

Tartu Ülikool  
Loodus- ja täppisteaduste valdkond  
Ökoloogia ja Maateaduste instituut  
Botaanika osakond

Raul Markus Vaiksoo

**ELURIKKUSEGA ARVESTAMINE  
KESKKONNAJALAJÄLGEDE ARVUTAMISEL**

Bakalaureusetöö  
Bioloogia ja elustiku kaitse  
12 EAP

Juhendaja: kaasprofessor Aveliina Helm  
Kaasjuhendaja: teadur Triin Reitalu

Tartu 2022

## **Elurikkusega arvestamine keskkonnajalajälgede arvutamisel**

Keskkonnajalajäljed on grupp indikaatoreid keskkonnamõjude mõõtmiseks. Erinevaid jalajälgi on loodud kümneid, ka kõige levinumate definitsioonid ja arvutusmeetodid erinevad kohati olulisel määral. Käesolev töö uurib keskkonnajalajälgi ja elurikkuse kui jätkusuutliku arengu olulise komponendi arvestamist nende arvutamisel. Töö eesmärkideks on selgitada levinumate jalajälgede arvutamiseks kasutatavate kalkulaatorite peamisi tööpõhimõtteid; uurida, millised neist võiksid arvestada elurikkuse komponenti; ja milliseid jalajälgi ning kus ja kuidas oleks mõistlik kasutada. Arutelus jagan kalkulaatorid kolmeks: üksikisikule, tootjale ja riigile suunatud mudelid. Meetodeid lähemalt uurides selgub, et paljud neist jalajälgedest arvestavad küll süsinikuemissiooniga kuid mitte elurikkusega. Arvestades elurikkuse kriisi pakilisust, peaksid keskkonnajälge kirjeldavad mõõdikud ja indikaatorid edaspidi kindlasti sisaldama ka elurikkuse komponenti.

Märksõnad: keskkonnamõju, keskkonnajalajalg, elurikkuse jalajalg, ökoloogiline jalajalg, maakasutus, kliimamõju

CERCS teadusalad: B270 Taimeökoloogia

## **Taking biodiversity into consideration in the calculation of environmental footprints**

Environmental footprints are a group of indicators used to measure environmental impact. Dozens of different footprints have been created, and the definitions and calculation methods of the most common ones differ significantly depending on the source. This thesis examines environmental footprints and the consideration of biodiversity as an important component of sustainable development in their calculation. The aims of the thesis are to explain the main working principles of the most common footprint calculators; examine which of them could take into consideration the biodiversity component; and which footprints, where, and how could be taken into use. During the discussion I divide the calculators into three: individual-, manufacturer-, and country-specific models. A closer look at the methods reveals that many of these footprints take into account carbon emission but not biodiversity. Given the scale of the biodiversity crisis, indicators describing environmental footprints should certainly include a biodiversity component.

Keywords: environmental impact, environmental footprint, biodiversity footprint, ecological footprint, land use, climate impact

CERCS research fields: B270 Plant ecology

# Sisukord

Sissejuhatus.....	4
1. Keskkonnajalajäljed.....	5
<b>1.1. Jalajälgede arvutamise vajadused ja põhjused .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2. Levinumad jalajäljed ja nende arvutamise põhimõtted .....</b>	<b>7</b>
1.2.1. Levinumad jalajäljed .....	8
1.2.2. Definiitsioonid ja arvutus põhimõtted.....	9
<b>1.3. Probleemid jalajälgede kasutamisel .....</b>	<b>11</b>
2. Elurikkuse komponent jalajälgedes .....	13
<b>2.1. Analüüs mõõtühikute alusel.....</b>	<b>13</b>
2.1.1. Ökoloogiline jalajälg.....	14
2.1.2. Elurikkuse jalajälg.....	15
3. Arutelu: hetkeolukord, probleemid ja võimalikud lahendused.....	17
<b>3.1. Mudelid üksikisikule.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2. Mudelid tootjale .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3. Mudelid riigile.....</b>	<b>20</b>
Kokkuvõte.....	21
Summary .....	22
Tänuavaldused .....	23
Kirjanduse loetelu .....	24
<b>Internetileheküljed .....</b>	<b>27</b>

## Sissejuhatus

Elurikkus (*biodiversity*) – selle vähenemine ja kaitse – on ÜRO ülemaailmsete säästva arengu eesmärkide (*Sustainable Development Goals*) seas välja toodud kahel korral: 14. eesmärgina ookeani- ja mereökosüsteemide ning 15. eesmärgina elurikkuse ja maismaaökosüsteemide näol (Riigikantselei 2022). Elurikkusega kõige otsesemas seoses on antud tegevuskava eesmärkidest veel 13. ehk kliimameetmed. Lahenduste leidmine ei ole aga kerge. Näiteks ÜRO 15. eesmärgi 2. punkt sõnastab ülesandeks: „suurendada kogu maailmas oluliselt metsastamist ja metsade uuendamist“ (Riigikantselei 2022), kuid ühetaoline lähenemine metsastamisele ei pruugi lahendada ei kliima ega ka elurikkusega seotud probleeme (Helm 2021; Tölgyesi *et al.* 2022).

Praegust elurikkuse hävimist on käsitletud Maa kuuenda massväljasuremisena (Ceballos *et al.* 2015), IPBES<sup>1</sup> globaalse aruande järgi on väljasuremisohus suisa miljon taime- ja loomaliiki (IPBES 2019). Keskkonnaalased väljakutsed on andnud põhjust töötada välja erinevaid tegevuskavu (nt mainitud ÜRO säästva arengu eesmärgid) ja standardiseeritud hinnangutehnikaid (nt olelusringi hindamine ehk LCA<sup>2</sup>). Viimaste hulka kuuluvad kindlasti ka keskkonnajalajäljed (*environmental footprint*) kui jätkusuutlikkuse indikaatorid, mille eripära seisneb nende laias kasutusvõimaluses ning kergesti kasutatavuses (Čuček *et al.* 2012; Matuščík *et al.* 2021; *etc.*).

Bakalaureusetöö esimeses osas koondan informatsiooni levinumate keskkonnajalajälgede ja nende kalkulaatorite osas, et teada saada, mis on nende peamised tööpõhimõtted. Töö teises osas arutlen, millised jalajäljed arvestavad või peaksid lähtuvalt oma sätestatud eesmärgist elurikkuse aspekti arvestama. Jalajälg saab olla tõsiseltvõetav jätkusuutlikkuse indikaator ja abivahend looduse kaitsel vaid juhul, kui ta vastab selgelt sõnastatud kriteeriumitele ning arvestab kõiki oma nimetuses kajastuvaid ja antud valdkonnas keskkonnaseisundit oluliselt mõjutavaid aspekte. Kolmandas peatükis arutlen, millised jalajäljed ja tööriistad on jätkusuutliku ja säästva arengu tarvis olemas ning millised on veel puudu.

---

<sup>1</sup> IPBES – *The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*

<sup>2</sup> LCA – *Life Cycle Assessment* (olelusringi hindamine)

## 1. Keskkonnajalajäljed

William E. Rees (1992) lõi 1990ndatel tõenäoliselt esimesena ökoloogilise jalajälje mõiste, mis neli aastat hiljem, koostöös Mathis Wackernageliga (et Rees 1996) viis samal teemal raamatu kirjutamiseni. Vanham *et al.* (2019) järgi on viimase 22 aasta jooksul avaldatud artikleid peamiselt kolmest jalajäljest: ökoloogiline jalajalg (*ecological FP*<sup>3</sup>), süsinikujalajalg (*carbon FP*) ja veejalajalg (*water FP*). Viimased kaks said hoo sisse 00ndate teises pooles, nende kasutamine on eksponentsiaalselt kasvanud (Vanham *et al.* 2019). Veel on rohkem avaldamist leidnud järgmised: energia- (*energy FP*), maa- (*land FP*), lämmastiku- (*nitrogen FP*), fosfori- (*phosphorus FP*), materjalijalajalg (*material FP*), elurikkuse jalajalg (*biodiversity FP*), kemikaaljalajalg (*chemical FP*), tahkete osakeste jalajalg (*PM<sup>t</sup> FP*) ja osoonijalajalg (*ozone FP*) (Vanham *et al.* 2019).

Jalajälgi on veel palju: vähem mainimist leidnud ja/või spetsiifilisemad jalajäljed on näiteks põllumajandusmaa jalajalg (*agricultural land FP*), põllumaa jalajalg (*crop land FP*), hoonestatud maa jalajalg (*built-up land FP*), halli vee jalajalg (*gray water FP*), sinise vee jalajalg (*blue water FP*), roheline vee jalajalg (*green water FP*), emissioonijalajalg (*emission FP*), eksergiajalajalg (*exergy FP*), toit-energiaks-jalajalg (*food-to-energy FP*), püügiala jalajalg (*fishing-ground FP*), metsajalajalg (*forest FP*), karjamaa jalajalg (*grazing land FP*) ja inimesejalajalg (*human FP*) (Čuček *et al.* 2012; Vanham *et al.* 2019).

Nimetatud indikaatorid kuuluvad kõik katusermini 'keskkonnajalajäljed' (*environmental footprints*) hulka. Jalajälgi võib aga liigitada kolmeks: lisaks keskkonnajalajälgedele on olemas ka sotsiaaljalajäljed ja majandusjalajäljed (Čuček *et al.* 2012). Majandusjalajäljed (*economic footprints*) uurivad millegi (nt sündmuse või ettevõtte) mõju majandusele, näiteks COVID-19 pandeemia mõju kogu maailma majandusele (Guan *et al.* 2020). Sotsiaaljalajäljed (*social footprints*) on viimasega sarnased, uurides samuti millegi (nt sündmuse või ettevõtte, aga ka sotsiaalmeediapostituse) mõju ühiskonnale (Henriques 2010). Käesolevas töös opereeritakse katusermini 'keskkonnajalajäljed' piires.

William E. Reesi välja pakutud kontseptsioon sai kiiresti populaarseks nii teaduses kui ajakirjanduses kui „arusaadav jätkusuutlikkuse indikaator“ (Matuščík *et* Kočí 2021). Samas sedastavad Matuščík ja Kočí (2021), et erinevate lähenemisviiside ja laialdase kasutamise tõttu on jalajälgede kontseptsioonid tihti hägusad, nende definitsioonid ja näitajad erinevad:

---

<sup>3</sup> FP – *footprint* (jalajalg)

<sup>4</sup> PM – *particulate matter* (tahked osakesed) (vt Kim *et al.* 2020)

Kuigi algselt hõlmas mõiste „jalajalg“ otseses mõttes vaid kasutatavat maa-ala – konkreetse tegevuse jälge maale (Rees *et* Wackernagel 1996) –, siis hiljem on mõistet üldistatud ka „inimese keskkonnasurve indikaatoriks“ (Hoekstra *et* Wiedmann 2014).<sup>5</sup> [siin ja edaspidi autori tõlge]

Mitmed autorid (Čuček *et al.* 2012; Hoekstra 2008; Matuščík *et* Kočí 2021; Vanham *et al.* 2019, *etc*) tõdevad ka, et adekvaatsema tulemuse saavutamiseks tuleks eri jalajälgi omavahel kombineerida ning on proovitud luua nn Jalajälgede Perekonda (*Footprint Family*). Käesolevas peatükis uurin jalajälgi eraldiseisvate üksustena, nagu see praeguses kirjanduses peamiselt tavaks on.

## 1.1. Jalajälgede arvutamise vajadused ja põhjused

Jalajälgede arvutamiseks loodud kalkulaatoreid ja tööriistu on palju: lihtsamad vabavaralised *online*-versioonid, alla laetavad keerulisemad programmid (Wiedmann *et* Minx 2007: 1), sertifitseeritud hindamismeetodid (ISO 2018a; ISO 2018b) *etc.* Jalajälge võib arvutada isikule, aga ka tootele või tervele riigile, nagu kirjutab Hoekstra (2008: 5) vee jalajälje kohta:

[...] jalajälge võib arvutada mistahes tootele või tegevusele, samuti mistahes täpsemalt määratletud tarbijarühma(de) (nt üksikisik või perekond, või küla, linna, maakonna, osariigi või riigi elanik) või tootja(te) (nt avalik-õiguslik organisatsioon, eraettevõtte või terve majandussektor) kohta.<sup>6</sup>

Kuigi kõiki keskkonnajalajälgi võib arvutada mistahes tootele, tegevusele, tarbijarühmale või tootjale, on konkreetsed kalkulaatorid enamasti spetsialiseerunud. Näiteks Global Footprint Networki *online*-kalkulaator on mõeldud üksikisiku või leibkonna ökoloogilise jalajälje arvutamiseks; Chemical Footprint Networki kalkulaator on mõeldud ettevõtte ja selle toodete kemikaaljalajälje arvutamiseks.

Seega on keskkonnajalajälgede arvutamise põhjused tihti erinevad. Vanham *et al.* (2019) kõrvutab üheksa Maa taluvuspiiri (*planetary boundaries*) levinumate jalajälgedega. Maa taluvuspiirid on Rockström *et al.* (2009) poolt loodud kontseptsioon, mis jaotab inimese globaalse keskkonnamõju üheksasse kategooriasse. Nende üheksa piiri – (1) kliimamuutus, (2) ookeanide hapestumine, (3) stratosfääri osoonikihi kahjustumine, (4) lämmastiku- ja

---

<sup>5</sup> „Although originally “footprint” meant, quite literally, a land area appropriated by some entity – its imprint on the land (Rees and Wackernagel, 1996) –, later the general definition was extended to “indicators of human pressure on the environment” (Hoekstra and Wiedmann, 2014).“ (Matuščík *et* Kočí 2021: 2)

<sup>6</sup> „A water footprint can be calculated for any product or activity as well as for any well-defined group of consumers (e.g. an individual or family, or the inhabitants of a village, city, province, state or nation) or producers (e.g. a public organization, private enterprise or a whole economic sector).“ (Hoekstra 2008: 5)

fosforisaaste, (5) magevee ületarbimine, (6) maakasutuse muutus, (7) elurikkuse kadu, (8) keemiline saaste, (9) atmosfääri aerosoolide koormus – ületamisel tekivad keskkonnas pöördumatud muutused. Vanham *et al.* (2019: 4) kõrvutuse järgi on võimalik indikaatoreid kasutades näidata, mil määral häirib inimtegevus konkreetseid Maa taluvuspiire.

Jalajälgi saavad kasutada ka riigid ja organisatsioonid, et osata liikuda säästvama tootmise ja tarbimise suunas. Näiteks olulusringi hindamise Euroopa platvorm (*European Platform of Life Cycle Assessment*) on välja töötamas raamistikku toodete keskkonnamõju hindamiseks koos keskkonnajalajäljega (European Commission [s.a]b).

Mitmed kalkulaatorid on suunatud ka eraisikule, et aidata teha valikuid keskkonnasäästlikuma eluviisi kasuks. Näiteks pakub Global Footprint Network vabavaralist *online*-kalkulaatorit (vt <https://www.footprintcalculator.org/home/en>) üksikisiku või leibkonna ökoloogilise jalajälje arvutamiseks, kusjuures arvestamata ei saa jätta ka meelelahutuslikku aspekti, sest kalkulaatori illustriivsele disainile on pandud olulist rõhku.

Fang *et al.* (2016) järgi võib keskkonnajalajäljed jagada kaheks: ühed hõlmavad kasutatud ressursse (nt materjaljalajalg), teised keskenduvad jäätmetele, sh heidetele (nt süsinikujalajalg). Komplekssemad jalajäljed hõlmavad mõlemat aspekti.

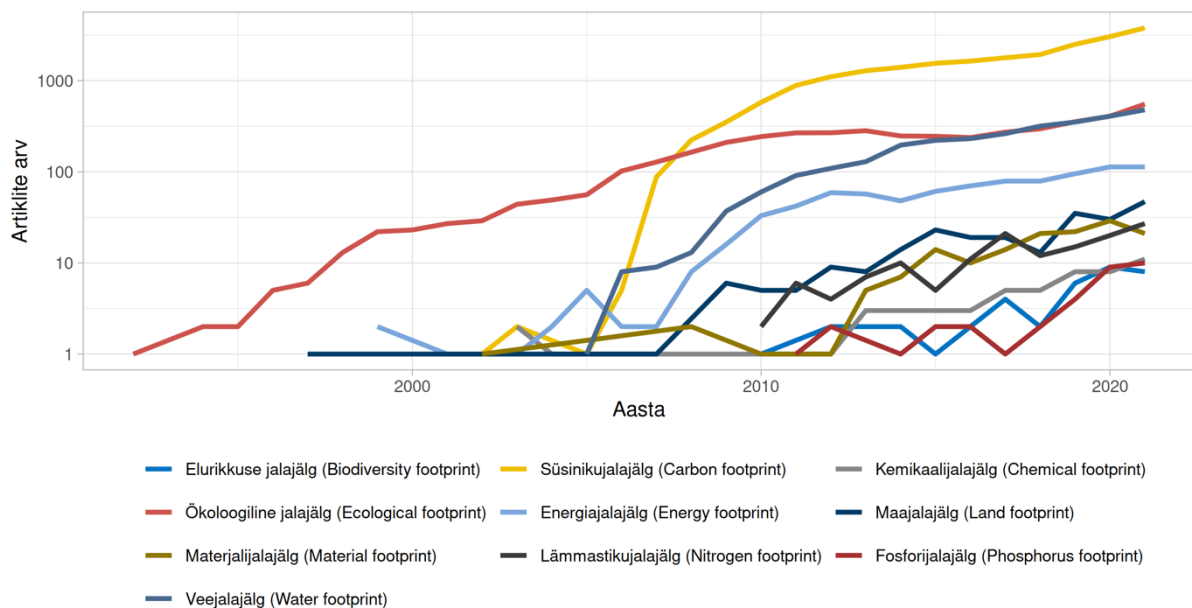
Jalajälgi tervikuna on erinevalt grupeerinud veel mitmed autorid, kuid lähtuvalt loodud tööriistadest pakun välja kalkulaatorite ja arvutusmudelite jagamise kolmeks: mudelid üksikisikule, mudelid tootjale ning mudelid riikidele ja/või suurorganisatsioonidele. Sellise jaotuse alusel võib näiteks süsinikujalajälge arvutada üksikisik (kogu üksikisiku tarbimisest ja eluviisist lähtuvate heidete summa päevas aastas või elu jooksul), tootja (kõikide toodete, nende pakendamisel ja transpordil, aga ka administratiivselt tekkinud heidete summa) või suurem ühendus (riigi/organisatsiooni/ühenduse kõikide tootjate ja tarbijate tekitatud heidete kogusumma).

## 1.2. Levinumad jalajäljed ja nende arvutamise põhimõtted

Korrates Vanham *et al.* (2019) uurimust kolm aastat hiljem levinumate jalajälgede kohta, otsisin kirjastuse Elsevier referaat- ja tsiteerimisandmebaasist SCOPUS (<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>) järgmisi mõisteid: süsinikujalajalg (otsingutermi: „*carbon footprint*“), ökoloogiline jalajalg („*ecological footprint*“), veejalajalg („*water footprint*“), energiajalajalg („*energy footprint*“), maajalajalg („*land footprint*“), materjaljalajalg („*material footprint*“), lämmastikujalajalg („*nitrogen footprint*“),

fosforijalajälg („*phosphorus footprint*“), kemikaaljalajälg („*chemical footprint*“), elurikkuse jalajälg („*biodiversity footprint*“), tahkete osakeste jalajälg („*PM footprint*“) ja osoonijalajälg („*ozone footprint*“) (vt Joonis 1). Kemikaaljalajälg on mitmetähenduslik mõiste, mida kasutatakse ka meditsiinis ja astronoomias, vastavasisulised artiklid jätsin nii tööst kui jooniselt välja.

Teaduskirjanduses osutatud tähelepanu jalajälgedega seonduva vastu on tõusva trendiga (Joonis 1). Süsinikjalajälje kohta leidsin 23. maiks 2022 artikleid 23583 (esmamainimine 2002), ökoloogilise jalajälje kohta 4905 (esmamainimine 1992) ning veejalajälje kohta 3134 (esmamainimine 2005). Teistega võrreldes oli rohkem mainitud veel vaid energijalajälge (943 korda, esmamainimine 1999), ülejäänud ei ületanud 300 piiri (maajalajälg – 260 (1997); materjaljalajälg – 163 (2002); lämmastikjalajälg – 153 (2010); kemikaaljalajälg – 60 (2003); elurikkuse jalajälg – 39 (2010); fosforijalajälg – 36 (2011)). Kuna osoonijalajälge oli mainitud vaid üks kord ja tahkete osakeste jalajälge 8 korda, siis jätsin need jooniselt välja ning ei kajasta neid ka edasises arutelus.



Joonis 1. Kümne levinuma jalajälje publikatsioonid aastate lõikes alates esmamainimisest aastani 2021. Y-telg on logaritmitud.

### 1.2.1. Levinumad jalajäljed

Uuris järgnevalt kümme levinumat jalajälge. Nagu selgus, on levinumatel jalajälgedel erinevaid definitsioone väga palju. Definitsioonide üks suur varieeruvuse põhjus tuleneb tootja ja tarbija erinevustest, st kas kalkulaator on mõeldud näiteks toote, tootegrupi



ja/või tootja jalajälje arvutamiseks või on tegu tarbijale suunatud tööriistaga, et arvutada oma isiklikku (või pere, leibkonna, linna, *etc*) jalajälge.

Konkreetsed *online*-kalkulaatortööriistad leidsin süsinikujalajäljele, ökoloogilisele jalajäljele, veejalajäljele, energiajalajäljele ja elurikkuse jalajäljele. Ülejäänute puhul tuginesin teoreetilistele töödele (vt Tabel 1).

Positiivsena saab välja tuua, et enamik leitud kalkulaatoreid proovisid hõlmata võimalikult palju aspekte: näiteks ökoloogilise jalajälje arvutamiseks saab Global Footprint Networki rakendusse (<https://www.footprintcalculator.org/home/en>) lisada erinevaid parameetreid oma toitumisharjumuste, transpordi liigi ja koguse, elukoha ja eluhoonetüübi, energiakasutuse, jäätmekoguse ja -käitluse kohta. The Nature Conservancy süsinikujalajälje kalkulaator (<https://www.nature.org/en-us/get-involved/how-to-help/carbon-footprint-calculator/>) koosneb samuti ülalmainitud parameetritest (v.a jäätmed). Mitmed kalkulaatorid pakuvad ka abistavaid ettepanekuid konkreetse jalajälje vähendamises (nt eelmainitud, aga ka Water Footprint Calculator veejalajälje arvutamiseks). Mitmete autorite järgi (Fang *et al.* 2016; Vanham *et al.* 2019; Wackernagel *et Rees* 1996; *etc*) võib positiivseks pidada ka kalkulaatorite kasutamise lihtsust ning nende kergesti mõistetavust.

Negatiivsena saab välja tuua, et kalkulaatorid ei arvesta tihti lokaalsete eripäradega või on need vastupidi loodud ainult mingi spetsiifilise piirkonna näitel. Näiteks The Nature Conservancy süsinikujalajälje kalkulaator on kasutamiseks ainult Ameerika Ühendriikide elanikele ja Soome keskkonnainstituudi kalkulaatorid (Finnish Environmental Institute 2021) vaid Soome ja Läänemere regiooni arvutamiseks. Definitsioonid on kohati segased või liialt üldsõnalised ning ei vasta alati ka täielikult oma nimetusele. Näiteks “süsinikujalajälge” hõlmab tegelikult kõiki kasvuhoonegaase. Samuti on kalkulaator-tööriist oma olemuselt üldistav, mis on tarvilik võrdlusmomendi tekitamiseks, kuid ei paku kvalitatiivset analüüsivõimalust ja juhtumipõhist lähenemist.

### 1.2.2. Definitsioonid ja arvutuspõhimõtted

Allolevast tabelist leiab jalajälje võimaliku definitsiooni ning arvutamisel hõlmatud aspektid. Nagu ülal kirjutatud, on erinevaid kalkulaatoreid, iseäranis levinumate jalajälge puhul, kümme ja enam. Siinkirjutaja on teinud valiku võimalikult levinumate kalkulaatorite või nende puudumisel artiklite kasuks. Tekstisisesed viited leiab tabeli teisest veerust, veerus „hõlmatavad aspektid“ on viidatud vaid juhul, kui jalajälje allikas erineb „definitsiooni“ omast.

Tabel 1. Levinumate jalajälgede võimalikud definitsioonid ja arvutusmeetodid.

JALAJÄLG (JJ)	DEFINITSIOON	HÕLMATAVAD ASPEKTID
Süsiniku-JJ	„Süsinikujalajalg on meie tegevuse käigus tekkivate kasvuhoonegaaside (sh süsihappegaas ja metaan) koguhulk [tonnides].“ (The Nature Conservancy [s.a])	Hõlmab erinevate kasvuhoonegaaside (tihti: CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> ; harvem: N <sub>2</sub> O, freoonid, etc) eraldumist (Britannica [s.a]) Mõõtühik: tonni CO <sub>2</sub> -e aastas (t <sub>co2</sub> /a). Tähele tuleb panna, et „süsinik“ JJ nimetuses on eksitav – mõeldakse just CO <sub>2</sub> -e emissiooni, kusjuures teiste kasvuhoonegaaside emissioon arvutatakse ekvivalendina samuti CO <sub>2</sub> -ks. Nt 1 kg N <sub>2</sub> O-le vastab 298 kg CO <sub>2</sub> -e (Biodiversity Footprint Calculator [s.a]). Süsiniku-JJ saab kõrvutada toodete olelusringi (LCA) sertifitseeritud hindamismeetoditega (Matuščík et Kočí 2021).
Vee-JJ	„Veejalajalg on tarbitud, aurustunud ja saastatud vee maht kokku.“ (Water Footprint Calculator [s.a])	Hõlmab eneses kolme jalajälge ('sinise', 'rohelise' ja 'halli' vee JJ summa). Mõõtühik: mahtu ajaühiku kohta (nt. m <sup>3</sup> /a).
Ökoloogiline JJ	Ökoloogiline JJ on põllumaa, karjamaa, metsamaa, püügiala, hoonestatud ala ja süsiniku siduva ala liitjalajalg, mida võrreldakse antud ala biovõimsusega (Borucke et al. 2013; Global Footprint Network [s.a]b)	Hõlmab eri jalajälgi, eristades põllu-, karja-, metsamaa, kalapüügialade ja hoonestatud alade kasutamist ning süsiniku-JJ arvutamist. Iga maakasutustüübi puhul jagatakse saagi mass maailma keskmise saagikusega ning korrutatakse tulemus vastava tüübi ekvivalendiga, kusjuures põllumaa ja hoonestatud alade ekvivalent ning metsamaa ja süsinikujalajälje ekvivalent on samad. Tulemust võrreldakse antud maaala biovõimsusega. Mõõtühik: globaalhektar (gha).
Energia-JJ	<i>/info puudub/</i>	Erinevad lähenemised: a) kohati sarnane EL-i energiamärgisega (hõlmab energiakulu). Mõõtühik: kilovatt-tundi aastas (kWh/a) (European Commission [s.a]c; The Church of England 2020); b) kohati hõlmab (keskmist) maaala, mida on energia tootmiseks vaja. Mõõtühik: globaalhektarit aastas (gha/a) (Kitzes et Goldfinger 2006; Global Footprint Network 2005).
Maa-JJ	Maa-JJ on tarbimiseks või tootmiseks realselt kasutatud maaala hektarites (O'Brien et al. 2015) või globaalhektarites (Weinzettel et al. 2013).	Hõlmab maakasutust üldiselt või eraldi põllu-, karja-, metsamaad, merd ja hoonestatud maad. Mõõtühik: hektar (ha) või globaalhektarit aastas (gha/a).
Lämmastiku-JJ	Lämmastiku-JJ on kogu tarbimise või tootmise teel keskkonda eraldunud lämmastik mass (Galloway et al. 2014)	Ökoloogiline JJ hõlmab erinevaid maa-JJ-i. Hõlmab eraldunud reaktiivset lämmastikku (lämmastikuühendid, v.a N <sub>2</sub> ). Mõõtühik: kilogrammi (reaktiivset) lämmastikku aastas (kg <sub>N</sub> /a).
Fosfori-JJ	Fosfori-JJ on kogu tarbimise või tootmise teel keskkonda eraldunud fosfori mass (Papangelou et al. 2021; Strååt 2013)	Hõlmab keskkonda eraldunud fosforit. Mõõtühik: kilogramm (kg) või kilogrammi aastas (kg/a), aga ka eraldunud fosfori mass pindalaühiku kohta või toodetud/tarbitud toote kohta.
Materjali-JJ	Materjali-JJ on kõigi tootmiseks või tarbimiseks kulunud loodusliku tooraine mass (Susla [s.a])	Hõlmab nii mineraalset looduslikku toorainet (nt metallimaak, toornafta, kivisüsi) kui ka biomassi (nt puit, toit), mis on tootmiseks või tarbimiseks kulunud (k.a transport, tekkinud jäätmed etc). Mõõtühik: kilogramm (kg) või tonn (tonn).
Elurikkuse JJ	Elurikkuse JJ on tootmise või tarbimise käigus tekkinud mõju antud ala potentsiaalsele keskmisele	Hõlmab maakasutust (erinevad väärtused) ja süsinikuheidet. Mõõtühik: liikide arvukuse muutus protsentides hektari kohta, kus 0 (0%) tähistab häirimata ala

JALAJÄLG (JJ)	DEFINITSIOON	HÕLMATAVAD ASPEKTID
Kemikaali-JJ	<p>liigirikkuusele (Biodiversity Footprint Calculator [s.a])</p> <p>Keemikaali-JJ on tootmise või tarbimise käigus kasutatud või tekkinud ohtlike kemikaalide (CoHC)<sup>7</sup> kogumass (The Chemical Footprint Project [s.a])</p> <p>Hiina teadlased on välja pakkunud ka hulga komplekssemaid meetodeid (Li <i>et al.</i> 2021).</p>	<p>ning 1 (100%) potentsiaalse liigirikkuuse täielikku kadu (MSA.ha).</p> <p>Hõlmab kõikide ohtlike kemikaalide kogumassi, mida on kasutatud või mis on tekkinud mingi toote tootmisel (nt ka pakend). Mõõtühik: ohtlike kemikaalide kogumass grammides (g) või kilogrammides (kg).</p>

### 1.3. Probleemid jalajälgede kasutamisel

Kriitika olemuse võtavad oma artikli „What is a footprint? A conceptual analysis of environmental footprint indicators“ sissejuhatuses hästi kokku Matušćiki ja Koći (2021: 2):

Mõistet „jalajalg“ kasutatakse tänapäeva meedias laialdaselt, kuid tegelikult on inimestel selle sisust vaid ähmane ettekujutus, ja see näib kehtivat ka teadusringkonna kohta. See võib, konteksti mõistmata, viia tulemuste kriitilise vastuvõtmiseni, aga ka skeptitsismi ja tervikkontseptsiooni tagasilükkamiseni.<sup>8</sup>

Jalajälgede teemas on palju segadust ja mitmeti mõistetavust. Näiteks mõistet 'keskkonnajalajalg', mis võiks olla katusterminiks paljudele indikaatoritele, kasutatakse tegelikult süsinikujalajälje kalkulaatori juures (nt siin: <https://footprint.wwf.org.uk/#/>) või nimetatakse süsiniku kalkulaatorit lihtsalt „jalajälje kalkulaatoriks“ (nt siin: <https://footprintcalculator.henkel.com/en>).

Süsinik ja/või kasvuhoonegaasid on üleüldiselt enim arvestatav aspekt jalajälgede arvutamisel: süsinikuheidet arvestavad lisaks süsinikujalajäljele ka ökoloogiline jalajalg, maajalajalg ja elurikkuse jalajalg, täielikult süsinikupõhine on ka energiajalajalg. Materjaljalajalg arvestab suures osas nt nafta, kivisöe ja teiste süsinikupõhiste toorainetega. Toitainete jalajäljed (*nutrient footprint*)<sup>9</sup>, näiteks lämmastikujalajalg arvestab jällegi lämmastikupõhiste ühendite keskkonda eraldumist, millest osa (nt N<sub>2</sub>O) kuulub ka

<sup>7</sup> „Ohtlikud kemikaalid“ [*Chemical of High Concer – CoHC*] on kantserogeenid, mutageenid, arengut ja/või paljunemist kahjustavad mürgid; püsivad, bioakumuleeruvad ja toksilised aine [*persistent, bioaccumulative, and toxic substance – PBT*]; väga püsivad ja väga bioakumuleeruvad ained [*very persistent and very bioaccumulative – vPvB*]; või mistahes muud kemikaalid, mille tõenäolised tõsised mõjud inimese tervisele või keskkonnale on teaduslikult tõestatud; mis tekitavad samaväärseid vaegusi (nt endokriinsed häired või neurotoksilisus); või kemikaalid, mille lagunemisel tekivad ühendid kuuluvad „ohtlike kemikaalide“ nimistusse.“ (The Chemical Footprint Project [s.a]) [*autori tõlge*]

<sup>8</sup> „The term footprint is widely used in popular media today, but most people have only vague idea of what it entails, which seems to hold for scientific community as well. This might, on one side, lead to uncritical acceptance of the results without understanding the context, on the other side it might lead to skepticism and rejection of the concept whatsoever.“ (Matušćiki et Koći 2021: 2)

<sup>9</sup> Toitainete jalajalg on lämmastiku- ja fosforijalajälje ühisnimetus (Grönman *et al.* 2016)

kasvuhoonegaaside ja süsinikujalajälje hulka. Kuigi süsiniku nii suurt osakaalu jalajälgedes ei saa pidada otseseks puuduseks, tekib küsimus, milleks on vaja nõnda palju erinevaid jalajäljekalkulaatoreid sarnase parameetri arvutamiseks.

Arusaadavalt võib kritiseerida mudeleid ka nende täpsuse järgi. Näiteks Global Footprint Networki *online*-kalkulaator võimaldab muuta küll väga erinevaid parameetreid (nt kui palju taaskäitleb kalkulaatori kasutaja plastikut), kuid ei võimalda siiski hinnata kõiki aspekte (nt mida plastiku taaskäitlemine antud kontekstis tähendab või kuidas ja kui palju taaskäideldakse muid materjale). Olgu tegu mistahes indikaatori tootjale või tarbijale keskendunud tööriistaga, peaks see lisaks otsestele mõjudele (nt toote materjal või indiviidi otsene veekasutus) hõlmama ka kaudseid protsesse (nt toodete transport või indiviidi tarbitava teenuse veekasutus). Paljud autorid (nt Fang *et al.* 2016) kritiseerivad ka kemikaalide ja materjaljalajälge, mis ei arvesta vastavalt materjalide või keemiliste molekulide erisusi, hinnates kõiki võrdselt massi alusel. Kalkulaatorite täpsus on kompleksne teema, mis vajaks kindlasti üksikasjalikumat uurimist.

Kahjuks ei ole kalkulaatorid ja mudelid ka väga laialt kasutuses ei riikide, tootjate ega ka tarbijate lõikes (v.a süsinikujalajalg). Ainus laialt tuntud ja ka riiklike regulatsioonidega jalajalg, kuigi seda nii ei nimetata, on energiajalajalg, mida kasutatakse pisut komplekssemal kujul nii hoonete kui kodutehnika energiamärgise arvutamisel. Süsiniku ja energiajalajälje eeskujul tuleks aga säästva arengu nimel kindlasti mõõta ka elurikkuse jalajälge nii tootjale, tarbijale kui riigile.

## 2. Elurikkuse komponent jalajälgedes

Pea igasugusel inimtegevusel on jälg ka elurikkusele, olgu selleks loodusvarade kaevandamine, saaste ja reostus, võõrliigid, kliimamuutus, *etc* (IPBES 2019). Mitmed keskkonnajalajäljed peaksid, vähemalt oma nimetuse järgi, sellega ka arvestama. Nimetuste järgi võiks eeldada, et kindlasti arvestavad elurikkusega otseselt ökoloogiline jalajalg, maajalajalg ja elurikkuse jalajalg. Kaudselt võiks elurikkust arvesse võtta ka teised levinumad jalajäljed, näiteks materjaljalajalg oma biomassi osakaaluga või toitainete jalajäljed (fosfori- ja lämmastikujalajalg) keskkonnale tekitatud kahju kaudu.

### 2.1. Analüüs mõõtühikute alusel

Üks viis elurikkuse aspekti uurimiseks on vaadata jalajälgede mõõtühikuid (vt Tabel 1). Süsiniku-, lämmastiku-, fosfori- ja kemikaaljalajälje puhul on ühikuks mass (tonn/kilogramm/gramm) või mass aja kohta (enamasti ühes aastas). Nimetatud jalajälgede arvutusmeetodid on primitiivsed, summeerides lihtsalt inimtegevuse käigus eraldunud ainete massi. Näiteks võiks toitainete (lämmastik ja fosfor) puhul eeldada, et nende kasutamise mõju põllumajanduses erineb reaktiivsete ühendite sattumisest otse põhjavette; kemikaaljalajalg võiks eristada „ohtlike kemikaale“ (CoHC) vastavalt nende toimele ja kahjulikkusele; materjaljalajalg võiks biomassi puhul eristada puitu muust looduslikust toorainest; *etc*. Kui jalajälgede kalkulaatorites oleks sees nimetatud eristavad aspektid, võiks neid pidada kaudselt elurikkuse kadu arvestavateks meetoditeks. Praegusel kujul need aga elurikkusega ei arvesta.

Veejalajälje mõõtühik on sarnane – mahuühik ajaühiku kohta ( $\text{nt m}^2/\text{a}$ ) – kuid erinevalt eelnevatest hõlmab see eri vete eristust. 'Siniseks veeks' nimetatakse pinna- ja põhjavee kogust ja 'roheliseks veeks' sademete kogust, mida tarbija/ettevõtte/riik oma olulusringis kasutab (Water Footprint Calculator [s.a]). 'Hall vesi' on aga hüpoteetiline magevee kogus, mida on tarvis olulusringis tekkinud reovee lahjendamiseks (Water Footprint Calculator [s.a]). Water Footprint Calculator (<https://www.watercalculator.org/wfc2/q/driving/>) kasutab ka mõistet „virtuaalne vesi“ (see võib olla ükskõik milline eelnevast kolmest), mis tekib olulusringis n-ö kaudselt, näiteks toote transpordi või indiviidi energiakasutuse kaudu. Veejalajalg on just 'halli veega' arvestades spetsiifilisem ja komplekssem eelnevalt loetletud jalajälgedest, kuid kuna eri vete tulemused lihtsalt summeeritakse, ei saa seda siiski pidada elurikkusega arvestamiseks.

Energiajalajälje üks variantidest (vt Tabel 1) mõõdab energiakulu kilovatt-tundides aasta kohta (kWh/a). Selle lähenemise puhul elurikkust arvesse ei võeta. Teine lähenemine on oluliselt sarnasem maajalajäljele ja ökoloogilisele jalajäljele, mõõtühikuks globaalhektarit aastas (gha/a). Globaalhektar on eestikeelse Ökojalajälje kalkulaatori juures märgitud kui „[...] tingühik, mis vastab maakera keskmise bioloogilise tootlikkusega hektarile“ (Tartu Ülikool [s.a]). Teine kalkulaatori variant arvutab, mitu hüpoteetilist globaalhektarit aastas on antud energia tootmiseks vaja. Selline lähenemine jõuab peaaegu elurikkuse aspektini, kuid siiski ei arvestada reaalseid mõjusid elurikkusele, seda enam, et tootmiseks vajatav maaala globaalhektarites on abstraktne.

Kasutatud ökoloogilise ja elurikkuse jalajälje ning maajalajälje kalkulaatoreid reklaamitakse tugevalt elurikkust arvestavatena (Global Footprint Network [s.a]; Biodiversity Footprint Calculator [s.a]; Weinzettel *et al.* 2013). Elurikkuse jalajälje mõõtühikuks on MSA.ha<sup>10</sup> ehk põliste liikide kadu hektaril väljendatuna protsentides. Ökoloogilise jalajälje ja maajalajälje mõõtühikuks on globaalhektar või globaalhektarit aastas, sarnaselt energiajalajäljele. Kuna maajalajälje arvutusmeetodid on osa ökoloogilise jalajälje mudelist, korrates seda, analüüsin neid korraga.

Järgnevalt võrdlen ökoloogilist jalajälge (koos maajalajäljega) ja elurikkuse jalajälge, kui ainsaid elurikkuse komponenti arvestavaid indikaatoreid. Võrdlus on keeruline eeskätt seetõttu, et ökoloogiline jalajalg on üks enimmaitumaid jalajälgi üldse, samas kui elurikkuse jalajalg on käesolevas töös käsitletutest kõige vähem kirjanduses kajastatud (vt Joonis 1).

Ökoloogilise jalajälje ja maajalajälje puhul toetusin Global Footprint Networki kalkulaatorile ja selle põhjal kirjutatud artiklile (Borucke *et al.* 2013). Elurikkuse jalajäljeks võtsin Biodiversity Footprint Calculator kalkulaatori ja selle meetodika (Biodiversity Footprint Calculator [s.a]).

### 2.1.1. Ökoloogiline jalajalg<sup>11</sup>

Ökoloogiline jalajalg on levinumatest jalajälgedest kindlasti üks komplekssemaid. Global Footprint Networki ökoloogilise jalajälje kalkulaatori aluseks on kuus kategooriat: põllumaa, karjamaa, metsamaa, kalapüügi alad, hoonestatud alad ja süsinikuheide.

---

<sup>10</sup> MSA – *Mean Species Abundance* (liigi keskmine rohkus)

<sup>11</sup> Näite ökoloogilise jalajälje lihtsustatud arvutamise kohta leiab siit: <https://www.treehugger.com/what-is-ecological-footprint-4580244>

Mõõtühikuks on globaalhektar, mis tähistab maailma keskmise bioproduktiivsusega hektarit ning võimaldab omavahel võrrelda väga erinevaid piirkondi.

Borucke *et al.* (2013) kirjeldatud ökoloogilise jalajälje valem on:

$$EP_P = \sum_i \frac{P_i}{Y_{N,i}} \cdot YF_{N,i} \cdot EQF_i$$

kus P on saadud või eraldunud toote, saagi või heite „i“ kogus;  $Y_{N,i}$  on „i“ keskmine kogus antud alal;  $YF_{N,i}$  on konkreetse ala põhine faktor „i“ koguse kohta; ning  $EQF_i$  on ekvivalentsusfaktor konkreetse maakasutustüübi kohta, millega „i“ seotud on. Silmas tuleb pidada, et „i“ puhul võib tegemist olla nii saaduse kui ka CO<sub>2</sub>-e heite kogusega (viimasel juhul on  $Y_{N,i}$  süsiniku keskmine neeldumisvõime antud alal). Saadud tulemust võrreldakse konkreetse maaala bioproduktioonivõimega: suurema tulemuse korral ületatakse maa 'võimekuse' piire.

Seega hõlmab ökoloogiline jalajalg eelkõige bioproduktiooni, kuid ei käsitle elurikkust. Global Footprint Networki ([s.a]) lehel leiab, et elurikkuse kadu on selges seoses inimese nõudluse ja maa bioproduktioonivõime vahel (mida väljendab ökoloogiline jalajalg), kuid tegelikkuses on see suhe küsitav (ka ökoloogilised uuringud on näidanud, et bioproduktioon ja elurikkuse suhe võib olla nii positiivne kui negatiivne, nt Liang *et al* 2016). Hanafiah *et al.* (2012) artiklis on selle kohta mitu head näidet: nt suurendavad bioproduktiooni nii monokultuurset metsad kui ka pestitsiidide kasutamine põllumaal, andes justkui „parema“ ökoloogilise jalajälje tulemuse, kuid elurikkus väheneb tegelikkuses mõlema arvelt. Samuti võib kritiseerida ka kuut maakasutustüüpi, mis ei erista näiteks ürg- või põlismetsa monokultuursest metsast ja peab ainsaks süsinikusidujaks metsamaad (Hanafiah *et al.* 2012). Niisiis ei saa ökoloogilist jalajälge pidada universaalseks kõiki keskkonnaseisundi aspekte hõlmavaks näitajaks, nagu seda esitletakse.

### 2.1.2. Elurikkuse jalajalg

Biodiversity Footprint Calculatori ([s.a]) lehel pakutakse elurikkuse jalajälje valemiks:

$$BF = \sum (ha\ area\ in\ use_i * [1 - MSA_i])$$

kus MSA (*Mean Species Abundance*) tähistab konkreetse ala keskmist liikide arvukust vahemikus 0–1, kus 1 tähistab täiesti häirimata loodusega piirkonda ja 0 esialgse elurikkuse täielikku kadu. Silmas tuleb pidada, et „i“ võib olla ka heide.

Võrreldes ökoloogilise jalajäljega võtab elurikkuse jalajälg arvesse konkreetse piirkonna (olgu väiksema või suurema) elurikkuse muutust. Eraldi on täpsustatud (Biodiversity Footprint Calculator [s.a]), et valem ei hõlma ajalist aspekti: näiteks vastutab isik või ettevõtte elurikkuse hävimise eest isegi siis, kui häving on põhjustatud varem kellegi teise poolt, st isik või ettevõtte vasutab võrdväärselt ka algse elurikkuse taastumise takistamise eest.

Veel rõhutatakse, et jalajälje arvutust saab teha ka ette. Koos jalajälje arvutamisega pakub Biodiversity Footprint Calculator parandusmeetmeid (peamiselt ettevõtetele), ning kalkulaatoriga on võimalik hinnata ka meetmete tulevast mõju (ökoloogilise jalajälje puhul ei ole see võimalik).

Siiski ei ole ka see kalkulaator elurikkusega arvestamisel ideaalne, kasvõi seepärast, et kalkulaator on suunatud vaid põllumajandus- ja metsandusettevõtetele. Jalajälg ei hõlma näiteks jäätmete aspekti, millel on samuti suur mõju elurikkusele, ega ka kemikaalide kasutamist.



### 3. Arutelu: hetkeolukord, probleemid ja võimalikud lahendused

Niisiis on katusermini keskkonnajalajäljed all palju eriilmelisi jalajälgi ja iga jalajälje kohta mitmeid arvutusmeetodeid ja kalkulaatoreid. On selge, et kogu loodushoiu- ja keskkonnatemaatika on ühiskonnas jätkuvas tõusutrendis ning jalajälgedel on siin suur potentsiaal, mis seni pole piisavat kasutust leidnud. Seega tuleb oodata järgnevaid töid, mis tooksid enesega kaasa paradigmuuutusi ja ühtlustamist (nagu sedastasid ka enamik loetud autoreid).

Fang *et al.* (2016) järgi on jalajälje kaks mõõdet selle objekt (*object*) ja teema (*theme*): jalajälje teema sisaldub selle nimes ja näitab, mida analüüsitakse; objekt on nurk, millelt jalajalg infot annab (Fang *et al.* 2016: 57–56). Jalajälgede seas korra loomiseks tulekski esmajärjekorras eristada omavahel konkreetse tööriista objekt, sest nii jalajälje kasutajale kui loojale on see esimene küsimus, kas mudel antud olukorras sobib. Jalajälgi uurides tuleb välja kolme tüüpi mudeleid (nagu sõnastasin ka ptk-is 1.1.):

1. mudelid, mis on suunatud üksikisikule, et propageerida säästlikku eluviisi ja aidata langetada keskkonnateadlikumaid otsuseid üksikisiku ja leibkonna tasandil (peamiselt hariduslikku, aga ka meelelahutuslikku aspekti omavad *online*-kalkulaatorid);
2. mudelid tootjale, mis võimaldaksid toota säästlikumalt ja, taaskord, langetada tarbijal keskkonnateadlikum valik (potentsiaalselt: regulatsioonid riiklikul tasandil ja kohustuslikud jalajälje-/keskkonnateabemärgised toodetel);
3. mudelid riikidele ja/või suurorganisatsioonidele ja rahvasteühendustele peamiselt mingis suuremas piirkonnas (nt Eesti riik, Euroopa Liit, *etc*) olukorra kaardistamiseks ning abiks tegevuskavade, regulatsioonide ja lepete täitmiseks või nende täitmise kontrollimiseks.

Ka Matušík ja Kočí (2021) kirjutavad oma artikli kokkuvõttes, et jalajäljed ei pea olema tingimata jäigalt standartsed, kuid iga definitsiooniga peaks kaasas käima selgitus, mille tarvis on mõistlik just säärast metoodikat kasutada. Järgnevalt arutlen loodud kolme kategooria vaimus, kuidas ja milliste probleemide lahendamisse saaks igaüks nendest panustada.

### 3.1. Mudelid üksikisikule

*Online*-tööriista mistahes jalajälje arvutamiseks võib tänapäeval disainida igaüks. Oluline on, et tööriistade metoodika ja arvutamise põhimõtted oleks kergesti kättesaadavad ja kasutajasõbralikult lahti seletatud. Kalkulaatorid üksikisikule või leibkonnale (nagu enamik töös mainitud *online*-kalkulaatoreid) võiksid olla atraktiivsed vahendid inimeste keskkonnateadlikkuse tõstmisel ja targemate otsuste tegemisel. Lisaks praegu valitsevale üldisele segadusele jalajälgede valdkonnas viitavad Matuščík ja Kočí (2021: 7–8) ka sellele, et eri jalajälgede ‘tulemused’ on eri pidi mõistetavad: mõne jalajälje puhul tähendab väiksem number ka väiksemat mõju keskkonnale, kuid mitte alati.

Jalajälje arvutamisega peaksid kaasas käima ka säästlikuma elustiili poole suunavad soovitused. Taoline programm sobiks nii Keskkonnaministeeriumi või Euroopa Liidu kampaaniaks kui ka õppe- ja haridusvahendiks koolidesse. Näiteks pakub Soome keskkonna instituut (SYKE<sup>12</sup>) mitut kalkulaatorit nii tarbijale kui tootjale erinevate keskkonnajalajälgede arvutamiseks (vt: [https://www.syke.fi/en-US/Research\\_Development/Consumption%20%20and\\_production/Calculators](https://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Consumption%20%20and_production/Calculators)). Ka Tartu Ülikooli teadlased on loonud põhjaliku ökoloogilise jalajälje kalkulaatori, kuid nagu lehelt lugeda võib siis selle andmeid kahjuks enam ei uuendata (vt: <https://jalajalg.positium.ee>).

Indiviidi puhul võib pidada õigeks jalajälgede temaatilise paljususe, et oleks võimalik arvutada eri teemasid eraldi. Selles kategoorias leiaks ilmselt vähem kasutust indiviidi fosfori- ja lämmastikujalajälg, see-eest sobivad siia hästi süsinikujalajälg ja ökoloogiline jalajälg, kuigi praegusel kujul ei ole nende arvutusmeetodid piisavalt läbipaistvad. Kasvõi hariduslikku aspekti silmas pidades tuleks vähemalt mõnes üksikisikule suunatud jalajäljes kindlasti arvestada ka elurikkust. Praegusel kujul põhineb elurikkuse jalajälg suuresti tootja või ettevõtja jalajäljel ning ei võimalda üksikisikul oma tegevuse mõju hinnata.

### 3.2. Mudelid tootjale

Tootjale suunatud keskkonnajalajälje mudelit näen kõige perspektiivikama alana kolme kategooria peale, kuid siin on selgelt ka kõige suuremad puudujäägid. Eeskujuks tuleks võtta n-ö energijalajälg, mille derivaat energiamärgistuse näol on küljes igal kodumasinal ja hoonel

---

<sup>12</sup> SYKE – Suomen ympäristökeskus

(vt nt: <https://www.riigiteataja.ee/akt/106052015002?leiaKehtiv>) ning süsinikujalajalg, millel on kaks olelusringi hindamise ISO-sertifikaati (toote süsinikujalajälje arvutamiseks on loodud ISO 14067 (ISO 2018b) ja ettevõtte kasvuhoonegaaside heite tarvis ISO 14064 (ISO 2018a)). Lisaks annab Euroopa Liidu keskkonnajuhtimis- ja keskkonnanäidatavimissüsteem välja EMAS-tunnistusi<sup>13</sup>, mis võimaldavad tootele lisatud logo abil propageerida end keskkonnateadliku ja -säästliku ettevõtteks (vt nt: <https://keskkonnaagentuur.ee/teenused-ja-aruandlus/teenused/eli-keskkonnajuhtimissüsteemi-tunnistus>), ning kindlatele tooterühmadele on märgiseid veelgi (ökomärgise „Lilleke“ jm kohta vt nt: <https://envir.ee/uudised/marka-keskkonnamargist>).

Sarnaselt praegustele keskkonnamärgistele ja nimetatud ISO-sertifikaatidele peaks olema kõikidel ettevõtjatel kohustus hinnata (ja tarbijale näidata) oma toodete ja teenuste keskkonnajalajälge standardiseeritud sertifikaatide alusel. Olelusringi hindamise meetodika (LCA) ja selle esitus keskkonnadeklaratsioonina (EPD<sup>14</sup>) ei jõua paraku tarbijani ning ei arvesta – vähemalt seni – ka piisavalt elurikkusega (Quandt *et al.* 2022), kuigi loomulikult ei tohiks jalajäljest saada lihtsalt LCA dublikaat (Matuščík ja Kočí 2021: 7–8). Jalajälje märgis ei tohiks olla vabatahtlik ja taotletav nagu nimetatud keskkonnamärgised, vaid peaks olema kohustuslik ettevõtte kõigile toodetele.

Ettevõtte, ettevõtja ja tema toodete jalajalg on tegelikkuses suunatud tarbijale, mistõttu koos sertifitseeritud jalajäljega peab harima ka tarbijaid, et tulevasesest märgistusest kasu oleks. Ilma selleta on kerge sattuda nii tahtliku kui tahtmatu rohepesu ohvriks: näiteks monokultuurid põllud, mis vähendavad justkui ökoloogilist jalajälge, kuid aitavad selgelt kaasa elurikkuse kaole (vt ptk 2.1.1.) või intensiivne metsastamine, mis näiliselt suurendab süsinikusidumist kuid võib seda pikaks perspektiivis isegi vähendada (Helm 2021). Ka jalajälgede erinevad tulemused võivad segadust tekitada: näiteks fossiilkütuste asendamine bioenergiaga vähendab süsinikuheidet, aga suurendab jällegi vee- ja maajalajälge (Vanham *et al.* 2019; Mekonnen *et* Hoekstra 2016). Seda enam oleks tarvis välja töötada mitmekülgne meetod, mis annaks adekvaatse tulemuse ning aitaks tarbijal langetada õige otsus. Paljud autorid (Fang *et al.* 2016; Matuščík *et* Kočí 2021; Vanham *et al.* 2019) pakuvad välja Jalajälgede Perekonna kontseptsiooni, kuid ka see tee on alles lapsekingades, sest praegustel jalajälgedel on omavahel liialt kattumisi (nt kaotaks mõtte ökoloogiline jalajalg (Matuščík *et* Kočí 2021: 6) ja samas on mõne aspekti (nagu näiteks elurikkuse kadu) osa puudulik kõigis

---

<sup>13</sup> EMAS – *Eco-Management and Audit Scheme* (keskkonnajuhtimis- ja keskkonnanäidatavimissüsteem)

<sup>14</sup> EPD – *Environmental Product Declaration* (toote keskkonnadeklaratsioon)

jalajälgedes. Lahendust leida on seda keerulisem, et eri tooterühmade puhul tuleks hinnata eri jalajälgi, kuid see võib muutuda tarbijale liialt keeruliseks, mille tulemusel kaotab jalajälje arvutamine oma peamise funktsiooni – tarbija teadmiste ja valikute muutumine.

Jalajälgedega tuleks kindlasti hinnata mõju nii elurikkusele kui veele ja mõõta ka süsinikuheidet. Kodutehnika puhul võiks lisaks oluline olla materjaljalajalg ning toidu ja hügieenitoodete juures lisaks eelnevale ka kemikaaljalajalg (vt nt: <https://cargocollective.com/digitalscott/Chemical-Footprint-Calculator>). Ühe võimalusena näen jalajälje presentatsiooni toodetel sarnaselt kanamunade märgistamisega (vt: <https://www.agri.ee/et/kanamunade-margistus>). Toote koodi eri osades võiks sisalduda informatsioon eri jalajälgede kohta nii konkreetsel tootel kui kogu ettevõttel.

2013. aastal alanud Euroopa Liidu keskkonnajalajälgede projekt on paraku alles pilootfaasis (European Commission [s.a]b). Positiivse arenguna võib välja tuua ELi elurikkuse strateegia aastani 2030 lisadokumendi sedastuse, et aastaks 2021 luuakse “[m]eetodid, kriteeriumid ja standardid elurikkusega seotud kaalutluste paremaks lõimimiseks avaliku sektori ja ettevõtlusalaste otsuste tegemise kõigil tasanditel ning toodete ja organisatsioonide keskkonnajalajälje mõõtmiseks” (Euroopa Komisjon 2020). Jääb oodata, et projekt jõuaks lõpuni ja kasutusse võetaks adekvaatsed keskkonnajalajälje mõõtmise meetmed.

### 3.3. Mudelid riigile

Riiklikud meetmed ja mudelid keskkonnajalajälgede arvutamiseks kuuluvad keskkonnamonitooringute valda. See on lai valdkond, mis on minu hinnangul ka hästi kaetud. Näiteks Global Footprint Network arvutab ja avaldab igal aastal riikide ökoloogilised jalajäljed elaniku kohta (European Commission [s.a]a).

Teatavas mõttes on elurikkuse arvestamine riikide ja suurorganisatsioonide jalajälgedes kõige olulisem, sest just selle info pealt saab luua tegevuskavu, seaduseid ja piiranguid nii ettevõtjale kui tarbijale. Samas ei oma ehk konkreetselt jalajälgede-metoodika selles valdkonnas nii suurt mõju kui eelmises kahes. Seiret elurikkuse kao või ka teiste keskkonnamõjude kohta saavad spetsialistid läbi viia spetsiifilisemalt kui seda võimaldab paratamatult üldistusi tegev kalkulaator-tööriist. Nende teadmiste pealt on aga võimalik luua kasutajasõbralikke kalkulaator-tööriistu just tarbijatele ja ettevõtjatele.

## Kokkuvõte

Keskkonnajalajäljed on, sotsiaal- ja majandusjalajälgede kõrval, grupp indikaatoreid keskkonnamõjude mõõtmiseks. Kuigi kontseptsioon on vaevalt 30 aastat vana, on erinevaid jalajälgi loodud kümneid. Käesolevas töös uurisin esmalt Vanham *et al* (2019) järgi kõige levinumaid keskkonnajalajälgi. Tabelis 1 tõin välja võimaliku definitsiooni igale jalajäljele ning aspektid, mida nende arvutamisel hõlmatakse. Jalajälgede meetodika on alles lapsekingades ning positiivsete aspektide kõrval on ka palju puudujääke. Näiteks ka kolme kõige levinuma – ökoloogilise jalajälje, süsiniku- ja veejalajälje – definitsioonid ja arvutusmeetodid erinevad kohati olulisel määral.

Töö teises osas uurisin elurikkuse kui jätkusuutliku arengu olulise komponendi arvestamist jalajälgede arvutamisel. Meetodeid lähemalt uurides selgub, et paljud neist jalajälgedest arvestavad küll süsinikuemissiooniga, kuid mitte elurikkusega. Analüüsil tuli välja, et elurikkusega arvestabki vaid elurikkuse jalajalg ning väga kaudselt ka ökoloogiline jalajalg (sh maajalajalg). Ökoloogilise jalajälje kalkulaatori kirjeldus jätab küll mulje, nagu see hõlmaks ka elurikkuse komponenti, kuid see ei ole tõsi: näiteks bioproduktioonivõime tõstmise kaudu kahandavad monokultuursed metsad ökoloogilist jalajälge, avaldades aga negatiivset mõju elurikkusele.

Töö viimases osas jaotasin kalkulaator-tööriistad kolmeks: mudelid üksikisikule, mudelid tootjale ja mudelid riigile. Nimetatud jaotuse vaimus arutlesin, milline on jalajälgede hetkeolukord Eestis ja maailmas ning millised probleemid vajaksid lahendamist. Pakkusin ka võimalikke lahendusi ning osapooli, kes peaksid need lahendused ellu viima. Lisaks teadlastele on siin suured ootused riigi ja suurorganisatsioonide (nt Euroopa Liit) õlgadel. Jalajälgede peamise tulevikusuunana näen riiklikult sertifitseeritud märgise loomist ettevõtetele ja tootjatele, mis peaks olema seadustatud ja kohustuslik. See aitaks edendada säästliku arengut, püsida planeedi piirides ning võimaldaks tarbijal langetada keskkonnateadlikumaid valikuid toodete ja teenuste kasutamisel.

Loodetavasti jätkub teadlaskonna seas jalajälgede uurimine ning uute ja täiustatumate kalkulaatorite loomine. Oluline oleks, et need arvestaksid lisaks süsinikuemissioonile ka otsest elurikkuse komponenti ning ehk jõutakse ka nende tööriistade sertifitseerimiseni.

## Summary

In addition to social and economic footprints, environmental footprints are a group of indicators used to measure environmental impact. Although the concept is barely 30 years old, dozens of different footprints have been created. In this thesis, I firstly studied the most common environmental footprints according to Vanham et al (2019). In Table 1, I have provided one possible definition for each footprint and the aspects involved in their calculation. The footprint methodology is still in its infancy and in addition to the positive aspects, there are many shortcomings. For example, the definitions and calculation methods of the three most common – ecological, carbon and water footprint – differ significantly depending on the source.

In the second chapter of the thesis I examined biodiversity in the calculation of footprints as an important component of sustainable development. A closer look at the methods reveals that many of the footprints take into account carbon emissions but not biodiversity. My analysis revealed that biodiversity is taken into account only by the biodiversity footprint and very indirectly by the ecological footprint (incl. The land footprint). Although the description of the ecological footprint calculator gives the impression of considering biodiversity, this however is not the case. For example: by increasing the bioproductive capacity, monocultural forests reduce the ecological footprint, but have a severe negative impact on biodiversity.

In the last chapter of the thesis, I divided the calculators into three: models for individuals, models for the manufacturer, and models for the state. In the spirit of this division, I discussed the current situation of footprints in Estonia and in the world, and the problems that need to be solved. I also brought out possible solutions and parties that would need to implement these solutions. In this, in addition to researchers, there are high expectations on the shoulders of the state and large organizations (eg the European Union). As the main future direction for footprints, I see the creation of a nationally certified label for companies and manufacturers, which must be regulated by law and become mandatory. This would help to promote sustainable development, stay within the limits of the planet and enable consumers to make more environmentally friendly choices regarding goods and services.

Hopefully the scientific community will continue to study these footprints and create new and improved calculators. It would be important for those to take into account not only carbon emissions but also the biodiversity component.

## Tänuavaldused

Suur kummardus ja tänu minu vapratele juhendajatele Aveliina Helmile ja Triin Reitalule, kes ei andnud minu osas lõpuni alla ning pakkusid võimaluse kirjutada bakalaureusetööd just Tartu Ülikooli maastike elurikkuse töörühmas ning just keskkonnajalajälgede teemal. Tänan ka professor Kalevi Kulli, kes on avanud mulle bioloogiat uue nurga alt.

## Kirjanduse loetelu

- Borucke, Michael; Moore, David; Cranston, Gemma; Gracey, Kyle; Iha, Katsunori; Larson, Joy; Lazarus, Elias; Morales, Juan Carlos; Wackernagel, Mathis; Galli, Alessandro 2013. Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. *Ecological indicators* 24: 518–533.
- Ceballos, Gerardo; Ehrlich, Paul R.; Barnosky, Anthony D.; García, Andrés; Pringle, Robert M.; Palmer, Todd M. 2015. Accelerated modern human–induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science advances* 1(5): 1400253.
- Čuček, Lidija; Klemeš, Jiří Jaromír; Kravanja, Zdravko 2012. A review of footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability. *Journal of Cleaner Production* 34: 9–20.
- Euroopa Komisjon 2020. *Komisioni teatis Euroopa parlamendile, nõukogule, Euroopa majandus-ja sotsiaalkomiteele ning regioonide komiteele. ELi elurikkuse strateegia aastani 2030*. Brüssel. Kättesaadav: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0380&from=EN#footnote10>, 25.05.2022
- Fang, Kai; Song, Siyang; Heijungs, Reinout; de Groot, Sanne; Dong, Liang; Song, Junnian; Wiloso, Edi Iswanto 2016. The footprint's fingerprint: on the classification of the footprint family. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 23: 54–62.
- Galloway, James N.; Winiwarter, Wilfried; Leip, Adrian; Leach, Allison M; Bleeker, Albert; Erisman, Jan Willem 2014. Nitrogen footprints: past, present and future. *Environmental Research Letters* 9(11): 115003.
- Grönman, Kaisa; Ypyä, Jenni; Virtanen, Yrjö; Kurppa, Sirpa; Soukka, Risto; Seuri, Pentti; Finér, Aki; Linnanen, Lassi 2016. Nutrient footprint as a tool to evaluate the nutrient balance of a food chain. *Journal of Cleaner Production* 112: 2429–2440.
- Guan, Dabo; Wang, Daoping; Hallegatte, Stephane; Huo, Jingwen; Li, Shuping; Bai, Yangchun; Lei, Tianyang; Xue, Qianyu; Davis, Steven J.; Coffman, D'Maris; Cheng, Danyang; Chen, Peipei; Liang, Xi; Xu, Bing; Lu, Xiaoshang; Wang, Shouyang; Hubacek, Klaus; Gong, Peng 2020. *Global economic footprint of the COVID-19 pandemic*. Kättesaadav: [https://assets.researchsquare.com/files/rs-25857/v1\\_covered.pdf?c=1631833563](https://assets.researchsquare.com/files/rs-25857/v1_covered.pdf?c=1631833563), 25.05.2022



- Hanafiah, Marlia M.; Hendriks, A. Jan; Huijbregts, Mark A. J. 2012. Comparing the ecological footprint with the biodiversity footprint of products. *Journal of Cleaner Production* 37: 107–114.
- Helm, Aveliina 2021. Kas puuistutamine saab olla kliimalahendus? *Vikerkaar* 10–11: 72–76.
- Henriques, Adrian 2010. *Corporate impact: Measuring and managing your social footprint*. UK: Routledge.
- Hoekstra, Arjen Y. 2008. Water neutral: reducing and offsetting the impacts of water footprints. *Value of Water Research Report Series* 28: 5.
- IPBES 2019. *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Brondizio, Eduardo; Settele, Josef; Díaz, Sandra; Ngo, Hien T. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- ISO 2018a. *ISO 14064-1:2018; Greenhouse Gases — Part 1: Specification with Guidance at the Organization Level for Quantification and Reporting of Greenhouse Gas Emissions and Removals*. International Organization for Standardization. Kättesaadav: <https://www.iso.org/standard/66453.html>, 24.05.2022
- ISO 2018b. *ISO 14067:2018; Greenhouse Gases — Carbon Footprint of Products — Requirements and Guidelines for Quantification*. International Organization for Standardization. Kättesaadav: <https://www.iso.org/standard/71206.html>, 24.05.2022
- Kitzes, Justin; Goldfinger, Steve 2006. Measuring Marin County's Ecological Footprint. County of Marin Community Development Agency. Kättesaadav: [https://www.footprintnetwork.org/content/documents/Marin\\_eco\\_footprint\\_report\\_2006.pdf](https://www.footprintnetwork.org/content/documents/Marin_eco_footprint_report_2006.pdf), 19.05.2022
- Kim, Junbeum; Jeon, Seungjun; Song, Jaeryoung; Choi, Gayoung 2020. A Study on Particulate Matter Footprint Calculation on Transportation Modes. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers* 42(1): 1–9.
- Li, Yi; Cheng, Yiman; Zhou, Luyao; Yang, Yongliang 2021. Advances, Norms, and Perspectives in Product Chemical Footprint Research. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(5): 2728.
- Liang, Jingjing; Crowther, Thomas W.; Picard, Nicolas; Wisser, Susan; Zhou, Mo; Alberti, Giorgio; Schulze, Ernst-Detlef; McGuire, A. David; Bozzato, Fabio; Pretzsch, Hans; De-Miguel, Sergio 2016. Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests. *Science* 354(6309): 8957.

- Matušík, Jan; Kočí, Vladimír 2021. What is a footprint? A conceptual analysis of environmental footprint indicators. *Journal of Cleaner Production* 285: 124833.
- Mekonnen, Mesfin M.; Hoekstra, Arjen Y. 2016. Four billion people facing severe water scarcity. *Science advances* 2(2): 1500323.
- O'Brien, Meghan; Schütz, Helmut; Bringezu, Stefan 2015. The land footprint of the EU bioeconomy: Monitoring tools, gaps and needs. *Land Use Policy* 47: 235–246.
- Papangelou, Anastasia; Towa, Edgar; Achten, Wouter M. J.; Mathijs, Erik 2021. A resource-based phosphorus footprint for urban diets. *Environmental Research Letters* 16(7): 075002.
- Quandt, Julian; Lindner, Jan Paul; Schüler, Maximilian 2022. Biodiversity Impact Assessment of Land Using Processes in the Supply Chain of Passenger Cars. *E3S Web of Conferences* 349: 03006.
- Rees, William E. 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment & Urbanization* 4(2): 121–130.
- Rockström, Johan; Steffen, Will; Noone, Kevin; Persson, Åsa; Chapin III, F. Stuart; Lambin, Eric; Lenton, Timothy M.; Scheffer, Marten; Folke, Carl; Schellnhuber, Hans Joachim; Nykvist, Björn 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society* 14(2): 1–33.
- Strååt, Kim Dahlgren 2013. Phosphorus Footprint Model: A Model Development and Application to the Swedish Bovine and Poultry Industries. Stockholm: Royal Institute of Technology. Kättesaadav: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:649333/FULLTEXT01.pdf>, 19.05.2022
- Tölgyesi, Csaba; Buisson, Elise; Helm, Aveliina; Temperton, Vicky M.; Török, Péter 2022. Urgent need for updating the slogan of global climate actions from “tree planting” to “restore native vegetation”. *Restoration Ecology* 30(3): 13594.
- Vanham, Davy; Leip, Adrian; Galli, Alessandro; Kastner, Thomas; Bruckner, Martin; Uwizeye, Aimable; van Dijk, Kimo; Ercin, Ertug; Dalin, Carole; Brandão, Miguel; Bastianoni, Simone; Fang, Kai; Leach, Allison; Chapagain, Ashok; Van der Velde, Marijn; Sala, Serenella; Pant, Rana; Mancini, Lucia; Monforti-Ferrario, Fabio; Carmona-Garcia, Gema; Marques, Alexandra; Weiss, Franz; Hoekstra, Arjen Y. 2019. Environmental footprint family to address local to planetary sustainability and deliver on the SDGs. *Science of the Total Environment* 693: 133642.
- Wackernagel, Mathis; Rees, William E. 1996. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers: Philadelphia.

Weinzettel, Jan; Hertwich, Edgar G.; Peters, Glen P.; Steen-Olsen, Kjartan, Galli, Alessandro 2013. Affluence drives the global displacement of land use. *Global Environmental Change* 23(2): 433–438.

Wiedmann, Thomas; Minx, Jan 2007. A Definition of ‘Carbon Footprint’. — Pertsova, Carolyn C. (eds.) 2007. *Ecological economics research trends*. New York: Nova Science Publishers, 1–11.

## Internetileheküljed

Biodiversity Footprint Calculator [s.a]. *Methodology*. Kättesaadav: <http://biodiversity-footprint.herokuapp.com/#/methodology>, 19.05.2022

Britannica [s.a]. *carbon footprint*. Kättesaadav: <https://www.britannica.com/science/carbon-footprint>, 19.05.2022

European Commission [s.a]a. *Ecological footprint*. Kättesaadav: [https://ec.europa.eu/environment/beyond\\_gdp/download/factsheets/EcoF\\_new\\_template\\_2018-11-05\\_updated\\_2.pdf](https://ec.europa.eu/environment/beyond_gdp/download/factsheets/EcoF_new_template_2018-11-05_updated_2.pdf), 25.05.2022

— [s.a]b. *European Platform on Life Cycle Assessment: Environmental Footprint*. Kättesaadav: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/EnvironmentalFootprint.html>, 19.05.2022

— [s.a]c. *QR-code and the new energy label*. Kättesaadav: [https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/energy-label-and-ecodesign/product-database/qr-code-new-energy-label\\_et](https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/energy-label-and-ecodesign/product-database/qr-code-new-energy-label_et), 19.05.2022

Finnish Environmental Institute 2021. *The Baltic Sea calculator*. Kättesaadav: [https://www.syke.fi/en-US/Research\\_Development/Sea/Baltic\\_Sea\\_Calculator](https://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Sea/Baltic_Sea_Calculator), 25.05.2022

Global Footprint Network 2005. *The Ecological Footprint*. Kättesaadav: [https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Europe\\_2005\\_Ecological\\_Footprint.pdf](https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Europe_2005_Ecological_Footprint.pdf), 19.05.2022

— [s.a]a. *Biodiversity*. Kättesaadav: <https://www.footprintnetwork.org/biodiversity/>, 24.05.2022

— [s.a]b. *Data and Methodology*. Kättesaadav: <https://www.footprintnetwork.org/resources/data/>, 19.05.2022

- Riigikantselei (2022). *Ülemaailmsed säästva arengu eesmärgid*. Kättesaadav: <https://www.riigikantselei.ee/valitsuse-too-planeerimine-ja-korraldamine/valitsuse-too-toetamine/saastev-areng>, (21.05.2022)
- Susla [s.a]. *Material Footprint*. Kättesaadav: <https://susla.app/content/material-footprint>, 19.05.2022
- Tartu Ülikool [s.a]. *Ökojalajälje kalkulaator*. Kättesaadav: <https://jalajalg.positium.ee>, 25.05.2022
- The Chemical Footprint Project [s.a]. *Measuring a Chemical Footprint*. Kättesaadav: <https://www.chemicalfootprint.org/learn/measuring-a-chemical-footprint>, 19.05.2022
- The Church of England 2020. *Energy Footprint Tool*. Kättesaadav: <https://www.churchofengland.org/about/policy-and-thinking/our-views/environment-and-climate-change/about-our-environment/energy-footprint-tool#na>, 19.05.2022
- The Nature Conservancy [s.a]. *What is a carbon footprint?* Kättesaadav: <https://www.nature.org/en-us/get-involved/how-to-help/carbon-footprint-calculator/>, 19.05.2022
- Water Footprint Calculator [s.a]. *What Is a Water Footprint?* Kättesaadav: <https://www.watercalculator.org/footprint/what-is-a-water-footprint/>, 19.05.2022

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Raul Markus Vaiksoo (isik. 39909211413),

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose  
„Elurikkusega arvestamine keskkonnajalajälgede arvutamisel“,  
mille juhendaja on  
Aveliina Helm ja kaasjuhendajaks Triin Reitalu,  
reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace  
kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks  
Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative  
Commonsi litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost  
reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja  
kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega  
isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Raul Markus Vaiksoo

Tartus, 26.05.2022