



EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Marleen Talve

**KORDUSKASUTUSTOPSIDE JA ERINEVAST
MATERJALIST ÜHEKORRATOPSIDE
KESKKONNAMÕJU LÄBI OLELUSRINGI
HINDAMISE**
LIFE CYCLE ASSESSMENT OF SINGLE-USE AND
REUSABLE CUPS

Magistritöö
Keskkonnakorralduse ja -poliitika õppekava

Juhendaja: Sirli Pehme, MSc

Tartu 2026

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Marleen Talve		Õppekava: Keskkonnakorraldus ja -poliitika	
Pealkiri: Korduskasutustopside ja erinevast materjalist ühekorratopside keskkonnamõju läbi olelusringi hindamise			
Lehekülgi: 67	Jooniseid: 12	Tabeleid: 8	Lisasid: 4
ETIS-e valdkond ja CERCS-i kood: 1.8 Keskkonnaseisundit ja keskkonnakaitset hõlmavad uuringud; T270 Keskkonnatehnoloogia, reostuskontroll Juhendaja(d): Sirli Pehme Osakond või õppetool: Põllumajandus- ja keskkonnainstituut Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2026			
Kliimakriisi ja plastireostuse piiramiseks on Euroopa Liit vastu võtnud rohelise kokkuleppe, mille raames liigutakse ka ringmajanduse poole. Sellega seoses on kasutusele võetud uusi ringlussüsteeme, mis asendavad ühekordseid tooteid ja peaksid seega vähendama nii prügikoguseid kui laiemalt keskkonnamõju. Eestis on seetõttu alates 2024. aastast keelustatud avalikel üritustel ühekordsete sööginõude kasutamine ning need on suuresti asendunud plastist korduskasutatavate rendinõudega. Käesoleva uurimistöö eesmärk oli selgitada välja erinevate avalikel (suur)üritustel kasutatavate joogitopside lahenduste keskkonnamõju kasutades selleks olelusringi hindamise metoodikat. Töös võrreldi papptopsi, ühekordset plasttopsi ja korduskasutatavat plasttopsi, mis käib kasutuses 5 korda enne süsteemist kadumist. Olelusringi hindamiseks kasutati SimaPro tarkvara ja Euroopa Komisjoni toote jalajälje arvutamise metoodikat Environmental Footprint 3.1. Andmed saadi Eestis tegutsevalt rendinõusid pakkuvalt ettevõttelt ja andmebaasist Ecoinvent. Tundlikkusanalüüsis hinnati alternatiivseid stsenaariume mõju muutuste modelleerimiseks.			

Tulemustest selgus, et kasutuskorra kohta on papptopsi keskkonnamõju koondhinnang 2,52 μP, plasttopsil 2,64 μPt ja kordustopsil 2,78 μPt. Seega ei piisa viiest kasutuskorrast, et kordustopsi keskkonnamõju oleks väiksem võrreldes ühekordsete topsidega ning tasakaalupunktiks, kus mõju võrdsustub on 6 kuni 7 kasutuskorda. Kõige olulisemad mõjukategooriad olid kliimamuutused ja energiakandjad (fossiilkütuste ammendumise potentsiaal) ning papptopsi puhul ka mageveekogude eutrofeerumine. Suurima osakaalu mõjust panustas kõigi topside puhul nende tootmise etapp – papptopsil 90,9%, plasttopsil 64,7% ja kordustopsil 48,7%. Keskkonnamõju vähendamiseks tuleb papptopsi puhul keskenduda tootmise etapile kus tundlikkusanalüüsiga testitud ringlussevõetud materjali kasutamine vähendaks mõju koondhinnangut ligi 18%. Plasttopsil on tootmises ringlussevõetud materjali kasutuse kõrval, mis vähendaks koondhinnangut 45%, oluline ka elulõpus põletuse asendamine ringlusesse võtuga, mis vähendaks koondhinnangut 18,6%. Kordustopsi puhul on mõju olelusringi etappide vahel ühtlasemalt jaotunud ja näiteks tundlikkusanalüüsis testitud transpordivahemaa pikenemine suurendas keskkonnamõju oluliselt. Seega tuleb keskkonnamõju vähendamiseks optimeerida korduskasutatavate topside igat olelusringi etappi ja tagada topside võimalikult suur kasutuskordade arv.
Võtmesõnad: Plast, ringmajandus, korduskasutussüsteemid

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Master's Thesis	
Author: Marleen Talve		Curriculum: Environmental Management and Policy	
Title: Life cycle assessment of single-use and reusable cups			
Pages: 67	Figures: 12	Tables: 8	Appendices: 4
ETIS research field and (CERCS) code: 1.8 Research relating to the State of the Environment and to Environmental Protection; T270 Environmental technology, pollution control Supervisor(s): Sirli Pehme Department / Chair: Institute of Agricultural and Environmental Sciences Place and year of defence: Tartu 2026			
To address the climate crisis and plastic pollution, the European Union has adopted the Green Deal, which includes shifting towards a circular economy. In this context, new circular systems have been introduced to replace single-use products, aiming to reduce both waste volumes and broader environmental impacts. Consequently, Estonia prohibited single-use tableware at public events in 2024, which has largely been replaced by reusable plastic rental tableware. The aim of this study was to determine the environmental impact of different types of drinking cups used at public events using the life cycle assessment (LCA) methodology. The study compared paper cups, single-use plastic cups, and reusable plastic cups, which are used five times before being lost from the system. Life cycle assessment was conducted using SimaPro software and the European Commission's product Environmental Footprint 3.1 methodology. Data was obtained from a company providing rental tableware in Estonia and from the Ecoinvent database. In the sensitivity analysis, alternative scenarios were assessed to model changes in impact. The results showed that, per use, the overall environmental impact was 2.52 μPt for paper cups, 2.64 μPt for plastic cups, and 2.78 μPt for reusable cups. Thus, five uses are			

not sufficient for the environmental impact of reusable cups to be lower than that of single-use cups. The break-even point, where the impact becomes equal, is between 6 and 7 uses. The most significant impact categories were climate change and fossil fuel depletion, and for paper cups, also freshwater eutrophication. The largest contribution to the overall impact came from the production stage for all cups: 90.9% for paper cups, 64.7% for plastic cups, and 48.7% for reusable cups.

To reduce environmental impact, efforts for paper cups should focus on the production stage, where the use of recycled materials, as tested in the sensitivity analysis, reduced the overall impact by nearly 18%. For single-use plastic cups, in addition to using recycled materials in production, which reduced the overall impact by 45%, it is also important to replace incineration at end-of-life with recycling, which reduced the impact by 18.6%. For reusable cups, the impact is more evenly distributed across life cycle stages, and, for example, increasing transport distances, as tested in the sensitivity analysis, significantly increased environmental impact. Therefore, to reduce the environmental impact of reusable cups, each stage of the life cycle must be optimized, and the number of uses needs to be maximized.

Keywords: Plastic, circular economy, reuse systems

SISUKORD

SISSEJUHATUS	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	9
1.1 Plasti ajalugu ja tootmine	9
1.2 Plasti keskkonnamõju	10
1.3 Rahvusvaheline koostöö plastireostuse pidurdamiseks	13
1.4 Pakendite ringlussüsteemid	16
1.5 Olelusringi uuringud	18
1.5.1 Plasti olelusringi hindamine	19
1.5.2 Toppide ja nende ringlussüsteemide olelusringi uuringud	20
2. METOODIKA	23
2.1 Eesmärgi ja käsitusala määratlemine	24
2.2 Olelusringi inventuuranalüüs	26
2.2.1 Papptopsi tootesüsteem	27
2.2.2 Plasttopsi tootesüsteem	28
2.2.3 Kordustopsi tootesüsteem	29
2.3 Olelusringi mõju hindamine	30
2.4 Tundlikkusanalüüs	32
3. TULEMUSED	35
3.1 Papptops	35
3.2 Plasttops	36
3.3 Kordustops	38
3.4 Toppide võrdlus	39
3.5 Tundlikkusanalüüs	43
4. ARUTELU	45
4.1 Kõige olulisemad mõjukategooriad ja olelusringi etapid	45
4.2 Metoodika kitsaskohad	46
4.3 Võimalused keskkonnamõju vähendamiseks	47
4.4 Võrdlus varasemate uurimustega ja poliitika kontekst	48
KOKKUVÕTE	50
KASUTATUD KIRJANDUS	52
LISAD	57
Lisa 1. Fotod uuritavatest toppidest	58
Lisa 2. Toppide olelusringi hindamise mõjukategooriate tulemused	59
Lisa 3. Alternatiivsete stsenaariumite normaliseeritud ja kaalutud tulemused ning koondhinnangud	62
Lisa 4. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta	67

SISSEJUHATUS

Plasti kasutuse plahvatuslik kasv peale II maailmasõda on endaga kaasa toonud ulatusliku plastireostuse. Lisaks nähtavale reostusele, mis tihti jõuab merre või randadele, on viimasel kümnendil rohkem hakatud tähelepanu pöörama ka mikro- ja nanoplasti reostusele. Plasti üks olulisemaid omadusi – vastupidavus – on osutunud ka peamiseks probleemkohaks. Plasti lagunemine on väga aeglane protsess, mille käigus see järjest väiksemateks osakesteks pudeneb, mis keskkonna osade vahel kergesti levivad ja üha kiiremini kasvuhoonegaase eraldavad.

Plastireostusega toimetulekuks on proovitud hakata kasutatud plasti ringlusesse võtma, mis vähendaks ka vajadust fossiilsetest allikatest uut plasti toota. Siiski toodeti maailmas 2020. aastal ligi miljon tonni plasti päevas, samas kui taaskasutusse jõudis 150 000 tonni päevas (Williams & Rangel-Buitrago 2022, 6). Seega suur osa plastist jõuab endiselt keskkonda või ladestatakse prügilates, kus see avaldab kahjulikku mõju ökosüsteemidele ning põhjustab kliimamuutusi. Praeguste trendide jätkumisel on maailmameres 2050. aastaks massilt rohkem plastjäätmekui kalu (*ibid.*, 5).

Euroopas on mere- ja rannaprügis enim leiduvate ühekordsete plasttoodete vähendamiseks 2019. aastal vastu võetud ühekordselt kasutatavate plasttoodete keelustamise direktiiv (EL) 2019/904. Muuhulgas soovitakse sellega oluliselt vähendada ühekordsete plasttopside kasutamist. Eestis keelustati direktiivi üle võttes avalikel üritustel kõigi ühekordsete nõude kasutamine olenemata materjalist. Sellest ajendatuna on tekkinud mitmeid, enamasti plastist korduskasutatavate nõude renti pakkuvaid ettevõtteid. Selliseid alternatiive esitletakse tihti automaatselt keskkonnasõbralikematena, pööramata tähelepanu tegelikule kasutuskordade arvule ning transpordi, pesu ja ladustamisega kaasnevale mõjule.

Töö eesmärgiks on selgitada välja erinevate avalikel (suur)üritustel kasutatavate joogitopside lahenduste keskkonnamõju kasutades olulusringi hindamise meetodikat. Olulusringi hindamine võimaldab saada ülevaate keskkonnamõjust toote kogu olulusringi jooksul ehk toorme hankimisest kuni jäätmete kõrvaldamiseni. Kindlad mõjukategooriad ja

nende arvuline väljendamine võimaldab erinevaid tooteid omavahel võrrelda ning leida väikseima mõjuga toode. Olelusringi hindamise tundlikkusanalüüs võimaldab lisaks testida alternatiivseid stsenaariume, mille põhjal on võimalik teha soovitusi toote keskkonnamõju vähendamiseks.

Töö eesmärgi saavutamiseks on püstitatud 4 uurimisküsimust:

- Kui suur on iga käsitletud topi keskkonnamõju kasutuskorra kohta?
- Millised on kõige olulisemad keskkonnamõju kategooriad?
- Millised olelusringi etapid enim keskkonnamõju põhjustavad?
- Kuidas on võimalik keskkonnamõju vähendada?

Uurimistöö on jaotatud neljaks peatükiks. Esimeses peatükis antakse ülevaade teema teoreetilisest taustast, asjakohastest õigusaktidest ja uuringutest. Teine peatükk käsitleb olelusringi hindamise metoodikat, määratleb uurimuse käsitusala, vaadeldavad mõjukategooriad ja tundlikusanalüüsi stsenaariumid. Kolmandas peatükis on esitatud töö tulemused ning neljandas arutelu tulemuste tõlgendamiseks ja uurimisküsimustele vastamiseks. Töö lisades on toodud olelusringi hindamiseks kasutatud SimaPro tarkvarast saadud tulemused täismahus.

Töö autor tänab Sirli Pehmet suurepärase juhendamise ja toe eest kogu magistritöö koostamise protsessi vältel. Samuti renditopse pakkuvat ettevõtet, kes oli nõus oma andmeid töö läbiviimiseks jagama. Autor tänab ka Tallinna linna Raestipendiumi ning Tartu linna ja Joosep Tootsi Fondi Eesti Maaülikooli Tartu Raefondi stipendiumi määramise eest, mis võimaldas pikemalt töö kirjutamisele keskenduda.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Plasti ajalugu ja tootmine

Plasti ajalugu ulatub 20. sajandi algusesse, täpsemalt aastasse 1907, mil Belgia keemik Leo Hendrik Baekeland leiutas bakeliidi – esimese teadaoleva sünteetilise plastiku. Baekeland oli ka esimene, kes kasutas terminit „plast”, et kirjeldada kõiki makromolekulidest (vaigud, elastomeerid, tehiskiud jne) loodud tooteid. Bakeliit, mis oli vastupidav ja mitmekülgne, leidis kiiresti rakendust erinevates tööstusharudes, asendades traditsioonilisi materjale nagu puit ja metall. (Williams & Rangel-Buitrago 2022, 1)

Järgnenud aastakümnetel arenes plastitööstus kiiresti, pakkudes üha uusi ja innovaatilisemaid materjale. Plasti kasutamine kasvas plahvatuslikult II maailmasõja järgsel perioodil (Rangel-Buitrago & Neal 2023, 3). Alates 1950. aastast on plastitootmine kasvanud 20 korda jõudes 2019. aastal globaalselt 368 miljonit tonnini ning prognooside kohaselt kahekordistub see arv järgneva 20 aasta jooksul (Walker & Fequet 2023, 1). Euroopas toodeti 2021. aastal veidi enam kui 50 miljonit tonni plasti (Plastics Europe 2022). Plasti kasutuse kiire kasv ja jõudmine kõigisse keskkonna osadesse on viinud antropotseeni kõrval uue ajastiku – plastitseeni – välja pakkumiseni (Rangel-Buitrago & Neal 2023, 3).

Plasti tootmise tooraineks on enamasti toornafta või maagaas mille ammutamisele järgneb keerukas töötusprotsess (Williams & Rangel-Buitrago 2022, 3). Rafineerimistehastes eraldatakse toornafta komponentideks ehk fraktsioonideks, mis erinevad molekulide suuruse ja struktuuri poolest (*ibid.*). Selle protsessi üheks saaduseks on nafta, mille edasisel keemilisel töötlemisel saadakse esmalt monomeerid ning seejärel vaigud, mida rõhu ning kõrge temperatuuriga töödeldes saadakse plastgraanulid (*ibid.*). Plastid ja plasttooted sisaldavad ka rohkelt lisaaineid, mis on vajalikud tootmisprotsessis ja annavad konkreetsele tootele sobivad omadused (Azoulay *et al.* 2019, 33). Nendeks on näiteks intermediaadid, lahustid, pindaktiivsed ained, plastifikaatorid, stabilisaatorid, leegiaeglustid, reaktsiooni kiirendid ja värvained (*ibid.*). Plasti tootmine on üks enim

kasvuhoonegaase tekitav tootmissektor kus kõige energiamahukamaks etapiks on nafta töötlemine monomeerideks (Ford *et al.* 2022, 2).

Plastmass on saanud üheks kõige laialdasemalt kasutatavaks materjaliks peamiselt tänu madalale tootmiskulule, vastupidavusele, kergusele ja mitmekülsusele (Rangel-Buitrago & Neal 2023, 1). COVID-19 pandeemia ajal jõudis plast maailma kolme enim toodetud materjali hulka tsemendi ja terase kõrval (Williams & Rangel-Buitrago 2022, 1). Plast on leidnud rakendust peaaegu kõikides eluvaldkondades alates rõivastest ja elektroonikast kuni meditsiini ja ehitusmaterjalideni, kuid suurima osa ehk ligi 47% plastist kasutab pakenditööstus (*ibid.*, 4).

Aastatel 1950-2017 toodeti maailmas kokku 9,2 miljardit tonni plasti (Williams & Rangel-Buitrago 2022, 4). Sellest 91% pole kunagi taaskasutusse jõudnud (Rangel-Buitrago & Neal 2023, 2). Nüüdseks jõuab plastist 32% otse keskkonda, 39% ladestatakse prügilates, 15% põletatakse ning 14% võetakse ringlusesse (*ibid.*). Tegelikult on kõik kunagi toodetud plastid endiselt meie planeedil, välja arvatud juhul, kui need on põletatud (Ford *et al.* 2022, 3). Samas ei kõrvalda ka põletamine plasti täielikult, vaid mikro- ja nanoplasti leidub endiselt põletamisel tekkivas tuhas (Yang *et al.* 2021, 3).

Plasti üks olulisim omadus – vastupidavus on samal ajal osutunud ka suurimaks probleemiks äärmiselt aeglase keskkonnas lagunemise tõttu. Plasti lagunemine hõlmab fotodegradatsiooni, termilist stressi ja biolagundamist, mille tulemusena tekivad üha väiksemad plastfragmendid ehk mikro- ja nanoplast (Rangel-Buitrago & Neal 2023, 2-3). Mikroplastina on defineeritud alla 5 mm ning nanoplastina alla 1 mm läbimõõduga plastiosakesed (Walker & Fequet 2023, 1). Selliseid osakesi on leitud kõigis keskkonna osades s.o õhus, vees, pinnases ja elusorganismides (*ibid.*, 2).

1.2 Plasti keskkonnamõju

Üha suurenev plasti tootmine ja kasutus toob endaga kaasa plastiga seotud keskkonnaprobleemide süvenemise. Plasti põhjustatud keskkonnaprobleemideks on

prügireostus, toksiliste komponentide leostumine ja mikroplastide jõudmine ökosüsteemidesse s.h toiduahelatesse (Euroopa Keskkonnaagentuur 2024). Plasti põhjustatud keskkonnaprobleemid on ka otseselt seotud kliimamuutustega (Ford *et al.* 2022, 2).

Plastireostus on kõige nähtavam maailmameres ja randadel, kus plast moodustab 85% mereprügist (UN Climate Change 2024). Rahvusvahelise looduskaitseliidu (IUCN) hinnangul jõuab maailmamerele igal aastal vähemalt 14 miljonit tonni plastjätmeid. See põhjustab otsest ohtu mereelustikule, näiteks loomadele, kes võivad plastprügi alla neelata või sellesse takerduda ning soodustab võõrliikide levikut (Ford *et al.* 2022, 5-7). Mereprügil on lisaks otsene negatiivne majandusmõju peamiselt turismitulu ja kalandussektori vähenemise tõttu (IUCN 2024).

Plasti toksilised komponendid nagu nonüülfenool ja bisfenool jõuavad keskkonda plasti lagunemisel. Samuti eraldub plasti lagunemisel kasvuhoonegaase peamiselt metaani ja etüleen. Kasvuhoonegaaside kogused sõltuvad plastitüübist ja keskkonnast kus lagunemine toimub. Näiteks eritub kasvuhoonegaase enim polüetüleenist ning veekeskkonnas on nende eritumine aeglasem kui õhu käes. Plasti lagunemisel tekkivate väiksemate tükkide suurema pinna ja külje pikkuse suhte tõttu kiireneb kasvuhoonegaaside eraldumine. (Ford *et al.* 2022, 3)

Mikroplastid jõuavad keskkonda nii suuremate plastist toodete lagunemisel kui primaarse mikroplastina, mis on tehases toodetud alla 5 mm läbimõõduga plastosakesed, mida kasutatakse näiteks kosmeetikatööstuses (Walker & Fequet 2023, 4). Olulised mikroplastide ökosüsteemidesse transportijad on reoveepuhastusjaamad, kanalisatsioon ja põllumajandus (Allen *et al.* 2022, 4-5). Keskkonnas on mikroplastide liikumine saanud osaks looduslikest aineringetest, näiteks süsinikuringest (Ford *et al.* 2022, 4). Toiduahelasse jõuab mikroplast veekeskkonnas läbi vetikate ja zooplanktoni ning maismaal taimede ja herbivooride kaudu (Allen *et al.* 2022, 6).

Ökosüsteemist jõuab mikroplast ka Inimeste organismi. Mikroplasti on leitud näiteks inimorganites, kudedes, veres, platsentas ja väljaheidetes (Shruti & Kutralam-Muniasamy

2024, 1; Walker & Fequet 2023, 4). Inimese organismi arvatakse aastas keskmiselt jõudvat 48 000 mikro- ja nanoplasti osakest sissehingamise kaudu ning enam kui 110 000 osakest toidu ja joogiga alla neelates (Allen *et al.* 2022, 7). Toiduahelasse jõuavad mikroplastid nii merekeskkonnast kui mullast ja inimese toidulauale mereandide, puu- ja juurviljade ja loomse toiduga (Walker & Fequet 2023, 3).

Enamik plastiga seotud saasteained ei jõua inimeste organismi siiski mitte ökosüsteemist, vaid toidupakendite kaudu (Azoulay *et al.* 2019, 31). Lisaks mikroplastidele jõuab pakenditest toitu mitmeid plasti lisaaineid, näiteks per- ja polüfluoroalküülühendid ja bisfenool A (*ibid.*, 32). Toidupakendites kasutatavatest tuhandetest kemikaalidest on vaid väheste puhul terviseriske põhjalikult uuritud ning enamasti pole arvesse võetud pikaajalist kokkupuudet ja koostoimeid (*ibid.*). Mikroplasti ja teiste saasteainete eraldumist pakendist mõjutab näiteks temperatuur, materjal, kokkupuude teiste ainetega (nt veega) ja füüsikalised tegurid (nt raputamine, hõõrdumine) (Shruti & Kutralam-Muniasamy 2024, 9-10). Mikroplasti eraldumist pakenditest on uuritud näiteks joogivee puhul ning on leitud, et kuigi mikroplaste leidub ka kraanivees, on pudelivett joovate inimeste väljaheited pea 2 korda suurema mikroplasti sisaldusega (Williams & Rangel-Buitrago 2022, 10).

Plastid ohustavad inimeste tervist olulusringi igas etapis (Azoulay *et al.* 2019, 1). Mikroplastide tervisemõju on tõsisemalt uuritud alles 2017. aastast, kuid juba on leitud nende seoseid mitmete terviseprobleemidega (Allen *et al.* 2022, 7). Näiteks leiti põletikulise soolehaigusega inimeste väljaheites kolmandiku võrra rohkem mikroplasti kui tervetel inimestel (Williams & Rangel-Buitrago 2022, 10). Teised mikroplastiga seostatud terviseprobleemid on vähk, südame-veresoonkonna haigused, diabeet, reumatoidartriit, krooniline põletik, autoimmuunhaigused, neurodegeneratiivsed haigused ja insuldid (Azoulay *et al.* 2019, 2).

Plasti ja kliimamuutuste vahelised seoseid on Ford *et al.* põhjalikult kirjeldanud 2022. aastal ilmunud artiklis. Autorite kohaselt avalduvad need peamiselt plasti tootmisel ning vastastikku negatiivseid mõjusid võimendades. Plasti põhiliseks toormeks on fossiilkütused ja igas selle olulusringi etapis eraldub kasvuhoonegaase. Nii moodustas 2015. aastal plastitootmine enam kui 3% kogu fossiilkütustega seotud kasvuhoonegaaside

heitkogustest paisates atmosfääri üle miljardi tonni süsinikdioksiidi ekvivalenti. Ühtlasi toovad Ford *et al.* välja, et kliimamuutuste tagajärjel sagenevad tormid ja üleujutused võimaldavad plastireostusel lihtsamini levida maismaa ja veekeskkonna vahel ning merejää sulades jõuab maailmamerre seal seni ladestunud mikroplast. Ökosüsteemid ei pruugi toime tulla selliste plastireostuse ja kliimamuutuste negatiivsete tagajärgede koosmõjuga.

1.3 Rahvusvaheline koostöö plastireostuse pidurdamiseks

Esimesed plastireostust käsitlevad teadustööd avaldati 1970ndatel ning kuigi sellest ajast on teadmised plastiga seotud ohtude kohta kasvanud, on jätkunud ka plasti tootmise kasv (Allen *et al.* 2022, 5). Praeguste tootmismahdade ja käitlusolukorra jätkumisel on 2050. aastaks ookeanides massilt rohkem plasti kui kalu (Williams & Rangel-Buitrago 2022, 5). 2020. aastal oli globaalselt plasti tootmine miljon tonni päevas samas kui taaskasutusse jõudis 150 000 tonni päevas, mis näitab suurt plasti ületootmist (*ibid.*, 6). Taastuvate energiaallikate laialdane kasutuselevõtt suunab fossiilkütuste tootjaid uusi turge otsima, mis tähendab survet plasti tootmise jätkuvaks suurendamiseks (*ibid.*).

Plastireostus on globaalne probleem, mis mõjutab enim ise plasti vähe tootvaid ja tarbivaid vaesemaid riike, näiteks saareriike, mille randadele jõuab suur hulk plastprügist (Williams & Rangel-Buitrago 2022, 5). Lisaks ekspordib suur osa lääneriikidest plastprügi arengumaadesse, näiteks ulatus Euroopa Liidust (EL) eksporditav plastprügi kogus 2023. aastal 1,3 miljoni tonnini (Statista 2024). Seetõttu on plastireostuse lahendamisel oluline roll rahvusvahelistel organisatsioonidel.

Ühendatud Rahvaste Organisatsiooni (ÜRO) keskkonnaprogrammi raames loodi 2022. aastal valitsustevahelise plastireostuse läbirääkimiste komitee eesmärgiga luua rahvusvaheline õiguslikult siduv lepe plastireostusega tegelemiseks (UNEP). Leppeni sooviti jõuda 2024. aasta lõpuks, kuid Lõuna-Koreas toimunud kõnelustel kokkuleppele ei jõutud (UNEP 2024). Samuti jäi lepe saavutamata 2025. aasta augustis toimunud jätkukõnelustel (UNEP 2025). Plastireostust on käsitletud ka 2015. aastal vastu võetud

ÜRO säästva arengu eesmärkides, kuid seda vaid ookeani- ja mereökosüsteemide kontekstis (Walker & Fequet 2023, 3).

Euroopa Liit on plastireostusega tegelemiseks astunud jõulisemaid samme. 2019. aastal algatatud roheline kokkulepe seab Euroopale ambitsioonika plaani saada aastaks 2050 esimeseks kliimaneutraalseks maailmajaoks. Rohelise kokkuleppe oluliseks osaks on juba varasemalt koostatud ringmajanduse tegevuskava, mille raames loodi 2018. aastal Euroopa plastistrateegia (Euroopa Komisjon). Selle eesmärgiks on vähendada plastjätmeid ja tagada, et 2030. aastaks oleks iga plastpakend korduvkasutatav või ringlusse võetav (Euroopa Parlament 2018(2025)). Samas taotles pakendite koguse vähendamist ja pakendite taaskasutust ka esimene, juba 1994. aastal vastu võetud pakendidirektiiv (94/62/EC), kuid siiski on pakendijätmete teke elaniku kohta ELis olnud kasvutrendis.

ELi jätmete raamdirektiivist (2008/98/EÜ) lähtuv jäätmehierarhia (joonis 1), mis on ELi jäätmepoliitika aluseks, seab samuti esmatähtsaks jäätmetekke vältimise. Järgmisena tuleb eelistada ringlussevõttu, mis hõlmab jäätmeteks muutunud toodete korduskasutuseks ettevalmistamist ja materjali ringlussevõttu. Taaskasutus hõlmab lisaks kahele eelnevale ka muud taaskasutust, kus jäätmed asendavad teisi materjale sh põletamine. Jäätmehierarhia madalaimaks astmeks on jätmete ladestamine. Jäätmehierarhiast võib kõrvale kalduda, kui see tagab väikema keskkonnamõju kogu toote olelusringi arvestades (JäätS §22 punkt 2).



Joonis 1. Jäätmehierarhia (Kliimaministeerium).

Plastireostuse probleemiga tegelemiseks võttis EL 2019. aastal vastu ühekordselt kasutatavate plasttoodete keelustamise direktiivi (EL) 2019/904, et eemaldada sellised tooted ELi turult ja asendada need alternatiivsetega (Euroopa Komisjon). Direktiiv keskendub kümnele, peamisele ühekordsest plastist tootele, mis moodustavad 70% Euroopa rannikureostusest (*ibid.*). Plasttooted, mille turule laskmine keelustati, on näiteks söögiriistad, kõrred, vatitikuvarred ja vahtpolüstüreenist toidu- ja joogipakendid ning joogitopsid ((EL) 2019/904, lisa). Alternatiivide vähesuse tõttu ei keelustatud joogitopse ja kohe tarbimiseks mõeldud valmistoidu pakendeid, kuid nende tarbimist tuleb vähendada (*ibid.*). Jälgimaks edusamme kehtestab direktiivi artikkel 13 liikmesriikidele aruandluskohustuse.

2024. aastal võeti vastu direktiiv (EL) 2024/825, mis käsitleb tarbijate võimestamist üleminekul rohelisele majandusele. 2026. aasta sügisel jõustuv direktiiv tegeleb muu hulgas eksitavate keskkonnaväidetega, et tagada tarbijatele võimalus valida tooted, mis on keskkonna seisukohast tõendatavalt paremad. Selleks peab kaupleja keskkonnaväidete tõendamiseks koostama rakenduskava, mida kontrollib sõltumatu ekspert ning tegema antud andmed tarbijatele kättesaadavaks.

Pakendite kestlikumaks muutmiseks ja pakendijäätmete vähendamiseks võttis Euroopa Parlament 2024. aastal vastu täiendava määruse (EL) 2025/40, millega vähendatakse tarbetut pakendamist, keelustatakse teatud ühekordsete plastpakendite kasutamine ja seatakse piirangud PFAS ühendite ehk igaveste kemikaalide sisaldusele toidupakendites. Keelustatavate plastpakendite hulka kuuluvad näiteks portsjon- ja minipakendid ja eriti õhukesed plastkotid (Euroopa Parlament 2024). Lisaks kehtestab antud määruse lisa 6 nõuded korduskasutussüsteemidele, mis on defineeritud kui *“organisatsiooniline, tehniline või rahaline korraldus koos stiimulitega, mis võimaldab korduskasutamist kas suletud või avatud tsükli süsteemis, nagu tagatisrahasüsteem, millega tagatakse pakendite kogumine korduskasutamiseks”*.

1.4 Pakendite ringlussüsteemid

Ajalooliselt on pakendite korduskasutussüsteemid olnud kasutusel eelkõige joogitööstuses (Golding 1999, 15). Peamise materjalina on seal kasutusel olnud klaas, mille osakaal hakkas vähenema 70ndatel, kui Coca-Cola tõi uuendusena kasutusele ühekordsed plastpudelid (Rhein & Sträter 2021, 252). Euroopas kasvas klaaspakendi tootmine veel kuni 1990ndate alguseni (Golding 1999, 14) ning kuigi ka tänapäeval on kasutusel klaaspudelite korduskasutussüsteem, siis suur osa klaaspudeleid on ühekordsed ning üle 40% kõigist joogitööstuses kasutatavatest pakenditest moodustavad nüüdseks ühekordsed polüetüleentereftalaadist (PET) pudelid (Lichtmess 2023).

Saksamaa oli üks esimesi riike, kes ajalooliselt eksisteerinud korduvkasutatavate klaaspakendite kogumissüsteemi kaasas ka plastist ja alumiiniumist joogipakendid (Rhein & Sträter 2021, 252), millega loodi joogipakendite ringlussüsteem. Pandisüsteem toimib seal juba 2003. aastast ning sellega on jõutud 98% PET pudelite tagastuseni (Statista 2025). Samas toovad Rhein & Sträter (2021) Saksamaal toimiva süsteemi näitel välja, et suur tagastusprotsent on küll positiivne, kuid on soodustanud ühekordsete pudelite kasutuse ja nende osakaalu suurenemist, kuigi jäätmehierarhia ja ringmajanduse põhimõtete kohaselt peaks eelistama jäätmetekke vähendamist ja korduskasutamist materjali ringlussevõtule. Lisaks jätab süsteem tarbijatele tihti eksliku mulje

keskkonnasõbralikkusest võrdsustades tagastusprotsente ringlussevõtu kogustega ning pööramata tähelepanu materjali kasutamisele vähemväärtuslike ja hiljem uuesti ringlussevõttu mitte võimaldavate toodete valmistamiseks.

Eestis toimib pudelite pandisüsteem aastast 2005 ning on jõudnud 87% PET pudelite tagastuseni 2023. aastal (Statista 2025). Samas moodustavad pandisüsteemi pudelid vaid ligi 10% kõigist plastpakenditest (Eesti Pandipakend 2024), mille ringlussevõtt Eestis on püsinud 40% juures juba 2018. aastast (Keskkonnaportaali 2025). 2021. aastal Euroopa Liidus kehtestatud ringlusse võtmata plastpakendite maksu tõttu tasub riik 0,8 eurot iga kilogrammi sellise plasti eest ehk 16-20 miljonit aastas (Euroopa Kontrollikoda 2024).

Joogipakendite pandisüsteeme on nüüdseks rakendatud pea pooltes ELi riikides, kuid ringleva materjali määr, mis on üks olulisimaid näitajaid ringmajanduse ja kliimaneutraalsuse poole liikudes, on Liidus aastast 2017. püsinud stabiilselt 11% peal (Eurostat 2024). Pandipudelite kogumisel Euroopa edukaimas riigis Soomes oli 2023. aastal ringleva materjali määr üks madalamaid, vaid 2,4% (*ibid.*), mis näitab antud süsteemi väikest panust ringmajanduse poole liikumisel.

2019. aastal vastu võetud Euroopa Komisjoni ühekordse plasti direktiiv andis tõuke mitmete ühekordsest plastist toodete asendamiseks teisest materjalist toodete või ringlussüsteemidega. Lisaks direktiiviga keelustatud toodete turule laskmise lõpetamisele keelustati Eestis alates 2024. aastast avalikel üritustel ühekordsete söögi- ja jooginõude kasutamine (PakS§ 5 punkt 8). Tallinn keelustas ühekordsete plastist nõude kasutuse üritustel jäätmekava 2017-2021 alusel juba 2019. aastal ning 2023. aastal keelustati kõigi ühekordsete nõude kasutamine.

Alternatiivina on kasutusele võetud ringlussüsteemid, kus pandi eest väljastatud korduskasutusnõud tagastatakse, pestakse ning kasutatakse uuesti järgnevatel üritustel. Enamasti on sellised nõud toodetud erinevat tüüpi plastidest. Esimese sellise teenuse pakkujana tuli Eestis turule Panditops 2019. aastal (Eesti pandipakend). Sellised nõude ja eelkõige topside ringlussüsteemid on levinud mitmetes lääneriikides, näiteks asutati Uus-Meremaal suurüritustel kasutamiseks panditopse pakkuv ettevõtte Gobelet (nüüd Turn)

juba 2012. aastal. Nende topse kasutavad staadionid ja suurüritused nii Uus-Meremaal, Austraalias kui USAs ning koostööd on tehtud ka lennufirmadega pardateeninduseks korduskasutustopse pakkudes (Turn *s.a.*).

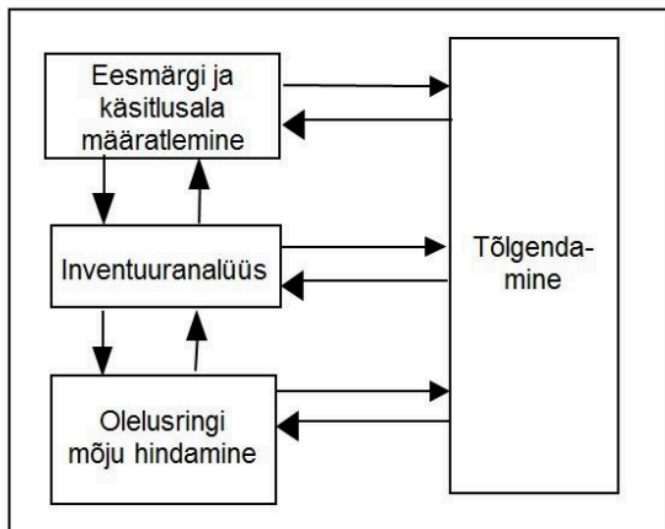
2025. aastal jõustunud uus Euroopa Komisjoni pakendimäärus eristab suletud ja avatud tsükli korduskasutussüsteeme. Suletud tsükli puhul ei vahetu pakendi omanik ning avatud tsükli korral vahetub pakendi omanik ühes või mitmes korduskasutusprotsessi punktis (määrus (EL) 2025/40, lisa 6). Eestis on kasutusel peamiselt suletud tsükli korduskasutussüsteemid, kus üks teenusepakkuja pakub toodete renti ja tegeleb ka nende transpordi, pesemise ja hoiustamisega.

Teaduskirjanduses liigitatakse korduskasutussüsteemide mudeleid peamiselt tagastus- ja taastäitmissüsteemideks. Ellen MacArthur Foundation, mis on üks juhtivaid organisatsioone ringmajanduse valdkonnas, eristab nelja ringlusmodelit: taastäitmine kodus, taastäitmine *on the go*, tagastus kodust ja tagastus *on the go* (EMF 2019, 19). Täitmismudelite korral täidavad kliendid ise korduskasutatavaid pakendeid ning tagastusmudeli puhul vastutab operaator tagastatud pakendi uuesti täitmise eest (*ibid.*). Avalikel üritustel kasutatavad korduskasutussüsteemid kuuluvad tagastus *on the go* mudeli alla.

1.5 Olelusringi uuringud

Plastisektor oli üks esimesi, kus hakati keskkonnamõjust tervikliku ülevaate saamiseks kasutama olelusringi hindamise metoodikat ja selle eelkäijaid juba 1960ndatel aastatel (Xayachak *et al.* 2024, 4). See metoodika annab ülevaate kogu olelusringi keskkonnamõjust ehk alates toorme hankimisest kuni jäätmete kõrvaldamiseni (Talve & Põld 2005, 10). ISO standardi 14040 kohaselt koosneb LCA 4 etapist (joonis 2): eesmärgi ja käsitusala määratlemine, inventuuranalüüs, mõju hindamine ja tulemuste tõlgendamine (EVS-EN ISO 14040:2006+A1:2020). Käsitusala määratlemisel valitakse ka mõjukategooriad ehk keskkonnamõju liigid, millega inventuuranalüüsi tulemusi

suhestatakse. Täpsemalt on olelusringi hindamise metoodikat kirjeldatud metoodika peatükis.



Joonis 2. Olelusringi hindamise etapid (Talve 2012).

1.5.1 Plasti olelusringi hindamine

Amadei *et al.* (2025) on läbi viinud kogu Euroopa plasti väärtusahela olelusringi hindamise 2019. aasta andmete põhjal, mille kohaselt on kogu plastisektori kasvuhoonegaasi heide 279 Mt CO₂-ekv ning pakendisektor põhjustab sellest 31%. Plasti tootmise ning sellest toodete valmistamise etapid moodustavad vähemalt poole väärtusahela keskkonnamõjust kõigis uuringus vaadeldud 16 mõjuvaldkonnas (Amadei *et al.* 2025, 6). Võrdluseks oli kogu Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside heide 2019. aastal hinnanguliselt 3500 Mt CO₂-ekv (European Environment Agency 2024).

Mõnesid plastiga kaasnevaid keskkonnaprobleeme nagu prügistamine, loomade takerdumine loodusesse sattunud plastjätmetesse, bioloogilise mitmekesisuse kadu ja toksilisust inimesele on küll teaduskirjanduses välja toodud, kuid mõõtmisraskuste ja suure varieeruvuse tõttu on neid keeruline olelusringi hindamises kajastada (Sabate & Kendall 2024, 2). Üha enam teadvustatakse kitsaskohana ka mikroplasti mõjudega arvestamist, mistõttu enamik seni tehtud uuringuid võivad alahinnata kogu plasti põhjustatavat keskkonnamõju (Xayachak *et al.* 2024, 2).

Mikroplastiga arvestamine olelusringi hindamisel on keeruline puudulike andmete tõttu nii nende tekke kui mõju kohta kuna tegemist on küllaltki uue ja pidevalt areneva uurimisvaldkonnaga (Xayachak *et al.*, 7). Olulised andmelüngad mikroplasti osas on nii põhilistes andmebaasides, kust saadakse enamasti LCA läbiviimiseks vajalikud taustandmed kui ka uurimisobjektiks olevates tootesüsteemides (*ibid.*, 5). Samuti on puudulikud mikroplasti tunnustegurid, mis võimaldaksid nende mõju mõjukategooria indikaatori ühisühikuks teisendada (*ibid.*, 6). Seega on isegi juhul, kui keskkonda jõudva mikroplasti kogused on teada, nende avaldatava mõju kirjeldamine keeruline (*ibid.*).

Seni on peamiselt keskendutud mikroplasti mereökosüsteemidele avaldatava mõju LCA metoodikasse integreerimisele (Xayachak *et al.*, 5). 2018. aastal loodud töörühm MarILCA (*Marine Impacts in LCA*) oli üks esimesi algatusi välja töötamaks tunnustegureid erinevatest polümeeridest, eri suuruste ja kujuga mikroplastile, hindamaks nende mõju veeökosüsteemide elustikule (Saadi *et al.*, 2025, 2). Nende tööd täiendab näiteks Schwarz *et al.* (2024) uurimus, millega loodi tunnustegurid 3 erineva plastpolümeeri jaoks, et hinnata ökotoksilisust magevee ja mereökosüsteemidele. Samuti Saadi *et al.* (2025) uurimus, millega täiendati MarILCA väljatöötatud tunnustegureid, et arvestada ka veekogude põhjasettesse jõudnud mikroplasti mõjuga.

Galafton *et al.* (2025a) ülevaateartikkel käsitleb seni tehtud saavutusi LCA metoodikas plastireostusega arvestamiseks, kuid juhib tähelepanu senisele suurele fookusele merekeskkonda sattunud plasti mõjuga arvestamiseks ning vajadusele teistes uurimisvaldkondades tehtud avastusi integreerida ka pinnast ja magevett käsitledes. 90,7% plastiheitmest jõuab esmalt maapinnale ning vaid 32% sellest jõuab edasi veekeskkonda, mistõttu on eriti oluline paremini mõista ja LCA metoodikasse integreerida just plastireostuse mõju pinnasele (Galafton *et al.* 2025a, 1005).

1.5.2 Toppide ja nende ringlussüsteemide olelusringi uuringud

Lisaks erinevatest plastidest toppide võrdlemisele võimaldab olelusringi hindamine neid kõrvutada ka teistest materjalidest tehtud toppidega ning teadustöid võrdlemaks nende keskkonnamõju on tehtud mitmel pool maailmas. Hocking võrdles juba 1994. aasta artiklis

5 erinevat, seal hulgas nii ühekordset kui korduskasutatavat, joogitopsi, millest madalaima fossiilkütuse kuluga kasutuskorra kohta oli ühekordne papptops. Veel on võrreldud näiteks plastist ja bioplastist ühekorratopse isikliku metalltopsi kasutusega (Changwichan & Gheewala 2020), tavaplastidest ja bioplastist ühekorratopse (Moretti *et al.* 2021) ning bioplastist korduskasutus ja ühekordseid nõusid (seal hulgas topse) ühekordsete tavaplastist nõudega (Genovesi *et al.* 2022). Galafton *et al.* (2025b) on esimestena ühekordseid bioplastist ja polüpropüleenist topse võrreldes arvestanud ka plastireostuse mõjuga.

Korduskasutussüsteemide puhul on oluline tasakaalupunkt, mis näitab peale mitut kasutuskorda korduskasutustopsi keskkonnamõju ühekorratopsidega võrdsustub. Tootmise etapis on korduskasutustopsi keskkonnamõju üldjuhul suurem, seda juba suurema kaalu tõttu (UNEP 2021, 38), kuid selle jagunemine kasutuskordade peale peaks tagama väiksema mõju olelusringi vältel. Tasakaalupunkt varieerub uuringute tulemustes oluliselt, nii jääb korduskasutustopsi vajalik ringluskordade arvu 10 ja 670 vahele (*ibid.*, 4).

Suurüritustel kasutatavaid ühekordseid ja ringlussüsteemidesse kuuluvaid korduskasutustoppe on võrrelnud juba 2004. aastal Garrido & Alvarez del Castillo Hispaania kontekstis, kes leidsid, et korduskasutustops peab läbima vähemalt 10 kasutuskorda ühekordsest topsist väiksema keskkonnamõju saavutamiseks. Norra festivali kontekstis läbi viidud uuring leidis, et teatud tingimustel on minimaalseks kasutuskordade arvuks 6 ning kõige olulisemaks aspektiks on korduskasutustopside tagastusprotsent (de Sadeleer & Lyng 2022). Šuškevičė & Kruopienė (2020) uurisid Leedu festivalide kontekstis topside erinevate ringlussüsteemide tagastusprotsente ning leidsid, et kõige tõhusamad on pandisüsteemid.

Uuringute tulemustes on suured erinevused, mis kohati ei lähe kokku ka Euroopa plastipoliitika suundadega. Nii leidsid näiteks Gallego-Schmid *et al.* (2019), et vahtpolüstüreenist joogi- ja söögipakendid olid väikseima mõjuga kõigis olelusringi hindamise käigus vaadeldud 12 mõjukategoorias ning seda saaks veelgi vähendada paremate taaskasutus lahenduste kasutuselevõttuga. Siiski keelustas EL direktiiviga (EL) 2019/904 just vahtpolüstüreenist ühekorrapakendite turule laskmise.

Suurimad erinevused uuringutes tulenevad üldiselt topsi materjali ja elulõpu stsenaariumi valikust, mis sõltub nii uurijate valikutest kui uuringuriikides kasutatavatest lahendustest (UNEP 2021, 45). Riigispetsiifilised on nii kasutatavad energiaallikad kui elulõpu stsenaariumid (*ibid.*, 5). Seetõttu on oluline uurimus läbi viia Eesti kontekstis, mitte tugineda vaid teistes Euroopa riikides tehtud uuringutele.

Nii materjali kui elulõpu valikute olulisust illustreerivad UNEP (2021) käsitletud uurimused. Polüetüleenil põhineva ühekordse papptopsi ja polüpropüleenil põhineva korduskasutustopsi võrrelnud uurimuses leiti, et ühekordse topsi ladustamisel prügilas oli tasakaalupunktiks 21 korduskasutustopsi kasutust, samas kui ühekorratopsi ringlussevõtu korral oli see 41 kasutuskorda (UNEP 2021, 25). Võrreldes sarnast papptopsi aga keraamilise topsiga, oli tasakaalupunktiks 350 kasutuskorda (*ibid.* 27). Üldisi tulemusi mõjukategooriate lõikes mõjutab oluliselt ka korduskasutustopside eeldatav kasutuskordade arv, mis on vaadeldud uuringutes vahemikus 50-1000, kuid Eestis tegutseva renditopse pakkuva ettevõtte keskmine topsi kasutusiga on vaid 5 kasutuskorda. Seega võivad uuringute tulemused näidata korduskasutustopside paremaid tulemusi potentsiaalse eluea saavutamisel, kuid reaalsuses enamus topse antud kasutuseani ei jõua.

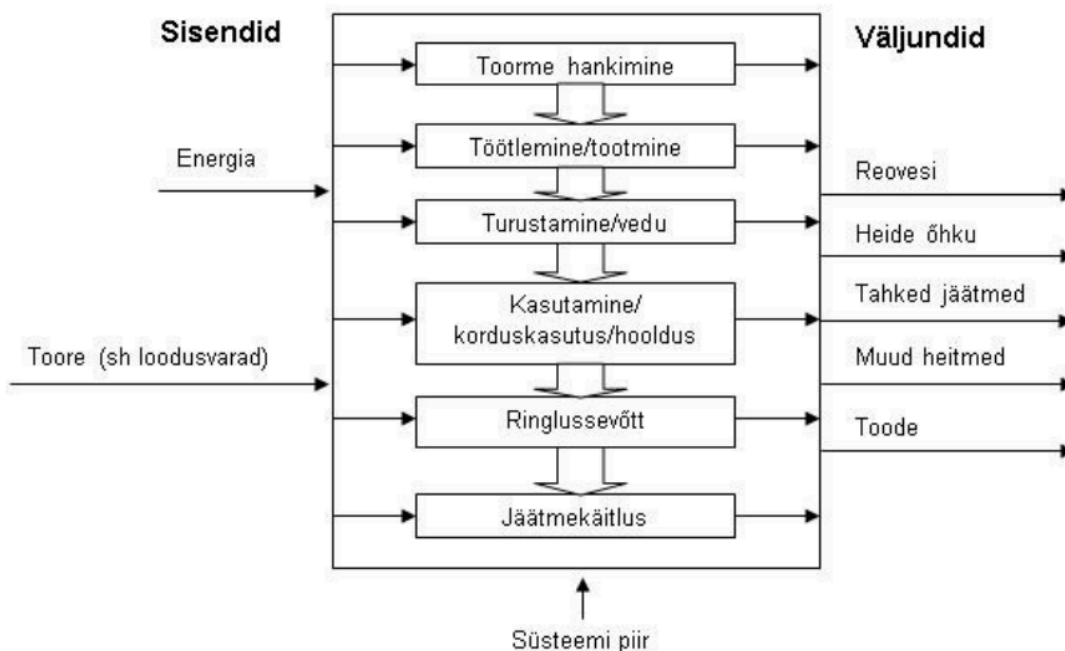
2. METOODIKA

Ühekorra- ja korduskasutustopside võrdlemiseks on antud uurimistöös kasutatud olelusringi hindamist. See annab ülevaate iga vaadeldava toote keskkonnamõjust valitud mõjukategooriates olelusringi jooksul ning samade eelduste rakendamisel võimaldab neid omavahel võrrelda. Nii on võimalik leida väikseima keskkonnamõjuga toode, tasakaalupunkt ühekorra- ja korduskasutustopside vahel ning anda soovitusi keskkonnamõju vähendamiseks.

Töös läbitakse kõik neli olelusringi hindamise etappi. Eesmärgi ja käsitusala määratlemisega pannakse paika süsteemi piirid ja seatakse talitlusühik, inventuurianalüüsiga tehakse kindlaks toote olelusringi sisendid ja väljundid ning hinnatakse neid, mõju hindamise etapis hinnatakse kogu tootesüsteemi keskkonnamõju ulatust ja tähtsust ning tulemuste tõlgendamise etapis analüüsitakse eelnevate etappide tulemusi järelduste ja soovitude tegemiseks (EVS-EN ISO 14040:2006+A1:2020).

Toote olelusring koosneb enamasti järgmistest etappidest (joonis 3) (Talve & Põld 2005, 10):

- Toorme hankimine
- Töötlemine ja tootmine
- Turustamine ja vedu
- Kasutus, korduskasutus ja hooldus
- Ringlussevõtt
- Jäätmekõrvaldus



Joonis 3. Toote olelusringi etapid (Talve 2012).

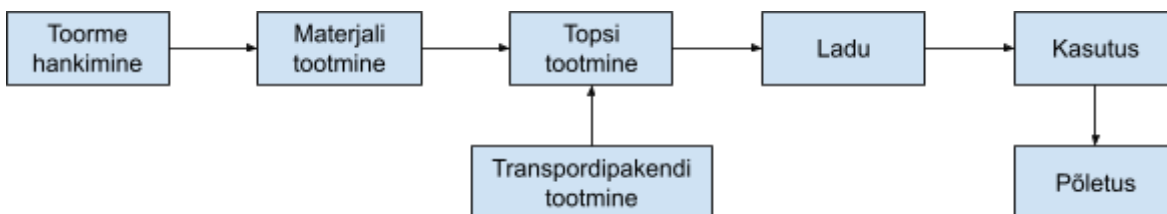
Olelusringi hindamiseks on kasutatud SimaPro Craft tarkvara ja andmebaasi Ecoinvent 3.11 andmeid. Korduskasutustopsi süsteem on modelleeritud vastavalt Eestis tegutseva renditopsi teenust pakkuva ettevõtte andmetele. Ühekordsete topside olelusring on modelleeritud reaalsete toodete põhjal tuginedes peamiselt kirjanduses leiduvatele andmetele. Lisas 1 on toodud fotod töös käsitletud topsidest.

2.1 Eesmärgi ja käsitusala määratlemine

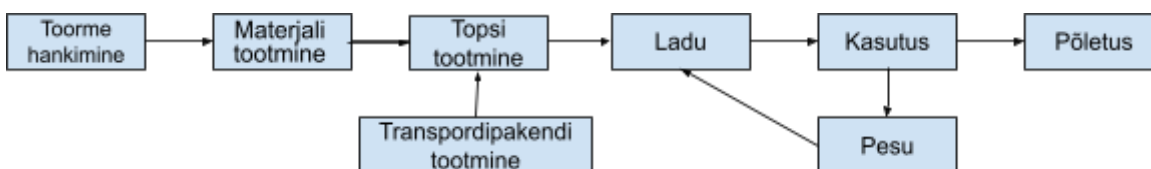
Topside tootesüsteemide võrdluse talitlusühikuks on 1 külma joogi serveerimine 0,4 liitrites toosis väliüritusel. Töö käsitleb 3 erinevat topsisüsteemi:

1. Ühekordne polüetüleen (PE) kihiga papptops (edaspidi papptops), mis kogutakse olmeprügina ning jõuab põletusse jäätmeenergia tootmiseks (joonis 4).
2. Ühekordne polüpropüleen (PP) tops (edaspidi plasttops), mis kogutakse olmeprügina ning jõuab põletusse jäätmeenergia tootmiseks (joonis 4).

3. Korduskasutatav polüpropüleenist tops (edaspidi kordustops), mis kogutakse, pestakse ja kasutatakse uuesti 5 korda ning eluea lõpus põletatakse jäätmeenergia tootmiseks (joonis 5).



Joonis 4. Papp- ja plasttopsi olusringide etapid, nooled tähistavad etappide vahelist transporti.



Joonis 5. Kordustopsi olusringi etapid, nooled tähistavad etappide vahelist transporti.

Kõigi vaadeldavate süsteemide puhul kuulub süsteemi piiride sisse materjali tootmine ja selleks vajaliku toorme hankimine, materjalist topside tootmine, topside transport Eestisse, ladustamine, transport üritusele ja kasutus. Ühekorratopsid transporditakse ürituselt otse põletusse. Korduskasutussüsteemis transporditakse tops pärast kasutust tagasi lattu, kus toimub pesu ja ladustamine järgmise kasutuskorrani. Renditopse pakkuva ettevõtte tops käib nende andmetel erinevat tüüpi kasutuses (üritused, kaasa ostmine kohvikutest jms.) keskmiselt 5 korda enne kui süsteemist kaob ehk jääb tagastamata. Põhistsenaariumis on eeldatud, et need topsid jõuavad prügiga põletusse jäätmeenergia tootmiseks. Töö tulemused kajastavad vastavalt talitusühikule kordustopsi ühe kasutuskorra keskkonnamõju, kuid arvutusi tehes on arvesse võetud 5 kasutuskorda olusringi jooksul.

Korduskasutustopside tagastusprotsendid varieeruvad ning sõltuvad peamiselt tarbijakäitumisest. Topsirenti pakkuva ettevõtte andmetel jääb tagastusprotsent väliüritustel 90-95% vahele. Tarbijakäitumist topside tagastamisel on uuritud magistritöö raames, mille tulemusel selgus, et tagastusprotsenti mõjutab nii pandi suurus, topsi tüüp kui ka ürituse

sisu kuna eri esinejad toovad kohale erineva publiku (Vabarna 2024, 26). Keskmiselt jäid tagastamata topside protsendid 10% juurde, välja arvatud ühel aastal, mil rakendati suuremat, 5 eurost, panti ja tagastamata jäi vaid 2,5% topsidest (*ibid.*, 31). Kuna nii suure panti rakendamine on Eesti kontekstis pigem haruldane (enamasti 2 eurot), siis arvestatakse alternatiivses stsenaariumis 10 kasutuskorda topsi kohta. Üritustel topside tagastusprotsendi suure varieeruvuse ning ettevõtte poolt pakutavate topside laiema kasutuse tõttu on põhistsenaariumisse valitud kõigi topside keskmine kasutuskordade arv, mis väljendab kogu süsteemi jalajälge täpsemalt.

2.2 Olelusringi inventuuranalüüs

Inventuuranalüüsiga tehakse kindlaks kogu toote olelusringi sisendid ja väljundid. Tabelis 1 on toodud uurimistsenaariumis kõigi vaadeldavate topside kohta tehtud eeldused. Topsi kaal vastab reaalsele tootele ning toorme kaalu on sisse arvestatud tootmisel tekkiv materjalikadu vastavalt Ecoinvent andmebaasi protsessis kirjeldatule.

Mõlemad PP topsid on toodetud Poolas ning seetõttu arvestatud sama transpordivahemaa Eestisse. Papptops on toodetud Soomes. Transpordil Eestisse on iga topsi puhul pakendiks arvestatud 800 topsi mahutav pappkast mõõtudega 392x392x480 mm, mis on arvutatud ühekordse PP topsi pakendi põhjal, millel olid täpsed andmed kättesaadavad. Ühekordsetel topsidel on lisaks plastist ümbrised, mille parameetrid on täpsustatud allpool. Pappkastid võetakse elulõpus ringlusesse ning plastist ümbrised jõuavad põletusse.

Korduskasutustopsi Eesti-siseseks transpordiks kasutatakse 85 topsi mahutavaid plastkaste kaaluga 1,64 kg, mida on arvestatud transpordi keskkonnamõju arvutamisel suure kaalulisa tõttu, kuid mille tootmine ja elulõpu stsenaarium jääb väljapoole süsteemi piiri pika kasutusea tõttu. Transport üritusele on arvestatud Tallinna äärealal paiknevast laohoonest Vabaduse väljakul toimuvale üritusele. Peale üritust jõuavad ühekordsed topsid prügiautoga otse Iru elektrijaama ning kordustops pesuks ja ladustamiseks tagasi lattu. Peale viiendat kasutuskorda jõuab ka kordustops ürituselt prügiautoga otse Iru elektrijaama.

Tabel 1. Eeldused iga topsi alternatiivi kohta

	Ühekordne papptops	Ühekordne PP tops	Korduskasutatav PP tops
Kasutuskorrad	1	1	5
Topsi kaal (g)	9,7	6,5	22
Toorme kaal (g)	9,2 papp 0,5 PE	6,85	22,13
Topsi kaal koos transpordipakendiga (g)	10,76	7,505	23 41,3
Transport Eestisse	120 km maanteetransport 82 km praam	1300 km maanteetransport	1300 km maanteetransport
Transport üritusele	10 km	10 km	10 km
Transport ürituselt	14 km Iru elektrijaama	14 km Iru elektrijaama	10 km pessu 14 km Iru Elektrijaama

2.2.1 Papptopsi tootesüsteem

Papptopsi olelusringi modelleerimisel SimaPro programmis kasutatud andmed ja protsessid on toodud tabelis 2. PE kiht moodustab papptopside kaalust Ecoinvent andmebaasis kirjeldatud protsessis 6%. 9,7 grammi kaaluva topsi sisendiks on seega ligikaudu 0,6 grammi PE, mis on protsessi sisendina juba arvesse võetud. Samuti on protsessi sisse arvestatud tootmiskaod, mistõttu pole neid eraldi välja toodud nagu seda on tehtud plasttopside puhul. Transpordipakendiks on lisaks pappkastile madala tihedusega polüetüleenist ümbris, mis on samuti juba protsessi osana arvestatud. Lao energiakulu on arvutatud vastavalt Euroopa Teadusuuringute Ühiskeskuse (JRC) soovitudele plasti olelusringi hindamiseks (Nessi *et al.* 2021, 78). Topsi kohta on laopinnaks arvestatud 0,00016 m², mis arvestab ka vahikäike (Papacko 2025) ning laos viibimise ajaks 60 päeva.

Tabel 2. Papptopsi olelusringi sisendid ühe topsi kohta

Olelusringi etapp	Sisend	Sisendi kogus	Ecoinvent protsess
Topsi tootmine	Polüetüleen ja papp, topsi vormimine ja pakendamine	9,7 g	Single use paper cup, lid or container, for food packaging, from virgin fibre {RER} single use paper cup, lid or container production, for food packaging, from virgin fibre Cut-off, U
Ladu	Elekter	0,0008 kWh	Electricity, low voltage {EE} electricity, low voltage, residual mix Cut-off, U
	Soojusenergia	0,0095 MJ	Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} market for heat, district or industrial, natural gas Cut-off, U
Põletus	Papp	9,2 g	Waste paperboard {GLO} treatment of waste paperboard, municipal incineration Cut-off, U
	PE	0,5 g	Waste polyethylene {GLO} treatment of waste polyethylene, municipal incineration Cut-off, U

2.2.2 Plasttopsi tootesüsteem

Ühekordse PP topsi kohta kasutatud andmed ja protsessid on toodud tabelis 3. Topside termovormimisel on materjalikadu 5,4%, seega on 6,5 grammi kaaluva topsi tootmise materjalikulu arvestatud 6,85 grammi. Transpordipakend on lisaks pappkastile 4 grammi kaaluv suure tihedusega polüetüleenist kott, millega on kast vooderdatud. Laoparameetrid on arvestatud analoogselt papptopsiga.

Tabel 3. Plasttopsi olelusringi sisendid ühe topsi kohta

Olelusringi etapp	Sisend	Sisendi kogus	Ecoinvent protsess
PP tootmine	Polüpropüleen	6,85 g	Polypropylene, granulate {RER} polypropylene production, granulate Cut-off, U
Topsi tootmine	Polüpropüleen	6,85 g	Thermoforming of plastic sheets {FR} thermoforming of plastic sheets Cut-off, U
Transpordipakendi tootmine	Pappkast	1 g	Folding boxboard carton {RER} market for folding boxboard carton Cut-off, U
	HDPE	0,005 g	Polyethylene, high density, granulate {RER} polyethylene production, high density, granulate Cut-off, U
Ladu	Elekter	0,0008 kWh	Electricity, low voltage {EE} electricity, low voltage, residual mix Cut-off, U
	Soojusenergia	0,0095 MJ	Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} market for heat, district or industrial, natural gas Cut-off, U
Põletus	Polüpropüleen	6,5 g	Waste polypropylene {GLO} treatment of waste polypropylene, municipal incineration Cut-off, U
	HDPE	0,005 g	Waste polyethylene {GLO} treatment of waste polyethylene, municipal incineration Cut-off, U

2.2.3 Kordustopsi tootesüsteem

Tabel 4 kajastab korduskasutustopsi olelusringi hindamisel kasutatud andmeid ja andmebaasi protsesse. Survevalu materjalikaoks on arvestatud 0,6%. Transpordipakendina on kajastatud vaid pappkast kuna Eesti-sisesel transpordil kasutatava plastkasti tootmise ja elulõpu keskkonnamõjusid süsteemis arvestatud pole. Topsi pesemise andmed on kogutud

topsirendiga tegelevalt ettevõttelt ning sisaldavad ka lao- ja kontoripinnaga seonduvat energia- ja veekulu, mistõttu pole laoga seotud kulused eraldi välja toodud.

Tabel 4. Kordustopsi olelusringi sisendid ühe topsi kohta

Olelusringi etapp	Sisend	Sisendi kogus	Ecoinvent protsess
PP tootmine	Polüpropüleen	22,13 g	Polypropylene, granulate {RER} polypropylene production, granulate Cut-off, U
Topsi tootmine	Polüpropüleen	22,13 g	Injection moulding {RER} injection moulding Cut-off, U
Transpordipakend	Pappkast	1 g	Folding boxboard carton {RER} market for folding boxboard carton Cut-off, U
Pesu	Vesi	285 g	Tap water {Europe without Switzerland} tap water production, conventional treatment Cut-off, U
	Reovesi	285 g	Wastewater, average {Europe without Switzerland} treatment of wastewater, average, wastewater treatment Cut-off, U
	Elekter	0,018 kWh	Electricity, low voltage {EE} electricity, low voltage, residual mix Cut-off, U
	Pesuvahend	0,165 g	Cleaning consumables, without water, in 13.6% solution state {GLO} cleaning consumables, without water, in 13.6% solution state Cut-off, U
Põletus	Polüpropüleen	22 g	Waste polypropylene {GLO} treatment of waste polypropylene, municipal incineration Cut-off, U

2.3 Olelusringi mõju hindamine

Mõjukategooriate arvuliseks väljendamiseks kasutatakse mõjukategooria indikaatorit ja selle ühisühikut. Inventuuranalüüsi tulemused teisendatakse ühisühikuks tunnusteguri abil (Talve & Põld 2005, 31). Nii on näiteks enimkasutatud mõjukategooria, kliimamuutus, väljendatud CO₂ ekvivalendina (CO₂-ekv). Plasti olelusringi hindamist käsitlev ülevaateartikkel leidis vaadeldud töödes 62 erinevat mõjukategooriat, millest enimkasutatud olid kliimamuutuse kõrval hapestumine, osoonikihi lagunemine, eutrofeerumine, ökotoksilisus ja fotokeemilise osooni moodustumine (Sabate & Kendall 2024, 5).

Antud töös on kasutatud Euroopa Komisjoni loodud toote keskkonnajalajälje määramise metoodikat Environmental Footprint 3.1, mille mõjukategooriad on toodud tabelis 5. Topside omavahelist võrdlust lihtsustab koondhinnang, mis annab iga süsteemi tervikmõju arvulise väärtusena. Koondhinnang saadakse kõigi mõjukategooriate normaliseeritud ja kaalutud tulemuste liitmisel ning annab ülevaate süsteemi kogu keskkonnamõjust.

Normaliseerimise käigus teisendatakse erinevate keskkonnamõju kategooriate tulemused ilma ühikuta numbriteks. Seda tehes leitakse, milline on saadud tulemus suhtena keskmise inimese poolt globaalselt põhjustatud keskkonnamõjusse. Kaalumise käigus korrutatakse iga mõjukategooria normaliseeritud tulemus kaalumisteguriga, et kajastada selle suhtelist tähtsust keskkonnamõjude seas. Kaalumise tulemus väljendatakse ühe koondpunktina (Pt).

Tulemus 1 Pt väljendab ühe inimese keskmist keskkonnamõju globaalselt ühes aastas. Analüüsis kasutatud Environmental Footprint 3.1 normaliseerimis- ja kaalumistegurid on välja töötatud Euroopa Komisjoni poolt toodete keskkonnajalajälje mõõtmiseks. Tegurid sisalduvad SimaPro tarkvaras ja kaasatakse seal läbi viidud arvutustesse automaatselt.

Tabel 5. Mõjuhinna aspektid, nende indikaatorid ja mõõtühikud (soovitus (EL) 2021/2279, lisa 1)

Olelusringi hindamise aspekt	Mõjukategooria	Indikaator ja ühik
Toksilisus	Inimest mõjutav kantserogeenne toksilisus	Inimest mõjutava toksilisuse võrdlusühik (CTU _h)
	Inimest mõjutav mittekantserogeenne toksilisus	Inimest mõjutava toksilisuse võrdlusühik (CTU _h)
	Ökotoksilisus, magevesi	Ökosüsteeme mõjutava toksilisuse võrdlusühik (CTU _e)
Kliimamuutused	Kliimamuutused	Globaalse soojendamise potentsiaal (GWP100, kg CO ₂ ekvivalenti)
Reostus	Osoonikihi kahanemine	Osoonikihi kahandamise potentsiaal (CFC-11 ekvivalent-kg)
	Tahked osakesed/sissehingatav anorgaaniline aine	PM _{2,5} -osakestega kokkupuutest tulenev mõju inimeste tervisele (haigusjuhtumid)
	Inimeste tervist kahjustav ioniseeriv kiirgus	Inimeste kokkupuude elemendiga U ²³⁵ (kBq U ²³⁵)
	Fotokeemiline osooniteke	Troposfääriosooni kontsentratsiooni suurenemine (NMVOC ekvivalent-kg)
	Hapestumine	Kriitilise saastekoormuse ületamine (H+ ekvivalentmool)
	Maismaa eutrofeerumine	Kriitilise saastekoormuse ületamine (N ekvivalentmool)
	Mageveekogude eutrofeerumine	Magevette jõudvate toiteelementide osa (P, P ekvivalent-kg)
	Mereveekogude eutrofeerumine	Toitainete osa, mis jõuab mere lõppsüsteemi (lämmastik, kg lämmastikekvivalenti)
Ressursid	Maakasutus	Mulla kvaliteedi indeks (biootiline tootmine, erosioonikindlus, mehaaniline filtreerimine ja põhjaveekihtide taastumine), vabamõõtmeline
	Veetarbimine	Kasutaja ilmajäämise potentsiaal (puudujäägiga kaalutud veetarbimine, m ³ veepuuduse ekvivalent)
	Mineraalid ja metallid	Abiootiliste ressursside ammendumine (abiootiliste ressursside lõplikud varud, Sb ekvivalent-kg)
	Energiakandjad	Abiootiliste ressursside ammendumine – fossiilkütused

		(abiootiliste ressursside ammendumise potentsiaal – fossiilkütused, MJ)
--	--	---

2.4 Tundlikkusanalüüs

Tundlikkusanalüüsiga kontrollitakse olelulusringi hindamisel kasutatud parameetrite muutmise mõju tulemustele. Töös vaadeldakse 5 alternatiivset stsenaariumit, kus enamik parameetreid jäetakse samaks, kuid:

- A. Ürituse toimumiskohaks on Tartu Raeplats ning kõigis vaadeldud süsteemides muudetakse transpordivahemaad vastavalt.
- B. Kõigis vaadeldud süsteemides jõuavad topsid elu lõpus ringlusesse.
- C. Kordussüsteemis on topsi eluiga 10 kasutuskorda.
- D. Ühekordsete topside laos etapis ja kordustopsi pesu etapis kasutatakse taastuvatest allikatest toodetud elektrit.
- E. Topsid on toodetud ringlussevõetud materjalist.

Stsenaarium A puhul muutub transpordivahemaa üritusele ja põletusse ning kordustopsi puhul ka pesuks ja ladustamiseks järgmise ürituseni. Arvestatud transpordivahemaad on toodud tabelis 6. Transport üritusele toimub Tallinna äärealal paiknevast laost Tartu Raeplatsi ning kordustopsi puhul tagasi samasse lattu pesuks. Transport põletusse hõlmab transporti prügiautoga Aardlapalu prügila ümberlaadimisjaama ja sealt veoautoga Iru elektrijaama.

Tabel 6. Transpordivahemaad (km) Tartus toimuva ürituse korral (stsenaarium A)

	Papptops	PP ühekordne	PP kordus
Transport üritusele	185	185	185
Transport pessu	-	-	185
Transport põletusse	15+195	15+195	15+195

Stsenaarium B korral jõuavad kõik topsid põletuse asemel elu lõpus ümbertöötlemisele. Ecoinvent andmebaasis on ümbertöötlus nullmõjuga protsess, mõju arvestatakse ringlusse läinud materjalist tehtud uue toote olelusingis.

Stsenaariumis C arvestatakse korduskasutustopsi elueaks 10 kasutuskorda. Põhistsenaariumi 5 kasutuskorra asemel käib tops kasutuses 10 korda enne kui jõuab elu lõpus põletusse.

Stsenaarium D asendab korduskasutustopsi pesemise etapis ja ühekordsete topside lao etapis kasutatava elektri taastuvelektriga. Kuna Ecoinvent andmebaasis puudub Eestile vastav taastuvelektri segu ja ka päikeseelekter, siis on 50% kuluvast elektrist asendatud Soome päikeseelektriga ja 50% Eesti tuuleelektriga.

Stsenaariumis E on kõik topsid toodetud ümbertöödeldud materjalist. Plasttopside puhul on sisendiks 100% ümbertöödeldud polüpropüleenid pelletid ja papptopsi puhul on ringlussevõetud materjali osakaal 80-90%.

3. TULEMUSED

Tulemuste esitamisel on lähtutud Euroopa Komisjoni soovitud keskkonnajalajälje meetodite kasutamisel. Iga topsi puhul on esmalt välja toodud koondhinnang ning sellest suurima osakaalu moodustavad mõjukategooriad. Antud töös on olulisimatena välja toodud mõjukategooriad, mis moodustavad koondhinnangust kokku vähemalt 80%. Seejärel käsitletakse antud mõjukategooriate lõikes kõige olulisemaid olelusringi etappe ja protsesse. SimaPro programmist saadud algsed tulemused mõjukategooriate ja olelusringi etappide lõikes on toodud lisa 2. Topside omavaheline võrdlus on toodud kõigi mõjukategooriate lõikes. Tundlikkusanalüüs keskendub kordustopsile ja topside omavahelisele võrdlusele koondhinnangu põhjal. Lisa 3 on toodud tundlikkusanalüüsi tulemused tervikuna.

3.1 Papptops

Papptopsi puhul on mõjukategooriate koondhinnanguks 2,52 μ Pt. Suurima osakaaluga mõjukategooria on mageveekogude eutrofeerumine, mis moodustab 32,4% koondhinnangust. Sellele järgnevad kliimamuutused 19,7% ja energiakandjad 17,1%. Suure vahega järgnevad tahked osakesed, maakasutus ja fotokeemiline osooniteke mis kõik panustavad alla 6% koondhinnangust.



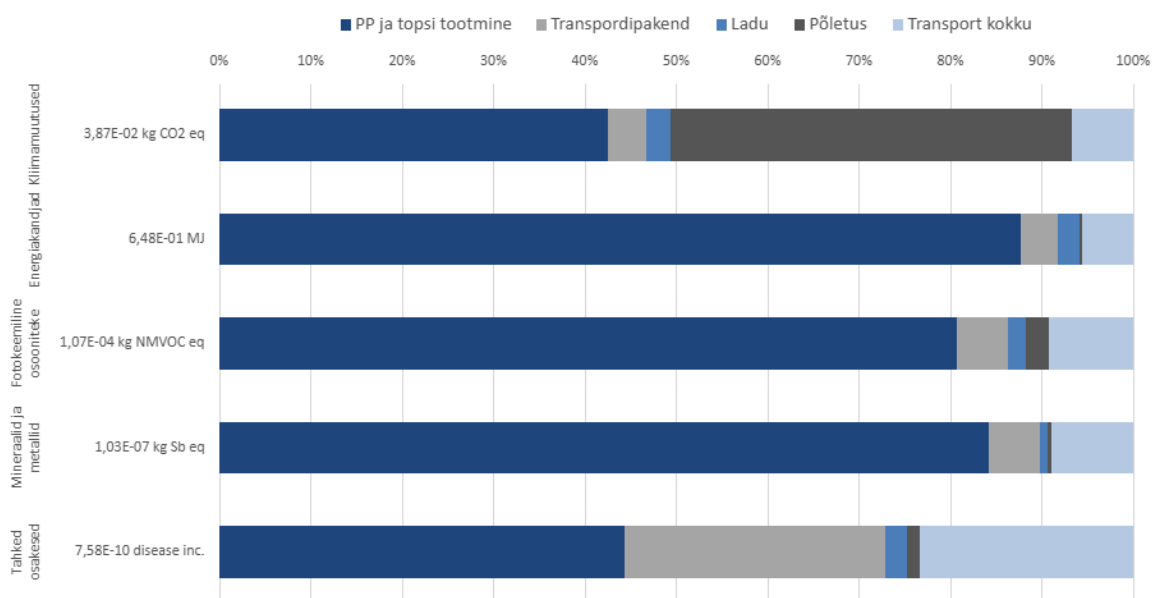
Joonis 6. Papptopsi kõige olulisemad mõjukategooriad ja olelusringi etappide osakaalud nendest.

Joonisel 6 on toodud olulisimad mõjukategooriad ja iga olelusringi etapi osakaal sellest. Tootmine panustab koondhinnangust 90,9% ja on suurima osakaaluga kõigis kategooriates, panustades vähemalt 75% ja põhjustades magevee eutrofeerumisest ja maakasutusest enam kui 99%. Põletuse osakaal on märkimisväärne vaid kliimamuutuste kategoorias, moodustades 10,4%. Transpordi osakaal on suurim tahkete osakeste ja fotokeemilise osoonitekke kategooriates, kus see jääb 8% juurde. Lao osakaal on üle 5% vaid kliimamuutuste kategoorias. Kuna papptopsi ja selleks vajalike materjalide tootmine on SimaPros toodud ühe protsessina, siis on see ka suurima panuse andvaks ühikprotsessiks koondhinnangus, panustades 31%.

3.2 Plasttops

Ühekordse polüpropüleenist topsti puhul on mõjukategooriate koondhinnang 2,64 μ Pt. Suurima osakaaluga mõjukategooria on kliimamuutused, mis moodustab 40,9%

koondhinnangust. Teine suurim panustaja on energiakandjad moodustades 31,4%. Kolm järgnevat kategooriat on fotokeemiline osooniteke, mineraalid ja metallid ning tahked osakesed mille kõigi panus jääb 4-5% vahele.



Joonis 7. Ühekordse polüpropüleenist topsi kõige olulisemad mõjukategooriad ja olelusringi etappide osakaalud nendest.

Joonisel 7 on toodud olulisimad mõjukategooriad ja iga olelusringi etapi osakaal sellest. PP ja topsi tootmine panustab koondhinnangust 64,7% ja on suurima osakaaluga kõigis kategooriates peale kliimamuutuste. Suurim on tootmise osakaal kategoorias energiakandjad (87,7%) ning üle 80% küündib see ka kategooriates mineraalid ja metallid ning fotokeemiline osooniteke. Kliimamuutuste ja tahkete osakeste kategooriates jääb tootmise osakaal 40% juurde.

Põletuse osakaal on märkimisväärne vaid kliimamuutuste kategoorias, moodustades seal 43,9%, kuid jääb teistes kategooriates alla 3%. Transpordipakendi osakaal on suurim tahkete osakeste kategoorias, kus see panustab 28,6% ning teistes kategooriates jääb panus 4–6% vahele. Transport annab olulise panuse tahkete osakeste kategoorias (23,3%) ja kategooriates fotokeemilise osooniteke ning mineraalid ja metallid jääb panus 9% juurde. Lao osakaal on kõigis mõjukategooriates alla 3%.

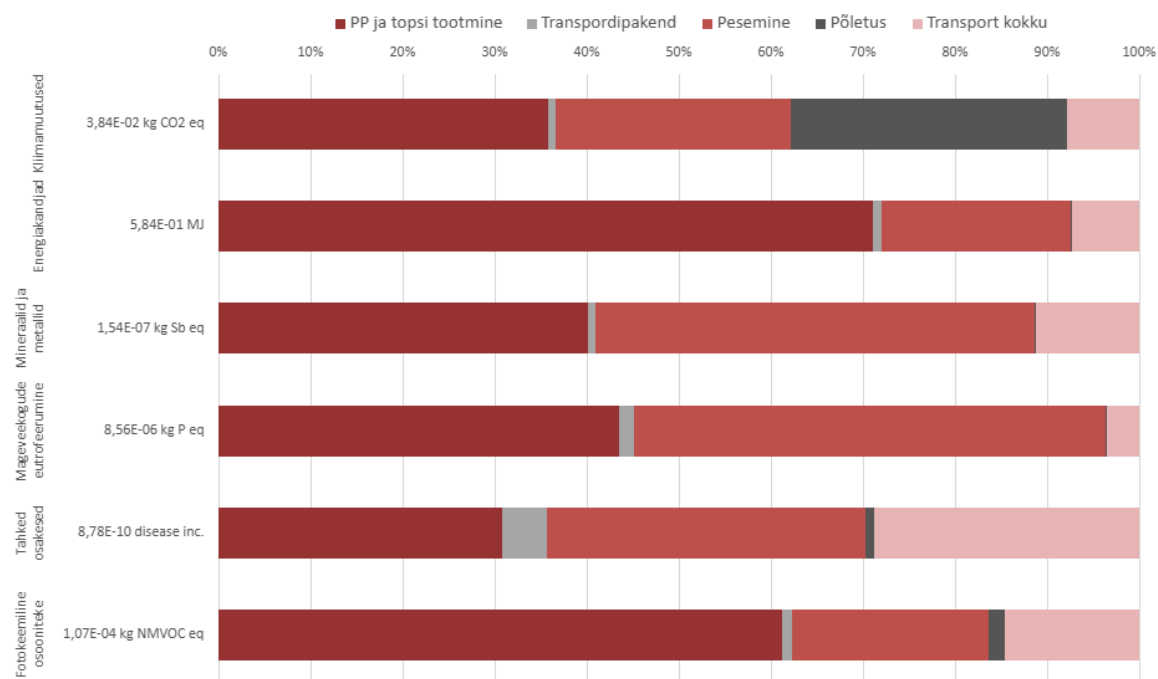
Selgelt suurima panuse andvaks ühikprotsessiks on polüpropüleenini põletamine, mis annab kogu koondhinnangust 18,2%. Sellele järgnevad erinevad nafta töötlemisega seotud protsessid.

3.3 Kordustops

Korduskasutatava polüpropüleenist topsi puhul on mõjukategooriate koondhinnanguks 2,78 µPt. Suurima osakaaluga mõjukategooriateks on kliimamuutused, mis moodustab 38,5% ja energiakandjad 26,9%. Suure vahega järgnevad mineraalid ja metallid (6,6%), magevee eutrofeerumine (5,4%), tahked osakesed (4,8%) ja fotokeemiline osooniteke (4,5%).

Joonisel 8 on toodud olulisimad mõjukategooriad ja iga olelusringi etapi osakaal sellest. PP ja topsi tootmine panustab koondhinnangust 48,7% ning on koos pesemisega suurimaks panustajaks enamikus mõjukategooriates. Tootmise osakaal on suurim energiakandjate kategoorias, põhjustades seal 71,1% mõjust, kuid domineerib ka fotokeemilise osoonitekke (61,2%) ja kliimamuutuste (35,8%) kategooriates. Pesemine on suurima mõjuga etapp kolmes kategoorias: magevee eutrofeerumine (51,1%), mineraalid ja metallid (47,7%) ja tahked osakesed (34,6%).

Transport panustab enim, 28,8% tahkete osakeste kategoorias. Olulise osa annab see ka fotokeemilisest osoonitekkest (14,5%) ja kategoorias mineraalid ja metallid (11,2%). Põletuse osakaal on märkimisväärne vaid kliimamuutuste kategoorias, kus see moodustab 30%, jäädes teistes mõjukategooriates alla 2%. Transpordipakend panustab kõigis kategooriates alla 5%.



Joonis 8. Korduskasutustopsi kõige olulisemad mõjukategooriad ja olelusringi etappide osakaalud nendest.

Suurima mõjuga protsessiks on polüpropüleenipõletamine, mis moodustab 11,7% koondhinnangust. Sellele järgnevad nafta töötlemisega seotud protsessid ja elektri tootmine.

3.4 Topside võrdlus

Tabelis 7 on toodud topside keskkonnamõju mõjukategooriate lõikes ning märgitud kõige suurem (roosa värviga) ja väiksem (roheline värviga) tulemus. Papptopsi mõju on suurim ja väiksem võrdselt 7 mõjukategoorias, kuid mitmes kategoorias oluliselt suurem teiste topside tulemustest. Suurimad on erinevused mageveekogude eutrofeerumise kategoorias, kus papptopsi mõju on enam kui 11 korda suurem plasttopsist ja maakasutuse kategoorias, kus mõju on ligi 9 korda suurem kordustopsist. Papptops panustab oluliselt rohkem ka maakasutusest ja selle muutustest tulenevate kliimamuutuste kategoorias, kuid kogu kliimamuutuste kategoorias jääb selle mõju teistest topsidest siiski enam kui poole väiksemaks.

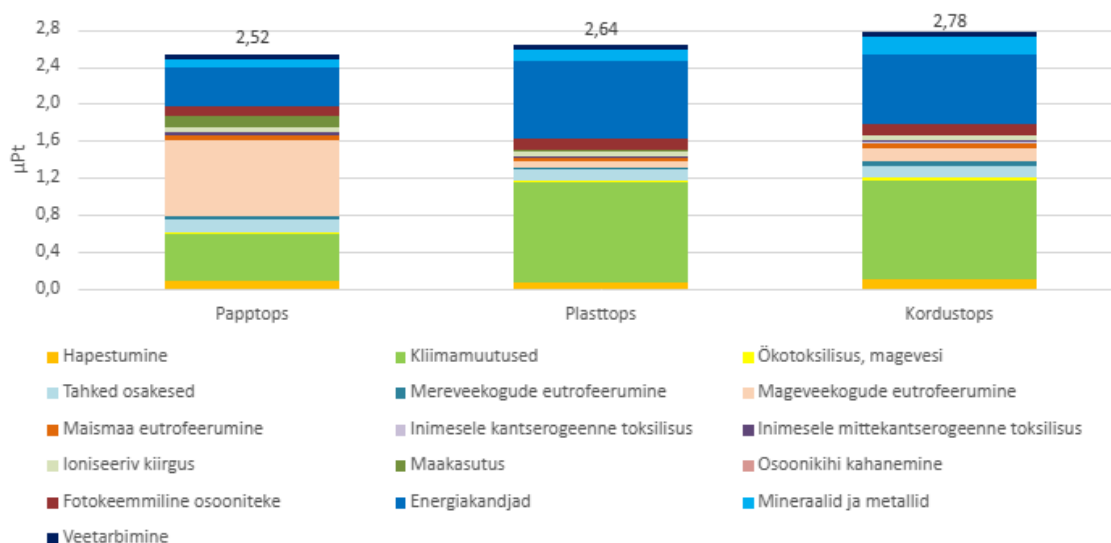
Kordustops on väikseima mõjuga vaid kahes kategoorias: ioniseeriv kiirgus ja maakasutus. Enam kui kahekordselt ületab kordustopsi mõju plasttopsi inimesele kantserogeense toksilisuse kategoorias ning nii kordus- kui plasttopsi mõju osoonikihi kahanemise kategoorias ületab papptopsi ligi 2 korda. Plasttops on väikseima mõjuga 10 mõjukategoorias.

Tabel 7. Topside keskkonnamõju ühe kasutuskorra kohta mõjukategooriate lõikes. Roosaga märgitud suurima ja rohelisega väikseima mõjuga tops

Mõjukategooria	Ühik	Papptops	Plasttops	Kordustops
Hapestumine	mol H ⁺ ekv	8,18E-05	6,53E-05	9,44E-05
Kliimamuutused	kg CO ₂ -ekv	1,78E-02	3,87E-02	3,84E-02
Kliimamuutused - biogeenne	kg CO ₂ -ekv	4,96E-05	3,00E-05	3,25E-05
Kliimamuutused - fossiilne	kg CO ₂ -ekv	1,76E-02	3,87E-02	3,83E-02
Kliimamuutused - maakasutus	kg CO ₂ -ekv	1,24E-04	1,84E-05	4,97E-05
Ökotoksilisus, magevesi	CTUe	9,20E-02	5,20E-02	7,83E-02
Tahked osakesed	disease inc.	8,63E-10	7,58E-10	8,78E-10
Mereveekogude eutrofeerumine	kg N ekv	2,47E-05	1,57E-05	2,53E-05
Mageveekogude eutrofeerumine	kg P ekv	4,70E-05	3,80E-06	8,56E-06
Maismaa eutrofeerumine	mol N ekv	2,35E-04	1,57E-04	2,15E-04
Inimesele kantserogeenne toksilisus	CTUh	7,40E-12	5,24E-12	1,15E-11
Inimesele mittekantserogeenne toksilisus	CTUh	1,75E-10	1,65E-10	2,26E-10
Ioniseeriv kiirgus	kBq U-235 ekv	5,45E-03	4,06E-03	3,16E-03
Maakasutus	Pt	1,19E+00	1,65E-01	1,20E-01
Osoonikihi kahanemine	kg CFC11 ekv	4,43E-10	9,08E-10	8,51E-10

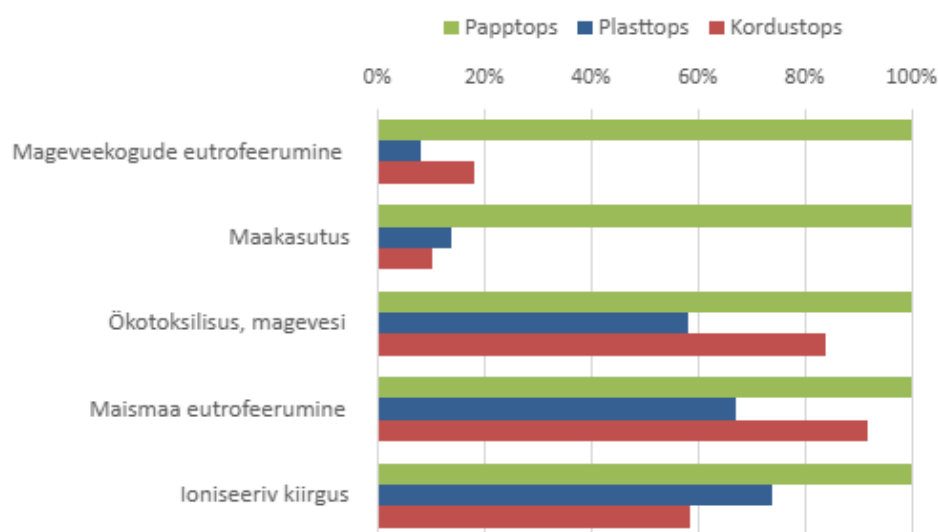
Fotokeemiline osooniteke	kg NMVOC ekv	8,32E-05	1,07E-04	1,07E-04
Energiakandjad	MJ	3,38E-01	6,48E-01	5,84E-01
Mineraalid ja metallid	kg Sb ekv	7,17E-08	1,03E-07	1,54E-07
Veetarbimine	m3 depriv.	5,53E-03	8,30E-03	7,94E-03

Topside koondhinnangud jäävad samasse suurusjärku. Suurim on koondhinnang kordustopsil ning see erineb väikseima hinnanguga papptopsist 0,26 μ Pt ehk umbes 10%. Joonisel 9 on toodud kõigi topside koondhinnangute kujunemine mõjukategooriate lõikes. Polüpropüleenist topside puhul on selgelt suurima osakaaluga mõjukategooriad kliimamuutused ja energiakandjad. Papptopsi puhul on need küll olulised panustajad, kuid suurima mõjuga kategooriaks on magevee eutrofeerumine.



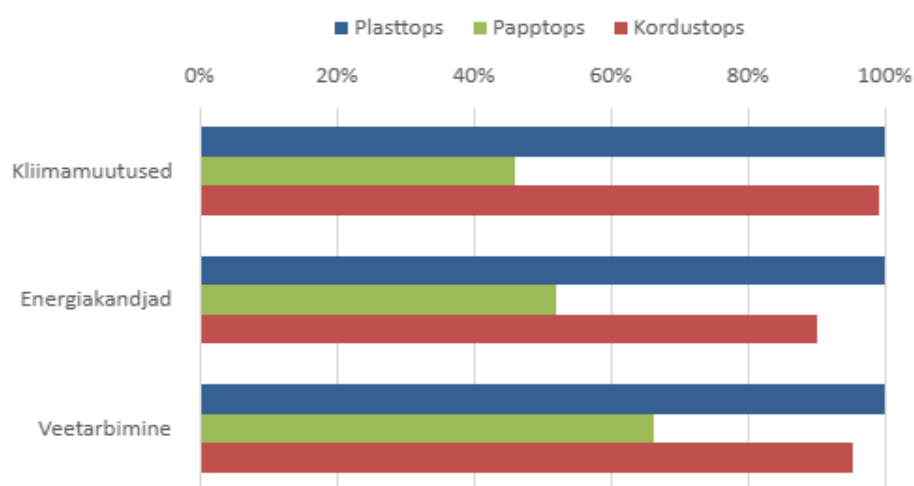
Joonis 9. Topside koondhinnangud ja nende kujunemine mõjukategooriate kaupa.

Koondhinnangu põhjal on papptops suurima mõjuga viies mõjukategoorias (joonis 10). Oluliselt suurem on papptopsi mõju magevee eutrofeerumise ja maakasutuse kategooriates, ületades plast- ja kordustopsi tulemusi enam kui 80%.



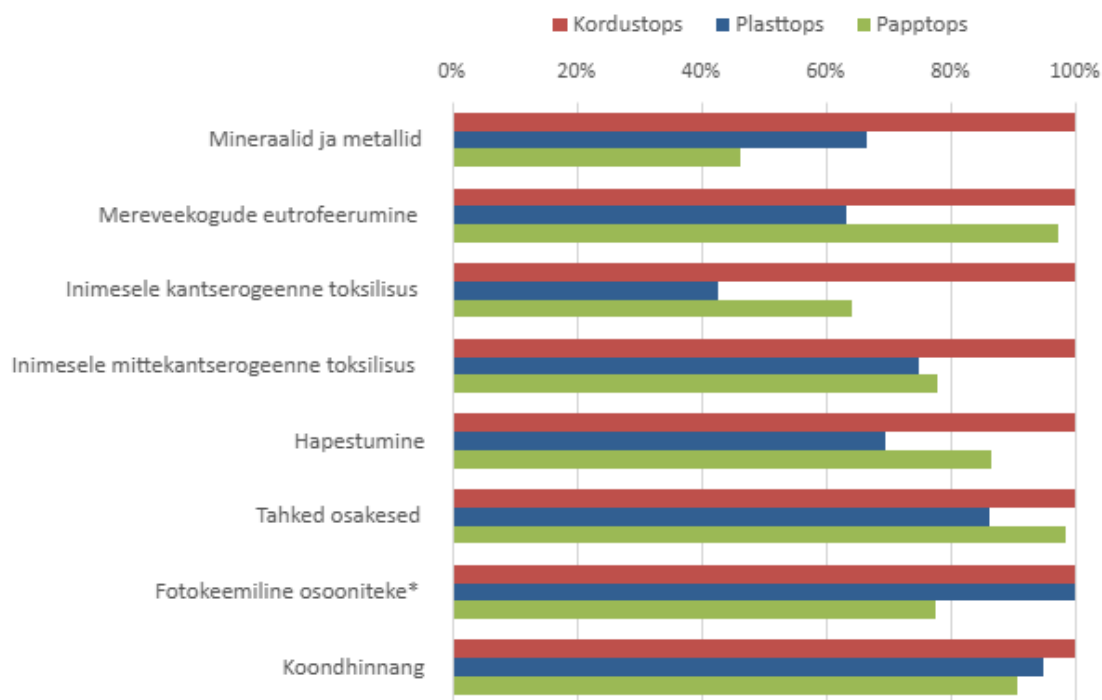
Joonis 10. Koondhinnangu mõjukategooriad milles papptops on suurima mõjuga ja teiste topside mõju protsendina sellest.

Plasttops on koondhinnangu mõjukategooriatest suurima koondhinnanguga kolmes: kliimamuutused, energiakandjad ja veetarbimine (joonis 11). Kordustopsiga võrreldes erinevad plasttopsi tulemused nendes kategooriates vaid mõne protsendi võrra. Papptopsi koondhinnang on ligi poole väiksem kliimamuutuste ja energiakandjate kategoorias ning ka veetarbimine on enam kui 30% väiksem.



Joonis 11. Koondhinnangu mõjukategooriad milles plasttops on suurima mõjuga ja teiste topside mõju protsendina sellest.

Kordustops on suurima üldise koondhinnanguga ning ka seitsme mõjukategooria lõikes (joonis 12). Enim edestab kordustops teisi topse mineraalide ja metallide ning inimesele kantserogeense toksilisuse kategooriates. Papptopsiga on koondhinnangu erinevus vaid mõni protsent mereveekogude eutrofeerumise ja tahkete osakeste kategoorias. Plasttopsi ja kordustopsi mõju erinevus on marginaalne fotokeemilise osoonitekke kategoorias.



Joonis 12. Koondhinnangu mõjukategooriad, milles kordustops on suurima mõjuga ja teiste topside mõju protsendina sellest.

3.5 Tundlikkusanalüüs

Tundlikkusanalüüsi tulemustes on kõige väiksem varieeruvus stsenaariumite koondhinnangute vahel papptopsil (tabel 8). Kuna tootmine moodustab papptopsi puhul üle 75% mõjust kõigis mõjukategooriates, siis on oodatavalt kõige suurem varieeruvus stsenaariumi E korral, kus tops on toodetud ringlusesse võetud materjalist ja koondhinnang vähenes ligi 18%.

Stsenaariumis A, kus muudeti ürituse toimumispaika ning transpordivahemaa üritusele pikenes 185 kilomeetrile, võrdsustasid papp- ja plasttopsi tulemused papptopsi suurema kaalu tõttu. Enim mõjutas vahemaa muutus kordustopsi, mille mõju koondhinnang pea kahekordistus.

Tabel 8. Kõigi olulusringi stsenaariumite keskkonnamõju koondhinnangud (μ Pt) iga topsi kohta (PS - põhistsenaarium)

Stsenaarium	Papptops	Plasttops	Kordustops
PS	2,52	2,64	2,78
A	2,93	2,92	5,35
B	2,44	2,15	2,44
C	2,52	2,64	1,97
D	2,49	2,61	2,18
E	2,07	1,45	2,01

Topside elulõpu muutmine põletuse asemel materjali ringlussevõtuks stsenaariumis B võrdsustas papptopsi ja kordustopsi tulemuse, kuid väikseima koondhinnanguga oli plasttops, mille tulemus langes ligi 0,5 μ Pt.

Suurendades kordustopside kasutuskordade arvu kümnele stsenaariumis C on selle koondhinnang 1,97 μ Pt ehk ligi 30% väiksem põhistsenaariumist. Ka stsenaariumis D, kus lao ja pesu etapis kasutatakse taastuvelektrit, on kordustops väikseima mõjuga variandiks põhistsenaariumist 0,6 μ Pt madalama koondhinnanguga. Samas jääb kliimamuutuste kategoorias väikseima mõjuga variandiks siiski papptops.

Topside tootmine ringlusesse võetud materjalist stsenaariumis E langetab kõigi topside mõju oluliselt. Plasttopsi koondhinnang on 45% väiksem põhistsenaariumist ning on väikseima mõjuga kõigist vaadeldud variantidest ja stsenaariumitest. Papp- ja kordustopsi tulemused jäävad 2 μ Pt juurde. Kliimamuutuste kategoorias on siiski teistest variantidest ligi poole väiksema mõjuga papptops.

4. ARUTELU

4.1 Kõige olulisemad mõjukategooriad ja olelusringi etapid

Tulemustest selgus, et joogitopside kõige olulisemad mõjukategooriad on kliimamuutused ja energiakandjad ning papptopsi puhul lisaks mageveekogude eutrofeerumine. Antud kategooriad põhjustavad iga topsi puhul üle 65% keskkonnamõjust. Polüpropüleenist toodetud plasttopsi ja kordustopsi puhul on fossiilsete ressursside kasutusega seotud mõjukategooriate suur osakaal oodatav. Papptopsi suurima osakaaluga mõjukategooria, mageveekogude eutrofeerumine, tuleneb peamiselt tselluloosi tootmisest.

Kliimamuutustele, mis on keskkonnamõju hinnates kõige sagedamini vaadeldav mõjukategooria, on selgelt väikseima mõjuga papptops. Selle kasvuhoonegaaside heitkogus on 0,018 kg CO₂-ekv ehk enam kui poole väiksem nii plasttopsi kui kordustopsi heitmest, mis jääb mõlemal 0,038 kg CO₂-ekv juurde. Energiakandjate mõjukategoorias on papptopsi põhjustatav fosiilkütuste ammendumise potentsiaal 0,34 MJ. Plasttopsil on see ligi 2 korda suurem ehk 0,65 MJ ja kordustopsil 0,58 MJ. Mageveekogude eutrofeerumine väljendub magevette jõudvaid toiteelemente fosfori ekvivalendina, mis on papptopsil koguseliselt vaid 47 mg, kuid panustab keskkonnamõjust 30,6%. Plast- ja kordustopsil on selle panus tunduvalt väiksem ja koguseliselt vastavalt 3,8 ja 8,6 mg.

Suurima mõjuga olelusringi etapid varieeruvad vastavalt topsi tüübile. Ühekordsete topside puhul on selgelt suurima mõjuga tootmise etapp. Papptopsi keskkonnamõjust panustab tootmine 90,9% ja plasttopsil 64,6%. Plasttopsi puhul on oluline osa ka põletuse etapil, mis panustab 18,7% mõjust. Seega tuleb ühekordsete topside keskkonnamõju vähendamiseks optimeerida eelkõige tootesüsteemi tootmise ja elulõpu etappe.

Kordustopsi keskkonnamõju on olelusringi etappide vahel rohkem jaotunud. Tootmine moodustab küll ligi poole mõjust, 48,7%, kuid oluliselt panustab ka pesu (28,8%), põletus (12,1%) ja transport (9,2%). Seetõttu on vaja keskkonnamõju vähendamiseks olla teadlik ja optimeerida kõiki olelusringi etappe.

4.2 Metoodika kitsaskohad

Plastist toodete olelusringi hindamisel on oluliseks kitsaskohaks mikroplasti ja raskesti ennustatavate prügistamise voogudega arvestamine. Nagu kirjanduse ülevaate peatükis käsitletud, tegeletakse küll mikroplasti integreerimisega metoodikasse ning uute mõjukategooriate välja töötamisega, kuid hetkel ei ole need adekvaatselt antud töös rakendatud Euroopa Komisjoni metoodikas kajastatud. Samuti on keeruline arvestada loodusesse jõudva plasti osakaalu ning hinnata selle konkreetset mõju keskkonnale, kuid ka selles osas metoodika areneb.

Töös käsitletud topsidest oli Ecoinvent andmebaasis terviklik tootmisprotsess olemas vaid papptopsi kohta. Plastist topside puhul on arvestatud PP graanulite tootmine, topsi vormimine ja transpordipakendi tootmine, kuid vahepealne transport ning graanuli vormimise eelne töötlus ei pruugi olla adekvaatselt kajastatud, mistõttu võib nende tegelik tootmise etapi keskkonnamõju olla suurem. Samas limiteerib mitme tegevuse sisaldumine ühes protsessis võimalust iga tegevuse keskkonnamõju eraldi välja tuua.

Transpordi puhul on võimalikud kitsaskohad sõltuvus sõiduki täituvusest ja transpordivahemaa varieeruvus. Transpordisõiduki täituvus mõjutab toote transpordi keskkonnamõju, kuid seda on keeruline modelleerida ning võib erineda igal sõidul, mistõttu on transpordi puhul põhiliseks mõõtühikuks tonnkilomeeter. Samuti sõltub reaalsuses transpordivahemaa logistika- või prügifirma ettemääratud marsruudist ning ei toimu otse stsenaariumis määratud sihtpunktidesse. See pikendab transpordivahemaad, kuid jaotab sõidu keskkonnamõju mitme olelusringi peale, põhjustades suurt varieeruvust.

Suured varieeruvused esinevad ka lao etapis. Sõltuvalt laos viibimise ajast, selle täituvusest ja omadustest võib lao keskkonnamõju oluliselt kõikuda. Ecoinvent andmebaasis puuduvad ladu puudutavad protsessid, mistõttu on töös arvestatud vaid soojusenergia ja elektrikulu, kuid arvestamata jäävad teised ehitisest tulenevad mõjud. Kordustopsi puhul on kogu laopinna ja kontori energiakasutus arvestatud koos pesu etapiga ning pole eraldi käsitletud tegelikku laos hoiustamise aega ega teisi ehitisest tulenevaid mõjusid.

4.3 Võimalused keskkonnamõju vähendamiseks

Töös käsitletud alternatiivsete stsenaariumite põhjal on võimalik välja tuua erinevaid soovitusi topside keskkonnamõju vähendamiseks. Vastavalt eelpool välja toodud mõju jaotumisele olulusringi etappide vahel, on suurimad varieeruvused stsenaariumite lõikes kordustopsil ning papp- ja plasttopsi mõjutavad enim tootmise ja elulõpu etappe muutvad stsenaariumid (Tabel 8).

Transpordivahemaa suurenemine stsenaariumis A mõjutab oluliselt kordustopsi tulemusi, suurendades keskkonnamõju ligi 2 korda. See tuleneb eelkõige vajadusest topsi mitmeid kordi üritustele ja hiljem tagasi pesuks ja ladustamiseks transportida. Seetõttu on oluline rendiettevõtete või nende pesukohtade ja ladude paiknemine üle Eesti ning ürituspaigale lähima ettevõtte eelistamine. Lisaks kasutab töös käsitletud ettevõtte riigisiseseks transpordiks plastkaste, mille kaal pea kahekordistab iga topsi transpordikaalu. See on oluline kuna transpordi mõju arvutamisel kasutatakse arvestusühikuna tonnkilomeetreid. Seega saaks kordustopsi transpordi mõju oluliselt vähendada kergema transpordipakendi kasutuselevõttuga.

Topside tootmine ringlusesse võetud materjalist stsenaariumis E ja elulõpus põletuse asemel topside ringlusesse suunamine stsenaariumis B mõjutasid enim plasttopsi. Ringlusesse võetud materjalist plasttops oli kõige väiksema keskkonnamõjuga (1,45 μ Pt) kõigist vaadeldud variantidest. Kui lisaks jõuaksid ringlusesse võetud materjalist plasttopsid elu lõpus uuesti ringlusesse, võiks keskkonnamõju võrreldes põhistsenaariumiga väheneda ligi kahe kolmandiku võrra. Papptopsi mõju kahanes stsenaariumis E kõige vähem kuna ringlusesse võetud papi osakaal Ecoinventis leiduvas protsessis oli 80-90% ja teised sisendid on toormaterjalid. Kuna aga papptopsi mõjust moodustas enam kui 90% tootmine, siis täiendavad muudatused selles etapis võiksid keskkonnamõju oluliselt vähendada.

Kasutuskordade arv on üks olulisimaid näitajaid kordustopside puhul. Põhistsenaariumi kohaselt on kordustops 5 kasutuskorra puhul endiselt suurima keskkonnamõjuga kasutuskorra kohta. Stsenaariumis C 10 kasutuskorda arvestades on mõju koondhinnang 1,97 μ Pt ja sellega teine parim variant ringlusesse võetud materjalist platsttopsi järel.

Kordustopside keskkonnamõju võrdsustub põhistssenaariumis vaadeldud ühekorratopsidega alles 6 kuni 7 kasutuskorra järel, mistõttu on oluline hoida neid võimalikult kaua süsteemis ringlemas. Toppide kadumise vältimisel mängib olulist rolli tarbijate teadlikkus ja pandi hind. Samas on oluline vältida eridisainide ja ürituse spetsiifiliste trükistega toppide tootmist, mida kasutatakse vaid ühe ürituse raames või mille inimesed suurema tõenäosusega koju kaasa võtavad. Kuigi kaasa võetud topse võidakse kodustes tingimustes edasi kasutada, on need süsteemist kadunud ning ettevõtte asendab need uutega.

Taastuvelektri kasutamine pesu etapis (stsenaarium D) vähendab samuti märgatavalt kordustopsi keskkonnamõju, kuna elekter on antud etapi üks peamisi sisendeid. Ühekorratopsidel on lao etapi osatähtsus keskkonnamõjust marginaalne, mistõttu on ka stsenaariumis D keskkonnamõju vähenemine väike. Taastuvelektri kasutamine tootmise etapis võiks oluliselt keskkonnamõju vähendada kõikide toppide puhul.

4.4 Võrdlus varasemate uurimustega ja poliitika kontekst

UNEP (2021) koostatud toppide olelusringi hindamise ülevaate põhjal jäi käsitletud uuringutes toppide arvestatud kasutuskordade arv vahemikku 50-1000. 2025. aastal Eestis läbi viidud olelusringi hindamine arvestas 5% kordustoppide kadu iga ürituse kohta ja seega keskmiseks kasutuskordade arvuks 11,1 (Sakermäe 2025, 27). Käesoleva töö raames saadud andmetel käib kordustops kasutuses keskmiselt 5 korda enne süsteemist kadumist. Suured erinevused potentsiaalse ja reaalse kasutuskordade arvu vahel näitavad vajadust uuringutes praktilistest näidetest lähtuda ja teisalt süsteemi parandada, et topsid oleksid kasutusel kogu oma potentsiaalse eluea.

Oluliseks kasutuskordadel põhinevaks näitajaks on tasakaalupunkt, kus kordustopsi keskkonnamõju võrdsustub ühekordse topsiga. Nagu eelnevalt mainitud, sõltub see suuresti võrreldavate toppide materjalist. Nii jäi UNEPi ülevaates tasakaalupunkt 10 ja 670 kasutuskorra vahele. Sakermäe (2025, 49) töös oli ühekordse PP topsi keskkonnamõju põhistssenaariumis vaadeldud kasutuskordade järel endiselt väikseima mõjuga ning

madalaimaks leitud tasakaalupunktiks oli 25 kasutuskorda. Käesoleva töö tulemuste kohaselt on mõju koondhinnangu vaates tasakaalupunktiks 6-7 kasutuskorda sõltuvalt võrreldava ühekordse topi materjalist. Kliimamuutuste ja energiakandjate kategooriates ei saavuta aga kordustops tasakaalupunkti võrdluses papptopsiga ka 10 kasutuskorra järel.

Sellised tulemused näitavad selgelt vajadust kordussüsteeme täpsemalt reguleerida, et tagada piisav kasutuskordade arv tegeliku keskkonnamõju vähenemise saavutamiseks. Hinnangud tasakaalupunkti kohta ei saa põhineda teistes riikides ja eeldustel tehtud uuringutel, vaid peavad põhinema konkreetse ettevõtte andmetel. Seetõttu on ka oluline ettevõtte tarneahelatel ja protsessidel põhinev aruandlus ning määrusega (EL) 2024/825 kehtestatud kohustus roheväiteid oma tegevuskava ja sõltumatu eksperthinnanguga tõendada.

Mere- ja rannaprügi vähendamise seisukohast ei pruugi üritustel kõigi ühekordsete nõude keelustamine samuti eesmärki täita. Avalike välitingimustes toimuvate suurürituste jaoks on vajalik loa taotlemine ning kehtivad tingimused, sh seoses prügikäitlemise ja ürituse järgse koristusega. Sellised nõuded peaksid tagama jäätmete jõudmise ametlikku jäätmekäitlusesse ja minimeerima võimaluse prügi jõudmiseks merre või rannikule. Ohukohaks on seejuures hoopis prügi eksport välisriikidesse, kus selle edasist teekonda ja saatust on keeruline jälgida ja on oht selle jõudmiseks keskkonda. Lisaks on kordussüsteemides kasutusele võetud topsidest enamasti samuti plastist ning suurema kaalu ja paksuse tõttu keskkonda jõudes ühekordsest topsist veelgi aeglasemalt lagunev.

KOKKUVÕTE

Magistritöö eesmärgiks oli selgitada välja erinevate avalikel (suur)üritustel kasutatavate joogitopside lahenduste keskkonnamõju. Selleks kasutati olulusringi hindamist ja Euroopa Komisjoni välja töötatud Environmental Footprint 3.1 metoodikat, mis käsitleb enam kui 20 mõjukategooriat ning nende koondhinnangut. Töö põhistsenaariumis võrreldi papptopsi, ühekordse plasttopsi ja korduskasutatava plasttopsi kasutuskorra keskkonnamõju Tallinnas Vabaduse väljakul toimuva ürituse korral. Kordustopsi eelduslikuks elueaks oli 5 kasutuskorda. Lisaks vaadeldi tundlikkusanalüüsi raames 5 alternatiivset stsenaariumit.

Tulemustest selgus, et topside puhul on kõige olulisemateks mõjukategooriateks kliimamuutused, energiakandjad ja papptopsi puhul lisaks ka mageveekogude eutrofeerumine. Kliimamuutuste ja energiakandjate kategooriates on nii põhistsenaariumis kui kõigis alternatiivsetes stsenaariumites väikseima mõjuga papptops. Mõjukategooriate koondhinnangu põhjal on põhistsenaariumis kõige väiksema mõjuga papptops (2,52 μ Pt) ning suurima mõjuga kordustops (2,78 μ Pt), kuid nende erinevus jääb vaid 10% juurde.

Olelusringi etappidest on kõigi topside puhul suurima osakaaluga tootmine. Siiski varieerub topside lõikes etappide osakaal kogu mõjust oluliselt. Papptopsil moodustab tootmine enam kui 90% kogu keskkonnamõjust ning plasttopsil ligi 65%. Plasttopsil on tootmise kõrval oluliseks ka elulõpu etapp, kus põletus põhjustab ligi 19% mõjust. Seega on ühekordsete topside puhul oluline keskkonnamõju vähendamiseks modifitseerida eelkõige tootmise ja elulõpu etappe.

Kordustopsil moodustab tootmine küll ligi poole mõjust, kuid olulised on ka pesu (28,8%), põletus (12,1%) ja transport (9,2%) ning kasutuskordade arv. See tähendab vajadust olla teadlik igas etapis avalduvast mõjust ja optimeerida tegevusi kogu olelusringi vältel, tagamaks väikseim võimalik keskkonnamõju. Lisaks on oluline tarbijakäitumine, mis on põhiline kasutuskordade arvu mõjutav faktor ja määrab tegeliku kordustopsi keskkonnamõju.

Uurimusest selgus, et kordustops jõuab tasakaalupunkti ehk selle keskkonnamõju koondhinnang võrdsustub ühekordse topsiga sõltuvalt materjalist 6 kuni 7 kasutuskorra järel. Seetõttu on oluline vältida topside kadumist ringlussüsteemist ja tagada nende võimalikult pikk kasutusiga. Selleks tuleb jätkata tarbijate harimist, kehtestada selged nõuded rendinõusid pakkuvatele ettevõtetele, vajadusel kehtestada kõrgemad pandihinnad ja vältida eridisainidega kindlaks ürituseks mõeldud topside tootmist.

Tundlikkusanalüüsist selgus, et kordustopsi keskkonnamõju suurendab oluliselt pikem Eesti-sisene transpordivahemaa ning vähendab enim suurem kasutuskordade arv ja topside tootmine ringlusesse võetud materjalist. Plasttopsi mõju vähendas enim ringlussevõetud materjali kasutamine topsi tootmiseks ja põletuse asemel materjali taas ringlusesse jõudmine elulõpul. Papptopsi puhul tuleneb üle 90% kogu mõjust tootmise etapist ja seega vähendas mõju oodatult enim ringlusesse võetud materjali kasutamine tootmise etapis.

Antud uurimus näitab vajadust jälgida ja analüüsida ringmajanduse poole liikumisel tehtavate muudatuste ja kehtestatud poliitikate mõju. Ringlussüsteeme arendades ja nende kasutust soodustades peab olema jälgitav ka nende tegelik keskkonnamõju. Need andmed peavad kajastama Eestis tegutsevate ettevõtete toimimist, mitte põhinema varasemalt tehtud ja Eesti kontekstiga mittehaakuvatel uuringutel, milles kasutatud eeldused võivad olla ebarealistlikud (nt topside kasutuskordade arv 50 kuni 1000). Hetkel ei pruugi avalikel üritustel kehtestatud ühekordsete nõude keeld täita oma eesmärgi ja kontrollimatute plastil põhinevate ringlussüsteemide kasutus hoopis suurendada keskkonnamõju.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Allen, S., Allen, D., Karbalaei, S., Maselli, V., & Walker, T. R. (2022). Micro(Nano)plastics sources, fate, and effects: What we know after ten years of research. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100057>
- Amadei, A. M., Rigamonti, L., Tosches, D., Sala, S. (2025). Combining MFA and LCA models to unveil the EU plastic value chain impacts. *Resources, Conservation & Recycling*, 219. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2025.108279>
- Azoulay, D., Villa, P., Arellano, Y., Gordon, M., Moon, D., Miller, K., Thompson, K. (2019). Plastic & Health: The Hidden Costs of a Plastic Planet. <http://www.ciel.org/plasticandhealth>
- Changwichan, K., & Gheewala, S. H. (2020). Choice of materials for Takeaway Beverage Cups towards a circular economy. *Sustainable Production and Consumption*, 22, 34–44. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.02.004>
- de Sadeleer, I., & Lyng, K.-A. (2022). A life cycle assessment on single-use and Reuse Beer Cups at festivals. *Circular Economy and Sustainability*, 2(4), 1517–1539. <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00164-y>
- Eesti Pandipakend. (2024). Plastist ei pea loobuma, seda tuleb lihtsalt targalt kasutada. <https://eestipandipakend.ee/uudised/plastist-ei-peat-loobuma-seda-tuleb-lihtsalt-targalt-kasutada>
- EMF. (2019). Reuse: Rethinking Packaging. <https://content.ellenmacarthurfoundation.org/m/4363f6da65122068/original/Reuse-Rethinking-packaging.pdf>
- Euroopa Keskkonnaagentuur. (2024). Plastics. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/plastics>
- Euroopa Komisjon. Plastics strategy. https://environment.ec.europa.eu/strategy/plastics-strategy_en
- Euroopa Komisjon. Single-use plastics. https://environment.ec.europa.eu/topics/plastics/single-use-plastics_en#timeline
- Euroopa Kontrollikoda. (2024). Eriaruanne 16/2024: Ringlusse võtmata plastpakendijäätmetel põhinevad ELi tulud – Sujuvat algust takistasid ebapiisavalt võrreldavad ja ebausaldusväärsed andmed. <https://www.eea.europa.eu/en/publications?ref=SR-2024-16>
- Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv (EL) 2019/904, 5. juuni 2019, teatavate plasttoodete keskkonnamõju vähendamise kohta. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=celex%3A32019L0904>
- Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv (EL) 2024/825, 28. veebruar 2024, millega muudetakse direktiive 2005/29/EÜ ja 2011/83/EL seoses tarbijate võimestamisega rohepöördel, tagades neile parema kaitse ebaausate tavade eest ja parema teabe esitamise. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202400825

- Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2008/98/EÜ, 19. november 2008, mis käsitleb jäätmeid ja millega tunnistatakse kehtetuks teatud direktiivid.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX%3A02008L0098-20251016>
- Euroopa Parlamendi ja Nõukogu määrus (EL) 2025/40, 19. detsember 2024, mis käsitleb pakendeid ja pakendijäätmeid ning millega muudetakse määrust (EL) 2019/1020 ja direktiivi (EL) 2019/904 ning tunnistatakse kehtetuks direktiiv 94/62/EÜ.
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202500040
- Euroopa Parlament. (2018(2025)). ELi plastistrateegia: rohkem ringlussevõttu, vähem mikroplasti.
<https://www.europarl.europa.eu/topics/et/article/20180830STO11347/eli-plastistrateegia-rohkem-ringlussevottu-vahem-mikroplasti>
- Euroopa Parlament. (2024). Uued reeglid pakendiprügi ohjeldamatu kasvu pidurdamiseks.
<https://www.europarl.europa.eu/news/et/press-room/20240419IPR20589/uued-reeglid-pakendiprugi-ohjeldamatu-kasvu-pidurdamiseks>
- European Environment Agency. (2024). Total net greenhouse gas emission trends and projections in Europe.
<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/total-greenhouse-gas-emission-trends?activeAccordion=546a7c35-9188-4d23-94ee-005d97c26f2b>
- Eurostat. (2024). Circular material use rate.
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_12_41/default/table?lang=en
- EVS-EN ISO 14040:2006+A1:2020. Keskkonnajuhtimine. Olelusringi hindamine. Põhimõtted ja raamistik. Rahvusvaheline Standardiorganisatsioon.
- Ford, H. V., Jones, N. H., Davies, A. J., Godley, B. J., Jambeck, J. R., Napper, I. E., Suckling, C. C., Williams, G. J., Woodall, L. C., & Koldewey, H. J. (2022). The fundamental links between climate change and Marine Plastic Pollution. *Science of The Total Environment*, 806.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150392>
- Galafton, C., Budhiraja, V., Stevens, S., Mušič, B., & Maga, D. (2025b). Environmental and littering impacts of Disposable Cups made of polypropylene and polylactic acid in Germany. *Sustainable Production and Consumption*, 57, 35–45.
<https://doi.org/10.1016/j.spc.2025.04.013>
- Galafton, C., Thonemann, N., & Vijver, M. G. (2025a). It is time to develop characterization factors for terrestrial plastic pollution impacts on ecosystems in life cycle impact assessment – A systematic review identifying knowledge gaps. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 30(5), 994–1010. <https://doi.org/10.1007/s11367-025-02446-7>
- Gallego-Schmid, A., Mendoza, J. M., & Azapagic, A. (2019). Environmental impacts of takeaway food containers. *Journal of Cleaner Production*, 211, 417–427.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.220>
- Garrido, N., Alvarez del Castillo, M. D. (2007). Environmental evaluation of single-use and reusable cups. *Int J Life Cycle Assess* 12, 252–256. <https://doi.org/10.1065/lca2007.05.334>

- Genovesi, A., Aversa, C., Barletta, M., Cappiello, G., & Gisario, A. (2022). Comparative life cycle analysis of disposable and reusable tableware: The role of Bioplastics. *Cleaner Engineering and Technology*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100419>
- Golding, A. (1999). Reuse of primary packaging. https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/studies/packaging/reuse_main.pdf
- Hocking, M.B. (1994). Reusable and disposable cups: An energy-based evaluation. *Environmental Management* 18, 889–899. <https://doi.org/10.1007/BF02393618>
- IUCN. (2024). Marine Plastic Pollution. https://iucn.org/sites/default/files/2024-04/marine-plastic-pollution-issues-brief_nov21-april-2024-small-update_0.pdf
- Jäätmeseadus. (2004). RT I, 08.07.2025, 57.
- Keskkonnaportaali. (2025). Pakend ja pakendijäätmed. <https://keskkonnaportaali.ee/et/teemad/jaatmed/jaatmekaitlus-eestis>
- Kliimaministeerium. Jäätmetest ringmajanduseni. <https://kliimaministeerium.ee/elukeskkond-ringmajandus/jaatmetest-ringmajanduseni>
- Komisjoni soovitus (EL) 2021/2279, 15. detsember 2021, toodete ja organisatsioonide olelusringi keskkonnatoime mõõtmisel ja teatavakstegemisel kasutatavate keskkonnajalajälje määramise meetodite kasutamise kohta. ELT L 471/1 30.12.2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021H2279>
- Lichtmess, L. (2023). Sustainability trend in beverages shaping the future of PET bottles. <https://petpla.net/2023/11/13/sustainability-trend-in-beverages-shaping-the-future-of-pet-bottles-2/>
- Moretti, C., Hamelin, L., Jakobsen, L. G., Junginger, M. H., Steingrimsdottir, M. M., Høiby, L., & Shen, L. (2021). Cradle-to-grave life cycle assessment of single-use cups made from PLA, PP and pet. *Resources, Conservation and Recycling*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105508>
- Nessi S., Sinkko T., Bulgheroni C., Garcia-Gutierrez P., Giuntoli J., Konti A., Sanye-Mengual E., Tonini D., Pant R., Marelli L., Ardente F. (2021). Life Cycle Assessment (LCA) of alternative feedstocks for plastics production. Part 1: the Plastics LCA method. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC125046>
- Sakermäa, T. (2025). Korduskasutusnõude elutsükli analüüs. <https://digikogu.taltech.ee/et/item/59cf655e-2040-41d6-b7b5-eb223264d08d>
- Pakendiseadus. (2004). RT I, 31.12.2024, 16.
- Papacko. (2025). How to Store Disposable Paper Cups in Bulk. <https://papacko.com/disposable-paper-cups/>
- Plastics Europe. (2022). Plastics – the Facts 2022. <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>

- Rangel-Buitrago, N., & Neal, W. J. (2023). A geological perspective of plastic pollution. *Science of The Total Environment*, 893. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164867>
- Rhein, S. & Sträter, K. F. (2021). Intended and unintended effects of statutory deposit return schemes for single-use plastic bottles. <https://doi.org/10.14512/gaia.30.4.8>
- Saadi, N., Lavoie, J., Fantke, P., Redondo-Hasselerharm, P., & Boulay, A.-M. (2025). Including impacts of microplastics in marine water and sediments in life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 520. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.146037>
- Sabate, K., Kendall, A. (2024). A review evaluating the gaps in plastic impacts in life cycle assessment. *Cleaner Environmental Systems*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2024.100205>
- Schwarz, A. E., Herlaar, S., Cohen, Q. M., Quik, J. T. K., Golkaram, M., Urbanus, J. H., van Emmerik, T. H. M., & Huijbregts, M. A. J. (2024). Microplastic aquatic impacts included in life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 209. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107787>
- Shruti, V. C., & Kutralam-Muniasamy, G. (2024). Migration testing of microplastics in plastic food-contact materials: Release, characterization, pollution level, and influencing factors. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 170. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117421>
- Statista. (2024). Plastic waste exports from the European Union (EU-27) from 2005 to 2023. <https://www.statista.com/statistics/1235915/plastic-waste-exports-european-union/>
- Statista. (2025). Collection rate of polyethylene terephthalate (PET) bottles in European countries as of 2023. <https://www.statista.com/statistics/1316967/pet-collection-rates-by-country-europe/?srsltid=AfmBOopqKfiIwnGI7zxQ70U2VOA3FWq-Vx6FQntzkcG2qaFGNmJmkr6w>
- Šuškevičė, V., & Kruopienė, J. (2020). Improvement of packaging circularity through the application of Reusable Beverage Cup reuse models at outdoor festivals and events. *Sustainability*, 13(1), 247. <https://doi.org/10.3390/su13010247>
- Talve, S., & Pöld, E. (2005). *Olelusringi hindamine*. Pärnu: Kaks & Pool.
- Talve, S. (2012). Ketšupi olelusring. Tartu Ülikooli loodusmuuseum. <https://www.digar.ee/arhiiv/nlib-digar:119414>
- Turn. (n.d.) Turn blog. <https://www.turnus.in/blogs/turn-blog>
- UN Climate Change. (2024). A New Plastics Economy is Needed to Protect the Climate. <https://unfccc.int/news/a-new-plastics-economy-is-needed-to-protect-the-climate>
- UNEP. (2021). Single-use beverage cups and their alternatives - Recommendations from Life Cycle Assessments. https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2021/03/UNEP-D002-Beverage-Cups-Report_lowres.pdf
- UNEP. (2024). Plastic pollution negotiations adjourn with new text and a follow-up session planned. <https://www.unep.org/inc-plastic-pollution/media#PressRelease2Dec>

- UNEP. (2025). Talks on global plastic pollution treaty adjourn without consensus. <https://www.unep.org/inc-plastic-pollution/media#PressRelease15Aug>
- UNEP. Intergovernmental Negotiating Committee on Plastic Pollution. <https://www.unep.org/inc-plastic-pollution>
- Vabarna, A. (2024). Korduvkasutatavate nõude pandisüsteemi rakendamise potentsiaal Treski ürituste näitel. Magistritöö. TalTech Tartu kolledž: inseneriteaduskond. Tartu. 57 lk. <https://digikogu.taltech.ee/en/Item/1f8eb974-1527-404a-ad92-ec8d16dd1f52>
- Walker, T. R., & Fequet, L. (2023). Current trends of unsustainable plastic production and micro(nano)plastic pollution. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.116984>
- Williams, A. T., & Rangel-Buitrago, N. (2022). The past, present, and future of Plastic Pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 176. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113429>
- Xayachak, T., Haque, N., Lau, D., & Pramanik, B. K. (2024). The missing link: A systematic review of microplastics and its neglected role in life-cycle assessment. *Science of The Total Environment*, 954. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176513>
- Yang, Z., Lü, F., Zhang, H., Wang, W., Shao, L., Ye, J., & He, P. (2021). Is incineration the Terminator of plastics and microplastics? *Journal of Hazardous Materials*, 401. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123429>

LISAD

Lisa 1. Fotod uuritavatest topsidest



Plasttops



Papptops



Kordustops

Lisa 2. Topside olelusringi hindamise mõjukategooriate tulemused

Papptops

Mõjukategooria	Ühik	Kokku	PE, papi ja topsi tootmine	Transport Eestisse	Ladu	Transport üritusele	Transport põletusse	Põletus
Hapestumine	mol H ⁺ eq	8,18E-05	7,10E-05	3,74E-06	2,40E-06	1,01E-06	9,91E-07	2,73E-06
Kliimamuutused	kg CO ₂ eq	1,78E-02	1,41E-02	4,10E-04	1,04E-03	2,17E-04	1,90E-04	1,85E-03
Kliimamuutused - biogeenne	kg CO ₂ eq	4,96E-05	4,86E-05	7,05E-08	1,42E-07	9,32E-08	1,56E-08	6,74E-07
Kliimamuutused - fossiilne	kg CO ₂ eq	1,76E-02	1,39E-02	4,09E-04	1,04E-03	2,17E-04	1,90E-04	1,85E-03
Kliimamuutused - maakasutus	kg CO ₂ eq	1,24E-04	1,23E-04	1,46E-07	1,11E-07	1,12E-07	2,09E-08	9,65E-08
Ökotoksilisus, magevesi	CTUe	9,20E-02	7,30E-02	7,11E-04	1,49E-03	4,43E-04	1,24E-04	1,62E-02
Tahkkesed osakesed	disease inc.	8,63E-10	7,55E-10	2,22E-11	1,71E-11	2,21E-11	2,46E-11	2,23E-11
Mereveekogude eutrofeerumine	kg N eq	2,47E-05	2,11E-05	9,34E-07	5,66E-07	3,35E-07	4,33E-07	1,41E-06
Mageveekogude eutrofeerumine	kg P eq	4,70E-05	4,67E-05	2,38E-08	2,28E-07	2,92E-08	3,64E-09	4,17E-08
Maismaa eutrofeerumine	mol N eq	2,35E-04	1,98E-04	1,03E-05	5,87E-06	3,67E-06	4,74E-06	1,24E-05
kantserogeenne toksilisus	CTUh	7,40E-12	5,88E-12	6,86E-14	3,80E-13	2,62E-13	1,30E-14	7,94E-13
mittekantserogeenne toksisilisus	CTUh	1,75E-10	1,33E-10	2,79E-12	5,12E-12	1,90E-12	3,81E-13	3,22E-11
Ioniseeriv kiirgus	kBq U-235 eq	5,45E-03	5,38E-03	6,75E-06	4,77E-05	8,17E-06	7,09E-07	4,30E-06
Maakasutus	Pt	1,19E+00	1,18E+00	2,28E-03	1,37E-03	1,24E-03	2,71E-04	6,89E-04
Osoonikihi kahanemine	kg CFC11 eq	4,43E-10	3,93E-10	8,17E-12	2,99E-11	4,72E-12	2,84E-12	4,34E-12
Fotokeemiline osooniteke	kg NMVOC eq	8,32E-05	7,12E-05	3,35E-06	2,10E-06	1,45E-06	1,90E-06	3,15E-06
Energiakandjad	MJ	3,38E-01	3,09E-01	5,58E-03	1,47E-02	3,07E-03	2,46E-03	2,34E-03
Mineraalid ja metallid	kg Sb eq	7,17E-08	6,41E-08	1,13E-09	4,03E-09	1,80E-09	1,27E-10	5,85E-10
Veetarbimine	m ³ depriv.	5,53E-03	5,10E-03	1,80E-05	6,93E-05	1,49E-05	3,82E-06	3,17E-04

Plasttops

Mõjukategooria	Ühik	Kokku	PE, papi ja topsi tootmine	Transport Eestisse	Ladu	Transport üritusele	Transport põletusse	Põletus
Hapestumine	mol H ⁺ eq	8,18E-05	7,10E-05	3,74E-06	2,40E-06	1,01E-06	9,91E-07	2,73E-06
Kliimamuutused	kg CO ₂ eq	1,78E-02	1,41E-02	4,10E-04	1,04E-03	2,17E-04	1,90E-04	1,85E-03
Kliimamuutused - biogeenne	kg CO ₂ eq	4,96E-05	4,86E-05	7,05E-08	1,42E-07	9,32E-08	1,56E-08	6,74E-07
Kliimamuutused - fossiilne	kg CO ₂ eq	1,76E-02	1,39E-02	4,09E-04	1,04E-03	2,17E-04	1,90E-04	1,85E-03
Kliimamuutused - maakasutus	kg CO ₂ eq	1,24E-04	1,23E-04	1,46E-07	1,11E-07	1,12E-07	2,09E-08	9,65E-08
Ökotoksilisus, magevesi	CTUe	9,20E-02	7,30E-02	7,11E-04	1,49E-03	4,43E-04	1,24E-04	1,62E-02
Tahkked osakesed	disease inc.	8,63E-10	7,55E-10	2,22E-11	1,71E-11	2,21E-11	2,46E-11	2,23E-11
Mereveekogude eutrofeerumine	kg N eq	2,47E-05	2,11E-05	9,34E-07	5,66E-07	3,35E-07	4,33E-07	1,41E-06
Mageveekogude eutrofeerumine	kg P eq	4,70E-05	4,67E-05	2,38E-08	2,28E-07	2,92E-08	3,64E-09	4,17E-08
Maismaa eutrofeerumine	mol N eq	2,35E-04	1,98E-04	1,03E-05	5,87E-06	3,67E-06	4,74E-06	1,24E-05
kantserogeenne toksilisus	CTUh	7,40E-12	5,88E-12	6,86E-14	3,80E-13	2,62E-13	1,30E-14	7,94E-13
mittekantserogeenne toksilisus	CTUh	1,75E-10	1,33E-10	2,79E-12	5,12E-12	1,90E-12	3,81E-13	3,22E-11
Ioniseeriv kiirgus	kBq U-235 eq	5,45E-03	5,38E-03	6,75E-06	4,77E-05	8,17E-06	7,09E-07	4,30E-06
Maakasutus	Pt	1,19E+00	1,18E+00	2,28E-03	1,37E-03	1,24E-03	2,71E-04	6,89E-04
Osoonikihi kahanemine	kg CFC11 eq	4,43E-10	3,93E-10	8,17E-12	2,99E-11	4,72E-12	2,84E-12	4,34E-12
Fotokeemiline osooniteke	kg NMVOC eq	8,32E-05	7,12E-05	3,35E-06	2,10E-06	1,45E-06	1,90E-06	3,15E-06
Energiakandjad	MJ	3,38E-01	3,09E-01	5,58E-03	1,47E-02	3,07E-03	2,46E-03	2,34E-03
Mineraalid ja metallid	kg Sb eq	7,17E-08	6,41E-08	1,13E-09	4,03E-09	1,80E-09	1,27E-10	5,85E-10
Veetarbimine	m ³ depriv.	5,53E-03	5,10E-03	1,80E-05	6,93E-05	1,49E-05	3,82E-06	3,17E-04

Kordustops

Mõjukategooria	Ühik	Kokku	PE, papi ja topsi tootmine	Transport Eestisse	Ladu	Transport üritusele	Transport põletusse	Põletus
Hapestumine	mol H ⁺ eq	8,18E-05	7,10E-05	3,74E-06	2,40E-06	1,01E-06	9,91E-07	2,73E-06
Kliimamuutused	kg CO ₂ eq	1,78E-02	1,41E-02	4,10E-04	1,04E-03	2,17E-04	1,90E-04	1,85E-03
Kliimamuutused - biogeenne	kg CO ₂ eq	4,96E-05	4,86E-05	7,05E-08	1,42E-07	9,32E-08	1,56E-08	6,74E-07
Kliimamuutused - fossiilne	kg CO ₂ eq	1,76E-02	1,39E-02	4,09E-04	1,04E-03	2,17E-04	1,90E-04	1,85E-03
Kliimamuutused - maakasutus	kg CO ₂ eq	1,24E-04	1,23E-04	1,46E-07	1,11E-07	1,12E-07	2,09E-08	9,65E-08
Ökotoksilisus, magevesi	CTUe	9,20E-02	7,30E-02	7,11E-04	1,49E-03	4,43E-04	1,24E-04	1,62E-02
Tahkked osakesed	disease inc.	8,63E-10	7,55E-10	2,22E-11	1,71E-11	2,21E-11	2,46E-11	2,23E-11
Mereveekogude eutrofeerumine	kg N eq	2,47E-05	2,11E-05	9,34E-07	5,66E-07	3,35E-07	4,33E-07	1,41E-06
Mageveekogude eutrofeerumine	kg P eq	4,70E-05	4,67E-05	2,38E-08	2,28E-07	2,92E-08	3,64E-09	4,17E-08
Maismaa eutrofeerumine	mol N eq	2,35E-04	1,98E-04	1,03E-05	5,87E-06	3,67E-06	4,74E-06	1,24E-05
kantserogeenne toksilisus	CTUh	7,40E-12	5,88E-12	6,86E-14	3,80E-13	2,62E-13	1,30E-14	7,94E-13
mittekantserogeenne toksilisus	CTUh	1,75E-10	1,33E-10	2,79E-12	5,12E-12	1,90E-12	3,81E-13	3,22E-11
Ioniseeriv kiirgus	kBq U-235 eq	5,45E-03	5,38E-03	6,75E-06	4,77E-05	8,17E-06	7,09E-07	4,30E-06
Maakasutus	Pt	1,19E+00	1,18E+00	2,28E-03	1,37E-03	1,24E-03	2,71E-04	6,89E-04
Osoonikihi kahanemine	kg CFC11 eq	4,43E-10	3,93E-10	8,17E-12	2,99E-11	4,72E-12	2,84E-12	4,34E-12
Fotokeemiline osooniteke	kg NMVOC eq	8,32E-05	7,12E-05	3,35E-06	2,10E-06	1,45E-06	1,90E-06	3,15E-06
Energiakandjad	MJ	3,38E-01	3,09E-01	5,58E-03	1,47E-02	3,07E-03	2,46E-03	2,34E-03
Mineraalid ja metallid	kg Sb eq	7,17E-08	6,41E-08	1,13E-09	4,03E-09	1,80E-09	1,27E-10	5,85E-10
Veetarbimine	m ³ depriv.	5,53E-03	5,10E-03	1,80E-05	6,93E-05	1,49E-05	3,82E-06	3,17E-04

Lisa 3. Alternatiivsete stsenaariumite normaliseeritud ja kaalutud tulemused ning koondhinnangud

Stsenaarium A

Mõjukategooria	Ühik	Papptops	Plasttops	Kordustops
Koondhinnang	μPt	2,928	2,920	5,351
Hapestumine	μPt	0,112	0,087	0,242
Kliimamuutused	μPt	0,615	1,163	1,808
Ökotoksilisus, magevesi	μPt	0,034	0,020	0,045
Tahked osakesed	μPt	0,193	0,158	0,537
Mereveekogude eutrofeerumine	μPt	0,047	0,030	0,100
Mageveekogude eutrofeerumine	μPt	0,828	0,073	0,211
Maismaa eutrofeerumine	μPt	0,063	0,043	0,138
Kantserogeenne toksilisus	μPt	0,015	0,010	0,053
Mittekantserogeenne toksilisus	μPt	0,030	0,027	0,065
Ioniseeriv kiirgus	μPt	0,067	0,050	0,049
Maakasutus	μPt	0,117	0,018	0,026
Osoonikihi kahanemine	μPt	0,001	0,001	0,002
Fotokeemiline osooniteke	μPt	0,129	0,147	0,331
Energiakandjad	μPt	0,509	0,882	1,227
Mineraalid ja metallid	μPt	0,124	0,149	0,443
Veetarbimine	μPt	0,043	0,063	0,072

Stsenaarium B

Mõjukategooria	Ühik	Papptops	Plasttops	Kordustops
Koondhinnang	μPt	2,440	2,145	2,443
Hapestumine	μPt	0,088	0,070	0,104
Kliimamuutused	μPt	0,445	0,606	0,749
Ökotoksilisus, magevesi	μPt	0,026	0,017	0,026
Tahked osakesed	μPt	0,127	0,112	0,131
Mereveekogude eutrofeerumine	μPt	0,035	0,022	0,037
Mageveekogude eutrofeerumine	μPt	0,818	0,066	0,149
Maismaa eutrofeerumine	μPt	0,047	0,031	0,043
Kantserogeenne toksilisus	μPt	0,008	0,006	0,014
Mittekantserogeenne toksilisus	μPt	0,020	0,020	0,030
Ioniseeriv kiirgus	μPt	0,065	0,048	0,038
Maakasutus	μPt	0,115	0,016	0,012
Osoonikihi kahanemine	μPt	0,001	0,001	0,001
Fotokeemiline osooniteke	μPt	0,094	0,121	0,122
Energiakandjad	μPt	0,429	0,827	0,746
Mineraalid ja metallid	μPt	0,084	0,121	0,183
Veetarbimine	μPt	0,039	0,061	0,058

Stsenaarium C

Mõjukategooria	Ühik	Papptops	Plasttops	Kordustops
Koondhinnang	μPt	2,524	2,643	1,969
Hapestumine	μPt	0,091	0,073	0,083
Kliimamuutused	μPt	0,496	1,079	0,729
Ökotoksilisus, magevesi	μPt	0,031	0,018	0,022
Tahked osakesed	μPt	0,130	0,114	0,107
Mereveekogude eutrofeerumine	μPt	0,037	0,024	0,033
Mageveekogude eutrofeerumine	μPt	0,819	0,066	0,124
Maismaa eutrofeerumine	μPt	0,049	0,033	0,036
Kantserogeenne toksilisus	μPt	0,009	0,006	0,013
Mittekantserogeenne toksilisus	μPt	0,025	0,024	0,026
Ioniseeriv kiirgus	μPt	0,065	0,048	0,026
Maakasutus	μPt	0,115	0,016	0,008
Osoonikihi kahanemine	μPt	0,001	0,001	0,001
Fotokeemiline osooniteke	μPt	0,097	0,125	0,086
Energiakandjad	μPt	0,432	0,828	0,485
Mineraalid ja metallid	μPt	0,085	0,126	0,154
Veetarbimine	μPt	0,041	0,062	0,036

Stsenaarium D

Mõjukategooria	Ühik	Papptops	Plasttops	Kordustops
Koondhinnang	μPt	2,491	2,610	2,182
Hapestumine	μPt	0,090	0,071	0,073
Kliimamuutused	μPt	0,483	1,066	0,833
Ökotoksilisus, magevesi	μPt	0,031	0,017	0,021
Tahked osakesed	μPt	0,128	0,112	0,100
Mereveekogude eutrofeerumine	μPt	0,037	0,023	0,029
Mageveekogude eutrofeerumine	μPt	0,816	0,063	0,089
Maismaa eutrofeerumine	μPt	0,049	0,032	0,032
Kantserogeenne toksilisus	μPt	0,009	0,006	0,008
Mittekantserogeenne toksilisus	μPt	0,025	0,024	0,025
Ioniseeriv kiirgus	μPt	0,064	0,048	0,029
Maakasutus	μPt	0,115	0,016	0,010
Osoonikihi kahanemine	μPt	0,001	0,001	0,001
Fotokeemiline osooniteke	μPt	0,096	0,123	0,104
Energiakandjad	μPt	0,425	0,821	0,616
Mineraalid ja metallid	μPt	0,084	0,124	0,154
Veetarbimine	μPt	0,041	0,061	0,057

Stsenaarium E

Mõjukategooria	Ühik	Papptops	Plasttops	Kordustops
Koondhinnang	μPt	2,071	1,453	2,009
Hapestumine	μPt	0,051	0,042	0,085
Kliimamuutused	μPt	0,393	0,774	0,873
Ökotoksilisus, magevesi	μPt	0,023	0,012	0,023
Tahked osakesed	μPt	1,070	0,083	0,112
Mereveekogude eutrofeerumine	μPt	0,026	0,015	0,033
Mageveekogude eutrofeerumine	μPt	0,037	0,060	0,145
Maismaa eutrofeerumine	μPt	0,031	0,019	0,036
Kantserogeenne toksilisus	μPt	0,005	0,005	0,013
Mittekantserogeenne toksilisus	μPt	0,017	0,017	0,028
Ioniseeriv kiirgus	μPt	0,010	0,051	0,039
Maakasutus	μPt	0,028	0,014	0,010
Osoonikihi kahanemine	μPt	0,0005	0,0002	0,0005
Fotokeemiline osooniteke	μPt	0,056	0,039	0,069
Energiakandjad	μPt	0,237	0,245	0,371
Mineraalid ja metallid	μPt	0,054	0,064	0,144
Veetarbimine	μPt	0,032	0,012	0,027

Lisa 4. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Marleen Talve, sünniaeg 11.05.1997,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö “Korduskasutustopside ja erinevast materjalist ühekorratopside keskkonnamõju läbi olelusringi hindamise”,

mille juhendaja(d) on Sirli Pehme,

salvestamiseks säilitamise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi EMU DSpace lisamiseks ja Creative Commons litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates lõputööd reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;

2. olen teadlik, et lihtlitsentsiga antavad õigused jäävad alles ka mulle;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digitaalallkirjas)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Juhendaja(d) (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digitaalallkirjas)