



Euroopa Liit  
Euroopa struktuuri-  
ja investeerimisfondid



Eesti  
tuleviku heaks

16. juuni 2021

# Eesti ringmajanduse tulevikupotentsiaali ja vajalike meetmete uuring

---

Lisa 1 – Metsa- ja puidutööstus



16. juuni 2021

## **Eesti ringmajanduse tulevikupotentsiaali ja vajalike meetmete uuring**

### **Lisa 1 – Metsa- ja puidutööstus**

---

Technopolis Group, Tallinna Ülikool, Teeme Ära SA

Vastutav täitja: Mihkel Kangur

Tallinna Ülikool

Lõpparuanne esitatud 16.06.2021

Autorid: Martin Küttim, Kaisa Hansen, Liisa Küttim

Finantseerimisallikas: Keskkonnaministeeriumi kui rakendusasutuse tehnilise abi projekt, SFOSi nr 2014-2020.13.01.16-0007



# Sisukord

---

1	Ringmajandus metsa- ja puidutööstuses	1
1.1	Metsa- ja puidutööstuse valdkonna ülevaade	1
1.1.1	Ringmajanduse tähendus metsa- ja puidutööstuses	1
1.1.2	Metsa- ja puidutööstuse väärtusahela kirjeldus	3
1.1.3	Innovatsioon Eesti puidutööstuses ja koostöö teadusasutustega	6
1.1.4	Ringlusstrateegiad Eesti metsa- ja puidutööstuses	9
1.2	Ringmajanduse edendamine Euroopa metsa- ja puidutööstuses	10
1.2.1	Metsasektori peamise sihturu riigi näide ringmajanduse potentsiaali mõistes Eesti jaoks: Soome	15
1.3	Ringmajanduse potentsiaal metsa- ja puidutööstuses	16
1.4	Soovitused ja meetmed ringmajanduse arendamiseks metsa- ja puidutööstuses	20
1.5	Kokkuvõte	23
2	Kasutatud kirjanduse loetelu	25
Lisa 1	Näiteid metsa- ja puidutööstuse iduettevõtetest Eestis	27
Lisa 2	Ringmajanduse ärimudelid	28
Lisa 3	Näiteid ringmajanduse põhimõtete järgi praktiseerivatest metsa- ja puidutööstuse ettevõtetest	29
Lisa 4	Metsa- ja puidutööstuse kommenteeritud ettepanekud	30

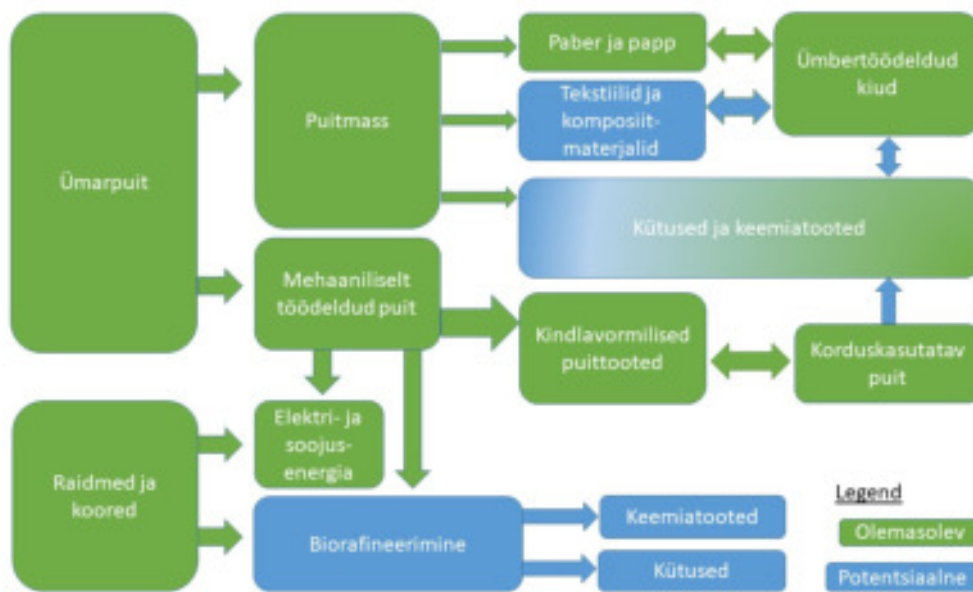
# 1 Ringmajandus metsa- ja puidutööstuses

## 1.1 Metsa- ja puidutööstuse valdkonna ülevaade

### 1.1.1 Ringmajanduse tähendus metsa- ja puidutööstuses

Metsa- ja puidutööstus (Joonis 1) hõlmab kogu materjali väärtusahelat puitmaterjali kasvatamisest metsas kuni lõpptoote valmimise ja turustamiseni. Metsa- ja puidutööstus jaguneb kolmeks: metsanduseks, metsatööstuseks ja puidutööstuseks. Käesolevas töös keskendutakse puidutööstusele, kuna uuringu käigus on ilmnenud, et selle ringmajanduslik potentsiaal on kõige suurem. Metsandust ja metsatööstust käsitletakse põgusalt, tuues välja peamised tegevused ja arengusuunad, mis neis valdkondades võiksid ringmajanduslikke põhimõtteid edendada.

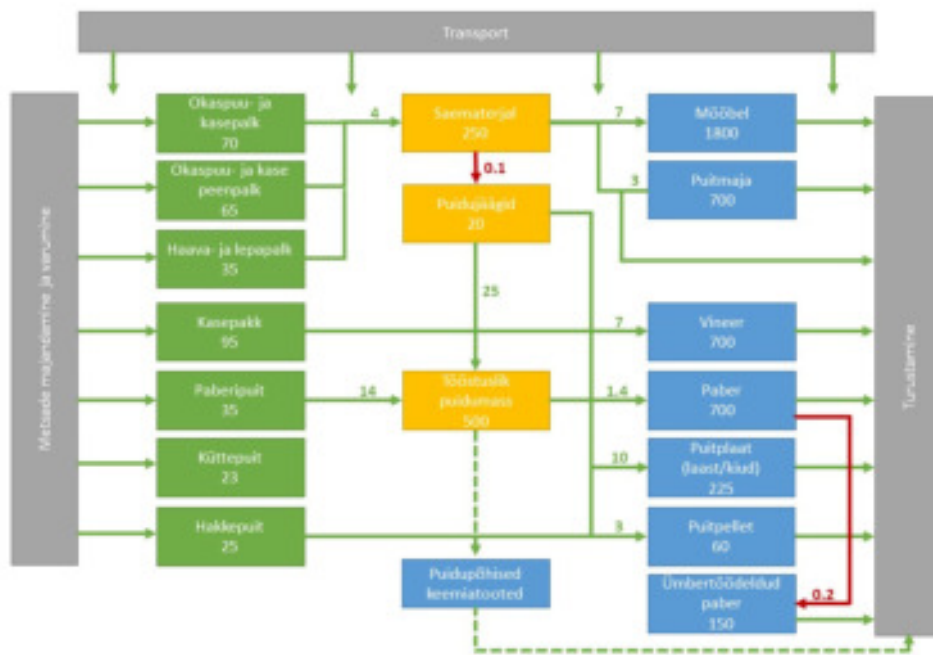
Ringmajandus on puidu- ja metsatööstuses mõistetak kui **puidu maksimaalne ja materjaliefektiivne väärindamine**, toodete võimalikult kaua kasutuses hoidmine, nende kasutuskõlbmatuks muutumise järel muul moel kasutamine ja ümbertöötlemine, ning viimases järjekorras puidu energiaressursi realiseerimine, vältides peaaegu täielikult puidu töötlemisel selliste jäätmete tekkimist, mis vajaks eraldi ladestamist prügilas (Eljas-Taal et al., 2019).



Joonis 1 Metsa- ja puidutööstuse tehnoloogiapõhine struktuur. Rohelisega on märgitud juba välja kujunenud tööstusharud, sinisega tulevikupotentsiaaliga alavaldkonnad  
Allikas: autorid Lilja & Loukola-Ruskeeniemi, 2017 põhjal

Puit on looduslik, vastupidav, taastuv, taaskasutatav ja mitmeotstarbeline materjal, mistõttu on selle **ringmajanduslik potentsiaal väga suur**. Ringmajanduse kui terviku edendamisele aitab kaasa, kui puiduga asendada võimalikult paljudes funktsioonides taastumatud ning raskesti ümbertöödeldavad materjalid. Sektorisiseselt on ringmajanduse rakendamise aluseks väärtusahela esimese lülina jätkusuutlik ja kvaliteetne metsa majandamine, sest sellest sõltuvad puidutööstuses kasutatava puidu kvaliteet ja kogused. Vaid kvaliteetsest puidust on võimalik toota ringmajanduse edendamise panustavaid kestavustooteid. Kolmandaks on oluline puitmaterjali efektiivne töötlemine, st et tootmisprotsessis kasutatud toormest jõuaks võimalikult

suur osa lõpptootesse. Ringmajandust metsa- ja puidutööstuses toetab ka see, kui juba disainiprotsessis toote kulumisele mõeldakse ning selle kulunud või katkiste osade remont, asendamine ja hilisem muul moel kasutusse võtmine võimalikult kergeks muudetakse. Kui puittoodet pole mingil põhjusel enam võimalik kasutada, võiks selle konstruktsioon toetada selle lammutamist ja kasutatud puitmaterjali ringluses hoidmist. Puittoodete tootmisprotsessis tasub mõelda ka kasutatavate kemikaalide omadustele, sest sellest sõltub, kas oma elutsükli läbinud puittoode on selle töötlemiseks kasutatud kemikaalide tõttu ohtlik jääde või on puitu siiski võimalik korduvalt ringluses võtta või muude alternatiivide puudumisel hiljem ohutult energia saamiseks põletada. Hetkel moodustab puidu korduskasutus Eestis suhteliselt tagasihoidliku osa puidukasutusest: kui 2017. aastal raiuti Eestis 13 119 000 m<sup>3</sup> puitu, siis korduskasutati vaid 200 000 m<sup>3</sup> (Keskkonnaagentuur, 2019).



Joonis 2 Metsa- ja puidutööstuse väärtusahel koos vastava tootegrupi keskmise ühikuväärtusega (€/m<sup>3</sup>). Tööstusliku töötlemise käigus puiduühiku väärtuse kasv (rohelistes nooled) või vähenemine (punased nooled) on ära toodud kordades.

Allikas: autorite arvutused põhinevad 2017. a. Eurostati puidubilansil Eesti kohta; puidu hinnad põhinevad Erametsakeskuse 2017. a puidu hinnainfol.

Sektorisiselt on valdkondi (metsandus, saetööstus, mööbli-, energia-, puitmaja-, tselluloosi-, vineeritööstus, jne) võimalik omavahel ringmajanduse rakendamise osas võrrelda nt toormekasutuse efektiivsuse, tootmisprotsessis tekkinud jäätmete hulga, tootmise energiamahukuse, toormele tootmisprotsessis antava lisandväärtuse, põhivarasse tehtud investeeringute, arendustegevuse mahu jne põhjal. **Mitmed valdkonnad on Eestis juba nii ringmajanduse kui majanduslikus mõistes kõrgel tasemel**, nt puitmajatööstus on näide suure materjalieffektiivsusega ja väärimise astmega kiiresti kasvavast valdkonnast, mis panustab tugevalt nii ekspordile kui süsiniku pikaaegsesse sidumisse. Rohkem avaliku sektori tähelepanu vajavad pigem valdkonnad, mille laiem potentsiaal ringmajanduses on küll suur, kuid mis on tehnoloogia poolest uudsed ja/või siiani Eestis eraldi tööstusharuna välja arendamata. Eelkõige on need valdkonnad, mis võimaldavad asendada puidupõhiste materjalidega seni taastumatutel ressurssidel või muidu suure keskkonnamõjuga toormel põhinevad tooted. Olulisemate näidetena võib välja tuua betoonipõhise ehituse asemel laialdasema puithoonete



ehitamise, tekstiilitööstuses puuvilla asendamise puidupõhiste kangastega, plastpakendite laialdasema asendamise puit- ja paberpakenditega ning puidukeemia valdkonna sihipärase väljaarendamise keemiatoodete ja kütuste tootmiseks, eelkõige täna energeetikas kasutust leidvate tootmisjääkide väärindamiseks.

### 1.1.2 Metsa- ja puidutööstuse väärtusahela kirjeldus

Metsatööstust iseloomustab keskendumine **puidule kui põhilisele metsast saadavale ressursile**, mis on potentsiaalselt pika kasutuseaga ja mitmeotstarbeline (Joonis 1). Metsa- ja puidutööstuse tarneahel algab metsade majandamisest, mis on eelduseks tööstusele vajaliku kvaliteetse puidutoorme tagamiseks. Kõrgeima väärtusega puit, eelkõige kvaliteetne okaspuupalk, kasutatakse kestmistoodete, nagu puitmajade tootmiseks (Joonis 2). Kvaliteetsem lehtpuu sobib nt mööblitööstuse ning vineeri ja spooni tootmise tarbeks. Eestis tarbitav okaspuu saematerjal leiab vähemalt 70% ulatuses (Räty, 2009; Riistop & Välja, 2016) tee ehitusse. Saematerjali lisandväärtust on võimalik tõsta nii selle mehaanilisel (nt lihvimine, freesimine, hõveldamine), keemilisel kui termilisel töötlemisel.

Keskmise kvaliteediga puitmaterjal sobib eelkõige papp- ja pabertoodete valmistamiseks (paberipuit), aga ka halupuudena küttematerjaliks. Puitmaterjali töötlemisel tekkinud jäägid, nt saepuru ja laastud, kasutatakse ära nt tselluloositootmisesse, puitplaatide valmistamiseks, pelletite pressimiseks ning ka otse energia tootmiseks. Madala kvaliteediga puitmaterjal - oksad, ladvad, koored, mädanikuga puit - kasutatakse ära energia tootmiseks, nii pelletiteks pressimise kui hakkepuidu otsepõletuse teel. Seega sõltub puitmaterjalile lisandväärtuse andmise potentsiaal otseselt selle kvaliteedist, kuid ka tööstuse võimekusest puitu väärindada ja oma toodangu sihtturge laiendada.

Eurostati andmed (joonis 2) näitavad, et **suurimat ühikupõhist lisandväärtust suudab puidule Eestis anda mööblitööstus**. Ringmajanduse seisukohalt on seotud süsiniku ja pikaealisuse tõttu puitmajad mööblist isegi väärtusahelas eespool, kuid suur inimtööjõu vajadus pärsib ühikuhinna kasvu (Riistop & Välja, 2016). Ehkki ühikuhinna järgi on vineer ja paber puitmajadega väärtusahelas võrdsed, siis nende potentsiaalset eluiga vaadates on puitmaja ringmajanduse seisukohalt suurema väärtusega. Puitplaadid, ümbertöödeldud paber ja pelletid on suuremas osas juba teisene materjal ja seega ka väärtusahelas madalamal. Kuna puidupõhiseid keemiatooteid valmistatakse Eestis suhteliselt vähe ja need seostuvad pigem paberitööstusega, siis on neile keeruline ka väärtust anda. Küll aga on puidukeemia valdkonnal suur tulevikupotentsiaal.

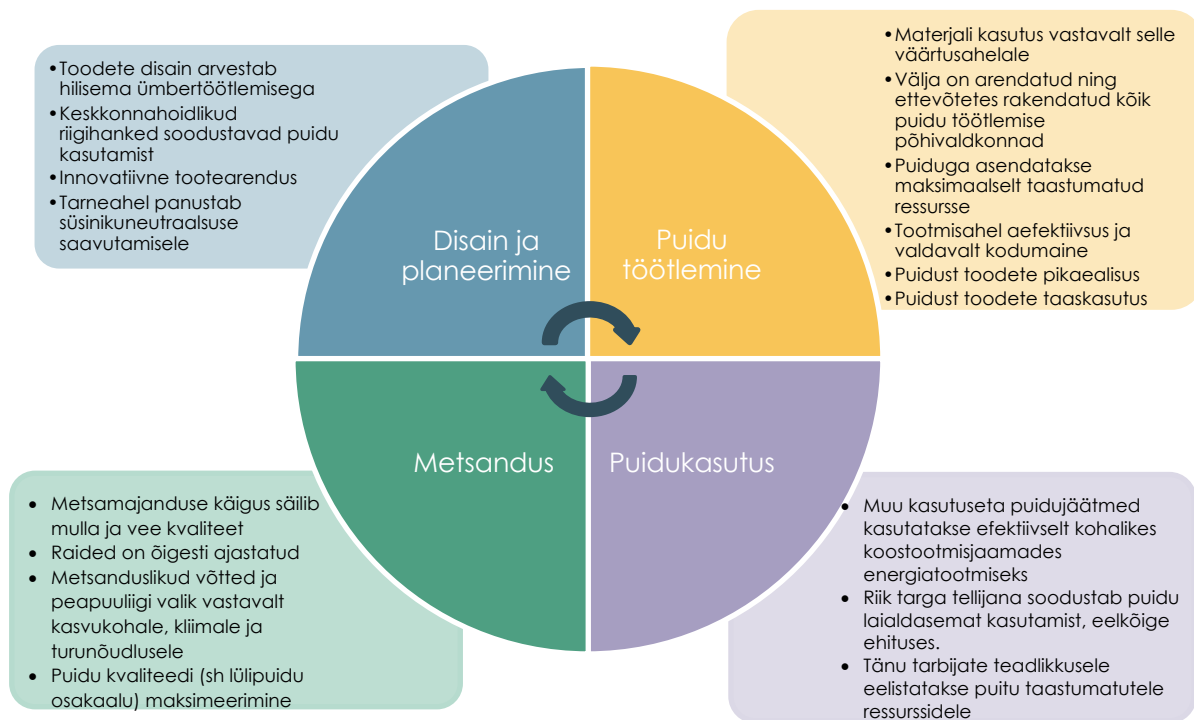
Valdkonna **ringmajanduse suuremateks tugevusteks** on esiteks metsa- ja puidutööstuse siseturul toodetud lisandväärtuse kindel osa, mis võimaldab Eestil väikese majandusena mobiilselt ringmajanduse põhimõtete rakendamist hoogustada. Positiivne on ka see, et puidutööstus on peaaegu jäätmevaba, sest puitmaterjali kasutamise määr on kõrge ning puidutööstuse jääke kasutatakse energia tootmiseks. Nii metsade majandamine kui puidu edasine väärindamine eeldavad selleks vajaliku tehnika hankimist ja hooldamist; lisaks on peamisteks kuluartikliteks tootmiseks ja transpordiks kasutatav energia, teadus-arendustegevus, turundus- ning tööjõukulud. Peamised tulud pärinevad valmistoodangu müügist.

**Heaks näiteks puidu kasutamisest ringmajanduse põhimõtteid arvestades on ehitus**. Ühest küljest on tegu kestmistoodetega, kus talletub aastakümneteks suures mahus kvaliteetset puitmaterjali ning seega toimivad puitehitised süsinikureservuaaridena. Lisaks jääb alternatiivressursina kasutamata betoon, mille tootmine moodustab ligi 5% maailma süsinikujalajäljest (Kouloumpi et al., 2019). Kuigi tehase majade tootmine on materjaliefektiivne ja tootmisjääd on minimaalsed (1-2%), siis ehitusplatsidel on puidujääkide osakaal märkimisväärselt suurem, kuid neil juhtudel on puidu kasutamise efektiivsus raske hinnata, sest

ehitusjätmete sorteerimist ja ringlussevõttu pole siiani läbivalt juurutatud. Tehasemajade tootmist pidurdab aga piiratud nõudlus ja konkurents välisurgudel. Ehkki arhitektid on hakanud oma töödese enam puitu kavandama ning viimastel aastatel on ka ühiskondlike puitehitiste arv suurenenud, siis valdavalt vaid odavaima hinna valikukriteeriumiks seadnud riigihanked puidu laialdasemat kasutust suuremate hoonete ehitamisel ei soodusta. Kuigi puidutööstuses toimub suurehitiste planeerimisel ja ehitamisel kiire areng, ei suuda need veel hästi sissetöötatud raudbetoonlahendustega hinna poolest võistelda. Kuigi tänu Euroopa Liidu roheleppetele ja teiste riikide praktikale võiksid keskkonnahoidlikud riigihanked juba olla Eestis uus normaalsus ja nende rakendamisele seadusandlike piiranguid pole ning seda on soovitanud ka varasemad Eestis läbi viidud uuringud (nt Kirs, Ukrainski & Karo, 2018), siis siiani on riik veel selles osas ettevaatlik olnud. Seda osaliselt ilmselt seetõttu, et puithoonetel puuduvad seni piisavad standardid, mille täitmist nõuda. Siin on mõistlik üle võtta Põhjamaades kasutusel olevad standardid, eriti kuna tegemist on Eesti puitmajade peamise eksportturuga.

**Puit kui olulisim loodusressurss Eestis pakub ringmajanduse kontekstis mitmeid võimalusi** (joonis 3). Traditsiooniliselt peetakse metsandust ja puidutööstust madala tehnoloogiaga tööstusharuks, kuid Soome ja Rootsi kogemus näitab, et sel on suur teadus- ja arendustegevuse ning innovatsioonipotentsiaal (Tiits et al., 2012; Eljas-Taal et al., 2019). Lisaks juba nimetatud puitehitiste laialdasemale kasutamisele, kus riik targa tellijana on võtmetähtsusega, ning juba heal järjel olevate suundade laiendamisele on arengupotentsiaali ka valdkondadel, mille tegevus Eestis pole veel optimaalselt välja arendatud. Nagu uuringu käigus läbi viidud intervjuudest selgus, on üheks probleemiks see, et hetkel pole Eestis kasutusel tehnoloogiat, mis suudaks puidutööstuse jääkide potentsiaali täiel määral realiseerida. Ehkki nende kasutamine energia saamiseks puidutööstuse tootmisprotsessis ja koostootmisjaamades on tihti mõistlik, võib sellise toorme edasisel väärindamisel loodav lisandväärtus olla märkimisväärne. Samuti väärrib märkimist, et Eestis puudub piisav paberipuidu väärindamise võimekus (Keskkonnaagentuur, 2019).

Üheks võimaluseks on **puidu keemilise töötlemise** välja arendamine, nt tselluloosi- ja ligniinipõhised tooted. Puidu keemilise töötlemisega tegelevaid ettevõtteid on Eestis vähe, kuid need annavad kokku ca 5% metsa- ja puidutööstuse lisandväärtusest (Ernst & Young, 2019). Seejuures on lisandväärtus töötaja kohta ligi 183 000 eurot, mis on kuus korda töötleva tööstuse keskmisest kõrgem (Ernst & Young, 2019). Kui välismaistesse keemilise töötlemise tehastesse eksporditav puit väärindataks Eestis kohapeal, looks metsa- ja puidutööstus 2.262 miljardit eurot aastas kogulisandväärtust (suureneks 16% võrra) ning üle 64 000 töökoha (suureneks 10% võrra) (Ernst & Young, 2019). ResTA 2020-2023 raames ja edasi Teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ja ettevõtlusstrateegia 2021-2027 (TAIE) fookusvaldkonnana suunab riik sellesse valdkonda ka täiendavat raha. Seni ajani ekspordib Eesti lõviosa paberipuidust, ehkki võiks seda ise lõpptoodeteni väärindada. 2017. aastal moodustas paberipuit Eestis likviidselt varutud puidust 24%: 1391000 m<sup>3</sup> okaspuu- ja 1540000 m<sup>3</sup> lehtpuu paberipuitu (Keskkonnaagentuur, 2019). Nii ringmajanduslikult perspektiivikas kui majanduslikult mõttekas on papi- ja paberitööstuse arendamine ka seetõttu, et papp- ja paberpakendite laialdasem kasutuselevõtt plast- ja kilepakendite asemel on laienev suundumus ja seega perspektiivikas (The Wall Street Journal, 2021). Samuti on tselluloositööstusel mitmeid kaasaegseid ja uuenduslikke väljundeid, mis lisaks suurele majanduslikule potentsiaalile edendavad ringmajanduse põhimõtteid; Soome biomajandussektor on siin heaks eeskujuks (Lilja & Loukola-Ruskeeniemi, 2017).



Joonis 3 Metsa- ja puidutööstuse väärtusahela ringmajanduslik edendamine  
Allikas: autorid

Eesti ekspordib aastas ligi 2 miljonit m<sup>3</sup> paberipuitu, ehkki paber- ja papptoodete keskmine ühikuväärtus on ligi 20 korda kõrgem kui paberipuidul. Arvestades paberipuidu ja paberitoodete keskmist tihedust ning tselluloosisaldust, tõstaks 1 miljoni m<sup>3</sup> paberipuidu Eestis väärimine selle lisandväärtust keskmiselt 5,6 korda ehk 196 miljoni euro võrra. Sellise tööstuse välja arendamine eeldab aga väga suuri investeeringuid ja ära tasumiseks ka üpris suuri tootmismahete. Nii suured ja pikaajalised investeeringud eeldavad riiklikku strateegilist toetust. Näiteks saab riik tööstusinvesteeringute ja tootmisvõimsuste tagamiseks teha teatud mahus investoritega läbi RMK puiduga tagamise lepingud. On riiklike strateegiliste valikute küsimus, kas sellist tööstust toetada või mitte, kuid mitu asjaolu räägivad siiski kodumaise tootmise toetamise kasuks. Kuna Eestis puidu väärimise võimekust keemilise töötlemise näol napib, siis oleme väga sõltuvad ekspordist. Kui metsa varumise osas on hea aasta, ei pruugi meie puit ekspordiks minna, sest ka naabermaades kui põhilistel eksporditurgudel on puitu küllaga. Samas kui ilmastiku tõttu või muudel põhjustel on puidust puudus, siis on jällegi ka Eestis ressursid piiratud. Lisaks toetab sellist tööstust teadus-arendustegevuse tugi, mis tagab tehnoloogia olemasolu.

Ehkki Eestis on hetkel puidu energiakasutuse proportsioon võrreldes naaberriikidega võrdlemisi suur, on küttepuit elektri- ja soojusenergia tootmiseks ühiskonnale Eesti tingimustes eluliselt vajalik ning selle kasutamine teatud mahus ka mõistlik. Taastuva puitressursiga fossiilse põlevkivi (ning kütte puhul ka kütteõli) asendamine kodumaise elektri- ja soojusenergia tootmisel panustab ühest küljest Eesti energiajulgeolekusse ning teisalt võimaldab kliimakaitseks fossiilsed kütused kasutamata jätta. Puidu selline energiakasutus on mõistlik siiski piiratud mahus ja tingimustel, kasutades eelkõige väheväärtuslikku puitu ja tootmisjäätke koostootmisjaamades ja puidutööstuse enda tarbeks, nagu see täna ka suuresti on.

**Puidutööstuse jääkide keemilist väärimist kvantitatiivselt analüüsid** võib väita, et vaatamata suurtele alginvesteeringutele on see majanduslikult jätkusuutlik ning läbi puidupõhiste toodete ringluses hoidmise panustab ka ringmajandusse. Saetööstuse,



plaaditööstuse ja muude jääkide ning energiapuiduna arvele mineva puidutoodangu peale kokku kajastus 2017. aasta Eesti puidubilansis toodanguna 10 411 000 m<sup>3</sup>, puitgraanuleid mitte arvesse võttes aga 7 254 000 m<sup>3</sup> puitu (Keskkonnaagentuur, 2019). Detailselt puidubilansist selgub ka, et 5,7 miljonit m<sup>3</sup> puitu tarbiti Eestis ära energeetikas, lisaks eksporditi 2,75 miljonit m<sup>3</sup> puidugraanuleid. 2017. aastal oli kütte- ja hakkepuidu keskmine hind 25 eurot/m<sup>3</sup>, puidugraanulitel 60 eurot/m<sup>3</sup> (Eurostat, 2021). Samal ajal on puidutööstuse jääkidest võimalik toota näiteks ligniini, mille turuväärtus sõltuvalt kasutatavast tehnoloogiast ja koostisest on madalama puhtusastme puhul 40-230 €/t ning kõrge puhtusastmega kuni 600 eurot/t (Hodasova et al., 2015). Seega, kui täna energeetikas kasutatavatest puidujääkidest jõuaks 1 miljon m<sup>3</sup> ligniinitootmisesse, võiks ligniini sisaldust puidus (keskmiselt 30 %; Watkins et al., 2014) ja puidu keskmist tihedust (500 kg/m<sup>3</sup>) arvesse võttes tõusta sellele puidule antav lisandväärtus kuni 50% ehk 30 miljoni euro võrra.

Lisaks ligniinile kuuluvad puidu koostisesse ka polüsahhariidid (sh tselluloos ja hemitselluloos), mis on sarnaselt ligniinile väärtuslikuks toormeks keemiatoodetele, kütustele jm toodetele (Watkins et al., 2015). Esmase eraldamise järel võib puidu polüsahhariidi ehk puidusuhkru turuväärtus sõltuvalt selle vormist ja puhtusastmest olla 380-2000 €/t (Bhaumik & Dhepe, 2016), mis 1 miljoni m<sup>3</sup> puidutoorme kogust ja keskmist sisaldust selles arvesse võttes annaks võrreldes puidugraanulitega 30-440 miljonit eurot aastas rohkem lisandväärtust.

Eeltoodud hinnangud on ligikaudsed, sest nii puidutoorme kui toodangu hinnad on pidevas muutumises ning sõltuvad tugevalt ka toodangu kvaliteedist ja keemilisest koostisest (Bhaumik & Dhepe, 2016), kuid võimaldavad siiski hoomata toormele antava lisandväärtuse suurusjärke. Ühest küljest nõuab ligniini- ja puidusuhkrute tootmine suuri tööstusinvesteeringuid, kuid teisalt pakub võimalust ka nende edasiseks lõpptoodeteks väärindamiseks. Selle käigus võib antav lisandväärtus sõltuvalt tootest veel suurusjärgu võrra kasvada. Ligniinide baasil on võimalik toota näiteks värve, liime, väetisi ja pestitsiide (Hodasova et al., 2015); puidusuhkrute baasil aga tööstuslikke kemikaale, ravimeid, kosmeetikat jne (Bhaumik & Dhepe, 2016). Energiatootmises tuleb sel juhul leida põletatavale puidule asendus, kuid ringmajanduse seisukohalt on toorme energiakasutus üldjuhul viimane valik.

### 1.1.3 Innovatsioon Eesti puidutööstuses ja koostöö teadusasutustega

Eesti väliskaubandusele on metsa- ja puidutööstus äärmiselt oluline, sest **väliskaubandusbilansi tasakaalustajana** ületab Eesti metsa- ja puidutööstuse eksporditulu importi ligikaudu kolm korda (EMPL, 2020). Samuti on viimastel aastatel olnud eksporditulu kasv väga kiire - üle 10% aastas. 2019. aastal eksporditi puidupõhiseid tooteid kokku 2.3 miljardi euro väärtuses ehk 17% kogu Eesti ekspordist. Valdav osa ekspordist suundub lähiriikidesse - Põhjamaadesse ja Saksamaale. Kaubagrupidest on väärtuse järgi ülekaalus suurema lisandväärtusega tooted, nagu puitmajad, mööbel ja saematerjal, kuid mahu põhjal on domineerivad kaubagrupid puidugraanulid ja paberipuit (EMPL, 2020; Keskkonnaagentuur, 2019).

Sarnaselt mitmele teisele tööstusharule **ületab metsa- ja puidutööstuses tööjõu nõudlus tuntavalt selle pakkumist** (Piirits et al., 2018). Nõrkusena võib välja tuua ka Eesti nõrga koha ökoinnovatsiooni indeksi põhjal teadus-arendustegevuse osas (Eljas-Taal et al., 2019). Ka Euroopa Innovatsiooniuringu CIS (Community Innovation Survey) põhjal, kus osales üle 3700 Eesti ettevõtte, peavad puidutööstuse ettevõtted end ise vähem innovaatilisteks kui Eesti ettevõtted keskmiselt (Varblane et al., 2020). Ehkki mõningatel metsa- ja puidutööstuse ettevõtetel on arenduskoostöö ülikoolidega, on need pigem siiski erandlikud. Võimekamatel ettevõtetel on kohati ka enda arendusüksused - kui doktorikraadiga tippspetsialistid ülikoolidest ettevõtetesse liiguvad, võib sellel olla väga suur arengupotentsiaal. Seetõttu võiks nn tööstusdoktorantuuri rakendamine tulevikus veelgi laialdasemat rakendamist leida. Positiivne on ka, kui juba ettevõttes töötav magistrant saab oma lõputöö teha ettevõtte arengusse ja

innovatsiooni panustaval teemal, mida ülikooli õppejõud läbi sisuka juhendamise omalt poolt toetavad. Vastassuunaliselt on vajalik ka praktikute jõudmine kõrg- ja kutseõppeasutustesse õpetama - ka nii on võimalik teadusasutusi ja ettevõtteid siduda.

Eesti puidutööstuses on **mehaanilises töötlemises innovaatilised lahendused** juba valdavalt kasutusele võetud. Lisaks on ülikoolides välja töötatud mitmeid puidutööstusele sobilikke tehnoloogiaid, mis ei ole veel tööstuslike rakendusteni jõudnud (ETAG, 2021; käesoleva uuringu intervjuud ja ümarlauad). Valdavalt on keskendunud puidutööstuse jääkide ja madalama väärtusega puidu väärindamisele, sest nende osas on alternatiive energiakasutusele hetkel kõige vähem. **Puidutööstuse jääkide väärindamisel** on kolm põhilist eesmärki:

- kliimaeesmärkide saavutamiseks süsinikku siduda;
- asendada nafta- ja põlevkivikeemia meie keemiatööstuses;
- mitmekordne väärindamine, et toodetel oleks kõrgem turuväärtus.

Riik on perioodiks 2020 - 2023 puidu väärindamise rakendusuringuteks teadusasutuste ja ettevõtete koostöös suunanud RITA programmi kaudu 2.28 miljonit eurot ja ResTa programmi kaudu 3.67 miljonit eurot. Puidu väärindamisega tegelevaid laboreid leiab nii Tallinnast kui Tartust (ETAG, 2021):

- **Tartu Ülikooli ligniinilabori** põhieesmärk on luua süsinikku pikaajaliselt siduvaid tooteid. Labor töötab liimide, pinnakatete, fenoolvaikude, elastomeeride ja puitu kaitsvate antioksidantsete ultravioletti kaitsete loomisega. Kui varem põletatud või asfalti lisatud ligniinist on võimalik orgaanilise sünteesi abil toota pikaajalisi polümeere.
- **Tartu ülikooli sünteetilise bioloogia ja rakuvabrikute laboris** arendatakse tavalisel pagaripärmil baseeruvaid rakuvabrikuid, mis toodavad erinevaid kemikaale: need võivad olla polümeeride algühikud, farmakoloogilises mõttes huvipakkuvad ühendid (nt algühendid vähivastasel teraapial). Eesmärk on tekitada uusi puidusuhkrul kasvavaid pärmitüvesid. Tartu Ülikooli portfellis on näiteks karotenoidid, petuliinhape (mida saab toota kasetohust, aga ka pärmist), erinevad lipiidid (hüdroksüürasvhape, mis võivad olla nt polümeeride prekursorid) ja näiteks ka kosmeetikatööstuse, toiduainetööstuse ühendid (maitsetugevdajad, magusained: erütritool, fenooletanüül ehk roosiõli). See tähendab, et sisuliselt on võimalik toota kõike. Erinevalt klassikalisest orgaanilise sünteesi keemiatööstusest ei kasuta nimetatud meetodid nafta algallikat.
- Eesti Maaülikooli Tehnikainstituudi Biokütuste töörühmas uuritakse bioetanooli, biodiisli ja biogaasi tootmistehnoloogiaid, arendades lignotselluloosse biomassi erinevaid eeltötlusmeetodeid, millega oleks võimalik biomassi struktuuri efektiivselt lõhkuda selleks, et saavutada maksimaalne biokütuste tootmisefektiivsus.
- **Tallinna Tehnikaülikoolis** väärindatakse puitu kolmel tasandil:
  - **Mehaaniline** - spoonipõhiste ja biokomposiit toodete tootmine. Teadlased ütlevad, et okaspuidu kasutus Eestis on väga hea (saematerjal, ristkihtliimpuit paneelid, puitmajad-tehasmajad), aga lehtpuit (kasepuit) on alakasutatud. Seda võiks rohkem kasutada liimpuidus, mööblis, ristkiht puitpaneelide tootmisel. Puidu jaoks suurim oht on lisaniiskuse sisse imamine, mis on ehitusprotsessi käigus paratamatu. Seetõttu on oluline arendada ehitusprotsessi lühendavaid tehnoloogiaid.
  - **Kiudmaterjalid** - koostöös polümeeride- ja tekstiililaboriga arendatakse tselluloosipõhiseid jätkusuutlikke pakendimaterjale ning tarku ja jätkusuutlikke



tekstiilmaterjale, mida saab kasutada kaitsetööstuses, meditsiinis, spordis ja mujal.

- **Puidu keemiline väärindamine** - koostöös TÜ ja EMÜ-ga osaletakse ressursiväärindamise programmis. Tartu teadlaste arendatud ja laboris testitud meetodid jõuavad TalTechis pool-laboratoorsete ja tööstuslike prototüüpide tootmise faasi. Läbi uute protsesside ja rakendusuringute luuakse väljund ka tööstuse jaoks. Lisaks tegeletakse ka tselluloosi derivaatide ja orgaanilise sünteetisega.

Koostööprojektis ettevõttega SUTU OÜ proovivad teadlased leida alternatiive plastnõudele, arendades välja pilliroost korduskasutatavaid nõudepesumasinas pestavaid nõusid. Teise näitena arendatakse koostöös Estonian Plywoodiga madalakvaliteedilisest puidust (sanglepp, haab) spoonipõhiseid tooteid. Siinjuures on väljakutseks suured oksad, rikked, mädanikud, tüve kõverused, väike diameeter. Heaks eeskujuks on selle projekti juures enne tehase käivitamist teadlaste korraldatud saetöötajate laboratoorne praktikapäev, kus töötajad said pooltööstuslikult väiksema liini peal kõik läbi harjutada. (ERR, 2021)

Antud koostööprojektid on head näiteid, kuidas ka mikroettevõtted saavad valdkonnas innovatsiooni luua. Nii ettevõtted kui teadlased on välja toonud puidu- ja keemiatööstuse koostöövajaduse, et tuua turule uusi biopõhiseid sideaineid, polümeere, komposiitmaterjale. Sellest johtuvalt tegid Tartu Ülikooli teadlased ettepaneku luua Eestisse investoreid ligi meelitavad puidu kompetentsikeskused (nt Tallinnasse ja Tartusse). Tööstuse esindajad kinnitavad ka, et puidukeemial on potentsiaal asendada põlevkivikeemiat ning luua konkurentsivõimeline tööstus. Nende sõnul on keemiatööstuse jaoks sobilik toore eelkõige kooreta saepuru ja vineeripaku ülejäägid ning kvaliteetsem energiapuit. Kuna toore on piiratud, siis on pikas perspektiivis näha konkurentsi tekkimist.

Intervjuude ja arutelude käigus toodi **ettevõtete ja ülikoolidevahelise koostöö** kohta välja, et valdav osa tehnoloogilisi probleeme ei ilmne laboris, vaid tehases rakendamisel, kuid ülikoolid ei suuda ennast asetada tööstuse "kingadesse" ja lähtuda tööstuse vajadustest. Lisaks arvasid puidutööstuse esindajad, et valdav osa doktorante võiks akadeemilise karjääri asemel tööstusettevõtetes rakendust leida. Pidurdavaks teguriks on veel see, et pikaajalise ülikoolidega koostöö reaalseid tulemusi võib näha alles 10-12 aasta pärast. See tähendab, et tegelikult on ülikoolides antud valdkonna teadlastest ning rahastusest puudus. Kui kompetentsi ja ressursi oleks rohkem, siis oleks võimalik ka tulemusi kiiremini saavutada.

**Puidu öko-innovaatiliseimad ja potentsiaalikaimad arenguvaldkonnad** Eestis on juba kasutusel olevatest tehnoloogiatest näiteks puidu termiline töötlemine (Thermoarena) ning haava puitmassi ja biogaasi koostootmine (Estonian Cell) (Alvela, 2020; Keskkonnaministeerium, 2020). Lisaks on Graanul Biotech käivitamas Imaveres katsetehast ligniini ja puidusuhkrute tootmiseks, kus tehakse samuti Tartu Ülikooliga koostööd. Tehas kasutab toormaterjalina lehtpuu jääke, lõhustades puidumassi uudsete omadustega biomaterjalideks: kõrge puhtusega ligniiniks ja puidusuhkruteks. Need biomaterjalid on jätkusuutlik lahendus paljudele erinevatele tööstusharudele, alustades keemia- ja toiduainetööstusest kuni kosmeetika ja ehitusmaterjalideni. Kõrge puhtusastmega C5 ja C6 suhkruid ja ligniini saab kasutada erinevate biokütuste, -kemikaalide ja -materjalide tootmisel, mis on aluseks uute biomajanduse ärimudelite välja arendamiseks. (Graanul Invest, 2020)

Vaatamata tarbijate teadlikkuse tõusmisele, **vajadus pakendite järele lähiaastatel ilmselt oluliselt ei vähene**, kuid siingi on võimalik fossiilse toormega pakkematerjale asendada taastuvatega, sh puidupõhistega. Hea alternatiiv on paberist või papist pakend: Eestis toodab Räpina paberivabrik ringlusse võetavast paberist pakendeid ja Kehras asuv Horizon Pulp and Paper Ltd jõupaberit. Kui paber ja papp ei sobi, saab puidust ka plasti toota. Nii nagu kõik



taimed, sisaldab ka puit tselluloosi, millest on võimalik luua bioplasti. Bioplastist on omakorda võimalik toota erinevaid plastpakendeid. Soome Tehnilise Uurimise Keskus (VTT, 2021) on välja töötanud meetodi, kuidas toota "puitvahtu": tavapäraselt paberi tootmiseks kasutatav puidumass segatakse vahu tekitamiseks veega. Hiljem lisatakse segule õhku, et muuta mass vähem tihkeks. Selline materjal on hea alternatiiv tavapärasele vahtplastile, mis on keskkonnale ohtliku mikroplasti allikaks. Teoorias on võimalik asendada kõiki plasttooteid puidupõhiste alternatiividega, kuid tuleb kaaluda, millistel juhtudel on see mõistlik. Näiteks toidu- ja meditsiinitööstuses ei pruugi bioplast vastata kõigile vajalikele tingimustele. Ennekõike on aga vaja vähendada pakendivajadust. Teadlik tarbimine algab kvaliteetsemast ja vähemast tarbimisest, seega peab põhieesmärk olema alati laiemalt ressursikasutuse vähendamine. Võtmesõnaks on siin ringlusse võetavad tooted ja kestlik disain, mis tähendab, et bioplastist ühekordsete toodete-pakendite tootmine ei ole mõistlik ega jätkusuutlik lahendus.

Metsa- ja puidutööstuses on ka mõned iduettevõtted (vt Lisa 1), kuid need on valdkonnas siiski pigem erandlikud ja nendeigi seos metsa- ja puidusektori ringmajandusega on pigem kaudne. Suheldes valdkonna iduettevõtetega ilmnes, et Eestis on neil keerulisem alustada kui mujal. Põhjuseks toodi ühiskonna olulisemalt kriitilisemat suhtumist uuenduslikesse ideedesse. Teise probleemina toodi välja, et Eestis on väga vähe roheinnovatsioonist huvitatud investoreid. Samuti pole ettevõtete sõnul Eestis roheinnovatsiooni osas suurt visiooni ega ambitsiooni - vaja läheks julgemat eksperimenteerimist ning kaugeleulatuvat visiooni. Ülevaate ringmajandust edendavatest ärimudelitest leiab lisast 2.

#### 1.1.4 Ringlusstrateegiad Eesti metsa- ja puidutööstuses

Uuring „Ringmajanduse strateegia koostamise meetodika väljatöötamine“ (Eljas-Taal et al., 2019) on ringmajanduse rakendamiseks ja hindamiseks Eestis soovitanud üle võtta Hollandi Keskkonnamõju hindamise ameti kümneastmelise materjalide ringlusstrateegiate hierarhia, et hoida materjale võimalikult kaua ja võimalikult kvaliteetsetena ringluses. Selle käsitluse järgi hoitakse materjale võimalikult kõrgel tasemel ning materjalide prügilasse ladestamist välditakse. Selleks rakendatakse ringmajandust soodustavaid tegevusi. Näited nende rakendamisest Eestis on Lisas 3.

**Korduskasutus- ning parandusvõimalust** saab soodustada läbi nutika tootedisaini. Tooted peaksid olema disainitud pikaealisteks ja kiirelt kuluvad osad parandatavateks või asendatavateks. Näiteks modulaarne ning multifunktsionaalne disain aitab tooteid vajadusel lihtsalt ise lahti võtta ning uuesti kokku panna. Multifunktsionaalsus võimaldab toodet või toote osi vajadusel kasutada mitmeks otstarbeks (ka toote eluea lõppedes). Lisaks toote- ja teenusedisainile on ettevõtetel vaja uuendada ka oma ärimudeleid (vt Lisa 2). Nt parandusteenuse pakkumine eeldab võimekust tooteid tagasi koguda, hoiustada, uuesti väljastada jne.

Tervikuna on **puidu ja puidupõhiste toodete korduskasutus materjalide seas üks kõrgemaid**. Eelkõige on vajalik kasutusest välja langenuid materjalide liigiti kogumine, mis on nende hilisema eduka ringlusesse võtmise eelduseks. Näiteks tuleb puhas puit eraldada liimpuidust, keemiliselt töödeldud puidust jne. Viimsis tegutsev Puidukäitlus OÜ on selle valdkonna eestvedaja, kuid vastavat tegevust tuleks rakendada kogu Eestis. Tihti on jäätmekäitlejad hädas kogutud materjalide edasise realiseerimisega, kuid näiteks Puidukäitlus OÜ on suunanud puidujäätmetest eraldatud pakke ning muid puitelemente kohalike lasteaedade õuealadele mänguatraksioonide valmistamiseks ja peenardele piireteks, samuti andnud purjetajate klubile mööbli valmistamiseks kaubaaluseid, hoides nõnda materjali kasutuses.

**Materjalipanga** idee pole Eestis uus, kuid toetusega käivitatud *materjalid.net* kadus 2008. a koos majandussurutisega. Ringmajanduse edendamise kontekstis on idee aktuaalne ning



vajalik. Eelkõige leiaks ringlusse võetavad materjalid ilmselt kasutust eratarbijate käes, kuna ettevõtted vajavad neid tööstuslikes kogustes (vt pikemalt ehitussektori ringmajanduse analüüsi lõpparuande peatükk, alapeatükk 1.3.3.1).

**Puidupõhiste toodete tootmisjääkide ja kõrvalsaaduste** (raidmed, saepuru, väikesed puidutükid jne) **põhiline kasutusala on energiatootmine**: ühest küljest on see lihtsaim moodus jääkide kasutamiseks ning teisalt võib sellega panustada tootmisprotsessi või olla efektiivne moodus nt kohaliku asula kütmiseks. Teisalt on näiteid ka jääkide ringlussevõtuks ringmajanduse materjalihierarhia kõrgematel tasemetel. Näiteks disainis Tarmeko uue tooli teise tooli tootmisjääkidest. Tootmisjääke on lihtsam uuesti ringlusesse võtta vahetult tootmisprotsessi käigus, kui neid pole kuidagi täiendavalt (eelkõige värvide ja kemikaalidega) töödeldud. Alternatiivina energiakasutusele ja mehaanilisele töötlemisele on võimalik puidupõhiseid tootmisjääke biorafineerimise teel keemiatoodeteks ja vedelkütusteks töödelda. Puidujääke on võimalik ka puitmassi kaudu erinevateks toodeteks vormida. Kasutusest välja langenud puitmaterjali on võimalik puiduhakkena nt kergliiklusteede kattena kasutada - see kestab kauem kui kooremultš ning jõuab viimaks tagasi mullasüsinikuks.

Põhiliseks **puidutööstuses kasutatavaks mürgiseks kemikaaliks** on formaldehüüd ehk metanaal, mida kasutatakse laialdaselt puiduliimides. Eriti populaarne on selle kasutamine vineeri tootmisel, kuna selle omadus polümeriseeruda muudab toodetavad vaigud vastupidavaks isegi märgades tingimustes. Vineer, mis on mõeldud välistingimustesse või peab vastu pidama märgades tingimustes, on tavaliselt tehtud tumepunase fenoolformaldehüüdvaiguga. Lehtpuuvineer, mida sageli kasutatakse mööbli tegemisel ja tiseritöös, on tehtud vähem kuluka ja rohkem eralduva ureaformaldehüüdvaiguga. Ent formaldehüüd on väga aktiivselt reageeriv, vees lahustuv ja kiirelt organismi poolt omastatav. Inimene võib kokkupuutel kogeda aine toksilisi, ärritavaid ja sensibiliseerivaid mõjusid näiteks ülemistes hingamisteedes, silmades ja nahal (LIFE Fit for Reach, 2021). Seetõttu tuleks formaldehüüd ja sellega töödeldud pinnad peale kasutamist sorteerida ohtlike jäätmete hulka. (Waste Connections of Washington, 2021)

Pikalt on uuritud formaldehüüdile võimalike ohutumate alternatiivide olemasolu. Pärnu kasevineeritehases (Metsä Wood Eesti AS) vahetati projekti LIFE Fit for REACH toetusel ära liimiköögi liimitünni mikserid ning asendati need tõhusamatega. Selle tulemusena ei setti enam kõvendi tünnide põhja, vaid seguneb vaiguga ning ohtlikke jäätmeid tekib oluliselt vähem. (LIFE Fit for Reach, 2021)

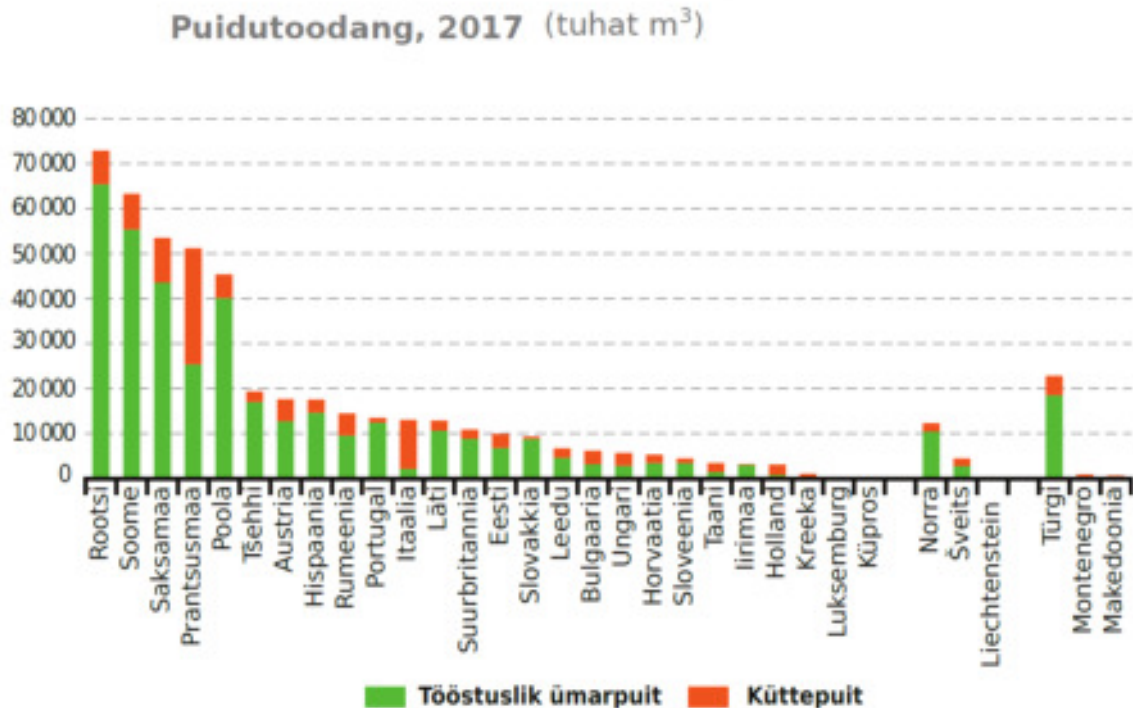
Ideaalis võiks vineeriplaatide kokkuliimimiseks Eestis kasutada ligniinipõhiseid liimvaike, mida saaks toota klastrisiselt Eestis koha peal. Kui nt Graanul Biotechi katsetehase ligniinitehnoloogia ennast tööstuslikes tingimustes õigustab, võiks selle toodang liimvaikude toormeks sobida.

## 1.2 Ringmajanduse edendamine Euroopa metsa- ja puidutööstuses

Tänu metsastamisele ja looduslikule uuenemisele on metsad EL-is viimastel aastakümnetel laienenud. EL-is on 182 miljonit ha metsamaad ehk 43% EL-i maismaaterritooriumist. Suurima metsamaaga on Euroopas Rootsi, kus see moodustab ¼ riigist (30.5 miljonit ha). 2016. aastal andis metsandus EL-is 26.5 miljardit eurot ja puidutööstus 142.7 miljardit eurot lisandväärtust (viimasest 1/3 paber ja paberitooted). EL-i tööstuses hõivatutest 11% töötas puidutööstuses. Puidu tagavara oli 2015. aastal EL-is 26.7 miljardit m<sup>3</sup> (puukoor kaasa arvatud); sellest suurim osa Saksamaal (3.7 miljardit m<sup>3</sup> ehk 13.7 %) (Joonis 4). (Eurostat, 2019)

Eestis on nii metsamaa osakaal maakattes kui ka selle majanduslik olulisus Euroopa keskmisest mõnevõrra suurem. 2020. aastal oli Eesti metsamaa pindala 2.32 miljonit ha, moodustades 51.3 % riigi pindalast (Keskkonnaagentuur, 2021). Viimastel aastakümnetel on metsamaa pindala püsinud Eestis suhteliselt stabiilsena (Keskkonnaagentuur, 2020). Eesti metsade puidutagavara

on seejuures 166.6 miljonit m<sup>3</sup> (Keskkonnaagentuur, 2021). Metsa- ja puidutööstus andis 2019. aastal Eestis 1.2 miljardit eurot lisandväärtust ning selles oli tööga hõivatud 31000 inimest (EMPL, 2020).



Joonis 4 Puidutoodang 2017. aastal Euroopa Liidus ja sellega assotsieerunud riikides (tuhat m<sup>3</sup>)  
Allikas: Eurostat, 2019

Ringmajanduse põhimõtteid on metsa- ja puidutööstuse osas strateegiates kajastatud ning teadlikult ja innovatiivselt juurutatud eelkõige riikides, kus on välja arenenud siseriiklikud tarneahelad ning metsatööstuse osakaal majanduses on suur. Häid praktikaid ja eesmärke leiab nii ringmajanduse kui metsandusvaldkonna strateegiatest. Suuremate riikide puhul on efektiivse puidukasutuse eesmärgid lisatud lisaks üleriiklikele strateegiatele ka liidumaade ja linnade vastavatesse dokumentidesse.

**Soome** ringmajanduse tegevuskava (Sitra, 2016) keskendub viiele põhilisele ja Soomes traditsiooniliselt tugevale tööstusharule, sh metsa- ja puidutööstus. Metsanduse olulisuse tõttu on Soome eesmärgiks olla bioringmajanduse liidriks. Uued tooted, teenused ja koostöömudelid, aga ka digitaalsete lahenduste arendamine ja kasutamine peavad seda toetama.

Metsa- ja puidutööstuse osas on tegevuskava lühike ja konkreetne, kuid hõlmatud on kogu väärtusahel. Metsanduses kasutatakse jätkusuutlikke tänapäevaseid tehnoloogiad, mis tagavad suure juurdekasvu ja puidu kvaliteedi. Läbi riikliku metsanduse arengukava soositakse maksimaalse lisandväärtuse andmist metsaressurssidele ning nendega taastumatute ressursside asendamist. Seda soodustatakse riiklike hangetega ning biomajandustoodete ja -teenuste väljaarendamise toetustega. Avalikes hangetes eelistatakse puidu ja teiste taastuvate ressursside kasutamist, kui nende elutsüklianalüüs jätkusuutlikumat lahendust näitab. Riik soovib julgustada puidu laialdasemat kasutust ehituses ning mööblitööstuses - selleks luuakse täiendavaid lisastiimuleid. Riik saab seda toetada nt kompetentsi arendamisega, avaliku teadlikkuse tõstmisega kui ka puidutööstuse ettevõtete äritegevust soodustades. Riik



pakub ka toetusi uute ja innovaatiliste lahenduste laialdaseks kasutuselevõtuks biomajanduses, mis võimendaksid tehtavate investeeringute mõju.

Oluline on kodumaise puidu maksimaalne väärindamine ja sellega taastumatute loodusvarade asendamine, mitte niivõrd kasutatavate puidukoguste suurendamine. Puitmaterjale hoitakse ringluses neile ümbertöötlemisel maksimaalset lisandväärtust andes. Muuks otstarbeks kõlbmatu puit kasutatakse bioenergia tootmiseks. Läbivalt on üheks tootedisaini suunajaks tarbijate teadlikkus. Ehituses ja kodumajapidamistes puidu kasutamise julgustamine soodustab puittoodete ja nendega seotud teenuste kasutamist. (Sitra, 2016)

**Saksamaa** on hästi arenenud tööstuse ja materjalikasutusega suurriik, kus erinevaid ringmajandust toetavaid strateegiaid on koostatud ja rakendatud nii keskvalitsuse, liidumaade kui linnade tasandil. Saksamaal viidi suur muutus läbi juba 1994. aastal, kui konventsionaalne jäätmemajandus asendati ringmajandusega, mille alusdokumendiks sai „Closed Substance Cycle and Waste Management Act“ (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz) koos rakendussätetega. Muuhulgas loodi eraldi seiresüsteem orgaaniliste jäätmete, sh puidujäätmete nõuetekohase käitlemise jälgimiseks. Ringmajanduse strateegiat ja jätkusuutlikkust on sellest ajast süsteemselt integreeritud ka valdkondlikesse strateegiatesse, nt Metsastrateegia 2050 ('Waldstrategie'). 2012. aastal vastu võetud Ringmajandusakt (Kreislaufwirtschaftsgesetz ehk KrWG) on eelneva edasiarendus; sellega kehtestati viieastmeline materjalikäitlus, mis hõlmab jäätmetekke vältimist, ettevalmistust korduskasutuseks, ümbertöötlemist, muud taaskasutust (sh energiakasutus) ning prügilas ladestamist (Federal..., 2016).

Kvaliteetse toorme tagamine on lahendatud keskvalitsuse tasandil. Saksamaa Liitvabariigi Metsatöö ja -tehnoloogia hoolekogu (KWF) on asutus, mis täidab Saksamaa metsanduse jaoks piirkondadeüleseid tehnilisi ja teaduslikke ülesandeid. KWF teeb ettepanekuid metsa tehnoloogia ja töötingimuste parandamiseks, töötab välja metsatehnoloogia kasutamise otsustamise abivahendeid, tegutseb vahendajana teadusuuringute, metsapraktika ja -tööstuse vahel ning töötab välja lahendusi piirkonnaülestele metsatehnoloogia küsimustele. Kliimamuutustega kohanemiseks on alates 2003. aastast teadlikult puhtpuistuid segametsadeks ümber kujundatud. Brandenburgi liidumaa on toonud oma jätkusuutlikkuse strateegias teiste hulgas metsanduse ühe prioriteedina välja. Ka Tüüringi liidumaa on sihiks seadnud bioenergeetika suurema osakaalu toormega metsandusest ja põllumajandusest. Saksimaal on ülikoolid ja tööstuslikud uurimisinstituudid ning ettevõtted koondunud nime „Kompetentsikeskus LignoSax“ alla, eesmärgiga välja töötada uuenduslikud ja terviklikud puidu kasutamise kontseptsioonid. LignoSaxis on teaduslikult esindatud kogu puidu väärtusahel, alustades metsatootmisest, saematerjali ja puidupõhiste materjalide valmistamisest, nende kasutamisest ehituses, tselluloosi ja paberi tootmisest kuni puidu ja muu biomassi energeetilise kasutamiseni. (Sächsisches..., 2016)

Ehitussektor on võtmetähtsusega, sest tarbib Saksamaal ligi 90% toormaterjalidest ning tekitab 54% jäätmetest. Eesmärk on suurendada puitehitiste osakaalu pikaajaliseks süsinikusidumiseks, sh hoonete primaarkonstruksioonis, tegemata järeleandmisi hoone energiatõhususes. Hoonete ehitus on osa piirkondade üldplaneeringust ning peab sellesse lõimitud olema, võttes arvesse nii müra- ja termoisolatsiooni, süsinikujalajälge kui ka funktsiooni ja sobitumist keskkonda. Jätkusuutlikuks ehituseks on tarvis ka ehitusmaterjalide kasutatud materjalide ümbertöötlemist ja ringluses hoidmist kui ka muidu keskkonnasõbralike ehitusmaterjalide kasutamist. Keskvalitsuse poliitika soosib moodulmajade ning lammutamissõbralike ehitiste koostamist, mida on oma eluea lõppedes kerge erinevateks materjalideks lahutada. Samuti peetakse oluliseks soovitud arengute seiret ning selleks vajalike mõõdikute jälgimist. Näiteks on ainuüksi



Berliinis vähendatud keskmiselt aasta jooksul looduslike kivimite kasutamist 2 miljoni tonni ja puidu kasutamist 350 000 tonni võrra tänu materjalide ümbertöötlemisele ja ringluses hoidmisele. Riik soovib kinnistuomanikke ja planeerijaid senisest enam puidu ja teiste taastuvate ressursside osas teavitada. Sõlmitud on jätkusuutlikkuse kokkulepped ettevõtetega, nt puidu osas Vattenfall'iga. (Federal... , 2016; Sächsisches... , 2016)

**Rootsi** strateegia “*Swedish Research and Innovation Strategy for a Bio-based Economy*” (Ledin et al., 2012) järgi on riigi keskseks eesmärgiks taastuva ressursi – biomassi – laialdane taastumatute ressursside asemel kasutuselevõtt, mis pärineb nii metsandusest ja põllumajandusest kui ka sise- ja merevetest. Fossiilsete kütuste asendamine biokütustega sai uue tõuke 1970-80ndate naftakriisi ajal. Edasise arengu eeldusena nähakse täiendavaid metsanduse, põllumajanduse, kalanduse, ökoloogia ja keskkonnateaduste alaseid teadusuuringuid, samuti ka bio- ja nanotehnoloogia alaseid uuringuid. Riigi jaoks on vajalikud on nii lühiajalised kui pikaajalised eesmärgid, seejuures eraldi eesmärgid nii tootmisele kui tarbimisele.

Biomassile maksimaalse lisandväärtuse andmine on strateegia keskne eesmärk: väärtusahelat pikendades luuakse „targemaid“ tooteid, töhustatakse materjalikasutust ning läbi selle kasvatatakse biomajandust ja luuakse sellesse töökohti. Biomaterjalidest tooted peavad olema vähemalt sama kvaliteetsed kui asendatavad materjalid. Seejuures on võtmetähtsusega tarbijate teadlikkus. Toorme hankimisel tuleb jälgida ka seda, et mullad toitainetest ei vaesuks, ning vajadusel need reoveesette või tuha näol mulda tagasi viia.

Suur on potentsiaal asendada ehituses teras ja betoon suuremas mahus taastuvate ressurssidega, eelkõige puiduga. Perspektiivikas on ka puidu keemiline töötlemine ning puidu baasil keemiatoodete valmistamine.

Strateegias rõhutatakse interdistsiplinaarsete teadusuuringute olulisust. Samuti on olulise tähtsusega kohalikud omavalitsused, kes tunnevad kohalikke olusid ning oskavad sealseid ettevõtteid efektiivselt toetada ja suunata. Biomajanduse innovatsioonipotentsiaali väljaarendamisel on ka teadusasutustel suur roll. Lisaks on valdkonnas olulisteks tegijateks innovatsioonile suunatud iduettevõtted, mis on tihtipeale välja kasvanud ülikoolidest. Ringmajanduse arenguid mõjutavad veel innovatsiooni rahastavad fondid ning koostöö välisriikide organisatsioonidega.

Kasutatava biomassi hulka saab suurendada nii pindalaühikul kasvava biomassi hulka suurendades, biomassi kasvatamiseks kasutatava maa pindala suurendades kui ka olemasolevat biomassi efektiivsemalt ja kõrgemalt väärindades. Ideid nende saavutamiseks:

- väetise- ja veekasutuse optimeerimine biomassi kasvatamisel vastavalt teadmistele nende kasutamise kohta taimede poolt;
- sordiaretus;
- Biomassi multifunktsionaalne kooskasutus (sama taim, erinev otstarve vastavalt selle kvaliteedile);
- kliimamuutustega kohanemine;
- tehnoloogia arendamine, sh ladustamise osas, et vältida biomassi kvaliteedi langemist;
- biomassi kasvatamiseks uute alade (sh teist tüüpi ökosüsteemide) kasutuselevõtt.

**Hollandis** võeti 2016. aastal vastu ringmajanduse tegevuskava, mille eesmärk on aastaks 2050 täielikult ringmajandusele üle minna (de Wit et al., 2020). Hollandis moodustab metsamaa vaid





11% maismaast (Eurostat, 2019), seetõttu on ka puidu osas tegevuskava eesmärgid üpris üldised: suurendada puidukasutust (sh raidmed), pidades silmas suuremat CO<sub>2</sub> sidumist. Majandusministeerium otsib võimalusi puiduettevõtete toetamiseks, nt et hõlbustada koostööd väikeste metsandusfirmade ja puitu kasutavate innovatiivsete biomajandusettevõtete vahel. Uuritakse puidujäätmete ja raiejäätmetest toodetud ligniini kasutuspotentsiaali kütusena.

Puidu kasutamise potentsiaali ehituses käsitleb ka Amsterdami linna ringmajandusstrateegia "Building blocks for the new strategy. Amsterdam Circular 2020-2025" (Kouloumpi et al., 2019). Amsterdami eesmärgiks on pakkuda elanikele turvalisi ja taskukohaseid elutingimusi, tegemata ehituses seejuures järeleandmisi jätkusuutliku materjalikasutuse ja süsinikujalajälje osas. Seetõttu soosib Amsterdami linn ehitamist taastuvatest ja/või ringlusse võetud materjalidest, mis on vabanenud vanade hoonete lammutamise või renoveerimise käigus. Taastuvate materjalide (nt puidu) kasutamine võimaldab vähendada kogu ehitussektori süsinikujalajälge. Nii muutub inimese poolt loodud keskkond süsiniku talletajaks.

Betooni tootmine moodustab 5% maailma süsinikujalajäljest. Kuna uute ehitusprojektide jaoks on võimalik materjali ringlusse võtta vaid veerandi jagu kogu materjalikasutuse mahust, tuleb ülejäänud kolmveerandi osas kasutada taastuvaid materjale, eelkõige puitu, mis ideaalis pärineks ehituspaiga lähiregioonist. Üheks materjali ringlusse võtmise piiranguks on info puudumine selle kohta, kust ja millal seda uute ehitiste tarbeks vabaneb. Selle lahendamise üheks võimaluseks oleks luua vastav infosüsteem.

2019. aastal vastu võetud **Poola** ringmajandusele ülemineku tegevuskava (GOZ, 2019) eesmärk on kaheosaline: esiteks selgitada välja valdkondadevahelised meetmed, millel on Poolas nii sotsiaalselt kui ka majanduslikult võimalikult lai mõju; ja teiseks, seada esikohale valdkonnad, mis võimaldavad Poolal kasutada oma praeguseid võimalusi ning tulla toime olemasolevate või tulevaste väljakutsetega. Tegevuskavas keskendutakse eelkõige viiele valdkonnale:

- jätkusuutlik tööstustoodang
- jätkusuutlik tarbimine
- biomajandus
- uued ärimudelid
- ringmajanduse rakendamine, järelevalve ja rahastamine.

Et need valdkonnad on interdistsiplinaarsed, rõhutatakse Poola ringmajanduse tegevuskavas erinevate institutsioonide vastavasisulist koostööd, nt biomajanduse osas keskkonna, majanduse ja maaelu edendamise eest vastutavate ministeeriumide vahel.

Tegevuskava sisaldab soovitusi, et luua tingimused Poola uuele majandusmudelile üleminekuks. Puitu vaadeldakse siin ühe biomajanduse ressursina koos põllumajandus- ja kalandussektoriga. Tegevuskava rõhutab kvaliteetse toorme (biomassi) kvaliteeti, mis on uuenduslike materjalide ja toodete tootmise eelduseks. Seetõttu on oluline luua piirkondlike biorafineerimistehaste ümber kohalikud väärtusahelad. Selles kontekstis on biomajandus suurepärase võimalus kohalike kogukondade arenguks maapiirkondades. Biorafineerimine, mis hõlmab termilisi, bioloogilisi ja ensümaatilisi biomassi töötlemise tehnoloogiad, on mõnes aspektis võrreldav nafta rafineerimisega, võib olla üheks võimaluseks biomassi potentsiaal Poolas välja arendada. Hea näide biorafineerimise tehnoloogiast on puidujäätmetest ja põllumajandusliku päritoluga lignotselluloosest biomassist valmistatud teise põlvkonna biokütuste ensümaatilise tootmise meetod. Seejuures on oluline, et see ei konkureeri maakasutuses toidutootmisega ega mõjuta muldade omadusi, mis biokütuste puhul tavaliselt probleemiks on.



Ehkki biomajandus võib anda tugeva stiimuli kogu tööstuse innovatsiooniks ja konkurentsivõime tõstmiseks, ei kasuta Poola tööstus veel biomassi tooret kuigi laialdaselt. Siiski kasutab tselluloosi- ja paberitööstus paberi tootmiseks puidu biomassi. Tõsi, paljud Poola ülikoolid pakuvad kursusi biomajanduse ja tööstusliku biotehnoloogia valdkonnas, kuid juba aastaid on nende teaduskondade lõpetajatel olnud raskusi selles valdkonnas siseriiklikult töö leidmisega. Seega peavad innovatsiooni realiseerumiseks teadusasutused ja ettevõtted ühiselt tegutsema.

Poola ringmajanduse tegevuskava rõhutab ka biomassi kaskaadse kasutamise põhimõtet: on oluline eelistada suuremat lisandväärtust andvaid tehnoloogiad, mis võimaldavad toodete korduskasutamist ja ringlussevõttu; tooraine ja biomassi energiakasutust on mõistlik edendada ainult siis, kui muud kasutusala on ammendatud. Ka seejuures on eelistatud kombineeritud tehnoloogiad, nt koos energiaga toodetakse ka komposti vms.

### 1.2.1 Metsasektori peamise sihtturu riigi näide ringmajanduse potentsiaali mõistes Eesti jaoks: Soome

Soome on koos teiste põhjamaadega Eesti metsa- ja puidutööstusele oluline sihtturg – puittoodete eksport sinna moodustas nende kogu ekspordist 2017. aastal 12 % (Statistikaamet). Sarnaselt Eestile moodustab metsa- ja puidutööstus olulise osa Soome majandusest ja tööhõivest. Lisaks riikidevahelisele kaubavahetusele on Soome metsa- ja puidutööstus Eestiga seotud läbi siin tegutsevate suurettevõtete (nt Stora Enso).

Samal ajal on Soome üks rohe- ja ringmajanduse eestvedajatest Euroopas. 2014 ilmus Soome biomajanduse strateegia, mis seadis eesmärgiks 2025. aastaks viia biomajanduse maht 100 miljardi euroni ja luua 100 000 uut töökohta. Selleks on valitsus seadnud viis strateegilist eesmärki, millest üks on biomajanduse edendamine ja puhaste lahenduste leidmine, mida viiakse ellu strateegiliste projektide kaudu neid suunatult rahastades. Seejuures pannakse suurt rõhku innovatsioonile, mille kaudu realiseeritakse riigi majanduslikku potentsiaali, samal ajal nii ühiskondlikke kui keskkonnaprobleeme lahendades (Lilja & Loukola-Ruskeeniemi, 2017).

Johtuvalt Soome juhtivast rollist üleilmses puidutööstuses on Soome Eestile kindlasti eeskujuks, kuid tänu kaubandussuhetele ning geograafilisele ja kultuurilisele lähedusele võiks Eesti kasu lõigata ka koostööst Soome ettevõtetega. Eeskujuks võiks Soome metsa- ja puidutööstus olla Eestile nii laiemate suundumuste ja ideede, kui ka konkreetsete tehnoloogiate kasutamise ja klasteripõhise planeerimise osas. Viimase kümne aasta jooksul on Soome metsatööstus ümber korraldatud biomajandustööstuseks. Ettevõtted püüavad aktiivselt oma tooteid täiustada ning laiendada oma toodangut uutesse väärtusahelatesse. Uusi tooteid nagu biokomposiidid, pabermultšid ja biokütuseid on juba hiljuti tootma hakatud. Puidust saadavad tselluloos, ligniin ja bioaktiivsed komponendid pakuvad samuti uusi tootearendusvõimalusi, eelkõige taastumatute ressursside asendamiseks. Tervisetooted ja fenooliekstraktid on näited juba olemasolevatest uue põlvkonna toodetest. Kõrge lisandväärtusega puidupõhiste toodete ja rakenduste tõeline potentsiaal seisneb puidu ja selle komponentide omaduste uuenduslikus kasutuses koos uudsete tootmis- ja ümberehitustehnoloogiatega, tootedisaini ja asjade internetiga (Lilja & Loukola-Ruskeeniemi, 2017).

Soomlased näevad keskkonnaprobleemides ja nendega seotud piirangutes oma majanduse jaoks võimalusi ning on veendunud, et uued lahendused peavad aitama lahendada üleilmseid ühiskondlikke probleeme. Näiteks puidul põhinevad kangad võiksid asendada kordades suurema keskkonnamõjuga puuvillased kangad. Nii vabaneks praegu puuvillakasvatuseks kasutatav maa hoopis toidu tootmiseks. Ennustuste kohaselt ületab aastaks 2050 puidul põhinevate kangaste nõudlus pakkumist 7-9 miljoni tonni võrra (Lilja & Loukola-Ruskeeniemi, 2017). Võrdluseks, 2018. aastal ulatus maailma puuvillatoodang 25.8 miljoni tonnini ja selle kasvatamiseks oli kasutuses 32.1 miljonit hektarit maad (OECD/FAO, 2019).



Kui hetkel ekspordib Eesti oma paberipuu suures osas Soome tselluloositehastesse, siis arvestades materjali potentsiaali, võiks Eesti seda ise väärindada. Vaatamata arenenud mehaanilise töötlemise tööstusele on puidu keemilise töötlemise mahud Eestis üpris väikesed. Tselluloos on aga väga mitmekesiste ja järjest laienevate kasutusvõimalustega materjal, mistõttu vastava tööstuse väljaarendamine Eestis on väga suure potentsiaaliga. Nanotselluloosil, puidukiudude väikseimal kiulisel struktuuril, on ainulaadsed tugevuse- ja pinnaomadused, millel on tohtu rakenduslik potentsiaal. Nanotselluloos on juba kasutuses paberitoodete omaduste parandamisel, kuid sel on kõrge potentsiaal ka erinevates muudes rakendustes, sealhulgas biokomposiidid, pakendamine, filtreerimine, hügieen, meditsiinilised rakendused, elektroonika ja ehitus. Uudsed töötlemistehnoloogiad, näiteks 3D-printimine, võimaldavad keerukate tselluloosipõhiste struktuuride loomist. Pabermultši kasutamine põllumajanduses on samuti heaks näiteks, kuidas paberivalmistamise tehnoloogiat uuenduslikult ära kasutada. Lisaks tselluloosile on suure kasutuspotentsiaaliga ka ligniin, mida tekib Soomes tselluloositööstuse kõrvalsaadusena u 60 miljonit tonni aastas. Ligniini on lisaks praegusele energiakasutusele potentsiaalne rakendus veel kasutamiseks betoonis, liimides ja muudes kemikaalides. Ka on põhjamine puit rikkalik bioaktiivsete komponentide allikas. Mõned neist on juba kasutusel tervist edendavates toodetes, näiteks kuuse lignaanid eesnäärmevähi ennetamiseks (Separation Research) ja kuuse hemitselluloos kuseteele haiguste leevendamiseks (Montisera). Teised komponendid ootavad veel kasutamist tervishoiu, meditsiini, kosmeetika ja IT valdkonnas. (Lilja & Loukola-Ruskeeniemi, 2017)

Ringmajanduse põhimõtteid järgides on **metsa- ja puidusektori innovatsioon Soomes** lisaks toodete uudsusele ja materjalidele antava lisandväärtuse maksimeerimise suunatud ka materjalide eluea pikendamisele ja korduskasutusele. Biokomposiitmaterjalide loomiseks on tselluloosi kiudu kombineeritud värskete või ümbertöödeldud polümeeridega. Saadud materjale on kasutatud ehitus- ja viimistlusmaterjalidena, aga ka muusikainstrumentide valmistamiseks. Võrreldes klaaskiud-polümeeride komposiitidega on puidul põhinevad lahendused kergemad, paremini ümber töödeldavad ja keskkonnasõbralikumad. (Lilja & Loukola-Ruskeeniemi, 2017)

Puitu nähakse Soomes ka ühe taastuvenergiaallikana. 2020ndate jooksul peaks riigis jõudma taastuvenergia osakaal üle poole kogu energiatarbimisest. Hetkel tuleb ligi 70% riigi taastuvenergiast puidu põletamisest. Soomes kasvab aastas juurde ligi 110 miljonit tihumeetrit puitu, millest raiutakse u 60-65 %, kuid riigi soov on seda mahtu u 20% suurendada, suunates täiendava puiduressursi ehitusse, puittoodete ja taastuvenergia tootmiseks (Lilja & Loukola-Ruskeeniemi, 2017).

### 1.3 Ringmajanduse potentsiaal metsa- ja puidutööstuses

Alljärgnevalt on välja toodud ettepanek Eesti metsa- ja puidusektori **ringmajanduse taset näitava nelja mõõdiku** kasutusele võtmiseks. Põhitähelepanu on koondatud puidu ressursitõhusale kasutamisele (mõõdik 1), toorme kvaliteedile vastavale väärindamisele (mõõdikud 2 ja 4) ning taastumatute ja keskkonda saastavate toodete ja tehnoloogiate asendamise puidupõhistega (mõõdik 3). Valdonna olulisemad ringmajandust iseloomustavad arvulised näitajad on:

1) **Puidujäätmete teke** – aastas puidujäätmetena deklareeritud puitmaterjal. Näidik peegeldab ühest küljest puitmaterjali kasutamise efektiivsust ning teisalt selle korduskasutust. Eesti Statistikaameti andmebaasi põhjal tekkis 2018. a. (2017. a kohta andmed puuduvad) Eestis **182 245 tonni** puidu tavajäätmeid ning **6 tonni** ohtlikke puidujäätmeid. Eesmärk: kogust vähendada.

2) Puidutööstuse alaste teadus- ja arendusprojektide hulk ja maht – Eesti Teaduse Infosüsteemi (ETIS) põhjal viimase viie aasta jooksul rahastamisotsuse saanud teadus- ja arendusprojektid. Mõõdik ei hõlma metsanduse või metsade loodusliku seisundi uuringuid, vaid kistamalt puidu kui materjali omaduste, kasutamise ja väärindamise alaseid uuringuid, mille potentsiaal puidu ringmajanduslikku kasutamist toetada on metsa- ja puidutööstuse tootmisahelas kõige suurem. Teadusprojektid on leitud käsitletaval ajavahemikul alanud projektide hulgast otsisõnadega „puit“, „puidu“ ja „wood“, jättes tulemustest välja projektid, mis puidutööstusega ei seostu. Aastatel 2016 – 2020 algas **31** puidutööstust puudutavat teadusprojekti, mille kogumaksumus oli **6.29 miljonit eurot**. Eesmärk: hoida samal tasemel või suurendada viie aasta keskmisena selliste teadusprojektide rahastamist.

3) Puidukasutus ehituses võrreldes betooni ja ehitusplokkidega - ehituses kasutatava puidu kogus võrreldes betooni ja ehitusplokkide kogusega (Allikas: Statistikaamet ning Keskkonnaagentuur, 2019). Kuna täpseid andmeid pole, siis on võetud aluseks ligikaudsed hinnangud, et Eestis kasutatakse üle 70% saematerjalist ehituses (Riistop & Välja, 2016) ning autorite hinnang, et vähemalt 90% kasutatud betoonist ja ehitusplokkidest tarbitakse ehitusel. Seejuures ei ole arvesse võetud betoonitaidisena kasutatavat killustikku ja kruusa, kuna seda kasutatakse ka muul otstarbel, nt raudtee- ja maanteeballastina. Seega on tegelikkuses betoon- ja kivehitiste osakaal veelgi suurem.

Väärtus:  $(1\,592\,400\text{ m}^3 \cdot 0.9) / (120\,000\text{ m}^3 \cdot 0.70) = 17.1$  korda ületab betooni ja kivi-plokkide kasutamine ehituses vastavat puidukasutust. Eesmärk: vähendada suhtarvu.

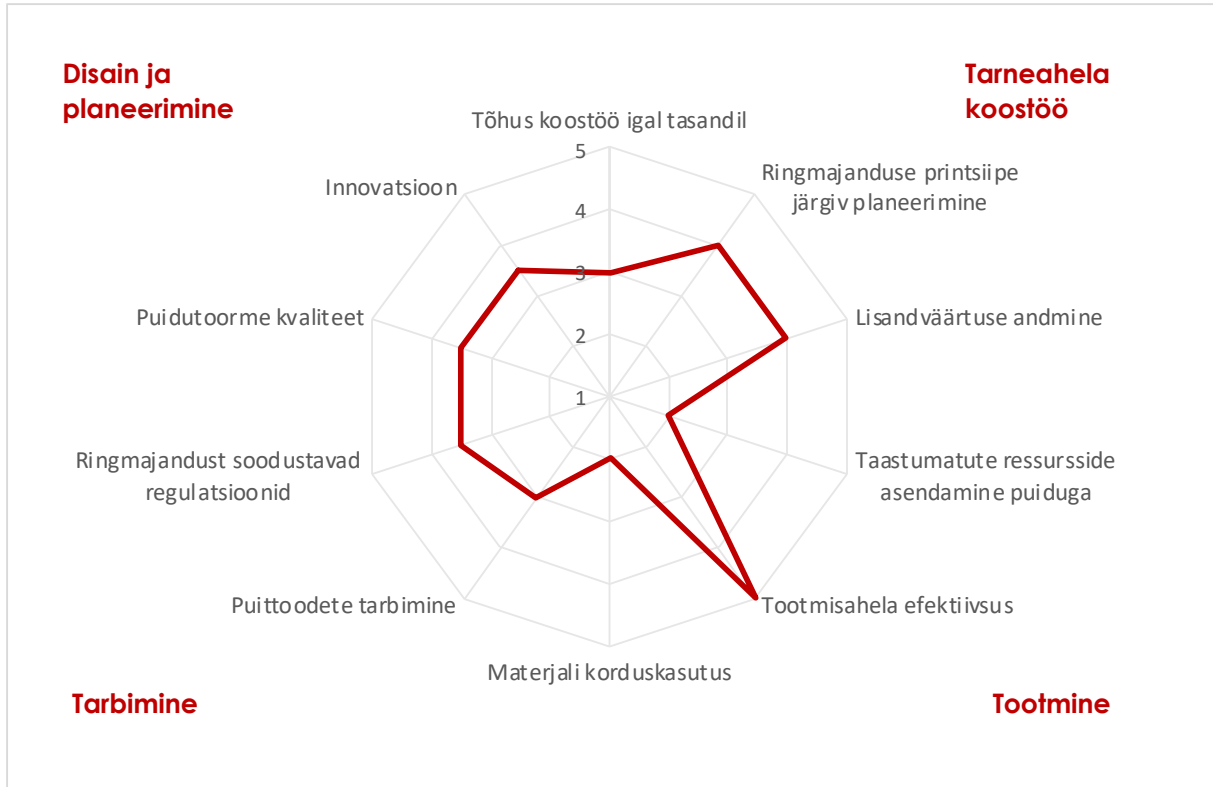
4) Töötlemata puidu osakaal ekspordist – sellise puidu ja selle osade osakaal kogu ekspordist, millele peale raiet ei ole lisandväärtust antud (tööstuslik ümarpuit, küttepuit, puukoor jne). Mõõdiku eesmärk on seirata tööstuse võimekust puidule lisandväärtust anda (eelkõige paberipuidule, mille maht ekspordist on üks suuremaid). Töötlemata puidu maht ekspordist oli 2017. a. 3 631 000 m<sup>3</sup> ja kogu ekspordist 10 457 000 m<sup>3</sup>.

Väärtus:  $3\,631\,000 / 10\,457\,000 \cdot 100\% = 34.7\%$ . Eesmärk: vähendada suhtarvu.

Välja toodud näitajad on valitud katma sektori ringmajanduse peamisi probleemkohti selliselt, et need hõlmaksid valdkonna laiemat probleemistikku ning võimaldaksid edaspidi hinnata selle ringmajanduslikku arengut. Detailsema ülevaate valdkonna ringmajanduse arvulistest näitajatest leiab uuringust "Ringmajanduse strateegia koostamise meetoodika väljatöötamine" (Eljas-Taal et al., 2019, tabel 9 lk 56).

Eespool toodud eesmärkideni jõudmiseks on vaja saavutada seisund, kus ringmajanduse põhimõtteid rakendatakse läbivalt kogu metsa- ja puidusektoris, st kõigis selle alamvaldkondades (joonis 3).

Eesmärkideni jõudmise edukuse hindamiseks on soovitatav läbi viia iga-aastaseid huvigruppide ümarlaudu, lastes osalejatel neid 5-pallisel skaalal hinnata; seejuures on 5 maksimumhinnang, mis näitab, et eesmärk on saavutatud (Joonis 5).



Joonis 5 Eesmärkide saavutamise alane hetkeseis metsa- ja puidusektoris. Mida kõrgem on hinnang seisundile, seda kaugemal paikneb vastava valdkonna seisundit peegeldav punkt skaalal. Ideaalolukorda peegeldab ring, kus kõigi valdkondade seisundit on hinnatud viie palli väärtuseks.

- Skaala:
- 1 – ei arvesta ringmajanduse põhimõtetega
  - 2 – ringmajanduse põhimõtetega arvestatakse vähe
  - 3 – ringmajanduse põhimõtetega arvestatakse rahuldavalt
  - 4 – ringmajanduse põhimõtetega arvestatakse hästi
  - 5 – ringmajanduse põhimõtetega arvestatakse maksimaalselt

Allikas: autorid

Joonisel 5 olevad indikaatorid on täpsemalt kirjeldatud allpool.

#### Puidutoorme kvaliteet (3,5/5)

Passiivse majandamise tõttu üleminekuajagadel (1990-2004) on metsade ja neis sisalduva puidu kvaliteet kohati madal, mistõttu on kvaliteetse palgi osakaal madalam kui see võiks olla. Samal ajal ei leia keskmise kvaliteediga puit alati väärilist kasutust. Ehkki metsaomanikud on järjest teadlikumad ja Eesti metsadest saadava puidu kvaliteet järjest paraneb, siis võib minna veel aastakümneid, kuni meie metsadest saadav puit optimaalse kvaliteedi saavutab. Lõppeesmärgiks on olukord, kus metsanduslike meetoditega on kogu puistu elukaare vältel tehtud kõik võimalik selle kvaliteedi maksimeerimiseks.



### Tõhus koostöö igal tasandil (3/5)

Valdavalt on koostöö tootmisahelas toimiv, kuid kohati võib olla keeruline teadusasutustega koostööks ühist keelt leida. Samuti on esinenud ettevõtetel koostööraskusi metsaomanike, riigi ja keskkonnaorganisatsioonidega. Mõlemapoolse huvi ja suhtlemisvalmiduse korral on siiski kõik eeldused koostöö laabumiseks olemas. Ehkki mõningaid huvide konflikte kunagi päriselt vältida ei saa, siis tagavad läbipaistev seadusandlus ja pikaajalised strateegiad ning neil põhinev praktika koostööd hõlbustavad reeglid. Ringmajanduse edendamisele aitab kaasa, kui kõik osapooled nendega ka arvestavad.

### Ringmajanduse printsiipe järgiv planeerimine (4/5)

Ringmajanduse põhimõtete rakendamine on tihtipeale ettevõtetele ka majanduslikult mõttekas (nt efektiivne materjalikasutus, toorme maksimaalne väärindamine), suunates neid vastavaid printsiipe järgima, mistõttu on tootmisahelad üldjuhul ringmajanduse printsiipe järgivad. Sellegipoolest pole Eestis alati tagatud kvaliteetsete materjalide ringluses hoidmine ning ka tootearenduses on just suuremate toodete (nt mööbel, hooned) puhul vaja enam tähelepanu pöörata sellele, kui lihtne on kasutatud puitdetailide peale toote eluea lõppu toimunud lammutamist uuesti kasutusele võtta (ringmajandushierarhia võimalikult kõrgel tasemel).

### Ringmajandust soodustavad regulatsioonid (3,5/5)

Eesti seadusandlus on kooskõlas Euroopa Liidu õigusruumiga, peegeldades EL-i ringmajanduse edendamisele suunatud seisukohti, mis seoses EL-i roheleppe jõustumisega järjest enam tähelepanu saavad. Siiski on Eestis selles osas mõningaid arenguvajadusi. Näiteks piirab puitmajade standardite puudumine puidu kasutamise laiendamist ehituses – mõistlik lahendus oleks Põhjamaade standardi ülevõtmine (seal ka põhiline eksportturg). Samuti laialdasemalt kasutada keskkonnahoidlikke riigihankeid, mis võiksid Eestis ringmajandust ja nt puidu laialdasemat kasutamist ehituses soodustada, kuid pole sellisena eriti kasutust leidnud, ehkki õiguslikke takistusi selleks pole. Nende ja teiste regulatsioonide täpsustamine võimaldab ringmajanduse edendamisel jõudsalt edasi liikuda.

### Innovatsioon (3,5/5)

Eesti metsa- ja puidutööstus on üldiselt heal tehnilisel tasemel ja kasutab innovaatilisi lahendusi nii tootmisahela ja materjalikasutuse optimeerimises, tootmise automatiseerimises kui ka tehnoloogiate väljatöötamisel ja täiustamisel. Siiski pole sektori areng olnud ühtlane (kui mehaaniline töötlemine on Eestis tipptasemel, siis puidu keemilise töötlemise haru alles hakkab (taas) välja kujunema) ning ülikoolides välja töötatud lahenduste tootmisse rakendamine on inimeste erineva ettevalmistuse ja puidukeemia tööstuse suure investeerimislävendi tõttu raskendatud. Ka varasem uuring (Eljas-Taal et al., 2019) tõi välja, et puidutööstuse üsna tagasihoidlik teadus-arendus baas on peamine ringmajanduse rakendamist takistav piirang. Siiski on nii riiklike vahendite kui ettevõtete endi toel see olukord jõudsalt paranemas. Ideaalis rakendavad ettevõtted pidevalt nii enda arendusüksuste kui teadusasustuste innovaatilisi lahendusi ettevõtte ja kogu sektori arengusse, andes iga-aastaselt panuse puitmaterjalide ringluses hoidmisesse ja lisandväärtuse tõstmisesse.

### Lisandväärtuse andmine (3,5/5)

2017. aastal lõi metsa- ja puidutööstus 1.05 miljardit eurot ehk 7.7 % kogu Eestis loodud lisandväärtusest, mis on märkimisväärne panus Eesti majandusse. Siiski võiks sektori panus olla veel oluliselt suurem, kui suudetaks tõsta kõrgema lisandväärtusega toodete osakaalu. Puidukeemiatööstuse lisandväärtus töötaja kohta on sektori keskmisest kordades kõrgem, kuid



hetkel on see tööstusharu Eestis tagasihoidlikult esindatud ega suuda puidutööstuse jääke, peenpalki ega paberipuitu sel määral väärindada, kui seda Eestis toodetakse. Eesmärgiks on olukord, kus kodumaine tööstus suudab puidutoorme selle kvaliteeti arvestades maksimaalselt lisandväärtust anda.

#### Taastumatute ressursside asendamine puiduga (2/5)

Puit on hea materjal taastumatute ressursside asendamiseks, kuid seejuures tuleb meeles pidada, et eesmärk pole mitte puidu maksimaalne kasutamine, vaid olemasoleva puiduressursi mahus taastumatute ressursside asendamine pikaajaliste alternatiividega. Parem on aga muuta inimeste käitumist, et osasid tooteid poleks üldse vaja toota ega kasutada. Ringmajanduse võtmes on puidu laialdasem kasutamine nt keemia-, tekstiili- ja plastitööstuses, aga eriti ehituses suure potentsiaaliga, mida pole täna Eestis (ja ka suuremas osas ülejäänud Euroopast) veel piisavas mahus realiseeritud.

#### Tootmisahela efektiivsus (5/5)

Tänu kaasaegsele tehnoloogiale nii metsanduses kui puidutööstuses on tootmisahel efektiivne ja kaod väikesed. Kõik puidufraktsioonid kasutatakse tootmisprotsessis ära ning jääke kasutatakse valdavalt energia tootmiseks, mis tihti samuti samas tootmisprotsessis kasutust leiab.

#### Materjali korduskasutus (2/5)

Puitmaterjalide korduskasutuse määr on Eestis väga madal – puidubilansi põhjal vaid 1.2% kogu tarbitavast puidust. Valdavalt suunatakse kasutusest välja langenud puitmaterjal energia tootmiseks, isegi kui selle kvaliteet võimaldaks puitu ehituses vm kõrgema lisandväärtusega tootes kasutada. Seetõttu tuleb nii tehnoloogiliselt kui seadusandlikult puitmaterjalide korduskasutuse määra tõstmist toetada: nt nõuda ehitus- ja lammutusjääkide liigiti sorteerimist ja nii palju kui võimalik nende uuesti ringlusesse võtmist; samuti kokku kogutud kasutatud puit materjalipankade kaudu jaetarbijale suunata.

#### Puittoodete tarbimine (3/5)

Ehkki Eesti inimesed hindavad materjalina puitu, eelistavad nad hinnatundlike tarbijatena siiski pahatihti odavamaid alternatiive nii ehituse, mööbli kui väiksemate toodete osas. Ka on eestlaste keskkonnateadlikkus võrreldes nt Põhjamaadega oluliselt madalam. Seetõttu on vajalik tarbijate teadlikkuse tõstmine nii toodete keskkonnamõju kui ka võimalike alternatiivide osas laiemalt. Kuna ühiskondlikud käitumismustrid ja teadlikkus kujuneb pika aja vältel, siis jõuavad ka inimeste võimalused neid tooteid tarbida ning jõuda arusaamisele, et algselt kallis, kuid pikaajaline toode võib lõppkokkuvõttes ka soodsam olla.

### **1.4 Soovitused ja meetmed ringmajanduse arendamiseks metsa- ja puidutööstuses**

Vastavalt teaduskirjandusele, uuringutele ja strateegiatele, samuti intervjuudele ja ümarlaudadele töötati käesoleva uuringu raames välja ringmajandusele üleminekut toetavad ettepanekud neljas valdkonnas:

1. Metsandus
2. Ehitus
3. Tööstus
4. Kõrgharidus ja innovatsioon

Vastavalt vajaliku investeeringu ja hinnangulise mõju suhtele jagasid uuringu autorid esile kerkinud ettepanekud kolme prioriteetsuse klassi: A – viia läbi viivitamatult; B – viia läbi



esmajärjekorras; C – viia läbi teises järjekorras. Ettepanekud on välja toodud alljärgnevas tabelis koos sulgudes antud prioriteetsushinnanguga. Ettepanekud on lahti kirjutatud ja pikemalt kommenteeritud Lisas 4.

### Ettepanek 1: Metsandus

<b>Taust:</b> metsanduslikel meetoditel on oluline roll kasvava puidu kvaliteedi kujunemisel			
Tegevus 1.1	Istikute kättesaadavuse ja kõrge kvaliteedi soodustamine (A)	Vastutajad: Erametsakeskus, KKM, EMPL, RMK	Allikas, alus: Intervjuud ja ümarlauad, Soome metsasektori kogemused
Tegevus 1.2	Koostootmisjaamadest ja teistelt puitkütuste tarbijatelt kogutud puutuhast graanulite valmistamine ja kasutamine puude juurdekasvu parandamiseks. (B)		
Tegevus 1.3	Väikemetsaomanike laialdasem kaasamine metsaühistutesse ja selle kaudu nende metsamajandamisoskuste parandamine (C)		
<b>Soovitud mõju:</b>			
<ul style="list-style-type: none"><li>tänu hoolikamale metsade majandamisele suureneb kõrgkvaliteetse puidu osakaal, mida on võimalik kasutada kesvustoodete valmistamiseks</li></ul>			

### Ettepanek 2: Ehitus

<b>Taust:</b>			
<ul style="list-style-type: none"><li>hoonete ehitamiseks kasutatud puidus on süsinik pikaajaliselt seotud ja kvaliteetne materjal kasutuses</li><li>tehases ehitusdetailide valmis tegemine ja ehitusplatsil kokkupanek on palju materjaliefektiivsem ja kvaliteetsem kui ehitusplatsil kohti peal ehitades</li><li>hoonete lammutamisel ülejäänud puitmaterjal ei leia üldjuhul enam rakendust ehituses</li></ul>			
Tegevus 2.1	Võtta Põhjamaadest üle standardid ja kõrvaldada seadusandlikud tõkked puidu laialdasema kasutamise teel ehituses (A)	Vastutajad: MKM, RKAS, KKM	Allikas, alus: Intervjuud ja ümarlauad, „Puidu kasutamine ehituses ja seda mõjutavad tegurid“ (Riistop & Välja, 2016), Taani ja Hollandi kogemused
Tegevus 2.2	Kasutada keskkonnahoidlikke riigihankeid puitkonstruktsioonidel põhinevate ehitiste suuremas mahus rajamiseks (B)		
Tegevus 2.3	Teise ringi puidu käitlemisjaamade rajamine suuremate linnade lähedusse (B)		
Tegevus 2.4	Kaaluda (ühiskondlike) hoonete ehitamisel rakendada taaskasutatava materjali kvote (C)		
<b>Soovitud mõju:</b>			
<ul style="list-style-type: none"><li>valdavalt puidust ehitatud hoonete osakaal Eestis on tõusnud kordades ning seadusandlike takistusi sellele pole</li><li>normiks on ehitusdetailide maksimaalne tehases valmistamine ja ehitusplatsidel vaid kokkupanek</li><li>hoonete lammutamisel üle jääv puitmaterjal kogutakse materjalipankadesse ning võetakse ehitustel uuesti kasutusse.</li></ul>			





### Ettepanek 3: Tööstus

<b>Taust:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>kõrgema lisandväärtuse ja pikemaajalise kasutuspotentsiaaliga toodete loomise eelduseks on vastav tööstus, kes suudab ka vajalikku tehnoloogiat jätkusuutlikult rakendada</li><li>põlevkivikeemia kompetentsiga spetsialistid ja ettevõtted võivad olla võimelised puidukeemiale ümber orienteeruma</li></ul>			
Tegevus 3.1	Ettevõtjate nõustamine ELi rohepöörde ja innovatsiooni vahendite kaasamiseks (A)	Vastutajad: MKM, KKM, ETAG, EAS	Allikas, alus:  Intervjuud ja ümarlauad, Soome ringmajandusstrateegia „Leading the cycle“ (Sitra, 2016)
Tegevus 3.2	Meetmete säilitamine ja laiendamine ettevõtete ja ülikoolide TA koostöös (B)		
Tegevus 3.3	Tööstusinvesteeringute seadusandlik ja sisuline toetamine (B)		
Tegevus 3.4	Riigipoolse initsiatiivina teadlaste ja tööstusettevõtete kokkuviiimine (B)		
Tegevus 3.5	Regulatsioonide ja finantsmehhanismidega põlevkivilt puidukeemiale ülemineku soodustamine (C)		
<b>Soovitud mõju:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Eesti puidutööstusettevõtted on võimelised kogu puidutoormele vastavalt selle kvaliteedile maksimaalset või selle lähedast lisandväärtust andma</li><li>mitmed taastumatut toorainet kasutavad ettevõtted on ümber orienteerunud taastuvast toormest, sh puidust tootmisele.</li></ul>			

### Ettepanek 4: Kõrgharidus ja innovatsioon

<b>Taust:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Ülikoolides on olemas uuenduslikud tehnoloogiad puidu väärimiseks, kuid nende rakendamisel esineb tõrkeid</li><li>Ülikoolides on normiks teadlaste keskendumine akadeemilistele tulemustele, ehkki vajadus nende järgi ettevõtete arendusüksustes on suurem</li><li>Ülikoolidest võrsunud idufirmadel on keeruline suuremate arenduste jaoks vahendeid kaasata</li></ul>			
Tegevus 4.1	Tööstusele potentsiaalivate ülikooliõppekavade suuremas mahus sidumine praktilise tegevusega ettevõtetes, võimaldades orientatsiooni ettevõtlusele akadeemilise teaduse asemel (A)	Vastutajad: Ülikoolid, EMPL, EAS, MKM	Allikas, alus: Intervjuud ja ümarlauad, Taani Bioinnovatsiooni Instituudi eeskuju
Tegevus 4.2	Tööstusdoktorantuuri meetme laialdasem rakendamine ja sellesuunaline teavitustöö vastavate erialade magistrantide hulgas (B)		
Tegevus 4.3	Toetada ülikoolide juures alustavaid innovaatilisi idufirmasid riigi riskikapitaliga (B)		
Tegevus 4.4	Tööstuspraktikute kaasamine ülikoolide õppetöösse (B)		
Tegevus 4.5	Lua ülikoolide juurde Tallinnasse ja Tartusse puidutehnoloogia kompetentsikeskused, mis toimiksid ülikoolides toimuva teadustegevuse ja ettevõtete innovatsiooni vahelülina (B)		
Tegevus 4.6	Nii teadlastel (tenuurisüsteemis) kui tudengitel rakendustegevuse arvestamine akadeemilise tegevuse alternatiivina (B)		
<b>Soovitud mõju:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Ülikoolides loodud puidutööstustehnoloogiad jõuavad tööstuslike rakendusteni, edendades seeläbi ringmajandust Eestis</li><li>järjest enam tehnoloogiasuunilusega teaduskraadiga spetsialiste leiab rakendust tehnoloogiliselt arenevate tööstusettevõtete arendusüksustes</li><li>kõrge tehnoloogilise tasemega idufirmad suudavad kaasata vahendeid oma idee juurutamiseks ning areneda kõrget lisandväärtust loovateks ettevõteteks</li></ul>			

## 1.5 Kokkuvõte

Puit on looduslik, vastupidav, taastuv, korduskasutatav ja mitmeotstarbeline materjal, mistõttu on selle ringmajanduslik potentsiaal väga suur. Ringmajanduse kui terviku edendamisele aitab kaasa, kui puiduga asendada võimalikult paljudes funktsioonides taastumatud ning raskesti ümbertöödeldavad materjalid. Ringmajandus on puidu- ja metsatööstuses mõistetak kui metsaressursside (eelkõige puidu) maksimaalne ja materjaliefektiivne väärindamine, toodete võimalikult kaua kasutuses hoidmine, nende kasutuskõlbmatuks muutumise järel muul moel kasutamine ja ümbertöötlemine, ning viimases järjekorras puidu energiaressursi realiseerimine, vältides peaaegu täielikult puidu töötlemisel selliste jäätmete tekkimist, mis vajaks eraldi ladestamist prügilas.

Ringmajanduse rakendamise arenguvajadused algavad metsa- ja puidusektoris juba tarneahela algusest ehk metsandusest, sest paljude metsade puidu kvaliteet on passiivse majandamise tõttu 1990nendatel aastatel langenud (Pärt, 2009). Toorme kvaliteet aga määrab ära, milleks puitu kasutada saab. Kuna meil pole Eestis tööstust, mis suudaks madalama kvaliteediga puitu (nt tööstuse puidujäätke) piisavalt väärindada, kasutatakse see ära energiasektoris. Ehkki ka puidu energiakasutus on fossiilsete kütuste alternatiivina tootmisprotsessis ja koostootmisjaamades mõistlik, on Eestis selle osakaal ebaproportsionaalselt suur: energiapuiduna toodetav puit moodustas 2017. aastal 52.2 % ja sellena Eestis kasutatav puit 33.9 % kogu puidubilansist (16.9 miljonit m<sup>3</sup>) (Keskkonnaagentuur, 2019). Siiski on viimaste aastate arengud positiivsed nii metsade tervise kui tööstuse arengu osas: metsaomanike teadlikkus on järjest kõrgem ning koostöös ülikoolide mitmete uurimisrühmadega on ettevõtted sektori innovatsiooni ja ringmajanduse eestvedajateks. Riik on panustanud rahaliselt selle aluseks olevatesse rakendusuringutesse ning seda tuleb koos ettevõtete EL-i rahastuse kaasamise alase nõustamisega kindlasti jätkata.

Teine suurem ringmajanduslikult perspektiivikas valdkond on ehitus, sest just puithoonetes on süsinik kvaliteetse puiduna suures koguses pikaajaliselt seotud, kuid puitu kasutatakse ehituses ligikaudu 17 korda vähem kui betoonisegusid ja ehitusplokke. Puitehitiste osakaalu kasvu on vaja seetõttu toetada nii keskkonnanahoidlike riigihangete kui standardite loomisega. Viimastega on oluline soodustada ka puitdetailide tootmist tehasetingimustes, kus materjaliefektiivsus ja kvaliteet on puidu töötlemisest ehitusplatsidel kõrgemad. Samuti on problemaatiline hoonete lammutamisel kogutud puidu kasutamine – vaid 1.2% Eestis kasutatud puidust on teisene ehk korduskasutatav puit. Ehkki kogutud puidu kvaliteet võimaldaks seda tihtipeale ehitusel või muus kõrgema lisandväärtusega tootes kasutada, jõuab lammutamisel saadud puit üldjuhul energiatootmisesse. Materjalipankade loomine suuremate linnade lähedusse kasutatud puidu vahendamiseks oleks üks võimalus puitu kauem ringluses hoida. Samuti on osad riigid (nt Holland ja Taani) kehtestanud kvoodid teisese materjali kasutamisele ühiskondlike hoonete ehitamisel.

Laiemalt saab metsa- ja puidutööstus panustada ringmajandusse, asendades puidu kui taastuva ressursiga taastumatuid või muidu suure ökoloogilise jalajäljega ressursse. Tehnoloogiliselt ja tööjõu ettevalmistamise osas on sellistel üleminekutel kandev roll teadus- ja arenduskeskustel, mille koostööl ettevõtetega on puidu uuenduslikuks väärindamiseks suur potentsiaal. Selle toetamiseks tuleb tööstusele olulisi ülikoolide õppekavasid siduda enam praktiliste tegevustega ettevõtetes, laiendada tööstusdoktorantuuri meedet ja seda magistrantide seas suunatult teadvustada. Puidu väärindamisega seotud teadlaste tööühmade ja ettevõtete sidumiseks tuleks luua Tallinnasse ja Tartusse puidutehnoloogia kompetentsikeskused, mis toimiksid ülikoolides toimuva teadustegevuse ja ettevõtete innovatsiooni vahelülina. Kuna puiduga seotud teadmuspõhistel iduettevõtetel on Eestis täna raske alustada, võiks kompetentsikeskustega seotult luua Taani eeskujul riikliku riskikapitali selliste



idufirmade toetamiseks, kusjuures stardikapitali saamise üheks eelduseks võiks olla firma panus ringmajanduse edendamisesse.

Kokkuvõttes võib öelda, et metsa- ja puidusektor on ringmajanduse rakendamisel pigem eeskujuks ning ka probleemsemates valdkondades on arengutrend positiivne, kuid nii riik, ettevõtted kui teadusasutused saavad panustada sellesse, et ringmajanduse põhimõtted kiiremini läbivaldt kogu sektoris juurutada.

## 2 Kasutatud kirjanduse loetelu

---

- Alvela, A. (2020) Puidutööstuse TOP: Thermoarena otsib võimalusi, et puidule veelgi kestvust lisada. Metsamajandusuudised 29.10.20. [www.metsamajandusuudised.ee/uudised/2020/10/29/puidutoostuse-top-thermoarena-otsib-voimalusi-et-puidule-veelgi-kestvust-lisada](http://www.metsamajandusuudised.ee/uudised/2020/10/29/puidutoostuse-top-thermoarena-otsib-voimalusi-et-puidule-veelgi-kestvust-lisada)
- Bhaumik, P. & Dhepe, P.L. (2016) Conversion of Biomass into Sugars. In: Biomass Sugars for Non-Fuel Applications (Murzin, D. & Simakova, O. eds). RSC Green Chemistry No. 44, The Royal Society of Chemistry.
- De Wit, M., Haigh, L., Von Daniels, C., et al (2020) The Circularity Gap Report the Netherlands. Circle Economy, Amstardam.
- Dezember, R. (2021) Cardboard Boxes Have Never Been in More Demand—or More Expensive. The Wall Street Journal, 31.03.2021. <https://www.wsj.com/articles/corrugated-boxes-have-never-been-in-more-demand-or-more-expensive-11617189646>
- Eesti teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arengukava 2021–2035, [https://www.hm.ee/sites/default/files/taie\\_arengukava\\_2035\\_16.04.2020.pdf](https://www.hm.ee/sites/default/files/taie_arengukava_2035_16.04.2020.pdf)
- Eljas-Taal, K., Mikheeva, O., Doranova, A., Beckers, D., Väljaots, K., Hein, T. (2019) Ringmajanduse strateegia koostamise meetodika väljatöötamine. Lõpparuanne. Technopolis Group.
- EMPL (2020) Metsa- ja puidutööstus 2020. Lühiülevaade. Eesti metsa- ja puidutööstuse liit, Tallinn.
- Ernst & Young (2019) Metsa- ja puidusektori sotsiaalmajandusliku mõju analüüs.
- ERR (2021) Puit kui tulevikumaterjal. In: Reporteritund 10.02.21 (Kärner, K., Müller, A. & Ojakivi, M. eds.). <https://vikerraadio.err.ee/1608088612/reporteritund-puit-kui-tulevikumaterjal>
- Eurostat (2019) Agriculture, forestry and fishery statistics. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Federal Ministry for the Environment (2016) German Resource Efficiency Programme II. Programme for the sustainable use and conservation of natural resources. Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH, Berlin.
- GOZ (2019) ROAD MAP towards the Transition to Circular Economy. Gospodarka o obiegu zamknietych.
- Graanul Invest (2020) Säätlikkuse aruanne 2019. <https://www.graanulinvest.com/cms-data/upload/graanul-invest-aruanne-2019-est-screen-spreads-1.pdf>
- Hodásová, L., Jablonský, M., Škulcová, A., Ház, A. (2015) Lignin, potential products and their market value. Wood Research 60 (6): 973-986.
- Keskkonnaagentuur (2019) Puidubilans. Ülevaade puidukasutuse mahtudest (2017) Keskkonnaagentuur, Tartu.
- Keskkonnaagentuur (2020) Aastaraamat Mets 2019 (eds. Raudsaar, M. & Valgepea, M. ). Keskkonnaagentuur, Tallinn.
- Keskkonnaagentuur (2021) 2020. aasta SMI tulemused (27.05.2021).
- Keskkonnaministeerium (2020) Ringmajandus: Edulood. [ringmajandus.envir.ee/et/edulood](http://ringmajandus.envir.ee/et/edulood)
- Kirs, M., Ukrainski, K. & Karo, E. (2018) Poliitika ja valitsemisüsteemid biomajanduse toetamiseks. TalTech ja Tartu Ülikool. Tallinn, Tartu.



Kouloumpi, I., de Winter, J., Douma, A., Russell, M., van Berkel, P., Köhler, J., ter Laak, I., Grigoras, A. (2019) Building blocks for the new strategy. Amsterdam Circular 2020-2025. Circle Economy, Amsterdam.

Ledin, A., Svensson, J., Österman, S., Svensson, M., Söderholm, S., Brandel, M. (2012) Swedish Research and Innovation Strategy for a Bio-based Economy. Formas, Stockholm.

LIFE Fit for REACH. (2021) Ohtlike ainete asendamine. <https://www.fitreach.eu/et/content/ohtlike-ainete-asendamine>

Lilja, K., Loukola-Ruskeeniemi, K. (2017) Wood-Based Bioeconomy Solving Global Challenges. Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland.

OECD-FAO (2019) Chapter 10. Cotton. In: Agricultural outlook 2019-2028. Pp 217-226.

Piirits, M., Anniste, K., Masso, M., Melesk, K., Osila, L. & Michelson, A. (2018) Eesti tööturg: hetkeolukord ja tulevikuväljavaated. Arenguseire Keskus, Praxis.

Pärt, E. (2009) Mets ei saa otsa, kuid mädaneb. Metsaleht 24.09.2009.

Riistop, M., Välja, H. (2016) Puidu kasutamine ehituses ja seda mõjutavad tegurid. Uuringu kokkuvõte. Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liit, Tallinn.

Räty, T. (2009) Forests, Wood Products and Climate Policy. In: Finnish Forest Sector Economic Outlook 2009-2010 (eds. Hänninen, R. & Sevola, Y.). Finnish Forest Research Institute, Vantaa.

Sitra (2016) Leading the cycle – Finnish road map to a circular economy 2016–2025. Sitra Studies 121.

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2016) Waldstrategie 2050 für den Freistaat Sachsen. SMUL, Dresden.

Tiits, M. (ed.) (2012) Eesti metsa- ja puidutööstuse sektoruuring. Uuringu lõpparuanne. Institute of Baltic Studies, Tartu. [https://www.ibs.ee/wpcontent/uploads/Eesti\\_metsa\\_ ja\\_puidutoostuse\\_sektoruuring\\_20121.pdf](https://www.ibs.ee/wpcontent/uploads/Eesti_metsa_ja_puidutoostuse_sektoruuring_20121.pdf)

Varblane, U. Et al (2020) Lisandväärtuse tõstmine ja toorme tõhusam kasutamine biomajanduses ja selle sektorites. 1. Vahearuanne. Eesti biomajanduse konteksti analüüs. TalTech, TÜ & EMÜ, Tallinn/Tartu.

Waste Connections of Washington, Inc. (2021) Recycling Guide. <https://wcnorthwest.com/recycling#!rc-cpage=14313>.

Watkins, D., Nuruddin, Md., Hosur, M., Tcherbi-Narteh, A., Jeelani, S. (2015) Extraction and characterization of lignin from different biomass resources. Journal of Materials Research and Technology 4(1): 26-32.

VTT Technical Research Centre of Finland Ltd. (2020) <https://www.vttresearch.com/en/about-us/what-vtt>



## Lisa 1 Näiteid metsa- ja puidutööstuse iduettevõtetest Eestis

---

Valdkonna iduettevõtteid Eestis kuigi palju ei ole. Metsa- ja puidutööstusega on suuremal või vähemal määral seotud Timbeter ja Woodspot.

### **Timbeter**

Timbeteri mobiilrakendus suudab tehisintellekti abil puitu digitaalselt mõõta. 2014. aastal võitis Timbeter Ajujahi konkursi. Timbeteri sõnul on see kõige täpsem ning lihtsamini kasutatav mobiilne lahendus puidu mõõtmiseks ning inventuuride ja raportite koostamiseks. Kasutades pildituvastust ning masinõppe tehnoloogiat, teeb Timbeter puidumõõtmise oluliselt kiiremaks, täpsemaks, läbipaistvamaks ning aitab ka paberimajandust vähendada. Juba 2016. aastal oli Timbeteri kaasasutaja ja tegevjuht Anna-Greta Tsahkna sõnul nende eesmärk saada globaalseks standardiks ümarpuidu mõõtmisel. 2020. aasta jaanuaris kaasatud investeeringuga (miljon dollarit) plaanitakse laiendada Kagu-Aasias ja Ladina-Ameerikas, kus on ettevõttel juba mitmeid mainekaid kliente. Kagu-Aasia ja Ladina-Ameerika valiti just seetõttu, et sealne puit kasvab kiiresti ning ka sealseid puiduettevõtteid on alati uusi tehnoloogiad kiirelt kasutusele võtma.

Timbeteril on üle 20 000 kasutaja, kokku on ära mõõdetud 100 miljonit tihumeetrit ning mobiilirakendus on kasutatav viieteistkümnes erinevas keeles. Rakenduses on üle 15 erineva puidu mahu arvutamise valemit (sh JAS, GOST, Nilson). Vt lähemalt [timbeter.com](http://timbeter.com).

### **Woodspot**

Woodspot on veebipõhine platvorm, mis toob metsamaterjaliturul tegutsevad ettevõtted ühte keskkonda. Täna jagatakse ostuinfot e-kirjade või telefoni teel ning metsamaterjali müüjad peavad kõikide ostjate infot korraka haldama. See on ajakulukas ja ei anna turust korralikku ülevaadet. Woodspoti platvormil saavad metsamaterjali ostjad mugavalt jagada ja muuta enda üldist ostuinfot ning pakutakse võimalust ka erikokkulepeteks. Tänu platvormil jagatud ostuinfole saavad müüjad tervikliku ülevaate metsamaterjali turuolukorrast ja võimaluse leida parima hinna ning transpordikulu suhtega ostja. Woodspot vähendab ettevõtete ajakulu info otsimisele ja võimaldab tulusamaid tehinguid.

Woodspoti tiimi kuuluvad teiste seas TalTechi IT süsteemide arenduse tudeng Kevin Janson ja TalTechi ärianduse tudeng Risto Vaher. Kevin, kes töötab lisaks veel IT Kolledžis labori assistendina, leiab, et ülikool võiks taolistele projektidele rohkem tähelepanu pöörata ja kaasa aidata. Janson leiab, et koostöö erinevate teaduskondade vahel võiks olla veelgi nähtavam ning miks mitte kaasata investoreid. "Ülikoolis õppides on kõige toredam, kui erineva teaduskonna tudengid saavad seljad kokku panna ning lahendada reaalseid probleeme", sõnab Janson.

Vaher tegi bakalaureusetöö metsanduse probleemist, millest ta sai aimu oma isa puiduturul tegutseva ettevõtte tegemisi jälgides. "Nägin isa firmas kõrvalt, kui palju vaeva osapooled näevad, et saada ülevaadet hindadest, ja kui kaugelt materjali erinevatesse kohtadesse tarnitakse," räägib noormees. Vaher selgitab, et algsest probleemist kujunes tal lõputöö tegemise käigus koos juhendajaga asju arutades välja äri. Idee sündis TalTechi majandusteaduskonnas õppides ja tänaseks on sellest bakalaureusetööst välja kasvanud oma esimest rahastust otsiv reaalne ettevõtte (<https://www.woodspot.co/>).

## Lisa 2 Ringmajanduse ärimudelid

---

SITRA järgi kategoriseeritud ringmajanduse ärimudelid võivad luua erinevaid võimalusi Eesti puidu- ning metsatööstusele:

1. **Ringne tarneahel** (*Circular Supply Chain*) tähendab seda, et toote igas faasis (sh toorme muretsemisel ja tootmisprotsessis) kasutatakse taastuvaid energiaallikaid ning keskkonnasõbralikke ja taastöötlemist võimaldavaid materjale. Puidu- ja metsatööstuse väärtusloome algab toorme jätkusuutlikust hankimisest. See tähendab, et metsad, kust puit saadakse, peavad olema heaperemehelikult hooldatud ning majandatud. Samuti peab toorme importimisel olema teada selle päritolu ning majandamisviis. Näiteks Soome Metsä Grupp istutab iga langetatud puu kohta neli uut puud. Puidu töötlemine kulutab oluliselt määral erinevaid ressursse nagu energia ja vesi. See tähendab, et tuleks kasutusele võtta või luua efektiivsemad meetodid ning optimeerida tootmisprotsessi ressursikulu vähendamiseks. Eesmärk on elimineerida jäätmete teke tootmisel ja tarneahelas. Väiksem ressursikulu tähendab ka väiksemat rahalist kulu.
2. **Jagamisplatvorm** (*Sharing Platform*) - selle ärimudeli eesmärk on ühendada toote või teenuse kasutajad omavahel ning soodustada toote jagatud kasutamist ning sellele ligipääsu. See tagab toote võimalikult pika kasutusaja.
3. **Toode teenusena** (*Product as a Service*) - tähendab, et ettevõtte ei tee toote kasutajatega ühekordseid müügitehinguid, vaid seob kasutajaga pikaajalised kliendisuhed müües toote kasutamiseõigust. See tähendab, et ettevõtte jääb toote eluea lõpuni selle omanikuks ning saab efektiivselt teostada toote, selle osade ning materjali ümbertöötlemist. Antud ärimudel eeldab ettevõttelt uute süsteemide ja protsesside sisseviimist. Toode teenusena pakkudes peab ettevõtte pakkuma kliendile hooldus- ning parandusteenust. See eeldab vastava võimekuse loomist: näiteks toodete ladustamisel tekib laoruumi vajadus, parandamisel vastava eksperdi olemasolu jne. Pikas perspektiivis tasuvad need investeeringud ennast ära, kuna kliendiga luuakse pikaajaline usalduslik suhe ning tagasikogutud toodetest saab nende töötlemisel ja taaskasutamisel luua uusi tuluvooge.
4. **Toote eluea pikendamine** (*Product Life Extension*) - see ärimudel käib käsikäs eelneva mudeliga, kus toodet pakutakse selle müümise asemel teenusena. Siin tuleb mängu tootedisain, mis peab tagama toote kestlikkuse ja pika eluea. Lisaks peab toode olema disainitud lihtsasti parandatavaks, vajadusel osadeks võetavaks ning uuesti kasutatavaks. Näiteks modulaarne disain võimaldab toote erinevaid osi hiljem asendada, parandada või eraldi kasutada. Multifunktsionaalne disain tagab toote või selle osade kasutatavuse erinevateks otstarveteks (sh toote eluea lõpus). Ettevõtte saab toote pikale elueale kaasa aidata pakkudes kliendile hooldus- ja parandusteenust ning koguda toote eluea lõpus tooted ümbertöötlemiseks tagasi.
5. **Ressursside taastamine ja ümbertöötlemine** (*Recovery and Recycling*) - ressurside taastamine materjalidest, jäätmetest ja kõrvalproduktidest. Puidutööstuses kasutatav vesi, kemikaalid ja teised ressursid peavad olema optimaalselt kasutatud. Lisaks sellele on neid võimalik lasta ühekordse kasutamise asemel mitu korda ringelda. Nt kasutuses olevat vett saab eri protsesside jaoks mitmekordselt ära kasutada. Soome Metsä Grupp on tänu sellisele meetodile suutnud heitvee mahtu 13% võrra vähendada.

## Lisa 3 Näiteid ringmajanduse põhimõtete järgi praktiseerivatest metsa- ja puidutööstuse ettevõtetest

---

**Toodete eluea tõstmine:** Esmalt aitab ringmajanduse edendamisele kaasa tootmisprotsessis toote potentsiaalse eluea tõstmine, mistõttu materjal püsib kasutuses kauem ega vaja vahepealset töötlust. Hea näide on puidu termotöötusega tegelev Thermoarena OÜ. Termotöödeldud puit on töötlemata puidust ilmastikukindlam, stabiilsem ja ka kenama väljanägemisega. Termotöötlemise käigus suureneb puidu bioloogiline vastupidavus, kuna puidus leiduvad toitained muutuvad puidukahjuritele ja hallitusseentele raskemini kättesaadavaks. Kogu toodanguprotsess on kemikaalidest vaba; termopuidu eluiga on pikem ja seega on keskkonnamõju väiksem, süsinik seotakse tootesse oluliselt pikemaks perioodiks, kui näiteks tavalise ehituspuidu puhul.

**Jäätmetekke vältimine:** tänu efektiivsele planeerimisele ja automatiseeritud tehnoloogiale on mehaaniline töötlemine Eestis väga kõrgel tasemel ning nt puitmajatööstuses kõrvalprodukte vaid ca 1-2 % töödeldavast materjalist. Puitpõrandate tootmises (nt Snakefloors) suudab automatiseeritud tehnoloogia põrandamaterjaliks väärindada isegi kõverad lauad. Solve et Coagula on sotsiaalne ettevõtte, mis tegeleb puidust tootmisjäätmete väärindamisega ringmajanduse põhimõtetele tuginedes, pakkudes seejuures tööd vähenenud töövõimega inimestele. Toodetakse suveniire, kingitusi, tarbeesemeid kui ka mitmesuguseid mööbliesemeid. Keerulisim on olnud sobivate toodete väljamõtlemine ja teenustele tellijate leidmine.

**Tööstussümbioos:** Kogu Eesti puidutööstus on heaks näiteks tööstussümbioosist - soojus, elekter, puit, midagi ei lähe kaduma. Ka tuhk läheb põllumajandusse väetiseks. Nt Estonian Cell, mille põhitoodang on haava puitmass, on tänu innovatiivsele anaeroobsele reoveekäitlusele ka Eesti suurim biogaasitootja. Samuti on Estonian Cell innovatiivne ja materjalile olulist lisandväärtust andev ettevõtte, sest suudab ka madalamakvaliteedilise haavapuidu töödelda kõrgekvaliteediliseks kemi-termo-mehaaniliseks haava puitmassiks. See on oluliseks toormeks paberi valmistamisel.

**Korduskasutus:** Puit on vastupidav ja mitmeotstarbeline materjal, mistõttu on selle korduskasutus võrdlemisi levinud. Nt on Bepco rahvusvaheline ettevõtte, mis tegeleb korduskasutatavate veopakendite arenduse, rendi, pesu ja jälgimissüsteemi haldamisega. Bepco, Jäätmekäitlus OÜ ja mitmed teised ettevõtted korduskasutavad ja parandavad puidust kaubaaluseid ja muid pakendeid.

**Ümbertöötlemine:** Werrowool toodab Eesti paberijäätmetest keskkonna- ja tervisesõbralikku ning innovaatilist soojustusmaterjali. Selleks kogutakse aktiivselt tööstuslikes kogustes vanu ajalehti, korraldades ka nt koolides vanapaberi kogumise kampaaniaid. Teist tüüpi soojustusvilla valmistatakse lainepapi baasil, mida jääb erinevate pakendite näol üle.



## Lisa 4 Metsa- ja puidutööstuse kommenteeritud ettepanekud

### 1. METSANDUS

Arenguvajadus	Lahendus	Soovitused
1-1-Passiivse majandamise tõttu on metsade ja neis sisalduva puidu kvaliteet kohati madal, mistõttu on puudus palgist, millest saaks nt maju ehitada. Samal ajal ei leia keskmise kvaliteediga puit alati väärilist kasutust.	Suurematel metsaomanikel on üldiselt amehis elukutselised metsamajandajad ja kasutusel raideid optimeeriv tehnika - nende metsades on olukord juba järjekindlalt paranemas. Väiksemate metsaomanike puhul tuleb aga rõhuda teavitustööle. Siin on põhiroll metsaühistutel, aga selleks peavad metsaomanikud ka ühistusse kuuluma. Oluline on ka istikute kättesaadavuse tagamine ja puidu kvaliteeti toetav sordiaretus.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Väikemetsaomanike laialdasem kaasamine metsaühistutesse ja selle kaudu nende metsamajandamisoskuste parandamine</li> <li>• Istikute kättesaadavuse ja kõrge kvaliteedi soodustamine (eeskujuks nt Valga Puu ja EMÜ koostöö)</li> </ul>
1-2-Raietega viiakse metsadest koos puiduga välja ka suur hulk toitained, mis on puude kasvaks olulised.	Mineraalsete väetiste kasutamine metsas on toorainemahukas ning puutuha metsa laotamine võib põhjustada probleeme põhjavee kvaliteedis. Ringmajanduse põhimõtete kohaselt võiksid aga metsa omad toitained siiski ökosüsteemi jääda ja seal puude juurdekasvu parandada. Samaselt Soomele (nt Rakeistus oy) võiks toota puutuhast metsade jaoks väetisgraanuleid.	Koostootmisjaamadest ja teistelt puitkütuste tarbijatelt kogutud puutuhast graanulite valmistamine ja kasutamine puude juurdekasvu parandamiseks.

### 2. EHITUS

2-1-Vaatomata suurele potentsiaalile ja Eesti ehitajate oskustele ehitatakse Eestis suuremaid puitmajaju üpris väikeses mahus. Hetkel ei suuda vabaturu-situatsioonil puithooned hinna poolest veel suure süsinikuheitega raudbetoonehitusega võistelda, samuti kurdetakse standardite puudumist valdkonnas.	Puithoonetes on süsinik pikaajaliselt seotud ja seega täidab puitehitus Eesti kliimaeesmärke, väärindades samal ajal raiutavat puitu, mistõttu on selle soodustamine raudbetoonehituse kõrval õigustatud.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Võtta Põhjamaadest üle standardid ja kõrvaldada seadusandlikud tõkked puidu laialdasema kasutamise teel ehituses;</li> <li>- Kasutada keskkonnanahoidlike riigihankeid puitkonstruktsioonidel põhinevate ehitiste suuremas mahus rajamiseks.</li> </ul>
2-2-Puidukasutus ehitusplatsidel on võrreldes tehaseajadega üpris ebaefektiivne.	Nii palju kui võimalik tuleks puitmajade detailid tehastes valmis teha ja ehitusplatsil ainult kokku panna. See soodustab nii materjali efektiivset kasutamist kui ka detailide kvaliteeti. Puidu laialdasema kasutusega muutub ilmselt tehastes detailide eelvalmistamine ka majanduslikult tasuvamaks.	Luu standardid puitehitistele ja seal kasutatavatele detailidele.
2-3-Hoonete lammutamisel kogutud puitmaterjali ei kasutata pahatihti enam ehituses, ehkki materjali kvaliteet oleks piisav.	Oluline on rõhuda kasutusest välja langenud materjalide liigiti kogumisele ja edasisele maksimaalse väärtusastmega kasutamisele.	Teise ringi puidu käitlemisjaamade rajamine suuremate linnade lähedusse (Viimsi Puidukäitlus OÜ näitel) Kaaluda (ühiskondlike) hoonete ehitamisel rakendada

		taaskasutatava materjali kvoote (Hollandi ja Taani eeskujul)
<b>3. TÖÖSTUS</b>		
<p>3-1-Eestis pole hetkel tehnoloogiat, mis suudaks puidutööstuse jääke ning paberipuitu piisavalt vääridada. Seetõttu läheb energiakasutuseks puitu, millele saaks anda hoopis kõrgemat lisandväärtust. Samal põhjusel on Eesti sõltuv ka puidu ekspordist, mille mahud on aga ebastabiilsed.</p>	<p>Keskmise ja madalama kvaliteediga puidu kõrgema vääridamise eelduseks on vastava tööstuse olemasolu. Positiivseks algatuseks on Graanul Biotechi ligniini ja puidusuhkrute katsetehase loomine, millel on potentsiaali areneda arvestatavaks tööstusharuks. Potentsiaalikas oleks aga ka tselluloosipõhine puitmassi vääridamine.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ettevõtjate nõustamine Eli rohepöörde ja innovatsiooni vahendite kaasamiseks</li> <li>• Tööstusinvesteeringute seadusandlik ja sisuline toetamine; nt ka riigi poolt pikaajalised puiduga varustamise koostöö- lepingud läbi RMK. Seda siiski vaid kindlatel strateegilistel eesmärkidel piiratud ajaks ja mahus.*</li> <li>• Meetmete säilitamine ja laiendamine ettevõtete ja ülikoolide TA koostöök.</li> </ul>
<p>3-2-Ida-Virumaa keemiaettevõtted kasutavad toormena suures osas fossiilset põlevkivi, mille kasutamine pole pikas perspektiivis jätkusuutlik. Samal ajal on seal kvalifitseeritud töäjõud, keda tööstusharu hääbudes ähvardab töötuks jäämine.</p>	<p>Puidu baasil keemiatoodete valmistamine ei erine oluliselt nende põlevkivi baasil tootmisest. Lisaks tegeleb Eesti ülikoolides mitu laborit puidupõhise sünteetilise keemiaga, mis võiksid koostöös kohaliku kvalifitseeritud töäjõuga toetada Ida-Virumaa keemiatööstustes üleminekut põlevkivilt puidupõhisele tootmisele.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riigipoolse initsiatiivina teadlaste ja tööstusettevõtete kokku viimine (strateegiline suhtekorraldus)</li> <li>• Regulatsioonide ja finantsmehhanismidega põlevkivilt puidukeemiale ülemineku soodustamine.</li> </ul>
<b>4. KÕRGHARIDUS JA INNOVATSIOON</b>		
<p>4-1-Vaatamata eeldustele ei jõua tihti ülikoolide ja ettevõtete koostöö reaalse innovatsioonini, sest räägitakse "eri keeli" ja laboris lihtsana näivate lahendustega seotud probleemidest ilmneb 95% tehases rakendamisel. Kui hetkel jääb u 20% lõpetanud doktorantidest ettevõtete juurde, siis tegelikult võiks sinna jääda u 80%.</p>	<p>Tööstusinnovatsioon saab tekkida vaid siis, kui ettevõtted ja teadlased suhtlevad ning teadlane laboritulemusi tehases koha peal rakendab. Seetõttu on ettevõtete ja teadlaste mistahes kontaktid vajalikud ja väärtuslikud (magistrandid ettevõttes, ettevõtjad magistrantuuris, tööstusdoktorandid, ettevõtjad õppejõududena, ülikoolide ja ettevõtte arendusüksuste koostöö).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tööstusele potentsiaalivate ülikooliõppekavade suuremas mahus sidumine praktilise tegevusega ettevõtetes, võimaldades orientatsiooni ettevõtlusele akadeemilise teaduse asemel.</li> <li>• Tööstusdoktorantuuri meetme laialdasem rakendamine ja sellesuunaline teavitustöö vastavate erialade magistrantide hulgas.</li> <li>• Nii teadlastel (tenuurisüsteemis) kui tudengitel rakendustegevuse arvestamine puhtalt akadeemilise tegevuse alternatiivina.</li> <li>• Tööstuspraktikute kaasamine ülikoolide õppetöösse</li> </ul>
<p>4-2-Innovatsiooni nime all kopeeritakse teiste riikide olemasolevaid tehnoloogiasid, mis sisulist lisandväärtust ei loo. Samal ajal teevad Eesti ülikoolid ja neist võrsuvad idufirmad arendustööd, mida võiks laiemalt puidu vääridamiseks kasutada.</p>	<p>Uued radikaalsed tehnoloogiad sünnivad just ülikoolidest võrsunud idufirmade keskkonnas ja vaimuses. Sellise suundumuse arendamine esimesest kursusest peale võib anda väga viljakaid tagajärgi. Luues vastavad riskikapitali instrumendid, on võimalik jõuda ideedest tööstusskaalale. Nt Taani Bioinnovatsiooni instituut on seda</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toetada ülikoolide juures alustavaid innovaatilisi idufirmasid riigi riskikapitaliga.</li> <li>• Luua ülikoolide juurde Tallinnasse ja Tartusse puidutehnoloogia kompetentsikeskused, mis toimiksid ülikoolides toimuva teadustegevuse ja ettevõtete innovatsiooni vahelülina.</li> </ul>



mudelit edukalt kasutanud. See on hea võimalus kasutada sünteetilise bioloogia kompetentsi. Hea idee ja kõrge kompetentsiga noor ettevõtte kohaliku toormega (puidu fraktsioneerimise tehases) loob teadmispõhist majandust ja paistab ka investoritele usaldusväärseks.



**technopolis**  
group 

[www.technopolis-group.com](http://www.technopolis-group.com)