



OÜ Positium LBS, Õpetaja 9, 51003 Tartu, Estonia  
Reg. nr. 10883762, Swedbank 221020601776

Tel +372 734 1144  
[positium@positium.ee](mailto:positium@positium.ee)  
[www.positium.ee](http://www.positium.ee)

## Tartu linna ja lähiala elanike liikumiste uuring mobiilpositsioneerimise andmetel

**Tellij:** Tartu Linnavalitsus

**Täitja:** OÜ Positium LBS

Tartu 2015

# Sissejuhatus

Käesolev töö "Tartu linna ja lähiala elanike liikumiste uuring mobiilpositsioneerimise andmetel" on koostanud Positium LBS Tartu Linnavalitsuse tellimusel. Töö eesmärgiks oli saada andmed Tartu linna ja lähiala inimeste liikumiste kohta. Saadud andmeid kasutatakse hilisemas töös Tartu linna avaliku bussiveo liinivõrgustiku koostamisel ning edaspidi koostatavatel liiklusuuringutes suure liiklusrõhuga objektide kaardistamisel ja inimeste liikumisvajaduste täpsustamisel.

Töös käsitletav maa-ala (uuringuala) on Tartu linn koos Tartu linna vahetus läheduses asuvate asumitega, st. Tartu linna piirist kuni 20-minutilise autosõidu kaugusel paiknevad asumid ja Elva linn. Kodu ja töökohtade paiknemine on kujutatud tsoonide kaupa kuukeskmistena.

Lähtuvalt uuringu eesmärgist hinnatakse liikumisvoogusid kolmel tasemel

1. Tartu linnasisesed liikumisvood;
2. Elva ja Tartu vahelised liikumisvood;
3. Tartu linna ja Tartust 20 minuti autosõidu kaugusele jäävate alade vahelised liikumisvood;

Uuringu ajaliseks perioodiks on aasta 2014 ning ühikuks üks kuu. Uuringu peamine andmeallikas on passiivse mobiilpositsioneerimise andmebaas, millele lisaks on kasutatud 2011. aasta rahvaloenduse andmeid. Sesoonsuse ning nädalapäevaliste variatsioonide hindamiseks vaadeldakse liikumisi nelja kuu vältel (jaanuar, aprill, juuli, oktoober) ning eristatakse argipäevad nädalavahetustest. Andmetabelis kajastatud ning kaartidel visualiseeritud liikumised esindavad keskmist tööpäeva ning keskmist nädalavahetuse päeva vaadeldava kuu vältel. Käesolev seletuskiri annab ülevaate esitatud andmefailide mõistmiseks.

Uuringu koostajad loodavad, et antud uuring aitab kaasa Tartu ühistranspordi liinivõrgu planeerimisele. Kõik töös olevad kaardid ja joonised koostas Positium LBS.

# Andmed ja metoodika

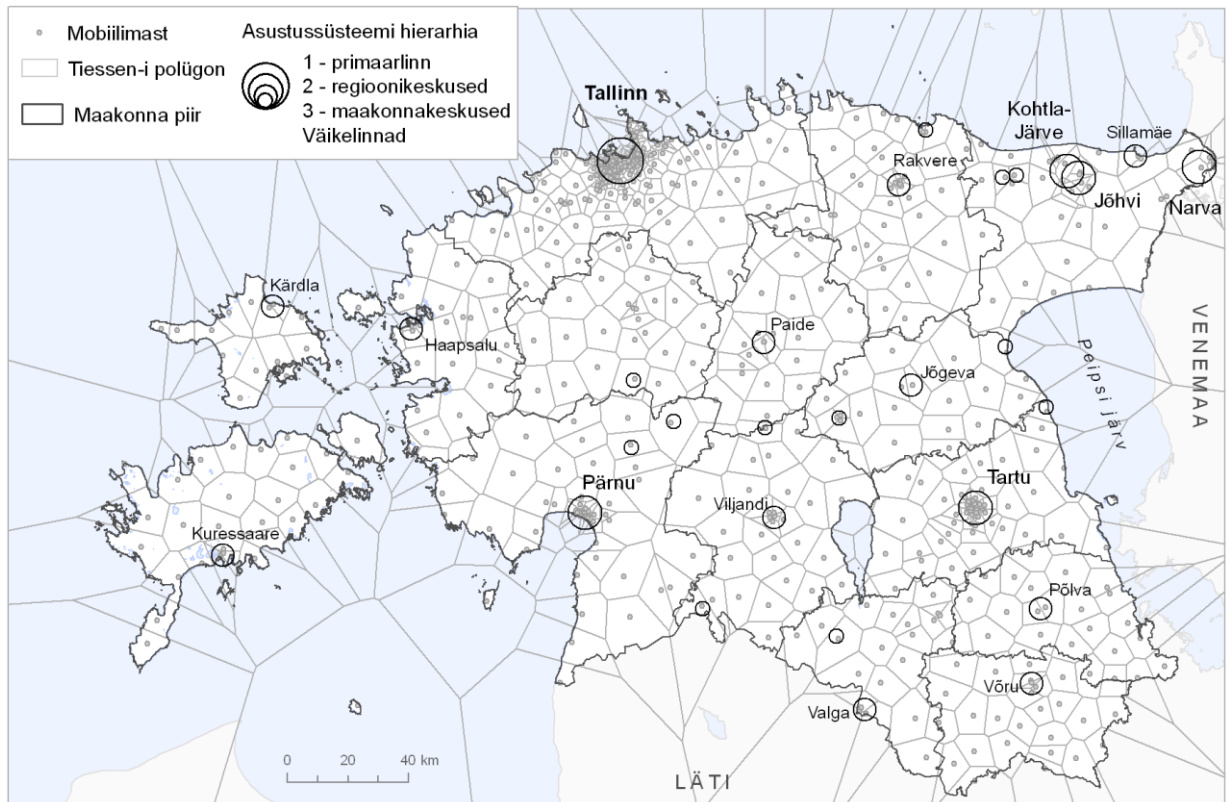
## Passiivse mobiilpositsioneerimise andmed

Uuringu lähteandmetena on kasutatud passiivse mobiilpositsioneerimise andmeid (Ahas jt 2008) aastal 2014, mille on kogunud Positium LBS koostöös Eesti mobiilsideoperaatoritega. Passiivse mobiilpositsioneerimise andmebaas koosneb mobiiltelefonide kõnetoimingute asukohtadest (väljuvad kõned, SMS-id, andmeside ja asukohapõhised teenused) mobiilsidemasti teeninduspiirkonna täpsusega. Andmebaasis on fikseeritud iga kõnetoimingu aeg ning mobiilimast, kus kõnetoiming on sooritatud. Igale kõnetoimingu sooritajale (mobiilioperaatori kliendile) on omistatud juhuslik ja pseudonüümne, kuid ajas muutumatu identifikaator, mida ei saa seostada ühegi konkreetse inimese ega telefoninumbriga.

Passiivse mobiilpositsioneerimise meetodil saadud andmete kogumine, hoidmine ja töötlemine vastab kõigile Euroopa Liidus kehtivatele isikuandmete kaitse nõuetele (European Parliament 2002), Eesti Vabariigi seadustele ning on kooskõlastatud Eesti Andmekaitse Inspeksiooniga. Käesolevas uuringus tagatakse mobiiliomanike privaatsus, lähtudes Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivist 2002/58/EÜ, milles käsitletakse isikuandmete töötlemist ja eraelu puutumatus kaitset side sektoris. Direktiivis nimetatud nõudmised viidi ellu Eesti Andmekaitse Inspeksiooni poolt. Positiumi poolt esitatavates andmetabelites kujutatakse inimeste hulk, mis jääb alla kümne tähisega "<10" (.shp failides kasutatakse selle asemel numbrit viis, võimaldamaks edaspidist tunnuste numbrilist klassifitseerimist).

Passiivse mobiilpositsioneerimise teel kogutud andmete kasutamine põhineb Euroopa Liidu raportil, kus on sõnastatud Eesti igapäevaseks mobiilikasutajate hulgaks 95% kogurahvastikust.

Eesti mobiilsideoperaatorite mobiilsidevõrk katab 99,9% kogu Eesti alast. Mobiilsidemastid on jaotatud Eesti territooriumil ebaühtlaselt, järgides enamasti rahvastiku paiknemist ning transpordi infrastruktuuri. Seega on passiivse positsioneerimise täpsus suurem tihedamini asustatud või tihedama teedevõrguga aladel, väiksem aga hõredamalt asustatud aladel. Mobiilsidemastide paiknemine ja tihedus EMT näitel on esitatud joonisel 1.



Joonis 1. EMT mobiilsidemastide paiknemine. Punktidega tähistatud mobiilsidemastid on ümbritsetud voronoi polügonidega.

## Ankurpunktide mudel

Uuringus on kasutatud TÜ geograafia osakonna ja Positium LBS poolt välja töötatud ankurpunktide mudelit (Ahas jt 2010a). Ankurpunktid on olulised kohad inimese igapäevases tegevusruumis, mida külastatakse regulaarselt ja mille vahel kulgevad inimese peamised liikumistrajektorid.

Ankurpunktide mudeli arvutamise lähtekohaks on, et inimese viibimine mingis kohas annab sellele kohale tähenduse tema tegevusruumis. Teisisõnu, mida olulisem on koht, seda rohkem inimene selles kohas aega veedab. Seega veedetakse igapäevastes tegevusruumi kohtades ehk ankurpunktides (elukoht, töö/kool) summaarselt kõige rohkem aega. Teiseks lähtekohaks ankurpunktide mudelis on, et inimese viibitav aeg mingis kohas on otseselt seotud tema poolt teoreetiliselt teostatavate kõnetoimingute arvuga selles kohas. Teisisõnu, mida rohkem inimene selles kohas viibib, seda rohkem sooritab ta seal tõenäoliselt kõnetoiminguid. Neid kahte lähtekohta aluseks võttes on ankurpunktide mudelis eeldatud, et igapäevastes ankurpunktides tehakse kõige rohkem ja juhuslikes kohtades kõige vähem kõnetoiminguid (Ahas jt 2010b).

Inimeste elu- ja tööaja kohad arvutatakse iga uuritud kuu kohta eraldi. Ankurpunktid leitakse kohtadesse, kus uuritav on ühes kuus regulaarselt või kõige enam viibinud – päevasel ajal leitakse tööaja (sh õppe-) koht ja muul ajal elukoht. Koduna mõistetakse kohta, kus uuritav ööbib ning viibib hommikul ja õhtul. Tööaja ankurpunkt on argipäeval kõige regulaarsemalt viibitav koht ega pruugi tähendada otsest töökohta, kuna tegu võib olla ka näiteks õppeasutusega (õpilased, tudengid). Näiteks võib tööaja ankurpunkti saada ka aktiivne pensionär, juhul kui ta viibib regulaarselt teatud oma elukohast väljaspool asuvas kohas. Hinnanguliselt on antud juhtumeid marginaalselt ja seega need uuringu tulemusi oluliselt ei mõjuta.

Tööaja ja elukoha ankurpunktid eristatakse vastavalt ajalisele viibimisele ja nendes teostatud kõnede aegade standardhälbele. Elukoha ankurpunkt on määratud keskmise päevase kõnetoimingute ajaga vahemikus 17:00 – 8:00 koos vastava kõnetoimingute standardhälbe filtriga.

Ankurpunktide mudel leiab ligikaudu 60% inimestele nii elukoha kui ka tööaja ankurpunkti. 40% leitakse vaid üks igapäeva ankurpunkt, st nii elukoha kui ka tööaja ankurpunkt paikneb sama mobiilsidemasti levipiirkonnas või on tegemist inimesega, kes veedab suurema osa ajast ühes kohas. Tartu Ülikooli geograafia osakonna teadlaste

hinnangul on ankurpunktide hindamise meetodika pädev, et eristada igale inimesele omased elukoha (öised) ja tööaja (päevased) asukohad ning mitme ankurpunti puhul nende hulgast statistilise mudeliga õiged välja valida.

Kõnetoimingute põhjal leitud ankurpunktide tegelike inimeste hulkade saamiseks on kasutatud penetratsioonimudelit, ankurpunktide arvutamisel on kasutatud REL 2011 andmeid ning neid on korrigeeritud vastavalt iga kuu jaoks .

Vaba aja liikumine leitakse ühendades kõikide uuritavate elukoha ankurpunktid nende sekundaarsete ankurpunktidega. Sekundaarsed ankurpunktid on need, mida regulaarselt ja igapäevaselt ei külastata, ent kus käiakse piisavalt tihti ja seetõttu on see oluline koht inimese igapäevases tegevusruumis. Sekundaarseks ankurpunktiks võib inimesele olla näiteks tema suvila, raamatukogu, kaubanduskeskus, sõbra elukoht, meelelahutusasutus või muu teatava regulaarsusega külastatav koht. Vaba aja ankurpunkte võib igal ühel olla mitu ning need on kõik käesolevasse analüüsi kaasatud. Et tsoonide vaheliste liikumiste mahud oleksid paremini hoomatavad, on nad esitatud liikumiste arvuna päevas.

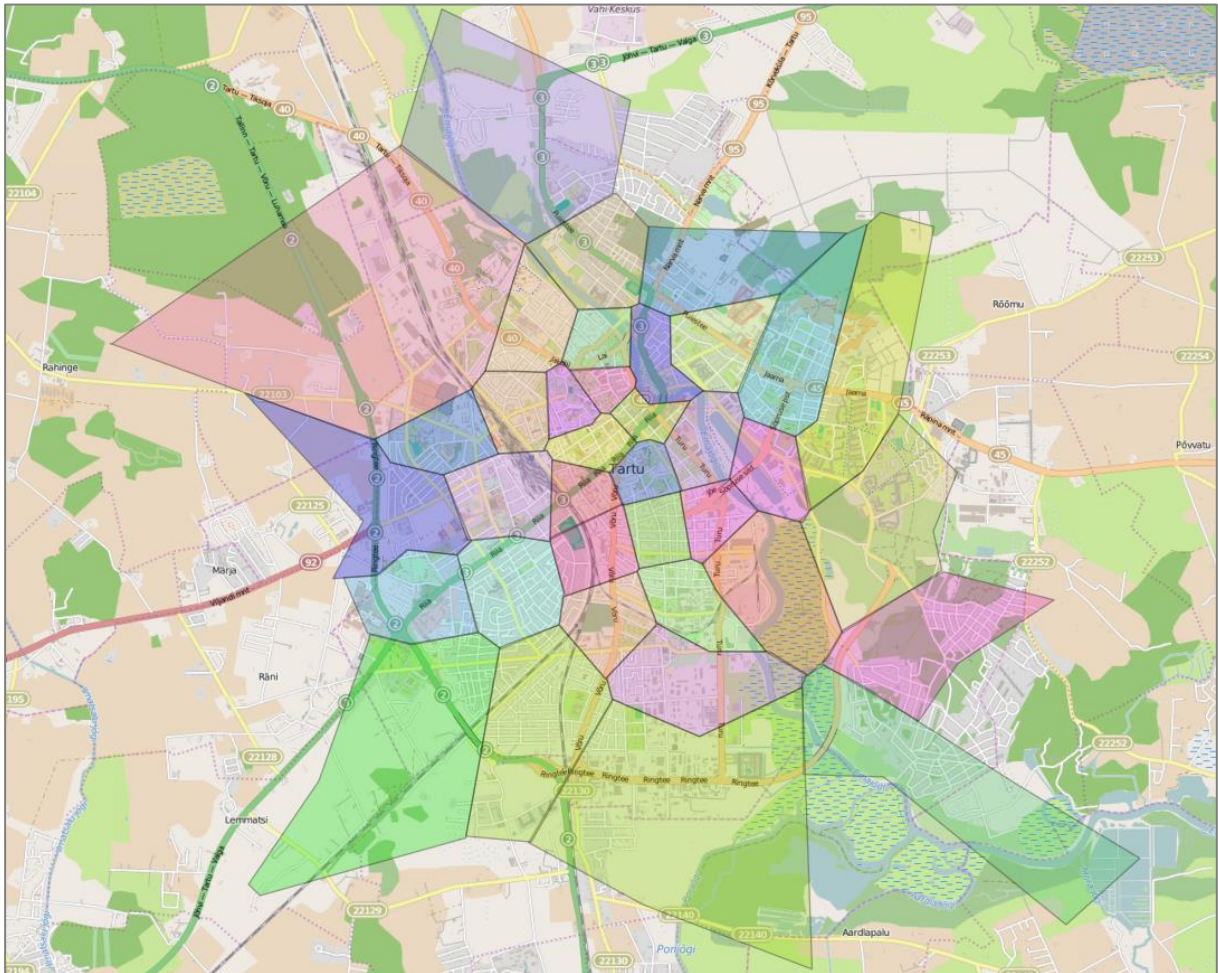
Ankurpunktid ja kõnetoimingud interpoleeritakse ruumis punktmustrite mudeli meetodil, mis tähendab, et igale kõnetoimingule omistatakse ruumis kõige tõenäolisem asukoht arvestades kõnede sagedust antennis, antennide paiknemist, levialasid ja naabrussuhteid ning maakatet. Elukoha ankurpunktide paiknemise korrelatsioon võrreldes rahvaloendusega on 0.94 (Murov 2011)

## Tsoneering

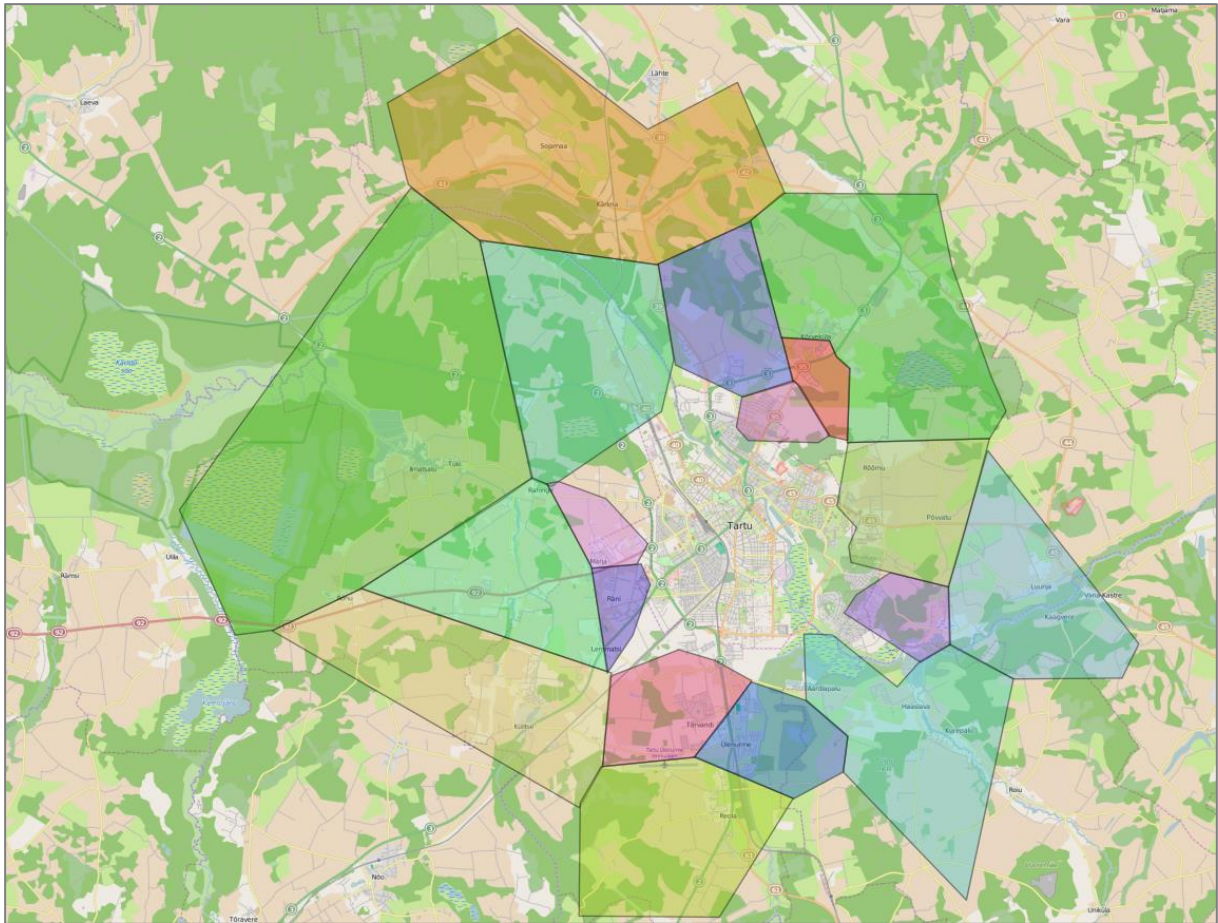
Käesolevas töös analüüsitav piirkond on jagatud tsoonideks lähtuvalt ühelt poolt mobiilsidevõrgu jaotusest ja -antennide levialadest ning teisalt tellija poolt defineeritud asumitest. Lähtuvalt töö tellija soovist on Tartu linn, selle lähiümbrus ja 20-minuti sõiduraadiusesse jäävad piirkonnad jagatud võimalikult detailseteks tsoonideks arvestades asumipiire. Uuringualana käsitletakse Tartu linna alale defineeritud 34 alatsooni, Tartu linnast maksimaalselt 20 minuti autosõidu kaugusel jäävat 18 tsooni ning Elva linna. Tsoonid on defineeritud failides Tartu\_tsoonid.shp ning Tartu\_LV\_tsoonid\_20min.shp

Uuringus on toodud liikumised kolmel tasandil:

- Tartu linn jagatuna tsoonideks (joonis 2)
- Tartu lähiümbrus jagatuna tsoonideks (joonis 3)
- Elva linn (Elva linn tervikuna)



Joonis 2. Tartu linna jaotumine tsoonideks



Joonis 3. Tartu linna lähikümbruse jaotumine tsoonideks: uuringus käsitletud alad.

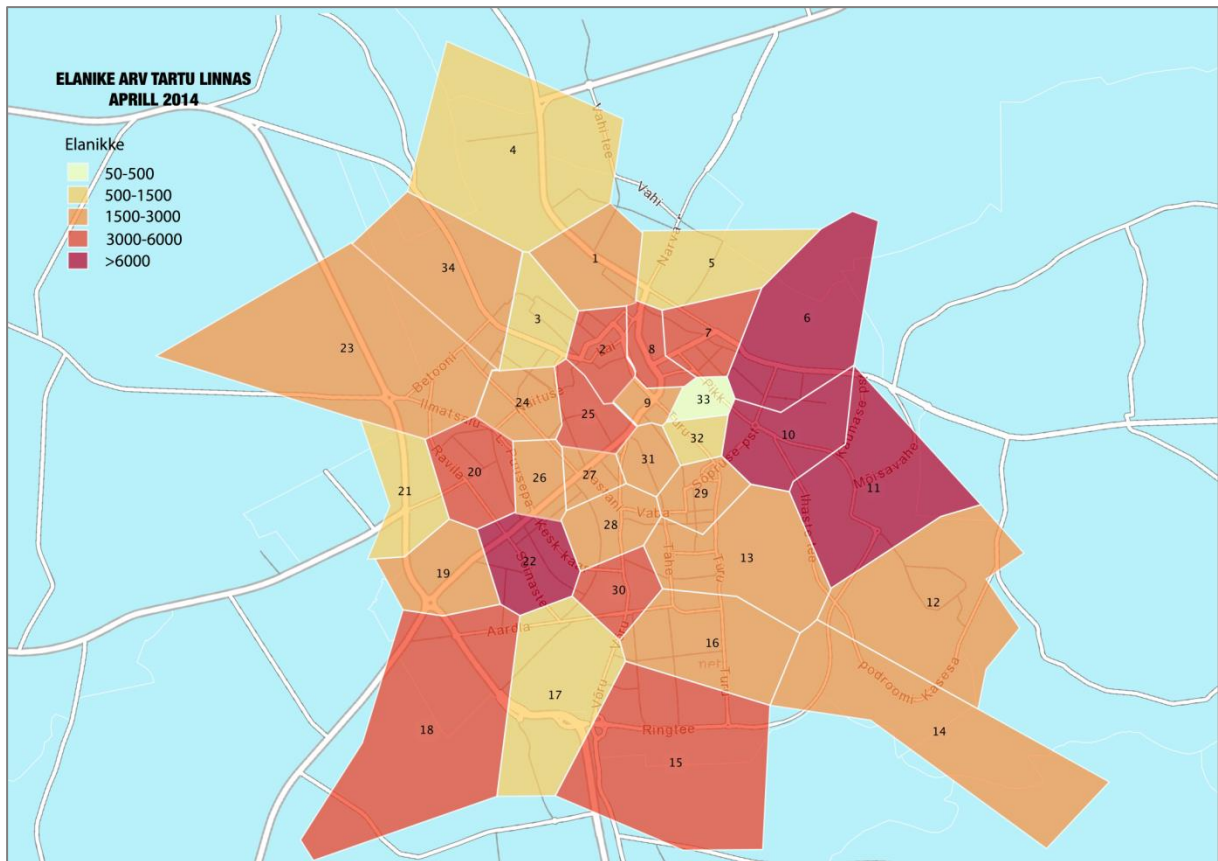


# 1. Tulemused

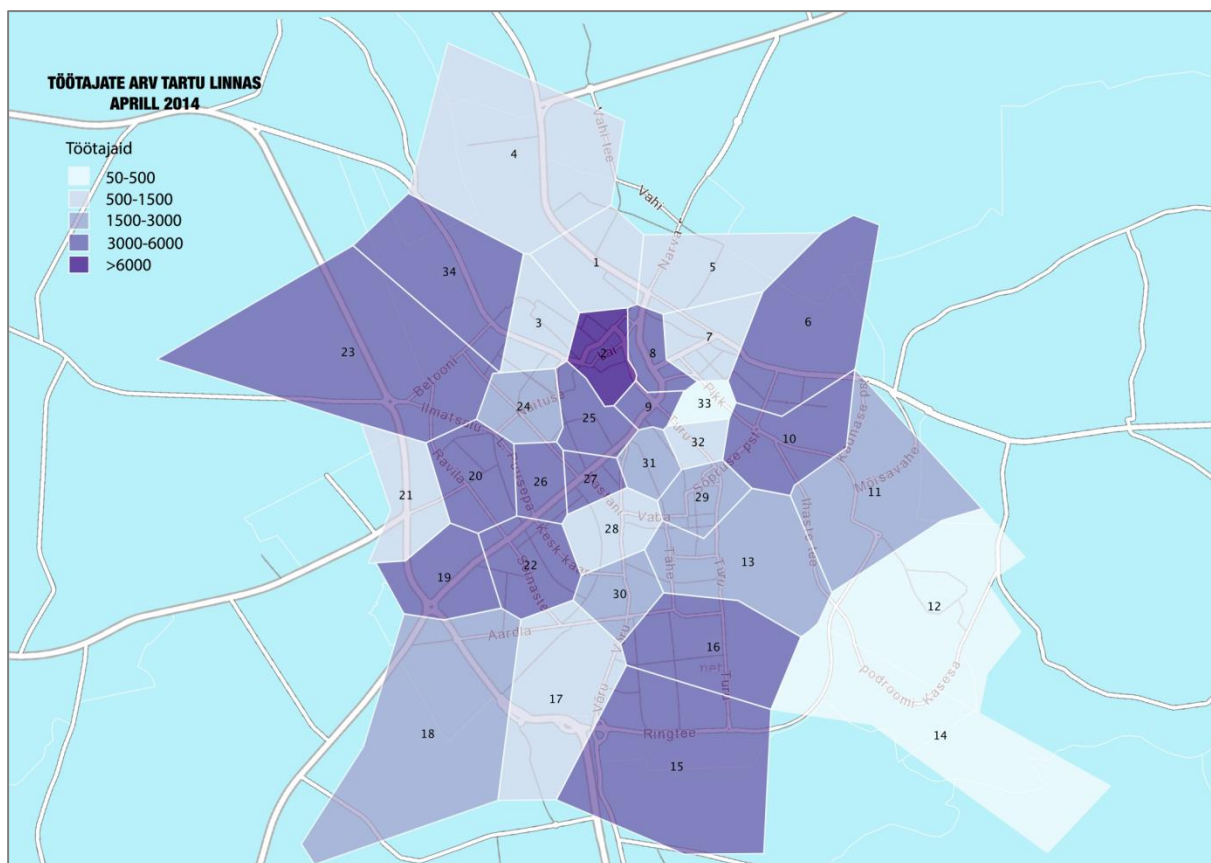
Töö tulemusena esitatakse andmetabelid ning andmete põhjal koostatud kaardifailid .dwg ning .ai formaadis ja .shp failidena. Viimastel on kaasas stiilindamise fail, mis on avatav QGIS programmis ja võimaldab säilitada voogude intensiivsusklassid .shp failis. Disainiformaadis .ai failid sisaldavad kõiki võimalikke klasse (va kõige väiksem klass) iga kaardi kohta, kuid vaikimisi on kuvatud ja disainitud vaid need klassid, mida on mõistlik kaardil kuvada. Eelnevast lähtudes on koostatud igale kaardile ka legend. PDF formaadis esitatakse kaheksa kaarti Tartu elanike ja töötajate kohta kuudel jaanuar, aprill, juuli, oktoober ning liikumisvoogudest esitatakse oktoobri kuu kodu-töö liikumised suunal Elva-Tartu, Tartu-Tartu ning 20 minuti tsoon-Tartu. Lisaks esitatakse näide Tartu alatsoonide vaheliste liikumisvoogude kohta, kus on eemaldatud kõik liikumised, mis suunduvad kõrvaltsoonidesse. Sellisel moel on võimalik selgemalt esile tuua transpordivajadus tsoonide vahel, mis asetsevad teineteisest kaugemal.

## Elu- ja töökohtade paiknemine Tartu linnas erinevatel aastaaegadel

Elu- ja töökohtade paiknemine on esitatud tsoonide kaupa. Andmed on esitatud nelja kuu kohta (jaanuar, aprill, juuli ja oktoober) kuu keskmisena. Ankurpunktide hulk tsoonides on leitud interpoleerimise meetodil. Näide alloleval joonisel (joonis 4, joonis 5).



Joonis 4. Elanike arv Tartu linnas tsoonide lõikes aprillis 2014.



Joonis 5. Töötajate arv Tartu linnas tsoonide lõikes aprillis 2014.

## Tartu linnaga seotud liikumised

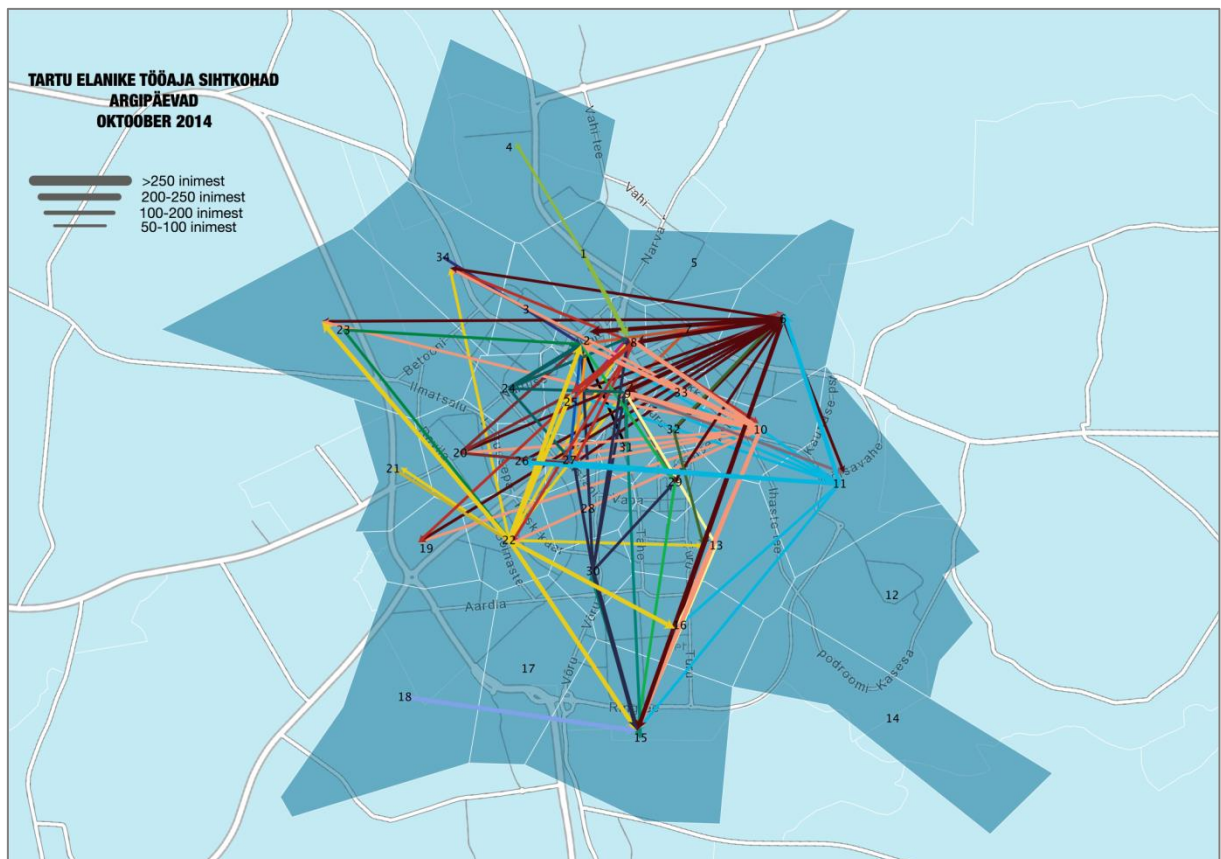
Tartu linnaga seotud liikumistest esitatakse igapäevased kodu ja töö vahelised liikumised ning kodu ja vaba aja kohtade vahelised liikumised. Elukoha ja töökoha vaheliste liikumiste puhulkajastuvad ühe inimese liikumised vaid ühe joone mahus, elukoha ja vabaaja vaheliste liikumiste puhul võib iga inimese liikumisi olla esindatud mitme joone majus, kui isikul on vabaaja sihtkohtadeks on erinevad tsoonid. Igasse tsooni saab aga inimesel olla vaid üks liikumine, sõltumata sellest, mitu erinevat vaba aja sihtkohta isikul antud tsoonis on.

Tartu linnaga seotud liikumised esitatakse järgmistel ruumilistel ja ajalistel tasanditel (seletuses esitatud näidised kujundusfailidest):

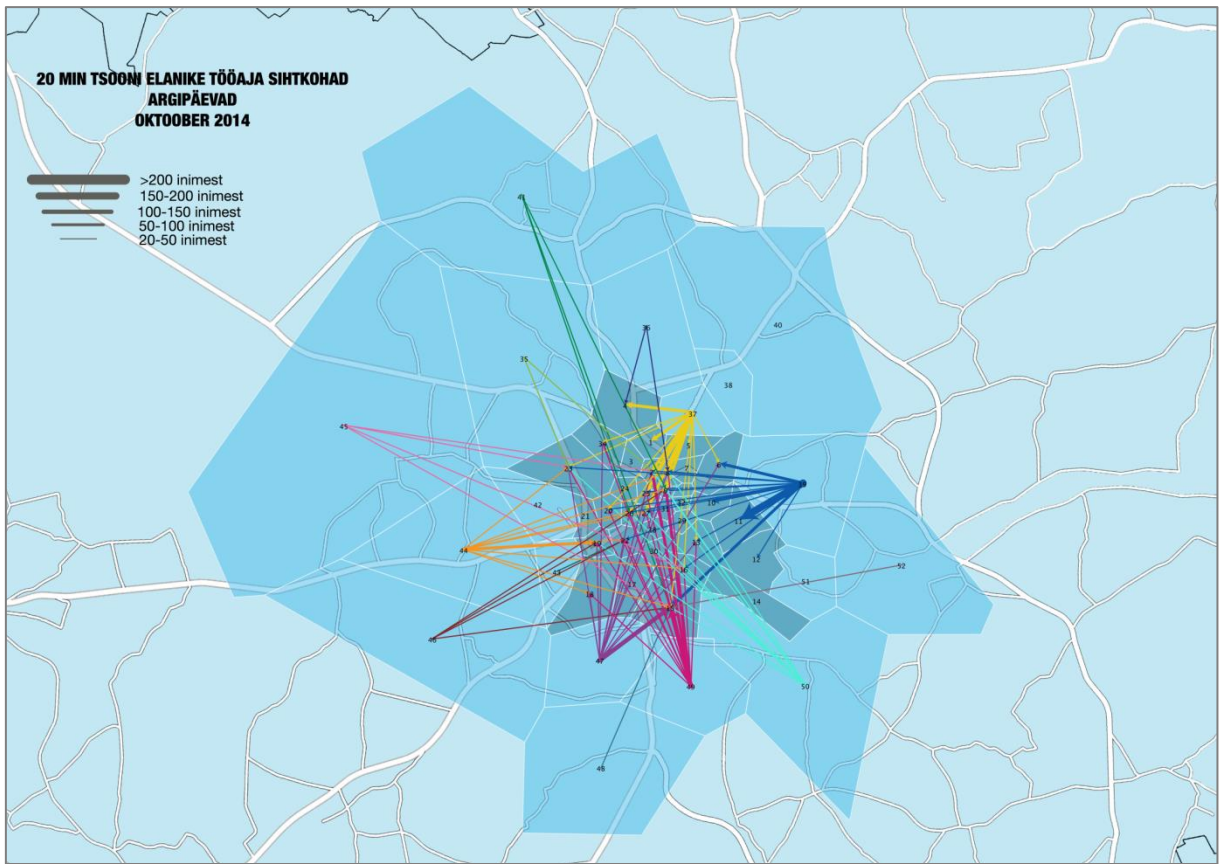
- Tartu-sisesed tsoonidevahelised liikumised nelja aastaja lõikes: jaanuar, aprill, juuli, oktoober. Näidis esitatud joonisel (joonis 6),
- Tartu linna tsoonide ja lähiasumite tsoonide vahelised liikumised nelja aastaja lõikes: jaanuar, aprill, juuli, oktoober. Näidis esitatud joonisel (joonis 7)

- Tartu linna ja Elva linna vahelised liikumised nelja aastaja lõikes: jaanuar, aprill, juuli, oktoober. Näidis esitatud joonisel (joonis 8).

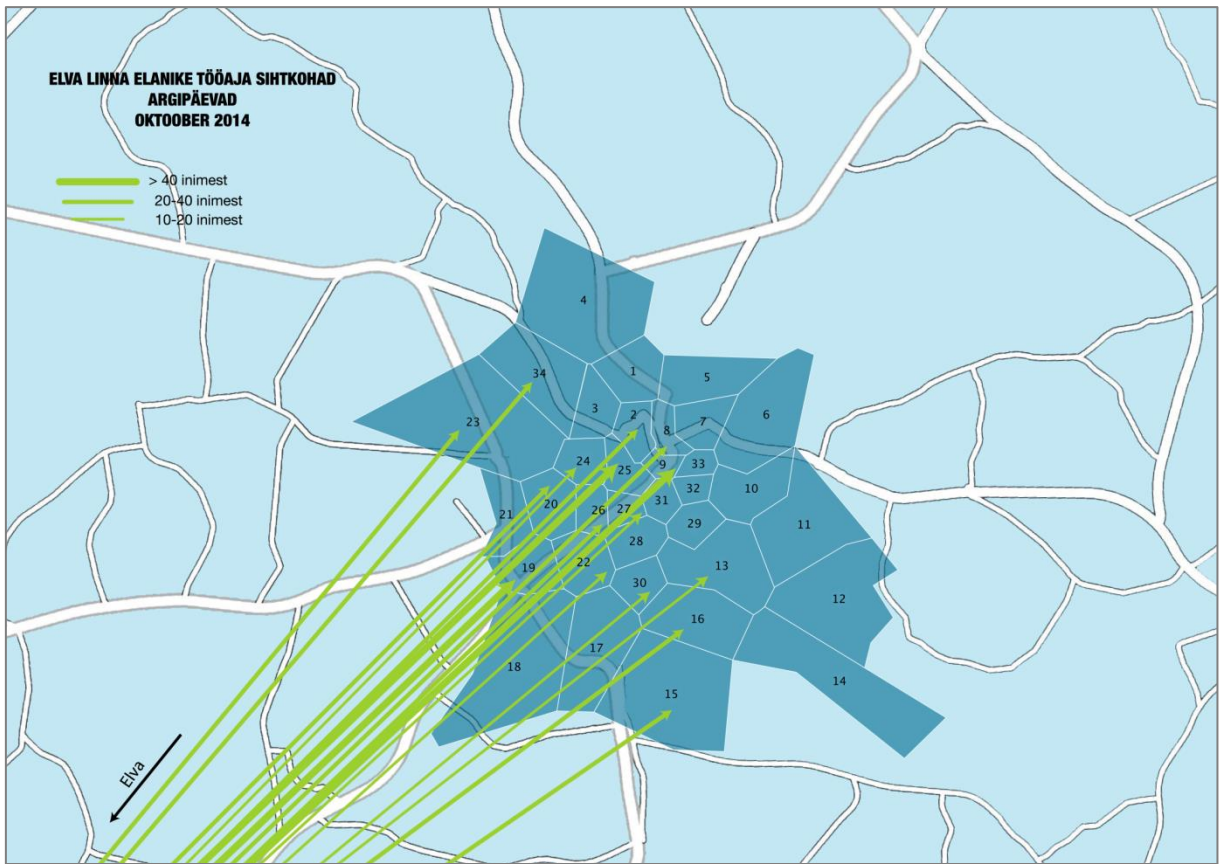
Kaartidel on joontena kujutatud vastavate tsoonide vaheliste liikujate hulk. Näiteks kaardil, millel on kujutatud Tartu elanike asumite töökohad, kajastab joone jämedus nende inimeste hulka, kes elavad ühes asumis (asum A), kuid suunduvad teise asumisse tööle (asum B) (joonis 6).



Joonis 6. Tartu elanike tööaja sihtkohad Tartu linnas argipäeviti oktoobris 2014.



Joonis 7. Tartu lähiasumite (20 minuti sõitutsoon) elanike tööaja sihtkohad Tartu linnas argipäeviti oktoobris 2014.



Joonis 8. Elva elanike tööaja sihtkohad Tartu linnas argipäeviti oktoobris 2014.