



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Tartu kolledž

**ÜHEKORDSETE KOHVITOPSIDE LAGUNEMISE
UURIMINE LOODUSES**

**DECOMPOSITION OF DISPOSABLE COFFEE CUPS
IN NATURE**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Paula Nikolajeva

Üliõpilaskood: 192483NAEM

Juhendaja: Jane Raamets, lektor

Tartu 2021

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“24” mai 2021

Autor: Paula Nikolajeva

/ allkirjastatud digitaalselt /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“24” mai 2021

Juhendaja: Jane Raamets

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kaitsmisele lubatud

“.....” mai 2021.

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Paula Nikolajeva (sünnikuupäev: 26.07.1994)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Ühekordsete kohvitopside lagunemise uurimine looduses“, mille juhendaja on Jane Raamets,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

Paula Nikolajeva

(allkirjastatud digitaalselt)

24.05.2021

Tartu kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Paula Nikolajeva, 192483NAEM
Õppekava, peeriala: NAEM06/18 - Tööstusökoloogia
Juhendaja(d): lektor, Jane Raamets, +372 55 61 33 44

Lõputöö teema:

Ühekordsete kohvitopside lagunemise uurimine looduses

Decomposition of disposable coffee cups in nature

Lõputöö põhieesmärgid:

- Selgitada välja, millistes looduslikes tingimustes laguneb ühekordne kohvitops kõige kiiremini.

Lõputöö etapid ja ajakava:

| Nr | Ülesande kirjeldus | Tähtaeg |
|----|----------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. | Katse ettevalmistamine ja kirjanduse läbitöötamine | 23.06.2020/ 01.03.2021 |
| 2. | Katse läbiviimine, tulemuste analüüs | 01.04.2021 |
| 3. | Lõputöö vormistamine ja esitamine | 17.05.2021 |

Töö keel: Eesti **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "24" mai 2021 a

Üliõpilane: Paula Nikolajeva "24" mai 2021a
/allkirjastatud digitaalselt/

Juhendaja: Jane Raamets "24" mai 2021a
/allkirjastatud digitaalselt/

Programmijuht: Annely Kuu "24" mai 2021a
/allkirjastatud digitaalselt/

SISUKORD

| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| EESSÕNA | 6 |
| SISSEJUHATUS | 7 |
| 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE | 9 |
| 1.1 Ühekordsed kohvitopsid olelusringi põhimõttel | 9 |
| 1.1.1 Tooraine ja tootmine..... | 10 |
| 1.1.2 Levitamine..... | 11 |
| 1.1.3 Kasutamine | 12 |
| 1.1.4 Utiliseerimine..... | 14 |
| 1.1.5 Olukord Eestis..... | 16 |
| 1.2 Alternatiivid ühekordsetele kohvitopsidele | 17 |
| 1.2.1 Termostassid | 17 |
| 1.2.2 Biolagunevad topsid..... | 20 |
| 1.2.3 Uudsed lahendused..... | 22 |
| 1.3 Keskkonnatingimused ja nende roll lagunemisprotsessides | 23 |
| 2. MATERJAL JA METOODIKA | 25 |
| 2.1 Katse materjal, ettevalmistus ja läbiviimine | 25 |
| 2.2 Katse kirjeldus | 27 |
| 2.2.1 Laborianalüüside metoodika..... | 28 |
| 3. TULEMUSED | 32 |
| 3.1 Sademed ja õhutemperatuur | 32 |
| 3.2 Massikadu | 33 |
| 3.3 Mullaproovide kuivainesisaldus..... | 36 |
| 3.4 Mullaproovide happelisus..... | 36 |
| 3.5 Mullaproovide elektrijuhtivus | 37 |
| 3.6 Mulla mikroobne hingamisaktiivsus..... | 38 |
| 3.7 Mulla mikroobne biomass | 39 |
| 3.8 Statistiline andmeanalüüs..... | 39 |
| 3.8.1 Korrelatsioonianalüüs..... | 39 |
| 3.8.2 Statistiline test..... | 44 |
| 4. ARUTELU | 46 |
| 5. AUTORIPOOLSED SOOVITUSED | 50 |
| KOKKUVÕTE | 51 |
| SUMMARY..... | 53 |
| KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU | 55 |
| LISAD | 69 |

EESSÕNA

Magistritöö teema sõnastati juhendaja Jane Raametsa algatusel ning töö koostati 2021. aastal Tartus. Katse läbiviimiseks osteti neli erinevat ühekordset kohvitopsi, millest kaks olid biolagunevad. Andmeid koguti kogu katse toimumise vältel juunist 2020 aprillini 2021. Sademete ja temperatuuri andmed saadi Keskkonnaagentuuri kaudu Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamast.

Avaldan tänu töö juhendajale Jane Raametsale, kes ulatas abikäe iga mure ja küsimuse korral ning toetas mind ka katsete läbiviimisel. Samuti tänan Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži projektijuhti Laura Lokkot.

Magistritöö eesmärk oli selgitada välja, millistes looduslikes tingimustes laguneb ühekordne kohvitops kõige kiiremini. Töö eesmärgi täitmiseks püstitati kaks hüpoteesi: 1) ühekordsed kohvitopsid ei lagune looduslikes tingimustes katseperioodi (11 kuu) jooksul ning 2) mida aktiivsemad on mulla mikroorganismid, seda kiiremini toimub kohvitopside massikadu. Töös viidi läbi ühekordsete kohvitopside lagunemiskatse ning tulemuste tõlgendamiseks kasutati massikao ning lagunemiskotikeste meetodit. Katsekohtadeks valiti lodu, männimets ja heinamaa ning igast proovikohast võetud mullaproovidest mõõdeti ka erinevaid parameetreid. Andmete täpsemaks tõlgendamiseks viidi läbi ka statistiline andmeanalüüs.

Võtmesõnad: ühekordne, kohvitops, lagunemiskotikesed, massikadu, magistritöö

SISSEJUHATUS

Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni (ÜRO) andmetel eeldatakse maailmarahvastiku kasvu 2030. aastaks 8,5, 2050. aastaks 9,7 ning 2100. aastaks 11,2 miljardini (United Nations, 2021). Me elame tarbimisühiskonna ajal ning kui praegu visatakse erinevate andmete põhjal hinnanguliselt 300–400 miljardit ühekordset kohvitopsi iga-aastaselt prügikasti, siis rahvastiku kasvades võivad need kogused mitmekordistuda (Foteinis, 2020; Illy ja Illy, 2015). Probleemi ei kujuta endast otseselt kohvitops ise, vaid nende sisemus kaetakse peamiselt õhukese plasti kihiga, mistõttu on nende ümbertöötlemine kas ülemäära keerukas või lihtsalt võimatu ning loodusesse sattudes lagunevad väga pikka aega (Harst ja Potting, 2013; Changwichan ja Gheewala, 2020).

Oma ökoloogilise jalajälje vähendamiseks on võimalik teha ka keskkonnasõbralikumaid valikuid, kuid alternatiivide kasutamine võib suuresti erineda erinevates maailmajagudes kultuurilistel, majanduslikel jmt põhjustel (Ertz, Huang Jo, Karakas ja Sarigöllü, 2017). Toote taaskasutamisel hoitakse koormust keskkonnale väiksemana, mistõttu on viimastel aastatel aina enam hakatud ka Eestis promoma oma joogitopsi (termostassi) kasutamist kuuma joogi kaasa ostmisel (Circle K, 2018; Alexela, 2021). Teise alternatiivina on võimalik kasutusele võtta ka bioplastil põhinevad või biolagunevad ühekordsed kohvitopsid, kuid oluline on silmas pidada, et ka neil on omad miinused (Kalle ja Kriipsalu, 2019).

Magistritöö teema sai valitud töö juhendaja algatusel. Seejuures soovis autor jõuda selgusele, et millist mõju võivad ühekordsed kohvitopsid meid ümbritsevale loodusele tegelikult avaldada. Samuti võiks antud töö mõtlema panna ka kaasmaalasi – kas juba ühe väikse sammu astumisest saaksin ma midagi teha meie keskkonna hüvanguks.

Magistritöö eesmärk oli selgitada välja, millistes looduslikes tingimustes laguneb ühekordne kohvitops kõige kiiremini. Töös püstitati eesmärgi täitmiseks kaks hüpoteesi:

- ühekordsed kohvitopsid ei lagune looduslikes tingimustes katseperioodi (11 kuu) jooksul;
- mida aktiivsemad on mulla mikroorganismid, seda kiiremini toimub kohvitopside massikadu ehk seda kiiremini katsetükid lagunevad.

Töös kasutati kvantitatiivset uurimismeetodit, lähtudes töö eesmärgist. Viitamisel kasutati APA süsteemi. Andmete analüüsimiseks ning statistilise andmeanalüüsi teostamiseks kasutati Microsoft Exceli (2016) programmi.

Töös antakse ülevaade ühekordsetest kohvitopsidest ning nendega seonduvatest keskkonnaprobleemidest olulusringi (ingl *life cycle assessment* või *life cycle analysis*)

etappide näitel, kuid oluline on märkida, et olelusringi hindamist läbi ei viidud. Samuti tuuakse välja ka mõned alternatiivsed lahendused ning vaadeldakse keskkonnatingimusi ja nende mõju lagunemisprotsessidele. Järgnevalt tutvustatakse läbiviidud katse materjali ja metoodikat ning tuuakse välja katse tulemused. Seejärel analüüsitakse lõputöö katse tulemusi eelnevalt läbiviidud katsetega ning erinevate allikatega ning viimaks võetakse töö kokku nii eesti kui inglise keeles. Töö lisast on leitavad katsekohtade — heinamaa, männimets ja lodu — täpsemad joonised parema ülevaate andmiseks.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Kirjanduse ülevaate peatükis antakse ülevaade ühekordsetest kohvitopsidest olelusringi põhimõttel, kus vaadeldakse seda etappide viisi – tooraine ja tootmine, levitamine, kasutamine ning utiliseerimine. Samuti tuuakse välja mõned alternatiivid, mis kõik võiksid omal viisil olla paremad lahendused ühekordsetele kohvitopsidele. Oluline on märkida, et töös ei kasutata ühekordsete kohvitopside keskkonnamõju hindamiseks olelusringi hindamist, vaid neid vaadeldakse selle etappide mõistes.

1.1 Ühekordsed kohvitopsid olelusringi põhimõttel

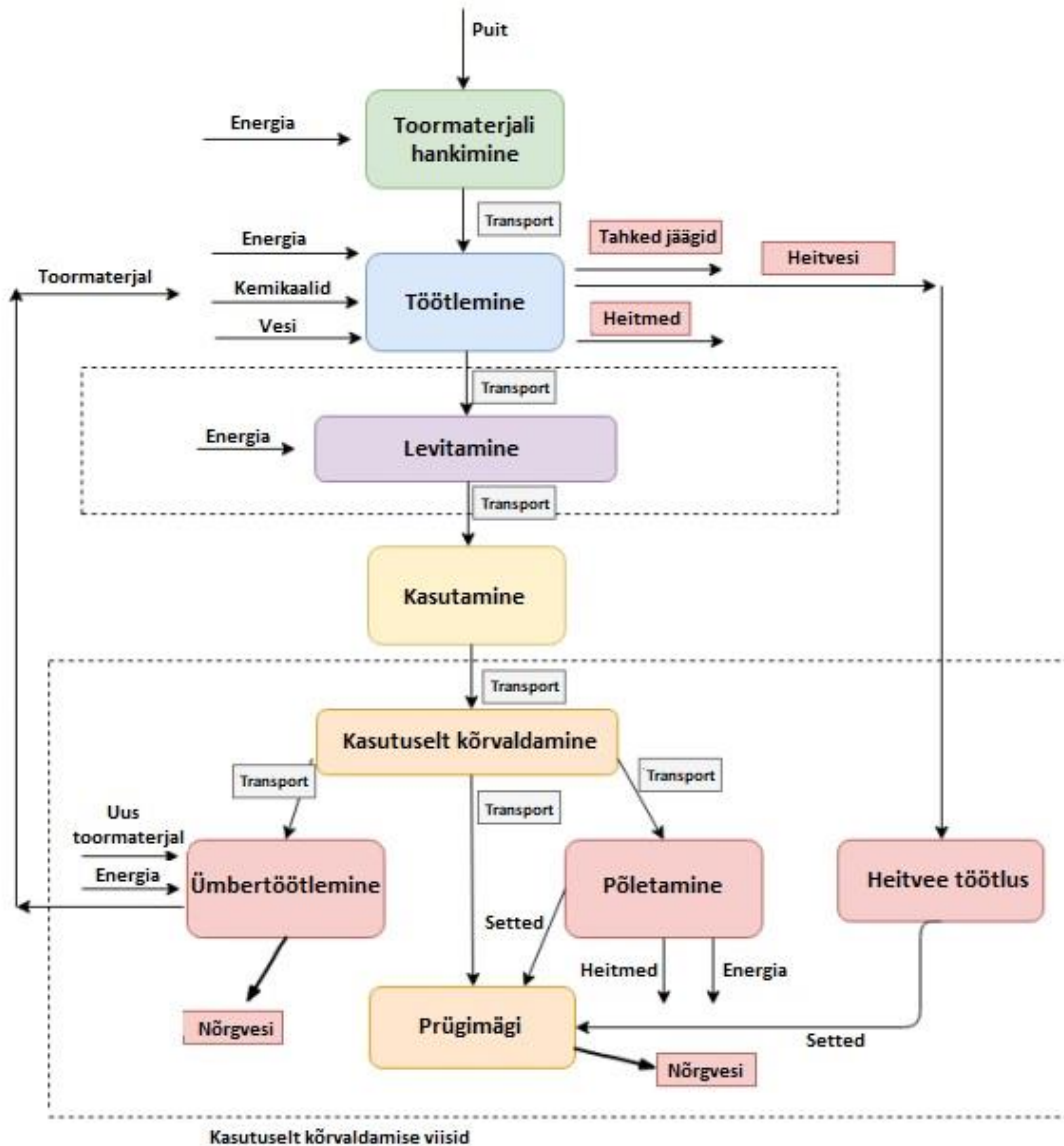
Maailma rahvaarvu kasvades on jõutud punkti, kus kasutatakse nõudluse täitmiseks tootmises odavamaid materjale (United Nations Environment Programme, 2018). Toodetakse kaupu, mis on ühekordseks kasutamiseks ning mille eluiga on lõppfaasis juba selle järgi haaramisel (Schultz, Bator, Large, Bruni ja Tabanico, 2013). Paratamatu on selliste toodete jõudmine ka meid ümbritsevasse keskkonda, kuna prügistamine on suureks probleemiks ülemaailmselt (Foschi ja Bonoli, 2019).

Olelusringi hindamist (ingl *life cycle assessment* või *life cycle analysis*) kasutatakse toote või teenuse keskkonnamõju hindamisel kogu selle eluea vältel (nn hällist hauani) ning seda hinnatakse tooraine hankimisest kuni toote/teenuse kõrvaldamiseni (Pryshlakivsky ja Searcy, 2021). Tegemist on laialt kasutusel oleva standardiseeritud meetodikaga (European Commission, 2018). Olelusringi hindamist on kasutatud mitmetes ühekordsetele kohvitopsidele keskendunud uuringutes, millest üks oli ka suunatud Euroopa seadusandjatele keskkonnamõju hindamiseks (Moretti, Hamelin, Jakobsen, Junginger, Steingrimsdottir, Høibye ja Shen, 2021).

Ühekordse kohvitopsi olelusring saab alguse toormaterjali (nt puidu) hankimisest, mis viiakse edasi töötlemisse (vt Joonis 1.1 järgmisel leheküljel) (Moretti jt, 2021). Materjali hankimisel kulutatakse energiat toorme saamiseks, selle töötlemiseks kulub veel lisaks kemikaale ja vett ning protsessi käigus eralduvad tahked jäägid, heitmed ning heitvesi (Andersson, Gadstam, Jonsson ja Watz, 2016). Valmistoodet levitatakse, seejärel kasutatakse ning kõrvaldatakse kasutuselt selle eluea lõpus (Moretti jt, 2021). Ühekordset kohvitopsi on võimalik peamiselt kolmel viisil kasutuselt kõrvaldada (Andersson jt, 2016):

- 1) ümbertöötlemine, mis eeldab lisaks ka uue toormaterjali kasutamist;
- 2) põletamine, mille tulemusena on võimalik saada energiat;

3) ladestamine prügimäele, mis jäätmehierarhia kohaselt peaks olema viimane lahendus.



Joonis 1.1 Ühekordse kohvitopsi olerusring (Andersson jt, 2016)

1.1.1 Tooraine ja tootmine

Ühekordsete kohvitopside tegemisel kasutatakse peamiselt kahte erinevat materjali – pappi ja vahtpolüstüreeni (Hocking, 1991; Woods ja Bakshi, 2014). Vahtpolüstüreeni näol on tegemist lõhnatu, värvitu, maitsetu ja tugeva materjaliga, mis hoiab ka hästi soojust (Andrade, Bezerra ja Calado, 2019) ning on ligi 40% ulatuses kasutuses pakkematerjalina (Geyer, Jambeck ja Law, 2017). Kohvitopside lekkimise takistamiseks kaetakse topi sisemus õhukese plasti-kihiga, mistõttu ei ole topse enam võimalik või otstarbekas taaskasutada ning need leiavad oma tee kas prügimäele või käideldakse

neid põletamise teel (Häkkinen ja Vares, 2010; Harst ja Potting, 2013; Chen, Awasthi, Wei, Tan ja Li 2021).

Ühekordse topsti puhul on oluline, et anum ise ega ka kaas ei tohiks joogi kvaliteeti mingil moel muuta (Spence ja Carvalho, 2019). Ühekordsete kohvitopside kaaned on enamasti valmistatud polüstüreenist, mis saadakse vinüüli polümeerisatsiooni teel (Andrade, Bezerra ja Calado, 2019; Asadollahfardi, Delnavaz, Gonabadi ja Asadi, 2019). Kirjandusest leiab viiteid, et mitmed plastid, mida kasutatakse toiduainekarpide, kaante, topside valmistamiseks, võivad sisaldada erinevaid keemilisi ühendeid, mis on potentsiaalselt ohtlikud inimtervisele (Bhunia, Sablani, Tang ja Rasco, 2013; Hahladakis, Velis, Weber, Iacovidou ja Purnell, 2018; Groh, Backhaus, Carney-Almroth jt, 2019). Lisaks sellele võivad erinevad ühendid ka toitu või jooki sattuda nõust endast, kuna anuma materjal puutub pikalt kokku kõrge kuumusega (Spence ja Carvalho, 2019). Kuna kuuma jooki serveeritakse kuni 100 °C temperatuuriga, siis on suur oht, et plastik võib sulada ja erinevad plasti ühendid satuvad seeläbi joogi sisse (Marcé ja Zabiegala, 2017).

Vaha on üks materjalidest, mida kasutatakse topside veekindlaks muutmisel (Geuke, Groh ja Muncke 2018). Uuringud on näidanud, et liigne vaha tarbimine võib tekitada kõhulahtisust ning põhjustada maksa mürgistusseisundeid (Orchard, Torres, Poirier jt, 2009; Li, Chen jt, 2014). Ka topsti peale trükitud pildid või tekst võivad olla ohuks inimeste tervisele (Abdullahi, 2014). Tint võib imbuda läbi topsti ning jõuda joogiga inimkehasse, kus see võib tekitada erinevaid terviseprobleeme (Orchard jt, 2009; Li, Chen jt, 2014).

2020. aastal tehtud pabertopside olusringi uuringus leiti, et 2,5 miljardi pabertopsi keskkonnamõju on võrreldav 11 500 auto tootmisega (Foteinis, 2020). Mõju vähendamiseks tuleks topse ümber töödelda ning selle tagajärjel väheneks ökoloogiline jalajälg 40% võrra (Sandhu, Lodhia, Potts ja Crocker, 2021). Erinevate allikate kohaselt visatakse ligikaudu 300–400 miljardit ühekordset kohvitopsi iga-aastaselt prügikasti (Illy ja Illy, 2015; GreenMatch, 2019). Seejuures kulub nende tootmiseks miljoneid puid ning miljardeid liitrit vett (Foteinis, 2020; Sandhu, Lodhia, Potts ja Crocker, 2021).

1.1.2 Levitamine

Ühekordsete kohvitopside suurim keskkonnamõju avaldub transpordi etapis, süvendades ühte tänapäeva suurimat globaalprobleemi – osoonikihi hõrenemist (Jung, Al-Shehhi, Saffarini, Warshay ja Arafat, 2011; Harst, Potting ja Kroeze, 2014; Harst, Potting ja Kroeze, 2016). Keskkonnamõju suurus oleneb oluliselt valitud transpordi viisist – lennu- ja teetranspordid on ühed suurimat mõju omavad kaupade levitamise

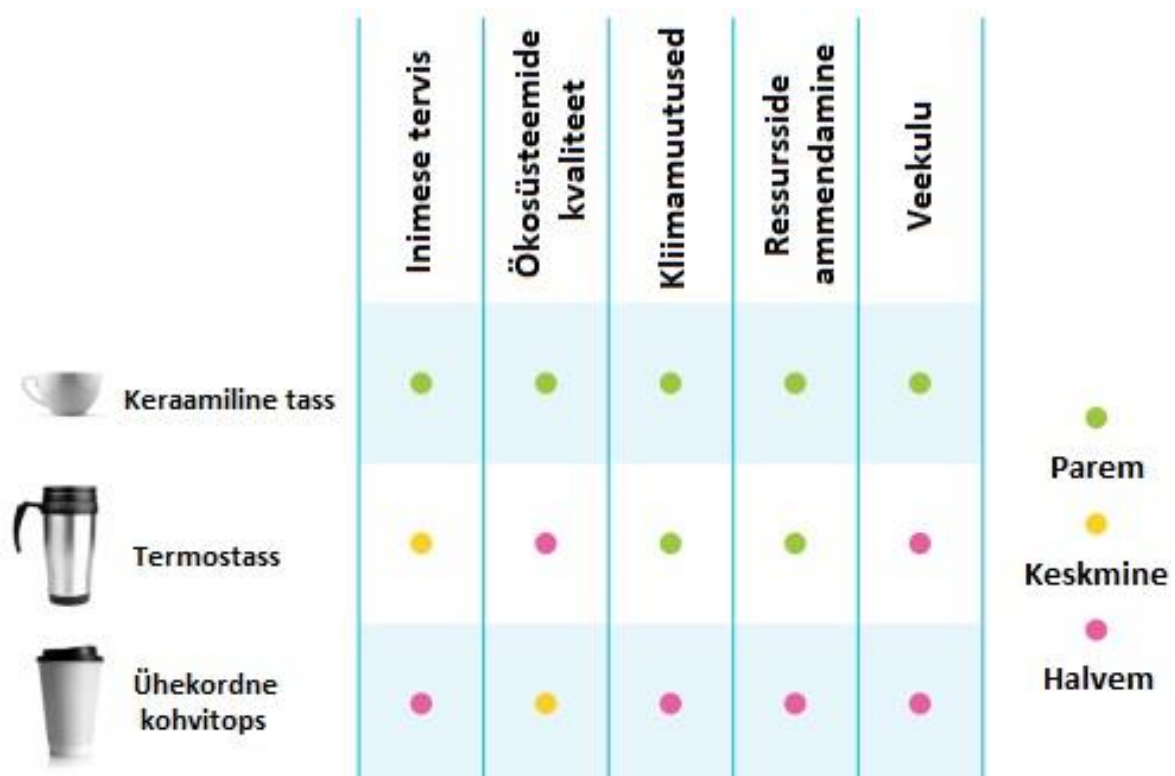
viisid (Jung jt, 2011; Ali, Socci, Pretaroli ja Severini, 2018). Kliimamuutuste mõju on korduvkasutatavatel topsidel väiksem ühekordsetest topsidest siis, kui transpordi vahemaa on 30–50 km (Cottafava, Costamagna, Baricco, Corazza, Miceli ja Riccardo, 2021).

1.1.3 Kasutamine

Tänapäeva kiire elutempo juures on ühekordsete kohvitopside kasutamine tavaline nähtus — lihtne on astuda sisse tanklasse või mõnda kohvikusse ning kuum jook kaasa haarata (Gallego-Schmid, Mendoza ja Azapagic, 2019). Kohvi, tee või mõne teise kuuma joogi ostmiseks pakutakse ühekordseid kohvitopse ning neid kulub suurtes kogustes (GreenMatch, 2019; Ertz, Huang jt 2017). Ühekordsed kohvitopsid on odavad ning mugavad, kuna neid on lihtne kasutada ning nad ei vaja mingit hooldamist (Harst jt, 2014; Aarnio ja Hämäläinen, 2008). Tänapäevase kiire elutempo juures ei ole aga paljudel aega mõelda toodete pakenditele ning millist materjali eelistada tuleks, mistõttu oleks valiku tegemine lihtsam juhul, kui materjalide kasutust piirataks ainult mõnele erinevale variandile (Hocking, 1991; Woods ja Bakshi, 2014).

2011. aastal tehtud ühekordsete kohvitopside ja keraamilise tassi olelusringi võrdluse uuringus tuli välja, et keraamilise tassi keskkonnamõju on oluliselt väiksem ühekordsetest topsidest (Jung jt, 2011). Tulemus on ka arusaadav, kuna keraamilist tassi saab kasutada sadu, kui mitte tuhandeid kordi (*Ibid*). Ühekordsete kohvitopsidena võeti võrdlusesse nii paberist kui vahtpolüstüreenist valmistatud topsid (*Ibid*). Nende kahe võrdlusena on keskkonnasõbralikumaks variandiks vahtpolüstüreenist tops (*Ibid*). Vahtpolüstüreenist tops küll ei lagune, kuid kuna tegemist on inertse materjaliga, ei eraldu sellest ohtlikke aineid õhku, pinnasesse ega ka vette (*Ibid*).

Võttes eelduseks, et keraamilist tassi ning termostassi kasutatakse ligikaudu 500 korda, on võrdluses ühekordse kohvitopsiga keraamilisel tassil väikseim keskkonnamõju (Recyc-Québec, 2019). Seejuures vaadeldes viite erinevat mõjukatgoriat — inimese tervis, ökosüsteemide kvaliteet, kliimamuutused, ressursside ammendumine ning veekulu (vt Joonis 1.2 järgmisel leheküljel) (*Ibid*). Termostasside mõju keskkonnale oleks oluliselt väiksem, kui need saaks puhtaks kiirelt veega loputades ning pesuvahendit kasutamata (*Ibid*). Joonisel toodud tulemusi mõjutasid ka ühekordsete kohvitopside suured kogused ning energiakasutus mõlema tassi ning topsi puhul (*Ibid*). Sellegipoolest on ühekordse kohvitopsi mõju kõikides kategooriates kõige halvem, olles keskmine vaid ökosüsteemide kvaliteedi mõjutamises (*Ibid*).



Joonis 1.2 Keraamilise tassi, termostassi ning ühekordse kohvitopsi keskkonnamõjude võrdlus (Recyc-Québec, 2019)

Ühekordsete plastist topside, nõude, kõrte jmt kasutamine ei ole võõras ka meil Eestis (Euroopa Liidu Teataja, 2019). Hiljemalt 2021. aasta teisest poolest on nende turule laskmine aga keelatud (*Ibid*). Keeld ei kehti küll kõikidele toodetele, sealhulgas ka mitte plastist kohvitopsidele, mida igapäevaselt suurtes kogustes tarbitakse, kuid keeld kehtib vahtpolüstüreenist joogitopsidele ja -pakenditele (*Ibid*). Euroopa Liidu liikmesriigid peavad võtma kasutusele vajalikud meetmed, et ühekordselt kasutatavate joogitopside tarbimine väheneks (*Ibid*). Siiski on juba praegu võetud kasutusele erinevaid meetmeid (Koppel, 2018). Alates 2019. aasta maist on Tallinnas ühekordsete plastnõude kasutamine üritustel keelatud, kuid taaskord ei hõlma see endas plastist kohvitopse (RT IV, 10.10.2017, 29).

Senikaua, kuni kohvitopside turule laskmist ei keelustata, kasutatakse neid veel agaralt ära (Best Marketing, 2019). Cup Advertising OÜ on ettevõtte, kes prindib kohvitopsidele erinevaid disaine (*Ibid*). Kasutatakse ära fakti, et inimesed ostavad kohvi kaasa ühekordse topsiga ning sellega on kohvikule lihtne reklaami teha (*Ibid*). Sellist tehnikat on hea rakendada biolagunevate topsidega — sõnum jõuab rohkemate inimesteni ning hoitakse koormust keskkonnale väiksemana (*Ibid*).

1.1.4 Utiliseerimine

Jäätmete käitlemisel peaks selle mõju keskkonnale olema võimalikult väike (Keskkonnaministeerium, 2021). Seetõttu loetakse parimaks võimaluseks jäätmetekke vältimist, seejärel korduskasutamiseks ettevalmistamist ja materjali ringlussevõttu ning viimaste lahendustena muud taaskasutust (nt põletamine) ja prügilasse ladestamist (vt Joonis 1.3) (*Ibid*).



Joonis 1.3 Jäätmehierarhia (Keskkonnaministeerium, 2021)

Ühekordsete kohvitopside laialdase kasutuse tõttu on proovitud leida erinevaid efektiivseid viise kuidas nendega pärast kasutamist tegeleda (Ferreira, 2018). Kuna topse on raske ümber töödelda selles lisanduva plastiku tõttu, on peamiseks kõrvaldamise viisiks prügimägi (Vaughan, 2016). Selline lahendus pole jätkusuutlik ega keskkonnasõbralik, kuna prügimäel laguneb üks tops ligikaudu 20 aastat (Greener Ideal, 2016). Lagunemise käigus tekib erinevaid mürgiseid gaase ning ka saastunud heitvett, mistõttu prügimäele viimine ei lahenda, vaid tekitab probleeme juurde (Mitchell, Vandeperre, Dvorak, Kosior, Tarverdi ja Cheeseman, 2014; Smithers, 2017; Ma, 2018). Paratamatult visatakse prügi ka maha, seetõttu on metsa all, kraavis, tee ääres või mujal näha vedelemas kohvitopse (vt Joonis 1.4 järgmisel leheküljel) (Winton, Anderson, Roccliffe ja Loiselle, 2020; Teeme Ära, 2019). Kuna topsid sisaldavad plasti, lagunevad need väga kaua, kirjanduse andmetel tihtipeale sadu aastaid, seega kahju keskkonnale tekitavad kohvitopsid mitmel moel (Changwichan ja Gheewala, 2020; Stafford ja Jones, 2019).



Joonis 1.4 "Teeme ära 2021" käigus loodusest leitud ühekordne kohvitops (Töö autori foto, 2021)

Kompostimine on üks viisidest, kuidas jäätmeid kõrvaldada (Xie jt, 2021). Tegemist on loodusliku protsessiga, mille tagajärjel tekib väärtuslik ja toiteainerikas muld (Razza, Fieschi, Innocenti ja Bastioli, 2009; Kompostiljon, 2020). Indias läbiviidud uuringus kasutati vermikompostimise meetodit topside lagundamiseks (Arumugam, Renganathan, Babalola ja Muthunarayanan, 2017). Vermikompostimine on meetod, kus peamiselt kasutatakse lagundajatena lisaks bakteritele ja seentele veel vihmausse ning komposter on eelkõige kasutatav siseruumides (Cai, Gong, Sun, Li ja Yu, 2018; Kompostiljon, 2020).

Arumugam ja teised kasutasid oma uuringus lõunamaiseid *Eudrillus euginea* liiki vihmausse ning ka baktereid (Arumugam jt, 2017). Katses kasutati paberist kohvitopse ning lagunemist vaadeldi 90 päeva jooksul (*Ibid*). Uuringu tulemusena selgus, et topse on võimalik vermikompostimisega kasutuselt kõrvaldada ning valminud kompost oli toitainerikas ja vähenenud süsiniku osakaaluga, mistõttu sobis see ideaalselt taimede väetiseks (*Ibid*). Uurijad tõid välja, et vermikompostimisega saaks suuresti vähendada topsidest tingitud jäätmeid ning seeläbi vähendada mõju keskkonnale (*Ibid*).

Inglismaa ettevõtte leidis lahenduse, kuidas on võimalik suure töö tagajärjel pabertopsid ümber töödelda kõrge kvaliteediga paberiks või pakkematerjaliks (Ma, 2018). Pabertopse leotatakse soojendatud lahuses, mis eraldab plastikkihi paberist ning järele jääb vesi ja paberimass (*Ibid*). Seejärel mass filtreeritakse ning alles jääb kõrge

kvaliteediga paberimass (*Ibid*). Taaskasutatud saab ka topsis kasutuses olnud plastikkiht (Elks, 2013). Ettevõtte, kus antud võtet kasutatakse, on 2016. aastast teinud koostööd maailma suurima kiirtoiduketiga McDonald's, säästes Inglismaal ümbertöötlematud topsid prügimäele jõudmast. (Elks, 2013; Paperless Kitchen, 2013; Ma, 2018)

1.1.5 Olukord Eestis

Veel mõned aastad tagasi oli Eestis ühekordsete joogitopside kasutushulk igapäevaselt sadades tuhandetes (Koovit, 2018), kuid siiski on praeguseks näha ka liikumist keskkonnahoidlikuma suhtumise poole. Alates 2020. aasta algusest võttis R-Kiosk kasutusele 100% taimset päritolu kohvitopsid ja kaaned, mille tootmisel pole kasutatud naftal põhinevat toorainet (Maaleht, 2020). Seejuures pärineb topside materjal säästvalt majandatud metsadest ning topsid on lamineeritud suhkruroost valmistatud materjaliga (R-Kiosk, 2020).

2019. aastal viidi Eesti noorte täiskasvanute seas läbi uuring „Ühekordsete plastikpakendite tarbimist mõjutavad tegurid“ (Niit, 2019). Uuringu tulemusena leiti, et Eesti noored täiskasvanud pigem on vähendanud enda tarbimist, et kaitsta looduskeskkonda ning pigem ei arva, et oleks tugevamaid reostusallikaid, mis mõjutavad looduskeskkonda, kui ühekordsed plastikjätmed (*Ibid*). Küsitlusele vastanutest 79% nõustusid täielikult ka väitega, et kui poes oleks sama hinnaga või odavam keskkonnasäästlik alternatiiv, siis nad tõenäoliselt valiksid keskkonnasäästlikuma alternatiivi (*Ibid*). Eesti noorte täiskasvanute keskkonnaalased teadmised on head ning väärtushinnangud tugevad, kuid inimeste hoiakud ei kattu nende tarbimisharjumustega (*Ibid*).

Lähtuvalt jäätmeseaduse, pakendiseaduse ja tubakaseaduse muutmise seaduse eelnõu väljatöötamise kavatsusest on teatavate plastitoodete keskkonnamõju vähendamise üheks lahenduskäiguks tarbimise vähendamine (Riigikantselei, 2021). Euroopa Liidu õiguse ülevõtmisel kaalutakse Eestis seetõttu nelja erinevat meetet eesmärgi saavutamiseks (*Ibid*):

- 1) korduskasutatavate lahenduste soodustamine ja edendamine, seejuures ühekordselt kasutatavatele plastitoodetele nähtava hinna kehtestamine ning hinnasoodustuse tegemine oma topsiga kuuma joogi ostmisel;
- 2) plasti ringlussevõtu edendamine, seejuures turule lastavate toodete materjalile nõuete seadmine;
- 3) tarbimise vähendamine koos kohustusega toodete võimalikele maksudele ja keeldudele, seejuures tarbijate käitumisharjumuste suunamine;

- 4) korduskasutatavate lahenduste kasutamine, ringlusse võetavate ja kergesti töödeldavate materjalide kasutamise soodustamine ning tarbijate teavitamine.

1.2 Alternatiivid ühekordsetele kohvitopsidele

Kliima soojenemisest räägitakse pidevalt ning kuigi pakutakse ka välja lahendusi, kuidas oma ökoloogilist jalajälge väiksemana hoida, siis paljud inimesed jäävad siiski mugavustsooni kinni (Dubois jt, 2019). Saadakse aru, et ühekordseid kohvitopse kulub palju ning neid ka toodetakse palju ning seetõttu on näha muudatusi ka kasutajate käitumises korduvkasutatavate topside eelistamisel (Sandhu jt, 2021). Suuremad ettevõtted on hakanud taaskasutatavaid topse toetama ning pöörama rohkem tähelepanu jätkusuutlikkusele (Dubois jt, 2019). Starbucks, kelle kohvikud on avatud kümnetes riikides, on võtnud eesmärgiks vähendada emissioone, veekasutust ning jäätmeid 2030. aastaks (Starbucks, 2020). Samuti on võetud eesmärgiks suurendada taimsete toodete valikut, liikuda ühekordsete topside kasutamise asemel korduvkasutatavate topside suunas ning luua ka keskkonnasõbralikumaid poode (Kim ja Yun, 2019).

Ühekordsete topside alternatiivide kasutamine võib suuresti erineda erinevates maailmajagudes kultuurilistel, majanduslikel jmt põhjustel (Dubois jt, 2019). Lääneriikides on inimesed avatumad, rohkem sõltumatud ning seeläbi on ka käitumismustrid teistsugused kui Maa idaosa riikides, kus ollakse rohkem sõltuvad riigi poolt seatud normidest (Sandhu jt, 2021). Samuti omavad olulist rolli toodete kättesaadavus, hind, kvaliteet ning ka seadusandlikud mehhanismid (Ertz, Huang jt, 2017). Suurem osa käitumismustritest, mis meid ümbritsevat keskkonda ebasoodsalt mõjutavad, on tegelikult oma olemuselt harjumuspärased ja seega muudetavad (Novoradovskaya, Mullan ja Hasking, 2020).

1.2.1 Termostassid

Senini on peamiselt räägitud jäätmete vähendamisest ning ümber töötlemisest, kuid toote taaskasutamine pikendab selle eluiga ning on pikemas perspektiivis jätkusuutlikum (Greenwood jt, 2021). Kui ühekordse topsi eluiga lõpeb peatselt peale selle kasutamist, siis korduvkasutatava tassi/termostassi eluiga esimesel kasutuskorral alles algab (Ertz, Huang jt, 2017). Kuigi termostassi näol on tegemist jätkusuutliku lahendusega, võib selle kasutamine teatud olukordades olla siiski ka ebamugav (Wood, 2019). Inimestel ei pruugi olla meeles seda kaasas kanda, samuti pole igas kohvikus/tanklas võimalik oma tassi pesta ning mõned termostassid on lihtsalt liiga

suured ja rasked, et neid pole mugav päev otsa endaga kaasas kanda (Ertz, Huang jt, 2017; Wood, 2019).

Turule on toodud mitmeid erinevaid alternatiive ühekordsetele kohvitopsidele (Keller, Köhler, Eisen, Kleihauer ja Hanss, 2021). Korduvkasutatava topsi või termostassi tootmiseks kasutatakse erinevaid materjale plastist bambuseni (Cottafava jt, 2021). Korduvkasutatava tassi kasutamisel on mitu positiivset mõju (Parkin, 2018):

- tegu on pikaajalise investeringuga — topsil/tassil on hea vastupidavus ning uut ei pea soetama pikka aega;
- disainide rohkus — igaüks leiab endale midagi meelepärast, sest erinevaid disaine on lõputus koguses;
- keskkonnasõbralikkus — ostes korduvkasutatava tassi, kulub vett ja energiat vaid selle pesemiseks ning väheneb seeläbi ka jäätmete hulk.

Viimastel aastatel on aina enam märgata erinevaid kampaaniaid või igapäevaseid muutusi kohvikutes ja tanklates, kus promotakse isikliku kohvitopsi kasutamist joogi kaasa ostmisel (Keller jt, 2021). Tanklaketid Circle K poed pakuvad kliendikaardi omanikele isikliku tassiga kuuma jooki ostes 10% hinnalt alla (Circle K, 2018). Eesmärgiks on vähendada papptopside kasutamist ja olla keskkonnasõbralikum ettevõtte (Vooremaa, 2017). Samuti on antud keti tanklates müügiks ka Circle K logoga termostass, kui kasutajal isiklik termostass veel soetamata on jäänud (Circle K, 2018). Tihtipeale on piisav ka see, kui on antud võimalus oma termostassiga kuum jook kaasa osta (Vooremaa, 2017). Selleks peavad masinad olema reguleeritavad ning sellele on mitmed tanklaketid ja kohvikud ka mõelnud (Ojamaa, 2012).

Kuuma jooki on võimalik nautida ka korduvkasutatavast bambustopsist, mis on kaetud Eesti kunstnike loominguga (Alexela, 2021). Alexela mugavuspoodidesse on müügile tulnud taaskasutatavad kohvitopsid, millelt võib leida Epp Maria Kokamägi õlimaali „Pärast etendust“ või Maria-Liisa Leonidovi joonistuse maagiliste kassidega (*Ibid*). Bambustopsid on läbinud vastavad testid, et tagada kasutuskõlblikkus, loodussõbralikkus ning ohutus tervisele (*Ibid*). Juues meelepärast kuuma jooki, saab nautida Eesti kunsti ning samal ajal säästa ka loodust (*Ibid*).

Korduvkasutatava ja ühekordse tassi võrdluseks on tehtud erinevaid uuringuid (Potting ja Harst, 2015, Garrido ja Castillo, 2007). Potting ja Harst tegid 2015. aastal uuringu, kus võeti võrdlusesse 3 ühekordset tassi ning korduvkasutatav tass, mida pesti käsitsi või masinas, ning võrreldi neid nelja erineva kasutuselt kõrvaldamise meetodi alusel — põletamine, ümbertöötlemine, kompostimine ja anaeroobne lagundamine (Potting ja Harst, 2015). Uuringus kasutati olulusringi hindamist ning leiti, et ühekordse ja korduvkasutatava tassi tulemused kokkuvõttes väga palju teineteisest ei erinenud,

mistõttu antud uuringu alusel ei saa ühte või teist eelistada (*Ibid*). Uurimistöös toodi välja, et mõlemat topsi on võimalik korduvalt kasutada, kuid ühekordne tops ei pea rohkem kui paarile kasutuskorrale vastu (*Ibid*). Seega teatud eelis on siiski korduvkasutataval tassil (*Ibid*). 2007. aastal tehti sarnane uuring ning leiti, et korduvkasutatav tass omab väiksemat mõju (võrreldes ühekordse tassiga) keskkonnale alates kümnendast kasutuskorrast (Garrido ja Castillo, 2007).

Termostassidel on ka omad miinused (Naik, Lewis ja Allison, 2019). Üheks peamiseks negatiivseks pooleks on suur põletusohu (*Ibid*). Kvaliteetsed termostassid hoiavad joogi kuumana mitmeid tunde ning on suur oht joogi kuumust alahinnata ning end ära kõrvetada (*Ibid*). Inglismaal tehti uuring, kus võrreldi kahe erineva kohvi – tavaline must kohv ja latte – jahenemise aega (*Ibid*). Mõõdeti kui kaua kohv jahtub alla 43 °C, mida peetakse vigastuse tekkimise piirmääraks täiskasvanute puhul (*Ibid*). Katset tehti keraamilises tassis, ühekordses tassis kaanega ja kaaneta ning korduvkasutatavas tassis kaanega ja kaaneta (*Ibid*). Tulemused näitasid, et termostassis võtab jahenemine aega 82 min kaaneta ja 107 min kaanega musta kohvi puhul (*Ibid*). Latte jahtus vastavalt 76 ja 99 min (*Ibid*).

Olenemata soodustuse saamisest, ei ole kõik valmis üle minema korduvkasutatavale topsile (Jang, Kim ja Lee, 2015). 2016. aastal viidi Taiwanis läbi uuring, saamaks aimu, kas ja kui suur soodustus võiks innustada inimesi korduvkasutatavat topsi kasutama (Tseng, 2016). Uuringu käigus viidi tudengite seas läbi küsitlus, kus hüpoteetiliselt anti kohvijooji hinnalt 5% alla a) kohviku sünnipäeva puhul ja b) kui klient võtab oma kohvitopsi ise kaasa (*Ibid*). Uuringu tulemused näitasid, et tudengid olid potentsiaalsemad kliendid variandi „a” puhul (*Ibid*). Uuringus osalejad eeldasid oma topsi kaasa võtmisel suuremat soodustust, mistõttu tõi töö autor välja, et ettevõtted võiksid keskkonnasõbralikumal käitumise promomiseks kasutada vähemalt 20%-list soodustust (*Ibid*).

2019. aastal USA-s tehtud uuringust lähtub, et keskkonnasõbralikumal toote promomise puhul on oluline ka toote reklaam (Han, Baek, Yoon, Kim, 2019). Uuringus osalejatele näidati kahte erinevat korduvkasutatava topsi reklaami, millest ühel oli antropomorfne (inimesetaoline) pilt (*Ibid*). Katse tulemusena selgus, et uuringus osalejate jaoks oli inimest kujutav reklaampilt vähem ihaldusväärsem (*Ibid*). Samuti oli osalejate arvates konkreetsem ja faktide rohkem reklaamtekst parem (*Ibid*).

Erinevate faktorite mõju reklaamide puhul on uuritud mitmetes töödes (Baek ja Yoon, 2017; Han jt, 2019; Sandhu jt, 2019). 2017. aastal tehtud uuringu tulemusena leiti, et inimesed reageerivad keskkonnateemalistele reklaamidele rohkem, kui neis tekitatakse süütunnet või häbi (Baek ja Yoon, 2017). Kuna keskkonnaga seotud probleemid on aina

kasvamas, peavad tootjad ja erinevad organisatsioonid pöörama kõrgendatud tähelepanu erinevate reklaamide koostamisel ning tuleb ka leida kesktee efektiivsemaks suhtluseks tarbijatega (*Ibid*).

1.2.2 Biolagunevad topsid

Peamiselt toodetakse ühekordseid kohvitopse kas paberist või plastist, kuid turule on jõudnud ka biolagunevad paber- ja plastiktopsid (Sandhu jt, 2021). Kuigi biolagunevad tooted peaksid olema keskkonnasõbralikumad, siis mitte kahjuks igal juhul (*Ibid*). Harst ja Potting (2013) võtsid oma uurimuse aluseks kümme erinevat tööd, mis hindasid ühekordsete topside olelusringi (Harst ja Potting, 2013). Töodes hinnati plastist, bioplastist ning paberist valmistatud topse (*Ibid*). Uuringu käigus aga ei leitud materjali, mis oleks keskkonna mõistes kõige parem (*Ibid*).

Biolagunevate topside valmistamiseks kasutatakse eelkõige kolme erinevat tüüpi plasti, millest peamine on PLA ehk polüpiimhape (Compound Interest, 2019). Seda saadakse kääritatud maisi, manioki, suhkruroo või -peedi tärklisest (*Ibid*). Topsid tehakse paberist ning sisemus kaetakse PLA plastiga, et tagada topsi veekindlus (*Ibid*). Biopolümeeridest on PLA plast kõige laialdasema kasutusala, sellest tehakse pudeleid, toidukarpe, söögiriistaid, topse jpm (*Ibid*). 2018. aasta seisuga on bioplasti kasutus suurenenud, kuid protsentuaalselt on seda siiski väga vähe (*Ibid*). Kuigi bioplasti kasutamine on tavalise plastiga võrreldes jätkusuutlikum, hõlmab see endas siiski suurt maakasutust taimede kasvatamiseks ning on tavalisest plastist kallim (*Ibid*). Bioplasti on võimalik komposteerida, kuid täielikuks lagunemiseks on vaja luua kindlad tingimused (*Ibid*). Sellegipoolest laguneb see kiiremini kui tavaline plast ning bioplastist tulenevate emissioonide hulk on väiksem (*Ibid*).

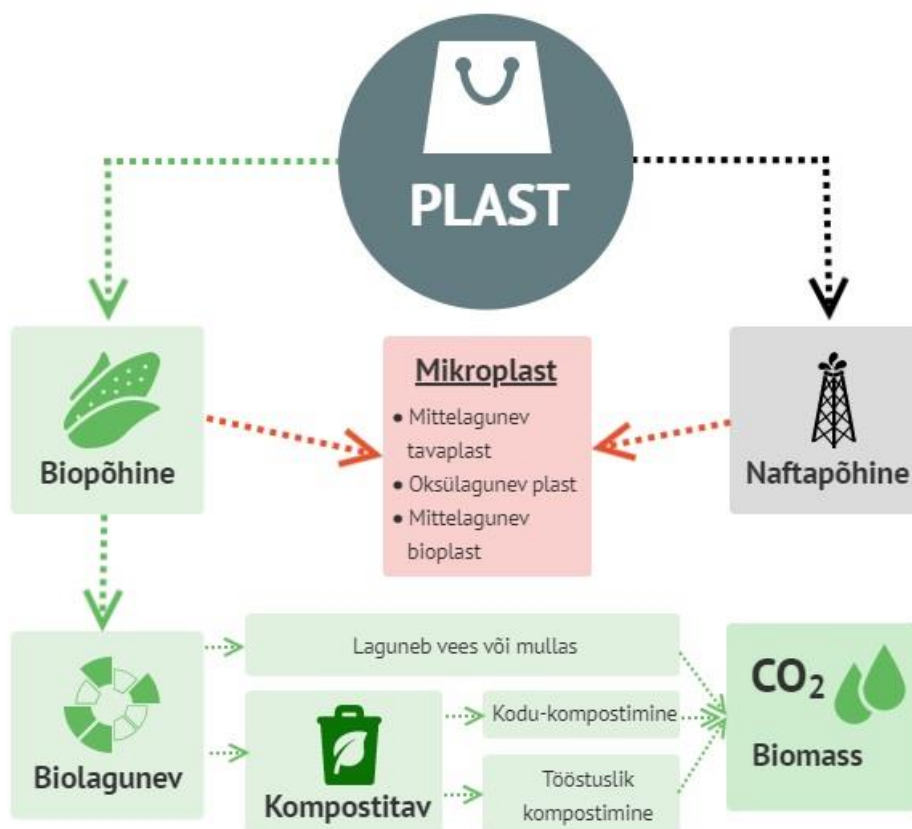
Austraalias tegutsev ettevõtte BioPak toodab erinevaid biolagunevaid tooteid salvrätikutest kaussideni (BioPak, 2020). Neilt on võimalik osta mitmeid erinevaid ühekordseid topse kuumade jookide jaoks, mis on toodetud bioplastist, suhkruroo viljalihast ning paberist ja puidust (*Ibid*). Kasutatav bioplast omab 75% väiksemat süsiniku jalajälge võrreldes tavalise plastiga ning pidevalt tehakse uurimistööd ja katsetusi uute jätkusuutlike materjalide leidmiseks (*Ibid*). 2019. aasta aruande järgi on biolagunevate toodetega suudetud hoiduda pea 9000 tonnist plastikust, üle 1500 tonni jäätmeid kompostitud ning samuti kaasa aidatud üle 5000 puu istutamise (Ibid).

Maisist pärinevast PLA plastist biolagunevate topside olelusringi hindamine on näidanud, et suurimat mõju avaldavad saagi korjamine ja PLA tootmine, sellegipoolest on mõju keskkonnale väiksem kui polüstüreenist topside tootmisel (Uihlein, Ehrenberger ja Schebek, 2008). Suure energiakasutuse tõttu võib biolagunevate topside tootmise mõju

minna suuremaks, kuid seda annab reguleerida tärglise tootmisprotsesside optimeerimisega (*Ibid*). Varasemas uuringus leiti, et PLA plasti sisaldava topsi tootmiseks kulub vähem energiat kui fossiilkütustest pärit plastist (Bohlmann, 2004). Samas tõstatati probleem kasvuhoonegaaside osas, kuna prügimäele jõudev biolagunev toode tekitab samal määral gaase kui tavaplastist toode (*Ibid*). Jätksuutlikkuse tagamiseks tuleks biolagunevad ja lagunematud tooted eraldada ja neid eraldi käidelda (*Ibid*).

Biolagunevate topside kasutamisega võib kaasneda rida erinevaid probleeme (Poortinga ja Whitaker, 2018). Suure tõenäosusega jõuaks kõikide topside hulgast kompostimisse ainult vähesed, kuna inimesed ei ole teadlikud, et millised topsid on kompostitavad ja millised mitte (*Ibid*). Samuti tekitavad probleeme biolagunevate jäätmete jaoks loodud prügikastid, täpsemalt nende vähene kogus erinevates asulates ja linnades (*Ibid*). Suureks probleemiks võib kujuneda ka suurem prügistamise maht, sest inimesed eeldavad, et topside olemuse tõttu pole need loodusele nii kahjulikud (*Ibid*). Probleemiks on kujunenud ka „biolagunevate“ topside tootmine, mis ei vasta oma olemusele ning mis tegelikult looduses täielikult ei lagune või mis vajavad täielikuks lagunemiseks spetsiifilisi tingimusi (Downes, Borg ja Florin, 2021). Austraalia võttis kasutusele plaani plastikuga seotud olukorra parandamiseks, mille tagajärjel tõrjutakse tootmisest välja ka needsamused mittelagunevad biolagunevad topsid (Commonwealth of Australia, 2021).

Probleemi võib endast kujutada ka kolme termini — biopõhine, biolagunev ja kompostitav — sünonüümideks pidamine, mille tagajärjel võib eelduslikult loodussäästlik valik seda tegelikult mitte olla (Kalle ja Kriipsalu, 2019). Biopõhine toode valmistatakse taastuvatest allikatest, kuid see ei pruugi olla biolagunev (Broeren, Kuling, Worrell, Shen, 2017). Seejuures on biolagunev toode biopõhine vaid siis, kui see laguneb peamiselt bakterite, seente, vetikate ja mullaelustiku mõjul (Raddadi ja Fava, 2019). Lagunemiseks peavad olema tagatud ka kindlad keskkonnatingimused (*Ibid*). Kompostitav toode on vastavalt märgistatud ning see peab täielikult muu kompostitava materjali hulgas ära lagunema kuue kuu jooksul (Kalle ja Kriipsalu, 2019). Ühekordsetes kohvitopsides kasutatavates nii nafta- kui ka biopõhistest plastidest eraldub mikroplaste, kuid biolagunev plast peaks täielikult lagunema vees või mullas (*Ibid*). Mikroplasti eraldudes biopõhisest materjalist muutub see biolagunevaks ning on võimeline lagunema kas vees või mullas ning seda on võimalik ka kompostida (*Ibid*). Olenemata materjali (kas biopõhine või -lagunev) lagunemise protsessist, on lagunemise saadusteks biomass ning CO₂ (vt Joonis 1.5 järgmisel leheküljel) (*Ibid*).



Joonis 1.5 Bio- ja naftapõhine plast (Kalle ja Kriipsalu, 2019)

1.2.3 Uudsed lahendused

Topside ja teiste ühekordsete nõude tootmiseks on võimalik kasutada põllumajandusjätmeid, tööstuse kõrvalsaadusi jmt tooteid, mis sisaldavad tselluloosi (Broeren, Kuling, Worrell ja Shen, 2017). Nendest on võimalik toota nii biolagunevaid kui ka paberist nõusid (*Ibid*). Peamiselt kasutatakse antud lahendust siiski pabernõude tootmiseks, kuna 50% biolagunevatest nõudest valmistatakse eelkõige tärklise põhjal (Buxoo ja Jeetah, 2020). Katsetusi biolagunevate toodete tootmiseks on tehtud näiteks suhkruppeediga, maisi ja riisiga, õuna viljalihaga jpm (*Ibid*). Siiski pole antud lahendused veel turule jõudnud erinevate põhjuste pärast – olgu selleks halb vastupidavus, pikk lagunemisperiood või kallis hind (*Ibid*). Buxoo ja Jeetah (2020) tegid katse, kus võtsid topside toormaterjaliks puuviljade koored ning kanepilehed (*Ibid*). Topsid kaeti seest mesilasvahaga, et vältida lekkimist (*Ibid*). Seda varianti saab kasutada aga vaid külmade jookide puhul, kuna mesilasvaha sulab 60–70 °C juures (*Ibid*).

Soome ettevõtte Kotkamills ja Colombier Barrier Coating on turule toonud ühekordsed kohvitopsid, mille sisemus on plastiku asemel kaetud hoopiski veepõhise materjaliga (Colombier, 2018). Selline lahendus teeb toote kergesti ümbertöödeldavaks ning ka komposteeritavaks kodustes tingimustes (*Ibid*). Toiduohutuse nõuete tõttu tuleb kohvitopsi tootmisel kasutada uut ümbertöötlemata puitu (Kotkamills, 2019). Ettevõtte

Kotkamillsi 2019. aasta jätkusuutlikkuse aruande kohaselt kasutatakse tootmises 93% Soomest pärit puitu, mis omakorda vähendab ka õhusaaste emissioone (*Ibid*). Kuna topsid on übertöödeldavad, siis on lihtne kasutatud topsidest teha tooteid, mille puhul pole toiduohutuse tõttu vaja uut puitu kasutada (Colombier, 2018; Kotkamills, 2019; Kotkamills, 2021).

Mis saab aga siis, kui soovid osta kohvikust kuuma või külma jooki kaasa, aga sul pole ei oma tassi kaasas ega soovi osta toodet ka ühekordses topsis? Sellise olukorra peale on mõelnud mitmed ettevõtted – Indoneesias asuv Revolv, Saksamaal ettevõtte RECUP ning Inglismaal ettevõtte CupClub (Lor, 2019; Recup, 2021; CupClub, 2021). Nende ettevõtete põhimõte on kõigil sama – tehakse koostööd erinevate toidu- või joogikohtadega, pakkudes ettevõtte topsiga kaasa ostes n-ö pandisüsteemi, kus jooki ostes teed sissemaksu ning hiljem topsi tagastades saad oma raha tagasi (*Ibid*). Selline süsteem aitab ära hoida liigse jäätmetekke ning on sealhulgas ka keskkonnasõbralik (*Ibid*).

2018. aastal võitis Keskkonnainvesteeringute Keskuse (KIK) ressursisäästu Negavati konkursi peauhinna meeskond Circup (Keskkonnatehnika, 2018). Ettevõtte arendab kiirpesumasinaid korduvkasutatavatele topsidele, mida saab paigaldada nii kohvikutesse, kontoritesse ja tanklatesse, samuti on neid võimalik kasutada ka vabaõhufestivalidel (Circup, 2021). Kiirpesujaamade kasutamisel kulub vähem topse, pesu aeg on fikseeritud ning jaam töötab ilma elektrita ning tarbib ka vähem vett (*Ibid*). Samuti on tegemist rohelist mõtteviisi omava ettevõttega, kes on loonud võrgustiku kohvikute ja tanklatega, kus saab oma topsiga jooki kaasa osta ning sellega ka ostu pealt soodustust teenida (*Ibid*).

1.3 Keskkonnatingimused ja nende roll lagunemisprotsessides

Orgaanilise aine lagunemine on peamine ökosüsteemi protsess, mis juhib süsiniku ja toitainete ringlust kõikides ökosüsteemides (Swift, Heal ja Anderson, 1979). Lagunemisprotsessi kiirusele avaldavad mõju varise kvaliteet (Cornwell jt, 2008), mulla omadused (Keeler, Hobbie ja Kellogg, 2009) ja makrokliima (Trofymow jt, 2002). Tähtis roll on niiskusesisaldusel, happesusparameetril ja temperatuuril ning hapniku sisaldusel (Adamcovj ja Vaverkovj, 2014; Moore, Trofymow, Prescott, Titus ja the CIDET Working Group, 2017). Ka materjali koostisel ning tihedusel on oluline mõju lagunemiskiirusele (Gilbert ja Ricci, 2015).

Mulla mikroobikoosluse aktiivsus mõjutab samuti lagunemiskiirust (Bokhorst ja Wardle, 2013). Mida aktiivsemad on mulla mikroorganismid ning mida suurem on mikroorganismide biomass, seda kiiremini toimub ka lagunemisprotsess (*Ibid*). Mulla elustiku aktiivsust aitab hoida ka sobiv pH vahemik – optimaalseimaks peetakse lagunemisprotsessi siis, kui happesusparameetri väärtus jääb 6,5–8 vahele (Wisconsin Department of Natural Resources, 2004). Mulla pH mõjutab kõiki mulla keemilisi, füüsikalisi ja bioloogilisi omadusi (Brady ja Weil, 2002). Mulla pH mõju spetsiifilistele mikroorganismidele, mulla mikroobide biomassile, mikroobide aktiivsusele ja mikroobide koosluse struktuurile on uuritud pikalt (Aciego Pietri ja Brookes, 2008). Wardle (1992) jõudis järeldusele, et mulla pH on mikroobse biomassi suuruse mõjutamisel tõenäoliselt vähemalt sama oluline kui mulla süsiniku ja lämmastiku kontsentratsioon (Wardle, 1992). Pinnase pH mõjutab ka orgaanilise süsiniku lahustuvust (Andersson jt, 2000) ning suurendab pH langusega bioloogiliselt toksilise alumiiniumi kättesaadavust (Flis jt, 1993). See omakorda mõjutab mikroobide koosluse struktuuri (Zelles, 1999, Marstorp jt, 2000) ja muutusi mikroobide aktiivsuses (Bååth ja Anderson, 2003).

Negatiivselt mõjutab mulla elustikku suur soolade sisaldus mullas, sest soolade mõjul viiakse vesi rakkudest välja (Rietz ja Haynes, 2003). Yan ja teised tõid välja, et mida kõrgem on mulla elektrijuhtivuse näit, seda madalam on mikroobikoosluse hingamisaktiivsus (Yan, Marschner, Cao, Zuo ja Quin, 2015). Ka mulla niiskusesisaldusel on elektrijuhtivusele mõju – näitaja on kõrgem niiskemate muldade puhul (Zaman, Shahid ja Heng, 2018). Pinnases sisalduva niiskuse mõju ja tähtsust lagunemisprotsessile mõistetakse hästi, kuid niiskuse ja mulla temperatuuri interaktiivne mõju on endiselt arutelu all (Lin, Zhang, Tang ja Zhang, 2011). Kui mullas on liigselt niiskust, võib see osutada mikroorganismide aktiivsust ja arvukust piiravaks teguriks peamiselt seetõttu, et väheneb vaba hapniku kättesaadavus.

Talvel, mil mulla niiskusesisaldus väheneb, on lagunemisprotsess väga aeglane või peatunud (Sierra jt, 2015), kõrgem temperatuur seevastu soodustab mikroobikoosluse aktiivsemat tegevust (Devi jt, 2015). Oluline roll on ka süsiniku-lämmastiku suhtel, sest mulla mikroorganismide süsinikuvajadus on orgaanilise aine mineraliseerumisprotsessil tähtsam kui lämmastiku tarve (Haynes, 1986; Prescott, 2010). Lämmastikku on tarvis valkude moodustamiseks, süsinikul seevastu on oluline roll energiaallikana (Coleman, Crossley ja Hendrix, 2004). Soodsaim süsiniku-lämmastiku suhe on 25–30:1 ning see varieerub olenevalt lagundatavast materjalist (Truong ja Marschner, 2018).

2. MATERJAL JA METOODIKA

Materjali ja metoodika peatükis antakse ülevaade lõputöö eesmärgi saavutamiseks läbiviidud katsest, selle materjalist, ettevalmistusest ning läbiviimisest. Samuti tuuakse välja katse ja laborianalüüside — mulla happelisuse, elektrijuhtivuse, mikroobse hingamisaktiivsuse, mikroobse biomassi ning kuivaine — metoodikad.

2.1 Katse materjal, ettevalmistus ja läbiviimine

Magistritöö eesmärgi täitmiseks viidi läbi katse looduskeskkonnas. Katse algmaterjal koosnes neljast erinevast kohvitopsist — kahe erineva tanklaketi (töös märgitud kui Tankla1 ja Tankla2) ning hulgimüügist ostetud kaks erinevat biolagunevat kohvitopsi. Katse läbiviimiseks lõigati igast topsist 54 umbes 2x2 cm tükki, seejärel õmmeldi tükid 100% polüesterkiust võrkriide sisse, kasutades sünteetilist niiti (vt Joonis 2.1).



Joonis 2.1 Magistritöö katse materjalid (Töö autori foto, 2020)

Ettevalmistatud tükid viidi looduses erinevate tingimustega kohtadesse — heinamaale (X: 6466773.79, Y:659306.33) männimetsa (X: 6454729.47, Y: 642639.05) ning lodusse (X: 6457939.84, Y: 641326.61) (vt Joonis 2.2 järgmisel leheküljel). Katsekohad valiti lähtuvalt eelnevalt läbiviidud lagunemiskatse uuringust, kus vaadeldi samade looduslike tingimustega kohti (Aas, 2020). Samuti eeldati, et tegemist võib olla

kohtadega, kuhu potentsiaalselt võiksid kohvitopsid loodusesse sattuda. Katse sai alguse 2020. aasta juunis ning lõppes 2021. aasta aprillis. Seejuures võeti proovitükke ülesse juulis, augustis, septembris, oktoobris, novembris ja märtsis. Katse alguses (juuni 2020) ja lõpus (märts 2021) võeti igast proovikohast mullaproovid. Katse viidi läbi kasutades lagunemiskotikeste meetodit (Prescott, 2005; Bocock ja Gilbert, 1957). Katsetulemuste hindamiseks tehti Riigi Ilmateenistusele, mida haldab Keskkonnaagentuur, päring sademete ja temperatuuri andmete saamiseks Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamast.



Joonis 2.2 Katsekohtade paiknemine üksteise suhtes (Alus: Maa-amet, 2021)

Igasse katsekohta paigutati proovitükid võimalikult sarnaselt. Katseribade pikkus oli 106 cm ning laius 4 cm, seejuures asetati ribad teineteisest ca 30 cm kaugusele (vt Joonis 2.3 järgmisel leheküljel). Katsealade transektide suurus oli ligikaudu 0,76 m². Täpsemad katsekohtade pildid on leitavad lisades.



Joonis 2.3 Lodusse asetatud proovitükid (Töö autori foto, 2020)

2.2 Katse kirjeldus

Lagunemiskotikeste meetodi kasutamiseks tehti ettevalmistused enne katse mahapanekut (vt ptk 2.1). Võrkmaterjali (võrgu silma suurus 1 mm²) sisse õmmeldud kohvitopside tükid viidi loodusesse nelja ribana, kus igast kohvitopsist oli pandud 18 tükki. Igakuisel ülesvõtmisel lõigati igast ribast kolm tükki. Lagunemiskotikeste kokkupanekul valiti tihe võrkriie tagamaks, et proovitükkidele saaksid ligi vaid väiksemad lagundajad ning mikroorganismid.

Katse tulemuste hindamiseks kasutati ka massikao meetodit. Topsidest lõigatud tükid kaaluti enne katse mahapanekut ning pärast loodusest ülesvõtmist ja nende kuivatamist (vt Joonis 2.4 järgmisel leheküljel). Proovitükid kuivatati Memmert 100-800 kuivatuskapis, kaalumiseks kasutati Precisa XT 120A kaalu (mõõtemääramatusega 0,0003–0,0004 g). Massikao meetodi eelduseks seati, et mida aktiivsemad on mulla

mikroorganismid, seda kiiremini toimub kohvitopside massikadu ehk seda kiiremini katsetükid lagunevad.



Joonis 2.4 Esimesed ülesvõetud katsetükid (Töö autori foto, 2020)

2.2.1 Laborianalüüside metoodika

Proovialalt võeti mullapuuriga (2 cm) koondproov, mis pakendati, seejärel markeeriti ja viidi Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži laborisse. Laboris säilitati mullaproove 4 °C juures külmkapis. Enne proovi analüüsimist hoiti proove toasoojas, sõeluti 2 mm sõelaga ning igast proovist kaaluti 100 g kahes paralleelis.

Mulla pH näitab mulla happelisust. Mulla happelisus määrab ära ka mullas paiknevad taime- ja loomaliigid (Pansu ja Gautheyrou, 2006). Mullaproovide happelisuse mõõtmiseks kaaluti igasse kolbi 10 g sõelatud mulda ning lisati 50 ml destilleeritud vett. Pärast mulla ja vee segu loksutamist kaeti kolb fooliumiga ning jäeti ööpäevaks toatemperatuurile seisma. Tulemused mõõdeti järgmisel päeval, kasutades multimeetrit WTW Multi 340i ja elektroodi SenTix 41.

Lahustunud soolade sisaldust mullas hinnati mulla elektrijuhtivuse abil (Rhoades, 1993). Eeldati, et mida rohkem on mullas lahustuvaid soolasid, seda rohkem võiks olla

mineraalaineid, taime toitaineid ning mikroobe. Mulla elektrijuhtivuse määramiseks kasutati proove, millest mõõdeti ka mulla happelisust. Elektrijuhtivuse määramiseks kasutati multimeetrit WTW Multi 340i ja elektroodi TetraCon 325.

Mikroorganismide elutegevuse aktiivsust iseloomustab BA ehk basaalne hingamisaktiivsus ehk mulla mikroobne hingamisaktiivsus. Mulla mikroobse hingamisaktiivsuse mõõtmiseks võeti 100 g sõelatud mullaproovi, millele lisati ca 0,5 tl natroonlubja (CaO/NaOH) pelleteid. Natroonlubi on adsorbent, mis seob endasse hingamisel eralduva süsihappegaasi (CO₂) (Keskkonnateabe Keskus, 2013). Elutegevuse aktiivsuse hindamiseks mõõdeti mullaproovi rõhu mõõtmise seadmega suletud proovianumas. Proove inkubeeriti pimedas RUMED 4101 kliimakambris 25 °C juures 96 tundi. Kliimakamber hoiab õhuniiskust vahemikus 20–95% (täpsusega ±2–3%) ning õhutemperatuuri vahemikus 0–60 °C (täpsusega ±0,5 °C). Rõhulanguse alusel saab arvutada mulla basaalse hingamisaktiivsuse. (ISO Standard 16072, 2011) Mikroobse hingamisaktiivsuse määramiseks kasutati rõhu mõõtmise seadet WTW OxiTop-C. Seadme mõõtepea salvestab näidu iga 16 minuti tagant 4 päeva järjest, misjärel loetakse tulemused arvutisse. Mulla mikroobset hingamisaktiivsust väljendatakse ühikutes mg-O₂ g-KA⁻¹h⁻¹ ning see arvutatakse vastavalt valemile (ISO Standard 16072, 2011):

$$Hingamine(O_2) = \frac{M(O_2)}{R \cdot T} * \frac{V(fg)}{m(KA)} * \frac{\Delta p}{t}, \quad (2.1)$$

kus M(O₂) – hapniku molaarmass 32 000 mg/mol,

R – universaalne gaasikonstant 83,14 hPa L mol⁻¹ K⁻¹,

T – mõõtmistemperatuur 298,15 K,

Δp – mõõdetud rõhumuutus (hPa),

t – mõõtmise aeg,

V(fg) – vaba gaasi ruumala (l), mis arvutatakse valemist:

$$V(fg) = V(tot) - V(topsik) - V(adsorbent) - V(muld), \quad (2.2)$$

kus V(tot) – klaaspurgi koguruumala (l),

V(topsik) – adsorbendi anuma ruumala (l),

V(adsorbent) – topsikusse lisatud adsorbendi ruumala (l),

V(muld) – mullaproovi ruumala.

m(KA) – mulla kuivaine mass (g), mis arvutatakse valemist:

$$m(KA) = m(\text{märgmuld}) * \frac{KA\%}{100\%}, \quad (2.3)$$

kus $m(\text{märgmuld})$ – mõõtmiseks kaalutud mulla mass (100 g).

KA – mulla kuivaine sisaldus (%), mis arvutatakse valemist (ISO Standard 11272, 2017):

$$Kuivaine = \frac{\text{kuivatatud proovi mass (g)}}{\text{proovi algmass (g)}} * 100. \quad (2.4)$$

Mikroobide hulka mullas ehk mikroobset biomassi saab hinnata substraadi poolt indutseeritud hingamisaktiivsuse ehk SIR-i kaudu. Mullaproovile lisatakse lihtsasti lagundatavat ainet glükoosi, mida mikroobikooslus tarbima hakkab. Glükoosi lisamisega mikroobikooslus aktiveeritakse, mis läbi aktiveerub ka hingamine. Proovi kohal olevas õhus mõõdetakse muutusi rõhu mõõtmise seadmega WTW OxiTop-C (Xylem Analytics, Weilheim, Saksamaa). Mulla mikroobse biomassi mõõtmiseks võeti 100 g sõelatud mullaproovi, millele lisati ca 0,05 g glükoosi ning ca 0,5 tl natroonlubja (CaO/NaOH) pelleteid. Proove inkubeeriti pimedas RUMED 4101 kliimakambris 22 °C juures 24 tundi. Kliimakamber hoiab õhuniiskust vahemikus 20–95% (täpsusega ±2–3%) ning õhutemperatuuri vahemikus 0–60 °C (täpsusega ±0,5 °C). Rõhulanguse alusel saab arvutada mulla hingamisaktiivsuse ja selle kaudu mikroobse biomassi süsiniku hulga. (ISO Standard 14240-1, 2011) Substraadi poolt indutseeritud hingamisaktiivsuse määramiseks kasutati rõhu mõõtmise seadet WTW OxiTop-C (Xylem Analytics, Weilheim, Saksamaa), millega toimub mõõtmine automaatselt. Seadme mõõtepea salvestab näidu iga nelja minuti tagant ning ööpäeva möödudes saab tulemused arvutisse lugeda. Mulla mikroobne biomass arvutatakse seosest (ISO Standard 14240-1, 2011):

$$mg - O_2 g - KA^{-1}h^{-1} = 28 mg - C_{\text{mikroobne}}g^{-1}. \quad (2.5)$$

Mullaproovide kuivaine (KA) sisalduse määramiseks kuivatati proovi 105 °C juures 24h. Mullaproovi kaal kaaluti enne ja pärast kuivatamist ning kuivaine sisaldus leiti vastavalt valemile 2.4.

Andmete töötlemiseks kasutati Microsoft Exceli (2016) programmi.

Statistiline andmeanalüüs

Eelneva analüüsi arvandmed vastasid normaaljaotuse tingimustele, mistõttu valiti statistilise andmeanalüüsi läbiviimiseks lineaarne korrelatsioonianalüüs (Pearsoni analüüs) ning statistiline test (t-Test).

Lineaarne korrelatsioonianalüüs iseloomustab kahe erineva näitaja omavahelise seose tugevust (Reimann, Filzmoser, Hron, Kynclová ja Garrett, 2017). Korrelatsioonianalüüsis hinnati kohvitopside proovitükkide lagunemise seost viie eelpool toodud näitajaga – pH, elektrijuhtivus, BA, SIR ning kuivaine, seejuures iga näitaja tulemusega nii katse alguses kui lõpus kõikide katsekohtade peale kokku. Korrelatsioonianalüüsi puhul võrreldi näitajate seoseid korrelatsioonikordaja (edaspidi kordaja) r põhjal, mis saadi arvutuslikul teel. Seonduvalt valimist ning kordaja kriitilistest väärtustest oli usaldusnivoo 0,05 (ehk 5%) juures andmete kriitiline väärtus 0,532 (Kaart 2013). Seejuures hinnati näitajate seost järgnevalt (Kaart, 2018):

- kui kordaja väärtus on väiksem või võrdne 0,3ga, siis esineb näitajate vahel nõrk seos;
- kui kordaja väärtus jääb 0,3 ja 0,7 vahele, siis näitajate vahel esineb keskmise tugevusega seos;
- kui kordaja väärtus on suurem kui või võrdne 0,7ga, siis näitajate vahel esineb tugev seos;
- kui kordaja väärtus on suurem nullist, siis ühe näitaja suurenedes suureneb keskmiselt ka teine näitaja (kasvav seos);
- kui kordaja väärtus on väiksem nullist, siis ühe näitaja suurenedes teine näitaja kahaneb ning vastupidi (kahanev seos);
- kui kordaja väärtus on võrdne nulliga, siis näitajad on teineteisest sõltumatud;
- kui kordaja väärtus on võrdne ühega, siis näitajate vahel esineb täpne lineaarne seos.

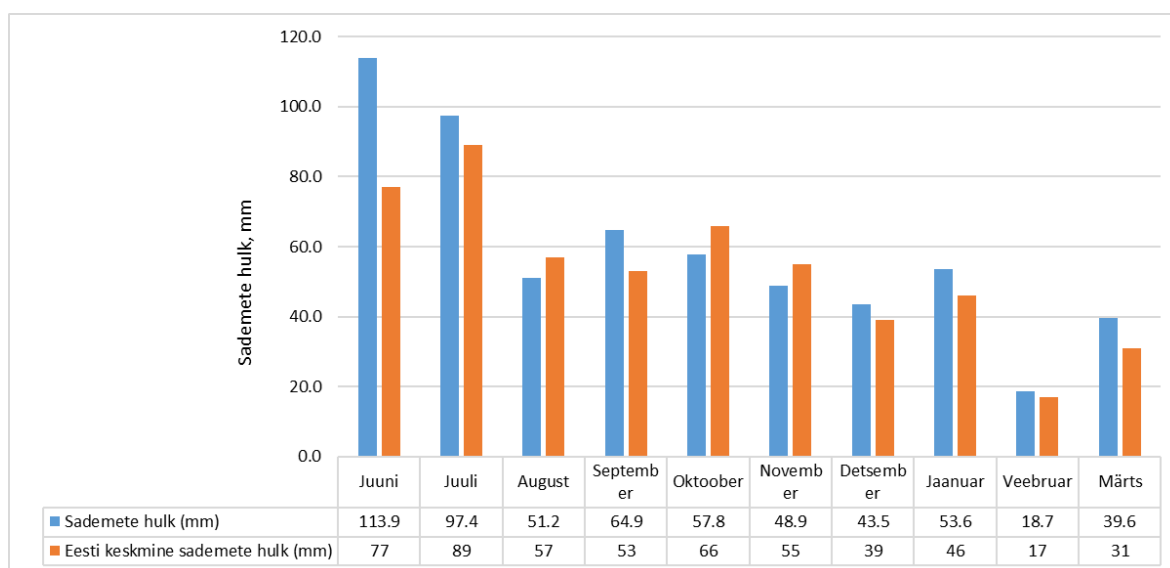
Statistilise testi tulemusena leitakse statistiline erinevuste olulisus ehk kui tõenäoline oleks saadud tulemus seletatav juhuslikkusega. Testi puhul võetakse usaldusnivooks automaatselt 0,05 (ehk 5%) ning tulemused, mille eksimistõenäosus on alla usaldusnivoo, loetakse statistiliselt oluliseks, kuid oluline on märkida, et see ei väljenda seoste tugevust. Tulemuste juhuslikkust saab määrata ka valimi põhjal arvutatud statistiku ning selle kriitilise väärtuse erinevuse põhjal. (Tammaru, 2018; Niglas, kuupäev puudub)

Andmeanalüüsi koostamiseks kasutati Microsoft Exceli (2016) programmi.

3. TULEMUSED

3.1 Sademed ja õhutemperatuur

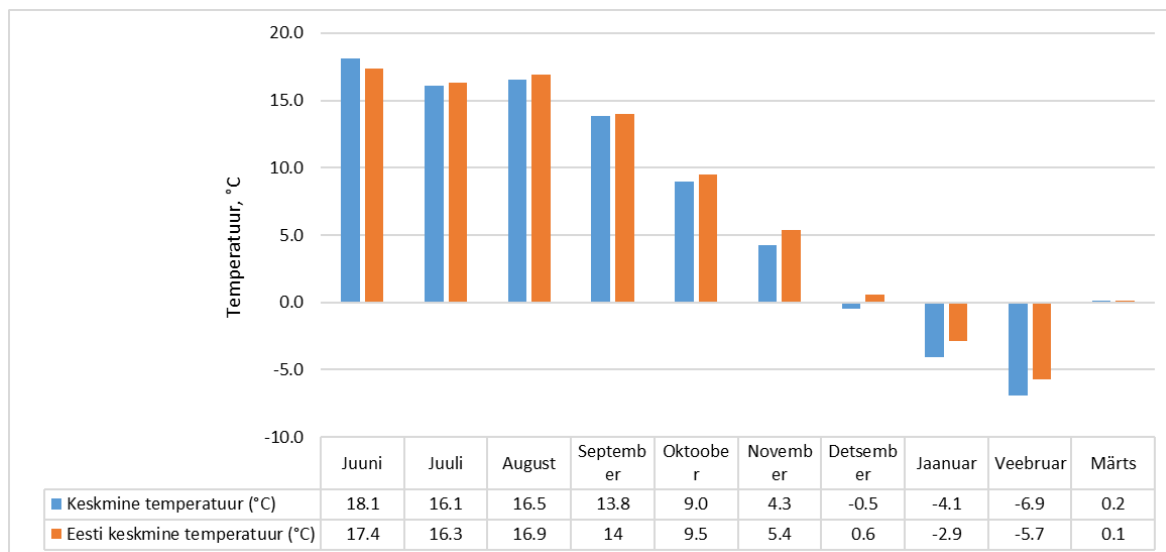
Sademe ja temperatuuri andmed saadi päringuna Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama kohta, kuna katsekohtade suhtes oli see lähim riiklikult seiratav jaam. Katseperioodi vältel oli katsekohtades võrreldes Eesti keskmise sademete hulgaga sajurohkemad kuud juuni, juuli, september, detsember, jaanuar, veebruar ning märts (vt Joonis 3.1). Seejuures sadas katsekohtades alla 589,5 mm sademeid ning Eesti keskmine sel perioodil oli kokku 530 mm. Võrreldes aasta varasemase (juuni 2019 – märts 2020) Eesti keskmise sademete hulgaga, olid sajurohkemad kuud juuni, juuli, august ning jaanuar. Seejuures sadas siis alla keskmiselt 637 mm sademeid. (Keskkonnaagentuur: Tartu-Tõravere meteoroloogiajaam, 2021; Keskkonnaagentuur: Riigi Ilmateenistus, 2021)



Joonis 3.1 Tartu-Tõravere sademete hulk (mm) kuude kaupa võrdluses Eesti keskmise sademete hulgaga (mm) katseperioodil (Keskkonnaagentuur: Tartu-Tõravere meteoroloogiajaam, 2021; Keskkonnaagentuur: Riigi Ilmateenistus, 2021)

Katseperioodil oli õhutemperatuur madalaim veebruaris 2021 (-6,9 °C) ning kõrgeim juunis 2020 (18,1 °C). Võrreldes Eesti keskmise õhutemperatuuriga samal perioodil, esines suurim vahe jaanuaris ja veebruaris 2021, mil katsekohtade õhutemperatuur oli Eesti keskmisest 1,2 kraadi võrra madalam. Sellegipoolest oli temperatuur Eesti keskmisega küllaltki samal tasemel ning võrreldes sademetega, puudusid drastilised erinevused (vt Joonis 3.2 järgmisel leheküljel). Võrreldes aasta varasemase (juuni 2019 – märts 2020) Eesti keskmise õhutemperatuuriga, esinesid suurimad erinevused jaanuaris ning veebruaris, kus erinevused olid vastavalt 7,2 °C ja 8,6 °C.

(Keskkonnaagentuur: Tartu-Tõravere meteoroloogiajaam, 2021; Keskkonnaagentuur: Riigi Ilmateenistus, 2021)

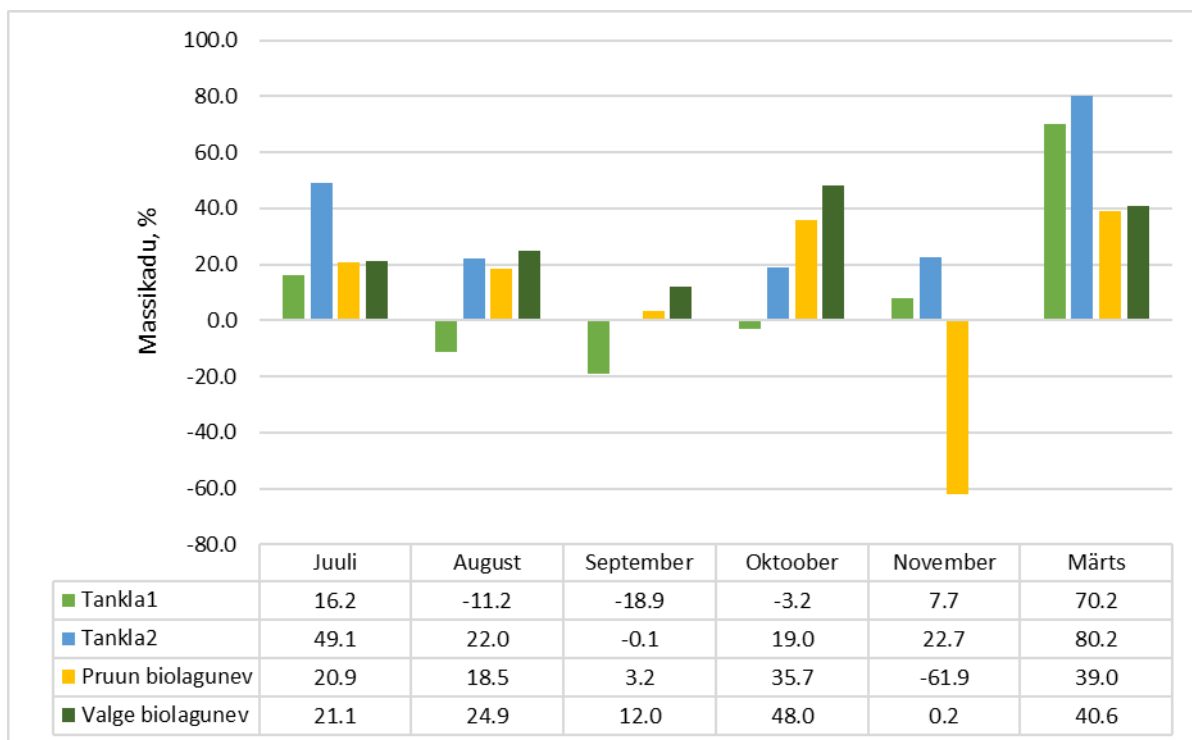


Joonis 3.2 Keskmine õhutemperatuur (°C) katseperioodil võrdluses Eesti keskmisega (Keskkonnaagentuur: Tartu-Tõravere meteoroloogiajaam, 2021; Keskkonnaagentuur: Riigi Ilmateenistus, 2021)

3.2 Massikadu

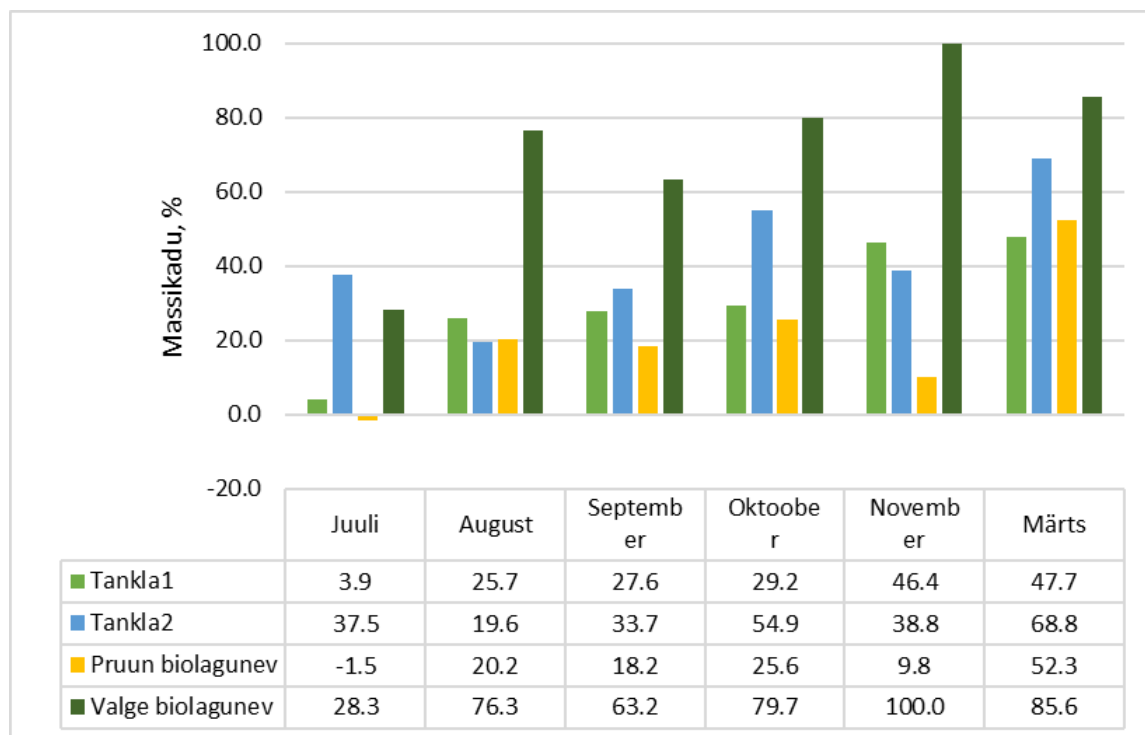
Suurim algaal ühekordsete kohvitopside proovitükkidest oli Tankla2-I (0,313 g) ning väikseim kaal pruunil biolaguneval topsil (0,135 g). Tankla1 kohvitopsi proovitükk kaalus keskmiselt 0,211 g ning valge biolaguneva oma 0,158 g.

Lodusse asetatud proovitükkidest oli katse lõpuks suurima massikaoga Tankla2 ühekordne kohvitops. Biolagunevatest topsidest kaotas pruun tops 39% ning valge tops 40,6% oma massist. Samuti toimus valgel biolaguneva kohvitopsi proovitükkidel kogu katse jooksul suurem massikadu võrreldes pruuni biolaguneva topsiga. Esimesel ülesvõtul oli võrreldes teiste topsidega ülekaalukalt rohkem vähenenud Tankla2 topsi proovitükkide mass, võrreldes teise tanklaketi — Tankla1 — kohvitopsiga, oli Tankla2 topsi üleüldine massikadu ka suurem. Katse lõpuks polnud lodusse asetatud tükkidest ükski täielikult ära lagunenud (vt Joonis 3.3 järgmisel leheküljel). Pärast proovitükkide ülesvõtmist ja nende kaalumist selgus, et augustikuus tõusis Tankla2 topsi proovitükkide kaal 11,2%, septembris 18,9% ning oktoobris 3,2% algsest kaalust. Tankla2 topsi proovitükkide kaal tõusis septembrikuus 0,1% ning novembrikuus tõusis pruunil biolaguneval 61,9% (joonisel esitatud negatiivse väärtusena). Negatiivsed tulemused on selgitatavad lisandunud biomassiga.



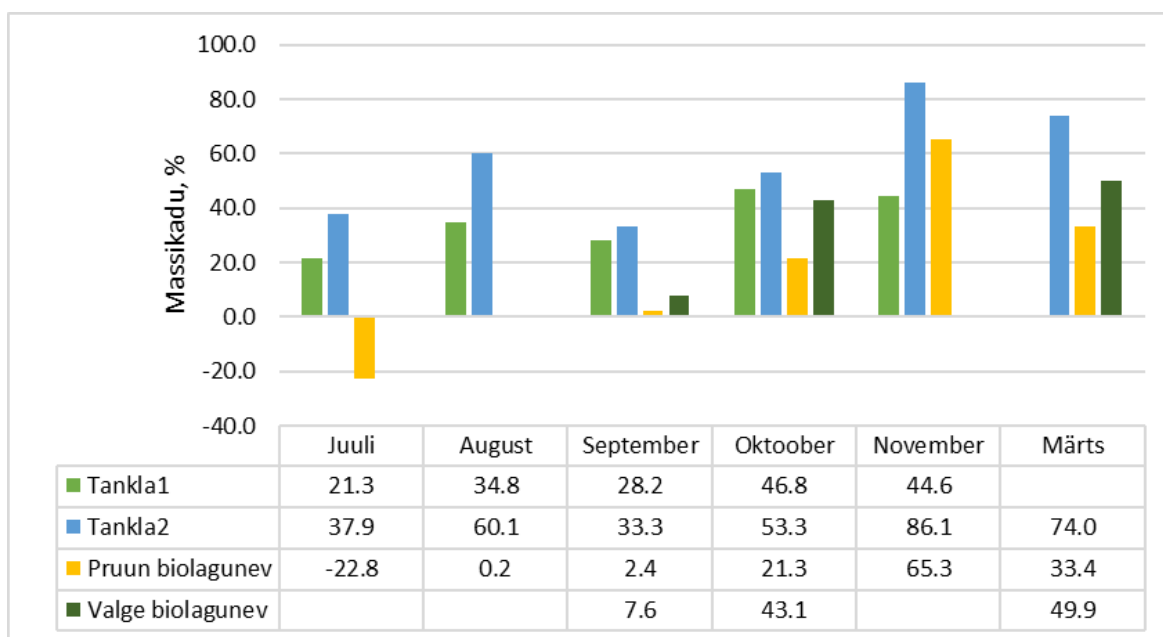
Joonis 3.3 Lodusse asetatud proovitükkide massikadu (%) kuude kaupa

Männimetsa asetatud proovitükkidest oli novembrikuuks täielikult lagunenu valge biolagunev kohvitops, mis kogu katse vältel ka teistega võrreldes rohkem massi kaotas. Männimets oli ka ainus koht, kus mõni proovitükk täielikult ära lagunes. Tanklakettide kohvitopsidest oli Tankla2 ühekordse kohvitopsi proovitükkidel suurem massikadu kui Tankla1 topsil (vt Joonis 3.4 järgmisel leheküljel). Proovitükkide kaal tõusis ainsana pruunil biolaguneval topsil juulikuus 1,5% võrra algsest kaalust.



Joonis 3.4 Männimetsa asetatud proovitükkide massikadu (%) kuude kaupa

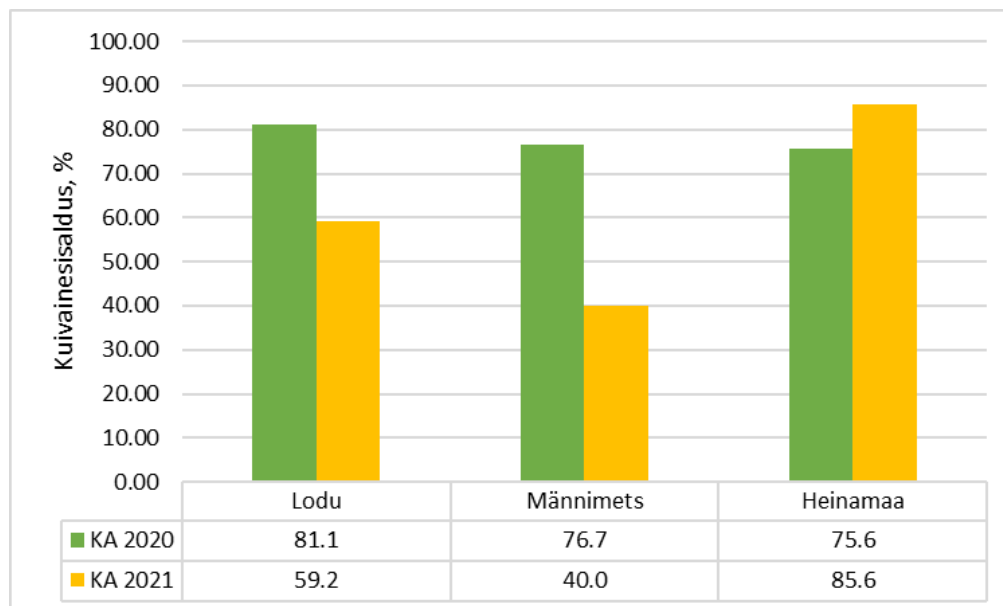
Heinamaale asetatud proovitükkidest oli kogu katse vältel suurima massikaoga Tankla2 kohvitops. Biolagunevatest oli suurema massikaoga pruuni topsi proovitükid. Proovitükkide kaal tõusis ainsana pruunil biolaguneval topsil juulikuus 22,8% võrra. Ükski proovitükk polnud katse lõpu seisuga heinamaal täielikult ära lagunenud (vt Joonis 3.5). Juuli-, augusti-, novembri- ja märtsikuu andmed on kohati puudulikud, kuna tükke ei leitud ülesse. See võib ka tähendada, et osad tükid lagunesid täielikult ära, kuid 100% kindlusega seda väita ei saa.



Joonis 3.5 Heinamaale asetatud proovitükkide massikadu (%) kuude kaupa

3.3 Mullaproovide kuivainesisaldus

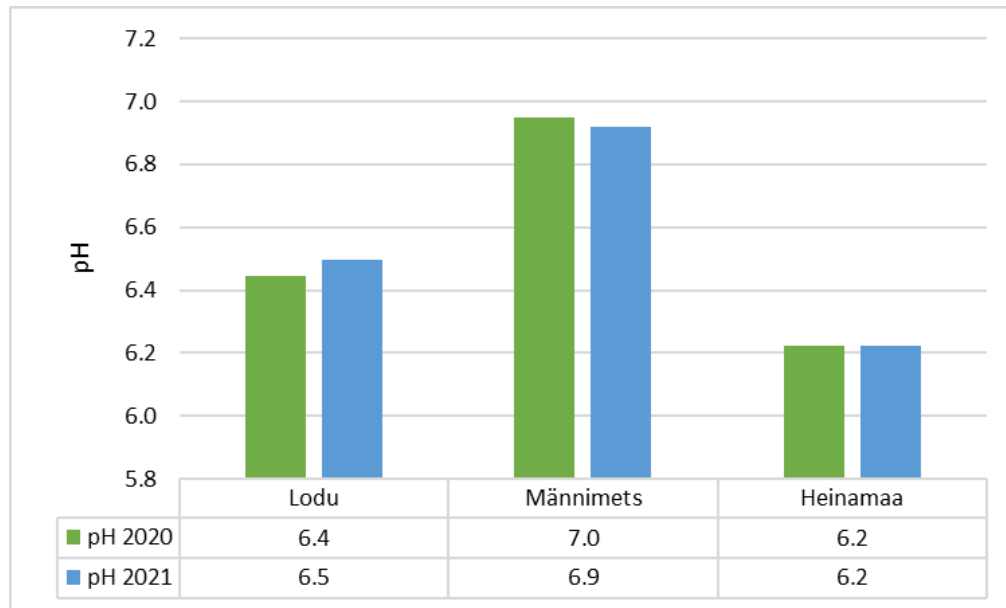
Katsealade mullaproovide kuivaine osakaal oli suurim katse lõpus (märts 2021) heinamaal (85,6%) ning väikseim katse lõpus männimetsas (40,0%). Männimetsa mullaproovis oli kuivainesisaldus katse alguse ja lõpu vahel suurim – 36,7%. Väikseim vahe esines heinamaa mullaproovides – 10,0% (vt Joonis 3.6).



Joonis 3.6 Katsealade mullaproovide kuivaine sisaldus (%) katse alguses (juuni 2020) ning lõpus (märts 2021)

3.4 Mullaproovide happelisus

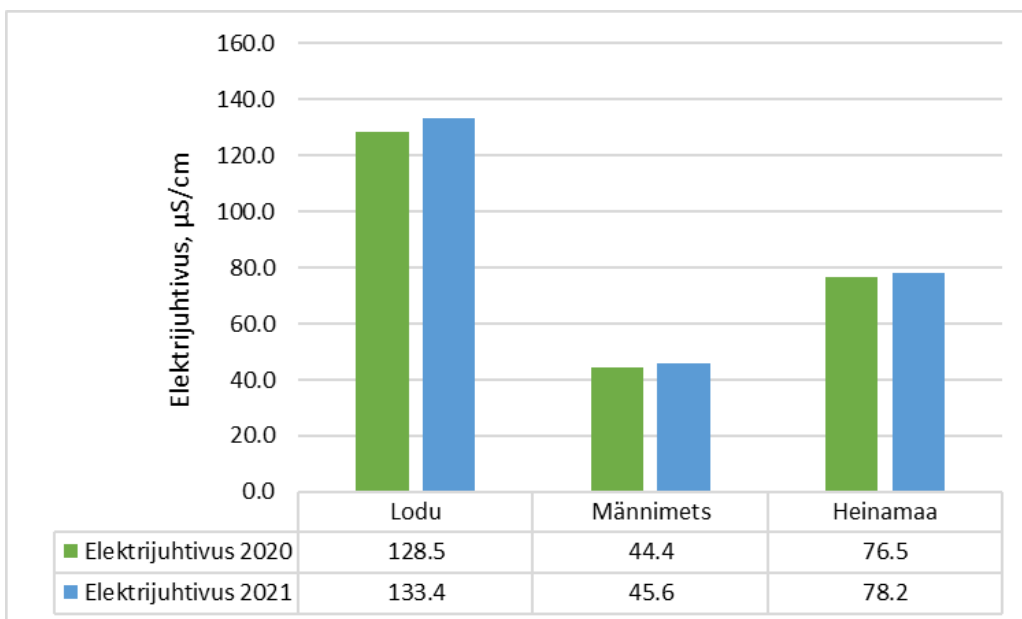
Katsealade mullaproovide suurim happelisuse näitaja (pH) oli männimetsas (7) katse alguses ning väikseim heinamaal (6,2) nii katse alguses kui lõpus. Mullaproovide happelisus jäi siiski kõikides kohtades 6 ja 7 vahele, olles nõrgalt happeline heinamaa ja lodu puhul ning neutraalne (või lähenemas) männimetsa puhul (vt Joonis 3.7 järgmisel leheküljel). Katsekohtade keskmised pH tasemed olid lodus $6,5 \pm 0,02$, männimetsas $6,9 \pm 0,01$ ning heinamaal $6,2 \pm 0,01$.



Joonis 3.7 Katsealade mullaproovide happelisuse näitajad (pH) katse alguses (juuni 2020) ja lõpus (märts 2021)

3.5 Mullaproovide elektrijuhtivus

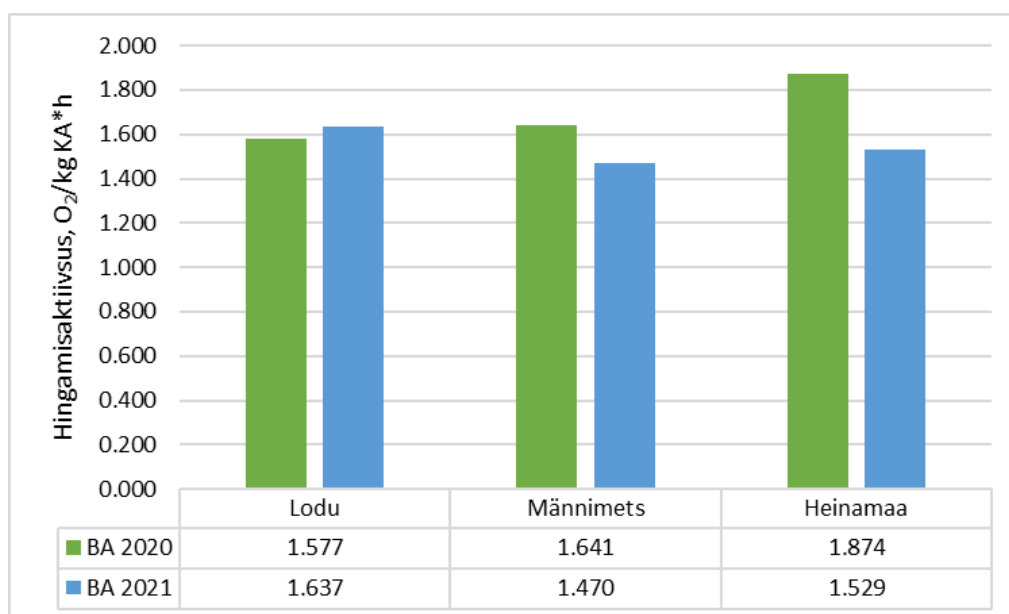
Katsealade mullaproovide elektrijuhtivuse näitajad olid vahemikus 44,4–133,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Katsekohtadest oli suurima elektrijuhtivusega muld lodus, olles nii katse alguses (juuni 2020) kui ka katse lõpus (märts 2021) männimetsa ja heinamaaga võrreldes oluliselt suurem (vt Joonis 3.8 järgmisel leheküljel). Keskmiselt oli katsekohtade mullaproovide elektrijuhtivus järgnev: lodus $130,9 \pm 1,49 \mu\text{S}/\text{cm}$, männimetsas $45 \pm 0,93 \mu\text{S}/\text{cm}$ ning heinamaal $77,4 \pm 1,2 \mu\text{S}/\text{cm}$. Eelduseks seati, et mida rohkem on mullas lahustuvaid soolasid, seda rohkem võiks olla mineraalaineid, taime toitaineid ning mikroobe. Tulemustest saab järeldada, et enim mineraalaineid, taime toitaineid ja mikroobe esines lodu mullaproovides ning vähim männimetsa proovides.



Joonis 3.8 Katsealade mullaproovide elektrijuhtivuse näitajad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) katse alguses (juuni 2020) ja lõpus (märts 2021)

3.6 Mulla mikroobne hingamisaktiivsus

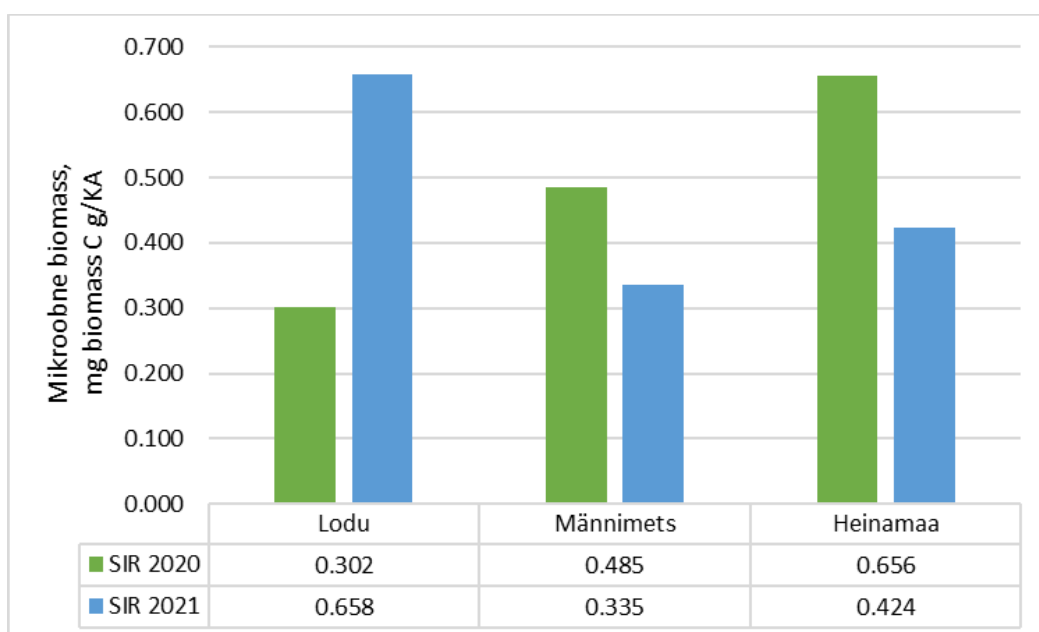
Katsealade mullaproovide mikroobse hingamisaktiivsuse näitajad, mis määrati BA meetodil, olid vahemikus 1,47–1,874 $\text{O}_2/\text{kg KA}^*\text{h}$. Suurim mikroobse hingamisaktiivsuse näitaja oli katse alguses (juuni 2020) heinamaal ning väikseim katse lõpus (märts 2021) männimetsas (vt Joonis 3.9). Seejuures ei esinenud näitajates nii suuri erinevusi nagu mikroobse biomassi puhul. Katsekohtades olid keskmised mullaproovide hingamisaktiivsuse näitajad lodus $1,607 \pm 0,02 \text{ O}_2/\text{kg KA}^*\text{h}$, männimetsas $1,555 \pm 0,05 \text{ O}_2/\text{kg KA}^*\text{h}$ ja heinamaal $1,702 \pm 0,1 \text{ O}_2/\text{kg KA}^*\text{h}$.



Joonis 3.9 Katsealade mullaproovide mikroobse hingamisaktiivsuse (BA) näitajad ($\text{O}_2/\text{kg KA}^*\text{h}$) katse alguses (juuni 2020) ja lõpus (märts 2021)

3.7 Mulla mikroobne biomass

Katsealade mullaproovide mikroobse biomassi näitajad olid vahemikus 0,302–0,658 mg biomass C g/KA. Mullaproovide mikroobse biomassi kogus erines katse alguse (juuni 2020) ja katse lõpu (märts 2021) vahel kõige rohkem lodus, kus katse alguses oli mikroobse biomassi hulk natukene üle kahe korra väiksem katse lõpu mullaproovist (vt Joonis 3.10). Keskmiselt olid katsekohtade mullaproovide mikroobse biomassi näitajad lodus $0,48 \pm 0,1$ mg biomass C g/KA, männimetsas $0,41 \pm 0,04$ mg biomass C g/KA ning heinamaal $0,54 \pm 0,07$ mg biomass C g/KA.

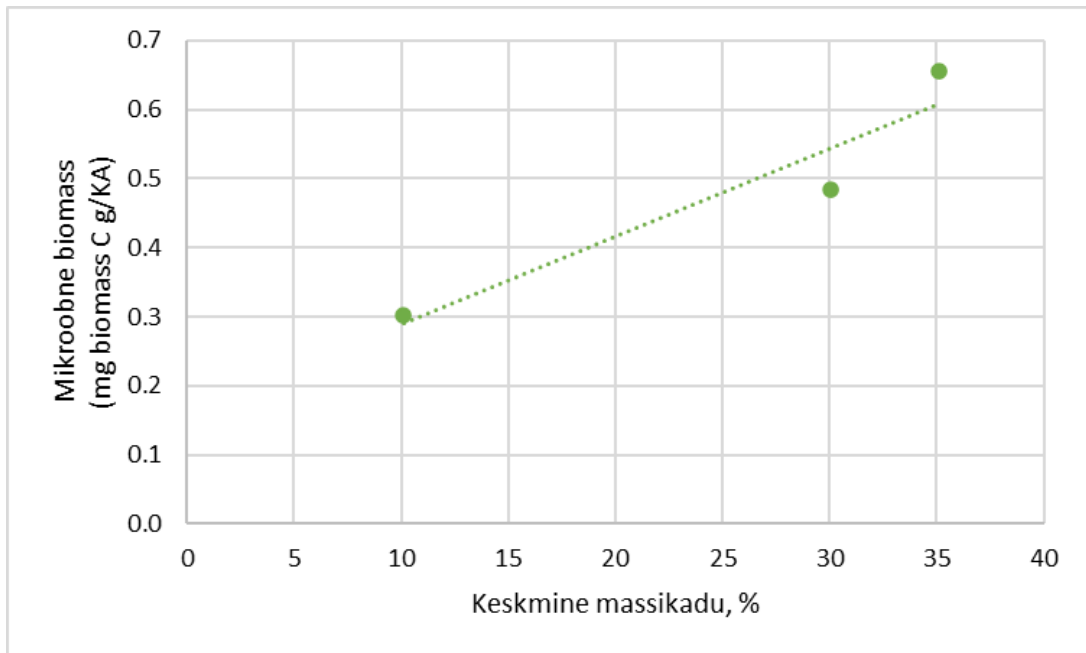


Joonis 3.10 Katsealade mullaproovide mikroobse biomassi (SIR) näitajad (mg biomass C g/KA) katse alguses (juuni 2020) ja lõpus (märts 2021)

3.8 Statistiline andmeanalüüs

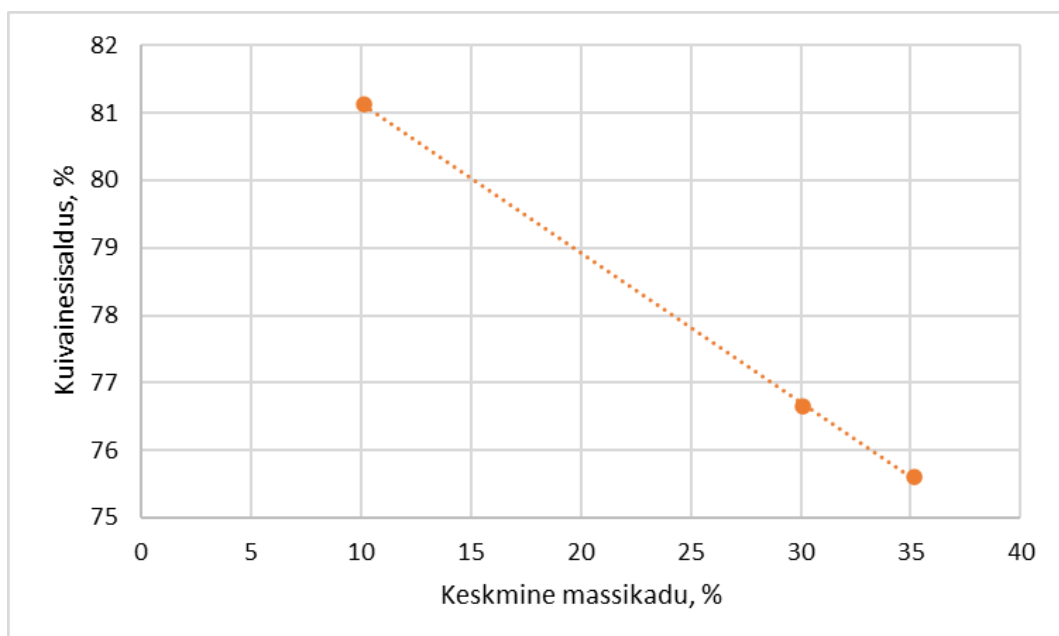
3.8.1 Korrelatsioonianalüüs

Korrelatsioonianalüüsi tulemustest selgus, et Tankla1 kohvitopsi proovitükkide massikaol esines tugev kasvav seos ($r=0,796$) katse alguses mõõdetud mikroobse hingamisaktiivsuse väärtustega, kuid veel tugevam seos ($r=0,952$) sama aja mikroobse biomassi väärtustega (vt Joonis 3.11 järgmisel leheküljel).



Joonis 3.11 Tugev kasvav seos Tankla1 kohvitopsi proovitükkide massikao ning katse alguse mikroobse biomassi vahel

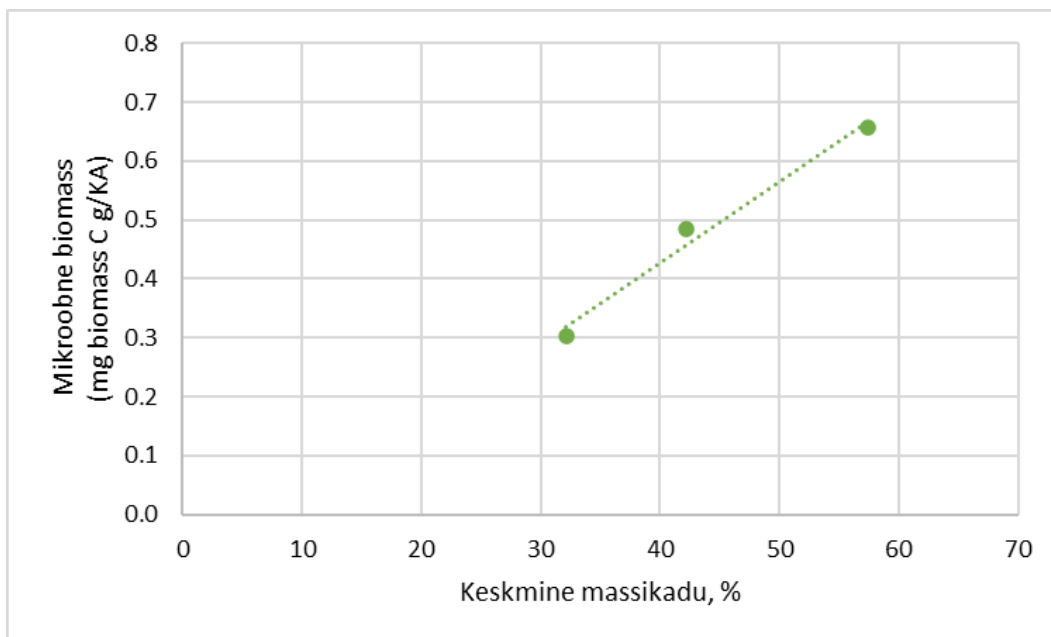
Tugevaim kahanev seos ($r=-0,999$) esines Tankla1 kohvitopsi proovitükkide massikaol katse alguses mõõdetud kuivainesisaldusega (vt Joonis 3.12). Seejuures olid tugevad kahanevad seosed veel mikroobse biomassiga katse lõpus ($r=-0,895$), mikroobse hingamisaktiivsusega katse lõpus ($r=-0,851$) ning elektrijuhtivusega nii katse alguses ($r=-0,836$) kui ka lõpus ($r=-0,842$).



Joonis 3.12 Tugev kahanev seos Tankla1 kohvitopsi proovitükkide massikao ning katse alguses mõõdetud kuivainesisalduse vahel

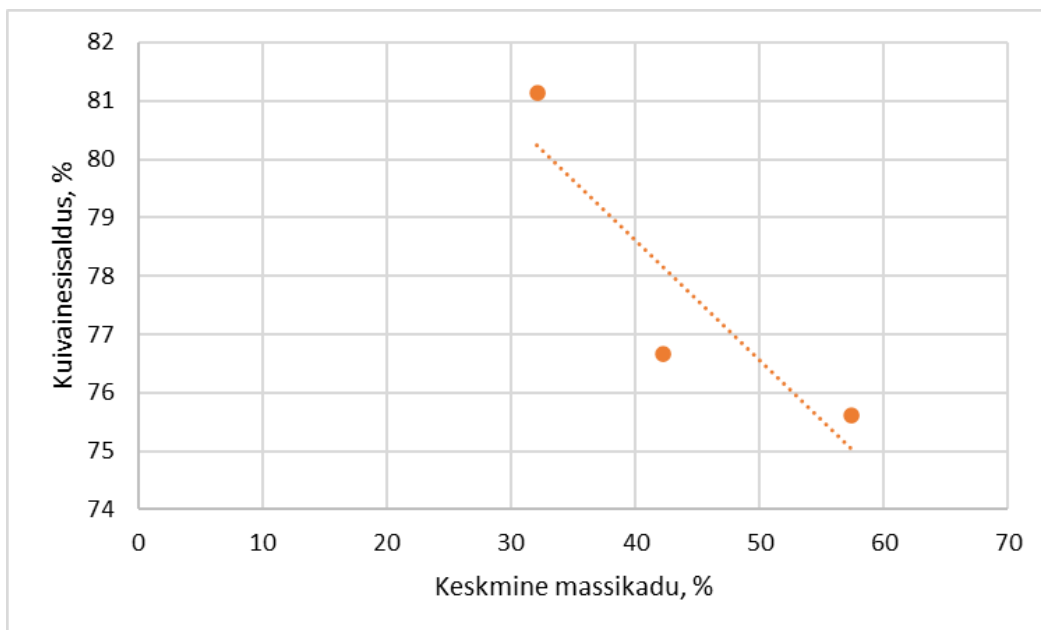
Tankla2 kohvitopsi proovitükkide massikaol esines tugevaim kasvav seos katse alguses mõõdetud mikroobse biomassiga ($r=0,991$) (vt Joonis 3.13 järgmisel leheküljel). Nõrgem seos esines katse alguses mõõdetud mikroobse hingamisaktiivsusega

($r=0,980$). Keskmise tugevusega kasvav seos esines katse lõpus mõõdetud kuivainesisaldusega ($r=0,667$).



Joonis 3.13 Tugev kasvav seos Tankla2 kohvitopsi proovitükkide massikao ning katse alguses mõõdetud mikroobse biomassi vahel

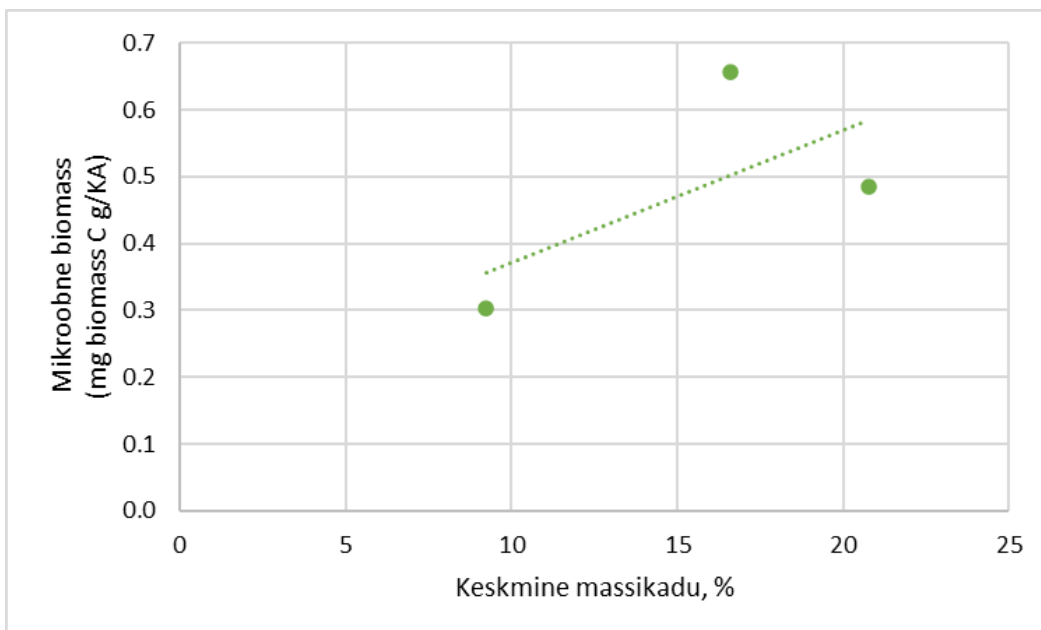
Tugevaim kahanev seos ($r=-0,895$) esines Tankla2 kohvitopside proovitükkide massikaol katse alguses mõõdetud kuivainesisaldusega (vt Joonis 3.14). Keskmise tugevusega kahanevad seosed esinesid mikroobse biomassiga ($r=-0,614$) ning mikroobse hingamisaktiivsusega ($r=-0,541$) katse lõpus.



Joonis 3.14 Tugev kahanev seos Tankla2 kohvitopsi proovitükkide massikaol ning katse alguses mõõdetud kuivainesisalduse vahel

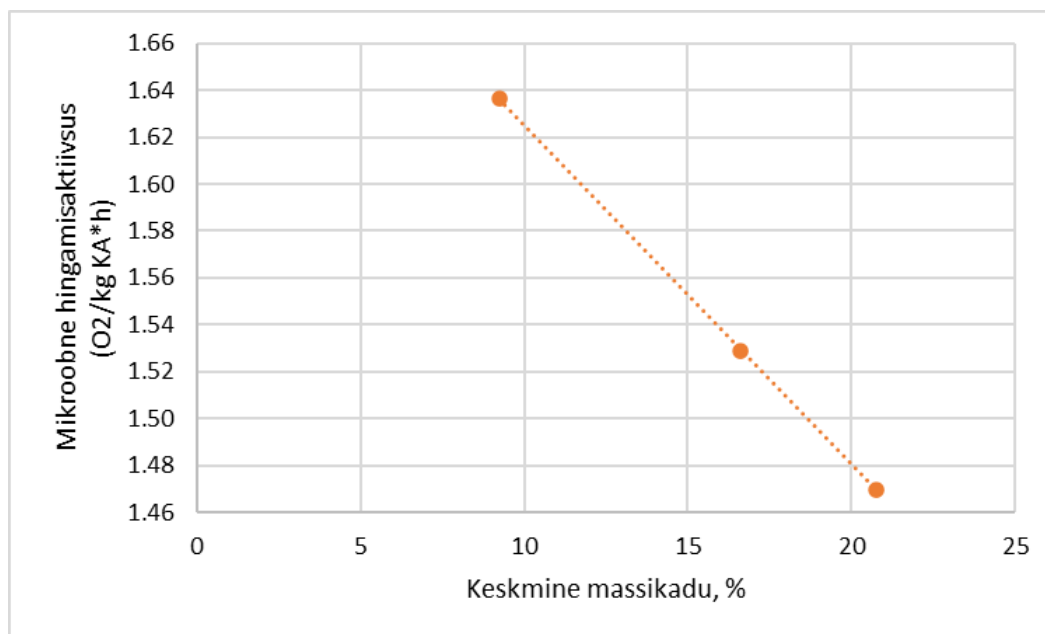
Pruuni biolaguneva kohvitopsi proovitükkide massikaol esines suurim, kuid keskmise tugevusega kasvav seos katse alguses mõõdetud mikroobse biomassiga ($r=0,647$) (vt

Joonis 3.15). Keskmise tugevusega kasvav seos esines veel ka katse alguses mõõdetud mulla happelisusega ($r=0,553$).



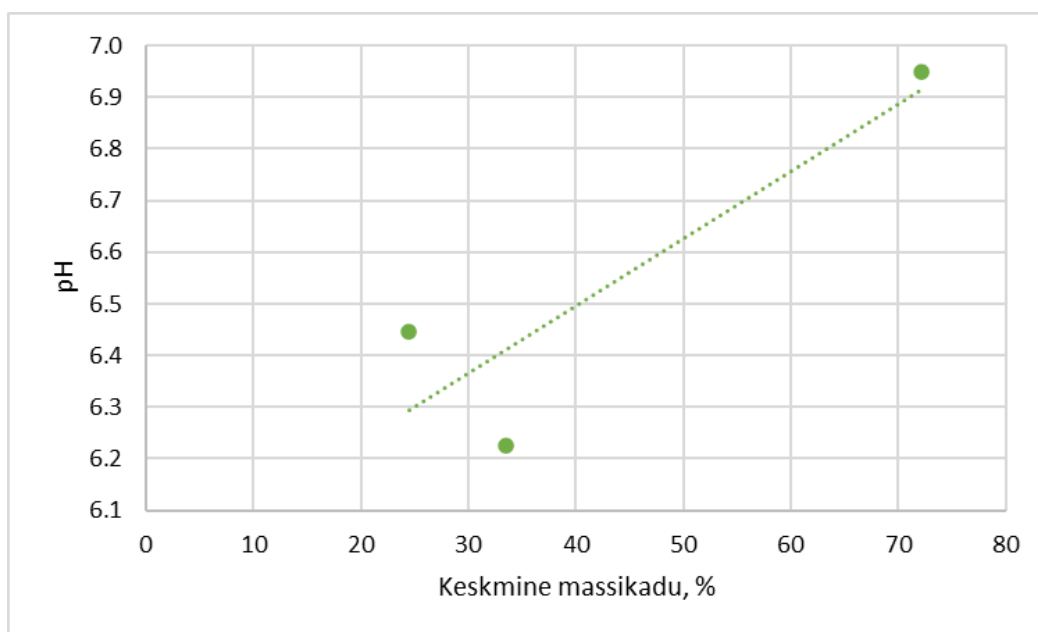
Joonis 3.15 Keskmise tugevusega kasvav seos pruuni biolaguneva kohvitopsi proovitükkide massikao ning katse alguses mõõdetud mikroobse biomassi vahel

Tugevaim ning ka täpne lineaarne kahanev seos ($r=-1$) esines pruuni biolaguneva kohvitopsi proovitükkide massikaol katse lõpus mõõdetud mikroobse hingamisaktiivsusega (vt Joonis 3.16). Tugevad kahanevad seosed esinesid veel ka elektrijuhtivusega nii katse alguses ($r=-0,999$) kui ka katse lõpus ($r=-0,999$), mikroobse biomassiga katse lõpus ($r=-0,997$) ning kuivainesisaldusega katse alguses ($r=-0,857$).



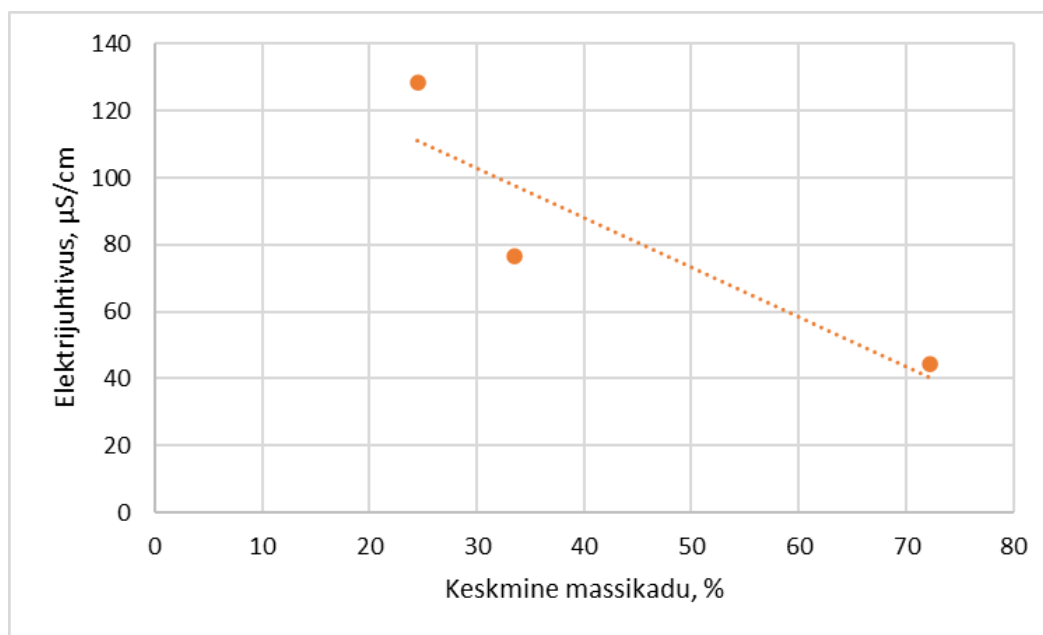
Joonis 3.16 Täpne lineaarne kahanev seos pruuni biolaguneva kohvitopsi proovitükkide massikao ning mikroobse hingamisaktiivsuse vahel

Valge biolaguneva kohvitopsi proovitükkide massikaol esines tugevaim kasvav seos ($r=0,887$) katse alguses mõõdetud mulla happelisusega (vt Joonis 3.17). Tugev kasvav seos ($r=0,839$) esines veel ka katse lõpus mõõdetud mulla happelisusega.



Joonis 3.17 Tugev kasvav seos valge biolaguneva kohvitopsi proovitükkide massikao ning katse alguses mõõdetud mulla happelisuse vahel

Tugevaim kahanev seos ($r=-0,887$) esines valge biolaguneva kohvitopsi proovitükkide massikaol katse alguses mõõdetud elektrijuhtivusega (vt Joonis 3.18). Tugevad kahanevad seosed esinesid veel ka katse lõpus mõõdetud elektrijuhtivusega ($r=-0,882$), mikroobse hingamisaktiivsusega ($r=-0,873$), mikroobse biomassiga ($r=-0,826$) ning kuivainesisaldusega ($r=-0,701$).



Joonis 3.18 Tugev kahanev seos valge biolaguneva kohvitopsi proovitükkide massikao ning katse alguses mõõdetud elektrijuhtivuse vahel

Mullaparametrite vahel esines nii tugevaid kui ka nõrku seoseid. Tugevaim ning seejuures täpne lineaarne kasvav seos ($r=1$) esines katse lõpus mõõdetud mikroobse hingamisaktiivsuse ning nii katse alguses kui ka lõpus mõõdetud elektrijuhtivuse näitajate vahel. Seoseid aga ei leitud:

- pH ja mikroobse biomassi näitajate vahel;
- katse alguses mõõdetud kuivainesisalduse ja pH näitajate vahel;
- katse lõpus mõõdetud kuivainesisalduse ja elektrijuhtivuse näitajate vahel;
- katse alguses mõõdetud mikroobse hingamisaktiivsuse ja elektrijuhtivuse näitajate vahel;
- katse alguses mõõdetud mikroobse hingamisaktiivsuse ning katse lõpus mõõdetud mikroobse biomassi näitajate vahel;
- katse lõpus mõõdetud mikroobse hingamisaktiivsuse ja sama aja kuivainesisalduse näitajate vahel;
- katse lõpus mõõdetud mikroobse biomassi ja sama aja kuivainesisalduse näitajate vahel.

Seoseid analüüsi ka kohvitopside proovitükkide massikao ning katseperioodi keskmise sademete hulga vahel ning massikao ja keskmise temperatuuri vahel. Korrelatsioonianalüüsi tulemusena aga seoseid sademetega ei leitud ning seosed temperatuuriga olid niivõrd väikesed (minimaalselt $r=1,7^{-16}$), mistõttu neid tulemusi töös välja ei toodud.

3.8.2 Statistiline test

Statistilise testi tulemusena selgus, et mulla kuivainesisalduse väärtused iga katsekoha võrdluses olid seletatavad juhuslikkusega. Seejuures oli lodu ja metsa võrdluses võimalik saadud tulemused saada juhuslikult 63,5%, metsa ja heinamaa võrdluses 44,9% ning lodu ja heinamaa võrdluses 54,6% tõenäosusega.

Mulla happelisuse väärtused lodu ja metsa ning metsa ja heinamaa võrdluses olid statistiliselt usaldusväärsed, kuid lodu ja heinamaa võrdluses seletatavad juhuslikkusega. Seejuures oli lodu ja metsa võrdluses võimalik saadud tulemused saada juhuslikult 0,4%, metsa ja heinamaa võrdluses 1,3% ning lodu ja heinamaa võrdluses 6,5% tõenäosusega.

Mulla elektrijuhtivuse väärtused olid iga katsekoha võrdluses statistiliselt usaldusväärsed. Seejuures oli lodu ja metsa võrdluses võimalik saadud tulemused saada juhuslikult 1,8%, metsa ja heinamaa võrdluses 0,1% ning lodu ja heinamaa võrdluses 2,8% tõenäosusega.

Mikroobse hingamisaktiivsuse väärtused olid seletatavad juhuslikkusega iga katsekoha võrdluses. Seejuures oli lodu ja metsa võrdluses võimalik saadud tulemused saada juhuslikult 66,9%, metsa ja heinamaa võrdluses 58,6% ning lodu ja heinamaa võrdluses 68,4% tõenäosusega.

Mikroobse biomassi väärtused olid samuti seletatavad juhuslikkusega iga katsekoha võrdluses. Seejuures oli lodu ja metsa võrdluses võimalik saadud tulemused saada juhuslikult 77,9%, metsa ja heinamaa võrdluses 44,6% ning lodu ja heinamaa võrdluses 80,4% tõenäosusega.

4. ARUTELU

Lagunemise protsesse on hakatud põhjalikumalt uurima alates 1960ndatest, kui alustati uuringuid lagunemiskotikeste meetodit kasutades ning nüüdseks on teada, et lühiajaliste katsetega on võimalik iseloomustada lagunemise esimeste faaside massikadu (Moore, Trofymow, Prescott, Titus ja the CIDET Working Group, 2017; Prescott, 2010).

Andmete üldistamisel tekkiv vea suurus sõltub valimi suurusel, mistõttu võivad väikeste valimite korral osutada suuremad erinevused ja seosed statistiliselt mitteolulisteks. See aga ei tähenda, et järeldus „erinevus või seos puudub“ on tõene, vaid saadud tulemuste põhjal pole võimalik üldistusi teha. (Niglas, kuupäev puudub) Töö katse valim oli väike, mistõttu ei saa saadud tulemustest 100% kindlaid järeldusi välja tuua — vajalik oleks olnud viia töö läbi suurema arvu erinevate tootjate katsetopsidega ning pikema ajaperioodi jooksul (mitu aastat).

Lõputöö katse tulemustena selgus, et valitud katsekohtadest — lodu, männimets ja heinamaa — esines kohvitopside proovitükkidel suurim massikadu just männimetsas. Männimetsas oli mulla mikroobikooslus kõige aktiivsem ning määratud väikseim elektrijuhtivuse näitaja katsekohtade lõikes lubab oletada, et just see on mikroobide aktiivsuse põhjuseks. On teada, et mida kõrgem on mullas soolade sisaldus, seda ebasoodsamalt mõjutab see mikroobikooslust (Yan, Marschner, Cao, Zuo ja Quin, 2015). Ka mulla niiskusesisaldus ning pH olid mikroobikoosluse jaoks sobival tasemel (Adamcovj ja Vaverkovj, 2014). Seejuures korrelatsioonianalüüs näitas, et massikadu mõjutasid kasvava seosega enim mikroobne biomass ning pH ehk massi vähenedes väheneb ka mikroobne biomass ning mulla pH. Kõige suurem oli mikroobne biomass männimetsas ning mikroobide arvukusel on oluline mõju lagunemisprotsessi kiirusele (Bokhorst ja Wardle, 2013). Metsas leidis ka piisavalt kvaliteetset varist, millel on samuti lagunemisprotsessile oluliselt kiirendav mõju (Cornwell jt, 2008).

Männimetsas oli nii katse alguses kui ka lõpus madalaim elektrijuhtivuse näitaja, mis omakorda mõjutab ka mikroorganismide aktiivsust (Yan, Marschner, Cao, Zuo ja Quin, 2015). Seda väidet kinnitab ka korrelatsioonianalüüs, kus elektrijuhtivuse (katse alguses ja lõpus) ja mikroobse hingamisaktiivsuse vahel esines täpne lineaarne seos ($r=1$). Katse lõpus mõõdetud mikroobse biomassiga esinesid tugevad kasvavad seosed nii katse alguses ($r=0,993$) kui ka katse lõpus ($r=0,994$) mõõdetud elektrijuhtivusega. Statistilise testi tulemusena olid elektrijuhtivuse andmed ka statistiliselt usaldusväärsed.

Omavahel sõltuv, kuid kahanev seos esines kohvitopside proovitükkide massikaol eelkõige mulla kuivainesisaldusega, mikroobse hingamisaktiivsusega ning elektrijuhtivusega. Mulla omadustel on oluline mõju lagunemisprotsessile ja ka mikroobikooslusele (Keeler, Hobbie ja Kellogg, 2009). Eelpool toodud kahanev seos näitab, et proovitükkide massi vähenedes mulla kuivainesisaldus, mikroobne hingamisaktiivsus ning elektrijuhtivus kasvavad. Täpne lineaarne kahanev seos esines pruuni biolaguneva kohvitopsi proovitükkide massikao ning katse lõpus mõõdetud mikroobse hingamisaktiivsuse vahel, mis näitab, et proovitükkide lagunemisel mikroobse hingamisaktiivsuse näitaja suureneb.

Lodu katsekohas oli proovitükkide massikadu kõige väiksem, seejuures oli seal keskmine elektrijuhtivuse näitaja oluliselt suurem võrreldes männimetsa ja heinamaaga. Korrelatsioonianalüüsi tulemusena selgunud täpne lineaarne kasvav seos elektrijuhtivuse ja mikroobse hingamisaktiivsuse vahel näitas, et elektrijuhtivuse väärtuse kasvades kasvavad ka mikroobse hingamisaktiivsuse näitajad. Yan, Marschner jt (2015) leidsid, et mida kõrgem on mulla elektrijuhtivuse näit, seda madalam on mulla mikroobne hingamisaktiivsus. Sellegipoolest jõudsid Rietz ja Haynes (2003) oma uurimustöös käesoleva magistritöoga samale tulemusele – antud näitajate vahel puudus negatiivne korrelatsioon.

Tankla2 proovitükkide suurim massikadu esines heinamaal. Gilbert ja Ricci (2015) töid välja, et materjali tihedusel on samuti oluline mõju lagunemiskiirusele. Tankla2 proovitükid olid katsetes olnud proovitükkidest kõige hõredama materjaliga, mis võib seletada suurt massikadu. Tugevaim seos oli Tankla2 kohvitopsi proovitükkidel katse alguses mõõdetud mikroobse biomassi näitajaga, kuid statistilise testi tulemusena on see seletatav juhuslikkusega. Tankla1 kohvitopsi proovitükkide suurim massikadu esines männimetsas ning tugevaim seos esines katse alguses mõõdetud kuivainesisaldusega, kuid antud tulemus on samuti seletatav juhuslikkusega. Pruuni biolaguneva kohvitopsi proovitükkide suurim massikadu esines samuti männimetsas ning tugevaim seos esines katse lõpus mõõdetud mikroobse hingamisaktiivsuse näitajaga, kuid tulemus on seletatav juhuslikkusega. Valge biolaguneva kohvitopsi proovitükkide suurim massikadu esines männimetsas ning tugevaim seos esines katse alguses mõõdetud mulla happelisusega, mis on statistiliselt usaldusväärne tulemus.

Kohvitopside vahelises võrdluses tuli huvitava tulemusena välja see, et erinevalt tanklakettide kohvitopsidest, mõjutasid biolagunevate kohvitopside proovitükkide lagunemist enim mulla happelisus (keskmine või tugev kasvav seos). Lagunemisprotsessil on optimaalne pH väärtus 6,5–8 vahel (Naturally Occurring Biodegradation..., 2004) ning nii lodus kui ka heinamaal oli happesusparameetri väärtus optimaalses vahemikus. Wardle tõi välja oma uurimuses, et mikroobse biomassi suuruse

mõjutamisel on happesusparameetril sama oluline roll kui mulla C/N kontsentratsioonil (Wardle, 1992). Aciego Pietri ja Brookes leidsid oma uurimisel, et pH avaldab olulist mõju ka mullaorganismide hingamisaktiivsusele (Aciego Pietri ja Brookes, 2008). Biolagunevate topside proovitükkide keskmine massikadu oli suurim männimetsas, kus mulla pH oli neutraalses vahemikus. Statistilisest testist tuli ka välja, et männimetsa happesusparameetri andmed olid statistiliselt usaldusväärsed. Sellest võib ka järeldada, et eeldatavasti lagunevad biolagunevad kohvitopsid kõige paremini neutraalses mullas.

Tanklakettide kohvitopside proovitükkide massikao peamisteks mõjutajateks olid mikroobne hingamisaktiivsus ja mikroobne biomass (tugev kasvav ning keskmise tugevusega ja tugev kahanev seos). Proovitükkide keskmine massikadu oli suurim heinamaal, seejuures olid mikroobse biomassi ja hingamisaktiivsuse näitajad katse alguses heinamaal ka kõrgeimad. Statistilise testi tulemusel selgus, et mikroobse hingamisaktiivsuse ja biomassi väärtused on seletatavad juhuslikkusega, mistõttu ei saa siit ka kindlat järeldust tuua.

Lagunemisprotsessi mõjutavad ka temperatuur ja mulla niiskussisaldus (sh sademed) (Adamcovj ja Vaverkovj, 2014). Korrelatsioonianalüüsi tulemusena seost massikao ning temperatuuri ja sademetega aga ei leitud. Mulla kuivainesisaldusel (niiskussisalduse vastandväärtusel) katse alguses oli korrelatsioonianalüüsi tulemusena täpne lineaarne kahanev seos Tankla1 proovitükkide massikaoga. Sellest võib järeldada, et proovitükkide massikao vähenedes mulla kuivainesisaldus suureneb ning seejuures niiskussisaldus väheneb ning vastupidi. Statistilise testi tulemusena on kuivainesisalduse väärtused seletatavad juhuslikkusega, mistõttu ei saa siit ka kindlat seost välja tuua. Siiski on oluline rõhutada, et lagunemisprotsessi kiiremaks toimumiseks peab mulla niiskusesisaldus olema optimaalne.

Lagunemiskotikeste meetodit on kasutatud erinevate katsete puhul, kuid autorile teadaolevalt pole seda kasutatud looduslikes tingimustes kohvitopside lagunemise uurimise puhul. Siiski on erinevatest uuringutest välja tulnud, et peamiseks faktoriks, mis meetodi puhul oluline on, on kasutatud võrkriide võrgusilma suurus. 2013. aastal läbiviidud uurimistöö käigus leiti, et suurema võrgusilma kasutamisel saavad küll suuremad organismid materjalile ligi, kuid proovi lagunedes võivad väiksemad tükid võrgusilmadest välja kukkuda ning töö lõpptulemus olla ebausaldusväärne (Bokhorst ja Wardle, 2013).

Eesmärgi täitmiseks püstitatud esimene hüpotees — ühekordsed kohvitopsid ei lagune looduslikes tingimustes katseperioodi (11 kuu) jooksul — leidis osaliselt kinnitust. Kõikidest kohvitopsidest lagunes ainsana katseperioodi jooksul täielikult ära valge biolaguneva topsi proovitükid männimetsa katsekohas. Samuti ei täheldatud ka ühegi

proovitüki puhul täielikku mittelagunemist. Töö teine hüpotees — mida aktiivsemad on mulla mikroorganismid, seda kiiremini toimub kohvitopside massikadu — leidis täielikku kinnitust. Männimetsas, kus proovitükkide massikadu oli suurim, oli ka mikroorganismide aktiivsus kõige suurem.

Kirjanduse põhjal tuleb välja, et ühekordsed kohvitopsid mõjutavad meie keskkonda mitmel moel ning võivad ohtu kujutada ka meie tervisele (Foschi ja Bonoli, 2019; Recyc-Québec, 2019; Novoradovskaya, Mullan ja Hasking, 2020). Termostass on mugav korduvkasutatav alternatiiv, mille peamisteks miinusteks võivad kujuneda selle pesemine teel olles ning oht kõrvetada saada, kuid lahendus on kestlik ja ressursikasutust vähendav. Biolagunevate topside vahel tuleb aga valik teha kriitiliselt, sest nende tootmiseks tarbitakse taastuvaid ressursse ning põhjustatakse keskkonnakoormust. Katse tulemusena võib väita, et suure tõenäosusega oli pruun biolagunev tops biopõhine, kuid valge tops ikkagi biolagunev. Turule on jõudnud mitmeid tooteid erinevate tootjate poolt ning info ei pruugi alati olla usaldusväärne, mistõttu valiku tegemisel peab hoolas olema ning meelde jätma, et biopõhine kohvitops ei lagune nii kergelt kui biolagunev tops. Töös arutletud viimase alternatiivina on võimalus pöörduda uudsete lahenduste poole — kasutada näiteks topside ringlust või alternatiivseid taastuvaid materjale.

Aina enam hakkavad inimesed aru saama, et nende käitumismustritel on tagajärjed ka meid ümbritsevale keskkonnale (Niit, 2019; Novoradovskaya, Mullan ja Hasking, 2020). Seetõttu võiks ka eeldada, et lähiaastatel võiksime näha olulisi muutusi nii erinevate tootjate kui ka tarbijate käitumises. Juba praeguseks on astunud olulisi samme helgema tuleviku poole ka riiklikel tasanditel (Euroopa Liidu Teataja, 2019; Commonwealth of Australia, 2021), mistõttu tuleb siinkohal härjal sarvist haarata ning üksikisiku tasemel samuti oma käitumismustrid üle vaadata. Keskkonnasõbralikuma tarbimise poole sammudes anname signaali ka riigipeadele edasiste muutuste tegemiseks — kõik saab siiski alguse meist endist.

5. AUTORIPOOLSED SOOVITUSED

Lähtuvalt kirjanduse läbitöötamisest ning töö katse tulemustest, toob autor välja soovitused nii tootjatele, edasimüüjatele (eelkõige tanklad ja kohvikud) kui ka tarbijatele:

- tootjad võiksid ning peaksid eelistama tootmisel keskkonnasõbralikumaid materjale ning seeläbi vähendada keskkonnamoormust kuni toote eluea lõpuni;
- tootjad võiksid ning peaksid rohkem tähelepanu pöörama aina suuremaks kasvavale probleemile;
- tootjad peaksid oma toodetele märkima korrektse ja selge informatsiooni, et nii edasimüüjal kui ka tarbijal oleks selge ülevaade toote omadustest;
- edasimüüjad võiksid ning peaksid eelistama toote valikul keskkonnasõbralikumaid alternatiive, mis võimaldab ka teadliku tarbija usalduse;
- edasimüüjad saaksid kasutada oma jookide kaasamüümisel ka uudsemaid lahendusi, näiteks pakkuda müügikohas isikliku topsi pesemise võimalust (topsipesujaam) või lasta korduvkasutatavad topsid pandiga ringlusesse;
- edasimüüjad peaksid aktiivselt leidma võimalusi, mida antud koht pakkuda saaks ning võimalusel tegema ka isikliku topsiga joogi ostmisel teatavat soodustust;
- tarbija võiks ning peaks end kurssi viima erinevate alternatiivsete võimalustega, et vähendada oma ökoloogilist jalajälge;
- tarbijal on võimalus valida joogi kaasaostmiseks talle sobiv koht, mistõttu on võimalik eelistada kohti, mis mõtlevad oma tegevuse keskkonnamõju peale;
- tarbija võib arvata, et ainuüksi ühe inimese käitumisest miski ei muutu, kuid selline mõtteviis viib meid aina suurema probleemini.

KOKKUVÕTE

Magistritöös anti ülevaade ühekordsetest kohvitopsidest olusringi etappide – tooraine ja tootmine, levitamine, kasutamine ja utiliseerimine – näitel. Seejuures kirjeldati lühidalt iga etapi protsesse ning toodi välja ka nende keskkonnamõjud. Lühidalt kirjeldati ka olukorda Eestis ning seejärel toodi välja mõned alternatiivid – termostassid, biolagunevad topsid ning uudsed lahendused – ühekordsetele kohvitopsidele. Kirjanduse ülevaate viimasel peatükis kirjeldati keskkonningimusi, mis lagunemiskatse tulemusi mõjutada võivad.

Töös viidi läbi nelja erineva ühekordse kohvitopsi proovitükkide lagunemiskatse, mida analüüsiti kahe meetodi (massikadu ja lagunemiskotikesed) abil. Katse läbiviimiseks valiti kolm katsekohta: lodu, männimets ja heinamaa. Katsekohtadest võeti mullaproovid, millest hinnati erinevaid parameetreid ning mõõdetud andmete kohta viidi läbi ka statistiline andmeanalüüs.

Lõputöö eesmärk oli selgitada välja, millistes looduslikes tingimustes laguneb ühekordne kohvitops kõige kiiremini ning eesmärgi täitmiseks püstitati kaks hüpoteesi. Püstitatud töö eesmärk sai täidetud, esimene hüpotees leidis osaliselt kinnitust ning teine hüpotees täielikku kinnitust. Katse tulemuste analüüsis selgus, et kohvitopside proovitükkide massikadu oli suurim männimetsas. Mullaproovide analüüsi tulemusena selgus, et männimetsa mullas oli vähim lahustunud soolasid (madal elektrijuhtivus) ning muld oli neutraalne või väga nõrgalt happeline. Samuti olid nii mulla mikroobse biomassi, mikroobse hingamisaktiivsuse ning ka kuivainesisalduse keskmised näitajad seal madalaimad. Proovitükkide massikadu oli seejuures väiksem lodus.

Proovitükkide vaatluse ning massikao analüüsimise tulemusena olid üllatuslikult tanklakettide kohvitopsid suure massikaoga. Suurima massikaoga oli valge biolagunev tops, mis oli ka ootuspärane tulemus, seejuures pruuni biolaguneva väiksem massikadu oli pigem üllatuspärane. Valge biolaguneva kohvitopsi proovitükid olid kogu katse jooksul ka ainsad, mis täielikult ära lagunesid. Biolagunevate topside omavahelises võrdluses võib eeldada, et valge biolagunev tops oligi biolagunev, kuid pruun biolagunev oli pigem biopõhine.

Tulevikus saaks antud tööd edasi arendada pikemaajalisema katsega, mil lagunemiskotikeste meetodit kasutades kestaks katse vähemalt 1,5 aastat või rohkem. Seejuures on võimalik võtta katse aluseks kas ainult biolagunevad või tanklakettide topsid detailsemaks võrdluseks. Antud töös jäi osaliselt vastamata temperatuuri ja sademete mõju lagunemisprotsessidele, mida tuleks mõnes uues töös detailsemalt lahata. Parima võrdluse annaks katsekohtade suurem vahemaa, kus kogutakse

vastavaid andmeid ka erinevatest meteoroloogiajaamadest. Antud töösse ei mahtunud ka mullaloomastiku uurimine, mis võib anda olulist infot kohvitopside lagunemisprotsesside kohta. Samuti on tulevikus mõistlik läbi viia küsitlus just kohvitopside kasutamise teemadel, saamaks aimu, millised on inimeste peamised käitumismustrid.

SUMMARY

United Nations (2021) estimates for the world population to reach 8,5 in 2030, 9,7 in 2050 and 11,2 billion in 2100. We live in a time where it is normal to consume, therefore single-use products have become a problem. The subject of this master's thesis was to study decomposition of single-use coffee cups in nature. About 300–400 billion coffee cups are thrown away yearly and because of the thin plastic layer inside them, it is impractical or impossible to recycle them. This study gives an overview of single-use coffee cups using life cycle assessment phases, but it is important to note that the life cycle assessment was not carried out. Different alternatives to single-use coffee cups were also brought out.

Four different single-use cups were chosen for the experiment, of which two were from different gas stations and two were biodegradable. Two methods (loss of mass and litterbag method) were used during the experiment. The aim of this study was to find out in which natural environment (wetland, pine forest and hayfield) the single-use coffee cups decompose the fastest. Two hypotheses were posed:

- single-use coffee cups will not decompose in a natural environment during the experiment period (11 months);
- the more active the soil microorganisms are, the faster coffee cups decay.

The outcomes of this study were fairly logical. The biggest mass loss of the coffee cups occurred in the pine forest and the smallest in the wetland. The electrical conductivity (EC) was lowest in the pine forest and pH was neutral or close to it. Soil respiration, microbial biomass and soil dry ingredient indicators were lower than in other studied places. The correlation analysis revealed that there was a strong correlation between EC and soil respiration indicators which tells us that one affects the other.

From the two biodegradable cups only one decayed entirely during the experiment. It can be theorized that one biodegradable cup was really biodegradable but the other was biobased. Correlation analysis showed that the strongest correlation that affected biodegradable cups' degradation was electrical conductivity. An interesting find was that the gas station coffee cups' mass loss was pretty big as the biggest mass loss of all the cups was for a gas station cup in a hayfield.

Precipitation and temperature data were also analyzed to study the factors of decomposition rates. Unfortunately the correlation analysis showed no correlations between mass loss and precipitation or temperature but these factors do in fact matter. This study could be followed up in the future with a longer experiment period to better understand the decomposition rates. Precipitation and temperature data from different

places should also be considered because there was data from only one place in this study. Microorganisms in the soil have a big part in decomposition and should also be studied with single-use coffee cups in the future. An enquiry with different interest groups could be conducted to better understand the behavior of consumers and where do they stand with single-use products.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

Aarnio, T., Hämäläinen, A. (2008). Challenges in packaging waste management in the fast food Industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 52, 612–621. doi:10.1016/j.resconrec.2007.08.002

Aas, G. (2020). *Bioplastist kilekottide ja alfa-tselluloosi lagunemine erinevates looduskeskkondades* (magistritöö). Loetud aadressil <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/de7e8f37-9233-4b5d-ade2-f35020950454>

Abdullahi, N. (2014). Hazard chemicals in some food packaging materials (a review). *Annals. Food Science and Technology*, 15, 115–120

Aciego Pietri, J. C., Brookes, P. C. (2008). Relationships between soil pH and microbial properties in a UK arable soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(7), 1856–1861. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.03.020>

Adamcovi, D., Vaverkovi, M. (2014). Degradation of Biodegradable/Degradable Plastics in Municipal Solid-Waste Landfill. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(4), 1071–1078. 10.13140/2.1.2319.8400

Alexela. (2021). *Kohvi kunst*. Loetud aadressil <https://www.alexela.ee/et/kohvikunst>

Ali, Y., Socci, C., Pretaroli, R., Severini, F. (2018). Economic and environmental impact of transport sector on Europe economy. *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 2, 361–397. <https://doi.org/10.1007/s41685-017-0066-9>

Andersson, F., Gadstam, L., Jonsson, M., Watz, M. (2016). *LCA of office coffee drinking*. Loetud aadressil https://kth.instructure.com/files/59892/download?download_frd=1

Andersson, S., Nilsson, S. I., Saetre, P. (2000). Leaching of dissolved organic carbon (DOC) and dissolved organic nitrogen (DON) in mor humus as affected by temperature and pH. *Soil Biology & Biochemistry*, 32, 1–10. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00103-0](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00103-0)

Andrade, B. T. N. C., Bezerra, A. C. S., Calado, C. R. (2019). Adding value to polystyrene waste by chemically transforming it into sulfonated polystyrene. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 24 (3). DOI: 10.1590/s1517-707620190003.0732

Arumugam, K., Renganathan, S., Babalola, O. O., Muthunarayanan, V. (2017). Investigation on paper cup waste degradation by bacterial consortium and *Eudrillus*

euginea through vermicomposting. *Waste Management*, 74, 185–193.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.009>

Asadollahfardi, G., Delnavaz, M., Gonabadi, N., Asadi, M. (2019). Usage of polystyrene disposable food dishes in the lightweight concrete making. *Environmental Quality Management*, 28(3), 45–54. DOI: 10.1002/tqem.21622

Bååth, E., Anderson, T. H. (2003). Comparison of soil fungal/bacterial ratios in a pH gradient using physiological and PLFA-based techniques. *Soil Biology & Biochemistry*, 35, 955-963. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(03\)00154-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(03)00154-8)

Baek, T. H., Yoon, S. (2017). Guilt and shame: environmental message framing effects. *Journal of advertising*, 46 (3), 440–453. DOI: 10.1080/00913367.2017.1321069

Best Marketing. (2019). *Ühekordne kohvitops ei ole veel valmis lahkuma*. Loetud aadressil <https://www.bestmarketing.ee/sisuturundus/2019/03/25/uhekordne-kohvitops-ei-ole-veel-valmis-lahkuma>

Bhunja, K., Sablani, S. S., Tang, J., Rasco, B. (2013). Migration of chemical compounds from Packaging POLYMERS DURING Microwave, conventional heat treatment, and storage. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(5), 523–545. doi:10.1111/1541-4337.12028

BioPak. (2020). *Sustainability Report*. Loetud aadressil <https://www.biopak.com.au/about/sustainability-report>

Bocock, K. L., Gilbert, O. J. W. (1957). The disappearance of leaf litter Under diferent woodland conditions. *Plant and Soil*, 9(2), 179–185

Bohlmann, G. M. (2004). Biodegradable Packaging life-cycle assessment. *Environmental Progress*, 23(4), 342–346. DOI 10.1002/ep.10053

Bokhorst, S., Wardle, D. A. (2013) Microclimate within litter bags of different mesh size: Implications for the 'arthropod effect' on litter decomposition. *Soil Biology & Biochemistry*, 58, 147–152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.12.001>

Broeren, M. L. M., Kuling, L., Worrell, E., Shen, L. (2017). Environmental impact assessment of six starch plastics focusing on wastewater-derived starch and additives. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 246–255. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.001>

Buxoo, S., Jeetah, P. (2020). Feasibility of producing biodegradable disposable paper cup from pineapple peels, orange peels and Mauritian hemp leaves with beeswax coating. *SN Applied Sciences*, 2 (1359). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-3164-7>

Cai, L., Gong, X., Sun, X., Li, S., Yu, X. (2018). Comparison of chemical and microbiological changes during the aerobic composting and vermicomposting of green waste. *PLoS ONE*, 11(13), 1–16. DOI 10.1371/journal.pone.0207494

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>

Chen, Y., Awasthi, A. K., Wei, F., Tan, Q., Li, J. (2021). Single-use plastics: Production, usage, disposal, and adverse impacts. *Science of The Total Environment*, 752, 141772. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141772

Circle K. (2018). *Circle K uus termostass aitab säästa keskkonnalt ja tagab kohvile soodsama müügihinna.* Loetud aadressil https://www.circlek.ee/et_EE/pg1334073018910/ar1334116424799/CircleK/termos.html

Circup. (2021). *Topside kiirpesujaamad.* Loetud aadressil <https://circup.io/topside-kiirpesujaam/>

Coleman D. C., Crossley D. A., Jr., Hendrix P. F. (2004). *Fundamentals of Soil Ecology*, 2nd Edn. Amsterdam: Elsevier

Commonwealth of Australia. (2021). *National Plastics Plan 2021.* Loetud aadressil <https://www.environment.gov.au/system/files/resources/a327406c-79f5-47f1-b71b-7388407c35a0/files/national-plastics-plan-2021.pdf>

Compound Interest. (2019). *What's your biodegradable coffee cup made of – and how biodegradable is it?* Loetud aadressil <https://www.compoundchem.com/2019/06/26/biodegradable-plastics/#:~:text=The%20three%20most%20commonly%20used,produced%20from%20plant%2Dbased%20materials.>

Cornwell, W.K., Cornelissen, J.H.C., Amatangelo, K., Dorrepaal, E., Eviner, V.T., Godoy, O. et al. (2008) Plant species traits are the predominant control on litter decomposition rates within biomes worldwide. *Ecology Letters*, 11, 1065–1071. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01219.x>

Cottafava, D., Costamagna, M., Baricco, M., Corazza, L., Miceli, D., & Riccardo, L. E. (2021). Assessment of the environmental break-even point for deposit return systems through an LCA analysis of single-use and reusable cups. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 228–241. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.11.002>

CupClub. (2021). *About us*. Loetud aadressil <https://cupclub.com/page/about>

Devi, R. S., Kannan, V. R., Natarajan, K., Nivas, D., Kannan, K., Chandru, S., Antony, A. R. (2015). The Role of Microbes in Plastic Degradation. *Environmental Waste Management*, 12, 341-370. CRC Press. DOI:10.1201/b19243-13

Downes, J., Borg, K., Florin, N. (2021). „Biodegradable“ plastic will soon be banned in Australia – that’s a big win for the environment. Loetud aadressil <https://phys.org/news/2021-03-biodegradable-plastic-australiathat-big-environment.html>

Dubois, G., Sovacool, B., Aall, C., Nilsson, M., Barbier, C., Herrmann, A., Bruyère, S., Andersson, C., Skold, B., Nadaud, F., Dorner, F., Moberg, K. R., Ceron, J. P., Fischer, H., Amelung, D., Baltruszewicz, M., Fischer, J., Benevise, F., Louis, V. R., & Sauerborn, R. (2019). It starts at home? Climate policies targeting household consumption and behavioral decisions are key to low-carbon futures. *Energy Research & Social Science*, 52, 144–158. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.02.001>

Eesti Keele Sihtasutus. (2018). *Eesti Õigekeelsussõnaraamat ÕS 2018*. Loetud aadressil <http://eki.ee/dict/qs/index.cgi?Q=lodu>

Elks, J. (2013). *UK paper company might just rid the world of paper cup waste*. Loetud aadressil <https://bit.ly/322AzFu>

Ertz, M., Huang, R., Jo, M., Karakas, F., Sarigöllü, E. (2017). From single-use to multi-use: Study of consumers’ behavior toward consumption of reusable containers. *Journal of Environmental Management*, 193, 334–344. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.01.060>

Euroopa Liidu Teataja. (2019). *Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv (EL) 2019/904, 5. juuni 2019, teatavate plasttoodete keskkonnamõju vähendamise kohta*. Loetud aadressil <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0904&qid=1583782429090&from=ET>

European Commission. (2018). *Life cycle assessment*. Loetud aadressil https://knowledge4policy.ec.europa.eu/glossary-item/life-cycle-assessment_en

- Ferreira, J. (2018). Fostering sustainable behaviour in retail: Looking beyond the coffee cup. *Social Business*, 1(8), 21–28. <http://dx.doi.org/10.1362/204440818X15208755029519>
- Flis, S. E., Glenn, A. R., Dilworth, M. J. (1993). The interaction between aluminium and root nodule bacteria. *Soil Biology & Biochemistry*, 25, 403–417. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(93\)90066-K](https://doi.org/10.1016/0038-0717(93)90066-K)
- Foschi, E., Bonoli, A. (2019). The commitment of packaging Industry in the framework of the European strategy for plastics in a circular economy. *Administrative Sciences*, 9(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/admsci9010018>
- Foteinis, S. (2020). How small daily choices play a huge role in climate change: The disposable paper cup environmental bane. *Journal of Cleaner Production*, 255, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120294>
- Gallego-Schmid, A., Mendoza, J. M. F., 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, MD. (2007). Environmental evaluation of single-use and reusable cups. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 12(4), 252–256. <http://dx.doi.org/10.1065/lca2007.05.334>
- Geueke, B., Groh, K., & Muncke, J. (2018). Food packaging in the circular economy: Overview of chemical safety aspects for commonly used materials. *Journal of Cleaner Production*, 193, 491–505. doi:10.1016/j.jclepro.2018.05.005
- Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). doi:10.1126/sciadv.1700782
- Gilbert, J., Ricci, M. (2015). Biodegradable Plastics. An Overview of the Compostability of Biodegradable Plastics and its Implications for the Collection and Treatment of Organic Wastes. International Solid Waste Association.
- Greener Ideal. (2016). *What can be done to reduce disposable coffee cup waste?* Loetud addressil <https://greenerideal.com/infographics/what-can-be-done-to-reduce-disposable-coffee-cup-waste-infographic/>
- GreenMatch. (2019). *The effects of paper coffee cups on the environment*. Loetud addressil <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2015/06/the-effects-of-paper-coffee-cups-on-the-environment>

Greenwood, S. C., Walker, S., Baird, H. M., Parsons, R., Mehl, S., Webb, T. L., Slark, A. T., Ryan, A. J., & Rothman, R. H. (2021). Many Happy Returns: Combining insights from the environmental and behavioural sciences to understand what is required to make reusable packaging mainstream. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1688–1702. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.03.022>

Groh, K. J., Backhaus, T., Carney-Almroth, B., Geueke, B., Inostroza, P. A., Lennquist, A., Leslie, H. A., Maffini, M., Slunge, D., Trasande, L., Warhurst, A. M., Muncke, J. (2019). Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards. *Science of The Total Environment*, 651, 3253–3268. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.10.015

Hahladakis, J. N., Velis, C. A., Weber, R., Iacovidou, E., Purnell, P. (2018). An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *Journal of Hazardous Materials*, 344, 179–199. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.10.014>

Han, N. R., Baek, T. H., Yoon, S., Kim, Y. (2019). Is that coffee mug smiling at me? How anthropomorphism impacts the effectiveness of desirability vs. feasibility appeals in sustainability advertising. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 51, 352–361. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.06.020>

Harst, E., Potting, J. (2013). A critical comparison of ten disposable cup LCAs. *Environmental Impact Assessment Review*, 43, 86–96. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2013.06.006>

Harst, E., Potting, J., Kroeze, C. (2014). Multiple data sets and modelling choices in a comparative LCA of disposable beverage cups. *Science of the Total Environment*, 494–495, 129 – 143. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.084>

Harst, E., Potting, J., Kroeze, C. (2016). Comparison of different methods to include recycling in LCAs of aluminium cans and disposable polystyrene cups. *Waste Management*, 48, 565–583. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.027>

Haynes, R. J. (1986). The decomposition process: Mineralization, immobilisation, humus formation, and degradation: Haynes, R.J (Eds.). *Mineral nitrogen in the plant – soil system*. Orlando Academic Press. USA. p. 52–126

Hocking, M. (1991). Paper versus polystyrene: a complex choice. *Science*, 251 (4993), 504–505

Häkkinen, T., Vares, S. (2010). Environmental impacts of disposable cups with special focus on the effect of material choices and end of life. *Journal of Cleaner Production*, 18(14), 1458–1463. doi:10.1016/j.jclepro.2010.05.005

Illy, E., Illy, A. (2015). The science of a perfect cup of coffee. *Scientific American*, 10–15

International Organisation for Standardization. (2011). *Soil quality - Laboratory methods for determination of microbial soil respiration (ISO Standard No. 16072)*. Loetud aadressil <https://www.iso.org/standard/32096.html>

International Organisation for Standardization. (2011). *Soil quality — Determination of soil microbial biomass — Part 1: Substrate-induced respiration method. (ISO Standard No. 14240-1)*. Loetud aadressil <https://www.iso.org/standard/21530.html>

International Organisation for Standardization. (2017). *Soil quiality – Determination of dry bulk density (ISO Standard No. 11272)*. Loetud aadressil <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:11272:ed-2:v1:en>

Jang, Y. J., Kim, W. G., & Lee, H. Y. (2015). Coffee shop consumers' emotional attachment and loyalty to green stores: The moderating role of green consciousness. *International Journal of Hospitality Management*, 44, 146–156. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2014.10.001>

Jung, L. W., Al-Shehhi, M. R., Saffarini, R., Warshay, B., Arafat, H. A. (2011). Paper or plastic? Clearing misconceptions on environmental impacts of coffee cups using life cycle assessment (LCA). *International Conference on Water, Energy and Environment*, 563–569. Sharjah, United Arab Emirates.

Kaart, T. (2013). *Andmeanalüüs MS Excelis (MS Excel 2010 baasil)*. Loetud aadressil http://www.eau.ee/~ktanel/andmeanalyys_excelis/pt62.php

Kaart, T. (2018). *Matemaatiline statistika ja modelleerimine*. Loetud aadressil http://www.eau.ee/~ktanel/DK_0007/index.php

Kalle, K., Kriipsalu, M. (2019). *Puust ja punaseks: kas bioplasti eelistamine aitab loodust säästa?* Loetud aadressil <https://novaator.err.ee/950158/puust-ja-punaseks-kas-bioplasti-eelistamine-aitab-loodust-saasta>

Keeler, B.L., Hobbie, S.E. & Kellogg, L.E. (2009) Effects of long-term nitrogen addition on microbial enzyme activity in eight forested and grassland sites: implications for litter

and soil organic matter decomposition. *Ecosystems*, 12, 1–15.
<https://doi.org/10.1007/s10021-008-9199-z>

Keller, A., Köhler, J. K., Eisen, C., Kleihauer, S., & Hanss, D. (2021). Why consumers shift from single-use to reusable drink cups: An empirical application of the stage model of self-regulated behavioural change. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1672–1687. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.04.001>

Keskkonnaagentuur. (2021). Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama sademete ja õhutemperatuuri andmed. Riigi Ilmateenistus

Keskkonnaagentuur: Riigi Ilmateenistus. (2021). *Kuukokkuvõtted*. Loetud aadressil <http://www.ilmateenistus.ee/kliima/kuukokkuvotted/>

Keskkonnaministeerium. (2021). *Jäätmed*. Loetud aadressil <https://www.envir.ee/et/jaatmed>

Keskkonnateabe Keskus. (2013). *KIK 2012 metsandusprogrammi projekt nr 3793 „Kasvuhoonegaaside heitkoguste inventuuri uuringud riikliku aruandluse täitmiseks maakasutuse ja metsandussektoris“*. Loetud aadressil https://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/kik_3793_lopparuanne.pdf

Keskkonnatehnika. (2018). *Circup meeskond võitis Negavatt konkursi*. Loetud aadressil <https://keskkonnatehnika.ee/circup/> Kim, T., Yun, S. (2019). How will changes toward pro-environmental behavior play in customers' perceived value of environmental concerns at coffee shops? *Sustainability*, 11, 3816, 1–19. doi:10.3390/su11143816

Kompostiljon. (2020). *Kompostimise liigid*. Loetud aadressil <https://www.kompostiljon.ee/kompostimise-liigid/#komposter-vermikoposter>

Kompostiljon. (2020). *Mis on kompostimine?* Loetud aadressil <https://www.kompostiljon.ee/kompostimine/>

Koovit, K. (2018). *Uskumatu reostamine. Eestis kasutatakse päevas 200 000 ühekorratopsi*. Loetud aadressil <https://arileht.delfi.ee/artikkel/83589435/uskumatu-reostamine-eestis-kasutatakse-paevas-200-000-uekorratopsi?>

Koppel, K. (2018). *Määrus keelab Tallinnas avalikel üritustel ühekordsete plastnõude kasutamise*. Loetud aadressil <https://www.err.ee/872204/maarus-keelab-tallinnas-avalikel-uritustel-uehekordsete-plastnõude-kasutamise>

Kotkamills. (2019). *Sustainability Report*. Loetud adressil https://kotkamills.com/wp-content/uploads/Kotkamills_sustainability-report_2019_WEB.pdf

Kotkamills. (2021). *Sustainability – Why is this our way*. Loetud adressil <https://kotkamills.com/sustainability/>

Li, J., Chen, S., Li, W., Yang, G., Zhu, W. (2014). Toxicity of extracts from disposable chopsticks, toothpicks, and paper cups on L-929 cells. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 93(4), 223–226. <https://doi.org/10.1139/cjpp-2014-0283>

Lin, Z., Zhang, R., Tang, J., Zhang, J. (2011). Effects of high soil water content and temperature on soil respiration. *Soil Science*, 176(3), 150–155. DOI:10.1097/SS.0b013e31820d1d76

Lor, J. S. (2019). *Asia startup Revolv revolutionises takeaway culture & fights plastic pollution with RFID-enabled network of reusable cups & containers*. Loetud adressil <https://www.greenqueen.com.hk/asia-startup-revolv-revolutionises-takeaway-culture-fights-plastic-pollution-with-rfid-enabled-network-of-reusable-cups-containers/>

Ma, Y. (2018). Problems and resolutions in dealing with waste disposable paper cups. *Science Progress*, 101 (1), 1–7. <https://doi.org/10.3184/003685017X15129981721365>

Maaleht. (2020). *R-Kiosk võttis kasutusele täielikult taimset päritolu kohvitopsid ja kaaned*. Loetud adressilt: <https://maaleht.delfi.ee/artikkel/88569497/r-kiosk-vottis-kasutusele-taielikult-taimset-paritolu-kohvitopsid-ja-kaaned>

Marć, M., Zabiegala, B. (2017). An investigation of selected monoaromatic hydrocarbons released from the surface of polystyrene lids used in coffee-to-go-cups. *Microchemical Journal*, 133, 496–505. <http://dx.doi.org/10.1016/j.microc.2017.04.015>

Marstorp, H., Guan, X., Gong, P. (2000). Relationship between dsDNA, chloroform labile C and ergosterol in soils of different organic matter contents and pH. *Soil Biology & Biochemistry*, 32, 879–882. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00210-2](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00210-2)

Mitchell, J., Vandeperre, L., Dvorak, R., Kosior, E., Tarverdi, K., Cheeseman, C. (2014). Recycling disposable cups into paper plastic composites. *Waste Management*, 34 (11), 2113–2119. doi: 10.1016/j.wasman.2014.05.020

Moore, T. R., Trofymow, J. A., Prescott, C. E., Titus, B. D., the CIDET Working Group. (2017). Can short-term litter-bag measurements predict long-term decomposition in northern forests? *Plant Soil*, 416, 419–426. DOI 10.1007/s11104-017-3228-7

Moretti, C., Hamelin, L., Jakobsen, L. G., Junginger, M. H., Steingrimsdottir, M. M., Høibye, L., Shen, L. (2021). Cradle-to-grave life cycle assessment of single-use cups made from PLA, PP and PET. *Resources, Conservation & Recycling*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105508>

N. C. Brady, R. R. Weil. (2002). *The Nature and Properties of Soil* (13th ed.). *Agroforestry Systems*, 249. <https://doi.org/10.1023/A:1016012810895>

Naik, A., Lewis, C. J., Allison, K. P. (2019). Temperature dissociation of liquids in reusable thermoplastic containers – An eco-friendly scald risk? *Burns*, 45, 1621–1624

Niglas, K. (kuupäev puudub). *Vead ja täpsus statistikas*. Loetud aadressil <http://www.cs.tlu.ee/~katrin/wp/wp-content/uploads/2013/11/vead-tapsus.pdf>

Niit, N. (2019). *Eesti noorte täiskasvanute ühekordsete plastikpakendite tarbimist mõjutavad tegurid* (lõputöö). Loetud aadressil <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/2923e7f7-14d9-4edf-bd82-d977911b8357>

Novoradovskaya, E., Mullan, B., Hasking, P. (2020). Choose to reuse: Predictors of using a reusable hot drink cup. *Journal of Consumer Behaviour*, 19 (6), 608–617. <https://doi.org/10.1002/cb.1834>

Ojamaa, H. (2012). *Isikliku termostassiga saab kohvi enamikust kohvikutest*. Loetud aadressil <https://tarbija24.postimees.ee/1035746/isikliku-termostassiga-saab-kohvi-enamikust-kohvikutest>

Orchard, G. E., Torres, J., Poirier, A., Sountharajah, P., Webster, J., Notini, I., Hacker, I., Ismail, F., Nwokie, T., Humphrey, P., Spigler, E., Missaghian-Cully, S., Brewer, C. Meredith-Jones, A. (2009). Investigation into a new softening agent for use on formalin-fixed, paraffin wax-embedded tissue. *British Journal of Biomedical Science*, 66(2), 63–66. DOI: 10.1080/09674845.2009.11730246

Pansu, M., Gautheyrou, J. (2006). *Handbook of Soil analysis: Mineralogical, Organic and Inorganic Methods*. Berlin: Springer Verlag

Paperless Kitchen. (2013). *New solution for paper cup waste recycling*. Loetud aadressil <https://www.paperlesskitchen.com/blogs/news/8384129-new-solution-for-paper-cup-waste-recycling>

Parkin, G. (2018). *The benefits of reusable coffee cups*. Loetud aadressil <https://www.gopromotional.co.uk/blog/the-benefits-of-reusable-coffee-cups/>

Poortinga, W., Whitaker, L. (2018). Promoting the use of reusable coffee cups through environmental messaging, the provision of alternatives and financial incentives. *Sustainability*, 10 (3), 873. doi:10.3390/su10030873

Potting, J., Harst, E. (2015). Facility arrangements and the environmental performance of disposable and reusable cups. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20, 1143–1154. DOI 10.1007/s11367-015-0914-7

Prescott, C. E. (2005). Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know? *Forest Ecology and Management*, 220, 66–74. doi:10.1016/j.foreco.2005.08.005

Prescott, C. E. (2010). Litter decomposition: what controls it and how can we alter it to sequester more carbon in forest soils? *Biogeochemistry*, 101, 133–149. DOI 10.1007/s10533-010-9439-0

Pryshlakivsky, J., & Searcy, C. (2021). Life Cycle Assessment as a decision-making tool: Practitioner and managerial considerations. *Journal of Cleaner Production*, 309, 127344. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127344>

Raddadi, N., Fava, F. (2019). Biodegradation of oil-based plastics in the environment: Existing knowledge and needs of research and innovation. *Science of The Total Environment*, 679, 148–158. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.419>

Razza, F., Fieschi, M., Innocenti, F. D., Bastioli, C. (2009). Compostable cutlery and waste management: An LCA approach. *Waste Management*, 29, 1424–1433. doi:10.1016/j.wasman.2008.08.021

Recup. (2021). Loetud aadressil <https://make-the-planet-great-again.com/recup>

Recyc-Québec. (2019). *Life cycle assessment (LCA) of reusable and single-use coffee cups*. Loetud aadressil <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/acv-tasses-cafe-resume-english.pdf>

Reimann, C., Filzmoser, P., Hron, K., Kynclová, P., Garrett, R. G. (2017). A new method for correlation analysis of compositional (environmental) data – a worked example. *Science of The Total Environment*, 607–608, 965–971. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.063>

Rhoades, J.D. (1993). Electrical Conductivity Methods for Measuring and Mapping Soil Salinity. *Advances in Agronomy*, 49, 201-251.

Rietz, D. N., Hayes, R. J. (2003). Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology & Biochemistry*, 35, 845–854. doi:10.1016/S0038-0717(03)00125-1

Riigikantselei. (2021). *Jäätmeseaduse, pakendiseaduse ja tubakaseaduse muutmise seaduse eelnõu väljatöötamise kavatsus*. Loetud aadressil <https://eelvoud.valitsus.ee/main#J7unc268>

R-Kiosk. (2020). *R-Kiosk võttis kasutusele 100% taimset päritolu kohvitopsid ja kaaned*. Loetud aadressil <https://rkiosk.ee/r-kiosk-vottis-kasutusele-100-taimset-paritolu-kohvitopsid-ja-kaaned/>

Sandhu, S., Lodhia, S., Potts, A., Crocker, R. (2021). Environment friendly takeaway coffee cup use: Individual and institutional enablers and barriers. *Journal of Cleaner Production*, 291. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125271>

Schultz, P. W., Bator, R. J., Large, L. B., Bruni, C. M., Tabanico, J. J. (2013). Littering in Context: Personal and Environmental Predictors of Littering Behavior. *Environment and Behavior*, 45(1), 35–59. doi:10.1177/0013916511412179

Sierra, C. A., Trumbore, S. E., Davidson, E. A., Vicca, S., Janssens, I. (2015). Sensitivity of decomposition rates of soil organic matter with respect to simultaneous changes in temperature and moisture. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 7(1), 335–356. <https://doi.org/10.1002/2014ms000358>

Smithers, R. (2017). *Reusable incentives could slash disposable coffee cup waste*. Loetud aadressil <https://www.theguardian.com/environment/2017/mar/30/reusable-incentives-could-slash-disposable-coffee-cup-waste>

Spence, C., Carvalho, F. M. (2019). Assessing the influence of the coffee cup on the multisensory tasting experience. *Food Quality and Preference*, 75, 239–248. doi:10.1016/j.foodqual.2019.03.005

Stafford, R., Jones, P. J. S. (2019). Viewpoint — Ocean plastic pollution: A convenient but distracting truth? *Marine Policy*, 103, 187–191. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.003>

Starbucks. (2020). *Infographic: Starbucks sustainability commitment*. Loetud aadressil <https://stories.starbucks.com/stories/2020/infographic-starbucks-sustainability-commitment/>

Swift, M.J., Heal, O.W. & Anderson, J.M. (1979) Decomposition in Terrestrial Ecosystems. *Blackwell Scientific*, Oxford, UK.

Zaman, M., Shahid, S. A., Heng, L. (2018). Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. Springer

Zelles, L. (1999). Fatty acid patterns of phospholipids and lipopolysaccharides in the characterisation of microbial communities in soil: a review. *Biology and Fertility of Soils*, 29, 111–129. <https://doi.org/10.1007/s003740050533>

Tallinna jäätmekava 2017-2021. (2017). *RT IV, 10.10.2017, 29*. Loetud aadressil <https://www.riigiteataja.ee/akt/410102017029>

Tammaru, T. (2018). *Katseandmete analüüs*. Loetud aadressil <http://lepo.it.da.ut.ee/~tammarut/stat.htm>

Teeme Ära. (2019). *Otsenoppeid talgupäevalt 2019*. Loetud aadressil <https://talgupaev.ee/otse>

Trofymow, J.A., Moore, T.R., Titus, B., Prescott, C., Morrison, I., Siltanen, M. et al. (2002) Rates of litter decomposition over 6 years in Canadian forests: influence of litter quality and climate. *Canadian Journal of Forest Research*, 32, 789–804. DOI:10.1139/x01-117

Truong, T. H., & Marschner, P. (2018). Addition of residues with different C/N ratio in soil over time individually or as mixes - effect on nutrient availability and microbial biomass depends on amendment rate and frequency. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, (ahead). <https://doi.org/10.4067/s0718-95162018005003401>

Tseng, C. (2016). The effect of price discounts on green consumerism behavioral intentions. *Journal of Consumer Behaviour*, 15, 325–334. DOI: 10.1002/cb.1572

Uihlein, A., Ehrenberger, S., Schebek, L. (2008). Utilisation options of renewable resources: a life cycle assessment of selected products. *Journal of Cleaner Production*, 16, 1306–1320. doi:10.1016/j.jclepro.2007.06.009

United Nations Environment Programme. (2018). SINGLE-USE PLASTICS: A Roadmap for Sustainability.

United Nations. (2021). *Global issues – Population*. Loetud aadressil <https://www.un.org/en/global-issues/population>

Wardle, D.A. (1992). A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 67, 321–358. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1992.tb00728.x>

Vaughan, A. (2016). *Switch disposable coffee cups for reusables, urge campaign groups*. Loetud aadressil <https://bit.ly/2PA6E3T>

Veterinaar- ja Toiduamet. (2010). *Materjalirühmade iseloomustus*. Loetud aadressil https://vet.agri.ee/sites/default/files/1139.materjaliryhmade_iseloomustus_-_k6ik_koos_0.pdf

Winton, D. J., Anderson, L. G., Roccliffe, S., Loiseau, S. Macroplastic pollution in freshwater environments: Focusing public and policy action. *Science of the Total Environment*, 704. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135242>

Wisconsin Department of Natural Resources. (2004). Naturally Occurring Biodegradation as a Remedial Action Option for Soil Contamination. Loetud aadressil <https://dnr.wi.gov/files/PDF/pubs/rr/RR515.pdf>

Wood, C. (2019). *Gulp. Your reusable coffee mug may be just as bad for the environment as a disposable*. Loetud aadressil <https://www.fastcompany.com/90387684/gulp-your-reusable-coffee-mug-may-be-just-as-bad-for-the-environment-as-a-disposable>

Woods, L., Bakshi, B. R. (2014). Reusable vs. disposable cups revisited: guidance in life cycle comparisons addressing scenario, model, and parameter uncertainties for the US consumer. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(4), 931–940. DOI: 10.1007/s11367-013-0697-7

Vooremaa. (2018). *Oma kohvitopsiga saab Circle K-s soodustust*. Loetud aadressil: <https://www.vooremaa.ee/lyhiuudis/oma-kohvitopsiga-saab-circle-k-s-soodustust/>

Xie, X., Wang, Y., Wei, Z., Zhang, Y., Zhang, C., Zhang, S., Yang, H., Zhang, X., & Zhao, Y. (2021). Continuous insulation strategy of organic waste composting in cold region: Based on cold-adapted consortium. *Bioresource Technology*, 335, 125257. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125257>

Yan, N., Marschner, P., Cao, W., Zuo, C., Qin, W. (2015). Influence of salinity and water content on soil microorganisms. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(4), 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.11.003>

LISAD

Lisa 1 Katsekohtade täpsemad joonised



Joonis 1 Heinamaa katsekoht, mis on märgitud oranži kastiga transekti mõõtudes (Alus: Maa-amet, 2021)



Joonis 2 Männimetsa katsekoht, mis on märgitud oranži kastiga transekti mõõtudes (Alus: Maa-amet, 2021)



Joonis 3 Lodu katsekoht, mis on märgitud oranži kastiga transekti mõõtudes (Alus: Maa-amet, 2021)