



OÜ Positium LBS, Õpetaja 9, 51003 Tartu, Estonia  
Reg. nr. 10883762, Swedbank EE22221020601776

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

# **Tallinna ja Tallinnaga seotud liikumiste lähte- ja sihtkohtade korrespondentsmaatriks (ODM) mobiilpositsioneerimise andmetel**

Tellijä: Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium

Täitja: OÜ Positium LBS

Tartu 2017

# Sisukord

1	Sissejuhatus .....	3
2	Töö eesmärk.....	3
3	Metoodika.....	3
4	Tulemused.....	8

# 1 Sissejuhatus

Eesti transpordipoliitika eesmärk on tagada kättesaadavad, mugavad, ohutud ja kestlikud liikumisvõimalused inimestele ja ettevõtetele. Kvaliteetne taristu ja hästi toimiv transpordisüsteem on igapäevaelu toimimiseks hädavajalikud. Erinevates keskkondades on nõudmised taristule ja süsteemile erinevad. Mobiilpositsioneerimise andmetel põhineva liikumiste lähte- ja sihtkohtade korrespondentsmaatriksi (ODM) koostamine annab teavet erinevate ruumiliste üksuste vaheliste liikumiste kohta ning aitab mõista inimeste liikumise spetsiifikat. Tervikliku andmetaristu olemasolu, mille üks osa on mobiilpositsioneerimine, võimaldab liikumisnõudluse muutuste ja nende põhjuste analüüsimise toel planeerida tänasest efektiivsemalt edasisi tegevusi transporditaristu ja -teenuste parendamise ja kavandamise osas inimeste liikumisvajaduste rahuldamiseks.

## 2 Töö eesmärk

Mobiilpositsioneerimise andmetel põhineva Tallinna ja Tallinnaga seotud liikumiste lähte-sihtkoht maatriksite koostamine on sisendiks rahvusvahelisse FinEst Smart Mobility projekti, mille ühe osana on Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Maanteeamet ja Tallinna linn koostamas Tallinna regiooni säästva linnaliikuvuse kava, mille eesmärk on koostöö edendamise ning strateegilise planeerimise kaudu tõsta Tallinna linnapiirkonna elanike elukvaliteeti, parandada liikuvust ja tagada parem ligipääs igapäevastele sihtkohtadele, vähendades seejuures reisijate ja kaupade transpordi ajakulu ning kahjulikku keskkonnamõju. Ühtlasi loob Tallinna regiooni ulatuses mobiilpositsioneerimise andmete kogumine aluse analoogsel meetodil andmekogumiseks üleriigilise liikumiste maatriksi koostamiseks, olles edaspidi üheks oluliseks sisendiks riikliku transpordi arengukava koostamisel.

Töö väljunditeks on analüüsitud ja visualiseeritud andmed:

- Kuukeskmise elukoha ankurpunktide hulk tsoonide lõikes;
- Kuukeskmise tööaja ankurpunktide hulk tsoonide lõikes;
- Tallinna elanike sekundaarsed ankurpunktid (vaba aja sihtkohad) uuringualal;
- Tallinnaga seotud olulisimad liikumisvektorid elukoht <-> töökoht.

## 3 Metoodika

Inimeste liikumiste kaardistamisel lähtume tegevuspõhisest (*activity based*) tegevusruumide ja sotsiaalsete võrgustike analüüsi meetoditest, kasutades selleks **passiivse mobiilpositsioneerimise** ja rahvaloenduse andmeid.

**Passiivne mobiilpositsioneerimine** on andmeanalüüsi tehnoloogia, kus iga anonüümse mobiiltelefoni kasutaja (isiku) kohta leitakse statistilise analüüsi abil karakteristikud (ankurpunktid tegevusruumis, liikumisvektorid, teekonnad, liikumisruum) mobiilioperaatori poolt kogutud kliendi toimingute logi (näiteks väljuvad kõned, sms-id, mms-id) aja ja asukohtade (mobiilsidemasti leviala täpsusega) põhjal. Käesolevas töös on määratud isiku poolt sooritatud toimingute ajad ning asukohad ja antud neile vastavalt esinemissagedusele ja tüüpilisele esinemiskellaajale tähendused **ankurpunktide** näol.

Kogu Eesti territoorium on kaetud **mobiilsidemastidega**, mille antennid katavad oma signaaliga teatud kindla territooriumi ehk **leviala piirkonna** (vt Joonis 1). Mastide geograafilised levialad leitakse välitööde alusel saadud täpsemate mõõdistustega ja arvutuslikult Voronoi polügoonide abil. Mastide levialade suurused on erinevad (täpsusvahemikus ~100 m kuni ~10 km), kuna mobiilioperaatorid paigutavad neid üldiselt vastavalt asustustihedusele ning piirkondadesse, kus kasutajate hulk on suhteliselt suurem.

Kasutades **ankurpunktide** tuvastamise ja hindamise metoodikat passiivse mobiilpositsioneerimise andmete alusel<sup>3</sup>, on võimalik iga anonüümse isiku ajalise ja ruumilise käitumismustri alusel välja arvutada tema tõenäoline elukoht, tööajakoht, vaba aja ankurpunktid ja juhuslikud sihtkohad. **Passiivse mobiilpositsioneerimise liikumised tulenevad leitud ankurpunktide ühendamisest.** Kasutades inimese tegevusruumi kirjeldavaid ankurpunkte ning täiendavaid kaardikihte kui tõenäosuspindasid (nt maakasutus ja hoonestus), täpsustatakse levialade põhjal arvutatud tsoonidesiseselt asukohatäpsust.

Positiumi passiivse mobiilpositsioneerimise andmete andmebaas koosneb mobiilioperaatorite võrkudes sooritatud mobiiltelefonide toimingute asukohtadest (väljuvad kõned, SMS-id, MMS-id). Andmebaasis on fikseeritud iga toimingu aeg ning mobiilside masti leviala täpsusega asukoht, kus toiming on alustatud. Igale toimingu sooritajale on mobiilioperaatori poolt omistatud juhuslik ja anonüümsust tagav identifikaator, mida ei saa seostada ühegi konkreetse isiku ega telefoninumbriga. Passiivse mobiilpositsioneerimise meetodil saadud andmete kogumine, hoidmine ja töötlemine vastab kõigi Euroopa Liidus kehtivate isikuandmete kaitse nõuetega (DIRECTIVE 2002/58/EC), Eesti Vabariigi seadustega ning on kooskõlastatud Eesti Andmekaitse Inspektsiooniga.

**Mobiilpositsioneerimise metoodika tugevused on:**

- **Suur valim.** Enamus iseseisvalt liikuvast rahvastikust on täna mobiiltelefoni kasutajad ja igapäevane mobiilikasutusest tekkiv logi on ajaliselt ja ruumiliselt tihe.
- **Vähene sõltuvus teistest andmekogudest.** Mobiilpositsioneerimise andmestik sõltub vähe teistest andmetest ja see võimaldab andmestikku kasutada teiste metoodikatega leitud liikuvusalaste andmete tulemuste võrdlemiseks. Muid andmeid on vaja peamiselt mobiilpositsioneerimise meetodil saadud statistikute laiendamiseks kogu rahvastikule. Ühtlasi

---

<sup>3</sup> Algoritmi kohta saab täpsemalt lugeda artiklist „Modelling Home and Work Locations of Population Using Passive Mobile Positioning Data“ (Ahas et al 2008)

tähendab vähene sõltuvus ka vabanemist erinevate andmekogude süstemaatilistest probleemidest.

- **Kiire andmete hankimise ja analüüsi protsess.** Andmeid koguvad mobiilioperaatorid automaatselt klientidega arveldamise eesmärgil ja need on kiirelt kättesaadavad. Analüüsi meetodika põhineb automaatsetel algoritmidel, mis vajavad suhteliselt vähe lisatööd.
- **Kõrge tulemuste usaldusväärsus.** Ankurpunktide asukohtade mediaantäpsus jääb erinevate asustusüksuste tasanditel vahemikku 87-100%.

**Metoodika esinduslikkus ja usaldusväärsus.** Passiivse mobiilpositsioneerimise andmete esinduslikkuse hindamise aluseks on TNS Emor'i poolt üle Eesti läbiviidud Omnibuss küsitlus (valim 2000 inimest), mille käigus selgus, et vastanutest 95,4% omas mobiiltelefoni. Samuti on Omnibussi küsitluse tulemused aluseks mobiilioperaatoritelt saadud andmete üldistamiseks kogu rahvastikule.

Mobiilpositsioneerimise meetodika usaldusvääruse hindamine põhineb täpselt (GPS logi) positsioneeritud valimi liikumiskäitumise ja liikumispäevikute analüüsil, mille alusel on leitud isikute tegeliku käitumise ja passiivse mobiilpositsioneerimise meetodika põhjal leitud käitumise kokkulangevus. Uuringu<sup>4</sup> põhjal oli 194 isiku 5361 kalendrikuu täpse positsioneerimise põhjal ankurpunkti täpsus maakonna tasemel 95% (mediaan 100%), kohaliku omavalitsuse tasemel 86% (mediaan 94%) ja mobiilimasti tsooni tasemel 74% (mediaan 87%).

Mobiilpositsioneerimise meetodika olulisemad aspektid:

- **Ankurpunktid ja liikumised.** Passiivse mobiilpositsioneerimise meetodil on võimalik uurida liikumisi, kuid ankurpunktide meetodika keskendub liikumiste asemel oluliste tegevuskohtade väljatoomisele. Seega on kõik käesolevas töös leitud liikumised loogiline tulemus tiheda külastusega ankurpunktide vahelisest liikumisvajadusest, mis sisaldab kõiki liikumisviise summeerituna. Passiivse mobiilpositsioneerimisega on teistes uuringutes leitud ka kõrge korrelatsioon uuritavat maanteed läbivate inimeste ja autode hulga vahel<sup>5, 6</sup>.
- **Kodu ja töö-aja ankurpunktide osatähtsus kõigi ankurpunktide hulgas.** Ankurpunktide ja nendevaheliste liikumiste olulisus tuleneb nende esinemissagedusest. Mobiilpositsioneerimise andmetel viibib enamik inimesi kõige sagedamini ja regulaarsemalt nimetatud tüüpi ankurpunktides. See tähendab, et ka liikumised nende punktide vahel on kõige tihedamad ja regulaarsemad.
- **Analüüsi tzoneeringu ruumiline tihedus** vastab ühe mobiilside masti levialale. Analüüsi tzoneeringut on võimalik tihendada aga sel juhul on saavutatav suurem tihedus tinglik ja põhineb oletustel, mitte täpsematel andmetel. Eriti oluline on see ODM kontekstis, kus ühe

---

<sup>4</sup> Saluveer, E, Ahas, R (2014) Using Call Detail Records of Mobile Network Operators for Transportation Studies. Mobile Technologies for Activity-Travel Data Collection and Analysis. Advances in Data Mining and Database Management (ADMDM), Information Science Reference. IGI Global.

<sup>5</sup> Järv, O., et. al. Mobile Phones in a Traffic Flow: A Geographical Perspective to Evening Rush Hour Traffic Analysis Using Call Detail Records. Plos One, Volume 7, Issue 11 (2012)

<sup>6</sup> Järv O, Saluveer E, Ahas R (2007) Analysis of traffic distribution and frequencies in Kose- Võõbu and Võõbu-Mäo units of E263 Tallinn-Tartu-Luhamaa highway (E263 Tallinna- Tartu-Luhamaa maantee Kose-Võõbu ja Võõbu-Mäo lõikude liiklusuuring mobiilpositsioneerimise abil). Tartu: Positium LBS.

tsooni jagamisel mitmeks väiksemaks saavad uued liikumisvektorid uuringuala teistesse tsoonidesse tekkida ainult oletuslikult. Erinevate leitud ankurpunktide asukoha ruumilist paiknemistäpsust tsooni sees on võimalik parandada vastavalt teadaolevale maakasutusele tsoonides. Näiteks paigutades elukohad tsoonis geograafilistesse asukohtadesse, kus reaalselt asuvad elamud.

- **Võrdlemine teiste andmetega.** Mobiilpositsioneerimise tulemusi saab kõrvutada teiste ruumiliste uuringute ja analüüside andmetega, millel on sellest erinev tsoneering. Tihedama tsoneeringuga andmed tuleks sel juhul taandada mobiilpositsioneerimise tsoneeringule, mitte vastupidi.
- **Mobiilikasutajate hulga laiendamine kogu rahvastikule.** Käesolevas uuringus kasutati analüüsitud mobiilikasutajate taandamiseks rahvastikule Statistikaameti kogu Eesti rahvaarvu.
- **“Mastiviskamiseks”** nimetatakse olukorda, kus mobiilikasutaja viibib samas ruumilises punktis, kuid telefon on kordamööda ühendatud erinevate mobiilsidemastidega. Sellise tavapärase olukorra tuvastamiseks ja käsitlemiseks on Positiumil välja töötatud algoritmid. Üldistatult aitab mastiviskamise küsimust lahendada pikaajalise perioodi andmete keskmise kasutamine, kus ruumilise asukoha keskmine sõltub erinevate mastidega ühendusesoleku kordade omavahelisest jaotumisest.
- **Mobiilsidet kasutavad seadmed, Internet of Things (IoT).** Seadmetel on spetsiifiline andmekasutus või spetsiifiline kõnekasutus ja lisaks sisaldavad mobiilside operaatorite käest saadavad andmed ka infot mobiilse seadme tüübi kohta. Enamik IoT seadmeid kasutab 4G ühendust, milles teostatud toimingid me käesolevas töös osaliselt ka sel põhjusel ei kasutanud. 2016 oktoobrikuu eemaldatud IoT seadmete hulk kasutatud operaatorite andmetes oli vastavalt 8,2% ja 3,3% mobiililepingutest.

### Käesolevas uuringus kasutatud andmed

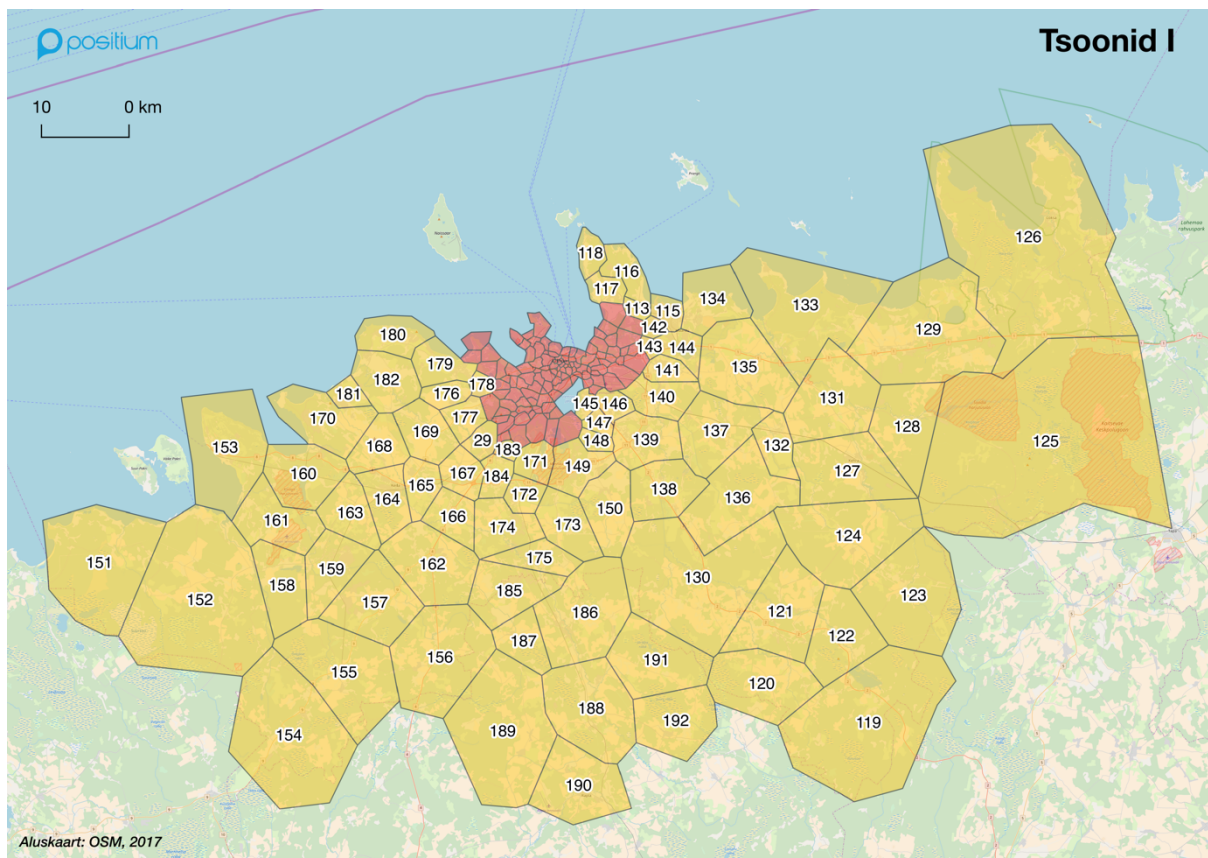
Käesolevas uuringus on kasutatud kahe Eesti mobiilsideoperaatori andmeid ankurpunktide tuvastamiseks, andmete esinduslikkuse hindamiseks ning erinevate võrkude mobiilsidemastide andmete omavaheliseks võrdlemiseks. Analüüsitavad ajavahemikud olid:

- 2012 aasta juuli ja oktoober
- 2016 aasta juuli ja oktoober

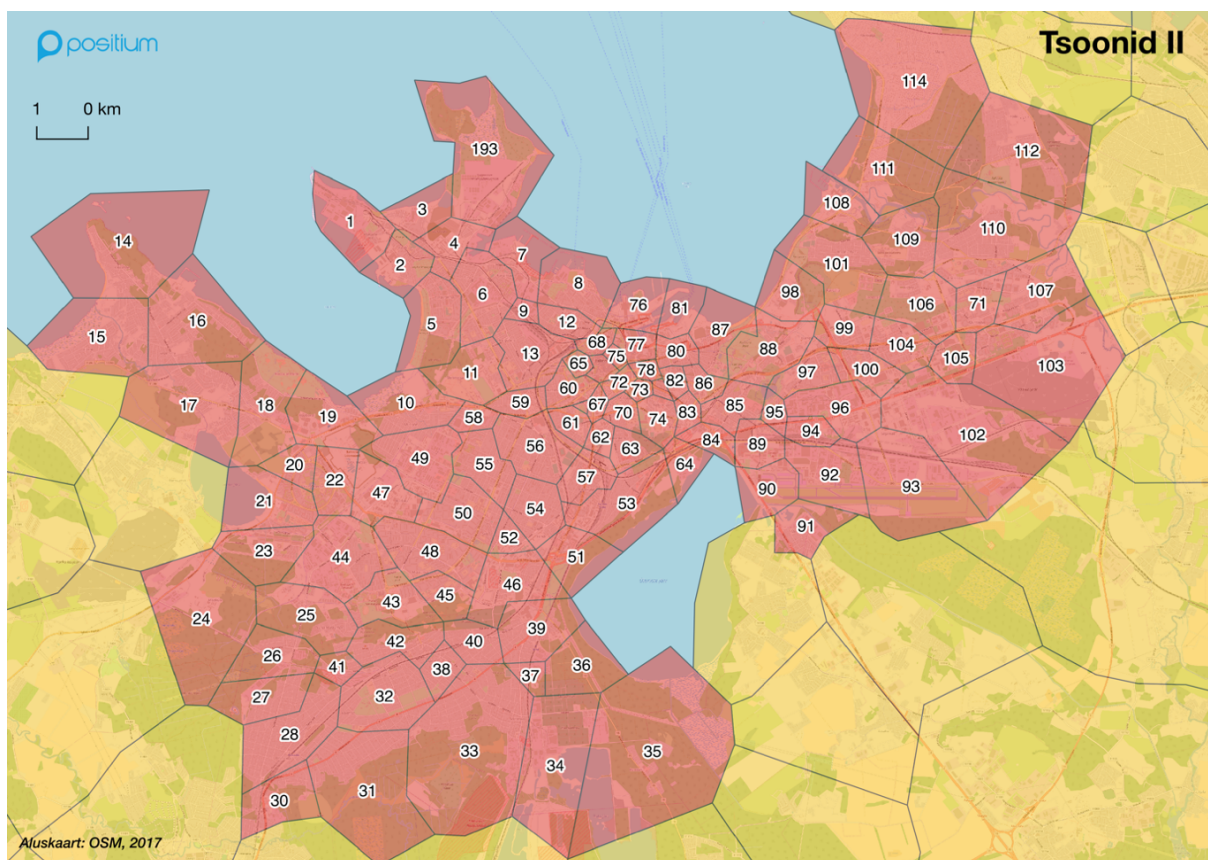
Erinevate aastate analüüs annab võimaluse hinnata liikuvuse ajalist muutust ja ka tulemuste korratavust. Erinevad kuud esindavad tulemuste sesoonsust. Juuli on tüüpiliselt koolivaheaja, puhkuste ja suvekodus elamise ning tavalisest erineva käitumismustriga kuu, mis erineb aasta keskmisest kõige rohkem. Oktoober on erinevates liiklus- ja liikuvusuuringutes osutunud aasta keskmist liikumiskäitumist kõige paremini esitavaks kuuks.

**Tsoneering.** Käesoleva uuringu mobiilpositsioneerimise tsoneeringu kaardid Harjumaal ja Raplamaa põhjaosas ning Tallinnas on esitatud joonistel Joonis 1 ja

Joonis 2.



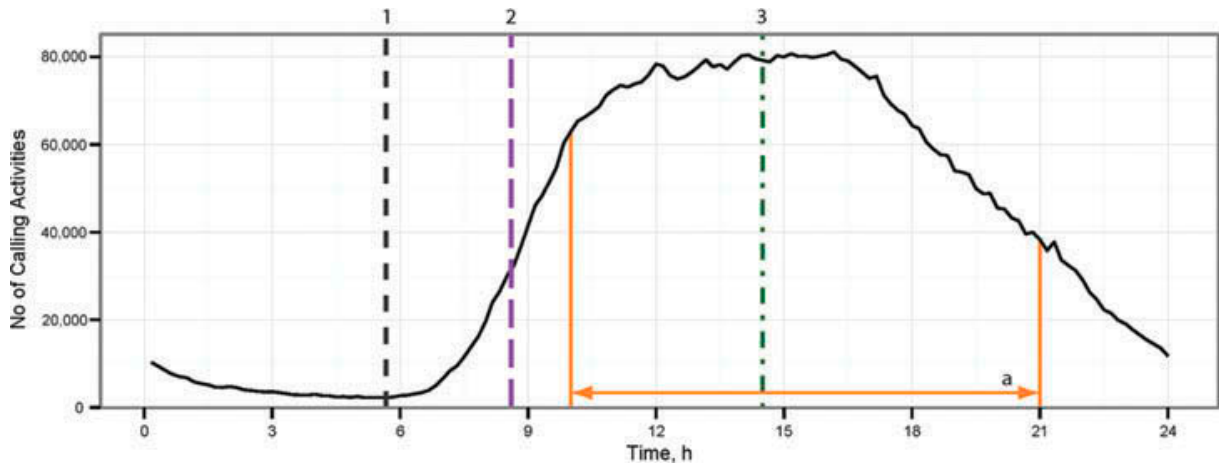
Joonis 1. Uuringus kajastatud Harjumaa ning Raplamaa põhjaosa tsoonid.



Joonis 2. Uuringus kajastatud Tallinna linna tsoonid.

**Mobiilikasutuse põhjal leitud tegevusajad.** Käesolevas uuringus on loetud tööaja ankurpunktide leidmiseks vahemiku kell 7:00-17:00, kodu ankurpunktide leidmiseks vahemiku 17:00-07:00. Sekundaarsete vaba aja ankurpunktide arvutusel ei ole ajalisi piiranguid. Näidet mobiilikasutuse aktiivsuse kõvera põhjal ajapunktide ja vahemike leidmisest kujutab 1) öine aktiivsusmiinimum; 2) hommik, 3) keskpäev, a) päeva pikkus

**Joonis 3.**



1) öine aktiivsusmiinimum; 2) hommik, 3) keskpäev, a) päeva pikkus

**Joonis 3.** Näide mobiilikasutuse põhjal leitud tegevusaja punktide ja vahemike leidmisest <sup>7</sup>

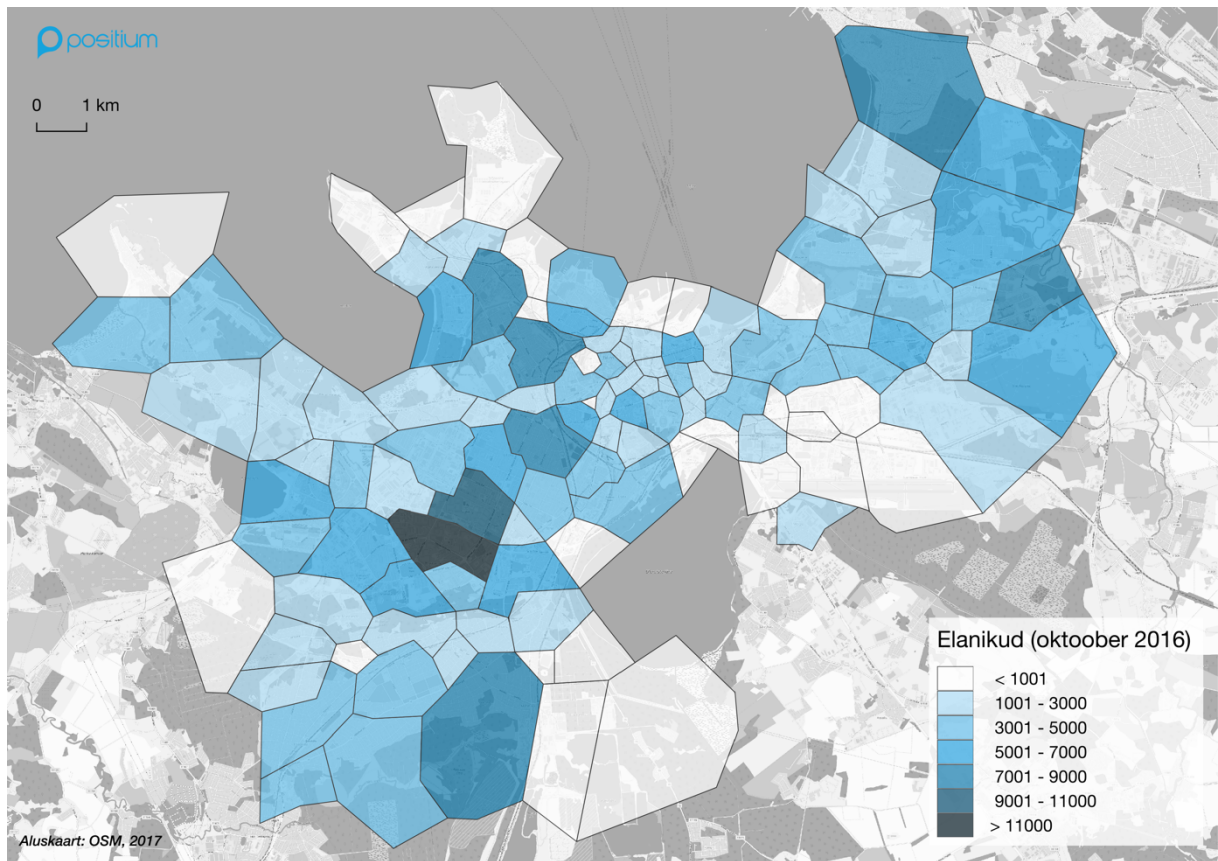
**Ankurpunktide esinemissagedus.** Ankurpunktid jagatakse primaarseteks ja sekundaarseteks vastavalt nende esinemissagedusele iga mobiilikasutaja kohta. Käesolevas töös said primaarseks kodu ja töö-aja ankurpunktiks need tsoonid, kus vastaval ajal on tehtud toiminguid enam kui kolmel päeval nädalas ning toimingute kellaegade standardhälve jääb madalamaks etteantud piirväärtusest. Muud ühe mobiilikasutaja ankurpunktid peavad sisaldama toiminguid vähemalt kahel erineval päeval.

## 4 Tulemused

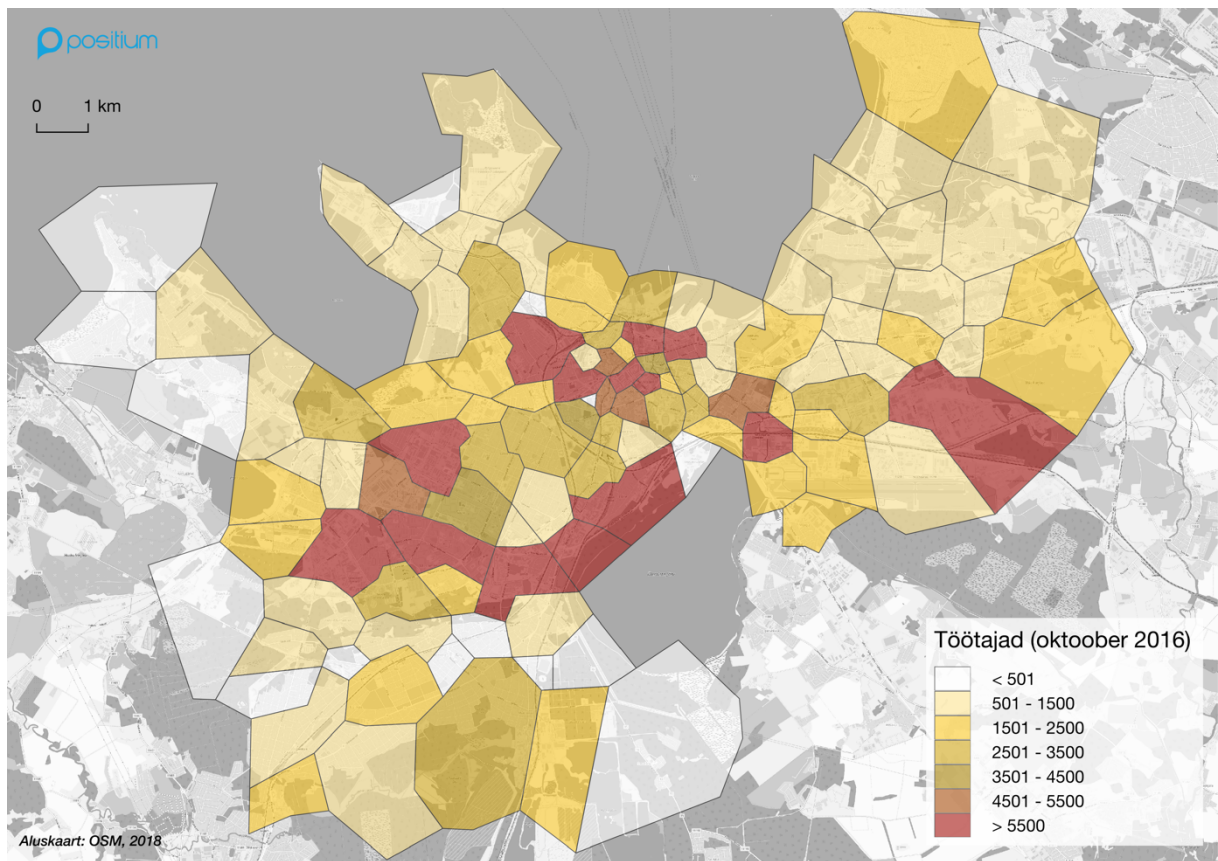
Mobiilpositsioneerimise andmete analüüsi tulemusel leitud elukohtade, tööaja ja vaba aja ankurpunktide visualiseering Tallinnas ning elukohtade ankurpunktide visualiseering Harjumaal, Raplamaa põhjaosas ja Tallinnas on esitatud järgnevatel joonistel 4-7.

<sup>7</sup> Ahas, R., et. al. Everyday space–time geographies: using mobile phone-based sensor data to monitor urban activity in Harbin, Paris, and Tallinn. International Journal of Geographical Information Science (2015)

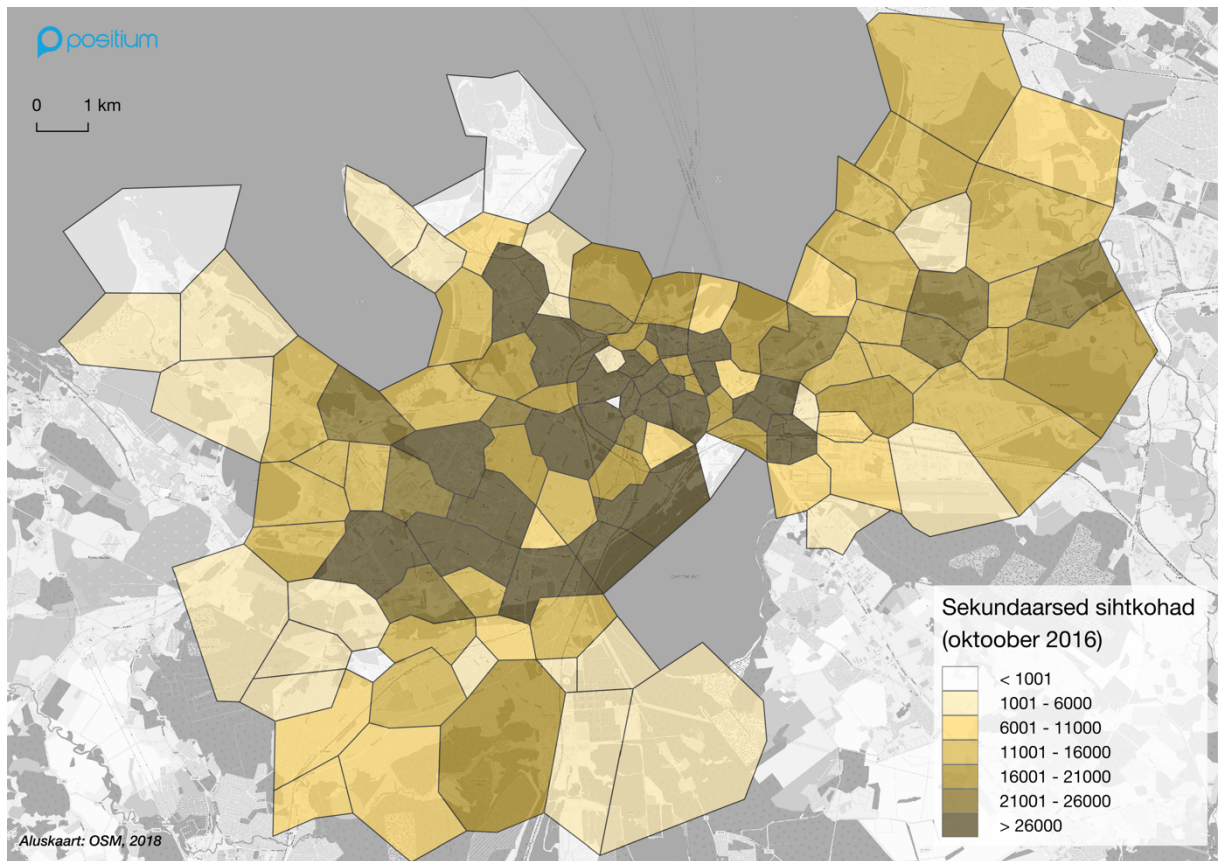




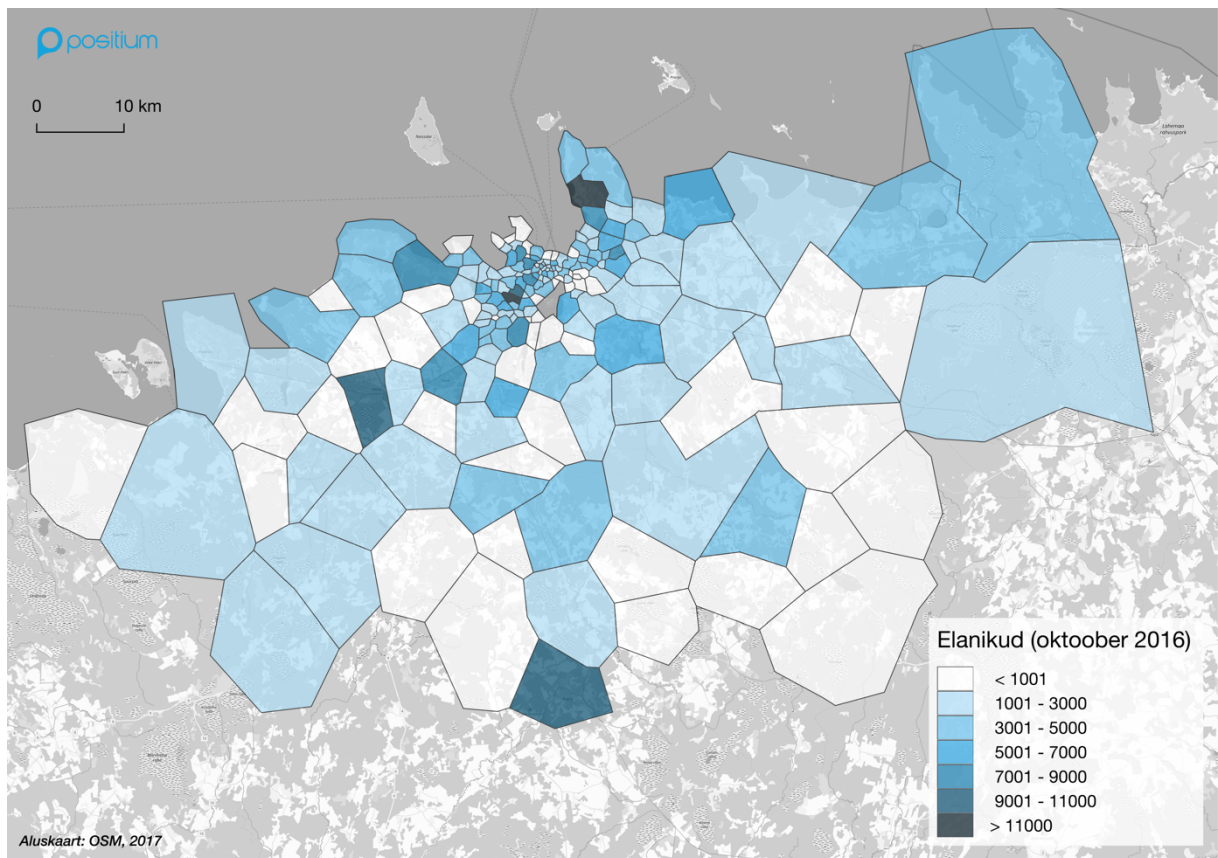
Joonis 4. Kuukeskmise elanike hulk tsoonide lõikes, Tallinn, oktoober 2016.



Joonis 5. Kuukeskmise töötaja ankurpunktide hulk tsoonide lõikes, Tallinn, oktoober 2016



Joonis 6. Kuukeskmise sekundaarsete ankurpunktide hulk tsoonide lõikes, Tallinn, oktoober 2016



Joonis 7. Kuukeskmise töötajate hulk tsoonide lõikes, Harjumaa ja Raplammaja põhjaosa, oktoober 2016.