

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond

Kätlin Mägi 164661IABB

**TALLINNA RUUMIANDMETE REGISTRI
KVALITEEDI ANALÜÜS JA VASTAVUS 3D
MUDELI VAJADUSTELE**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Riina Maigre
Doktorikraad

Tallinn 2020

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Kätlin Mägi

18.05.2020

Annotatsioon

Käesoleva bakalaureusetöö raames püstitati kolm eesmärki. Esimene neist on Tallinna ruumiandmete registri (TAR) kasutuslihtsuse uurimine. Näiteks kui paljudel kihtidel ja atribuutidel on olemas kirjeldus, mis formaadis neid andmed esitatakse ning kui detailselt on andmeid kirjeldatud. Järgmiseks eesmärgiks on Tallinna ruumiandmete registri kvaliteedi hindamine. Sealjuures analüüsin, kui tihti uuendatakse TAR-is andmeid, kas andmebaasis on palju vananenuid andmekihte ning kui paljude objektide atribuudid on täidetud. Kolmas lõputöö eesmärk on Tallinna ruumiandmete analüüs 3D mudelite loomise või täiendamise jaoks. Hetkel on 3D linnamudelil kõik ehitised välja toodud, kuid väga vähe detailsust juurde pandud.

Töö käigus uuriti Tallinna ruumiandmete registri kvaliteeti ja palju on registris andmeid, mida saaks 3D linnamudeli loomiseks või täiustamiseks kasutada erinevate kihtide ja atribuutide osas. Uurimise tulemusena sai selgeks, et registri kvaliteeti oleks võimalik parendada ning muuta kasutamist kasutajasõbralikumaks. Regrist leiti andmeid, mida saaks 3D mudeli täiustamiseks kasutada, kuid esineb ka selliseid atribuute, mida võiks kasutada, kuid nende atribuutide väljad on tühjad.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 30 leheküljel, 7 peatükki, 6 joonist, 16 tabelit.

Abstract

Analysis of the Quality of Tallinn's Spatial Database and its Compliance with the Needs of the 3D Model

The aim of this bachelor's thesis is to analyze the quality of Tallinn's spatial database and see how the data can be used for 3D models. There were three goals set for this work.

The first goal is to analyze how easy or difficult it is to use Tallinn's spatial data and how understandable the data is in the database. For example, how many layers and attributes have a description, in what format the data is and how detailed it is.

Second goal is to evaluate the quality of Tallinn's spatial data. Therefore, it is important to analyze the dates of data updates and see if there are many layers or attribute values that are out of date. Also, to investigate how many fields are completely empty.

The last goal is the analysis of Tallinn spatial data for creating or supplementing 3D models. At the moment, all the buildings are shown in the 3D city model, but very little detail has been added.

In the course of the work, the quality of Tallinn's spatial data register was studied. Also analyzed how much data was in the register that could be used to create or improve a 3D city model, both in terms of different layers and attributes. As a result of the analysis, it became clear that the quality of the register could be improved and made more user-friendly. There was some data in Tallinn's spatial database that could be used to improve the 3D model and there were also attributes that could be used, but these attribute fields were empty.

The thesis is in Estonian and contains 30 pages of text, 7 chapters, 6 figures, 16 tables.

Lühendite ja mõistete sõnastik

GIS	Geograafiline infosüsteem
TAR	Tallinna Ruumiandmete Register
TLPA	Tallinna Linnaplaneerimise Amet
Andmekogu	Tallinna ruumiandmete registris peetavate andmete kogum
Atribuut	Kaardiobjektidega seotud tunnused
Metaandmed	Mingeid andmeid kirjeldavad andmed

Sisukord

1 Sissejuhatus	9
2 Ruumiandmed	11
2.1 Ruumiandmete tüübid.....	12
2.2 Geoinfosüsteem	15
2.3 Ruumiandmete haldamine Eestis.....	16
2.3.1 Ruumiandmete seadus	16
2.3.2 Avaliku teabe seadus	16
3 Tallinna ruumiandmete hoiustamine ja uuenedmine	18
3.1 Tallinna ruumiandmete register.....	18
3.2 Tallinna ruumiandmete registri andmete uuenedmine	19
4 Eesmärgi täitmise protsess ja kasutatavad vahendid	21
5 Ruumiandmete kvaliteedi uurimine	23
5.1 Kasutuslihtsuse hindamine	24
5.2 Kvaliteedi hindamine.....	28
5.3 Vastavus 3D mudeli vajadustele.....	32
6 Tulemused	36
7 Kokkuvõte	38

Jooniste loetelu

Joonis 1. Eesti Vabariigi 99. aastapäeva paraadi mudel [3]	11
Joonis 2. Tallinna aluskaardi üksiku puittaime kihil olevad punktoobjektid	12
Joonis 3. Tallinna aluskaardi piirava rajatise kihil olevad joonobjektid	13
Joonis 4. Tallinna aluskaardi hoonete kihil olevad pindobjektid	13
Joonis 5. Hoonete kiht rasterkujul	14
Joonis 6. Registri andmete väljastamine [19]	19

Tabelite loetelu

Tabel 1. Tallinna aluskaardi kihtide kategooriline jaotus	23
Tabel 2. Loodusobjekti kihi andmete uuendamine aastate lõikes	28
Tabel 3. Üksiku puittaime kihi andmete uuendamine aastate lõikes	29
Tabel 4. Hoone kihi andmete uuendamine aastate lõikes	29
Tabel 5. Hoone detaili kihi andmete uuendamine aastate lõikes	30
Tabel 6. Hoone eriosa kihi andmete uuendamine aastate lõikes	30
Tabel 7. Uuendamata atribuudid hoone osa kihil	31
Tabel 8. Hoone osa kihi andmete uuendamine aastate lõikes	31
Tabel 9. Posti kihi andmete uuendamine aastate lõikes	31
Tabel 10. Kõrgrajatise kihi andmete uuendamine aastate lõikes	32
Tabel 11. Rajatise kihi andmete uuendamine aastate lõike	32
Tabel 12. Maakasutuse kihil olevate objektide arv	34
Tabel 13. Kihtidel uuendamata andmed	36

1 Sissejuhatus

Meie ümber toimuvad muutused suure kiirusega ja selle kõigega sammu pidada võib olla keeruline. Et täielikult mõista, miks ja kuidas muutused toimuvad ning aidata prognoosida tulevasi trende, vähendades samal ajal probleeme, peaksid ruumiandmed olema üks analüüsi osa. Enamasti kasutatakse ruumiandmeid kaartide tegemiseks, kuid innovaatilisem kasutusviis on 3D mudelite loomine, mis on kõikidele kättesaadav. Linnamudeleid saab kasutada näiteks navigatsioonisüsteemides, erinevate analüüside tegemiseks, mudelid aitavad linnakeskkonda arendada ning annavad visuaalselt hea ülevaate linnapildist.

Igapäevaselt suur osa meile vajalikust informatsioonist on seotud ruumi ja asukohaga. Näiteks kasutades ühistransporti soovitakse teada, mis kellaajal läheb järgmine buss või kus asub lähim peatus või kas sõiduks valitud teedel tehakse teetöid.

Samuti paljudes tööstusharudes, näiteks energeetika, transport ja avalik sektor, on suure tähtsusega, et oleks võimalus visualiseerida äriobjekte kaartidel otsuste tegemise parendamiseks. Seega mängib olulist rolli, et ruumiandmed oleks ajakohased.

Samas saab ruumiandmeid kasutada transpordi probleemide lahendamiseks, ettevõtetele uute ärihoonete planeerimiseks või parema liikluse korraldamiseks.

Antud bakalaureusetöö raames püstitati kolm eesmärki. Esimene neist on Tallinna ruumiandmete registri kasutuslihtsuse uurimine. Näiteks kui paljudel atribuutidel ja kihtidel on olemas kirjeldus, mis formaadis andmed on ning kui detailselt neid on kirjeldatud. Järgmiseks eesmärgiks on Tallinna ruumiandmete registri kvaliteedi hindamine. Sealjuures tahan analüüsida, kui tihti uuendatakse Tallinna ruumiandmete registris olevaid andmeid, kas andmebaasis on palju vananenuid andmeid ning paljud atribuudid on kihtidel täidetud.

Kolmas lõputöö eesmärk on Tallinna ruumiandmete registri analüüs 3D mudeli loomise või täiendamise jaoks. Hetkel on 3D linnamudelil [1] kõik ehitised välja toodud, kuid väga vähe detailsust juurde pandud. Töö käigus tahan välja uurida, kui palju on TAR-is

sobivaid andmeid, mida sellise mudeli täiustamiseks kasutada nii erinevate kihtide kui ka atribuutide osas.

Oodatavaks tulemuseks on saada ülevaade, kui lihtne või keeruline on aru saada Tallinna ruumiandmetest ning missugune on nende kvaliteet. Kas Tallinna ruumiandmed vastavad antud linna 3D mudeli vajadustele või on mingite andmete hulgas teatud probleemseid kohti, millele saaks rohkem tähelepanu pöörata. Piisavate andmete ja atribuutide puhul saab antud mudelit täiendada ja edasi arendada.

Bakalaureusetöö koosneb neljast osast, kus esimeses osas antakse ülevaade, mida ruumiandmed endast kujutavad, millised on ruumiandmete tüübid, millist infosüsteemi kasutatakse Tallinna ruumiandmete haldamiseks ja vaatamiseks ning tuuakse välja seadused, millega piiratakse ruumiandmete kasutamist ja kogumist Eestis. Teises osas räägitakse täpsemalt Tallinna ruumiandmete hoiustamisest ja uuendamise protsessidest. Kolmandas osas selgitan, kuidas täitsin töö raames püstitatud eesmärgid ning milliseid töövahendeid selleks kasutasin. Viimases osas hindasin Tallinna ruumiandmete registri kvaliteeti lähtudes kolmest püstitatud eesmärgist.

2 Ruumiandmed

Andmeid, mida saame otseselt või kaudselt siduda konkreetse asukohaga või geograafilise alaga nimetatakse ruumiandmeteks. Ruumiandmed võivad esineda erinevates vormingutes ning sisaldada enam kui lihtsalt asukohapõhist teavet. Nad kirjeldavad ruumiobjektide erinevaid omadusi, asukohta ja nende kuju geograafilises ruumis. Näiteks kõige laialdasemalt tuntud ruumiandmed on aadressid, mis võivad olla isiku või sündmuse asukoha aadressid. Samuti kuuluvad ruumiandmete hulka veel ruumiobjektid, milleks on teed, kaitsealad, hooned, metsad jm. [2] Levinuim viis ruumiandmete kasutamiseks on kaartide valmistamine, kuid lisaks sellele on neil veel palju erinevaid kasutusvõimalusi: saab planeerida erinevaid üritusi, luua mängu või kavandada uusi ehitisi.



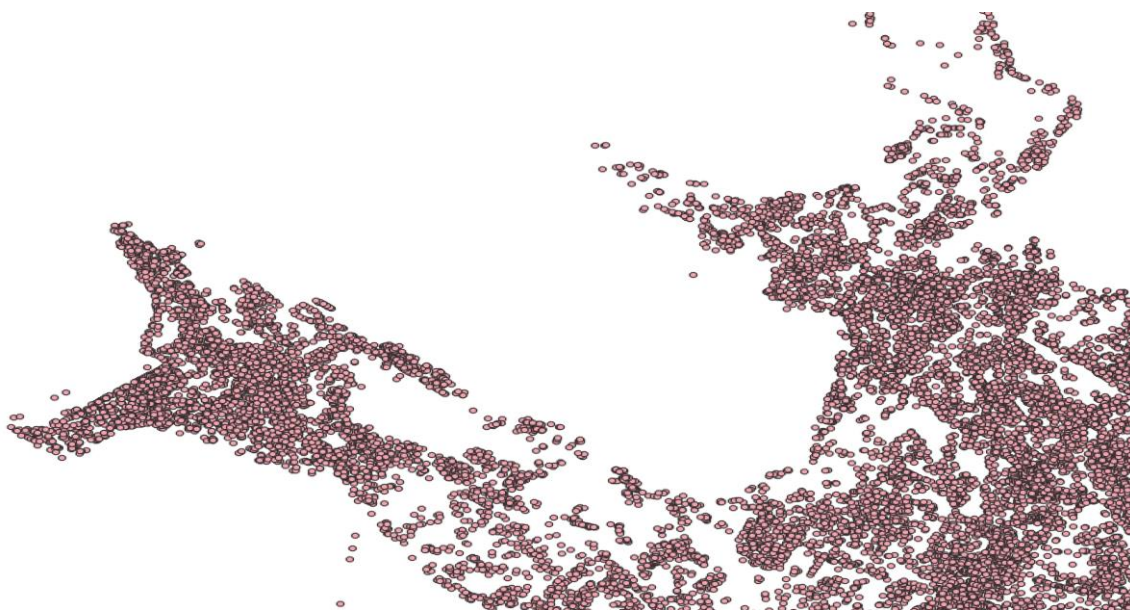
Joonis 1. Eesti vabariigi 99. aastapäeva paraadi mudel [3].

Joonisel 1 on välja toodud konkreetne näide, kus Eesti Kaitseväge poolt on ette valmistatud Eesti vabariigi 99. aastapäeva paraad, mille jaoks kasutati Vabaduse väljaku hoonete mudeleid. [3]

2.1 Ruumiandmete tüübid

On olemas kahte tüüpi ruumiandmeid: vektor- ja rasterandmed. Ruumiliste objektide esitusviis vektoritena oli nendest esimene ning hiljem arvutite tulekul tekkis alternatiivne võimalus ruumiandmeid esitada rasterkujul. [4] Mõlemal esitusviisil on omad plussid ja miinused, seega tuleks hinnata, kuidas valitud objekti oleks kõige parem esitada. Tavaliselt kasutatakse rasterandmeid siis, kui soovitakse teada saada valitud piirkonna kohta teavet, mida ei saa hästi vektorfunktsioonideks jagada. Vektorid, mis kirjeldavad mingit ala on tavaliselt esitatud valitud punktide kogumina, mis on saadud vaatluse käigus või määratud sirgjoonelise ruudustiku abil. [4]

Vektorandmed kirjeldavad kõige paremini reaalselt maailma graafiliselt. Neil on olemas kolm põhitüüpi: punkt-, joon- ja pindobjektid. Objekti, mis on esitatav ainult ühe “punktina” nimetatakse punktobjektiks, näiteks puu või tänavapost. [5]



Joonis 2. Tallinna aluskaardi üksikute puittaimede kihil olevad punktobjektid.

Joonisel 2 on näidatud, mismoodi punktobjektid graafiliselt välja näevad. Täpsemalt on antud joonisel välja toodud osa Tallinna aluskaardi üksikute puittaimede kihist, mille andmed on esitatud punktobjektidena.

Kui neid punkte on rohkem ning esimene ja viimane ei ole samaväärsed, siis on tegemist joonobjektiga. [5] Selleks võib olla näiteks jalgrada, rööbastee või loodusobjekt.



Joonis 3. Tallinna aluskaardi piirava rajatise kihil olevad joonobjektid.

Joonisel 3 on välja toodud graafiline näide joonobjektide kohta. Tegemist on väikese osaga Tallinna aluskaardi piirava rajatise kihilt, mille objektid on esitatud joonobjektidena.

Pindobjektid moodustuvad mitmest punktist, kus esimene ja viimane punkt on võrdsed. Nende hulka kuuluvad näiteks majad, järved ja staadionid. [5]



Joonis 4. Tallinna aluskaardi hoonete kihil olevad pindobjektid.

Joonisel 4 on näidatud, kuidas pindobjektid graafiliselt välja näevad. Täpsemalt on antud joonisel välja toodud osa Tallinna aluskaardi hoonete kihist, mille andmed on esitatud pindobjektidena.

Rasterandmed on andmed, mida esitatakse pikslitena. Igal pikslil on olemas mingi väärtus, mis sisaldab selle piirkonna omadusi ja mida ei ole vektorkujul just kõige lihtsam esitada. Ehk kui vektoril on mingi atribuut, siis selle atribuudi väärtus laieneb kogu alale, jättes tähelepanuta näiteks maa-ala värvivariatsioonid. Rasterandmed tulenevad enamasti satelliidi poolt tehtud piltidest. [6]



Joonis 5. Hoonete kiht rasterkujul.

Joonisel 5 on esitatud Tallinna ruumiandmete hoonete kiht rasterandmetena, kus saab märgatavalt eristada, et andmed on esitatud pikslitena. Mida rohkem sisse suumida, seda kergemini saab rasterandmete piksleid eristada. Põhiline erinevus raster- ja vektorandmete juures on andmete esitamise viis ning rasterandmete puhul on tegemist pidevate andmetega ja vektorandmed on diskreetsed.

2.2 Geoinfosüsteem

Kõige populaarsem viis ruumiandmete haldamiseks ja vaatamiseks on geograafilise infosüsteemi (GIS) kasutamine, mis lisaks aitab identifitseerida täpseid objektide asukohti, võimaldab teostada ruumiliste seoste analüüsi ning aitab modelleerida ruumiandmetega seotud protsesse. GIS sai alguse 1970-ndatel ning sellel ajal oli infosüsteemi kasutamise võimalused ainult ettevõtetel ja olid ka mõned ülikoolid, kes said seda endale lubada. [7]

Infosüsteem koosneb arvuti riistvarast, tarkvarast, digitaalsetest andmetest, toimingutest ja inimressursist. Kui kunagi sai seda võimalust kasutada ainult ettevõtte, siis tänapäeval on võimalus GIS-i kasutada kõigil, kel võimalus kasutada arvutit või nutitelefoni. Kasutades erinevaid riistvara valikuid, mõjutab see kasutuslihtsust, võimalikke väljundite tüüpe ning kindlasti andmetöötluse kiirust. Sama kehtib tarkvarade puhul, et nendel on erinev andmetöötlusvõime ja keerukusastmed. [7]

Tarkvara valides saab enne uurida nende võimalusi ja funktsioone ning sellest lähtudes valida endale sobivaim ehk pöörata tähelepanu enda eesmärkide täitmisele kõige lihtsamal viisil.

Rakenduse funktsioone on kokku neli:

- 1) Andmete kogumine ja uuendamine;
- 2) Andmete kaardistamine ja visualiseerimine;
- 3) Geograafilise informatsiooni haldamine;
- 4) Analüüside läbi viimine. [8]

GIS rakenduse üks populaarsematest funktsioonidest on andmete visualiseerimine ehk antud juhul on täpsemalt mõeldud kihtide kuvamist, mida sai ka antud lõputöös kasutada. Enne tuli ruumiandmed alla laadida, et saaks neid antud rakenduses kuvada.

Iga kihi andmed edastavad informatsiooni vastavate objektide kohta Maailmas. Visuaalselt on iga kiht toodud välja kaardi kujul, kus näidatakse ainult valitud kihi andmeid. Korruga on võimalik mitut andmekihti avada, mis lisatakse kihtidena üksteise peale.

2.3 Ruumiandmete haldamine Eestis

Antud peatükis tuuakse välja seadused, millega piiratakse ruumiandmete kasutamist ja kogumist Eestis. Nendeks on ruumiandmete seadus ja avaliku teabe seadus.

2.3.1 Ruumiandmete seadus

Järgnevalt on välja toodud mõned tähtsamad punktid ruumiandmete seadusest.

Ruumiandmed on olulised, et mõista maailma meie ümber ning peavad olema paika pandud seadused, millega piiratakse ruumiandmete kogumist, kasutamist ja levitamist.

Ruumiandmetel on olemas raamistik ehk infrastruktuur, mis koosneb erinevatest komponentidest. Infrastruktuuri põhikomponentide alla käivad aadressiandmete süsteem, riigi geodeetiline süsteem ja Eesti topograafia andmekogu andmed. [9] Ruumiandmete infrastruktuur tagab selle, et ruumiandmed oleks kõigile kättesaadavad ja et need andmed oleksid usaldusväärsed.

Ruumiandmete seadus loob võimaluse ruumiandmeid, mis on riigi poolt hallatavad, kasutada ka erasektoris. Samuti on ettevõtjatel võimalik välja arendada erinevaid ruumiandmeteenuid. §6 kohaselt on ruumiandmeteenuid toimingud, mida saab ruumiandmekogumites olevate ruumiandmetega teha, kasutades selleks arvutirakendusi. Ruumiandmeteenuid alla kuuluvad ka toimingud, mida saab teostada ruumiandmetega seotud metaandmetega. [9]

Antud seaduse raames nimetatakse metaandmeteks teavet, mis kirjeldab nii ruumiandmekogusid kui ka ruumiandmeteenuid. Lisaks lihtsustavad metaandmed ruumiandmetest arusaamist ja nende kasutamist. [9] Tallinna ruumiandmete registri kvaliteedi analüüsiks kasutati samuti abistava materjalina metaandmeid TAR-i kohta.

2.3.2 Avaliku teabe seadus

Järgnevalt on välja toodud mõned tähtsamad punktid avaliku teabe seadusest.

Avalik teave on ükskõik mis viisil dokumenteeritud informatsioon, mis on saadud avalikke ülesandeid täites. Selle seaduse raames sätestatakse juurdepääsu tingimused avalikule teabele ja kuidas on võimalik juurdepääsule piiranguid kehtestada. [10]

Seaduse eesmärgiks on tagada igäihele juurdepääsu võimalus üldiseks kasutamiseks mõeldud teabele. Sealjuures lähtutakse erinevatest põhimõtetest: avatud ühiskonna põhimõte, demokraatliku ning sotsiaalse õigusriigi põhimõte. [10]

Täpsemalt on nendeks põhimõteteks:

- 1) Juurdepääs teabele tuleb anda võimalikult kiirelt ja ei tohiks esineda takistusi või probleeme teabe kättesaamisel;
- 2) Tagatud peab olema inimese eraelu puutumatus;
- 3) Avalikule teabele on juurdepääs kõigile tasuta, kui just ei ole seaduses teisiti ettenähtud seoses teabe väljastamisega kaasnevatest maksudest;
- 4) Isikul on õigus vaidlustada ligipääsu piiramist, kui on tunne, et tema õigusi rikutakse. [10]

Avaliku teabe puhul on oluline, et see oleks kõigile lihtsalt kättesaadav vastavalt seaduses sätestatud tingimustele. Inimestele on oluline, et neile oleks tagatud ligipääs tähtsale informatsioonile, mida nad vajavad oma igapäevaelus.

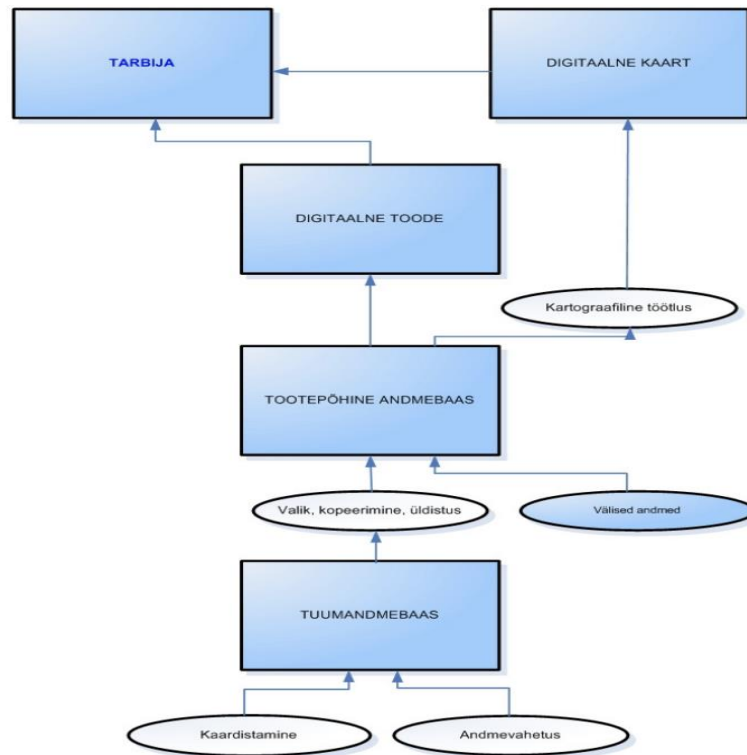
3 Tallinna ruumiandmete hoiustamine ja uuenemine

Tallinna ruumiandmed on andmed, mis esitavad infot antud linna geograafilise ruumi kohta. Näiteks Tallinna aluskaardi andmed, mida ka antud töös kasutatakse, Tallinna aadresside tabelid asumite kaupa, Tallinna jalgrattateede võrgustik jne. Antud ruumiandmeid hoiustatakse Tallinna ruumiandmete registris, mida järgmises peatükis tutvustatakse lähemalt ning andmeid on võimalik alla laadida GIS või CAD formaadis. Lisaks räägitakse lähemalt TAR-i andmete uuenemisest.

3.1 Tallinna ruumiandmete register

TAR asutati 05.04.2007 ning kasutusele võeti aasta hiljem 17.04.2008. Selle infosüsteemi asutamise eesmärgiks oli ruumiandmete haldamise parendamine. Kindlasti aitab antud infosüsteem hõlbustada erinevate objektide visualiseerimist linnaruumis ja seal toimuvate tegevuste analüüsimist, kuna antud süsteem peab selleks võimaldama vastavad vahendid. Muidugi kõige tähtsam on, et infosüsteem suudab tagada kasutajale ajakohaste ruumiandmete kättesaadavuse, mille põhjal saab vajalikke analüüse teha. [17]

Standardseid protokolle järgides, on infosüsteemi kaudu võimalus ruumiandmetel põhinevaid teenuseid pakkuda. [17] Näiteks Tallinna aluskaardi veebirakendus [18], kus on võimalik vaadata Tallinna piirkonna aluskaarti. Tegemist on rakendusega, mis on kõigile soovijatele internetis tasuta kättesaadav.



Joonis 6. Registri andmete väljastamine [19].

Joonisel 6 on näidatud, kuidas toimub tarbijale andmete väljastamise protsess. Kõigepealt tuleb tuumandmebaasist selekteerida andmed, mida tarbijal vaja läheb. Selle tulemusena tekib tootepõhine andmebaas, kus on ainult vajalikud andmed sisse võetud ja mille põhjal koostatakse tarbijale digitaalne toode või digitaalne kaart. Digitaalse kaardi puhul on vaja enne läbi viia kartograafiline töötus.

Register koosneb mitmest osast: tuumandmebaas, andmebaasi tööversioon, muud failipõhised ruumiandmed, süsteemi töös kasutatavad abifailid ja arhiivandmed. Tuumandmebaasi ja andmebaasi tööversiooni vahe on see, et Tuumandmebaasis on ruumiandmed, mis on kehtivas seisundis, samas kui tööversioonides on töötlemisel või uuendamisel olevad ruumiandmed ehk nende seisund ei ole antud hetkel kehtiv. [19]

3.2 Tallinna ruumiandmete registri andmete uuenemine

Registris olevaid andmeid saadakse kolmel erineval viisil. Nendeks on lausaline kaardistus, tootmine ja andmevahetus. Põhjus, miks kasutatakse erinevaid viise andmete hõive protsessis on seotud sellega, et andmed on erineva päritoluga. Tallinna ruumiandmete registri tuumandmeid uuendatakse andmevahetuse käigus, kuna

atribuutandmete muutused suuremas osas tulenevad sellest, et registris olevad andmed muutuvad, mitte muutustest looduses ja linnaruumis ise. [19]

Esimene ja kõige traditsioonilisem viis on lausaline kaardistus, mis tähendab, et põhiline osa seisneb stereofotogramm-meetrilisel kaardistuselt ja seda omakorda täiendab veel välikaardistus. Eelnimetatud kaardistamiste eesmärgiks on uuenduste jõudmine andmebaasi võimalikult kiiresti ehk pildistamise ja uuenduse vaheline periood oleks võimalikult lühike. [19]

Teine meetod on tootmine, kus ruumiandmete registrit uuendatakse ja lisatakse andmeid juurde geodeetiliste mõõdistuste alusel. Siia alla liigitatakse ka andmed, mis tulenevad erinevatelt koostööpartneritelt, näiteks 3D andmestik. Koostööpartnerite andmeid hoitakse ka TAR-is. [19]

Viimane viis on andmevahetus, mille teel uuendatakse nii ruumi- kui atribuutandmeid. Uuendamine andmevahetuse teel parendab andmete kvaliteeti. Muutusi andmebaasis kajastatakse ka lauskaardistusringide vahelisel ajal, seega see tõstab andmete kvaliteeti ajakohasemaks ja asukohatäpsemaks. Registri andmeid uuendatakse Tallinna kohalike registrite ja Tallinna linnavalitsuse väliste infosüsteemide alusel. [19]

4 Eesmärgi täitmise protsess ja kasutatavad vahendid

Bakalaureusetöö uuritavaks objektiks valiti Tallinna ruumiandmete registri andmed, täpsemalt nende andmete kasutuslihtsuse ja kvaliteedi hindamine ning milliseid kihte ja atribuute saaks Tallinna 3D mudeli täiustamiseks kasutada.

Püstitatud eesmärkide täitmiseks laeti alla Tallinna aluskaardi [11] 07.01.2020 aasta versioon GIS formaadis, mille põhjal sai Tallinna ruumiandmete kvaliteedi analüüsi läbi viia. Kasutati QGIS [16] programmi, et vaadata ruumiandmeid graafiliselt kihtide kaupa ning et laadida kihte edasiseks analüüsiks andmebaasi. QGIS sai valitud seetõttu, et tegemist on vabavaralise tarkvaraga.

Järgmisena loodi PostGIS ruumiandmete laiendusega PostgreSQL andmebaasisüsteemi andmebaas Tallinna ruumiandmete vaatlemiseks ja analüüsimiseks, kuhu võeti sisse Tallinna aluskaardi andmed. Alguses tekkis probleem, et kui lisada TAR-i andmed andmebaasi, jäid tabelid tühjaks. Viga seisnes selles, et kihtidel olev atribuut *A2_ESITUSERAND* oli binaarkujul ning ei ühildunud PostgreSQL/PostGIS-iga. Probleemi sain lahendada, kui vastavad kihid eksportisin uueks SHP failiks, jättes välja antud atribuudi, mis ei ühildunud andmebaasiga. Selleks valisin menüüst *export layer -> to file -> save*. Kihid importisin andmebaasi QGIS-i *Database* menüü kaudu, mis vaikimisi genereeris uue unikaalse identifikaatori kõikidele kirjetele.

Andmebaasi tegemiseks kasutasin PostgreSQL 12 [13] ning Posticot [14] graafilise kasutajaliidese haldamiseks ja andmebaasi päringute tegemiseks. Päringute abil sain näiteks hinnata paljud atribuutide väljad on täidetud, paljud tühjad ja milliseid andmeid ei ole uuendatud peale laadimist. PostgreSQL-i jaoks oli lisaks vaja kasutada PostGIS-i [15], mis on ruumiandmete andmebaasi laiendus ja võimaldab asukohapäringute käivitamist SQL-is. Tallinna ruumiandmete registri andmed laadisin andmebaasi QGIS-i kaudu.

Sealjuures kasutati abistava materjalina Tallinna ruumiandmete registri aluskaardi metaandmete kataloogi [12], et paremini antud andmeid mõista ja lisaks veel TAR-i tehnilist dokumenti [19]. Metaandmete kataloogis on välja toodud TAR-i andmekihtide läbivad omadused, kihtidel olevad atribuudid ning nende väärtused ja definitsioonid.

TAR-i tehniline dokument andis ülevaate registri eesmärkidest, ülesehitusest, koosseisust, andmete väljastamisest ja uuemisest.

Tallinna aluskaart on jagatud 37 kihiks, millest valiti sobivad välja ja vajadusel ka töö käigus täiendati valikut, et saaks ruumiandmete kvaliteeti paremini hinnata ja leida sobivaid kihte ja atribuute 3D mudeli täiustamiseks.

5 Ruumiandmete kvaliteedi uurimine

Selles peatükis analüüsitakse töö alguses püstitatud kolme eesmärki:

- 1) Tallinna ruumiandmete registri kasutuslihtsuse uurimine;
- 2) Tallinna ruumiandmete registri kvaliteedi hindamine;
- 3) Tallinna ruumiandmete registri analüüs 3D mudeli loomiseks või täiendamiseks.

TAR-i kihtidel on olemas läbivad omadused (samasugused andmeveerud) ehk atribuudid, mis esinevad läbivalt kõigil kihtidel ning igale kihile omapärased andmeveerud. Metaandmete kataloogis on nii läbivate omaduste kui ka kõigi kihtide juures välja toodud, kus kohast antud andmed pärinevad. Näiteks atribuut *andmeallika_id* pärineb Tallinna Linnaplaneerimise Ameti geoinformaatika ja kartograafia osakonnast.

Tabel 1. Tallinna aluskaadi kihtide kategooriline jaotus.

Ehitised	
t02_71_hoone	t02_71_k6rgrajatis
t02_71_hoone_detail	t02_71_piirav_rajatis_j
t02_71_hoone_eriosa	t02_71_rajatis
t02_71_hoone_osa_anno	t02_71_erirajatis
t02_71_hoone_osa	t02_71_rajatis_p
t_02_71_teisaldatav_ehitis	
Loodusega seonduv	
t02_36_vooluveekogu_j	t02_65_yksik_puittaim
t02_40_t2iendala	t02_65_loodusobjekt_j
t02_61_pinnavormi_element_j	t02_65_pinnavormielement_p
Liiklus	
t02_71_truup_sild_j	t02_73_r88bastee
t02_71_sild	t02_31_jalgrada
Muud kihid	

t02_44_maakasutus	t02_51_maakate
t02_73_torustik	t02_71_post
t02_13_aadress_punk_anno	t02_72_seadeldis
t02_22_servajoon	

Tabelis 1 on aluskaardi kihid kategooriatesse jaotatud. Kokku tuli neli kategooriat, millest üks on muud kihid. Sinna paigutati kihid, mis esimesse kolme kategooriasse ei liigitunud.

5.1 Kasutuslihtsuse hindamine

Antud peatükis analüüsitakse Tallinna ruumandmete (Tallinna aluskaart) kasutuslihtsust, mis oli määratud töö esimeseks eesmärgiks. Vaadati, kuidas andmeid andmebaasis esitatakse ning kas andmebaasis olevad kihid ja atribuudid on ka metaandmete kataloogis kirjeldatud ning vastupidi.

Metaandmete kataloogis on välja toodud andmekihtide läbivad omadused, mis kirjeldavad andmeveerge, mida kasutatakse kõikidel kihtidel. Üks veergudest on märkused, kus on välja toodud, et need on kas vabas vormis kirjutatud või kokkuleppelised. Kokkuleppeliste märkuste puhul võiks dokumentatsioonis olla kirjutatud definitsioonid, kui kommentaar on näiteks kirja pandud lühendite abil. Näiteks kihil *hoone* on märkuste lahtrisse pandud järgnev kommentaar - seotud tekst 2KK. Selle võiks pikalt välja kirjutada või lisada definitsioon metaandmete kataloogi.

Atribuut *symbol_3D* on andmebaasis olemas, kuid metaandmete kataloogis on öeldud, et antud atribuuti enam ei uuendata. Atribuut näitab, kas objekti kasutati Tallinna Vanalinna 3D mudeli jaoks või ei kasutatud.

Kõikidel kihtidel on atribuutide ühe väärtusena välja toodud määramata objekt ehk objekt, mis ei lähe etteantud kriteeriumite alla. Seda saab parendada näiteks kui täiendada atribuudi väärtusi ehk anda määramata objektidele konkreetne väärtus. Seda tasub teha juhul, kui neid ühesuguseid määramata objekte on mitmeid. Üksikute objektide puhul on see üleliigne töö.

Järgnevalt vaadeldakse valitud andmekihte põhjalikumalt.

Loodusobjekti kihi andmete mõistmiseks peab lisaks dokumentatsiooni uurima, et teada saada, mis loodusobjektiga on tegu, sest suurem osa on numbrilisel kujul ehk sõnaliselt ei ole välja toodud, mis loodusobjektiga tegu.

Metaandmete kataloogis on ära kirjeldatud, mida on loodusobjekti all mõeldud. Igale loodusobjektile on eraldi välja toodud, mis kriteeriumid talle kehtivad. Enamus neist on seotud vähima kõrguse ja minimaalpikkusega.

Atribuudi *tyyp_id* juures on välja toodud kolm definitsiooni: määramata, hekk ja puuderida. Andmebaasis kajastuvad need numbrilisel kujul ehk metaandmete kataloog peab olema kõrval, et aru saada, millele mingi number vastab. Näitena saab välja tuua, et väärtusele 1 vastab hekk. Loodusobjektidele on veel määratud objekti tüüp ja pandud juurde definitsioon, et aru saada, mida selle tüübi all täpsemalt mõeldakse ja et kõik oleks kasutajatele üheselt arusaadav. Näiteks tüübiks on pandud viljapuu ja seejärel tuuakse välja definitsioon, et tegemist on puuliigiga, mis kannab söödavaid vilju. Kihil on 24 määramata tüübiga objekti. Kogu kihil on kokku 14 530 objekti.

Loodusobjekti viimane atribuut on kõrgus ning sellele on antud üheksa väärtust: esimene neist määramata ja viimane 30-... m. Määramata kõrgus on 8 objektil. Andmebaasis on andmed numbriliste väärtustena, metaandmete kataloogis toodud numbrile vastavad väärtused.

Üksiku puittaime kihil on märkuste lahtris ära toodud, mis taimega tegu, kuid on veidi arusaamatult kirja pandud. Näiteks EPUU*2 või KUUSK2. Enamasti saab aru, mis puuga on tegemist, kuid numbrid nimetuse lõpus tekitavad küsimust ja pigem on segavaks faktoriks. Dokumendis ei ole nendele märkustele definitsiooni ega kirjeldust antud.

Eelmises kihis kirjeldati loodusobjektide kogumeid ehk kus oli koos rohkem kui üks puittaim. Selles kihis on välja toodud üksikud puud ja põõsad, mis vastavad metaandmete kataloogis ette antud tunnetus- ja piiritluskriteeriumitele. Samamoodi nagu loodusobjektide kihis on ka üksikutel puittaimedel määratud, milline on objekti tüüp ja mis on selle kõrgus. Kõrgust väljendatakse võrdvärselt eelmise kihi sama atribuudi väärtustega. Kõrgus on määramata kahel objektil. Sellel kihil on välja toodud objekti liigid (mänd, kuusk jne), millel on kokku üheksa varianti. Liik on määramata

ühelsal real (49 404 objekti kogu kihil). Objekti tüübil on seitse erinevat väärtust (lehtpuu, okaspuu, salu jne), kaasa arvatud määramata objekt

Hoone andmekihil on materjalide väärtusteks märgitud näiteks K ja P. Mistõttu peab metaandmete kataloogist järgi vaatama, mis materjalidega tegu on. Märkuste lahtrid on enamasti tühjad seega suurem osa hoonetel ei ole teada, mis ehitisega on tegu. Mõned üksikud objektid, kus on märkuste lahter täidetud, ei pruugi see endiselt vajalikku informatsiooni edastada. Näiteks märkuste lahtris on lisatud kommentaar - seotud tekst 2KK. Metaandmete kataloogis võiks olla sellistele märkustele definitsioonid juurde lisatud, et anda parem ülevaade ja teha andmetest arusaamine veidi lihtsamaks. Selget informatsiooni edastavad märkused on näiteks rannamaja või polikliinik.

Antud kihil märgitakse ära kõik alalised hooned. Teised ehitised, mis on teisaldatavad või ajutised, neid ei kaardistata, sest see tooks kaasa pidevaid uuendusi ja palju lisatööd.

Hoonetele on lisatud ka erinevad kriteeriumid, mille põhjal neid liigitatakse ja mis tüüpi neid võib olla. Atribuudi *tyyp_id* all on välja toodud kaheksa erinevat väärtust. Sinna kuuluvad nii elukondlikud kui ka ühiskondlikud hooned. Lisatud on ka korruselisus ehk mis on maksimaalne hoone korruste arv. Eelnevalt on välja toodud ka maa-aluste korruste arv, kuid enam neid andmeid ei uuendata. Lisaks on välja toodud, mis materjalist antud hoone on ning valikus on viis erinevat materjali: muu materjal, kivi, klaas, metall ja puit. Muu materjali saab kasutada, siis kui hoone ehitusmaterjal erineb neljast pakutud variandist. Materjalide väärtused on andmebaasis esitatud ainult selle esimese tähega. Näiteks on antud atribuudi lahtris väärtuseks K. Samuti on välja toodud hoone kõrgus meetrites ja absoluutne kõrgus.

Hoone detaili all on mõeldud hoonega püsivalt ühenduses olevat osa, mis ei kuulu hoone põhikontuuri hulka. Antud kihil olevate objektide alla käivad näiteks trepp, terrass ja katusealune. Need väärtused on eraldi välja toodud *tyyp_id* atribuudina metaandmete kataloogis ning andmebaasis numbriliste väärtustena. *Tyyp_id* on kaheksal objektil määramata (kogu kihil 17 225 objekti).

Piiritluskriteeriumina on välja toodud, et märgitakse ära hoone detailid, mis on suuremad kui 4 m². Lisaks on pandud kirja, mis kõrgusega antud hoone osa on. Märkuste lahtrisse on kirja pandud lisakommentaariid, näiteks kui kõrgus on ligikaudne.

Hoone eriosa jääb hoone põhikontuuri sisse. Hoone eriosa *tyyp_id*-le on antud neli väärtust: määramata, kangialune, galerii ja väljaulatuv hoone osa. Nendele on juurde lisatud tunnetus- ja piiritluskriteeriumid, eriosa kõrgus ning lisaks korrus, mis ühendab omavahel hoone detaili ja hoone osa.

Hoone osadest moodustub hoone, millel on andmebaasis määratud, mis tüüpi antud hoone on. Need on määratletud tunnetus- ja piiritluskriteeriumitega. Tunnetuskriteeriumina on välja toodud, et kui tüübiks osutub muu, siis täiendatakse märkuste veerg vastava põhjendusega selle kohta. Märkuse all on ebaselged kommentaarid, näiteks on lisatud kommentaar - seotud tekst KE.

Metaandmete kataloogis kajastub atribuut *m_korruiselisus*, mida andmebaasis enam ei uuendata. Endiselt esitatakse mitme korruseline antud hoone on ning mis materjalist ehitatud. Andmebaasis materjal esitatud esitähena ning täpsemalt on defineeritud metaandmete kataloogis. Lisaks on veel metaandmete kataloogis välja toodud järgmised atribuudid, mida andmebaasis ei uuendata: katuse materjal, katusekorrus, soklikorrus, mis tüüpi katusega on tegu, katuse värvus ja üldine hoone värvus. Veel edastatakse infot kõrguse ja absoluutse kõrguse kohta ning kas tegu on iseseisva hoonega või mitte.

Posti defineeritakse, kui objekti, mille läbimõõt on mitmekordselt väiksem tema kõrgusest. Metaandmete kataloogis on välja toodud kuus posti tüüpi, kuid uuendatakse andmebaasis neist ainult kahte (määramata ja sõrestikpost). Andmebaasis on väga paljudele tüübiks pandud määramata, täpsemalt 68 965 määramata tüüpi, mis teeb 92% kogu kihi andmetest. Postide maksimaalseks kõrguseks on märgitud 16 meetrit ja need objektid, mis selle kõrguse ületavad liigitatakse kõrgrajatise alla. Kõrgus määramata 11 objektile (kogu kihil 74 836 objekti). Märkuste veerus on enamus lahtreid täitmata ja need, mis on täidetud edastavad ebaselgeid kommentaare. Näiteks on märkuse lahtrisse lisatud ELPOS2.

Kõrgrajatise all tuuakse välja hooned, mis on ümbritsevatest hoonetest tunduvalt kõrgemad. Nende tüüpideks võivad olla korsten, mast, torn või sidemast. Andmebaasis on välja toodud nime atribuut, kuid lahtrid on enamasti tühjad. Märkuse lahtris näiteks kommentaar KORST2 või SMAST2. Ebaselge sõnastus ja numbrid ajavad segadusse, et kas neil on ka mingi tähendus olemas. Lisatud on veel kõrgus ja absoluutne kõrgus. Objektidel on atribuut nimega märk ehk kas antud rajatisel on olemas

navigatsioonimärk. Andmebaasis on märgi olemasolu määramata kuuel objektil 750-st. Ära on veel märgitud tõmmitsa ja toe olemasolu. Nende olemasolu on samuti kuuel objektil määramata. Viimasena on välja toodud, kas antud kõrgrajatisel on seos hoonega ja mis on selle hoone osa identifikaator. Seos on määramata neljal objektil.

Rajatise all mõeldakse ehitisi, mis ei täida hoone kriteeriumeid. Sinna hulka kuuluvad ka ehitusjärgus olevad hooned. Rajatise tüüpide all on toodud välja 17 erinevat varianti. Lisaks objekti nimetus, mille väljad on tühjad andmebaasis ja kõrgus. Märkuste lahtris on lisaks välja toodud, mis rajatisega on tegu, kuid seda ka vähestel. Üksikutel objektidel on arusaamatud märkused, näiteks on märkuseks pandud - tekst sama liik erinevalt objektilt.

Kõigi kihtide andmeid esitatakse suuremas osas numbrilisel kujul ja nendele vastavad sõnalised väärtused on ainult metaandmete kataloogis. See tähendab, et atribuudi väärtused tuleb leida metaandmete kataloogist, ilma metaandmete kataloogita ei suuda tuvastada, mis andmetega tegu.

5.2 Kvaliteedi hindamine

Andmekihte, mida enam ei uuendata on metaandmete kataloogi põhjal ainult üks (harjajoon), teistele kihtidele tehakse endiselt uuendusi, kuid mitmetel andmekihtidel on üksikud atribuudid/veerud, mida enam ei uuendata.

Loodusobjekti kihil kõige esimesed andmed pärinevad 2006 aastast, selle aasta jooksul lisati 6336 kirjet. Kokku on andmekihil 14 530 andmerida ehk 43,6% praegustest andmetest on kõige esimese laadimise ehk 2006. aastal lisatud. 48 kirjet, mis lisati antud aastal ei ole rohkem uuendatud, mis on väga väike osa. Teisi objekte on uuendatud järgnevate aastate jooksul.

Antud kihile on igal aastal andmeid juurde lisatud, välja arvatud 2007. ja 2008. aastal. Uuendamata andmeid kogu kihil on 216 rida ehk 1,5%. Märkuste atribuudil ei ole antud kihil ühtegi väärtus ehk kõik lahtrid on jäetud tühjaks.

Tabel 2. Loodusobjekti kihi andmete uuendamine aastate lõikes.

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
212	2199	138	858	1313	1059	998	1478	2314	1407	1730	776

Tabelis 2 on välja toodud aastate lõikes paljusid objekte vastaval aastal uuendati. Aastaid, kus ühtegi andmerida ei uuendatud, tabelisse ei lisatud. Samas tabeli järgi saab järeldada paljud andmed on mitmeid aastaid vanad. Näiteks, 2009. aastal, kus uuendati 2199 andmerida. Peale seda ei ole neid andmeid rohkem uuendatud ehk andmereal on 10 aastat vanad.

Üksiku puittaime kihil esimese laadimisega lisati 5214 kirjet ja nendest 68 rida ehk 1,3% on tänaseni uuendamata. Kogu kihil on 49 404 andmekirjet, millest uuendamata on 403, mis teeb kogu kihist 0,82%. Märkused on täidetud 1204 real 49 404-st ehk täidetud on ainult 2,4% märkustest.

Tabel 3. Üksiku puittaime kihi andmete uuendamine aastate lõikes.

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
571	9776	471	3271	2650	4443	3851	4163	6341	6183	5751	1865

Tabelis 3 on välja toodud aastate lõikes paljusid üksiku puittaime kihil olevaid objekte uuendati. Aastatel, kus ühtegi andmerida ei uuendatud, tabelisse ei lisatud.

Hoone kihile lisati alglaadimisega (2006. aastal) 9204 kirjet, millest 944 pole pärast lisamist uuendatud ehk 10,3% uuendamata andmeid. 2007. aastal ei lisatud ühtegi andmerida juurde, samuti ei uuendatud samal aastal ühtegi objekti. Järgnevatel aastatel lisati ja uuendati andmeid. Siia andmekihti on andmeid sellel aastal (2020) juba juurde lisatud.

Kogu kihil on 49 605 kirjet, millest hetkel 15 289 ei ole peale laadimist uuendatud. See teeb 30,8% uuendamata andmeid. Märkused on lisatud 49 605-st 726-le. See tähendab, et märkused on täidetud ainult 1,5%-l. Atribuudil *m_korruselisus* on lisatud kirjeid 49 605-st 4915-le, mis teeb 9,9%.

Tabel 4. Hoone kihi andmete uuendamine aastate lõikes.

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
60	6216	691	1470	2810	7852	6681	4115	2783	9755	2331	2751

Tabelis 4 on välja toodud aastate lõikes paljusid hoonete kihil olevaid objekte uuendati. Aastatel, kus ühtegi andmerida ei uuendatud, tabelisse ei lisatud.

Hoone detaili kihile lisati alglaadimisel (2006. aastal) 5997 kirjet, mis teeb 35% kogu andmetest. Alglaadimisel lisatud kirjetest ei ole uuendatud 100 kirjet ehk 1,7%. Kogu kihil on 244 uuendamata rida ehk 1,4% kogu andmekihist. Andmekihil on kokku 17 225 kirjet. Märkused on lisatud ainult 55 kirjele, mis teeb kogu andmetest 0,32%. Märkuste all on näiteks ära märgitud rõdu. Kõrguse atribuudil on suuremas osas lahtreid täidetud, täpsemalt 16 860-l objektile ehk 97,9%. *Hoone_osa_id* on lisatud 17 203 objektile 17 225-st (99,9%).

Tabel 5. Hoone detaili kihi andmete uuendamine aastate lõikes.

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
13	1832	381	939	1037	2052	1175	2268	1160	3284	1638	1356

Tabelis 5 on välja toodud aastate lõikes paljusid hoone detaili kihil olevaid objekte uuendati. Aastaid, kus ühtegi andmerida ei uuendatud, tabelisse ei lisatud.

Hoone eriosa kihil lisati esimese alglaadimisega (2006. aastal) 440 kirjet. Need andmed on kõik uuendatud, mis moodustab 46% antud kihi andmetest. Kihil on kokku 958 andmerida. Järgmised kirjed lisati 2009. aastal ja samal aastal toimus ka andmete uuendamine antud kihil. Muutmis- ja lisamiskuupäev sama ainult ühel real. Märkuste lahter täidetud 58-l real. See teeb kogu kihi andmetest 6,1%. Kõrgus on lisatud 942 objektile 958-st. Märkuste juures välja toodud kommentaaridena kõrgus ligikaudne, kõrgus õige, seotud tekst: kaubamaja.

Tabel 6. Hoone eriosa kihi andmete uuendamine aastate lõikes.

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
96	160	58	2	23	80	58	47	144	78	212

Tabelis 6 on välja toodud aastate lõikes paljusid hoone eriosa kihil olevaid objekte uuendati. Aastaid, kus ühtegi andmerida ei uuendatud, tabelisse ei lisatud.

Hoone osa kihile lisati esimesel alglaadimisega 18 000 rida, millest on uuendamata 35 rida. Rohkem andmeid aastate jooksul ei ole juurde lisatud, neid on ainult uuendatud.

Esimene muutmine 2008. aastal. Uuendamata andmeid kogu andmekihil 0,19%. Märkused on lisatud 332 objektile, mis teeb 1,8%.

Tabel 7. Uuendamata atribuudid hoone osa kihil.

Atribuut	Vananenud andmed
Katuse materjal	111 rida
Katusekorrus	0 rida
Soklikorrus	111 rida
Katuse tüüp	123 rida
Katuse värvus	0 rida
Hoone värvus	0 rida

Tabelis 7 on antud ülevaade hoone osa atribuutidest, mida enam ei uuendata ja mitu andmerida antud atribuudil olemas on. Pooltel neist ei ole ühtegi andmerida ehk antud atribuudid ei anna midagi juurde.

Tabel 8. Hoone osa kihi andmete uuendamine aastate lõikes.

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
13	2430	155	1090	470	5860	1335	2400	559	2925	431	297

Tabelis 8 on välja toodud aastate lõikes paljusid hoone osa kihil olevaid objekte uuendati. Aastaid, kus ühtegi andmerida ei uuendatud, tabelisse ei lisatud.

Posti kihil esimese laadimisega lisati 42 608 kirjet, nendest 127 kirjet on uuendamata, mis on väga väike osa (0,3%). Viimased andmed antud kihile lisatud jaanuar 2020. Kokku on andmekihil 74 836 kirjet ning uuendamata andmeid kihil on 6116 rida ehk 8,17%. Märkused on lisatud 9282 kirjele. Kogu andmekihi kohta teeb see 12,4% täidetuid märkuste lahtreid. *Tyyp_id* väärtus määramata 68 965-l real ehk 92%, mis on väga suur osa kogu andmekihist.

Tabel 9 Posti kihi andmete uuendamine aastate lõikes

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
680	16386	746	6994	7669	7501	6744	9660	9749	3594	4290	3668

Tabelis 9 on välja toodud aastate lõikes paljusid posti kihil olevaid objekte uuendati. Aastaid, kus ühtegi andmerida ei uuendatud, tabelisse ei lisatud.

Kõrgrajatise kihil on kokku 750 rida, millest kõik on uuendatud. Esimese laadimisega 2006 aastal lisati 383 andmerida. Esimene uuendamine toimus kaks aastat peale esimest laadimist. Märkused on lisatud 73 andmereal. *Nimi* on lisatud ainult kahele objektile, milleks on kirikutorn ja vaateratas. *Hoone_osa_id* on täidetud 80 kirjel.

Tabel 10 Kõrgrajatise kihi andmete uuendamine aastate lõikes

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	167	37	106	39	62	62	47	189	19	13	8

Tabelis 10 on välja toodud aastate lõikes paljusid kõrgrajatise kihil olevaid objekte uuendati. Aastaid, kus ühtegi andmerida ei uuendatud, tabelisse ei lisatud.

Rajatise kihil esimene laadimine toimus 2006. aastal, kus lisati 4444 andmerida ning nendest ei ole uuendatud 269 rida. Kogu kihi peale ei ole uuendatud 390 rajatist ehk 5% uuendamata andmeid. Andmekihil on kokku 7796 rida. Märkused täidetud 417-1 objektile. Näiteks on pandud märkuseks - lähim tekst oli: elev, 56,7037436708309 m. Nimetus oli lisatud ainult 15-le objektile.

Tabel 11 Rajatise kihi andmete muutmine aastate lõikes

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
16	896	55	237	367	1134	599	693	737	1616	377	597

Tabelis 11 on välja toodud aastate lõikes paljusid rajatise kihil olevaid objekte uuendati. Aastaid, kus ühtegi andmerida ei uuendatud, tabelisse ei lisatud.

5.3 Vastavus 3D mudeli vajadustele

Praegune Tallinna linnamudel põhineb Tallinna aluskaardi andmetel, mille mõõtkava on 1:2000. Lisaks on kasutatud kõrgusandmeid, et visualiseerida mudelil hooned ja rajatised, mis põhinevad 2019. aasta madallennud laserandmestikul Maa-ametist.

Hetkel rakendus võimaldab vahetada aluskaarti, otsida aadresse, lisada ja ära võtta erinevaid valikus olevaid kihte, kuvada varje ja mõõta kõrgusi. [1]

Kihtidena saab valida kolme kihi vahel: hooned, rajatised ning vanalinna hooned ja rajatised. Rajatiste kihil on väga vähe objekte ja mõnel üksikul objektil näeb ära ka tema atribuudid. Hoonete kihil on tunduvalt rohkem objekte, kuid objekti atribuute ei ole näidatud. Vanalinna kihti on võimalik vaadata skemaatilisena ja tekstuuridega. Nende vahe on selles, et tekstuuridega on hooned esitatud nii öelda realsel kujul ja peale klikkides näeb ka aadressi. Skemaatilisel kihil aadresse kuvada ei saa ning *objektid-d* ei näita.

Hetkel on linnamudelil paljud hooned ilma detailideta (lihtsalt hoone kuju). Kõige detailsemad hooned on Vanalinnas, kus on ka näiteks katuse kuju lisatud ja aknad, kuna vanalinnal on eraldi 3D mudel ka valminud ja see on esitatud detailsemalt kui üldine Tallinna linnamudel. Lisaks võiks olla linnamudelil 360 vaade.

Osadel hoonetel on küll värvid olemas, aga nende kohta mudelilt näiteks korruselisust ei näe ehk see on ainult pealt vaates näidatud (esialgne hoone satelliitpildil, mida pole rohkem uuendatud ega andmebaasi lisatud. *Objectid* puudub). Samuti võiks olla andmebaasis märgitud, kas objekt on linnamudelil juba esitatud või mitte. Vanalinna mudeli kohta on antud atribuut olemas, kuid seda enam ei uuendata.

Mudelil ei ole võimalik hoonete puhul eristada, kas tegemist on elumajaga, poega, ärimajaga või ülikooliga. Ehk esmalt võiks tuntumad hooned eristatud olla.

Kõige rohkem detailsust annaks 3D mudelile juurde ehitiste kategoorias olevad kihid, mida selles peatükis uuritakse lähemalt.

Detailid võiksid olla kirjas mudelil, kui näiteks vajutad mingi hoone peale. Hetkel näitab ainult *objectid-d* Vanalinna hoonetel.

Kihil *Hoone* olevate andmetega saab ära määrata, mis hoonetega on tegu: elukondlik hoone, ühiskondlik hoone, kõrvalhoone, tootmishoone, maa-alune garaaž, maa-alune kelder või muu maa-alune hoone. Maksimaalne korruste arv on ka välja toodud ehk mudelil võiks kõikidel hoonetel olla ära näidatud mitme korruselise hoonega on tegu. Värvusi hoonetel ei ole, see-eest on välja toodud, mis materjalist antud hoone on. Hoone

detailidena saab lisada katusealuseid, terasse, treppe ja kaldteid, mis on hoonega püsivalt ühenduses olev osa.

Metaandmete kataloogis on välja toodud hoone osa kihil katuse materjalid, katusekorrus, soklikorruse olemasolu, katusetüüp, katuse värvus ja hoone värvus, kuid andmebaasis neid enam ei uuendata ehk palju detaile, mida ei saa linnamudelile lisada, kuid see võimalus võiks olemas olla.

Lisaks võiks kõikidel hoonetel aknad olla märgitud ehk selle järgi saaks eristada mitme korruselise hoonega on tegu. Kõrgused on küll hoonetel paika pandud, aga korruselisus annab kõrguse hindamisel parema ülevaate. Andmebaasis on näiteks hoonete kihil objektide korruselisus olemas.

Kui linnamudelil vaadata ehitisi, siis ei tee vahet, millise rajatisega on tegu. Näiteks objektile peale vaadates tundub, et tegu on kõrgrajatisega, kuid andmebaasi põhjal on tegu erirajatisega, mille kõrgus on 2,2 meetrit (hoonele määratud *objectid* põhjal andmebaasist järgi kontrollitud). Selle kõrval olev kuubiku kujuline hoone, mis on linnamudelil tunduvalt madalam, on andmebaasi põhjal postiga tegu ning kõrgus vahemikus 6-10m. Seega visuaalselt ei ole hooned õige kuju ja kõrgusega.

Kõrgrajatisena saab linnamudelile lisada korstnaid, maste, torne ja sidemaste. Erirajatiste alla käib autotunnel, kergliiklustunnel, jalakäijate tunnel, katusealune, läbikäik ja paadisild.

Lisaks võiks linnamudelil olla välja toodud piiravad rajatised, mida hetkel kajastatud ei ole. Sinna alla kuuluvad piirdeaeg, müür, madal müür, tugimüür, kiviaed, pais ja liikumistakistus. Visuaalselt annab juurde ka materjal millest antud rajatised valmistatud on, tugiposti olemasolu andmebaasis enam ei kajastata.

Rajatise kihil ja rajatised punktina kihil on väga palju erinevaid tüüpe, mis annaks juurde detailsust 3D mudelile. Rajatised punktina kihil tuuakse välja mälestusmärgid, purskkaevud, tõkkepuud, navigatsioonimärgid ja trafo.

Loodusobjekti kihilt saaks andmeid erinevate puuliikide kohta, mida on võimalik linnamudelile lisada.

Maakasutus kihilt saaks andmeid sadamate, spordikomplekside, kalmistute, lennuväljade, prügilate ja karjääride kohta. Kihil on kokku 755 kirjet.

Tabel 12 Maakasutuse kihil olevate objektide arv

Väärtus	Definitsioon	Andmebaasis olemasolu
1	Kalmistu	499
2	Lennuväli	1
3	Sadam	3
4	Spordikompleks	249
5	Prügila	0
6	Karjäär	3

Tabelis 12 on välja toodud maakasutuse kihil olevad objektid, mida oleks võimalik linnamudelil kasutada.

Muude kihtide kategooriasse kuuluva kihi *seadeldis* andmetega saaks juurde lisada linnamudelile valgustid, lipud, prožektorid. Tuletõrjehüdrandi atribuuti enam andmebaasis ei uuendata, kuid võiks ka linnamudelil esindatud olla. Valgustite alla käivad: tänavavalgusti, pargivalgusti, väljakuvalgusti ja muud valgustid. Lisaks on valgustite liigina välja toodud veel ühe laternaga postivalgusti, kahe laternaga postivalgusti, viie laternaga postivalgusti ja vanalinna seinavalgusti, kuid neid samuti enam andmebaasis ei uuendata. Objektidel on ka kõrgused vahemikena välja toodud.

Kihi *post* abil saaks eelmise kihi objekte täiendada posti tüübiga ehk kas tegu on puitpostiga, metallpostiga, raudbetoonpostiga, plastikpostiga või sõrestikpostiga, kuid andmebaasis uuendatakse ainult sõrestikposte, teisi tüüpe ei uuendata. *Tyyp_id* väärtus on 0 ehk määramata 68 965-l real 74 836-st. Seega hetkel linnamudelile palju juurde ei anna, kuid posti nii öelda kujutised saaks ikka lisada.

6 Tulemused

Järgnevalt on välja toodud kokkuvõtvalt eelnevas peatükis saadud tulemused kolme püstitatud eesmärgi suhtes.

Esimeseks püstitatud eesmärgiks oli Tallinna ruumiandmete kasutuslihtsuse uurimine. Vaadati, kuidas andmeid andmebaasis esitatakse ning kas andmebaasis olevad kihid ja atribuudid on ka metaandmete kataloogis kirjeldatud ja vastupidi.

Andmekihtide uurimisel tuli välja, et andmebaasis on enamus andmeid välja toodud numbriliste väärtustena ning vastavad definitsioonid on välja toodud metaandmete kataloogis. Kõigil kihtidel on olemas märkuste atribuut, kus on võimalik sõnalisi kommentaare objektide kohta välja tuua, kuid andmebaasi päringu kaudu tuli välja, et suuremas osas neid lahtreid ei ole täidetud.

Tallinna ruumiandmete registri andmete mõistmiseks peab olema metaandmete kataloog kasutusel. Selle abiga saab andmebaasis olevatele atribuutide väärtustele vastavad definitsioonid.

Registris ei ole väga palju määramata objekte. Ainuke erand on posti kiht, kus *tyyp_id* on määramata 92% objektidest.

Järgmiseks eesmärgiks oli Tallinna ruumiandmete registri kvaliteedi hindamine, kus vaadeldi andmete muutmiskuupäevaid. Andmekihte, mida enam ei uuendata on metaandmete kataloogi põhjal ainult üks (harjajoon), teistele kihtidele tehakse endiselt uuendusi, kuid mitmetel andmekihtidel on üksikud atribuudid, mida enam ei uuendata.

Tabel 13 Kihtidel uuendamata andmete protsent

Kiht	Uuendamata andmete protsent
Loodusobjekt	1,5 %
Üksik puittaim	0,82 %
Hoone	30,8%
Hoone detail	1,4%
Hoone eriosa	0,1%
Hoone osa	0,19%
Post	8,17%

Kõrgrajatis	kõik uuendatud
Rajatis	5%

Tabelis 13 on välja toodud, kui suur protsent kogu kihi andmetest on uuendamata erinevatel kihtidel.

Tabelis on näha, et kõige rohkem uuendamata andmeid on hoonete kihil, teistel kihtidel on suhteliselt väike protsent uuendamata andmeid. Muidugi mängib rolli, et kihtidel on erineval hulgal andmeid.

Viimaseks eesmärgiks oli Tallinna ruumiandmete registri analüüs 3D mudeli täiendamiseks. Kõige rohkem täiendusi saaks mudelile teha ehitiste kategooria põhjal (näiteks lisada sadamad, spordikompleksid), kuid osad atribuudid, mis annaks hoonetele detailsust juurde on tühjad ja enam ei uuendata (näiteks hoonete ja katuste värvused).

Tallinna ruumiandmete registri andmete kasutuslihtsuse parendamiseks tooks välja mõned autori poolset soovitusi:

- 1) Eraldi dokument või logi uuendamiste kohta, kus kirjeldatakse ära, mis andmeid teatud ajal uuendati ning kus piirkonnas uuendused toimusid. Sinna võiks lisatud olla, kas on mingi kindel põhjus/eesmärk miks valiti see piirkond uuendamiseks (näiteks uue ehitise planeerimisega seoses);
- 2) Kõigil kihtidel on ühine atribuut märkused, kuid sellel puudub kindel definitsioon ehk sinna on võimalik sisestada ükskõik mida. Osadel kihtidel on antud atribuudi lahtris kirjas objekti liik, osadel objekti omadusi täpsustav kommentaar. Seega võiks olla kindlalt defineeritud, millist informatsiooni märkuste lahter sisaldab. Metaandmete kataloogis oli mainitud, et on ka kokkuleppelisi märkuseid. Nende puhul võiks samuti dokumentatsioonis olla välja kirjutatud definitsioonid või ülevaade, millised märkused on kokkuleppelised. Näiteks osadel kommentaaridel mingid konkreetsed tähendused, millest kasutaja kohe peale vaadates aru ei saa.
- 3) Määramata objekte puhul võiks metaandmete kataloogi täiendada ja atribuutidele väärtusi ning definitsioone juurde lisada.

7 Kokkuvõte

Bakalaureuse töös kirjeldati esmalt ruumiandmeid üldiselt, millised on ruumiandmete tüübid ning anti ülevaade ruumiandmete haldamiseks ja vaatamiseks kasutatavast geograafilisest infosüsteemist. Järgnevalt toodi välja seadused, millega piiratakse Eestis ruumiandmete kasutamist ja kogumist. Nendeks olid ruumiandmete ja avaliku teabe seadus. Lisaks räägiti lähemalt Tallinna ruumiandmete registris andmete hoiustamisest ja uuenumisest.

Ruumiandmeid on meil vaja, et mõista, miks muutused toimuvad ning kuidas need muutused aset leiavad. Need andmed aitavad prognoosida tulevaseid trende, samal ajal vähendades probleeme, mille tõttu peaksid ruumiandmed olema üks analüüsi osa.

Suur osa meile olulisest informatsioonist on seotud ruumi ja asukohaga, näiteks ühistransporti kasutades tahetakse teada, kus asub lähim peatus või mis kellaajal väljub järgmine buss. Samuti paljudes tööstusharudes, näiteks energeetika, transport ja avalik sektor, on suure tähtsusega, et oleks võimalus visualiseerida äriobjekte kaartidel otsuste tegemise parendamiseks. Seega mängib olulist rolli, et ruumiandmed oleks ajakohased.

Töö raames püstitati kolm eesmärki: Tallinna ruumiandmete registri kasutuslihtsuse uurimine, Tallinna ruumiandmete registri kvaliteedi hindamine ja TAR-i andmete analüüs 3D mudeli täiendamise jaoks.

Püstitatud eesmärkide täitmiseks laeti alla Tallinna aluskaardi andmed ning loodi andmebaas, kus päringute abil sai registri andmete kvaliteeti hinnata ja leida andmeid 3D linnamudeli täiustamiseks. Abistava materjalina kasutati TAR-i tehnilist dokumenti ja TAR-i metaandmete kataloogi, et andmeid paremini mõista.

Uurimise tulemusena sai selgeks, et registri kvaliteeti oleks võimalik parendada ning muuta kasutamist kasutajasõbralikumaks. Regrist leiti andmeid, mida saaks 3D mudeli täiustamiseks kasutada, kuid esineb ka selliseid atribuute, mida võiks kasutada, kuid nende väljad on tühjad.

Kasutatud kirjandus

- [1] Linnamudel [WWW] <https://gis.tallinn.ee/linnamudel/> (13.05.2020)
- [2] Maa-ameti menetluskord riigi infosüsteemi haldussüsteemis [WWW]
<https://www.ria.ee/sites/default/files/content-editors/RIHA/ma-menetluskord-rihas.pdf>
(13.04.2020)
- [3] Tallinna ruumiandmete kasutamise näited [WWW]
<https://www.tallinn.ee/est/geoportaal/Tallinna-ruumiandmete-kasutamise-naited>
(13.04.2020)
- [4] Raster versus Vector Data Encoding and Handling: A Commentary [WWW]
https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1987journal/oct/1987_oct_1397-1398.pdf
(14.04.2020)
- [5] Vector Data [WWW]
https://docs.qgis.org/2.8/en/docs/gentle_gis_introduction/vector_data.html (20.03.2020)
- [6] Raster Data [WWW]
https://docs.qgis.org/2.8/en/docs/gentle_gis_introduction/raster_data.html (22.03.2020)
- [7] Introducing GIS [WWW]
https://docs.qgis.org/2.8/en/docs/gentle_gis_introduction/introducing_gis.html (10.04.2020)
- [8] Mis on GIS? [WWW] <http://www.gispaev.ee/avaleht/mis-on-gis/> (10.04.2020)
- [9] Ruumiandmete seadus. (2011). RT I, 10.03.2017, 2 [WWW]
<https://www.riigiteataja.ee/akt/110032017002>
- [10] Avaliku teabe seadus. (2000). RT I, 22.03.2011, 10 [WWW]
<https://www.riigiteataja.ee/akt/122032011010>
- [11] Tallinna Ruumiandmed [WWW] <https://www.tallinn.ee/est/geoportaal/Andmed>
(22.03.2020)
- [12] Tallinna ruumiandmete registri aluskaardi metaandmete kataloog [WWW]
<https://www.tallinn.ee/est/g6497s123226> (16.05.2020)
- [13] PostgreSQL [WWW] <https://www.postgresql.org/> (13.01.2020)
- [14] Postico [WWW] <https://eggerapps.at/postico/> (14.02.2020)
- [15] PostGIS [WWW] <https://postgis.net/> (13.02.2020)
- [16] QGIS [WWW] <https://qgis.org/en/site/> (13.02.2020)
- [17] Tallinna ruumiandmete register TAR [WWW]
https://vana.riha.ee/riha/main/inf/tallinna_ruumiandmete_register_tar# (20.03.2020)
- [18] TAR aluskaart [WWW] <https://gis.tallinn.ee/taraluskaart/> (16.05.2020)
- [19] Ülevaade Tallinna ruumiandmete registrist [WWW]
<https://www.riha.ee/Infos%C3%BCsteemid/Vaata/tlntar#dokumentatsioon> (04.05.2020)