuste ja metsatulekahjude ohtu ning vastavalt sellele tegevusi planeerida. Kasutatakse kaugseire ja reaaliajasaabuvaid andmeid, et koostada mudelid üleujutuste ja tulekahjude levikuks. Autorid leiavad, et rakendus on paindliku arhitektuuriga ning oleks kasutatav ka muudes piirkondades, et hõlbustada nendele ekstreemsetele sündmustele reageerimist.

### **1.3. Ruumilisi otsustusi toetavad süsteemid**

Ruumilisi otsustusi toetavad süsteemid (ROTS) kerkisid esile 1980. aastate lõpus (Power, 2007) ning on kujunenud oluliseks tööriistaks otsustusprotsessides, mis hõlmavad endas ruumilist mõõdet ning ruumiandmeid (Keenan & Jankowski, 2019). Sellised süsteemid integreerivad ruumilise analüüsi ja erinevad modelleerimistehnikad kasutajaliideseks, mis annavad otsustajatele parema arusaama ruumilise mõõtmega probleemi lahendamiseks ning alternatiivsete lahenduste kaalumiseks (Power, 2000).

ROTS ja OTS paistavad esmapilgul sarnased, peamiseks erinevuseks ruumiandmete kasutamine. Siiski leidsid Keenan & Jankowski (2019) asjakohast kirjandust analüüsis, et kuigi ligi pooled OTS-id kasutavad ruumilist komponenti, on ROTs-id arenenud mitteruumilistest süsteemidest suuresti iseseisvalt. Erinevaid arenguteid võib põhjendada sellega, et ROTs-i puhul on areng tihedalt seotud GIS-i ja ruumilise analüüsi tehnoloogiate arenguga, mis on mitteruumilistest OTS-idest suuresti eraldiseisev (Power, 2008). Lisaks kasutatakse ROTs-e peamiselt valdkondades, kus ruumiliste aspektide arvestamine on määrava tähtsusega nagu keskkonnakaitse, linnaplaneerimine, ressursside ja looduskatastroofide haldamine (Pick & Weatherholt, 2012; Power, 2008).

ROTS erineb teistest süsteemidest veel selle poolest, et väljastpoolt organisatsiooni pärit andmed mängivad nende rakenduses oluliselt suuremat rolli, sest väliste andmete põhjal on võimalik luua oluliselt rikkalikumad mudelid otsustamiseks (Keenan & Jankowski, 2019). Väliste andmetena kasutatakse peamiselt valitsuse organisatsioonide andmeid, aga ka vabatahtlikkuse alusel kogutud andmeid nagu Open Street Map (*ibid.*). Näiteks De Lima et al. (2019) kombineerisid väliste andmetena mitme ROTs-i tulemused, et luua enda süsteem, mis aitaks Brasiilias tuberkuloosi

levikuga võidelda. Väliste andmetena saab täiendavalt kasutada sotsiaalmeedia andmeid: Wen & Li (2022) nendivad, et sotsiaalmeedia asukohaandmeid grupeerides on võimalik leida kõrgema kuritegevusega piirkondi.

ROTS on leidnud kasutust väga mitmekesistes valdkondades. Xiaoli et al. (2009) löid süsteemi maakasutuse struktuuri optimeerimiseks, mis hõlmas endas maakasutuse regionaliseerimist, ruumilist eraldamist ja planeerimise regionaliseerimise indeksite süsteemi loomist. Sivrikaya et al. (2010) löid Türgis metsamajandamiseks ROTS-i, mis aitab sisendandmetest ülevaate saada ning nende abil raiet planeerida. Esmaelian et al. (2015) löid ROTS-i, mis aitab multikriteeriumi analüüsi abil leida piirkondi, mis võiksid potentsiaalsete maavärrinate suhtes kõige haavatavamad olla. Eelnevad näited viitavad, et ROTS-i kasutusvaldkonnad on väga mitmekesised, ent süsteem koostatakse eelkõige kasutajat silmas pidades, seega tuleks pöörata tähelepanu sellele, et rakendus oleks lõppkasutaja jaoks võimalikult kasulik ja mugav.

#### **1.4. Ruumilisi otsustusi toetava süsteemi hindamine**

ROTS-i hindamine hõlmab endas mitmeid erinevaid aspekte nagu süsteemi pakutavad võimalused tegeleda etteantud probleemiga, otsustamisprotsessi täiustamine, sobivate lahenduste pakkumine ja kasutajamugavus. ROTS-i oluliseks ja kandvaks komponendiks on GIS (Halbich & Vostrovský, 2011; Keenan, 2008), mis aitab kasutajal mõista ruumiandmete ja nähtuste vahelisi kompleksseid seoseid (Keenan, 2008), seega kajastatakse käesolevas peatükis peamiselt seda, kuidas on hinnatud GIS-i.

Bartlett ja Rivard (2014) võrdlesid omavahel kuut veebikaardi rakendust, hinnates baaskaartide valikut, andmete uuendamise lihtsust, leppemärkide valikut, infoaknaid ja eksporditavaid failitüüpe. Hindamisele on mõnel juhul lähenetud vaid kvantitatiivsete meetoditega: Netek et al. (2023) uurisid oma töös viit rakendust ning võrdlesid neis saadaval olevate funktsioonide arvu, võimekust ja erinevate ülesannete täitmise kiirust. Veebipõhise GIS-i süsteemsemaks hindamiseks koostasid Kong et al. (2014) standardi, mille alusel hinnati rakendusi kolmes kategoorias: andmed, süsteemi funktsionaalsus ja kasutatavus. Peamised kategooriad jaotati veel alamkategooriateks, et igale teemale põhjalikumalt läheneda.

Millist lähenemist süsteemi hindamiseks kasutada, sõltub hindamise ja süsteemi eesmärkidest: kui luuakse veebipõhist GIS-i tavakasutajale, tuleks rohkem tähelepanu pöörata kasutajamugavusele ja selgitustele (Fast & Hossain, 2020), vilunuma kasutaja puhul võib aga olulisemaks kujuneda jõudlus ja süsteemi funktsionaalsus (Kong et al., 2014; Netek et al., 2023).

#### **1.4.1. Kasutatavuse hindamine**

GIS-i hindamiseks on Unrau ja Kray (2019) uurimuse järgi kasutatud kolme üldist meetodit: testimine, küsitlemine ja inspekteerimine. Rakenduse testimise puhul vaadeldakse, kuidas kasutajad rakendusega ümber käivad ja kui kaua neil mõne ülesande täitmiseks aega kulub. Küsitlemise puhul palutakse kasutajatel pärast süsteemi kasutamist anda tagasisidet intervjuu, küsimustiku või hindamise näol. Inspekteerimist teostavad kasutajad või eksperdid, kes analüüsivad süsteemi kindlate kriteeriumite põhjal. Tihtipeale rakendatakse kasutatavuse hindamisel mitut eelnevalt mainitud meetodit korraga: näiteks Fechner et al. (2015) kasutasid reaajas ruumiandmete muutmise rakenduse puhul testimist ja küsitlemist, sama kombinatsiooni kasutasid veebipõhise GIS-i kasutatavuse uurimiseks Ingensand ja Golay (2011).

Kasutatavuse hindamist saab liigitada veel selle järgi, millises rakenduse arendusperioodis hindamine toimub: Komarkova et al. (2017) liigitasid hindamise kujundavaks ja kokkuvõtvaks. Kujundav hindamine toimub rakenduse arenduse faasis, kokkuvõttev aga siis, kui rakendus on juba kasutusse antud. Mõlemal lähenemisel on omad eelised, nii hindasidki Roth et al. (2015) samade küsimustike alusel kuritegevuse analüüsimiseks loodud rakenduse test- ja lõppversiooni, et tulemusi omavahel võrrelda.

Hindamisel mängib rolli GIS-i testiva kasutaja taust: kas tegemist on juhusliku, väheste kogemustega kasutajaga või professionaaliga. Rakenduse testimisel võiks eelistada kasutajaid, kelle jaoks rakendus loodud on, kuid Unrau ja Kray (2019) viitavad, et sellist lähenemist pole alati kasutatud: tavakasutajatele loodud GIS-e testiti sihtgrupiga vaid 33% juhtudest, kuid spetsialistidele suunatud tarkvara puhul oli sama näitaja 84%. Põhjenduseks on sihtrühma esindajate leidmise keerukus ja kulukus ning kasutatavust uurivate ettevõtete soovimatus enda kogutud informatsiooni jagada (*ibid.*). Siiski, isegi sihtrühmale mittevastavate testijate kasutamine on alati parem kui üldse mitte testimine (Nielsen, 1994).

Kui palju testijaid rakenduse hindamisel kasutatakse, on varieeruv ning sõltub sellest, milliseid meetodeid kasutatakse. Unrau ja Kray (2019) leidsid, et testimise ja küsitlemise meetodite puhul on kaasatud testijate mediaanarv 18 ning inspekteerimise puhul 4. Loomulikult leidub oluliselt suurema testijate baasiga uuringuid, näiteks Ingensand ja Golay (2011) kaasasid 311 ning Unrau et al. (2017) 152 inimest. Testimise abil puudustest adekvaatse ülevaate saamiseks pole aga ilmingimata vajalik kaasata kümneid või sadu inimesi: Nielsen (1994) järgi suudavad 3-5 testijat tuvastada ligikaudu 85% kasutatavuse probleemidest, sest iga järgnev testija leiab aina vähem uusi puudusi.

#### **1.4.2. Funktsionaalsuse hindamine**

Funktsionaalsus ja kasutatavus on omavahel tihedalt seotud, ilmselt seetõttu pole eraldi vaid GIS-i funktsionaalsust hindavad uuringud väga levinud. Süsteemsemalt on funktsionaalsuse eraldi fookusesse võtnud Kong et al. (2015), kes võrdlesid kuut veebipõhist GIS-i kaheksa levinuma funktsiooni alusel, You et al. (2007) uurisid veebikaartide suurendamise (*zoom*) ja liigutamise (*pan*) funktsioone, mõningaid võimekusi nagu mõõteriist uuris ka (Kidd, 2010). Vaatamata spetsiifiliselt GIS-i funktsionaalsusele keskenduvate uuringute vähesusele aitavad kombineeritud uuringud teemast siiski ülevaate saada.

Komarkova et al. (2017) keskendusid oma veebipõhiste GIS-ide uuringus mõõtkava, asukoha otsingu süsteemi, ülevaatekaardi, saadavalolevate kihtide, mõõtevahendi, kaardistatud nähtuse atribuutandmete, kaardi suurendamise ja liigutamise ning rakenduse kohta saadavaloleva informatsiooni hindamisele. Keerukamad rakendused pakuvad võimalusi ruumandmete analüüsiks (Komarkova et al., 2011; Kong et al., 2014; Unrau & Kray, 2019), samas rõhutatakse, et veebipõhise GIS-i eesmärk peaks olema pakkuda analüüsivõimalusi vastavalt rakenduse eesmärgile, mitte nii palju, kui võimalik (Kong et al., 2014). Seega üldiselt peetakse analüüsi võimaldavaid tööriistu rakenduse juures oluliseks, kuid vaid sellisel juhul, kui need antud rakenduse jaoks vajalikud on.

GIS-is enim kasutatud funktsioonid on Komarkova et al. (2011) väitel otsingu funktsioon, andmete visualiseerimine (siin peetakse silmas eelkõige kaardi suurendamist-vähendamist, liigutamist ja andmekihtide sisse-välja lülitamist) ja tulemuste salvestamine, näiteks kaardipildina. Tulemuste

salvestamist pidasid oluliseks ka Kong et al. (2015), tuues välja, et ühes rakenduses oli salvestamisega palju probleeme seetõttu, et salvestamise nupul oli kiri “*Print*” (prindi), mis pani kasutajad arvama, et selle funktsiooniga prinditakse tulemus füüsilisel kujul. Olulise funktsioonina toodi välja pikkuste mõõtmine ja ülevaatekaardi olemasolu (Kidd, 2010; Komarkova et al., 2011; Kong et al., 2015).

Kong et al. (2014) hindasid GIS-i funktsionaalsust kolmes kategoorias: kaardistusvõimekus, andmebaasi kasutajaliides ja ruumiandmete analüüs. Kaardistusvõimekuse juures uuriti baaskaardi, kaardielementide ja salvestamise võimekust ning kaardi kohandamise võimalusi. Andmebaasi kasutajaliidese osas aga kaardi elementide info kuvamist, kaardi filtreid, asukoha otsingut, andmete alla- ja üleslaadimise võimekust. Ruumiandmete analüüsi osas vaadati, kas ja milliseid funktsioone rakendus pakub. Võrdlemisi sarnast metoodikat kasutasid ka Fast ja Hossain (2020), kes hindasid eraldi kategooriana rakendusse andmete lisamise võimekust ning lisatavaid andmetüüpe.

## **1.5. Veebikaardistamise teegid**

Veebikaardi loomiseks on võimalik kasutada mitmeid erinevaid kaardistusteeke, mille kaudu saab ruumiandmeid veebikaardi rakenduses esitleda. Üks populaarsemaid vabavaralisi avatud lähtekoodiga teeki on Vladimir Agafonkini poolt loodud Leaflet: lihtne ja väikese mahuga vahend kaardirakenduse loomiseks (Leaflet, 2024). Leaflet-ile on loodud rohkelt laiendusi, mis võimaldavad kasutada erinevaid funktsionaalsusi. Teeki on põhjaliku dokumentatsiooni abil küll lihtne kasutama õppida, kuid see tugineb palju kasutajate poolt loodud laiendustele, sest sisseehitatud funktsioone pole väga palju (Farkas, 2017). Lisaks võib tekkida probleeme suuremate andmehulkade haldamisega (*ibid.*).

Teine levinud avatud lähtekoodiga tasuta veebikaardistamise teek on OpenLayers. See teek toetab kõiki OGC ja teisi ruumiandmete standardeid ning pakub palju sisseehitatud funktsionaalsusi (OpenLayers, 2024). Farkas (2017) leidis, et OpenLayers pakub avatud lähtekoodiga veebikaardistamise teekidest kõige enam sisseehitatud funktsioone, kuid võrreldes Leafletiga võtab selle kasutama õppimine rohkem aega.

Tasuta kasutatavatest rakendusliidestest on tuntumad veel Google Maps API ja ArcGIS Online. Need pole küll avatud lähtekoodiga, kuid neid saab rakendusliidese võtme (*API key*) taotlemise järel tasuta kasutada. Google Maps API on veebikaardistamise teekidest vanim ning võimaldab integreerida Google Earth ja Google StreetView kasutamise (Troškina, 2015). Siiski on funktsionaalsus tasuta versioonis mõnevõrra piiratud ning suletud lähtekoodi tõttu on rakendust keerulisem isikupärastada. ArcGIS Online pakub küll väga mitmekesiseid funktsionaalsusi, kuid paljud neist on sarnaselt Google Maps API-le tasulised ja rakenduse isikupärastamise võimalused on piiratud (Farkas, 2017).

Millist veebikaardistamise teeki eelistada, sõltub sellest, millist kaardirakendust luua soovitakse. Lihtsamate kaardirakenduste puhul, kus peamiseks eesmärgiks on kaardil kuvada markereid või mõningaid kihte, võiks eelistada Leaflet-i või Google Maps API teeki (Farkas, 2017; Troškina, 2015). Keerulisemate rakenduste puhul, mis eeldavad paljude funktsionaalsuste integreerimist, võivad sobivamad olla OpenLayers ja ArcGIS Online (Troškina, 2015). Juhul kui olulisimaks kriteeriumiks on võimalus rakendust omal käel ümber kujuda, tuleks kaaluda paindlikke ja avatud lähtekoodiga Leaflet-i ja OpenLayers-i teeki.

## 2. Andmed ja metoodika

### 2.1. Tellija kriteeriumid kaardirakendusele

Veebipõhine kaardirakendus loodi Päästeameti poolt seatud kriteeriumite põhjal. Milliseid funktsionaalsusi ja andmeid rakendusse lisada, otsustati Päästeameti esindajate poolt, käesoleva töö eesmärgiks oli soovitud funktsionaalsuste rakendusse lisamine ning nende kasutamise mugavaks ja arusaadavaks tegemine. Projekti lähteülesandes oli defineeritud viis esialgsest funktsionaalsust, mida kaardirakendusse sooviti:

1. Rahvastiku demograafilise struktuuri prognoosi vaatamine kuni aastani 2045
2. Liuguri kasutamine prognoosi aastate vahel liikumiseks
3. Kasutajale huvipakkuvate punktide lisamine
4. Kaardile alade joonistamine, et saada teada, kui palju elanikke sinna jääb
5. Võimalus andmeid alla laadida, et neid vajadusel mujal kasutada.

Projekti osapoolte ühiste arutelude käigus täienes loetelu soovitud funktsionaalsuste osas jooksvalt. Lisafunktsionaalsustena sooviti täiendavalt lisada:

6. Võimalus filtreerida päästekomandode väljasõitude punktikihti atribuutide järgi
7. Sisselogimise funktsioon, et rakenduses oleks eraldi Päästeametile mõeldud vaade koos vastava andmestikuga ja tavakasutaja vaade.

Arutelude käigus lepidi Päästeameti esindajatega kokku, et funktsionaalsust “Kaardile alade joonistamine, et saada teada, kui palju elanikke sinna jääb”, rakendusse ei lisata, sest Rändekalkulaatori andmed olid töö kirjutamise ajal saadaval vaid kohalike omavalitsuste kaupa. Antud funktsionaalsust sooviti selleks, et teada saada, kui palju elanikke jääb rahvastikuprognoosi järgi mingisse valitud piirkonda, mis on üldiselt väiksem kui kohaliku omavalitsuse üksus, aga Rändekalkulaatori andmed seda töö kirjutamise ajal ei võimaldanud. Seega lisati kokkuleppel Päästeameti esindajatega rakendusse esialgse seitsme asemel kokku kuus konkreetset funktsionaalsust.

## 2.2. Lähteandmed

Rakenduse üheks oluliseks osaks on erinevad andmed Rändekalkulaatorist (Positium OÜ, 2021). Rändekalkulaator võimaldab rahvastikuprognosi abil koostada tulevikustsenaariume Eesti rahvastiku kohta omavalitsuste kaupa. Rahvastikuprognosid on staatilised ja põhinevad prognoosi esimese aasta sisendandmetel, mida mõne aja tagant uuendatakse. Rändekalkulaatori andmed kuvatakse kaardirakenduses rakendusliidese ehk API abil. Rakendusse kaasatud rahvastikunäitajad on rahvaarv, rahvastiku kasv, mediaanvanus, 0-19-aastaste, 20-24-aastaste ja üle 65-aastaste osakaal.

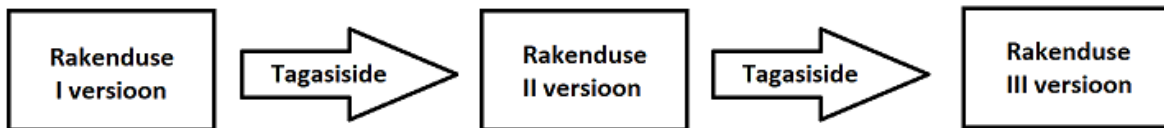
Rändekalkulaatori andmete kuvamiseks oli Tartu Ülikooli geograafia osakonnas eelnevalt loodud kaardirakenduse demoversioon, mis võimaldas eelnevalt kirjeldatud näitajaid kaardil kuvada. Päästeamet soovis ka enda rakenduses Rändekalkulaatori andmeid näha, seega otsustati olemasolevat lahendust loodavas kaardirakenduses ära kasutada, et töömahtu vähendada. Rahvastikunäitajate kujundus kuvataval horopleetkaardil oli samuti eelnevalt, ilma käesoleva töö autori kaasabit, loodud nii, et see töötaks üle kõigi prognoosi aastate ja võimaldaks kaardil arusaadavalt muutusi kajastada. Lisaks Rändekalkulaatori andmetele soovis Päästeamet kaardil kuvada erinevaid kihte, mida võib koos andmete päritoluga näha tabelis 1. Aluskaartidena sooviti rakendusse Eesti põhikaarti, ortofotot ja hübriidkaarti.

**Tabel 1.** Kaardirakenduses kasutatavad andmekihid ja nende allikad.

<b>Kaardikiht</b>	<b>Andmete allikas</b>
Päästekomandode asukohad	Päästeamet
Varjumiskohad	Päästeamet
Veeohutusstendid	Maa-amet
Üleujutusosalad	Maa-amet
Päästekomandode väljakutsed aastatel 2021-2023	Päästeamet
Kodud tuleohutuks projektis korrastatud hooned 2021-2023	Päästeamet
Päästeameti kodunõustamised 2021-2023	Päästeamet
Riiklike päästekomandode ajalised väljasõidupiirkonnad: 5, 10, 15, 20, 25 ja 30 minuti alad.	Päästeamet
Ohtlikud käitised liigitatuna A, B ja C kategooriatesse	Maa-amet
Ohtlike käitiste ohualad liigitatuna A, B ja C kategooriatesse	Maa-amet

### 2.3. Rakenduse üldine arendusprotsess

Rakenduse arendamine toimus koostöös Päästeametiga, kellelt koguti tagasisidet arendusprotsessi käigus. Kõigepealt koostati rakenduse esimene versioon, mis anti Päästeameti esindajatele esimeses tagasisidevoorus testimiseks. Esimese tagasisidevooru põhjal tehti rakenduses muudatusi ning lisati uusi funktsionaalsusi, mille tulemusena valmis rakenduse teine versioon. Rakenduse teine versioon anti taas Päästeameti esindajatele testimiseks teise tagasisidevooru, mille põhjal tehti muudatusi ning valmis rakenduse kolmas versioon. Rakenduse üldist arendusprotsessi illustreerib joonis 1. Lisaks tagasisidevoorudes testimisele suheldi arendustöö käigus jooksvalt Päästeameti esindajatega, et nende soove täpsustada ning tagasisidet saada.



**Joonis 1.** Rakenduse üldine arendusprotsess.

### 2.4. Veebipõhise kaardirakenduse loomiseks kasutatud tehnoloogia

Kaardirakenduse loomisel tuleb enamasti tegeleda nii kasutaja- kui ka serveripoolse arendusega, mis eeldavad erinevaid tehnoloogiaid. Kasutajapoolse osa fookuses on graafiline liides, kus kasutaja näeb kaarti, saab kuvada huvipakkuvaid andmekihihte ning kasutada erinevaid funktsioone nagu näiteks kaardipildi liigutamine, mõõteriista kasutamine või andmete allalaadimine. Serveripoolse osa fookuses on andmehaldus, mis hõlmab endas andmebaasi koostamist, andmete hoiustamist, serveris kättesaadavaks tegemist ning mõnel juhul ruumiandmete stiili kujundamist. Kogu töös otsustati kasutada avatud lähtekoodiga tarkvara nagu QGIS (QGIS, 2024), PostgreSQL (PostgreSQL Global Development Group, 2024) PostGIS laiendiga (PostGIS PSC & OSGeo, 2024), GeoServer (GeoServer, 2024) ja Leaflet, millest antakse ülevaade järgmistes peatükkides.

### **2.4.1. Andmete haldamine ja ettevalmistus**

Päästeametilt ja Maa-ameti veebilehelt avaandmetena saadud kihtidele tehti esimese sammuna kvaliteedikontroll tarkvaras QGIS, mida eelistati seetõttu, et tegemist on tasuta ja avatud lähtekoodiga programmiga, mis võimaldab kasutada avatud ruumiandmete standardeid nagu GPKG. QGIS-is valmistati veel kihtidele ette esmased kujundusfailid SLD formaadis, et neid hiljem GeoServeris täiendada ja kasutada. Pärast kihtide kontrolli ja ettevalmistust eksporditi need PostgreSQL andmebaasi QGIS-i tööriista “Export to PostgreSQL” abil.

Kaardirakenduses kuvatavaid ruumiandmete kihte hoiti PostgreSQL andmebaasis, mille haldamiseks kasutati tööriista pgAdmin (pgAdmin, 2024). PostgreSQL on tasuta ja avatud lähtekoodiga relatsiooniline andmebaas, mis oli üks tugev argument selle kasutamiseks. Antud projekti kontekstis on oluline, et PostgreSQL võimaldab läbi PostGIS laiendi ruumiandmete hoiustamist ning nendega ruumiliste operatsioonide tegemist.

PostgreSQL andmebaasis hoitud ruumiandmed avalikustati GeoServeris, mis on ruumiandmete jagamiseks, töötlemiseks ja muutmiseks loodud avatud lähtekoodiga server. GeoServerisse saab veebilehitseja kaudu päringuid teha ning seeläbi andmebaasis hoiustatud kihte rakenduses kuvada. Lisaks täiendati GeoServeris eelnevalt ettevalmistatud SLD formaadis kujundusfaile, sest QGIS-ist eksportides ei tule kõik kujundusseaded faili kaasa nagu on täheldanud ka Kama (2023). Igale kihile loodi oma kujundus, mõnel juhul kasutati Päästeameti poolt saadetud kujundusmaterjale, näiteks päästekomandode tähistamiseks loodud leppemärke. GeoServeris loodud kujundus rakendatakse päringu tegemisel automaatselt rakenduses kuvatavale kihile.

### **2.4.2. Kaardirakenduse kasutajaliides**

Veebirakenduse loomisel oli kandvas rollis avatud lähtekoodiga teek Leaflet, mis võimaldab luua interaktiivseid kaarte ning neid vastavalt enda vajadustele ja oskustele kujundada. Leafleti kasuks otsustati seetõttu, et seda on lihtne kasutada, see on hästi dokumenteeritud ning elujõuline, sest seda täiendatakse pidevalt arendajate kogukonna poolt. Veebirakendused luuakse enamasti HTML-i, CSS-i ja JavaScripti kasutades, sest need keeled on veebiarenduseks loodud. Seetõttu kasutati käesoleva rakenduse loomisel sama lähenemist.

HTML on lühend ingliskeelsetest sõnadest *HyperText Markup Language* ehk eesti keeles hüpertexti märgistuskeel. See on keel, mida kasutatakse veebilehtede märgendamiseks ja veebilehe struktuuri moodustamiseks. HTML-i abil saab veebilehe jagada sektsioonideks, lisada ja vormindada teksti, pilte ja videoid. Puhtalt HTML-i abil loodud leht näeb siiski üsna robustne välja, seega kasutatakse küljendamiseks enamasti kujunduskeelt.

CSS (ingl. k. *Cascading Style Sheets*, kaskaadlaadistik) on märgistuskeel veebilehtede kujunduse ülesmärgimiseks. CSS-i abil on võimalik muuta HTML-i abil loodud elementide värvi, suurust, asukohta ning luua lihtsamaid animatsioone. Veebilehe loomisel luuakse kujunduse eesmärgil eraldi .css laiendiga fail, mille märgistus võimaldab kujundada veebisaidi erinevaid lehekülgi, kui neil on sarnane struktuur. Seeläbi muutub ka lehekülgede laadimine kiiremaks. CSS-i süntaks on küll võrdlemisi lihtne, kuid see pakub kujunduseks väga laialdasi võimalusi.

JavaScript on peamiselt tuntud veebilehtede programmeerimiskeelena, aga seda kasutatakse ka mõningates veebilehitseja välistes keskkondades nagu Node.js, Apache CouchDB ja Adobe Acrobat (*JavaScript | MDN*, 2024). Veebilehtede loomisel võimaldab JavaScript programmeerida lehe kasutaja tegevustele reageerivaks: näiteks mingil elemendil hiirega klõpsates muutub elemendi värv, avaneb menüü või kaardirakenduse puhul ilmub kasti linnukese tegemise järel kaardil nähtavale uus andmekiht. Antud töö kontekstis on veel oluline, et JavaScript võimaldab serverisse päringute tegemist ning päringu vastusena saadud info kuvamist.

Rakenduse kasutajaliidese loomiseks kasutati JavaScripti raamistikku Vue.js. Vue on loodud HTML-i, CSS-i ja JavaScripti baasil ning võimaldab deklaratiivse ja komponendipõhise programmeerimismudeli abil luua lihtsamalt ja efektiivsemalt kasutajaliideseid (*Vue.js*, 2024). Komponendipõhine arendus muudab koodi lihtsamini loetavaks ning lihtsustab seeläbi ka arendusprotsessi. Lisaks kasutab Vue rakenduse sessiooni staatuse muutumisele reageerivat andmete kuvamist, mis tähendab, et rakenduse kasutajaliidest uuendatakse staatuse muutumisel automaatselt.

Rakenduse kujundamise optimeerimiseks kasutati CSS raamistikku Quasar. CSS raamistikud võimaldavad lisada eelnevalt kujundatud elemente nagu näiteks menüüid, lahtrid teksti sisestamiseks ja erinevad nupud ning lihtsustavad seeläbi tööprotsessi. Quasar raamistiku kasuks otsustati seetõttu, et see põhineb Vue.js raamistikul, selle elemendid on loodud kasutamiseks nii

lauaarvutis kui ka mobiilivaates ning raamistikku uuendatakse järjepidevalt (*Quasar Framework*, 2024).

Eelnevalt kirjeldatud Vue ja Quasar raamistike kasutamiseks on omakorda vajalik Node.js (OpenJS Foundation, 2024) ja npm (*Node Package Manager*) (npm Inc, 2024) programmide olemasolu arvutis. Maaailma suurim tarkvararegister npm võimaldab arvuti käsurea abil lisada projekti erinevaid teeke. Rakenduse kaardipildi kuvamiseks kasutatud Leafleti teegi lisamiseks kasutati samuti npm-i.

Koodi kirjutamiseks kasutati integreeritud arenduskeskkonda (ingl. k. *IDE – Integrated Development environment*) Visual Studio Code (Microsoft, 2024), mis võimaldab mugavalt hallata erinevaid arendusprojekti faile ja aitab koodis paremini orienteeruda, visualiseerides liigendust ja kasutades erinevate elementide kujutamiseks erinevaid värve. Koodi versioonihalduseks kasutati versioonihaldusprogrammi Git (Torvalds, 2024) ning haldamiseks, arenduse planeerimiseks ja koostööks platvormi GitLab (GitLab B.V., 2024). GitLab keskkonnas saab koostada ülesandeid vajalike funktsioonide lisamiseks ning jälgida töö käiku.

## **2.5. Tagasiside kogumine kaardirakenduse arendamiseks**

Komarkova et al. (2017) nentisid kasutatavuse hindamist uurides, et selle saab jagada kujundavaks ja kokkuvõtvaiks. Rakenduse hindamiseks ja tagasisidestamiseks otsustati kasutada just kujundavat hindamist, sest see võimaldab saada tagasisidet arendusprotsessi käigus ning nii jõuab rakendus lõppkasutaja kätte personaalselt kohandatuna. Võimalikult sobiva lõpptulemuse saamiseks tehakse rakenduse arendusprotsessi käigus kaks tagasisidevooru testijatega Päästeametist ehk rakenduse lõppkasutajatega. Testimisse kaasatakse Nielsen (1994) metoodika järgi vähemalt 3 inimest eesmärgiga tuvastada nende abil ligikaudu 85% kasutatavuse puudustest. Pärast esimest vooru tehakse testijate tagasiside ja kommentaaride põhjal täiendusi ning antakse rakendus teise testimisvooru, mille järel täiendatakse rakendust veelkord. Pärast teist täiendusringi antakse rakendus kasutamiseks üle Päästeametile.

Loodud rakenduse hindamiseks kasutatakse Kong et al. (2014) poolt välja töötatud metoodikat veebipõhiste kaardirakenduste hindamiseks, mida kohandatakse konkreetse juhtumi jaoks sobivamaks. Antud süsteem sobib hindamiseks hästi, sest tähelepanu pööratakse kolmele

peamisele kaardirakenduse valdkonnale, mis on olulised rakenduse lõppkasutajale: andmed, funktsionaalsus ja kasutatavus. Kolm peamist kategooriat jagunevad veel alamkategooriateks ning need omakorda hinnatavateks aspektideks ja funktsioonideks, mida võib täpsemalt näha tabelis 2.

**Tabel 2.** Veebipõhise kaardirakenduse hinnatavad näitajad Kong et al. (2014) järgi.

Esimene aste	Teine aste	Hinnatavad mõõdikud
Andmed	Teema	Uuritav piirkond Uudsus Laiendatavus
	Katvus	Ajaline katvus Ruumiline katvus ja resolutsioon Muutujate hulk
	Metaandmed	
Funktsionaalsus	Kaardistamise võimekus	Baaskaart Kaardi elemendid Kaardi isikupärastamine Kaardi salvestamine
	Andmebaasi interaktiivsus	Kaardi info ja identifitseerimine Kaardi filter Asukoha otsing Andmete allalaadimine Andmete üleslaadimine
	Ruumiline analüüs	
Kasutatavus	Õpitavus	Punktid 4 ja 10 SUS küsimustikust
	Paindlikus	Ülesande punktiskoor Ülesande täitmise aeg Osalejate kommentaarid
	Robustsus	Ülesande punktiskoor Vigade arv
	Esteetilisus	Osalejate kommentaarid

Loodud rakenduse hindamisel jäeti kõrvale andmete hindamise kategooria, sest andmed saadi Päästeametilt ning rakendusse lisati just need andmed, mida nende poolt sooviti. Funktsionaalsuse hindamisel keskenduti sellele, kas tellijate poolt soovitud funktsionaalsused on rakendusse lisatud ning kas nende kasutamine on praktiline ja mugav. Rakenduse kasutatavuse hindamiseks kasutati Brooke (1995) poolt loodud süsteemi kasutatavuse skaalat (ingl. k. *System Usability Scale - SUS*).

Funktsionaalsuse ja kasutatavuse hindamiseks koostati keskkonnas Microsoft Forms küsimustik, mis jagunes kahte suuremasse plokki. Esimene plokk koosneb küsimustest mis puudutavad funktsionaalsust. Iga Päästeameti poolt soovitud seitsme funktsionaalsuse kohta esitatakse järgnevad küsimused:

- 1) Kas funktsionaalsus on olemas või mitte?
  - Vastusevariantideks on “ei”, “osaliselt”, “jah”.
  - Kui siin valitakse vastuseks “ei”, siis ei ilmu järgnevad küsimused nähtavale ning testija saab liikuda edasi järgmise funktsionaalsuse juurde.
- 2) Lihtne ülesanne, mis eeldab funktsionaalsuse kasutamist.
  - Olenevalt ülesande tüübist tuleb mõnel juhul esitada ka vastus.
- 3) Testija hinnang, kui keeruliseks ta pidas ülesande lahendamist või funktsionaalsuse kasutamist.
  - Vastus antakse skaalal 0–2, kus 0 – ülesande täitmine oli lihtne, 1 – ülesande täitmine oli keeruline ja 2 – ei saanud ülesande täitmisega hakkama.
- 4) Testija soovitus, kuidas võiks konkreetset funktsiooni paremaks muuta.
  - Vastuse saab kirjutada vabas vormis tekstiväljale.

Teises plokis saab kasutaja hinnata rakenduse üldist kasutatavust Brooke (1995) süsteemi kasutatavuse skaala alusel. Selles osas esitatakse 10 väidet, millega nõustumist hindavad vastajad skaalal 1 – 5, kus 1 tähistab väidet “Ei ole üldse nõus” ja 5 tähistab väidet “Nõustun täielikult”. Küsimustiku kümnest väitest viis on positiivsed, näiteks “Mulle tundus, et rakendust oli lihtne kasutada” ning viis negatiivsed väited, näiteks “Rakenduse kasutamine oli väga tülikas”. Kogu küsimustikuga saab täies mahus tutvuda lisas 1.

Kokkuvõttes arvutatakse välja süsteemi kasutatavuse tulemus skaalal 0 – 100. Iga väide annab maksimaalselt 4 punkti, kusjuures positiivsed väited 1, 3, 5, 7 ja 9 annavad  $x-1$  punkti ja negatiivsed väited 2, 3, 6, 8 ja 10 annavad  $5-x$  punkti. Siin tähistab  $x$  vastaja hinnangut väitele skaalal 1 – 5. Seega, kui vastaja hindab positiivset väidet “Mulle tundus, et rakendust oli lihtne kasutada” 4 punktiga, annab see kasutatavuse tulemusse  $4-1=3$  punkti. Sellisel viisil leitakse igale väitele punktiskoor, seejärel liidetakse tulemused kokku ning korrutatakse läbi kordajaga 2,5, mis annab maksimaalseks tulemuseks 100 punkti.

Tagasiside kogumiseks tehti Päästeameti esindajatega kaks testimise vooru: esimene toimus 4. aprillil ja teine 8. mail 2024. Tagasisidestamise esimeses voorus osales viis ja teises kuus Päästeameti esindajat, kes on rakenduse lõppkasutajad. Küsimustik täideti keskkonnas Microsoft

Forms, seejärel toimus vabas vormis vestlus, kus osalejad said jagada mõtteid, mida võiks rakenduse juures muuta, et selle kasutamine oleks lihtsam ja loogilisem. Nendest vestlustest tehti samuti ülestähendusi, mille põhjal rakendust hiljem täiendati.

## 3. Tulemused

Tulemuste peatükk jaguneb kaheks alapeatükiks, millest esimeses kirjeldatakse detailsemalt valminud kaardirakendust, lisatud funktsionaalsusi ning seda, kuidas need toimivad. Teises alapeatükis kirjeldatakse Päästeametiga tehtud tagasisidevoorude tulemusi.

Link valminud rakendusele: [https://maps.landscape-geoinformatics.org/pa\\_kaart/#/](https://maps.landscape-geoinformatics.org/pa_kaart/#/)

Aasta jooksul alates töö avaldamisest lõplik link muutub, sest rakendus kolitakse ümber Päästeameti serverisse.

### 3.1. Veebipõhine kaardirakendus

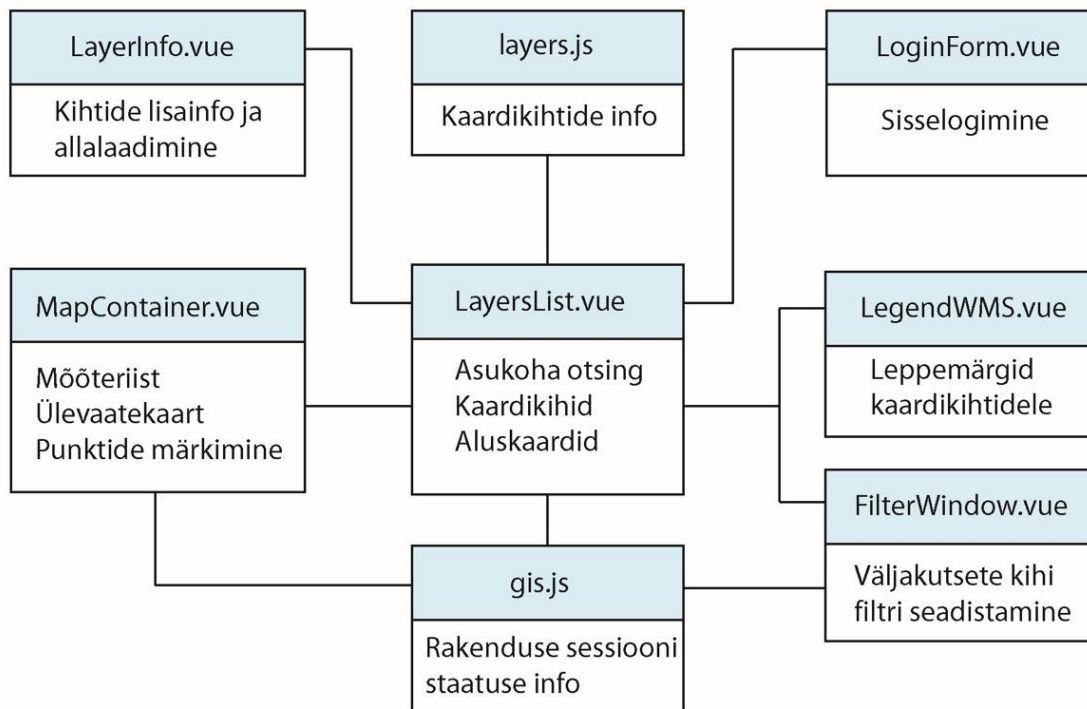
#### 3.1.1. Üldine ülesehitus

Rakenduse põhja koostamise järel loodi esialgne kujundus. Vue ja Quasar raamistikke kasutades loodi navigatsiooniriba rakenduse nimega, mis paigutati lehe ülemisse ossa. Ülejäänud vaba ekraaniruum täideti Leafleti teegi abil kaasatud kaardipildiga, et selle kasutamine oleks võimalikult mugav ning visuaalselt meeldiv. Kaardipildi kuvamiseks loodi eraldi Vue moodul nimega MapContainer.vue, et kaardipildiga seotud koodiosad oleksid ühes kohas koos ning neid oleks lihtsam hallata. Täiendavalt loodi rakenduse oleku haldamiseks eraldi fail nimega gis.js nende parameetrite jaoks, mida võib vaja minna rakenduse erinevatel komponentidel, et need oleksid kogu rakenduses globaalselt kättesaadaval. Sellised parameetrid on näiteks kaardi keskpunkt ja kaardi suurus esmasel laadimisel. Kaardirakenduse arhitektuuri ja erinevate moodulite ning failide vahelisi seoseid kirjeldab joonis 2, erinevate moodulite paiknemist rakenduses joonis 3.

#### 3.1.2. Kaardikihtide haldur ja aluskaardid

Järgmise sammuna lisati akna vasakusse ossa menüü moodul nimega LayersList.vue erinevate kaardikihtide haldamiseks. Kõigepealt lisati Päästeameti poolt soovitud aluskaardid: Eesti põhikaart ja ortofoto hübriidkaardi ülekattega. Oli teada, et rakendust tuleb lisaks aluskaartidele täiendada veel mitmete kaardikihtidega, seega loodi lisatavate kihtide info hoidmiseks eraldi JSON

fail nimega layers.js. Selles failis oli iga kaardikihi kohta WMS-päringu tegemiseks ning hiljem kaardile lisamiseks vajalik info nagu näiteks kihi id, pealkiri, url, kirjeldus, päringu tüüp, versioon, formaat, läbipaistvus ja projektsioon. Aluskaardid liigitati omaette gruppi, mis tähistati tähega “c”, et need ilmuksid kihtide nimekirjas viimasena.

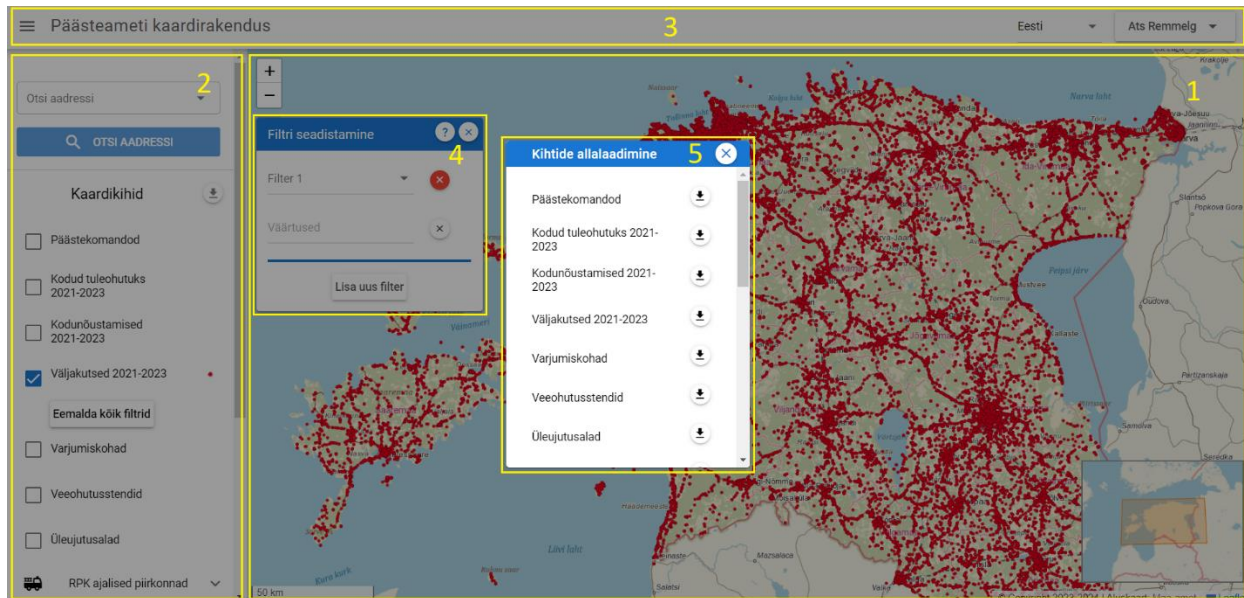


**Joonis 2.** Rakenduse arhitektuur, mis illustreerib moodulite omavahelisi seoseid.

Kaardikihtide nimede kuvamiseks menüü moodulis LayersList.vue imporditi kaardikihtide infot hoidev JSON fail layers.js ning Vue *for*-tsüklit kasutades tehti menüüs nähtavaks kaardikihtide nimed. Põhikaardi ja ortofoto kihi nimede ette lisati raadionupud, millel klikkides muutus valitud aluskaart aktiivseks. Raadionuppe kasutati aluskaartide valimisel seetõttu, et raadionupu funktsioon võimaldab pakutavatest variantidest valida vaid ühe, märkeruudu puhul on võimalik valida mitu varianti. Ortofoto valimisel muutub automaatselt aktiivseks märkeruut hübriidkaardi läbipaistva kihi ees, kuid seda on võimalik välja lülitada, et kaardil näha ainult ortofotot. Põhikaardi valimisel lülitub automaatselt välja ka hübriidkaardi kiht.

Lisaks aluskaartidele lisati rakendusse erinevad kaardikihid, mis Päästeametile huvi pakkusid. Kaardikihid kuvati nimekirjana, riiklike päästekomandode väljasõiduaegade kihid, mida oli kokku

kuus, grupeeriti klikiga avatavasse menüüsse, et ruumi säästa. Samamoodi toimiti ohtlike käitiste ja nende ohualade kihtidega. Selleks, et rakendus teaks, milliseid kihte parajasti kaardil kuvada, on iga kihi nime ees eelnevalt mainitud raadionupp (aluskaartide puhul) või märkeruut. Aktiivseks märgitud kihtide haldamiseks loodi rakenduse sessiooni seisundit jälgivasse gis.js faili JSON objekt, kus talletatakse aktiivseks märgitud kihtide nimed. Kihi aktiivseks märkimisel lisatakse kihi id aktiivsete kihtide nimekirja.



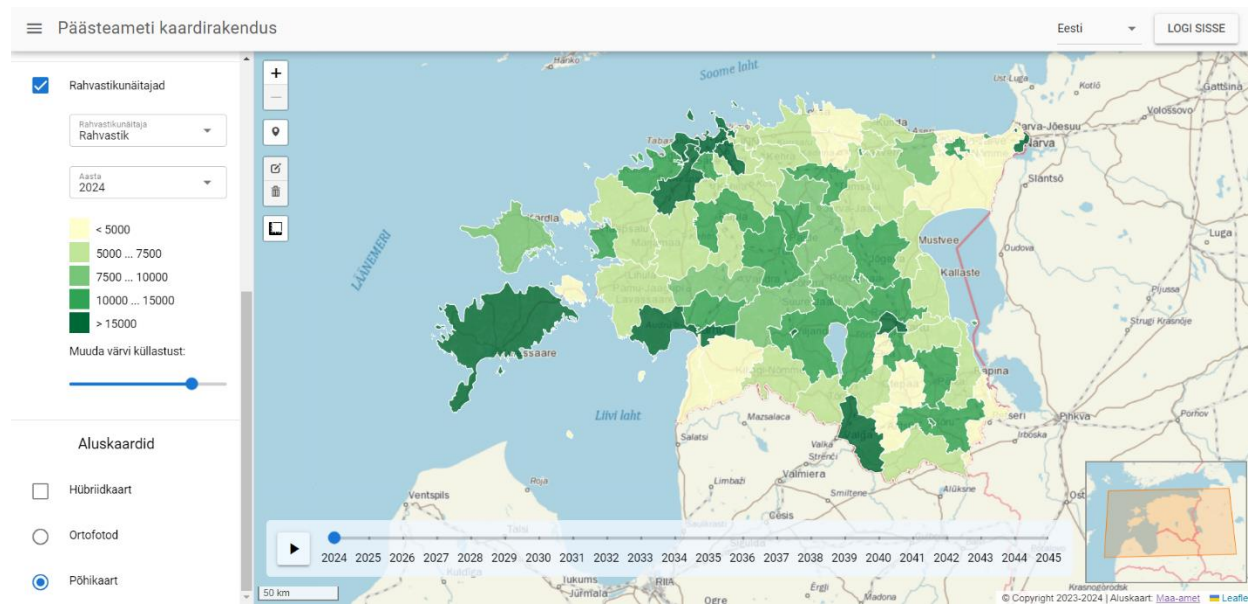
**Joonis 3.** Erinevate moodulite paiknemine rakenduses: kaardiaken (*MapContainer*, 1), kihihaldur (*LayersList*, 2), navigatsiooniriba (3), filtri aken (*FilterWindow*, 4) ja allalaadimise aken (*LayerInfo*, 5).

Kaardikihtide kaardil kuvamiseks imporditi taas kaardikihtide infot hoidev JSON fail, kuid sel korral kaardipildi moodulisse *MapContainer.vue*. Sellesse moodulisse loodi tingimuslause, mis sätestas, et kui aktiivseks märgitud kihtide nimekirjas, mida hoitakse failis *gis.js*, on vähemalt üks kiht, siis koostatakse *forEach*-tsüklil, mis võtab aktiivseks märgitud kihi id, leiab selle vaste kõikide kihtide parameetreid hoidvast failist *layers.js*, teeb vastavalt sellele parameetritele WMS-päringu *GeoServer*isse ja lisab päringu vastusena saadud kihi kaardile. Käivitatud *forEach*-tsükli sees kasutatakse ka *switch*-funktsiooni, mis võimaldab vastavalt kihi grupile valida z-indeksi, mis määrab selle, millises järjekorras kihid kaardil kuvatakse: pindade kihid peaksid olema väiksema

z-indeksiga kui punktide kihid, vastasel juhul jääksid punktid pindade alla varju. Iga kord, kui kasutaja muudab kihtide nimekirjas tehtud valikuid, käivitub eelnevalt kirjeldatud protsess ning kaardipilti uuendatakse vastavalt kasutaja valikutele.

### 3.1.3. Rändekalkulaatori prognoosi andmete kuvamine

Ühe funktsionaalsusena soovis Päästeamet kaardirakenduses näha Rändekalkulaatori andmeid. Rändekalkulaatori andmete kaardipildil kuvamiseks oli Tartu Ülikooli geograafia osakonnas selleks eelnevalt loodud kaardirakenduse demoversioon, kus oli võimalik Rändekalkulaatori andmeid omavalitsuste kaupa kaardil kuvada. Juba loodud lahendust otsustati aja säästmiseks ära kasutada ning see koodi osa kaasati loodud Päästeameti kaardirakendusse kihina “Rahvastikunäitajad”. Kihi sisselülitamisel on võimalik vaadata erinevaid prognoose ning valida vastava prognoosi aastaid, päringu tulemused kuvatakse horopleetkaardina, nagu on näha joonisel 4.



**Joonis 4.** Horopleetkaart rahvastikuprognosi kuvamiseks. Kaardi alumises osas nähtavat liugurit saab kasutada prognoosi aasta muutmiseks, legendis nähtavat väiksemat liugurit täitevärvi küllastuse muutmiseks.

Eelnevalt kirjeldatud Rändekalkulaatorist andmete pärimise funktsionaalsus pole küll täielikult antud töö autori loodud, kuid seda funktsionaalsust tuli siiski oluliselt edasi arendada, et andmete kuvamine oleks prognoosi aasta muutmisel sujuvam ning lihtsamini jälgitav. Demoversioonis küll kuvati andmed kaardil, kuid prognoosi aasta muutmisel värskendati rakenduses kaardi moodulit “MapContainer.vue”, mis tähendab, et eelmise aasta prognoos kadus kaardipildilt ning kulus kuni mõni sekund, et serverilt saabuks valitud uue aasta info, mida saaks kaardil kuvada.

Prognoosi muutuste sujuvamaks kuvamiseks otsustati korraga alla laadida andmed valitud prognoosi iga aasta kohta, et aasta muutmisel ei peaks serverisse uut päringut saatma. Andmete sujuvamaks kuvamiseks tuli muuta ka seda, kuidas kaardikihti kaardil uuendatakse. Kaardipildi “vilkumise” välistamiseks muudeti koodi nii, et prognoosi aasta muutmisel uueneks vaid kaardikiht, mitte kogu kaardi moodul. Selleks lisati kasutades Leafleti funktsiooni L.Control.extend kaardile kaks nuppu, millest üks eemaldab kaardilt kihi, teine aga lisab uue. Nupud muudeti nähtamatuks, et kasutaja jaoks mitte segadust tekitada.

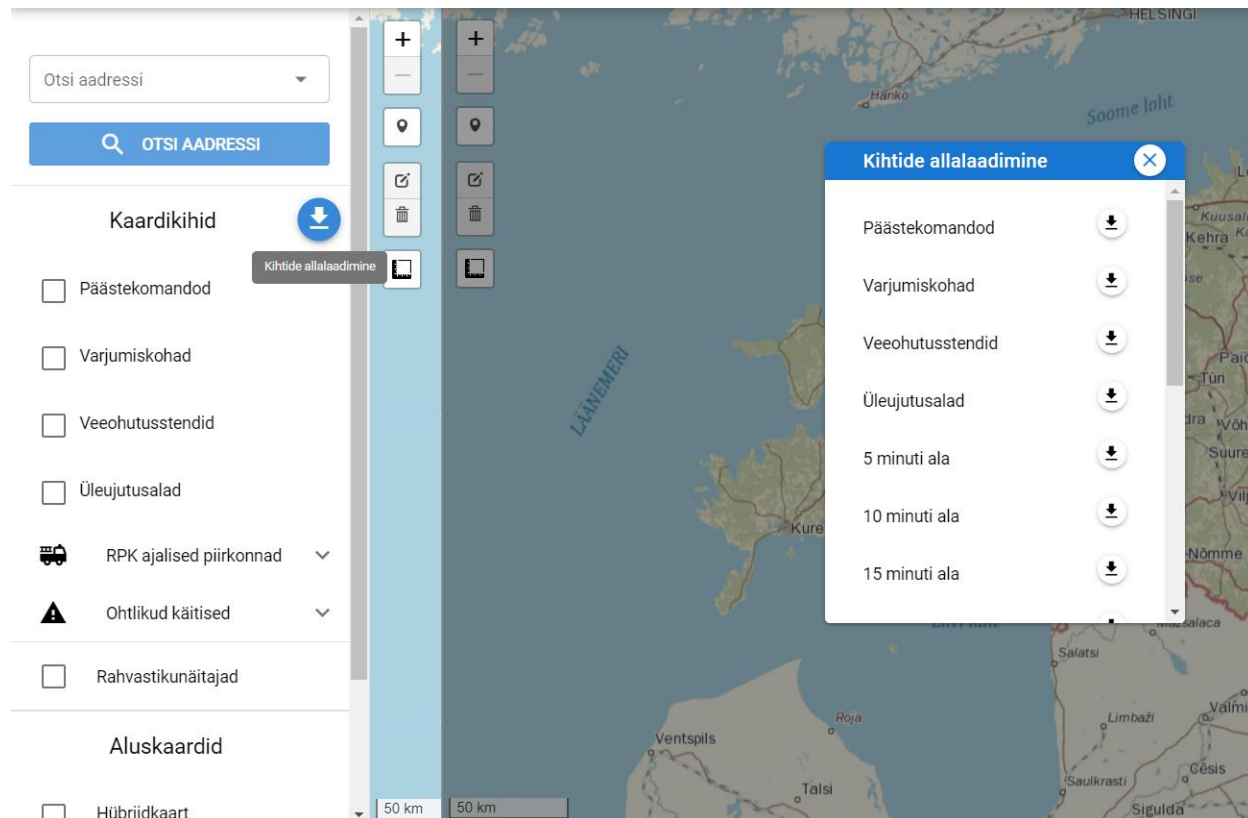
#### **3.1.4. Liugur Rändekalkulaatori prognoosi aasta muutmiseks**

Liugur (joonisel 4, kaardi alumises osas) lisati moodulisse MapContainer.vue ning selle abil uue väärtuse valimisel muudeti rakenduse olekut jälgivas failis gis.js ära aasta väärtus. Kihtide haldamise moodulisse LayersList.vue lisati funktsioon, mis jälgib gis.js failis hoiustatava prognoosi aastat ning selle muutumisel eemaldab kaardipildilt vana kihi ning lisab uue, valitud aasta kihi. Kihtide uuendamise protsess toimub viivitusteta, seega püsib kaardipilt kooskõlas liuguri abil valitud aasta väärtusega. Täiendavalt lisati legendi väike liugur, et kasutaja saaks muuta rahvastikuprognoosi kaardikihi täitevärvide küllastust (vaikimisi väärtus 0,8).

#### **3.1.5. Andmete allalaadimise funktsionaalsus**

Andmete allalaadimiseks lisati iga kihi nime juurde väike infonupp, mis muutub hiirega pealeliikumisel suuremaks, muudab värvi ja kuvab kohtspikri kirjaga “Kihtide allalaadimine” (joonis 5, vasakul). Nupu vajutamisel muutub nähtavaks mooduli LayerInfo.vue sisu, kus on kaardikihtide nimistu allalaadimise nuppudega (joonis 5, paremal). Allalaadimise nupul vajutades

käivitatakse funktsioon, mis saadab GeoServerisse WFS-päringu valitud kihi allalaadimiseks .shp formaadis. GeoServeris koostatakse kihi andmetest fail, mis laetakse kasutaja arvutisse.

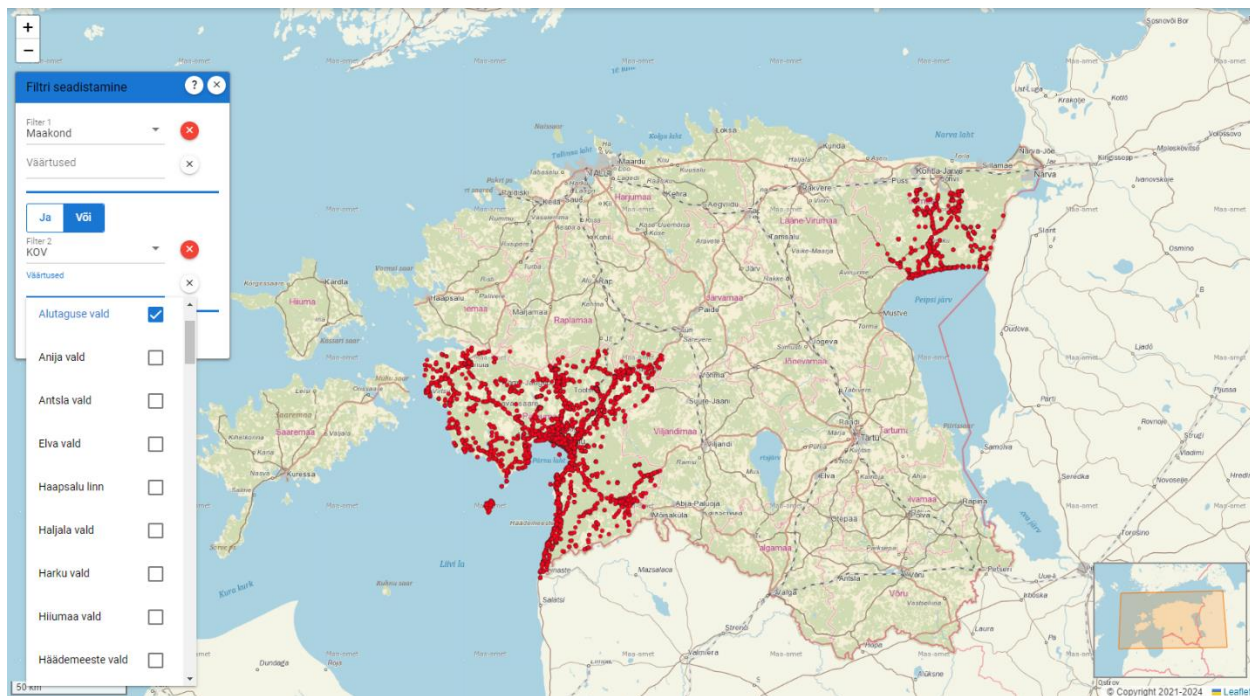


**Joonis 5.** Vasakul allalaadimise nupp kohtspikriga ja paremal kihtide allalaadimiseks avanev menüü.

### 3.1.6. Päästekomandode väljakutsete kihi filtreerimine atribuutide alusel

Kihi “Väljakutsed 2021-2023” filtreerimiseks lisati sisselülitamisel ilmuv nupp “Lisa filter”, mille vajutamisel ilmub kaardile aken, kus on võimalik filtrit seadistada (joonis 6). Filtri seadistamise akna jaoks loodi taas eraldi Vue moodul FilterWindow.vue. Filtri akna avanemise järel tuleb esmalt valida atribuut, mille järgi kihti filtreerida ning seejärel atribuudile rippmenüüst üks või mitu väärtust, tehes märkeruutu klikkides linnukese. Linnukese tegemisel märkeruutu salvestatakse valitud atribuut koos väärtusega rakenduse sessiooni staatust haldavasse faili gis.js. Moodulis MapContainer.vue on seadistatud funktsioon, mis jälgib filtri valikuid failis gis.js ning

nende muutumisel käivitatakse asünkroonne funktsioon, mis saadab GeoServerisse WMS-päringu valitud filtritega. Serverist vastuse saamisel uuendatakse kaardiobjekti MapContainer.vue moodulis ning kaardil kuvatakse filtreeritud kiht.



**Joonis 6.** Väljakutsete kihi filtreerimise funktsioon kahe atribuudi järgi.

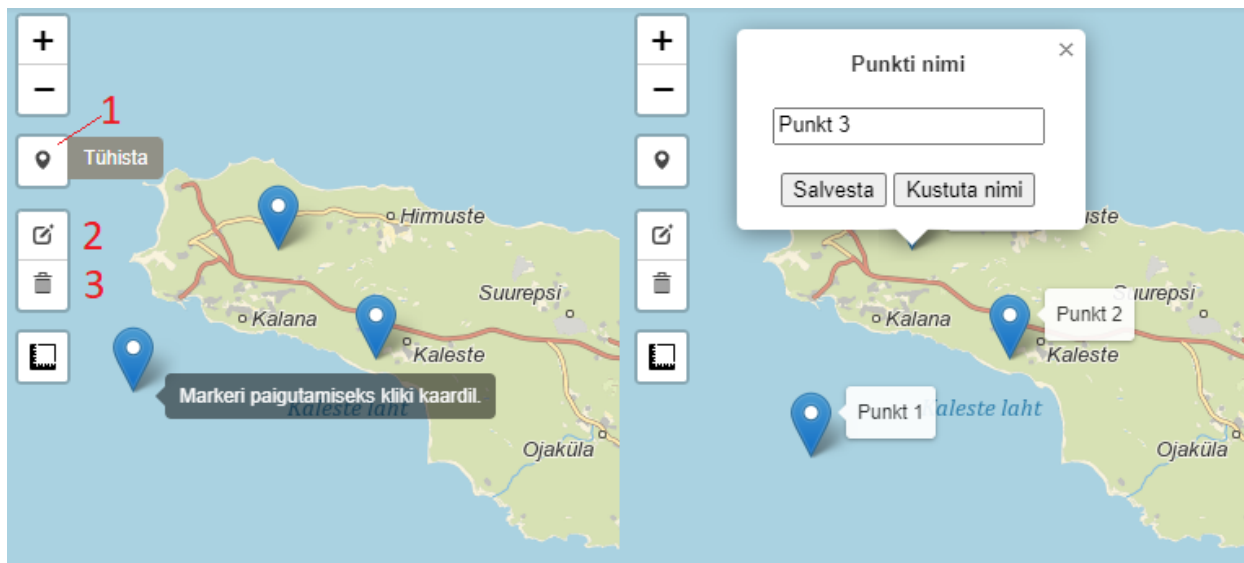
Kihti saab filtreerida ka rohkem kui ühe atribuudi järgi, sel juhul saab valida, kas atribuutide vahel kasutatakse operaatorit “Ja” või “Või”. Operaatori “Ja” valimisel kuvatakse kaardil punktid, mis vastavad iga valitud atribuudi tingimustele, operaatori “Või” valimisel kuvatakse kaardil punktid, mis vastavad vähemalt ühe valitud atribuudi tingimustele. Vaikimisi on kahe filtri vahele valitud operaator “Või”, mida saab kasutaja seadistada vastavalt vajadusele (joonis 6). Ühele atribuudile rohkem kui ühe väärtuse valimise korral kasutatakse väärtuste vahel operaatorit “Või”, sest punkti atribuutidel on alati üks väärtus: näiteks ei saa punkt paikneda korraga kahes maakonnas.

Iga filtri saab nupust eemaldada, filtri atribuudile valitud väärtuse eemaldamiseks saab klikkida väärtuse ees olevat märkeruutu, et sealt linnuke eemaldada. Soovi korral saab filtrite akna peita, et kaardipilti paremini näha. Filtri akna peitmisel on kihtide menüüs väljakutsete kihi all näha nupud

“Muuda filtrit” ja “Eemalda kõik filtrid”. Esimesel nupul vajutamine toob filtri akna taas nähtavale, teisel nupul vajutamine eemaldab kihilt kõik filtrid. Kasutaja saab filtri akna asukohta muuta, lohistades selle endale meelepärasesse kohta.

### 3.1.7. Kaardile huvipunktide lisamine

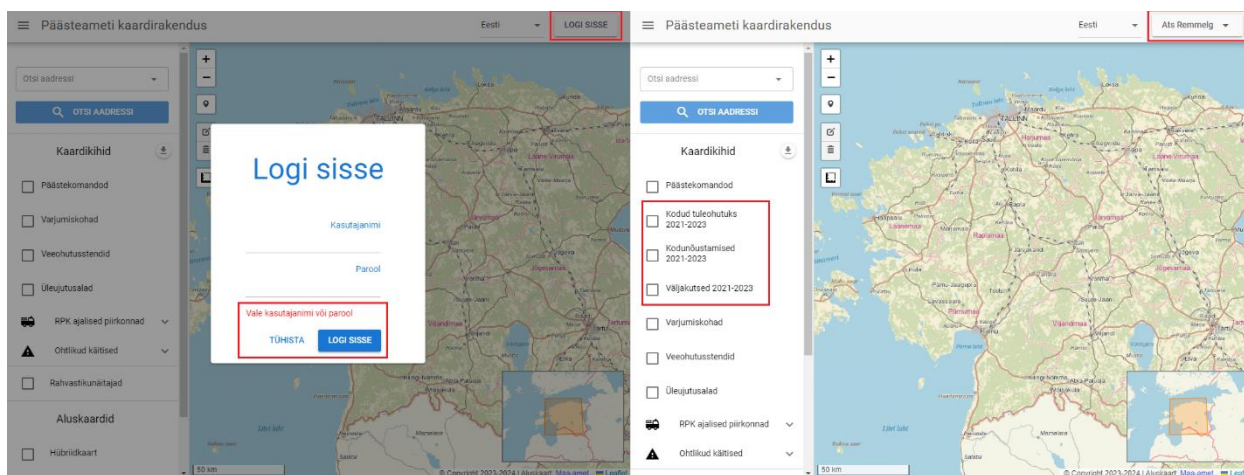
Huvipunktide lisamise funktsionaalsuse võimaldamiseks kaasati rakendusse npm abil Leaflet-i pakett Leaflet draw (Leaflet, 2012/2024). Leaflet draw võimaldab märkida kaardile punkte ning joonistada erinevaid kujundeid. Sooviti vaid punktide märkimise funktsiooni, seega seadistati pakett nii, et kasutajal ei oleks võimalik muid kujundeid joonistada. Kasutaja võib lisada kaardile mitu punkti (joonis 7, vasakul) ja saab nende asukohta ükshaaval muuta. Igalet punktile saab lisada nime, mis kuvatakse punkti kõrval (joonis 7, paremal). Punkte saab kustutada kas ükshaaval või kõik korraga. Pakett tõlgiti lõppkasutajat silmas pidades töö autori poolt ka eesti keelde.



**Joonis 7.** Punktide märkimiseks kaardile (vasakul) saab kasutada nuppu 1, muutmiseks nuppu 2 ja kustutamiseks nuppu 3. Paremal on illustreeritud punktidele nimede lisamine.

### 3.1.8. Kasutaja tuvastamine

Kasutaja tuvastamise võimalus lisati selleks, et osad kaardikihid oleksid nähtavad vaid sisselogitud kasutajatele. Loodi sisselogimise vorm, mis avaneb rakenduse ülemises paremas nurgas oleval sisselogimise nupul vajutades (joonis 8). Kasutajanime ja parooli sisestamise järel nupul “Logi sisse” vajutades saadab veebilehitseja päringu serverisse. Kui kasutajanimi ja parool on õiged, saadab server positiivse vastuse, misjärel kuvatakse rakenduse üleval paremas nurgas sisselogimise nupu asemel kasutaja nimi ning kihtide loendis muidu peidetud kaardikihid. Kasutaja nimel vajutades ilmub rippmenüü välja logimiseks. Vale kasutajanime või parooli sisestamise korral kuvatakse sisselogimise vormil veateade.

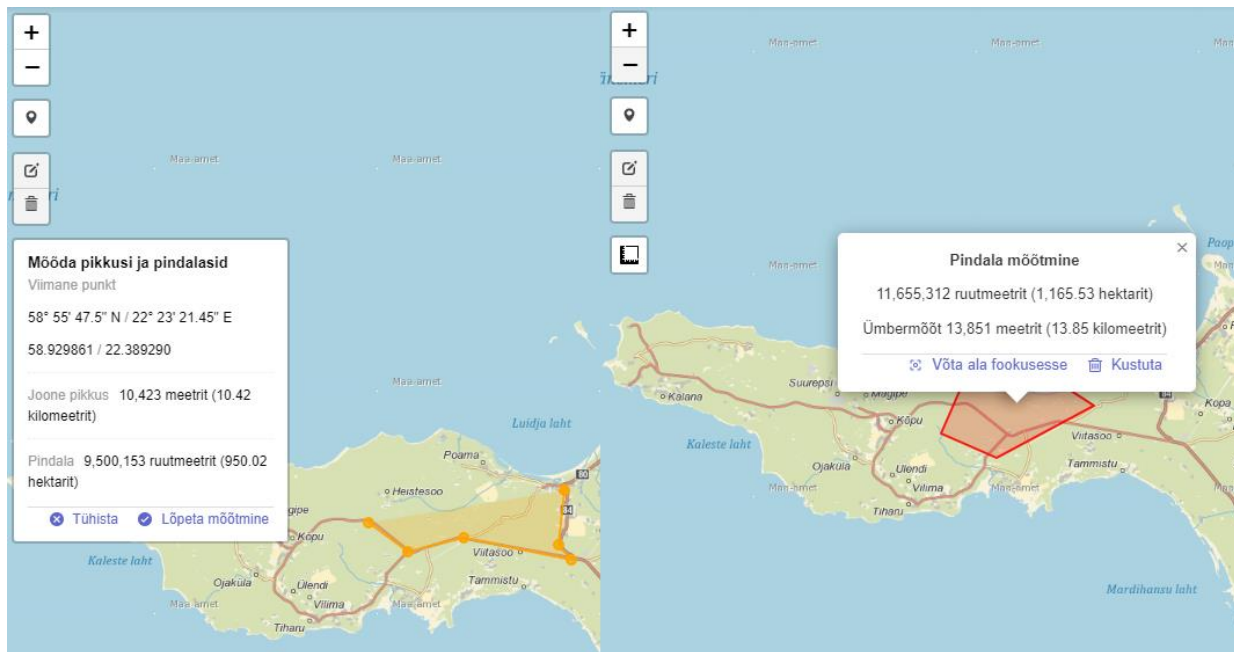


**Joonis 8.** Vasakpoolsel kuvatömmisel üleval sisselogimise nupp ja keskel veateade. Parempoolsel kuvatömmisel üleval kuvatud kasutaja nimi ja kihtide loendis ilmunud uued kihid.

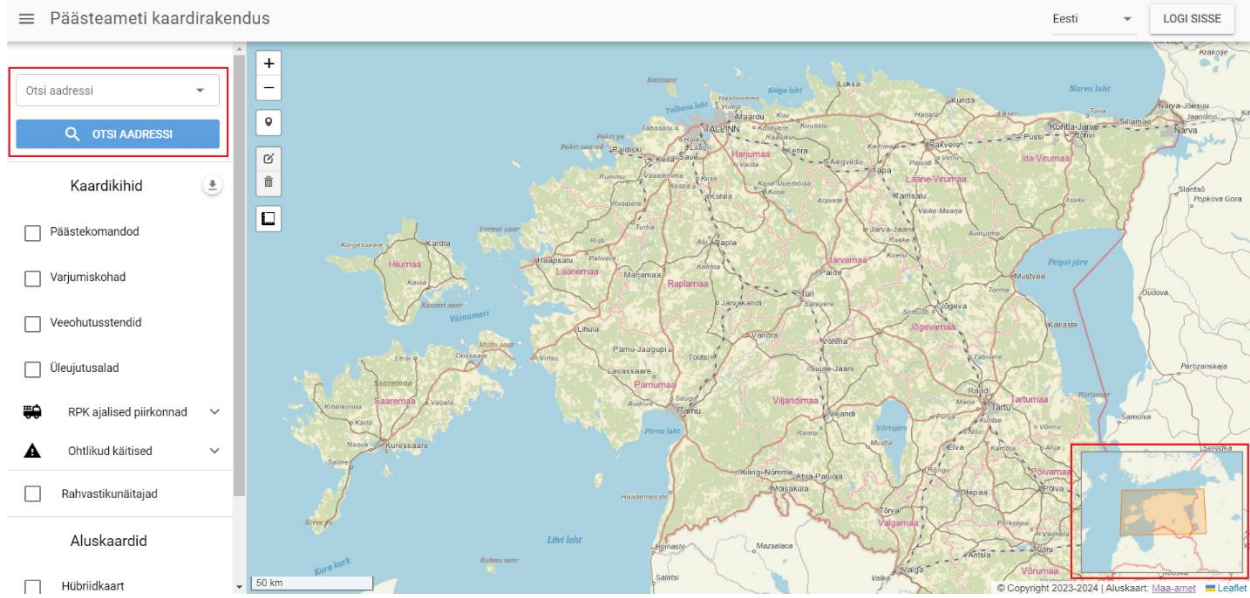
### 3.1.9. Täiendavad funktsionaalsused

Lisaks Päästeameti poolt soovitud funktsionaalsustele lisati rakendusse mõõteriist, ülevaatekaart ja asukoha otsing, sest erialakirjanduses (Kidd, 2010; Komarkova et al., 2011; Kong et al., 2015) on välja toodud, et need muudavad kaardirakenduse kasutamise lihtsamaks. Mõõteriista lisamiseks kasutati Leafleti paketti Leaflet-measure (LJA Engineering, Inc, 2015/2024), mis lisati rakendusse npm abil. Mõõteriista abil saab kaardile huvipakkuvasse alasse punkte märkides mõõta pikkusi ja pindalasid (joonis 9). Mõõteriist tõlgiti lisamise järel ka eesti keelde. Ülevaatekaardi alumisse

parempoolsesse nurka (joonis 10) lisamiseks kasutati Leafleti paketti Leaflet-minimap (Norkart, 2012/2024). Viimaks lisati aadressiotsing (joonis 10) Maa-ameti In-ADS paketina (Maa-amet, 2024), mis kuvab otsinguribale vähemalt kolme tähe kirjutamisel võimalikke vasteid. Kui nimekirjast valitakse sobiv aadress ja klikitakse nupul “Otsi aadressi”, käivitub funktsioon, mis liigutab kaardipildi aadressi koordinaatidele.



**Joonis 9.** Pikkuste (vasakul) ja pindalade (paremal) mõõtmine Leaflet-measure tööriistaga.



**Joonis 10.** Aadressiotsing (vasakul) ja ülevaatekaart (paremal).

### 3.1.10. Rändekalkulaatori andmemudeli ümberehitamine

Kaardirakendusse kaudselt puutuva tööna osutus vajalikuks ümber ehitada Rändekalkulaatori andmemudel, et eraldada erinevad rahvastikunäitajad omavalitsuste andmetabelitest ning muuta üldine arvutusloogika selgemaks. Täiendavalt vajab andmemudel uuendamist ka seetõttu, et omavalitsuste EHAK koode uuendatakse omavalitsuste piiride muutmisel ning selle tulemusel uuenenud koodi tõttu ei jõudnud info Rändekalkulaatorist enam päringu kaudu kaardirakendusse. Loodud kaardirakenduses kasutataksegi uuendatud andmemudeli põhjal arvutatud Rändekalkulaatori andmeid.

## 3.2. Päästeameti tagasiside rakendusele

### 3.2.1. Esimene tagasisidevoor

Esimene tagasisidevoor toimus 4. aprillil 2024 ja osalejateks olid viis Päästeameti esindajat. Tagasiside kogumiseks lepiti kokku videokõne, mille alguses tutvustati küsitlust ja selle eesmärki. Seejärel anti vastajatele ligipääs küsimustikule ja kaardirakendusele, et nad saaksid omas tempos küsimustele vastata ja rakendust testida. Vastajatel kulus küsimustiku täitmiseks keskmiselt veidi

üle 18 minuti. Küsimustiku täitmise järel said vastajad veel täiendavalt muljeid ja tagasisidet jagada. Lisaks täpsustati soovitud funktsionaalsusi.

Üldise ülevaate esimese tagasisidevooru küsimustiku esimese sektsiooni rakenduse testimise tulemustest annab tabel 3. Esimeseks testimisvooruks polnud funktsionaalsused 1, 2 ja 3 rakendusse lisatud, seega said vastajad esmalt hinnata funktsionaalsust “Rahvastiku demograafilise struktuuri prognoosi vaatamine kuni aastani 2045”. Kolm vastajat leidsid, et funktsionaalsus on rakenduses olemas ning kaks, et funktsionaalsus on osaliselt olemas. Funktsionaalsuse testimiseks paluti kasutajatel leida, mitu inimest elab prognoosi järgi Türi vallas aastal 2035 ning anda saadud vastus. Neli vastajat viiest andsid õige vastuse (9508), üks vastajatest andis vastuseks 8075, mis on Türi vallast idas asuva Järva valla prognoos aastaks 2035. Seega said kõik vastajad funktsionaalsuse kasutamisega hakkama, kuid mingil põhjusel anti ühel juhul naabervalla rahvaarv.

Järgmisena hinnati funktsionaalsust “Liuguri kasutamine prognoosi aastate vahel liikumiseks”. Kõik viis vastajat leidsid, et funktsionaalsus on rakenduses olemas. Kontrollküsimusele, mis palus leida prognoositava mediaanvanuse Hiiumaa vallas aastateks 2030 ja 2040 andsid täpselt õige vastuse (49,525 ja 51,585) neli vastajat. Üks vastaja andis küll kaudsema, aga samuti õige vastuse kirjutades, et mõlemal aastal on prognoositav mediaanvanus üle 49 aasta. Kõik vastajad leidsid, et funktsionaalsust oli lihtne kasutada.

Funktsionaalsuse “Võimalus andmeid alla laadida, et neid vajadusel mujal kasutada” olemasolu kohta rakenduses vastasid neli inimest viiest, et see on lisatud. Neljast funktsionaalsust kasutanud vastajast kaks leidsid, et seda oli lihtne kasutada ja ülejäänud kaks leidsid, et seda oli keeruline kasutada. Vastajad täpsustasid juba küsimustiku täitmise ajal, et nad ei leia kohta, kust saaks kihi alla laadida. Töö autori juhise abil leidsid vastajad allalaadimise koha üles ning said allalaadimisega hakkama.

**Tabel 3.** Esimese tagasisidevooru rakenduse testimise tulemused. Keerukuse osas tähendab 0: ülesannet oli lihtne täita, 1: ülesannet oli keeruline täita, 2: ei saanud ülesande täitmisega hakkama.

Funktsionaalsus		Rakendusse lisatud			Kontrollküsimus		Keerukus		
Nr	Kirjeldus	Jah	Osaliselt	Ei	Õige	Vale	0	1	2
1	Sisselogimise võimalus: kaks tasandit - avalik ja asutusesisene.			5					
2	Rakendusega saab lisada kasutajale huvipakkuvaid punkte (komandopunktid, konstaablipunktid, kiirabijaamad jne).			5					
3	Rakenduse abil saab joonistada alasid, et teada saada, palju huvipakkuvasse alasse elanikke jääb.			5					
4	Aastate ja omavalitsuste kaupa on võimalik vaadata elanike arvu ja prognoosi (sh ka soo ja vanuserühmade kaupa).	3	2		4	1	5		
5	Erinevate rahvastikuprognosi aastate vahel liikumiseks peab saama kasutada liugurit.	5			5		5		
6	Võimalus rakendusest andmeid välja importida, et neid ArcGIS keskkonnas edasi kasutada.	4		1	-	-	2	2	
7	Sündmuste (ressursside väljasõitude) kiht peab olema filtreeritav.	4		1	3	1	4		

Rakenduse esialgse versiooni viimase funktsionaalsusena said kasutajad hinnata “Võimalust filtreerida päästekomandode väljasõitude punktikihti atribuutide järgi”. Neli vastajat viiest leidsid, et funktsionaalsus on olemas. Vastajatel paluti filtri abil leida, mitu väljakutset toimus Ruhnu saarel aastal 2022. Sellele küsimusele oli vastanud vaid kolm inimest, kuid kõik olid jõudnud õige vastuseni: 2022. aastal oli Ruhnu saarel 4 väljakutset. Samas leidsid neli vastajat, et ülesande täitmine oli lihtne. Miks üks vastaja jättis sellele küsimusele eelneva vastuse andmata, ei ole töö autorile teada.

Funktsionaalsust puudutavate küsimuste järel said vastajad viimases seksioonis hinnata rakenduse üldist kasutatavust. Selleks paluti neil hinnata kümmet väidet skaalal 1 – 5, kus 1 tähistas “ei nõustu üldse” ja 5 tähistas “nõustun täielikult”. Väited on välja toodud tabelis 4, kus on näha, et paarituarvulised väited on positiivsed ja paarisarvulised negatiivsed. Seega on parim hinnang paarituarvulisele küsimusele 5 ja paarisarvulisele 1. Tabelis 5 on kirjeldatud süsteemi kasutatavuse hindamise tulemusi, mille põhjal saadi süsteemi üldiseks kasutatavuse tulemuseks 75 punkti 100-st võimalikust.

**Tabel 4.** Rakenduse kasutatavuse hindamiseks kasutatud väited.

1.	Mulle meeldiks seda rakendust tihti kasutada.
2.	Rakendus tundus minu jaoks liialt keeruline.
3.	Mulle tundus, et rakendust oli lihtne kasutada.
4.	Ma arvan, et mul oleks selle rakenduse kasutamiseks vaja tehnilist tuge.
5.	Soovitud funktsioonid oli rakendusse hästi integreeritud.
6.	Rakenduses oli liiga palju vastuolulisust.
7.	Enamus inimesi õpiksid rakenduse kasutamise kiiresti ära.
8.	Rakenduse kasutamine oli väga tülikas.
9.	Ma tundsin end rakendust kasutades kindlalt.
10.	Ma arvan, et peaksin enne rakenduse efektiivset kasutamist palju juurde õppima.

**Tabel 5.** Rakenduse kasutatavuse hindamise tulemused esimeses voorus.

Küsimus	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Tulemus
Vastaja 1	5	1	5	2	4	1	4	1	5	1	92,5
Vastaja 2	4	1	5	4	3	3	2	1	3	2	65
Vastaja 3	4	2	4	2	3	1	5	1	4	2	80
Vastaja 4	4	2	4	1	3	1	5	4	4	1	77,5
Vastaja 5	4	3	3	5	5	1	4	1	2	4	60
Keskmine	4,2	1,8	4,2	2,8	3,6	1,4	4,0	1,6	3,6	2,0	<b>75</b>

Pärast küsimustiku täitmist ja rakenduse testimist vesteldi osalejatega umbes 30 minutit, et veel täiendavat tagasisidet saada. Arutelu käigus saadi testijatelt kokku kuus soovitud rakenduse parendamiseks, küsimustiku vastustena saadi aga kaks parendusideed, mis toodi välja ka arutelus. Seega tuli arutelust välja neli uut ideed, kuidas võiks rakendust edasi arendada. Tagasiside käigus selgunud ideed arendustöök on kirjeldatud tabelis 6.

**Tabel 6.** Tagasiside esimese vooru küsimustikust ja arutelust.

Tagasiside	Kus esile toodi
Allalaadimise koha leidmine oli keeruline.	Küsimustik ja arutelu
Filtri tingimuste valikul võiks olla menüü, kus saaks linnukese teha väärtuse ette (väljakutsete kihi filtreerimise kohta).	Küsimustik ja arutelu
Liuguri kasutamine võiks olla sujuvam, et saaks võrrelda.	Arutelu
Liuguril võiks olla funktsioon prognoosi ettemängimiseks.	Arutelu

Üleujutusandmeid võiks uuendada, et saaks erinevate vee tõusmise tasemeid näidata.	Arutelu
Aluskaart koosneb ruutudest, mistõttu mõned kohanimed katkevad ja mõned nimed korduvad.	Arutelu

### 3.2.2. Esimese tagasisidevooru tulemuste põhjal tehtud muudatused

Esimese tagasisidevooru põhjal muudeti esmalt allalaadimise funktsionaalsust, sest mitmed testijad ütlesid, et seda oli keeruline leida. Selleks muudeti kaardikihtide haldamise moodulit, kuhu lisati kaardikihtide sektsiooni pealkiri “Kaardikihid” ning aluskaartide sektsiooni pealkiri “Aluskaardid”. Esimeses versioonis oli iga kaardikihi juures infonupp, millele vajutades avanes dialoogiaken kaardikihi allalaadimiseks. Need nupud eemaldati ning lisati üks allalaadimise ikooniga nupp kohtspikriga “Kihtide allalaadimine” pealkirja “Kaardikihid” kõrvale. Nupul vajutamisel avaneb nimekiri allalaetavatest kihtidest.

Väljakutsete filtreerimise funktsionaalsus toimis esimese testimisvooru ajal nii, et valitud atribuudile rohkem kui ühe väärtuse lisamiseks tuli lisada uus väli ning sinna väärtus valida. Vastavalt tagasisidele muudeti seda nii, et igale atribuudile väärtuste valimiseks oleks üks väli rippmenüüga, kus saab väärtusi valida märkeruutu kasutades nagu testija oli soovitanud.

Otseselt tagasisidest tulenevalt muudeti esimese tagasisidevooru järel aluskaarte, mis laeti rakendusse Leafleti eripärast tulenevalt väiksemate paanidena, mitte terve suure kaardina. Selle tulemusel kuvati mõningaid paani piirile jäävaid kohanimedid katkendlikult ning suuremate linnade puhul kuvati üht kohanime mitu korda. Sarnast probleemi märkas oma uurimistöös ka Kama (2023). Olukorra parandamiseks asendati aluskaardid Maa-ameti poolt juba eelnevalt paanideks jagatud kaartidega, mis arvestavad Leafleti eripäradega.

Liuguri kasutamise juures muudeti sujuvamaks kaardil kuvatavate rahvastikuandmete rakendusse jõudmine. Rakenduse esimeses versioonis kasutati rahvastikuandmete kuvamise demoversiooni, mis tegi prognoosi aasta muutmisel päringu serverisse ning uuendas seejärel kogu kaardiobjekti, mistõttu eelnes uute andmete näitamisele kuni mõnesekundiline paus. Selle vältimiseks päriti valitud prognoosi kohta kõigi aastate andmed, et need oleks rakenduse sessioonis olemas ning

koheselt kättesaadavad. Tänu sellele on võimalik prognoosi aasta muutmisel rahvastikuandmeid viivituseeta kuvada.

Projekti esialgses lähteülesandes sooviti kaardirakendusse täiendavalt funktsionaalsust, mis võimaldaks joonistada alasid, et teada saada, kui palju sinna alasse elanikke jääb. Töö autor katsetas erinevaid võimalusi ning jõudis lõpuks lahenduseni, kus kasutati paketi Leaflet draw abil kaardile joonistatud kujundi koordinaate, et koostada ja saata WFS-päring GeoServerisse, mis saadaks vastusena alasse jäävad punktid. Vastusest saaks omakorda välja lugeda punktide info, sealhulgas elanike arvu.

Loodud lahendus jäi rakendusse siiski lisamata, sest Päästeamet soovis antud funktsionaalsust kasutada rahvastikuprognoosi andmekihil, kuid antud kiht näitas rahvastiku paiknemist vaid omavalitsuste kaupa. Selleks, et väiksemasse alasse jäävat elanike hulka leida, oleks vaja välja töötada meetod, mis jaotaks Rändekalkulaatori abil loodud kohaliku omavalitsuse rahvastikuprognoosi väiksemaks ruudustikuks sarnaselt Statistikaameti poolt pakutavatele rahvastikuandmetele. Esimese tagasisidevooru järel toimunud arutelu käigus loobusid Päästeameti esindajad sellest funktsionaalsusest.

### **3.2.3. Teine tagasisidevoor**

Teine tagasisidevoor toimus 8. mail ja osalejateks olid 6 Päästemaeti esindajat. Selleks ajaks olid kaardirakendusse lisatud kõik funktsionaalsused, välja arvatud funktsionaalsus 3 “Rakenduse abil saab joonistada alasid, et teada saada, palju huvipakkuvasse alasse elanikke jääb,” millest Päästeameti esindajad esimese arutelu vooru käigus loobusid. Üldise ülevaate teise tagasisidevooru küsimustiku rakenduse testimise osast annab tabel 7. Esimesena said kasutajad testida sisselogimise funktsionaalsust, mille jaoks loodi testijatele eraldi kasutajanimi ja parool. Kõik kuus testijat leidsid, et funktsionaalsus on rakenduses olemas ning hindasid sisselogimise protseduuri lihtsaks. Selle osa juures ei olnud vastajatel muudatusettepanekuid.

Teise funktsionaalsuse juures leidsid kolm testijat, et see on olemas, kaks arvasid, et see on osaliselt olemas ning üks vastaja märkis, et seda pole rakendusse lisatud. Viiest vastajast neli leidsid, et funktsionaalsust on lihtne kasutada ning üks vastas, et ei saanud ülesannet täidetud. Üks

vastaja lisas arendusettepanekuna soovitus, et kaardile märgitavatele punktidele võiks saada juurde märkida ka atribuute.

**Tabel 7.** Teise tagasisidevooru rakenduse testimise tulemused. Keerukuse osas tähendab 0: ülesannet oli lihtne täita, 1: ülesannet oli keeruline täita, 2: ei saanud ülesande täitmisega hakkama.

Funktsionaalsus		Rakendusse lisatud			Kontrollküsimus		Keerukus		
Nr	Kirjeldus	Jah	Osaliselt	Ei	Õige	Vale	0	1	2
1	Sisselogimise võimalus: kaks tasandit - avalik ja asutusesisene.	6			-	-	6		
2	Rakendusega saab lisada kasutajale huvipakkuvaid punkte (komandopunktid, konstaablipunktid, kiirabijaamad jne).	3	2	1	-	-	4		1
3	Rakenduse abil saab joonistada alasid, et teada saada, palju huvipakkuvasse alasse elanikke jääb.			5					
4	Aastate ja omavalitsuste kaupa on võimalik vaadata elanike arvu ja prognoosi (sh ka soo ja vanuserühmade kaupa).	3	3		5	1	4	2	
5	Erinevate rahvastikuprognosi aastate vahel liikumiseks peab saama kasutada liugurit.	6			5	1	5	1	
6	Võimalus rakendusest andmeid välja importida, et neid ArcGIS keskkonnas edasi kasutada.	5	1		-	-	4		2
7	Sündmuste (ressursside väljasõitude) kiht peab olema filtreeritav.	4		2	4		4		

Neljanda funktsionaalsuse osas hindasid kolm vastajat, et see on rakenduses olemas ning kolm vastajat, et see on osaliselt olemas. Viis vastajat kuuest andsid kontrollküsimusele õige vastuse, neli vastajat leidsid, et ülesannet oli lihtne lahendada ning kahele valmistas ülesande lahendamine raskusi. Lisaks anti testijate poolt kaks muudatusettepanekut: lisada liugurile nupp, mis mängiks rahvastikuprognosi ette ning pöörata väiksemate ekraanide puhul aastaarvud vertikaalseks, et neid paremini näha oleks.

Rahvastikuprognosi aastate muutmiseks liuguri kasutamise osas (nr 5) leidsid kõik kuus vastajat, et see funktsionaalsus on rakendusse lisatud. Viis vastajat kuuest vastasid kontrollküsimusele õigesti, üks kirjutas vastusesse mediaanvanuse asemel rahvastikuprognosi. Funktsionaalsuse kasutamise keerukuse osas leidsid viis vastajat, et ülesande lahendamine oli lihtne ja üks märkis ülesande lahendamise keeruliseks. Liuguri kohta käivad soovitusel olid juba neljanda funktsionaalsuse juures välja toodud ning olid seega korduvad.

Viis vastajat kuuest leidsid, et rakendusest on võimalik andmeid alla laadida (nr 6), üks vastaja märkis, et funktsionaalsus on osaliselt olemas. Kontrollküsimust selles osas ei olnud, vastajad pidid vaid soovitud kihi alla laadima. Neli vastajat märkisid, et kihi allalaadimine oli lihtne, kaks ei leidnud allalaadimise kohta üles.

Väljakutsete kihi filtreeritavuse osas (nr 7) leidsid neli vastajat kuuest, et see funktsionaalsus on olemas, kaks märkisid, et seda pole lisatud. Kõik neli vastasid kontrollküsimusele õigesti ning hindasid, et ülesannet oli lihtne lahendada. Üks vastaja kirjutas tagasisidena, et filtrite lisamisel võiksid valitud filtrite väärtused kuvatud olla.

Küsimustiku teise osa, rakenduse kasutatavuse hindamise tulemusi kujutab tabel 8. Kõige kõrgemalt (97,5) hindas üldist kasutatavust Vastaja 1, kõige madalamalt (60) aga vastajad 4 ja 6. Rakenduse keskmiseks kasutatavuse hinnanguks kujunes teises voorus 79,6 punkti.

**Tabel 8.** Rakenduse kasutatavuse hindamise tulemused teises voorus.

Küsimus	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Tulemus
Vastaja 1	5	1	5	1	5	1	4	1	5	1	97,5
Vastaja 2	4	1	4	1	5	1	5	1	4	4	85
Vastaja 3	4	2	4	1	4	1	4	1	3	1	82,5
Vastaja 4	4	3	4	4	4	3	4	2	3	3	60
Vastaja 5	5	1	5	1	4	1	4	1	5	2	92,5
Vastaja 6	4	2	3	3	4	3	3	2	3	3	60
Keskmine	4,3	1,7	4,2	1,8	4,3	1,7	4,0	1,3	3,8	2,3	<b>79,6</b>

Sarnaselt esimesele tagasisidevoorule vesteldi küsimustiku täitjatega vabas vormis ligikaudu 30 minutit, et täiendavat tagasisidet saada. Arutelu käigus toodi välja kokku 12 ettepanekut, kuidas rakendust edasi arendada, küsimustikust tuli välja kokku viis ettepanekut. Neli ideed olid kattuvad, ehk esinesid nii arutelus kui ka küsimustikus. Vestluse käigus kerkis seega esile kaheksa uut mõtet rakenduse parendamiseks. Tagasiside käigus selgunud ideed arendustöök on kirjeldatud tabelis 9.

**Tabel 9.** Tagasiside teise vooru küsimustikust ja arutelust.

<b>Tagasiside</b>	<b>Kus esile toodi</b>
Väiksema ekraani puhul on liuguri all kuvatavad aastaarvud liialt tihedalt koos, need võiks vertikaalseks pöörata.	Küsimustik
Rakendusse lisatavatele huvipunktidele ei saa lisada nimetust või atribuuti, rakendusse võiks saada lisada ka punkte gps- või kml-failist.	Küsimustik ja arutelu
Kaardil võiks saada eraldi kuvada riiklikke ja vabatahtlikke komandosid.	Küsimustik ja arutelu
Liuguril võiks olla nupp prognoosi ettemängimiseks.	Küsimustik ja arutelu
Väljakutsete kihi filtreerimisel võiksid valitud väärtused olla kuvatud.	Küsimustik ja arutelu
Komandode kiht ja ajalised piirkonnad tuleks uuendada.	Arutelu
A-tüüpi ohtliku käitise ja selle ohuala nimes võiks olla A-täht, nagu on B- ja C-tüüpi ohtlike käitiste juures.	Arutelu
Ajaliste piirkondade värve võiks muuta, et oleksid paremini eristatavad.	Arutelu
Kodunõustamiste kihti võiks saada aastate kaupa filtreerida.	Arutelu
Kui rahvastikunäitajad on sisse lülitatud, siis võiks saada ka teisi kihte hiireklõpsuga pärida.	Arutelu
Väljakutseid ja kodunõustamisi võiks saada koos vaadelda: kodunõustamiste kiht peaks kõrgemal asuma.	Arutelu
Väljakutsete kihti võiks saada kuvada kuumkaardina.	Arutelu
Varjumiskoha leppemärk võiks olla ametlik, mida ka mujal kasutatakse.	Arutelu

### **3.2.4. Teise tagasisidevooru tulemuste põhjal tehtud muudatused**

Teise tagasisidevooru järel lisati rahvastikuprognosis ettemängimiseks liuguri juurde nupp, mille vajutamisel kuvatakse järjestikku iga aasta prognoos valitud rahvastikunäitaja kohta, et kasutajale kiire ülevaade anda. Prognoosi ettemängimine peatub 2045. aasta juures, siis saab prognoosi soovi korral taasesitada. Lisaks on prognoosi ettemängimist võimalik igal ajal seisma panna ja jätkata käsitsi aastaarvu valimist.

Väljakutsete kihi filtreerimise juurde lisati iga atribuudi puhul valitud väärtuste kuvamine. Mõnel atribuudil võib olla kümneid väärtusi (nt kohalikud omavalitsused), seega kuvatakse maksimaalselt viis valitud väärtust. Rohkem kui viie valiku tegemisel näidatakse nimekirja järel ülejäänud väärtusi kujul "... +1", et kasutajal oleks ülevaade, mitu varianti on nimekirjast valitud. Täiendavalt lisati funktsioon, mis võimaldab väärtuste rippmenüü avamisel trükkides endale vajalikku vastet otsida.

Lihtsamad filtreerimisfunktsioonid lisati kihtidele "Päästekomandod" ja "Kodunõustamised 2021-2023". Mõlemal juhul lisati kihi aktiveerimisel nähtavaks muutuv rippmenüü, millest saab esimese kihi puhul valida komando tüüpi ("Vabatahtlik" ja "Riiklik") ning teise kihi puhul kodunõustamise aastat (2021, 2022 ja 2023). Lisaks uuendati kaardikihid "Päästekomandod" ja komandode väljasõiduajad ning lisati A-klassi ohtlike kätiste ja nende ohualade juurde nende klass "A", mis enne puudus. Arutelude käigus selgus, et Päästeameti töötajad tahaksid näha, kuidas paiknevad üksteise suhtes väljakutsete ja kodunõustamiste punktide kihid, selline võimalus loodi rakendusse muutes vastavate kihtide z-indekseid.

Juba olemasolevatest funktsionaalsustest täiendati võimalust lisada kaardile huvipakkuvaid punkte. Täpsemalt sooviti võimalust täiendada punkte atribuutidega. Selleks lisati funktsioon, mis avab punktile vajutades väikese dialoogiakna, kus on võimalik punktile nimi panna või see kustutada. Enne punktile nime panekut kuvatakse hiire punktile liigutamisel kohtspikker "Vajuta punktile nime lisamiseks" andmaks kasutajale märku, et selline võimalus on olemas. Vähemalt ühele punktile nime lisamisel kohtspikrit enam ei kuvata.

Arutelude käigus tekkis tellijal küsimus, et kas kasutajal endal oleks võimalik lisada rakendusse uusi kaardikihte. Kaardikihid kuvatakse rakenduses läbi GeoServeri päringu, seega peaks kasutaja saama mingil viisil ligipääsu GeoServerisse või peaks kasutajal olema rakendusliidese kaudu võimalus lisada enda kaardikiht PostgreSQL andmebaasi ja seejärel Geoserveris avaldada. Sellised lahendused pole kõige praktilisemad, seega jõudsime kokkuleppele, et kui soovitakse uusi kihte lisada või vanu asendada, siis teeb seda andmebaasi haldaja, mitte kasutaja ise.

Täiendavalt tekkis Päästeameti esindajatel idee, et ehk saaks väljakutsete ja kodunõustamiste andmeid kuvada kuumkaardina. Sellisel viisil andmete kuvamine annaks parema ülevaate piirkondadest kus esineb rohkem punkte, kuid võimalus jäi siiski lisamata, sest selleks tuleks

GeoServerisse saata WFS-päring, mille vastusena saabuvate kümnete tuhandete punktide andmete töötlemine ja kaardil kuvamine poleks veebilehitsejale jõukohane.

## 4. Arutelu

### 4.1. Tellija soovide väljaselgitamine

Autori hinnangul oli üks keerulisimaid aspekte kaardirakenduse arendamise juures tellija ootuste täpne mõistmine ja ühise arusaama saavutamine. Projekti esialgses kirjelduses olid ootused kaardirakendusele väga üldsõnalised ning nende alusel asuti rakendust arendama. Tellija ei olnud esialgu päris kindel kõikides rakenduse kasutamise aspektides, kuid kohtumiste jooksul hakkasid soovid üha selgemaks saama. Seetõttu toimus arendustöö tihti katse-eksituse meetodil, kus esialgu töötati välja demolahendus, mida siis asuti tagasiside põhjal edasi arendama. Rakenduse arendaja seisukohalt oleks ideaalne, kui kriteeriumid oleksid algusest peale väga detailselt teada, siis oleks lõpplahenduseni jõudmine oluliselt lihtsam. Samas pole see tõenäoliselt ühegi arenduse puhul päris lõpuni võimalik, kuid kasutajate kaasamine viib sellele kindlasti lähemale.

Vaatamata arendusprotsessi keerukusele on mitmed autorid rõhutanud lõppkasutajate kaasamise olulisust kaardirakenduse loomisel ja testimisel (Poplin, 2015; Roth et al., 2015; Unrau et al., 2017), kuid siiski pole see tavaline praktika. Eesti näitel on leitud, et kasutajate kaasamine kaardirakenduste arendamisse on pigem erandlik (Mahlapuu, 2013), avalike e-teenuste loomisel kasutajate kaasamise uurimisel leiti samuti, et kasutajaid on vähe kaasatud (Parman, 2017). Viimases uuringus tuuakse välja, et kaasamine on ebamugav ja keeruline tegevus ning mõnel juhul kaasatakse kasutajaid vaid formaalselt, sest plaanitav lahendus on arendajate poolt juba välja mõeldud.

Autor saab nõustuda, et kasutajate arendusse kaasamine pole tõepoolest lihtne, kuid siiski väga vajalik loodava rakenduse kasutajasõbralikkuse ja funktsionaalsuse tagamiseks. Tellijate kui lõppkasutajatega suheldes ning tagasisidet kogudes saadi uusi ideid rakenduse paremaks muutmiseks ja uute funktsionaalsuste lisamiseks või lepiti kokku algselt soovitud võimalustest loobumise osas. Näiteks otsustasid Päästeameti esindajad arutelude käigus loobuda alade joonistamisest kaardile, et teada saada, kui palju sinna elanikke jääb. Funktsionaalsus töötati küll prooviversioonina välja, kuid ilmnas, et sellest poleks rakenduses väga palju kasu, sest eesmärk oleks teada saada, milline on prognoositav rahvaarv joonistatud alas. Töö kirjutamise ajal võimaldas Rändekalkulaator rahvastikuprognose arvutada vaid kohaliku omavalitsuste tasandil, mis on üksikute päästekomandode tööpiirkondade planeerimiseks enamasti liiga suur ala.

Eelnevalt kirjeldatud funktsionaalsusest loobumist võib põhjendada sellega, et tellijal, kes igapäevaselt ruumiandmetega kokku ei puutu, on keeruline ette näha, milliseid võimalusi mõni konkreetne andmekiht pakkuda võiks. Rakenduse algse versiooni proovimisel tekib parem ettekujutus, kuidas ruumiandmed kaardil välja näevad ning koos teiste andmekihtidega töötavad. Sarnase järelduseni jõudsid ka Komarkova et al. (2017) ja Venkatesh et al. (2011), kes tõdesid, et kasutaja ootused ja arusaam kasutatavast süsteemist muutuvad selle kasutamise jooksul. Seega võiks kaardirakenduse arendamisel esmalt valmis teha kõige põhilisemad funktsioonid, et kasutaja saaks andmete ja rakendusega tutvuda ning seejärel hakata lisama keerulisemaid funktsionaalsusi.

Tellijal tekkis rakendust testides soov ise rakendusse kaardikihte lisada, mida toodi välja nii esimeses kui teises tagasisidevoorus. Esmapilgul võib selline operatsioon üpriski lihtne tunduda, sest tarkvarad nagu QGIS ja ArcGIS pakuvad võimalust enda kiht lihtsalt rakenduse aknasse lohistada ning kaardipildil kuvada. Sellise funktsionaalsuse lisamine veebirakendusse on loomulikult võimalik, kuid eeldab arendajalt väga suurt ajalist panust või alternatiivina väga teadlikku GIS-i kasutajat, kes on võimeline kihi sobivas vormingus ette valmistama, et seda oleks võimalik tõrgeteta rakendusse lisada. Kannangara et al., (2009) löid veebipõhise kaardirakenduse ruumiandmete kuvamiseks, mis võimaldas kasutajatel andmeid üles laadida, kuid selleks tuli kasutajal rakenduse juhiste järgi ette valmistada kindlate parameetritega Excel-i fail. Antoniou (2011) viitab oma uurimistöös, et *Open Street Map*-i panustajad saavad avalikku ruumiandmebaasi täiendada mitmete erinevate rakenduste abil, mis on väljatöötatud teiste kasutajate poolt. Sarnast lahendust oleks võimalik kasutada, kuid nagu varem on leitud, nõuaks selleks vajalike funktsioonide loomine oluliselt suuremat ajakulu kui tellija poolt antud kihi käsitsi ettevalmistamine ja andmebaasi lisamine rakenduse haldaja poolt. Lisaks ühilduvusega seonduvatele probleemidele avab failide üleslaadimise funktsionaalsus lisavõimaluse serveri ründamiseks: kasutaja saab serverisse laadida suvalise faili ning seda pahatahtlikel eesmärkidel ära kasutada (Lee et al., 2020). Taoliste turvariskide vältimiseks on väiksema rakenduse puhul mõistlik andmekihtide haldamine serveri haldaja ülesandeks jätta.

Arutelude käigus leidis tellija, et väljakutsete punktikiht võiks olla kuvatud kuumkaardina, aga see funktsionaalsus jäi siiski lisamata. Kuumkaardi loomise võimalus on Leaflet-i teegis olemas, aga see ei võimalda kaardil suurandmeid kuvada, sest andmemaht pole veebilehitsejale jõukohane. Leaflet-i kasutajate poolt on loodud laiend `heatmap.js`, mis peaks dokumentatsiooni järgi suutma

hallata kuni 40 000 punktiga kihte, kuid see jäi siiski proovimata, sest väljasõitude kihil on üle 120 000 punkti. Kui see funktsionaalsuse soov oleks algusest peale teada olnud, siis oleks saanud valida suurandmete haldamiseks sobivamad tehnoloogiad või arvestada arendustöök lisanduva ajakuluga, et sobivad lahendused ise välja töötada. Veebikaardi teegi vahetamine (näiteks OpenLayers-i vastu) teise tagasisidevooru järel oleks tähendanud seda, et suur osa juba tehtud tööst oleks olnud vaja ümber teha, mis koos uue teegi kasutamise õppimisega poleks võimaldanud projekti tähtajaks valmis saada. Lisaks tellija teadmatusel mängib siin rolli ka autori vähene kogemus veebikaardi rakenduste loomisel: enne töö alustamist võiks kogenum kaardirakenduste arendaja suuremad kitsaskohad tuvastada ning vastavalt sellele valida sobivad tehnoloogiad. Kokkuvõttes tundub tellija soovide muutumine töö käigus igati loomulik ja sellega peaks arendustööd planeerides mingil määral arvestama.

#### **4.2. Tellija tagasiside**

Päästeametilt koguti kahel korral süsteemsemat tagasisidet, kasutades küsimustikke ja vestlust. Rakendust katsetasid esimeses voorus viis ja teises kuus inimest, mis pole küll suur testijate arv, kuid Nielsen (1994) tõi oma töös välja, et kolm kuni viis testijat suudavad tuvastada ligikaudu 85% tarkvara puudujääkidest. Lisaks on välja toodud, et rakenduse testimisel võiks eelistada lõppkasutajat (Komarkova et al., 2017; Unrau ja Kray, 2019) loomaks kasutaja ootustele vastavat kasutajaliidest ning lihtsustamaks arendaja tööd. Seetõttu kaasati testimisse vaatamata väiksemale valimile just Päästeameti esindajad, et nad saaksid rakendust varakult tundma õppida, arendusprotsessis kaasa rääkida ning aidata leida suuremad puudujäägid.

Loodava veebipõhise GIS-i hindamisel kasutati sarnaselt Fechner et al. (2015) ning Ingensand ja Golay (2011) lähenemisele nii testimist kui küsitlemist, et testija prooviks läbi funktsionaalsused, mida rakendusse on soovitud ning saaks neile tagasisidet anda. Eriti oluliseks kujunes tagasisidestamise juures just testimisele järgnenud küsitlemise osa, kus Päästeameti esindajad said oma mõtteid jagada ning teha täiendavaid ettepanekuid selles osas, kuidas rakendust võiks paremaks muuta. Kasutaja kaasamise olulisust intervjuu või küsitlemise meetodil on oma töös rõhutanud Parman (2017). Erinevate funktsionaalsuste testimine ja tagasiside iga küsimuse juures on kindlasti oluline, kuid arendustöö kontekstis tundus, et rohkem ideid ja arengukohti tuli välja pärast testimist toimunud küsitlemise käigus, mis kujunes vabas vormis aruteluks.

Esimeses tagasisidevoorus toodi küsimustikus tagasisidena välja kolm mõtet, kuidas võiks rakendust edasi arendada, arutelu käigus aga kuus mõtet, millest kaks kattusid küsimustiku ideedega. Sarnane trend oli ka teises tagasisidevoorus: küsimustikus toodi välja viis arendusettepanekut, arutelus aga 12, kusjuures kattuvaid mõtteid oli neli. Seega nii esimeses kui teises tagasisidevoorus oli küsimustikus mõlemal juhul üks selline mõte, mida arutelus eraldi välja ei toodud.

Kahe küsitlusvooru tulemused näitavad, et arutelu käigus pakuti välja ligikaudu kaks korda rohkem ideid kui kirjalikku küsimustikku täites. Võimalikuks põhjenduseks võib pidada seda, et kirjalikult küsiti tagasisidet vaid nendele funktsionaalsustele, mida Päästeamet oli kaardirakendusse soovinud. Arutelu käigus toodi esile aspekte rakenduse kohta üldisemalt, näiteks teises tagasisidevoorus tuli mitmeid soovitusi kaardikihtide ja leppemärkide uuendamiseks, lisaks sooviti uut funktsionaalsust kodunõustamiste kihi filtreerimiseks.

Kasutatavuse mõttes kerkisid arutelude käigus esile kasulikud soovitused juba lisatud funktsionaalsuste kohta. Näiteks toodi esimeses tagasisidevoorus mitmete kasutajate poolt välja, et kihtide allalaadimise kohta oli raske leida. See muudeti teiseks vooruks ära ning tundus, et lahendus oli kasutajatele arusaadav, sest teises voorus ei maininud keegi seda ei küsimustikus ega ka arutelus. Täiendava näitena toodi esimese vooru arutelus esile, et väljasõitude kihile võiks saada väärtuseid valida märkeruutudega, et protsess lihtsam oleks. Soovitus on igati mõistlik ja loogiline, sest arendaja ei pruugi ise töö käigus kõiki selliseid nüansse tabada, seega on testija panus arendusprotsessi väga väärtuslik.

Tulemuste põhjal ei saa siiski kindlalt väita, et arutelu formaat oleks igas olukorras tulemuslikum, sest sarnaseid tulemusi võiks ilmselt saavutada ka küsimustikku kasutades. Selleks tuleks lisada täiendavaid küsimusi selliste arendusettepanekute kohta, mis ei puuduta otseselt lähteülesandes sõnastatud funktsionaalsusi. Tõenäoliselt on siiski raske ette näha kõiki olukordi, mis kasutajale probleeme valmistavad, seega võimalikult sisuka tagasiside saamiseks võiks täiendavalt kasutada küsitlemise või arutelu meetodit. Sarnast lähenemist on soovitanud ka teised autorid varasemates töödes (Fechner et al., 2015; Ingensand ja Golay, 2011; Komarkova et al., 2017; Poplin, 2015).

Juhul, kui rakenduse testijad on rakenduse lõppkasutajad, nagu antud töö kontekstis, saab testijatele arutelu käigus selgitada, millised lahendused on teostatavad ja millised pigem mitte. Näiteks kirjutas üks vastaja esimese vooru tagasisidesse, et väljakutsete kihil võiks sarnaselt

rahvastikuandmetele olla juures prognoos, et näha, kui palju oleks väljakutseid tulevikus. Isegi kui selline funktsionaalsus oleks mõistlik, jääb see siiski seatud lähteülesande ulatusest välja, sest taolise prognoosi koostamine ja selleks meetodika välja töötamine oleks eraldi suur projekt. Seega võiks arutelu või küsitlemine olla hea viis, kuidas tellijat arendusprotsessi kaasata.

Lisaks rakenduse funktsionaalsuste testimisele täitsid testijad süsteemi kasutatavuse skaala küsimustiku, kus hindasid kümme rakenduse kohta käivat väidet. Esimeses küsitlusvoorus kujunes süsteemi kasutatavuse skooriks 75, teises voorus 79,6 punkti, seega oli vastajate hinnangul süsteemi kasutatavus muudatuste abil tõenäoliselt paranenud. Samas on võimalik, et vastajad hindasid teises voorus rakendust kõrgemalt, sest see oli neile juba tuttavam ja seetõttu lihtsam kasutada. Lisaks täheldas autor mõlema küsitlusvooru puhul, et esimesena küsimustiku täitmise lõpetanud hindaja andis süsteemi kasutatavusele kõige kõrgema hinde ning vestluse jooksul selgus, et ta oli ka kogenum GIS-i kasutaja. Sellest tõstus küsimus, kas kasutatavuse hindamise tulemusel on mingi seos hindaja eelneva kogemusega GIS-i kasutamisel. Antud töö tulemuste põhjal ei ole sellele küsimusele paraku võimalik kindlat vastust anda.

### **4.3. Tehnoloogiline keerukus**

Kaardirakenduse arendamisel lihtsustasid autori tööd mitmed tulemuste peatükis mainitud paketid nagu näiteks Leaflet-measure ja Leaflet draw. Leaflet draw võimaldas võrdlemisi lihtsalt rakendusse integreerida tellija poolt soovitud funktsionaalsuse lisada kaardile erinevaid punkte. Selliste pakettide puudumisel oleks käesoleva töö maht oluliselt suurem, sest soovitud funktsionaalsused tuleks täies mahus ise programmeerida.

Siiski võib selliste pakettide kasutamisel probleeme tekkida. Näiteks ei saanud autor tööriista Leaflet-measure paketti npm-i abil rakendusse lisada, sest see ei töötanud nii, nagu peaks. Konkreetset põhjust, miks pakett loodud rakenduses korrektselt ei töötanud, on raske välja tuua, kuid üks võimalik variant on ühildamatus arenduses kasutatud Vue raamistikuga. Olukorra lahendamiseks laeti pakett alla ning lisati eraldi moodulina rakenduse failide hulka.

Täiendavaid väljakutseid pakkus kohati Leaflet-i raamides vajalike funktsionaalsuste rakendusse lisamine, täpsemalt rahvastikuprognoosi kaardipildi uuendamise sujuvamaks muutmine. Paketid nagu Leaflet on lahutamatuks osaks kaardirakenduse arendamisel ning pakuvad hulgaliselt

erinevaid laiendusi ja võimalusi nagu näiteks eelnevalt mainitud Leaflet draw ja Leaflet-measure. Samas pole kõigi loodava rakenduse jaoks vajalike funktsionaalsuste jaoks laiendusi loodud, sellisel juhul tuleb lahendused ise leida. Väljakutse seisneb selles, et sõltuvalt valitud tehnoloogia piirangutest ei pruugi lahendust funktsionaalsel kujul alati olemas olla, kuid lahendust otsima asudes pole see alati ette teada. Sobivate lahenduste leidmine eeldab kasutatava teegi head tundmist või põhjalikku dokumentatsiooniga tutvumist, et näha, milliseid võimalusi teek pakub.

Suurimaks väljakutseks kujunes rakenduse loomise juures Päästeameti väljakutsete kihile filtri loomine. WMS-kihi atribuutide põhjal filtreerimise võimalus iseenesestki oli autori jaoks varem teadmata, kuid keerukust lisas veel tõik, et esialgses lähteülesandes oli kihi filtreerimine defineeritud väga üldsõnaliselt. Seetõttu ei vastanud esimene lahendus, kus väljakutsete kihti sai filtreerida vaid ühe atribuudi ja ühe väärtuse järgi, sugugi tellija ootustele. Tagasiside käigus täpsustatud soovide alusel valmis filtrist teine täielikult ümber ehitatud versioon, kus sai kihti filtreerida mitme atribuudi järgi, igal atribuudil võis olla mitu väärtust ning atribuutide vahel sai kasutada operaatoreid “ja” ning ”või”. Tagasiside põhjal täiendati seda veel kolmandat korda, et filtri atribuutide väärtuste valimisel avanevas rippmenüüs saaks valikuid teha väärtuse nime ees olevat märkeruutu klikkides.

Tellijalt tuli tagasiside, et väärtuste valikul võiks olla variant “Vali kõik”, mille märkimisel valitakse filtrisse kõik võimalikud väärtused. Pärast selle võimaluse lisamist jõudis autor aga arusaamale, et filtri puhul pole kõigi valikute valimine mõistlik, sest filtreerimise mõte ongi kuvada ainult mõningaid, mitte kõiki väärtusi. Funktsionaalsuse lisamine ei võtnud küll kaua aega, kuid näitas ilmekalt, et enne taoliste muudatuste tegemist tuleks võtta aega, et mõelda ja tellijaga läbi arutada, kas konkreetse funktsionaalsuse lisamine annab midagi juurde või mitte. Vaatamata GeoServeri poolt pakutavale võrdlemisi lihtsale võimalusele WMS-kihte atribuutide järgi filtreerida, kujunes filtri funktsiooni kirjutamine kokkuvõttes kõige ajamahukamaks osaks kogu kaardirakenduse loomise juures.

#### **4.4. Loodud veebipõhine kaardirakendus kui ROTS**

Töö käigus valminud veebipõhine kaardirakendus päästevõrgustiku planeerimiseks Eestis vastab suures plaanis ROTS-i karakteristikutele. Lihtsamini äratuntava joonena viitavad rakenduse puhul

ROTS-ile erinevad ruumiandmed ja rakenduse loomine päästevaldkonna jaoks, mille puhul on ruumiliste aspektide arvestamine määrava tähtsusega (Keenan & Jankowski, 2019; Pick & Weatherholt, 2012; Power, 2008). Keenan ja Jankowski (2019) järgi mängivad ROTS-is olulist rolli väljastpoolt organisatsiooni pärit andmed, sest need võimaldavad otsustamiseks luua paremaid mudeleid. Päästeameti jaoks olulise asutusevälise allikana kaasati rakendusse Rändekalkulaatori andmed, et neid oleks päästevõrgustiku planeerimisel võimalik arvesse võtta.

Tüübi poolest võiks loodud ROTS-i liigitada andmepõhiseks, sest selle loomisel oli oluliseks eesmärgiks anda kasutajatele ülevaade erinevatest lahendatava probleemiga seotud andmestikest. ROTS-i eesmärk on esmalt olla otsustaja abiline, mis aitab andmeid analüüsida ja otsustajale lihtsamini mõistetavas vormis esitleda (Crossland, 2008). Teise tagasisidevooru arutelu käigus rakendusega tutvudes selgus, et Päästeameti esindajatele pakkus huvi uurida korraga väljakutsete punktikihti koos kodunõustamiste punktikihiga, mis viitab, et rakendusest on andmetega tutvumisel abi olnud. Lisaks sellele võimaldab loodud ROTS muuta otsustamisprotsessi läbipaistvamaks, sest rakendus võimaldab otsustamisele toeks olnud ruumiandmeid lihtsasti taasesitada. Sellisele järeldusele on OTS-ide kohta üldisemalt jõudnud ka Pick ja Weatherholt (2012).

## Kokkuvõte

Uurimistöö eesmärgiks oli luua veebipõhine ROTS, mis aitaks Päästeameti esindajatel langetada otsuseid Eesti päästevõrgustiku planeerimisel. ROTS-i arendati veebipõhise GIS-ina, et kasutajad saaksid kuvada enda jaoks vajalikke ruumiandmeid ja vaadata rahvastikuprognooši. Veebipõhise GIS-i loomine oli Päästeameti poolt projektis defineeritud eesmärk, kuid selle kasuks räägib üldisemalt ka hea ligipääsetavus, sest rakenduse kasutamine ei eelda arvutisse spetsiaalsete programmide paigaldamist.

Rakenduses kuvatavaid ruumiandmeid hoiti PostgreSQL andmebaasis, mille sisu avaldati GeoServeris. Kasutajale loodi võimalus teha rakenduses GeoServerisse päringuid, et kuvada just endale huvipakkuvaid andmekihte. Kaardirakenduse kasutajaliidese loomiseks kasutati programmeerimiskeelt JavaScript Vue raamistikul ning kujundamiseks CSS-i Quasar raamistikul. Kaardipildi kuvamiseks kasutati avatud lähtekoodiga teeki Leaflet, millele on arendajate kogukonna poolt loodud hulgaliselt laiendusi. Mõningaid nendest laiendustest nagu näiteks Leaflet-measure ja Leaflet draw kasutati antud kaardirakenduse arendamisel.

Kaardirakendusse lisati Päästeameti poolt soovitud aluskaardid, kaardikihid ja funktsionaalsused. Mõned neist olid kirjeldatud juba projekti lähteülesandes ning mõned selgusid töö käigus. Kaardirakendusest on võimalik vaadata rahvastikuprognooši aastani 2045 ning muuta prognoosi aastat liuguriga. Kasutaja saab lisada kaardile punkte ning huvipakkuvaid andmeid alla laadida. Päästeameti väljakutsete kihti on võimalik filtreerida erinevate atribuutide järgi. Rakenduses on ka sisselogimise funktsioon, mille abil näidatakse tuvastatud kasutajale täiendavaid kaardikihte. Lisaks Päästeameti poolt soovitud funktsionaalsustele lisati rakendusse erialakirjanduse soovitude põhjal ülevaatekaart, mõõteriist pikkuste ja pindalade mõõtmiseks ning asukohaotsing.

Rakenduse arendamise ajal koguti Päästeameti esindajatelt tagasisidet, et võimalikud puudused arendustöö käigus tuvastada ning projekti valmimise ajaks võimalikult kasutajasõbralik kaardirakendus üle anda. Koostöö Päästeametiga oli sujuv ning aitas rakenduse arendamisele igati kaasa. Töö tulemusena valminud rakendus läheb Eesti päästevõrgustiku planeerimiseks Päästeameti kasutusse, mõnevõrra piiratud ligipääsuga erinevatele andmekihtidele saavad rakendust kasutada kõik soovijad.

# **Developing a web-based mapping application as a spatial decision support system for rescue network planning in Estonia**

Ats Remmelg

## **Summary**

The purpose of this research was to create a Spatial Decision Support System (SDSS) that would assist Estonian Rescue Board in making decisions when planning the Estonian rescue network. SDSS was developed as a web-based GIS, so users could view the necessary data and population prognosis. Creating the web-based GIS was a goal defined in the project by the Rescue Board, but it also offers good accessibility as no special programs need to be installed on the computer to use the application.

The spatial data used in the application was stored in the PostgreSQL database, with the database content being published in GeoServer. Users can make requests to the server via the application to view layers that are of interest to them. Javascript with the Vue framework and CSS with the Quasar framework were used to create the user interface of the application. The open source library Leaflet was used to add the map functionality to the application. Leaflet comes with a lot of extensions, like Leaflet-measure and Leaflet draw, that were used in creating the web-based application.

Base maps, layers and functionalities required by the Rescue Board were added to the application. Some of the layers and functionalities were first described in the project's tasks, and some of them emerged during the discussions. The population prognosis up to the year 2045 can be viewed in the application, and the year of the prognosis can be changed using a slider. The user can add points of interest to the map and download layers of data. The dispatches layer can be filtered by different properties. Also provided is a login function that enables authenticated users to view additional data layers. In addition to the functionalities required by the Rescue Board, an overview map, measuring tool, and address search were added to the map.

Feedback was gathered from the Rescue Board during application development to identify possible shortcomings in the development phase to deliver a user-friendly and functional application in time for delivery. Collaboration with the Rescue Board was successful and greatly assisted in the

development process. The web application that was created during this research will be used by the Rescue Board to plan the Estonian rescue network, with somewhat limited access to the application being provided to anyone who is interested.

## **Tänuavaldused**

Täna väga enda juhendajaid Evelyn Uuemaad ja Alexander Kmochi, et nad pakkusid välja minu jaoks parima võimaliku teema, mis ühendab endas minu suured huvid: geograafia ja programmeerimise. Huvipakkuva teema kallal töötada on lust, eriti kui juhendajad on alati valmis enda nõu ja kogemusi jagama. Veel täna oma elukaaslast Kätlynit, kes alati kõik mured ja rõõmud ära kuulab ning oma olemasoluga töö valmimise oluliselt lihtsamaks muutis.

## Kasutatud kirjandus

- Abdullah, M., Bahurmuz, N., Alnajim, R., & Alshingiti, Z. (2020). Decision making using document driven decision support systems. *International Journal of Data Science*, 5(2), 168. <https://doi.org/10.1504/IJDS.2020.112145>
- Ada, Ş., & Ghaffarzadeh, M. (2015). Decision Making Based On Management Information System and Decision Support System. *European Researcher*, 93(4), 260–269. <https://doi.org/10.13187/er.2015.93.260>
- Antoniou, V. (2011). *User generated spatial content: An analysis of the phenomenon and its challenges for mapping agencies.*
- Bartlett, R., & Rivard, J. (2014). Comparison of six free online mapping tools. *Association of Canadian Map Libraries and Archives Bulletin*, 147, 52–56.
- Brooke, J. (1995). *SUS - A quick and dirty usability scale.*
- Crossland, M. (2008). Decision Support Systems. *Encyclopedia of GIS.*
- Davari, S., Fazel Zarandi, M. H., & Hemmati, A. (2011). Maximal covering location problem (MCLP) with fuzzy travel times. *Expert Systems with Applications*, 38(12), 14535–14541. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.05.031>
- De Lima, L. M. M., De Sá, L. R., Dos Santos Macambira, A. F. U., De Almeida Nogueira, J., De Toledo Vianna, R. P., & De Moraes, R. M. (2019). A new combination rule for Spatial Decision Support Systems for epidemiology. *International Journal of Health Geographics*, 18(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s12942-019-0187-7>
- Esmaelian, M., Tavana, M., Santos Arteaga, F. J., & Mohammadi, S. (2015). A multicriteria spatial decision support system for solving emergency service station location problems.

- International Journal of Geographical Information Science*, 29(7), 1187–1213.  
<https://doi.org/10.1080/13658816.2015.1025790>
- Farkas, G. (2017). Applicability of open-source web mapping libraries for building massive Web GIS clients. *Journal of Geographical Systems*, 19(3), 273–295.  
<https://doi.org/10.1007/s10109-017-0248-z>
- Fast, V., & Hossain, F. (2020). An Alternative to Desktop GIS? Evaluating the Cartographic and Analytical Capabilities of WebGIS Platforms for Teaching. *The Cartographic Journal*, 57(2), 175–186. <https://doi.org/10.1080/00087041.2019.1631514>
- Fechner, T., Wilhelm, D., & Kray, C. (2015). Ethermap: Real-time Collaborative Map Editing. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 3583–3592. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702536>
- GeoServer. (2024). *GeoServer*. Vaadatud 26.05.2024. <https://geoserver.org/>
- Gil, M., Wróbel, K., Montewka, J., & Goerlandt, F. (2020). A bibliometric analysis and systematic review of shipboard Decision Support Systems for accident prevention. *Safety Science*, 128, 104717. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104717>
- GitLab B.V. (2024). *The most-comprehensive AI-powered DevSecOps platform*. Vaadatud 26.05.2024. <https://about.gitlab.com/>
- Halbich, Č., & Vostrovský, V. (2011). GIS as spatial decision support system. *Agris On-Line Papers in Economics and Informatics*.
- Ingensand, J., & Golay, F. (2011). Remote-Evaluation of User Interaction with WebGIS. K. Tanaka, P. Fröhlich, & K.-S. Kim (Toim), *Web and Wireless Geographical Information Systems* (Kd 6574, lk 188–202). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-19173-2\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-642-19173-2_15)

- JavaScript* / MDN. (2024). Vaadatud 04.03.2024. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript>
- Kannangara, D., Fernando, N., & Dias, D. (2009). A web based methodology for Visualizing Time-varying Spatial Information. *2009 International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS)*, 233–238. <https://doi.org/10.1109/ICIINFS.2009.5429860>
- Keenan, P. B. (2008). Geographic Information and Analysis for Decision Support. F. Burstein & C. W. Holsapple, *Handbook on Decision Support Systems 2* (lk 65–79). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-48716-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-540-48716-6_4)
- Keenan, P. B., & Jankowski, P. (2019). Spatial Decision Support Systems: Three decades on. *Decision Support Systems*, *116*, 64–76. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2018.10.010>
- Kidd, J. C. (2010). *Web-Based Mapping: An Evaluation of Free Mapping Applications and Web Gis for Library Reference Services*. School of Information and Library Science of the University of North Carolina.
- Kama, J. (2023). *Veebialuskaartide koostamine ETAKi andmete põhjal*.
- Kochilakis, G., Poursanidis, D., Chrysoulakis, N., Varella, V., Kotroni, V., Eftychidis, G., Lagouvardos, K., Papathanasiou, C., Karavokyros, G., Aivazoglou, M., Makropoulos, C., & Mimikou, M. (2016). A web based DSS for the management of floods and wildfires (FLIRE) in urban and periurban areas. *Environmental Modelling & Software*, *86*, 111–115. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.09.016>
- Komarkova, J., Sedlak, P., Habrman, J., & Cermakova, I. (2017). Usability evaluation of Web-based GIS by means of a model. *2017 International Conference on Information and Digital Technologies (IDT)*, 191–197. <https://doi.org/10.1109/DT.2017.8024296>

- Komarkova, J., Sedlak, P., Novak, M., Musilova, A., & Slaviskova, V. (2011). Methods of usability evaluation of web-based geographic information systems. *International Journal of Systems Applications, Engineering & Development*.
- Kong, N., Zhang, T., & Stonebraker, I. (2014). Common metrics for web-based mapping applications in academic libraries. *Online Information Review*, 38(7), 918–935. <https://doi.org/10.1108/OIR-06-2014-0140>
- Kong, N., Zhang, T., & Stonebraker, I. (2015). Evaluation of web GIS functionality in academic libraries. *Applied Geography*, 60, 288–293. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.017>
- Leaflet. (2024). *Leaflet*. Vaadatud 26.05.2024. <https://leafletjs.com/>
- Leaflet. (2024). *Leaflet.draw* [JavaScript]. Leaflet. Vaadatud 13.05.2024. <https://github.com/Leaflet/Leaflet.draw> (Original work published 2012)
- Lee, T., Wi, S., Lee, S., & Son, S. (2020). FUSE: Finding File Upload Bugs via Penetration Testing. *Proceedings 2020 Network and Distributed System Security Symposium*. Network and Distributed System Security Symposium, San Diego, CA. <https://doi.org/10.14722/ndss.2020.23126>
- LJA Engineering, Inc. (2024). *Leaflet-measure* [JavaScript]. LJA Engineering, Inc - GIS. Vaadatud 13.05.2024. <https://github.com/ljagis/leaflet-measure> (Original work published 2015)
- Maa-amet. (2024). *Integreeritav aadressiotsing In-ADS*. Vaadatud 02.05.2024. <https://geoportaal.maaamet.ee/est/teenused/integreeritav-aadressiotsing-in-ads-p504.html>
- Mahlapuu, M. (2013). *Eestis kaardirakenduste tootmisel lõppkasutajate kaasamine*.
- Microsoft. (2024). *Visual Studio Code—Code Editing. Redefined*. Vaadatud 26.05.2024. <https://code.visualstudio.com/>

- Mileti, F. A., Miranda, P., Langella, G., Pacciarelli, M., De Michele, C., Manna, P., Bancheri, M., & Terribile, F. (2022). A geospatial decision support system for ecotourism: A case study in the Campania region of Italy. *Land Use Policy*, *118*, 106131. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106131>
- Netek, R., Pohankova, T., Bittner, O., & Urban, D. (2023). Geospatial Analysis in Web Browsers—Comparison Study on WebGIS Process-Based Applications. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *12*(9), 374. <https://doi.org/10.3390/ijgi12090374>
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Elsevier.
- Norkart. (2024). *Leaflet-MiniMap* [HTML]. Norkart. <https://github.com/Norkart/Leaflet-MiniMap> (Original work published 2012)
- npm Inc. (2024). *Npm Docs*. Vaadatud 19.03.2024. <https://docs.npmjs.com/>
- OGC: Web Feature Service. (2024). Vaadatud 26.05.2024. <https://www.ogc.org/standard/wfs/>
- OGC: Web Map Service. (2024). Vaadatud 26.05.2024. <https://www.ogc.org/standard/wms/>
- OpenJS Foundation. (2024). *Node.js—Run JavaScript Everywhere*. Vaadatud 19.03.2024. <https://nodejs.org/en>
- OpenLayers. (2024). *OpenLayers*. Vaadatud 25.05.2024. <https://openlayers.org/>
- Papathanasiou, J., & Kenward, R. (2014). Design of a data-driven environmental decision support system and testing of stakeholder data-collection. *Environmental Modelling & Software*, *55*, 92–106. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.01.025>
- Parman, I. (2017). *Kasutajate kaasamine Eesti avalike e-teenuste arendamisel*.
- pgAdmin. (2024). *pgAdmin—PostgreSQL Tools*. Vaadatud 26.05.2024. <https://www.pgadmin.org/>

- Pick, R. A., & Weatherholt, N. (2012). A Review On Evaluation And Benefits Of Decision Support Systems. *Review of Business Information Systems (RBIS)*, 17(1), 7–20. <https://doi.org/10.19030/rbis.v17i1.7580>
- Poplin, A. (2015). How user-friendly are online interactive maps? Survey based on experiments with heterogeneous users. *Cartography and Geographic Information Science*, 42(4), 358–376. <https://doi.org/10.1080/15230406.2014.991427>
- Positium OÜ. (2021). *Rändekalkulaator*. Vaadatud 12.04.2024. <https://mc.ut.ee/>
- PostGIS PSC, & OSGeo. (2024). *PostGIS*. PostGIS. Vaadatud 26.05.2024. <https://postgis.net/>
- PostgreSQL Global Development Group. (2024, mai 26). *PostgreSQL*. PostgreSQL. Vaadatud 26.05.2024. <https://www.postgresql.org/>
- Power, D. J. (2000). *Decision Support Systems Hyperbook*. <http://dssresources.com/subscriber/password/dssbookhypertext>
- Power, D. J. (2002). *Decision support systems: Concepts and resources for managers*. Quorum Books.
- Power, D. J. (2007). *A Brief History of Decision Support Systems*. DSSResources.com. <https://dssresources.com/history/dsshistory.html>
- Power, D. J. (2008). Understanding Data-Driven Decision Support Systems. *Information Systems Management*, 25(2), 149–154. <https://doi.org/10.1080/10580530801941124>
- QGIS. (2024). *QGIS.org (2024)*. *QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project*. <Http://qgis.org>. Vaadatud 26.05.2024. <https://qgis.org/en/site/>
- Quasar Framework*. (2024). Quasar Framework. Vaadatud 12.04.2024. <https://quasar.dev/>

- Roeder, J., Palmer, M., & Muntermann, J. (2022). Data-driven decision-making in credit risk management: The information value of analyst reports. *Decision Support Systems*, 158, 113770. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2022.113770>
- Roth, R., Ross, K., & MacEachren, A. (2015). User-Centered Design for Interactive Maps: A Case Study in Crime Analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(1), 262–301. <https://doi.org/10.3390/ijgi4010262>
- Sivrikaya, F., Baskent, E. Z., Sevik, U., Akgul, C., Kadiogullari, A. I., & Degermenci, A. S. (2010). A GIS-BASED DECISION SUPPORT SYSTEM FOR FOREST MANAGEMENT PLANS IN TURKEY. *Environmental Engineering and Management Journal*, 9(7), 929–937. <https://doi.org/10.30638/eemj.2010.124>
- Statistikaamet. (2024). *Eesti haldus- ja asustusjaotuse klassifikaator 2024v1—Statistikaameti klassifikaatorid*. Vaadatud 24.04.2024. <https://klassifikaatorid.stat.ee/item/stat.ee/67cb6ca6-d9c0-490d-9a26-44514fae19f6/4>
- Sutton, R. T., Pincock, D., Baumgart, D. C., Sadowski, D. C., Fedorak, R. N., & Kroeker, K. I. (2020). An overview of clinical decision support systems: Benefits, risks, and strategies for success. *Npj Digital Medicine*, 3(1), 17. <https://doi.org/10.1038/s41746-020-0221-y>
- Torvalds, L. (2024). *Git*. Vaadatud 26.05.2024. <https://git-scm.com/>
- Troškina, O. (2015). *Veebipõhiste kaardirakenduste loomise rakendusliideste võrdlus*.
- Unrau, R., & Kray, C. (2019). Usability evaluation for geographic information systems: A systematic literature review. *International Journal of Geographical Information Science*, 33(4), 645–665. <https://doi.org/10.1080/13658816.2018.1554813>
- Unrau, R., Ostkamp, M., & Kray, C. (2017). An approach for harvesting, visualizing, and analyzing WebGIS sessions to identify usability issues. *Proceedings of the ACM SIGCHI*

*Symposium on Engineering Interactive Computing Systems*, 33–38.

<https://doi.org/10.1145/3102113.3102122>

Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., Chan, F. K. Y., Hu, P. J.-H., & Brown, S. A. (2011). *Extending the two-stage information systems continuance model: Incorporating UTAUT predictors and the role of context*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2575.2011.00373.x>

*Vue.js*. (2024). Vaadatud 26.05.2024. <https://vuejs.org/>

Wen, R., & Li, S. (2022). Spatial Decision Support Systems with Automated Machine Learning: A Review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(1), 12. <https://doi.org/10.3390/ijgi12010012>

Xiaoli, L., Chen, Y., & Daoliang, L. (2009). *A Spatial Decision Support System for Land-use Structure Optimization*. 8(3).

You, M., Chen, C., Liu, H., & Lin, H. (2007). *A Usability Evaluation of Web Map Zoom and Pan Functions*.

# Lisad

## Lisa 1. Tagasiside küsimustiku vorm

### Päästeameti kaardirakenduse funktsionaalsuse ja kasutatavuse hindamine

Tere!

Minu nimi on Ats Remmelg ja ma kirjutan Tartu Ülikooli geograafia osakonnas magistritööd kaardirakenduse loomisest päästevõrgustiku planeerimiseks Eestis. Töö on osa projektist "Päästevõrgustiku teaduspõhine tulevikuvaade." Töö eesmärk on süstemaatiliselt lähenedes luua vajaliku info ja funktsioonidega kaardirakendus, mis oleks Päästeametile päästevõrgustiku planeerimisel abiks.

Küsimustiku eesmärk on koguda tagasisidet loodud kaardirakenduse kohta selle praeguses tööfaasis, et välja selgitada, kas rakendus täidab seatud eesmärgid ning kuidas seda edasi arendada. Tagasisidestamiseks saate küsimustiku järgmises osas ligipääsu rakenduse prooviversioonile ning proovite lahendada ülesandeid, mis on koostatud nii, et nende lahendamise käigus tuleks kasutada funktsioone, mis peaksid projekti kirjelduse järgi rakenduses kasutatavad olema. Kaardirakendusele saate ligipääsu järgmises sektsioonis.

Küsimustiku täitmine võtab aega umbes 15 minutit. Küsimustiku täitmise võib igal ajal pooleli jätta ja hiljem jätkata. Isiklike andmeid selle küsimustiku täitmisel ei koguta ja vastuseid ei ole võimalik siduda Teie isikuga. Vastuseid kasutatakse saamaks ülevaadet rakenduse funktsionaalsusest ja kasutatavusest ning kajastatakse ka minu magistritöös. Lisainfo saamiseks võite mulle kirjutada: [ats.remmelg@ut.ee](mailto:ats.remmelg@ut.ee)

Tänan koostöö eest!

1. Annan oma nõusoleku, et siin jagatud informatsiooni võib kasutada Ats Remmelga magistritöös, et parandada päästevõrgustiku planeerimiseks loodud kaardirakenduse funktsionaalsust ja kasutatavusest:
  - Jah
  - Ei
  
2. Mõistan küsimustiku eesmärki ja seda, kuidas tulemusi kasutatakse:
  - Jah
  - Ei

### **Funktsionaalsuse hindamine**

Selles sektsioonis saate katsetada kaardirakenduse erinevaid funktsionaalsusi testülesandeid lahendades. Mõne ülesande juures palun anda ka vastuse, et oleks näha, millise lahenduseni Te jõudsite. Lisaks palun iga küsimuse juures ka hinnata, milliseks hindate ülesande täitmise keerukust: 0 – ülesande täitmine oli lihtne, 1 – ülesande täitmine oli keeruline, 2 – ei saanud ülesannet täidetud. Iga funktsionaalsuse osa juures saate soovi korral ka lisada, mida võiks antud funktsionaalsuse juures edasi arendada. Kui vastate, et mõne ülesande lahendamine oli liialt keeruline, siis saate selles lahtris vabas vormis kirjeldada, mis keeruliseks osutus.

Küsimustikku on kaasatud ka mõned küsimused, millele ei ole praeguses etapis võimalik vastata, sest antud funktsionaalsust pole veel rakendusse lisatud. Kui funktsionaalsus puudub, siis vastake, et seda pole ning saate liikuda edasi järgmise sektsiooni juurde. Funktsionaalsuste lisamisega tegeletakse, et need oleksid järgmises tagasisidevoorus kättesaadavad.

Rakenduse testversiooni saate kasutada siin.

## Soovitud funktsionaalsus 1

Sisselogimise võimalus: kaks tasandit - avalik ja asutusesisene.

3. Kas funktsionaalsus on olemas?
  - Ei
  - Osaliselt
  - Jah
  
4. Logige rakendusse sisse ning muutke rakenduses aktiivseks kiht, mis on mõeldud vaid asutusesiseseks kasutamiseks (näiteks "Väljakutsed 2021-2023").  
Kui keeruliseks hindate selle ülesande lahendamist?
  - 0 – ülesande täitmine oli lihtne
  - 1 – ülesande täitmine oli keeruline
  - 2 – ei saanud ülesannet täidetud
  
5. Palun lisage soovitusi, kuidas võiks seda funktsionaalsust paremaks muuta.

## Soovitud funktsionaalsus 2

6. Rakendusega saab lisada kasutajale huvipakkuvaid punkte (komandopunktid, konstaablipunktid, kiirabijaamad jne).  
Kas funktsionaalsus on olemas?
  - Ei
  - Osaliselt
  - Jah
  
7. Lisage rakenduses kaardipildile uus huvipakkuv punkt.  
Kui keeruliseks hindate selle ülesande lahendamist?
  - 0 – ülesande täitmine oli lihtne
  - 1 – ülesande täitmine oli keeruline
  - 2 – ei saanud ülesannet täidetud

8. Palun lisage soovitusi, kuidas võiks seda funktsionaalsust paremaks muuta.

### Soovitud funktsionaalsus 3

9. Rakenduse abil saab joonistada alasid, et teada saada, palju huvipakkuvasse alasse elanikke jääb.

Kas funktsionaalsus on olemas?

- Ei
- Osaliselt
- Jah

10. Joonistage kaardile ala, et teada saada, kui palju sinna elanikke jääb.

Kui keeruliseks hindate selle ülesande lahendamist?

- 0 – ülesande täitmine oli lihtne
- 1 – ülesande täitmine oli keeruline
- 2 – ei saanud ülesannet täidetud

11. Palun lisage soovitusi, kuidas võiks seda funktsionaalsust paremaks muuta.

### Soovitud funktsionaalsus 4

12. Aastate ja omavalitsuste kaupa on võimalik vaadata elanike arvu ja prognoosi (sh ka soo ja vanuserühmade kaupa).

Kas funktsionaalsus on olemas?

- Ei
- Osaliselt
- Jah

13. Kui suur on prognoositav rahvaarv Türi vallas aastaks 2035?

14. Kui keeruliseks hindate selle ülesande lahendamist?

- 0 – ülesande täitmine oli lihtne
- 1 – ülesande täitmine oli keeruline
- 2 – ei saanud ülesannet täidetud

15. Palun lisage soovitusi, kuidas võiks seda funktsionaalsust paremaks muuta.

### **Soovitud funktsionaalsus 5**

16. Erinevate rahvastikuprognosi aastate vahel liikumiseks peab saama kasutada liugurit.

Kas funktsionaalsus on olemas?

- Ei
- Osaliselt
- Jah

17. Kui suur on prognoositav mediaanvanus Hiiumaa vallas aastaks 2030? Kasutage liugurit, et leida, kui suur on sama näitaja aastaks 2040.

Kirjutage vastusesse Hiiumaa valla prognoositavad mediaanvanused aastateks 2030 ja 2040.

18. Kui keeruliseks hindate selle ülesande lahendamist?

- 0 – ülesande täitmine oli lihtne
- 1 – ülesande täitmine oli keeruline
- 2 – ei saanud ülesannet täidetud

19. Palun lisage soovitusi, kuidas võiks seda funktsionaalsust paremaks muuta.

## Soovitud funktsionaalsus 6

20. Võimalus rakendusest andmeid välja importida, et neid ArcGIS keskkonnas edasi kasutada.

Kas funktsionaalsus on olemas?

- Ei
- Osaliselt
- Jah

21. Laadige rakendusest alla üks enda jaoks huvi pakkuv andmekiht.

Kui keeruliseks hindate selle ülesande lahendamist?

- 0 – ülesande täitmine oli lihtne
- 1 – ülesande täitmine oli keeruline
- 2 – ei saanud ülesannet täidetud

22. Palun lisage soovitusi, kuidas võiks seda funktsionaalsust paremaks muuta.

## Soovitud funktsionaalsus 7

23. Sündmuste (ressursside väljasõitude) kiht peab olema filtreeritav.

Kas funktsionaalsus on olemas?

- Ei
- Osaliselt
- Jah

24. Muutke rakenduses aktiivseks kaardikiht "Väljakutsed 2021-2023". Kasutage filtrit, et leida, mitu väljakutset toimus Ruhnu saarel aastal 2022. Andke vastus numbrina.

25. Kui keeruliseks hindate selle ülesande lahendamist?

- 0 – ülesande täitmine oli lihtne
- 1 – ülesande täitmine oli keeruline
- 2 – ei saanud ülesannet täidetud

26. Palun lisage soovitusi, kuidas võiks seda funktsionaalsust paremaks muuta.

### Kasutatavuse hindamine

Selles osas palun anda üldise hinnangu rakenduse kasutatavuse kohta. Järgnevalt esitatakse väited, mida saate hinnata punktiskaalal 1-5, kus 1 tähistab "Ei ole üldse nõus" ja 5 "Nõustun täielikult".

27. Mulle meeldiks seda rakendust tihti kasutada.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

28. Rakendus tundus minu jaoks liialt keeruline.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

29. Mulle tundus, et rakendust oli lihtne kasutada.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

30. Ma arvan, et mul oleks selle rakenduse kasutamiseks vaja tehnilist tuge.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

31. Soovitud funktsioonid olid rakendusse hästi integreeritud.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

32. Rakenduses oli liiga palju vastuolulisust.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

33. Enamus inimesi õpiksid rakenduse kasutamise kiiresti ära.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

34. Rakenduse kasutamine oli väga tülikas.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

35. Ma tundsin end rakendust kasutades kindlalt.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

36. Ma arvan, et peaksin enne rakenduse efektiivset kasutamist palju juurde õppima.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, **Ats Remmelg**,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „**Veebipõhise kaardirakenduse kui ruumilisi otsustusi toetava süsteemi loomine päästevõrgustiku planeerimiseks Eestis**“, mille juhendajad on **Evelyn Uemaa** ja **Alexander Kmoch**, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

*Ats Remmelg*

**27.05.2024**