



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Tartu Kolledž

**TÖÖSTUSLIKU ÖKOSÜSTEEMI RAKENDAMISE
POTENTSIAAL VALGA LINNA NÄITEL**

**THE POTENTIAL OF INDUSTRIAL ECOSYSTEM ON THE
EXAMPLE OF VALGA CITY**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Krislin Kukumägi

Üliõpilaskood 204145NAEM

Juhendaja: Tiit Lepasaar, nõunik

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 2022

Autor: Krislin Kukumägi

/ allkirjastatud digitaalselt /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"25" mai 2022

Juhendaja: Tiit Lepasaar

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kaitsmisele lubatud

"25" mai 2022

Kaitsmiskomisjoni esimees: Egge Haiba

/ allkirjastatud digitaalselt /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Krislin Kukumägi

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Tööstusliku ökosüsteemi rakendamise potentsiaal Valga linna näitel“, mille juhendaja on Tiit Lepasaar;

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.

_____ (24.05.2022)
/ allkirjastatud digitaalselt /

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtjaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

Tartu Kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Krislin Kukumägi, 204145NAEM
Õppekava, peeriala: NAEM06/18 - Tööstusökoloogia
Juhendaja: Nõunik Tiit Lepasaar, +372 620 4803

Lõputöö teema:

Tööstusliku ökosüsteemi rakendamise potentsiaal Valga linna näitel
The potential of industrial ecosystem on the example of Valga City

Lõputöö põhieesmärgid:

1. kaardistada valitud Valga linna ettevõtete vahel juba toimuvad jäätmete ja ressursside vahetused;
2. välja pakkuda Valga linna tervikliku tööstusliku ökosüsteemi loomiseks uusi võimalusi ja ettevõtteid.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teemakohase kirjanduse läbitöötamine	02.2022
2.	Kirjanduse ülevaate koostamine	15.03.2022
3.	Valitud ettevõtetelt andmete kogumine	04.2022
4.	Metoodika ja materjal peatüki koostamine	25.04.2022
5.	Tulemuste analüüs ja arutelu kirjutamine	02.05.2022
6.	Sissejuhatus, kokkuvõte ja viimistlemine	24.05.2022

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "25" mai 2022. a

Üliõpilane: Krislin Kukumägi "24" mai 2022. a
/allkirjastatud digitaalselt/

Juhendaja: Tiit Lepasaar "25" mai 2022. a
/allkirjastatud digitaalselt/

Programmijuht: Jane Raamets "25" mai 2022. a
/allkirjastatud digitaalselt/

SISUKORD

EESSÕNA	6
SISSEJUHATUS	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	9
1.1 Tööstuslik ökosüsteem	9
1.2 Tööstusliku ökosüsteemi tekkeprotsess ja jagunemine	12
1.3 Kalundborg'i ökotööstuspark	13
1.4 Ulsan'i ökotööstuspark	16
1.5 Ringmajandus ja ökotööstuspark	17
2. MATERJAL JA METOODIKA	20
2.1 Valga linn	20
2.2 Ettevõtete valik	21
2.3 Andmete kogumine ja töötlemine	22
3. TULEMUSED	24
3.1 Tootmisettevõtete sisend-väljund ressursid ja juba olemasolevad vahetused...	24
4. ARUTELU	29
4.1 Uued võimalikud vahetused ja ettevõtted Valga linnas.....	29
4.2 Valga tööstusliku ökosüsteemi arengut takistavad tegurid ja ettepanekud.....	34
KOKKUVÕTE	36
SUMMARY	38
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	40

EESSÕNA

Magistritöö teemani jõuti arutlusel vanemlektor Jane Raametsa ja vanemlektor Egge Haibaga ning teema potentsiaali kinnitas juhendaja Tiit Lepasaar. Töö valimisse valitud ettevõtetelt koguti andmeid telefoni või e-maili teel.

Töö autor tänab enda juhendajat Tiit Lepasaart, kelle juhendamisel ja koostööl lõputöö valmis. Samuti tänab autor valimis osalenud ettevõtteid.

Käesoleva tööl esimeseks eesmärgiks oli kaardistada Valga linna valitud ettevõtete vahel juba toimuvad jäätmete ja ressursside vahetused. Teine eesmärk oli pakkuda välja linna tervikliku tööstusliku ökosüsteemi loomiseks uusi võimalusi ja ettevõtteid. Eesmärkide täitmiseks koguti andmeid 8 ettevõttelt. Ettevõtetelt saadud andmete põhjal koostati tabel ettevõtete sisend-väljund ressurssidest ning juba olemasolevatest vahetustest ettevõtete vahel. Tabeli andmete põhjal pakuti välja uusi võimalikke vahetusi ja ettevõtteid ning analüüsiti linna tööstusliku ökosüsteemi arengut mõjutavate tegurite üle.

Märksõnad: tööstuslik ökosüsteem, tootmisjäägid, Valga, ringlussevõtt

SISSEJUHATUS

Viimastel aastakümnetel on suure tähelepanu all olnud erinevad keskkonnaprobleemid ja nii on paratamatult keskkonnahoid ja ressursside optimaalne kasutamine saanud meie kõigi igapäevaelu lahutamatuks osaks (Kukk, 2015). Keskkonnanahoiu jaoks on loodud palju strateegiaid, seaduseid, kavasid ja konvektsioone. Näiteks Euroopa Liidu liikmesriikide jäätmekäitlust reguleerib jäätme raamdirektiiv (Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv (EL) 2018/851) ja Eesti lähtub jäätmeseaduse loomisel riigi jäätmekavast (Keskkonnaministeerium, 2014).

Üksikindviidide kui ettevõtete puhul loodetakse uute ettekirjutiste kiiret adapteerumist, et kindlustada jätkusuutlik elu järgmistele põlvkondadele. Nii lasub meil kõigil suur roll keskkonnanahoius. Sellest suurimat rolli kannavad tööstusüksused, sest tootmine põhineb enamasti ammenduvatel maavaradel ning tootmisprotsessides tekkivate emissioonide, heitvee ja jäätmete hulk on märkimisväärne. Lihtsamaks ei tee seda ka asjaolu, et inimeste tarbimisharjumused on suurenenud ning nii kasutatakse rohkem ressursse ja tekib rohkem jäätmeid.

Leidmaks lahendusi tööstusettevõtete probleemidele, on kasutama hakatud tööstuslikku sümbioosi (nimetatakse ka ökosüsteemiks). Tööstuslik sümbioos tähendab, et ühe ettevõtte jäätmeid kasutab teine ettevõtte toorainena. (Neves et al, 2019) 1990. aastatel alguse saanud süsteemi rakendatakse edukalt tänapäevalgi ja ökosüsteeme on loodud üle maailma. Tuntuim neist on Taanis, Kalundborgi linnas.

Ka Eesti liigub selle poole, et muuta riigisisene tarbimine ja tootmine säästlikumaks, ent sõnapaar „tööstuslik ökosüsteem“ on siin veel pigem uus nähtus. Viimase 30 aasta jooksul on avaldatud palju artikleid erinevate tööstuslike ökosüsteemide kohta üle maailma, kuid Eestis ei ole nende potentsiaali väga uuritud. Varasemalt on tehtud töid Tartu ja Pärnu linnade kohta, kus käsitletakse nende linnade potentsiaali saamaks tööstuslikuks ökosüsteemiks (Jaanimägi, 2011, Kiens-Kinz 2018). Töödest selgus, et ettevõtete vahel teadlik jäätmete vahetus kui selline on väike ning täielikust ökosüsteemist jääb puudu kindla tegevusalaga ettevõtteid. Nii tekkis käesoleva töö autoril idee uurida Valga linna tööstusliku ökosüsteemi potentsiaali, sest antud piirkonnas on esindatud teistsugused ettevõtted kui näiteks Pärnus või Tartus. Lisaks asub Valga linn riigi äärealal, mistõttu on sealne tööstussektori areng aeglustunud, sest elu koondub järjest enam suurlinnade ümber. Pakkudes välja uusi vahetusi ettevõtete vahel, mis võiks anda nii sotsiaalset, majanduslikku kui keskkonnaalast kasu, parandaks see linna olukorda ning elavdaks sealsete tööstusüksuste arengut. Võimalusel kaasab autor töösse ka Valka linna ettevõtteid.

Käesoleval tööil on kaks eesmärki. Esmalt kaardistab autor Valga linna valitud ettevõtete vahel juba toimuvad jäätmete ja ressursside vahetused ning seejärel pakub välja linna tervikliku tööstusliku ökosüsteemi loomiseks uusi võimalusi ja ettevõtteid.

Töö on jaotatud neljaks osaks. Töö esimeses peatükis antakse ülevaade tööstusliku ökosüsteemi olemusest, selle tekkeprotsessist ja jagunemisest, näidetest maailmas ning ringmajanduse ja tööstusliku ökosüsteemi erinevustest. Töö teises peatükis käsitletakse materjali ja meetodikat Valga linna, ettevõtete valiku ning andmete kogumise ja töötlemise kohta. Kolmandas peatükis antakse ülevaade tootmisettevõtete sisend-väljund ressurssidest ja juba olemasolevatest vahetustest. Viimases peatükis pakutakse välja uusi võimalikke vahetusi ja ettevõtteid ning arutletakse linna tööstusliku ökosüsteemi arengut takistavate tegurite üle.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Tööstuslik ökosüsteem

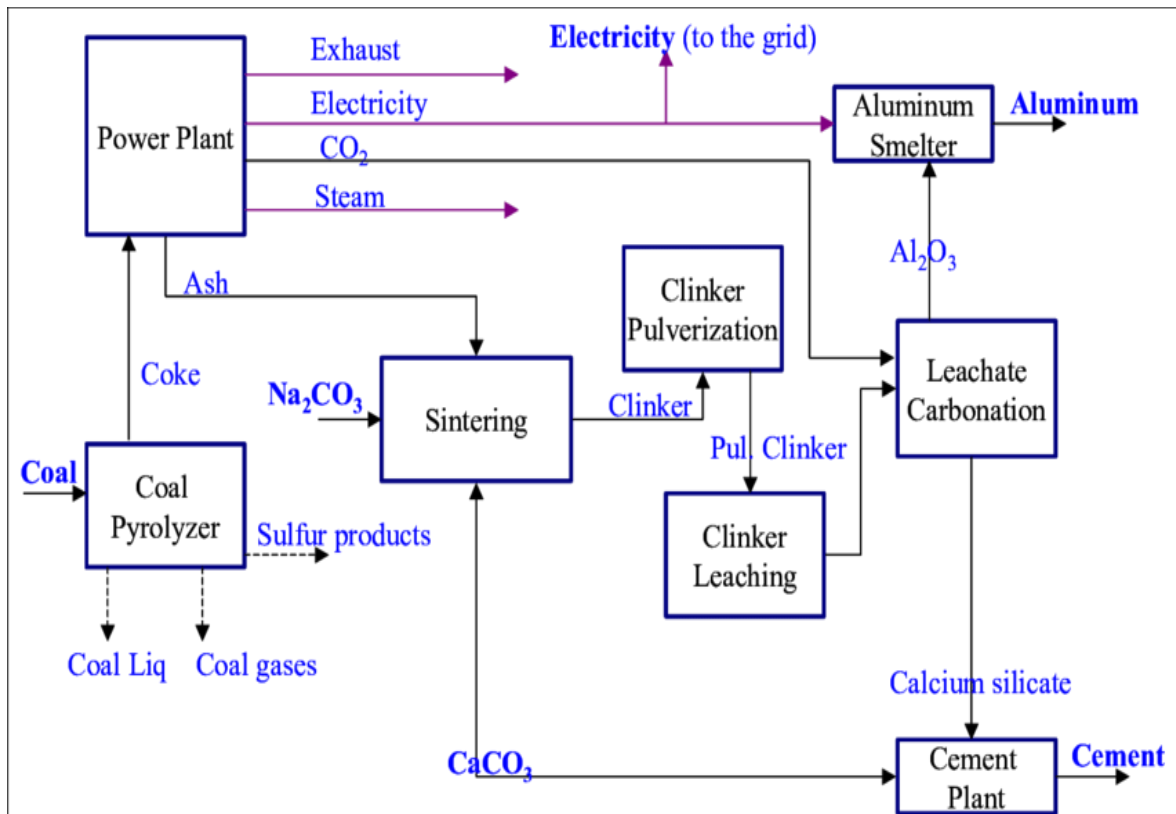
Tööstusliku ökosüsteemi algusaastaks loetakse 1989. aastat, mil avaldati artikkel (Frosch ja Gallopoulos) ideega panna tööstused energiat ja materjale optimaalsemalt tarbima, minimiseerida nende jäätmeteket ning leida tootmisprotsessis tekkinud heitveele kasutus teises tootmisüksuses (Chertow ja Park, 2016). Küll aga polnud tegu täiesti uue ideega. Näiteks leidis juba ettevõtteid, kes muutsid oma toodete kokku panemise ja lahti võtmise lihtsamaks või taaskasutasid ja võtsid ringlusesse materjale või toodete komponente (Graedel ja Lifset, 2016). Kui varasemalt polnud tööstuslikule ökosüsteemile terminoloogilist väljendit ega seletust, siis Frosch ja Gallopoulos olid esimesed, kes selle sõnastasid.

Alates 1989. aastast on kasutatud terminit „tööstuslik ökosüsteem“ (tuntud kui ka ökotööstuspark) (Kinz-Kiens, 2018) ja on viimase 30 aasta jooksul rohkelt populaarsust kogunud. Tänapäeval defineeritakse tööstuslikku ökosüsteemi kui ärimudelit, kus erinevad tööstusüksused ühes kindlas piirkonnas vahetavad omavahel materjale, energiat, vett ja/või kõrvalsaaduseid (Baldassarre et al, 2019). Eesmärk on saavutada majanduslik, keskkonnavalne ja sotsiaalne kasu, kuid ennekõike vähendada tööstussektori keskkonnamõju ning soosida säästva arengu printsiipe (Kosmol, 2019). Majanduslikud aspektid on näiteks materjali ja jäätmeteenuste kulude vähendamine, vastupanuvõime hinnamuutustele ning panustamine jätkusuutlikkusse strateegiasse. Sotsiaalsete aspektide juures mängib enim rolli kohalike töökohtade loomine ja kohalike ettevõtete kliendibaasi suurenemine. Keskkonnavalasteks boonusteks oleks toormaterjalide säästmise, heitgaaside vähendamine tehastes ja transpordis ning jäätmete tekke vähendamine. (Transition AsP, 2021)

Seega on ettevõtete ühine jõupingutus taastuvate energiallikate kasutamise suurendamiseks hea meetod vähendamaks süsiniku jalajälge, sest nii hoitakse investeerimis-, hooldus- ja halduskulud madalamad. Näiteks kui piirkonnas on energiatootja, annab see talle võimaluse varustada ettevõtteid energiaga, minimeerides elektritootmise keskkonnamõju. (Butturi et al., 2019)

Kui lähtuda tööstuslikus ökosüsteemis toimuvatest vahetustest, peegeldab see bioloogiliste sümbiootiliste suhete mõistet looduses, kus vähemalt kaks muidu mitteseotud liiki vahetavad materjale, energiat või teavet. Näiteks seen pakub vetikatele elupaika ja kaitseb teda äärmuslike temperatuuride eest ning vetikas valmistab

fotosünteesi teel toitu ja toimetab selle seenele. (Chertow ja Ehrenfeld, 2012) Piltlikult toimib ka tööstuslik ökosüsteem sarnaselt. Joonisel 1.1.1 on toodud näide tööstuslikust ökosüsteemist ja ettevõtete vahelistest suhetest. Sarnaselt looduses toimuvatele suhetele on joonisel näha, et tööstuslikus ökosüsteemis sõltuvad ettevõtted teineteisest. Näiteks soojuselektrijaama heitgaase kasutatakse keemiatööstuses soojusallikana või lendtuhast valmistatakse ehitusmaterjale (Gondkar et al, 2012).



Joonis 1.1.1 Näide ühest tööstusliku ökosüsteemi ettevõtete vahelistest suhetest (Gondkar et al, 2012)

2012. aastal (Yu et al., 2013) uuriti kuidas on aastate jooksul ökotööstusparkide levik muutunud. Uuringu aluseks võeti teadusartiklid mille põhjal järelitati, et ökotööstusparkide juurde loomine on kasvavas trendis. Enim on kirjanduses mainitud Põhja- ja Loode-Euroopa, Briti saarte, Hiina, Jaapani ja Põhja-Ameerika, vähem Austraalia, Brasiilia, Maroko ja Alžeeria tööstuslike ökosüsteeme (Neves et al., 2019). Joonisel 1.1.2 on näha 2019. aasta seisuga tööstuslike ökosüsteemide levikut Euroopas. Arvatakse, et tööstusparke on rohkem, kui neid on kirjanduses mainitud (Domenech et al., 2019).



Joonis 1.1.2. Ökotööstusparkide jaotus Euroopas 2019. aastal (Domenech et al., 2019)

Korhonen (2001) on kirjeldanud ideaalset tööstuslikku ökosüsteemi, mis põhineb neljal märksõnal: ringikujuline tsükkel, mitmekesisus, lokaalsus ja võime muutuda ajas. Järgides neid märksõnu süsteemi loomisel ja arendusel, on tööstusliku ökosüsteemi õnnestumise tõenäosus suurem. Ringikujuline tsükkel peaks suurendama taastuvate ressursside, jäätmematerjalide, energijäätmete ja jäätmekütuste kasutamist. Mitmekesisus peaks väljenduma ettevõtete arvus ja erinevuses ning sisendites ja väljundites (energia, materjalid, jäätmed). Rakendamaks sõna „lokaalsus“, tuleks tööstuslikus ökosüsteemis asendada imporditud ressursid kohalike variantidega, mis vähendaks transportimist ja suurendaks koostööd piirkonnas. Võimet muutuda ajas defineeritakse üleminekuga taastumatutelt allikatelt taastuvatele allikatele ja aja jooksul järjest enam erinevate ettevõtete kaasamist tsüklisse. (Korhonen, 2001)

1.2 Tööstusliku ökosüsteemi tekkeprotsess ja jagunemine

Tööstusliku ökosüsteemi areng algab momendist, mil toimub tavaliselt üks kahest variandist: kas tehakse uue protsessi avastus või sisendi-väljundi analüüs näitab sobivust ettevõtete vahel (Grant et al., 2010). Esimene neist toimub siis, kui kõrvalsaadusele omistatakse uus kasutusvõimalus. Sellest tulenevalt on üheks võtmeküsimuseks olnud kuidas rakendada tööstussümbioosi teooriaid ja kuidas neid korraldada. Arvamusi on erinevaid. On pakutud, et tööstuslik ökosüsteem peaks olema isetekkeline. (Wolf et al., 2007) Näiteks kõige tuntum selline ökosüsteem on Kalundburg Taanis, kus süsteem arenes juhuslikult (Chertow, 2004). Teine pool teadlastest on arvamusel, et see peaks välja arenema hästi kavandatud ja planeeritud ideest (Wolf et al. 2007). On arusaadav, miks arvamused kaheks jagunevad. Isetekkelise tööstusliku ökosüsteemi praktikat kinnitab 2000. aastate alguses läbi viidud uuring, mis analüüsis Ameerika Ühendriikide ja Euroopa tööstuslike ökosüsteeme. Uuringus ilmnis, et Ameerikas, kus planeeriti ja kavandati ökosüsteeme, oli tööstuslike ökosüsteemide õnnestumise tõenäosus madalam kui Euroopas, kus suur osa ökosüsteemidest olid isetekkelised (Gibbs, 2003).

Isetekkeline süsteem kujuneb juba olemasolevate tööstusettevõtete vahel, millest tihtipeale osalejad ise teadlikud ei ole. Ajal, mil Kalundborgi ökosüsteem juba töötas, oli ka teisi sarnase mudeliga süsteeme toimimas. Üheks selliseks oli Austria provints Styria, kus töödeldi ümber tonnide viisi metalli-, puidu-, paberi- ja tekstiilijäätmeid ning omavahel jagati näiteks kaugkütet, lendtuhka, vanaõli ja plastikut. (Chertow, 2000)

Planeerides ja kavandades uut ökosüsteemi, tuleks alustada intervjuudest, küsimustikest, kohapealsest kontrollkäigust ja sihtgruppidega ning teada saada, millised on olulisemad jäätmed või kõrvalproduktid (Neves et al., 2019). Lähtudes majanduslikest, sotsiaalsetest ja keskkonnavalastest aspektidest, viiakse seejärel läbi tulude-kulude analüüs, olemusringi, takistuste või majandusliku sisendi-väljundi hindamine. Leides rahuldavad tulemused, liigutakse edasi potentsiaalsete takistuste kõrvaldamise juurde. Järgmises etapis rakendatakse uut välja arenenud juhtimissüsteemi ja hakatakse tootma. Viimases etapis tegeletakse peamiselt dokumentatsiooniga. (Grant et al, 2010) Et kõik etapid saaksid toimuda, on oluline hästi toimiv info ja teadmiste vahetus ettevõtete vahel. Tihtipeale saavad aga usalduse ja pühendumuse puudumine ning halb teabe ja teadmiste vahetus tööstusparkidele takistuseks. (Kosmol, 2019)

Olenemata sellest, kas tööstuslik ökosüsteem on isetekkeline või planeeritud, jaotatakse need ettevõtete vahetuste järgi viieks erinevaks tüübiks:

- Tüüp 1 – juhuslik jäätmete vahetus
- Tüüp 2 – tehase, ettevõtte või organisatsiooni sisene jäätmete vahetus
- Tüüp 3 – tööstuspiirkonnas lähestikku asuvate ettevõtete vahel toimuv jäätmete vahetus
- Tüüp 4 – ühe piirkonna ettevõtete vahel toimuv jäätmete vahetus
- Tüüp 5 – suure piirkonna ettevõtete vaheline jäätmete vahetus

Tüüp 1 kujutab endast jäätmete või materjali müüki teisele ettevõttele, tihti tehakse seda läbi kolmanda osapoole. Vahetus võib olla juhuslik või formaliseeritud. Tüüp 2 hõlmab endas materjalivahetust suure organisatsiooni siseselt. Tööstuslik sümbioos saab toimuda alles siis, kui vahetused toimuvad ettevõtete vahel ja seda pakuvad tüübid 3-5. 3. tüübis toimub vahetus ettevõtete ja muude organisatsioonide vahel, mis asuvad samas tööstuspargis. Omavahel jagatakse energiat, vett ja materjale. Et vahetused toimuda saaksid, jagatakse selle tarbeks teavet ja teenuseid (lubade andmine, transport, turundus). Vahetused toimuvad määratletud alal, kuid kaasatakse ka teisi partnereid väljaspool ala. Tihtipeale on tegu uute välja arenevate piirkondadega. (Chertow, 2000)

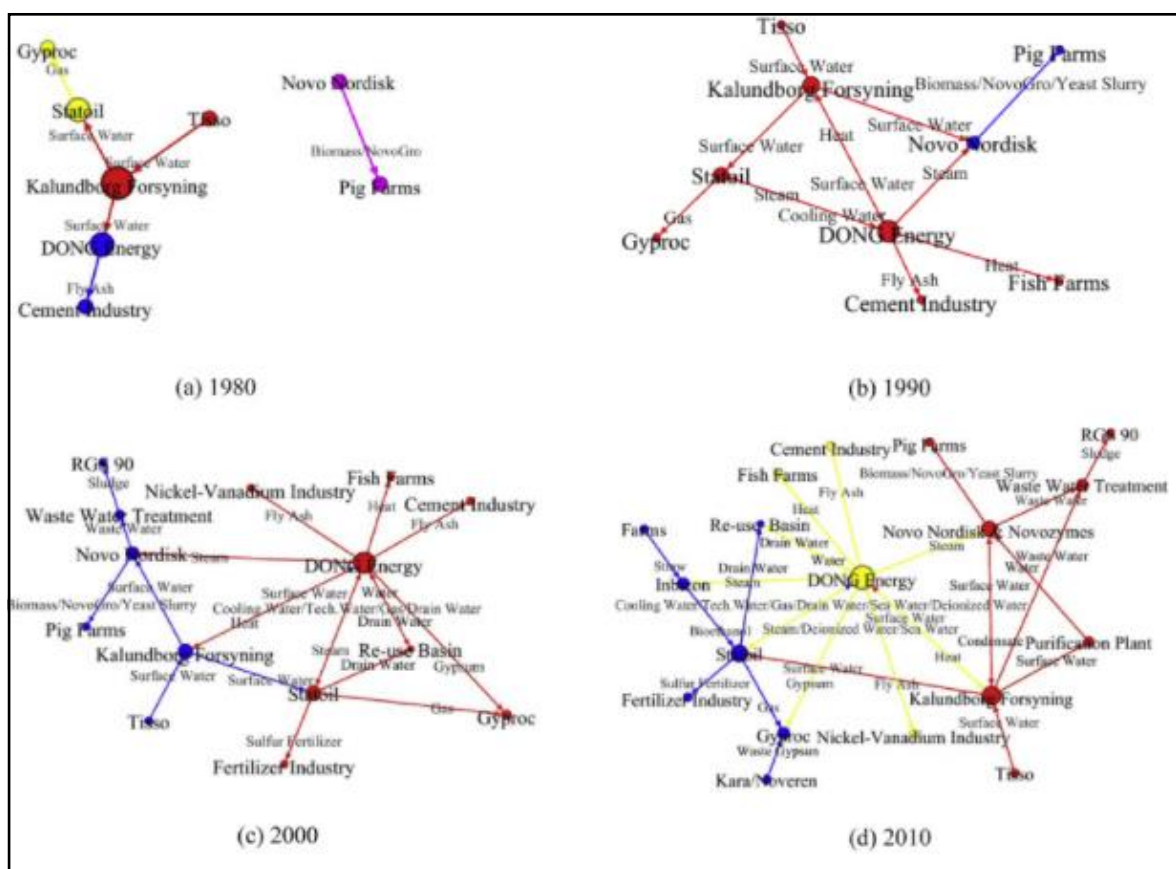
Tüübis 4 on kohalikud ettevõtted, mis ei asu ühes kohas. Vahetused toimuvad juba eksisteerivate ettevõtete vahel ja see annab võimaluse luua uusi ettevõtteid. Tüübis 5 toimuvad vahetused üle suure piirkonna. Kaasatakse suuremaid ja väiksemaid ettevõtteid äärealadelt. Selles tüübis võivad kõik viis tüüpi esineda. (Chertow, 2000)

1.3 Kalundborg'i ökotööstuspark

Kõige tuntumaks tööstuslik ökosüsteemiks peetakse Taanis olevat Kalundborgi ökotööstusparki, mis on linna järgi endale nime saanud. Kalundborgi tööstuspargi ajalugu ulatub 1961. aastasse, kui Statoili naftatöötlemistehasesse veeti Tisso järvest 13 km toru, et tehast veega varustada. Nimelt on Taanis põhjavee kogused kriitilisel piiril ja selleks, et põhjavett jaguks, tuleb kasutada pinnavett. Esimene ettevõtete vaheline vahetus registreeriti 1972. aastal pärast seda, kui naftatööstustehases tekkinud gaasi eksportimiseks rajati uus toru ühendamaks ettevõttega (Gyproc AS), mis tootis kipsplaate. Gaas kasutati ära kipsplaatide kuivatamiseks. (Valentine, 2016)

1970. aastatel toimus ka mitmeid teisi märkimisväärseid uuendusi Kalundborgis: Asnaes jõujaam hakkas sarnaselt Statoilile Tisso järve vett kasutama, biotehnoloogia ettevõtte Novo Nordisk hakkas kasutama põllumeestelt saadud muda ja Asnaes tekkinud lendtuhka hakati tsemenditööstustele edasi müüma (Ehrenfeld ja Chertow, 2002). Lisaks hakkas Asnaes jõujaam tootmisel tekkivat reovett ümber töötleva ja seda ise kasutama (Valero et al., 2012).

1980. aastaks olid antud tööstusparkis välja kujunenud juba püsivad vahetused (joonis 1.3.1), kuid alles kümnendi lõpus said osalised ise aru, et toimuvad vahetused omavad suurt tähtsust keskkonnale (Chertow, 2000). Sealt arenesid uued ettevõtete vahelised vahetused juba kiirelt edasi (joonis 1.3.1).



Joonis 1.3.1. Kalundborgi tööstusliku ökosüsteemi areng aastatel 1980-2010. Värvilised sidemed joonisel tähistavad võrgustiku tugevust ettevõtete vahel. Punane värv tähistab kõige tihedamate vahetustega ettevõtteid. Sinised sidemed tähistavad ettevõtteid, kellel on teiste ettevõtete vahetusi vähem. 2010. aasta joonisel on vahetuste keskmeks kollasega tähistatud ettevõtte. (Zhang ja Chai, 2019).

Täna sel päeval toimuvad vahetused üle 20 erineva ettevõtte vahel (Valentine, 2016). Tööstusparki suurimateks ettevõteteks on Asnaes elektriijaam, jäätmetest õli tootev Avista Green, bioloogiliste lahenduste tootja Novozymes, biotehnoloogia ettevõtte Novo Nordisk, kipsplaatide tootja Saint-Gobain Gyproc, valgutootmise tehnoloogia arendaja Unibio, veemajanduse eest vastutav Kalundborg Utility, rafineerimistehas Kalundborg

Refinery, jäätmeid töötlev Argo, biogaasi ja väetist tootev Kalundborg Bioenergy, maaparandusettevõtte Bioteknisk Jordens ja Kalundborgi linnavalitsus (joonis 1.3.2) (Kalundborg, 2021).

Lisaks eelnevalt märgitud suhetele toimub ettevõtete vahel ka teisi vahetusi. Näiteks Asnaes elektri jaamas toodetud auru kasutatakse Novozymesis ja Novo Nordiskis ära puhastamiseks, steriliseerimiseks ja destilleerimiseks. Novozymesis toodetakse ensüüme käärimisprotsessi abil, millest jääb järele toitainerikas biomass. Antud biomass muundatakse Kalundborg Bioenergy ettevõttes biogaasiks ja väetiseks. Biogaas transporditakse maagaasivõrgu kaudu rafineerimistehasesse ja sealt juba teistele lõpptarbijatele. Jäätmeid töötlevasse ettevõttesse Argo transporditakse jäätmeid elanikelt ja ettevõtetelt, kus need sorteeritakse ning sellest toodetakse elektrit ja soojusenergiat. (Kalundborg, 2021)



Joonis 1.3.2. Ettevõtted tänapäeval Kalundborgi ökotööstuspargis (Kalundborg, 2021)

Iga tekkiva kõrvalsaaduse jaoks on peetud läbirääkimised, mis on andnud aluse erinevatele tehinguvõimalustele, näiteks kaubelda, vahetada või saada parem hind kaubale. Lisaks annab ettevõtete lähedus võimaluse osta kaupu soodsamate hindadega. (Valero et al., 2012) On hinnatud, et 2019. aastast alates hoitakse ära ligikaudu 635 000

tonni õhku paisatavaid CO₂ heitgaase ning kokkuhoid sotsiaal- ja majanduskulude pealt on vastavalt 14,1 ja 24,2 miljonit eurot. (Transitsion ApS, 2021)

1.4 Ulsan'i ökotööstuspark

Olles üks suurimaid energijatarbijaid ja kasvuhoonegaaside tekitajaid, on Lõuna-Korea aktiivselt tegelenud uudsete võimaluste välja töötamisega tööstussektoris. Nii algatas riik 2005. aastal majanduskava, mille eesmärk oli jäätmeid paremini taaskasutada ja väärtustada, säästa energiat ja vähendada kasvuhoonegaaside hulka, samas hoida tootmist kasvavana ning luua juurde uusi töökohti. (Shah et al., 2020) Projekti raames valiti välja kaheksa esitluspiirkonda, millest üks oli Ulsani linn.

Ulsan asub riigi kaguosas ja on tuntud tööstusregioon. Ulsanit saatsid pidevalt probleemid, millest olulisemad olid suur õhu- ja veesaaste ning energia tarbimine, mis põhines fossiilsetel kütustel (20,8 miljonit tonni naftaekvivalenti). (Park ja Park, 2014) Keskkonnaprobleemid olid nii laiaulatuslikud, et häirisid inimeste igapäevaelu. Saasteainete hulk õhus muutus tööstushoonete läheduses nii kõrgeks, et asutused pidid oma tegevuse peatama või lõpetama ning reostunud jõgedest leviv ebameeldiv lõhn tekitas terviseprobleeme. (Global Green Growth Institute, 2017) Sealne tööstusbaas koosneb kahest ökotööstuspargist (Ulsan-Mipo ja Onsan) ja teistest väiksematest tööstuskompleksidest. Põhifookuses olid Ulsan-Mipo ja Onsan tööstuspargid. Projekti raames töötati välja mitmeid tööstuslikke sümbioosisuhteid, kus käsitleti jäätmete väärimist, energia taaskasutust, auruvõrgustike loomist, CO₂ ja ressursside jagamist. (Shah et al., 2020)

Programmi esimestel aastatel kaasati tegevusse 41 ettevõtet, kellest pooled jagasid energiavõrgustikku (toodeti auru) ja teine pool vahetas kõrvalprodukte. Aastatel 2011-2015 laiendati varem välja töötatud sümbioosivõrgustikke. Esimese kümne aastaga oli projekti majanduslik kasu ligikaudu 475 miljardit eurot, kasvuhoonegaase suudeti vähendada 487 CO₂ ekvivalenti ja energiasääst ulatus aasta lõikes 136 kilotonnini. (Shah et al., 2020)

Suur osakaal on antud tööstuslikus ökosüsteemis energiavahetusel, mis sai alguse 2006. aastal tehtud ettepanekust vähendada Sungami jäätmejaama keskkonnamõju. Ettevõttes põletati jäätmeid, millest omakorda toodeti energiat. Enne programmi ulatus jäätmejaamas ühe päeva jooksul põletatud jäätmete kogus 400 tonnini.

Põletusprotsessis tekkinud auru kogus tunnis oli umbes 45 tonni, millest pool kasutati elektri tootmiseks, 11 tonni saadeti toidujäätmeid komposteerivasse ettevõttesse ja viimane osa kasutati sooja vee tootmiseks. Tööstusrajooni eestvedajad pakkusid välja kasutada antud jäätmejaama energiat laiemalt. 2008. aastaks oli jäätmejaama ja kemikaale tootvat ettevõtet Hyosungi ühendamas aurutorustik. (Park ja Park, 2014) Ka teisi ettevõtteid ühendab sama torustik, näiteks tööstusjäätmete põletusjaam varustab paberitehast auruga (Behera et al., 2012).

Ulsani tööstuslikus ökosüsteemis toimub ka palju teisi sümbioosisuhteid. Metallitööstuses tekkiv kõrge ammoniaagi sisaldusega reovesi on töödeldakse ümber mikroorganismide toitaineks. Antud lõpp-produkt kasutatakse ära reoveepuhastusjaamas. Kahes ettevõttes tekkivad alumiiniumi jäätmed kasutatakse ära metallitööstuses, kus neid esmalt töödeldakse survevormimasinaga ning seejärel toodetakse töödeldud materjalist alumiiniumbriketti. Samuti tekib metalliettevõtetes tsingi töötlemisel helbeid, räbu ja tuhka, mida kasutatakse kemikaalitööstustes tsingirikaste värvide tootmiseks. Rafineerimistehases tekkivad õlijäätmed, mis varasemalt põletati või suunati ookeanisse, taaskasutatakse bioloogilise aine tootmiseks. Seda ainet kasutatakse nüüd õliga saastunud muldade tervendamiseks. (Behera et al., 2012).

1.5 Ringmajandus ja ökotööstuspark

Euroopa Liidus tekib majandustegevuse käigus 2,5 miljardit tonni jäätmeid ühe aasta kohta (Euroopa Komisjon, 2020). Võitlemaks suure hulga jäätmetega, on Euroopa Liit kasutusele võtnud ringmajanduse tegevuskava, mille uuendatud dokument võeti vastu 2021. aastal. Ka tööstuslik ökosüsteem põhineb ringmajanduse põhimõttel. Ringmajandus on tootmis- ja tarbimismudel, mille puhul olemasolevaid materjale ja tooteid jagatakse, laenatakse, korduvkasutatakse, parandatakse, uuendatakse ja võetakse ringlusse võimalikult kaua (Euroopa Parlament, 2021). Antud tegevuskavas on neli põhieesmärki: muuta Euroopa Liidu tooted kestlikuks, keskenduda sektoritele, kus ressursside kasutus on kõrge, vähendada jäätmete teket ning kaasata protsessi rohkem tarbijaid (Eesti Keskkonnajuhtimise Assotsiatsioon, 2021).

Toodete muutmist kestlikumaks on varasemalt käsitletud Euroopa Liidu ökomärgise ja keskkonnahoidlike riigihangete kriteeriumite ettekirjutistes, kuid need põhinevad suuresti vabatahtlikkusel. Ringmajanduse tegevuskavas on eesmärgiks võetud

rakendada seda võimalikult paljudele toodetele. Mõned Euroopa Komisjoni ettepanekud selleks olid järgmised: muuta tooted kergemini parandatavateks, korduskasutavamaks, vastupidavamaks, vähendada neis ohtlike jäätmete hulka, suurendada energia- ja ressursitõhusust, suurendada ringlusesse võetud materjali sisaldust, võimaldada ümbertöötlust ja ringlusessevõttu, vähendada CO₂- ja keskkonnajälge ning vältida ühekordset kasutust. Tarbija kaasamist protsessi põhjendatakse tarbija teadlikkuse tõstmisega ning võimalust olla teadlik kuidas toote eluiga pikendada. (Euroopa Komisjon, 2020)

Kuna ringmajanduses on suur roll tootjatel, siis on Euroopa Komisjon võtnud üheks eesmärgiks aidata tööstussektoril tootmist keskkonnasõbralikumaks muuta. Näiteks soodustab Euroopa Komisjon ökotööstusparkide kavandamist ja rakendamist ning võimaldab seda ellu viia. Lisaks toetab ka teiste erinevate süsteemide, uute tehnoloogiate ja tegevuskavade rakendamisega. (Euroopa Komisjon, 2020)

Sellisel ongi ökotööstuspark osa ringmajandusest. Tööstuslikku ökosüsteemi peetakse üheks lahenduseks rakendada ringmajanduse põhimõtteid. Kuid siin tuleb silmas pidada, et ringmajandust kirjeldavad sõnad „jagamine, laenamine, korduskasutamine, parandamine, uuendamine ja ringlussevõtt“ (Euroopa Parlament, 2021). Tööstuslik ökosüsteem põhineb aga peamiselt materjalide, energia, vee ja/või kõrvalsaaduste vahetustel. Jäätmete vahetus tagab minimaalse jäätmete ja ressursside kadude tekke (Ringmajandus, 2021).

Aastate jooksul on tulenevalt Euroopa Liidu ettekirjutustest olukord veidi paranenud, sest rohkem on hakatud rakendama erinevaid ringmajanduse meetmeid. Ökotööstusparkide kasv on olnud märgatav – kasvanud on teadusartiklite arv ökotööstusparkide kohta ning kasvu on näha ka statistikas.

Paranemismärke on näha samuti jäätmekäitluses. 2020. aastal ulatus jäätmete taaskasutamine Euroopa Liidus 13%-ni, mis on alates 2004. aastast 8,3% tõusnud. Riigid, kus kõige rohkem taaskasutati, olid Holland (31%), Belgia (23%) ja Prantsusmaa (22%). Väikseima näitajaga olid Rumeenia, Iirimaa ja Portugal, kus taaskasutus jäi alla 2%. (Recycling Magazine, 2021) Eestis taaskasutati jäätmeid 2020. aastal 10,53 miljonit tonni ning võrreldes 2019. aasta andmetega, tõusis taaskasutus 8,7% (Statistikaamet, 2021a).

Arvestades Eesti suurust ja elanike arvu, võiksid näitajad paremad olla. Olime 2020. aastaks ülemaailmses säästva arengu indeksis saavutanud 10. koha. Ringmajanduse

näitaja oli meil madal, eriti kliimaeesmärkide ja vastutustundliku tootmise ja tarbimise osas. 2020. aastal oli ringlusesse võetava materjali hulk 15%. (Eljas et al., 2021)

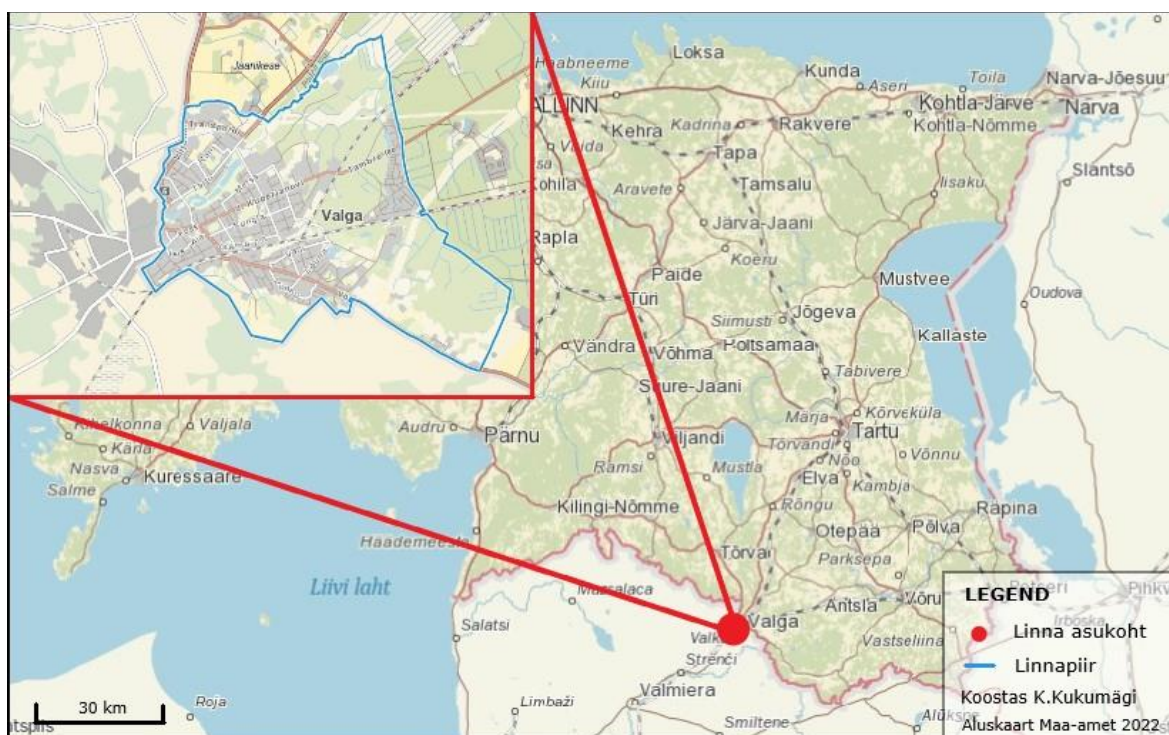
2021. aastal (Esop et al., 2021; Eljas et al., 2021) esitatud aruanne Eesti ringmajanduse tulevikupotentsiaali ja vajalike meetmete kohta andis ülevaate, kui levinud on ringmajanduse võtted erinevates tööstussektorites. Parima näitajaga oli puidu- ja metsatööstus, kuid arenemiseks on kõigil sektoritel veel potentsiaali. Antud tööstussektoris olid kõrgeima hindega tootmisahela efektiivsus, ringmajanduse printsiipe järgiv planeerimine ja lisandväärtuse andmine tarneahelas. Kõige madalamate näitajatega oli ehitussektor, kus ei arvestata ringmajanduse põhimõtetega üldse (Esop et al., 2021).

Uuringus (Esop et al., 2021; Eljas et al., 2021) on välja toodud ka viis olulisemat ettepanekut: tõsta teadlikkust ringmajanduse põhimõtetest, toetada valdkondlike koostööplatvormide tekkimist, suunata riiklikud toetusmeetmed ja investeeringud toodete olelusringi jätkusuutlikkuse tõstmisele, laiendada tootjavastutust ning riik peaks olema suurimaks eeskujuks. Nii on Eesti püstitanud eesmärgi 2022. aasta alguses välja töötada ringmajanduse arengudokument ja tegevuskava. Esiialgu on riigi soov lähtuda arengudokumendi ja tegevuskava koostamisel uutest ärimudelitest (taaskasutus, ringtarneahel, toodete eluea pikendamine) ning soosida kohalikke algatusi keskkonnateemadel, tarbijakäitumise muutust, elukestvat disaini, toodete võimalikult kaua kasutuses hoidmist, korduskasutust ja jäätmetekke vältimist. Lisaks panustab riik keskkonnahoidlikkesse ja innovatiivsetesse riigihangetesse, mida avalik sektor kasutab toodete ja teenuste hankimiseks. Kõik selle tagab laialdane koostöö, et saaks toimuda tööstussümbioos või era- ja avaliku sektori koostööprojektid. (Ringmajandus, 2021)

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1 Valga linn

Valga linn asub Lõuna-Eestis Valga maakonnas Läti piiri ääres ning jagab piiri Läti kaksiklinnaga Valka (joonis 2.1.1). Linna pindala on 16,6 km² (Maa-amet, 2017). Alates 2017. aasta haldusreformist on Valga vallasisene linn (Valga vald). Valla elanikkond on koondunud peamiselt Valga linna ning moodustub valla elanikkonnast 70,8% (Valga vallavalitsus, 2022). 2021. aasta seisuga elas linnas 11 792 elanikku (Statistikaamet, 2021b).



Joonis 2.1.1. Valga linn näidatud Eesti kaardil (Maa-amet, 2022)

2021. aastal oli Valga vallas kokku 923 statistilisse profiili kuuluvat ettevõtet, millest ainuüksi 617 on koondunud Valga linna. Enim tegutseb linnas hulgi- ja jaekaubanduse ettevõtteid ning mootorsõidukite ja mootorrataste remonditöökodasid, kokku 181 ettevõttega. Teised levinumad tegevusalad (EMTAK 2008 järgi) on Valga linnas ehitus (84), muud teenindavad tegevused (86) ja töötlev tööstus (54). (Statistikaamet, 2021c)

2.2 Ettevõtete valik

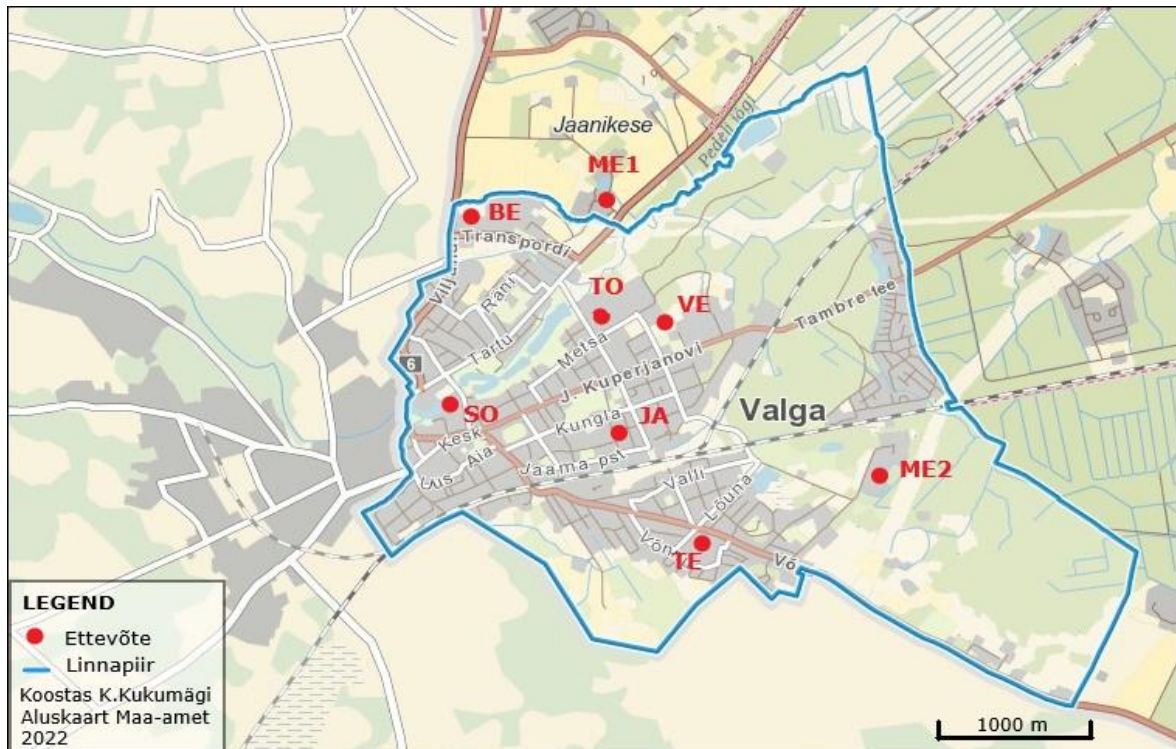
Käesolevaks tööks koostati esmalt potentsiaalsetest ettevõtetest valim. Valimi koostamisel prooviti lähtuda tööstusliku ökosüsteemi põhimõtetest – valimis on esindatud võimalikult erineva tegevusalaga tööstusüksused. Lisaks ettevõtete varieeruvusele oli oluline, et ettevõtetal tekiks piisavalt tootmisjääke uue toodangu tootmiseks. Selleks analüüsiti valla ettevõtete nimekirja. Aluseks võeti ettevõtete üldandmed, millest võis järeldada, et ettevõttel tekib piisavalt tootmisjääke valimis osalemiseks. Lisaks otsis autor internetist ettevõtteid väljaspool valda, pidades silmas, et need jäävad Valga maakonna piiridesse.

Uurimise käigus selgus, et kõik ettevõtted ei soovi valimis osaleda või ei saadud nendega kontakti. Sellisel juhul prooviti need ettevõtted võimalusel teiste sarnaste ettevõtetega asendada. Soov oli valimisse kaasata ka Valka linna ettevõtteid. Lähemal uurimisel selgus, et Valkas on vaid paar suuremat tootjat. Nendega võeti ühendust, kuid ettevõtetest vastuseid ei saadud.

Valimisse jäi 8 ettevõtet. Vastanud ettevõtted asuvad kõik Valga linnas või selle vahetus ümbruses, millest tulevalt otsustas autor koostada tööstusliku ökosüsteemi Valga linna näitel. Ettevõtete asukohti saab näha joonisel 2.2.1. Tööstusüksuste anonüümsuse tagamiseks kasutatakse töös koodnimetusi, mis on vastavalt:

- metallitööstused (edaspidi ME1 ja ME2);
- vesi- ja kanalisatsioon (edaspidi VE);
- soojatootja (edaspidi SO);
- jalatsitööstus (edaspidi JA);
- toiduainetööstus (edaspidi TO);
- betoonitööstus (edaspidi BE);
- tekstiilitööstus (edaspidi TE).

Krediidiinfo avaldatud äriregistri (2022) andmete põhjal on ettevõtete põhi- ja muud tegevusalad järgmised. ME1 ametlikuks tegevusaladeks on muude metallpaakide, -reservuaaride ja -mahutite tootmine, ME2 tegevusalaks on haagiste, poolhaagiste ning konteinerite tootmine. JA toodab jalatseid. TO põhitegevusalaks on liha- ja linnulihatoodete tootmine. BE põhitegevusala on kruusa- ja liivakarjäärde tegevus ning savi ja kaoliini kaevandamine. Muude tegevusaladena toodab ettevõtte ka valmis betoonisegu, kogub tavajäätmeid ja teostab kaubavedu maanteel. TE toodab alusrõivaid, sealhulgas T-särke, päevasärke, hommikumantleid, öösärke ja teisi sarnaseid tooteid.



Joonis 2.2.1. Valimis osalevate ettevõtete asukohad kaardil. (Aluskaart: Maa-amet, 2022)

2.3 Andmete kogumine ja töötlemine

Töö üheks eesmärgiks on kaardistada valimisse valitud Valga valla ettevõtete vahel juba toimuvad tootmisjäätmete ja ressursside vahetused. Selleks kasutatakse kvalitatiivset meetodit (Notarnicola et al., 2016), mille esimene samm hõlmab ettevõtetelt andmete kogumist ja analüüsimist erinevate tootmisüksuste keskkonnategevuse kohta. Andmeid kogutakse nii e-maili kui ka telefoni teel.

Ettevõtetelt küsitakse 4-6 küsimust, lähtuvalt nende tegevusalast. Tootmisega tegelevatelt ettevõtetelt küsitakse järgmisi küsimusi:

- Milliseid tootmisjääke ettevõttel tekib ja kui palju?
- Kellele tootmisjäägid üle antakse? Kas jäätmekäitlejale või mõnele teisele ettevõttele?
- Kui jäägid antakse üle teistele ettevõttele, siis kellele ja mida vahetatakse?
- Kas ettevõtte kasutab ise mõne teise ettevõtte tootmisjääke tootmiseks? Kui jah, siis mida neist valmistatakse?
- Kellele suunatakse reovesi ja kellelt saadakse vesi?
- Kellelt saadakse soojusenergia?

Linna vee ja kanalisatsiooni ning kütte eest vastutavatelt ettevõtetelt küsitakse küsimusi, mis puudutavad tootmisjääke. Ettevõtetelt saadud andmed töödeldakse programmis MS Excel.

Teises etapis viiakse läbi ettevõtete materjali- ja energiaanalüüs, kus saadakse ülevaade valla sümbioosisuhete hetkeolukorrast. Kolmandas etapis tuvastatakse uued võimalikud sümbiootilised suhted ettevõtete vahel, kasutades selleks varasemalt avaldatud kirjandust tööstuslike ökosüsteemide kohta.

3. TULEMUSED

3.1 Tootmisettevõtete sisend-väljund ressursid ja juba olemasolevad vahetused

Andmeid koguti 8 ettevõttelt, mis puudutasid tootmisjääke, soojusenergiat ning vee- ja kanalisatsioonivõrku. Kõikidelt ettevõtetelt ei õnnestunud saada andmeid sisend- ja väljund ressurside kohta (tabel 3.1.1), võimalusel leiti täiendav info ettevõtete kodulehtedelt. Ka ei soovinud kõik ettevõtted avaldada arvandmeid.

Kogutud andmetest selgus, et ettevõtete vahel ei ole tööstusliku sümbioosi suhteid välja kujunenud, tootmisjääkide vahetust antud valimis osalevate ettevõtete vahel ei toimu ning ettevõtted ei kasuta otseselt teiste ettevõtete jääke tootmiseks. Küll aga varustab SO soojusenergiaga VE-d ja JA-d. VE on esindatud pea kõigis tööstusüksustes. (joonis 3.1.1)

VE sisenditeks on reoveesete ja soojusenergia. Ettevõttel endal tekib kahte sorti setet – vedel töötlemata setet (2020. aastal 5372 tonni; 2021. aastal 4291 tonni) ja stabiliseeritud setet (2020. aastal 420 tonni; 2021. aastal 335 tonni). Stabiliseeritud sete müüakse ja antakse erasektorisse, peamiselt haljastusega tegelevatele ettevõtetele. Reoveesetet ei kasutata antud ettevõttes millegi tootmiseks. Soojusenergia saadakse SO-lt.

SO kasutab soojusenergia tootmiseks metsa- ja puiduettevõtete jääke. Ettevõtte kodulehelt selgus, et väikeses mahus kasutatakse kütusena ka põlevkiviõli. Vesi saadakse VE-lt. SO-l tekib tootmisjääkidena veeauru, hakkepuidu põlemisgaasidest kondenseeritud vett ja puutuhka. Korstnast väljuvat korstnaauru, mis on alla 60 kraadi, saab veel osaliselt soojusenergia tootmiseks kasutada. Puidust eraldunud vesi, mida kasutada ei saa, suunatakse VE kanalisatsioonivõrku. Põletuse lõppfaasis tekib suur kogus tuhka (2021. aastal 315 tonni), millega tegeleb edasi ettevõtte lepinguline partner. Tuhk kasutatakse ära põldude mullastruktuuri parandamiseks. Sisendi kogumiseks on ostetud teenusepakkuja.

BE kasutab sisendina tsementi, täitematerjali (liiv, kruus või killustik), teras- ja plastkiudu, sarrust ning tarirauda. Ettevõtte esindaja sõnul kasutab BE kõik ise ära, mis tootmise käigus tekib. Vesi saadakse VE-lt, pesuvesi immutatakse pinnasesse. Soojust toodetakse ise, milleks on gaas, sest betooni tootmiseks on vaja saavutada kõrged temperatuurid. Varasemalt on BE valla ettevõtetelt ja elanikelt metalli kokku ostnud,

mida kasutati betoonis. Enam BE metalli kokku ei osta, sest konstruktsioonides kasutatava metalli omadused on karmide sätetega kehtestatud. Igasugust metalli ei või konstruktsioonides kasutada.

TE sisendiks on vill ja teised kangad. TE-l tekib aastas umbes 28 tonni teksilijäätmeid. Osa neist annab TE tasuta Eesti spordiettevõttele, kes kasutab jääke poksikottide täitmiseks. 100% villa koostisega jäägid saadetakse Itaalia ettevõttesse, kus need töödeldakse ümber ja tehakse uus kangas. Kangas saadetakse tagasi Eestisse ja TE kasutab seda toodangu tootmiseks. Osa jääkidest läheb jäätmetesse. TE kasutab ainult enda ettevõtte ümbertöödeldud jääke. Vee- ja kanalistasiooni eest vastutab VE, küte tuleb enda katlamajast.

ME1 sisendite kohta vastust ei saadud. Lähtudes ME1 põhitegevustest ning kõrvutades neid teiste sarnaste ettevõtetega, võiksid ME1 sisendid olla lehtmets, metallprofiilid ning värvid. ME1 esindaja sõnul teiste jääke toodangu tootmiseks ei kasutata. Tootmisjääkidenä tekib ME1-l metalli- ja värvijääke. Metallijäätmed viiakse kahte kohalikku metallikokkuostuga tegelevasse ettevõttesse. Värvijäätmed transporditakse Tartusse vastava jäätmeloaga jäätmekäitlejale. Vesi saadakse enda kaevust ning soojusenergiat toodetakse enda katlamajas.

ME2 kasutab sisenditena samuti lehtmets, metalliprofiile, värve ja lahusteid. Tootmisprotsessis tekib jääkidenä lehtmets-, profiili- ja värvijääke. 2021. aastal tekkis metallijääke 236,7 tonni ning värvi- ja lahustisegusid 3,212 tonni, millest viimased edastatakse jäätmekäitlusettevõttele. Metallijäägid viiakse Tartu vanametalli kokkuostu. ME2-l teiste ettevõtetega jääkide vahetust ei toimu ja teiste jääke tootmiseks ei kasutata. Vesi- ja kanalisatsioon on VE poolt. Soojusenergia saadakse enda gaasikatlamajast. Gaas ostetakse vastavalt ettevõttelt.

TO sisenditeks on peamiselt sealihä, kuid nende toodangust leiab ka kana- ja veiselihatooteid. Tootmisel tekib kõige rohkem loomseid jäätmeid, mille ettevõtte ise Hummuli jäätmekäitlustehases ümber töötleb ning selle saadused kaubana maha müüb. Teine suurem jäätmegrupp, mis tootmisel tekib, on olme- ja segajäätmed. Need lähevad sellega tegelevale ettevõttele. Paber ja papp kogutakse eraldi ning suunatakse vastava ettevõtte käitlusesse. Ka erinevatele biojäätmetele on leitud kasutajad, kuid ettevõtte esindaja ei täpsustanud kes neid kasutab. Toidutööstuse karmide piirangute tõttu ei kasutata TO teiste ettevõtetete jääke. Küll aga kasutatakse pakendamisel mõningaid taaskasutatud materjale. Need sisaldavad mingil määral (nõuetega määratud) taaskasutatud materjale, mida ostetakse tarnijatelt ja selle väärindamisega ettevõtte ei tegele. Ettevõtte esindaja märkis, et nad üritavad võimalikult efektiivselt jäätmemajandusega tegeleda, et kasutada ära kõikide jääkide maksimaalne potentsiaal.

JA sõltub nende tootmise sisend toodetavatest jalanõudest. Nii on ka tootmisjäädikdega - jalanõude kogus ja mudel määravad kui palju ja milliseid jääke tekib. JA esindaja sõnul võib tootmisjäädikde kogus kuus jääda 8 tonni ümber. Tootmisjäädikud antakse edasi jäätmekäitlejale, sest JA ei ole leidnud neile teisi kasutajaid. JA ei kasuta teiste ettevõtete jääke tootmisel. Vee- ja kanalisatsiooni eest vastutab VE. Soojusenergia saadakse SO-lt.

Tabel 3.1.1. Ettevõtelt kogutud andmed tootmisjäädikde ja vahetuste kohta (2022)

Ettevõte	Ressursid	Tootmisjäädikud (t)	Toimuvad vahetused	Allikas
VE	Reoveesete, soojus	Vedel töötlemata sete 4291 t Stabiliseeritud sete 335 t	Haljastusettevõtetele sete Soojusenergia SO-lt	E-mail
SO	Metsa- ja puidutööstuste tootmisjäädikud, vesi	Veeaur Kondenseeritud vesi Puutuhk 315 t	Tuhk põllumajandusettevõtetele Vesi- ja kanalisatsioon VE-lt	E-mail, koduleht
BE	Tsement, täitematerjal (liiv, kruus, killustik), vesi, teras- ja plastikkiud, sarrus, tariraud, soojus		Vesi VE-lt	Telefonikõne, koduleht
TE	Vill, muud kangad, vesi, soojus	Tekstiiljäädikud ca 28 t aastas	Jäädikud poksikottide täiteks 100% villa koostisega jäädikud saadetakse Itaaliasse ümbertöötlemiseks Vesi- ja kanalisatsioon VE-lt	E-mail, koduleht
ME1	Lehtmetsa, metallprofiilid, värv	Metallijäädikud Värvijäädikud	Metallijäädikud 2 kohalikku kokkuostu Värvijäädikud Tartu jäätmekäitlejale	Telefonikõne, teiste sarnaste tootjate kodulehed
ME2	Lehtmetsa, metallprofiilid, värv, lahustid	Lehtmetsa- ja profiilijäädikud 236,7 t Värv- ja lahustisegud 3,212 t	Värv- ja lahustisegud jäätmekäitlejale Metallijäädikud metallikokkuostu Gaas gaasitootjalt Vesi- ja kanalisatsioon VE-lt	E-mail

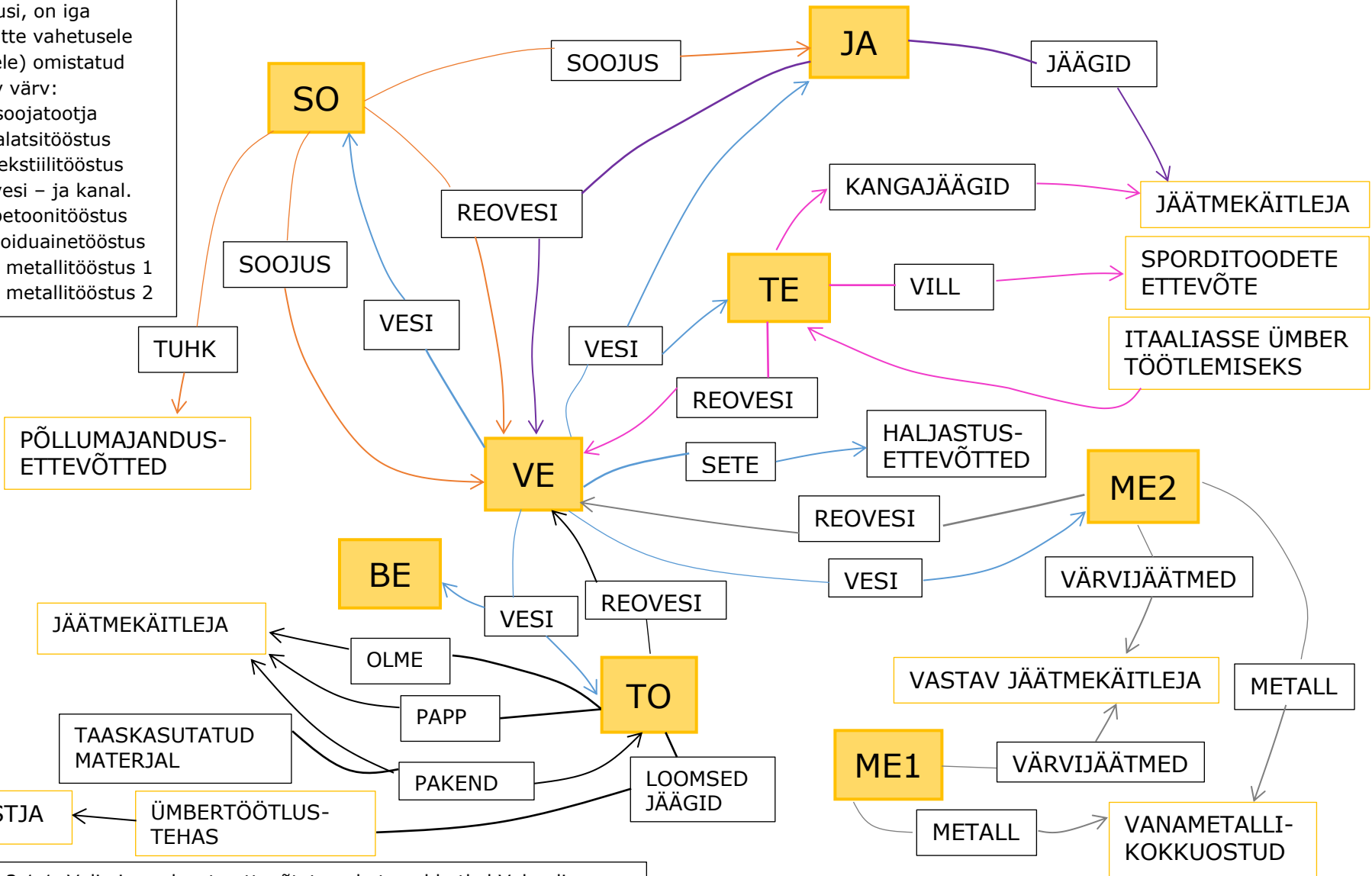
Tabeli 3.1.1 järg

Ettevõte	Ressursid	Tootmisjäätgid (t)	Toimuvad vahetused	Allikas
TO	Sea-, veise- ja kanaliha, paber, kile, plastik, vesi, soojus	Loomsed jäätmed Segajäätmed Olmejäätmed Paber ja papp Biojäätmed	Loomsed jäätmed toodetakse ümber ja saadused müüakse edasi	E-mail, koduleht
JA	Nahk, kangas, kumm, plastik	Jäätmete kogus ja liik sõltub toodetavate jalanõude mudelist, kuus jäätmeid ca 8 t	Jäätgid jäätmekäitlejale Vesi- ja kanalisatsioon VE-lt Soojusenergia SO-lt	E-mail

LEGEND

*eristamiseks ettevõtete vahetusi, on iga ettevõtte vahetusele (joonele) omistatud vastav värv:

- SO - soojatootja
- JA - jalatsitööstus
- TE - tekstiilitööstus
- VE - vesi - ja kanal.
- BE - betoonitööstus
- TO - toiduainetööstus
- ME1 - metallitööstus 1
- ME2 - metallitööstus 2



Joonis 3.1.1. Valimis osalevate ettevõtete vahetused hetkel Valga linnas.

4. ARUTELU

4.1 Uued võimalikud vahetused ja ettevõtted Valga linnas

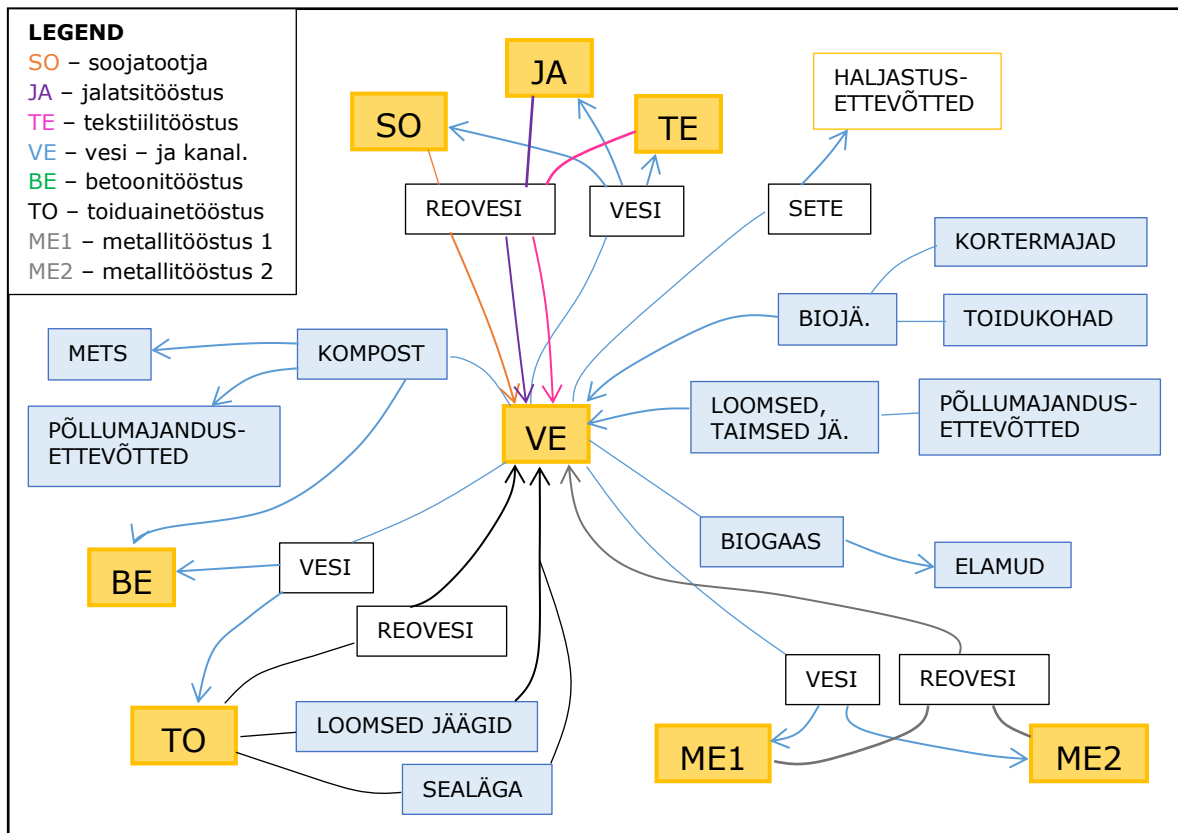
Kogutud andmetest selgus, et ettevõtete vahel ei toimu peaaegu üldse vahetusi. Kõige paremini oli esindatud VE, sest linnas on hästi välja arenenud veevõrgustik ning vesi on tootmisel ja argipäevatoimetuste juures asendamatu. ME1, kelle tootmishooned ei jää linnapiiridesse, kasutab vee saamiseks enda kaevu. Seega on VE-l suur potentsiaal osaleda Valga linna tööstuslikus ökosüsteemis. Ettevõttel tekib vedelat töötlemata reoveeset 4291 tonni ja stabiliseeritud reoveeset 335 tonni. Kuna 2015. aastast alates ei ole enam töötlemata reoveeset keskkonnas lubatud kasutada (Tooming, 2016), võiks VE toota rohkem stabiliseeritud setet. Suurendades stabiliseeritud sette koguseid, pakub töö autor välja toota komposti.

Lisaks settele võib komposti lisada ka teisi biojätmeid. Toitlustusettevõtted, kelle suurimaks probleemiks on toidu raiskamine, saaksid enda biojätmed VE-le anda. Ka hästi lahendatud jäätmete liigiti kogumine korterelamute juurest annaks võimaluse suunata jäätmed komposti. Komposti võiks veel lisada TO loomsed jäägid ning suurtes sealautades tekkinud sealäga ning valla põllumajandusettevõtete loomsed ja taimsed jäägid. Toodetud komposti võib jagada haljastus-, põllumajandus- või metsandusettevõtetele. BE, kelle põhitegevusala on liiva- ja kruusakarjääri tegevus, saaks VE-lt karjääride kultiveerimiseks seda sama komposti kasutada. Kaaluda võiks ka biogaasi tootmist samadest komponentidest, mida näiteks soojusenergiaks muuta. (joonis 4.1.1)

SO-l tekib soojuse tootmisel 315 tonni lendtuhka, mida kasutatakse juba praegugi mõnede põldude väetamiseks. Lendtuhka on võimalik kasutada metsade väetamiseks. On leitud, et metsade väetamiseks sobib lendtuhk isegi paremini, eriti just soiste metsade jaoks, kus fosfori ja kaaliumi sisaldus takistab puude kasvu (Pitk et al., 2016). Nii võiks kaaluda lendtuha andmist või müüki metsaomanikele- või ettevõtetele.

Lendtuhk võib olla keskkonnale ja inimesele ohtlik, mistõttu on Põhjamaades hakatud eelistama granuleerimist ja mis oleks ka antud tööstuslikus ökosüsteemis üheks variandiks. Kuid seda pigem ainult metsade puhul, sest põldudel granuleeritud tuha kasutamine kõrgeid tulemusi ei näita. (Pitk et al., 2016) Lendtuhka saab kasutada veel BE betooni tootmisel. Lendtuhaga betoon saavutab ajaga suurema tugevuse kui

tavabeton, lisaks on see vastupidavam, vähendab läbilaskvust ja temperatuuritõusu ning kontrollib korrosiooni (Krithika, Kumar, 2020).



Joonis 4.1.1. Valga linnas hetkel toimuvad vahetused ja autori pakutud vahetused VE-le (vesi- ja kanalisatsioon, kompost, biogaas). Sinised kastid tähistavad autori poolt välja pakutud uusi vahetusi. Eristamiseks ettevõtete vahetusi, on iga ettevõtte vahetusele (joonele) omistatud vastav värv. Joonte värvide tähenduse leiab legendi kastist.

Autori soov oli ettevõtete valimisse kaasta ka puidutööstust (edaspidi PU), kuid viielt sarnase tegevusalaga ettevõttelt vastuseid ei laekunud. Kuna PU on nii linnas kui maakonnas mitmeid, siis võiks PU olla ka Valga linna tööstuslikus ökosüsteemis. Seetõttu on hüpoteetilisele PU-le omistatud samaväärne olulisus nagu teistele valimis osalevatele ettevõtetele. PU erinevaid puidujäake (koor, laastud, klotsid jms) saab kasutada SO soojusenergia tootmiseks. Erinevatest jääkidest võib teha haket, mida hiljem haljastuses kasutada.

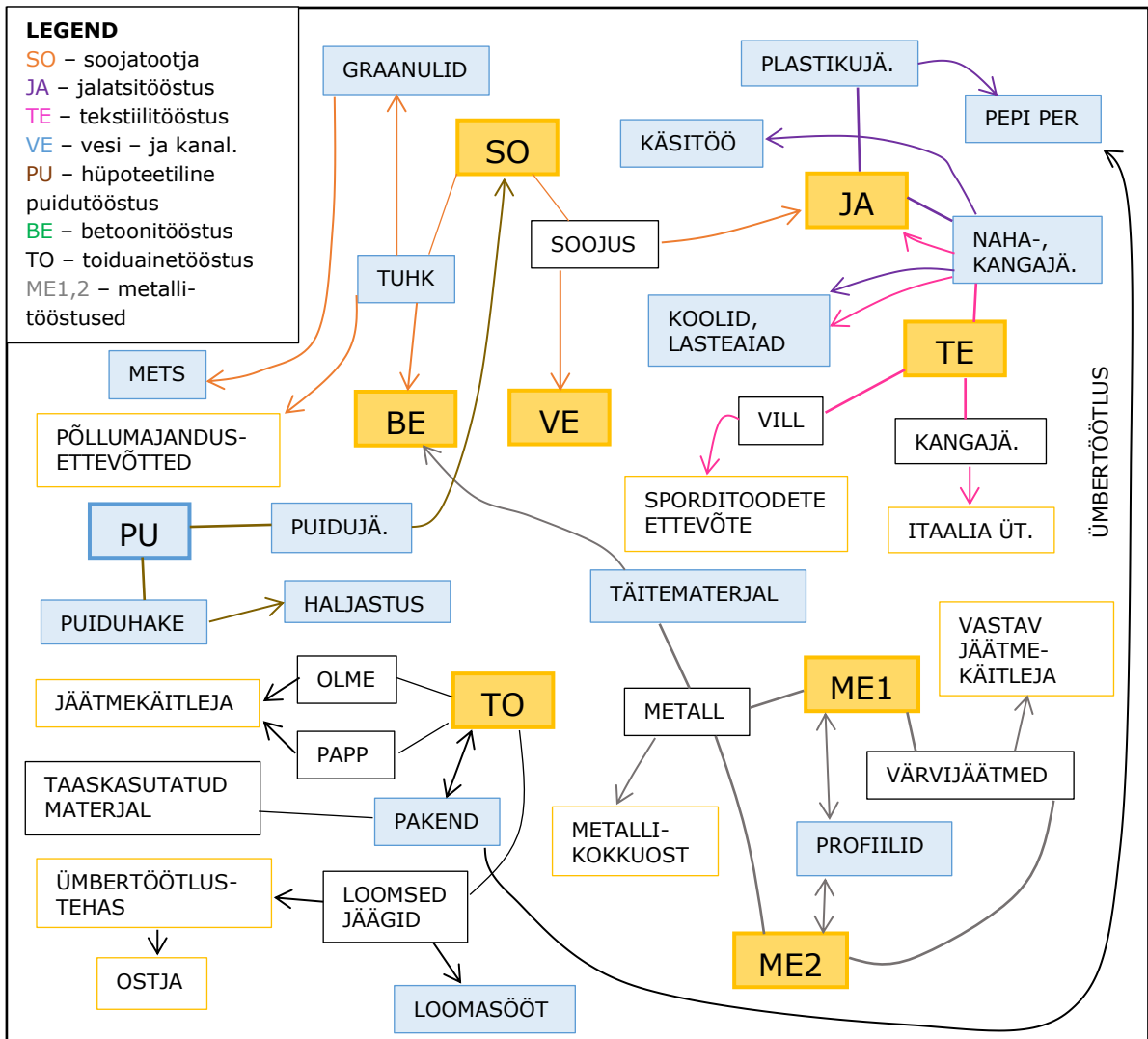
JA-lt andmeid kogudes selgus, et ettevõtte ei ole enda jääkidele teisi võimalusi leidnud, kui need ainult jäätmekäitlejale üle anda. Kuus tekib jäätmeid ligikaudu 8 tonni, mis ei ole just kõige suurem kogus. Neid saaks ära anda kohalikele käsitöölisele või hoopiski koolidele või lasteaedadele meisterdamiseks. Jalanõude valmistamisel kasutatakse ka plastikut, mille jäägid oleks võimalik saata Läti Valka ettevõttesse Pepi Per SIA, kes toodab erinevaid tooteid plastikust. TE kangajäägid lähevad 100%-i ulatuses Itaaliasse

ümbertöötlemisse, kuid võimalusel saaks osasid jääke anda JA-le ning samuti koolidele ja lasteaedadele.

ME1-I ja ME2-I tekib tootmisjäädadena lehtmetsa ja metalliprofiile. Lehtmetsa on keerulisem taaskasutada, kuid metalliprofiilidest jääb metalliettevõtetele tihtipeale erineva suurusega juppe alles ning need ei leia alati kasutust. Tellitavad profiilid on alati ühesuguses pikkuses, kuid ettevõtetele on võimalik vahetada omavahel infot laosolevate profiilide jääkide osas, et leida ja kasutada ära alles jäänud profiilide jääke. Erinevaid metallijääke saab kasutada BE betoonis täitematerjalina.

TO tootmise käigus tekkinud loomseid jääke saab kasutada loomasööda tootmiseks. TO-I pakendamisel tekkivaid plastikujäägid võiks suunata ümbertöötlemisse (kui vaja) ning anda need Valka ettevõttele Pepi Per SIA.

Joonisel 4.1.2 on näha hetkel toimuvaid ja autori poolt välja pakutud tootmisjäädade vahetusi ettevõtete vahel. Jooniselt on välja jäetud seosed VE-ga.



Joonis 4.1.2. Valga linnas hetkel toimuvad tootmisjääkide vahetused ja autori pakutud vahetused. Sinised kastid tähistavad autori poolt välja pakutud uusi vahetusi. Eristamaks ettevõtete vahetusi, on iga ettevõtte vahetusele (joonele) omistatud vastav värv. Joonte värvide tähenduse leiab legendi kastist.

Joonisel 4.1.3 on kujutatud kõiki ressursside vahetusi Valga linnas – nii hetkel toimuvaid kui ka uusi võimalikke vahetusi.

4.2 Valga tööstusliku ökosüsteemi arengut takistavad tegurid ja ettepanekud

Valimis osalenud ettevõtete vahel on praegu toimuvad seosed minimaalsed, vaid VE on ühenduses pea kõikide ettevõtetega – varustades neid kas veega, kanalisatsioonivõrguga või mõlemaga. Võrreldes antud töö tulemusi teiste suuremate üksustega, näiteks Tartuga (Kinz-Kiens, 2018), oli seal varasemalt toimivaid ettevõtete vahelisi suhteid rohkem. Erinevuse põhjuseks on ilmselt Valga linna asukoht. Olgugi, et tegu on väikese üksusega, on mujalgi maailmas väiksemates kohtades edukalt tööstussümbioosi rakendatud. Kuulsaim näide on Kalundborgi ökotööstuspark samanimelises linnas, kuid linn asub loogiliselt heas kohas ja on aastate jooksul tugevaks tööstuslinnaks arenenud. Valga linna kuldhetked jäävad 1980. aastatesse, mil see oli edukas tööstuslinn.

Pärast Eesti taasiseseisvumist on aga Valga linn aasta aastalt hääbunud, seda just viimase 20 aasta jooksul. Rahvaarv on langenud pea poole võrra, mitmed hooned on jäänud elaniketa ja kasutuseta ning noorte järelkasv suundub suurematesse linnadesse. Samuti koonduvad ettevõtted suurte linnade ümber, sest sealne olustik suudab äritegevusele stabiilsemat ja konkurentsivõimelisemat keskkonda pakkuda. Seda kõike soosib ääremaastumine, mis on tänapäeval järjest enam süvenev nähtus.

Olles suhelnud väiksemate kui suuremate ettevõtjatega Valgast, nõustutakse selles ühiselt, et väiksemas üksuses äritegevusega tegeledes tuleb teha rohkem järeleandmisi. Igaüks seisab enda ettevõtte eest ja keskkonnateemadele eriti ei keskenduta. Tehakse vaid niipalju, et ettevõtete tegevus vastaks seadusandlusele. Lisaks on sellistes asulates ka madalam keskkonnateadlikkus.

Siinkohal peaks initsiatiivi rohkem üles näitama riik, kes panustaks rohkem äärealade arengusse. Näiteks viies läbi koolitusi kohalikele omavalitsustele, pakkudes ettevõtetele uudseid ja innovaatilisi lahendusi, tõstes avalikkuse teadlikkust ja suurendades koostööd erinevate huvigruppide vahel (Ikranel, 2021). Kuna levinud on arvamus, et kohalik omavalitsus ei huvitu eriti kohalikust ettevõtlusest, võiks riik välja pakkuda võimaluse koolitada kohaliku omavalitsuse spetsialiste keskkonnateemadel. Nii kasvaks kohaliku omavalitsuse keskkonnaalased teadmised ja panustataks rohkem keskkonnasõbralikumale tootmisele. Erinevaid koolitusi ja seminare võiksid läbi viia vastava hariduse ja kogemusega inimesed, näiteks ülikoolide õppejõud või eduka ärilooga ettevõtete omanikud.

Riik võiks kaaluda veel ettevõtetele toetuste maksmist. Seda just neile, kes rakendavad erinevaid keskkonnasõbralikke meetmeid tööstusprotsessides. Nii oleksid ettevõtted rohkem motiveeritud enda keskkonnateadlikkust tõstma ning tootmist rohelisemaks muutma. Näiteks edukas näide toetuse maksmisest on päikesepaneelide- ja parkide rajamine, mis tõstis hüppeliselt päikesepaneelide kasutust Eestis.

Ettevõtete vaheliste seoste loomist takistab ka asjaolu, et piirkonnas on vähe erinevate tööstusaladega tegelevaid ettevõtteid. Piirkonnale annaks juurde teistsuguse taustaga ettevõtete loomine. Samas on ääremaal asuvasse linna riskantne uusi ettevõtteid luua, sest ettevõtte ebaõnnestumise tõenäosus on suurem kui mõnes suuremas linnas. Positiivse poole pealt annaksid uued ettevõtted elanikkonnale töökohti juurde. Töö leidmine on väikeses linnas üheks suurimaks probleemiks ning iga uus töökoht on sellises kohas väärtuslik.

Võttes arvesse uusi võimalikke vahetusi ettevõtete vahel ja rakendades autori teisi ettepanekuid, on võimalik Valga linnas tööstuslikku ökosüsteemi läbi viia. Kuid selleks peavad koostööd tegema nii riik, kohalik omavalitsus kui ettevõtted.

KOKKUVÕTE

Keskkonnaprobleemid saadavad meid igal sammul. Suurimat rolli sellest mängivad tööstusüksused, kes kasutavad tootmiseks ammenduvaid maavarasid ning seeläbi tekib hulganisti jäätmeid, emissioone ja heitvett. Et seda kõike parandada, on välja mõeldud erinevaid lahendusi ja üheks selliseks on tööstuslik ökosüsteem. Tööstuslikus ökosüsteemis vahetatakse tootmisjääke, kõrvalsaaduseid, vett ja/või energiat. Nii on võimalik tootmisprotsess efektiivsemaks ja keskkonnasõbralikumaks muuta.

Eestis on varasemalt uuritud Tartu ja Pärnu linnade tööstusliku ökosüsteemi rakendamise potentsiaali. Käesolevas töös uuriti Valga linna potentsiaali. Magistritöö esimeseks eesmärgiks oli kaardistada Valga linna valitud ettevõtete vahel juba toimuvad jäätmete ja ressursside vahetused. Teiseks eesmärgiks oli välja pakkuda linna tervikliku tööstusliku ökosüsteemi loomiseks uusi võimalusi ja ettevõtteid.

Töös osales kokku 8 erineva tegevusalaga ettevõtet. Tulemustest selgus, et Valga linnas ei ole ettevõtete vahel veel välja kujunenud tööstusliku ökosüsteemi suhteid. Vaid vee- ja kanalisatsiooni eest vastutav ettevõtte omas pea kõigi ettevõtetega vahetusi. Teistel ettevõtetel olid pigem välja kujunenud omad kindlad partnerid, kellele antakse või kellelt saadakse tootmisjääke. Saadud tulemuste põhjal pakkus autor välja erinevaid lahendusi tööstusliku ökosüsteemi rakendamiseks.

Autori poolt välja pakutud lahenduste põhjal selgus, et linnas on võimalik tööstuslikku ökosüsteemi rakendada. Suurima potentsiaaliga on vee- ja kanalisatsiooni eest vastutav ettevõtte. Teiste ettevõtete tootmisjääkide vahetus on keerulisem, sest Valgamaal on erinevate tegevusaladega ettevõtete leidmine piiratud.

Tööstusliku ökosüsteemi rakendamisel võib probleemiks osutada Valga linna geograafiline asukoht. Linn asub suurematest tõmbekeskustest kaugel ja riigi tähelepanu on pigem neile koondunud. Nii üritavad ettevõtted väiksemas linnas teha kõik, et ellu jääda. Ettevõtete prioriteet ei ole keskkonnasõbralik tootmine ning ilmselt puuduvad ettevõtetel ka vastavad teadmised. Olukorra parandamiseks peaks riik rohkem tähelepanu pöörama äärealadele, tehes aktiivselt koostööd kohaliku omavalitsusega. Riik ja kohalik omavalitsus võiksid läbi viia keskkonnateemalisi seminare ja koolitusi, pakkuda välja erinevaid innovaatilisi tootmislahendusi või toetada rahaliselt keskkonnasõbralikke tootmisviise.

Tulemustest lähtudes, said magistritöö eesmärgid täidetud. Kuid kindlasti oleks võimalik antud tööd veel täiendada, kaasates ettevõtete valimisse rohkem ettevõtteid. Kaasates uuringusse veel ettevõtteid, võib selguda, et ettevõtete vahel on juba toimuvaid vahetusi rohkem kui antud tööst selgus.

SUMMARY

Environmental problems accompany us every step of the way. The largest role is played by industrial units, which use depleted mineral resources for production and also generate a large amount of waste, emissions and effluents. Various solutions have been devised to improve all this, and one of them is the industrial ecosystem. In an industrial ecosystem, production residues, by-products, water and/or energy are exchanged. In this way, it is possible to make the production process more efficient and environmentally friendly.

The potential of implementing the industrial ecosystem of Tartu and Pärnu has been previously studied in Estonia. In this work, the potential of the city of Valga was studied. The first goal of the master's thesis was to map the exchanges of waste and resources already taking place between the selected companies in the city of Valga. The second goal was to offer new opportunities and companies for the creation of a comprehensive industrial ecosystem in the city.

A total of 8 companies with different activities participated in the work. The results showed that the relations between the companies in the city of Valga have not yet developed. Only the company responsible for water and sewerage had exchanges with almost all companies. Rather, other companies had developed their own specific partners to whom production residues are given or obtained. Based on the obtained results, the author proposed different solutions for the implementation of the industrial ecosystem.

Based on the solutions proposed by the author, it became clear that it is possible to implement an industrial ecosystem in the city. The company with the greatest potential is responsible for water and sewerage. The exchange of production residues of other companies is a bit more complicated, because in Valga county it is limited to find companies with different sectors.

The geographical location of the city of Valga may be a problem in the implementation of the industrial ecosystem. The city is far from major centers of attraction and the country's attention is rather focused on them. Businesses in a smaller city try their best to survive. Environmentally friendly production is not a priority for companies and companies probably do not have the relevant knowledge. To improve this, country should pay more attention to the periphery, actively cooperating with the local government. The state and local government could conduct environmental seminars

and trainings, offer various innovative production solutions or financially support environmentally friendly production methods.

Based on the results, the goals of the master's thesis were met. However, it would certainly be possible to further improve this work by involving more companies in the sample of companies. By including more companies in the study, it may become clear that there are already more exchanges between companies than were revealed in this work.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Baldassarre, B., Schepers, M., Bocken, N., Cuppen, E., Korevaar, G., & Calabretta, G. (2019). Industrial Symbiosis: towards a design process for eco-industrial clusters by integrating Circular Economy and Industrial Ecology perspectives. *Journal of cleaner production*, 216, 446-460. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.091>
2. Behera, S. K., Kim, J. H., Lee, S. Y., Suh, S., & Park, H. S. (2012). Evolution of 'designed' industrial symbiosis networks in the Ulsan Eco-industrial Park: 'research and development into business' as the enabling framework. *Journal of Cleaner Production*, 29, 103-112. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.009>
3. Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual review of energy and the environment*, 25(1), 313-337. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.313>
4. Chertow, M. R. (2007). "Uncovering" industrial symbiosis. *Journal of industrial Ecology*, 11(1), 11-30. <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1110>
5. Chertow, M., & Ehrenfeld, J. (2012). Organizing self-organizing systems: Toward a theory of industrial symbiosis. *Journal of industrial ecology*, 16(1), 13-27. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00450.x>
6. Chertow, M., & Park, J. (2016). Scholarship and practice in industrial symbiosis: 1989–2014. In *Taking stock of industrial ecology* (pp. 87-116). Springer, Cham.
7. Domenech, T., Bleischwitz, R., Doranova, A., Panayotopoulos, D., & Roman, L. (2019). Mapping Industrial Symbiosis Development in Europe_ typologies of networks, characteristics, performance and contribution to the Circular Economy. *Resources, conservation and recycling*, 141, 76-98. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.016>
8. Eesti Keskkonnajuhtimise Assotsiatsioon. (2021). Euroopa Komisjon võttis vastu uue ringmajanduse tegevuskava. <https://ekja.ee/et/euroopa-komisjon-vottis-vastu-uu-ringmajanduse-tegevuskava/>
9. Ehrenfeld, J. R., & Chertow, M. R. (2002). Industrial symbiosis: the legacy of Kalundborg. *A handbook of industrial ecology*, 334-348.
10. E-Krediidiinfo äriregister. (2022). <https://www.e-krediidiinfo.ee/>
11. Eljas, K., Lepik, K-L., Tuppits, U. (2021). Eesti ringmajanduse tulevikupotentsiaali ja vajalike meetmete uuring. Osa 2 – toidutööstus, metsa- ja puiutööstus, teenindussektor. https://ringmajandus.envir.ee/sites/default/files/Osa_2_P%C3%B5hifail.pdf
12. Esop, K., Pärenson, T., Idnurm, J., Kull, K., Krumme, A., Kenk, K., Vares, M., Palamus, T., Eljas, K., Lepik, K-L., Tuppits, U. (2021). Eesti ringmajanduse tulevikupotentsiaali ja vajalike meetmete uuring. Osa 1 – ehitussektor, plastitööstus, tekstiilitööstus. https://ringmajandus.envir.ee/sites/default/files/OSA%201_lopparuanne_KeM.pdf
13. Euroopa Komisjon. (2020). KOMISJONI TEATIS EUROOPA PARLAMENDILE, NÕUKOGULE, EUROOPA MAJANDUS- JA SOTSIAALKOMITEELE NING REGIOONIDE

- KOMITEELE. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ac9cd214-53c6-11ea-aece-01aa75ed71a1/language-et/format-PDF>
14. Euroopa Parlament. (2021). Ringmajanduse tähendus, vajalikkus ja kasulikkus. <https://www.europarl.europa.eu/news/et/headlines/economy/20151201STO05603/ringmajanduse-tahendus-vajalikkus-ja-kasulikkus>
 15. Gibbs, D. (2003). Trust and networking in inter-firm relations: the case of eco-industrial development. *Local economy*, 18(3), 222-236. <https://doi.org/10.1080/0269094032000114595>
 16. Global Green Growth Institute. (2017). Case Study Greening Industrial Parks - A Case Study on South Korea's EcoIndustrial Park Program. https://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/best-practices/GGGI%20Case%20Study_South%20Korea%20Eco-Industrial%20Park%20Program_June%202017.pdf
 17. Google Maps. (2022). Kaardiandmed. <https://www.google.com/maps/@58.6102192,24.5605869,7z>
 18. Graedel, T. E., & Lifset, R. J. (2016). Industrial ecology's first decade. *Taking stock of industrial ecology*, 3-20. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20571-7>
 19. Grant, G. B., Seager, T. P., Massard, G., & Nies, L. (2010). Information and communication technology for industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 14(5), 740-753. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2010.00273.x>
 20. Ikranel. (2021). Valgamaa ringmajanduse audit. Aruanne.
 21. Jaanimägi, E. (2011). Pärnu toomisettevõtete vahelise tööstusliku ökosüsteemi rakendamise potentsiaal (magistritöö). Tallinna Tehnikaülikooli Tartu Kolledž, Tartu: TTÜ.
 22. Kalundborg. (2021). Partners. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/>
 23. Keskkonnaministeerium. (2014). Riigi jäätmekava 2014-2020. https://www.envir.ee/sites/default/files/riigi_jaatmekava_2014-2020.pdf
 24. Kinz-Kiens, C. (2018). Tootmissettevõtete vahelise tööstusliku ökosüsteemi potentsiaal Tartu näitel (magistritöö). Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledž, Tartu: TTÜ. <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/efe5a29e-f68d-48f6-892d-df1c08bc855b>
 25. Koov, K. (2021). Vajalikud muudatused seadusandluses ning tingimuste loomine eduka tööstusliku sümbioosi arendamiseks Eestis maailma parimatele praktikatele tuginedes (magistritöö). Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledž, Tartu: TTÜ. <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/58a38820-48fa-4e53-96b0-4d4a03561651>
 26. Korhonen, J. (2001). Four ecosystem principles for an industrial ecosystem. *Journal of Cleaner production*, 9(3), 253-259. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(00\)00058-5](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(00)00058-5)
 27. Kosmol, L. (2019, July). Sharing is caring-information and knowledge in industrial symbiosis: a systematic review. In *2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI)* (Vol. 1, pp. 21-30). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CBI.2019.00010>

28. Krithika, J., & Kumar, G. R. (2020). Influence of fly ash on concrete—A systematic review. *Materials Today: Proceedings*, 33, 906-911. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.425>
29. Kukk, J. (2015). Eesti mehaanilise puidutööstuse jäätmete kasutuse analüüs (magistritöö). Eesti maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut, Tartu. https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/2275/J%c3%bcrgen_Kukk_2015MA_MT_t%c3%a4istekst.pdf?sequence=1&isAllowed=y
30. Maa-amet. (2017). Maakatastri statistika: andmed seisuga september 2017. <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Maakatastri-andmed/Maakatastri-statistika-p506.html>
31. Neves, A., Godina, R., G Azevedo, S., Pimentel, C., & CO Matias, J. (2019). The potential of industrial symbiosis: Case analysis and main drivers and barriers to its implementation. *Sustainability*, 11(24), 7095. <https://doi.org/10.3390/su11247095>
32. Notarnicola, B., Tassielli, G., & Renzulli, P. A. (2016). Industrial symbiosis in the Taranto industrial district: current level, constraints and potential new synergies. *Journal of Cleaner Production*, 122, 133-143. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.056>
33. Park, J. Y., & Park, H. S. (2014). Securing a competitive advantage through industrial symbiosis development. *Journal of Industrial Ecology*, 18(5), 677-683. <https://doi.org/10.1111/jiec.12158>
34. Pitk, P., Raave, H., Ots, K. (2016). Puidutuha väärimise võimalused ja perspektiiv granuleeritud kompleksväetisena põllumajanduses ja metsanduses. Aruanne. https://www.kik.ee/sites/default/files/uuringud/kik_10053_aruanne-05.07.16.pdf
35. Recycling Magazine. (2021). EU's circular material use rate increased in 2020. <https://www.recycling-magazine.com/2021/11/25/eus-circular-material-use-rate-increased-in-2020/>
36. Ringmajandus. (2021). Eesti ringmajanduse arengudokument ja tegevuskava. <https://ringmajandus.envir.ee/et/eesti-ringmajanduse-arengudokument-ja-tegevuskava>
37. Shah, I. H., Dong, L., & Park, H. S. (2020). Tracking urban sustainability transition: an eco-efficiency analysis on eco-industrial development in Ulsan, Korea. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121286. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121286>
38. Statistikaamet. (2021a). Jäätmed ja ringmajandus. <https://www.stat.ee/et/avastatistikat/valdkonnad/keskkond/jaatmed-ja-ringmajandus>
39. Statistikaamet. (2021b). Valga linn. <https://www.stat.ee/et/avastatistikat/piirkonnad/valga-maakond/valga-linn>
40. Statistikaamet. (2021c). ER0309: STATISTILISSE PROFIILI KUULUVAD ETTEVÕTTED HALDUSÜKSUSE JA TEGEVUSALA (EMTAK 2008) JÄRGI, HALDUSJAOTUS SEISUGA 01.01.2018. https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__majandusüksused__ettevetjad/ER0309
41. Zhang, X., & Chai, L. (2019). Structural features and evolutionary mechanisms of industrial symbiosis networks: Comparable analyses of two different cases. *Journal*

of *Cleaner Production*, 213, 528-539.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.173>

42. Tooming, M. (2016). Töödeldud reoveesette kasutamine ja perspektiivid Eesti maastikuehituse valdkondades (magistritöö). Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledž, Tartu: TTÜ.
43. Transition ApS. (2021) Guide for industrial symbiosis facilitators. http://www.symbiosis.dk/wp-content/uploads/2021/03/Guide-for-IS-facilitators_online2.pdf
44. Valentine, S. V. (2016). Kalundborg Symbiosis: Fostering progressive innovation in environmental networks. *Journal of Cleaner Production*, 118, 65-77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.061>
45. Valero, A., Usón, S., & Costa, J. (2012). Exergy analysis of the industrial symbiosis model in Kalundborg. *Proc. ECOS*, 25(218), 1-218.
46. Valga vallaalitsus. (2022). Valga valla tutvustus ja asukoht. <https://www.valga.ee/tutvustus-ja-asukoht>
47. Wolf, A., Eklund, M., & Söderström, M. (2007). Developing integration in a local industrial ecosystem—an explorative approach. *Business Strategy and the Environment*, 16(6), 442-455. <https://doi.org/10.1002/bse.485>
48. Yu, C., Davis, C., & Dijkema, G. P. (2014). Understanding the evolution of industrial symbiosis research: A bibliometric and network analysis (1997–2012). *Journal of Industrial Ecology*, 18(2), 280-293. <https://doi.org/10.1111/jiec.12073>