

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Geograafia osakond

Magistritöö geoinformaatikas ja kartograafias (30 EAP)

Tartu rattaringluse kasutusmustrid 2019-2020

Anni Kaup

Juhendaja: prof Tõnu Oja

Tartu 2021

Annotatsioon

Tartu rattaringluse kasutusmustrid 2019-2020

Rattaringlus täiendab ühistranspordisüsteemi, võimaldades inimestel lühiajaliselt kasutada jagatud rendirattaid linnasisesteks sõitudeks. Magistritöös uuritakse Tartu rattaringluse kasutusmustreid selle kahel esimesel sügisel, kasutatakse nii geoinformaatika kui inimgeograafia uurimismeetodeid ning rattaringluse GPS- ja Eesti topograafilise andmekogu andmeid. Analüüsi käigus saadakse teada, millised on linnasisesed sõiduvood, kuidas mõjutab parklate asukoht rendirataste päevast kasutusrütmi ja millistel tänavatel rendiratastega kõige enam sõidetakse. Saadud tulemuste põhjal tehakse ettepanek Tartu kergliiklusteede võrgustiku parandamiseks lähtudes sõidukoormusest ja jalgratturite turvalisusest.

CERCS kood: P510 – Füüsiline geograafia, geomorfoloogia, mullateadus, kartograafia, klimatoloogia, S230 – Sotsiaalne geograafia

Märksõnad: rattaringlus, kasutusmustrid, GPS-andmed, sõiduvood, ruumiline autokorrelatsioon, klastrid

Annotation

The Usage Patterns of Tartu Smart Bike Share in 2019 - 2020

Bike share is a part of public transport available for shared use and meant for short-term rides in the city. In the master thesis the usage patterns of a bike share system called Tartu Smart Bike Share are analysed using GPS-data and methodology from the fields of geoinformatics and human geography. The movement paths of bikes and the impact of a station location to daily activity of station are studied. The results are letting to make a proposal to improve the bike paths in Tartu considering the bike flow and the safety of a cyclists.

CERCS code: P510 – Physical geography, geomorphology, pedology, cartography, climatology, S230 – Social geography

Keywords: bike share, usage patterns, GPS-data, bike flows, spatial autocorrelation, clusters

Sisukord

Sissejuhatus	4
1. Teoreetiline ülevaade	6
1.1 Inimeste liikumisviisi valik	6
1.2 Rattaringlus kui osa linnatranspordist	7
1.3 Parklate paigutamine	9
1.4 Rattaringluse kasutusmustrid	11
1.4.1 Sõidu alustamise aeg ja nädalapäev	12
1.4.2 Sõidu pikkus ja kestvus	12
1.4.3 Parklate ruumilised ja ajalised kasutusmustrid	13
2. Andmed ja metoodika	15
2.1 Tartu Rattaringlus	15
2.2 Andmed	18
2.3 Metoodika	19
2.3.1 Ruumiline autokorrelatsioon ja sõidukoormuse leidmine	19
2.3.2 Multinomiaalne logistiline regressioon	21
2.3.3 Klasteranalüüs	22
3. Tulemused	24
3.1 Tartu rattaringluse ruumilised kasutusmustrid	26
3.2 Parklate kasutusaktiivsust mõjutavad tegurid	31
3.3 Parklate päevane kasutusdünaamika	33
4. Arutelu ja järeldused	36
Kokkuvõte	39
Summary	41
Tänuavaldused	43
Kasutatud kirjandus	44
Lihtlitsents	51

Sissejuhatus

Suurenevast autostumisest tingitud probleemid on peamine ajend rattaringluse kasutusele võtmiseks linnades (Adnan et al. 2018). Rattaringlus on mõeldud täiendama klassikalist ühistranspordisüsteemi, mille oskuslik organiseerimine pakub linnas autoga sõitmisele märkimisväärselt konkurentsi. Eesmärgiks on suunata inimesi kasutama autode asemel ühistransporti, mis oleks autoga samaväärne või parimal juhul erinevaid aspekte arvestades isegi autost kasulikum valik igapäevaseks liikumiseks.

Rattaringlus toob linnale ökoloogilist, sotsiaalset ja majanduslikku kasu (Drynda 2014). Vähem autosid tähendab vähem müra ja väiksemat õhku paiskuvat CO₂ kogust, mis omakorda loob tervislikuma linnakeskkonna. Arvestades keskmist kütusekulu Euroopas, sõiduvahendi tootmist ja kasutamist on 1 km läbimine jalgrattaga 14 korda väiksema CO₂ jäljega võrreldes autoga ning neli korda väiksema CO₂ jäljega võrreldes linnaliinibussiga (Blondel et al. 2011). Rattaringlus toob tänavale rohkem rattureid – esiteks rattaringlejaid ja teiseks isikliku jalgrattaga sõitjaid. Lyoni kogemus näitab, et tänu rattaringlusele kasvas jalgrattakasutus linnas 500%, kusjuures vaid ¼ sõitudest olid rattaringluse sõidud (Quay Communications Inc 2008).

Rattaringlus elavdab linnapilti, loob kogukonna ning ühendab sarnaselt mõtlevaid inimesi. Kui rattaringlus muutub loomulikuks osaks linnatranspordist, siis rattaringlejate osakaal võib suurened. Mida rohkem on tänavatel jalgrattaid, seda enam on autojuhid sunnitud sõidukiirust vähendama, mistõttu liiklusohtlike olukordade arv väheneb (Drynda 2014). Elavamate tänavate tulemusel väheneb kuritegevus, sest potentsiaalseid pealtnägijaid on rohkem kui varem (Part 2019). Seega on rattaringlusel potentsiaali muuta linn turvalisemaks. Kergliiklusteede ehitamine ja hooldus on linnale odavam võrreldes autoteedega, sest kergliiklusteed on kitsamad ning jalgrataste kerge kaalu tõttu lõhuvad need vähem teid (Quay Communications Inc 2008, Demaio 2003). Käesolevas töös mõeldakse kergliiklusteede puhul nii klassikalisi kergliiklusteid kui ka eraldiseisvaid jalgrattateid. Kaudset majanduslikku kasu võivad tuua ka tänu rattaringlusele paranenud elanikkonna tervisenäitajad (Drynda 2014). Lisaks aitab rattaringlus kaasa linna hea maine loomisele väljendades linna suhtumist keskkonda, soosides jätkusuutlikku arengut ning suurendades linna atraktiivsust turistide seas (Quay Communications Inc 2008, Drynda 2014).

Rattaringluse negatiivne pool seisneb peamiselt rahas: rendirataste remont, süsteemi jooksvad kulud ning kergliiklusteede ehitamine on kulukad ning madalast piletihinnast saadav tulu kesine. Levinud probleemiks on rendirataste ruumilise paiknemise ebaühtlus, mille tulemusel peab parklaid tasakaalustama ehk rendirattaid veoautodega vastavalt nõudlusele mehhaaniliselt parklate vahel ümber jaotama (Demaio 2009). Parklate mõttekas ruumiline paiknemine, mille aluseks on rattaringluse kasutusmustrite uurimine, aitab rendirataste ümberjaotamist vähendada (Vogel et al 2011). Mida täpsem on teadmine, kust kuhu millal ja kui palju inimesi sõidab, seda efektiivsemalt on võimalik rattaringlust organiseerida.

Magistritöö eesmärk on analüüsida, millised on Tartu rattaringluse kasutusmustrid aastatel 2019-2020 ning millised muutused on kasutusmustrites toimunud.

Lähtuvalt töö eesmärgist püstitati järgmised uurimisküsimused:

1. Millised on Tartu rattaringluse ruumilised kasutusmustrid 2019. ja 2020. a sügisel?
2. Kuidas mõjutavad erinevad tegurid parklate kasutusaktiivsust?
3. Kuidas jagunevad parklad vastavalt päevasele kasutusdünaamikale ja parkla asukohale?

Magistritöö jaguneb neljaks peatükiks. Esimeses peatükis antakse ülevaade rattaringlust puudutavast kirjandusest ning varasematest uuringutest. Teine peatükk käsitleb magistritöös kasutatavate andmete ja meetoodika kirjeldust. Kolmandas peatükis esitatakse analüüsi tulemused ning neljandas peatükis arutletakse saadud tulemuste üle.

1. Teoreetiline ülevaade

1.1 Inimeste liikumisviisi valik

Inimese isiklike väärtuste (nt heaolu, turvalisus, võim) põhjal kujuneb tema suhtumine mugavusse, paindlikkusse ja omandisse, mis omakorda mõjutab inimese elulisi valikuid (Paulssen et al. 2014), sh liikumisviisi valikut. Osale inimestest on turvalisus esmatähtis, nad ei ole paindlikud ja eelistavad stabiilset liikumisviisi. Inimesed, kellele on oluline võim, paindlikkus või omandihimu, valivad pigem isikliku transpordivahendi (Paulssen et al. 2014). Seega on inimese väärtused ja maailmavaade aluseks, mis määrab, kas jätkusuutlik liikumisviis sobib neile või mitte (Lind et al. 2015).

Kui muud näitajad on võrdsed, valivad inimesed liikumisviisi, mis on kõige odavam ja kiirem (Akar ja Clifton 2009). Kiirus on linnatranspordi kõige tähtsam omadus ning sinna hulka kuulub ka transpordivahendi ooteaeg, mida nähakse tihti mahavisatud ajana (dell'Olio et al. 2011 cit. McLeod et al. 2017). Liikumiskiiruse valik sõltub ka eesootava teekonna pikkusest (Lind et al. 2015). Kuni 2 km pikkuseid vahemaid on inimesed valmis jalgsi läbima ning jalgrattaga sõidetakse üldiselt vahemaid, mis jäävad kuni 5 km piiridesse. Pikimaks igapäevaseks jalgrattaga pendeldamise teekonnaks loetakse kuni 8 km ühes suunas. Motoriseeritud transpordi valitakse üldiselt alates 4 km pikkusest vahemaast (Midgley 2011, Quay Communications Inc 2008).

Inimeste sotsiaal-majanduslikul taustal on samuti mõju liikumisviisi valikule. Mehed, eakad ja madalama haridustasemega inimesed eelistavad rohkem autot ning naised, noored ja kõrgema haridustasemega inimesed kasutavad rohkem ühistransporti (Rundmo et al. 2011 cit. Lind et al. 2015). Aastane sissetulek on suurem jalgsi liikujate ja jalgratturite puhul ning väiksem autosõitjate seas. Kõrge sissetulekuga inimestel võib olla parem ligipääs elukohale kesklinnas, kus asuvad töökohad, mistõttu on autosõit ebavajalik (Lind et al. 2015). Samuti võivad suurema sissetulekuga inimesed olla teadlikumad tervise eest hoolitsejad (Lind et al. 2015).

Inimesed ei ole üldiselt muutustele altid. Reisikäitumist mõjutavad harjumused, st et kui kunagi valitud liikumisviis vastab siiani inimese vajadustele, siis seda ei muudeta. Uuele liikumisviisile üleminek võib kaasa tuua uute oskuste õppimise või rahalise kulu (Part 2019), mis ei pruugi inimesele sobida. Üldiselt suudetakse oma reisikäitumises ette näha, kas eesolev

muutus on pigem positiivne või negatiivne, kuid ei olda kindlad, kui kaua uue muutusega kaasa minnakse (Pedersen et al. 2011 cit. Ettema et al. 2016). Mälule ja varasematele kogemustele tuginemine tihtipeale üle- või alahindab tegeliku olukorra tõsidust (Ettema et al. 2016). Näiteks valivad inimesed meelsamini jalgratta, kui neil on varasem positiivne sõidukogemus lapsepõlvest (Part 2019, Paulus 2018) või just ei vali, sest minevikus inimene nt kukkus õnnetult jalgrattaga. Muutusi hoiavad tagasi ka eelarvamused ja enne negatiivsete kui positiivsete aspektide nägemine. Auto ühistranspordi vastu vahetajad kipuvad keskenduma eelkõige bussipeatuses ootamisele ja bussis püsti seismisele kui võimalusele kütuse arvelt raha kokku hoida (Ettema et al. 2016).

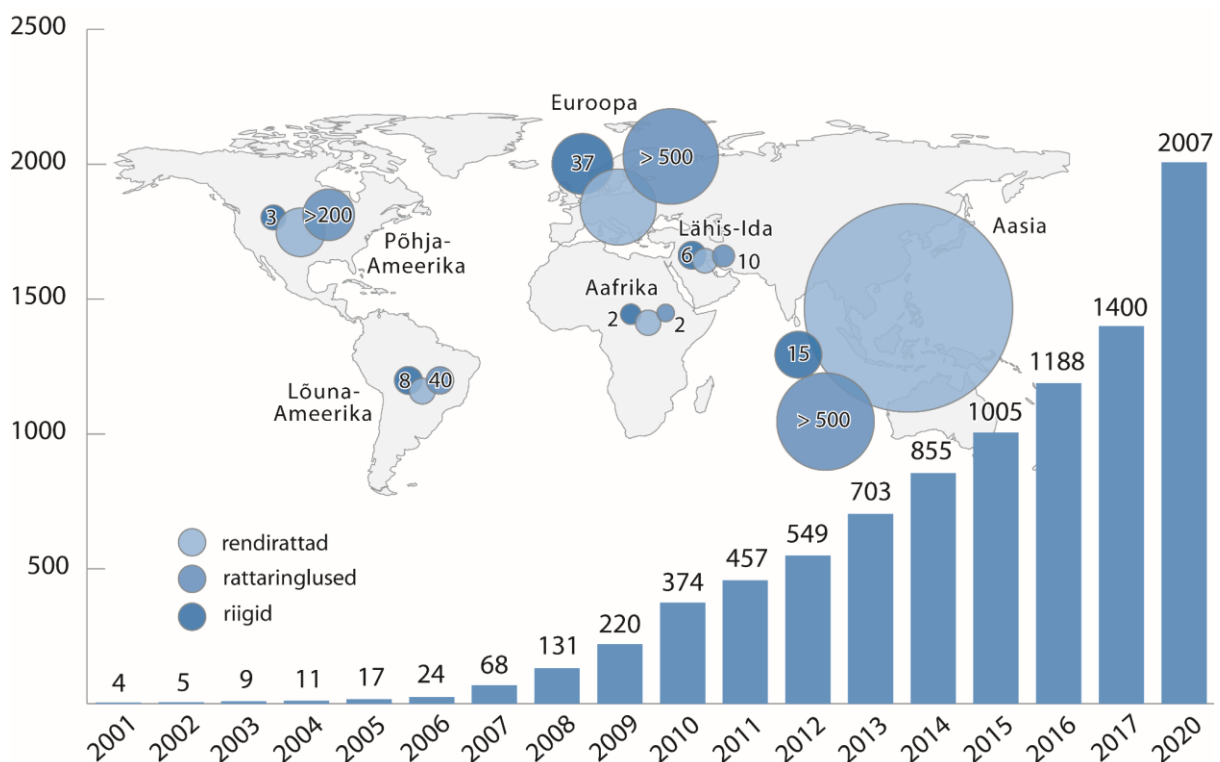
Jalgratas valitakse transpordivahendiks, sest vahemaa pikkus on vastav, rahaline kulu on minimaalne, see on harjumuspärane ja panustab inimese tervisesse ning võib olla kiirem kui muud liikumisviisid. Sobiv kliima, asukohtade kõrguste vahed, hea taristu, tegevuskohtade ligipääsetavus ja rahulik liiklus julgustavad samuti inimesi jalgratast teistele liikumisviisidele eelistama (Dill 2009).

1.2 Rattaringlus kui osa linnatranspordist

Linnatranspordi planeerimise üks eesmärkidest on vähendada ummikud, hiline misi, õnnetusi ja keskkonnareostust, mida põhjustab suurenenud autokasutus (Ortuzar ja Willumsen 2011). Edukas linnatransport toimib igal ajal erinevate reisi eesmärkide ja liikumisviiside puhul teatud hulga inimeste või kauba liikumiseks (Ortuzar ja Willumsen 2011).

Jätkusuutliku linnatranspordi puhul on inimeste liikumine energiatõhus, eelistatakse aktiivseid liikumisviise ja kasutatakse jagatud transpordivahendeid, et CO₂ heide reisija kohta oleks võimalikult väike (Banister 2005 cit. McLeod et al. 2017). Edukas linnatransport pakub mitut erinevat liikumisviisi, sest neil on erinev ligipääsetavus tegevuskohtadele (McLeod et al. 2017). Kui tiheda sõidugraafiku ja paljude sihtkohtadega bussid, trammid ja metrood transpordivad linnas suurema hulga inimesi, siis nõudluspõhised liikumisvahendid nagu autojagamine, Uber ja rattaringlus täiendavad linnatransporti (McLeod et al. 2017). Suur osa linnatranspordi nõudlusest on kontsentreerunud mõnele tunnile päevas. Tipptunnid tekitavad ummikuid, mille vältimine on linnatranspordi üks põhilisi väljakutseid (Ortuzar ja Willumsen 2011).

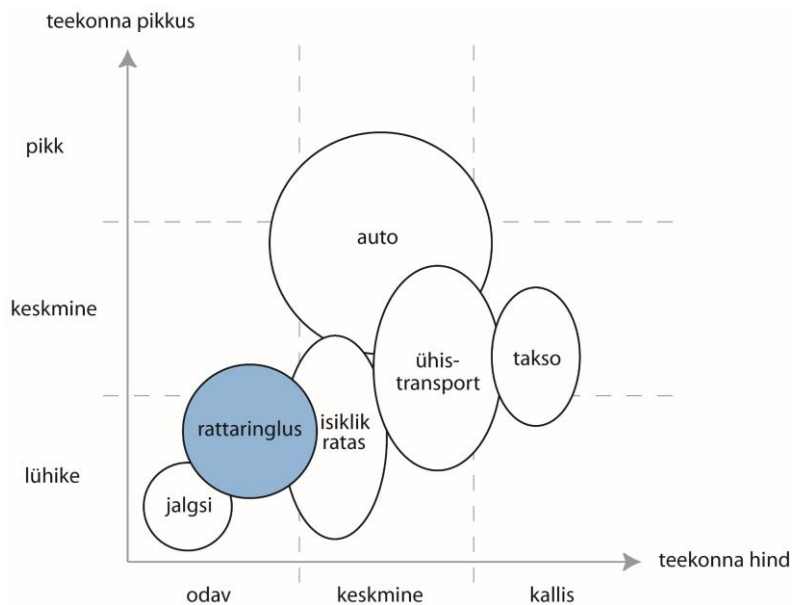
Rattaringlus (*bike sharing, smart bikes, public-use bicycles, bicycle transit*) on rendirataste laenutamise süsteem, mis on mõeldud linnasisesteks lühisõitudeks (Midgley 2011). Esimene rattaringlus loodi 1968. aastal Amsterdamis (Demaio 2009), kuid alles 2007. aasta Prantsusmaa rattaringluste tohutu edu andis tõuke ülemaailmseks arenguks. Lyoni linnapea G. Vesco sõnad “Maailmas on kaht tüüpi linnapeasid: need, kellel on rattaringlus ja need, kes seda tahavad,” (Demaio 2009) iseloomustavad tabavalt rattaringluse kiiret arengut kogu maailmas (joonis 1). Vahemikus 2007-2017 lisandus iga aastaga keskmiselt 133 rattaringlust. Kõige rohkem on rattaringlusi loodud Hiina linnadesse ning samuti paistab Hiina välja oma rendirataste koguse osas (Han 2020), mis on mõistetav arvestades sealset rahvastikutihedust. 2016. aastast on levinud uusim arendus, parklavaba rattaringlus (*dockless, free-floating*), mis muudab selle sõidu alustamise ja lõpetamise asukohta arvestades veelgi paindlikumaks liikumisviisiks (Han 2020).



Joonis 1. Rattaringlus maailmas 2017. aastal ja rattaringluste kasv. Allikad: Statista 2015, Statista 2018, The Meddin 2021, Bergen 2018.

Rattaringlus leevendab tipptundide transpordinõudlust ja ka öist nõudlust, kui muu linnatransport sõidab harvema graafiku alusel (McLeod et al. 2017). Rattaringlus täiendab

klassikalist linnatransporti (joonis 2), suurendades selle mõjuala, eriti hõreda asustusega aladel ja äärelinnas (Martin ja Shaheen 2014 cit. McLeod et al. 2017), mis muudab linnatranspordi kättesaadavamaks rohkematele inimestele. Lisaks pakub rattaringlus lahendust nõ viimase miili (*last mile*) probleemile (Midgley 2011), mis tähendab lühikest vahemaad kodu ja töökoha või muu asukoha vahel, mis on jalgsi kõndimiseks liiga pikk, kuid täpselt sobiv jalgrattaga läbimiseks.



Joonis 2. Rattaringlus osana linnatranspordist. Allikas: Quay Communications Inc 2008.

1.3 Parklate paigutamine

Rattaringluse loomise aluseks on Euroopa Liidu jätkusuutliku transpordi strateegia aastani 2050, mille üheks eesmärgiks on igapäevaelus jalgrattasõidu ja kõndimise kui liikumisviisi edendamine linnades (European Commission 2011 cit. Drynda 2014). Rattaringluse edukat toimimist mõjutavad paljud tegurid, nt parklate paigutus, erinevad rahvastikunäitajad, kergliiklusteede võrgustik, linna reljeef ja kliima, inimeste üldine valmisolek jalgrattaga sõitmiseks, turundamine, tehiskeskkond (*built environment*) ja maakasutus (McBain ja Caulfield 2018, Zhao et al. 2014). Erinevate tegurite sobiv kombinatsioon muudab linna rattaringluse jaoks sobivaks.

Parklate paigutus sõltub linna suurusest ja keerukusest. Oluline on, et rattaringlejal tuleks kõndida võimalikult lühike vahemaa, et jõuda parklani (Midgley 2011). Alla 200 000 elanikuga

linnas soovitatakse parklaid paigutada üle linna inimeste tegevuskohtadesse ja ühistranspordi peatuste lähedale (Gris Orange Consultant 2009). Poola tudengilinna Opole (128 035 elanikku, 860 inimest/km²) rattaringluse uuring näitab, et parklad tuleb paigutada paljude töökohtadega kesklinna ja ülikoolihoonete lähedale, sest üliõpilased on peamised rattaringlejad (Drynda 2014, City Population 2021). Rohealade lähedale paigutatud parklad võimaldavad veeta vaba aega nagu ka ostukeskused, mis on levinud tegevuskohad. Lisaks ühistranspordi peatuste lähedale, sh rongijaama, mis on lisaks kohalikele elanike liikumisviisile väravaks ka turistidele (Adnan et al. 2018, Drynda 2014) ning aitab ühendada erinevaid linnatranspordiviise omavahel. Parklate paigutamist suurema rahvastiku tihedusega aladele (Faghieh-Imani et al. 2014, Hampshire ja Marla 2012), töökohtade ja äride (Wang et al. 2015, Rixey 2013) ning meelelahutuskohade lähedale (Buck 2013) on kinnitanud uuringud ka teistes linnades.

Linna rahvaarvust olulisem roll on rahvastiku tihedusel, vanuselisel koosseisul ja ruumilisel paiknemisel. Automaatne ehk iseteenindav rattaringlus sobib ka väikelinna (< 50 000 elanikku), kui rahvastiku tihedus on piisavalt suur (Gris Orange Consultant 2009). Euroopa suurlinnad on üldiselt väga suure rahvastiku tihedusega (Pariis 20 641 in/km², Barcelona 16 792 in/km²), kuid rattaringlus on edukas ka väiksema rahvaarvu ja rahvastiku tihedusega linnades, nagu nt Iirimaa Corkis (208 669 elanikku, 1 197 in/km²), Hispaanias Santanderis (173 375 elanikku, 4805 in/km²) ja Tartus (95 024 elanikku, 2486 in/km²).

Enamik rattaringlejatest on tööl käivad inimesed või tudengid (Adnan et al. 2018, Dill ja Carr 2003), kes pendeldavad igapäevaselt kodu ja töökoha/ülikooli vahel. Belgia väikelinnade enamik rattaringlejaid on vanuses 18-30 (57%) ja 31-60 (40%) ning kõrgharitud (74%) (Adnan et al. 2018). Iirimaa Galway (78 668 elanikku, 1572 in/km²) linna rattaringlejatest on 79% nooremad kui 27 (Maher et al. 2016). Budapestis (1,75 mln elanikku, 3337 in/km²) on enamik rattaringlejaid vanuses 19-39 (Soltani et al. 2019) ning Madridis vanuses 27-40 (50%) vaatamata linna vanuselisele koosseisule, mis ei näita rahvastikus 27-40-aastaste suuremat osakaalu (Romanillos et al. 2018). Rattaringlus on noorte seas levinud madalate kulude ja isikliku transpordivahendi puudumise tõttu (Drynda 2014).

Rattaringluse üheks edu võtmeks on kergliiklusteed, mille kvaliteet ja kvantiteet muudab liiklemise turvaliseks (Drynda 2014, Akar ja Clifton 2009), eriti nende jaoks, kes jalgrattaga sageli ei sõida (Pereira Segadilha ja Penha Sanches 2014). Kergliiklusteede olemasolu suurendab rattaringluse kasutamist (Bordagaray et al. 2016, Ewing ja Cervero 2010, Sallis et

al. 2013) ja muutub aina olulisemaks, mida pikem on sõit (Levy 2019). Kergliiklusteed peavad olema omavahel sidused ning ühendama olulisi tegevuskohti, arvestades asjaolu, et üldiselt sõidetakse jalgrattaga ühes suunas kuni 5 km (Gris Orange Consultant 2009, Dill ja Carr 2003).

Kergliiklusteede võrgustiku parandamine suurendab jalgratturite arvu. Ligi 70% USA tudengitest sõidaksid rohkem jalgrattaga, kui oleks enam kergliiklusteid, ka autoteedele märgitud jalgrattateed sobivad (Akar ja Clifton 2009). Rattasõidu infrastruktuuri aitab parandada spetsiaalne ruumi eraldamine jalgratturitele, 30 km/h kiirusepiirangud ja üleüldine liikluse rahustamine. Saksamaa, Hollandi ja Suurbritannia linnades on jalgratturitel teatud tänavatel ja ristmikel eesõigus ning rahulikuma liiklusega tänavaid luuakse pidevalt juurde, mille tulemusel on jalgrattaliiklus suurenenud. Euroopa linnades on vähendatud autode parkimiskohti kergliiklusteede loomiseks ja parklate rajamiseks, kuhu saab jätta isikliku jalgratta (Maher et al. 2016).

Looduslikest aspektidest on linna reljeef suurim tegur, mis mõjutab rattaringluse edu. Jalgratturid väldivad üle 8% tõuse ning juba 4% tõus paneb jalgratturi võimalusel teekonna trajektoori muutma (Midgley 2011). Kui enamik linnatänavaid on suurema tõusuga kui 8%, siis vaatamata rendirataste ümberjaotamisele ja elektriratastele ei saa rattaringlus suure tõenäosusega loomulikuks linnatranspordi osaks (Gris Orange Consultant 2009). Rattaringlust mõjutavad veel ilmastikuolud: peamiselt temperatuur, sademed ja tuul. Madalad temperatuurid (-12,4...9,4) vähendavad sõitude koguarvu ja pikkust ligi 50% (Gebhart ja Noland 2014). Igapäevaste rattaringlejate puhul väheneb sõidu kestvus lumisel ajal 9,4% ja vihmase ilmaga 10,1% (Gebhart ja Noland 2014). Põhjamaades asuvad rattaringlused suletakse üldiselt talvekuudeks – nt Kopenhaageni rattaringlus on suletud detsembrist aprillini, Pariisi laiuskraadidel aga avatud terve aasta vältel (Canada 2009).

1.4 Rattaringluse kasutusmustrid

Rattaringluse kasutusmustrite puhul uuritakse sõitude ajalist jaotust, nii nädalapäevade kui päeva lõikes, et tuvastada tipptunnid. Tipptundide kombineerimine parklate ruumilise asukoha ja rattaringlejate teekondadega võimaldab teada saada, millal kust kuhu sõidetakse. Lisaks uuritakse sõidu pikkust (km) ja kestvust (min).

1.4.1 Sõidu alustamise aeg ja nädalapäev

Rattaringlust kasutatakse kõige rohkem igapäevaseks pendeldamiseks töö/kooli ja kodu vahel (Bordagaray et al. 2016, Yao 2019, McBain ja Caulfield 2018), mis tekitab tööpäeviti reeglina kaks tiptundi. Tööle ja kooli minemine tekitab hommikuse tiptunni ning töölt ja koolist koju tulemine õhtuse tiptunni. Tööpäevadel on Santanderi hommikune tiptund kl 7-9 ning õhtune tiptund kl 18-20 (Bordagaray et al. 2016). Corkis on hommikune tiptund kl 8-10 ning õhtune tiptund kl 16-18 (Caulfield et al. 2017). Budapestis on hommikune tiptund kl 8-9 ja õhtune kl 17-18, kusjuures õhtuse tiptunni ajal on nõudlus 1,5 korda suurem kui hommikuse tiptunni ajal (Soltani et al. 2019).

Nädalavahetused erinevad tööpäevadest. Santanderis nädalavahetuse ti hommikune tiptund puudub (Bordagaray et al. 2016). Corkis on nädalavahetus selgelt väiksemate sõitude koguarvuga võrreldes tööpäevadega ning rendirataste kasutamine päevasiseselt ühtlane (McBain ja Caulfield 2018), st tiptunnid puuduvad. Budapesti kõikidest sõitudest sõidetakse nädalavahetusel vaid 25,9% (Soltani et al. 2019). Nädala lõpus kasutatakse rattaringlust öise meelelahutuse, klubide ja baaride külastamiseks, sest sõidetakse aktiivselt pärast kl 21 Corkis, kesköö paiku Budapestis ja Madridis (Caulfield et al. 2017, Soltani et al. 2019, Romanillos et al. 2018).

1.4.2 Sõidu pikkus ja kestvus

Sõidu pikkus ja kestvus on omavahel üldiselt korrelatsioonis – mida pikem sõit, seda kauem see kestab. Sõidu kestvust mõjutab liikluse tihedus, infrastruktuur ning valgusfooride arv teekonnal (Caulfield et al. 2017). Corkis on tööpäevadel sõidu keskmine kestvus 9-10 min ja nädalavahetusel 12-13 min (Caulfield et al. 2017). Kõige lühemad sõidud on hommikuse tiptunni ajal, sest inimesed kiirustavad tööle ning ka öösiti, sest liiklus on hõredam ja arvatavasti peatutakse vähem valgusfooride ees (Caulfield et al. 2017). Samuti on igapäevaselt pendeldavate rattaringlejate keskmine sõiduaeg lühem kui harvemini sõitvate rattaringlejate puhul. Santanderis on kõige lühemad reisirid nn sümmeetrilised reisirid, st et mineku teekond ühtib täpselt tagasituleku teekonnaga (Bordagaray et al. 2016), mis võib viidata töö/koolis käimisele. São Carloses (254 484 elanikku, 223,8 in/km²) on keskmine sõidu pikkus 11 min ning 90% sõitudest on lühemad kui 5 km (Pereira Segadilha ja Penha Sanches 2014). Dublinis (554 554 elanikku, 4757 in/km²) oli keskmine sõiduaeg 14 min (Maher et al. 2016) ja Madridis

15,9 min (Romanillos et al. 2018), mis võib tuleneda suurematest linnadest ja pikematest vahemaadest tegevuskohtade vahel.

1.4.3 Parklate ruumilised ja ajalised kasutusmustrid

Tel Avivis (1,5 mln elanikku, 8444 in/km²) kasutatakse kesklinna parklaid oluliselt rohkem kui äärelinna omi. Kuni 2 km sõidud on enim koondunud kesklinna, mille üheks põhjuseks on sealne parklate suurem tihedus (Levy 2019). Seevastu Corkis asuvad kõige kasutatavamad parklad just äärelinnas ja ülikooli hoonete ümbruses (Maher et al. 2016). Kõige vähem kasutatavad parklad asuvad piirkondades, kus mitu parklat paiknevad lähestikku või kus rahvastiku tihedus on väiksem (Maher et al. 2016), mis annab alust arvata, et Corki äärelinnas elab palju inimesi. Santanderis algab kõige rohkem sümmeetrilisi reise elamurajoonide parklatest, mis viitab igapäevasele töökoha ja kodu vahel pendeldamisele (Bordagaray et al. 2016).

Parkla päevane kasutusrütm sõltub parklat ümbritsevast piirkonnast (Feng et al. 2017), nt turistile suunatud piirkondades asuvate parklate päevane kasutusrütm on erinev töökohtade lähedal asuvate parklate kasutusrütmist. Klasteranalüüs on kõige levinum meetod parklate ruumilis-ajaliseks uurimiseks (Feng et al. 2017). Ühe klatri parklad asuvad üldiselt lähestikku. Parklad moodustavad 3-6 erineva päevase kasutusrütmiga klastrit, mille seas on alati esindatud elamu- ja tööpiirkondade klaster.

Feng et al. (2017) uuris Pariisi rattaringluse parklate ajalis-ruumilist kasutust ning eristas kolm klastrit. Elamupiirkondade parklatest algavad paljud sõidud hommikuti, kui inimesed lähevad tööle ning palju sõidud lõpevad õhtuti, kui tullakse koju. Kesklinnas paiknevate tööpiirkondade parklates on päevane kasutusrütm vastupidine: parklad täituvad rendiratastega hommikuti ja tühjenevad õhtuse tipptunni ajal. Kolmandasse gruppi kuulusid parklad, mille päevane kasutusrütm oli ühtlane kogu päeva jooksul.

Vogel et al. (2011) uuris Viini rattaringlust ning eristas parklast algavate ja seal lõppevate sõitude alusel viis erinevat klastrit. Lisaks eeltoodud elamu-, tööpiirkondade ja ühtlase päevase kasutusrütmiga parklate klastrile eristati aktiivse öise kasutusrütmiga parklad, mis asuvad ööklubide ja baaride läheduses ning aktiivse päevase kasutusrütmiga parklad kesklinnas, mida külastasid peamiselt turistid. Froehlich et al. (2009) tuvastas Barcelona rattaringluses kolm

erineva päevase kasutusrütmiga parklate klastrit: elamu- ja kaubanduspiirkondades ning suurte maanteed ääres asuvad tööpiirkondade parklad ning kolmandaks parklad, mis on pidevalt üle- või alatäitunud sõltuvalt linna reljeefist.

Parklate ajalis-ruumilise jaotuse uurimise eesmärk on toetada rendirataste asjakohast ümberjaotamist. Parklate tasakaalutust põhjustavad ühesuunalised sõidud ja lühikesed rendiajad (Vogel et al. 2011). Tasakaalutust aitab vältida parklate asukohtade mõistlik planeerimine ning rendirataste õigeaegne ümberjaotamine.

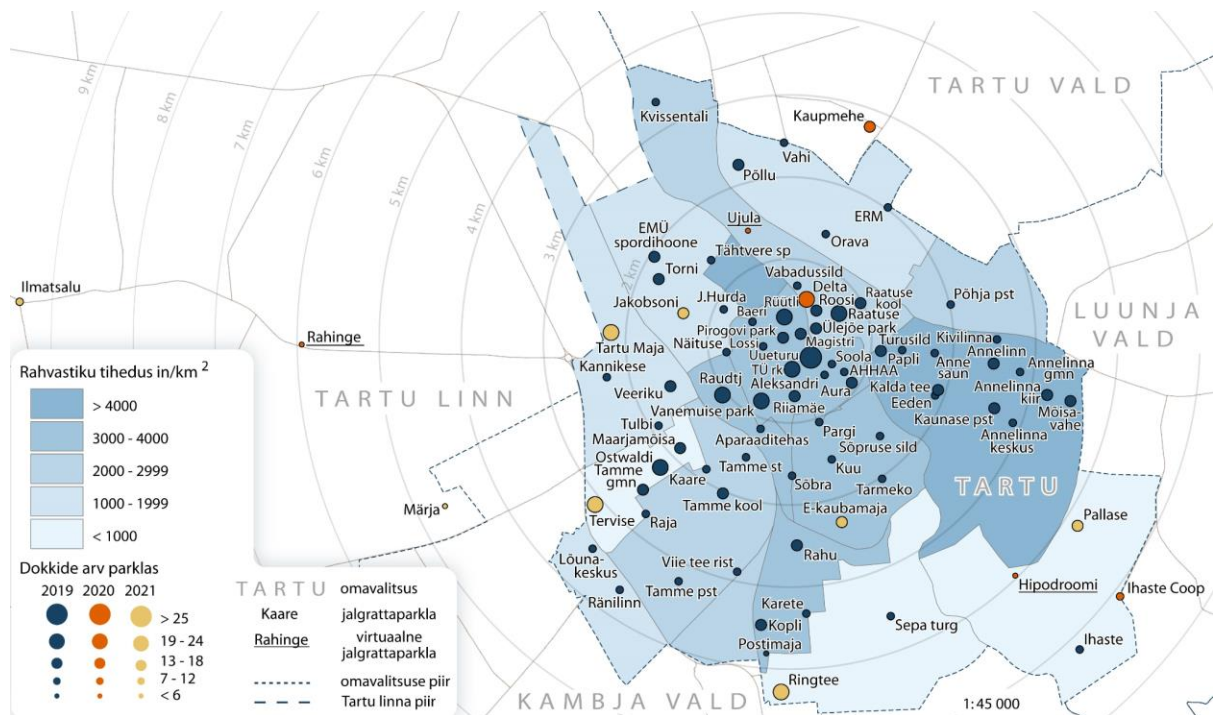
2. Andmed ja metoodika

2.1 Tartu Rattaringlus

Tartu linnas elab 95 021 elanikku (seisuga 17.05.2021) ning rahvastiku tihedus linnas on keskmiselt 2486 in/km² kohta, kõige suurem on näitaja Annelinna ja Supilinna linnaosades (Tartu Linnavalitsus 2017a). Töökohad on koondunud peamiselt kesklinna ja Ropka tööstusrajooni.

2018. aastal läbi viidud liikuvusuuringust selgus, et peamiselt sõidetakse Tartus autoga (46%), kombineeritakse jalgsi käimist jalgrattasõiduga (29,5%), käiakse jala (21,5%), sõidetakse ühistranspordiga (21,5%), sõidetakse jalgrattaga (8%) või kasutatakse muid liikumisviise (3%). Jalgrattaga sõitis 2009. aastal 4,5% ja 2013. aastal 9% elanikest (HeiVäl 2019).

Tartu rattaringlus koosneb üle linna paiknevast 80st parklast (joonis 3, seisuga 23.05.2021), 1014 dokist (parkimiskohast) ja 750st rendirattast, millest 500 on elektrirattad. Jooniselt 3 puuduvad mai keskel lisandunud Luunja ja Kõrveküla parkla. Elektrirattad on kasutuses püsivate miinuskraadide tulekuni, st talvel nendega sõita ei saa (Tartu linn 2020). Esimesel hooajal (juuni 2019 - juuni 2020) olid elektrirattad talvekorteris üle viie kuu (novembri lõpp 2019 - aprilli lõpp 2020) (ERR 2020). Parklaid ehitatakse linna pidevalt juurde. Tartu rattaringlus alustas 68 parklaga, 2020. aastal lisandus kuus parklat ja laieneti muu hulgas Tartu ja Luunja valda (joonis 3). Osa parklatest on virtuaalsed, st parklas puuduvad statsionaarsed dokid ning rendiratas tuleb lukustada rendiratta küljes oleva lisalukuga. 2021. aastal on juba lisandunud 10 parklat ja neid paigaldatakse aasta jooksul veel juurde (Tartu linn 2021). Omavalitsuste juhid on arutanud rattaringluse laiendamist tulevikus isegi Elva linnani (Tartu linn 2019).



Joonis 3. Tartu rattaringlus 2019-2021. Allikad: Tartu linn 2020, Tartu Linnavalitsus 2017a.

Tartu rattaringleja peab olema vähemalt 14-aastane. Rattaringluse kasutamiseks tuleb soetada kas tunni- (2€), päeva- (5€), nädala- (10€) või aastapilet (30€). Tartu ühistranspordi pileti omanikel on võimalik kasutada ka rattaringlust kui osa ühistranspordist (Tartu Rattaringlus 2021). Soetatud pilet lubab rendirattaga sõita kuni 60 minutit tasuta, iga järgnev tund maksab 1€. Kui rendiratas 60 minuti jooksul parklasse viia, lõpeb sõit ning ratta uuesti laenutamisel algab uus 60-minutiline tasuta sõiduaeg (Tartu Rattaringlus 2021). Tartu rattaringlus loodi koostöös Tartu Linnavalitsuse ja Kanada firmaga Bewegen Technologies (Tartu Rattaringlus 2021).

Tartu rattaringlust ja tartlaste üleüldist valmisolekut jalgrattasõiduks on hiljuti uuritud (Paulus 2018, Part 2019). Tartu puhul motiveerivad inimesi jalgrattaga sõitma tegevuskohtade vahelised väikesed vahemaad, panustamine puhtamasse ja meeldivamasse linnakeskkonda ning madalad kulud (Part 2019, Paulus 2018). Takistavateks teguriteks toodi välja peamiselt puudulikud kergliiklusteed, konfliktid teiste liiklejatega ja talvised ilmastikuolud (Part 2019). Paulus (2018) uuris rattaringluse väljavaateid Eestis ning leidis, et tartlaste arvates peaks parkla asuma keskmiselt 506 m kaugusel inimese lähtekohast. Sarnase tulemuseni jõuti tartlaste seas läbiviidud küsitluses, kus sooviti parklaid keskmiselt 536m kaugusele elu- või töökohast (Tartu linn 2017), ja ka mujal maailmas (Bachand-Marleau et al. 2012 cit. Ricci 2015).

Olemasolevaid kergliiklusteid on Tartus 99,8 km (seisuga aprill 2021) (joonis 4). Üldplaneeringu kohaselt plaanitakse Tartusse rajada kuni 204,2 km kergliiklusteid (Tartu Linnavalitsus 2017b), st pool infrastruktuurist on tänase seisuga valmis. Linnaosasid ühendavat põhivõrku hakkab toetama asumisisene tugivõrk (joonis 4). Tartu linn on üldiselt tasane, suurema kallakuga teed asuvad Lubja (tõus 15%) ja Jakobi tänaval (tõus 9%), Riia ja Narva maanteel, Roosi tänaval ja Ihaste sillal.



Joonis 4. Olemasolevad ja planeeritavad kergliiklusteed. Allikad: Tartu linna kergliiklusteed 2021, Tartu Linnavalitsus 2017b. Aluskaart: Maa-amet.

2.2 Andmed

Käesolevas töös kasutatakse Tartu rattaringluse andmeid ajavahemikul 01.09.-30.11.2019 ja 01.09.-30.11.2020. Valitud ajavahemikud on kõige vähem mõjutatud välistest teguritest nagu tasuta sõiduperiood, talvine elektrirataste puudumine ja Covid-19, mistõttu need sobivad analüüsimiseks. Kahe erineva aasta andmed annavad võimaluse võrdlusteks ja muutuste uurimiseks.

Tartu rattaringluse andmestikku kogub ja haldab operaator Bewegen Technologies Inc, kes edastab järjepidevalt andmeid Tartu Linnavalitsusele. Andmestik koosneb kahest osast (tabel 1). Teekonna andmed koosnevad informatsioonist rattaringleja ja sõidu parameetrite kohta, lisaks arvutati sõidu keskmine kiirus ja rattaringleja vanus. Keskmise kiiruse leidmiseks jagati sõidu pikkus (vahemaa algparklast lõpp-parklani mööda teed) sõidu kestvusega (rendiratta avamine dokist kuni rendiratta tagastamine dokki). Teekonna ruumiandmed sisaldavad sõidu GPS-punktide koordinaate ning nende salvestamise aega. Kahe andmestiku ühiseks nimetajaks on iga sõidu unikaalne ID (*route_ID*).

Tabel 1. Sõidu teekonda kirjeldavad andmed (ülal) ja ruumiandmed (all).

route_ID	user_ID	unloc_dt	unloc_tm	loc_dt	loc_tm	st_nr	st_nm
123	3***0	12.10.2019	23:45:17	13.10.2019	00:07:11	61	lhaste
456	2***f	03.11.2019	16:36:01	03.11.2019	16:54:50	45	Soola
789	j***4	27.11.2019	00:02:52	27.11.2019	00:25:52	59	Tarmeko

end_nr	end_nm	len_km	dur_min	mem_sh	b_year	age	v_km_h
45	Soola	5,50	21,9	buscard	2002	17	15,07
52	Rahu	3,73	18,82	one_year	1970	49	11,89
48	Kaare	2,92	23,1	buscard	1987	32	7,62

route_ID	user_ID	latitude	longitude	coord_dt	coord_tm
848	a***2	58.375637	26.733545	01.11.2019	10:01:33
848	a***2	58.375783	26.733312	01.11.2019	10:01:38
848	a***2	58.375927	26.733052	01.11.2019	10:01:43

Uurimusküsimustest lähtuvalt valiti välja andmete eeltötluse käigus sõidud, mille:

- algus- ja lõpp-punkt asus Tartu linnas;
- pikkus oli 0,15 - 12 km;
- kestvus oli 1 - 60 minutit;
- keskmine kiirus oli 3 - 20 km/h;

- puhul oli teada rattaringleja sünniaasta.

Lisaks eemaldati andmestikust sõidud, mille algus- ja lõpp-punkt oli samas parklas ning mille pikkus oli vähem kui 200m – need sõidud on juhused, kus rendiratas laenutati parklast, sõideti kohapeal ja tagastati koheselt parklasse kas vigase rendiratta või muu põhjuse tõttu. Pärast andmete eeltöötlust sisaldab 2019. aasta andmestik 146 213 sõitu ja 2020. aasta andmestik 135 242 sõitu.

2019. aasta andmeanalüüs viidi läbi 68 parkla ja 2020. aasta andmeanalüüs 69 parkla alusel, sest lisandus Delta parkla. 2020. aasta andmete puhul ühtlustati andmestikku kahe aasta parema võrreldavuse eesmärgil. Ujula ja Hipodroomi virtuaalparklatest alanud ja seal lõppenud sõitude vähesuse tõttu jagati nende parklate sõidud naaberparklate vahel. Hipodroomi parkla sõidud nimetati ümber Ihaste parkla sõitudeks, sest Ihaste parklast 2,3 km raadiuses ei asu ühtki teist parklat, sealjuures Hipodroomi ja Ihaste parklate vaheline kaugus on 1,1 km. Ujula virtuaalparkla sõidud jagati naaberparklate vahel vastavalt naaberparklate polügonide (Thissen) pindalale.

Eesti topograafia andmekogust (ETAK) kasutatakse Tartu teedevõrku. Lisaks kasutatakse käesolevas töös Tartu olemasolevate kergliiklusteede andmekihti, mis on koostatud nii ETAKi (tüüp = kergliiklustee) kui Tartu kergliiklusteede kaardirakenduse alusel. Viimase andmeallikana kasutatakse Tartusse planeeritavate kergliiklusteede andmekihti, mis on koostatud Tartu Üldplaneering 2030+ kergliikluskkeemi alusel (Tartu Linnavalitsus 2017b).

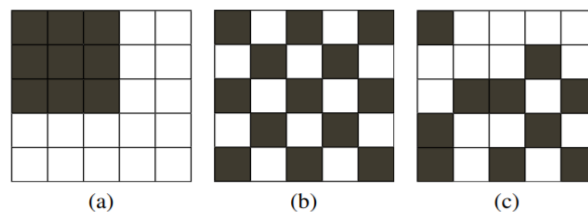
2.3 Metoodika

2.3.1 Ruumiline autokorrelatsioon ja sõidukoormuse leidmine

Töös lähtutakse eeldusest, et rattaringlejad laenutavad rendiratta endale kõige lähemal asuvast parklast. Rattaringluse ruumiliste kasutusmustrite uurimiseks jagati Tartu linn parklate asukohtade alusel Thiesseni polügonideks. Seega algab ja lõpeb iga sõit vastavas polügonis, sest parkla asub selle polügoni kõigile punktidele kõige lähemal.

Autokorrelatsioon näitab juhusliku suuruse erinevate väärtuste statistilist sõltuvust suuruste endi vahel. Ruumilise autokorrelatsiooni puhul lisatakse suuruste geograafilised asukohad ja

nendevahelised kaugused, mille tulemusel mõõdetakse objektide, antud juhul parklate ruumilist sarnasust nende asukoha ja väärtuse (parklast alanud/lõppenud sõidud) alusel. Polügonide puhul on kaugus topoloogiline ning määratud naabrussuhetega (Roosaare et al 2019). Võttes arvesse parklate asukohta ja väärtust, leitakse, kas parklad paiknevad rühmitunult, hajusalt või juhuslikult, mida iseloomustab Morani I väärtus (vahemikus -1...1). Kui kõrgete väärtustega objektid paiknevad lähestikku ning väikeste väärtustega objektid omakorda lähestikku, paiknevad objektid rühmitunult ning ruumiline autokorrelatsioon on positiivne (Morani $I > 1$) (joonis 5 (a)). Kui kõrgete väärtustega objektide grupid asuvad madalate väärtustega objektide gruppide lähedal, paiknevad objektid hajusalt ning ruumiline autokorrelatsioon on negatiivne (Morani $I < 1$) (joonis 5 (b)). Objektide juhusliku paigutumise korral sarnase väärtusega objektid ei ole kuidagi rühmitunud ning ruumiline autokorrelatsioon puudub (Morani $I = 0$) (joonis 5 (c)). Mida tugevam ruumiline autokorrelatsioon, seda lähemal on Morani I väärtusele 1 või -1 (ArcGIS Pro 2021). Sarnast lähenemist parklate uurimisel on kasutanud Levy (2019). Sõitude ruumilise jaotuse kirjeldamiseks leitakse sõitude algparklate alusel ruumiline autokorrelatsioon tööriista *Spatial autocorrelation (Moran's I)* alusel.



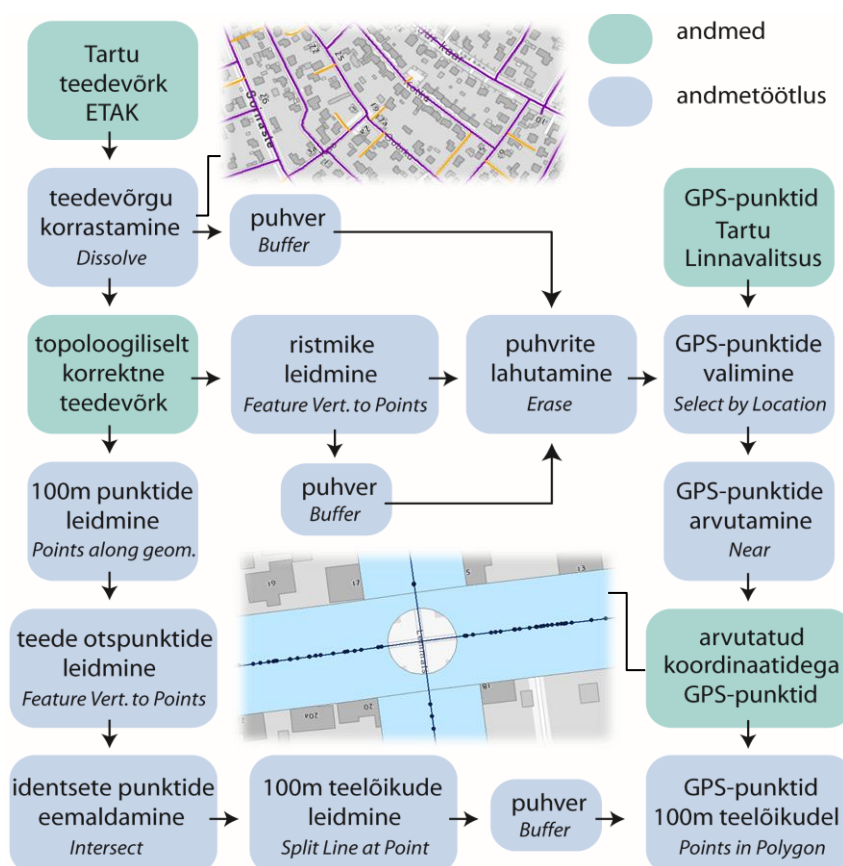
Joonis 5. Positiivne ruumiline autokorrelatsioon (a), negatiivne ruumiline autokorrelatsioon (b), ruumiline autokorrelatsioon puudub (c).

Rattaringlusest tuleneva sõidukoormuse leidmiseks seotakse sõidud vastavate tänavatega ja loendatakse kokku. Metoodika koostamisel võeti eeskuju Loidli (2016) artiklist ning etapid on toodud joonisel 6.

ETAK-i Tartu tänavavõrk osutus ülemäära tihedaks, mistõttu eemaldati hoovidesse sissesõiduteed ning osa jalgradu (nt surnuaedades, parkides), kus jalgrattaga ei sõideta (joonis 6). Tänavavõrgu korrastamisel lähtuti eelkõige uurimisküsimusele vastamiseks vajaminevast täpsusest, aga ka sõitude GPS-punktide asukohtadest ja isiklikust jalgrattasõidu kogemusest. Korrastamise tulemusel valmis topoloogiliselt korras teedevõrk. Järgmiseks leiti ristmikele vastavad punktid ning nende 10m puhvrid. Teedevõrgule lisati 15m puhver, jättes enamik GPS-punkte valituks. Teede puhvrist lõigati välja ristmike puhvrid, et vältida olukordi, kus GPS-

punktid on ristmikul valele teelõigule lähemal. Analüüsi kaasati vaid need GPS-punktid, mis asusid allesjäänud puhvris ning neile arvutati uued koordinaadid vastavalt sellele, milline teelõik oli GPS-punktile kõige lähemal. Tulemuseks saadi uued GPS-punktide koordinaadid, mis asuvad tänavavõrgul (joonis 6).

Tänavavõrgu normaliseerimiseks jagati tänavad 100m teelõikudeks, mis lubab teelõike omavahel võrrelda. Tänavatele loodi punktid iga 100m järel, pärast mida lõigati tänavaid 100m punktidega, mille tulemusena jagati tänavavõrk 100m teelõikudeks. Sõidukoormuse leidmiseks loendati igal tänavalõigul kokku, mitu erineva sõidu_ID-ga sõitu iga lõiku läbis.



Joonis 6. Sõidukoormuse leidmine tänavatel.

2.3.2 Multinomiaalne logistiline regressioon

Multinomiaalset logistilist regressiooni (MLR) kasutatakse seoste leidmiseks, kui nii sõltuv kui sõltumatud tunnused on rohkem kui kahes kategoorias, kusjuures tunnused võivad olla nii arvulised kui sõnalised ning mistahes jaotusega (Tooding 2015). Käesolevas töös võimaldab MLR leida, milline on seos rattaringleja vanuse, sõidu alustamise aja, nädalapäeva, sõidu

pikkuse ning alg- ja lõpp-parkla erinevuse (sõltumatud tunnused) ning parklate kasutusaktiivsuse (sõltuv tunnus) vahel.

MLR-is valib uurija sõltuva tunnuse kategooriatest ühe taustkategooria, millega võrreldakse teisi. Taustkategooriaks sobivad kõik kategooriad ja selle valik ei muuda mudeli kvaliteeti, kuid tulemuse paremaks ilmetamiseks tasub valida grupisiselt esimene või viimane rühm (Tooding 2015). MLR-is kasutatakse suhtelist tõenäosusust ($p/(1-p)$), mis näitab, kui suur on sündmuse toimumise šanss. Kui sündmuse toimumine on tõepärasem kui mittetoimumine, on suhte väärtus suurem ühest ja vastupidi (Tooding 2015). Otsitavaid seoseid väljendab riskisuhe ($\text{Exp}(B)$), mis näitab, kui suur on tõenäosus kuuluda valitud kategooriasse. Kui $\text{Exp}(B) > 1$, on tõenäosus kuuluda vastavasse kategooriasse suurem võrreldes taustkategooriaga ja vastupidi (Niglas 2013). Sõltumatute tunnuste omavahelised seosed ei ole multikollineaarsed, sest tolerantsikordaja oli mõlemal aastal kõigil tunnustel suurem kui 0,9, mis näitab andmete sobivust MLR-iks.

Parklad jagati päevas algavate sõitude alusel nelja kategooriasse: kuni 15, 15-25, 25-35, üle 35 algava sõidu päevas. Taustkategooriaks valiti parklad, kust algas päevas kuni 15 sõitu. Kategooriate loomisel võeti arvesse MLR-i nõuet, mille kohaselt võiks igas kategoorias olla enam-vähem võrdne arv liikmeid, aga ka andmete jaotust ja Tartu linna olusid. Sama meetodit on rattaringluse uurimiseks kasutanud Caulfield et al. (2017).

2.3.3 Klasteranalüüs

Sarnase päevase kasutusrütmiga parklate grupeerimiseks kasutatakse klasteranalüüsi. Klasteranalüüsi eesmärgiks on jagada mingite tunnuste alusel sarnased objektid klastritesse (Niglas 2021). Klasterdamise meetodeid on kaks – hierarhiline ja k-keskmiste klasterdamine. Hierarhiline klasterdamine sobib kasutamiseks väikese hulga objektide puhul või kui on teada, et tulevased klastrid on üksteisest selgelt erinevad. Käesolevas töös kasutatakse k-keskmiste klasterdamist, sest soovitakse teada tekkivate klastrite kirjeldust vastavalt klasterdamise aluseks olnud tunnustele ja ei ole teada, et tulevased klastrid üksteisest selgelt eristuksid. Ühtlasti on k-keskmiste klasteranalüüs levinud meetod rattaringluse kirjeldamiseks (Vogel et al. 2011). Caggiani et al. (2018) uuris kolme erinevat klasterdamise algoritmi ning leidis, et k-keskmiste algoritm annab kõige tõesema tulemuse rattaringluse kasutusmustrite uurimiseks. K-keskmiste algoritm töötab järgmiselt: määratakse klastrite arv, objektid jagatakse

esialgsetesse klastritesse, arvutatakse klastrite keskpunktid, iga objekti võrreldakse klasteri keskpunktiga ning paigutatakse sinna klastrisse, mille keskpunktile on see objekt kõige lähemal. Klastrite keskpunktid arvutatakse uuesti ning protsessi korratakse nii kaua, kuni kõik objektid on paigutatud klastritesse, mille keskpunktile on nad kõige lähemal (Niglas 2021).

Hopkinsi statistiku abil tehti kindlaks, milline on andmestiku tendents klasterduda, sest pea iga klasteralgoritm suudab tekitada klasterid, ka siis, kui andmetes tegelikult loomulikku klastriteks jaotumist ei ole (Tan et al. 2006 cit. Vogel et al. 2011). Hopkinsi statistiku väärtus 0 või 1 lähedal näitab tugevat klasterdumist, väärtus 0,5 lähedal viitab andmete juhuslikule jaotusele. Käesolevate andmete Hopkins'i statistika oli mõlema aasta tööpäevade puhul $>0,7$ ja nädalavahetuste puhul $>0,66$, mistõttu viidi klasteranalüüs läbi vaid tööpäevade andmete alusel.

Erinevate parklate päevane kasutusrütm ning maht on erinevad, seetõttu andmed normaliseeriti parklate võrdlemiseks (Vogel et al. 2011). Iga parkla kohta leiti suhtarvud (algavad sõidud tunnis/algavad sõidud päevas ja lõppevad sõidud tunnis/lõppevad sõidud päevas), mille tulemusel iseloomustab iga parklat kokku 40 suhtarvu (tabel 2).

Tabel 2. Parklate normaliseeritud andmed.

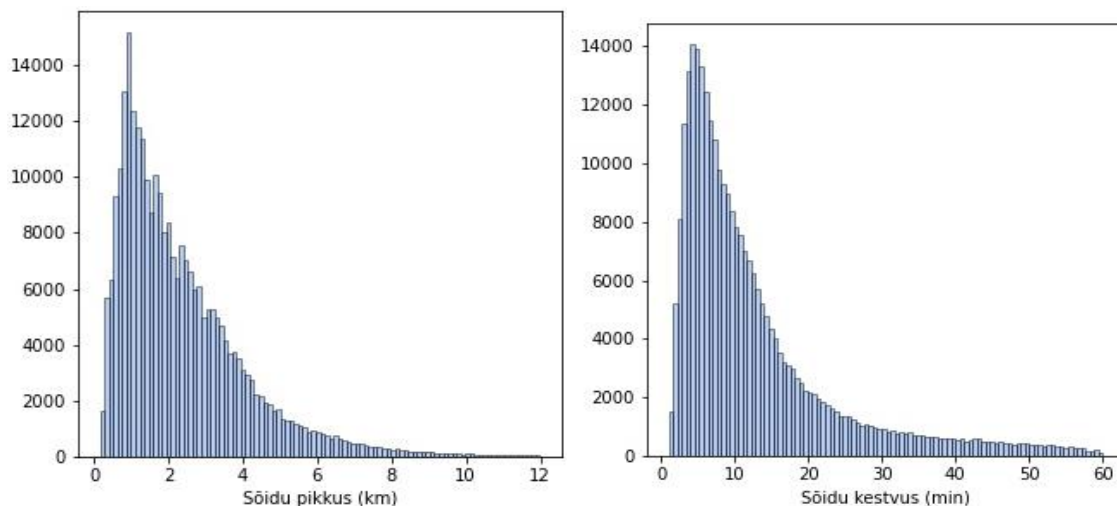
parkla_nr	väljunud_0-1	...	väljunud_23-0	saabunud_0-1	...	saabunud_23-0
22	0,001784121	...	0,004460303	0,007497657	...	0,018744142
5	0,002950844	...	0,005230845	0,008402749	...	0,011835937

Enne klasteranalüüsi tuli määrata klastrite arv. Väga tihti kasutatakse nn küünarnuki meetodit (*elbow method*), kuid ühtlase hajuvuse languse tõttu käesolevate andmete puhul ei andnud see meetod selget tulemust. Seetõttu võeti eeskuju Vogel et al. (2011) ja Feng et al. (2017) töödest ning klastrite arvu leidmiseks kasutati Davies-Bouldini, Dunni ja Silhouette indekseid. Sobivaimaks osutus nelja klasteri loomine.

Esialgseks andmetöötluseks ja andmete puhastamiseks kasutati Pythoni programmeerimiskeelt ja Jupyter Notebooke. Multinomiaalseks logistiliseks regressiooniks ja klasteranalüüsiks kasutati tarkvara SPSS. Ruumianalüüsiks kasutati nii ArcMapi kui Jupyter Notebooke. Kõik joonised on koostatud tarkvara Illustrator Adobe abil.

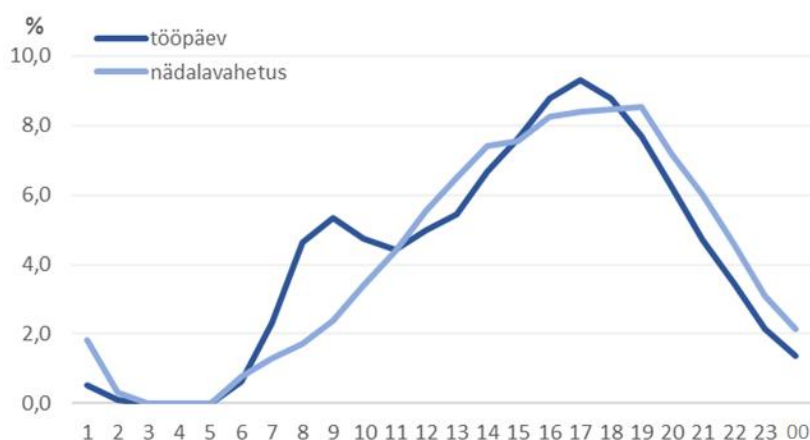
3. Tulemused

Kahe sügise andmetest analüüsitakse kokku 281 455 sõitu, mille sagedusjaotused läbitud teekonna pikkuse (km) ja kestvuse osas (min) on toodud joonisel 7.



Joonis 7. 2019-2020. a sõitude kestvuse (min) ja sõitude pikkuse (min) sagedusjaotused.

Sõitude ajaline jaotus on toodud joonisel 8. Tööpäevadel esineb kaks tipptundi, hommikune kl 7-9 ning õhtune kl 16-18, mis on sarnane varasemate uuringutega mujal maailmas. Tartu õhtuse tipptunni aegne nõudlus on poole suurem võrreldes hommikuse tipptunniga, mis on sarnane tulemus Budapesti rattaringlusega (Soltani et al. 2019). Tartu rattaringluse puhul on tipptundide vaheline kasutus aktiivsem võrreldes teiste uuringutega. Nädalavahetustel puudub hommikune tipptund ning rattaringluse kasutus on aktiivne kogu päeva vältel nagu Corki linnaski (McBain ja Caulfield 2018). Lisaks on rattaringluse kasutus nädalavahetuste õhtutundidel aktiivsem kui tööpäevadel.



Joonis 8. Sõitude päevasisene ajaline jaotus tööpäevadel ja nädalavahetustel.

Aastaga on rattaringlejate koguarv vähenenud (tabel 3), kuid suurenenud on 14-18-aastaste ja 56+ aastaste rattaringlejate osakaal. Vastavalt andmete jaotusele võrreldi omavahel sõitude mediaanpikkust ja -kestvust (tabel 4), mis on sobiv näitaja arvestades sõitude pikkuste ja kestvuste jaotust (joonis 7). Tööpäevadel sõidetakse lühemaid vahemaid, arvestades nii teekonna pikkust kui ajakulu võrreldes nädalavahetusega – sarnane tulemus on leitud ka nt Iirimaal (Caulfield et al. 2017). 2020. aastal olid sõidud nii tööpäevadel kui nädalavahetustel pikemad ja kestsid kauem kui aastal 2019. Päevasiseselt vähenes 2020. aastal teekonna pikkus.

Tabel 3. Rattaringlejate vanuseline jaotus.

Vanus	2019		2020	
	n	%	n	%
14-18	1082	15,9	798	17,7
19-25	2128	31,2	1393	30,9
26-35	1782	26,1	1076	23,9
36-45	1014	14,9	657	14,6
46-55	524	7,7	337	7,5
56-65	189	2,8	147	3,3
66+	101	1,5	102	2,3
Kokku	6820	100	4510	100

Tabel 4. Keskmised sõitude pikkused ja kestvused 2019-2020.

	2019			2020		
	Mediaan-pikkus (km)	Mediaan-kestvus (min)	Sagedus %	Mediaan-pikkus (km)	Mediaan-kestvus (min)	Sagedus %
Kõik sõidud	1,83	8,84	100,00	1,97	9,34	100,00
Sõidud E-R	1,81	8,69	80,87	1,96	9,21	80,53
Sõidud L-P	1,93	9,65	19,13	2,05	9,96	19,47
Sõidud päevas						
5.00 - 7.00	2,00	8,00	1,40	2,19	9,16	4,27
7.00 - 9.00	1,97	8,53	7,98	1,90	8,31	9,72
9.00 - 16.00	1,79	8,64	41,27	1,98	9,37	44,29
16.00 - 18.00	1,83	9,07	17,81	1,98	9,76	17,87
18.00 - 01.00	1,82	9,12	31,54	1,97	9,55	23,85

3.1 Tartu rattaringluse ruumilised kasutusmustrid

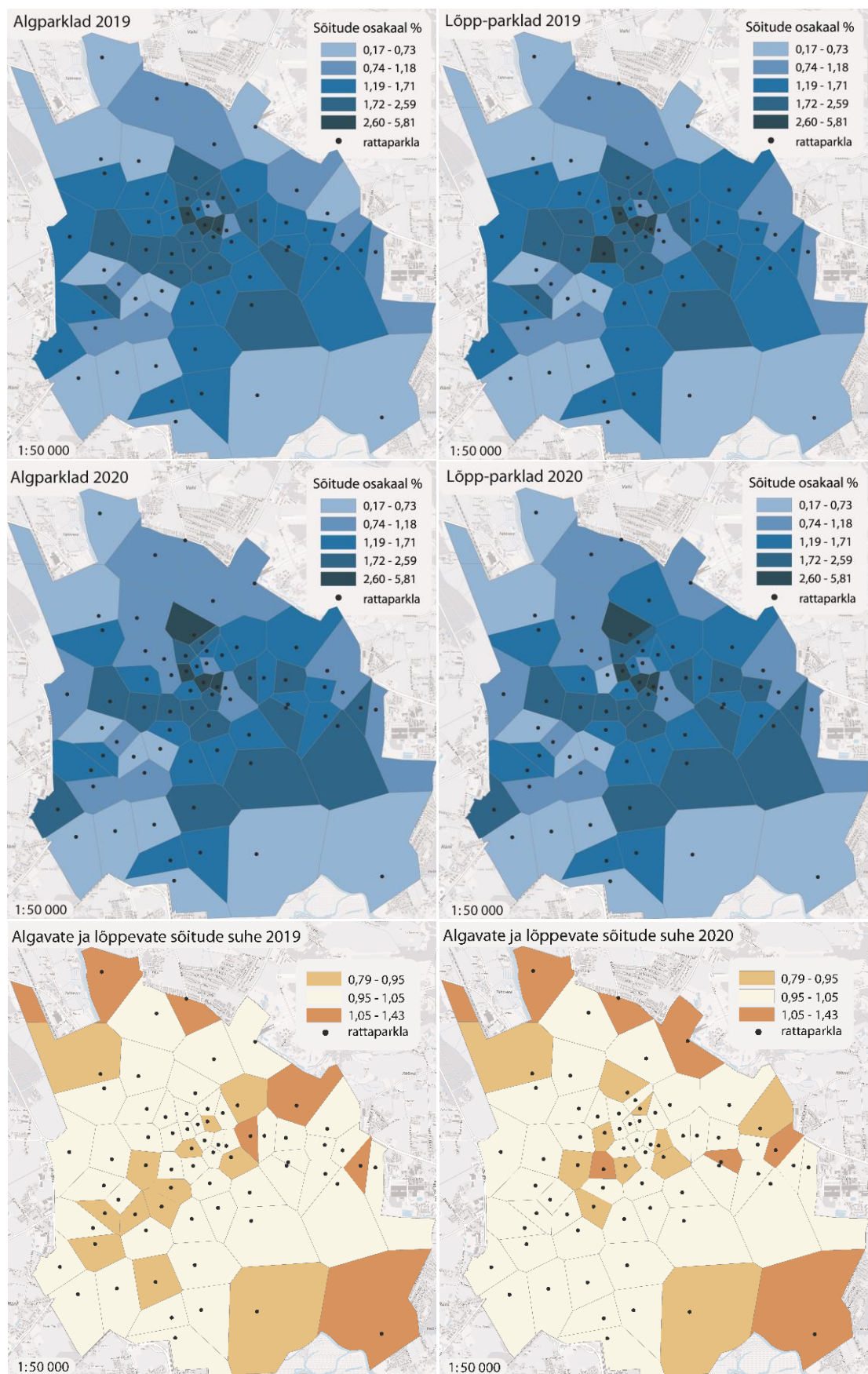
Sõitude ruumiline jaotus Tartus näitab statistiliselt olulist klasterdumist (Morani $I = 0,31$) (tabel 5). 2019. aastal oli parklate kasutusaktiivsus kõige suurem kesklinna piirkonnas ja väiksem äärelinna parklates (joonis 9). Kasutusaktiivsus on suurim ülikooli õppehoonete ja ühiselamute ümbruses asuvates parklates, samuti Võru mnt, Annelinna ja Veeriku suunal. Parklates lõppevate ja sealt algavate sõitude suhe annab ülevaate parklate üle- või alatäituvusest (joonis 9), mis mõlemad võivad tekitada probleeme. Parklate ületäituvus (algab vähem sõite, kui lõpeb) esineb Tartu äärelinna elamupiirkondades, nt Ihastes, Kvissentalis ja Vahil. Parklate alatäituvus esines osas Riia mnt äärsetes parklates, samuti Ropka tööstusrajoonis ning EMÜ spordihoone lähedal.

Tabel 5. Ruumiline autokorrelatsioon (Morani I) 2019. ja 2020. aastal.

	2019			2020		
	Morani I	z	p	Morani I	z	p
Algparklad	0,32	4,78	0,000	0,2	3,06	0,002
Lõpp-parklad	0,3	4,62	0,000	0,19	2,95	0,003
Kõik parklad	0,31	4,72	0,000	0,19	3,01	0,003

Ka 2020. aasta parklate kasutusaktiivsus näitab ruumilist klasterdumist (Morani $I = 0,19$) (tabel 5). Suurema kasutusaktiivsusega parklad asuvad kesklinnas, Annelinnas, Võru mnt ääres ja Veeriku suunal (joonis 9). Väiksem kasutusaktiivsus esines Tartu äärelinna parklates. Parklate ületäituvus oli Tartu äärelinna elamupiirkondades ja ka Vanemuise pargi parklas. Alatäitunud parklaid oli kesklinnas, samuti Ropka tööstusrajoonis ning EMÜ spordihoone lähedal.

Parklate kasutusaktiivsuse alusel leitud ruumiline klasterdumine on aasta jooksul vähenenud (vrd Morani I), mis tähendab, et sõidud olid 2020. aastal ruumiliselt hajusamalt jaotunud. Lisaks endistele suure kasutusaktiivsusega parklatele suurenes kasutusaktiivsus Võru mnt äärsetes ja Annelinna parklates ning Vabaduse silla parklas, mis võib olla seotud Delta õppehoone avamisega. Parklate kasutusaktiivsus langes Tartu läänepoolses äärelinnas. Parklate täituvus jäi 2019. aastaga võrreldes üldjoontes sarnaseks, kuid alatäituvus vähenes Riia mnt äärsetes parklates.



Joonis 9. Parklast alanud ja lõppenud sõitude osakaal kõigist sõitudest (%) ning lõppevate ja algavate sõitude suhe 2019. ja 2020. aastal. Aluskaart: Maa-amet.

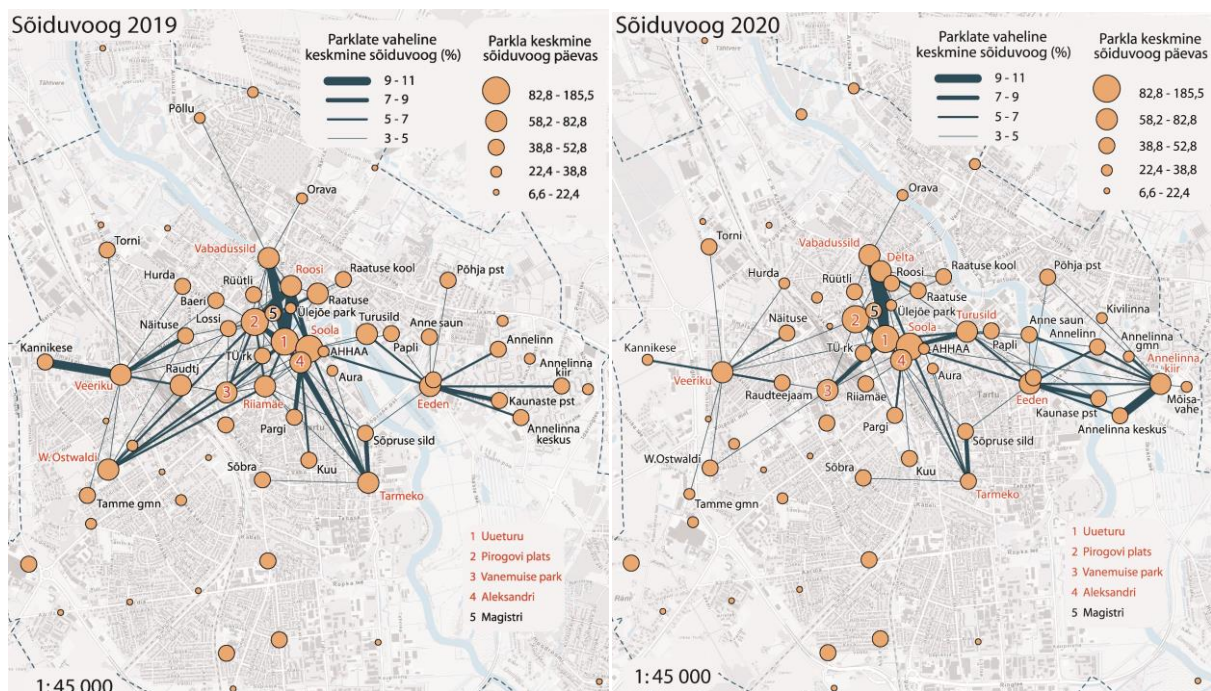
Kõige kasutatavamad parklad asuvad Tartu kesklinnas ja olid mõlemal aastal samad: Uueturu, Soola ja Pirogovi plats, kuid 2020. aastal oli nende parklate sõitude osakaal väiksem (tabel 6). Kõige vähem kasutatavamad parklad oli mõlemal aastal Kvissentali ja Sepa turu parklad, kuid 2020. a oli nende sõiduvoog suurem kui aasta varem. Kahe aasta tulemuste võrdlus viitab parklate kasutusaktiivsuse ühtlustumisele.

Tabel 6. Parklate kasutusaktiivsus 2019 - 2020 (% kõigist sõitudest).

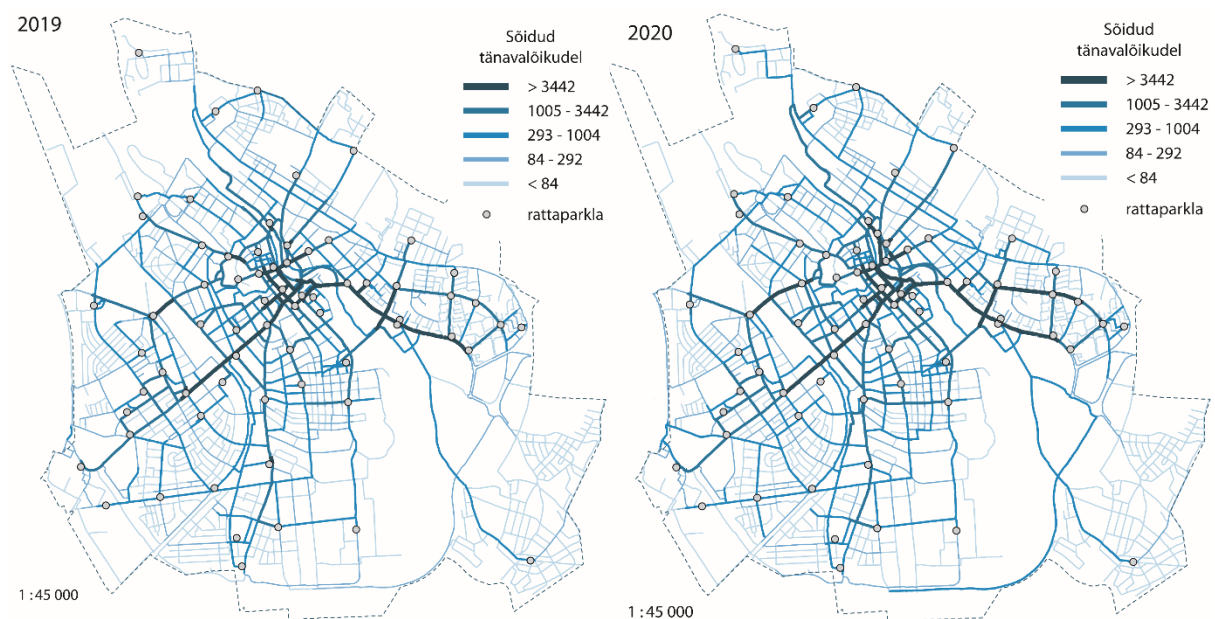
2019				2020			
Algparkla	%	Lõpp-parkla	%	Algparkla	%	Lõpp-parkla	%
Uueturu	5,81	Uueturu	5,74	Uueturu	5,2	Uueturu	5,21
Soola	4,01	Pirogovi plats	4,03	Soola	3,87	Soola	3,82
Pirogovi plats	4,01	Soola	3,83	Pirogovi plats	2,9	Pirogovi plats	2,79
...	...	...	...	...	...	...	...
Postimaja	0,38	Postimaja	0,38	Tamme	...	Tamme	...
lhaste	0,35	Sepa turg	0,37	staadion	0,51	staadion	0,41
Kvissentali	0,17	Kvissentali	0,24	Sepa turg	0,43	Sepa turg	0,4
				Kvissentali	0,22	Kvissentali	0,38

Toimunud on muutused ka sõiduvoogude osas. 2019. aastal oli populaarseid sõidusuundi rohkem kui aasta hiljem (joonis 10). Kui 2019. aastal oli tugevamalt esindatud kesklinnast lähtuv Riia ja Turu tn sõidusuund, siis aasta hiljem tuleb esile Annelinna sõidusuund. Mõlemal aastal on parklate vaheline sõiduvoog suur Vabadussilla parkla ja kesklinna vahel. 2020. aastal lisandus suure kasutusaktiivsusega Delta parkla, mis on suure tõenäosusega mõjutanud Roosi parkla kasutusaktiivsust.

2019. aastal olid suurema sõidukoormusega tänavad kesklinnas, Annelinnas, Ülejõel ja Maarjamõisas (joonis 11). Kõige enam sõideti Riia mnt, Kalda teel, Sõpruse pst, Kööri tn, Ülikooli tn ja suunal Raekoja plats - Kaarsild - Raatuse tn. 2020. aastal oli suurema sõidukoormusega tänavaid rohkem ja hajusamalt üle linna. Lisaks varasematele suure sõidukoormusega tänavatele lisandus 2020. aastal Näituse ja Anne tänav (joonis 11). Tihe sõiduvoog parklate vahel, mis on üksteisele lähedal (nt Tarmeko-Sõpruse sild, Annelinna kiir-Annelinna keskus), võib olla vähesel määral mõjutatud ka inimeste soovist vahetada tavaline rendiratas välja elektriratta vastu.



Joonis 10. 12 kõige kasutatavama parkla (nimi oranž) sõiduvood (%) . Iga parkla sõiduvood on kokku 100%. Aluskaart: Maa-amet.



Joonis 11. Rattaringluse sõidukoormus Tartus 2019. ja 2020. aastal.

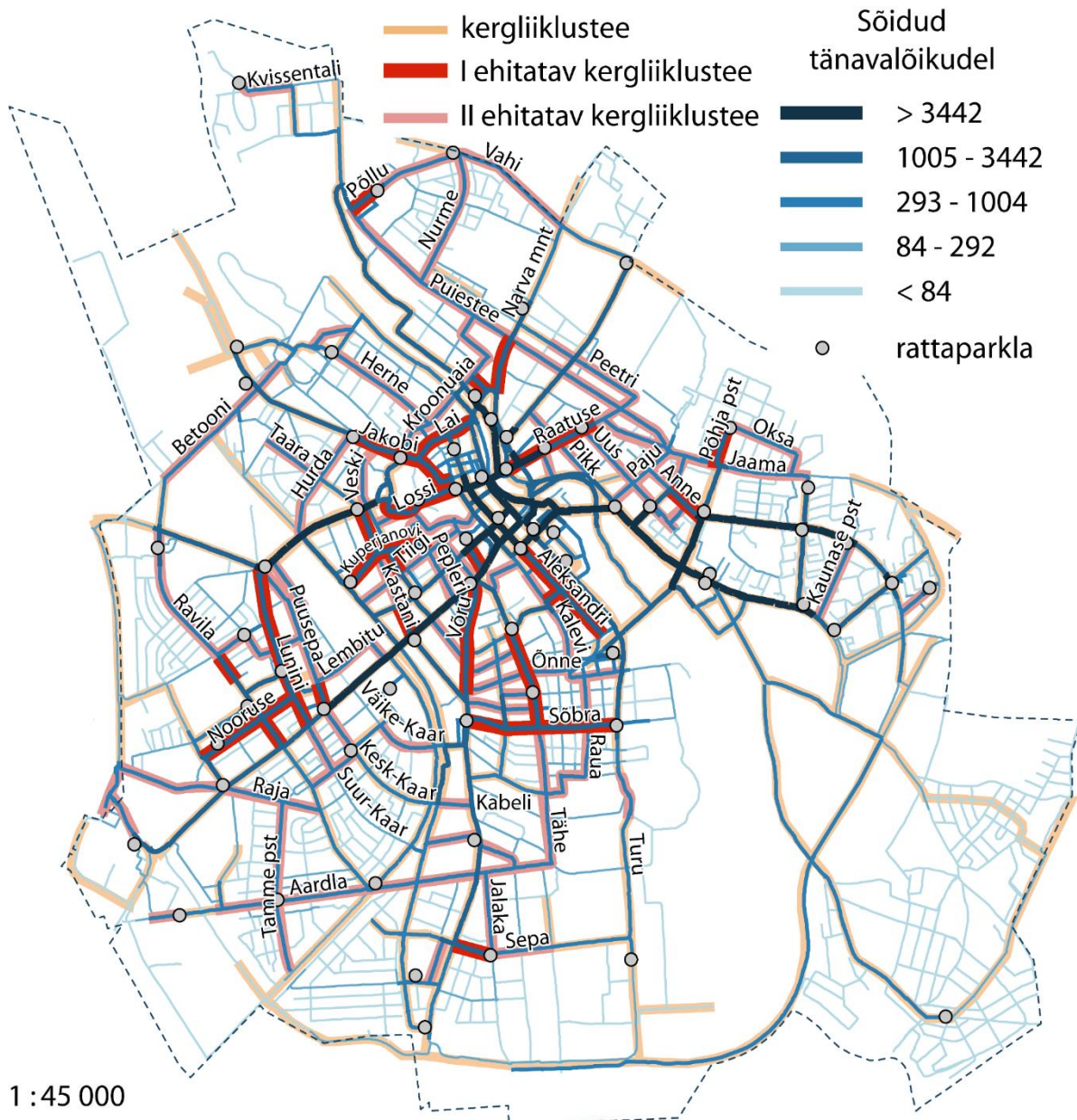
Vastavalt sõidukoormusele leiti, millistel tänavatel on kergliiklusteede ehitamisega kõige kiirem ehk konflikt kõige suurem: rattaringlejaid on palju, kuid kergliiklusteed ei ole. Praegusel juhul ei uurita olemasolevate kergliiklusteede kvaliteeti, vaid keskendutakse puudu olevatele

kergliiklusteedele. Eestis võib jalgrattaga sõita kõnniteel vaid siis, kui sõiduteel, teepeenral või jalgrattarajal sõitmine on nende seisukorra või liiklusolude tõttu on oluliselt raskendatud ja puudub jalgratta- ja jalgte (Liiklusseadus § 32 lõige 2). Sellest tulenevalt jagati puuduvate kergliiklusteedega tänavad vastavalt kõnniteede olukorrale (tabel 7), lisaks tugineti autori vaatlustele ja pikaajalisele jalgrattasõidu kogemusele Tartus.

Tabel 7. Ehitamist vajavad kergliiklusteed Tartu tänavatel.

	I ehitatav kergliiklustee		II ehitatav kergliiklustee		Sõidetav tee
	kõnnitee puudub	kitsas kõnnitee	kõnnitee puudub	kitsas kõnnitee	lai kõnnitee
Planeeritav põhivõrk	Põhja pst	Lai, Raatuse, Narva mnt	Paju, Suur-Kaar, Raua, Peetri	Raja, Vaba, Puusepa, Veski, Uus, Turu lõik	Lõunakeskuse ümbrus, Tähe, Nooruse, Akadeemia, Peetri, Põllu, Kummeli
Planeeritav tugivõrk		Jakobi, Sepa, Lossi, Võru	Taara, Jalaka, Örne, Väike-Kaar, Raja, Raua, Anne, Nurme	Kroonuaia, Herne, Ravila, Jaama, Puiestee, Aardla, Kesk-Kaar, Kabeli, Sepa	Betooni-Tuglase, Kaunase, Tamme pst, Aleksandri, Sõbra, Kuperjanovi, Vahi
Suur sõidukoormus, kergliiklusteed ei planeerita		Kastani			Hurda, Oksa

Kõikide nimetatud tänavate puhul mõeldakse üldiselt puuduvat kergliiklustee lõiku sellel tänaval (joonis 12), harvemal juhul kogu tänavat, kui kergliiklustee puudub kogu tänava pikkuses. Kõige enam vajatakse kergliiklusteid Põhja puiesteel, Paju, Raua ja Suur-Kaare tänaval, kus puudub kõnnitee ning rattaringlejad on sunnitud sõitma autode kõrval sõiduteel. Paljusid tänavaid ääristavad kitsad kõnniteed, kus on jalgrattasõit jalakäijate tõttu ebamugav ja kohati ohtlik, eriti, kui sõiduteel on tihe liiklus. Kirjeldatud olukord esineb nt Aardla, Puiestee ja Jaama tänaval. Suur sõidukoormus on Kastani, Hurda ja Oksa tänaval, kuhu kergliiklusteede võrgustikku pole üldplaneeringu kohaselt ette nähtud (Tartu Linnavalitsus 2017b).



Joonis 12. Kõige kiiremini ehitamist vajavad kergliiklusteed.

3.2 Parklate kasutusaktiivsust mõjutavad tegurid

Multinomiaalne logistiline regressioon aitab välja selgitada, kuidas erinevad tegurid mõjutavad parklate kasutusaktiivsust. Uuriti rattaringlejate vanuse, sõidu pikkuse, sõidu alustamise kellaaja, nädalapäeva, sõidu algus- ja lõpp-punkti mõju parklate kasutusaktiivsusele. Tulemused on toodud tabelis 8.

Tabel 8. Sõltumatute tunnuste mõju parklate kasutusaktiivsusele.

				2019			2020		
				15-25 sõitu/p	25-35 sõitu/p	> 35 sõitu/p	15-25 sõitu/p	25-35 sõitu/p	> 35 sõitu/p
Sõltumatu muutuja	Kategooria	2019 (%)	2020 (%)	Exp(B)	Exp(B)	Exp(B)	Exp(B)	Exp(B)	Exp(B)
VANUS	14 - 18	20,2	22,3	0,759**	0,600**	0,585**	0,666**	0,753**	0,608**
	19 - 25	35,8	30,6	1,085**	1,166**	1,293**	,983	0,912**	0,821**
	26 - 35	22,1	21,9	.	.	.	.	.	.
	36 - 45	11,2	12,2	0,703**	0,723**	0,700**	0,656**	0,739**	0,715**
	46 - 55	6,3	7,9	0,737**	0,646**	0,649**	0,520**	0,646**	0,605**
	56 - 65	3	3,6	,916	0,828**	0,723**	0,691**	,936	0,888*
	66 +	1,4	1,5	,887	0,658**	0,619**	0,581**	0,745**	0,554**
SÕIDU PIKKUS	< 1 km	23,8	21,5	1,157**	1,086**	1,374**	1,173**	1,107**	1,368**
	1 - 2 km	30,7	29,3	.	.	.	.	.	.
	2 - 3 km	20	19,4	0,726**	0,539**	0,596**	0,874**	0,775**	0,631**
	> 3 km	25,5	29,7	0,555**	0,270**	0,323**	0,623**	0,538**	0,390**
SÕIDU AEG	kl 5 - 7	1,4	4,3	1,600**	1,033	0,417**	1,105*	,917	0,327**
	7 - 9	8	9,7	0,922*	0,858**	0,405**	0,836**	0,815**	0,512**
	9 - 16	41,3	44,3	1,105**	1,173**	1,164**	0,891**	0,906**	0,903**
	16 - 18	17,8	17,9	.	.	.	.	.	.
	18 - 01	31,5	23,8	1,223**	1,116**	1,081**	1,053	1,090**	0,898**
NÄDALAPÄEV	L - P	19,1	19,5	,962	0,856**	0,840**	1,048*	1,091**	0,938**
	E - R	80,9	80,5	.	.	.	.	.	.
ALGUS/LÕPP	erinev	95,8	95,7	1,015	1,215**	1,645**	0,748**	,965	1,798**
	sama	4,2	4,3	.	.	.	.	.	.

Taustkategooria: kuni 15 laenutust päevas, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

-2LL: 9945,98 (2019); 9410,16 (2020). Nagelkerke R2: 0,0690 (2019); 0,0430 (2020)

Kahe aasta võrdluses on näha, et 2020. aastal vähenes noorte (kuni 35-aastaste) rattaringlejate sõitude osakaal ning suurenes vanemate (36+) rattaringlejate sõitude osakaal, kusjuures kõige rohkem on kasvanud 46-55-aastaste rattaringlejate sõitude osakaal (tabel 8). 2019. a kõige nooremad (14-18) ja vanemad (56+) rattaringlejad kasutasid kõige suurema kasutusaktiivsusega parklaid kõige vähem: mida suuremaks muutub parklate kasutusaktiivsus, seda vähem on nimetatud vanuseklassi esindajate sõite. 19-25-aastaste puhul on vastupidi, mida suurema kasutusaktiivsusega parkla, seda suurem on nende sõitude osakaal. 2020. a oli igas vanusekategoorias, v.a 56-65-aastased, kõige rohkem kasutatavad parklad sellised, kust algas päevas 25-35 sõitu, st et kõige suurema kasutusaktiivsusega parklate populaarsus vähenes.

Mõlemal aastal algas kõige rohkem lühikesi (< 1 km) sõite kõige suurema kasutusaktiivsusega parklatest (Exp(B) = 1,374 ja 1,368) ning pikimad sõidud (> 3 km) algasid kõige enam parklatest, mille kasutusaktiivsus oli väikseim. Igas uuritud kasutusaktiivsusega parklate grupis kehtib tendents: mida pikemad on sõidud, seda vähem neid esineb (Exp(B) väheneb grupisiseselt). Pikki sõite esines ka vähem kui lühikesi sõite (tabel 8). Kahe aasta võrdluses on

näha, et pikemate sõitude (> 2 km) osakaal on 2020. aastal märgatavalt suurenenud võrreldes aasta varasemaga.

Sõitude algusaeg jagati vastavalt päeva ajalistele etappidele viide gruppi. Mõlemal aastal sooritati üle 40% sõitudest päevasel ajal (kl 9-16) ja 18% õhtuse tipptunni (kl 16-18) ajal. 2019. a hommikuste (kl 5-9) rattaringlejate puhul parklate kasutusaktiivsuse suurenedes algavate sõitude osatähtsus väheneb märgatavalt, mis viitab sellele, et väiksema kasutusaktiivsusega parklad asuvad üldiselt elamupiirkondades. Suurima kasutusaktiivsusega parklatest algab mõlemal aastal hommikuti üle poole vähem sõite ($\text{Exp}(B) < 0,500$) võrreldes kõige väiksema kasutusaktiivsusega parklatega. 2020. a tõusis hommikuste (kl 5-9) ning vähenes õhtuste rattaringlejate osakaal. Õhtuste sõitude puhul on mõlemal aastal märgata tendentsi, kus parklate kasutusaktiivsuse suurenemisel algavate sõitude osakaal väheneb. Mõlemal aastal sooritati tööpäevadel 80% ja nädalavahetustel 20% sõitudest. Nädalavahetustel parklate kasutusaktiivsuse suurenedes algavate sõitude arv vähenes. 2020. a algas väiksema kasutusaktiivsusega parklatest nädalavahetusel rohkem sõite kui tööpäevadel. Nädalavahetuse sõidud on üldiselt meelelahutuslikud ja seotud muude tegevuskohtade kui töökoha või kooli külastamisega ning need algavad üldiselt puhkepäeva tõttu kodust.

Analüüsi üks sõltumatutest tunnustest iseloomustab sõitude algus-ja lõpp-punkti erinevust. Kui sõidu algus- ja lõpp-punkt on samad, on tegu nn ringsõiduga (*round trip*). Mõlemal aastal oli ringsõite 4% kõigist sõitudest ning mida suurema kasutusaktiivsusega parkla, seda rohkem erineva algus - ja lõpp-punktiga sõite sealt parklast algas.

3.3 Parklate päevane kasutusedünaamika

Rattaringluse üks levinumaid probleeme on rendirataste ebaühtlane jaotus parklate vahel ja sellest tekkinud vajadus rendirataste ümberjaotamiseks, mistõttu on oluline teada, kus ja millal rendirattad asuvad. Parkla asukoht ja ümbritsev maakasutus mõjutavad parkla päevast kasutusedünaamikat. Klasteranalüüsi tulemustest selgus, et Tartu rattaringluse parklad jagunevad tööpäevaste sõitude alusel nelja klastrisse (joonis 13).

Kõrghariduse klatri moodustavad parklad, kus suurim osa sõite lõpeb hommikuse tipptunni jooksul ning parklast algavaid sõite oli kõige enam keskpäeva ajal. Klastrisse kuuluvad Tartu

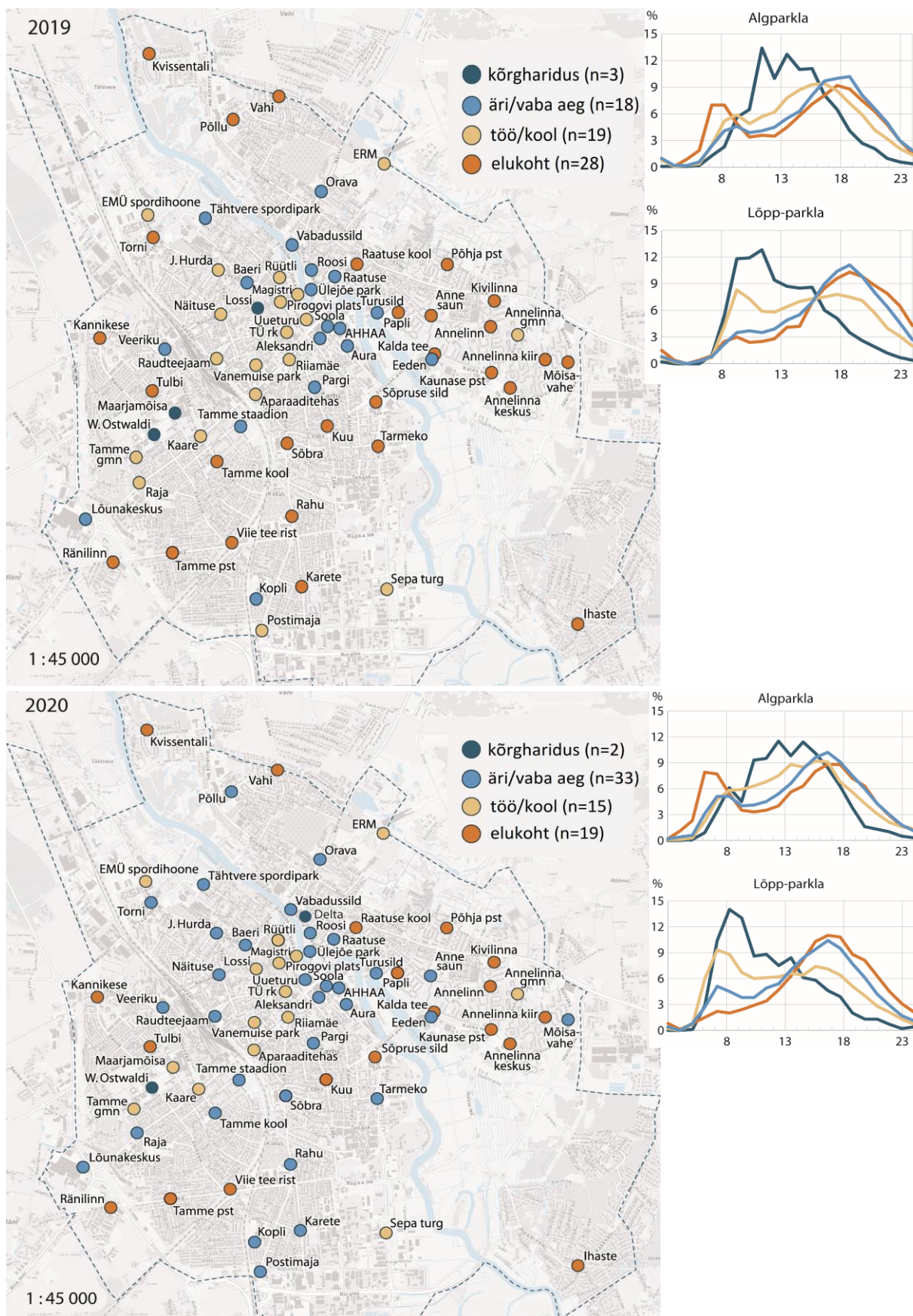
Ülikooli õppehoonete läheduses asuvad parklad: 2019. aastal Lossi, Maarjamõisa ja W. Ostwaldi ning 2020. aastal W. Ostwaldi ja Delta parkla.

Töö ja kooli klasteri parklates lõpevad sõidud hommikul kl 8-9 ja alates lõunast hakkab algavate sõitude osakaal tõusma jõudes tippu kl 15-17 ajal. Klasterisse kuuluvad peamiselt kesklinnas ja õppehoonete (nt Tamme Gümnaasium, Annelinna Gümnaasium) läheduses asuvad parklad. Õpilaste koolipäev on lühem kui kaheksa tundi, mistõttu hakkab algavate sõitude osakaal tõusma pärast keskpäeva.

Elamupiirkonna klasteri parklatest algas hommikul kl 6-8 üle 7% ning õhtul kl 16-18 üle 8% sõitudest, kusjuures 2020. a nihkusid mõlemad tipptunnid varasemaks. Parklates lõppesid sõidud kõige enam õhtusel ajal kl 16-19. Klasterisse kuuluvad parklad asuvad Annelinnas, Karlovas, Vahil ja Tammelinna. Elamupiirkonna klasteri parklate arv vähenes 2020. aastal.

Äri ja vaba aja klasteri parklaid iseloomustab suur nii algavate kui lõppevate sõitude osakaal 2019. aastal kl 17-19. Aasta hiljem nihkusid parklate sõidud pea kaks tundi varasemaks. 2019. a kuulusid klasterisse parklad, mis asuvad peamiselt meelelahutuslike asutuste ning poodide läheduses, mida inimesed külastavad pärast tööpäeva: kaubanduskeskused kesklinnas, Eeden, Lõunakeskus, Maxima (Orava parkla) ning Selver (Veeriku parkla). Lisaks külastatakse Tähtvere spordiparki, Tamme staadionit ja Aura veekeskust spordi tegemise eesmärgiga.

Võrreldes aasta varasemaga oli 2020. aastal äri ja vaba aja klasteris 15 parklat rohkem, peamiselt elukohtade klasteri parklate arvelt. Muutus võib mingil määral olla seotud võimalusega töötada 2020. aasta sügisel kodukontoris, mis võimaldas inimestel olla tööaja suhtes paindlikum ning külastada kauplusi ja muid asutusi varasemal kellaajal võrreldes sama aega aastal 2019.



Joonis 13. Parklate ajalis-ruumiline jaotus tööpäevadel ja laenutuste osakaal päeva lõikes (%). Aluskaart: Maa-amet.

4. Arutelu ja järeldused

Rattaringluse uurimine on oluline, sest uue ja innovatiivse transpordiliigi mõju klassikalisele ühistranspordile ei ole veel 100% selge (McLeod et al. 2017). Seda enam, et iga linn on oma rahvaga oma nägu. Tartus on jalgrattasõit ühiskondlik normaalsus (Part 2019), mis annab lootust, et tulevikus on linnatänavatel rohkem jalgrattureid.

Tartu rattaringlus on muutumas rohkem linna üleseks ja ühtlasemaks, mida näitab parklate kasutusaktiivsuse ühtlustumine – populaarsemaid parklaid kasutatakse endiselt rohkem, kuid mitte nii palju kui aastal 2019 ning ebapopulaarsemaid rohkem kui aastal 2019. Samuti on sõidukoormus tänavatel ühtlustunud – 2020. aastal oli suurema sõidukoormusega tänavaid rohkem kui aasta varem. Lisaks on pikemate sõitude osakaal suurenenud, mis võib olla seotud äärelinna parklate (nt Kvissentali, Sepa turg) kasutuse tõusuga ning toetab samuti rattaringluse ühtlustumist. See tähendab, et rattaringlus suurendab Tartu linnatranspordi mõjuala, ka äärelinnas, mis on rattaringluse üks positiivseid mõjusid (Jäppinen et al. 2013, Martin ja Shaheen 2014 cit. McLeod et al. 2017). Rattaringlus laieneb ka lähivaldadesse, mis suurendab mõjuala veelgi ning kaasab linnaäärset hõredamat asustust.

Samal ajal on kahe aasta võrdluses rattaringlejate koguarv vähenenud. Selle põhjuseks võib olla asjaolu, et 2019. aastal oli rattaringlus uudne liikumisviis ja võib arvata, et inimesed olid alles katsetamisfaasis ning proovimas, kuidas ja kas rattaringlus vastab nende igapäevasele liikumisvajadusele. Uuritud sügisperioodile eelnes küll suvine rattaringluse tasuta prooviperiood, kuid see ei pruukinud anda reaalselt igapäevaelu kogemust, sest paljud inimesed puhkavad suvel, mis muudab automaatselt igapäevast liikumisvajadust, ning rattaringluse suure kasutusintensiivsuse tõttu polnud rendirattad ka pidevalt saadaval. Samuti võis rattaringlejate koguarvu vähenemist mõjutada Covid-19 ja sellega seotud igapäevaelulised muudatused. Võimalik, et osa inimesi eelistas hügieenilistel põhjustel jagatud rendirataste asemel oma liikumisvahendit. Võimalus töötada kodukontoris ja seetõttu vähenenud liikumisvajadus võib olla põhjuseks, miks osa inimesi 2020. aasta sügisel rattaringluse piletit ei soetanud.

Tartu linna plaanitavast kergliiklusteede võrgustikust on praeguseks valmis pooled teed. Seadusest ja ka elulistest olukordadest lähtuvalt küll võib kõnniteedel sõita, kuid enamasti on

see ebamugav ja jalgratturi kiirust pärssiv. Eesti jalakäijad ei ole veel jalgratturitega piisavalt harjunud ja tekivad konfliktid (Part 2019). Võib väita, et füüsiliselt ei ole jalgratturitel Eesti tänavatel veel päris oma kohta. Tartu Üldplaneering 2030+ näeb ette Tartu asumeid ühendavat kergliiklusteede põhivõrgustikku ja asumisisest tugivõrgustikku (Tartu Linnavalitsus 2017b). On selge, et paari aastaga kogu puuduvat võrgustikku ehitada ei ole võimalik. Sõidukoormuse alusel leiti, millistel tänavalõikudel on kergliiklusteede puudumine kõige kriitilisem. Lisaks sõidukoormusele tuleb kaaluda ka tänavate liiklustihedust ja nt lähipiirkonnas asuvaid asutusi, sh haridusasutusi. Jalgratturi turvalisuse seisukohast lähtuvalt võib juhtuda, et kõnniteel sõitmise võimalus ei kaalu üles autode põhjustatud suurt liikluskootust tänaval. Sõbra ja Ravila tänaval on ette nähtud tugivõrgustiku loomine, kuid vastavalt sõidukoormusele võib kaaluda nendele tänavatele põhivõrgustiku loomist, seda enam, et Sõbra tänava alguses ja lõpus asub parkla. Lisaks tuleb linnaäärsete ja lähivaldade parklate planeerimisel teadvustada kergliiklusteede olulisust, sest teekonna pikenedes on kergliiklustee vajadus aina märkimisväärssem (Levy 2019).

Suure osa Tartu rattaringlejatest moodustavad kuni 25-aastased noored, mis on laialt levinud teadmine ka mujal maailmas (Adnan et al. 2018, Maher et al. 2016, Soltani et al. 2019). Noortel on potentsiaal moodustada kõige suurem kasutajaskond eelkõige nende elustiili tõttu – neil ei ole üldiselt lapsi, keda peab transportima; nad ei varusta tavaliselt suurt peret igapäevase toiduga ning paljud ei oma ka autot. Lisaks ei eristu Tartu rattaringluse puhul klassikalist ajalist kasutusmustrit tööpäeviti, mis üldiselt näitab tugevat hommikust ja õhtust tipptundi (Bordagaray et al. 2016, Caulfield et al. 2017, Soltani et al. 2019). Tartus esinevad küll hommikune ja õhtune tipptund, kui rattaid laenutatakse hoogsalt kogu päeva vältel, mis tähendab, et rattaringlejalatel ei ole ranget 8h tööpäeva. Nii õpilaste kui tudengite päevakava võib olla ebakorrapärane ja soosida päevaseid sõite. Seega on Tartu rattaringluse edus oluline osa koolide, ülikooli hoonete ning noorte tegevuskohtade läheduses paiknevad parklad. On väga positiivne, et ka vanemate rattaringlejate hulgas on rattaringluse populaarsus suurenemas, mistõttu tuleb süsteemi laiendamise puhul silmas pidada ka nende tegevuskohti ja kasutusmugavust.

Klasteranalüüs on mõeldud toetama parklate kasutusdünaamika teadmise näol rendirataste asjakohast ümbervedamist. Selgelt eristuvad ühesuguse päevase rütmiga elamupiirkondade parklad ning õppehoonete läheduses paiknevad parklad, mille päevane rütm on vastupidine võrreldes elamupiirkondade parklatega. Et suur osa rattaringlejatest on õpilased ja tudengid,

siis parklate kasutusaktiivsus on suvekuudel erinev, samuti mõjutavad suvekuid turistid, mistõttu siinne tulemus sobib kirjeldama sügiskuid.

2019. ja 2020. aasta Tartu rattaringluse uurimus näitab, et tartlased on rattaringluse omaks võtnud ning süsteem on kanda kinnitanud. Vaatamata rattaringlejate koguarvu vähenemisele on sõidud on muutunud pikemaks, äärelinna parklaid kasutatakse rohkem, vanemate rattaringlejate osakaal on suurenenud ning tänavate liikluskoormus on hajutatam, mis toetab rattaringluse linnatranspordi orgaaniliseks osaks muutumist.

Kokkuvõte

Magistritöö eesmärk oli analüüsida Tartu rattaringluse kasutusmustreid aastatel 2019 kuni 2020. Uurimisküsimustele vastamiseks uuriti Tartu rattaringluse sõitude parameetreid ja GPS-andmeid, mida kogub ja haldab rattaringluse operaator Bewegen Technologies Inc. Andmetöötluse käigus kaasati analüüsi sõidud, mis olid vastavuses Tartu linna oludega ning toetasid uurimisküsimusele vastamist. Analüüsiti üle 281 000 sõidu, mis sooritati 69 parkla vahel 2019. ja 2020. aasta sügiskuudel, mis osutus sobivaimaks uurimisperioodiks. Töö eesmärgi täitmiseks uuriti rattaringluse ruumilisi kasutusmustreid, parklate kasutusaktiivsust mõjutavaid tegureid ning parklate päevast kasutusedünaamikat.

Sõitude ruumiliste kasutusmustrite leidmiseks jagati Tartu tänavavõrk lõikudeks ning GPS-punktide alusel leiti sõidukoormus igal tänavalõigul. Parklate kasutusaktiivsust mõjutavate tegurite väljaselgitamiseks viidi läbi multinomiaalne logistiline regressioon, mis võimaldas parklate kasutusaktiivsust mõjutavad tegurid jagada mitmeks klassiks. Parklate päevase kasutusedünaamika hindamiseks kasutati klasteranalüüsi, kus klastrite arvuks valiti neli. Klasteranalüüsiks arvutati suhtarv parklast väljuvate ja sinna saabuvate sõitude alusel. Kõiki nimetatud meetodilisi võtteid rakendati 2019. ja 2020. aasta andmete puhul eraldi, et selgitada välja erinevus kahe aasta vahel ning uurida muutusi rattaringluse kasutamises.

Analüüsi tulemusena selgus, et Tartu rattaringlus on saamas osaks ühistranspordist ning ühtlustumas üle linna. Suurim sõidukoormus ja kõige enam kasutatavamad parklad asuvad Tartu kesklinnas ja Annelinnas, lisaks õppe- ning kaubandushoonete läheduses. Samad näitajad on väikseimad äärelinna elumupiirkondades. Kahe aasta võrdluses on erinevus parklate kasutusaktiivsuses muutunud väiksemaks. Tihedaimad sõiduvood on kesklinna ja õppehoonete ning suuremate kaubakeskuste vahel. Tartu tänavate sõidukoormuse analüüsist selgus, et kõige enam vajatakse kergliiklusteid Põhja pst, Paju ja Raua tänavale, sest sõitjaid on palju ning tingimused jalgratturile turvaliseks liiklemiseks on kasinad. Olukord on tõsine ka Aardla, Puistee ja Jaama tänaval, kus lisaks kesisele infrastruktuurile on autoliiklus märkimisväärselt tihe.

Kõige lühemad sõidud algavad kõige suurema kasutusaktiivsusega parklatest ning kõige pikemad sõidud kõige väiksema kasutusaktiivsusega parklatest. Pikemate sõitude osakaal suurenes 2020. aastal. Hommikusi sõite algab väikese kasutusaktiivsusega parklatest poole rohkem kui suure kasutusaktiivsusega parklatest, mis viitab selgelt asjaolule, et väikese

kasutusaktiivsusega parklad asuvad elamupiirkondades. 2020. aastal vähenes nooremate ja suurenes vanemate kasutajate osakaal, kusjuures kõige suurema kasutusaktiivsusega parklaid kasutavad kõige enam 19-25-aastased rattaringlejad.

Parklate päevane kasutusdünaamika sõltub sellest, milline on parkla asukoht linnas. Parklad jagati nelja klastrisse. Elukohas asuvaid parklaid iseloomustab suur hommikune lahkujate ning õhtune saabujate hulk. Töö ja kooli klatri parklate kasutusdünaamika on täpselt vastupidine elukohas asuvatele parklatele. Äri ja vaba aja parklates on aktiivne kasutusaeg õhtuti ning kõrghariduse parklates päevasel ajal. Kahe aasta võrdluses on 2020. aastal suurenenud äri ja vaba aja klatri parklate arv.

Rattaringluse kasutusmustrite uurimine annab ülevaate, millal, kust kuhu ja kes sõidab ehk aitab iseloomustada rattaringluse ruumilist nõudlust. See on oluline teadmine rattaringluse integreerimiseks linnatransporti ning samuti potentsiaalsete uute kasutajateni jõudmiseks. Käesolev töö uuris Tartu rattaringluse sügisperioode, kuid olukorra terviklikuks hindamiseks tuleb läbi viia täiendavaid uuringuid kogu aasta kohta, et luua kõige optimaalsemalt toimiv rattaringlussüsteem.

The Usage Patterns of Tartu Smart Bike Share in 2019 - 2020

Anni Kaup

Summary

The aim of the master thesis was to analyze the usage patterns of Tartu Smart Bike Share in 2019-2020. The characteristics and GPS-data of the bike rides collected and managed by Bewegen Technologies Inc were studied. During the data processing the bike rides were involved that were corresponding to certain conditions in Tartu. Over 281 000 bike rides between 69 stations that took place from the beginning of September to the end of November in 2019 and in 2020 were chosen to analyse. The spatial usage patterns, factors impacting the usage activity of stations and daily usage dynamics of stations of Tartu Smart Bike Share were studied to find the answers to the research questions.

The street network of Tartu was divided into equal sections and based on GPS-data the intensity of the cycling flow was evaluated to describe the spatial usage patterns of bike rides in Tartu. To specify factors impacting the usage activity of stations the multinomial logistic regression approach was used, because it allowed to divide the factors into several classes internally. For evaluating the daily usage dynamics of stations the cluster analysis was performed using four clusters. The cluster analysis was based on indicator calculated using bike rides that started and ended in certain station. All different methodologies named before were performed using data from the year 2019 and 2020 separately to find out the differences in bike share usage patterns between the two years.

The results indicate the Tartu Smart Bike Share is going to even out and is becoming a natural part of the public transport system of Tartu. The most intensive cycling flow and the most popular stations are located in the downtown of Tartu and in a district called Annelinn, additionally near university/school buildings and shopping centres. The same indicators are lower in housing areas in the suburbs. Analyzing the cycling flows in Tartu streets it was found the bike lines are the most urgently needed in Põhja, Paju and Raua street, because there is intensive cycling flow, but the cycling infrastructure is poor or non-existing. The situation is serious also in Aardla, Puistee and Jaama street, where additionally to poor cycling infrastructure the car traffic is intense.

The shortest bike rides are starting from stations, where the station usage activity is the highest and vice versa – the long bike rides start from stations, where the usage activity is the lowest. The share of long bike rides increased in 2020. There are twice as many bike rides starting in the morning hours in stations with low usage activity compared to stations with high usage activity, showing the low usage activity stations are located in housing areas. In 2020 the share of younger bike riders decreased, but positively the share of older bike riders increased.

The daily usage dynamics of stations is depending on the spatial location of the station. The stations were divided between four clusters. The stations of housing cluster are characterised with bike rides starting in the morning and ending in the evening. The daily usage dynamics of stations in the work and school cluster are an opposite to the housing cluster. The active time of renting a bike from the station of business and the free time cluster is in the evening time, after work and school day. When comparing two years, it is found the amount of stations in the business and free time cluster increased in 2020.

Analysing the usage patterns of bike share is necessary, because it gives the overview of when, from where to where and who is riding or with other words, it helps to describe the spatial demand of bike share. It is important knowledge while integrating bike share into public transport of a city and also for reaching to new users. The usage patterns of Tartu Smart Bike Share only during the autumn months was studied in the thesis, but to evaluate the whole situation, the bike rides from the whole year should be analysed to be able to create the most optimal bike share system to Tartu.

Tänuavaldused

Suur aitäh minu juhendajale Tõnu Ojale asjalike nõuannete ja suunamise eest kogu töö kirjutamise vältel! Aitäh Raivo Aunapile kaasamõtlemise ja toetuse eest. Tänan Veronika Moosest, kes suunas ja aitas vältida vigu regressioonanalüüsis ning Anniki Puurat, kes koostas tööle sisuka tagasiside.

Aitäh Tartu Linnavalitusele, kellelt sain rattaringluse andmed! Lisaks soovin tänada Mihkel Viljarit ja Martin Aadamsood teie panuse eest. Viimasena, kuid mitte vähem tähtsamana tänan oma armast perekonda ja häid sõpru, kelle toetuseta poleks see töö valmis saanud.

Suur tänu teile kõigile!

Kasutatud kirjandus

Adnan, M., Altaf, S., Bellemans, T., Yasar, A., Shakshuki, E. M. (2018). Last-mile travel and bicycle sharing system in small/medium sized cities: user's preferences investigation using hybrid choice model. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10, 4721–4731. <https://doi.org/10.1007/s12652-018-0849-5>.

Akar, G., Clifton, K. J. (2009). Influence of Individual Perceptions and Bicycle Infrastructure on Decision to Bike. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2140 (1), 165–172. <https://doi.org/10.3141/2140-18>.

ArcGIS Pro. (2021). How Spatial Autocorrelation (Global Moran's I) works. Kättesaadav: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/h-how-spatial-autocorrelation-moran-s-i-spatial-st.htm>. Viimati vaadatud: 18.03.2021.

Bergen, R. (2018). Bike Sharing 5.0 Market insights and outlook. Berlin.

Blondel, B., Mispelon, C., Ferguson, J. (2011). Cycle more Often 2 cool down the planet! Quantifying CO2 savings of cycling. European Cyclists' Federation ASBL. Brüssel.

Bordagaray, M., Dell'Olio, L., Fonzone A., Ibeas, A. (2016). Capturing the conditions that introduce systematic variation in bike-sharing travel behavior using data mining techniques. *Transportation Research Part C*, 71, 231–248.

Buck, D. (2013). Encouraging equitable access to public bikesharing systems. *Institute of Transportation Engineers Journal*, 83 (3).

Caggiani, L., Camporeale, R., Ottomanelli, M., Szeto, W. Y. (2018). A modeling framework for the dynamic management of free-floating bike-sharing systems. *Transportation Research Part C*, 87, 159 - 182. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.01.001>.

Caulfield, B., O'Mahony, M., Brazil, W., Weldon, P. (2017). Examining usage patterns of a bike-sharing scheme in a medium sized city. *Transportation Research Part A*, 100, 152–161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2017.04.023>.

City Population. (2021). Population Statistics. Kättesaadav: <https://www.citypopulation.de/>. Viimati vaadatud: 22.01.2021.

DeMaio, P. (2003). Smart Bikes: Public Transportation for the 21st Century. *Transportation Quarterly*, 57 (1), 9–11.

DeMaio, P. (2009). Bike-sharing: History, Impacts, Models of Provision and Future. *Journal of Public Transportation*, 12 (4), 41-56.

Dill, J., Carr, T. (2003). Bicycle Commuting and Facilities in Major U.S. Cities: If You Build Them, Commuters Will Use Them. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1828 (1), 116–123. <https://doi.org/10.3141/1828-14>.

Dill, J. (2009). Bicycling for Transportation and Health: The Role of Infrastructure. *Journal of Public Health Policy*, 30 (1), S95-S110.

Drynda, P. (2014). Development of bike share systems and their impact on the sustainability of urban transport. Case study of Opole Bike. *Central and Eastern European Journal of Management and Economics*, 2 (3), 199-215.

ERR. (2020). Tartus saab tuleval nädalal taas elektrirattaid laenutada. Kättesaadav: <https://www.err.ee/1080434/tartus-saab-tuleval-nadalal-taas-elektrirattaid-laenutada>. Viimati vaadatud: 18.01.2021.

Ettema, D., Friman, M., Gärling, T., Olsson, L. E. (2016). Travel Mode Use, Travel Mode Shift and Subjective Well-Being: Overview of Theories, Empirical Findings and Policy Implications. *Teoses Mobility, Sociability and Well-being of Urban Living*, 129-150. Springer.

Ewing, R., Cervero, R. (2010). Travel and the built environment: a meta-analysis. *Journal of the American Planning Association*, 76 (3), 265–294.

Faghih-Imani, A., Eluru, N., El-Geneidy, A.M., Rabbat, M., Haq, U. (2014). How land-use and urban form impact bicycle flows: evidence from the bicycle-sharing system (BIXI) in Montreal. *Journal of Transport Geography*, 41, 306–314.

Feng Y., Affonso, C. R., Zolghadri, M. (2017). Analysis of bike sharing system by clustering: the Velib case. *International Federation of Automatic Control*, 50 (1), 12422-12427.

Froehlich, J., Neumann, J., Oliver, N. (2009). Sensing and Predicting the Pulse of the City through Shared Bicycling. *Proceedings of the 21st International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 1420– 1426.

Gebhart, K., Noland R. B. (2014). The impact of weather conditions on bike share trips in Washington DC. *Transportation*, 41, 1205–1225.

Gris Orange Consultant. (2009). *Teoses Bike Sharing Guide*. Transport Canada. Ottawa.

Hampshire, R. C., Marla, L. (2012). An analysis of bike sharing usage: Explaining trip generation and attraction from observed demand. *91st Annual Meeting of the Transportation Research Board*. Washington DC.

Han, S. S. (2020). The spatial spread of dockless bike-sharing programs among Chinese cities. *Journal of Transport Geography*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102782>.

HeiVäl OÜ. (2019). Transpordikasutuse trendid Tartus 2003-2018. *Tartu jalgrattaliikluse strateegiline tegevuskava 2020-2040*, 10. HeiVäl OÜ.

Levy, N., Golani, C., Ben-Elia, E. (2019). An exploratory study of spatial patterns of cycling in Tel Aviv using passively generated bike-sharing data. *Journal of Transport Geography*, 76, 325–334. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.10.005>.

Liiklusseadus. Vastu võetud 17.06.2010, RT I 2010, 44, 261. Viimane redaktsioon RT I, 30.03.2021, 3.

Lind, H. B., Nordfjærn, T., Jørgensen, S. H., Rundmo, T. (2015). The value-belief-norm theory, personal norms and sustainable travel mode choice in urban areas. *Journal of Environmental Psychology*, 44, 119-125. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.06.001>.

Loidl, M. (2016). A simple map matching approach for bicycle GPS tracks. *Gicycle*. Kättesaadav: <https://gicycle.wordpress.com/2016/05/13/a-simple-map-matching-approach-for-bicycle-gps-tracks/>. Viimati vaadatud: 29.03.2021.

Maher, C., Manton, R., Fahy, F. (2016). A mixed-method analysis of the Galway bike share scheme using stakeholder interviews, user surveys and trip data. *7th Irish Transport Research Network Conference*. Dublin Institute of Technology, Ireland.

McBain, C., Caulfield, B. (2018). An analysis of the factors influencing journey time variation in the Cork public bike system. *Sustainable Cities and Society*, 42, 641–649. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2017.09.030>.

McLeod, S., Scheurer J., Curtis C. (2017). Urban Public Transport: Planning Principles and Emerging Practice. *Journal of Planning Literature*, 32(3), 223-239.

Midgley, P. (2011). Bicycle-Sharing Schemes: Enhancing Sustainable Mobility in Urban Areas. *Paper for the United Nations*, New York.

Niglas, K. (2013). Logistiline regressioon. *Mitmemõõtmeline statistika*, 1-10. Tallinna Ülikool.

Niglas, K. (2021). Klasteranalüüs. Tallinna Ülikool.

Ortuzar, J. D., Willumsen, L. G. (2011). Transport planning and modelling. Teoses *Modelling Transport*. John Wiley & Sons, Ltd.

Part, A. J. (2019). Analysis of Barriers and Motivations for Bicycle Commuting Among Recently Employed in Tartu: A Social Practice Theory Approach. Magistritöö. The University of Edinburgh.

Paulssen, M., Temme, D., Vij, A., Walker, J. L. (2014). Values, attitudes and travel behavior: a hierarchical latent variable mixed logit model of travel mode choice. *Transportation*, 41, 873–888.

Paulus, L. (2018). Rattaringluse kogemused ja väljavaated Eestis. Bakalaureusetöö. Tallinna Tehnikaülikool.

Pereira Segadilha, A. B., Penha Sanches, S. (2014). Analysis of bicycle commuter routes using GPSs and GIS. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 162, 198 - 207.

Quay Communications Inc. (2008). TransLink Public Bike System Feasibility Study. Vancouver.

Ricci, M. (2015). Bike sharing: A review of evidence on impacts and processes of implementation and operation. *Research in Transportation Business & Management*, 15, 28–38. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rtbm.2015.03.003>.

Rixey, R. (2013). Station-level forecasting of bikesharing ridership: station network effects in three US systems. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2387, 46–55.

Romanillos, G., Moya-Gómez, B., Zaltz-Austwick, M., Lamíquiz-Daudén P. J. (2014). The pulse of the cycling city: visualising Madrid bike share system GPS routes and cycling flow. *Journal of Maps*, 14 (1), 34-43. <https://doi.org/10.1080/17445647.2018.1438932>.

Roosaare, J., Mõisja, K., Aunap, R. (2019). Ruumiandmete statistiline analüüs. Teoses *Geoinformaatika*, 412-426. Tartu Ülikooli Kirjastus.

Sallis, J. F., Conway, T. L., Dillon, L. I., Frank, L. D., Adams, M. A., Cain, K. L., Saelens, B. E. (2013). Environmental and demographic correlates of bicycling. *Preventive Medicine*, 57 (5), 456–460.

Soltani, A., Matrai, T., Camporeale, R., Allan, A. (2019). Exploring shared-bike travel patterns using big data: evidence in Chicago and Budapest. Teoses *Computational Urban Planning and Management for Smart Cities*, 53-68. Springer.

Statista. (2015). Bike-Sharing is Taking Off Around the World. Kättesaadav: <https://www.statista.com/chart/3325/bike-sharing-systems-worldwide/>. Viimati vaadatud: 21.01.2021.

Statista. (2018). Bike-Share Clicks Into Higher Gear. Kättesaadav: <https://www.statista.com/chart/14542/bike-sharing-programs-worldwide/>. Viimati vaadatud: 21.01.2021.

Zhao, J., Deng, W., Song, Y. (2014). Ridership and effectiveness of bikesharing: the effects of urban features and system characteristics on daily use and turnover rate of public bikes in China. *Transport Policy*, 35, 253–264.

Tartu linn. (2017). Kõige enam rattaringluse parklaid soovitakse kesklinna, Annelinna ja Tähtverre. Kättesaadav: <https://tartu.ee/et/uudised/koige-enam-rattaringluse-parklaid-soovitakse-kesklinna-annelinna-ja-tahtverre>. Viimati vaadatud: 23.01.2021.

Tartu linn. (2019). Tarkade Linnade Klubis arutati omavalitsuste ühiseid proovikive. Kättesaadav: <https://www.tartu.ee/en/node/10334>. Viimati vaadatud: 16.04.2021.

Tartu linn. (2020). Tartu Rattaringlus. Kättesaadav: <https://tartu.ee/et/rattaringlus>. Viimati vaadatud: 18.01.2021.

Tartu linn. (2021). Tartusse ja lähivaldadesse lisandub üle kümne uue rattaringluse parkla. Kättesaadav: <https://www.tartu.ee/et/uudised/tartusse-ja-lahivaldadesse-lisandub-ule-kumne-ue-rattaringluse-parkla>. Viimati vaadatud: 16.04.2021.

Tartu Linnavalitsus. (2017a). Rahvastik. *Statistiline ülevaade Tartu 2016*, 17-22. Tartu Linnavalitsus.

Tartu Linnavalitsus. (2017b). Liiklus. *Tartu Linna Üldplaneering 2030+, 140-147*. Tartu Linnavalitsus.

Tartu linna kergliiklusteed. (2021). Kättesaadav: <https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=e462e23eeb8d42768d3937bdce42e583>. Viimati vaadatud: 28.03.2021.

The Meddin Bike-Sharing World Map. (2021). Kättesaadav: <https://bikesharingworldmap.com/index.php#/all/2.3/0/51.5/>. Viimati vaadatud: 17.01.2021.

Tooding, L. M. (2015). Regressioonimudel kategooriaalse tunnuse prognoosimiseks. Teoses *Andmete analüüs ja tõlgendamine sotsiaalteadustes*, 293-315. Tartu Ülikooli Kirjastus.

Vogel, P., Greiser, T., Mattfeld, D. C. (2011). Understanding Bike-Sharing Systems using Data Mining: Exploring Activity Patterns. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 20, 514–523. 10.1016/j.sbspro.2011.08.058.

Wang, X., Lindsey, G., Schoner, J. E., Harrison, A. (2015). Modeling bike share station activity: effects of nearby businesses and jobs on trips to and from stations. *Journal of Urban Planning and Development*, 142 (1).

Yao, Y., Jiang, X., Li, Z. (2019). Spatiotemporal characteristics of green travel: A classification study on a public bicycle system. *Journal of Cleaner Production*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117892>.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Anni Kaup,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
“Tartu rattaringluse kasutusmustrid 2019-2020”, mille juhendaja on Tõnu Oja,

1.1 reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-i lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Anni Kaup

Tartu, 24.05.2021.