

Milline on Eesti biomajandus aastal 2050?



MAREK TIITS

Balti Uuringute Instituudi
juhatuse esimees, Tallinna
Tehnikaülikooli vanemteadur



ERKKI KARO

Tallinna Tehnikaülikooli
kaasprofessor temuuris

Eestil tuleb valmistuda biotehnoloogiate laialdaseks kasutuselevõtuks, sest bioteadustel ja -tehnoloogiatel on eeldusi kujundada 2040-2050. aastatel maailma majandusarengut.

Euroopa Liidu rohelepe ja laiemalt rohepööre on viimaste aastakümnete üks ambitsioonikamaid poliitilisi ettevõtmisi, mis toob kaasa praeguse majandusmodeli ümbermõtlemise nii sisus kui vormis. Rohe-eesmärkide saavutamise üks eeldus on üleminek seniselt lineaarselt majandusmodelist ringbiomajandusele. See tähendab, et võimalikult palju fossiilset tooret tuleb asendada biotoormega ning seda biotooret tuleb kasutada ja vääridada võimalikult kestlikult. Sellise muutuse

juhtimine eeldab pikaajalise, aastakümneid haarava visiooni seadmist, hoidmist ja elluviimist.

Strateegilist planeerimist ja avaliku poliitika kujundamist kirjeldavad praegusaja maailmas kaks vastandlikku suundumust. Ühelt poolt on äristrateegiategiate ja avaliku poliitika kujundamine muutunud viimastel kümnenditel järjest teadmispõhisemaks, kasvanud on uute andmeallikate tähtsus jne. Teiselt poolt on maailm kogenud viimastel aastatel erakordseid sündmusi. Ajaliselt kokku langenud majandustsükli lõpp ja Covid-19 pandeemiaga kaasnev üleilmne rahvatervisekriis, millele on lisandunud varasemast suurem poliitiline määramatus, on muutnud tulevikusuundade ettenägemise erakordselt keerukaks.

Deutsche Bank on kirjeldanud tänapäeva maailma kui segaduse ajastut, mida iseloomustavad terav vastandumine ning paljude varem laialdaselt aktsepteeritud arusaamade ja kokkulepete küsimärgi alla seadmine. Sellises maailmas võib seniste arengutrendide automaatne pikendamine järgmistele aastakümnetele osutada suureks veaks (Reid *et al.* 2020). Ka Ameerika Ühendriikide Riiklik Julgeolekunõukogu on oma analüüsidest rõhutanud, et maailma iseloomustab kasvavalt nn progressiparadoks (National Intelligence Council 2017). See tähendab,

et arengusuunad, mis on olnud meie edu alus, on nüüd muutunud tuleviku säilenõtkuse vaatepunktist arengu võimalikeks takistusteks, ehk praegusaja maailmas ei tasu mitte midagi pidada enesestmõistetavaks. Sarnase arusaamani on jõutud inimkonna kestlikule arengule pühendunud teadusuuringute valdkonnas (Clark, Harley 2020).

Tulevikku vaadates suudame prognoosida, et aastaks 2050 kasvab maailma rahvastik ligikaudu 10 miljardi inimeseni ja näiteks Euroopas on ees rahvastiku vananemine. Siiski ei tea me lõpuni, kuidas mõjutab rahvaarvu kasv koosmõjus tehnoloogilise arenguga, muutuvate elustiilide ja eelistustega näiteks nõudlust erinevat tüüpi toidu (liha vs. taimne toit, mullapõhine vs. mullavaba toit) ning toodete (rõivastest ravimite ja eluasemeni) järele. Samuti ei ole ennustatav, milliseks kujunevad rahvusvahelised rände- ja kaubavood. Me küll näeme, et Lääne poliitiline eliit püüab hoida üleval kõrgelennulisi Pariisi kliimaeesmärke, aga me ei tea lõpuni, kui hästi suudetakse neid rahvusvahelisi kokkuleppeid Aasia (ennekõike Hiina ja India) mõjuvõimu kasvades koos hoida ning riikide poliitikates ellu viia.

Suure määramatuse ajajärkudel, kui paljud olulised tegurid on kiires muutumises, osutuvad pikemaajalised üksikasjalikud prognoosid üldjuhul väga ebatäpseks. Nüüdisaegsed arenguseire (*foresight*) meetodid ei püüa seetõttu järgnevate aastakümnete arengut võimalikult täpselt ennustada. Sellest tähtsamaks peetakse erinevate tulevikustsenaariumite kvalitaativset analüüsi, sest see aitab poliitikakujundajatel, ettevõtjatel jt mõelda võimalikke tulevikusündmusi aegsasti läbi ning selle alusel kaaluda ka oma pikemaajalisi strateegilisi eesmärke ja tegevusplaane (vt nt Kitsing 2021, Georghiou *et al.* 2008).

Eesti biomajanduse pikaajaliste arenguvõimaluste stsenaariumianalüüsis vaatleme maailma biomajanduse nelja arengusuunda. Neil on väga erinev dünaamika, ent nad kõik on – olenevalt

ühiskonna, keskkonna ja kliima, majanduse ja energeetika ning poliitilise arengust maailmas – ühtviisi võimalikud.

Lähtume arusaamast, et pikemaajalist arengut mõjutavad peamised teadus- ja tehnoloogiatrendid sünnivad pigem tehnoloogiliselt arenenud suurriikides ning üleilmsetes innovatsioonivõrgustikes (vt nt Binz, Truffer 2017). Väikeriigi majanduse väljavaated sõltuvad seejuures ennekõike võimest konkureerida eksporditurgudel ja pidada sammu tehnoloogia eesliinil olevate riikidega. Turunõudluse kujundamisel mängivad omakorda kaalukat rolli laiemad ühiskondlikud, keskkonna ja kliimaga ning muude aspektidega seotud arengusuunad.

Analüüsime, milliseid võimalusi pakub Eesti biomajanduse arendamiseks avatum ning milliseid enesekesksem, piirkondlikuks muutunud majanduskeskkond. Juba praegu nähtavate biotehnoloogiarakenduste otsene majandusmõju võib McKinsey hinnangul ulatuda lähema 10–20 aasta jooksul 2–4 triljoni euronit aastas, mis on u 5 protsenti maailma SKPst (Chui *et al.* 2020). Arutleme sellega arvestades, kuidas võtta vastu biotehnoloogia revolutsioonilise arenguga seotud täiesti uusi tehnoloogilisi ja sotsiaal-majanduslikke võimalusi ning mida teha siis, kui bioteaduste ja tehnoloogiaga seotud uudsed võimalused ühel või teisel põhjusel ei realiseeru.

EESTI BIOMAJANDUSE STRUKTUUR JA KONKURENTSIVÕIME

Kõik majandustegevused ei ole lisandväärtuse loomise potentsiaalilt ega keskkonnamõjult kaugeltki ühesugused. Eesti biomajanduse stsenaariumianalüüsi keskne küsimus on seetõttu, millistele tegevusaladele oleks Eestil otstarbekam spetsialiseeruda selleks, et suurendada 2030.–2050. aastaks biomajanduse lisandväärtust. Seda otsekohest majandusarengu strateegia küsimust saadavad aga loodushoiu ja tasakaalustatud regionaalarengu laiemad kaalutlused, mis on Euroopa Liidu roheleppe raames

praeguseks põimunud kestliku konkurentsivõime, elurikkuse ning teistes esmapilgul vastandlikke väärtusi kandvates terminites ja prioriteetides.

Euroopa biomajanduse tegevuskavas on hinnatud Euroopa Liidu biomajanduse käibeks u kaks triljonit eurot aastas ja lisandväärtuseks u 621 miljardit eurot (European Commission 2018). Hilisemad analüüsid on pakkunud tertsiaarsektorit arvesse võttes Euroopa biomajanduse lisandväärtuse mahuks koguni 1,4 triljonit eurot (Kuosmanen *et al.* 2020). Biomajanduse lisandväärtusest luuakse ligikaudu kaks kolmandikku töötlevas tööstuses. Euroopa Liidu põllumajanduse lisandväärtus ulatus 2018. aastal 182 miljardi euronit ja metsanduse lisandväärtus 27 miljardi euronit.

ADDDVAL-BIOECI uuringus kasutatud biomajanduse klassifikatsiooni alusel oli Eesti biomajanduse ettevõtete müügitulu 2017. aastal u 5 miljardit eurot (10% Eesti ettevõtete müügitulust) ja eksport 2,1 miljardit eurot (17% Eesti ettevõtete ekspordist). Eesti biomajanduse lisandväärtus ulatus 2017. aastal ühe miljardi euronit, mis on 11 protsenti Eesti ettevõtetest loodud lisandväärtusest. Eesti biomajanduse ettevõtetest töötas 2017. aastal 46 000 inimest ehk 12 protsenti hõivatutest. (Varblane 2021)

Metsa ja puidu ning põllumajanduse ja toiduainete väärtusahelates tegutsevad ettevõtted panustavad Eesti biomajanduse lisandväärtusesse suhteliselt võrdselt. Neis kahes peamises väärtusahelas sünnib kokku ligikaudu 90 protsenti Eesti biomajanduse lisandväärtusest:

- ▶ metsamajanduse ning puidu- ja paberitööstuse ettevõtete müügitulu moodustab umbes 50% biomajanduse ettevõtete müügitulust ning eksport umbes 60% biomajanduse ekspordist;
- ▶ põllumajandus ning toiduainete ja jookide tootmine moodustavad umbes 40% biomajanduse ettevõtete müügitulust ning umbes 25% biomajanduse ekspordist.

Klassikaline majandusmõte on

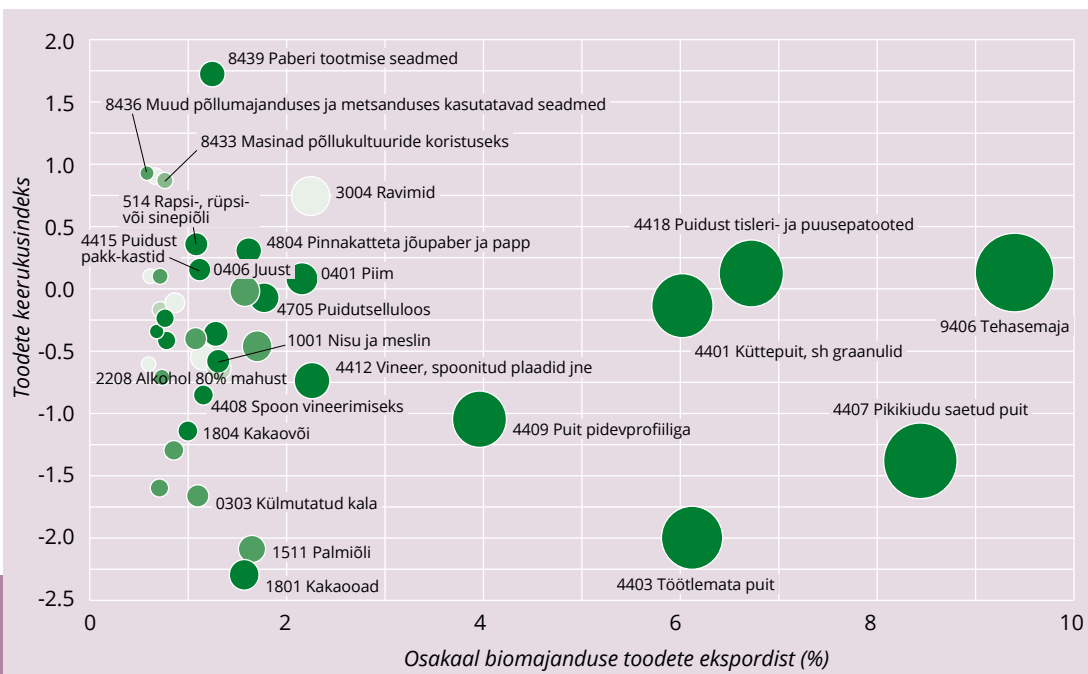
lähitud alates Adam Smithi (1776) teosest „Rahvaste rikkus“ arusaamast, et kasvav kaubavahetus loob võimaluse järjest süvendatumalt spetsialiseeruda, mis omakorda toetab majanduse tootlikkuse kasvu. Tänapäevases rahvusvahelise kaubavahetuse analüüsis ilmneb aga, et kõik majandustegevused ei ole oma panuselt majanduse konkurentsivõimesse ja elatusaseme kasvu ühesugused. Vaesed riigid spetsialiseeruvad lihttööjõu ja maakasutusintensiivsete kaupade pakumisele, ent rikkamad riigid kaupadele, mille pakumiseks on vaja arenenud taristut, institutsioone, kvalifitseeritud tööjõudu ja kapitali (Hidalgo *et al.* 2007).

Eesti puidu ja puittoodete toomise

Eesti biomajanduse väiksem konkurentsivõime on suuresti seletatav meie eksporttoodete vähesema keerukusega võrreldes Põhjamaadega.

ning toiduainete ja jookide tootmise tööjõu tootlikkus on küll võrreldav Läti või Leeduga, kuid jääb Soome, Rootsi, Hollandi jt arenenud tööstusriikide vastavast näitajast kaks-kolm korda maha. Eesti biomajanduse märksa väiksem konkurentsivõime on suures osas seletatav Eesti eksporttoodete vähesema keerukusega võrreldes Põhjamaadega.

Eesti biomajanduse suurima netoeksporti mahuga tooterühmad on tehase-majad (KN kaubagrupp 9406), puidust tiseri- ja puusepatooted (4418), küttepuit (sh graanulid, 4401), pidevprofiliiga puit (4409), nisu ja meslin (1001), mööbel ja



JOONIS 1. Eesti biomajanduse olulisimate eksportkaupade keerukus

Märkus. Mida tugevam roheline toon, seda konkurentsivõimelisem on Eesti eksport (revealed comparative advantage, RCA) selles kaubarühmas.

Allikas: Harvard University, 2020; autorid.

mööbliosad (9403). Suurema netoekspordi mahuga toiduainetest saab veel esile tuua juustu ja kohupiima (0406) ning kontsentreerimata piima ja rõõsa koore (0401). Seejuures on tehasemajad ja puidust tiseritooted, aga ka mööblikomponendid Eesti biomajanduse ekspordis olulised keskmise keerukusega tooted, mille puhul tasub otsida maailmas turuosa hoidmise ja suurendamise võimalusi (joonis 1).

Töötlemata puidu (4403), saematerjali (4407) jm vähekeerukate toodete ekspord on seevastu Eesti majanduse ressursiefektiivsuse vaatest pigem raiskav. Toodete puhul, mille keerukusindeks on alla nulli, on põhiküsimus, kas neis tooterühmades on näha ette märkimisväärseid teaduslikke, tehnoloogilisi vm läbimurdeid või uudsete turuniššide teket, mis võimaldaksid Eesti toodetel saavutada ainulaadse kvalitatiivse eelise. Juhul kui selliste uute

tehnoloogiate või turuniššide leidmine ei ole tõenäoline, tuleks otsida võimalusi väärindada bioressurssi muudel viisidel. Samal ajal tasub otsida ühtlasi võimalusi sisenemiseks täiesti uutesse, suure tehnoloogiamahukuse ja lisandväärtusega tooterühmadesse, nagu seda on näiteks (bio)farmaatsiatooted ja puidu keemiline või biotehnoloogiline väärindamine.

Kokkuvõttes on vaja selleks, et teha Eesti biomajanduse praeguse struktuuri alusel uusi arenguhüppeid, ühelt poolt suurendada Eesti biomajanduse tehnoloogilist ja innovatsioonivõimekust ning teiselt poolt olla piisavalt säilenõtk, et kohaneda laiemate arengusuundadega rahvusvahelistes majandussuhetes. Järgnevas stsenaariumianalüüsis käsitleme Eesti võimalusi ja väljakutseid eeldatava biomajanduse üleilmse arengu raames.

KIIRESTI MUUTUV MAAILM Rahvastik ja ühiskond

Maailma elanike arv kasvab 2050. aastaks ligikaudu 10 miljardi inimeseni, kusjuures pool maailma rahvastiku kasvust tuleb Aafrikast ja kolmandik Aasiast. Euroopa ja Ameerika rahvastik vananeb aga tööealiste arvu vähenemise tõttu kiiresti. 2050. aastaks on Eestis kõigest pool miljonit 24–64 aastast, mis teeb alla kahe tööealise iga vanemaelise kohta. (World Population Prospects 2019) Seniste rahvastikutrendide jätkumisel püsiks Harjumaa ja Tartumaa elanike arv ligikaudu praegusel tasemel; ülejäänud maakondade rahvaarv väheneks aga juba 2040. aastaks 20–25 protsendi võrra.

Maailma rahvaarvu suurenemise ja jätkuva linnastumisega kasvab toiduainete vajadus erinevatel hinnangutel 50% kuni 200% (Euroopa Parlament 2019, OECD 2020, Tyczevska 2018). Põllumajandusmaa pindala ei saa aga suureneeda, kuna maailm vajab CO₂ sidumise ja kliima stabiilsuse huvides metsi. Maailma toiduainetega varustamine sõltub seega ennekõike põllumajanduse tootlikkuse kasvust ja toiduainete raiskamise vähendamisest läbivalt kogu tarneahelas *talust taldrükule*.

Aasia kasvav linnastumine ja Euroopa rahvastiku vananemine toovad maa- ja merepiirkondades kaasa töökäte puuduse, millele lahenduseks võivad sõltuvat ühiskondlikest hoiakutest kujuneda soosivam suhtumine migratsiooni või investeeringud tehnoloogilisse arengusse, sh tehisintellekti ja robotikasse. Samas pole ka selge, kuidas mõjutab elanikkonna vananemine (nt Euroopas ja Eestis) ja sellega potentsiaalselt kaasnev kasvav ühiskonna multikultuuris inimete eelistusi toidu, transpordi, energeetika jms osas.

Keskond ja kliima

Selleks, et piirata kliima soojenemist 1,5–2 kraadini, vajab maailm juba 2030. aastaks radikaalset kasvuhoonegaaside (neto)emissiooni vähenemist. Euroopa Liit on võtnud eesmärgiks muutuda 2050.

aastaks kliimaneutraalseks (Euroopa Komisjon 2019). Sarnaselt on ka Hiina seadnud sihiks muutuda 2060. aastaks süsinikuneutraalseks (EEAS 2020). Ka USA on uuesti Pariisi kliimaleppega liitunud. Kliimaeesmärkide saavutamiseks on aga vaja laiema ringi suure elanike arvuga riikide ja fossiilkütuste tootjate riikide koostööd, sh Indoneesia, Nigeeria, Lähis-Ida naftatootjad jne. Samavõrra olulised on ka muutused väljaspool energeetika-sektorit, nt tsemendi ja terase kasutamise vähendamine ja asendamine.

Kliimaeesmärkidest mitte vähem tähtsaks keskkonnaalaseks väljakutseks on bioloogilise mitmekesisuse ja elurikkuse säilitamine maailmas. Selgroogsete eri liikide populatsioon on maailmas viimase 40 aastaga vähenenud 68 protsenti; seda ennekõike maakasutuse muutuste (50%) ja üle ekspuuteerimise (24%), võõrliikide ja haiguste (13%) tõttu. Troopiliste metsade pindala kiire vähenemine on olnud viimase sajandi jooksul maailma maakasutuse muustrite muutuse selgelt olulisim element. Umbes 60 protsenti varem troopiliste metsadega kaetud maast kasutatakse loomaliha, soja ja palmiõli tootmiseks (Ritchie, Roser 2021).

Selles kontekstis nähakse põllu- ja metsamaa kõrval ühe olulise seni eriti Euroopas piisavalt kasutatud leidmata biomassi allikana ookeanide, merede, ranniku- ja siseveekogude süsteemi, mis katab umbes 75 protsenti Maa pinnast. Näiteks Euroopa Horisondi ookeanide missiooniga (Mission Starfish 2030) seatakse eesmärgiks madala toitelisuse astmega vesiviljelustoodete (nt vetikad, karbid, muud selgrootud) tarbimise kasvu Euroopa vetest ja meredest 70% aastaks 2030, mis omakorda tooks kaasa süsinikdioksiidi heite olulise vähendamise (European Commission 2020).

Praegu pole kaugeltki selge, kui kiirelt suudab maailma kliimamuutusi pidurdada ja milliseks kujuneb kliimamuutuste mõju erinevatele geograafilistele piirkondadele. Näiteks Eestis pikendab temperatuuri

tõus vegetatsiooniperioodi, kuid see ei pruugi tingimata mõjuda hästi biomassi kvaliteedile ja töötlemisele. Näiteks on metsa väljavedu soojemate ilmade ja pehmema pinnase korral raskendatud. Mis aga juhtub kliima soojenemisega seoses põllumuldade kvaliteedi ja toitainetega mullas? Kas looduskeskkonnas või ökosüsteemi toimimises tekib suuremaid ootamatuid muutusi, nt katastroofid, parasiitsete kahjurite või võõrliikide levik vms, mis muudavad oluliselt meie elamise ja majandamise tingimusi?

Majandus ja energiavarustus

Hiina majandus on ostujõu pariteeti arvestades juba praegu USA majandusest suurem ja möödub seniste majanduse kasutempode jätkumise korral ka 2030. aastaks SKP nominaalmahult USAst. India möödub 2050. aastaks samuti SKP mahult USAst. Sisemiselt väga eriilmeline Aasia muutub seega sajandi keskpaigaks ülekaalukalt maailma võimsaimaks majanduspiirkonnaks, kus on nii teadmiste- ja tehnoloogiamahukaid kui ka suhteliselt tööjõu- ja ressursimahukamatele tegevustele spetsialiseeruvaid piirkondi.

USA energiainfo administratsiooni prognoosi kohaselt kasvab 2050. aastaks maailma energiatarbimine ligi 50 protsenti, McKinsey 2020 hinnangul võib see aga koguni kahekordistuda (Kahan 2019). Maailma senine CO₂ emissiooni kasv on olnud ennekõike seotud energiasektoriga, kuid energiasektoril on potentsiaal saada taastuvate energiaallikate kasutuselevõtu toel kiiresti süsinikuneutraalseks (D'Aprile 2020). Päikese- ja tuuleenergia pakkumine maailmas ületab juba 2024. aastaks söe või gaasi pakkumise. Päikeseenergia on seejuures muutumas kiire tehnoloogilise arengu tulemusena maailma ajaloo kõige odavamaks energialiigiks.

Biomass on seevastu maailma kasvava energiavajaduse katmiseks üsna ebaefektiivne allikas. Kogu maailma 2010. aasta biomassi toodanguga (puit, taimed, loomad jne) saaks 2050. aastal katta

ainult 20 protsenti globaalsest primaarenergia vajadusest. Biomassi on seetõttu otstarbekas kasutada energia tootmiseks vaid kaskaadkasutuse loogikas ja sellistel puhkudel, kus pole võimalik muid energiaallikaid kasutada või toorme madal kvaliteet ei võimalda sellest kestlikumaid tooteid valmistada.

Eesti puiduressurss väheneb raieküpuse dünaamikatest tulenevalt praegusega võrreldes 2050. aastaks märkimisväärselt. Taimse biomassi, liha- ja piimatoodangul on samas potentsiaali kasvada. (Kers *et al.* 2020) Kuna veiseliha tootmine eeldab muude toiduainetega võrreldes oluliselt rohkem rohumaad ja toodab rohkem kasvuhoonegaase, siis poleks üllatav, kui rangemate kliima- ja keskkonnanõuete korral hoopis veiseliha tootmine ja tarbimine oluliselt väheneks ning taimsest toormest toiduaineid tarbitaks rohkem. Vähesem loomaliha tootmine vabastaks omakorda rohumaad muudeks otstarveteks.

Praegu pole kaugeltki selge, milliseks kujuneb globaalne majandusarengu dünaamika süveneva ökoloogilise kriisi ja arenenud riikide niigi väga kõrge võlakooormuse tingimustes. Mil määral suudab Euroopa Liit oma tehnoloogia-, kliima-, majandus- ja regionaalarengu poliitikaid piisavalt harmoniseerida, vähendades seni piirkonniti väga ebaühtlast arengut? Kuidas integreerida Eesti ja Euroopa energiasüsteemid ja kuidas neid juhtida, kui tuule- ja päikeseenergiat toodetakse hajutatult ning elektrienergia osatähtsus energiatarbimises suureneb?

Teadus ja tehnoloogia

IT kiiret arengut on juba 1960. aastatest kirjeldatud Moore'i seadusega, mille kohaselt kahekordistub mikrokiibis sisalduvate transistorite arv iga kahe aastaga, samas kui arvuti hind langeb kaks korda. Inimgenoomi sekveneerimise maksumuse näitel on aga biotehnoloogia areng olnud viimasel paarikümnel aastal veelgi kiirem. Info- ja biotehnoloogia

arengut iseloomustab seejuures vastastikune sümbioos (Callaway 2020; Tiits *et al.* 2005).

Üks biotehnoloogias viimastel aastatel sündinud olulisemaid läbimurdeid on CRISPR-Cas9 tehnoloogia, Emmanuelle Charpentier ja Jennifer Doudna pälvivid 2020. aastal Nobeli preemia keemia valdkonnas. CRISPR-Cas9 võimaldab suhteliselt lihtsasti muuta DNA järjestusi ja geenifunktsioone. Tulevasi biotehnoloogia edasiarendusi, mis avavad järgnevate kümnendite perspektiivis võimaluse elusorganismide „programmeerimiseks“, võib nende potentsiaalse majandusliku ja ühiskondliku mõju poolest paljuski võrrelda 1970. aastate alguses loodud esimeste Inteli mikroprotsessoritega, mis panid aluse tänapäevasele personaalarvutite ajastule.

Kiiresti arenevatel biotehnoloogia alastel võimekustel on märkimisväärne potentsiaal nii majandust kui ka ühiskonda laiemalt oluliselt muuta (Chui *et al.* 2020):

- ▶ tehnoloogiliselt oleks 60% maailma tootmissisenditest vaja toota biomassist, saades seejuures varasemast paremate omadustega ja keskkonnasõbralikumaid materjale;
- ▶ tehnoloogilised läbimurded muudavad seejuures erinevate biopõhiste toodete väljatöötamise senisest oluliselt kiiremaks ja täpsemaks, võimaldades muuhulgas arendada varasemast täpsemat personaalset meditsiini, kasutada taimede ja pinnase kohta kogutavat uut infot põllumajanduse tootlikkuse tõstmiseks või arendada geneetilistel testidel põhinevaid personaliseeritud toitumiskavasid vmt;
- ▶ kasvab võimekus inim- jm organismide modifitseerimiseks ja ümber programmeerimiseks – näiteks, et luua geneetiliselt modifitseeritud suurema saagikusega või ilmastikukindlamaid taimi, tõkestada vektorite kaudu levivate haiguste levikut vmt;
- ▶ samuti kasvab võimekus luua

bioloogiliste organismide ja arvutite vahele uusi liideseid – näiteks, et taastada kadunud nägemistaju vmt.

Juba nähtavate biotehnoloogia rakenduste otsene majanduslik mõju võib McKinsey hinnangul juba lähema 10–20 aasta perspektiivis ulatuda kahe kuni nelja triljoni euroni aastas (kuni 5% maailma SKPst). Teisisõnu, biotehnoloogial on potentsiaal muutuda üheks maailma majanduskasvu peamiseks mootoriks nii nagu info- ja kommunikatsioonitehnoloogia areng viimastel aastakümnetel.

Biorevolutsiooniga kaasnevad mitmed tehnoloogilised, majanduslikud, tervise- ja keskkonnariskid. Veel pole selge, milliste täiendavate rahvusvaheliste regulatsioonide vajaduse toovad kaasa uute biotehnoloogiarikaste toodete laialdase kasutuselevõtuga seotud riskid, kui soosivad on poliitikakujundajad biotehnoloogia laialdase arendamise ja kasutuselevõtu suhtes. Näiteks kas ja millises ajaraamis otsustab Euroopa Liit võtta geneetiliselt modifitseeritud organismide ja CRISPR-Cas9 tehnoloogia toiduainetel kasutamise suhtes soosivama seisukoha (Vt Ledford 2019).

Poliitika ja geopoliitiline tasakaal

Viimaste aastakümnete rahvusvahelist poliitikat on ennekõike iseloomustanud püüd järjest suuremale avatusele ja majandusvabadusele. Seda on saatnud Aasia majandusliku võimsuse kasv ning suurenev poliitiline rivaliteet USA ja Euroopaga. Revanšistlik Venemaa püüab majanduslike suurjõudude vahelist rivaliteeti ära kasutades suurendada oma mõjuvõimu. Globaalse majanduse haavatavust kogunud USA, Euroopa ja Hiina on püüdnud nii olulisemate majandussisendite kui ka tootmisvõimsuste tagamisel suurema strateegilise autonoomia poole.

Oleme sisenemas uude multipolaarsesse maailma, mille majanduselu ja ökoloogiliste probleemide lahendamise korda ning rahvusvahelisi suhteid iseloomustavaid reegleid on veel keeruline detailides ette

kujutada. Juhul kui USA, Hiina, Euroopa või ka globaalsetest kliimaeesmärkidest tugevasti mõjutatud fossiilseid kütuseid eksportivad riigid peaksid majandusliku ja geopoliitilise tasakaalu muutumisega seoses asuma ühepoolset kaubavahetusele ja/või kapitali liikumisele piiranguid seadma, on küllalt tõenäoline, et kogu rahvusvaheline kaubavahetuse režiim muutub oluliselt. Suuremate regionaalsete kaubandusblokkide sees, sh Euroopas ja Aasias, võib säilida suhteliselt vaba

Biotehnoloogia- lahendused ja neid toetav taristu saavad energia- ja toidusüsteemi muutuste aluseks.

ärikeskkond, kuid kaubandusblokkide vahelistes majandussuhetes ei saa välistada piirangute ja poliitiliste riskide kasvu. Eeltoodu võib omakorda kaasa tuua vajaduse uuteks kokkulepeteks nii rahvusvahelises majandus- ja kliimakoostöös kui ka julgeolekuarhitektuuris.

Lähiaastatel on kindlasti väga oluline jälgida, milliseks kujuneb rohepöörde ja taastuvate energiaallikate kasutuselevõtu mõju riikide geopoliitilisele kaalukusele. Mil määral kandub USA ja Hiina majanduslik ja geopoliitiline vastasseis üle Euroopa Liidu ja Hiina majandussuhetesse? Milliseks kujunevad omavahelised suhted Euroopa, Hiina ja Venemaa kolmikus? Milliseks kujuneb multilateraalsete koostööorganisatsioonide kaal ja roll maailmas?

**BIOMAJANDUSE ARENGU-
STSENAARIUMID 2050. AASTANI
Stsenaariumianalüüsi raamistik**
Nii kliima, keskkonna kui ka majanduse tulevikuväljavaated sõltuvad suurel määral

riikide ja ettevõtete rühmade, aga ka põlvkondade omavahelisest koostöövalmidusest ja suutlikkusest kehtestada kõiki-dele osalistele kasulikke reegleid. Siinse stsenaariumianalüüsi üheks põhiteljeks on seetõttu valitud biomajanduse üleilmse avatuse – piirkondliku kogukonnastumise mõõde. Sellel teljel on üleilmse avatud koostöö alternatiiviks maailmajagudevaheline ja -sisene kasvav rivaliteet, mis toob kaasa kogukondlike vajaduste esiplaanile seadmise nii maailmajagude, Euroopa siseturu kui ka riikide tasemel.

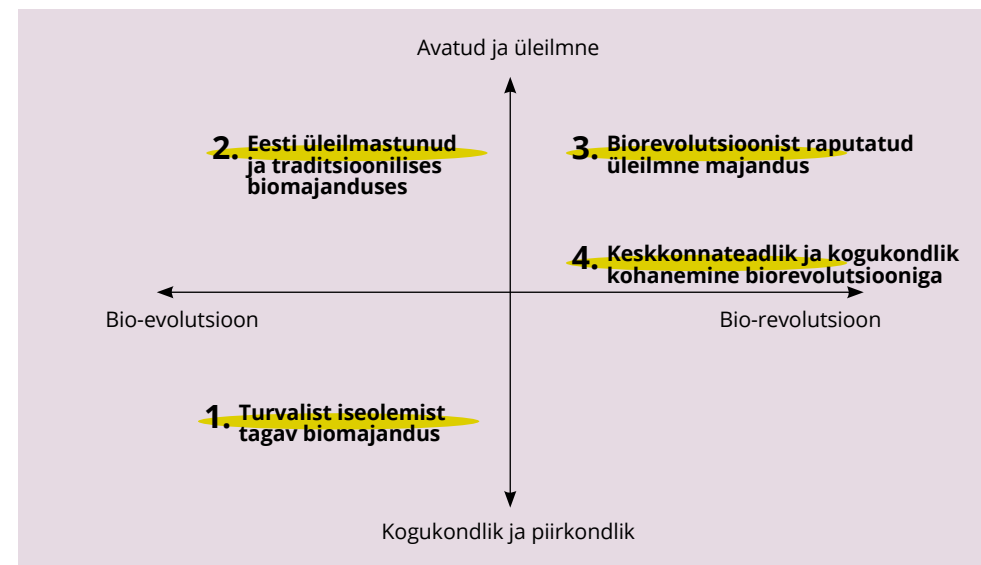
Maailmamajanduse arengut on alates 18. sajandi lõpus alguse saanud tööstus-revolutsioonist kandnud viis järjestikust tehnoloogilis-majanduslikku paradigmat. Igaühele neist on pannud aluse revolutsiooniliselt uued tehnoloogiad, sellel põhinev uus taristu, institutsioonid ja elustiilid.

Stsenaariumianalüüsi tehnoloogilise arengu teljel viitab biorevolutsioon arengusuunale, kus radikaalselt uued biotehnoloogialahendused ja neid toetav taristu saavad järgmise tehnoloogilismajandusliku paradigma ning sotsio-tehniliste süsteemide (energiasüsteemi, toidusüsteemi jms) muutuste üheks keskseks aluseks. Biorevolutsioonile vastandub biotehnoloogia märksa rahulikum evolutsiooniline areng, kus majandus- ja elukeskkonda põhjanevalt muutvaid biotehnoloogialahendusi tekib vähe või on nende kasutuselevõtt ühiskondlike hoiakute, õigusaktide, kokkulepetega vms tugevalt piiratud.

Neist kahest peamisest teljest moodustub stsenaariumianalüüsi maatriks, millel vaatleme lähemalt nelja erinevat stsenaariumit (joonis 2).

1. stsenaarium. Turvalist iseolemist tagav biomajandus

Rahvusvaheline ebakindlus on toonud endaga kaasa üleilmastumise pidurdumise, maailma jagunemise piirkondlikeks blokkideks ning nendevahelise kasvava konkurentsi ja vastandumise. Vastastikuse



JOOINIS 2. Eesti biomajanduse stsenaariumianalüüsi maatriks.

Allikas: autorid.

usalduse puudumine pärsib rahvusvahelist poliitilist, kliima- ja majanduskoostööd. Varasemale üleilmastumisajastule omase spetsialiseerumise ning kaupade ja teenuste rahvusvahelise vahetuse asemel on juhtimisotsustes kesksel kohal usaldamatus, ressursikonkurents, iseolemine ning ise hakkama saamine.

Sellises keskkonnas on pidurdunud ka rahvusvahelised investeeringud ning koostöö uute biotehnoloogiate ja biomajandustoodete arengu nimel. Pigem püütakse tulla toime olemasolevate võimete peenhäälestamise ja bioressursi tõhusama kasutamise abil, toetudes ringbiomajanduse põhimõtetele. Eesti biomassil põhinev biomajandus jääb pigem traditsiooniliseks Eesti siseturule või lähipiirkonna turgudele keskendunud tegevusalaks.

Soov tagada isevarustatuse võime sunnib hoidma laia tooteportfelli (sh toiduainete valdkonnas isegi laiendama), samal ajal kui majandustegevuse tõhus korraldus eeldaks spetsialiseerumist ja palju suuremat tootmismahtu. See toetab omakorda klassikalise maaelu (metsandus, põllumajandus) mitmekesistumist ning

osaajaga töötamise kui elukorralduse kinnistumist. Kapitalimahukamatel aladel (nt puidu keemiline väärindamine, piima väärindamise uued suunad, (bio)farmaatsiatööstus, fossiilse toorme asendamine keemiatööstuses) tegutsema hakkamiseks napib nii kohalikku kui ka rahvusvahelist investeerimiskapitali.

Eesti biomajanduse keskne arengusuund on **kohaliku bioressursi kasutuse peenhäälestamine**. Eesti jätkab biomassi peamiselt loomse (toit ja sööt), mehhaanilise (puit) ja energeetilise (jäätmel, puit) väärindamise teed. Sel alal aitavad protsesse tõhusamaks muuta (sh parem planeerimine, ressurside juhtimine) info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) lahendused. Tööstuse ja tarneahelate digitaliseerimine ja imporditavate keskkonnasäästlike tehnoloogiate kasutuselevõtt on tootlikkuse kasvu põhiallikad.

2. stsenaarium. Eesti üleilmastunud ja traditsioonilises biomajanduses

Maailm on küll avatud koostööle ja kaubavahetusele, kuid liigub kliimaeesmärke toetava rohepöörde alal edasi eri kiirustel.

Osa riike on tugevas rajasõltuvuses kas fossiilkütuste ekspordist või muust suure keskkonnajalajäljega majandustegevustest ning ei leia sellega seotud probleemidele kiireid lahendusi. Majandus- ja keskkonnanägemiste vahel habrast tasakaalu otsides kaldutakse eelistama majanduskasvu, lootes, et see toob omakorda lahendused keskkonna- ja ühiskondlikele katsumustele.

Euroopa on jõudnud tänu pika aja vältel keskkonna- ja energiatehnoloogiasse tehtud investeeringutele üheks põhiliseks rohepöoret toetavate tehnoloogiate arendajaks Aasia kõrval. 2030. aastaks on ilmne, et rohepöore, puhas tehnoloogia (*cleantech*) ja IKT-lahendused panevad aluse järgmisele tehnoloogilis-majanduslikule paradigmale.

Eesti biomajanduse keskne arengusuund on **spetsialiseerumine keerukamatele (suurema lisandväärtusega) toodetele** ning digi- ja rohepöördega seotud investeeringute suunamine biomajanduse seniste olulisimate tegevusalade – toiduainete ja jookide ning puittoodete tootmise – konkurentsivõime hoidmise ja suurendamise. Eesti biomajanduse tegevusalade struktuuri ja liikumist suurema lisandväärtusega toodete poole mõjutavad ennekõike rahvusvahelise turunõudluse muutused ning Eesti tööstuse konkurentsivõime eksporditurgudel, sh võime kasvatada tootlikkust laialdaselt teadaolevate maaharimisviiside, bioressursi hankimise ja töötlemise tehnoloogiate raames.

Pikemaajalise strateegia keskne fookus on uute, keerukamate ja kohalikust toormest sõltumatute tegevusalade väljaarendamisel. Eestile pakuvad oma perifeerset logistilist asukohta arvestades erilist huvi biomajanduse sellised tegevusalad, kus on võimalik suhteliselt lihtsasti transportida nii importsisendeid kui ka eksporditoodangut. See tähendab Taani, Iirimaa ja teiste väikeriikide eeskujul eelkõige teadusmahuka biofarmaatsiatööstuse, suure lisandväärtusega biokeemia jmt arendamist.

Põhjamaade eeskujul pakub Eesti ettevõtjatele huvi ja on maailmas kasvamiseks oluline ka selliste ärimudelite arendamine, kus uue ettevõtmisega (nt puidust tehase-majade tootmine, toidu-biotehnoloogiasektor) seotud pädevus ja ekspordivõimekus töötatakse küll välja kohaliku toorme baasilt Eestis, kuid äritegevuse edasiseks kasvatamiseks paigutatakse tehnoloogiad ja tootmisüksused peamise toorme ja/või põhiliste sihtturgude lähedusse.

3. stsenaarium. Oma koht biorevolutsioonist raputatud üleilmses majanduses

Covid-19 pandeemia suhteliselt kiire ja edukas lahendamine on võimendanud ühiskonnas usku teadusesse ja innovatsiooni ning andnud tõuke suuremahulistele investeeringutele bioteadustesse ja -tehnoloogiasse. Põhjapanevaid läbimurdeid bioteadustes ja tehnoloogias, mis avardavad inimkonna arusaama bioloogiast ning annavad võimaluse elusorganismide n-ö programmeerida, saab nende võimaliku majandusliku ja ühiskondliku mõju poolest võrrelda 1970. aastatel loodud esimeste Inteli mikroprotsessoritega, mis panid aluse tänapäevasele personaalarvutite ajastule.

Suurriikide kliimapöörde juhtfiguurid ning kliimamuutustega kohanemise riiklikud ja rahvusvahelised visioonid ja kokkulepped panevad suure rõhu tehnoloogiale ja innovatsioonile kui kliimamuutuste pidurdamise peamisele tööriistale. See kinnistab lootuse ja arusaama, et tehnoloogiline progress aitab üksteisest lahutada majanduskasvu ning kasvuhoonegaaside heidete kasvu ning inimkond suudab asuda otsustavalt rohelise majanduskasvu teele.

Uue tehnoloogiaga seotud uued ja põhiosas reguleerimata turud pakuvad ootamatuid ja vastuolulisi tehnoloogilisi lahendusi ja arenguvõimalusi, muu hulgas fossiilse toorme asendamiseks ja võitluses kliimamuutustega. Ebaühtlane

tehnoloogiline ja majandusareng tekitab uusi, senisest erinevaid võitjaid ja mahajääjaid.

Eesti biomajanduse keskne arengusuund on biorevolutsioonist inspireeritud **uudsete tehnoloogiliste võimete ja toodete arendamine** ja võimalikult varajane kasutuselevõtt. Eesti ei suuda uute baastehnoloogiate arendamises võistelda suurriikidega. Biorevolutsiooni ulatuslikkuse tõttu on tehnoloogiline spetsialiseerumine keeruline. Eesti laiendab bioteadustesse tehtavate investeeringute, avatud ja väleda katsetamise abil oma biotehnoloogiaalast innovatsioonivõimekust. See loob eeldused uutes, kiiresti kasvavates tehnoloogia- ja majandusharudes tegutsemiseks, nt uudsete biotehnoloogia lahenduste arendamine (nt DNA sünteesimine, rakuvabrikud) või sisenemine uudsetesse biomaterjalide, terviseedendamise ja toidu tootmisega seotud tooterühmadesse.

4. stsenaarium. Keskkonnateadlik ja kogukondlik kohanemine biorevolutsiooniga

Üleilmne biorevolutsioon on toonud kaasa põhjapanevaid muutusi ühiskonna senises tehnoloogilises baasis. See võimaldab korraldada ümber sisuliselt kogu majanduse, sealhulgas asendada suurem osa fossiilsest toormest kestlikuma biotoormega selleks, et tulla toime kliimamuutustega ning säilitada bioloogiline mitmekesisus, samuti teha võimalikuks personaalne lähenemine toidule ja meditsiinile.

Samal ajal on aga seoses erakordsete loodusnähtuste sagenemisega maailmas ja põlvkondade vahetumisega ennekõike Euroopas ja ka Eestis tõusnud ühiskondlike väärtushinnangute seas avatuse ja üleilmsuse kõrval esile ka kestlikkuse, elurikkuse ja looduse väärtustamine. Selle tulemusena püütakse ohjata ka biorevolutsiooni levikut, hoides looduslikkust hinnas nii toiduainetootmisel kui ka biomassi enda kasvatamisel metsanduses, põllumajanduses ja vesiviljeluses.

Biorevolutsiooniga kaasnevate uute võimaluste kasutuselevõtu kese on eeskätt meditsiini-, materjali- ja energeetikasektoris. Toidusüsteemis ja looduskeskkonnas on ülekaalus kohalikkus, vastutus-tundlikkus, mahedus ja tervislikkus. Toidusüsteemis on biotehnoloogiliste läbimurrete kasutuselevõtu suhtes valdav pigem ühiskondlik ettevaatlikkus, ent leidub ka nišitooteid (nt laboris kultiveeritud liha, mullavaba vertikaalne põllumajandus linnades jms) ja on olemas nende üleilmne turg, sealhulgas metsanduse

Eestis tuleb arendada uudseid, biorevolutsioonist inspireeritud tehnoloogilisi võimeid ja tooteid ning võtta need kiirelt kasutusele.

ja toidusüsteemi jääkide ja kaassaaduste kasutamine muudes sektorites.

Eesti biomajanduse keskseks arengusuunaks on fookustatud **panustamine nii biotehnoloogia kui ka infotehnoloogia arengusse**, et kiirendada fossiilse toorme ja materjalide asendamist biopõhiste lahendustega ning tõhustada kohaliku biomassi kestlikku kasutamist, sh ökosüsteemide hoidmist. Infotehnoloogia kompetentside baasil töötatakse välja lahendusi kogukondlike toidu- ja energiasüsteemide tõhususe ja kestlikkuse tagamiseks.

EESTI STRATEEGILISED VÕIMALUSED

Arengustsenaariumite analüüsis on kirjeldatud nelja suunda, kuhu Eesti biomajandus võib sõltuvalt väliskeskkonnast eelolevatel kümnenditel liikuda. Samas ei tea me veel praegu, kui kiireks

	1. Turvalist iseolemist tagav biomajandus	2. Eesti üleilmastunud ja traditsioonilises biomajanduses	3. Biorevolutsioonist raputatud üleilmne majandus	4. Keskkonnateadlik ja kogukondlik kohanemine biorevolutsiooniga
Väliskeskonna peamised mõjutegurid	Üleilmne ebakindlus: vajadus tagada isevärsustatus olulisimate toodetega	Avatud kaubavahetus ja kapitali liikumine aitab leida üleilmses tööjaotuses parema koha	Muutuvad biomassi kasutamise tavad, tekivad uued biomajanduse valdkonnad	Euroopa otsib uude biotehnoloogia rakendamise ja traditsiooniliste öko- ja toidusüsteemide hoidmise tasakaalu
Eesti biomajanduse spetsialiseerumine	Senine spetsialiseerumine jätkub, sh toiduga isevärsustatus ja puidu laialdane kasutamine ehituses kohaliku ja juhitava energiaallikana	Eesti eksport liigub toidu ja puidu väärtusahelates edasi keerukamatele toodetele, sh puidu keemilise töötlemise. Uus tegevussuund: (bio) farmaatsiatooted	Eesti otsib võimalusi tegutseda uutest, nt biomaterjalide, terviseedenduse ja toiduainete tooterühmades	Biotehnoloogilisel loodud uudsete materjalide tootmise kõrval traditsiooniline toidutootmine ja kogukondlikud ärimudelid
Eesti biomajanduse keskne arenguloogika lisandväärtuse suurendamiseks	Infotehnoloogia lahendused isevärsustatuse suurendamiseks bioressursi kaskaadkasutuse ja ringmajanduse toetamise kaudu	Suuremahulised investeeringud võimalikult heasse tehnoloogiasse ja vähe väärdatud toorme (teravili, piim, puit ja rohumaad) paremasse kasutamisse	Uuendatud biotehnoloogialahendused (rakuvabrikud, DNA süntees) ja neil põhinevad biotooted	Valikuline biorevolutsioon: materjalid, energeetika. Andmepõhised lahendused traditsioonilise toidutootmise ja kogukondliku elustiili toetuseks
Biomajanduse panus sotsiaal-majanduslikku arengusse	Biomajanduse osakaal ettevõtlussektoris püsib 10% tasemel. Tööjõu tootlikkus endiselt kaks-kolm korda väiksem Põhjamaade näitajast	Eesti biomajanduse tööjõu tootlikkus jõuab tasemele 3/4 Põhjamaade omast. Biomajandus annab kuni 15% ettevõtlussektori lisandväärtusest	Biomajanduse lisandväärtus ulatub uute, biotehnoloogiamahukate majandusharude mõjul 20–25%-ni ettevõtlussektori lisandväärtusest. Eesti tööjõu tootlikkus on Põhjamaadega võrreldaval tasemel	
Biomajanduse ja maakasutuse panus keskkonna- ja kliimaeesmärkide saavutamisse	Metsastamine ja pikaajalise kasutusega puittootete (sh puitehitiste) tootmise osakaalu kasv toetab CO ₂ sidumist	Keerukamatele toodetele ja tegevusaladele spetsialiseerumine võimaldab vabaneda suure keskkonnajalajäljega tegevustest	Uute toiduainete tõttu veisekasvatuse väiksem maht – vähem kasvuhoo- negaaside heiteid, rohumaad vabanevad väärdamiseks, metsastamiseks jm	Keskkonnateadlik osalemine biorevolutsioonis täidab korruga majandus- ja keskkonnanäesmärke

TABEL 1. Eesti biomajanduse arengustsenaariumid 2030–2050.

Allikas: autorid

osutub biotehnoloogia kasutuselevõtt ning milliseks kujunevad eelolevatel kümnenditel maailmas kliimanetraalsuse, elurikkuse säilitamise ja majanduskokkulepped. Seetõttu poleks õige püüda siinkohal otsustada, millise stsenaariumi teostumist me ennekõike eelistaksime. Stsenaariumite eesmärk on luua strateegilist planeerimist toetav tõenäolisi üleilmsed trende süstematiseeriv raamistik, mis aitab Eesti biomajandusel tulla säilenõtkelt toime väga erinevates maailmades. Selline käsitlus aitab tagada, et lähiajal maakasutuses, tehnoloogilistes investeeringutes, keskkonnaregulatsioonides jms tehtavad valikud ei piira võimetekohast edenemist. Biorevolutsiooni realiseerudes võime leida mitmetele praegustele parimatele biomassi väärdamise tehnoloogiatele ja biomassi kasutamise väärtusahelatele nii keskkonnanahoiu kui ka majanduse vaates paremaid alternatiive.

Tabel 1 võtab stsenaariumite alusel kokku Eesti biomajanduse lisandväärtuse suurendamise põhivõimalused. Analüüsidest Eesti biomajanduse oodatavat panust sotsiaal-majanduslikku arengusse, lähtume sellest, kui tõenäoline on selles stsenaariumis Eesti tegutsema asumine uutest, keerukamate toodete rühmades, sh puidu keemilise töötlemise, biofarmaatsiatoodete ning taimsel toormel põhinevate uute toiduainete ja materjalide, samuti biomajandust toetavate IKT-lahenduste valdkonnas. Peale selle tõstame stsenaariumite alusel esile keskkonna- ja kliimaeesmärkide saavutamise seotud kesksed aspektid.

Need neli stsenaariumit erinevad üksteisest väliskeskonna poolest, milles Eesti teeb oma biomajanduse arendamise valikuid. Igal stsenaariumil on ühtlasi täiesti oma keskne arenguloogika ning kõik need toovad kaasa maakasutuse, lisandväärtuse kasvu ja teiste näitajate osas väga erinevad tulemused.

Järgnevalt nimetame peamised strateegilised läbilöögisuunad, mis võimaldavad

Eesti biomajandusel edukalt areneda mistahes oludes.

I. Spetsialiseerumine keerukamatele majandustegevustele ja sõltuvuse vähendamine kohalikust toormest *Tõsta keerukamate toodete osakaalu ekspordis*

Selleks et Eesti tööjõu tootlikkus ja elatustase läheneksid Põhjamaade või Saksamaa omale, peab tuntavalt kasvama keerukamate toodete osakaal Eesti ekspordis, sh biomajanduses. Eesti biomajanduse kontekstis on selleks eeldatavasti vajalikud miljarditesse eurodesse ulatuvad investeeringud puidu keemilise töötlemise, biofarmaatsiatööstusesse, biomajandust toetavatesse IKT-lahendustesse ja masinatesse.

Edukas tegutsema asumine ressursi- ja tööjõumahukatel tegevusaladel, näiteks tekstiili- ja rõivatööstuses, on seevastu Eesti elatustaseme oodatavat tõusu arvestades järjest vähem tõenäoline. Kliimaeesmärgid ning ressursikonkurents puidu keemilise ja biotehnoloogilise töötlemise alal eeldatavasti kahandavad samuti puidu kasutamist elektri- ja soojusenergia tootmiseks.

Puidu keemilise töötlemise või biofarmaatsiatööstuse arendamine on väga kapitalimahukas: sedalaadi investeeringute maht on suurusjärgus 1 miljard eurot projekti kohta. Soome ja Rootsi näitel ei rahasta ettevõtted selliseid projekte enamasti mitte üksinda oma vabadest vahenditest, vaid kaasavad rahvusvahelisi pankade sündikaate, riiklikke ekspordi krediteerimise fonde jt osalisi (vt nt Metsa Group 2021).

Eesti majanduse struktuurimuutuste kiirendamiseks ja uutele turgudele juurdepääsu loomiseks on samamoodi ülitähtsal kohal välismaiste otseinvesteeringute proaktiivne kaasamine nii Lääne-Euroopast, USAst kui ka kiiresti arenevast Aasiast. Koos tootmismahu ja toodete keerukuse suurenemisega peab ühtlasi vähenema sõltuvus kohalikust toormest. See võib olenevalt tegevusalast tähendada

nii imporditud toorme ja komponentide osatähtsuse kasvu kui ka tootmise paigutamist Eestist väljapoole, toorme ja/või peamiste sihtturgude lähedusse.

Arendada spetsialiseeritud tarnijaid

Biomajanduse arengut toetavate spetsialiseeritud tarnijate (sh IKT ja elektroonika, masinad, keemiatooted, biotehnoloogia vahetooted ja tehnoloogiad) arendamine on üleilmastunud majanduses isegi paremate tulevikuväljavaadetele kui biomassi vahetu väärindamine.

Toiduainetootmine, puidu töötlemine ja muud biomajanduse traditsioonilised valdkonnad ei arenda mitte ise tehnoloogiat, vaid sõltuvad suurel määral spetsialiseeritud tarnijate arendatavast tehnoloogiast ja siseseadest. Selliste toetavate ettevõtete kohalolek annab toidu- ja puittoodete tootjatele muu hulgas suure konkurentsieelise. Neil tehnoloogiamahtudel tegevusaladel on äritegevus harilikult lihtsamini laiendatav ja suurema tootlikkusega.

Biomajanduse arengu toetamisega seotud tehnoloogilisi konkurentsieeliseid tasub esmajärjekorras otsida kiiresti arenevatest pilvarvutuse, masinõppe ja tehisintellekti valdkondadest. Need on madalama sisenemisbarjääri ja suure potentsiaaliga alad, kus Eesti ettevõtetele on võimalik iseseisvalt edu saavutada.

Spetsialiseeritud toiduainetootmise ja puidutöötlemisseadmete tootmist jmt iseloomustavad teisalt järjest aeglasem tehnoloogiline areng ning kasvav mastaa-bimahukus. Sellistesse väljakujunenud valdkondadesse sisenejatel on kasulik mõelda välisinvesteeringute kaasamisele ning liitumistele ja ülevõtmistele.

II. Biorevolutsioon ja osalemine tärkava uue majanduse eesliinil **Mujal loodud tehnoloogiate kasutuselevõtt**

Eesti teadus ja kõrgharidus peavad absoluutse miinimumina järgima bioteaduste ja tehnoloogiate eesliinil toimuvat ning arendama võimeid, mis

lubavad mujal loodud tehnoloogiaid kiirelt kasutusele võtta, testida ja edasi arendada. Eesti biotehnoloogia sektori võimalikule tööjõuvajadusele hinnangu andmiseks on asjakohane võrdlus praeguse IKT sektoriga. Seal töötab ligikaudu 30 000 inimest, kelle loova tegevuse tulemusena on sündinud rohkem kui üks miljardi eurose turuväärtusega ettevõtte.

Tärgava uue biotehnoloogiamahuka majanduse ülesehitamiseks on tööjõu pakkumise suurendamise kõrval vaja tagada rakendusuuringute rahastamine. Lisaks on tarvilik riskikapitali kättesaadavus end juba töestavatele kodu- ja välismaistele iduettevõtetele, kes on valmis paigutama arvestatava osa oma tegevusest Eestisse. Biotehnoloogia teadus- ja kapitalimahukus on aga IKT sektorist märkimisväärselt suurem.

Strateegiline partnerlus

Mahukamate teadus- ja tehnoloogiainvesteeringute jaoks tuleb Eestil otsida strateegilist partnerlust tehnoloogia eesliinil olevate riikidega. Piiratud ressursid ei võimalda väikeriikidel konkureerida suurriikidega teadus- ja arendustegevuses, mis on vajalik biorevolutsioonile alust panevate baastehnoloogiate arendamiseks. Kuna varajase faasi investeeringud biorevolutsiooniga seotud uutesse baastehnoloogiatesse on Eesti ja ka Põhjamaade ettevõtete jaoks kaugelt liiga riskantsed, on omal kohal riskide jagamine riigiga.

Singapuri biotehnoloogiastrateegia näitel eeldab isegi välisinvesteeringupõhise biotehnoloogiastrateegia kasutamine avaliku ja erasektori üksteist täiendavaid investeeringuid, mille maht ulatub kümmeaastase jooksul miljarditesse eurodesse (vt nt Finegold *et al.* 2004).

III. Avatud ja usaldusväärne rahvusvaheline majanduskeskkond

Koostöö edendamine Läänemere regioonis

Eestile on toimiva koostöö hoidmine ja arendamine Põhjamaade ja Saksamaa, Poola ja Baltimaadega nii vastastikuse turgudele juurdepääsu tagamise, (bio)

majanduse varustuskindluse kui ka energiaturvalisuse ja investeeringute kaitse vaates hädavajalik. See tagab Eesti ettevõtetele juurdepääsu arvestatava suurusega turule ning võimaluse importida neid biomajanduse tooteid või tehnoloogiaid, mida pole ise kodumaal toota võimalik või otstarbekas.

Seista Eesti huvide eest

Eestile on äärmiselt tähtis rääkida Euroopa Liidu ja rahvusvaheliste organisatsioonide kaudu aktiivselt kaasa kliimaeesmärke, biotehnoloogiat ja (bio)majandust puudutavate rahvusvaheliste kokkulepete, standardite ja arengusuundade kujundamises. Euroopa riigid on hoidnud biotehnoloogia kasutuselevõtul seni paljudest

suurriikidest märksa konservatiivsemat joont ning Euroopa püüab ka rohepöördega seoses positsioneerida end eestvedaja rolli. Samas kulgeb paljude valdkondade areng Euroopas ja maailmas Eestist sõltumatult. See loob keskkonna, kus Eesti peaks olema valmis võtma täiesti uued tehnoloogiad kiiresti kasutusele näiteks tervishoius, toiduaine- ja nüüdisaegsete biomaterjalide tootmises.

Käesolev artikkel põhineb Eesti Teadusagentuuri ja Euroopa Regionaalarengu Fondi kaasrahastatud projekti ADDVAL-BIOEC käigus valminud aruandel Tiits et al. 2021. Artikli valmimist on toetanud Horisont 2020 projekt TalTech Industrial ning Eesti Teadusfondi projektid PRG1573 ja PRG346.

KASUTATUD ALLIKAD

- BINZ, C., TRUFFER, B. (2017). Global Innovation Systems – A Conceptual Framework for Innovation Dynamics in Transnational Contexts. – Research Policy, 46, 7, 1284–1298. DOI: 10.1016/j.respol.2017.05.012.
- CALLAWAY, E. (2020). It will Change Everything: Deep Mind's AI Makes Gigantic Leap in Solving Protein Structures. – Nature. DOI: 10.1038/d41586-020-03348-4.
- CHUI, M., EVERS, M., MANYIKA, J., ZHENG, A., NISBET, T. (2020). The Bio Revolution: Innovations Transforming Economies, Societies, and Our Lives. McKinsey Global Institute. – <https://mck.co/3pZxXlw>.
- CLARK, W., HARLEY, A. (2020). Sustainability Science: Towards a Synthesis. – Annual Review of Environment and Resources, 45, 331–386. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012420-043621>.
- D'APRILE, P., ENGEL, H., HELMCKE, S., HIERONIMUS, S., NAUCLÉR, T., PINNER, D., van GENDT, G., WALTER, D., WITTEVEEN, M. (2020). How the European Union could Achieve Net-zero Emissions at Net-zero Cost. McKinsey Global Institute. – <https://mck.co/3or4Oom>.
- BORRELL, J. (2020). China Carbon Neutrality in 2060: A Possible Game Changer for Climate. European Union External Action. – <https://bit.ly/37dE8JY>.
- EUROOPA KOMISJON. (2019). Euroopa roheline kokkulepe. COM(2019) 640 final. Brüssel. – <https://bit.ly/3lwBHKp>.
- EUROPEAN COMMISSION. (2018). Bioeconomy: The European Way to Use Our National Resources. – <https://bit.ly/3dLKYul>.
- EUROPEAN COMMISSION. (2020). Mission Starfish 2030. Restore Our Ocean and Waters. – https://ec.europa.eu/info/publications/mission-starfish-2030-restore-our-ocean-and-waters_en.
- KIROVA, M., MONTANARI, F., FERREIRA, I., PESCE, M., ALBUQUERQUE, J. D., MONTFORT, C., NEIRYNCK, R., MORONI, J., TRAPON, D., PERRIN, M., ECHARRI, J., ARCOS PUJADES, A., LOPEZ MONTESINOS, E., PELAYO, E. (2019). Megatrends in the Agri-food Sector: Global Overview and Possible Policy Response from an EU Perspective. Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels. – <https://bit.ly/38YeVEj>.
- FINEGOLD, D., WONG, P. K., CHEAH, T.-C. (2004). Adapting a Foreign Direct Investment Strategy to the Knowledge Economy: The Case of Singapore's Emerging Biotechnology Cluster. – European Planning Studies, 12, 7, 921–941. DOI: 10.1080/0965431042000267830.
- GEORGHIOU, L. (ed.). (2008). The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice. Massachusetts: Edward Elgar Publishing.
- HARVARD UNIVERSITY. (2020). Atlas of Economic Complexity. – <https://atlas.cid.harvard.edu/>.
- HIDALGO, C. A., KLINGER, B., BARABÁSI, A.-L., HAUSMANN, R. (2007). The Product Space Conditions the Development of Nation. – Science, 317(5837), 482–487. DOI: doi.org/10.1126/science.1144581.
- KAHAN, A. (2019). EIA Projects Nearly 50% Increase in World Energy Usage by 2050, led by growth in Asia.

The U.S. Energy Information Administration. – <https://bit.ly/3y5Y8g>

KERS, J. et al. (2020). Eesti biomajanduse pikaajalised bioressursi potentsiaali prognoosid: 2030 ja 2050, ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 2.1 vaheanalüüs. Tallinn, Tartu.

KITSING, M. (2021). *The Political Economy of Digital Ecosystems: Scenario Planning for Alternative Futures*. Oxon: Routledge.

KUOSMANEN, T., KOUSMANEN, N., EL'MELIGI, A., RONZON, T., GURRIA, P., IOST, S., M'BAREK, R. (2020). *How Big Is the Bioeconomy? Reflections from an Economic Perspective*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

LEDFOURD, H. (2019). CRISPR Conundrum: Strict European Court Ruling Leaves Food-testing Labs Without a Plan. – *Nature*, 572(15). DOI: 10.1038/d41586-019-02162-x.

METSÄ GROUP. (2021). Metsä Group Builds a New Bioproduct Mill in Kemi, Finland. – <https://bit.ly/3oLpzb3>.

NATIONAL INTELLIGENCE COUNCIL. (2017). *Global Trends: Paradox of Progress*. – <https://www.dni.gov/index.php/global-trends-home>.

OECD. (2020). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2020–2029*. Paris/FAO, Rome: OECD Publishing. DOI: 10.1787/1112c23b-ne.

RITCHIE, H., ROSER, M. (2021). *Forests and Deforestation*. – *Our World in Data*. – <https://bit.ly/2TjzReg>.

REID, J., BURNS, N., TEMPLEMAN, L., ALLEN, H., NAGALINGHAM, K. (2020). *The Age of Disorder – Long-Term Asset Return Study*. London: Deutsche Bank.

SMITH, A. (1776). *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. London: Methuen & Co Ltd.

TIITS, M. et al. (2021). Eesti biomajanduse arengustsenaariumid 2030–2050, Uuringu „ADDVAL-BIOEC“ tööpakettide 2.3 ja 2.4 vahearuanne. Tallinn, Tartu. – www.taltech.ee/biomajandus.

TIITS, M., KATTEL, R., KALVET, T. (2005). *Made in Estonia*. Balti Uuringute Instituut: Tartu.

TYCZEWSKA, A., WOŹNIAK, E., GRACZ, J., KUCZYŃSKI, J., TWARDOWSKI, T. (2018). Towards Food Security: Current State and Future Prospects of Agrobiotechnology. – *Trends in Biotechnology*, 36, 12, 1219–1229. DOI: 10.1016/j.tibtech.2018.07.008.

VARBLANE, U., LEES, K, VARBLANE, U. (2021). Eesti biomajanduse väärtusahelate kvantitatiivne analüüs. ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 1.2 vaheanalüüs. Tallinn, Tartu: Tallinna Tehnikaülikool, Tartu Ülikool, Eesti Maaülikool.

WORLD POPULATION PROSPECTS. (2019). Online Edition, United Nations. – <https://population.un.org/wpp/>.