



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND

TTÜ Tartu Kolledž

# TOOTMISETTEVÕTETE VAHELISE TÖÖSTUSLIKU ÖKOSÜSTEEMI POTENTSIAAL TARTU NÄITEL

THE POTENTIAL OF INDUSTRIAL ECOSYSTEM ON THE EXAMPLE OF  
MANUFACTURING COMPANIES IN TARTU

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Cätlin Kinz-Kiens

Üliõpilaskood: 163194NAEM

Juhendajad: Tiit Lepasaar, lektor  
Jane Raamets, lektor

Tartu 2018

## 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.

“.....” ..... 201.....

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” ..... 201.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....” .....201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

**TTÜ Tartu Kolledž**  
**LÕPUTÖÖ ÜLESANNE**

**Üliõpilane:** Cätlin Kinz-Kiens, 163194NAEM  
**Õppekava, peeriala:** NAEM06/15 - Tööstusökoloogia  
**Juhendajad:** lektor Tiit Lepasaar, +372 527 0629  
lektor Jane Raamets, +372 5561 3344

**Lõputöö teema:**

Tootmisettevõtete vahelise tööstusliku ökosüsteemi potentsiaal Tartu näitel  
The Potential of Industrial Ecosystem on the Example of Manufacturing Companies in Tartu

**Lõputöö põhieesmärgid:**

1. Kaardistada, missuguseid ressursse kasutavad ja milliseid jäätmeid tekib valitud Tartu linna tootmisettevõtetes.
2. Koguda informatsiooni jäätmete kasutamise ja ettevõtete vahelise ressursside vahetuste kohta Tartu linnas.
3. Teha ettepanekuid võimalike uute jäätmevahetuste ning uute ettevõtete loomise osas.

**Lõputöö etapid ja ajakava:**

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Ettevõtetelt andmete kogumine ja töötlemine	30.10.17
2.	Kirjanduse ülevaate koostamine	31.12.17
3.	Materjali ja meetodika peatüki koostamine ja tulemuste analüüs	30.03.18
4.	Sissejuhatuse, arutelu ja kokkuvõtte kirjutamine ning töö vormistamine	14.05.18

**Töö keel:** eesti keel      **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "28" mai 2018.a

**Üliõpilane:** Cätlin Kinz-Kiens ..... "....." .....201....a  
/allkiri/

**Juhendaja:** Tiit Lepasaar ..... "....." .....201....a  
/allkiri/

**Juhendaja:** Jane Raamets ..... "....." .....201....a  
/allkiri/

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	6
1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	8
1.1 Tööstuslik ökosüsteem .....	9
1.1.1 Loodud ja isetekkelised süsteemid .....	10
1.1.2 Tööstuslike ökosüsteemide projekteerimise põhimõtted .....	13
1.2 Iskenderun Bay.....	14
1.3 Kalundborg.....	16
1.4 Probleemid ja jäätmete olulisus .....	17
2 MATERJAL JA METOODIKA .....	21
2.1 Tartu linna tootmisettevõtete kirjeldus.....	22
2.2 Valimi koostamine .....	22
2.3 Andmekogumismeetod.....	23
2.4 Andmete töötlemine.....	23
3 TULEMUSED .....	24
3.1 Sisend-väljund ressursid ja olemasolevad seosed .....	24
4 ARUTELU.....	29
4.1 Võimalikud uued seosed .....	30
4.2 Võimalikud uued ettevõtted .....	34
4.3 Poliitilised ja majanduslikud aspektid .....	35
KOKKUVÕTE .....	37
SUMMARY .....	39
KASUTATUD MATERJALID .....	41
LISAD .....	47

## EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teema oli välja pakutud juhendaja Tiit Lepasaare poolt. Töö jaoks vajalikud andmed koguti valimis olnud Tartu tööstusettevõtete käest telefoni, e-maili ja/või otse intervjuu teel. Kaasjuhendajaks oli lektor Jane Raamets, kes oli abiks jooksvate küsimustega. Töö teema põhiküsimusi aitas lahendada Tiit Lepasaar.

Töö autor soovib tänada oma juhendajaid igakülgse abi eest töö valmimisperioodil. Lisaks tänab oma lähedasi, kes innustasid töö valmis kirjutama ja hoidsid pidevalt end asjadega kursis.

Antud töö eesmärkideks oli välja uurida, missuguseid ressursse kasutavad ja milliseid jäätmeid tekib valitud Tartu tootmisettevõtetes. Teiseks eesmärgiks oli koguda informatsiooni jäätmete kasutamise ja ettevõtete vahelise ressursside vahetuste kohta Tartu linnas. Kolmandaks eesmärgiks oli teha ettepanekuid võimalike uute jäätmevahetuste ning uute ettevõtete loomise osas jäätmete vähendamise eesmärgil. Uurimistöö jaoks moodustati valim Tartu tootmisettevõtetest nii, et esindatud oleksid võimalikult erinevad tööstusalad. Kokku saadi andmed 11 tootmisettevõttelt ja 1 jäätmekäitlejalt. Ettevõtetelt saadud info kohaselt koostati tabel tulemustest kajastades sisend- ja väljundressursse ning olemasolevaid seoseid ettevõtete vahel. Kasutades saadud infot ja võttes arvesse juba toimivaid ressursivahetusi pakkus autor välja uusi sobivaid seoseid kasutamata ressursside vahetuseks. Kuna Tartus ja Eestis üldiselt tekib jäätmeid, millele pole otsest väljundit, siis pakkus autor välja võimalikud uued ettevõtted, et vähendada jäätmete hulka.

Märksõnad: tööstuslik ökosüsteem, Tartu, ressursid, magistritöö

## SISSEJUHATUS

Jäätmete teke ja liigne tarbimine on tänapäeval probleemiks nii tavainimestel kui ka ettevõtetel. Tööstusökoloogia üks väljendusviise on tööstuslikud ökosüsteemid, kus ettevõtted vahetavad jäätmeid, kõrvaltoodangut, vett ja/või energiat, sest ühe ettevõtte jäätmed võivad olla väga edukalt teise ettevõtte jaoks väärtuslik toormaterjal. Lisaks tähendab see ressursside kokkuhoidu nii maavarade kui ka raha pealt. Sellest mõttest tingituna tekkis soov ja vajadus välja uurida ja pakkuda omalt poolt lahendused Tartu linna tootmisettevõtete vahelise olukorra parandamiseks. Sarnast teemat on Eestis uuritud varasemalt Pärnu näitel (Jaanimägi, 2011). Käesolevas lõputöös uuris autor erinevates Tartu tootmisettevõtetes tekkivaid jäätmeid ja kõrvaltoodangut ning olukorra parandamiseks pakuti välja võimalikud lahendused ressursside kasutamiseks. Valim pandi kokku lähtudes põhimõttest, et ettevõtted tegutseksid võimalikult erinevatel tootmisaladel.

Tööstusliku ökosüsteemi toimimisest on palju erinevaid näiteid, kuid tuntuim on Taanis asuva linna Kalundborgi tööstuslik ökosüsteem (Jacobsen, 2006). Sealsed ettevõtted teevad koostööd juba alates möödunud sajandi 60ndatest ning jagavad siiani väga edukalt erinevaid jäätmeid ja kõrvaltoodangut (Christensen, 2014). Sellest toimivast tööstuslikust sümbioosist ajendatuna tekkis autoril soov uurida taolisi võimalusi ka Tartus.

Uurimuse teema olulisus seisneb teoreetiliselt loodavas tööstuslikus ökosüsteemis, mis aitab ettevõtetel leida väljundi enda tootmisest järele jäänud materjalidele, tekitades nii keskkonnale võimalikult vähe kahju. Lisaks võib töö anda mõtteid ettevõtlikele inimestele, kes sooviksid arendada tööstust materjalidega, mis hetkel Tartus kasutust ei leia. Laiemalt on teema oluline kogu maailma jaoks, kuna tööstuslike ökosüsteemide loomisega hoitakse kokku palju ressursse mõeldes ka tulevaste põlvete peale.

Käesoleval magistritööl oli kolm eesmärki. Esimeseks oli kaardistada, missuguseid ressursse kasutavad ja milliseid jäätmeid tekib valitud Tartu linna tootmisettevõtetes. Teiseks eesmärgiks oli koguda informatsiooni jäätmete kasutamise ja ettevõtete vahelise ressursside vahetuste kohta Tartu linnas. Kolmandaks eesmärgiks oli teha ettepanekuid võimalike uute jäätmevahetuste ning uute ettevõtete loomise osas jäätmete vähendamise eesmärgil. Töös on kasutatud kvalitatiivset uurimismeetodit lähtudes töö eesmärkidest. Viitamisel on kasutatud APA süsteemi.

Antud töö algab sissejuhatusega ning sellele järgnevad neli suuremat peatükki. Kirjanduse ülevaade algab üldise tutvustusega antud teemast. Sellele järgnevad alapeatükid, kus antakse ülevaade tööstuslikest ökosüsteemidest ning räägitakse jäätmete teema aktuaalsusest. Materjal ja meetodika peatükis kirjeldatakse Tartu linna tootmisettevõtteid, tutvustatakse ettevõtete valimit, andmete kogumise meetodit ja nende töötlemist. Tulemuste peatükis tuuakse välja uurimuse tulemused ning tehakse kokkuvõtte olemasolevatest seostest ettevõtete vahel. Neljandas peatükis pakub autor välja omapoolsed lahendused jäätmete vahetamise vallas ning toob välja võimalikud uued ettevõtted, mis võiksid Tartus või Eestis tegutseda. Lisaks tuuakse välja poliitilised ja majanduslikud aspektid, mis on olulised tööstusliku ökosüsteemi rajamisel.

# 1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Maailma rahvaarv on pidevas kasvus ja aastaks 2050 prognoositakse rahvaarvu kasvu 8,9 miljardi inimeseni Maal (United Nations, 2017). Elanikkond tarbib juba praegu liiga palju Maa ressursse ning see ei ole jätkusuutlik. Arenevate riikide kiire majanduskasv ja aina suurenev maailma rahvaarv mõjutavad keskkonda ja vähendavad loodusressursse. Tuleviku tarbimisharjumused peavad olema märkimisväärselt erinevad praegustest, et vältida katastroofilisi keskkonna ja sotsiaalseid tagajärgi. (Pönitzsch & Kniebes, 2013)

Üks peamisi murekohti ökoloogidel, keskkonnakaitsjatel ja majandusteadlastel on küsimus, kuidas rahuldada vajadusi, soove ja eelistusi selles pidevalt kasvava rahvaarvu juures. Seejuures silmas pidades erinevaid riske atmosfäärile, hüdrofäärile, biosfäärile ja maavaradele. Neid riske süvendab veelgi aina suurenev tööstuslik osakaal. (Koenig & Cantlon, 1999) Maavarasid ei jagu lõpmatuseni ning prügi tekib väga suurtes kogustes. Ühiskond peab püüdlema jätkusuutliku ehk säästva arengu poole, seal hulgas ka tootmine. See tähendab, et praeguse põlvkonna vajadused tuleks rahuldada nii, et see ei seaks ohtu tulevaste põlvete võimet rahuldada oma vajadusi (Euroopa Liidu Nõukogu, 2006).

Tööstusökoloogiat ja täpsemalt tööstuslikke ökosüsteeme võib kasutada ka metafoorina jätkusuutlikule toomisele, kuna see pakub praegustele raiskavatele tööstussüsteemidele uuenduslikke võimalusi. Välja pakuti kolm teemat, mis käsitlevad tööstusökoloogia sidumist juhtimisega. Esiteks võib tööstusökoloogia süsteeme ja võrgu filosoofiat ühendada ettevõtetevahelise juhtimisuuringutega, et täiendada traditsioonilisi ettevõttesiseseid keskkonnajuhtimissüsteeme. Teiseks materjalide ja energia voo uurimine, et saada ettekujutus, kuidas tööstuslikke protsesse suunata ja juhtida tööstusökoloogia nägemuses. Kolmandaks võetakse tööstusökoloogiat kui inspiratsiooniallikat juhtimise ja strateegiliste nägemuste ümberkujundamiseks selleks, et liikuda jätkusuutlikkuse suunas. (Korhonen *et al.*, 2004)

Looduslik mitmekesisus viitab organismide ja looduskeskkondade paljususele ja varieeruvusele. Rahuldades inimeste vajadusi ja samal ajal säilitades ökoloogilisi protsesse, on mitmekesisusel oluline roll jätkusuutliku keskkonna tagamiseks. Looduslikku mitmekesisust loetakse heaks juhendiks, mille alusel luua ka ettevõtete vahelisi suhteid ning arendada neid jätkusuutlikuks. (Geng & Côté, 2007)



## 1.1 Tööstuslik ökosüsteem

Globaalne ökosüsteem põhineb ainult päikeselt tuleval energial ning väljundiks on jääksoojus. Tänapäevased tööstuslikud süsteemid põhinevad peamiselt mittetaastuvatel ja suurte emissioonidega energiaallikatel nagu fossiilkütused. Tööstussüsteemidel esineb sageli lineaarne materjali- ja energiavoog, mis tähendab loodusvarade suurt kasutamist ning jäätmete teket. (Korhonen *et al.*, 2004)

Tööstuslike ökosüsteemide teooria on tööstusökoloogia üks osa, mis tegeleb materjalide, energia, vee ja kõrvaltoodangu füüsilise vahetamisega erinevate ettevõtete vahel (Ehrenfeld & Chertow, 2002). Tööstuslike ökosüsteemide eesmärkideks on majandusliku efektiivsuse kasvatamine ja negatiivsete mõjude vähendamine keskkonnale. Nende eesmärkide saavutamiseks tuleb tootmises kasutada keskkonnasõbralikku disaini, ennetada saaste tekkimist, suurendada energiatõhusust ning tegeleda ettevõtete vahelise materjalide ja energia vahetamisega. (Kapur & Graedel, 2004) Tööstuslik ökosüsteem aitab ettevõtetel vähendada kulusid toorainele ja jäätmekäitlusele, teenida tulu jäätmete ja kõrvalsaaduste müügi pealt, vähendada prügilasse ladestatava jäätmete ja õhku paisatava CO<sub>2</sub> hulka ning lisaks loob võimaluse uuteks ettevõteteks (Ntasioua & Andreoua, 2017).

Nagu ka tööstusliku ökosüsteemi eesmärk on majandusliku efektiivsuse suurendamine võimalikult väikse keskkonnakahjuga, siis sarnane on ka ringmajanduse põhimõte. Ringmajanduse all mõistetakse suurema tähelepanu pööramist ümbertöötlemisele/taaskasutusele, väärtuslike materjalide kao ennetamist, uusi majandusmudeleid, mille aluseks on näiteks ökodisain ja tööstussümbioos, mis aitaksid märkimisväärselt vähendada jäätmete teket, uute töökohtade loomist uute keskkonnahoidlike ärimudelite läbi, säästvat suhtumist keskkonda ja ressursidesse (Virunurm, 2016).

Tööstuslikku ökosüsteemi on nimetatud mitmeti, kuid põhimõte on neil siiski sama. Erinevate nimetuste all on räägitud tööstuslikest ökosüsteemidest, ökotööstusparkidest, tööstuslikest ökoparkidest, tööstuslikest metabolismidest, säästlikkuse saartest, tööstusliku taaskasutuse võrgustikest ning kõrvalproduktide sünergiatest. (Jaanimägi, 2011) Käesolevas uurimistöös kasutatakse läbivaldt terminit *tööstuslik ökosüsteem*.

Tööstuslikud ökosüsteemid võiksid ja peaksid tegutsema vastavalt looduses toimuvatele põhimõtetele. Mitmekesisus on looduslikule ökosüsteemile üks omasemaid tunnuseid. See toetab looduslikku jätkusuutlikust näiteks töödeldes ümber esmaseid elemente, tasakaalustades heidete koguhulka ja vähendades jäätmete kogunemist. Kui tööstuslikus ökosüsteemis on erineva suurusega ettevõtteid erinevatelt tööstusaladelt, siis see suurendab jäätmete ja kõrvaltoodangu vahetamist ettevõtete vahel. Lisaks maandab äririske, vähendab reostust, parandab avalikku kuvandit ja soodustab keskkonnasõbralikku lähenemist. Mida rohkem on tööstuslikus ökosüsteemis ettevõtteid, mis tegelevad materjalide taaskasutamise, parandamise, ümber töötlemise ja taastamisega, seda stabiilsem ja terviklikum on süsteem. (Geng & Côté, 2007)

Tööstuslikus ökosüsteemis on tähtsal kohal koostöö, kuna sellega saavutatakse suurem kasu, kui tegutsedes omaette. Tänapäeval kasutatakse palju terminit „ökotööstuspark“, kuid tööstuslikud ökosüsteemid ei pea olema tingimata „pargi“ rangetel aladel, vaid materjalide vahetusega tegelevad ettevõtted võivad asetseda ka laiemalt. (Ehrenfeld & Chertow, 2002) Tööstuslikud ökosüsteemid jagunevad viite tüüpi ning neid on kirjeldatud peatükis 2.

Kuna igasugust vahetust ei saa pidada tööstusliku ökosüsteemiks, siis on sellele seatud oma nõudmised. Eristamaks tööstusliku ökosüsteemi teistest vahetustüüpidest on Chertow (2007) välja pakkunud miinimumkriteeriumi, mis tähendab, et kaasama peab vähemalt kolme erinevat üksust (ettevõtet) ja kahte erinevat ressursi. Kui need nõuded on täidetud, siis on tegemist tööstusliku ökosüsteemi põhitüübiga. (Chertow, 2007)

### **1.1.1 Loodud ja isetekkelised süsteemid**

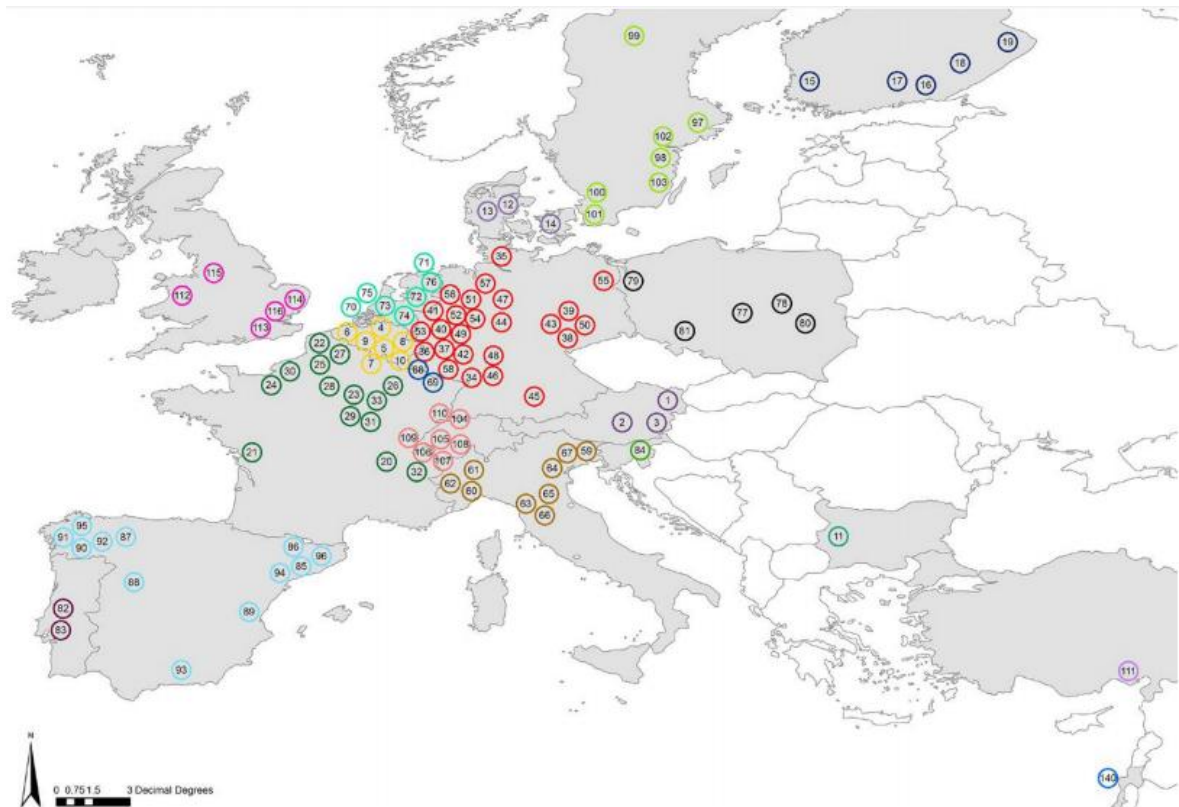
Tööstuslikud ökosüsteemid jagunevad peamiselt kaheks: loodud ehk planeeritud ja isetekkelisteks ökosüsteemideks. Loodud süsteem sisaldab planeerimist ja teadlikke jõupingutusi erinevate tööstusharude kindlakstegemiseks nii, et need saaksid omavahel ressursse vahetada. USA-s moodustatakse tavaliselt sellise projekti elluviimiseks huvirühm, mis koosneb erinevatest osapooltest. Lisaks kaasatakse vähemalt üks valitsusasutus või selle allasutus, millel on volitused erinevateks toiminguteks või mis saab projekti rahaliselt toetada. (Chertow, 2007) Üks tuntud näide loodud tööstuslikust ökosüsteemist Euroopas on Rotterdam Harbour Hollandis (Saikku, 2006).

Paljudes riikides tegutsevad organisatsioonid või süsteemid, mis koordineerivad tööstuslike ökosüsteemide rajamist ja igapäevast tegutsemist. Soomes on selliseks süsteemiks FISS (*Finnish Industrial Symbiosis System*). Süsteem põhineb Suurbritannia sarnase süsteemi meetodikale nimega NISP (*National Industrial Symbiosis Program*), mis on kohandatud Soome olustikuga. FISSi eesmärgiks on edendada eelkõige selliseid sümbioose, mida muidu oleks väga keeruline ellu viia. Igapäevaselt hoolitsetakse ettevõtete vahelise koostöö toimimise eest. Näiteks tegeletakse ettevõtluse edendamise, ressursiteabe vahendamise, võrgustike loomise ning rakendamisele kaasa aitamisega. Samuti aidatakse ettevõtetel leida uusi ressursivahetusvõimalusi ja partnereid. Praegu tegutseb selle süsteemi kaudu 623 ettevõtet ning omavahel vahetatakse 4734 erinevat ressursi. (FISS, 2018)

Isetekkelised süsteemid on tekkinud aga vajadusest vahetada ressursse teiste ettevõtetega oma eesmärkide saavutamiseks nagu näiteks kulude vähendamine, tulude suurendamine või ettevõtte laiendamine. Ressursside vahetamine algab proovimise teel ning kui vahetused õnnestuvad ja osapooled on nõus jätkama, siis nii ka tehakse. Esialgu ei nimetata selliseid vahetusi „tööstuslikuks ökosüsteemiks“, vaid see kujuneb välja aja jooksul. (Chertow, 2007) Tuntumad isetekkelised tööstuslikud ökosüsteemid on näiteks Kalundborg Taanis ja Styria Austrias (Saikku, 2006).

Lisaks eelnevalt kirjeldatud tööstuslikele ökosüsteemidele on Chertow ja Ehrenfeld (2012) kirjeldanud veel kolme mudelit tööstuslikest sümbioosidest. Esimeseks on „Ehita ja värba“ mudel (*The Build and Recruit Model*), kus avaliku või erasektori arendajad loovad tööstuspiirkonna ja otsivad seejärel sinna sobilikke rentnikke. See on väljakujunenud ja edukas majandusarengu mudel, milles keskendutakse keskkonnanahoiule. Teiseks on „Kaasajastatud tööstuspark“ (*The Retrofit Industrial Park Model*), kus varasemalt loodud tööstuspark ehitatakse ümber ökotööstusparkiks. Võimalikuks ohuks peetakse seda, et ressurside vahetamisega seotud väärtused ja normid ei ole veel süvenenud ja edu sõltubki ettevõtetest endist, kuidas nad aktsepteerivad neid väärtusi ja norme, mis viivad koostööni. Kolmandaks mudeliks on „Ringmajanduse ökotööstuspark“ (*The Circular Economy Eco-Industrial Park Model*), mis tekkis Hiinas ja eesmärk on suurendada majanduskasvu samal ajal vähendades keskkonnamõju.

Järgneval joonisel (Joonis 1.1.1.1) leheküljel 12 on märgitud ülevaatalises uuringus (Massard *et al.*, 2014) käsitletud tööstuslikud ökosüsteemid. Kokku uuriti 206 tööstusparki, millest 116 kohta (märgitud kaardil) leiti piisavalt infot, et kaasata valimisse. Kaart annab ülevaate tööstuslike ökosüsteemide paiknemisest Euroopas.



Joonis 1.1.1.1. Tööstuslikud ökosüsteemid Euroopas (Massard *et al.*, 2014)

Uute tööstuslike ökosüsteemide loomisel on nii soodustavaid kui ka takistavaid tegureid. Järgnevalt tuuakse välja seitse tegurit, mis mõjutavad tööstuslike ökosüsteemide loomist ja toimimist ka pikemas perspektiivis. Esimeseks oluliseks teguriks on jätkusuutlikule arengule pühendumine, kus ettevõtete strateegia, eesmärgid ja tulemuslikkuse näitajad peavad motiveerima töötajaid arendama ja osalema projektides, mis aitavad kaasa ettevõtte ja kohaliku piirkonna jätkusuutlikule arengule. Teiseks on informatsiooni piisavus ja õigsus. Üksikasjalik info jäätmevoogude ja koguste kohta aitab kaasa piirkondlikule ressursside vahetamise sünergiale. Koostöö ja usaldus, teabe jagamine ja võrgustiku arendamine on uute projektide puhul määrava tähtsusega tegurid. Seejuures võib abiks olla asutus, mis koordineerib projekti kulgu. Tehnilised barjäärid võivad kujuneda suureks probleemiks loodavas tööstuslikus ökosüsteemis. Sel puhul tasuks pöörduda vastavate spetsialistide või uurimisasutuste poole. Veel võib takistuseks osutuda juriidiline osa, millega sätestatakse näiteks kindlad nõuded taaskasutamisele või kõrgemad maksud jäätmete kõrvaldamiseks. Ka ühiskonna teadlikkus tööstuste mõjust keskkonnale ja majandusele võib uute projektide elluviimise peatada. Tõhus suhtlus ühiskonna ja tööstuste vahel otse või läbi keskkonnaharidusprogrammide aitab tagada õige informatsiooni. Lisaks keskkonnahoiule oodatakse tööstuslike ökosüsteemide toimimisest ka majanduslikku kasu.

Majanduslik kasu võib väljenduda nii suuremates tuludes, väiksemates kuludes või kindlas materjali või energia tarnetes. (Golev *et al.*, 2014)

### **1.1.2 Tööstuslike ökosüsteemide projekteerimise põhimõtted**

Jouni Korhonen (Korhonen, 2001) on välja pakkunud neli põhimõtet, mis on tööstusliku ökosüsteemi aluseks. Nendeks on ringlus, mitmekesisus, lokaalsus ja järkjärguline muutus. Ainete ja energia ringlus peaks soodustama taastuvate loodusvarade, jäätmete, jäätmeenergia ja jäätmekütuste kasutamise suurendamist. Mitmekesine koostöö võib hõlbustada süsteemide olemasolu, kus osalejad kasutavad teineteise jäätmeid ja energiat. Sisendite-väljundite puhul on samuti mitmekesisus oluline, kuna elektri jaam võib töötada nii traditsioonilise kivisöe ja naftaga, aga samas alternatiivse turba, puidutööstuse jäätmetega või tööstusest pärineva taaskasutatava kütusega. Lokaalsus tähendab, et lähestikku asetsevad ettevõtted kohanevad üksteise tingimustega ning teevad vastastikku koostööd. Samuti vähenevad kulutused transpordile. Planeeritud tööstusliku ökosüsteemi loomisel on oluline, et kõik toimiks järkjärguliselt, kuna kiiresti luua sellist süsteemi nullist on võimatu (Chertow, 1999). Süsteemi rajamisel tuleks õppida olemasolevate tööstuslike ökosüsteemide tugevustest ja neid ära kasutada. Tööstussüsteemides peaks järgima looduslike süsteemide ajatsükli, mis on järkjärguline. (Korhonen, 2001)

Tööstusliku ökosüsteemi rajamise juures on olulisteks teguriteks geograafiline lähedus ning ettevõtete paigutus, sest mida lähedamal asetsevad ettevõtted, seda lihtsam on teha koostööd. Lisaks on tähtis tehnoloogilise innovatsiooni kasutamine ja selleks on välja pakutud vahendeid, mis aitavad jälgida tegelikku taaskasutamist ettevõtete vahel. Edukas sümbioos sõltub paljudest erinevatest teguritest sealhulgas seadusandlusest, erasektori algatusest, kõrgtehnoloogia kasutamisest, rahalistest stiimulitest, toodete ja teenuste turuväärtustest. (Ntasiou & Andreou, 2017)

Nii tööstusliku ökosüsteemi rajamise kui ka igapäevases töös tuleb silmitsi seista erinevate väljakutsetega. Suurbritannias läbi viidud uuringus toodi välja viis peamist tegurit, mis iseloomustavad tööstuslike ökosüsteemide arengut ja toimimist. Nendeks on tehnilised tegurid (füüsilised, keemilised ja asukohapõhised tegurid, sisendid-väljundid jm), poliitilised tegurid (keskkonnapoliitika, seadused, määrused, maksud), majanduslikud tegurid (jäätmete ja kõrvaltoodangu väärtus, investeeringute suurus jm), kommunikatsioon (õige ja õigeaegse teabe

kättesaamine) ja organisatoorsed tegurid (avatus uutele ideedele, riskide tajumine, koostöö huvigruppide vahel jm). (Mirata, 2004)

Kui tööstuslik ökosüsteemi loomisega on algust tehtud, siis tuleb igapäevaselt tegeleda selle juhtimisega. Eesmärgiks on tagada pargi igapäevane sujuv töö, lahendada jooksvalt tekkinud küsimusi pargi edasi arendamiseks, meelitada investoreid ning luua sotsiaalselt atraktiivseid töökohti. Pargi juhtimiseks on vaja asjakohaseid meetmeid, et juhtida pargi tasemel riske ja õnnetusi, hoida pidevat ühendust huvigruppidega, tegelda koolituste vajaduste väljaselgitamisega ja teadmiste jagamisega pargi siseselt. (The World Bank Group, 2017)

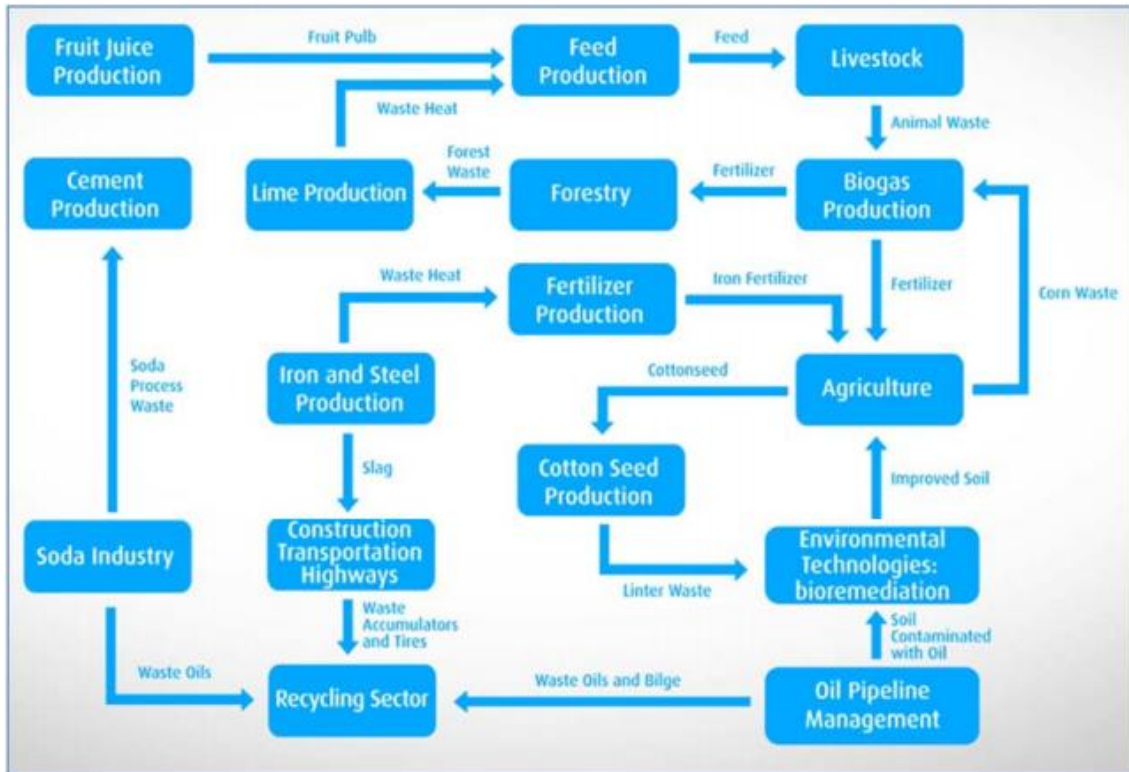
## 1.2 Iskenderun Bay

Iskenderun Bay on planeeritud tööstuslik ökosüsteem Türgis, mis kasvas välja pilootprojektist koostöös Suurbritannia ettevõttega. Tegemist on kõige suuremamahulisema tööstusliku ökosüsteemi projektiga Türgis, mille eesmärgiks oli tutvustada ettevõtetele tööstusliku ökosüsteemi võimalusi ja teha eeltööd riikliku tööstusliku ökosüsteemi loomiseks. 2011.-2014. aastal viidi läbi see pilootprojekt, mille käigus moodustati võrgustik koosnedes 264 ettevõttest ja nende vahel leiti üle 500 võimaliku seose, millest 10 valiti välja ja uuriti põhjalikumalt. Kui rakendada uuritud 10 võimalikku ressursivahetust ettevõtete vahel, siis oleks võimalik säästa:

- 327 250 tonni tahkeid jäätmeid, mis muidu läheks prügilasse,
- 33 580 MWh energiat ja sellega seotud 36 700 tonni CO<sub>2</sub>,
- 6 370 500 dollarit aastas, mis jääks alles ettevõtetele. (Alkaya *et al.*, 2014)

Koostöös ettevõtetega otsustati, et uuritud kümnest ressursivahetusest neli saavad nad ise korraldada. Kahe võimaluse puhul tõdeti, et need on majanduslikult tasuvad ja selleks tuleb teha mõningad investeeringud. Ettevõtted olid sellest huvitatud ja jätkasid võimaliku koostöö teemadel. Ühe võimaliku vahetuse puhul otsivad ettevõtted veel parimat võimalikku tehnoloogiat, mis oleks ka võimalikult odav. Ülejäänud kolme vahetuse puhul tuleb läbi viia kas turuuringud või uurida seadusandlikku poolt, et keskkonnaalane aspekt oleks maksimaalne. (Alkaya *et al.*, 2014)

Järgneva joonise 1.2.1 peal on uuringu autorite poolt välja pakutud ressursivahetused ettevõtete vahel Iskenderun Bays.



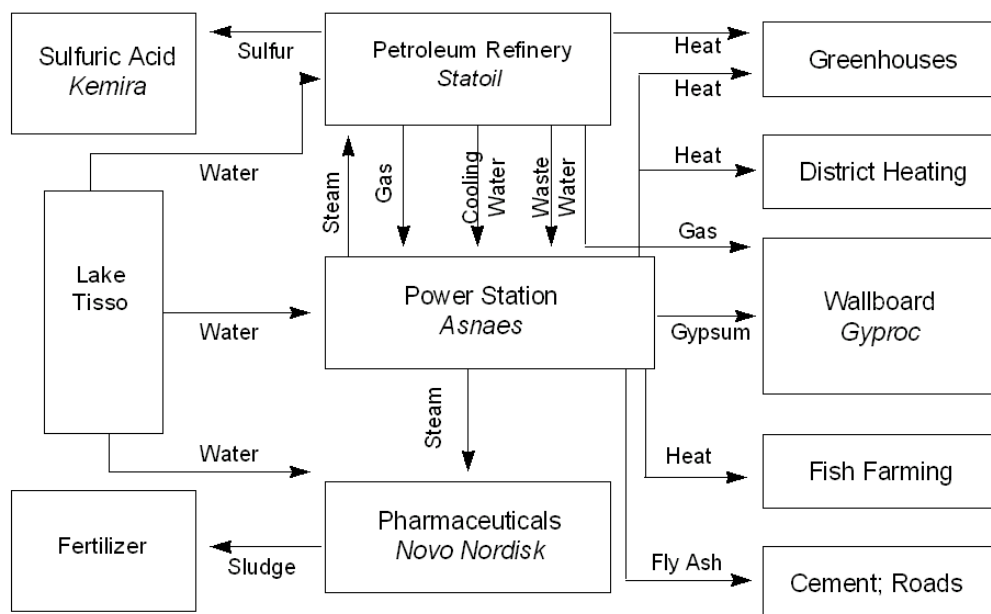
Joonis 1.2.1. Tööstusliku ökosüsteemi rakendamine Iskenderun Bays (Alkaya *et al.*, 2014)

Siiani suurimaks võiduks saab pidada lahendust mahlatootmises ühe aasta jooksul tekkivale 12 000 tonnile kõrvaltoodangule. Nimelt tekib peale mahla pressimist palju üleliigset viljaliha, mis muidu läks prügilasse. Kuna analüüsid näitasid, et viljalihast saab teha loomasööta, siis otsiti lahendus kuidas seda kuivatada. Lähedal asuv lubjakaevandus otsis samal ajal lahendust neil tekkivale jääsoojusele ning sellest saigi koostöö kolme ettevõtte vahel. Mahlatööstuse kõrvaltoodang kuivatatakse lubjakaevanduse jääsoojusega ning söödatehas toodab sellest kvaliteetset loomasööta. (International Synergies, 2018)

Sellise kolmepoolne sünergiaga kasutatakse ära 115 tonni naftakoksi jääsoojust ja vähendatakse süsinikdioksiidi heitkoguseid 3500 tonni võrra aastas. Lisaks taaskasutatakse igal aastal 12 000 tonni kõrvaltoodangut, millest valmistatakse 1400 tonni loomasööta. (International Synergies, 2018) Kuna projekt on veel üsna uus, siis järgmised saavutused on veel tulemas.

## 1.3 Kalundborg

Siiani üks kõige tuntum näide isetekkelisest tööstuslikust ökosüsteemist on Kalundborg Taanis. Algselt hakkasid sealsed ettevõtted koostööd tegema põhjusel, et vesi oli selles Taani piirkonnas suhteliselt piiratud loodusvara. Põhjavee kasutamise vähendamiseks hakkasid Kalundborgi tööstuspartnerid tootmises kasutama Tissø järve vett ning 1961. aastal alustati järvest 13 km pikkuse jahutusvee torustiku ehitamist rafineerimistehaseni. (Urbel-Piirsalu, 2018; Christensen, 2014) Järgneval joonisel (Joonis 1.3.1) on välja toodud suuremad ettevõtted, mis moodustavad tööstusliku ökosüsteemi Kalundborgis.



Joonis 1.3.1. Kalundborgi tööstusliku ökosüsteemi peamised ettevõtted ja nende vahelised vahetused (Wernick & Ausubel, 1997)

Kalundborgi ökosüsteemis on mitmeid ettevõtteid, kuid kuus suuremat on järgmised:

Asnæs elektrijaam – üks suurimatest kivisöel põhinevatest elektrijaamadest Taanis

Statoil – naftatöötlemistehas, mis kuulub Norrale

Novo Nordisk – biotehnoloogia ettevõtte, suurim insuliini ning tööstuslike ensüümide tootja

Gyproc – Rootsi ettevõtte, mis toodab kipsplaate ehitustööstusele

Kalundborgi linn - köetakse kaugküttesüsteemiga Asnæsi elektrijaamast tuleva jääksoojusega

Bioteknisk Jordrens – maaparandusettevõtte, mis ühines ökosüsteemiga 1998. aastal.

(Francis & Erkman, 2001; Urbel-Piirsalu, 2018)



Esimeses ettevõtetevahelises koostööprojektis osalesid Gyproc ja praegune Statoil. Koostöö algus seisnes gaasitorustiku rajamises, et kasutada Statoilis nafta rafineerimisel kõrvaltoodanguna tekkivat gaasi kipsi kuivatamiseks Gyproci tehases. Aja jooksul tekkis veel teisigi koostöö võimalusi ettevõtete vahel. Asnæs elektrijaam kasutab Statoilist tulevat jahutusvett. Elektrijaam sõlmis kohaliku omavalitsusega kokkuleppe auru tarnimiseks Statoilile ja Novo Nordiskile. (Christensen, 2014) Veel käivad suuremad koostööd elektrijaama ja Gyproci tehase vahel, tarnides viimasele peamist toorainet – kipsi. Novo Nordiskil tekib suurtes kogustes töödeldud muda, mida kasutavad lähedal asuvad talunikud väetisena. Statoilil üle jääv gaas tarnitakse elektrijaama ja Gyproci tehasesse, kus kasutatakse seda energiaallikana. Asnæs elektrijaama jääsoojus kasutatakse ära linna kaugküttes. (Francis & Erkman, 2001) Linna reoveepuhastist tekkiv jääkmuda töötleb Bioteknisk Jordrens ümber kvaliteetseks mullaks (Urbel-Piirsalu, 2018).

Tulemusteks on Kalunborgis vähenenud tootmisressursside kasutamine ning silmapaistvalt väiksem keskkonnamuutus. Jäätmeid vahetatakse igal aastal 2,9 miljoni tonni ulatuses, vee kasutamine on vähenenud 25% ja seoses vee ringlusesse võtuga on elektrijaama veetarbe hulk vähenenud ligi 60%. Lisaks saavad koostööpartnerid materiaalset kasu, jagatakse töötajaid, seadmeid ja informatsiooni. (Saikku, 2006)

Christensen on kirjutanud Kalunborgi 40. aastapäeva raamatus, et Kalunborgi tööstuslik sümbioos tekkis tänu ettevõtete vahelisele suhtlusele. Suure tähelepanu osaks sai Kalunborg tänu pidevale suhtlusele välismaailmaga ning mõtete vahetamisele. Selline avatud suhtlus aitab leida koostööpartnereid, mõttekaaslasi ja toetajaid. (Christensen, 2014)

## **1.4 Probleemid ja jäätmete olulisus**

Majandusarengu edenedes suureneb ka tahkete jäätmete hulk kiiresti. Jäätmetekkel ja selle käitlemisega seonduvatel probleemidel on suur mõju ühiskonnale, inimese tervisele, paljudele kogukondadele, riikidele ja rahvastele üle maailma. Üheks suurimaks mõjutajaks on USA, kuna jäätmete kogused on väga suured. Tahkete jäätmete käitlemine on olnud ja jääb jätkuvalt suurimaks probleemiks üle maailma. (Zhang *et al.*, 2016)

Hinnanguliselt kolmandik kogu maailmas toodetavast toidust lõpeb tarbijate ja jaemüüjate prügikastides või rikneb kehva transpordi ning saagi koristamise tagajärjel (United Nations, 2018). Kokku tekkis jäätmeid 2014. aastal Euroopa Liidus 2503 miljonit tonni, millest tööstusjäätmed moodustasid 10,2%. Kõige suurem osa oli ehitusjäätmetel (34,7%) ja kaevandusjäätmetel (28,2%). Tegemist oli aastate 2004-2014 kõige suurema tekkinud jäätmete kogusega ja sama aasta statistika näitab, et Eesti oli esimesel kohal jäätmete, välja arvatud peamiste mineraaljäätmete tekke järgi elaniku kohta. Selleks oli 9,5 tonni jäätmeid elaniku kohta, mis on võrreldes Horvaatiaga (723 kg elaniku kohta) väga palju. Suur osa jäätmeid oli seotud põlevkivitööstusega. (Eurostat, 2017)

Taoliste olukordade vältimiseks on käivitatud mitmeid programme ja püüdlusi puhtama elukeskkonna poole. ÜRO koordineerib säästva arengu programmi, millel on kokku 17 eesmärki ja kõik riigid viivad need ellu 2030. aastaks. 12. eesmärgiks on tagada säästev tarbimine ja tootmine, millega tahetakse saavutada loodusvarade säästev majandamine ja tõhus kasutamine, vähendada jäätmete hulka, tõsta inimeste teadlikkust jätkusuutlikkusest jpm. (United Nations, 2018)

„Riigi jäätmekava 2014–2020“ on kogu Eesti jäätmevaldkonda hõlmav arengudokument, milles kirjeldatakse olulisemaid jäätmevaldkonna arengu põhimõtteid ja meetmeid koos ettenähtava tegevusega seitsmeks aastaks, et kooskõlas teiste asjasse puutuvate valdkonna arengukavadega saavutada jäätmeseaduses püstitatud jäätmepoliitika eesmärgid (Eesti Keskkonnaministeerium, 2014). Riigi jäätmekava aastateks 2014-2020 seostub eelkõige kaasaegse tootedisaini, ressursse kokkuhoidva puhta tootmise ja kord juba toodetud materjalide ringlussevõtuga. Jäätmete käitlemisel lähtutakse jäätmekäitluse hierarhiast, mis on välja toodud joonisel 1.3.1 ning selle kohaselt tuleb esmajärjekorras vältida jäätmete teket. Kui see osutub võimatuks, siis tuleb jäätmeid võimalikult palju ette valmistada korduskasutamiseks, siis ringlusesse võtta ja muul viisil taaskasutada nii, et võimalikult vähe peaks prügilasse ladestama. (Eesti Keskkonnaministeerium, 2014; Eesti Keskkonnaministeerium 2018)



Joonis 1.3.1. Jäätmehierarhia (Eesti Keskkonnaministeerium, 2018)

2017. aasta seisuga töötab Eestis viis tavajäätmeprügilat. Prügila olemasolu tähendab ka keskkonnariske nagu prügilavesi, prügilagaas, hais, lendpraht, kahjurid ja linnud, müra, tolm, pori ja prügilapõlengud (Virunurm, 2016). Tulenevalt jäätmekavast ja jäätmeseadusest tuleb tekkinud jäätmeid võimalusel korduvalt kasutada (Eesti Keskkonnaministeerium, 2014).

Tänapäeval on paljude materjalide taaskasutamiseks ja ümbertöötlemiseks välja mõeldud erinevaid tehnoloogiaid ja viiakse läbi projekte, millega tahetakse suurendada jäätmete taaskasutamist ja inimeste teadlikkust. Euroopa tekstiilitööstuses tekitavad igal aastal 12 miljonit tonni tekstiilijäätmeid, millest enamik ladestatakse prügilates (65%) ning osa põletatakse (18%). Tekstiilijäätmete väärindamine on kasumlik ja vähendab keskkonnamõju. INPAT on projekt, mille eesmärgiks on luua tekstiilijäätmetest tulus toode, milleks on müratökkepaneelid ehitistele. (INPAT, 2018) Teine projekt nimega RESYNTEX on Euroopa Liidu rahastatud projekt, mille eesmärgiks on tekstiilijäätmete tekkimise vähendamine ja nende ümbertöötlemine sekundaarseks tooraineks. Samas on ka projekti olulisus suurendada üldist teadlikkust tekstiilijäätmete ja ringmajanduse osas. (RESYNTEX, 2018) Tulenevalt ÜRO säästva arengu programmist on selliste projektide läbiviimine ja avalik teavitamine väga oluline (United Nations, 2018).

Igal aastal satub ookeanisse hinnanguliselt 4,8-12,7 miljonit tonni plastikjäätmeid. See on aina enam muret tekitavam teema, sest plastik püsib pikka aega muutumatuna, kuid ilmastiku muutuste tõttu laguneb see väikesteks osadeks ja satub nii paljude mereloomade toiduks. Lisaks

on väikeste plastikosade eemaldamine ookeanist väga keeruline ja see tähendab, et kõige parem on vältida jäätmete teket. (Jambeck *et al.*, 2015)

Maailmakuulsad spordirõivaste tootjad Nike ja Adidas on oma tootmises hakanud rõhku panema keskkonna säästmisele. 2015. aastal avaldas Adidas esimese prototüübi jooksujalatsitest, mis olid valmistatud ookeanis leiduvast plastikjätmetest ning kolm aastat hiljem on selliseid jalatseid müüdnud üle miljoni paari (Pesti, 2015; Ruuda, 2018). Samuti on Nike hakanud tootma jalanõusid, mis on valmistatud 50% ulatuses taaskasutatavast nahakiust (Nike News, 2017).

## 2 MATERJAL JA METOODIKA

Antud magistritöö üks eesmärkidest oli teada saada Tartus juba toimivad tööstuslikud ökosüsteemid. Järgnevalt tuuakse välja tööstuslike ökosüsteemide jagunemine viieks tüübiks. Selle põhjal tuuakse välja, mis tüüpi tööstuslikud ökosüsteemid Tartus toimivad. Chertow on välja pakkunud materjalide vahetuse alusel viis erinevat tüüpi:

- I tüüp – juhuslikult tekkinud jäätmete vahetus

Esimesse tüüpi kuuluvad jäätmete vahetused, mis tavaliselt on tegelikult ühesuunalised, kuna antakse või müüakse ära materjale kas heategevuse korras või läbi vahendajate. Tegemist on üldjuhul materjalidega, mida on raske tootmises uuesti kasutada. Siia alla kuuluvad näiteks vanametalli kokkuostjad.

- II tüüp – ettevõtte või organisatsiooni sisene jäätmete vahetus

Mõned materjalivahetused toimuvad ettevõtte või suurema organisatsiooni siseselt. Jäätmeid vahetatakse erinevate osakondade vahel viies nii jäätmete tekke miinimumini.

- III tüüp – lähestikku asuvate ettevõtete vaheline jäätmete vahetus

Kuna ettevõtted asetsevad lähestikku või isegi samas tööstuspargis, siis on võimalik vahetada ressursse nagu energia, vesi, erinevad jääkmaterjalid ja informatsioon.

- IV tüüp – samas piirkonnas asuvate ettevõtete vaheline jäätmete vahetus

Neljas tüüp ühendab endas juba olemasolevad ettevõtted, kes vahetavad materjale ja samas annab võimaluse ka uutele, kui mingile materjalile pole antud piirkonnas kasutust.

- V tüüp – laiemas geograafilises piirkonnas toimuv jäätmete vahetus

Siia kuuluvad üksteisest kaugel asuvad ettevõtted, kes teevad koostööd. Oluliseks peetakse virtuaalse ühenduse hoidmist ning pidevat suhtlust.

(Chertow, 2000)

## 2.1 Tartu linna tootmisettevõtete kirjeldus

Tartu on suuruselt teine linn Eestis, mille elanike arv 8. mai 2018. aasta seisuga on 99 613. Alates möödunud aasta novembrist peale riikliku haldusreformi on Tartu linna pindalaks 153,99 km<sup>2</sup>, mis on varasemast ligi neli korda suurem. 2017. aasta seisuga on Tartu linna registreeritud 883 põhitegevusalaga töötleva tööstuse ettevõtet. Suurimad müügitulu teenijad olid 2016. aastal toiduaine-, puidu-, metalli- ja trükitööstus. (Tartu Linnavalitsus, 2017; Tartu Linnavalitsus, 2018)

Maailma mastaabis siiski väga väikeses linnas on esindatud hulk erinevaid tööstusharusid. Uurimistöö valimisse kuulusid ettevõtted järgmistelt aladelt: metallitööstus, puidutööstus, tekstiilitööstus, trükitööstus, toiduainetööstus, jalatsitööstus, betoonitööstus, vesi- ja kanalisatsioon, sooja tootmine, pakenditööstus ja jäätmekäitlus. Lisaks uurimuses osalejatele, kaasatakse ka ettevõtteid valdkonna nimetuse järgi, kes võiksid veel osaleda Tartu tööstuslikus ökosüsteemis, moodustades nii ühtse terviku. Seda kirjeldatakse peatükis 4.

## 2.2 Valimi koostamine

Uurimistöö jaoks moodustati Tartu tootmisettevõtetest valim. Esialgu koosnes see Eesti mõistes suurematest ettevõtetest, kuid uurimuse käigus selgus, et osa neist ei ole huvitatud või ei taha oma andmeid jagada. Need ettevõtted asendati samalaadsete tootmisettevõtetega nii, et esindatud oleks võimalikult erinevad tööstused. Peale muudatuste tegemist jäi valimisse 11 tootmisettevõtet ning 1 jäätmekäitlusega tegelev ettevõte.

Ettevõtete nimesid töös ei avaldata ja nende eristamiseks kasutatakse lühendeid. Edaspidi kasutatakse töös järgnevaid lühendeid:

- ME – metallitööstus (Jaguneb ME1 ja ME2)
- PU – puidutööstus
- TE – tekstiilitööstus
- TR – trükitööstus

- TO – toiduainetööstus
- JA – jalatsitööstus
- BE – betoonitööstus
- VE – vesi ja kanalisatsioon
- SO – sooja tootmine
- PA – pakenditööstus
- JÄ – jäätmekäitleja

## 2.3 Andmekogumismeetod

Andmete kogumiseks kasutati nii suulise kui ka kirjaliku intervjuu meetodit. Meetodi rakendamiseks võttis töö autor ühendust valitud ettevõtetega e-maili ja/või telefoni teel. Andmed tootmise sisendite ja väljundite kohta esitati kas e-maili teel või suuliselt kokkusaamisel. Kokku külastas autor seitset ettevõtet ning sealt saadi suulised andmed. Neli ettevõtet saatsid andmed e-maili teel, üks ettevõtte edastas andmed suuliselt telefoni teel. Töö autor uuris ettevõtete esindajate käest tootmise sisendite ja väljundite (jäätmed, kõrvaltoodang) kohta. Lisaks kas hetkel on toimivaid jäätmevahetusi teiste ettevõtetega või kas kasutatakse ise muu tootmisettevõtte jäätmeid. Kolmandana uuriti, mida tehakse või kellele antakse üle erinevad jäätmed hetkel. Lähtudes töö eesmärkidest koguti ainult kvalitatiivseid andmeid.

## 2.4 Andmete töötlemine

Kogutud andmete töötlemiseks kasutas töö autor programmi MS Excel 2007. Tööstusliku ökosüsteemi koostamiseks ja visualiseerimiseks kasutati vabavara STAN.

## 3 TULEMUSED

Antud peatükis tuuakse välja uurimuse tulemused. Nende illustreerimiseks ja lihtsamaks jälgimiseks on autor koostanud tabeli ja joonise. Ettevõtete sisendid ja väljundid on välja toodud tabelina lisades (Lisa 1). Viimasesse veergu on märgitud, kuhu suunatakse praegu jäätmed ja üleliigsed ressursid ning hetkel toimivad koostööd kui seda on. Lisaks on koostatud joonis hetkel toimivatest ressursivahetustest Tartu tootmisettevõtetes.

### 3.1 Sisend-väljund ressursid ja olemasolevad seosed

Valimis olevate ettevõtete omavaheline seos on väike, kuid igal ettevõttel on aja jooksul kujunenud oma koostööpartnerid ning nendega vahetatakse jäätmeid. Kuna VE pakub vee- ja kanalisatsiooniteenuseid, siis kõik ettevõtted, välja arvatud BE, teevad koostööd VE-ga. Neli ettevõtet (JA, VE, TR, PA) on ühendatud SO-ga ostes tema käest soojust. Ettevõtteid PU ja TO teevad koostööd JÄ-ga, andes üle enda tootmises tekkivad pakendid. Paljud tootmised kasutavad ka teise jäätmekäitlusettevõtte teenuseid, kuid seda ettevõtet käesolevas töös ei käsitleta. Järgnevalt tuuakse välja ettevõtete vahel toimivad ressursside vahetamise tüübid vastavalt peatükis 2 välja toodud metoodikale.

ME1 ja ME2 müüvad enda metalljätmed kokkuostjale (I tüüp), kes viib jäätmed välismaale ümbertöötamiseks. Lisaks on neil koostöö VE-ga (III tüüp) ja ME2 müüb oma paberi, papi ja kile JÄ-le (I tüüp).

PU teeb koostööd puidugraanuli valmistajaga, müües enda puitjätmed sellele ettevõttele (IV tüüp). Lisaks müüb PU oma puidulaastud hobusetallidele allapanuks (I tüüp) ning puiduklotsid eraisikutele kütteks (I tüüp). Papp ja kile lähevad JÄ-le (I tüüp) ning vesi ja kanalisatsioon on ühendatud VE-ga (III tüüp). Ehitusjätmed antakse üle teisele jäätmekäitlejale (I tüüp). Pakendamiseks vajalikud vahendid ostetakse Lõuna-Eestist paberi ümbertöötaja käest.



TE müüb oma tekstiili, paberi ja kile segu jäätmekäitlejale, keda siin töös ei käsitleta (I tüüp). Kangarulle kasutatakse ettevõtte siseselt uuesti (II tüüp). Vee- ja kanalisatsiooniühendus on VE-ga (III tüüp).

TR müüb vanapaberi ja metalli samale jäätmekäitlejale nagu TE (I tüüp) ning need viiakse välismaale ümbertöötamiseks. Väike osa vanapaberit kingitakse kord aastas lasteasutustele (I tüüp). Osaliselt tegeletakse ka ettevõtte sisese taaskasutusega (II tüüp). Kile antakse tasuta kolmandale jäätmekäitlejale (I tüüp). Ohtlikud jäätmed viib ära ohtlike jäätmete käitleja tasu eest (I tüüp). Vee- ja kanalisatsiooniühendus on VE-ga (III tüüp). TR ostab soojust SO käest (I tüüp).

TO teeb koostööd talunikega, kellele müüakse õlleraba loomasöödaks ja vastupidi müüvad talunikud teravilja TO-le (IV tüüp). Samuti müüb TO jääkpärmi koostööpartneritele (I tüüp). Pakendid (alumiinium, plast) müüakse JÄ-le (I tüüp). Vee- ja kanalisatsiooniühendus on VE-ga (III tüüp).

JA tekstiili- ja poroloonijäätmed lähevad kunstikoolile (I tüüp) ja ettevõttele, mis tegeleb poksikottide ja -kinnaste valmistamisega (I tüüp). Paber ja kartong müüakse paberivabrikusse, kus see ümber töödeldakse ja sealt ostetakse ka paberitootmise jaoks (IV tüüp). Ettevõtte siseselt kasutatakse uuesti puitluseid, paberit ja pappkaste (II tüüp). Nahk ja polüuretaan antakse üle jäätmekäitlejale (I tüüp). Vee- ja kanalisatsiooniühendus on VE-ga (III tüüp). Ohtlikud jäätmed viib ära ohtlike jäätmete käitleja tasu eest (I tüüp). JA ostab soojust SO käest (I tüüp).

BE müüb tsemendi- ja betoonipuru kinnisvara arendusega tegelevatele ettevõtetele (I tüüp). Ebastandardised tänavakivid kogutakse kokku ja kui tekib vajadus, siis purustatakse ja müüakse samuti maha (I tüüp). Kile, paberkotid ja BigBagid lähevad jäätmekäitlejale (I tüüp).

VE müüb või annab tasuta ära reoveesette soovijatele (I tüüp), peamised koostööpartnerid on metsaomanikud ja põllumehed. VE-l on koostöö kõikide töös käsitletud ettevõtetega vee- ja kanalisatsiooniühendusega, välja arvatud BE-ga (III tüüp). Soojust ostetakse SO käest (I tüüp).

SO viib põllupidajatele lendtuhka väetamiseks (I tüüp) ning põhjatuhk müüakse mulla- ja haljastustöödega tegelevale ettevõttele (I tüüp). SO poolt toodetud soojust kasutavad ettevõtted PA, TR, VE ja JA (I tüüp).

PA müüb oma jäätmed jäätmekäitlejale (I tüüp). Ohtlikud jäätmed viib ära ohtlike jäätmete käitleja tasu eest (I tüüp). Vee- ja kanalisatsiooniühendus on VE-ga (III tüüp). Soojust ostetakse SO käest (I tüüp).

JÄ teeb koostööd PU ja TO-ga, ostes nende jäätmeid (I tüüp) ja suunates need ümbertöötlusesse või müües edasi välismaale. Määratud materjalid, mida ei ole võimalik ümber töödelda, lähevad põletusse.

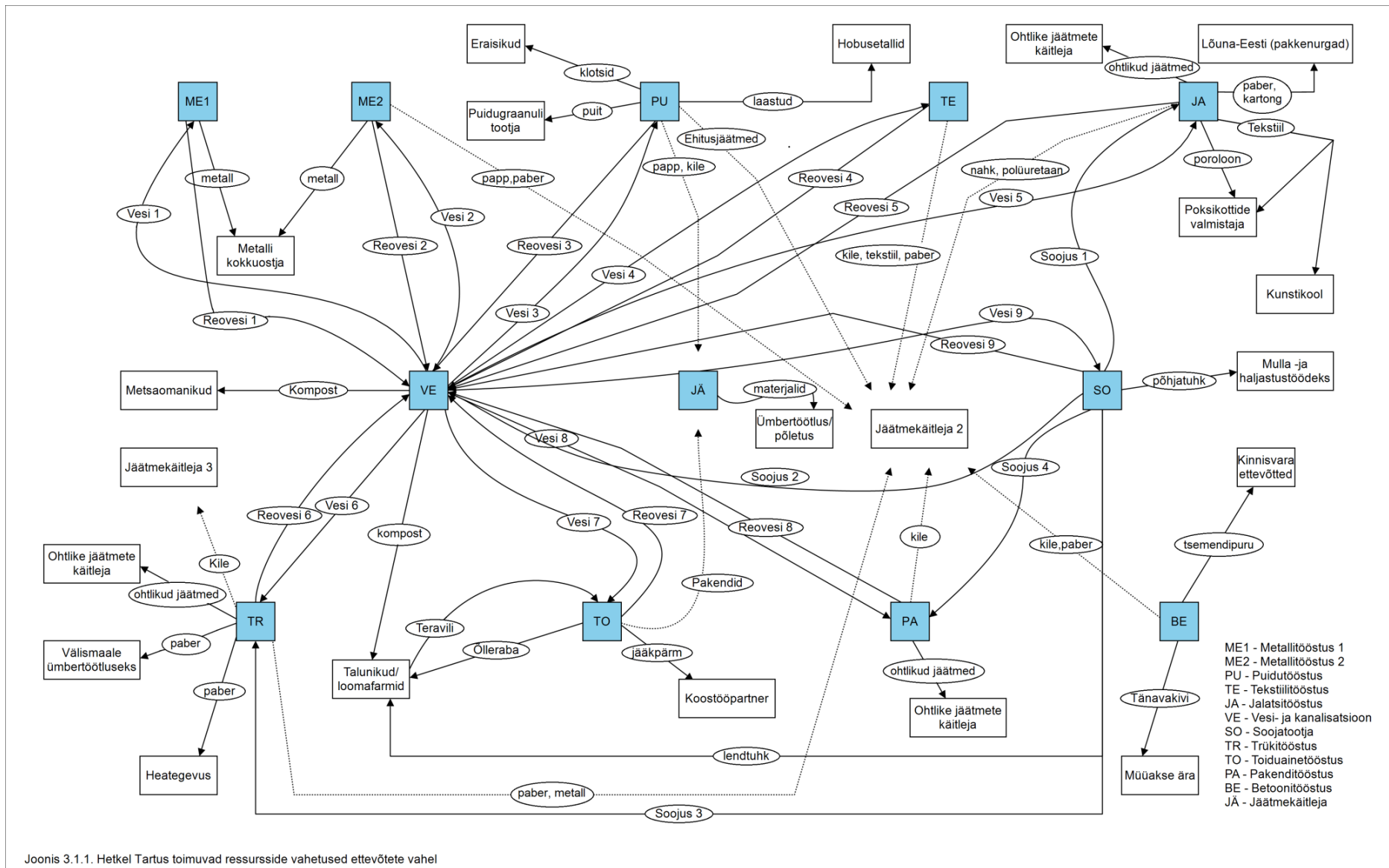
Tabel 3.1.1. võtab kokku ressursside vahetused esinemissageduste järgi. Teises veerus on välja toodud esinemissagedused arvestatud koos jäätmekäitlejatega. Kõige rohkem toimub töös käsitletud ettevõtetel ressursside vahetusi I tüüpi kohaselt (30 korda). Paljudel juhtudel antakse jäätmed üle jäätmekäitlejale või on vahetused ühesuunalised. II tüüpi vahetusi esines 3 korral, mis tähendab, et kolm ettevõtet kasutavad ressursse uuesti oma tootmise siseselt. III tüüpi ehk lähestikku asetsevate ettevõtete ressurssivahetusi esines 8 korral. Peamiselt oli tegemist vee- ja kanalisatsiooniteenuse vahetamisega. Samas piirkonnas ehk IV tüüpi ressurssivahetusi toimus 3 korral.

Tabel 3.1.1. Ressursside vahetuste arv määratud Chertow (2000) järgi

<b>Tüüp</b>	<b>Esinemissagedus jäätmekäitlejatega</b>	<b>Esinemissagedus ilma jäätmekäitlejateta</b>
I tüüp	30 korda	17 korda
II tüüp	3 korda	3 korda
III tüüp	8 korda	8 korda
IV tüüp	3 korda	3 korda
V tüüp	0 korda	0 korda

Kolmandas veerus on ressursside vahetuste esinemissagedus jättes välja jäätmekäitlejad, kuid sisse on jäätud metalli kokkuostjad, kuna vanametalli ainuke võimalus on Eestis kokkuostjatele müüa. Sellega muutusid vahetuste arvud esimese tüübi puhul ligi poole võrra (17 korda).

Jooniselt 3.1.1 leheküljel 28 on näha praegu Tartus toimuvad ressursside vahetused. Töös uuritud ettevõtted on märgitud sinist värvi ja uurimuse välised, aga toimivad vahetused on märgitud valget värvi. Ressursside vahetused jäätmekäitlejatega on märgitud punktiirnoolega.



## 4 ARUTELU

Käesoleva töö tulemused võiksid olla omavahel suuremas seoses. Koostöö VE-ga on enamik ettevõtetel, kuna VE katab pea kogu Tartu linna vee- ja kanalisatsiooni osa. Samuti kasutavad paljud ettevõtted SO teenuseid, kuna tegemist on suure ettevõttega, millega saavad liituda enamus. Osade ettevõtete puhul võib olla vähene koostöö tingitud ka sobivate ettevõtete puudusest. Kui Tartus või Eestis üldiselt oleks näiteks oma metallitöötaja või ettevõtte, kes kasutaks nahajäätmeid enda tootmises, siis oleks koostöövõimalusi oluliselt rohkem. Hetkel on küll kokkuostjad olemas, kuid ka nemad saadavad taolised jäätmed välismaale. Selline ressursside transportimine ja ümbertöötlemine kaugemal suurendab keskkonnasaastet ja kulutusi transpordile (Chertow, 1999).

Paljudel juhtudel antakse jäätmed üle jäätmekäitlejale. Ilmselt on siin põhjuseid mitmeid. Üheks on kindlasti vähene informeeritus tööstusliku ökosüsteemi ja keskkonnahoiu teemadel üldiselt. Kuigi viimastel aastatel on keskkonna teemad tõusnud oluliselt päevakorda, siis endiselt on palju inimesi ja ettevõtteid, kellele oleks vaja sel teemal nõu anda. Kohtudes ettevõtete esindajatega oli huvi tööstuslike ökosüsteemide kohta suur. See näitab, et teema läheb inimestele korda, kuid paljud ei olnud süsteemist ja selle eelistest kuulnud. Kindlasti on üheks põhjuseks ka ettevõtete omavaheline vähene suhtlus ja usaldus. See võib tulla eestlaste kinnisest loomusest, kus väga ei taheta teistega jagada seda, mis endal on olemas. Info ja oskuste vahetamisega võidaksid mõlemad (Saikku, 2006).

Kuna ettevõtete tegutsemise puhul saavad kõige määravamaks juhtkonna otsused, siis suurendades juhtide teadlikkust tööstuslike ökosüsteemide osas, suurendaks see koostööd teistega. Ettevõtte siseselt tuleks paika panna strateegiad ja eesmärgid, mis on kooskõlas keskkonnaga. Selliselt toimides ja oma töötajatele tutvustades uut motiveerivat lähenemist, oleks samm jätkusuutliku arengu poole. (Golev *et al.*, 2014)

Tartu on ettevõtete koha pealt mitmekesine, kuna esindatud on väga erinevad tööstusalad alustades toiduainetööstusest lõpetades metalli- ja puidutööstusega. Erineva suuruse ja aladega

ettevõtete kogum tööstuslikus ökosüsteemis suurendab jäätmete ja kõrvaltoodangu vahetamist ettevõtete vahel (Geng & Côté, 2007). Seega on Tartu heaks põhjaks sellise süsteemi loomisel.

Kui jätta kõrvale keskkonna alane aspekt, siis vähene koostöö võib olla tingitud ka otsese vajaduse puudumisest. Kui Kalundborgi tööstuslik ökosüsteem algas põhjavee piiratud koguse tõttu (Christensen, 2014), siis Tartus sellist probleemi pole. Kui vesi on Eestis veel suhteliselt odav, siis mõne teise ressursi pealt saaks raha kokku hoida küll. Selline kokkuhoid on ilmselt paljudele tootmistele oluliseks aspektiks kulutuste vähendamisel.

Tööstusliku ökosüsteemi loomisel ja selles osalemisel on oluline ettevõtete vaheline koostöövalmidus (Korhonen, 2001). Seetõttu peaksidki ettevõtted ise näitama initsiatiivi ja soovi tööstuslikus ökosüsteemis osalemiseks. Kindlasti peaks osalemine olema vabatahtlik, sest muidu võidakse esitada hakata valeandmeid ja sellisest koostööst ei tuleks midagi välja.

## 4.1 Võimalikud uued seosed

Lisaks juba toimivatele jäätmevahetustele pakub autor välja ka omapoolsed soovitused. Kuna Eesti on maailma mastaabis väike riik, siis paljud ettevõtted tegutsevad üle riigi ning turu väiksuse tõttu pole mõtet tootmist laiendada mitmesse linna. Seetõttu on ka järgnevad soovitused materjalide vahetamiseks üle Eestilised. Järgnevad seosed võiksid lisanduda juba toimivatele vahetustele.

Kuna SO kasutab oma tootmises loodusliku tahket kütust, siis sobib temal tekkiv jääk, puutuhk, hästi lisaks põldude väetamisele ka metsadesse. Seega saaksid ka metsaomanikud väetist SO käest. Puutuhk on väärtuslik sekundaarne tooraine, mis lisaks neutraliseerimisvõimele omab märkimisväärset väetisväärtust nii makro- kui ka mikrotoitainete seisukohast (Pitk *et al.*, 2016). Vastupidine koostöö võiks samuti hästi toimida, kui metsaomanikud müüksid enda toodangut ehk puiduhaket ja turvast SO-le. Lisaks väetamisele saab puutuhka kasutada ka valatud betoontoodete tootmiseks (Sidiqqe, 2012) ja seega sobiks puutuhk ka BE-le.

Puhastest tekstiilijäätmetest oleks võimalik toota isolatsioonimaterjali, mille soojusjuhtivus on võrdväärne tänapäeval laialt levinud kivivillale ja EPS-le (Mutli, 2017). Seega saaks TE saata tekstiilijäätmed Viljandis asuvasse ettevõttesse, mis tegeleb tekstiilijäätmete ümbertöötlemisega. Kuna tegemist on Baltikumi ja Põhjamaade suurima tekstiilijäätmete ümbertöötlejaga, siis poleks mõtet sarnast tööstust Tartusse rajada. Ümbertöötlemiseks saab minna vaid puhas tekstiil, mis tähendab, et TE peaks tegelema kohapeal sorteerimisega.

Lõuna-Eestis tegutsevad kolm tootmisettevõtet, mis kasutavad sisendina vanapaberit, tootes nii tselluvilla, pakkenurkasid ja pappi (Aasa, 2013). Nendele tootmisettevõtetele võiks suunata TR, JA, ME2, PU, TE ja JÄ paberi ja papi jäätmed. Paberivabrikus tekkivat jäätmemuda saaks kasutada betooni valmistamisel (Aasa, 2013) ning seetõttu võiks selle suunata BE-le.

Metallijäätmete taaskasutamisega Eestis ei tegeleta või väga vähesel määral. Metallijäätmete käitlemisega tegelevad metalli kokkuostjad, kes ekspordivad jäätmed laevadega peamiselt Hispaaniasse, Türgi, Aasia riikidesse, Šveitsi ja Hollandisse. (Lillepea, 2015) Sellest tulenevalt müüvad ka antud töös osalevad metallitöötlemisega tegelevad ettevõtted (ME1 ja ME2) oma vanametalli kokkuostjatele. Lisaks tekib metallijäätmeid ka TR ja TO-l ja ka nemad saavad otse oma jäätmed kokkuostjale müüa. ME1 metallijäätmete hulgas on ka suuremaid lehtmaterjali jääke, mida saaksid kasutada näiteks aedasid, väravaid ja piirdeid valmistavad ettevõtted (ME1 esindaja suulised andmed).

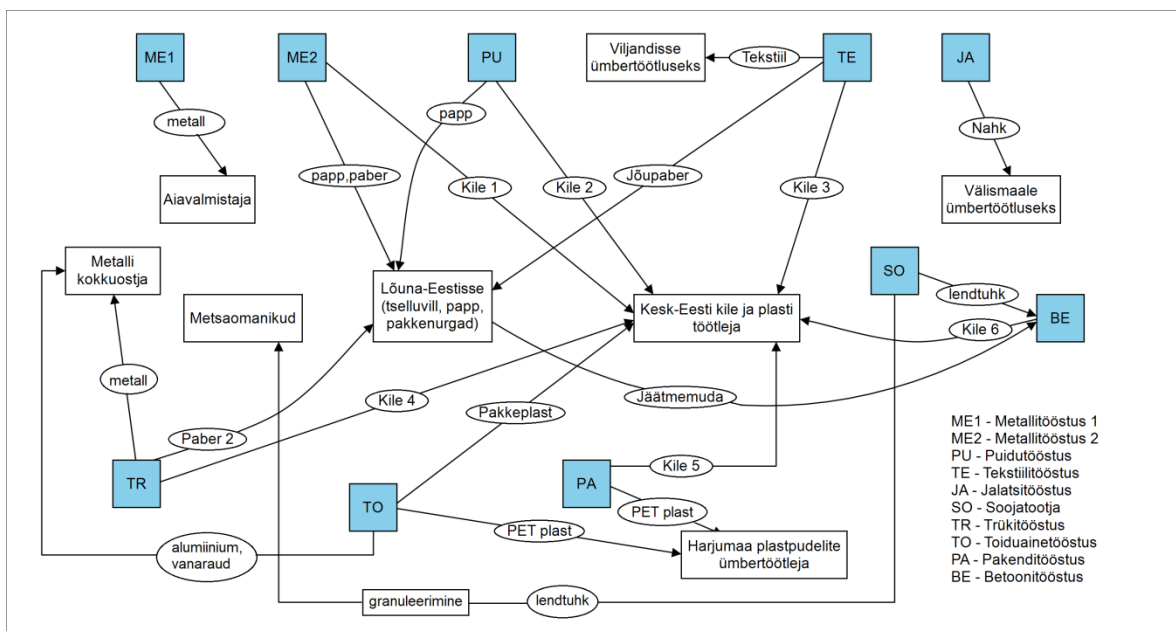
Kile- ja plastjäätmeid tekib pea igas tootmises suuremal või vähemal määral. Kuigi enamik plastikust ja kilest läheb endiselt välismaale ümbertöötamiseks, siis mõned ettevõtted on ka Eestis. Näiteks on Hiiumaal ettevõtte, mis tegeleb plastjäätmete ümbertöötamisega kogudes selleks plastikut üle Euroopa. Kesk-Eestis tegutseb tootmisettevõtte, mis töötleb ümber segaolmejäätmeid ja kilet valmistades terrassilaudu, profiile, hobustetalle jpm. Sellele ettevõttele võiks oma kile- ja plastjäätmed üle anda ME2, PU, TE, TR, TO, BE, PA. TO ja osaliselt ka PA võiksid teha koostööd Harjumaal asuva PET jäätmete ümbertöötlejaga, kes toodab toiduainepakendeid.

Parkimata nahka on lihtsam taaskasutada kui pargitud. Näiteks võib parkimata naha saata ümbertöötamiseks, et valmistada sellest liimi, želatiini, tehnilist rasva, valgukestasid ja isegi väetisi. Lisaks sobib parkimata nahk biogaasi tootmise substraadiks. Pargitud nahka on võimalik ümber töödelda sekundaarseks tooraineks, kuid see ei tasu praegu veel majanduslikult ära. Küll aga on analüüsid näidanud, et kroomi sisaldavast tuhast on võimalik toota kroom VI, mida saab uuesti kasutada. Naha põletamine peab toimuma kindlates tingimustes ja olema täielik. (Famielec &

Wieczorek-Ciurowa, 2011) Hetkel sellist ümbertöötlemist Eestis ei teostata ning JA peaks oma nahajäätmed saatma välismaale ja selleks võiks JA teha koostööd ka teiste ettevõtetega, kus tekib nahajäätmeid (nt. mööblitööstus). Põletusjaama tasuvust Eestis pole autori teada veel uuritud. Kroomi sisaldavatest nahajäätmetest katsetatakse ka biogaasi tootmist ning see võib osutuda uueks edukaks võimaluseks jäätmete taaskasutamisel (Priebe *et al.*, 2016).

Uurimuse käigus selgus osade suuremate ettevõtete puhul, et neil on mugavam kui jäätmetega tegeleks edasi jäätmekäitleja. Samas oldi nõus oma jäätmed suunama teise tootmisettevõttesse. Töö autori soovitus oleks leida sobiv lahendus mõlemale tootmisettevõttele ja vajadusel kaasata jäätmekäitleja teenust (nt. suurte mahtude puhul), kes transpordiks jäätmed järgmisele ettevõttele.

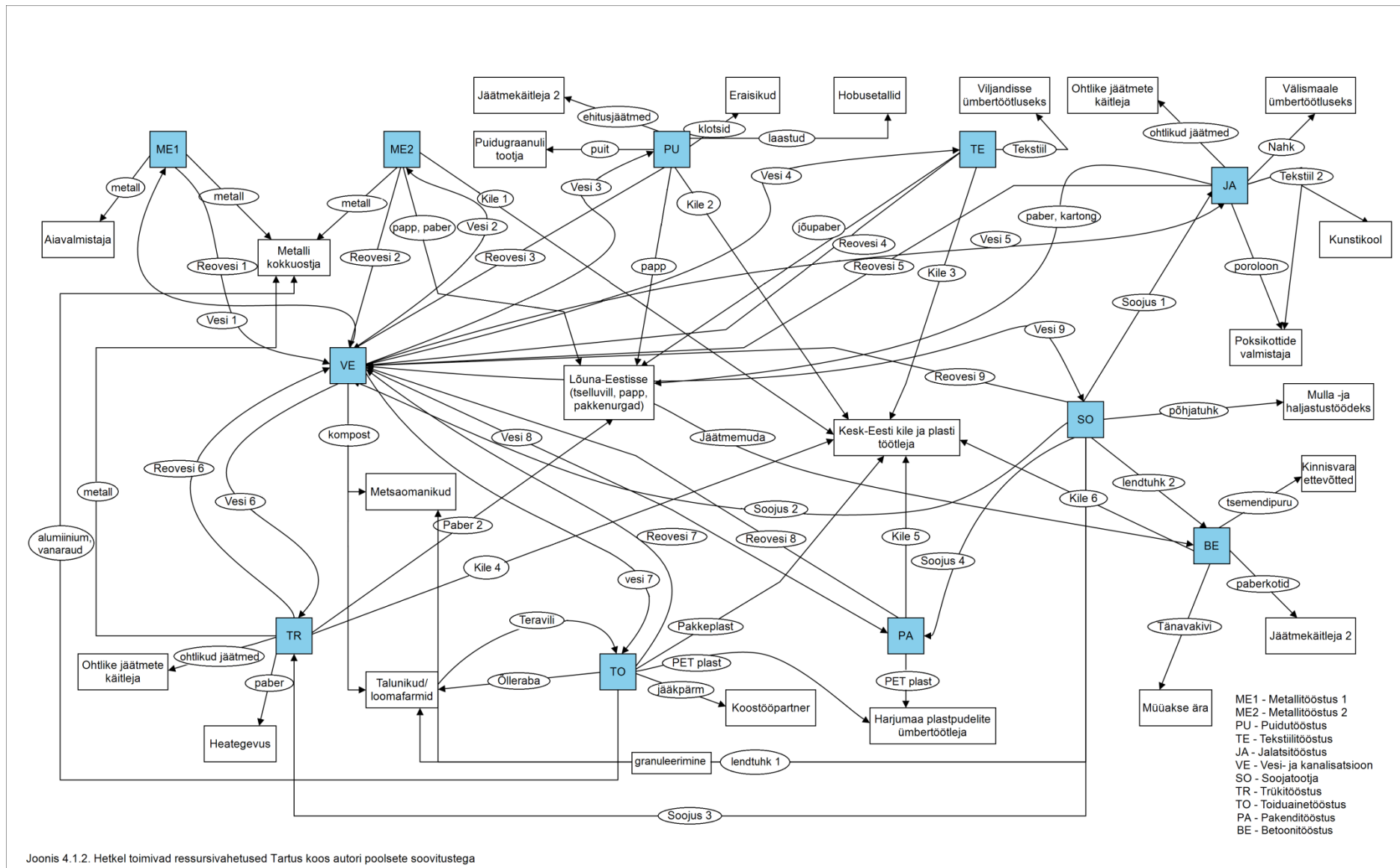
Joonis 4.1.1. on autori poolt välja pakutud tööstuslik ökosüsteem Tartus. Jooniselt on välja jäätud jäätmekäitlejad.



Joonis 4.1.1. Autori poolt pakutud ressurside vahetused Tartus

Järgneval joonisel (Joonis 4.1.2) leheküljel 33 on autori poolt pakutud ressurside vahetused Tartus koos juba olemasolevate vahetustega. Jooniselt on samuti välja jäätud jäätmekäitlejad.





Joonis 4.1.2. Hetkel toimivad ressursivahetused Tartus koos autori poolsete soovitudustega

## 4.2 Võimalikud uued ettevõtted

Tootmisettevõtetel tekib jäätmeid, millel otsest kasutust Tartus ja Eestis hetkel ei ole ja jäätmed tuleb saata välismaale, kus neist uued tooted tehakse. Selleks oleks lisaks olemasolevatele tööstustele vaja juurde luua mõned ettevõtted, mis kasutaksid vaba ressursi ära. Järgnevat autori poolset soovitusi võiks anda ettevõtlikele inimestele uusi ideid, kuid vajaksid kindlasti eelnevat tasuvusanalüüsi.

Üheks võimalikuks uueks lisandväärtuse loojaks oleks puutuha granuleerimine. Granuleeritud puutuhka on parem käidelda (transport, laotamine) ja see võib suurendada tuha kasutamist põllumajanduses ja metsanduses. Lisaks lihtsamale käitlemisele loetakse granuleeritud tuhka paremaks, kuna selle laotamise järgselt mulla pH ei suurene järsult nagu tolmja tuha puhul. Samuti vabastatakse toitained graanulist järk-järgult, mis on taimede toitainete omastamise juures oluline. (Pajupuu, 2016) Autorile teadaolevalt pole hetkel puutuha granuleerimisega tegelevat ettevõtet Tartus ega ka Eestis. Selline tehnoloogia võiks olla Tartus SO investeering, kuna seda oleks lihtsam olemasoleva kompleksiga ühildada ja sellisel juhul jääks ära ressursi transport järgmisesse asukohta.

Kuna Eestis pole tegutsevat nahajäätmete ümbertöötletajat ja praegused nahatööstuse jäätmed lähevad enamasti prügilasse ladestamisele, siis see valdkond võiks olla paremini reguleeritud. Biogaasi saab toota väga erinevatest ressurssidest ja üheks selliseks on ka kroomitud nahk (Priebe *et al.*, 2016). Kuigi hetkel on see veel uurimise staadiumis ja otsitakse parimat võimalikku tehnoloogiat, siis peagi on see ilmselt võimalik ja miks mitte ka Tartusse üks selline biogaasijaam rajada.

Hetkel käivad arutelud relvaseaduse muutmise eelnõu üle, mis annaks ettevõtjatele võimaluse hakata Eestis relvi ja laskemoona tootma (Velsker, 2018). Selle valdkonna loomine suurendaks veelgi enam metalli ümbertöötlemise vajadust Eestis. Metallide ümbertöötlemine Eestis annaks suurt lisaväärtust ka lähinaabritele.

Tootmistes tekib ka selliseid jäätmeid (nt. ehitusjäätmetest värvitud puit või paberkotid seest kilega), mille taaskasutamiseks või ümbertöötlemiseks pole väga head tehnoloogiat olemas. Neid jäätmeid kasutatakse energia saamiseks põletades. Samuti on suuremas koguses reoveesette komposti, millele võiks olla ka muu väljund kui väetamine, kuna mahud on suuremad kui jõutakse ära kasutada.

### 4.3 Poliitilised ja majanduslikud aspektid

Käesoleva töö uurimusest selgub, et Tartus toimuvad ettevõtete vahelised jäätmete vahetused vähesel määral. Ettevõtted ise on huvitatud antud teemast ning soovivad anda omapoolse panuse keskkonnanahoiu ja jäätmete vähendamise teemadel. Kuna hetkel pole veel suures mahus toimivat tööstusliku ökosüsteemi, siis tuleks alustada ettevõtete vahelisest suhtlusest ja info edastamisest. Tööstuste esindajatega suheldes oleks neil selleks vaja palgata uus töötaja, kes otsiks väljundeid jäätmetele, koordineeriks üleandmist, tehnoloogilist poolt ja tegeleks üldise info vahetusega. See aga ei tasuks ettevõtete hinnangul ära. Siinkohal võiks Tartu ja Eesti üldiselt eeskuju võtta teistelt riikidelt, kes on loonud eduka võrgustiku rahvusvahelise tööstusliku ökosüsteemide mudeli alusel, milleks on NISP (*National Industrial Symbiosis Program*). See on Suurbritanniast alguse saanud edukas mudel, mille alusel on võimalik rajada tööstuslik ökosüsteem ka Eestisse laiemalt.

Mitmed tööstusliku ökosüsteemi projektid on näidanud, et rahvusvaheliste ekspertide ja organisatsioonide tugi ning informatsiooni kättesaadavus on oluline (UNIDO, 2016). Soomes tegutseb kohalikul tasandil FISS (*Finnish Industrial Symbiosis System*), mis on samuti alguse saanud Suurbritanniast. Taolise süsteemi ehitamine Eestis vajaks samuti kohalikku koordinaatorit. Selleks võiks olla näiteks kohaliku omavalitsuse allaasutus, kes tegeleb keskkonna ja/või ettevõtluse küsimustega. Tartu puhul sobiks hästi ettevõtluse ja linnamajanduse osakond koos teiste oma ala spetsialistidega näiteks Keskkonnaameti Lõuna regioonist ja huvigruppide esindajatega.

Toetudes teiste riikide edule võiks ka Eestis olla oma veebileht, kuhu saavad kõik tootmisettevõtted üles kaardistada enda jäätmed ja kogused ning sisendid, mida neil oleks vaja.

Sellest tuleks kokku andmebaas, mille põhjal saab hakata kokku viima jäätmevahetusi. Välismaal on juba loodud tööstusliku ökosüsteemide jaoks võimalusi, kuidas paemini seoseid luua ja mida oleks lihtsam kasutada (Cecelja *et al.*, 2015). Veebilehte võiks hallata kohaliku omavalitsuse asutus, kes koordineerib ja juhendab kogu tööstuslikku ökosüsteemi selles piirkonnas. Kindlasti oleks vajalik korraldada ka seminare ja infopäevi, et tutvustada tööstusliku ökosüsteemi olemust ka laiemale ringile. Sellistele üritustele oleks väga oodatud ka rahvusvahelised eksperdid oma kogemusi jagama ja juhendama kohaliku omavalitsuse ametnikke. Samuti on oluline kaasata ka tavainimesi tehes näiteks üleriigilisi kampaaniaid tutvustamiseks tööstuslike ökosüsteemide olemust. Inimestel, kes töötavad tootmisettevõtetes aitaks see paremini mõista ka tööjuures toimuvat. Kuna paljud mõttelaadid ja käitumismallid saavad alguse lapsepõlvest, siis on oluline rääkida juba koolis näiteks loodusõpetuse tunni raames tööstuslikest ökosüsteemidest. Tööstuslikud ökosüsteemid võiksid ja peaksid tegutsema vastavalt looduses toimuvatele põhimõtetele (Geng & Côté, 2007), mistõttu on hea neid teemasid siduda.

Tööstusliku ökosüsteemi rakendamisest on suur kasu ka majandusele. Peamine majanduslik kasu on uute töökohtade loomine ja kulude kokkuhoid, kuna kasutatakse vähem ressursse ja energiat ning seetõttu tekib ka vähem jäätmeid. Lisaks suurendab koostöö ettevõtete vahel eksporti ja sellega seoses ka infrastruktuuri arengut. Samuti on tähendatud välisinvestorite suuremat huvi parkidesse. (UNIDO, 2016)

## KOKKUVÕTE

Maailma rahvaarv kasvab kiiresti ning aastaks 2050 ennustatakse selleks 8,9 miljardit. Sellega seoses tarbib elanikkond järjest rohkem tooteid ja vajab järjest rohkem toitu. Tootmise tagajärjel tekib palju jäätmeid ja kõrvaltoodangut, mida saaks efektiivselt ära kasutada järgmises tootmisettevõttes. Ühe ettevõtte jäätmed võivad olla väga edukalt teise ettevõtte jaoks vajalik toormaterjal. Tööstusökoloogia üks väljendusviise on tööstuslikud ökosüsteemid, kus ettevõtted vahetavad jäätmeid, kõrvaltoodangut, vett ja/või energiat. Selliselt majandades hoiaksid ettevõtted kokku palju raha ja säästaksid keskkonda liikudes nii säästva arengu poole.

Käesoleva lõputöö olulisus seisneb teoreetiliselt loodavas tööstuslikus ökosüsteemis Tartus. Selleks uuriti Tartu tootmisettevõtetelt, missuguseid ressursse kasutatakse ja milliseid jäätmeid tekib ning mida tehakse jäätmetega praeguse seisuga. Lisaks saadi teada, kas hetkel juba toimub koostööd jäätmete vahetamise vallas ning sellest lähtuvalt pakkus autor välja omapoolsed ressursivahetused ning ideed uute ettevõtete loomiseks Tartusse.

Magistritöö uurimuses osales 11 tootmisettevõtet ja 1 jäätmekäitleja. Peamiste tulemustena selgus, et Tartus toimivad tootmisettevõtete vahelised ressursivahetused vähesel määral ning potentsiaal suurem tööstuslik ökosüsteem rajada on olemas. Tööstusliku ökosüsteemide tüüpipe määramisel selgus, et kõige rohkem esineb Tartus I tüüpi ehk ühesuunalisi ja juhuslikke vahetusi. Enamasti antakse jäätmed üle jäätmekäitlejale, mille võiks asendada järgmise tootmisega. Saadud tulemusi arvesse võttes pakkus autor välja ka omapoolsed lahendused jäätmete vahetamise vallas.

Töö tulemused olid mõnevõrra üllatavad, sest kuigi ettevõtete teadlikkus tööstuslikest ökosüsteemidest oli suhteliselt vähene, siis mõningad vahetused toimivad väga edukalt. Osad võimalikud vahetused võiksid toimida kui Tartus tegutseksid vastavad ettevõtted, sest hetkel läheb palju ressursse välismaale ümbertöötluks. Nendest mõtetest lähtudes pakkus autor välja ka võimalikud uued ettevõtted, mis võiksid Tartus ja lähiumbruses teoreetiliselt tegutseda.

Planeeritud tööstuslike ökosüsteemide toimimiseks on vaja eestvedajat, mis autori arvates võiks olla kohaliku omavalitsuse asutus koostöös keskkonnaala spetsialistide ja huvigruppide

esindajatega. Teiste riikide eeskujul pakuti välja ka võimaliku veebilehe loomine, kuhu kõik tootmisettevõtted enda ressursid ja kogused üles kaardistada saaksid.

Tööstuslik ökosüsteem on võimalik Tartusse luua. Selle efektiivsemaks toimimiseks oleks vaja koordinaatorit ja üleriiklikku teavitustööd, kuna paljud ettevõtjad polnud sellisest võimalusest kuulnud. Samuti on oluline kaasata tavainimesi suurendades teadlikkust ja tutvustada antud teemat ka koolides lastele.

Tööle püstitatud eesmärgid said täidetud ja tulemused on teada. Antud magistritöös kasutati kvalitatiivset uurimismeetodit, et kindlaks teha tööstusliku ökosüsteemi potentsiaal. Kindlasti saaks seda teemat edasi uurida ka kvantitatiivselt, et täpsustada ressursivahetusi Tartus loodavas tööstuslikus ökosüsteemis. Kõige olulisem edasiuurimisvaldkond oleks tööstusliku ökosüsteemi rakendamine ja realselt tööle seadmine Tartus lähtudes antud uurimuse tulemustest.

## SUMMARY

The world's population is increasing rapidly and by the year 2050 it is expected to reach 8.9 billion. As a result the population consumes increasingly more products and needs more food. Production generates a lot of wastes and by-products that in turn could be efficiently used as raw materials by some manufacturing companies. An example of an industrial ecology is an industrial ecosystem between companies where physical exchange of wastes, by-products, water and/or energy is taking place. This type of resource exchange would save companies a lot of money and lessen environmental impact.

The importance of the current master's thesis is a theoretically created industrial ecosystem in Tartu. For the purpose of the research, several manufacturing companies were investigated for their handling of resources, what type of waste is generated in the particular industry, what currently happens with wastes and by-products. Furthermore it was examined whether these industries already have a co-operation in the field of waste management. Based on the results of this research the author identifies possibilities for resource exchanges and offers new ideas for potential companies in Tartu.

Data for this thesis was collected from 11 manufacturing companies and 1 waste management company in Tartu. The results show that there were few resource exchanges between manufacturing companies in Tartu but there is a potential to create bigger industrial ecosystem based on these exchanges. Research shows that the most common type of industrial ecosystem is type I which is a sporadic one-way process. Instead of transferring the wastes to a waste management company the waste or by-products could become the raw materials for another company. Taking into account the results, the author also offers her own solutions to waste exchange processes.

The results of the study were somewhat surprising. Although the awareness of industrial ecosystems is relatively low, some exchanges are very successful. Some of the possible exchanges could work if the corresponding companies were operating in Tartu, however, currently a lot of resources are being recycled abroad. Based on these findings, the author also proposes possible new companies that could potentially operate in Tartu.

A planned industrial ecosystem should in author's opinion be initiated by a local authority in cooperation with environmental specialists and representatives of other stakeholders. Following the best practices of other countries the author also proposes to create a website that would enable all manufacturing companies to list their resources and quantities.

There is a potential to establish an industrial ecosystem in Tartu. Due to the fact that many companies are not aware of opportunities for an industrial ecosystem an information campaign at a local and national level will be necessary. Also, it is important to involve general public by raising awareness and by presenting this topic to children at schools.

The goals for this thesis were achieved and the results are known. In this master's theses the author applied the qualitative research method to determine the possibility of an industrial ecosystem. It would be interesting to continue the research quantitatively to specify the resource exchanges in an industrial ecosystem created in Tartu. The most important area for research would be the implementation of the industrial ecosystem in Tartu based on the results of this research.



## KASUTATUD MATERJALID

### Teadusartiklid

**Cecelja, F., Raafat, T., Trokanas, N., Innes, S., Smith, M., Yang, A., Zorgios, Y., Korkofygas, A., Kokossis, A.** (2015). e-Symbiosis: technology-enabled support for Industrial Symbiosis targeting Small and Medium Enterprises and innovation. - *Journal of Cleaner Production*, 98, 336-352.

**Chertow, M. R.** (1999). The Eco-industrial Park Model Reconsidered. - *Journal of Industrial Ecology*, 2-3, 8-10.

**Chertow, M. R.** (2000). Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy. - *Annual Review of Energy and the Environment*, 25, 313-337.

**Chertow, M. R.** (2007). „Uncovering“ Industrial Symbiosis. - *Journal of Industrial Ecology*, 11-1, 11-30.

**Chertow, M. R., Ehrenfeld, J.** (2012). Organizing Self-Organizing Systems: Toward a Theory of Industrial Symbiosis. - *Journal of Industrial Ecology*, 16-1, 13-27.

**Famielec, S., Wieczorek-Ciurowa, K.** (2011). Waste from leather industry. Threats to the environment. - *Technical transactions*, 8, 43-48.

**Geng, Y., Côté, R.** (2007). Diversity in industrial ecosystems. - *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 14, 329–335.

**Golev, A., Corder, G. D., Giurco, D. P.** (2014). Barriers to Industrial Symbiosis: Insights from the Use of a Maturity Grid. - *Journal of Industrial Ecology*, 19-1, 141-153.

**Jacobsen, N. B.** (2006). Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark: A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects. - *Journal of Industrial Ecology*, 10 (1-2), 239-255.

**Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K. L.** (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. – *Science*, 347-6223, 768-771.

**Kapur, A., Graedel, T. E.** (2004). Industrial Ecology. - *Encyclopedia of Energy*, 3, 373-382.

**Koenig, H. E., Cantlon, J. E.** (1999). Quantitative Industrial Ecology & Ecological Economics. - *Journal of Industrial Ecology*, 3 (2-3), 63–83.

**Korhonen, J.** (2001). Four ecosystem principles for an industrial ecosystem. - *Journal of Cleaner Production*, 9-3, 253-259.

**Korhonen, J., Malmborg, F. V., Strachan, P. A., Ehrenfeld, J. R.** (2004). Management and policy aspects of industrial ecology: an emerging research agenda. - *Business Strategy and the Environment*, 13, 289–305.

**Mirata, M.** (2004). Experiences from early stages of a national industrial symbiosis programme in the UK: determinants and coordination challenges. - *Journal of Cleaner Production*, 12, 967–983.

**Ntasiou, M., Andreou, E.** (2017). The Standard of Industrial Symbiosis. Environmental Criteria and Methodology on the Establishment and Operation of Industrial and Business Parks. - *Procedia Environmental Sciences*, 38, 744-751.

**Priebe, G. P. S., Kipper, E., Gusmão, A. L., Marcilio, N. R., Gutterres, M.** (2016). Anaerobic digestion of chrome-tanned leather waste for biogas production. - *Journal of Cleaner Production*, 129, 410-416.

**Sidique, R.** (2012). Utilization of wood ash in concrete manufacturing. - *Resources, Conservation and Recycling*, 67, 27-33.

**Zhang, M., Wang, Y., Song, Y., Zhang, T., Wang, J.** (2016). Manifest system for management of non-hazardous industrial solid wastes: results from a Tianjin industrial park. - *Journal of Cleaner Production*, 133, 252-261.

#### Trükised

**Christensen, J.** (2014). The Kalundborg Symbiosis, 40th Anniversary: A Principle Was Born. – *Kalundborg Symbiosis*. Kalundborg: Denmark.

**Ehrenfeld, J. R., Chertow, M. R.** (2002). Industrial symbiosis: The legacy of Kalundborg. In A Handbook of Industrial Ecology. Cheltenham, UK.: Edward Elgar

**Massard G., Jacquat O., Zürcher D.** (2014). International survey on ecoinnovation parks: Learning from experiences on the spatial dimension of eco-innovation. Bern: Federal Office for the Environment and the ERANET ECO-INNOVERA.

#### Internetiallikad

**Alkaya, E., Böğürçü, M., Ulutaş, F.** (2014). Industrial Symbiosis in Iskenderun Bay: A journey from Pilot Applications to a National Program in Turkey. Technology Development Foundation of Turkey. Cyberpark: Ankara. Kättesaadav:  
[http://uest.ntua.gr/conference2014/pdf/alkaya\\_et\\_al.pdf](http://uest.ntua.gr/conference2014/pdf/alkaya_et_al.pdf) (22.05.2018)

**Eesti Keskkonnaministeerium.** (2014). Riigi Jäätmekava 2014-2020. Kättesaadav:  
[https://www.envir.ee/sites/default/files/riigi\\_jaatmekava\\_2014-2020.pdf](https://www.envir.ee/sites/default/files/riigi_jaatmekava_2014-2020.pdf) (25.03.2018)

**Eesti Keskkonnaministeerium.** (2018). Jäätmed. Kättesaadav: <http://www.envir.ee/et/jaatmed> (27.03.2018)

**Euroopa Liidu Nõukogu.** (2006). Euroopa Liidu säästva arengu strateegia läbivaatamine – Uuendatud strateegia. Brüssel. Kättesaadav:  
<https://www.riigikantselei.ee/valitsus/valitsus/et/riigikantselei/strateegia/jatkusuutlik-areng/uuendatud%20s%C3%A4%C3%A4stva%20arengu%20strateegia.pdf> (20.03.2018)

**Eurostat.** (2017). Waste statistics 2004-2014. Kättesaadav:  
[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics) (17.05.2018)

**FISS.** (2018). Finnish Industrial Symbiosis System homepage. Kättesaadav:  
<http://www.industrialsymbiosis.fi/home-en-gb/> (08.03.2018)

**INPAT.** (2018). Impact Noise insulating Panel from Textile industry waste overview. Kättesaadav:  
<http://inpat.aitex.net/overview> (13.03.2018)

**International Synergies.** (2018). Iskenderun Bay Industrial Symbiosis. Kättesaadav: <https://www.international-synergies.com/projects/iskenderun-bay-industrial-symbiosis/> (22.05.2018)

**Nike News.** (2017). What is Nike Flyleather?. Kättesaadav: <https://news.nike.com/news/what-is-nike-flyleather> (20.03.2018)

**Pesti, R.** (2015). Ka nii saab: Adidas valmistas ookeaniprügist jooksutossud. - *Ragn-Sells*. Kättesaadav: <http://ragnsells.ee/kuukiri/ka-nii-saab-adidas-valmistas-ookeaniprugist-jooksutossud/> (20.03.2018)

**Pönitzsch, G., Kniebes, C.** (2013). Proposal – Ways to Achieve Sustainable Consumption: The Challenge. - *Global Economic Symposium 2013*. Kättesaadav: <http://www.global-economic-symposium.org/knowledgebase/towards-sustainable-consumption/proposals/ways-to-achieve-sustainable-consumption> (12.02.2018)

**Resyntex.** (2018). Resyntex homepage. Kättesaadav: [www.resyntex.eu](http://www.resyntex.eu) (13.03.2018)

**Ruuda, L.** (2018). Adidas müüs miljon paari ookeaniprügist tehtud jalanõusid. - *Postimees Majandus*. Kättesaadav: <https://majandus24.postimees.ee/4442881/adidas-muus-miljon-paari-ookeaniprugist-tehtud-jalanousid> (20.03.2018)

**Tartu Linnavalitsus.** (2017). Statistiline ülevaade: Tartu 2017. Kättesaadav: [http://www.tartu.ee/sites/default/files/uploads/Statistika/2017/Tartu\\_stat\\_aastaraamat\\_veeb.pdf](http://www.tartu.ee/sites/default/files/uploads/Statistika/2017/Tartu_stat_aastaraamat_veeb.pdf) (22.05.2018)

**Tartu Linnavalitsus.** (2018). Statistika. Kättesaadav: [www.tartu.ee/et/ettevotlusstatistika](http://www.tartu.ee/et/ettevotlusstatistika) (22.05.2018)

**The World Bank Group.** (2017). An international framework for Eco-Industrial Parks. USA: Washington. Kättesaadav: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29110/122179-WP-PUBLIC-AnInternationalFrameworkforEcoIndustrialParks.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (17.05.2018)

**United Nations.** (2018). Sustainable Development Goals. Kättesaadav: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/> (23.02.2018)

**Urbel-Piirsalu, E.** (2018). Säästva tootmise põhimõtted. – *Maailmakool*.

Kättesaadav: <http://www.maailmakool.ee/saastva-tootmise-pohimotted/> (13.02.2018)

**Velsker, L.** (2018). Eestisse võidakse peagi rajada relvatehaseid. - *Postimees*. Kättesaadav:

<https://www.postimees.ee/4481987/eestisse-voidakse-peagi-rajada-relvatehaseid> (08.05.2018)

#### Diplomitööd:

**Aasa, E.** (2013). Vanapaberi ringluse ja taaskasutuse analüüs Eestis : bakalaureusetöö. Tallinna Tehnikaülikooli Tartu Kolledž : Tartu.

**Jaanimägi, E.** (2011). Pärnu toomissettevõtete vahelise tööstusliku ökosüsteemi rakendamise potentsiaal : magistritöö. Tallinna Tehnikaülikooli Tartu Kolledž : Tartu.

**Lillepea, L.** (2015). Metallijäätmete kogumine ja järelvalveasutuste menetluste tulemused : lõputöö. Tallinna Tehnikakõrgkool : Tallinn.

**Mutli, M.** (2017). Eestis tekkinud tekstiilijäätmete taaskasutamise võimalused isolatsioonimaterjalina : magistritöö. Tartu Ülikool : Tartu.

**Pajupuu, A.** (2016). Tolmja ja granuleeritud puutuha mõju varajase odra biomassi saagile, P, K, Mg ja Ca sisaldusele mullas ja biomassis ning P, K, ja Mg leostumisele : magistritöö. Eesti Maaülikool : Tartu.

**Virunurm, M.** (2016). Roheline tänav : bakalaureusetöö. Eesti Maaülikool : Tartu.

#### Muud allikad

**Francis, C., Erkman, S.** (2001). The Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark – Case Study. – *United Nations Environment Programme*. Environmental Management for Industrial Estates: Information and Training Resources.

**ME1.** Metallitööstus 1 esindaja. 02.11.2017

**Pitk, P., Raave, H., Ots, K.** (2016). Puidutuha väärimise võimalused ja perspektiiv granuleeritud kompleksvæetisena põllumajanduses ja metsanduses. *Aruanne: KIK-i projekt nr 10053*. Eesti Maaülikool: Tartu.

**Saikku, L.** (2006). ECO-INDUSTRIAL PARKS: A background report for the eco-industrial park project at Rantasalmi. Research Institute for Social Sciences. University of Tampere: Tampere.

**UNIDO (United Nations Industrial Development Organization).** (2016). Global Assessment of Eco Industrial Parks in Developing and Emerging Countries.

**United Nations.** (2017). World Population Prospects: The 2017 Revision. Volume II: Demographic Profiles. New York.

**Wernick, I. K., Ausubel, J. H.** (1997). Industrial Ecology: Some Directions for Research. *Program for the Human Environment*. The Rockefeller University: New York.

# LISAD

## Lisa 1 Ettevõtete sisendid ja väljundid

Ettevõte	Sisendid	Väljundid	Kuhu
ME1	Lehtmetall rullis paksusega 1,2-3 mm, laminaat, penoplast, elekter, vesi VE-lt	Lehtmetalli ribad ja tükid, nelikanttoru jäägid (vähe), tsinkplekk, reovesi	Müüvad metalli kokkuostjale, kanalisatsioon ühendatud VE-ga
ME2	Lehtmetall, metalltorud, elekter, vesi VE-lt	Metallmaterjalid (lehtmetall, torud), papp, paber, kile, reovesi	Müüvad metalli kokkuostjale, papp, paber, kile jäätme-käitlejatele. Kanalisatsioon ühendatud VE-ga.
PU	Pakkenurgad paberitööstuselt, alumiiniumdetailid, silikoon, kile, puit, klaas, kasutavad gaasi ja elektrit, vesi VE-lt	Puit, värvitud puit, puidulaastud, klotsid, papp, kile, klaas (vähe), reovesi	Puit läheb puidugraanuli tootjale 2-3 nädala tagant. Värvitud puit läheb ehitusjäätmete alla, puidulaastud hobusetallidele, klotsid eraklientidele kütteks, papp ja kile JÄ-le, klaas ehitusjäätmete alla. Kanalisatsioon ühendatud VE-ga.
TE	Spetsiaalne kile (paksus 0,25), jõupaber, tekstiil, vesi VE-lt	Kile, (jõu)paber, tekstiiliribad, reovesi	Kangarulle taaskasutavad ise. Kõik ühte konteinerisse ja müüvad jäätmekäitlejale. Kanalisatsioon ühendatud VE-ga.
TR	Pakkenurgad paberivabrikust, paber Soomest ja värvid, tint välismaalt, vesi VE-lt, soojus SO-lt	Vanapaber, ohtlikud jäätmed, kile, metall, reovesi	Vanapaberi ja metalli müüb jäätmekäitlejale. Kord aastas lasteaedadele heategevuseks. Ohtlikud jäätmed jäätmekäitlejale (maksavad), kile läheb jäätmekäitlejale tasuta. Kanalisatsioon ühendatud VE-ga.
TO	Teravili, vesi, pärm, elekter, maagaas, vesi VE-lt	Õlleraba, jääkpärm. Alumiinium, PET plast, pakkeplast, vanaraud, reovesi	Õlleraba loomasöödaks talunikele, jääkpärm koostööpartnerile. Ülejäänud müüakse JÄ-le. Kanalisatsioon ühendatud VE-ga.
JA	Nahk, tekstiil, polüuretaan, poroloon, paber ja papp paberivabrikust, vesi VE-lt, soojus SO-lt	Töödeldud nahka jäätmed (50%), metalltunnid, kanistrid, tekstiilijäätmed, polüuretaan, poroloon, paber ja kartong, reovesi	Tunnid, kanistrid on ohtlikud jäätmed – ohtlike jäätmete käitlejale. Tekstiilijäätmed Kunstikoolile ja poksikottide valmistajale, poroloon läheb poksikottidesse. Paber, kartong läheb paberivabrikusse. Nahk, polüuretaan jäätmekäitlejale. Pappkastid, osa paberit ja puitalused ettevõtte sisene taaskasutus. Kanalisatsioon ühendatud VE-ga.

Tabeli järg

Ettevõte	Sisendid	Väljundid	Kuhu
BE	Liiv, lubjakivi, kivid ja tsement, purustatud ja sõelutud klaas	Tsemendi ja betooni puru, ebastandardsed tänavakivid, Big Bagid, kile, (värvipigmenti) paberkotid ja (tsemendi) paberkotid seest kilega	Tsemendi, betooni puru kinnisvaraettevõtetele. Tänavakivid purustatakse ja müüakse ära. Muu jäätmekäitlejale.
VE	Reovee setted, soojus SO-It	Reovee muda kompost, biogaasi kasutavad ise ära	Müüakse (segatuna liivaga) või antakse tasuta (segatuna turbaga) talunikele, metsaomanikele.
SO	Turvas, puiduhake, maagaas, vesi VE-It	Lendtuhk, põhjatuhk, reovesi	Lendtuhk põllumeestele, põhjatuhk mulla- ja haljastustöödega tegelevale ettevõttele. Kanalisatsioon ühendatud VE-ga.
PA	LDPE graanulina (sobilik toiduainetööstusele), kile (OPA, OPP, PET), elekter, gaas, jahutusvesi, vesi VE-It, soojus SO-It	Kilejäätmekäitlemisel rullis, lamineeritud kiled, trükitud kiled (OPA, OPP, PET), reovesi	Müüakse jäätmekäitlejale, vesi on pidevalt taaskasutuses. Ohtlikud jäätmekäitlejale. Kanalisatsioon ühendatud VE-ga.
JÄ	Plast, kile, puhas kartong, määrdunud papp, plastik (kanistrid), metallpakendid, klaas	Plast, kile, puhas kartong, määrdunud papp, plastik (kanistrid), metallpakendid, klaas	Plastid/kiled granuleerimisse ja uueks tooteks, määrdunud plastpakendid saadetakse põletusse. Puhas kartong pressitakse papipallideks ning saadetakse ümbertöötamiseks, kus tehakse uued papist tooted. Määrdunud papp saadetakse põletusse. Plastik (kanistrid) – pressitakse kokku ning müüakse Eestist välja, kus töödeldakse ümber ja tehakse uued tooted. Metallpakendid saadetakse samuti Eestist välja, töödeldakse ümber ja tehakse uued tooted.