

Tartu Ülikool
Loodus- ja tehnoloogiateaduskond
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Geograafia osakond

Bakalaureusetöö inimgeograafias

**Tartu linna ökoloogiline jalajälg
transpordi ning majapidamise komponentide põhjal**

Viktorija Januškevits

Juhendaja: PhD Antti Roose

Kaitmisele lubatud:

Juhendaja:

Osakonnajuhataja:

TARTU 2013

Sisukord

Sissejuhatus.....	3
2. Teoreetiline ülevaade.....	5
2.1. Taust.....	5
2.2. Ökoloogiline jalajälg.....	6
2.2.1. Ökoloogilise jalajälje mõiste.....	6
2.2.2. Maakatte tüübid ning maakasutusmaatriks.....	8
2.2.3. Ülalt-alla ja alt-üles lähenemismeetodid.....	9
2.2.4. Ökoloogilise jalajälje meetodi ja indikaatori rakendused Eestis.....	10
2.3. Linnade ökoloogiline jalajälg.....	11
2.3.1. Majapidamise jalajälg.....	12
2.3.2. Transpordi jalajälg.....	12
2.3.2.1. Transpordi jalajälg sotsiaalrühmade lõikes.....	14
2.4. Ökoloogilise jalajälje kriitika.....	15
3. Andmed ja meetodika.....	16
3.1. Meetodika.....	16
3.2. Andmed.....	17
3.3. Ökoloogilise jalajälje arvutamine.....	20
3.3.1. Majapidamise jalajälg.....	20
3.3.2. Transpordi jalajälg.....	21
3.3.2.1. Transpordi jalajälg sotsiaalrühmade lõikes.....	22
4. Tulemused.....	24
4.1. Majapidamise jalajälg.....	25
4.2. Transpordi jalajälg.....	26
4.2.1. Transpordi jalajälg sotsiaalrühmade lõikes.....	26
5. Arutelu.....	29
5.1. Tartu jalajälje võrdlus.....	29
5.2. Jalajälje vähendamise strateegiad.....	33
5.3. Ökoloogilise jalajälje kasutamise võimalused.....	36
Kokkuvõte.....	37
Summary.....	39
Tänuõnad.....	41
Kasutatud kirjandus.....	42
Lisad.....	47

Sissejuhatus

Rahvaarvu kasv Maal on tinginud inimkonna järjest suurema keskkonnakasutuse. Selleks, et võrrelda inimtegevuse mõju loodusele, töötasid 1990ndatel W. Rees ja M. Wackernagel välja ökoloogilise jalajälje kontseptsiooni. Ökoloogilise jalajäljega on võimalik võrrelda inimese ressursikasutust Maa tootlikus võimega. Igal aastal on välja arvatud Maa ökoloogiline jalajalg, mis näitab, et aasta-aastalt inimeste nõudlus loodusressursside järele kasvab. Ökoloogiline jalajalg võimaldab arvutada inimeste endi, linna, regiooni ning riigi mõju kogu planeedile.

Bakalaureusetöö eesmärgiks on välja arvutada Tartu linna ökoloogiline jalajalg transpordi ja majapidamiskomponentide põhjal. Antud komponendid on valitud, sest need on hetkel aktuaalseks teemaks Tartu linna edasises planeerimises. Tartu arengukava 2013-2020 olulisimateks väljakutseteks on transpordi ökonoomsemaks muutmine, taastuenergia kasutamise laiendamine ning energiatõhusate lahenduste teostamine hoonete rajamisel ja renoveerimisel. Samuti liitus Tartu linn 2009ndal aastal projektiga „*Baltic Biogas Bus*“, mille tulemusena on praeguseks kasutusele võetud viis maagaasibussi ning tulevikus plaanitakse nende arvu suurendada ning üle minna biogaasitarbimisele. Sellest tulenevalt soovitakse teada saada, kui suurt keskkonnamõju vähendab ühistranspordi üleminek biokütusele. Plaan on hakata biogaasi kasutama ka majapidamise energia tootmiseks. Teiseks eesmärgiks on leida erinevate sotsiaalrühmade ökoloogiline jalajalg, et näitlikustada kui palju mõjutavad Tartu linna ökoloogilist jalajälge siin õppivad tudengid.

Töös leiavad käsitlemist järgmised uurimisküsimused:

1. Kui suur on Tartu linna ökoloogiline jalajalg transpordi ja majapidamisenergia osas?
2. Milliseid komponente/näitajaid ning meetodi käsitlusi kasutada täpsema tulemuse saamiseks?
3. Milline ökoloogilise jalajälje komponent omab kõige suuremat osakaalu ning millest see on tingitud?
4. Millised on tartlaste ökoloogilised jalajäljed sotsiaalrühmade lõikes (üliõpilane, tööealine, pensionär)?

Käesolev töö on ülesehitatud järgnevalt. Sissejuhatusetele järgneb ülevaade, kus tutvustatakse ökoloogilist jalajälge ning tema olemust. Lisaks on kirjeldatud teiste linnade meetodikat ning

ökoloogilise jalajälje kriitikat. Materjali ning metoodika peatükis on kirjeldatud uurimiskiirkonda, uurimuses kasutatud andmeid ning nende päritolu. Välja on toodud ka võrrandid näitlikustamiseks, kuidas lõpptulemus on saadud. Neljandas peatükis tuuakse välja töötulemused, millele järgneb arutelu peatükk. Arutelus võrreldakse Tartu linna jalajälge teiste linnade ning Eesti omaga ning tuuakse välja peamised põhjused, millest erinevused võivad olla tingitud. Samuti toob autor välja, kuidas saaks Tartu linna jalajälge vähendada.

2. Teoreetiline ülevaade

2.1. Taust

Maakera rahvaarv on viimase 50 aasta jooksul kasvanud enam kui kaks korda. Kui 1960. aastal oli rahvaarvuks kolm miljardit, siis praeguseks elab Maal üle seitsme miljardi inimese. Rahvastiku kasv tingib erinevate globaalprobleemide süvenemise. Üheks suurimaks probleemiks on tarbimise ja jäätmete kasv. Praeguseks oleme jõudnud punkti, kus tarbime rohkem, kui Maa suudab taastoota. Selleks, et ületarbimist esitada, kasutatakse ökoloogilise jalajälje indeksit (National Footprint Accounts 2010). Ökoloogiline jalajälg pakub väärtuslikku teavet Maa kandevõimest ja inimkonna ressursside tarbimisest. Selle kaudu on võimalik võrrelda inimese nõudlust ja looduse pakkumist.

1990ndal aastal töötasid professor William Rees ja Dr. Mathis Wackernagel välja ökoloogilise jalajälje meetodi (Rees 1992). Nad leidsid viisi, kuidas võrrelda Maa bioproduktiivset ala inimkonnaga. Nimelt jagati maakera bioproduktiivse ala pindala rahvaarvuga. Arvutuses eeldati, et kõik inimesed on võrdsed ehk tarbivad sama palju. Tulemuseks saadi 2,3 ha bioproduktiivset ala iga inimese kohta (Rees 1992). Aasta-aastalt see arv aga väheneb, eeskätt rahvastiku kasvu ning ka erosiooni, merevee taseme tõusu ja kõrbestumise tõttu. Wackernagel arvas, et aastaks 2030 on bioproduktiivset ala inimese kohta 1,2 ha eeldusel, et rahvaarvuks on 10 miljardit (Wackernagel 2000). Praegusel hetkel loetakse optimaalseks jalajäljeks 1,8 gha-a/in (Ewing et al. 2010)

Ökoloogiline jalajälg kinnitab Ehrlichi ja Holdreni võrrandit inimese mõjust keskkonnale:

$$I = PAT,$$

kus I on mõju, P populatsioon, A rikkus ning T tehnoloogia (Ehrlich & Holdren 1971) ehk $I=TKR$, kus I on vastavalt ökoloogiline jalajälg, T tarbijate arv, K keskmine kogus tooteid ja teenuseid keskmise tarbija kohta ning R ressursi tagavarade intensiivsus ja kasutamine (Toom 2009). Ehrlich-Holdreni võrrandis vastab mõjule ökoloogiline jalajälg, mis on populatsiooni suuruse ja tarbimise (teisendatud maa-alasse) funktsioon (Rees 2000). Tarbimine on rikkuse ja tehnoloogia seisundi funktsioon, järelkult on ökoloogiline jalajälg PATE maa-alal baseeruv analoog (Rees 2000).

Ökoloogiline jalajälg kujutab endast samasugust indikaatorit loodusressursside tarbimisel nagu sisemajanduse kogutoodang majandusindikaatorina (Barret 2001).

2.2. Ökoloogiline jalajälg

2.2.1. Ökoloogilise jalajälje mõiste

Esmane ökoloogilise jalajälje definitsioon kõlas järgnevalt: „Vajaminev maa- ja veeala, mida inimestel on vaja eriregioonides, et a) tagada pidev kaupade ja teenuste kättesaadavus ning b) tagada tarbimisest tulenevate jäätmete lagundamine, kasutades hetkel olemasolevat tehnoloogiat“ (Barret et al. 2001). Ökoloogiline jalajälg peab arvet loodusressursside üle, võrreldes bioproduktiivse maa ja mere pindala Maal inimeste poolt tarbitava maa-alaga (Kitzes 2007), väljendades inimkonna nõudlust bioloogilisele kandevõimele teatud aja jooksul (enamasti aasta). Ökoloogiline jalajälg kajastab vaid nõudlust looduskeskkonnale, jättes välja sotsiaalse ja majandusliku jätkusuutlikkuse mõõtme (Barret 2001). Kontseptsioon hõlmab neid loodusvarasid, mida loetakse „kriitiliseks looduskapitaliks“ ehk neid ressursse, mis omavad olulisi ning asendamatu funktsioone (Ekins 2003), on asendamatud „süsinikupõhisele elule“ (Wackernagel et al. 2005, cit Giljum 2007).

Ökoloogilise jalajälje ühikuks on globaalhektar inimese kohta. Iga globaalhektar esindab sama suurt loodusliku produktiivsusega ala (Giljum 2007). Üks globaalhektar on võrdne ühe hektari produktiivse maaga, mis on seatud vastavusse Maa keskmise produktiivsuse alaga, mida on 11,2 miljardit hektarit (Monfreda 2004). Maa bioproduktiivsus erineb aastate lõikes vähesel määral, seetõttu muutub ka globaalhektar.

Reaalsed hektarid saab globaalseteks hektariteks teisendada ekvivalentsus- ning tootlikkuskordajatega. Ekvivalentsuskordaja teisendab kindla maakatte tüübi (põllumaa, rohumaa, metsaala jne) universaalseks ühikuks. Kui ekvivalentsuskordaja väärtus on suurem kui üks, siis realselt eksisteeriv maakatte ala oli produktiivsem kui Maa keskmine, kui väärtus jääb alla ühe siis tegelik ala oli vähem produktiivsem. Ekvivalentsuskordajate väärtused muutuvad aastate lõikes ökosüsteemi ja maakattetüüpide produktiivsuses toimivate muutuste tõttu, mis on tingitud keskkonnategurite, näiteks ilmastiku, poolt. (Schaefer et al. 2006).

Tootlikkuskordaja võtab arvesse iga riigi erinevate maakattetüüpide produktsiooni erinevused. Kordaja võrdleb spetsiifilise riigi maakattetüübi produktsiooni Maa keskmise sama maakatte tüübi produktsiooniga. Igal aastal saab iga riik endale omased tootlikkuskordajad (tabel 1).

Tabel 1 . Ekvivalentsus- ja tootlikkuskordajad 2007. ja 2005. aastal

Maatüüp	Ekvivalentsuskordaja (2007. aastal) ¹	Eesti tootlikkuskordaja (2005. aastal) ²
Põllumaa	2,51	1,01
Rohumaa	0,46	0,86
Metsamaa	1,26	1,28
Merealad ja siseveekogud	0,37	4,08/1,00
Ehitusalune maa (põllumaaga sama)	2,51	1,01
Süsinikuga sidumise maa (metsamaaga sama)	1,26	1,28

Ökoloogilise jalajälje arvutamisel võetakse aluseks kuus eeldust (GFN 2006a, cit. Giljum 2007):

- Enamik antropogeenset ressursikasutusest ning sellest tulenevaid jäätmete ja emissiooni hulka on võimalik tuvastada.
- Enamus ressursi- ja jäätmevood on teisendatavad bioproduktiivseks alaks, näitamaks pindala suurust, mida on vaja ressursside tagamiseks ning jäätmete absorbeerimiseks.
- Erinevad bioproduktiivsed alad on teisendatavad ühte mõõtühikusse (globaalhektariks), mis väljendab keskmist globaalset produktiivsust.
- Igale globaalhektarile vastab sama suure produktiivsusega ala ning neid on võimalik liita.
- Kui tarbitavad ressursid ning loodusvaru on mõõdetud globaalhektarites, on võimalik otsene võrdlus.

¹Ewing et al. 2010

² Andmed pärinevad Tartu Ülikooli geograafia osakonna poolt ostetud Keskkonna Investeeringute Keskuse projekti käigus Eesti ökoloogilise jalajälje andmekogust, mis sisaldas andmeid 2005nda aasta kohta. GFN 2008

- Arvutatud nõudlus ressurssidele võib ületada loodusliku pakkumise.

2.2.2. Maakatte tüübid ning maakasutusmaatriks

Ökoloogiline jalajälg hõlmab viit bioloogilise kandevõime ning kuut ökoloogilise jalajälje komponenti. Nendeks on põllumaa, rohumaa, bioproduktiivne meri ja siseveed, metsamaa, süsinikdioksiidi siduv maa ning ehitusalune maa. Erandiks on süsinikdioksiidi siduv maa, millel otsene bioproduktiivne maa-ala puudub (Kitzes et al. 2007). Terviklikus lähenemisviisis arvestab tarbimise mõju igat eeltoodud maakasutustüüpi vastavalt uuritava populatsioonile, kus see maa ka ei asuks. Osisepõhine lähenemisviis säilitab algse jalajälje filosoofia, kuid võtab kasutusele tegevuspõhise lähenemisviisi, millest tulenevalt esitatakse vaid need maakatte tüübid, millega tegevused on seotud (tabel 2).

Ökoloogiline jalajälg kaasab arvutustesse vaid need maa-alad, mis on bioloogiliselt produktiivsed. Alasid nagu kõrbed, liustikud, polaarialad ja süvaookeanid arvutustesse ei kaasata (Wackernagel et al. 1996; Monfreda et al. 2004; Giljum et al. 2007). Need alad võivad olla bioloogiliselt aktiivsed, kuid nende ressursside taastootmisvõime on võrreldes kogu olemasoleva maa-alaga väga väike (Monfreda et al. 2004). Märgalasid ning ranniku- ja delta-alasid pole kaasatud andmete puudumise tõttu (Giljum et al. 2007). Ligi 40% maa-alast, mis pakub erinevaid ökosüsteemi teenuseid nagu näiteks mitmekesisuse säilitamine, on jäetud kajastamata. (Giljum et al. 2007). Lisaks elab siiani nendel aladel põlisrahvaid (Giljum et al. 2007). Austraalia ökoloogilise jalajälje on tulenevalt eelnevast kaasatud kõrbed (Simpson et al. 2000 cit. Lanzen et al. 2003). Niisiis maa-ala, mida kalkulatsiooni kaasatakse on subjektiivne (Lanzen et al. 2003). Monfreda et al. (2004) väitel on kajastatud vaid 85% tegelikust bioloogilisest kandevõimest. GFN-i (Globaalne Jalajälje Võrgustik) väitel on bioloogilise produktiivsusega maad arvestatud liiga palju, kuna ökoloogilise jalajälje meetodis on mitmed tegevused jäänud kajastamata (Giljum et al. 2007).

Maakasutusmaatriks jaotab tarbimiskomponentide alusel maakattetüübid kuude rühma (põllumaa, rohumaa, metsamaa, veekogud, ehitusalune maa ja süsinikku siduv maa) (Stechbart et al. 2010). Maakattetüübid paiknevad veerupealkirjadena ning tarbimiskomponendid rea pealkirjadena. Lahtrid sisaldavad vastava kategooria ökoloogilise jalajälje suurust globaalhektarites või intensiivsus globaalhektarites raha- või toodanguühiku kohta (Poom 2010). Tabel 2 kajastab majapidamise ja transpordi tarbimiskategooriat ning nendega seotud maakattetüüpe, lahtritesse on toodud näited, mille üle arvet peetakse.

Tabel 2. Maakattetiübid majapidamise ja transpordi tarbimiskomponentide lõikes

Tarbimise valdkond	Ehitusalune maa	Süsiniku sidumise maa
Transport	Sõidutee pindala	Mootorikütus, teedehituse ja masinatööstuse energiakasutus
Majapidamine	Elamukrundid, tööstusterritooriumid, äri- ja sotsiaalmaad	Küte, elekter, vesi

2.2.3. Ülalt-alla ja alt-üles lähenemismeetodid

Ökoloogilise jalajälje arvutamiseks on kaks lähenemisviisi: terviklik ja osisepõhine. Linnade ökoloogilise jalajälje arvutamiseks kasutatakse sagedamini just osisepõhist lähenemisviisi. Mõlemad meetodid pigem täiendavad teineteist (Simmons et al. 2000). Näiteks andmete puudumisel saab kasutada meetodeid koos (Wilson and Grant 2009, cit Kuzyk 2011).

Ülalt-alla ehk terviklikku meetodit kasutatakse põhiliselt riigi ökoloogilise jalajälje arvutamiseks kaubandusvoo ning energiaandmete põhjal (Chambers et al. 2000). Arvutusmeetod koosneb kolmest osast – ligi viiekümne biotilise ressursi tarbimiskoguse leidmine ning nende suhe produktiivse alaga; energiajalajälje arvutamine; ökoloogilise jalajälje suuruse leidmine inimese ning riigi tasandil, liites erinevad maakattetiübid ning rakendades ekvivalentsus- ning tootlikkuskordajaid (Chambers et al. 2000).

Alt-üles ehk osisepõhist meetodit kasutatakse eelkõige indiviidi, organisatsiooni, linna või regiooni jalajälje arvutamiseks (Chambers 2000). Antud meetod on võrreldes ülalt-alla meetodiga lihtsam, kergemini arusaadavam ning regionaalsele tasandile omasem, sest on üles ehitatud inimeste igapäevaste tegevuste ümber ning andmed on vaatluse all olevale regioonile omased (Simmons et al. 2000). Lisaks on meetodil psühholoogiline eelis, nimelt tänu konkreetsetele ning lokaalsetele andmetele samastavad kohalikud elanikud ja arendaja end rohkem lõpptulemusega (Kilinsky et al. 2009). Esmalt kasutasid osisepõhist arvutusviisi Simmons ja Chambers (1998) ning seejärel Simmons, Lewis ja Barrett (2000). Tooraine tarbimise asemel hakati arvestama transpordi, energia, vee ja jäätmete mõju (Barret 2001). Osisepõhise jalajälje arvutamisel kasutatav komponentide arv võib uurimustes olla erinev. Stockholmi Keskkonnainstituut arvutab ökoloogilist jalajälge 29 komponendi abil. Antud meetodi puhul on võimalik välja tuua eraldi iga komponendi jalajälje suurus.

Alt-üles meetodi puuduseks on tulemuse võrreldamatus riigi ja maailma ökoloogilise jalajäljega (Chambers et al. 2000), kuna kasutatavate andmete täpsus on tihtipeale kaheldav (Simmons et al. 2000). Osisepõhine arvutusviis ei võimalda kunagi näidata täielikult kogu inimtegevuse poolt mõjutatavat pinda. Best Foot Forward väidab, et osisepõhine lähenemisviis kajastab 80-90% mõjudest.

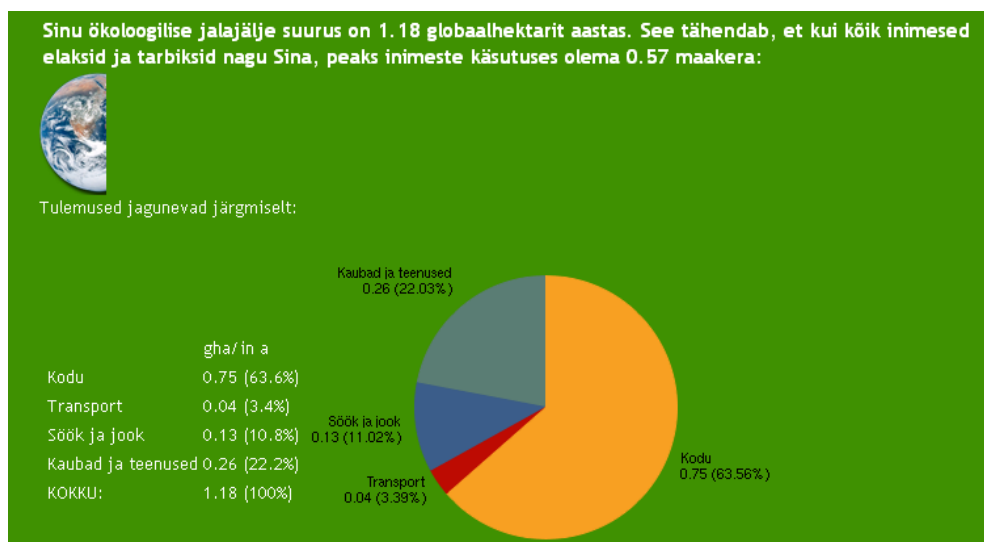
Ülalt-alla ja alt-üles meetodite võrdlusuuringust on selgunud, et erinevus lõpptulemuste vahel on väike, alla 3% (Simmons et al. 2000).

2.2.4. Ökoloogilise jalajälje meetodi ja indikaatori rakendused Eestis

Igal aastal arvutab GFN ligi 150le riigile ökoloogilist jalajälge. Andmete ja aruannete ajaline vahe on kolm aastat ehk 2010nda aasta aruanne põhineb 2007nda aasta andmetel. 2007. aastal oli kogu inimkonna ökoloogilise jalajälje suuruseks 2,7 gha/in., Eesti oma 7,9 gha/in. ning antud tulemusega oli ta maailmas 152st riigist 6. kohal (National Footprint Accounts 2010). 2009. aastaks oli jalajälje suurus kahanenud 4,73le, olles edetabelis 26s.

Lisaks riigipõhisele jalajäljele on Eestis arvatud Tallinna eeslinna, majapidamise ja liikumiskäitumise põhised (Age Poom 2006) ning gümnaasiumiõpilaste (Age Poom 2010) ja ettevõtte (Ele Kuusk 2009) ökoloogilist jalajälge. Markus Vihma on oma bakalaureusetöös andnud ülevaate, kuidas oleks võimalik ökoloogilise jalajälje kontseptsiooni rakendada kohalikes omavalitsustes. Lisaks on 2000. aastal Eestimaa Looduse Fondi poolt arvatud Riigikantselei ökoloogiline jalajalg.

Tartu Ülikooli geograafia osakond on loonud ökoloogilise jalajälje kalkulaatori, millega saab iga eesti inimene välja arvutada oma jalajälje suuruse. Tulemusena näeb ta oma ökoloogilise jalajälje suurust globaalhektarites ning kui suurt osakaalu erinevad valdkonnad terviklikust jalajäljest omavad (joonis 1). Jalajälje kalkulaator asub aadressil <http://jalajalg.positium.ee/>.



Joonis 1. Autori ökoloogiline jalajalg

2.3. Linnade ökoloogiline jalajalg

Ökoloogilist jalajälge saab uurida ettevõtte, indiviidi, linna, regiooni, riigi ja inimkonna tasandil (tabel 3). Ökoloogilist jalajälge on arvatud enam kui sajale linnale ja regioonile (Ewing 2008). Euroopas on linna ökoloogilist jalajälge arvatud näiteks Pariisis, Londonis, Berliinis, Helsingis, Liverpoolis ning Yorkis. Nimetatud linnades erineb ökoloogilise jalajälje arvutusviis erinevate komponentide kasutuse tõttu. Enim kasutatavad komponendid on transpordi, jäätmete, vee ja kanalisatsiooni (veepuhastus), energia, majapidamise ja ehitusaluse maa, bioressursside ja toidujalajalg.

Tabel 3. Näited erinevate tasandite ökoloogilise jalajälje arvutustest.

Ettevõtte tasand	Regiooni või linna tasand	Riigi tasand	Globaalne tasand
AS Ecoprint	Calgary	Šveits	2004. aasta ökoloogiline jalajalg
The GPT Group	Liverpool	Hispaania	2005. aasta ökoloogiline jalajalg
Pictet Asset Management	Barcelona	Prantsusmaa	2006. aasta ökoloogiline jalajalg
Sarasin	Cardiff	Belgia	2007. aasta ökoloogiline jalajalg

2.3.1. Majapidamise jalajalg

Majapidamise ökoloogilist jalajälge on varasemalt arvatud Cardiffis, Londonis, Berliinis, Oslos jt Euroopa linnades. Uurimused on kajastanud nii majapidamisjalajälje suurust inimese kohta, kui ka uurinud elamispinna tüübist tulenevaid mõjutusi. 2012. aastal arutati Calgarys linna majapidamiste ökoloogiline jalajalg GIS (Geograafiline Informatsiooni Süsteem) abil (Kuzyk 2011) analüüsivaks energia tarbimist kesklinna ja äärelinna ühepereelamute vahel. Elamutüübid eristati GIS programmis postindeksi järgi. Põhiliste andmetena kasutati elektri- ja gaasienergia tarbimist, elamu pindala ning elamu valmimise aastat. Enamasti kasutatakse, nii ka Yorkis, süsiniku komponendi konstandi leidmiseks kütuseliigi CO₂ heite kogust, metsamaa ekvivalentsuskordajat, ning metsamaa pindala hektarites, mida on vaja 1GWh kütuse põletamisel eraldunud CO₂ absorbeerimiseks. Tulemuseks saadud konstant pannakse energia hulgaga võrrandisse ning saadakse linnas tarbitud erinevate energialiikide ökoloogilised jalajäljed (Barret 2002).

Eestis on arvatud Tallinna eeslinna majapidamisenergia jalajalg (Poom 2006). Kasutatavateks komponentideks olid maakasutus (elamualune maa), majapidamise hinnanguline energia- (küte, soe vesi, elektriseadmed) ja hinnanguline veetarve. Maakasutuse puhul leiti iga majapidamise krundi suurus, energiakasutuse puhul kasutati oletust nüüdisaegse maja energiakasutuse kohta, arvestades erinevusi eri tüüpi hoonete küttekuludes. Arvutusmudelis seostati kütte, tarbevee soojendamise ja elektriseadmete kasutamise energiatarve eluruumi suurusega. Eeslinnastuja majapidamisenergia jalajäljeks saadi 0,8 ha/in. Lisaks leiti uuringus, et kõige suuremat jalajälge omavad ühepereelamud ning viit kuni üheksat korterit sisaldavad elamud. Mida rohkem oli majas kortereid, seda väiksemaks muutus majapidamise jalajalg.

2.3.2. Transpordi jalajalg

Rahvusvahelise Energiaagentuuri väitel kuulub transpordile 19% Maa kütusetarbimisest ning 23% kogu energiaga seotud süsinikdioksiidi emissioonist, mis tulevikus tõenäoliselt suureneb. 90% transpordist tarbib kütusena bensiini (Chavez-Rodriguez 2010). Viimase dekaadi jooksul on reisimiste sageduste arv kasvanud 10%, enamjaolt autode arvelt, kogusõit on kasvanud 30%. Kõigi transpordiliikide reisi pikkus inimese kohta on kasvanud 14lt 17le kilomeetrile, autotranspordi puhul eraldi on sõidu pikkus kasvanud 18lt 22le kilomeetrile. Autokasutuse tõusu tõttu on ummiku aeg kasvanud 50% (Kim et al. 2007, cit. Maat 2009).

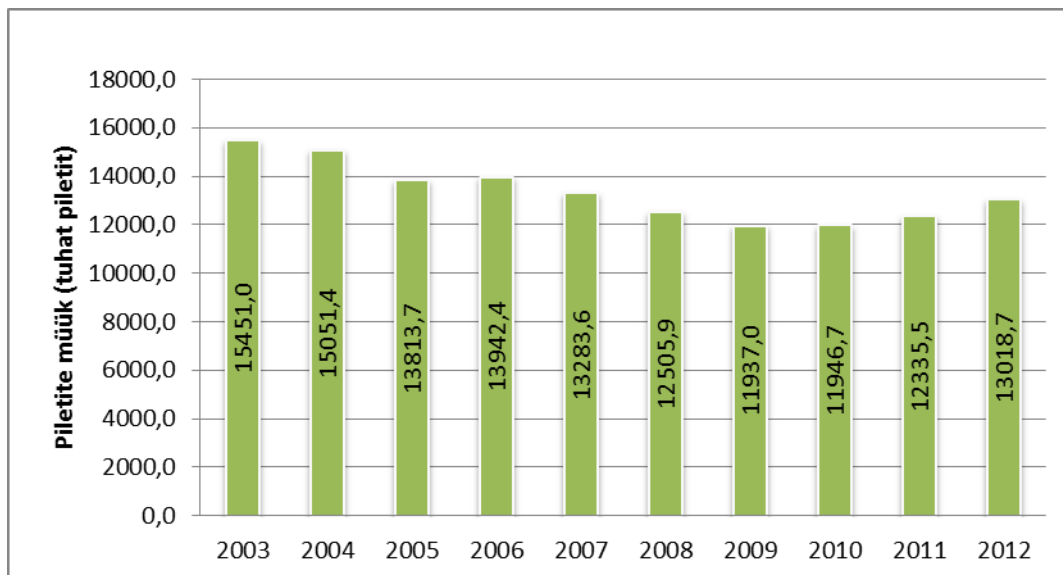
Kasvav kütusemajandus ning üleminek alternatiivsetele ja taastuvatele energiaallikatele loob potentsiaali kasvuhoonegaaside emissiooni vähendamiseks transpordisektoris, kuid lisaks sellele vajab pikaajaline transpordisüsteem paradigma nihet „targema reisimise“ poole, mis seisneb nii looduskeskkonna poolt pakutava kui ka üldise tarbimise vähendamises. Lisaks aitab autokasutuse vähendamine vältida ummikuid, langetab ülekaaluliste osakaalu rahvastikus ning vähendab kohalikku õhusaastet (Browne 2008).

On olemas võimalus vähendada 10 aastaga ökoloogilist jalajälge parimal juhul 75% võrra, kui võetaks kasutusse parem tehnoloogia ning alternatiivsed kütused. Peale keskkonnasäästlike autode tootmise on vaja strateegiat, kuidas edendada uut ning vähendada vana transpordi kasutust. Kirjandusest on leitav kolm viisi, kuidas püüelda jätkusuutlikuma mobiilsuse poole – efektiivsuse strateegia (põhineb tehnoloogia arendusel), asendusstrateegia (lennu- ja autoreiside asendamine bussi-, trammi- ja rongireisidega) ning vähendamise strateegia (reisimiste vähendamine) (Holden 2005).

Transpordi jalajälge on Euroopas eraldi arvatud Cardiffis, Londonis, Liverpoolis, Oslos, Berliinis jne. Transpordi jalajälje arvutamisel Liverpoolis (Barret 2001) ja Yorkis (Barret et al. 2002) kasutati kütusekulu, tootmis- ja hooldusenergia, teedealuse maa ja sõitja sõidupikkuse näitajaid. Nendest andmetest lähtuvalt on arvatud üksikisiku läbisõit. Jalajäljes kasutatud transpordivahendiks on enamasti auto, buss, mootorratas, rong ning lennuk. Lisaks võib spetsiifilisemalt eristada autodest taksot, ning kõige väiksema jalajäljega jalgratast ja jalgsi käimist, viimase puhul on ökoloogiline jalajalg null (Barret et al. 2002). Tallinna eeslinna transpordi jalajälje arvutamisel kasutati mobiilpositsioneerimise ja erinevate registrite andmeid. Esmalt leiti sõiduvahendi kordaja, milleks oli vaja teada, kui suur on inimese poolt kasutatava tee pindala ning süsinikuemissioon iga transpordivahendi puhul. Väärtuste esitamiseks globaalhektarites lisati kordajatele ekvivalentsuskordajad ning korrutati läbisõiduga. Tallinna tagamaa uusasumielaniku ökoloogiline jalajalg oli 1,1 ha/in. Tulemused näitasid, et vaid 10% inimestest eelistas ühistransporti autole. Lisaks toodi välja autodega sõitjad sotsiaalse staatuse järgi. Suurim ökoloogiline jalajalg oli iseenda tööandjal 1,8 ha/in ja väiksem õpilasel 0,7 ha/in kohta.

Eestis on sõiduautode arv kasvanud perioodil 1990-2009 üle kahe korra ning ühistranspordi kasutajate hulk on vähenenud. Autode arvu kasv on suurendanud kasvuhoone- ning heitgaaside kogust. Praeguseks on Tartu linnas 330 sõidukit 1000 elaniku kohta (Statistikaamet 2009). See näitaja on 20% väiksem kui Eesti keskmine. Küll aga

registreeritakse Tartu- ning Harjumaal enim suure kütusetarbega autosid. Üleüldiselt on Eesti uute autode CO₂ emissiooni tase suurem kui Euroopa keskmine. Suuremates linnades (Tallinn, Tartu, Pärnu) moodustab jalgsi käimine ja ühistranspordi osakaal 2/3 kõigist transpordiliikidest (Jüssi jt 2010). Kui alates 2003. aastast on Tartu linnaliini busside kasutamine aasta-aastalt vähenenud, siis alates 2010. aastast eelmise (2012) aastani on ühistranspordi piletite müük suurenenud (joonis 2). 2009. aastal liitus Tartu projektiga „Baltic Biogas Bus“, mille eesmärgiks on soodustada biogaasi kasutamist transpordis. 2011. aastal võeti Tartu linnaliinidel kasutusele viis maagaasil töötavat bussi, ülejäänud ühissõidukid tarbivad diiselkütust. Kui palju on üleminek maagaasile keskkonda säästnud, pole veel teada. Tulevikuplaaniks on kasutusele võtta praeguste maagaasibusside asemel biogaasil sõitvad bussid, mille CO₂ emissiooni loetakse nulliks (Riigi Teataja cit. Assets RPM OÜ).



Joonis 2. Tartu linnaliinibusside piletite müük (Tartu Linnavalitsus)

2.3.2.1. Transpordi jalajälg sotsiaalrühmade lõikes

Erinevatele sotsiaalsetel rühmadele on omane erinev transpordikasutus. Vanurid mängivad tulevikus olulist rolli transpordi planeerimises. Kui hetkel on pensionäride osakaal ühistranspordi kasutamisel suurem kui noorema põlvkonna oma, siis tulevikus kasvab vanurite, eriti naiste osakaal autoga liiklemisel. See toob kaasa ühistranspordi üldise languse (Cao et al. 2007, cit. Haustein 2011). Autokasutuse kasv tõuseb eelkõige parema tervise ning heaolu tõttu (Ellaway et al. 2003, cit. Haustein 2011).

2.4. Ökoloogilise jalajälje kriitika

Mitmed autorid on välja toonud ökoloogilise jalajälje puudused. Ökoloogilise jalajälje analüüsi pole kaasatud mitmeid tarbimise ja heitmete ning keskkonnamõjude aspekte. Hõlmatud on vaid tarbimine ja emissioon, mida on võimalik maa-alaga seostada (Lewan, 2000, cit. Holden 2005; Euroopa Keskkonna Agentuur 2010). Näiteks on väljendamata raskmetallid ning radioaktiivsed ained, mis on keskkonnaküsimustes olulised. Teiseks on põhjendatult kritiseeritud maakattetüüpide jaotust, eriti süsinikku siduvat maa-ala (Jørgensen et al. 2002, cit. Holden 2005). Suurimaks probleemi tekitajaks on erinevate maakattetüüpide väärtuste summeerimine üheks kordajaks (Holden 2005). Lisaks sellele, et ökoloogilise jalajälje arvutus põhineb tooraine kogustel, mitte voogudel on Chavez-Rodriguez ja Nebra (2010) jalajälje puudusena välja toonud ka mitteamvestamise tehniliste muudatustega, maa-aluste ressurssidega ning bioloogilise mitmekesisusega.

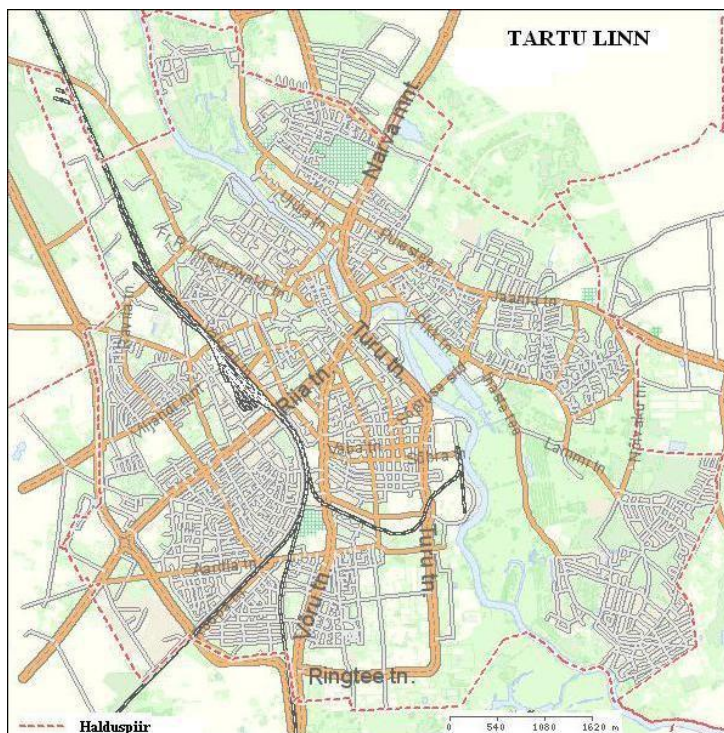
Ökoloogiline jalajälg ei väljenda elukvaliteedist ning elustandarditest tulenevaid ressursside kasutamise ning jäätmetekke erinevusi. Elukvaliteedi ja elustandardi mõõde on jätkusuutlikkuse väljendamiseks tähtsad, kuna need annavad lisandväärtuse uuritava ühiskonna tarbimisele (Amekudzi et al. 2009; Euroopa Keskkonna Agentuur 2010).

Euroopa Keskkonna Agentuuri 2010. aasta raportis tuuakse puudustena välja järgmist: sotsiaalse heaolu kaasamatus; taastumatute ressursside (nafta, maagaas, kivisüsi, metallid) varu mitte-arvestamine; ökoloogiline hääbumine (põldude niisutamise tagajärjel tekkiv muldade sooldumine, võib tulevikus mõjutada bioloogilist produktiivsust); ei määratle kus ja mil viisil ökoloogiline kandevõime kannatab või säilib.

Lisaks ei võimalda ökoloogiline jalajälg määratleda, kui suurt ökoloogilist mõju võib lubada antud kohas mingitele majandussektoritele. Piirkonnad on võimaluste poolest erinevad, mõnes kohas on teatud tegevus soodustatud, teised mitte. Näiteks mõnes kohas on soodne kergtranspordi kasutamise võimalus, kuid keskkonnasäästlikku elektritootmiseks on võimalused väikesed (Stoeglehner, Narodslawsky 2007 cit. Vihma 2008).

3. Andmed ja metoodika

Käesolev töö keskendub Tartu linna ning selle elanike ökoloogilise jalajälje uurimisele. Tartu linna all mõistetakse halduspiiriga (joonis 3) piiritletud ala. Tartu linna elanike all mõeldakse kõiki inimesi, kes siin hetkel elavad: oluline pole, kas nad on Tartusse elanikuks registreeritud või mitte. Tartus elavaid inimesi on umbes 120 tuhat³.



Joonis 3. Tartu linna ülevaatekaart. (Tartu Linnavalitsus)

3.1. Metoodika

Tartu linna ökoloogiline jalajalg arvutatakse majapidamise ja transpordi komponentide põhjal, kasutatud võrrandid on esitatud peatükis 3.3. Majapidamisjalajalg koosneb elektri, soojuse ja sooja vee koguste tarbimisest. Töös põhinevad arvutused vaid energiakogustel, mis jõuavad tarbijateni läbi kaugkütte- ja energiavõrgu. Arvutustesse pole kaasatud eramajapidamiste puidu ning kivisöe kasutust, kuna antud valdkonnas andmed puuduvad. Küll on aga arvestatud majapidamises kütteks kasutatavat maagaasi. Energia jalajälge on arvestatud vaid maagaasi ning turba kogused, hakkepuitu pole kaasatud. Puidu põlemisel vabanev süsihappegaas oli puu enda kasvamisel atmosfäärist võetud, seetõttu ei suurenda ta

³ Rahvastikuregistri ning Tartu Kutsekooli andmetel.

ka süsihappegaasi kogust atmosfääris (Sedjo 2012). Küll aga on väidetud, et põlemisel vabanenud CO₂ jääb teatud ajaks atmosfääri (Manomet cit Sedjo). Tartu puhul on eraldi välja arvestatud ka hakkepuidu jalajälg, kuna hakkepuitu kasutatakse energiatootmiseks kõige rohkem.

Transpordi jalajälg arvutatakse liiklusvahendite põhjal, mida elanikud linnasiseselt enim kasutavad – auto ja ühistransport. Välja on jäetud maakonnaliinid ning rongiliiklus, kuna viimase puhul puuduvad andmed reisijate arvu kohta, kes liiklevad Tartu ja Aardla peatuse vahel. Kajastatud pole ka veoautode andmeid, kuna antud sektor seostub eelkõige kaupade tarbimisega.

Sotsiaalrühma jalajälje arvutamiseks jagati Tartu elanikud nelja rühma: lapsed, tudengid, tööealised ning pensionärid. Laste rühma kuulusid inimesed kes olid 19 aastased ning nooremad. Tudengite sotsiaalrühma kuulusid inimesed, kes õppisid Tartu linnas asuvas kõrgkoolis või kutsekoolis. Tööealiste sotsiaalrühma kuulusid need, kes olid vanemad kui 19aastased, ei õppinud ning ei saanud pensionit. Pensionärid olid Tartus elavad inimesed, kes said pensionit.

3.2. Andmed

Töös kasutatavad andmed on saadud erinevatest aruannetest ning otsesuhtluses ekspertidelt. Arvutamisel tugineti üldjuhul 2011. aasta andmetele.

Majapidamise jalajälje arvutamiseks on vaja kütte-, soojavee- ja elektritarbimise andmeid. Soojusenergia andmed on saadud Tartu kahelt soojatootjalt AS-lt Eraküte ning AS-lt Fortum Tartu, viimane on linna suurimaks energiatootjaks (tabel 4). Elektritarbimise kogused on saadud Tartu Regionaalsest Energiaagentuurist.

Tabel 4 . Tartu linna energiatarbimine elanike ja asutuste ning soojuse tootjate lõikes

	AS Eraküte (MWh)	AS Fortum Tartu (MWh)	Kokku (MWh)
Elanikud	29 105,34	220 918,53	250 023,87
Asutused	54 413,89	136 592,82	191 006,70
Kokku	83 519,23	357 511,35	441 030,57

Majapidamisenergiat toodetakse mitme kütuseliigi kasutamisel. Jalajälje arvutamisel on vaja teada iga kütuseliigi kasutuse hulka eraldi (tabel 5).

Tabel 5. Kütusekogused kütuseliigi kaupa

Kütuse liik	AS Eraküte (GWh)	AS Fortum Tartu (GWh)	AS Fortum Tartu (elekter) (GWh)	Kokku (GWh)
Hakkepuit	75,13	269	149,64	493,77
Turvas	0,46	142	80,33	222,79
Gaas	28,21	26	11,6	65,81
Kokku	103,81	437	241,57	782,38

Tartus kasutab 1923 eramajapidamist küttena maagaasi, mille aastane kütusemaht on 6 028 440 m³.

Majapidamisjalajalg arvestab kütusetarbimisele lisaks ehitusaluse maa pindala. Tartu linnas oli 01.01.2011 seisuga 1850,1 ha ehitusalust maad (Tartu Linnavalitsus 2011(b)), mille alla kuulusid elumumaad, tööstusterritooriumid, äri- ja sotsiaalmaa. Lisaks loetakse ehitusaluse maa alla ka tehnovõrkude pindalad. Kuna Tartu linnas asub enamik torustikust teede all, pole nende pindala antud töös lisatud, et vältida maa-ala topeltarvestust.

Transpordi jalajälje arvutamiseks oli vaja teada transpordivahendite läbisõitu, CO₂ heitekogust liitri kohta ning transpordivahendi hõivatust (tabel 6). Transpordi läbisõidu andmed saadi autopargi läbisõidu 2011. aasta vahearuandest ning SEBE ning Tartu linna vahel sõlmitud lepingust. CO₂ heitekoguste andmed on saadud EPA (United States Environmental Protection Agency) emissioonide aruandest (diiseli- ja bensiinikütus) ning biogaasibusside tutvustamise- ja kasutuselevõtu teostatavusuuringust. Auto keskmiseks kütusekuluks on võetud 8,5 l/100km 2008. aasta autopargi aruande põhjal. Lisaks on vaja teada transpordi infrastruktuuri hõlmava maa pindala. Mart Sootla väitel on selleks suuruseks 231,22 ha, milles ei kajastu kergliiklusteede pindala.

Tabel 6. Transpordi jalajälje arvutamiseks vajaminevad andmed

Transpordivahend	Läbisõit (tuhat kilomeetrit)	Kütusekulu	CO ₂ (kg/l; kg/kg)	CO ₂ (kg/km)	Täituvus (inimest)
Sõiduauto	279 926	8,51 /100km ⁴	2,3225 ⁵	0,197	1,4 ⁶
Diislbuss	3 300	1485 000 l/a	2,6690 ⁵	1,201	20 ⁷
Surugaasi buss (maagaas)	300	128 700 ⁸ kg/a	2,604 ⁸	1,015	20 ⁷

Selleks, et leida, kui suurt maa-ala iga transpordivahend kasutab, tuleb teada liiklusvahendite arvu teedel, mille põhjal saab osakaalu välja arvutada (tabel 7). Andmed kommunikatsioonivahendite arvu kohta on saadud Tartu Linnavalitsuse poolt igal aastal väljaantavast brošüürist „Tartu arvudes“.

Tabel 7. Transpordivahendite osakaal teedel

Transpordivahend	Kogus (tk)	Osakaal (%)
Auto	34 445	83
Autobuss	450/60	1.08/0,15
Veoautod	5 250	12,7
Mootorrattad	1152	2,8

Andmed Tartus elavate inimeste kohta on saadud brošüürist „Tartu arvudes“. Rahvastikuregistrist ning Tartu Kutsehariduskeskusest saadud andmete abil on määratletud, kui palju Tartus elavatest tudengitest on linna elama registreeritud. Tartu linnas elab 01.01.2012 seisuga 98 522 inimest. Neist suurima sotsiaalarühma moodustavad tööealised inimesed (joonis 4). Tudengitest on vaid ¼ end Tartu linna elama registreerinud. Kuna nende tegelik osakaal kõigist Tartu linnas elavatest inimestest on üsna suur, on Tartu linna elanike arvuks võetud 120 000 inimest.

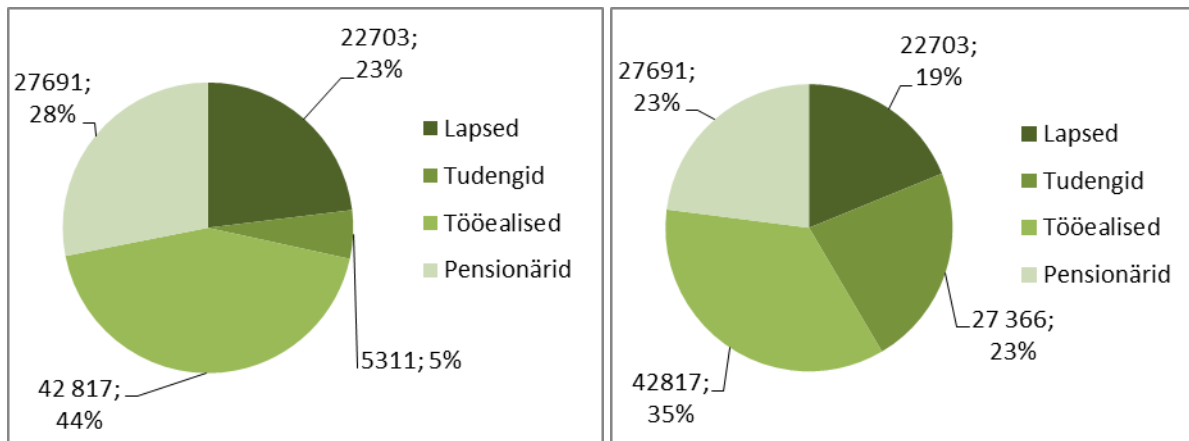
⁴ Tallinna Tehnikaülikool 2009

⁵ EPA 2005

⁶ Maanteeamet 2012

⁷ Inseneribüroo Strantum 2010

⁸ Assets RPM OÜ



Joonis 4. Tartusse elamaregistreeritud inimeste arv (vasakul) ning välja arvatud Tartu linna tegelik elanike arv (paremal).

Transpordikasutuse andmed sotsiaalarühmade lõikes on saadud aruandest „Tartlane ja keskkond 2011“. Kasutatud on küsimust number 24 (Millist ühistransporti kasutate igapäevaselt?), 64 (Kas Te töötate, olete pensionil, ajutiselt ei tööta, õpite, olete töötu, olete kodune, ei otsi tööd?) ning 59 (Kui vana Te olete?) vastuste tulemusi. Küsitletute vastuste puhul peab arvestama sellega, et mõne transpordivahendi kasutajate hulk võib olla domineerivam. Näiteks antud küsitluse lõikes on tööealiste osatähtsus bussitranspordis väga väike, ometigi 2010. aasta ühistranspordi uuringust selgub, et täiskasvanute hulk ühistranspordis moodustab 37-41% (Inseneribüroo Strantum 2010).

3.3. Ökoloogilise jalajälje arvutamine

3.3.1. Majapidamise jalajalg

Tartus kasutatakse kütusena maagaasi, turvast ning hakkepuitu. Majapidamise jalajalg põhineb maagaasi ning turba kütuste kogustel, eraldi on välja arvatud hakkepuidu osatähtsus, kuna enamasti ökoloogilises jalajäljes hakkepuitu kütusena ei kasutata. Majapidamise energia ökoloogiline jalajalg saadakse ehitusaluse maa ja süsiniku jalajälje summana. Võrrandites kasutatakse ekvivalentsus- ja tootlikkuskordajaid ning kütusekordajaid (tabel 1). Ehitusaluse maa ökoloogiline jalajalg saadakse linna ehitusealuse maa-ala (ha), põllumaa ekvivalentsuskordaja ning Eesti põllumaa tootlikkuskordaja korrutisena. Selleks, et leida ökoloogilise jalajälje väärtus inimese kohta aastas, tuleb tulemus jagada Tartus elavate inimeste arvuga (120 000).

Ehitusaluse maa jalajalg:

$$1850,1 \text{ (ha)} \times 1,01 \times 2,51 = 4690 \text{ gha-a}$$

$$4690 / 120\,000 = 0,039 \text{ gha-a/in.a}$$

Süsiniku jalajalg saadakse energia tarbimise koguse (GWh-a) ning kütusekordaja (gha-a/GWh) korrutisena.

Kütusekordaja (tabel 8) sisaldab endas CO₂ emisiooni 1 Gwh kütuse põletamisel, süsinikku siduva maa pindala, millest on lahutatud ookeani sidumisvõime ning metsamaa ekvivalentsuskordajat.

Näitena maagaasi süsiniku jalajälje arvutus:

$$126,6 \text{ (GWh/a)} \times 52 \text{ (gha-a/GWh)} = 6583,2 \text{ gha-a}$$

Tabel 8. Ökoloogilise jalajälje kordajad kütuseliigi kaupa. (IPPC 1996)

Kütuseliik	Kordaja (gha-a/GWh)
Puit	105
Turvas	99
Maagaas	52

Tartu majapidamise jalajälje leiame kütuste ning ehitusaluse maa summana:

$$4\,690,2 \text{ (gha-a)} + 6\,583,2 \text{ (gha-a)} + 22\,057,2 \text{ (gha-a)} = 33\,330,6 \text{ (gha-a)}$$

Eraldi arvestame sisse hakkepuidu:

$$33\,330,6 \text{ (gha-a)} + 51\,845,9 \text{ (gha-a)} = 85\,176,5 \text{ (gha-a)}$$

3.3.2. Transpordi jalajalg

Transpordi jalajalg saadakse läbisõidu ning erinevate transpordivahendite kordajate korrutisena. Transpordivahendi kordaja koosneb teede aluse maa pindalast ning süsiniku jalajäljest.

Teede aluse maa jalajälg saadakse sõidutee pindala (ha), sõiduki osatähtsuse protsent teel ja ehitusaluse maa ekvivalentsusekordaja korrutamisel ning saadud tulemuse läbisõiduga jagamise teel.

Näitena auto teedealuse maa pindala arvutusest:

$$31,22 \text{ (ha)} \times 0,83 \text{ (\%)} / 279\,926\,000 \text{ (km)} \times 2,51 = 0,000\,001\,762 \text{ gha/auto-km}$$

Süsiniku jalajälje komponendid on süsihappegaasi emissiooni kogus kilomeetri läbimisel (kg CO₂/km) autode valmistamiseks ja hooldamiseks vajamineva energia kordaja (1,45), universaalkordaja (gha (t CO₂)⁻¹ a⁻¹). Universaalkordaja sisaldab endas metsamaa pindala, mida on vaja süsihappegaasi sidumiseks, metsamaa ekvivalentsuskordajat ning ookeani sidumisvõimet (100%-25%).

Auto süsiniku jalajälje kordaja võrrand:

$$0,1974 \text{ (kg CO}_2\text{/km)} \times 1,45 \times 0,262 \text{ (gha (t CO}_2\text{)}^{-1} \text{ aastas)} = 0,000\,07499 \text{ ha/auto-km}$$

Tartu linna auto jalajälg:

$$(0,000\,074\,99 + 0,000\,001\,762) \times 279\,926\,000 = 21\,484,3 \text{ gha}$$

Tartus elava inimese auto jalajälg:

$$21\,484,3 \text{ gha} / 120\,000 = 0,179 \text{ gha}$$

Ühistranspordi jalajälg saadakse diiselibusside ning maagaasibusside väärtuste summana:

$$1508,1 \text{ gha} + 115,8 \text{ gha} = 1623,9 \text{ gha}$$

Kogu Tartu linna transpordi jalajälg saadakse kõigi transpordi jalajälgede summana:

$$21\,484,3 \text{ gha} + 1508,1 \text{ gha} + 115,8 \text{ gha} = 23\,108,2 \text{ gha}$$

3.2.2.1 Transpordi jalajälg sotsiaalrühmade lõikes

Esmalt leitakse iga sotsiaalrühma protsentuaalne suurus Tartu linna transpordi jalajäljest. Aluseks võetakse iga sotsiaalrühma inimeste arv, jalajälg on proportsionaalne sotsiaalrühma suurusega.

Näitena tööealiste inimeste transpordi jalajälje suurus:

$$23\ 108 \times (42\ 817 \times 100\% / 120\ 557) / 100\% = 8\ 203,3 \text{ gha-a, kus}$$

23 108 on Tartu linna transpordi jalajälg;

42 817 on Tartu linna tööaliste arv;

120 557 on Tartu linna elanike arv.

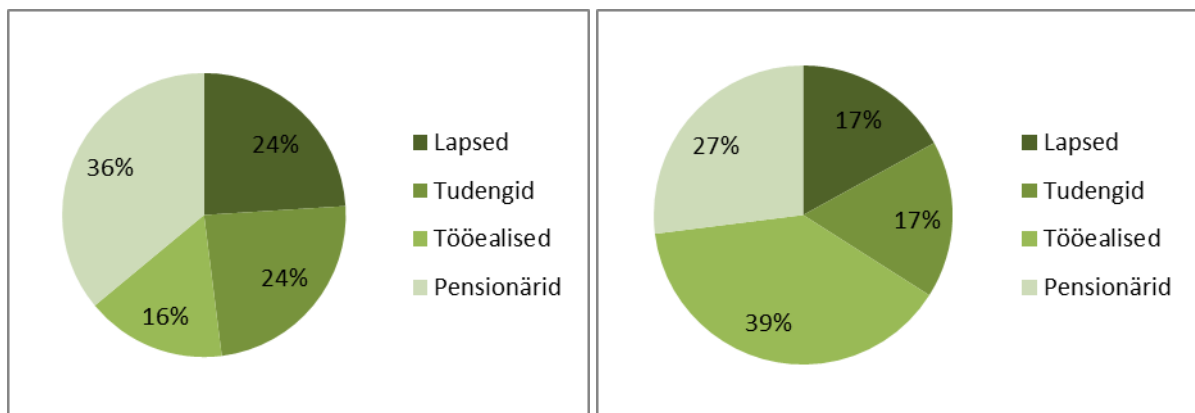
Teine võimalus sotsiaalrühma transpordi jalajälje suuruse leidmiseks on kajastada iga sotsiaalrühma osakaal transpordiliigi kasutamisel. Kasutatud on „Tartlane ja keskkond 2011“ aruannet, kus vastanud on märkinud, millisesse sotsiaalsesse rühma nad kuuluvad ning kui tihti nad mõnda transpordivahendit kasutavad. Selleks, et leida erineva transpordiliigi kasutamise protsent, kasutati andmeid, millele olid inimesed andnud vastuse „sageli“. Lisaks tehti kontrollarvutus Tartus 2009. aastal läbiviidud ühistranspordi vaatlusuringute andmetega. Vastavalt sotsiaalrühma osakaalule transpordis (joonis 5), leiti igale sotsiaalrühmale isiklik läbisõit, mille põhjal arvutati igale sotsiaalrühmale ökoloogiline jalajälg. Kuna aruandes „Tartlane ja keskkond 2011“ ei olnud eraldi väljatoodud laste transpordi kasutus, anti neile samad väärtused, mis tudengitele.

Tööaliste sotsiaalrühma auto läbisõit:

$$279\ 926\ 000 \text{ (km)} \times 39\ (\%) / 100\ (\%) = 109\ 171\ 142 \text{ km, kus}$$

279 926 000 km on Tartu linna kõigi autode läbisõit;

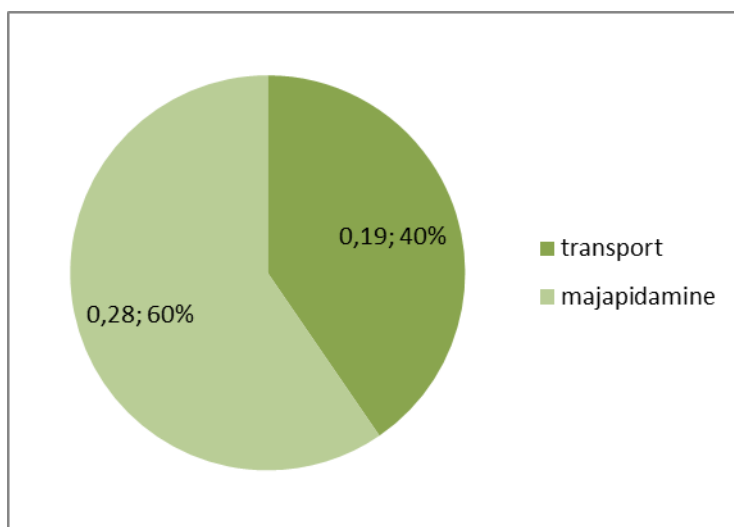
39% vastab tööaliste osakaal autotranspordi kasutamisel.



Joonis 5. Autotranspordi (vasakul) ja ühistranspordi (paremal) kasutamine sotsiaalrühmade lõikes („Tartlane ja keskkond 2011“).

4. Tulemused

Tartlase keskmine ökoloogiline jalajälg majapidamisenergia ja transpordi kasutamise lõikes on 0,47 gha-a/in. Tartu linna majapidamise ökoloogiline jalajälg 33 330,6 gha-a ehk 0,28 gha aastas inimese kohta. Tartu linna transpordi jalajäljeks on 23 108,2 gha-a ning ühe elaniku oma 0,19 gha-a/in. Majapidamise ökoloogiline jalajälg on 20% transpordi jalajäljest suurem (joonis 6).



Joonis 6. Tartu linna elaniku majapidamise ja transpordi jalajälg (gha-a/in).

Üheks võimaluseks on vaadelda eraldi transpordi, majapidamisenergia ning ehitusealuse maa ökoloogilist jalajälge (tabel 9). Majapidamisenergia jalajälg on leitud kahel erineval viisil. Ühel juhul on hakkepuidu kogus sisse arvestatud, teisel juhul mitte. Majapidamisenergia omab mõlemal juhul suurimat jalajälge, hakkepuiduga 0,67 gha-a/in ning hakkepuiduta 0,24 gha-a/in. Transpordi jalajälg on 0,19 gha-a/in, moodustades kogu jalajäljest 41%. Tartu linna ehitusealune maa koosneb elamumaast, tööstusterritooriumitest, äri- ja sotsiaalmaadest. Ehitusealune maa omab väikseimat jalajälge, 0,04 gha-a/in.

Tabel 9. Tartu linna jalajälg komponentide lõikes (hakkepuiduta / hakkepuiduga).

Jalajälje komponent	Ökoloogiline jalajälg (gha)	Ökoloogiline jalajälg (gha-in)	Osakaal (%)
Transpordi jalajälg	23 108,2	0,19	41,0 / 23,7
Energia jalajälg	28 640,4 / 80 486,3	0,24 / 0,67	50,7 / 82,5
Ehitusaluse maa jalajälg	4 690,2	0,04	8,3 / 4,8
Kokku	56 438,8 / 97 512,1	0,47 / 0,90	100

4.1. Majapidamise jalajälg

Tartu linna majapidamise jalajälg hakkepuiduta on 33 330,6 gha, elaniku kohta 0,28 gha-a. Energia ning soojuse tootmiseks kasutatakse Tartu linnas kütustena hakkepuitu, maagaasi ning turvast. Suurimat ökoloogilist jalajälge antud kütustest omas hakkepuitu (tabel 10). See tuleneb sellest, et hakkepuidul baseeruvat energiat toodetakse Tartu linnas kõige rohkem, 59% kogu energiast. Hakkepuitu ei pea jalajälje arutamisel kasutama, kuna kütuse põlemisel vabanev süsihappegaas oli puu enda kasvamisel atmosfäärist võetud, seetõttu ei suurenda ta ka süsihappegaasi kogust atmosfääris. Tartu linna ökoloogilisse jalajälge on ta kaasatud, kuna ta on suurimaks kütuseliigiks ning põlemisel vabanev CO₂ mõneks ajaks atmosfääri. Teisel kohal kütustest on turvas. Tartu linna turbal põhineva energia jalajäljeks on 22 057,2 gha-a, 0,18 gha-a/in. Väikseima osakaaluga 19% (hakkepuiduga 8%) omab maagaasil põhinev energia.

Tabel 10. Ökoloogiline jalajälg kütuseliikide lõikes.

Kütuseliik	Ökoloogiline jalajälg (gha)	Ökoloogiline jalajälg (gha-in/a)	Osakaal (%) Hakkepuiduta / -ga
Maagaas	6 583,2	0,05	23,0 / 8,2
Turvas	22 057,2	0,18	77,0 / 27,4
Hakkepuitu	51 845,9	0,43	0 / 64,4
Kokku	28 640,4 / 80 486,3	0,23 / 0,66	100

4.2. Transpordi jalajalg

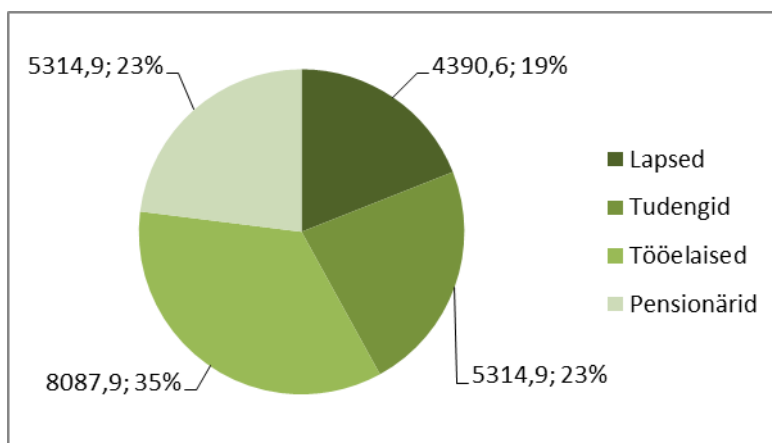
Tartu linna transpordi jalajalg oli 23 108,2 gha-a, elaniku kohta 0,19 gha-a. Suurimat ökoloogilist jalajälge transpordivahendite lõikes omas auto (21 484,3) gha-a moodustades 93% kogu jalajäljest (tabel 11). Ühistranspordi jalajalg oli 1623,0 gha-a ehk 0,14 gha-a/in. Diisibussi jalajalg moodustab ühistranspordi jalajäljest 93%. Kui Tartu linna ühistransport põhineks täielikult maagaasibussidel, oleks kogu ühistranspordi ökoloogiline jalajalg 1394,4 gha-a, praegusest 14% väiksem. Kui Tartu linnas sõidaksid linnaliinidel vaid biogaasibussid, põhineks jalajalg vaid busside toomisel vabanevast CO₂ emissioonist ning teedealuse maa pindalalast, mida bussid kasutavad.

Tabel 11. Ökoloogiline jalajalg transpordivahendite lõikes

Transpordivahend	Tartu ökoloogiline jalajalg (gha)	Ökoloogiline jalajalg inimese kohta (gha)	Osakaal (%)
Auto	21 484,3	0,179	93
Diisibuss	1 508,1	0,013	6,5
Maagaasibuss	115,8	0,001	0,5
Kokku	23 108,2	0,193	100

4.2.1. Transpordi jalajalg sotsiaalrühmade lõikes

Võttes aluseks kogu Tartu jalajälje suuruse ning jagades selle sotsiaalrühmade vahel tulenevalt sotsiaalrühma arvulisest suurusest, on suurim jalajalg tööelistel, kuna neid elab Tartus kõige rohkem (joonis 7). Tööelised moodustavad Tartu elanikkonnast 35%, võttes kogu jalajäljest eelpool mainitud protsendi saame tulemuseks 8087,9 gha-a. Väiksem jalajalg on laste sotsiaalrühmal (4390,6 gha-a), kuna neid on arvuliselt kõige vähem.



Joonis 7. Tartu sotsiaalarühmade jalajälgede osakaalude võrdlus (gha-a).

Läbisõidu alusel saadud tulemused on eelneva meetodiga saaduga sarnased. Autot kasutab oma igapäevasel liikumisel enim tööeline, kellele järgneb pensionär (lisa 1). Üliõpilaste ja laste osakaal on autosõidul ligi kaks korda väiksem. Ühistransporti kasutavad kõige rohkem pensionärid, kellele järgnevad tudengid ning lapsed. Väikseimat osakaalu omasid tööelised. Kogu transpordi jalajälg oli suurim tööelistel 8818,5 gha-a (tabel 12). Tööelistele järgnesid pensionärid, kelle transpordi jalajälg oli 6384,5 gha-a. Tudengite ning laste jalajälg oli tööeliste omast üle poole väiksem 4041,5 gha-a. Laste ja tudengite väärtused on samad, kuna „Tartlased ja keskkond 2011“ küsimustikus, ei olnud eraldi väljatoodud laste transpordi kasutamine, seetõttu samastati nad tudengitega.

Tabel 12. Transpordivahendite jalajälg sotsiaalarühmade lõikes

Sotsiaalarühm	Autotransport (gha-a)	Ühistransport (gha-a)	Ühistarnsport (gha-a) ⁹	Ökoloogiline jalajälg (gha-a)	Ökoloogiline jalajälg (gha-a) ⁹
Lapsed ja tudengid	3652,4	389,1	470,1 ¹⁰	4041,5	4122,5 ¹⁰
Tööelised	8379,1	439,4	616,1	8818,5	8995,2
Pensionärid	5800,9	583,6	535,0	6384,5	6335,94

⁹ Ühistranspordi tulemused on arvatud Inseneribüroo Stratum andmetel

¹⁰ Koos on arvestatud nii lapsi kui tudengeid

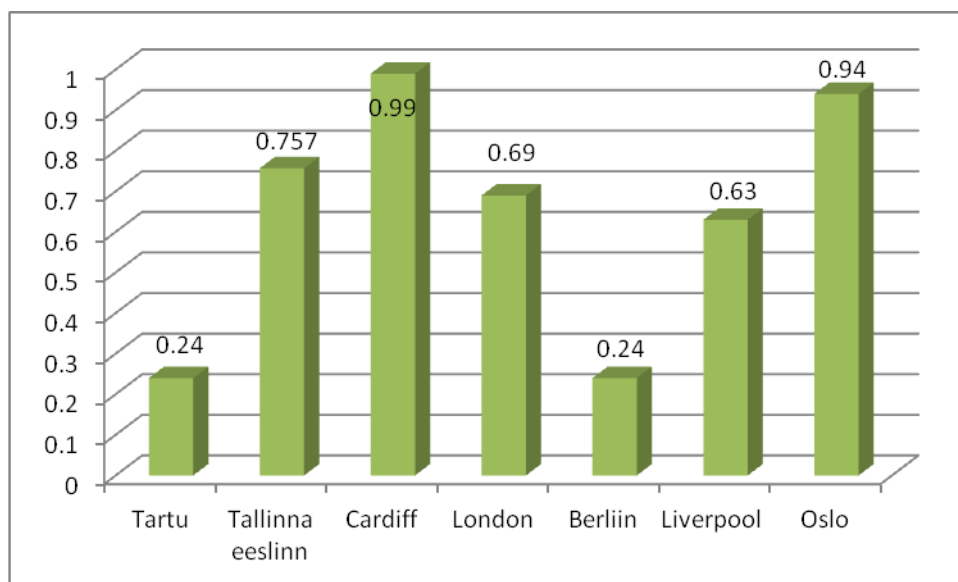
Kuna „Tartlane ja keskkond“ aruande tulemused erinesid 2009. aastal läbiviidud uuringust (Inseneribüroo Stratum 2010), on välja toodud tulemused ka selle aruande põhjal. Suurimaks ühistranspordi kasutajaks oli tööeline, moodustades kogu ühistranspordi kasutusest 38%, teisel kohal olid pensionärid. Antud uurimuses on lapsed ning tudengid kokku liidetud, antud rühm moodustas ühistranspordi kasutamisest 29%. Liites „Tartlane ja keskkond“ aruandest saadud autotranspordi jalajälje suureneb nii tööeliste kui pensionäride jalajälg ning väheneb õpilaste jalajälg, kuna antud uuringus on viimased koos arvestatud. Tulemused jäävad samasse suurusjärku, nagu esimese variandi puhul, kuna ühistranspordi osakaal kogu transpordi jalajäljest on suhteliselt väike.

5. Arutelu

Tartu linna transpordi jalajalg, mis põhines transpordi ning majapidamise komponentidel, oli 2011. aastal 0.47 gha inimese kohta. Kuna antud töös ei ole arvatud Tartu täielikku jalajälge, siis saame võrdlusi tuua teiste uurimustega komponentide põhised. Võrdlemisel tuleb arvestada, et uuringud on tehtud erineval ajal, ning et aja jooksul tehnoloogiad arenevad ning täiustuvad.

5.1. Tartu jalajälje võrdlus

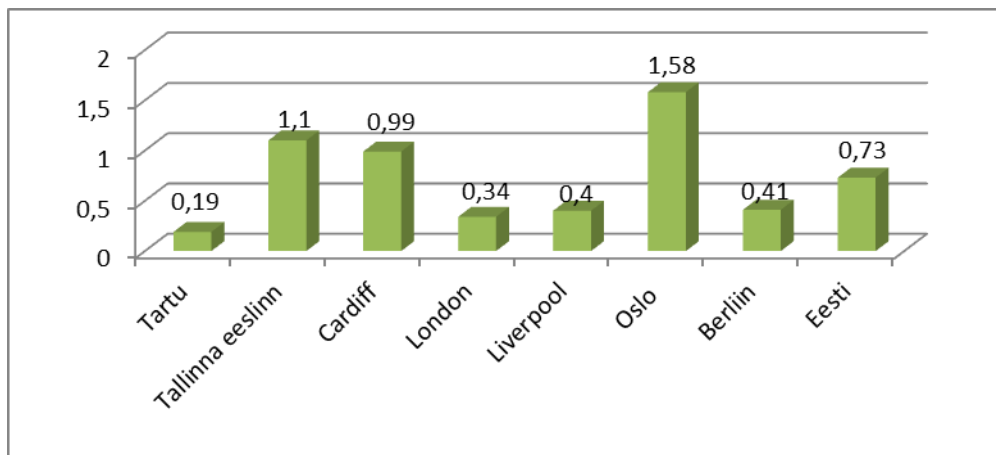
Tartu linna majapidamisenergia jalajalg oli 2011. aastal 0.24 gha/in, mis sarnaneb Berliini 2000. aasta jalajäljega (joonis 8). Teiste linnadega võrreldes on Tartu jalajalg oluliselt väiksem. Üheks erinevuse põhjustajaks on erinevate kütuseliikide kasutus. Tartu linnas kasutatakse peamise kütusena hakkepuitu, millele suuruselt järgneb gaas ning turvas. Suurbritannias kasutatakse energia tootmiseks peamiselt gaasi ning vedelkütuseid (City Limits 2002). Lisades Tartu jalajäljele hakkepuidu jalajälje, oleks majapidamisenergia 0,67 gha-a/in - sel juhul oleks Tartu linna jalajälje suurus teiste linnadega sarnane. Antud juhul pole hakkepuitu arvestatud, kuna hakkepuidu ökoloogilist jalajälge võib lugeda nulliks (Sedjo 2012).



Joonis 8. Majapidamisenergia ökoloogiline jalajalg erinevates Euroopa linnades (gha-a/in).

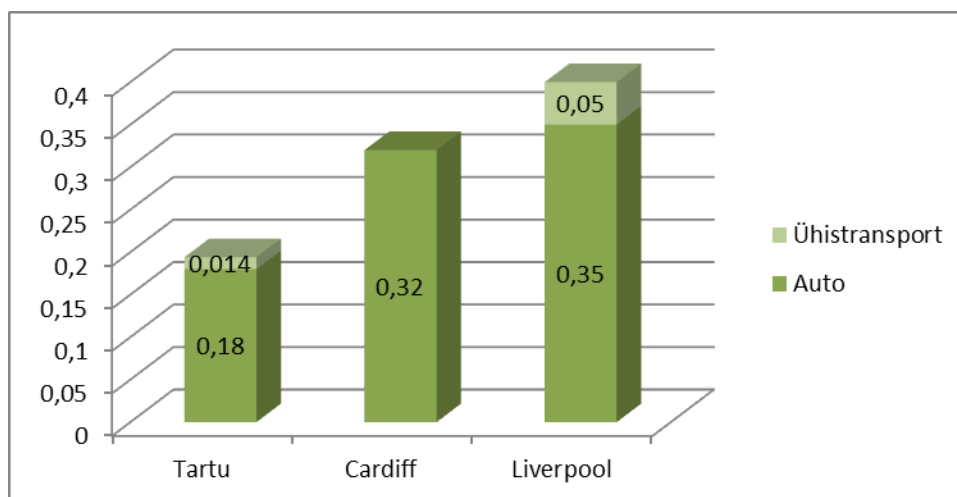
Tartu linna transpordi jalajalg võrreldes teiste Euroopa linnadega on samuti märksa väiksem (joonis 9). Peamiselt tekitab erinevust erinev liiklusvahendite arvestus. Tartus kasutati

arvutustes auto ning ühistranspordi komponenti, Cardiffis on näiteks sisse arvestatud ka rongi- ning õhuliiklus, mis omavad suurimat osakaalu transpordi jalajäljes. Tingituna uuringute läbiviimise ajavahest, oleks tõenäoliselt võrreldavate linnade jalajäljed väiksemad, kuna selle aja jooksul on kasutusele võetud aina rohkem keskkonnasäästlikumaid autosid, tulenevalt nii tehnikaarengust kui ka Euroopa direktiividest, mis määratlevad kõrgeima CO₂ heite hulga.



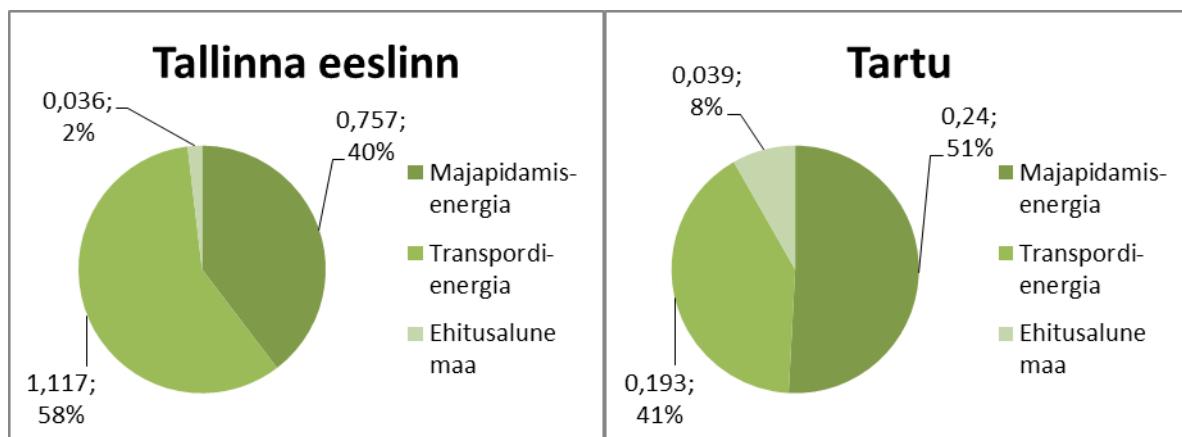
Joonis 9. Transpordi jalajalg erinevates Euroopa linnades (gha-a/in).

Võrreldes Tartu auto jalajälge teiste Suurbritannia linnadega on näha, et Tartu auto- ja ühistranspordi jalajalg on enam kui kaks korda väiksem (joonis 10). Kindlasti mõjutavad jalajälje suurust eelpool nimetatud tegurid, kuid tõenäoliselt oleks neid tingimusi arvestades siiski Suurbritannia linnade jalajalg Tartu omast suurem. Peamine põhjus oleks kindlasti linnade suuruse erinevus. Cardiff ja Liverpool on Tartust pindalaliselt mitmeid kordi suuremad, mistõttu elanike igapäevaselt läbitav teekond on pikem. Sellest tulenevalt eelistatakse jalgrattale ning jalgsikäimisele autot ning ühistransporti.



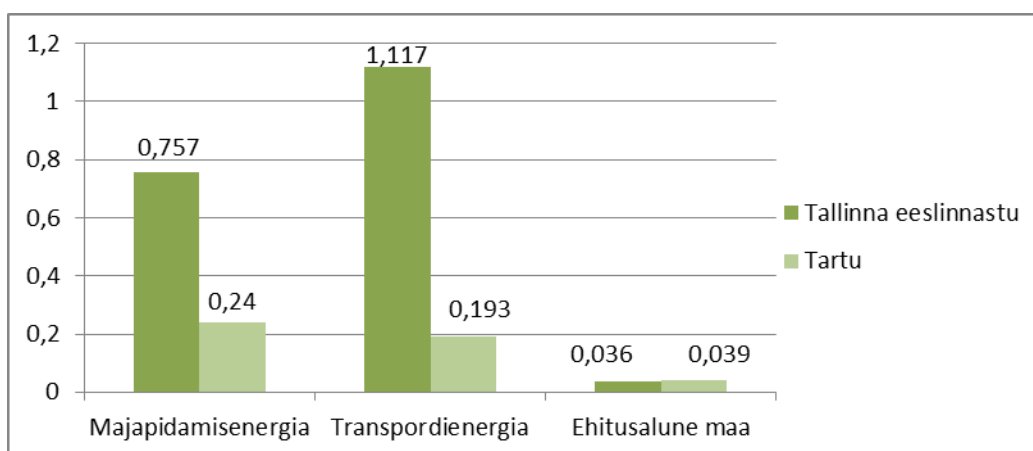
Joonis 10. Ökoloogiline jalajälg transpordivahendite ning linnade lõikes (gha-a/in).

Eestis on arvutatud majapidamise ja transpordi komponentide põhjal Tallinna tagamaa ökoloogiline jalajälg, millega saame võrrelda Tartu oma. Tartu linna jalajälg oli 2011. aastal 0,47 gha/in ning tagamaa oma 2006. aastal 1,9 gha/in. Suurimaks ökoloogilise jalajälje komponendiks Tartus oli majapidamisenergia, Tallinna tagamaal aga transpordi jalajälg (joonis 11).



Joonis 11. Tallinna eeslinna (vasakul) ning Tartu jalajälje (paremal) võrdlus ökoloogilise jalajälje komponentide lõikes (gha-a/in).

Tartu linna transpordi jalajälg on 0,193 gha-in, Tallinna eeslinnastuja oma 1,117 (joonis 12). Esmane põhjus, millest on tingitud nii suur erinevus, on erinevus komponentide vahel, mida on arvutustes kaasatud. Tartu linna jalajäljes on komponentideks auto- ja ühistransport, Tallinna tagamaal on arvestatud lisaks minibusse, linnaväliseid liinibusse, ronge ning jalgratast.



Joonis 12 . Tartu ökoloogilise jalajälje võrdlus Tallinna eeslinnaga (gha-a/in).

Võttes aluseks samad komponendid mis Tartus, oleks Tallinna eeslinnastuja jalajälg 1,02 gha-a/in, mis on siiski Tartu jalajäljest mitmeid kordi suurem. Peamiseks põhjuseks on igapäevaselt läbitavate vahemaade erinevuse (tabel 13). Tartu linna puhul on arvestatud vaid linnasisest liikumist, Tallinna tagamaal aga inimese kogu liikumist. Tallinna tagamaa elanike vahemaade läbimine on suurem, sest enamasti asub inimese töökoht Tallinnas.

Tabel 13. Tallinna tagamaa uusasumi elanike (2006 a.) ning Tartu linnas elavate inimeste aastas läbitud vahemaad.

Transpordivahend	Ühik	Tallinna tagamaa	Tartu
Auto	auto-km/a	13982 km-a/in	2332,7 km-a/in
	reisija-km/a	16667 km-a/in	3265,8 km-a/in
Buss	bussi-km/a	-	30 km-a/in
	reisija-km/a	554 km-a/in	600 km-a/in

Nii nagu Tallinna tagamaa transpordi jalajälg, on ka majapidamise jalajälg Tartu omast enam kui kolm korda suurem (joonis 11). Esimene erinevuse põhjustaja on kütuseliikide erinevus, mida energia tootmiseks kasutatakse. Tallinna tagamaal on peamiseks kütuseallikaks gaas, vähemal määral põlevkivi ning puiduhake. Tartu jalajälge on arvestatud gaas ning turvas, suurema osa energiaks vajalikust kütusest moodustab hakkepuut, millega oleks jalajälg 0,66 ha-a/in, kuid isegi siis oleks Tartu jalajälg Tallinna tagamaa omast väiksem. Teiseks, mida rohkem on majas kortereid, seda väiksemaks muutub majapidamise jalajälg, välja arvatud majad, kus on viis kuni üheksa korterit (Poom 2006). 63% Tartu linna eluruumidest asuvad kolme- ja enamkorruselistes majades ehk enam kui üheksa korteriga majades. Elamuruume, mis asuvad ühepereelamus või ühe- kuni kahekorruselistes majades on Tartus 33%, kuid siin tuleb arvestada, et viimase puhul on arvestatud ka kahekorruselisi maju, kus kortereid võib olla enam kui üheksa (Ehitisregister 2013). Üks põhjuseid, miks Tartu linna jalajälg on nii väike võrreldes eeslinnaga tuleneb elamutüüpide protsentuaalsest erinevusest.

Mõned aastat tagasi arvatati EUREAPA-ga (interneti põhine modelleerimis-ja hindamisrakendus, loodud One Planet Economy Network projekti jaoks) Eesti 2004. aasta transpordi ning majapidamise jalajälg. Majapidamise jalajälje suuruseks saadi 1,51 gha-a/in ning transpordi jalajäljeks, mis sisaldas ka lennu- ning veeliiklust, 0,73 gha-a/in (One Planet Economy Network 2011). Majapidamise jalajälje suuruste erinevuseks on põhjustatud sellest,

et 95% kogu Eesti energia toodangust põhineb põlevkivil (Eesti Energia 2013). Lisaks mõjutab majapidamise jalajälje suuruse erinevust ka see, et kogu riigi energiatarbimine, kuhu on arvestatud ka tööstuste energiakasutus, jagatakse elanikevahel. Kogu tööstustoodang Tartus inimese kohta on Eesti keskmisest väiksem. Transpordi jalajälje suurus on Tartu omast suurem, sest kogu läbisõit elaniku kohta on suurem. Tartu elaniku transpordi jalajälje arvutamisel on kaasatud ainult linna sisene sõit, välja on jäetud elaniku reisimised väljaspool linna. Eesti transpordi jalajälje leidmisel on arvestatud elanike kogu liikumise pikkust.

Tartu transpordi ning majapidamise ökoloogiline jalajalg on võrreldes teiste linnadega tunduvalt väiksem. Küll aga ei tähenda see seda, et Tartu linna elanikud ei peaks oma transpordi kasutamise ning energiatarbimise harjumusi muutma keskkonnasäästlikumaks. Nimelt on antud töös uuritud vaid ühte osa terviklikust jalajäljest. Selleks, et Tartu inimesed elaksid jätkusuutlikult, peaks nende jalajalg olema alla 1,8 gha-a/in (Ewing et al. 2010). Tartus pole arvatud eraldi välja teisi jalajälje komponente (toitumine, kaubad, teenused), mistõttu on raske öelda, kui suur on Tartu terviklik jalajalg. Londonis ja Berliinis moodustab transpordi ning majapidamise jalajalg 15-16%, Oslos ning Liverpoolis 32-36%. Eesti riigi jalajäljest moodustas 2004. aastal see jalajälje osa 33,4%. Võttes aluseks, et Tartu transpordi ja majapidamise jalajalg moodustab kogu inimese jalajäljest 33%, oleks terviklik jalajalg 1,4 gha-a/in, hakkepuitu arvestades 2,7 gha-a/in. Kui võtta aluseks 15% osakaal oleks näitajad 3,1 gha-a/in ning 6,0 gha-a/in. Parima stsenaariumi puhul tarbivad Tartu linna elanikud vähem looduskeskkonda, kui Maa taastoota suudab, ülejäänud väärtuste puhul tarbime me rohkem.

5.2. Jalajälje vähendamise strateegiad

Tartu linnas elavate inimeste transpordi ökoloogilist jalajälge on võimalik vähendada mitmel viisil. Suurima sammu keskkonnasäästliku eluviisi poole saavad teha elanikud ise, valides keskkonnasäästlikumad liikumisviisid. Linna ökoloogiline jalajalg on seda väiksem, mida enam käiakse jalgsi, sõidetakse rattaga, kasutatakse ühistransporti ning keskkonnasõbralikke autosid. Elanikke saab mõjutada erinevate maksumäärade kehtestamisega, soodustuste pakkumisega ning infrastruktuuri arendamisega.

Kõige efektiivsemaks meetodiks, kuidas inimesed saaksid transpordi jalajälge vähendada, on liikudes jalgrattaga või jalgsi, viimase ökoloogilist jalajälge loetakse nulliks. Hetkel moodustab jalgrattaga sõitmine vaid 5% kõigist liikumisviisidest (Valikor Konsult OÜ 2009),

ometigi on keskmine kodu ja töökoha vaheline kaugus Tartu linnas 3,8 kilomeetrit (Tartu Linnavalitsus 2011(a)). Poolte elanike töökoht asub kodust kahe kuni viie kilomeetri kaugusel (Tartu Linnavalitsus 2011(a)), seega oleks võimalik jalgratast kasutada igapäevasel liiklemisel. Selleks, et jalgrattasõidu osakaalu suurendada, tuleks arendada jalgratta infrastruktuuri veelgi. Näiteks jalgratta kasutamise suurendamiseks on Stockholmis ja Kopenhaagenis paigaldatud rattateede äärte rattapumbad ning loodud ühistranspordi lähedusse rattaparklad (Nordic Council of Ministers). Jalgratta kasutamise ning jalgsikäimise osakaalu suurendaksid turvalisemad liiklemisvõimalused. Arutletud on võimaluse üle, mõne tänava sulgemisest autoliiklusele, näiteks Vabaduse puiestee sulgemine Laia tänava algusest Riia maanteeeni, samuti Aleksandri ning Vanemuise tänava sulgemine. Lisaks on päevakohaseks teemaks ka uue silla või tunneli ehitamine raudtee ületamiseks. Seoses uute õppehoonete ehitamisega Maarjamõisas on suurenenud tudengite liikumine kesklinna ning nimetatud linnaosa vahel. Uue silla ehitamine võiks olla ka ajendiks, et sulgeda Vanemuise tänav autoliiklusele. See omakorda võimaldaks kasutada tudengitel kesklinnast uutesse õppehoonetesse liikumisel rohkem jalgratast või käia jalgsi. Lisaks on võimalik suunitleda linlasi jalgratast kasutama läbi erinevate aktsioonide, näiteks „Autovaba päev“. Samas 80% elanikest kasutavad ka sel päeval igapäevast transporti (Raja 2011).

Autotranspordi kasutus on ja jääb suurimaks liiklemisviisiks linnas, seetõttu tuleb ökoloogilise jalajälje vähendamiseks keskenduda autotehnoloogia edasiarendamisele. Selleks, et ajendada linlasi rohelist energiat kasutavaid sõiduvahendeid soetama, tuleks pakkuda neile eeliseid tavaauto kasutajate ees. Näiteks tasuta parkimine ning elektriautodele vajalike laadimispunktide olemasolu töökoha ning kodu lähedal. Elektriautosid võib keskkonnasäästlikeks lugeda vaid sel juhul, kui nende poolt tarbitav energia on toodetud taastuvatest energiaallikatest. Oslos ning Stockholmis on kehtestatud linna sisse- ning väljasõidu maks, mis ei kehti keskkonnasäästlike liiklusvahendeid kasutavatele inimestele (Nordic Council of Ministers).

Ühistranspordi kasutamine on autokasutusele kõige lähedasem alternatiivne liikumisviis. Tartlaste põhiline kriitika Tartu ühistranspordile 2011. aasta uuringus oli bussiliikluse graafikust mitte kinni pidamine, graafikute liiga suured intervallid ning liiga kõrged piletihinnad (Raja 2011). Samuti on väljatoodud, et Tartu bussiliiklus on keeruline (Tartu Postimees 2012). Selleks, et suurendada ühistranspordi kasutust, tuleks enam tähelepanu pöörata just linnaelanike poolt välja toodud probleemidele. Üheks võimaluseks, kuidas

graafikust mitte kinnipidamist leevendada, on võimaldada inimestel teada saada, kus buss mingil ajahetkel asub. Torshavnis on loodud interneti ning SMSi süsteem, millega on võimalik jälgida bussi paiknemist GIS süsteemi abil, mis on paigutatud igasse bussi (Nordic Council of Ministers).

Lisaks tuleks ökoloogilise jalajälje vähendamiseks arendada ka bussitehnoloogiat. Aktuaalseks teemaks Tartu linnas on biogaasil liikuvad bussid. Sarnased bussid on kasutusel juba näiteks Oslos ja Stockholmis. Lisaks kasutavad biokütust Stockholmis ka taksod ning Reykjavikis prügiautod (Nordic Council of Ministers). Tartus on hetkel kasutusele võetud viis maagaasil sõitvat bussi, mis tulevikus peaksid hakkama tarbima biokütust. Selleks aga, et biokütust saaks kasutada, peaks linnas olema biogaasitootmise jaam, mida hetkel Tartus veel ei ole. Tartusse on plaanis rajada kaks biogaasi tootmisjaama – Ilmatsalu biogaasijaam ja AS Tartu Veevärgi reopuhastusjaam. Lisaks neile kahele on käimas arendusprojekt Aardlapalu prügilagaaside kommertskasutusvõimaluste uurimiseks ja lahenduste leidmiseks. Ilmatsalus toodetavat gaasi soovitakse kasutada elektri- ning soojuseenergia tootmiseks. AS Tartu Vesi kasutab toodetud biometaani aga enda tarbeks. Samuti on leitud, et Aardlapalu prügila gaasi autokütuseks puhastamine pole otstarbekas, pigem võiks seda kasutada soojus- ja elektrienergia tootmiseks (Annuk jt. 2011). Tuleb arvestada ka sellega, et optimaalselt saab prügilas gaasi toota vaid 20 aastat (Oja, Trinkt 2010). Selleks, et Tartu linn saaks täielikult biogaasil sõitvatele bussidele üle minna, on vaja veel ühte biogaasi tootmisjaama (Annuk jt. 2011).

Majapidamise energia tootmiseks kasutatakse Tartus hakkepuitu, maagaasi ning turvast. Üle poole toodangust põhineb biokütustel, mille tõttu on Tartu energia jalajälg suhteliselt väike. Lisaks plaanitakse energiatootmiseks kasutusele võtta biogaas, mille CO₂ emissioon on minimaalne. Lisaks alternatiivsele kütusekasutusele tuleks jälgida energiatarbimise kogust. Näiteks on võimalik linna energiatarvet kokku hoida tänavavalgustuse arvelt. Mitmes Euroopa linnas on kasutusele võetud LED-lambid, millele on paigaldatud ilmastiku sensorid, seetõttu on iga lamp võimeline oma valguse tundlikkust ise reguleerima (Nordic Council of Ministers). Majapidamise energia vähendamiseks tuleks elamu renoveerida ja soojustada ning parandada küttesüsteem. Uuringutest on selgunud, et üsna sageli on majad üle kõetud (Pikk, Virkus 2013).

5.3. Ökoloogilise jalajälje kasutamise võimalused

Kriitiliselt võib küsida, kas ökoloogilise jalajälje meetod sobib linna keskkonnasäästlikkuse näitlikustamiseks. Kas antud meetodit võib rakendada ka linna keskkonnapoliitikas - „võib olla“ (Aall et al. 2002). Ökoloogilise jalajälje põhjal võib moodustada aegridu, millelt on näha kas keskkonnasäästlikkus on kahanenud või mitte. Ökoloogilist jalajälge saab kasutada administratiivses planeerimises võimaldades hinnata mõjusid praeguste ning tuleviku vahel, poliitilises juhtimises, kasutades ökoloogilist jalajälge arengukava komponendina ning pannes selle järgi paika sihi (Aall et al. 2002). Samuti on võimalus jalajälge kasutada ühiskonna harimiseks, tutvustades seda haridusasutustes ning kohaliku omavalitsuse koduleheküljel. Ökoloogilise jalajälje miinuseks on linnade omavaheline võrreldamatus, millest tingituna ei saa otseselt väita, et üks linn oleks rohelisema keskkonnakasutusega kui teine. Selleks, et see võimalik oleks, tuleks meetodit standardiseerida. Üheks viisiks linna ökoloogilise jalajälje teadasaamiseks oleks kasutada konkreetsete linlaste jalajälgi esinduslikkuse alusel.

Kokkuvõte

Käesoleva uurimistö eesmärgiks oli leida Tartu linna ökoloogiline jalajalg majapidamise ja transpordi komponentide põhjal. Lisaks seati töö eesmärgiks uurida, kui suur on erinevate sotsiaalrühmade jalajälje suurus transpordi kasutuses. Arvutustes kasutati Tartule iseloomulikke, usaldusväärseid ja aktuaalseid näitajaid.

Tartu linna ökoloogiline jalajalg 2011ndal aastal oli 56 438,8 gha ehk 0,47 gha/in. Majapidamise jalajalg, mis koosnes ehitusalusest maast ning energia tootmiseks vajaminevast kütusekogusest oli 33 330,6 gha ehk 0,28 gha-a/in. Transpordi jalajalg, mis põhines auto- ning ühistranspordil oli 23 108,2 gha ehk 0,19 gha-a/in. Ühistranspordi alla arvestati Tartu linnaliini diislil ning maagaasil sõitvad bussid. Majapidamise jalajalg oli transpordi omast 1,5 korda suurem. Tartus energiatootmiseks kasutatavatest kütustest oli kõige suurem jalajalg hakkepuidul, see on peamiselt tingitud sellest, et selle kogused energia tootmisel on kõige suuremad. Majapidamise jalajälje esitamisel, pole hakkepuitu aga jalajälge otseselt arvestatud, kuna CO₂, mis puidu põletamisel tekib, on puidu kasvamise ajal atmosfäärist juba seotud. Transpordivahendite lõikes omas suurimat jalajälge autotransport. Autotranspordi jalajalg oli ühistranspordist 13 korda suurem, mis tähendab, et lisaks sellele, et võetakse kasutusele biokütusel sõitvad bussid, tuleks olulisi muudatusi teha ka autotranspordis. Sotsiaalrühmade lõikes oli suurim jalajalg tööelistel (8818,5 gha), mis moodustas 38% kogu transpordi jalajäljest. Tartu tudengite jalajalg moodustas kogu transpordi jalajäljest 17%.

Tartu jalajalg on võrreldes teiste Euroopa linnadega kaks kuni kolm korda väiksem. Võrdluses tuli arvestada sellega, et teiste linnade jalajäljed olid arvutatud kümme ja enam aastat tagasi, mille jooksul on tehnoloogia edasi arenenud nagu ka muutunud linnades elukorraldus. Samuti tuleb arvestada sellega, et kasutatud meetodika võis olla veidi erinev ning samuti ka komponentide kasutus. Peamisteks erinevuste tekitajateks on majapidamiseenergia tootmisel suur fossiilkütuste osakaal ning liiklemisel pikad vahemaad igapäevasel liikumisel. Kuigi transpordi ning majapidamise jalajalg olid suhteliselt väikesed, ei tea me täpselt, kui suur on Tartu linna terviklik jalajalg. Töös esitatakse võimalikke lahendusi Tartu linna ökoloogilise jalajälje vähendamiseks.

Ökoloogiline jalajälg on indikaator inimeste (tarbimis)nõudluse ning looduse pakkumisvõime vahel. Seda on võimalik rakendada erinevatel tasanditel, ka linna tasandil. Tartus saaks ökoloogilist jalajälge kasutada aegreana aasta keskkonnamõju võtmeindikaatorina. Samuti saab paika panna ka tulevikueesmärgid keskkonnameetmete rakendamiseks ja sihtarvud ökojalajäljeks. Meetod informeerib inimesi nende keskkonnakasutuse kohta ning tõsta nende teadmiseid ja aitab leida teid kasutamaks loodusressursse ökonoomsemalt.

Käesolevas uuringus arvutati esimest korda Tartu linna ning Tartus elavate inimeste ökoloogiline jalajälg, ehkki vaid majapidamis- ja transpordikomponendi osas. Et teada saada Tartu terviklik ökoloogiline jalajälg, tuleks järgnevates uuringutes lisada ka toitumise, kaupade ja teenuste jalajälg.

Summary

Ecological footprint of Tartu city based on transport and household components

Population growth has caused increasing use of the environment by mankind. To compare the impact of human activities on nature in 1990s W. Rees and M. Wackernagel worked out the conception of ecological footprint. With ecological footprint it is possible to compare human resource usage with the Earth productive capacity. Earth's ecological footprint is calculated every year and it shows that year by year human demand of natural resources is increasing. Ecological footprint enables to calculate peoples own, cities, regions and states impact to the whole planet.

The aim of this research was to estimate ecological footprint of Tartu city based on transport and household components. In addition, goal to study how big the footprint of different social groups in the usage of transportation is was set. Tartu proper, reliable and actual indicators were used in calculations.

Tartu's ecological footprint in 2011 was 56 438,8 gha, 0,47 gha per capita. Household footprint that consisted of the land beneath construction and the amount of fuel that is necessary in energy production was 33 330,6 gha, 0,28 gha-yr/per cap. Transportation footprint that based on car and public transport was 23108,2 gha, 0,19 gha-yr/per cap. Buses that ride on diesel and natural gas were counted under public transport. Household footprint was 1,5 times bigger than transportation footprint. Of the fuels that are used to produce energy in Tartu woodchips had the biggest footprint, it is mainly due that woodchips amounts to produce energy are bigger. Calculating household footprint woodchips are not directly counted in because CO₂ that comes from combustion is tied in atmosphere during trees growth. In transport car transport had the biggest footprint. Car transport footprint was 13 times bigger than public transport footprint, which means that in addition to that biofuel buses are put in use, important changes should be made in car transport. In social groups, working age group had the biggest footprint 8818,5 gha that formed 38% of the whole transport's footprint. Tartu university students' footprint formed 17% of the whole transport's footprint.

Tartu footprint is compared to the other European cities, two to three times smaller. In comparison must be counted that other cities' footprints were calculated ten or more years ago, in which technology has developed so well that the way of living in cities has changed. Also should be counted that the calculation method might have been slightly different as well as the usage of components. Main cause of differences is big usage of fossil fuel in household energy production and long distances of transport in daily traffic. Even though, transport and household footprints were quite small we do not know exactly how big the whole Tartu's footprint is, therefore, we should still strive towards environmental sustainability. In this work possible solutions are presented to decrease Tartu's ecological footprint.

Ecological footprint is indicator between people's consumption demands and nature supplying capacity. It can be used in different levels, city level as well. Tartu's ecological footprint can be used as a timeline for a year's environmental impact key indicator. Also future goals can be set for usage of the environmental measures and goals in ecological footprint. Method informs people about their use of the environment and increases their knowledge and helps to find ways to use natural resources sustainably.

In this research Tartu's and people's, who live in Tartu, footprint was calculated for the first time, even though, only household and transport components. To find out Tartu's whole footprint, future researches need to include economical footprint of nutrition, products and service.

Tänuõnad

Täna väga oma juhendajat Antti Rooset, kes mind alati vajadusel aitas ning bakalaureusetöö kirjutamisel suunas.

Suur tänu Age Poomile, kes aitas mul aru saada ökoloogilise jalajälje arvutusmetoodikast.

Täna südamest oma pere, sõpru, kursusekaaslaseid ning kolleege, kes minusse uskusid ning igal võimalusel toetasid ning innustada püüdsid. Erilised tänuõnad kuuluvad Kristiin ja Silva Sikule, Jane Veinbergile, Maarja Kõuele ning Valeria Januškevitsile.

Täna inimesi Tartu Linnavalitsusest, SEBEst, Tartu Regiooni Energiaagentuurist, AS-st Eraküte ning AS-st Fortum ning Tallinna Tehnika Ülikoolist, kellega andmete kogumisel suhtlesin.

Kasutatud kirjandus

Aall, C., Thorsen Norland, I. 2002. The Ecological Footprint of the City of Oslo – Results and Proposals for the Use of the Ecological Footprint in Local Environmental Policy. University of Oslo, 38p.

Amekudzi, A. A., Khisty, C. J., Khayesi, M. 2009. Using the sustainability footprint model to assess development impacts of transportation systems. Transportation Research Part A, 43, 339–348.

Annuk, A., Jõgi, E., Tamm, T., Kriispalu, M., Kosk, A., Bogdanov, P., Normak, A. 2011. Tartumaa taastuvate olme- ja tööstusjäätmete energiaressursside ülevaade. Lõpparuanne. Eesti Maaülikool, 104 lk.

Assets RPM OÜ. Biogaasibusside tutvustamise- ja kasutuselevõtu teostatavusuuring. 71 lk.

Barret, J., Scott, A. 2001. An Ecological footprint of Liverpool: Developing sustainable scenarios. Stockholm Environment Institute, 121 p.

Barret, J., Vallack, H., Jones, A., Haq, G. 2002. A Material Analysis and Ecological Footprint of York. Stocholm Environment Institute, 110 p.

Browne, D., O`Regan, B., Moles, R. 2008. Use of ecological footprinting to explore alternative transport policy scenarios in an Irish city-region. Transportation Tesearch Part D: Transport and Enviroment, 13, 315-322.

Chambers, N., Simmons, C., Wackernagel, M. 2000. Sharing nature`s interests: Ecological footprint as an indicator of sustainability. Eaethscan Publications Ltd, 199 p.

Chavez-Rodriguez, M. F., . Nebra, S. A. 2010. Assessing GHG Emissions, Ecological Footprint, and Water Linkage for Different Fuels. Environmental Science and Technology, 44, 9252–9257.

Jüssi, M., Poltimäe, H., Sarv, K., Orru, H. 2010. Säästva transpordi raport 2010. Säästva Arengu Komisjon, Tallinn, 2010, 73 lk.

- Ehrlich P., Holdren, J. 1971.** Impact of Population Growth. *Science*, 171, 1212-1217.
- EPA 2005.** Average Carbon Dioxide Emissions Resulting from Gasoline and Diesel Fuel. 3 p.
- Ewing, B., Goldfinger S., Wackernagel, M., Stechbart, M., Rizk, S. M., Reed A., Kitzes. J. 2008.** The Ecological Footprint Atlas 2008. Global Footprint Network, 82 p.
- Ewing, B., Moore, S., Goldfinger, A., Reed, A., Wackernagel, M. 2010.** The Ecological Footprint Atlas 2010. Global Footprint Network, 113 p.
- Giljum, S., Hammer, M., Stocker, A., Lackner, M., Best, A., Blobel, D., Ingwersen, W., Naumann, S., Neubauer, A., Simmons, C., Lewis, K., Shmelev, S. 2007.** Scientific assessment and evaluation of the indicator “Ecological Footprint“. Federal Environment Agency, 74p
- Haustein, S. 2011.** Mobility behavior of the elderly: an attitude-based segmentation approach for a heterogeneous target group. *Transportation*, 39, 1079-1103.
- Holden, E., Hoyer K. G. 2005.** The ecological footprints of fuels. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 10, 395-403.
- Inseneribüroo Strantum 2010.** Ühistranspordi uuring projektile „Tartu linna ja lähimavalitsuste ühistranspordi arendamine“. Lõpparuanne. Tallinn, 59 lk.
- IPCC 2006.** Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2.
- Klinsky, S., Sieber, R., Meredith, T., 2009.** Creating local ecological footprints in a North American context. *Local Environment*. *Local Environment*, 14, 495–513p.
- Kitzes, J., Peller, A., Goldfinger, S., Wackernagel, M. 2007.** Current Methods for Calculating National Ecological Footprint Accounts. *Science for Environment & Sustainable Society*, 4 (1), 9 p.
- Kuzyk, L. 2011.** The ecological footprint housing component: A geographic information system analysis. *Ecological Indicators*, 16, 31–39.

Lanzen, M., Murray, S. A. 2003. The Ecological Footprint – Issues and Trends. The University of Sidney. Reasearch paper, 27 p.

Maat, K., Timmermans, H. J. P. 2009. Influence of the residential and work environment on car use in dual-earner households. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 47, 654-664.

Monfreda, C., Wackernagel, M., Deumling, D. 2004. Establishing national natural capital accounts based on detailed Ecological Footprint and biological capacity assessments. *Land Use Policy* 21, 231-246.

Oja, A., Trinkt, T. 2010. Aardlapalu prügilaksutuse kommertskasutusvõimaluste uuring. Aruanne. OÜ Mõnus Minek. Tartu, 35 lk.

OÜ Cumulus Consulting 2011. Tartlane ja keskkond. Küsitluse aruanne, 40 lk.

Raja, T. 2011. Autovaba päev Tartus 2011. Küsitlusuuring. Tallinna Linnavalitsus, 23 lk.

Pikk, T., Virkus, K. 2013. Tartu linna hoonete energiatarbimise ja sisekliima uuringu teise etappi aruanne. Tartu regiooni energiaagentuur. Tartu, 106 lk.

Poom, A. 2006. Tallinna tagamaa uusasumi elaniku ökoloogiline jalajälg. Keskkonnasäästlik planeerimine ja ehitus 2. Tartu: Tartu Ülikool, 46-47.

Poom, A. 2010. Eesti gümnaasiumiõpilaste ökoloogiline jalajälg. Magistritöö. Tartu Ülikool, 89 lk.

Rees, E. 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanisation*, 121-130.

Risser, R., Haindl, G., Sta°hl, A. 2010. Barriers to senior citizens' outdoor mobility in Europe. *European Journal of Agein*, 7, 69-80.

Schaefer, F., Luksch, U., Steinbach, N., Cabeza, J., Hanauer, J. 2006. Ecological Footprint and Biocapacity – The World's ability to regenerate resources and absorb waste in a limited time periode. Office for Offical Publications of European Communities, 11 p.

Sedjo, R. A. 2012. The Carbon Footprint of Wood for Bioenergy. Resources for the Future.

Simmons, C., Lewis, K., Barrett, J. 2000. Two feet – two approaches: a component-based model of ecological footprinting. Ecological Economics. Oxford. Elsevier Science, 375-380.

Stechbart, M., Wilson, J. 2010. Province of Ontario - Ecological footprint and biocapacity analysis. Global Footprint Network, 56 p.

Tallinna Tehnika Ülikool 2009. Autopargi läbisõit Eestis 2008. aastal. Lõpparuanne. Tallinn, 101 lk

Tartu Linnavalitsus 2011(a). Tartu linna transpordi arengukava 2012–2020. 77 lk.

Tartu Linnavalitsus 2011(b). Tartu arvudes. Brožüür. Tartu, 7 lk.

Toom, K. 2009. Ökoloogiline jalajälg. Tallinna Ülikool, 6 lk.

Valikor Konsult OÜ 2009. Tartu linna ja lähimavalitsuste ühistranspordi arendamine“. Tartu linna ja linnaomavalitsuste elanike liiklusuuring. Küsitluste tulemused. Tartu Linnavalitsus, 116 lk.

Vihma, M. 2008. Ökoloogilise jalajälje kontseptsiooni rakendamine kohalike omavalitsuste juhtimisel. Bakalaureusetöö. Tartu Ülikool, 42 lk.

Wackernagel, M. 2000. Living Planet Report 2000. World Wildlife Fund for Nature. 34 p.

Wackernagel, M., Rees, W. 1996. Our ecological footprint:reducing human impact on the earth. New society publishers, 160 p.

Muud allikad

Eesti Energia 2013. (<https://www.energia.ee/polevkivist-elektri-tootmine>), viimati külastatud 18.05.2013

Euroopa Keskkonna Agentuur 2010. (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/ecological-footprint-of-european-countries/ecological-footprint-of-european-countries#uncertainties>), viimati külastatud 06.04.1013

GFN 2008. National Footprint Accounts 2008 edition: Estonia 2005. Global Footprint Network

Ehitisregister 2010.

(http://www.ehr.ee/v12.aspx?loc=0119&cmd=show&objekt=ELAMUF_REGION&aasta=2010&kvartal=0), viimati külastatud 12.05.2013

Maanteeamet 2012.

(http://www.balticbiogasbus.eu/web/Upload/doc/Tartu_City_Aug_2012/Muudatused_Eesti_Uhistranspordi_korralduses_I.Roos.pdf), viimati külastatud 17.05.2013

Nordic Council of Ministers. Nordic solutions for sustainable cities. The Nordic Eight.

(https://subsite.kk.dk/sitecore/content/Subsites/CityOfCopenhagen/SubsiteFrontpage/Business/Growth_and_partnerships/~media/79438EB6E10F48F7A5A37EFB39AD4140.ashx), viimati külastatud 16.05.2013

One Planet Economy Network 2011. (https://www.eureapa.net/explore/?region_id=6), viimati külastatud 18.05.2013

Statistikaamet 2009. (<http://www.stat.ee/34300>), viimati külastatud 14.11.2012

Tartu Postimees 2012. (<http://www.tartupostimees.ee/1005568/saksa-eksperdid-peavad-tartu-bussiliiklust-liiga-keeruliseks/>), viimati külastatud 18.05.2013

Lisad

Lisa 1. Transpordivahendite täituvus sotsiaalrühmade lõikes.

Sotsiaalarühm	Autotransport (%)	Ühistransport (%)	Ühistransport (%)
Lapsed	17	24	29*
Tudengid	17	24	29*
Tööealised	39	16	38
Pensionärid	27	36	33

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina _____ Viktoria Januškevitš _____
(*autori nimi*)
(sünnikuupäev: _____ 06.12.1990 _____)

annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
„Tartu linna ökoloogiline jalajälg transpordi ning majapidamise komponentide
põhjal“

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on _____ PhD Antti Roose _____,
(*juhendaja nimi*)

- 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is 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.

Tartus, **20.05.2013**