



TARTU ÜLIKOOL



Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences

Eesti biomajanduse arengustsenaariumid 2030–2050

Uuringu „ADDVAL-BIOEC“ töopakettide 2.3 ja 2.4 vahearuanne

Versioon 1.0

Tallinn, Tartu 2021

RITA



Euroopa Liit
Euroopa Sotsiaalfond



Eesti
tuleviku heaks

Tegemist on Eesti Teadusagentuuri rakendusuuringu toetusmeetme RITA (valdkondliku teadus- ja arendustegevuse toetamine) ja Euroopa Regionaalarengu Fondist kaasrahastatava projekti „ADDVAL-BIOEC: Lisandväärtuse tõstmine ja toorme tõhusam kasutamine biomajanduses ja selle sektorites“ (kestus 03.2018–10.2021) aruandega, mis sisaldab töopakettides 2.3 ja 2.4 tehtud analüüsi.

Aruanne sisaldab hinnanguid, mis põhinevad autorite tõlgendustel ning läbitöötatud kirjalike allikate sünteesil.

NB! Need on uuringu vahetulemused. Lõpptulemused avaldatakse uuringu lõpparuandes. Palume andmete tõlgendamisel ja aruande kasutamisel arvesse võtta, et tegu on avalikuks tehtud mitteametlike vahetulemustega. Palume võimaluse korral viidata uuringu lõpparuande tulemustele, mis tehakse pärast projekti lõppu kättesaadavaks Eesti Teadusagentuuri kodulehel ja projekti kodulehel <https://www.taltech.ee/biomajandus>.

Viitamine: Marek Tiits, Erkki Karo, Erik Terk, Mati Mõtte, Margit Kirs, Tarmo Kalvet, Siiri Külm, Maaria Semm (2021) Eesti biomajanduse arengustsenaariumid 2030–2050. Uuringu „ADDVAL-BIOEC“ töopakettide 2.3 ja 2.4 vahearuanne, Tallinn ja Tartu.

Lisateave: Jaan Kers, projekti „ADDVAL-BIOEC“ juht, jaan.kers@taltech.ee

Sisukord

Lühikokkuvõte	4
1. Sissejuhatus.....	7
2. Tehnoloogia ja sotsiaal-majandusliku arengu mõistmise raamistikud.....	10
2.1. Tehnoloogilis-majanduslikud paradigmad	10
2.2. Suured väljakutsed ja suur siire.....	12
2.3. Ekspordi struktuur kui elatustaseme määraja.....	13
2.4. Eesti biomajandus rahvusvahelises võrdluses.....	14
3. Eesti biomajandust mõjutavad peamised arengutrendid ja määramatused	20
3.1. Rahvastik ja ühiskond.....	20
3.2. Keskkond ja kliima.....	23
3.3. Majandus ja energiavarustus	27
3.4. Teadus ja tehnoloogia	33
3.5. Poliitika ja geopoliitiline tasakaal	36
4. Eesti biomajanduse arengustsenaariumid 2030–2050	38
4.1. Stsenaariumianalüüsi raamistik	38
4.2. Stsenaarium nr 1. Turvalist iseolemist tagav biomajandus.....	45
4.3. Stsenaarium nr 2. Eesti üleilmastunud ja traditsioonilises biomajanduses	51
4.4. Stsenaarium nr 3. Biorevolutsioonist raputatud üleilmne majandus.....	58
4.5. Stsenaarium nr 4. Keskkonnateadlik ja kogukondlik kohanemine biorevolutsiooniga.....	64
5. Biomajanduse panus Eesti sotsiaal-majanduslikku arengusse ja keskkonda	72
5.1. Valdkondlikud prioriteedid Eesti biomajanduse arendamisel.....	72
5.2. Toidutootmise pikaajalised prognoosid	76
5.3. Maakasutuse muutuste mõju keskkonna- ja kliimaeesmärkide saavutamisele	86
5.4. Stsenaariumitest lähtuvad muutused ökosüsteemiteenustes.....	90
6. Kokkuvõte. Eesti biomajanduse strateegilised läbilöögisuunad	100

Lühikokkuvõte

Selles vahearuandes tutvustame projekti „ADDVAL-BIOEC“ raames koostatud Eesti biomajanduse arengustsenaariumeid aastateni 2030–2050. Stsenaariumite koostamise eesmärk on toetada Eesti biomajanduse arendamist, võttes arvesse nii tõenäolisi muutusi väliskeskkonnas kui ka Eesti bioressursi kasutamist mõjutavates poliitikates. Samuti käsitleme stsenaariumianalüüsis biomajanduse võimalusi toetada Eesti sotsiaal-majanduslike ja keskkonnanäesmärkide saavutamist.

Viimaseid aastakümneid on maailma ühiskondlikes, majanduslikes, keskkonna- ja kliimasuundumustes iseloomustanud hulk ootamatuid või varem piisava tähelepanuta jäänud arengusuundi ja sündmusi, millele on vastatud erakordsete meetmetega. Nii näiteks on püsinud 2008.–2009. aasta majanduskriisi järel üsna stabiilsena üleilmastumist iseloomustav rahvusvahelise kaubavahetuse suhe üleilmsesse SKPsse, mis kasvas varasematel kümnenditel kiiresti. Mitmes suurriigis on seejuures kujunenud järjest teravamaks küsimus, kas üleilmastumine on sellisel kujul inimkonnale ikka kasulik.

Samal ajal otsitakse kogu maailmas lahendusi kliima soojenemise ja elurikkuse säilitamisega seotud probleemidele. Võitluses Covid-19 pandeemiaga erakordselt kiires tempos turule toodud mRNA-vaktsiinid viitavad aga biotehnoloogiaga seotud täiesti uutele teaduslikele ja tehnoloogilistele võimalustele. Need võimalused võivad revolutsiooniliselt muuta inimkonna arusaama sellest, kuidas elada tervet ja täisväärtuslikku elu, kuidas valmib tervislik toit ning milliseid materjale saab valmistada bioloogilisest toormest.

Eesti biomajanduse pikaajaliste arenguvõimaluste stsenaariumianalüüsis vaatleme maailma biomajanduse nelja arengusuunda. Neil on väga erinev dünaamika, ent nad kõik on – olenevalt ühiskonna, keskkonna- ja kliima-, majandus- ja energeetika- ning poliitilisest arengust maailmas – ühtviisi võimalikud. Analüüsimine, milliseid võimalusi pakub Eesti biomajanduse arendamiseks avatum ja milliseid enesekesksem majanduskeskkond. Arutleme, kuidas võtta vastu biorevolutsiooniga seotud täiesti uusi tehnoloogilisi ja sotsiaal-majanduslikke võimalusi konkureerida eksporditurgudel ja pidada sammu tehnoloogiaga ning mida teha siis, kui bioteaduste ja -tehnoloogiaga seotud uudsed võimalused ühel või teisel põhjusel ei realiseeru.

- 1. Turvalist iseolemist tagava biomajanduse stsenaariumit** iseloomustab üleilmne majanduslik ebakindlus ja vajadus tagada isevarustus olulisimate toodetega. Eesti biomajanduse jaoks tähendab see senise spetsialiseerumise jätkumist, sh toiduga isevarustatuse arendamist ja puidu jätkuvat laialdast kasutamist ehituses, aga ka kohaliku juhitava energiaallikana. Eesti biomajanduse lisandväärtuse suurendamisel on kesksel kohal info- ja tehnoloogia lahendused ning bioressursi kaskaadkasutuse ja ringmajanduse põhimõtete järgimine. Majanduse struktuursete muutusi toetavate suuremate investeeringute kaasamine on raskendatud ja majanduse tootlikkus kasvab aeglaselt.
- 2. Üleilmastunud ja traditsioonilise biomajanduse stsenaariumis** pakuvad avatud kaubavahetus ja kapitali liikumine Eesti biomajandusele võimalusi otsida üleilmses tööjaotuses paremat kohta. Eesti arendab eelkõige toidu ja puidu väärtusahelates senisest keerukamaid tooteid ja tegevusi, sh puidu keemilist töötlemist. Uue silmapaistva tegevussuunana lisandub (bio)farmaatsiatoodete tootmine. Eesti biomajandusse tehakse suuremahulisi

investeeringuid parima võimaliku tehnoloogia soetamiseks ning vähe väärindatud toorme (teravili, piim, puit ja rohumaad) paremaks kasutamiseks.

- 3. Biorevolutsioonist raputatud üleilmse majanduse stsenaariumi** puhul muudab biotehnoloogia biomassi kasutamise seniseid tavaid suurel määral, tuues kaasa täiesti uued biomajanduse valdkonnad, tooted ja teenused. Eesti ei suuda uute baastehnoloogiate arendamises võistelda suurriikidega. Biorevolutsiooni laiapõhjalisuse tõttu on tehnoloogiline spetsialiseerumine keeruline. Eesti laiendab bioteadustesse tehtavate investeeringute ning avatud ja väleda katsetamise abil oma biotehnoloogiaalast innovatsioonivõimekust. See loob eeldused tegutsemiseks uutes, kiiresti kasvavates tehnoloogia- ja majandusharudes, näiteks uudsete biotehnoloogialahenduste arendamiseks (sh DNA süntees, rakuvabrikud) või sisenemiseks biomaterjalide, terviseedendamise ja toidutootmisega seotud uuendustesse tooterühmadesse.
- 4. Keskkonnateadliku ja kogukondliku biorevolutsiooniga kohanemise stsenaariumi** korral otsib Euroopa tasakaalu uudse biotehnoloogia rakendamise ning traditsiooniliste öko- ja toidusüsteemide hoidmise vahel. Eesti edendab tipp tehnoloogiliste biopõhiste materjalide tootmise kõrval traditsioonilist toidutootmist ja kogukondlikke ärimudeleid. Siinne biomajandus läheb biorevolutsiooniga kaasa valikuliselt, esmajoones uute biopõhiste materjalide ja energeetika valdkonnas. Infotehnoloogia kompetentside põhjal töötatakse välja lahendusi kogukondlike toidu- ja energiasüsteemide tõhususe ja kestlikuse tagamiseks.

Biomajandusel on märkimisväärne potentsiaal kasvatada Eesti heaolu ja tõsta elatustaset. See eeldab sihipäraselt liikumist senisest märksa keerukamatesse, suurema lisandväärtuse ning parema maakasutuse ja CO₂ heite suhtega tooterühmadesse. Samas ei tea me veel praegu, kui kiireks 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. Küll aga loetleme järgnevalt peamised strateegilised läbilöögisuunad, mis võimaldavad Eesti biomajandusel edukalt kasvada mistahes oludes.

- Selleks et Eesti tööjõu tootlikkus ja elatustase läheneksid Põhjamaade või Saksamaa omale, peab tuntavalt kasvama keerukamate toodete osakaal Eesti ekspordis, sh biomajanduse puhul. Eesti biomajanduse kontekstis on selleks eeldatavasti vajalikud miljarditesse eurodesse ulatuvad investeeringud puidu keemilise töötlemise, (bio)farmaatsia-tööstuse ning biomajandust toetavate info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) lahenduste ja masinate arendamisse.
- Biomajanduse arengut toetavate spetsialiseeritud tarnijate (sh IKT ja elektroonikarakendused, masinad, keemiatooted, biotehnoloogia vahetooted ja tehnoloogia) arendamine on üleilmastunud majanduses isegi paremate tulevikuväljavaadetega kui biomassi vahetu väärindamine.
- Eesti teadus ja kõrgharidus peavad absoluutse miinimumina järgima bioteaduste ja -tehnoloogiate eesliinil toimuvat ning arendama võimekust, mis lubab asuda mujal loodud tehnoloogiaid kiiresti kasutusele võtma ja edasi arendama.
- Mahukamate teadus- ja tehnoloogiainvesteeringute jaoks tuleb Eestil otsida strateegilist partnerlust tehnoloogia eesliinil olevate riikidega.

- Eestile on toimiva koostöö hoidmine ja arendamine Põhjamaade ning Saksamaa, Poola ja Baltimaadega nii vastastikuse turgudele juurdepääsu tagamise, (bio)majanduse varustuskindluse kui ka energiaturvalisuse ja investeeringute kaitse vaates hädavajalik.
- 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.

1. Sissejuhatus

Strateegilist planeerimist ja avaliku poliitika kujundamist kirjeldavad praegusaja maailmas kaks vastandlikku suundumust. Ühelt poolt on äristrateegiate 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 osutuda suureks veaks.¹ Ka USA Riiklik Julgeolekunõukogu on oma tulevikuproгноosides² rõhutanud, et maailma iseloomustab kasvavalt nn progressiparadoks. See tähendab, et arengusuunad, mis on olnud meie edu alus, on nüüd muutunud tuleviku säilienõtkuse vaatepunktist arengu võimalikeks takistusteks, ehk praegusaja maailmas ei tasu mitte midagi pidada iseenesest mõistetavaks. Sarnase arusaamani on jõutud inimkonna kestlikule arengule pühendunud teadusuuringutes.³

Suure määramatuse ajajärkudel, mil paljud olulised tegurid on kiires muutumises, osutuvad pikemaajalised üksikasjalikud prognoosid üldjuhul väga ebatäpseks. Nüüdisaegsed arenguseire (inglise *foresight*) meetodid ei püüa seetõttu järgnevate aastakümnete arengut võimalikult täpselt ennustada. Sellest tähtsamaks peetakse erinevate tulevikustsenaariumite kvalitatiivset analüüsi, sest see aitab poliitikakujundajatel, ettevõtjatel jt mõelda võimalikke tulevikusündmusi aegsasti läbi ning selle alusel kaaluda ka oma pikemaajalisi strateegilisi eesmärke ja tegevusplaanid.⁴

Selles Eesti biomajanduse pikaajaliste arenguvõimaluste stsenaariumianalüüsis toome nn intelligentse tuulesõitmise (ingl *intelligent piggybacking*)⁵ raamistikus kokku üleilmsete tehnoloogia arengutrendide⁶ ja Eesti biomajanduse ressursipotentsiaali⁷, samuti praeguse

¹ Jim Reid, Nick Burns, Luke Templeman, Henry Allen & Karthik Nagalingham, *The Age of Disorder – Long-Term Asset Return Study*, Deutsche Bank, September 2020.

² NIC, *Global Trends: Paradox of Progress*, 2017, <https://www.dni.gov/index.php/global-trends-home>.

³ William Clark & Alicia Harley, Sustainability Science: Towards a Synthesis, *Annual Review of Environment and Resources*, 45, 2020, 331-386, <https://bit.ly/3luJYzg>.

⁴ Vt Riigikogu Arenguseire Keskuse stsenaariumite loome metoodikat, samuti: Meelis Kitsing, *The Political Economy of Digital Ecosystems: Scenario Planning for Alternative Futures*, Routledge, 2021; Luke Georgiou et al., *The Handbook of Technology Foresight*, Edward Elgar, 2008.

⁵ Marek Tiits & Tarmo Kalvet, „Intelligent Piggybacking: A foresight policy tool for small catching-up economies“, *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 9, 2013, 253–268, <https://doi.org/10.1504/IJFIP.2013.058607>.

⁶ Erkki Karo et al., *Biomajanduse tehnoloogiate trendid ja teekaardid: Versioon 4.0, ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 2.2 vaheanalüüs*, Tallinn & Tartu, 2021.

⁷ Jaan Kers et al., *Eesti biomajanduse ressurside hetkeseisu analüüs. ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 1.1 vaheanalüüs*, Tallinn & Tartu, 2020; Jaan Kers et al., *Eesti biomajanduse pikaajalised bioressursi potentsiaali prognoosid: 2030 ja 2050, ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 2.1 vaheanalüüs*, Tallinn & Tartu, 2020.

(bio-)majandusliku spetsialiseerumise⁸ ja oodatava tulevase turunõudluse analüüsi. Lähtume arusaamast, et pikemaajalist arengut mõjutavad peamised teadus- ja tehnoloogiatrendid sünnivad tehnoloogiliselt arenenud suurriikides ning üleilmsetes innovatsioonivõrgustikes⁹. Väikeriigi majanduse väljavaated sõltuvad samas eeskätt võimest konkureerida eksporditurgudel ja pidada sammu tehnoloogia eesliinil olevate riikidega. Turunõudluse kujundamisel mängivad omakorda kaalukat rolli laiemad ühiskondlikud, keskkonna- ja kliima- ning muuga seotud arengusuunad.

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 majandusarengu strateegia otsekohest küsimust saadavad aga loodushoiu- ja tasakaalustatud regionaalarengu laiemad kaalutlused, mis on Euroopa Liidu roheline kokkuleppe raames praeguseks põimunud kestliku konkurentsivõime, elurikkuse ning teistes esmapilgul vastandlikke väärtusi kandvates terminites ja prioriteetides.

Stsenaariumianalüüs on koostatud järgmistel põhimõtetel ja meetodikaga.

- Teine peatükk annab ülevaate Eesti biomajanduse arengustsenaariumite analüüsimiseks kasutatud kontseptuaalsetest raamistikust, mis aitavad mõista nii kestlikule ringbiomajandusele üleminekuga seotud struktuurseid muutusi kui ka leida Eestile olulisi arenguvõimalusi. Tõdeme seejuures, et rahvusvahelisel tehnoloogilis-majanduslikul ning ühiskondlikul arengul on üleilmastumise ajastul väikeriikidele sageli suurem mõju kui rahvusriikide enda poliitikal ja strateegilistel valikutel.
- Kolmandas peatükis selgitame välja biomajandust mõjutavad põhilised arengusuundumused, aga ka määramatused, mille puhul me ei tea, kuhu ja kui kiiresti ümbritsev maailm liigub. Me ei püüa selles koostöös Eesti biomajanduse arendamisega seotud poliitikakujundajatega koostatud peatükis pakkuda maailma arengusuundumuste kõikehõlmavat ülevaadet, vaid esitame edasise analüüsi seisukohalt tähtsaimad suunad. Stsenaariumite koostamisel on tavaline, et välja selgitatud trendidest ja määramatustest võetakse järgneva analüüsi keskmesse üksnes olulisimad, millel on tulevikule eeldatavalt kõige suurem mõju.
- Neljandas peatükis tutvustame Eesti ettevõtjate ja poliitikakujundajate soovidest sõltumatult kujunenud nelja erinevat tulevikumaailma ning otsime neis oludes Eesti biomajanduse arendamise võimalusi. Nii stsenaariumianalüüsi raamistiku kui ka stsenaariumite kirjeldused on koostanud analüüsi põhiautorid, kuid need põhinevad ettevõtjaid ja teadlasi kokku toonud koosloomelistel fookusrühmaintervjuudel ning kohtumistel projekti nõustava koja ja valdkonna poliitikakujundajatega. Neil töökohtumistel täiendati ja valideeriti esmalt stsenaariumianalüüsi raamistikku ning seejärel selle alusel koostatud stsenaariumeid.

⁸ Urmas Varblane *et al.*, *Eesti biomajanduse väärtusahelate kvantitatiivne analüüs. ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 1.2 vaheanalüüs*, Tallinn & Tartu, 2021.

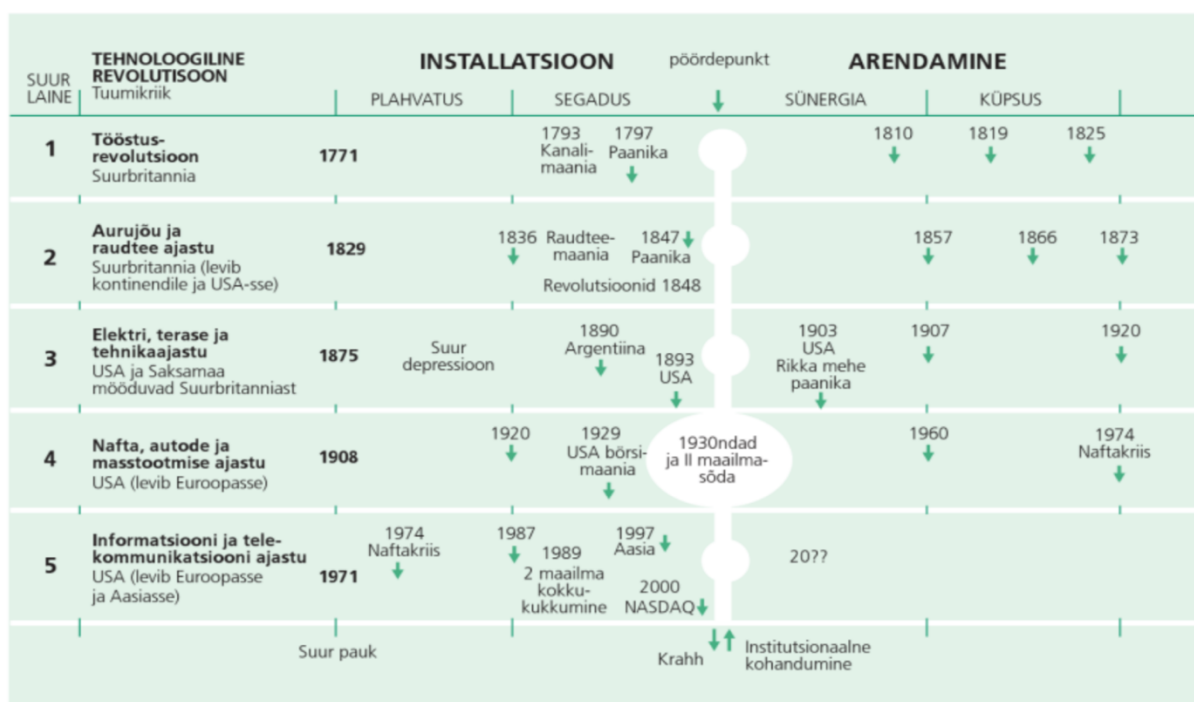
⁹ Christian Binz & Bernhard Truffer, „Global Innovation Systems—A conceptual framework for innovation dynamics in transnational contexts“, *Research Policy*, 46(7), 2017, 1284-1298.

- Viiendas peatükis täiendame stsenaariumianalüüsi biomajanduse üksikasjalike valdkondlike prioriteetide, toidutootmise maakasutuse, kliimamõjude ja ökosüsteemiteenuste vaatega. Selles peatükis põimime biomajanduse arengustsenaariumite kvalitatiivse tervikkäsitluse ning bioressursi ja maakasutuse kvantitatiivsed prognoosid. Analüüs täiendab tööpaketis 2.1 põllumajanduse, metsanduse ja merenduse kohta koostatud bioressursi baasprognoose toidusüsteemi ning sellega seotud maakasutuse prognoosidega. Metsanduse ja merenduse kohta ei ole lisaprognose koostatud, sest stsenaariumite kvalitatiivsest analüüsist ei nähtu olulisi arengusuundi, mis võiksid põhjustada baasprognoosist kõrvalekaldumist.
- Viimases, kuuendas peatükis võtame kokku analüüsi peamised tulemused. Stsenaariumianalüüsist nähtub, et Eesti biomajanduse võimalused asuda tegutsema suurema lisandväärtusega tegevusaladel on eri stsenaariumites väga erinevad. Uuringuaruanne lõpeb seetõttu soovitustega biomajanduse strateegiliste läbilöögisuundade kohta, mille arendamine võimaldab Eesti biomajandusel nii soodsamas kui ka ebasoodsamas keskkonnas võimalikult paremini edeneda.

2. Tehnoloogia ja sotsiaal-majandusliku arengu mõistmise raamistikud

2.1. Tehnoloogilis-majanduslikud paradigmad

Kapitalistliku majanduse arengut viimasel 250 aastal võib vaadata viie järjestikuse pika arengulaine ehk paradigmana. Igaüht neist ligikaudu pool sajandit kestnud paradigmadest on kandnud sellele omased uued tehnoloogiad, taristu, majandus- ja käitumismustrid ning keskkonna- ja elukorraldus. Briti tööstusrevolutsioonile järgnesid aurujõu- ja raudteeajastu, elektri- ja teraseajastu ning fordistliku masstootmise ajastu. Mikroprotsessori, personaalarvutite ja interneti kiire areng panid 1970.–1980. aastatel omakorda alguse infotehnoloogia (IT) paradigmale (joonis 1).



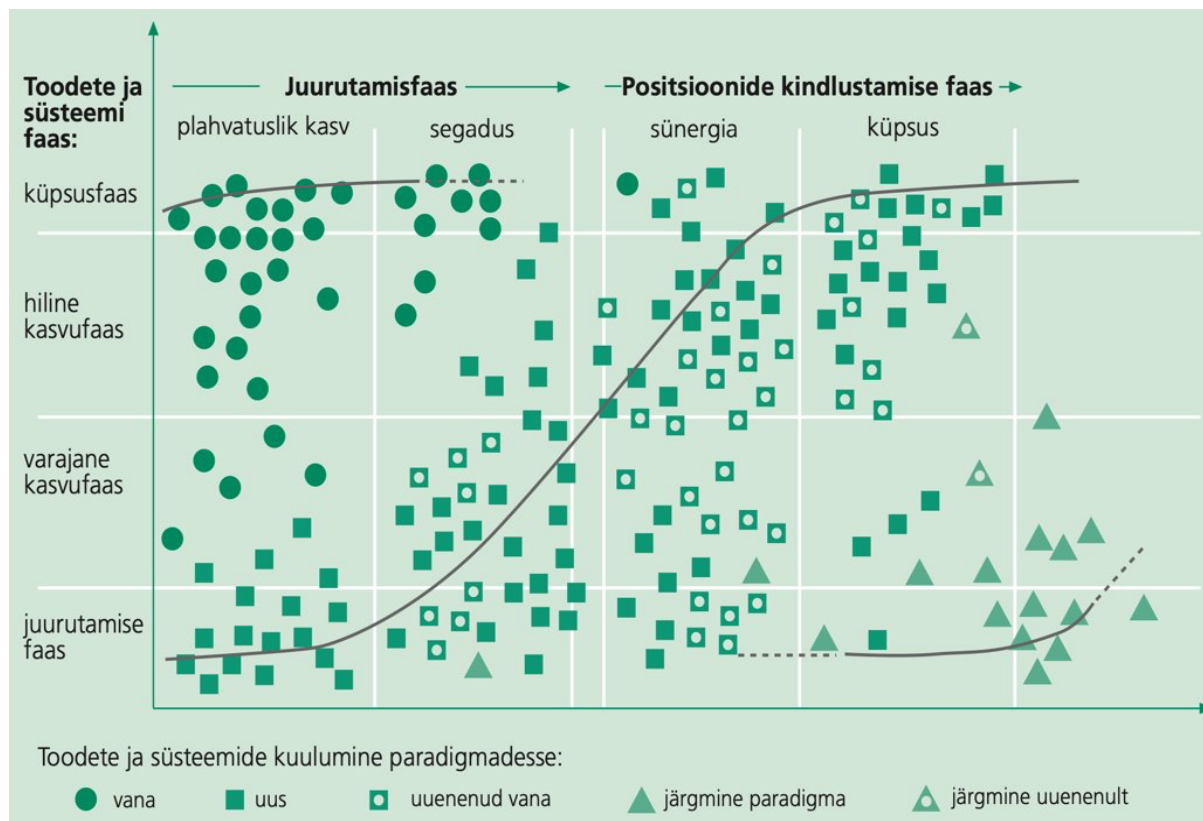
Joonis 1. Tehnoloogilis-majanduslike paradigmade areng ja majanduskriisid

Allikas: Carlota Perez, *Technological Revolutions and Financial Capital. The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*, Cheltenham – Northampton, MA: Edward Elgar Publishers, 2002.

Paradigmad tekivad uute, radikaalsete teadusavastuste, nende kommertsialiseerimiseks tehtavate äärmiselt mahukate investeeringute ja uue, kasvava tootlikkusega tehnoloogia ulatusliku kasutuselevõtu tulemusena. Paradigmale alust panev radikaalselt uus tehnoloogia areneb algul plahvatuslikult teatud kitsas suurte tehnoloogiliste nõudmistega valdkonnas. Mõne aja pärast pakub uus tehnoloogia väga palju erinevaid kasutusvõimalusi ja on muutunud nii odavaks, et võimaldab sisuliselt kõikidel tööstusharudel hüppeliselt kasvatada tootlikkust.

Nii paradigmade arengu loogika kui ka uute tööstusharude teke paradigmade sees on oma toimimismudelilt väga sarnased (joonis 2). Uue tööstusharu algfaasis suudavad teadmiste piiratud leviku tõttu radikaalselt uusi tehnoloogiaid ja tooteid turule tuua väga vähesed ettevõtted. See tekitab ääretult asümmeetrilisi turge, kus tooted on väga ainulaadsed, lahendused kaitstud patentidega ja klient sunnitud maksma toote eest müüja küsitavat

peaaegu kui tahes kõrget hinda. Ettevõtjate jaoks tekitab aga selline majanduskeskkond monopoolseid võitja-võtab-kõik-turge, kus võib väga palju võita, aga ka väga palju kaotada.



Joonis 2. Tehnoloogilis-majandusliku paradigma elutsükkel

Allikas: Carlota Perez, *Technological Revolutions and Financial Capital. The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*, Cheltenham – Northampton, MA: Edward Elgar Publishers, 2002.

Järgnevas plahvatusliku kasvu faasis muutub kõnealuste uudsete toodete kvaliteet sobilikuks masskasutuse jaoks. Tänu turul tekkinud konkurentsile ja hinnalangusele kasvab turg plahvatuslikult ning luuakse ulatuslik uus taristu. See on ühtlasi turul kõige suurema kasumi teenimise aeg. Nii näiteks seletab 1990. aastate plahvatuslik kasv mobiilsidesektoris paljuski ka Soomes kogetud fenomenaalset majanduskasvu. See võimaldas Soomal võtta kasumit investeeringutelt, mida oli juba 1970. aastatest teinud mobiilside teadus- ja arendustegevusse algul riik ning hiljem üha rohkem ka eraettevõtted.

Tehnoloogia arenedes ühtlustuvad tootjate pakutavad lahendused. Kuna kõik turul osalejad suudavad pakkuda põhifunktsioonides sarnaseid lahendusi, siis kaotab kasutaja jaoks suurema tähenduse asjaolu, mis ettevõtte on konkreetse toote loonud. Hiljemalt nüüd kujunevad turul ka välja standardid, mis võimaldavad eri tootjate lahendusi omavahel kombineerida või asendada.

Samas tähendab teadmiste ja tehnoloogia kiire levik seda, et ühestki tehnoloogiast tulenev tootlikkus ei saa kasvada lõputult. Tootlikkus hakkab kahanema tehnoloogia levikuga pöörvõrdeliselt, sest konkurents tiheneb ja lõpuks ammendab tehnoloogia oma potentsiaali täielikult. Kuna esimesena hõivatud turud hakkavad küllastuma, siis viiakse samal ajal esmalt

tootmine ja seejärel toodete edasiarendamine lähemale uutele turgudele ning odavamale tööjõule.

Suhteliselt piiratud tootlikkus traditsioonilistes majandusharudes ja soodsa hinnaga finantskapitali laialdane kättesaadavus toidab aga ettevõtjate huvi investeerida kõrge riskitasemega alustavatesse tehnoloogiaettevõtetesse ja riskikapitalifondidesse. Veelgi enam, praegusaja infotehnoloogiaparadigma jätkuv areng toetab teiste uute tehnoloogiate, sh bio-, materjali- ja rohetehnoloogia arengut.

Millised neist kiiresti arenevatest uutest tehnoloogiatega kujunevad järgmise tehnoloogilis-majandusliku paradigma alusepanijateks, selgub aga alles siis, kui neil põhinevad uued tooted jõuavad laiatarbekasutusse. Analüütikud on viimasel paaril aastakümnel rõhutanud, et bio- ja materjaliteadustel on suur potentsiaal panna alus uuele paradigmat. Biomajanduse stsenaariumite koostamisel tuleb seega arvesse võtta, et biotehnoloogia võib märgatavalt kiirendada ja muuta kogu maailma majanduse arengut.

2.2. Suured väljakutsed ja suur siire

Tutvustatud tehnoloogilis-majanduslike paradigmat põhineva vaade kirjeldas teaduse ja tehnoloogilise arengu käigus loodavate uute võimaluste osa ühiskondlikus ja majandusarengus. Seda, milliseid konkreetseid tehnoloogiaid ettevõtjad ühel või teisel ajal esiplaanile seavad, mõjutab aga ülitugevalt see, kus nad näevad selliseid suuri väljakutseid, mille lahendamiseks pakuvad uued, tärkavad tehnoloogiad uusi lahendusi.

Pikaajalisi ühiskondlikke, majanduslikke, keskkonna- ja kliimatrende ning nendega seotud väljakutseid tuleks seega vaadata kui viiteid võimalikele uutele turgudele, millel uute toodetega lahenduste pakkumine loob laialdasi uusi võimalusi. Nii näiteks on hinnatud, et Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni (ÜRO) kestliku arengu eesmärkide saavutamise loob erasektorile kuni 12 triljoni USA dollari suuruse uue turu.¹⁰ Eesti kliimaeesmärkide suurendamise võimaluste analüüsis on nimetatud, et liikumine kliimanetraalsuse poole vajab aastail 2020–2050 umbes 17,3 miljardi euro ulatuses avaliku ja erasektori investeeringute suunamist kliimaeesmärkidega seotud tegevusaladesse.¹¹

Siirdeuringutest väljakasvanud nn suure siirde lähenemine väidab praegusaja põhilistele väljakutsetele mõeldes, et me võime asuda ajalooliselt ainulaadses murdepunktis: tööstusrevolutsioonist alguse saanud ja erinevate tehnoloogilis-majanduslike paradigmat kaudu arenenud sotsio-tehniliste süsteemide (maakasutus, toit, transport, energeetika jms) asemele hakkavad esile kerkima uued sotsio-tehnilised süsteemid. Need põhinevad nii ökoloogiliselt kui ka sotsiaalselt kestlikumal ja õiglasemal arengul.¹²

Sellise suurel siirdel põhineva nn uue modernsuse alus on (erinevalt varasematest tehnoloogilis-majanduslikest paradigmat) ühiskondlike alusväärtuste, loodus- ja elukeskkonna

¹⁰ Nazila Vali, *More than philanthropy: SDGs are a \$12 trillion opportunity for the private sector*, <https://bit.ly/3gCpYqI>, 2017.

¹¹ SEI, *Eesti kliimaambitsiooni tõstmise võimaluste analüüs*, SEI Tallinn, 2019, <https://bit.ly/3oKfefA>.

¹² Vt nt <https://suursiire.ut.ee> ja Johan Schot & Laur Kanger, *Deep transitions: Emergence, acceleration, stabilization and directionality*, *Research Policy*, 47(6), 2018, 1045-1059.

põhimõtteline ümbermõtestamine. Muu hulgas on tähelepanu all kestlikumad tarbimisharjumused ning majanduskasvu tasakaalustamine õnne- ja heaolueesmärkidega. Seda nähakse pigem pikaajalise ja suurel määral alt üles kulgeva protsessina, mis raamistab uute praktikate teket, mille hulgas on ka ärimudelid. Näiteks võib toote hinna ja kvaliteedi kõrval hakata tarbimisharjumisi ja -valikuid järjest rohkem mõjutama toodete kestlikkuse ja eetilise väärtustamine. Kuna sotsio-tehnilised süsteemid muutuvad erineva kiirusega, siis toob see stsenaariumiloomes kaasa tavalisest ulatuslikuma teadmatuse tuleviku suhtes. See kasvatab veelgi vajadust seniste arengutrendide edasiarendamise kõrval kirjeldada radikaalselt erinevaid tulevikke.

2020. aastate algust on poliitikakujundamise tasandil iseloomustanud omakorda sellise poliitilise retoorika esiletõus (väljendudes kliima- ja CO₂-neutraalsuse lubadustes), mis lubab siirdeprotsessi kiirendada poliitilise sekkumise abil. Samal ajal peetakse näiteks Euroopa Liidu tasandil nende eesmärkide saavutamisel oluliseks eelduseks kodanike kaasatust ja kasvavat osalust.¹³ Selles kontekstis võib ka biomajanduse stsenaariumeid mõista kui erinevaid võimalikke arenguteid kiiremaks liikumiseks uue modernsuse poole, otsides seejuures tasakaalu praegu levinud ning tulevikus esile kerkida võivate väärtuste ja arengudünaamikate vahel.

2.3. Ekspordi struktuur kui elatustaseme määraja

Klassikaline majandusmõte on lähtunud alates Adam Smithi teosest „Rahvaste rikkus“¹⁴ arusaamast, et kasvav kaubavahetus loob võimaluse spetsialiseeruda järjest süvendatumalt, mis omakorda toetab majanduse tootlikkuse kasvu. Tänapäevases rahvusvahelise kaubavahetuse analüüsist ilmneb aga, et kõik majandustegevused ei ole oma panuselt majanduse konkurentsivõimesse ja elatustaseme kasvu ühesugused. Vaesed riigid spetsialiseeruvad lihttööstuse ja maakasutusintensiivsete kaupade pakkumisele, ent rikkamad riigid kaupadele, mille pakkumiseks on vaja arenenud taristut, institutsioone, kvalifitseeritud tööjõudu ja kapitali.¹⁵

Kasvav majanduslik spetsialiseerumine ja kaubavahetus toetavad küll tootlikkuse kasvu, kuid mastaabisäästupõhise tootlikkuse kasvu võimalused on pikemas plaanis siiski piiratud. Majanduse lisandväärtuse pikemaajalise kasvu aluseks on seetõttu spetsialiseerumine järjest keerukamatele (suurema teadmise- ja tehnoloogiamahukusega) tegevusaladele ja toodetele.

Keskmise elatustasemega väikeriikide eripära on siin asjaolu, et piiratud ressursid ei võimalda neil võistelda suurriikidega teadus- ja arendustegevuses, mis on vajalik paradigmat kandvate baastehnoloogiate arendamiseks. Samuti ei suuda nad konkureerida lihtsamates tööjõu- ja ressursimahukates majandusharudes, kus on edukaks tegutsemiseks üha vajalikumad mastaabisääst ja/või madalad (tööjõu)kulud.

¹³ Vt nt JRC, *Future transitions for the Bioeconomy towards Sustainable Development and Climate-Neutral Econom – Foresight Scenarios for the Bioeconomy in 2050*, 2021, <https://bit.ly/3ytbAJ8>.

¹⁴ Adam Smith, *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, W. Strahan and T. Cadell: London, 1776.

¹⁵ Cesar A. Hidalgo *et al.*, The Product Space Conditions the Development of Nations, *Science*, 317(5837), 2007, 482-487, <https://doi.org/10.1126/science.1144581>.

Edukate väikeriikide – Iirimaa, Iisraeli, Singapuri, Soome ja Taiwani – majandusarengu strateegia näitel on üks lahendus tehnoloogia ja majanduse arengutrendide hoolikas jälgimine eesmärgiga siseneda uutesse, tärkavatesse majandusharudesse varases kasvufaasis. Selles arengufaasis on esimesed tooted jõudnud laialdasse kasutusse ja nende turunõudlus kasvab kiiresti. Uued tooted ja majandusharud on sellal veel väga teadmismahukad ja suure kasumipotentsiaaliga. Turunõudluse kiire kasv pakub seejuures edukaks turule sisenemiseks soodsaid tingimusi.

Biomajanduse kontekstis on siin oluline lisavõimalus uute tehnoloogiate (IKT ja andmelähen- dused, biotehnoloogia jms) rakendamine selleks, et kasvatada traditsiooniliste sektorite ja harude (nt biomassi tootmine põllumajanduses, metsanduses ja vesiviljeluses) innovaati- lust, tootlikkust ja kestlikkust.¹⁶ Liiga varases faasis sisenemisel oleksid investeeringud uue tehnoloogia ja toodete arendamisse väga suured, samal ajal kui uute toodete turg on veel väga piiratud. Kui siseneda aga küpsetesse majandusharudesse juba tavapärase ärimudeliga, tuleks asuda võistlema suhteliselt suurema turujõuga konkurentidega, kellele annavad mastaabisääst ja toodete madalam omahind ulatusliku konkurentsieelise.

2.4. Eesti biomajandus rahvusvahelises võrdluses

Euroopa biomajanduse tegevuskavas on hinnatud Euroopa Liidu biomajanduse käibeks u 2 triljonit eurot aastas ja lisandväärtuseks u 621 miljardit eurot.¹⁷ Biomajanduse lisandväärtusest luuakse ligikaudu kaks kolmandikku töötlevas tööstuses. Euroopa Liidu põllumajanduse lisandväärtus ulatus 2018. aastal 182 miljardi euroni ja metsanduse lisandväärtus 27 miljardi euroni.

Selles 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 oli 2017. aastal 1 miljard eurot, mis on 11% Eesti ettevõtetes loodud lisandväärtusest. Eesti biomajanduse ettevõtetes töötas samal aastal 46 000 inimest ehk 12% hõivatutest.¹⁸

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

¹⁶ Vt nt VTT, *The Making of Bioeconomy Transformation*, 2017, <https://makingoftomorrow.com/wp-content/uploads/2018/01/The-Making-of-Bioeconomy-Transformation-2017.pdf>; VTT, *Growth by integrating bioeconomy and low-carbon economy. Scenarios for Finland until 2050*, 2018, <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/visions/2018/V13.pdf>; OECD, *Innovation ecosystems in the bioeconomy*, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers* 76, 2019.

¹⁷ Vt täpsemalt Euroopa Komisjon, *Bioeconomy: the European way to use our national resources*, 2018, <https://bit.ly/3dLKYul>. Hilisemad analüüsid on pakkunud tertsiaarsektorit arvesse võttes biomajanduse lisandväärtuse mahuks koguni 1,4 triljonit eurot. Vt Kuosmanen, T., Kuosmanen, N., El Meligi, A., Ronzon, T., Gurria Albusac, P., Iost, S. and M`barek, R., *How big is the bioeconomy*, EUR 30167EN, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020.

¹⁸ Detailsem analüüs ja biomajanduse klassifikatsiooni ülevaade: Urmas Varblane *et al.*, Eesti biomajanduse väärtusahelate kvantitatiivne analüüs. ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 1.2 vaheanalüüs, Tallinn & Tartu, 2021.

- 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.

Eesti põllumajanduslik spetsialiseerumine (põllumajandusmaa kasutamise struktuur, põllukultuuride valik jm) on siinse projekti võrdlusriikide vaates suhteliselt sarnane Põhjamaade ja Läti spetsialiseerumisega, kuid erineb märkimisväärselt Hollandist, mis on Euroopa põllumajandustootmise liider.

Holland on Eestist 15 korda suurema asustustihedusega ja kuna ta on võtnud kolmandiku oma maismaaterritooriumist tagasi merelt, on maismaa seal väga väärtuslik. Seetõttu on ootuspärane, et Holland kasutab piiratud maaressurssi suure lisandväärtusega põllumajanduskultuuride (köögivilid, lõikelilled, istikud jm) ning ka loomasööda (kartul ja heintaimed) tootmiseks, kuid teravilja peaaegu ei tooda. Loomakasvatuse suur osakaal võimaldab seal toota arvestatavas mahus piima- ja lihatooteid, sh tippkvaliteediga juustu.

Hollandi põllumajandussektor on sellise majandustegevuse tulemusena nii majandusnäitajatelt kui ka kasvuhoonegaaside heitkoguste mahult toodetud põllukultuuride kohta märksa edasijõudnum kui Eesti ja selle naaberriikide põllumajandussektorid. Kui Soome ja Rootsi põllumajandussektori põhinäitajad (nt toodang kasutatud maaühiku kohta, põllumajandustegevusest saadav tulu tonni CO₂ ekvivalendi kohta) on Eesti vastavatest näitajatest umbes kaks korda suuremad, siis Hollandi vastavad näitajad on veel palju suuremad. Metsanduses on mahajäämus tootlikkuses samuti märkimisväärne (tabel 1).

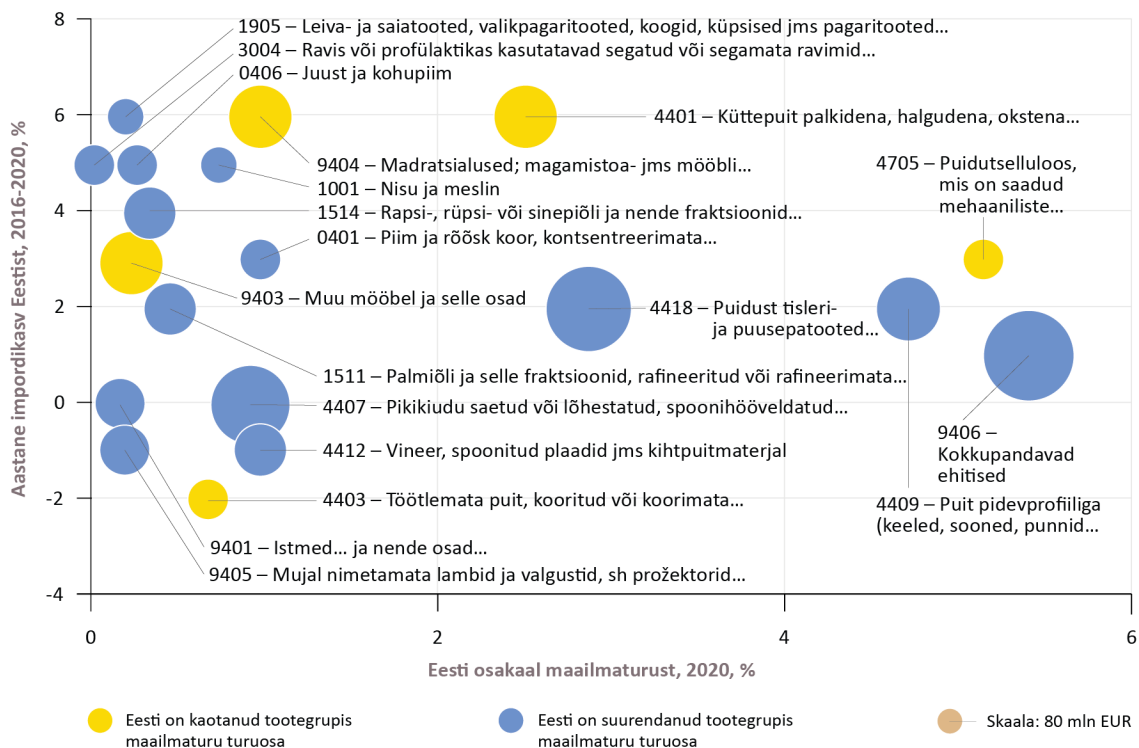
Tabel 1. Valik Eesti, Soome, Rootsi, Läti ja Hollandi põllumajanduse ja metsanduse majandus- ja keskkonnategevuse näitajaid ning Euroopa Liidu 28 riigi (EL 28) keskmine 2018. a

	Eesti	Soome	Rootsi	Läti	Holland	EL 28
Põllumajandus ja põllumajandusmaa						
Põllumajandusmaa tuha	995	2233	3013	1931	1796	173 339
Põllumajandusmaa osakaal maismaas %	22,9%	7,3%	7,4%	30,5%	5,5%	39,9%
Põllumajanduse lisandväärtus mln eurodes	206	1114	1414	364	10682	181 738
Põllumajanduse lisandväärtus eurodes ha	207	499	469	189	5948	1048
Põllukultuuride toodang eurodes ha	352	650	856	331	7730	1297
Põllukultuuride toodang eurot tCO ₂ eq	346	123	357	159	1969	923
Loomade toodang eurodes ha	403	1018	884	266	6005	992
Loomade toodang eurot tCO ₂ eq	543	809	739	504	839	668
Väetiste kasutuse ja põllukultuuride toodangu suhe kgN 1000 eurot	111,0	95,3	71,4	116,7	14,9	50,3
Metsandus ja metsamaa						
Metsamaa tuha	2456	23 019	30 505	3468	376	181 918
Metsamaa osakaal maismaas %	56,5%	75,6%	74,9%	54,8%	11,0%	41,9%
Metsanduse lisandväärtus mln eurodes	263	3509	3786	357	122	26 537
Metsanduse lisandväärtus eurodes ha	107	152	124	103	324	146

Allikas: Raivo Vilu *et al.*, *Teekond kliimaneutraalse biomajanduseni: täiendavad arvepidamise ja poliitika alused, ADDVAL-BIOEC*, Tallinn, 2021; Eurostat, 2019.

Kõnealuste riikide väliskaubanduse andmete analüüsist ilmnevad samuti suured erinevused riikide biomajanduse struktuuris. Metsamaa osakaal maismaas on Soomes ja Rootsis palju suurem kui Eestis, Lätis või Hollandis. Seetõttu on ootuspärane, et puit ja puittooted on Soome ja Rootsi biomajanduse ekspordis tähtsal kohal. Holland eristub seevastu teistest palju suurema põllumajandusmaa osakaalu poolest. Biomajanduse ekspordi struktuuri üksikasjalikumast analüüsist nähtub veel, et Rootsi ja Hollandi biomajanduses on väga olulisel kohal majandustegevused, mis ei sõltu kohalikust biomassist.

Eesti biomajanduse¹⁹ suurima netoekspordi mahuga tooterühmad on tehase majad (9406), puidust tislari- ja puusepatooted (4418), küttepuit (sh graanulid, 4401), pidevprofiiliga puit (4409), nisu ja meslin (1001), mööbel ja mööbli osad (9403). Suurema netoekspordi mahuga toiduainetest saab esile tuua veel juustu ja kohupiima (0406), piima ja rõõsa koore (0401). **Strateegiliselt tõeliselt väärtuslikke tooteid²⁰, mille puhul on Eestil suhteliselt suur osa maailmaturust ning ka maailma turunõudlus on kiirelt kasvanud, on siiski vähe (joonis 3).**



Joonis 3. Eesti biomajandustoodete ekspordi kasv ja maailmaturu osa 2016–2020

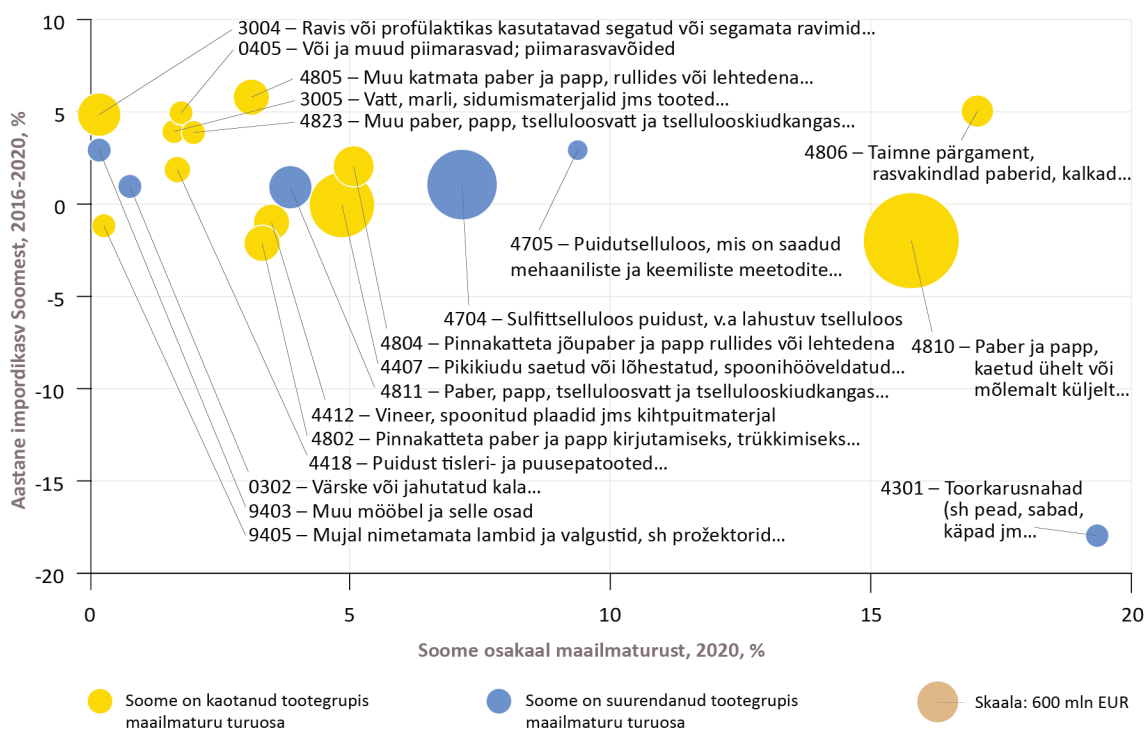
Märkus. Sinisega tähistatud tooterühmades on Eesti maailmaturul turuosa suurendanud ja kollasega tähistatud tooterühmades kaotanud.

Allikas: International Trade Centre, 2021.

¹⁹ Biomajandus hõlmab siin kahekohalisi KN-kaubarühmi 01–05 (loomad ja loomsed tooted), 06–15 (taimsed tooted), 16–24 (toiduained), 30 (farmaatsiatooted), 41–43 (nahk ja nahktooted), 44–49 (puit ja puittooted), 47–49 (tselluloos, paber ja trükised), 51–53 (vill, puuvill, taimsed tekstiilikiud), 94 (mööbel ja tehase majad). NB! KN-kaubarühm 94 sisaldab peale puidust mööbli ja tehase majade ka metallist jm materjalist mööblit. Biomajandustoodete täpsemaks piiritlemiseks tuleks soovi korral kasutada vähemalt kuuekohalist KN-koodi.

²⁰ Vt ka Bruce Henderson, *The Product Portfolio*, The Boston Consulting Group, Boston, 1970.

Soome biomajandus spetsialiseerub netoekspordi vaates ennekõike paberile ja papile (4810, 4811), tselluloosile (4703) ning märksa vähemal määral sae- ja hõvelmaterjalile. Toiduainetööstuse toodangust on suurima ekspordimahuga esindatud või (0405) ning piim ja röõsk koor (0402), kuid nende kaupade ekspordi maht on paberi ja papi ekspordist suurusjärgu võrra väiksem (joonis 4).



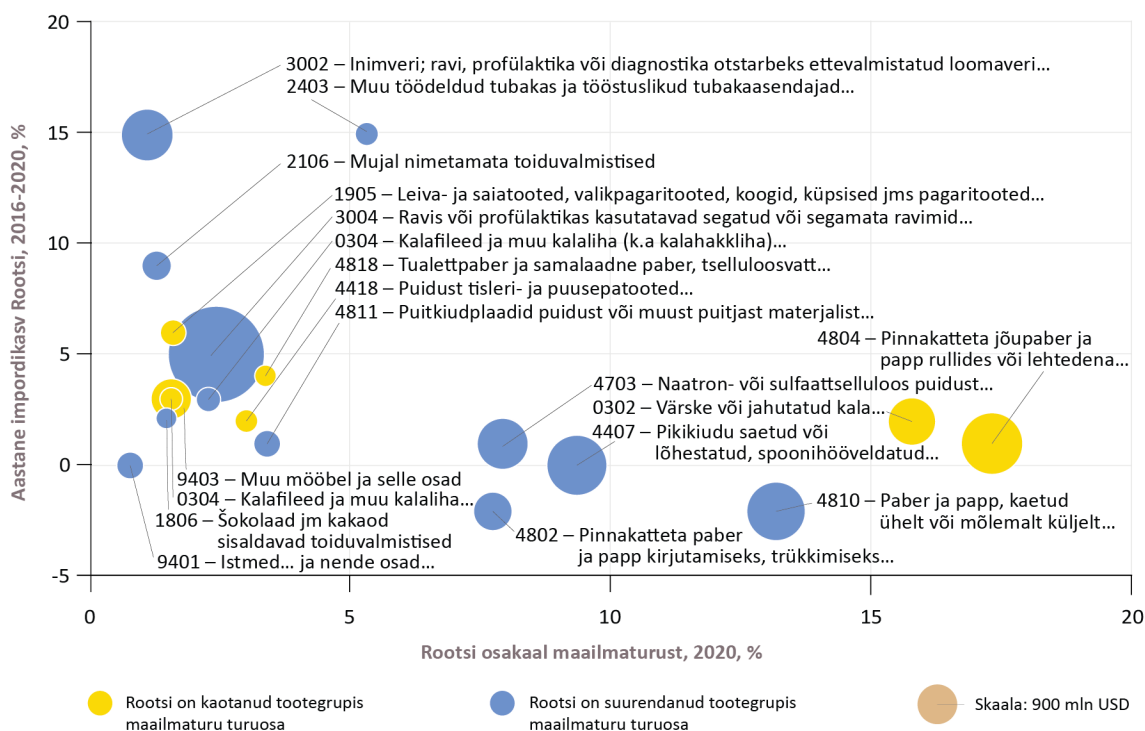
Joonis 4. Soome biomajandustoodete ekspordi kasv ja maailmaturu osa 2016–2020

Märkus. Sinisega tähistatud tooterühmades on Soome maailmaturul turuosa suurendanud ja kollasega tähistatud tooterühmades kaotanud.

Allikas: International Trade Centre, 2021.

Rootsi biomajanduse netoekspordist moodustavad ülekaalukalt suurima osa, ligikaudu 60% ravimid (3004). Sellele järgnevad enam-vähem võrdses mahus sae- ja hõvelmaterjal (4407), paber ja papp (4810, 4804, 4802) ning puidutselluloos (4703)²¹. Mereandide, põllumajandus- toodangu ja toiduainete ekspordi maht on nendega võrreldes väga tagasihoidlik (joonis 5).

²¹ Rootsi suurimatel tselluloosi- ja paberitööstuse ettevõtetel (nt SCA) on tootmisüksusi mitmel pool maailmas. See võimaldab neil kasutada väga erinevate asukohamaade puiduressurssi ja müüa valmistoodangut logistiliselt lähemal asuvatele sihtturgudele. Kuna kaupa ei lähetata Rootsist, siis ei kajastu mujal maailmas asuvate tütar- ettevõtete eksport Rootsi kaubandusstatistikas.



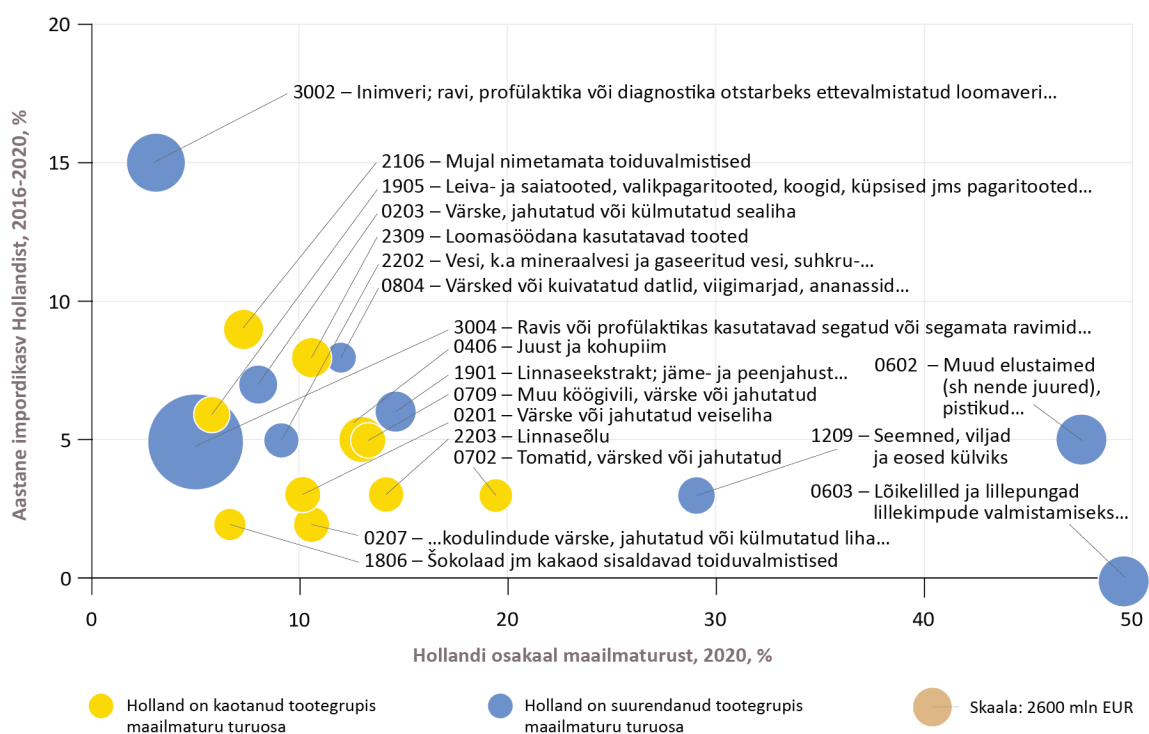
Joonis 5. Rootsi biomajandustoodete ekspordi kasv ja maailmaturu osa 2016–2020

Märkus. Sinisega tähistatud tooterühmades on Rootsi maailmaturul turuosa suurendanud ja kollasega tähistatud tooterühmades kaotanud.

Allikas: International Trade Centre, 2021.

Hollandi biomajanduse ekspordis on nagu Rootsiski juhtival kohal ravimid (3004), mis moodustavad 20% netoekspordist. Sellele järgnevad elus taimede (nt istikud, 0602), lõikelilled (0603), juustu (0406), linnaseekstrakti (1901) jm toiduainete eksport. Hollandi põllumajanduse konkurentsivõimet iseloomustab ligikaudu 50% turuosa istikute ja lõikelilled maailmaturust (joonis 6).

Eesti, Soome, Rootsi ja Hollandi biomajanduse ekspordi andmestik vastab üldjoontes eelpool viidatud tüüpilisele majandusarengumustrile: arenenud riigid spetsialiseeruvad suurema kapitali- ja tehnoloogiamahukusega tegevusaladele (nt tselluloosi ja paberi ning ravimite tootmine), ent madalama elatustasemega riikides on ülekaalus tööjõu- ja ressursimahukad tegevusalad (nt nisu, toorpiima või ka puitmajade tootmine). Hollandi põllumajanduse näitel selgub samas, et ka vähetehnoloogilistes valdkondades võib olla võimalik leida huvipakkuvaid nišše (nt istikute või lõikelilled kasvatamine). Nii Soome, Rootsi kui ka Hollandi biomajanduse konkurentsieeliste kujunemisel on väga tähtis samas asuv metsa- ja puidutööstuse, toiduainete tootmise jms spetsialiseeritud seadmete tootmine.



Joonis 6. Hollandi biomajandustoodete ekspordi kasv ja maailmaturu osa 2016–2020

Märkus. Sinisega tähistatud tooterühmades on Holland maailmaturul turuosa suurendanud ja kollasega tähistatud tooterühmades kaotanud.

Allikas: International Trade Centre, 2021.

Väikeriikide majanduse senise spetsialiseerumise, ekspordi ja toodete rahvusvahelise konkurentsivõime analüüs on nende arenguvõimaluste välja selgitamise üks põhilähtekohti. Eesti biomajanduse struktuur erineb märksa kõrgema elatustasemega võrdlusriikide omast. Kui lähikümnenditel peaksid saama teoks eelpool viidatud tehnoloogilis-majandusliku paradigma muutused ja kiirenema strateegilised sammud kliimanetraalsuse või keskkonnahoidlikuma majanduse suunas, siis vajab Eesti oma majanduse konkurentsivõime hoidmiseks ja heaolu kasvatamiseks IKT-sektori kõrvale ka tugevamat bio- ja rohetehnoloogiasektorit.

Seetõttu teeme järgmises peatükis ülevaate Eesti biomajanduse väliskeskonna kesketest arengutrendidest ühiskonna, keskkonna ja kliima, energiavarustuse, ärikorralduse, teaduse ja tehnoloogia ning poliitika alal. Need aitavad struktureerida stsenaariumianalüüsi ning välja selgitada põhilisi strateegilisi läbilöögisuundi, et leida Eesti biomajanduses 2030.–2050. aasta vaates siiski uusi struktuurseid muutusi ja kvalitatiivset arengut kaasa toovaid võimalusi.

3. Eesti biomajandust mõjutavad peamised arengutrendid ja määramatused

Kolmandas peatükis anname lühiülevaate Eesti biomajanduse arengut mõjutada võivatest maailma ja kohalikest trendidest. Toome esile ka sellised võimalikud suure mõjuga tegurid, mille puhul pole veel selge millises suunas maailm liigub. Analüüs on koostatud laialdaselt kasutatavas STEEP-raamistikus²², milles jaotatakse trendid ja määramatused ühiskondliku, tehnoloogilise, majanduse, keskkonna ja poliitikaga seotud alamkategoriate vahel.

Analüüs on koostatud kahes etapis. Esmalt püüdsime tuvastada sarnastest rahvusvahelistest analüüsides Eesti jaoks tähtsaimad teemad ja trendid (nt paradoks, et kliima soojenemine võib tuua Eesti laiuskraadil kaasa biomassi tootmise jaoks sobilikuma keskkonna). Seejärel korraldasime veebruaris 2021 oluliste määramatuste välja selgitamiseks koosloomeseminari, kus osalesid biomajanduse valdkondade poliitikakujundajad ning Maaeluministeeriumi, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ning Keskkonnaministeeriumi eksperdid.

Siinne ei ole kõikide võimalike trendide ja määramatuste täielik loetelu. Need on suundumused, mida on analüüsi koostamises osalenud poliitikakujundajad ja eksperdid pidanud Eesti biomajanduse seisukohalt põhilisteks. Järgmises, neljandas peatükis tutvustame selle ülevaate toel loodud stsenaariumianalüüsi raamistikku (teljestikku), milles kombineerime varem analüüsi ning koosloomeprotsessis põhiliseks peetud trende ja määramatusi.²³

3.1. Rahvastik ja ühiskond

Pikaajalised trendid 2050. aastani

Eestis oli 1990. aastal 800 000 elanikku vanuses 24–64 aastat, ent 2050. aastaks on selles vanuserühmas kõigest 500 000 elanikku, mis teeb alla kahe tööealise iga vanemaeealise kohta.²⁴ Lisaks töökäte arvu kiirele vähenemisele on Eesti probleem ka piirkondade ebaühtlane areng. Seniste rahvastikutrendide jätkumise korral püsiks Harju- ja Tartumaa elanike arv 2040. aastani ligikaudu praegusel tasemel, kuid ülejäänud maakondade rahvaarv väheneks 20–25% võrra. Sellisel juhul kujuneks töötajate leidmine, taristu ja hoonete korrashoid jmt Tallinnast ja Tartust kaugemal asuvates piirkondades eriti keeruliseks (joonis 7).

Maailma elanike arv kasvab seevastu 2050. aastaks ligikaudu 10 miljardini. Pool sellest kasvust tuleb Aafrikast ja kolmandik Aasiast. Euroopa ja Ameerika rahvastik vananeb samal ajal tööealiste arvu vähenemise tõttu kiiresti.²⁵

2030. aastal elab ligikaudu kaks kolmandikku maailma elanikest linnades, kusjuures kaks kolmandikku maailma suurlinnadest asub omakorda kasvava rahvastikuga Aasias. Jätkuva

²² Lühend STEEP tuleb inglise keelest ning katab meetodikana väliskeskkonna analüüsi põhikategoriad: ühiskond (*society*), tehnoloogia (*technology*), majandus (*economy*), keskkond (*environment*) ja poliitika (*politics*). Ka Eesti tuleviku-uuringute varasemates tekstides on kasutatud sama ingliskeelset lühendit.

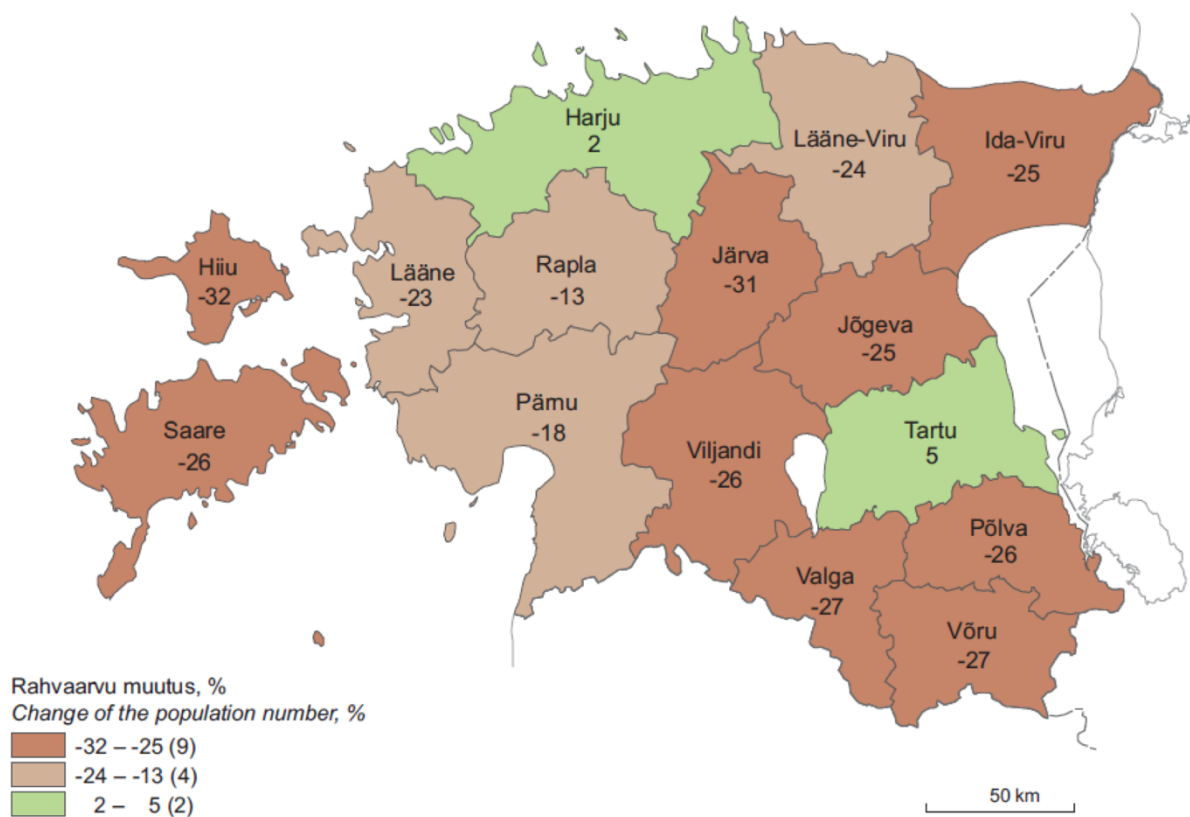
²³ Stsenaariumite koostamisel on tavaline, et välja selgitatud trendidest ja määramatustest võetakse analüüsi keskseks raamistikuks (telgedeks) ainult olulisimad, mille puhul eeldatakse suurimat mõju tulevikule.

²⁴ *World Population Prospects 2019, Online Edition*, United Nations, 2019, <https://population.un.org/wpp/>.

²⁵ *Ibid.*

linnastumise tõttu kasvab nõudlus odavama hinnaklassi masstoodete järele (teravili, riis jm), mida linnadesse asujad ei suuda enam ise kasvatada. See võib põhjustada toiduga varustamise, varustuskindluse ja toiduturvalisuse probleeme. Kasvav keskklass ootab samas laialdasemat toiduainete ja maitsete valikut.²⁶

Varasemad arengustrid näitavad, et piirkondades, mis tõusevad madala arengutasemega riikide hulgast keskmise või kõrge tasemega riikide hulka, suureneb liha- ja kalatoodete tarbimine. Ei ole lõpuni selge, kuidas mõjutab neid seniseid trende kasvav teadlikkus toidusüsteemide keskkonnamõjudest ja tervislike eluviiside areng, mis võib suurendada nõudlust uudsete taimsete toodete järele.



Joonis 7. Eesti rahvastiku prognoos 2014–2040

Allikas: Statistikaamet, 2020.

Maailma rahvaarvu suurenemise ja jätkuva linnastumisega seoses kasvab toiduainete vajadus erinevatel hinnangutel koguni 50–200%.²⁷ Maailma põllumajandusmaa pindala ei saa aga nii suures mahus lihtsasti suureneda, sest maailm vajab CO₂ sidumise ja kliima stabiilsuse huvides

²⁶ *Fresh Insight Report, Consumption and Behavior Trends: Understanding the shift required towards healthy, sustainable and enjoyable diets*, 2018, <https://bit.ly/399Yrt6>.

²⁷ Euroopa Parlament, *Megatrends in the agri-food sector: global overview and possible policy response from an EU perspective*, 2019, 30, <https://bit.ly/38YeVEj>; OECD-FAO *Agricultural Outlook 2020-2029*, OECD Publishing, Paris/FAO, Rome, 2020, <https://doi.org/10.1787/1112c23b-en>; Agata Tyczewska *et al.*, *Towards Food Security: Current State and Future Prospects of Agrobiotechnology*, *Trends in Biotechnology*, 36(12), 2018, 1219-1229, <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2018.07.008>.

metsi, mida on viimastel kümnenditel eriti lõunapoolkeral ulatuslikult maha võetud, et vabastada maad muudeks otstarveteks.

Maailma toiduainetega varustus sõltub seega esmajärjekorras põllumajanduse tootlikkuse kasvust ja toiduainete raiskamise vähendamisest läbivalt kogu tarneahelas, mida tähistatakse väljendiga „Talust taldrikule“. See ei ole kaugeltki võimatu, kuid vajab pühendumist. Nii näiteks on kartuli-, nisu- ja riisikasvatuse tootlikkus tonnides hektari kohta mõõdetuna maailmas kasvanud 1990. aastaga võrreldes kolmandiku kuni poole võrra.²⁸ Aafrikas on seejuures väetiste süstemaatiline kasutuselevõtt põllumajanduses veel suure osas juhtumata. Täppispõllumajanduse süstemaatilisem kasutuselevõtt (sh optimaalsete taimekasvatustingimuste leidmine, täppisväetamine) on kindlasti ka ettepoole vaatavalt endiselt tegevussuund, mis aitab kasvatada põllumajanduse saagikust kuni kolmandiku võrra.²⁹

Kodumajapidamiste ja tööstuse puhta vee tarbimine kasvab koos rahvastiku kasvuga kiiremini kui põllumajanduse oma, kuid põllumajandus jääb suurimaks veetarbijaks. Kuni 6 miljardi inimese jaoks, ennekõike Aafrikas ja Aasias, pole joogivesi 2050. aastal piisavalt kättesaadav.³⁰

Biomajanduse arengut mõjutavad olulisimad määramused rahvastiku ja ühiskonna arengu valdkonnas

- **Milline on maailma valmisolek investeerida rohepöördega seotud eesmärkide saavutamisse?** Kas peale Covid-19 pandeemia vaibumist on maailma kliimaprobleemid valijate jaoks endiselt päevakajalised või kerkivad esiplaanile muud kiiret lahendust nõudvad probleemid? Finantsturud on rohepöördega seotud finantsvarade suhtes erakordselt entusiastlikud, aga kui kiiresti ja millistel viisidel materialiseeruvad kliimapöördega seotud väärtushinnangute muutused ühiskonnas laiemalt?
- **Demograafiliste muutuste ebauhtlane avaldumine.** Aasia kasvav linnastumine ja Euroopa rahvastiku vananemine toovad maapiirkondades kaasa töökäte puuduse. Selle lahenduseks võivad sõltuvalt ühiskondlikest hoiakutest kujuneda soosivam suhtumine rändesse või investeeringud tehnoloogia arengusse, sh tehisintellekti ja robotikasse. Samas pole selge, kuidas mõjutab rahvastiku vananemine (nt Eestis ja mujal Euroopas) ning sellega potentsiaalselt kaasnev kasvav ühiskonna mitmekultuurilisus inimeste eelistusi toidu jm suhtes.
- **Sotsiaalne ja majanduslik ebavõrdsus ning ilmajäetus** jm rahulolematust põhjustavad tegurid (sh majandusraskused, töö-, vee- ja toidupuudus, energia ebapiisav kättesaadavus) on toitnud mitmel pool maailmas ühiskonnarühmi vastandavat populismi ning poliitilist polariseerumist. Pole veel teada, millal ühiskondliku polariseerumise suundumus peatub ja peavoolupoliitikal õnnestub ühiskond (taas) rohkem liita, ega ka see, milliseid uusi ühiskondlikke kokkuleppeid see eeldab.
- **Hariduse kättesaadavuse ja kvaliteedi paranemine** vähendab üldjuhul rahvastiku kasvu Aafrika, Aasia, India ja Ladina-Ameerika arenguriikides, võib aga ka suurendada ilmajäetuse ja rahulolematuse tunnet. Näiteks soovivad parema haridusega inimesed teha

²⁸ Hannah Ritchie & Max Roser, *Crop Yields*, Our World in Data, 2019, <https://ourworldindata.org/crop-yields>.

²⁹ Euroopa Parlament, *Megatrends in the agri-food sector: global overview and possible policy response from an EU perspective*, 2019, 24, <https://bit.ly/38YeVEj>.

³⁰ Alberto Boretti & Lorenzo Rosa, *Reassessing the projections of the world water development report*, *NPJ Clean Water*, 2(1), 1-6, 2019.

paremat tööd, ent majanduskeskkond ei pruugi suure lisandväärtusega ja atraktiivsete töökohtade teket toetada. Teiselt poolt võib tulevikuharidus, kus on keskkonnateadlikkus senisest tähtsamal kohal, mõjutada ka märksa laiemaid tarbimisharjumusi ja väärtushinnanguid (n-ö üleilmne vastutustundlikkus).

- **Kuidas muutub üleilmne tööjaotus** ning sellest tulenevalt vaesemate ja jõukamate elanike hulk ning nende proportsioon maailmas? Biomajanduse vaates on sellel kaalukad järelelmid nii põllumajandustootmise geograafiale kui ka eri turgude ostujõule ja tarbimiseelistustele.
- **Kas muutuvad kliima-, keskkonna- või majandusolud toovad kaasa rände kasvu?** Kas kliima jätkuv soojenemine võib teatud maailma piirkondades põhjustada kõrbestumise³¹ ning kas see võib koos muutuva majandusliku spetsialiseerumisega suurendada maailmas rändesurvet?
- **Kas ja kuidas muutuvad väärtushinnangud ühiskonnas?** Milliseks kujunevad näiteks elanike toidueelistused, sh valmisolek tarbida taimsest toormest reaktoris toodetud liha-asendajaid? Pole lõpuni selge, millisel määral mõjutab käitumist vastutustundliku tarbimise põhimõtte ning milliseks kujuneb üleilmse ebavõrdsuse tingimuses biomassi ja maakasutuse valdav praktika. Isegi kui kohalikud kogukonnad eelistavad tervislikku ja näiteks mahetoitu (ja ökosüsteemide säilitamist), siis üleilmne nõudlus ja turujõud võivad tuua kaasa teistsuguse (masstootmise) mudeli domineerimise.

3.2. Keskkond ja kliima

Pikaajalised trendid 2050. aastani

Et piirata kliima soojenemist 1,5...2 kraadini, vajab maailm juba 2030. aastaks kasvuhoonegaaside (neto)heite radikaalset vähenemist (joonis 8). Euroopa Liit on võtnud eesmärgiks saada 2050. aastaks kliimanetraalseks, st täita Pariisi kliimalepet, mis tähendab kasvuhoonegaaside nulltasemel netoheidet³². Samamoodi on Hiina seadnud sihiks muutuda 2060. aastaks CO₂-neutraalseks.³³

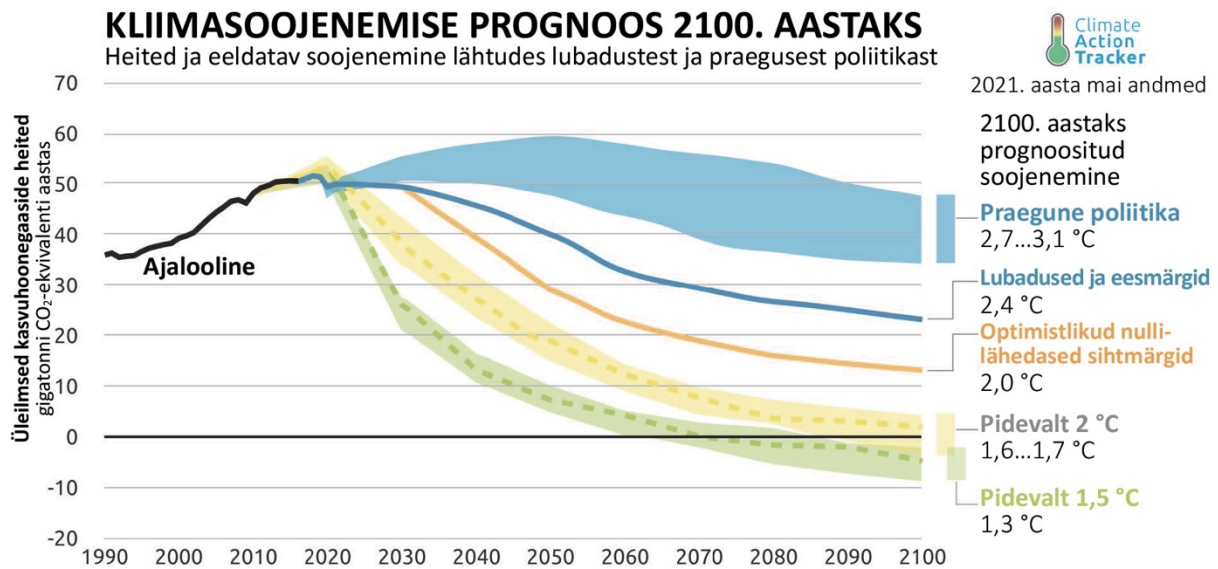
Vahepeal Pariisi kliimaleppest loobunud USA on nüüdseks sellega uuesti liitunud ja võtnud Euroopa Liidu kõrval taas kliimamuutustega võitlemisel jõulise eestkõneleja rolli. Samas ei astu sugugi kõik Pariisi kliimaleppega liitunud riigid antud lubaduste jaoks vajalikke riigisiseseid samme sama entusiastlikult.³⁴ Laiemalt on kliimamuutuste pidurdamisel keeruline aspekt nende ebaühtlane mõju riigiti ja maailmajagudes, mis toob kaasa erineva tahte probleemiga tegeleda.

³¹ P. R. Shukla *et al* (toim.), *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*, IPCC, 2019, <https://www.ipcc.ch/srccl/>.

³² *Euroopa roheline kokkulepe*, Euroopa Komisjon, COM(2019) 640 final, 2019, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1576150542719&uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>.

³³ *China carbon neutrality in 2060: a possible game changer for climate*, EEAS, 2020, <https://bit.ly/37dE8JY>.

³⁴ Vt nt ÜRO Pariisi kliimaleppega seotud riiklikult kindlaksmääratud panuste (*nationally determined contributions*) monitoorimise ülevaateid, <https://bit.ly/3oF4Sh7>.



Joonis 8. Maailma kliimasoojenemise prognoos 2100. aastaks

Allikas: *Climate Action Tracker*, mai 2021, <https://climateactiontracker.org/>.

Hiina annab umbes neljandiku ning Euroopa ja USA kokku umbes kolmandiku maailma CO₂ heitest. Isegi kui nemad ja Hiina tegelevad kliimaneutraalsuse saavutamise aktiivselt, ei piisa sellest kliima soojenemise pidurdamiseks. Kliimaeesmärkide saavutamiseks on vaja suure elaniku arvuga ja/või fossiilkütuse tootanguga laiema ringi riikide – sh Indoneesia, Nigeeria, Lähis-Ida naftatootmisriigid – koostööd (joonis 9). Samavõrra tarvilikud on muudatud väljaspool energeetikasektorit, näiteks tsemendi ja terase kasutamise vähendamine ja asendamine. See on kasvava rahvastiku ja elukvaliteedi ootuste juures üsna keeruline.

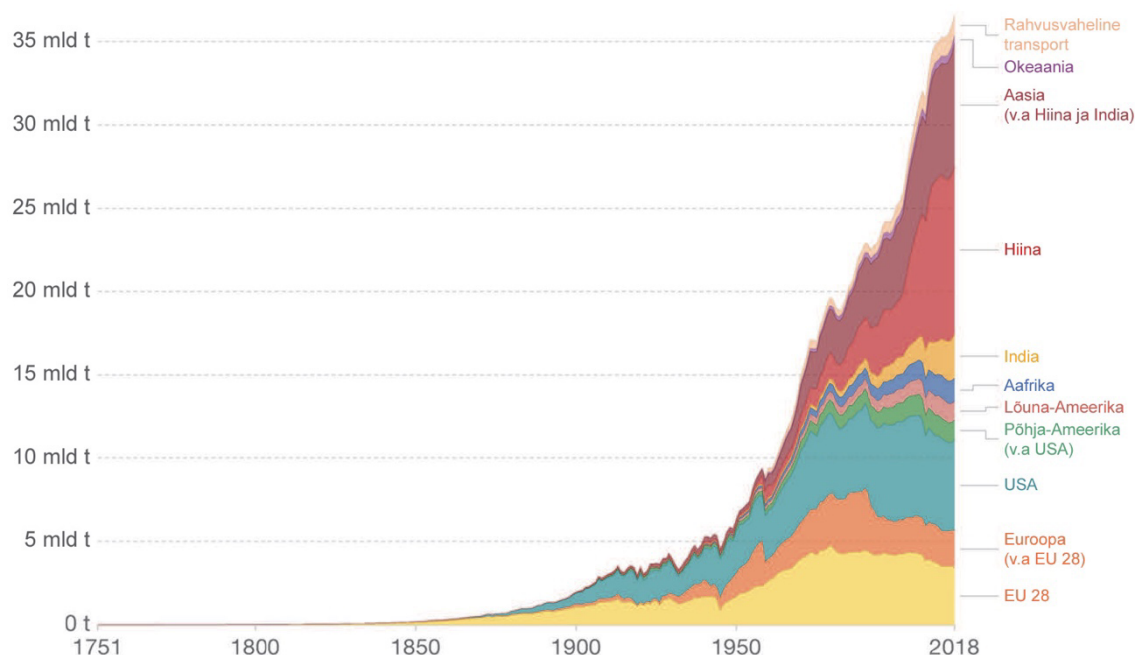
Kliimaeesmärkide saavutamisel on seejuures üks põhitakistusi rajasõltuvus senistest investeeringutest, mis toob kokkuvõttes kaotusi nii majanduse kui ka keskkonna alal. Kohene tegutsemine selleks, et piirata kliima soojenemist 2 kraadile, muudaks hinnanguliselt 10 triljoni dollari ulatuses kasutuks fossiilkütuste kasutamisega seotud varasemaid investeeringuid. Aeglasema tegutsemise korral oleks mahakantavate investeeringute summa kokku kaks korda suurem.³⁵

³⁵ Ben Caldecott *et al.*, *Stranded assets and renewables: how the energy transition affects the value of energy reserves, buildings and capital stock*, International Renewable Energy Agency, 2017, <https://bit.ly/3ov1138>.

Aastane CO₂ koguheid maailmajagudes

Sellel mõeldakse ainult CO₂ heiteid fossiilkütuste põletamisest ja tsemendi tootmisest – maakasutuse muutusega pole arvestatud.

Our World
in Data



Allikas: Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC); Global Carbon Project (GCP)

Märkus: GCP andmestikus sisalduvaid statistilisi erinevusi siin ei arvestata.

OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions • CC BY

Joonis 9. Aastane CO₂ koguheid maailmajagude kaupa

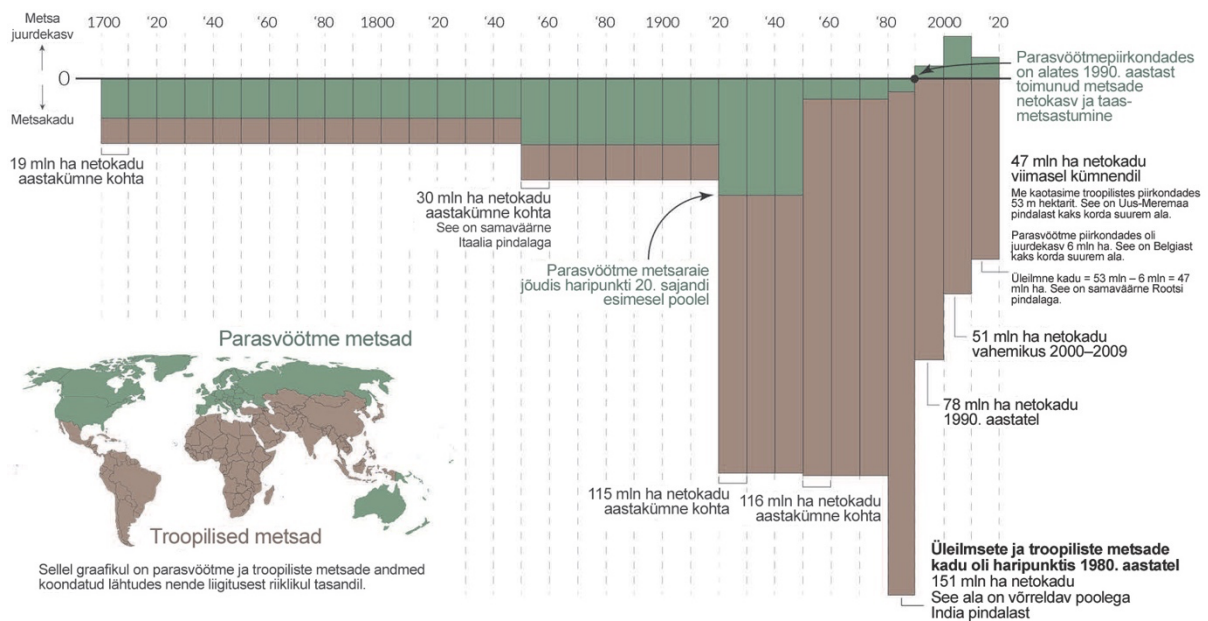
Allikas: Our World in Data, 2020, <https://bit.ly/2Vbq10V>.

Kliimaeesmärkidega võrreldes sama tähtis keskkonnaeesmärk on maailma **bioloogilise mitmekesisuse säilitamine**. Selgroogsete liikide populatsioon on viimase 40 aastaga vähenenud 68% ning selle põhjused on eelkõige maakasutuse muutused (50%) ja üleksploateerimine (24%), lisaks võõrliikide ja haiguste (13%) mõju. Bioloogiline mitmekesisus on enim kahanenud Ladina-Ameerikas (94%), samal ajal kui Euroopas ja Kesk-Aasias on näitaja 24%. Ladina-Ameerikas on seejuures ka kliimamuutustega seotud erakordsete ilmastikunähtuste (orkaanid, üleujutused, põuad jm) negatiivne mõju bioloogilisele mitmekesisusele olnud hoopis suurem kui mujal maailmas.³⁶

Troopiliste metsade pindala kiire kahanemine on olnud viimase sajandi jooksul maailma maakasutusmuutuste selgelt keskne element (joonis 10). Kui parasvöötmes on viimastel aastakümnetel hakatud maad taasmetsastama, siis troopiliste metsade pindala vähendatakse endiselt. Üle poole neist metsadest on seejuures hävinud Brasiilias jm Ameerikas. Ka Aasia (ennekõike Indoneesia) ja Aafrika metsavarud kahanevad kiiresti. Valdav osa troopiliste metsade alt vabanenud maast on võetud kasutusele põllumajandustootmise ja vähesel määral puude plantatsioonide (nn puupõldude) arendamiseks. Umbes 60% varem troopiliste metsadega kaetud maast kasutatakse veiseliha, soja ja palmiõli tootmiseks.³⁷

³⁶ R. E. A. Almond, M. Grooten & T. Petersen (eds.), *Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss*, WWF, 2020.

³⁷ Hannah Ritchie, *Drivers of deforestation*, Our World in Data, 2021, <https://bit.ly/2TJzReg>.



Joonis 10. Maailma metsade pindala vähenemine al 1700. aastast

Allikas: Our World in Data, 2021, <https://bit.ly/3gCUhia>.

Selles kontekstis nähakse põllu- ja metsamaa kõrval ühe põhilise seni just Euroopas piisavalt kasutatud leidmata biomassiallikana ookeanide, merede, ranniku- ja siseveekogude süsteemi, mis katab umbes 75% Maa pinnast.

Sinimajandust peetakse õigete viljelustehnoloogiate ja -meetodite kasutamise puhul (sh kala- ja mereannikasvatus kontrollitud tehistingimustes) tähtsaks ning põllumajandusest väiksema kasvuhoonegaaside jalajäljega toitaineliseks. Näiteks Euroopa Liidu teadusuuringute ja innovatsiooni raamprogrammi „Euroopa horisont“ ookeanide missiooniga Meritähht 2030 on seatud eesmärgiks madala toitelusastmega vesiviljelustoodete (nt vetikad, karbid, muud selgrootud) tarbimise kasv Euroopa vetest ja meredest 70%ni aastaks 2030, mis omakorda tooks kaasa CO₂ heite märkimisväärse vähenemise.³⁸ Samas on need alles üllas algusjärgus olevad tegevused. Mitu lootustandvat protsessi (nt karpide ja vetikate kasvatamine) on Euroopas samuti lapsekingades ning kestlike ärimudelite otsingud veel käivad.

Biomajanduse arengut mõjutavad olulised määramatud keskkonna- ja kliimavaldkonnas

- **Milliseks kujuneb Euroopa Liidu, Hiina ja USA kliimakoostöö?** Millistel tingimustel õnnestub neil tõmmata kaasa teisi riike, mis emiteerivad ulatuslikult kasvuhoonegaase? Kas maailm suudab tegutseda keskkonna- ja kliimavaldkonnas senisest koordineeritumalt ning kokkulepitust ka kinni pidada? Kas ja milliseid meetmeid rakendatakse kokkulepete mittejärgijate suhtes?
- **Millistes aspektides muudetakse rohepöörde- ja kliimaeesmärke (eeldatavasti karmistamise suunas)?** Milliseks kujunevad näiteks energiatootmises puidu kasutamist puudutavad eesmärgid või õigusnormid?

³⁸ Vt Euroopa Liidu ookeanide missiooni Meritähht 2030: https://ec.europa.eu/info/publications/mission-starfish-2030-restore-our-ocean-and-waters_en.

- **Kuidas viiakse kliimapolitiilised strateegiad ellu?** Kas erinevaid eesmärke ja sihte vaadatakse koosmõjus? Kas näiteks maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse (LULUCF) sektoris võib tekkida maakasutuse valdkondade vastastikune sõltuvus, st kas metsadest saab näiteks muu maakasutuse puhverdaja ning kuidas see mõjutab metsamaa kasutamist, bioressursi tootmist ja kasutamist)?
- **Kas looduskeskkonnas või ökosüsteemi toimimises tekib suuremaid ootamatuid häiringuid või muutusi (katastroofid, parasiitsed kahjurid, võõrliikide levik vms), mis muudavad täielikult meie elamise ja majandamise tingimusi?** Seejuures on teatav ebakindlus ja teadmatus selles, kas metsade CO₂ sidumise võime säilib selliste häiringute (tihenevad tormid, metsatulekahjus, kahjurite ründed) kasvamise korral või tuleb leida senisest rohkem alternatiivseid lahendusi.
- **Milliseks kujuneb kliimamuutuste mõju erinevatele geograafilistele piirkondadele?** Näiteks Eestis pikendab temperatuuri tõus vegetatsiooniperioodi, kuid see ei pruugi mõjuda tingimata hästi biomassi kvaliteedile (tekib vajadus suurendada häiringutega kohanemise võimet jne) ning töötlemisele (metsast puidu kättesaamine soojema ilma ja pehmema pinnase korral jne). Mis juhtub kliima soojenemisega seoses põllumuldade kvaliteedi ja toitainetega mullas?
- **Ka parimad atmosfääri tsirkulatsioonide mudelid on ebapiisavad** ega suuda lõplikult selgitada ega prognoosida soojuse, niiskuse, mussoonide ega Golfi hoovusega toimuvat.

3.3. Majandus ja energiavarustus

Pikaajalised trendid 2050. aastani

Hiina majandus on ostujõu pariteeti arvestades juba suurem kui USA oma ja sisemajanduse koguprodukti (SKP) nominaalmahult möödub sellest majanduse senise kasvutempo jätkumise korral 2030. aastaks. USAst möödub 2050. aastaks SKP mahult ka India ning eeldatavalt jätkub teistegi Aasia riikide, sh Indoneesia, Bangladeshi, Pakistani, Vietnami ja Malaisia, kiire majanduskasv.³⁹ Sisemiselt väga eriilmeline Aasia muutub seega sajandi keskpaigaks ülekaalukalt maailma võimsaimaks majanduspiirkonnaks, kus on nii teadmise- ja tehnoloogiamahtukaid kui ka suhteliselt töajõu- ja ressursimahukamatele tegevustele spetsialiseeruvaid piirkondi.

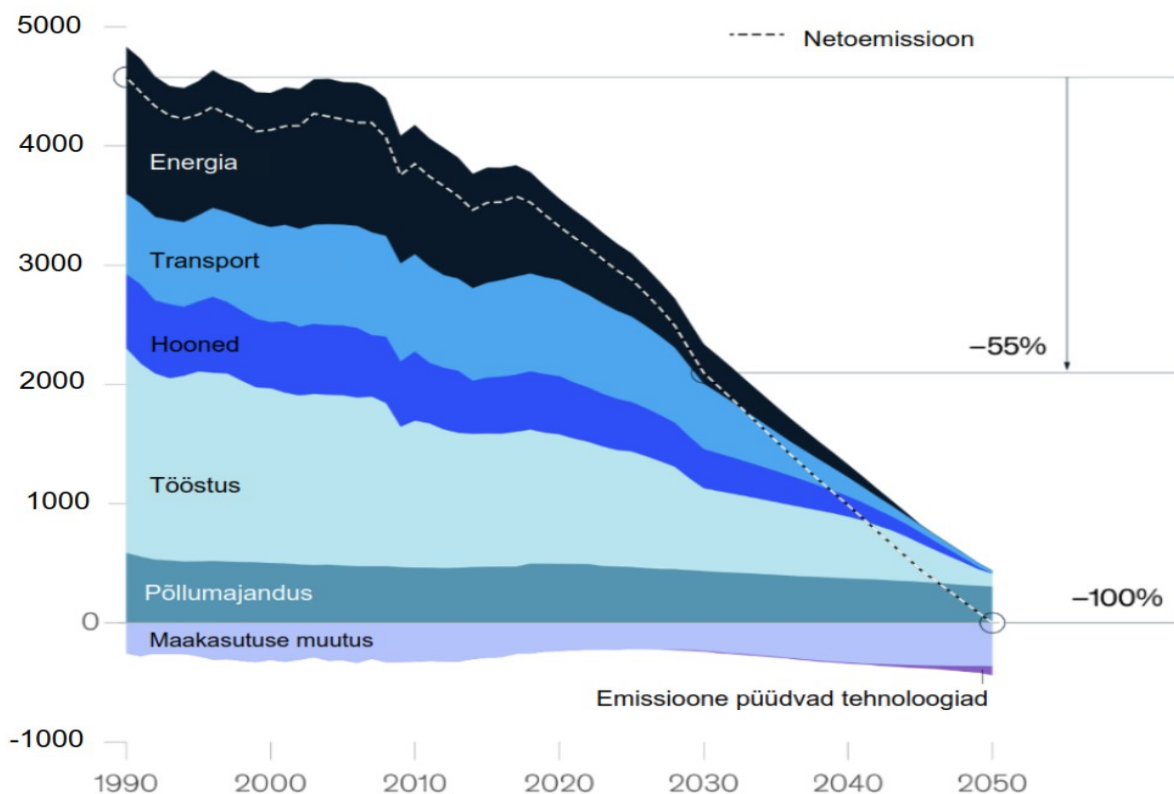
USA energiainfo administratsiooni prognoosi järgi kasvab 2050. aastaks maailma energiatarbimine ligikaudu 50% ja McKinsey 2020 hinnangul võib see koguni kahekordistuda.⁴⁰ Maailma kasvuhoonegaaside heite senine kasv on olnud valdavalt seotud energiasektoriga.⁴¹ Euroopa energiasüsteem põhineb fossiilkütustel: need katsid 2016. aastal 71% kogu energiavajadusest.⁴² Kliimaeesmärgid sunnivad otsima alternatiivseid energiaallikaid ja vähendama energiatarbega seotud kasvuhoonegaaside heidet nii transpordis, tööstuses kui ka hoonete kütmisel ja jahutamisel (joonis 11).

³⁹ *The World in 2050: Will the shift in global economic power continue?*, PwC, 2015, <https://pwc.to/3uKqOZ6>.

⁴⁰ Ari Kahan, *EIA projects nearly 50% increase in world energy usage by 2050*, led by growth in Asia, September 2019, <https://bit.ly/3y59Y8g>; Paolo D'Aprile et al., *How the European Union could achieve net-zero emissions at net-zero cost*, McKinsey, 2020, <https://mck.co/3or4OOm>.

⁴¹ Florence Gaub et al., *Global Trends to 2030: Challenges and Choices for Europe*, European Strategy and Policy Analysis System, 2019, <https://bit.ly/370Pxxh>.

⁴² European Environmental Agency, *Sustainability Transitions: Policy and Practice*. Publications Office of the European Union, 2019, 30.



Joonis 11. Kulutõhusaim teekond kasvuhoonegaaside heite vähendamiseks Euroopa Liidus 2050. aastaks, megatonni CO₂ ekvivalendis

Allikas: Paolo D'Aprile *et al.*, *How the European Union could achieve net-zero emissions at net-zero cost*, McKinsey, 2020, <https://mck.co/3or40Om>.

Energiasektoril on samas võimalik muutuda CO₂-neutraalseks üsna kiiresti, kui taastuvenergiaallikad võetaks kasutusel suurema otsustavusega. Päikese- ja tuuleenergia tehnoloogia arengu ning investeringu maksumuse kiire vähenemise tulemusena suureneb pidevalt elektri väiketootjate hulk ning valmisolek võtta elektrienergia laialdasemalt kasutusele. Päikese- ja tuuleenergia pakkumine maailmas ületab juba 2024. aastaks kivisöest toodetava elektrienergia pakkumise.⁴³

Päikeseenergia hakkab muutuma maailma ajaloo kõige odavamaks energialiigiks. Tööstuslikul skaalal toodetuna maksab see Euroopas ja USAs juba praegu 30–60 dollarit ning Hiinas ja Indias 20–40 dollarit MWh kohta. Need hinnatasemed on kivisöest toodetava energia hinnast allpool, ent päikeseenergia hind langeb tehnoloogia arengu ja tootmises saavutatava suurema mastaabi toel ilmselt veelgi.⁴⁴

Euroopa Liit sõltub mitme kriitilise ressursi puhul ligipääsust üksikute riikide maavaradele või toodetele, millele on kasvav üleilmne konkurents. Näiteks Hiina toodab üle 70% maailma

⁴³ Renewables 2020, IEA, 2020, <https://www.iea.org/reports/renewables-2020>.

⁴⁴ *World Energy Outlook 2020*, IEA, 2020, <https://bit.ly/39vFAIO> ja <https://bit.ly/3oFqy9L>.

päikesepaneelidest, 69% liitiumioonakudest ja 45% tuuleturbiinidest.⁴⁵ Ligikaudu 78% Euroopas kasutatavast liitiumist imporditakse aga Tšiilist.⁴⁶ Sisseveetavate sisendite kättesaadavus piisavas mahus võib osutuda oluliseks määramatuseks.

Biomass on seevastu maailma kasvava energiavajaduse katmiseks üsna ebatõhus allikas. Kogu maailma 2010. aasta biomassitoodanguga (puit, taimed, loomad jne) saaks 2050. aastal katta ainult 20% maailma primaarenergia vajadusest. Biomassi on seetõttu otstarbekas kasutada energia tootmiseks ainult kaskaadkasutuse loogika alusel ja puhkudel, mil muid energiaallikaid pole võimalik kasutada või toorme halb kvaliteet ei võimalda valmistada sellest kestlikumaid tooteid.

Kui energiatootmise ja transpordiga seotud kasvuhoonegaaside heidet on võimalik vähendada üsna kiiresti, siis põllumajanduse kasvuhoonegaaside heite vähendamine on praeguse tehnoloogia juures üldpildis liiga kulukas. Seetõttu on pikemas plaanis pigem otstarbekas siduda CO₂ näiteks nii, et (taas)rajada kasutuseeta maadele metsi.⁴⁷

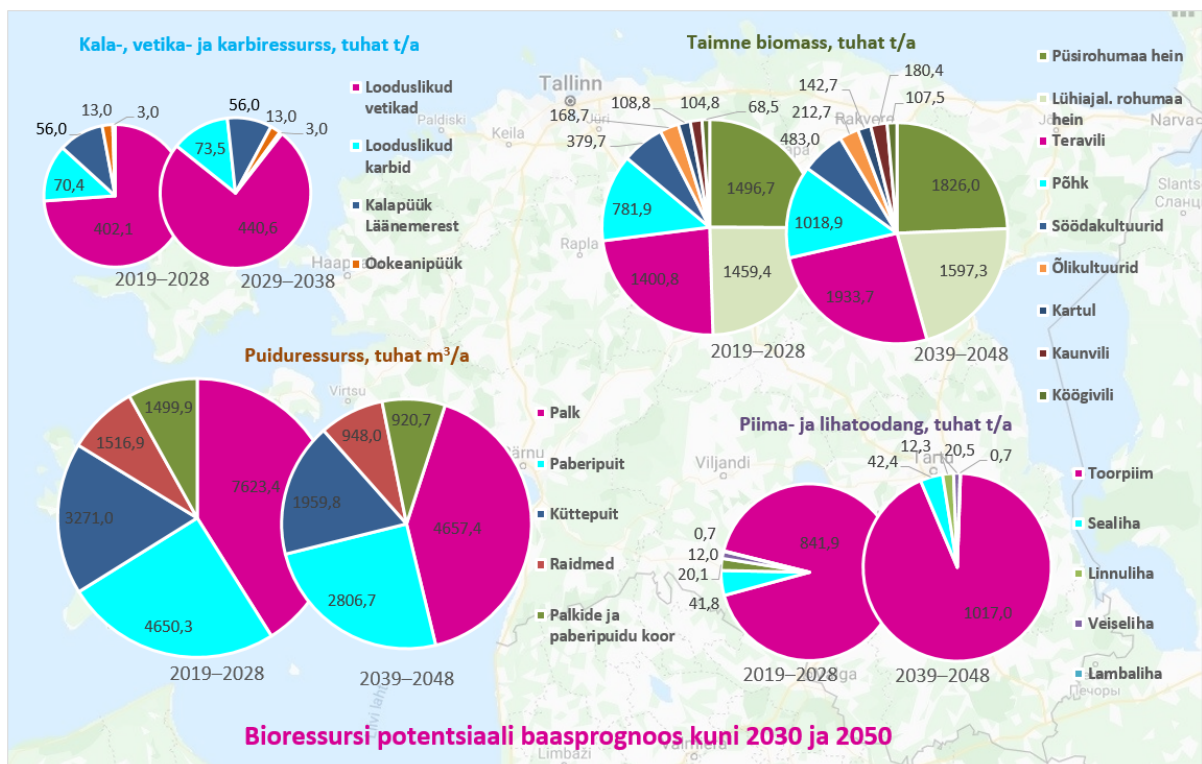
ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 2.1 käigus koostatud Eesti bioressursi potentsiaali baasstsenaariumis⁴⁸ on hinnatud, et praegusega võrreldes väheneb Eesti puiduressurss raieküpsuse dünaamika tõttu 2050. aastaks märkimisväärselt. Taimsel biomassil ning liha- ja piimatoodangul on samas potentsiaali kasvada (põhjalikumalt järgmistes peatükkides). Kala-, vetika- ja karbiressursi kättesaadavus muutub seniste trendide jätkudes ning ilma nende kasvatamist soodustavate suurte mõjusate poliitikasekkumisteta pigem vähesel määral (joonis 12). Sekkumiste võimalikku mõju – sh Euroopa Liidu missiooni Meritäht 2030 ja 2022. aastasse kavandatud Euroopa Liidu vetikate algatust – tutvustame neljandas peatükis.

⁴⁵ *China carbon neutrality in 2060: a possible game changer for climate*, European Union External Action Service, 2020, <https://bit.ly/3uS7f11>.

⁴⁶ Vt Euroopa Komisjon, *European Strategic Foresight Report*, 2021, <https://bit.ly/3BqJJaK>.

⁴⁷ Vt ka *10 Breakthrough Technologies Can Help Feed the World Without Destroying It*, World Resource Institute, 2019, <https://bit.ly/3b9KwWm>.

⁴⁸ Vt Jaan Kers *et al.*, *Eesti biomajanduse pikaajalised bioressursi potentsiaali prognoosid: 2030 ja 2050, ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 2.1 vaheanalüüs*, Tallinn & Tartu, 2020.

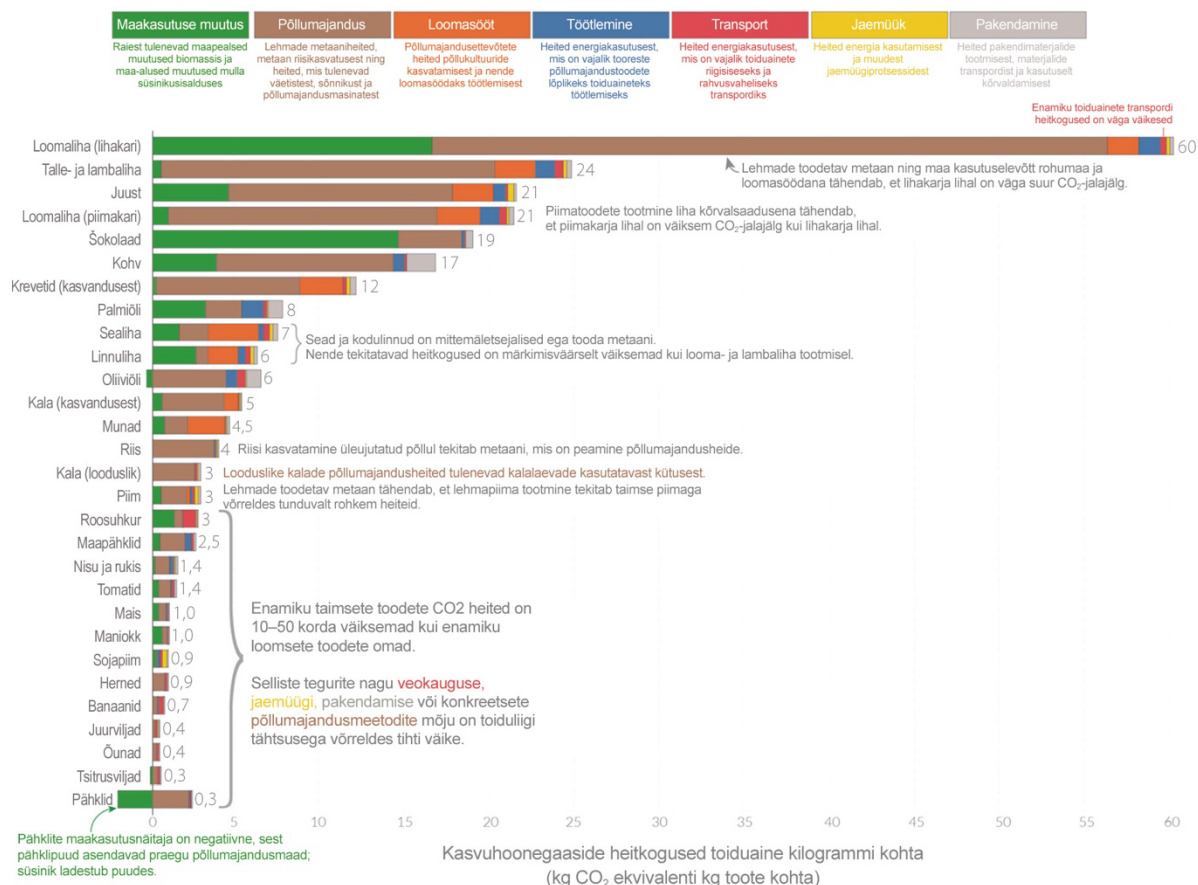


Joonis 12. Eesti bioressursi potentsiaali baasproгноos 2030.–2050. aastani

Allikas: Jaan Kers *et al.*, Eesti biomajanduse pikaajalised bioressursi potentsiaali prognoosid: 2030 ja 2050, ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 2.1 vaheanalüüs, Tallinn & Tartu, 2020.

Tuleb tähele panna, et nii toiduainetootmise maakasutuse kui ka kasvuhoonegaaside intensiivsus erineb tooterühmiti väga suurel määral (joonis 13). Seetõttu poleks üllatav, kui rangemad kliima- ja keskkonnanõuded tooksid kaasa hoopis veiseliha tootmise ja tarbimise märgatava vähenemise ning taimsest toormest valmistatud toiduainete tarbimise kasvu. Veiseliha tootmise vähendamine vabastaks omakorda rohumaad, mida saaks kasutada muuks otstarbeks.⁴⁹

⁴⁹ Eesti põllumajandusmaast on püsirohumaad umbes kolmandik. Euroopa Liidu ühtse põllumajanduspoliitikaga (art 45) on seatud püsirohumaad säilitamise kohustus. Eesti vähim püsirohumaad suhtarv ei tohi võrreldes 2015. a suhtarvuga väheneda üle 5%. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02013R1307-20190301>.



Joonis 13. Kasvuhoonegaaside heide toiduainete väärtusahelas

Allikas: Hannah Richie & Max Roser, Environmental impacts of food production, 2020, Our World in Data, <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>.

Bioressursi potentsiaalile ja tulevasele väärdamisele mõeldes tuleb kindlasti arvestada, et esmapilgul suhteliselt lihtsate ressursitõhususe näitajate taga on põhjanevamad majandusliku spetsialiseerumise muustrite muutused ning kasvav rahvusvaheline ressursisõltuvus. **Kõrgema elatustasemega riikidele on omane nende (bio)majanduse kohalikest ressursidest lahtisidumine. See tähendab ennekõike liikumist teadmisk- ja tehnoloogiamahukamate tegevuste poole, aga ka importtoorme laialdasemat kasutamist ning osa tootmisfunktsioonide paigutamist toorme ja sihtturgude suhtes soodsama asukohaga riikidesse.**

Nii näiteks on ka Euroopas kasutatavas biomassis kiiresti kasvanud importtoodete osakaal. See on põhjustanud olukorra, kus kaks kolmandikku maast, mida Euroopa Liit vajab toiduks ja söödaks mittekasutatava biomassi tootmiseks, asub hoopis teistes maailmajagudes.⁵⁰ Biomassi tulevasele olemasolule, struktuurile, kvaliteedile ja kättesaadavusele mõeldes on seetõttu kohaliku maakasutuse ning bioressursi olemasolu kõrval ülimalt tähtis pidada silmas rahvusvahelise ressursikaubanduse võimalikke tulevikusuundumusi.

⁵⁰ Martin Bruckner et al., *The global cropland footprint of the non-food bioeconomy*, ZEF Discussion Papers on Development Policy, No. 253, 2018, <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/191772/1/zef-dp-253.pdf>; Holger Hoff et al., *Sustainable bio-resource pathways towards a fossil-free world: the European bioeconomy in a global development context*, SEI, 2018, 8, <https://bit.ly/3slBxrm>.

Biomajanduse arengut mõjutavad olulisimad määramatud majanduse ja energia- varustuse valdkonnas

- **Milliseks kujuneb maailma majandusarengu dünaamika süveneva ökoloogilise kriisi ja arenenud riikide niigi väga kõrge võlakoormuse tingimustes?** Maailma sotsiaal-majanduslik areng on kujunenud nii maailmajagude ja riikide võrdluses kui ka üha enam riikide või isegi suurlinnade piires väga ebaühtlaseks.⁵¹ Covid-19 pandeemia ja kliima soojenemisega seoses sagenevad erakordsed ilmastikunähtused jmt võimendavad riikide majandusarengu erinevusi eeldatavasti veelgi.
- **Kas Euroopa Liit suudab oma tehnoloogia-, majandus- ja regionaalarengu poliitikat piisavalt ühtlustada?** Euroopa Liit ja euroala ühendavad majanduse väga erineva konkurentsivõime ja võlakoormusega riike, näiteks oli aastate 2009–2019 suur küsimus tinglikult see, kuidas luua majandus- ja rahapoliitika, mis sobiks samal ajal nii Saksamaale kui ka Kreekale. Rahapoliitika lõdvendamine on toonud ajutise leevenduse, kuid ettepoole vaadates on endiselt õhus küsimus, kuidas õnnestub Euroopal vältida tõsisemaid finants- ja majanduskriise (sh rohelise kokkuleppe eesmärkide täitmisel), mis võivad mõjuda Euroopa majandusele kui tervikule laastavalt.
- Kõik majandustegevused ei ole ühesuguse energia- ja ressursiintensiivsusega. Kas ja kui tugevalt **nõrgeneb eesliniriikide majanduskasvu ja loodusressursikasutuse (sh energia- ja kasvuhoonegaaside intensiivsuse) seos** tänu keskendumisele teadmismahukatele ning vähese ressursimahukusega tegevustele? Kuidas hakkavad võimalikud ressursi- ja kliimamaksud mõjutama vaesemaid ja ressursimahukama majandusega riike?
- **Milliseks kujuneb ressursikasutuse tõhusus siis**, kui biomassi maht ja kasutamine kõigub? Näiteks küpse metsa prognoosid varieeruvad pikas plaanis. Kui suurt osa puidust kasutatakse suurema lisandväärtusega toodeteks või energia tootmiseks? Kui tõhus on maakasutus? Kui tähtsal kohal on seejuures CO₂ sidumise eesmärgid? Millist rolli mängivad materjalide või ka päikese- ja tuuleenergia tootmises rohumaa ja liigniisked alad? Kui edukaks kujuneb veepõhise biomassi (vetikad, karbid, muud selgrootud) kasvatamine erinevate ahelate sisendina (toidust energeetikani ja kasvuhoonegaaside sidujana), eriti näiteks vähese soolasusega Läänemere piirkonnas?
- Milliseks kujunevad bioloogilise mitmekesisuse säilitamise ja **biosüsteemide lõimimise põhimõtted**? Milliseks kujuneb seejuures puidu plantatsioonide (nn puidupõldude) ja rohealade hoidmise tasakaalupunkt ning kas looduslähedasem, euroopalik metsa-majandus jääb valdavaks? Millisel määral arvestatakse biomassi kestlikkuse hindamisel kohalikku eripära (nt metsarikastele ja mereriikidele sobilikud põhimõtted)?
- **Millise lahenduse leiab Eesti ja Euroopa energiasüsteemi lõimimine ning terviklik mõtestamine hajutatud tuule- ning päikeseenergia tootmise ning elektrienergia tarbimise osakaalu suurenemise võtmes?** Mida toob näiteks elektrivõrgu arhitektuurile kaasa hajutatud tootmise osakaalu kasv ja kesksete tootmisvõimsuste tähtsuse vähenemine? Millised uued salvestamisviisid tekivad? Millised juhitavad võimsused (nt sünteetilise kütused / vesinik, biomass, hüdropumbajaamad) kujunevad Eestis ja lähipiirkonnas valdavateks? Milliseks kujuneb bioenergia tootmise mõttekus ja konkurentsivõime Euroopas ja Eestis, arvestades muu hulgas energiaturvalisuse aspekti? Kas Eesti peaks varustama end elektrienergiaga ise või piisab sellest, kui oleme lõimitud Põhja- ja Baltimaade ühtsesse elektrisüsteemi?

⁵¹ Richard Florida, *The New Urban Crisis*, 2017; vt. lühidalt ka <https://bloom.bg/39jmJ5E>.

- Mil viisil **muutub üldine majanduskäsitlus** laiemate ühiskondlike, ökoloogiliste väljakutsete kontekstis? Kas valdav mõtteviis seab esiplaanile majanduskasvu või peetakse sellest hoopis tähtsamaks näiteks muutuvate kliimaoludega kohanemist, säilienõtkust ja elurikkust? Kas ja kui kiiresti **minnakse vanadelt tarbimisharjumustelt üle uutele** ning kas seejuures suudetakse järgida kestlikkuse põhimõtteid (vs. digimaailma kasvav energia-intensiivsus jm)? Kui kiiresti ja tõhusalt elektrifitseeritakse erinevad sotsio-tehnilised süsteemid ja laiemalt seotakse need lahti fossiilsetest allikatest ning kas seejuures suudetakse kontrollida Jevonsi paradoksi⁵² näiteks transpordis?

3.4. Teadus ja tehnoloogia

Pikaajalised trendid 2050. aastani

IT kiiret arengut on juba 1960. aastatest kirjeldatud Moore'i seadusega, mille järgi kahekordistub mikrokiibis sisalduvate transistorite arv iga kahe aastaga, samal ajal kui arvuti hind langeb kaks korda. Inimgenoomi sekveneerimise maksumuse näitel on biotehnoloogia arenenud viimasel paarikümnel aastal veelgi kiiremini.⁵³ IT ja biotehnoloogia arengut iseloomustab seejuures sümbioos, sest arvutusvõimsuse kasv ja robotika areng aitab inimkonnal paremini mõista, kuidas toimivad bioloogilised organismid.⁵⁴ Bioloogia ja biotehnoloogiateadmised inspireerivad ning toetavad omakorda IT arengut, sh masinõppe (tehisintellekti) arendamist.

Üks biotehnoloogias viimastel aastatel sündinud kesksemaid läbimurdeid on CRISPR-Cas9 tehnoloogia⁵⁵, mis võimaldab suhteliselt lihtsasti muuta DNA järjestusi ja geenifunktsioone. Tulevasi biotehnoloogia edasiarendusi, mis avavad järgmistel kümnenditel võimaluse elusorganismide n-ö programmeerida, võib nende potentsiaalse majandusliku ja ühiskondliku mõju poolest paljuski võrrelda 1970. aastate alguses loodud esimeste Inteli mikroprotsessoritega, mis panid aluse praegusele personaalarvutite ajastule.

Kiiresti areneval biotehnoloogiavõimekusel (joonis 14) on märkimisväärne potentsiaal ulatuslikult muuta nii majandust kui ka ühiskonda laiemalt:

- tehnoloogiliselt oleks võimalik **60% maailma tootmissisenditest toota biomassist**, saades seejuures varasemast paremate omadustega ja keskkonnasäästlikumaid materjale⁵⁶;
- tehnoloogilised läbimurded muudavad **biopõhiste toodete väljatöötamise senisest palju kiiremaks ja täpsemaks**, rajades muu hulgas tee personaalmeditsiini üha täpsemaks arendamiseks, taimede ja pinnase kohta kogutava uue info kasutamiseks põllumajanduse

⁵² Inglise ökonomist William Stanley Jevons märkas, et tehnoloogiline areng, mis kasvatas kivisöe kasutamise tõhusust, mitte ei vähendanud selle tarbimist, nagu oli oodatud, vaid kivisöe tarbimine eri tööstusharudes hoopis suurenes. Jevons väitis seetõttu, et tehnoloogia areng ei vähenda tingimata energiatarvet. Vt William Stanley Jevons, *The coal question: An inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines*, London, Macmillan and Company, 1866.

⁵³ Michael Chui et al., *The Bio Revolution: Innovations transforming economies, societies, and our lives*, McKinsey Global Institute, 2020, <https://mck.co/3pZxXlw>.

⁵⁴ Ewen Callaway, It will change everything: DeepMind's AI makes gigantic leap in solving protein structures, *Nature*, 30.11.2020, <https://doi.org/10.1038/d41586-020-03348-4>.

⁵⁵ CRISPR-Cas9 meetodi arendajad Emmanuelle Charpentier ja Jennifer Doudna pälvisid 2020. a Nobeli preemia keemia valdkonnas, vt <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2020/press-release/>.

⁵⁶ Michael Chui et al., *The Bio Revolution: Innovations transforming economies, societies, and our lives*, McKinsey Global Institute, 2020, <https://mck.co/3pZxXlw>.

tootlikkuse suurendamisel, geenitestidel põhinevate personaliseeritud toitumiskavade arendamiseks jmt;

- kasvab võimekus inim- jm organisme muundada ja ümber programmeerida näiteks eesmärgiga luua geneetiliselt muundatud, suurema saagikusega või ilmastikukindlaid taimi ning tõkestada vektorite kaudu levivate haiguste levikut;
- kasvab võimekus luua bioloogiliste organismide ja arvutite vahele uusi liideseid näiteks selleks, et taastada kadunud nägemistaju.



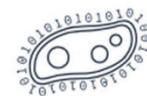
Biomolekulid



Biosüsteemid



Biomassinate liideseid



Bioarvutus





	Biomolekulid	Biosüsteemid	Biomassinate liideseid	Bioarvutus
Terminid				
Kaardistamine	Rakuprotsessid ja -funktsioonid raku siseste molekulide (nt DNA, RNA, valgud) mõõtmise kaudu nn -oomika-teaduses	Keerulised bioloogilised süsteemid ja protsessid ning rakkudevaheline koostoime	Elusorganismide närvisüsteemide struktuur ja toimimine	Rakusisesed signaali ülekanderajad või rakuõrgustikud, mis annavad konkreetsetel tingimustel väljundteavet (arvutuste tegemiseks)
Nn inseneerimine¹	Rakusisesed molekulid (nt genoomi modifitseerimine)	Rakud, koed ja organid, sh tüvirakutehnoloogiad ja -siirdamine	Hübriidsüsteemid, milles elusorganismide närvisüsteemid ühendatakse masinatega	Rakkude ja nende osade kasutamine arvutusprotsessides (andmete säilitamine, otsing ja töötlemine)
Näited	Monogeensete haiguste geeniteraapia	Laboris kasvatatud liha	Neuroproteesid inim- või robotjäseme mootorsete funktsioonide juhtimiseks (implantaat või väline peakomplekt)	Andmete säilitamine DNA lõikudes

Joonis 14. Biotehnoloogia neli põhilist arengusuunda

Allikas: Michael Chui *et al.*, *The Bio Revolution: Innovations transforming economies, societies, and our lives*, McKinsey Global Institute, 2020, lk 3.

Kuna uute, tehnoloogiamahukate toodete omahind on esialgu pigem kõrge ja tootmismahut väike, siis võib oodata, et need osutuvad eeloleval kümnendil majanduslikult konkurentsivõimeliseks põhiliselt keerukamates ja suurema lisandväärtusega valdkondades, nagu seda on tervishoid ja (bio)farmaatsiatooted. Samas ei tasu biomajandust tugevalt mõjutavate kliimaeesmärkide ja -poliitikate kontekstis alahinnata uue tehnoloogia (IKT ja andmelahendused, biotehnoloogia jms) rakendamise mõju innovaativuse, tootlikkuse ja kestlikkuse suurendamiseks traditsioonilistes sektorites ja harudes (nt biomassi tootmine põllumajanduses, metsanduses ja vesiviljeluses).

Juba praegu loodud biotehnoloogia rakenduste (joonis 15) otsene majandusmõju võib McKinsey järgi ulatuda lähema 10–20 aasta jooksul 2–4 triljoni euroni aastas (kuni 5% maailma SKPst). Teisisõnu on biotehnoloogial potentsiaal muutuda maailma majanduskasvu üheks põhimootoriks, nagu oleme seda viimastel aastakümnetel kogunud IKT arengu puhul.

Kasutusnäited Loetelu ei ole ammendav	Rakendamise kiirenemise punkti eeldatav ajavahemik valdkondade lõikes			
	Olemasolevad Enne 2020. a	Lühike väljavaade 2020–30	Keskpikk väljavaade 2030–40	Pikk väljavaade Alates 2040
Inimeste tervis ja tulemuslik- kus ² 	Geenikandjate tuvastamine Mitteinvasiivne sünni- eelne diagnostika	Kimäärse antigeeni- retseptoriga T-raku teraapiad verevähkide ravis Kehavedelike biopsia	Geeniülekanne siiruta- jate kaudu levivate hai- guste vähendamiseks Kimäärse antigeeniret- septoriga T-raku teraa- piad tahkete kasvajate ravimiseks	Tüvirakkudest toodetud siirdatavad elundid Embrüo modifitseeri- mine meditsiini- eesmärkidel (nt CRISPR-i kaudu)
Põllumajandus, akvakultuur ja toit ³ 	Markeripõhine aretus (põllumajandus- kultuurid ja toiduks kasutatavad loomad) Toidu päritolu, ohutuse ja autentsuse genee- tiline tuvastamine (nt allergeenid, liigid, patogeenid)	Taimsed valgud Põllukultuuride mikro- bioomi diagnostika ja probiootiline ravi	Laboris kasvatatud liha Geneetiliselt muunda- tud loomad – kiirem kasv	Geneetilised muunda- tud põllukultuurid – kiirem kasv tõhustatud fotosünteesi abil
Tarbekaubad ja teenused ⁴ 	DTC-geenitestid – põlvnemine	Isikustatud toidutee- nused, mis põhinevad geneetilisel ja mikro- bioomi profiilil DTC-geenitestid – isikustatud tervise- ja elustiiliteave	Bioandurid tervise, toitumise ja kehalise võimekuse jälgimiseks, mis põhinevad nn oomikaandmetel	Geeniteraapia – naha vananemine
Materjalid, kemikaalid ja energia ⁵ 	Uued bioloogilised suu- nad ravimitootmises (nt peptiidid)	Uued materjalid – biopestitsiidid/ -väetised (nt RNAi- pestitsiidid) Täiustatud käärimis- protsessid – toidu- ja sööda koostisained (nt amino- ja orgaanili- sed happed)	Uued materjalid – biopolümeerid (nt PLA, PET)	Bioloogilised päikese- elemendid ja bioakud
Muud kasutus- alad	DNA sekveneerimine kriminalistikas		CO ₂ biosidumine Saaste bioloogiline likvideerimine	

Joonis 15. Mõnede biotehnoloogia rakenduste kiire kasvu faasi jõudmise arvatav aeg

Allikas: Michael Chui *et al.*, *The Bio Revolution: Innovations transforming economies, societies, and our lives*, McKinsey Global Institute, 2020, 20.

Biomajanduse arengut mõjutavad olulisimad tehnoloogilise arengu määramatused

- Kas toiduainetootmine või muu biomajanduse valdkond **muutub tehnoloogia arengu tõttu nii põhimõtteliselt, et praegusesarnasest põllumajandusest ja toiduainete geograafilistest turgudest ei ole enam mõtet rääkida?** Kas näiteks liha kasvatatakse tulevikus peamiselt reaktorites?
- Kas **biorevolutsiooni määravad peamised uued tehnoloogiad, taristu** jms sünnivad esmalt USAs, kus tegutseb palju suuri (bio)farmaatsiatööstuse ettevõtteid, või hoopis Euroopas või Hiinas? Millist mõju avaldab see tehnoloogia arengu trajektooridele ja

sektoriaalsele rõhuasetusele (nt toit vs. energeetika ja materjalid), võttes arvesse eri riikide suhtumisi näiteks CRISPR-tehnoloogiasse ja bioetikasse?

- Milliste uute **rahvusvaheliste õigusnormide vajaduse toovad kaasa uute, biotehnoloogiarikaste toodete laialdase kasutuselevõtuga seotud riskid?** Kui konservatiivse hoiaku võtab selles Euroopa Liit? Näiteks, kas ja millises ajaraamis otsustab Euroopa Liit asuda soosivamale seisukohale geneetiliselt muundatud organismide ja CRISPR-tehnoloogia kasutamise suhtes toiduainetes?⁵⁷ Kas ja kui kiiresti ning milliste põhimõtete alusel tekivad biorevolutsiooni valitsemist toetavad **rahvusvahelised organisatsioonid ja standardid?**
- Kas **maakasutus on 2050. aastaks tehnoloogia arengu mõjul hoopis teistsugune** või mitte? Kas võib eeldada, et Eesti-sugustes riikides on põllumajandussaaduste tootmise ja metsamajanduse all ligikaudu sama suur osakaal territooriumis kui praegu? Kas näiteks nn vertikaalse põllumajanduse ja sünteetilise liha laialdane kasutuselevõtt või veepõhise biomajanduse osakaalu kasv võib vabastada varem taime- ja loomakasvatuseks kasutatud maad muudeks vajadusteks?
- **Kui hästi suudetakse tasakaalustada (reguleerida) biorevolutsiooni arengumudeli** (parimate lahenduste otsimine ja nende skaleerimine) **ja looduskeskkonna võimalike riskide maandamise põhimõtteid** (loodusliku mitmekesisuse säilitamine)? Muu hulgas võib sarnase „koodiga“ biomass (mets, taimed, loomad) olla tihenevate kliimahäiringute korral suur riskiallikas, sest näiteks üksikutel viirustel ja parasitidel võib olla kiirem ja laiem negatiivne mõju.
- **Teadmatust seoses uue tehnoloogia leviku kiiruse ja ulatusega.** Milline on näiteks puidupõhise ehituse laienemise kiirus ja ulatus? Kui aktiivselt suudetakse rakendada suurandmeid ja tehisintellekti selleks, et tõhustada ressursikasutust?
- **Inimtervise kvaliteedi parandamine tehnoloogia abil.** Kui kiiresti ja tõhusalt suudetakse maailmas tagada energia n-ö tõhusam kasutus parema ja tervislikuma toitumise abil (vähem ülesöömist ja alatoitumist)?
- **Uudse tehnoloogiaga kaasnevate ärimudelite arengudünaamika.** Kas tehnoloogia püütakse allutada masstootmise paradigma hierarhilisele loogikale või tekivad IKT-sektorile omaste avatud ja detsentraliseeritud mudelite, sh interneti ja vabavara liikumise toel uued kogukonnapõhised lähenemised, näiteks biohackerlus?

3.5. Poliitika ja geopoliitiline tasakaal

Pikaajalised trendid 2050. aastani

Viimaseid aastakümneid on iseloomustanud Aasia majandusvõimsuse kiire kasv. Kui Hiina SKP jõuab elaniku kohta pooleni USA näitaja tasemest, saab Hiina konkurentsilt suurima majandusega riigiks, kus aastas loodav lisandväärtus ületab USA näitajat kaks korda. Seetõttu on 21. sajandit nimetatud sageli Aasia sajandiks.⁵⁸ Sealne kasvav majandusvõimsus toob kaasa poliitilise ja militaarse mõjukuse kasvu. USA, Euroopa ja Hiina püüdleval samas nii olulisimate majandussisendite kui ka tootmisvõimsuste puhul suurema strateegilise autonoomia poole.

⁵⁷ Heidi Ledford, CRISPR conundrum: Strict European court ruling leaves food-testing labs without a plan, *Nature*, 572(15), 2019, <https://doi.org/10.1038/d41586-019-02162-x>.

⁵⁸ Vt nt Parag Khanna, *The Future is Asian*, Simon & Schuster, 2019.

Tärgavat multipolaarset maailma, sh rahvusvahelisi majanduselu ja ökoloogiliste probleemide lahendamise korda, on veel keeruline täpselt ette kujutada. Üksikud Euroopa riigid eraldi mitte, kuid Euroopa Liit tervikuna on sellise uue maailmakorralduse kujundamisel vägagi arvestatav majandus- ja poliitiline jõud.

Kui USA, Hiina, Euroopa või ka maailma kliimaeesmärkidest tugevasti mõjutatud fossiilkütuseid eksportivad riigid peaksid hakkama majandusliku ja geopoliitilise tasakaalu muutumisega seoses ühepoolselt seadma piiranguid kaubavahetusele ja/või kapitali liikumisele, siis on küllalt tõenäoline, et kogu rahvusvaheline kaubavahetuse režiim muutub märkimisväärselt. Suuremate piirkondlike kaubandusblokkide sees (sh Euroopas ja Aasias) võib säilida suhteliselt vaba ärikeskkond, kuid kaubandusblokkide vahelistes majandussuhetes ei saa välistada piirangute ja poliitiliste riskide kasvu. See võib tuua kaasa vajaduse uuteks kokkulepeteks nii rahvusvahelise majandus- ja kliimakoostöö kui ka julgeolekuarhitektuuri alal.

Biomajanduse arengut mõjutavad olulisimad (geo)poliitilised määramatud

- Maailma geopoliitilise tasakaalu muutumine toob kaasa **vajaduse riikide uue koostööarhitektuuri järele**, mis vastaks uutele jõuvahekordadele. Sel arhitektuuril võib olla eri variante, kusjuures pole kindel, kas stabiilne arhitektuur üldse tekib: on võimalus, et pigem jääb valdavaks makropiirkondlike riikide blokkide konkurents ja oma huvide eest seismine (nt USA, Euroopa, Hiina, Venemaa veetud blokid). Samuti pole selge, millistes aspektides rahvusvaheliste institutsioonide mõju riikidele tugevneb või nõrgeneb.
- Kas näiteks **USA ja Hiina majanduslik ja geopoliitiline vastasseis** kandub üle Euroopa Liidu ja Hiina majandussuhetele? Kui nii juhtub, muutub Euroopa biomajanduse juurdepääs koos Aasia tõusuga kasvavatele uutele turgudele (nt kasvavad ülisuure mahuga turud toidukaupadele ja (bio)farmaatsiatoodetele) väga keeruliseks. Kui aga vastasseis ei kandu üle Euroopa Liidu ja Hiina suhetele, siis võivad veelgi tihedamad majandussuhted Aasiaga kujuneda ka Eesti biomajandusele suureks liikumapanevaks jõuks.
- Eestile on kindlasti tähtis veel see, milliseks kujunevad **Euroopa, Hiina ja Venemaa** omavahelised suhted. Eesti võib Venemaad vaadelda nii bioressursi arvestatava allika kui ka potentsiaalselt biomajandustoodete ekspordituruna. See on aga seotud arvestatavate poliitiliste ja majanduslike riskidega.
- **Kuidas suudab Euroopa Liit tervikuna end kehtestada?** Kas Euroopa föderaliseerub või jätkab lõdvema koostööga? Euroopa roheline kokkulepe on hea näide katsetest kehtestada ühisturu toel euroopalikel väärtustel põhinev uus või alternatiivne arengumudel. Samas näitavad Euroopa sisevastuolud (suhtumine rände- ja kliimakriisi jne), et sellise mudeli edukas rakendamine ei ole lõpuni kindel ei Euroopas ega ka laiemalt.
- **Taastuenergia kasutuselevõtu mõju riikide geopoliitilisele kaalukusele.** Kas tõusevad esile uued roheenergiavedurid või kasutavad senised tegutsejad veel oma praegust eelist enda rolli kinnistamiseks (vesiniku tootmise näide)?
- **Imporditava tehnoloogia ja bioressursiga varustatuse tagamine.** Kuidas tagame poliitilises kontekstis (ränne, julgeolek jms) kestlikkuse poole püüdlevate alternatiivide (energia-kogukonnad, kodune toidu isevarustus jm) toimimise? Kas riikide poliitika ja standardid suudavad mõjutada platvormtehnoloogiate arengusuundi või jätkub üleilmsete ahelate ja platvormide mõju kasv? Milliseks kujuneb tehnoloogilise strateegilise autonoomia roll ja mõju biomajanduse arengule?

4. Eesti biomajanduse arengustsenaariumid 2030–2050

4.1. Stsenaariumianalüüsi raamistik

Neljandas peatükis anname ülevaate stsenaariumianalüüsi raamistikust. Selle loomisel on arvestatud nii Eesti praegu pigem traditsioonilise biomajanduse arengukonteksti kui ka sünteesitud kolmandas peatükis tutvustatud maailma ja kohalikke trende ja määramatusi. Stsenaariumianalüüsi raamistiku ja stsenaariumite kirjeldused on koostanud selle aruande põhiautorid, kuid need toetuvad ettevõtjaid ja teadlasi kokku toonud koosloomeliste fookusrühmainterviuudele ning kohtumistele projekti nõuandva koja ja valdkonna poliitika-kujundajatega, et valideerida esmalt stsenaariumianalüüsi raamistikku ja seejärel selle põhjal koostatud stsenaariumite kirjeldusi.

Stsenaariumite koostamisel on tavaline, et välja selgitatud trendide ja määramatuste seast valitakse analüüsi keskseks raamistikuks (telgedeks) ainult olulisimad, st need, millelt eeldatakse tulevikule suurimat mõju. Kuna projekti ülesandepüstituses on keskel kohal esmajoonel biomajanduse majandusarengu loogika analüüs, siis on edasise stsenaariumianalüüsi lihtsustamiseks loodud kaks heuristilist arengutelge. Neist ühe abil püüame mõtestada biomajandusega seotud **tehnoloogilis-majanduslikke** ja teise abil **ühiskondlikke hoiakuid ja arengusuundi**.

Vaatamata kahe arengutelje mõtestamisele läbi tehnoloogilis-majandusliku ja ühiskondlike hoiakute prisma oleme võtnud stsenaariumeid koostades arvesse ka juba välja selgitatud peamisi rahvastiku-, kliima- ja keskkonnatrende ja määramatusi kui kaalukaid poliitilise, majandus- ja tehnoloogilise arengu raamistajaid ja suunajaid. Need on maailma rahvastiku kasvu ja Euroopa rahvastiku vananemise mõju majandusele ja väärtushinnangutele ning kliima- ja keskkonnateemadega tegelemise poliitiline ja majanduslik kompleksus.

4.1.1. Kas avatud ja üleilmastunud või kogukondlik ja piirkondlik biomajandus?

Maailma majanduses on viimastel kümnenditel järjest kasvava spetsialiseerumise toel kiiresti arenenud piiriülesed innovatsiooni- ja tootmisvõrgustikud, mida on saatnud tehnoloogiliste platvormide ja tootmisvõimekuste kasvav koondumine. See on riikide strateegilist autonoomiat vähendanud. Rahvusvaheliste suurkorporatsioonide kontrollitavad ärivõrgustikud on praegu isegi mõjuvõimsamad kui demokraatlike riikide poliitika ja õigusnormid.⁵⁹

Üleilmastumise jätkumine senisel kujul ei ole kaugeltki iseenesest mõistetav. Näiteks tootmise edasine automatiseerimine ning üleilmsete väärtusahelate toimimise korduvad häiringud⁶⁰ kinnistavad ja kiirendavad selliste kriitiliste tarneahelate ümberstruktureerimist, mille keskne eesmärk on säilenõtkuse tagamine kodule lähemal asuvate tehnoloogiliste ja tootmisvõimekuste olemasolu abil.

⁵⁹ Gary Gereffi, Global value chains in a post-Washington Consensus world, *Review of international political economy*, 21(1), 2014, 9-37; Henry Wai-chung Yeung, Governing the market in a globalizing era: Developmental states, global production networks and inter-firm dynamics in East Asia, *Review of International Political Economy*, 21(1), 2014, 70-101.

⁶⁰ Peale Covid-19 piirangute mõju ka varasemad kogemused Jaapani 11. märtsi 2011. a maavärinast ja tsunamist ning hilisemad väiksemad sündmused, nt nn uus Suessi kriis, kui laev Ever Given blokeeris nädalaks Suessi kanali.

Viimaste kümnendite sotsiaal-majanduslik areng on olnud nii riikide võrdluses kui ka riikide sees ebaühtlane. See on suurendanud toetust iseolemist ja riigisiseseid prioriteete esiplaanile seadvatele poliitikatele („*America first!*“, #Brexit jne). Rahvusvahelises majanduses soodsa koha ja majandusliku tõhususe saavutamise asemel on muutunud tähtsaks töökohad ja tarnekindlus (mh kontroll strateegiliste maavarade jm ressursside üle) ning rahvusvahelistest tarneahelatest tulenevate riskide vähendamine.

Alahinnata ei tasu ka ühiskondlikke liikumisi ja strateegiaid, mis rõhutavad kohalikuma või kogukondlikuma elukorralduse tähtsust (energiakogukonnad, lühemad tarneahelad, nt mõtteviis „*Talust taldrikule*“) kliimaeesmärkide saavutamiseks ja bioloogilise mitmekesisuse säilitamiseks. See võib tähendada, et ka bioressursi tootmisest ja esmasest töötlemisest saadav vahetu majanduskasu võib muude strateegiliste kaalutluste tõttu kujuneda teisejärguliseks. Sel juhul kompenseeritakse kohaliku bio- ja loodusressursi hoidmiseks vajalikke tegevusi muude sektorite suurema lisandväärtuse ja suurema ekspordituluga.

Kliima soojenemise otsustav pidurdamine eeldab paljude riikide kooskõlastatud tegutsemist. Kestliku arengu tagamist nõudvad ühiskondlikud ootused kujunevad järjest valjuhäälsemaks, kuid poliitiline polariseerumine muudab koostöö pikaajaliste eesmärkide saavutamiseks üha keerukamaks. Nii näiteks on Euroopa Komisjon oma viimastes rohelise kokkuleppe teemalistes avalikes tekstides⁶¹ rõhutanud, et juhul, kui maailmas liigutakse kliimaeesmärkide poole edasi väga erinevatel kiirustel, on Euroopa ühisturu kaitseks tõenäolised kaubanduspiirangud suuremat CO₂ heidet põhjustavatele tooterühmadele. Samamoodi võivad oma huvidest lähtuda teised suure poliitilise- ja turujõuga riigid nii kaubanduspiirangute, ressursi-kontrolli kui ka tehnoloogilise autonoomia ja kontrolli kehtestamise puhul. See võib tähendada rahvusvaheliste majandus- ja kliimakokkulepete ning neid toetavate organisatsioonide (nt Maailma Kaubandusorganisatsioon, ÜRO) mõjukuse vähenemist.⁶²

Nii Euroopa Liit, USA kui ka Hiina ongi võtnud suuna enda strateegilise autonoomia tagamisele. See tähendab esmajärjekorras tarneahelate lühendamist ning kriitilise toorme, tootmis-sisendite ja -võimekuse koondamist (tagasi) oma territooriumile. Tehnoloogiline konkurents ja strateegiline autonoomia IKTs ja biotehnoloogias disainivad aga ümber maailmakorda.

Pole veel üldse selge, kuidas õnnestub maailmas ja Euroopas tasakaalustada kliima-, elurikkuse ja sotsiaal-majanduslikud eesmärgid. Kas näeme aktiivset rahvusvahelist koostööd kliimanetraalsuse saavutamiseks ja seda toetavate (uute) rahvusvaheliste arenguorganisatsioonide teket? Või liiguvad riigid keskkonnanägemuste saavutamisel edasi hoopis vähem kooskõlastatult ja väga erineval kiirusel (nn *Go-it-Alone-* vs. *Hand-in-Hand-* stsenaariumid⁶³)?

⁶¹ Vt nt „Fit for 55“ teemalehte: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en.

⁶² *Eesti 2035*, <https://www.riigikantselei.ee/et/Eesti2035>; *Global Trends: Paradox Progress*, National Intelligence Council 2017, <https://www.dni.gov/nic/globaltrends>.

⁶³ BioMonitor, *BioMonitor Policy Scenarios for the European Bioeconomy to 2030 and 2050*, *BioMonitor Policy Brief* No. 3, 2020, <https://bit.ly/378qV5z>.

Selle stsenaariumianalüüsi üheks põhiteljeks on seetõttu valitud biomajanduse üleilmse avatuse – piirkondliku kogukonnastumise mõõde. See puudutab nii erinevate riikide, ettevõtete rühmade kui ka põlvkondade valmisolekut majandus- ja keskkonnaeesmärkide saavutamiseks jm vajalikuks koostööks. Üleilmse avatuse alternatiiv on mandritevaheline ja -sisene kasvav rivaliteet nii mandrite, Euroopa siseturu kui ka rahvusriikide tasemel, mis toob kaasa kogukondlike vajaduste ja väärtuste esiplaanile seadmise.

Pikemas plaanis on oluline määramatus uute võimalike kaubandus- ja muu majanduskoostöö raamistike teke. Samas ei saa jätta arvestamata võimalust, et selliseid toimivaid raamistikke ei teki ning edasine areng on enesekesksem, st seda iseloomustavad osaliste vastuolulised huvid ja järjepidevuse puudumine pikemaajaliste eesmärkide puhul.

See telg hõlmab ühtaegu nii majanduse avatust kui ka rahvusvahelist koostöövõimet jõupingutuste tegemisel keskkonna, kliima jm teemadel. Sellised üleilmsed suundumused avalduvad Eesti jaoks ennekõike läbi makroregionaalse arenguprisma: Euroopa Liidu (biomajanduse arengumudeli) potentsiaalne roll maailmakorralduses, Euroopa Liidu siseareng ja Eesti positsioneerumine Euroopas (Euroopa Liidu ülene avatud koostöö vs. piirkondlik mitmekiiruseline areng ja Eesti valikud).⁶⁴

Piirkonnastumine (ja kogukonnastumine) võib toimuda ka nii poliitika, keskkonna ja majanduse vahel kompromisse otsivate väärtushinnangute muutumise toel kui ka omi huve esiplaanile seadva vastandumise tulemusena. Nii näiteks võib areneda avatud majanduse ja ühiskonna sees primaar- ja sekundaarsektori tasemel kohalik/kogukondlik biomajandus.

Avatud üleilmse biomajanduse – piirkondliku ja/või kogukondliku biomajanduse teljel on seetõttu esiplaanil küsimus, kuidas ületada kriis, mis on tekkinud üleilmastumise tagasilöökidest ja geoökonomiliste jõudude vahekorra nihkest. See võib õnnestuda ja ebaõnnestuda, ning kui see õnnestub, siis on selleks erinevaid viise. Tähtsaks saab küsimus, kes veab maailma uue, parema korra suunas ja milliseks kujuneb seetõttu selle nn biomaailma korraldus:

- senised vs. uued rahvusvahelised organisatsioonid (ja millist valitsemisviisi nad eelistavad);
- senised vs. uued rahvusvahelised korporatsioonid ja väärtusahelate valitsejad (ja millist valitsemisviisi nad eelistavad);
- senised vs. uued maailma juhtriigid või piirkonnad, st kas USA, Hiina ja Euroopa Liit või midagi muud (ja millist valitsemisviisi nad eelistavad);
- senised vs. uued biomajandust suunavad kogukonnad, st majandust või ökoloogilist mitmekesisust tähtsustavate rahvusvaheliste ja kogukondlike liikumiste vahekorrad.

⁶⁴ Nende võimalike arengusuundade mõistmisel oleme arvesse võtnud Euroopa Liidu enda biomajanduse prioriteetide seadmist biomajanduse tegevuskavast kuni rohelise kokkuleppeni ja nendega seotud tulevikuvaateid (vt nt JRC, *Future transitions for the Bioeconomy towards Sustainable Development and Climate-Neutral Economy – Foresight Scenarios for the Bioeconomy in 2050, 2021*, <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC123532>) kui ka piirkondlikke algatusi Euroopa Liidu sees, nt Kesk- ja Ida-Euroopa riikide ühised vaated „BioEasti“ projekti raames (<https://bioeast.eu>) ning Põhjamaade ühistegevused, nt Nordeni Põhjamaade biomajanduse programmis (<https://www.norden.org/en/publication/nordic-bioeconomy-programme>).

4.1.2. Kas biotehnoloogia revolutsioonilised võimalused saavad teoks?

Maailmamajanduse arengut on alates 18. sajandi lõpus alguse saanud tööstusrevolutsioonist kandnud viis järjestikust tehnoloogilis-majanduslikku paradigmat. Neist igaühele on pannud aluse revolutsiooniliselt uus tehnoloogia, sellel põhinev uus taristu, institutsioonid ja elustiilid. Paradigmat kandev tehnoloogia on toonud kaasa täiesti uued majandusharud ja kõikide muude majandusharude ajakohastamise.⁶⁵

Maailm on harjunud mõttega, et elame ajastul, mille määrab IT kiire areng ja kasutuselevõtt peaaegu kõikides eluvaldkondades. IT toob kaasa uusi tegutsemismustreid, aitab suurendada majanduse tootlikkust, muudab elu mugavamaks jne. Biotehnoloogial on aga piisavalt potentsiaali, et haarata 21. sajandil ühiskondliku ja majandusarengu suunamisel sarnane roll.

Biomajanduse tehnoloogiad (nt sünteetilise bioloogia vallas) võimaldavad kasutada kestlikke toormeid ning potentsiaalselt toota (tulevikus) peaaegu kõiki praegu kasutusel olevaid fossiilset päritolu kemikaale ja materjale. Samas ei ole maailm veel jõudnud uute biotehnoloogiate laialdase kasutuselevõtuni eri eluvaldkondades.⁶⁶

Biorevolutsioon ehk võimalik üleminek bittidelt geenide ja bioloogiliste organismide programmeerimise poolt kantud tehnoloogilis-majanduslikule arengule on alles varases algusfaasis, mida iseloomustab ülevoolav optimism ja parema tuleviku ootus.⁶⁷ Samuti pole lõpuni selge, kui kiiresti muutub ühe või teise uue tehnoloogia kasutuselevõtt majanduslikult tasuvaks. Tähtis on seejuures asjaolu, et võimalikke muutusi mõjutavad ühelt poolt tehnoloogilis-majanduslikud tegurid (teaduslikud ja tehnoloogilised läbimurded, uute turgude ja väärtusloome võimaluste otsingud) ning teiselt poolt kliimamuutustega akuutseks muutunud loodus- ja elukeskkonna hoidmise ja parandamisega seotud vajadused (fossiilsete materjalide asendamine, emiteeritud kasvuhooonegaaside tagasisidumine jms).

Sünteetilise biotehnoloogiaga kaasnevaid võimalusi vaadeldes pole kaugeltki selge, millistes piirides saab tulevikus lugeda uute bioloogiliste materjalide loomise või bioloogiliste organismide manipuleerimise ühiskonnale ja keskkonnale ohutuks ning eetiliselt vastuvõetavaks, ega see, kuidas tagada kontroll biotehnoloogia kasvavate võimaluste kasutamise üle jne.⁶⁸ Pole välistatud, et soovimatud katsetused sünteetilise biotehnoloogia alal (olgu siis teadlaste, riiklike asutuste või biohäkkerite poolt) ja biotehnoloogiliselt muundatud viiruste vm organismide kontrollimatu levik (üle riigipiiride) võib põhjustada biotehnoloogia kasutusvaldkondade otsustava piiramise Euroopas või isegi kogu maailmas.

⁶⁵ Carlota Perez, *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*, Edward Elgar, Cheltenham, UK, 2002.

⁶⁶ Michael Chui et al., *The Bio Revolution: Innovations transforming economies, societies, and our lives*, McKinsey Global Institute, 2020, <https://mck.co/3pZxXlw>.

⁶⁷ Lisa Biber-Freudenberger et al., Bioeconomy futures: Expectation patterns of scientists and practitioners on the sustainability of bio-based transformation, *Sustainable Development*, 28(5), 2020, 1220-1235, <https://doi.org/10.1002/sd.2072>.

⁶⁸ Erkki Karo et al., *Biomajanduse tehnoloogiate trendid ja teekaardid, ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 2.2 vaheanalüüs*, Tallinn & Tartu, 2021.

See võib tähendada, et biotehnoloogia arengu laiem majanduslik ja ühiskondlik mõju, sh panus kliimaeesmärkide saavutamisse, võib jääda võrreldes taastuvenergia- ja keskkonnatehnoloogiate, kiiresti arenevate tehisintellektilahendustega vm suhteliselt piiratuks. Biotehnoloogia arengut võiks sel puhul lähikümnenditel kirjeldada mõõdukas tempos toimuva bioevolutsioonina, mille puhul biotehnoloogia küll toetab (bio)farmaatsia jt valdkondade arengut, kuid IT-ajastuga võrreldavaid laiemaid sotsiaal-majanduslikke muutusi kaasa ei too.

Stsenaariumianalüüsi tehnoloogilise arengu telg iseloomustab seda, kui põhjapanevalt muudab biotehnoloogia areng nii biomajandust kui ka potentsiaalselt kogu loodus- ja elukeskkonda laiemalt. Biorevolutsioon viitab arengusuunale, kus täiesti uued biotehnoloogia- lahendused ning neid toetav taristu saavad järgmise tehnoloogilis-majandusliku paradigma ja sotsio-tehniliste süsteemide (energiasüsteemi, toidusüsteemi jms) muutuste üheks keskseks aluseks.

Sellise arengu puhul loovad uued, biotehnoloogiamahukad tooted ja lahendused võimaluse peaaegu kõikide eluvaldkondade ja majandusharude edasiarendamiseks. Uued tehnoloogiad loovad täiesti uued turud, väärtusahelad ja ärimudelid, biomajanduse kategooriad ja spetsialiseerumisvõimalused. Nad muudavad seniseid turge, ahelaid ja kategooriaid põhjapanevalt. See tähendab, et ei asendata mitte ainult tooret (nt diislit biodiisliga), vaid ees ootavad ka laiemad struktuursed muudatused tootmis- ja tarbimismustrites. Näiteks toidu kasvatamise asemel hakkab levima toitainete disainimine ja „printimine“ konkreetse tarbija eelistuste alusel, mis avaldab suurt mõju muu hulgas põllumajanduse, kaubanduse, jäätmekäitluse, ökosüsteemide teenuste ning maaelu toimeloogikale.

Biorevolutsioonile vastandub biotehnoloogia ja -toodete märksa rahulikum, evolutsiooniline areng. Sel juhul tekib majandus- ja elukeskkonda äärmuslikult muutvaid biotehnoloogia- lahendusi vähe või on nende kasutuselevõtt ühiskondlike hoiakute, õigusaktide, kokkulepetega vm märkimisväärselt piiratud.

Biotehnoloogia arengu teljel tulevad eeloleval kümnendil tõenäoliselt turule üksikud radikaalselt uued, tehnoloogiamahukad tooterühmad. See juhtub pigem biomajanduse teadusmahukates valdkondades, näiteks biomeditsiinis. See, milliseid biomajandustooteid Euroopas või Eestis toodetakse, võib küll kümne aasta pärast praegusest erineda, kuid muutused tulenevad valdavalt muutustest meie konkurentsivõimes ühes või teises tooterühmas, olukorrast eksporditurgudel jmt.

20–30 aasta plaanis tuleb biorevolutsiooni väljavaateid analüüsides arvestada ühelt poolt biomassi kasutamise struktuursete muutustega (nt võib metsa ja rohumade biomassi käsitleda n-ö üldkasutatava bioressursina horisontaalselt kõikide biomajandussektorite üleselt toidust materjalide ja energeetikani) ning teiselt poolt täiesti teistsuguste tooterühmade tekkega praeguste biomajanduse tooterühmade kõrvale (teatud juhtudel ka asemele). Kohalikust bioressursist sõltumatute uute toodete ja ärimudelite, näiteks personaalmeditsiini põhineva personaliseeritud toitumise või uudsete ökosüsteemiteenuste esilekerkimine toob tõenäoliselt kaasa senisest põhjalikult erineva maakasutuse Eestis, sh taimse ja loomse biomassi kasvatamise teistsuguse suhte. Sarnast mõju maakasutusele ja

biomassi kasvatamise struktuurile võib avaldada ka näiteks merealade aktiivsem kasutamine biomassi (vetikad, karbid jms) tootmiseks.⁶⁹

Iseseisvad investeeringud põhjapanevalt uute tehnoloogiate arendamisse on jõukohased ainult üksikutele riikidele. Biotehnoloogilise tehnoloogilis-majandusliku paradigma esilekerkimise üks põhitunnus on üleilmne koosloome ja konkurents teaduse ja tehnoloogia arendamisel. CRISPR-tehnoloogia arendamise eest anti 2020. aastal Nobeli preemia USA läänerannikul ja Saksamaal tegutsevatele teadlastele, kes tegid aktiivselt koostööd. mRNA-tehnoloogial põhinev Pfizer BioNTech Covid-19 vaktsiin on samuti üleilmsete võrgustike töövõit.

Ajaloolise kogemuse põhjal on siiski tavaline, et tehnoloogilis-majanduslik revolutsioon saab alguse mõnes üksikus suuremas riigis (sageli juhtriikide teravas konkurentsisis), kus on peale tehnoloogilise võimekuse ka uusi arengusuundi toetav majanduskeskkond. Tehnoloogilisele revolutsioonile omaste uute tehnoloogiate ja toodete tootmine, edasiarendamine ja loomine kandub seejärel järgnevatel kümnenditel järk-järgult teistesse maailmajagudesse ja riikidesse.

Tehnoloogiliste loogikate levik ja koevolutsioon institutsionaalse keskkonnaga (organisatsioonide muutustest elustiilide muutusteni) on ajalooliselt olnud pikaajaline protsess ning ei pruugi 2050. aastaks veel uuteks parimateks praktikateks kodifitseeruda ja institutsionaliseeruda. Samuti on tõenäoline, et selle aastani jätkub biotehnoloogia alal uudsete tehnoloogiatega kaasnev ärimudelite otsing. Biomajanduse traditsioonilistes valdkondades püütakse uusi tehnoloogiaid allutada masstootmise paradigma hierarhilisele loogikale. Jätkuv digitaliseerimine toetab samas detsentraliseeritud lahenduste (vabavara, plokiahelad) ja organisatsioonide toel kogukonnapõhiste lähenemiste, näiteks biohäkkerluse ja nn teekodus-ise-hobibiotehnoloogia levikut.

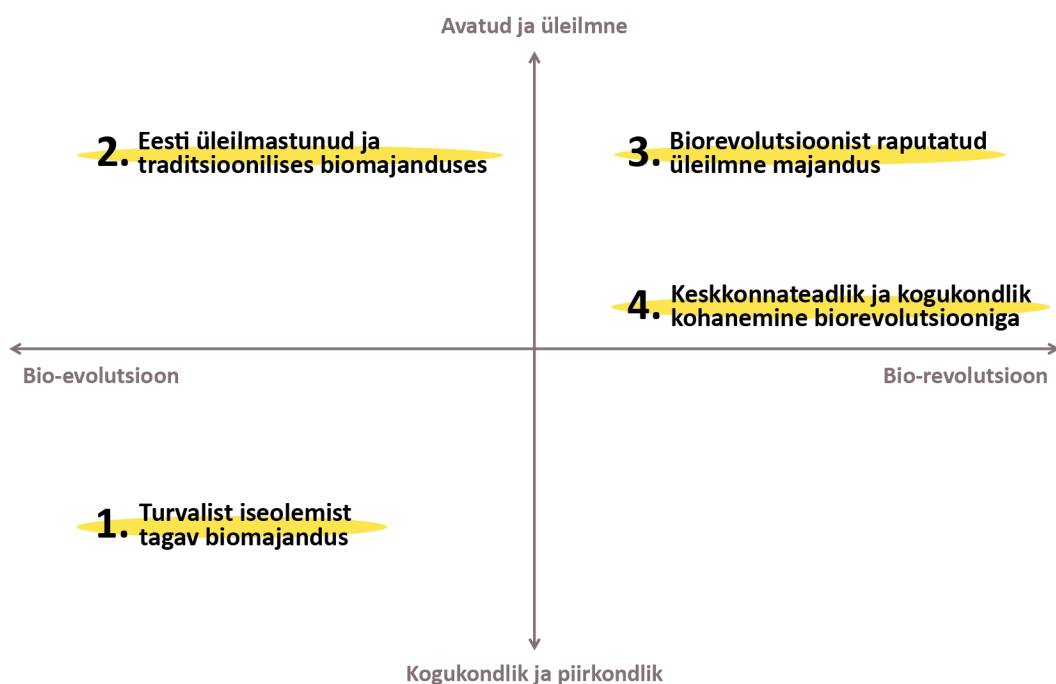
4.1.3. Stsenaariumianalüüsi maatriks

Eelnevas kirjeldatud kaks põhitelge moodustavadki Eesti biomajanduse stsenaariumianalüüsi põhiteljed (joonis 16). Kummagi telje puhul pole ilmselge, millises suunas meid ümbritsev maailm eelolevatel kümnenditel liigub. Nende põhitelgede moodustatud arenguväljade läbitöötamine aitab otsustajatel siiski valmistuda tulevastes, strateegiliste valikute mõttes erinevates olukordades otsuste langetamiseks.

Selles stsenaariumianalüüsi peatükis lähtutakse 2050. aastatesse vaatavates erinevates stsenaariumites ja tuleviku-uuringute lähenemistes kasutatud raamistikust. Luuakse tervikstsenaariumid, mis pakuvad maailma biomajanduse tulevikupildi ning teevad iga üleilmse tulevikustsenaariumi puhul kindlaks Eesti biomajanduse arenguvõimalused ja läbilöögisuunad.⁷⁰

⁶⁹ Vt nt *Mission Starfish 2030*, <https://bit.ly/3oF6GXb>.

⁷⁰ Vt nt JRC, *Future transitions for the Bioeconomy towards Sustainable Development and Climate-Neutral Econom – Foresight Scenarios for the Bioeconomy in 2050*, 2021, <https://bit.ly/3ytbAJ8>; Sten Nillson & Fredrik Ingemarson, *Global Foresight 2050 – Six global scenarios and implications for forest sector*, SLU, 2017, <https://bit.ly/3Dkkpa5>.



Joonis 16. Eesti biomajanduse stsenaariumianalüüsi maatriks

Allikas: autorid.

Järgnevates stsenaariumites analüüsime nelja väga erineva dünaamikaga arengusuunda, mis on kõik olenevalt suundumustest ühiskonna, keskkonna ja kliima, majanduse ja energeetika alal ning poliitikas maailmas ühtviisi võimalikud. Biomajanduse lisandväärtuse suurendamise võimalused erinevad seejuures stsenaariumiti väga suurel määral.

Need stsenaariumid ei ole siiski alternatiivid, mille vahel saaks kohe praegu valikuid teha. Stsenaariumianalüüsi mõte on toetada sellise strateegiate ja tegevuste paketi kavandamist, mis aitab Eesti biomajandusel anda mis tahes stsenaariumi teostumise korral võimalikult suurema panuse Eesti sotsiaal-majanduslike, keskkonna- ja kliimaeesmärkide saavutamisse.

Järgnevad neli stsenaariumeid analüüsivad alapeatükki annavad esmalt ülevaatlikkuse huvides pildi stsenaariumi narratiivist. Seejärel kirjeldame stsenaariumi loogikast lähtuvat tulevikupilti maailmast 2050. aastal. Alapeatükis „Mida teeb Eesti?“ käsitleme eeltoodud üleilmset konteksti arvestades Eesti biomajanduse arendamise võimalusi.

4.2. Stsenaarium nr 1. Turvalist iseolemist tagav biomajandus

4.2.1. Stsenaariumi narratiiv

Rahvusvaheline ebakindlus on toonud endaga kaasa üleilmastumise pidurdumise, maailma jagunemise piirkondlikeks blokkideks ning nendevahelise kasvava konkurentsi ja vastandumise. Koduse bioressursiga varustatuse, sh varustuskindluse tagamine on muutunud biomajanduse arengu üheks põhieesmärgiks.

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

Sellises keskkonnas on rahvusvahelised investeeringud ning koostöö uute biotehnoloogia ja biomajanduse toodete arendamise nimel pidurdunud. Pigem püütakse tulla toime olemasolevate võimekuste peenhäälestamise ja bioressurssi tõhusama kasutamise abil, toetudes ringbiomajanduse põhimõtetele.

Eesti biomassil põhinev biomajandus jääb pigem traditsiooniliseks siseturule või lähipiirkonna turgudele keskendunud tegevusalaks ning selle struktuuris ei toimu suuri muutusi. Maailmas kujunenud teenusepõhistes sektorites, näiteks IKTs, ei ole seevastu poliitiline ebakindlus nii suure mõjuga ning nende osakaal kasvab majanduses edasi, jõudes täppislahenduste ja andmepõhiste teenuste kaudu ka biomajandussektoritesse.

Juhtmõte: maailm on ebakindel ja tulevased arengusuunad raskesti prognoositavad. Toidu ja energiaga isevarustatus ning kohalik ise hakkama saamine on tähtsad ühiskondlikud alusväärtused.

4.2.2. Maailma biomajandus 2050. aastal

Rohepööre

Toimivat rahvusvahelist kliimaeesmärkidest kinnipidavat koostööd ei teki. ÜRO kliimaleppe formaat on osutunud nende eesmärkide saavutamiseks ebapiisavaks, kuid uut, tõhusamat koostööstruktuuri ei ole tekkinud. Jätkuvad vastuolud suure keskkonnajalajäljega riikide ja keskkonnahoiu, sh kliimaeesmärkide poole kiiremini edasi liikunud riikide vahel.

Euroopa Liit püüab hoida kesksel strateegilisel fookust kliimaeesmärkidel ning rohepöördega seotud uute tootmisvõimekuste ja ärimudelite arendamisel, lootes anda selliselt investeerinuid koondades ühtlasi majandusele uue hoo. Naftatootjad riigid, sh Venemaa ja Lähis-Ida riigid, on aga jätkuvalt tugevas sõltuvuses fossiilkütuste ekspordist. Rohepöördega seoses rahvusvahelistes tarneahelates positsioone kaotavad riigid ei suuda varasemast märksa keerukamas väliskaubanduskeskkonnas kiiresti ümber orienteeruda ja laiendavad suure keskkonnajalajäljega toodete ekspordi. Rahvusvahelise kliimakoostööga seotud pikemaajalised eesmärgid kehtivad küll formaalselt edasi, kuid nende tegelik saavutamine jääb muude katsumuste tõttu tagaplaanile. Lubadustest kinnipidamine muutub pigem sümboliseks eristumiseks.

Poliitiline ja õiguskeskkond

2040. ja 2050. aastatel otsitakse endiselt uut üleilmset tasakaalu ja valitsemisvormi maailma kliima- ja arenguprobleemide lahendamiseks. Rahvusvaheliste kokkulepete ja ühiste sihtide seadmist takistab makropiirkondlike riikide blokkide (USA, Euroopa Liit, Hiina, Venemaa, Naftat Eksportivate Riikide Organisatsioon (OPEC) jm) omavaheline konkurents ja vastandumine. See tähendab muu hulgas erinevaid vaateid keskkonnahoiu tähtsusele, geopoliitilistele valikutele ja maailmakorra alusväärtustele. Kliimapöörde pakilisust rõhutavad Euroopa, USA ja Hiina asuvad kaitsma kodumaiseid rohepöördesse tehtud investeeringuid. See põhjustab kasvuhoonegaaside heite piiriüleseks maksustamiseks mõeldud uudsete keskkonnamaksude (sisult imporditollide) või muude barjääride (nt keskkonnastandardite) kehtestamise.

Poliitikakujundajad ja ettevõtjad peavad väliskeskkonda eelmiste kümnenditega võrreldes märksa konfliktsemaks ja riskirohemaks. Muu hulgas hinnatakse üha kriitilisemaks kliimamuutuste ja bioloogilise mitmekesisuse kadumisega kaasnevaid riske.

Maailma poliitika on kõikjal ebakindel ning mitmes olulises valdkonnas (sh energeetikast toiduni) välditakse potentsiaalseid ohte ja väliskeskkonnast sõltumist. Koosõlastatud liikumise asemel kliimaeesmärkide poole on esikohal tehnoloogiline ning majandus- ja keskkonnan konkurents. See omakorda suurendab ebakindlust bioressursside ja fossiilkütustega kauplemisel. Eluline vajadus säilenõtkuse tagamiseks on viinud poliitilise fookuse kodustele turgudele ja kodulähedastele piirkondlikele võrgustikele.

Majanduskeskkond

Riikide biomajanduspoliitikate keskmes on esmalt iseolemise ja bioressurssiga, sh toiduga, varustatuse tagamine ning alles seejärel võimaluse korral osalemine rahvusvahelises kaubanduses ja koostöös. Keskne teema on biotoorme optimaalne ja ringmajanduse põhimõtetest lähtuv kasutamine sisemajanduse ja keskkonnahoiu eesmärkide saavutamiseks. Riigid võtavad selles protsessis varasemast aktiivsema, suunava ja koordineeriva rolli.

Suuremad riigid toetavad kodumaiseid korporatsioone kaugemate eksporditurgude hõlvamisel ja hoidmisel. Väiksemad riigid suurendavad ressursiturvalisuse tagamiseks avaliku sektori rolli majanduses ning püüdlevad kahepoolsete ja piirkondlike koostöölepete poole.

Kliimaeesmärkide poole kiiremini edasi liikuvad riigid, sh Põhjamaad, võtavad keskkonnasäästlike kaupade ja teenuste eristamiseks kasutusele kliimasertifikaadid, mis annavad nende toodetele maksueelise. See paneb ilma kliimasertifikaadita (import)tooted halvemasse konkurentsiolukorda ja tekitab *de facto* ka Euroopa siseturul arvestatavaid kaubandus-tõkkeid.

Mitmes lõunapoolkera piirkonnas kestavad poliitilised, majanduslikud ja ökoloogilised sündmused, mis võimendavad kliimamuutuste mõju ning murendavad senise institutsionaalse korralduse (nt Aafrika riigipiiride ja piiriülese koostöö formaatide) stabiilsust. See muudab ka põllumajandustoodangu ja tööstuses kasutatavate haruldaste materjalide rahvusvahelise kaubavahetuse üha ebakindlamaks ning suunab põhjapoolkera jõukamaid riike arendama kodumaiseid võimekusi ja varustatust.

Tehnoloogiline keskkond

Ebakindel keskkond päsib suuremaid pikaajalisi investeeringuid teadusesse ja tehnoloogiasse ning sellealast rahvusvahelist koostööd. Kokku tõmbuvad ka üleilmsed teadus- ja innovatsioonivõrgustikud. Euroopa panustab sellele vaatamata 2030. aasta järel põhiliselt tehisintellekti ja rohepöördega seotud keskkonna- ja energiatehnoloogiate arendamise ja kasutuselevõttu, sh tööstuse jätkuvasse digitaliseerimisse ning tarka põllumajandusse ja metsandusse.

Kuna tähelepanu on muudel tehnoloogia valdkondadel, piirduvad maailma bioteaduste ja -tehnoloogiaga seotud majanduslikud läbimurded peamiselt tervisevaldkonna ja (bio)farmaatsiatööstusega. Euroopa hoiab biotehnoloogia suhtes siiski ettevaatlikku joont ning lubab geneetilisel muundatud taimede ja sünteetilise bioloogia kasutamist toiduainetootmises ainult väga piiratud määral. USA, Hiina ja India on selles palju liberaalsemad.

Uute, biopõhiste tarbekaupade ja materjalide (sh uuemad biopõhised materjalid ja päikeseelementid, akud) väljatootamine areneb USAs, Lääne-Euroopas ja Aasias, kinnitades nende tehnoloogiate perspektiivikust. Väheste investeeringute ja tehnoloogia aeglase arengu tõttu jäävad lahendused veel 2040.–2050. aastani väga spetsiifiliste nišitoodete pärusmaaks.

Sotsiaalne keskkond

Maailma rahvastiku kasvu vedavate Aasia ja Aafrika riikide ühiskonnad on väga eriilmelised. Rohepöörde ja elurikkuse säilitamise tähtsust seal üldisel tasemel mõistetakse, kuid tegudeni jõutakse erinevates riikides ja ühiskonnarühmades väga erinevas tempos. Valdavad on pigem lühiajalised majandushuvid ning ressursikeskne suhtumine loodusesse ja ökosüsteemidesse.

Haritud ja kiiresti linnastuv Aasia on seevastu järjest tipp tehnoloogilisem ja jõukam. Kiiresti arenev Aasia hakkab kujunema piirkonnaks, millel on eeskujuna üha suurem mõju kogu muu maailma väärtustele, aga ka tarbimismustritele. Kasvava rahvastikuga Aafrika on seevastu maailma ja ennekõike Hiina ressursipank, mida iseloomustavad suurenevad ühiskondlikud kontrastid. Euroopa rahvastiku vananemine toob kaasa sisserände ja mitmekultuurilisuse kasvu. Kesk- ja Ida-Euroopas on hoiak sisserändajate suhtes pigem ettevaatlik ja võõrastav ning ebakindel ühiskondlik ja majanduskonjunktuur toetab alalhoidlikku mõttelaadi.

Põlvkonnavahtusega kaasnevad siiski järkjärgulised muutused nii keskkonnateadlikkuses kui ka tervisliku eluviisi mõistmises. Mõtteviisi muutus toob kaasa muutused inimeste elustiilis. Võimaluse korral eelistatakse rohkem taimset ja kodulähedasemat toitu ning rohkem aktiivset liikumist. Ka autostumine väheneb.

Ökoloogiline olukord

Sagenenud erakordsed loodusnähtused (põuad, üleujutused, uusi haigusi ja viirusi kandvate loomade levik) muudavad nii keskkonnaolukorra kui ka rahvusvahelised suhted veel keerulisemaks. Teisalt avalduvad need loodusnähtused ja mõjud maailma eri piirkondades erinevalt. Näiteks Põhja-Euroopas muutub kliima biomassi kasvu seisukohalt soodsamaks, kuid erakordsed loodusnähtused muudavad biomassi kättesaadavuse ja kasutamise ebakindlamaks. Lõuna-Euroopas, Aafrikas jm on seevastu järjest suurem probleem keskmise temperatuuri tõus ja sademete hulga vähenemine.

See annab tõeke maakasutuse ja biomassi senisest sũsteemsemale ja koordineeritumale majandamisele, et tagada muu hulgas suurem kohalik isevarustus toidu, biomassipõhiste materjalide ja vajaduse korral energiaga. Osas riikides jãtkub seetõttu metsade langetamine ning maa kasutamine toidu ja energeetika eesmãrkiel. Teistes riikides metsastatakse ũha rohkem maad, mida seni kasutati ebatõhusalt, et pũũda pidurdada kliima soojenemist ja tagada samal ajal biomassi pakkumise stabiilsus.

4.2.3. Mida teeb Eesti?

Eesti arengu põhilised nõgijad

Rahvusvahelise olukorra ebakindlus on toonud kaasa ũleilmsete ũhiste eesmãrkide, parimate praktikate ja eeskujude kadumise, sh ei ole Euroopa Liidu biomajandusstrateegia suutnud tagada Euroopa Liidu tasemel ũhist visiooni ega stabiilset koostõõd.

Eesti seisab kahe erineva biomajanduse paradigma vahel: Eesti senised ressursid ja võimekused on olnud pigem sarnased Kesk- ja Ida-Euroopa riikide omadega, kuid riigi tugev sidumine Põhjamaadega on põiminud Eesti ka Soome ja Rootsi tãnapãevasemate biomajanduse mudelitega. Samas puuduvad kriitilised kodumaised ressursid ja/võõi tulevikukindlus, et investeerida tãnapãeva biomajanduse uutesse sektoritesse (biomassi keemilise vãärindamise uued tehnoloogiad, sũnteetiline bioloogia jms).

Eestis mõistetakse oma rolli maailma kestlikkusprobleemide lahendamisse panustamisel ũldiselt alalhoidlikult. Sihiga tagada kohalik varustuskindlus pũũab Eesti kasutada kohalikku bioressursi võõimalikult tõõhusalt, tuginedes riigi eestvedamisel levitatud kaskaadkasutuse ja ringmajanduse põõhimõõtetele.

Teisalt on vãikeriigi siseturu nõõudlus enamikus traditsioonilise biomajanduse valdkondades liiga vãike selleks, et korraldada bioressursi vãärindamist mõõistliku tõõjõõ ja kapitali tootlikkusega. Seetõõttu on majandusarengu jaoks võõtmetãhtsusega aspekt Balti- ja Põõhjamaade suhted, et kasvatada koduturgu ja paremini spetsialiseeruda.

ũleilmne ebakindlus on muutnud koostõõõ kaugemate piirkondadega ja biopõõhiste toodete ekspordi keeruliseks. Ka olulise vãärindamiseta biomassi (vãärindamata puit, teravili, piim) ekspord ei ole kindel ja see on piiratud lãhipiirkonna turgudega. See tãhendab, et kõõige suurem proovikivi on pigem biomajandussektorite senise rolli ja osakaalu hoidmine Eesti majanduse lisandvããrtuses ja ekspordis kui nende mãrkimisvããrre kasvatamine.

Kuna tõõkãõõõ napib, arendab Eesti aktiivselt biomajanduse olulise spetsialiseerumisena oma IKT-võõimekuse toel automatiseeritud ning tãppispõõllumajandust ja -metsandust. Lisaks investeeritakse aktiivselt rahvusvaheliste tarnijate pakutavate tõõõstuse digitaliseerimise, robotika, masinaõõppe jt lahenduste kasutuselevõõttu. Eesti on kiire/keskmik uute, pigem rahvusvaheliste biomajanduse platvormide (nt Google Agronom, Monsanto SuperSeed, Amazon FreshFood) kasutuselevõõtul.

Eesti biomajanduse keskne arenguloogika

Kesk- ja Ida-Euroopa riikides jããvad valdavaks biomajanduse traditsioonilised valdkonnad. Ka Eesti biomajanduse tegevusalade ja peamiste tooterũõhmade nomenklatuur muutub

21. sajandi esimeste kümnenditega võrreldes suhteliselt vähe. Ülekaalus on bioressursi tootmine ja esmane töötlemine.

Keerukamate toodete poole liigub Eesti aeglaselt ja ekspordivõimekus on piiratud. Ka 2020. aastatel arutuse all olnud biomassi uute allikate (nt vetikad, karbikasvatus) kasvatamine ja kasutamine on jäänud pigem nišiäriks, mis põhineb avaliku ja erasektori tihedal koostööl ning nende erinevate eesmärkide sünergial. Muu hulgas seatakse Läänemere keskkonna parandamiseks (ja piirkondliku koostöö hoidmiseks Põhjamaadega) rajatavate tuulikuparkide ehituslubade üheks tingimuseks keskkonnapoliitiline kohustus luua kolme põhitoiteelemendi (NPK) sidumiseks karbikasvatuste taristu, mida renditakse näiteks valdkonnast huvitatud väikeettevõtetele.

Soov tagada isevarustatuse võime sunnib hoidma laia tooteportfelli (sh toiduainete valdkonnas isegi laiendama, et katta senist sõltuvust impordist nt puu- ja juurviljade puhul), samal ajal kui majandustegevuse tõhus korraldus eeldaks spetsialiseerumist ning palju suuremat tootmismahtu. See kasvatab omakorda klassikalise maaelu (metsandus, põllumajandus) mitmekesistumist ning osajaga töötamise trendide kinnistumist.

Kapitalimahukamate tegevusalade (nt puidu keemiline väärimine, piima väärimise uued suunad, (bio)farmaatsiatööstus, fossiilse toorme asendamine keemiatööstuses) rajamiseks napib nii kohaliku kui ka rahvusvahelist investeerimiskapitali. Üksikute ettevõtete algatused (nt puidu väärimiseks tselluloosi- või biokeemiatehase loomine) võivad teostuda ainult juhul, kui olemas on kohalik (pigem lähipiirkonna) väliskapital ning avaliku sektori ühishuvid ja koostöövalmidus.

Biomajanduse keskne arengusuund on seega bioressursi kasutuse peenhäälestus. Eesti jätkab biomassi peamiselt loomset (toit ja sööt), mehhaanilist (puit) ja energeetilist (jäätmel, puit) väärimist, mille protsesse aitavad tõhustada IKT-lahendused (parem planeerimine, ressursijuhtimine). Tööstuse ja tarneahelate digitaliseerimine ning imporditava keskkonnasäästlike tehnoloogiate kasutuselevõtt on tootlikkuse kasvu põhiallikad. Kesks- ja Ida-Euroopa riikidel on siiski nende tehnoloogiate pakkumises konkureerida järjest keerulisem. Eesti võimalus on siin pigem laiendada IKT-lahendusi biomajanduse niššidesse, kui tuua turule uusi biotehnoloogiaid.

Eelkõige kohaliku bioressursiga (sh toit, materjalid, energeetika) varustatuse tagamisele seatud fookus on andnud tõuke lühikeste tarneahelate põhise biomajanduse arengule. Oma niši on leidnud ka keskkonnahoidlikumad mahe-biomajanduse kogukonnad. Need kaks suundumust võimendavad teineteist. Tänu sellele tekivad võimalused kodumaiseks tootmiseks ja ettevõtluseks nii hinnatundlikumas masstootmise segmendis kui ka kõrgema hinnaga, kuid siiski traditsioonidest lähtuvaks mahetootmiseks ja kaubanduseks, aga ka näiteks liha ja piima asendamiseks taimsete alternatiividega.

Ressursikasutuse peenhäälestus eeldab kas traditsioonilisi mastaabisäästul põhinevaid suur-ettevõtteid või kogukondliku ühistegevuse kasvu (nt jäätmel ja kaassaaduste ühine väärimine farmiüleselt, väikeettevõtete toodete ühisturundus ja -logistika). Seepärast kerkivad esile kogukonna energeetikaloogikat kopeerivad kogukonna bioringmajanduse ärimudelid.

Kasvav tarbijakesksus ärimudelites (senise traditsioonilise ja lineaarse ärimudeli asemel) eeldab muu hulgas toidu tootmist ja kohaletoimetamist vahendavate digiplatvormide väljatöötamist ja kasutuselevõttu, et tagada tarned vastavalt igapäevastele vajadustele ja eelistustele. Selliste IKT-lahenduste toel on asendatud mitu rahvusvahelist toidukaubaketti valdavalt kohaliku tarneahelat toetavate digiplatvormidega (nt Starshipi robotite ning Bolti ja Wolti platvormide integratsiooni toel).

Tehisintellektipõhised juhtimisotsuste toetamise süsteemid annavad põllumeestele mulla kvaliteedi ja kliimaatiliste tingimuste põhjal jooksvalt nõu, milliseid põllusaadusi külvata millistele põldudele ja millal, kuidas väetist parajalt doseerida jne. Ärimudelite tähelepanu keskmes on „Talust taldrikule“-tarneahela optimeerimine: mahetooted värskena tarbijani, millistele turgudele pakkuda milliseid tooteid, kadude vähendamine tarneahelas ja kodumajapidamistes jne. Metsanduses kasutatakse IT-põhiseid lahendusi metsamajandamise tõhustamiseks ja valdkonna paremaks planeerimiseks.

Biomajanduse väärtusahelate põhilised strateegilised valikud piirduvad siiski ressursi-planeerimise ja ennekõike optimaalse maakasutuse küsimustega.

Toidusektor annavad aastail 2030–2050 tooni järgmised arengusuunad.

- Eesti toiduainetootmise arengut mõjutavad enim püüded tagada bioressursi varustuskindlus, sh asendada teatud importtooted (nt puuviljad ja marjad) kodumaistega. Silmanähtavalt on väärtustatud kohalik tervislik ja mahetoit, mis loob ka nõudluse toidutootmise läbipaistvuse tagamiseks, et siseneda võimaluse tekkimise korral Põhja-maade jõukamale turule.
- Ühiskonna toitumisharjumuste ja -eelistuste muutumisega seoses ning laiemate nihete tõttu tervena elatud aastate kasvatamise ning tervisliku elustiili poole on toimunud muutused inimeste tarbimisharjumustes. Nende aluseks on riiklikud tervisliku toitumise soovitused ja eeskujud. Selle trendi ja loomse toidu osakaalu vähenemise tulemusena muutub Eesti põllumajanduse struktuur ning suuresti ka maakasutus (nt rohumaade muutumine söödast energeetikasektori sisendiks).
- Bioressursiga isevarustatuse tähtsustamine on loonud soodsa pinnase suurema tähelepanu seadmiseks varem kasutamata jäänud bioressursile ja selle väärimdamisele, samuti vähe väärimdatuna eksporditud biomassi (toorpiim, väärimdamata teravili) senisest tõhusamale kasutamisele või maakasutuse ümbermängimisele.

Puidusektor annavad aastail 2030–2050 tooni järgmised arengusuunad.

- Kasvav üleminek puitehitektidele ja puidu toel renoveerimisele, mis aitab puidusektoril leida üleilmse ebakindluse tingimustest koduturul ja lähipiirkonnas uued turunišid, mis hoiavad ülal sektori arengut.
- Bioressursi varustuskindluse tähtsustamine loob soodsa pinnase varem kasutamata või vähe väärimdatuna eksporditud biomassi (paberipuit, pelletid) senisest tõhusamaks kasutamiseks.
- Puidu keemilisse töötlemisse tehtavate investeeringute puhul saab määravaks raieküpse metsa mahu vähenemine Eestis alates 2030. aastast ning mitme samale toorme konkureeriva tehase avamine Soomes ja Rootsis. Kui Eestis ei leita 2020. aastate alguses võimalusi hakata puitu keemiliselt töötlemiseks, siis on see edaspidi selle stsenaariumi puhul vähem tõenäoline.

Sinimajanduse, põhiosas kalanduse, vetikate ja karpide kasvatuse areng jääb hoolimata soodsast olukorrast kodumaises nõudluses suhteliselt tagasihoidlikuks. Kuna avamere kalapüüki piirab varasemast püügikvootide olukord, siis keskendutakse suurema lisandväärtusega rannakalandusele ja siseveekogudele. Kalakasvatustes pakuvad olemasolevad lahendused teatud võimalusi ning sellega kaasnevate keskkonnaprobleemide leevendamiseks püütakse kalade ja karpide kasvatamist ühildada. Kuna püügimaht on väike, siis on valdkond majanduse üldpildis siiski kõrvaline.

Ärimudelite arendamisel on põhiteemad koostöö teiste majandusharudega (nt vetika- ja karbikasvatus ning tuuleenergeetika taristu ühisarendamine), samuti lühike tarneahel („Võrgust lauale“), näiteks võimalus pakkuda tootlustes kohaliku värsket toodet ja hobikalapüügi sidumine turismiga.

Toidu- ja puidusektori edasine digitaliseerimine ning tehnoloogia areng toob kaasa traditsioonilise töömahu ja töökohtade arvu kahanemise. Hoogu saab osalise tööhõive trend. Kesken-dumine kohaliku tootmise arendamisele tähendab omakorda maaelu ja -töö mitmekesis-tust. Klientide soov tarbida vastutustundlikult loob nõudluse tugevama turustamise ja teenusepakkumise järele. Selle näide on talude oma kliendibaasi sotsiaalmeedia platvormid, mis võimaldavad elada kaasa toidu kasvamisele ja panustada sellesse, aga ka disaini ja tootmise ühildamine puitmajasektoris.

Energeetikas võtab Eesti 2020. aastatel võimaluste piires (load, võimsused jms) kasutusele hajutatud päikese- ja tuuleenergia tootmisvõimsusi ning hoiab oma lõimitust Balti-Põhjala energiaturuga. Väliskeskonna ebakindlus muudab kohalike juhitavate võimsuste säilitamise siiski taas oluliseks strateegiliseks võimekuseks. Seejuures kasvab nõudlus kohaliku biomassi järele juhitava võimsusena (mh graanulite kodumaine kasutamine pärast selle Euroopa turu kadumist), et hoida oma kodumaine tootmisbaas keskkonnasäästlikum (kasutamata põlevkivi) ning selle abil müüa tooteid muu hulgas kliimateadlikumale Põhjamaade turule.

Poliitilises retoorikas räägitakse puidust ja graanulitest kui looduslikest energiasalvestitest. Metsade kasvutsüklilist tulenev raiemahu vähenemine piirab aga alates 2030. aastatest puiduressursi mahtu ning võimendab senisest rohkem survet leida alternatiivseid, mittefossiilseid energiaallikaid. Nende seas on päikese- ja tuuleenergia salvestusvõimsused ning muust aktiivsest kasutusest väljajäävate põllumajandus- ja rohumaa kasutamine energeetikas.

4.3. Stsenaarium nr 2. Eesti üleilmastunud ja traditsioonilises biomajanduses

4.3.1. Stsenaariumi narratiiv

Maailm on küll avatud koostööle ja kaubavahetusele, kuid liigub kliimaeesmärke toetava rohepöörde alal edasi erinevatel kiirustel. Osa riike on tugevas rajasõltuvuses kas fossiil-kütuste ekspordist või muudest suure keskkonnajalajäljega majandustegevustest ning ei leia sellega seotud probleemidele kiireid lahendusi. Majandus- ja keskkonnanägemuste vahel habrast tasakaalu otsides kaldutakse eelistama majanduskasvu, lootes, et see toob omakorda kaasa lahendused keskkonna- ja ühiskondlikele probleemidele.

Biomajandust iseloomustab pigem mõõdukas tehnoloogiline areng: rahvusvahelises avaturu konkurentsivõimel püüavad kõik riigid liikuda teatud eeliste toel samm-sammult suurema lisandväärtuse ja ekspordivõime poole. Euroopa on jõudnud tänu pika aja vältel keskkonna- ja energiatehnoloogiasse tehtud investeeringutele üheks põhiliseks rohepöörat toetavate tehnoloogiate arendajaks Aasia kõrval. 2030. aastaks on ilmne, et rohepöörat, puhas tehnoloogia (ingl *cleantech*) ja IKT-lahendused panevad aluse järgmisele tehnoloogilis-majanduslikule paradigmat.

Ka Eesti biomajanduse lisandväärtuse kasvatamisel on kesksel kohal edasine spetsialiseerumine suurema keerukuse (suurema lisandväärtusega) toodetele ning digi- ja rohepöörat seotud investeeringud selleks, et hoida ja suurendada biomajanduse seniste põhiliste tegevusalade (toiduainete, jookide ja puittoodete tootmine) konkurentsivõimet. Pikemaajalise strateegia keskne fookus on uute, suure keerukusega ja kohalikust toormest sõltumatute tegevusalade väljaarendamisel.

Juhtmõte: ühiskonda ja majandust viib edasi tulevikkuvaatav ja vastastikku kasulik koostöö. Partnerite majanduslik sõltuvus üksteisest tagab kokkulepetest kinnipidamise (bio)toormega varustamisel ja energiavarustuses, juurdepääsu üksteise turgudele, investeeringute kaitse jm.

4.3.2. Maailma biomajandus 2050. aastal

Rohepöörat

Maailm tähtsustab kliimaeesmärke, mis on 2050. aastaks veelgi karmistunud, kuid on samas liikunud nende saavutamise poole väga erinevatel kiirustel. Euroopa Liit näeb rohelises kokkuleppes võimalust oma majandus taaskäivitada ja selle konkurentsivõimet kasvatada ning leiab sel viisil uue tasakaalu keskkonna-, majandus- ja regionaalarengu ning ühiskondlike vajaduste vahel. Euroopa kestliku konkurentsivõime koordineeritud lähenemine põhineb 1) tugeval piirkonnaüleasel koostööl, 2) Euroopa siseturu mõjuvõime kasutamisel (nt Maailma Kaubandusorganisatsiooni (WTO) reeglite ja kaubanduslepingute ülevaatamine) ning 3) teatud võimekuste eelisarendamisel nutika spetsialiseerumise abil rohe- ja bioringmajanduses.

Kuna varem kogetud maailma ebaühtlase sotsiaalse ja majandusarengu mõju ei ole kadunud, siis mitmel pool valitseb kliimamurede üle heaolu- ja majanduskasvuootus. Osa madalama elatustasemega riike leiab, et neilt on nende praeguses arenguetapis ebaõiglane nõuda kliimanetraalsust, samal ajal kui eelmiste sajandite kiiret majandusarengut on iseloomustanud koos elatustaseme tõusuga suurenenud keskkonnakoormus. Teised riigid, mis kannatavad kliima jätkuva soojenemisega seotud erakordse kuumuse ja põuaperioodide all, nõuvad aga rahvusvaheliselt üldsuselt otsustavat tegutsemist kliima soojenemise pidurdamiseks.

Poliitika ja õiguskeskkond

2030. aastateks saab siiski ilmseks, et maailma kasvuhoonegaaside heite edasine vähendamine kujuneb nii juhtriikides kui ka veelgi rohkem mahajääjate seas oodatust keerukamaks. Mitu fossiilkütuste ekspordist sõltuvat riiki ei suuda piisavalt kiiresti kohaneda taastuvate energiaallikate (valdavalt päikese- ja tuuleenergia) kiire kasutuselevõtu ning fossiilkütuste nõudluse kahanemisega. See koos rohepöörat ja Aasia esiletõusuga kaasneva geopoliitilise tasakaalu muutusega maailmas põhjustab riikide vahel konflikte, sh CO₂ heite maksustamise vastaseid kaubandussõdu.

Majandus- ja keskkonnaprobleemide lahendamiseks reformitakse rahvusvahelisi arengu-koostöö organisatsioone (WTO, ÜRO valitsustevaheline kliimamuutuste paneel (IPCC), Euroopa Liit) ja finantssüsteeme (nt keskpankade roll, sh riiklikud krüptovääringud). Reformi eesmärk on tagada, et need organisatsioonid saavad kaubanduse ja majandusarengu edendamiseks seotud ülesannete kõrval tugeva mandaadi ka kliimaeesmärkide saavutamise alal. See tagab vaatamata riikide väga erinevatele huvidele üle maailma valitsemises suhtelise stabiilsuse.

21. sajandi esimestel kümnenditel lõdvendasid keskpangad rahapoliitikat ning sellega kaasnesid üleilmne võlakooormuse kasv ja inflatsioon, mis tõi kaasa valusaid õppetunde. Majanduskriisi järel pöörduti tagasi majanduspoliitika juurde, mis soosib keskpankade sõltumatust, avatud kaubavahetust ja investeringuid ning eelistab valitsuste vähest rolli majandusarengu suunamisel.

Majanduskeskkond

Rahvusvaheliste korporatsioonide sisene kaubavahetus on loonud maailma majanduse tuiksooned, kus toimub kaalukas osa kogu kaubavahetusest (sh tööstuskaupade toore ja komponendid ning IKT-teenused).

Väiksemad ettevõtted ja riigid püüdleavad esmase toorme töötlemise asemel järjest keerukamate komponentide ja (pool)toodete ekspordi poole. Tekivad uued, maailmas konkurentsivõimelised ja suure lisandväärtusega nišid, mis ei vii ilmtingimata edasi tehnoloogia eesliini (uued tootmis-, koordinatsiooni-, testtootmis- jms võimekused keskkonnatehnoloogia jms tõhusamaks turuletoomiseks).

Riikide võime suunata protsesse (sh keskenduda kodustele kliima- või ressursiturvalisuse eesmärkidele) ei ole üleilmsete turumõjudega võrdväärne. Tekivad uued platvormid. Näiteks era-sektori loodud detsentraliseeritud kasvuhoonegaasiturust mõjutab rahvusvahelist majandust rohkem kui Euroopa heitkogustega kauplemise süsteem (HKS, ingl *emissions trading system*, ETS).

Euroopa Liit pakub Euroopas soodsat majanduskeskkonda. Põhilised kaubanduspartnerid on omavahelistes majandussuhetes sedavõrd läbi põimunud, et koos neid toetava Euroopa Liidu õiguskeskkonnaga on tagatud toidu- ja energiaturvalisus ning usaldusväärne majanduskeskkond.

Tehnoloogiline keskkond

Euroopa seab esiplaanile digi- ja rohepöörde, samal ajal kui rahvusvaheline riskikapital investeerib üha rohkem uute tervise- ja (bio)farmaatsiatööstuse toodete väljatöötamisse. Suures pildis säilib senine maailma tehnoloogilise ja majandusarengu muster, kus radikaalselt uusi teaduslikke läbimurdeid tõlgitakse uuteks tehnoloogilisteks lahendusteks ja esimesteks ärimudeliteks põhiliselt USAs. Aasia tugevdab veelgi oma kohta elektroonika ja rohepöõret toetava tehnoloogia (sh päikesepaneelid, elektriautod ja nende akud) tootjana. 2030. aastaks

on ilmne, et rohepööre, puhas tehnoloogia ja IKT-lahendused panevad aluse järgmisele tehnoloogilis-majanduslikule paradigmat.

Mitmes valdkonnas, sh põllumajanduses ja metsanduses, jätkub IKT-lahenduste aktiivne kasutuselevõtt. Kasvav andmepõhisus ja tehisintellekti rakendamine tagavad tõhusama ressursiplaneerimise, sh muutuvate kliimatingimustega arvestamise ja keskkonna seisukohalt optimaalse väetisekasutuse.

Tuumik-Euroopa riigid (Saksamaa, Prantsusmaa, Holland ja Põhjamaad) investeerivad aktiivselt teadus- ja arendustegevusse, et suuta konkureerida USA ja Aasia rohetehnoloogiate ja -toodetega. Euroopa perifeersemaid piirkonnad on tehnoloogilises arengus ennekõike kiired järgijad, kes võtavad mujal loodud tehnoloogia ja tooted kasutusele Euroopa väärtushinnangute ja majandusmudelite alusel. Kesk- ja Ida-Euroopa riigid püüavad aga liikuda Euroopa tarneahelates järjest keerukamatesse tooterühmadesse (nt Eestis tselluloos ja paber, piimatooted) ning pakkuda teiste hulgas Aasia ettevõtetele Euroopa turul soodsat baasi uute tooterühmade (nt elektriautod, päikese- ja tuuleenergia seadmed) tootmiseks.

Suures plaanis on tehnoloogiainvesteeringud siiski keskendunud kliimaeesmärkide saavutamisele ja Euroopa eest veetavale rohepöördele, ent investeeringud biotehnoloogiasse on sellega võrreldes väga väiksed. mRNA-vaktsiinide edu inspireeris eelnenud kümnenditel investeerima biotehnoloogiasse ja otsima uusi ärivõimalusi esmajoones tervisevaldkonnas. Laialdaselt kättesaadava finantskapitali, tugeva biotehnoloogiaalase teadusvõimekuse ja suurte tervishoiukuludega USA on tänu sellele kujunenud sealsetele (bio)farmaatsiafirmadele soodsaks kasvulavaks.

Sotsiaalne keskkond

Ühiskondliku ja majandusmõtte keskseks jõujooneks jääb rikkuse ja konkurentsivõime kasvatamine tootlikkuse kasvu ja ekspordi abil. Rohepöördes nähakse kliimaeesmärkide kõrval head võimalust luua paremaid töökohti ja tõsta elatustaset.

Maailm on üha mitmekultuurilisem ja avatum. Lääneriikide ühiskonnakorralduses on ülekaalus pragmaatiline, tehnokraatlik hoiak. Kliimaeesmärkidega seotud muutused on teisalt seadnud paljusid riike majanduslike, keskkonna- ja ühiskondlike katsumuste ette, mis on suurendanud ootust, et riik pakub usutavat visiooni ning riske maandavat poliitikat.

Inimeste tarbimis- ja näiteks toitumisharjumused liiguvad arenenud ja arenguriikides erinevas suunas. Euroopaliku elustiili järgijad eelistavad muu hulgas senisest rohkem looduslähedast ja tervislikku toitu ning neis riikides tarbitakse vähem liha. Seevastu Aasias ja Aafrikas liha tarbimine hoopis kasvab, sest muutuv elustiil ja tõusev elatustase võimaldab põllumajandus- ja toidusektoril leida uusi, üleilmseid turge.

Ökoloogiline keskkond

Surve looduskeskkonna ja elurikkuse säilitamisele kasvab, ent see väljendub eri maailmajagudes väga erinevatel viisidel, sõltudes keskkonna olukorrast, tehnoloogilisest võimekusest ning suhtumisest rohepöördesse.

USA ja Euroopa kasvuhoonegaaside heide väheneb ning sealne ökoloogiline olukord paraneb tänu taastuvate energiaallikate laialdasele kasutuselevõtule ning kõrge saastekoormusega majandustegevuse mahu vähendamisele. See tähendab küllalt sageli ka ahvatlust suurendada sarnase tehnoloogia ja ressursikoormusega tootmise mahtu madalama elatustasemega riikides.

Mitmes ekvatoriaalvöötme ja lõunapoolkera riigis, kus on kliima soojenemine eriti teravalt tuntav, jõutakse tõdemusele, et ökosüsteemide tasakaalustamiseks ja bioloogilise mitmekesisuse kiire hävingu pidurdamiseks on vaja asuda varem vihmametsade all olnud maa-ala kiiresti taasmetsastama. Kiirekasvulistes puuliikides nähakse samas mõneti vastuoluliselt ka tulevast potentsiaalset bioressurssi, mis annab võimaluse arendada sealset suurema kulu-eelise tselluloosi- ja paberitööstust.

Kasvava rahvastikuga Aafrikas on seevastu põllumajanduse saagikuse suurendamisel tähtsal kohal väetiste ja täppispõllumajandust toetavate IKT-lahenduste laialdane kasutuselevõtt. Põllumajanduse intensiivne arendamine kasvatab kokkuvõttes siiski selle keskkonnajalajälge.

4.3.3. Mida teeb Eesti?

Eesti arengu põhilised nügijad

2050. aastaks on Eestis kõigest ligikaudu 500 000 aktiivses tööeas elanikku, mis on vähem kui kaks tööealist iga vanemaealise kohta. Vanemaealised jätkavad töötamist kuni suhteliselt kõrge vanuseni. Eesti on avatud Põhjamaa, kus austatakse ja väärtustatakse nii traditsioone kui ka neist eristumist. Eesti ühiskond on järjest avatum just lähipiirkonnast pärinevate sisse-rändajate suhtes.

Maailma majanduse juhtfiguurid ja rahvusvaheline poliitiline eliit on suured eeskujud ja väärtushinnangute kujundajad. Eesti edukus sõltub seejuures põhiosas võimest tegutseda rahvusvahelistel turgudel: kaasata investeringuid, arendada tehnoloogiat, tagada toorme varustuskindlus ja eksportida toodangut.

Kestlikkusprobleemide lahendamise põhiviisidena nähakse tehnoloogia järkjärgulist arengut ja üleilmset turupõhist kasvustrateegiat. Need loovad uusi võimalusi bioressursi kaskaad-kasutuse arendamiseks ja tootmise optimeerimiseks majanduse muutuva konjunktuuri alusel.

Eesti biomajanduse keskne arenguloogika

Eesti biomajanduse lisandväärtuse suurendamisel on kesksel kohal kasvav spetsialiseerumine keerukamatele (suurema lisandväärtusega) toodetele ning digi- ja rohepöördega seotud investeeringute suunamine biomajanduse seniste põhiliste tegevusalade (toiduainete, jookide ja puittoodete tootmise) konkurentsivõime hoidmisse ja suurendamisse. Pikema-ajalise strateegia keskmes on uute, suurema keerukusega ja kohalikust toormest sõltumatute tegevusalade väljaarendamine.

Eesti biomajanduse tegevusalade struktuuri ja liikumist suurema lisandväärtusega toodete poole mõjutavad kõige tugevamalt rahvusvahelise turunõudluse muutused ning kohaliku tööstuse konkurentsivõime eksporditurgudel, sh võime kasvatada tootlikkust laialdaselt teadaolevate maaharimisviiside, bioressursi hankimise ja töötlemise tehnoloogiate raames.

Eesti on Euroopa ühisturu osana arvestatav välismaiste otseinvesteeringute sihtkoht: Lääne-Euroopa ja Põhjamaade investorid otsivad endiselt võimalusi suurendada mastaabisäästu ning paigutada kulueelist kaotavad majandustegevused madalama kulubaasiga riikidesse, sh kiiresti kasvava majandusega Aiasse ja Aafrikasse, aga ka Poolasse ja Balti riikidesse.

Eestile pakuvad oma perifeerset logistilist asukohta arvestades erilist huvi biomajanduse sellised tegevusalad, mille puhul on võimalik suhteliselt lihtsasti transportida nii importisendeid kui eksporttoodangut. See tähendab Taani, Iirimaa ja teiste väikeriikide eeskujul eelkõige teadusmahuka (bio)farmaatsiatööstuse, 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 tehasemajade tootmine, toidu-biotehnoloogia sektor) 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.

Mõnes valdkonnas, näiteks puidu keemilise töötlemise puhul ja (bio)farmaatsiatööstuses, teevad Balti riigid 2050. aastaks ulatuslikumat tööd uute tööstusharude väljaarendamiseks. Kuna need on mastaabi- ja tehnoloogiamahukad tegevusalad, arendatakse neid kohaliku ja väliskapitali koostöös.

Uute ärimudelite ja spetsialiseerumise kesksed märksõnad on biorafineerimine ehk biomassi töötlemise mehhaanilised, biokeemilised, keemilised ja termokeemilised lahendused, mille toel töödeldakse biomass biotoodedeks (toit, sööt, kemikaalid, materjalid) ning bioenergiaks (biokütused, elekter ja soojus). Samas pole seoses mitme Soomes ehitusjärgus oleva tselluloositehasega ja Eestis alates 2030. aastast väheneva kohaliku puidutoorme hulgaga arvestades üldse selge, kas toorme kättesaadavuse tulevikku silmas pidades oleks puidu keemilise töötlemise võimekusi otstarbekas esimeses järjekorras arendada Põhja- või Lõuna-Eestis või hoopis piirkonna ühistegevusena Lätis või Leedus. Viimane variant võib küll anda suure panuse Eesti ettevõtete kasumlikkusesse, kuid märksa vähem kohalikku tööhõivesse.

Toiduainetootmises liigub Eesti maailma trendide toel samm-sammult tervislikkuse poole, mis toob kaasa liha tarbimise vähenemise ja taimsete alternatiivide kasvu. Teatud kultuuride (nt riis, soja, puuviljad, teravili) puhul jätkub ja kasvab sõltuvus impordist.

Kui euroopaliku elustiili järgijad eelistavad senisest rohkem looduslikku ja tervislikku toitu ning liha tarbimine nende seas kahaneb, siis Aias ja Aafrikas võib linnastumise toel kasvada nõudlus mahetoodete (teravili jms) järele ning elustiili ja elatustaseme muutused võivad tuua ka suurema nõudluse nii liha kui ka taimsete alternatiivide järele. See võimaldab leida põllumajandus- ja toidusektoril nii mahupõhiste kui ka suurema lisandväärtusega toodetele uusi välisurges. Nagu puidu väärimise puhul nii on seega ka selle sektori arenguks vajalik kohalike ja välisinvestorite koostöö Balti või kogu Läänemere piirkonna bioressursside (nt teravili, toorpiim) väärimist toetavate tehnoloogiate ja tehaste nimel kas Eestis või Eesti ettevõtete osalusega mõnes naaberriigis.

Maakasutuses väheneb siseturgu teenindava loomse toidu ja söödatootmise osakaal ning kasvab roheline osakaal (sh katmiklalad). Seevastu vilja eksport jms võib isegi kasvada. Uudsete biomaterjalide tootmise võimalus loob soodsa tausta näiteks turbaalade taastamiseks ja rohumaade senisest paremaks väärimiseks või metsastamiseks.

Sinimajanduses pakuvad Norra, Taani ja teised lähipiirkonna riigid oma laiema kalade, karpide jms valiku ning kiirete tarnevõimalustega Eesti rannakalandusele ja tärkavale karbikasvatusele väga teravat konkurentsi. Eesti ettevõtjate jaoks on see keeruline, väga õhukeste marginaalidega äri. Üksikud suuremad ettevõtted, mis suudavad kontrollida kogu väärtusahelat tipptehnoloogilisest kalakasvatusest kliendini osutuvad siiski perspektiivikaks. Kohaliku karbikasvatuse tulevikuväljavaated on aga ennekõike seotud majanduslike ja keskkonnanahoiu eesmärkide kombineerimisega ning võimalusega kasutada meretuuleparke ka karbikasvatuse taristuna.

Biomajanduse traditsiooniliste valdkondade (nt toiduained, puit ja puidutooted) tehnoloogilist arengut veab peaaesjalikult tehnoloogiaettevõtetele sisseostetavate (suhteliselt universaalsete) uute tootmistehnoloogiate võimalikult tõhus kasutamine, sh koostöös teadusasutustega nende kohandamine kohaliku biomassi eripäradest lähtuvalt. Naaberriikide ja Euroopa turgudele mõeldes on **Eesti peamised tehnoloogilised võimalused võtta kasutusele eesliini IKT- (sh masinõppe, pilvarvutuse, robotika) ja biokeemiatehnoloogiad ja lahendused meile olulisimatel biomajanduse tegevusaladel.**

Eestis kujuneb koos biomajanduse arenguga välja arvestatav täppispõllumajanduse ja -metsanduse, tööstuse digitaliseerimise, robotika, autonoomsete viimase kilomeetri (ingl *last mile*) maismaa- ja õhtutranspordi tehnoloogiate pakujate valdkond, samuti seda toetavate laiemate IKT-platvormlahenduste ökosüsteem. **Biomajandust toetavate tehnoloogiate tootmisest saab Eestile tähtis, suure lisandväärtusega ekspordivaldkond.**

(Bio)farmaatsiatööstuses ja meditsiinis laiemalt on põhimärksõnad bioloogiliste andmete analüüs ja personaalmeditsiin. Muudes uudsemates valdkondades (nt sünteetiline biotehnoloogia, uued suunad vesiviljeluses vetika- ja karbikasvatuses) ei teki Euroopas ega Eestis piisavalt kiiresti kriitilist massi, sest puudub eeskätt hädavajalik hulk teadmisi ja raha. Seetõttu on kohalikud teaduspõhised ettevõtted pigem juba olemuselt üleilmsed. Kohalike klastrite asemele tekivad üksikud üleilmsetes ahelates toimivad ettevõtted, mis kolivad suure läbi- murde saavutamiseks varakult Eestist ära.

Rahvusvaheline avatud koostöö eeldab, et Eesti peab kinni oma energia- ja kliimakava ja kliimaneutraalsuse eesmärkidest, mis välistab pikas vaates põlevkivi kasutamise energeetikas. Kuna puidu keemiline ja just biotehnoloogiline töötlemine konkureerib osaliselt energiatootmisega samale toormele, on ka puidutoorme kasutamine energia tootmiseks nii majanduslikult kui ka keskkonnanahoiu seisukohalt vähem otstarbekas. Pärast 2030. aastate raiemahu vähenemist ja kasvavat konkurentsi toormele on see pealegi üha keerulisem. Seega tagatakse **energiaga varustus** peamiselt rahvusvahelise energiaturu ja ühenduste toel. Võimaluste piires (load, võrguvõimsused jms) võetakse järjest rohkem kasutusele kohalikke, hajutatud päikese- ja tuuleenergia tootmis- ja salvestusvõimsusi, samuti ülejäävaid põllumajandus- ja rohumaad.

4.4. Stsenaarium nr 3. Biorevolutsioonist raputatud üleilmne majandus

4.4.1. Stsenaariumi narratiiv

Üleilmne biorevolutsioon raputab biomajanduse senist toimimist tundmatuseni. Põhjapanevaid läbimurdeid bioteadustes ja -tehnoloogias, mis avardavad inimkonna arusaama bioloogias 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. Uued, suures osas reguleerimata turud ja vastuolulised tehnoloogilised lahendused pakuvad ootamatuid arenguvõimalusi, sh fossiilse toorme asendamiseks ja kliimamuutustega võitlemiseks.

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 heite kasvu ning inimkond suudab asuda otsustavalt rohelise majanduskasvu teele.

Biomajanduse sektorit iseloomustab IKT-revolutsioonile omane arenguloogika, kus muutusi kiirendavad ja suunavad nii kiiresti kasvavad tehnoloogiaettevõtted kui ka ruttu kohanduvad üleilmsed suurettevõtted. Ebaühtlane tehnoloogiline ja majandusareng tekitab uusi, senisest erinevaid võitjaid ja mahajääjaid. Võitjateks osutuvad need kohanemisvõimelised riigid ja piirkonnad, mis teevad kaugele tulevikku vaatavaid investeeringuid ning suudavad maandada tehnoloogilise arenguga seotud riske.

Eesti biomajanduse keskne arengusuund on uudsete, biorevolutsioonist inspireeritud tehnoloogiliste võimekuste ja toodete arendamine ja võimalikult varajane kasutuselevõtt. Eesti ei suuda uute baastehnoloogiate arendamises suurriikidega võistelda. Ta laiendab bioteadustesse tehtavate investeeringute ning avatud ja väleda katsetamise abil oma innovatsioonivõimekust biotehnoloogia alal. See loob eeldused tegutsemiseks uutes, kiiresti kasvavates tehnoloogia- ja majandusharudes, nagu need on näiteks uudsete biotehnoloogia-lahenduste arendamine (nt DNA sünteesimine, rakuvabrikud) või sisenemine uudsetesse biomaterjalide, terviseedendamise ning toidutootmisega seotud tooterühmadesse.

Juhtmõte: tehnoloogia on ühiskondliku ja majandusarengu mootor, mis aitab edukalt ületada kui tahes keerukaid proovikive. Biorevolutsioon paneb aluse üleilmastumise uuele lainele.

4.4.2. Maailma biomajandus 2050. aastal

Poliitiline ja õiguskeskkond

Aasia majandusliku ja tehnoloogilise mõjuvõimu kasvu tulemusena muutuvad rahvusvahelised jõujooned. Rahvusvahelisi suhteid määravad esmajoones USA, Aasia ja Euroopa omavahelised suhted ja koostöövormid. Senised, lääneriikide domineeritud rahvusvahelised institutsioonid teisenevad. Tekivad uued platvormid, et võimaldada kiiresti arenevatel Aasia riikidel osaleda rahvusvahelises suhtluses senisest jõulisemalt.

Rahvusvahelistest võrgustikest ja konverentsidest (G20, IPCC ja WEF jt) kasvavad välja uued koostöölepped, standardid ja organisatsioonid. Need võtavad majandusarengu ja kliimapöörde sünergia tagamiseks üle rohepöörde üleilmse valitsemise ning sellega seotud reeglite kehtestamise. Rahvusvaheliste suhete ja kokkulepete olulisteks aruteluküsimusteks kujunevad looduse nn inseneerimise (bioinseneeria, geoinseneeria jms) õigusnormid, standardid ja eetilised piirid.

Usaldus rahvusvaheliste kokkulepete paikapidavuse vastu loob avatud, katsetamist ja laialdasi süsteemseid muutusi soosiva keskkonna. Kliimapöörde tõttu rohkem kaotavate riikide toetamiseks nähakse ette rahvusvahelised abipaketid, muu hulgas tekib suuremahuline toiduabiturg.

Majanduskeskkond

Üleilmastunud ja rohekasvule suunatud majanduses suudetakse majanduskasv ja kasvuhoonegaaside heide üksteisest lahutada. Biorevolutsiooni juhtriigid liiguvad teistel esialgu tehnoloogiliselt ja majanduslikult kiiresti eest. Biorevolutsioon kujuneb 2050. aastaks rohepöörde ja tulevase keskkonnasäästliku majandusarengu keskseks elemendiks. Tehnoloogiapoliitika edukusest, biotehnoloogia investeringute mahust ja uute tehnoloogiate turuletoomise kiirusest saavad ettevõtete ja tervete riikide majandusedu peamised indikaatorid.

Kuna uute, biotehnoloogiamahukate toodete omahind on pigem kõrge ja tootmismahut väike, siis osutuvad need algul majanduslikult konkurentsivõimelisteks keerukamates ja suurema lisandväärtusega valdkondades, nagu seda on tervishoid ja farmaatsia. Lisaks tervisevaldkonnale on maailmas põllumajanduses, vesiviljeluses ja toiduainetootmises töös palju potentsiaalselt suure mõjuga biotehnoloogiauringuid ja tootearendusprojekte.

Biotehnoloogiarikaste toodete turunõudlus on ka lõpptarbimise mõttes eri maailmajagudes ja riikides kvalitatiivselt väga erinev. Biotehnoloogiliselt töödeldud uued tooted on algul enamasti keskmisest kallimad ja seetõttu jõukohased eriti suurte kvaliteediootustega klientidele. Vaesemates riikides jätkub seevastu nõudlust põhiosas eelmise põlvkonna tehnoloogia abil loodud suhteliselt soodsama hinnaga masstoodangule.

Majandusse traditsiooniliselt rohkem sekkuvad riigid (nt vanas Euroopas) kasutavad biorevolutsiooni ja toodete turulejõudmise kiirendamiseks erinevaid instrumente alates CO₂ maksustamisest kuni fossiilsel toormel põhinevate toodete keskkonnanõuete karmistamiseni. Biotehnoloogia rakenduste otsene majandusmõju ulatub 10–20 aasta jooksul 2–4 triljoni euroni aastas (kuni 5% maailma SKPst) ja 2050. aastaks isegi 5 triljoni euroni aastas.

Tehnoloogiline keskkond

2030.–2050. aastatel tehakse bioteadustes ja -tehnoloogias mõjukad ning kogu majandust muutvad tehnoloogilised läbimurded. Näiteks jõuavad kiire kasvu faasi mitmesugused asendustooted (uudsetest biomaterjalidest taimse toidu ja kultiveeritud lihani) ning täiesti uued tehnoloogiad, tooted ja teenused (rakuvabrikutest ja DNA sünteesimise ja geneetilise muundamise lahendustest kuni eelmainitud põhinevate personaliseeritud meditsiini- ja toidu-teenusteni). Need muudavad märkimisväärselt inimkonna arusaama ravimitest, tervislikust toitumisest, bioenergiast ja sünteetilisest materjalidest.

Biotehnoloogia revolutsiooni kandvad uued tehnoloogiad sünnivad tugeva akadeemilise baasteadusega (suur)riikides, kus on uute tootete turuletoomiseks piisavalt finantskapitali ja sisenõudlust. Samal ajal on ruumi ja potentsiaali üle maailma sündinud biotehnoloogia-sektorite eksponentsiaalseks arenguks, mille taustal jätkub traditsiooniliste majandusharude märksa aeglasem järkjärguline areng.

Euroopa suurimad ja tehnoloogiliselt arenenumad riigid püüavad konkureerida USA ja Aasiaga biorevolutsiooni läbilöögitehnoloogiate arendamisel ning selle ala ärimudelite ja ahelate loomisel. Uute tehnoloogiate varane kasutuselevõtt ja õigeaegne sisenemine varase kasvu faasi jõudnud tooterühmadesse pakub väiksematele Euroopa riikidele, sh Eestile, head arenguhüppe võimalust. Sisenemisbarjäärid on uutes tooterühmades ja uutel turgudel madalad ning õigusnormid algelised või puuduvad üldse. Arengu keskmes on väikesed, täiesti uudsetel turgudel tegutsevad ning kiiresti kasvavad ettevõtted, kel pole rajasõltuvust varasematest tehnoloogiatest ja investeeringutest.

Sotsiaalne keskkond

Maailm on üha mitmekultuurilisem ja avatum. Lääneriikide ühiskonnakorralduses on valdav tugevalt tehno-positivistlik hoiak. Majanduse ja ühiskonna arengut mõjutab ennekõike tehnoloogiasse hästi suhtuv üleilmne eliit, kes kasutab biorevolutsiooni radikaalsust ja teaduspõhisust (sh teaduse traditsioonilist suutlikkust reguleerida iseennast akadeemilise eetika ja retsensioonikultuuri kaudu) selleks, et õigustada valdkonna vähest reguleerimist, avatust katsetamisele ja suurtele muutustele.

Neid arengusuundi kiirendavad biohäkkerlus jm rohujuuretasandi kodanikualgatuse vormid. Hoogsalt arenev nn uus majandus ja iduettevõtluse kultuur vastanduvad nn vana majanduse ja ühiskonna normidele ja reeglitele ning püüavad luua uudset, piiranguvaba tegutsemis-ruumi.

Kliimaeesmärkidega seotud muutused on samal ajal toonud paljudele riikidele kaasa majandus-, keskkonna- ja ühiskondlikke muresid. Seetõttu mõistetakse üha selgemalt, et üksnes riigi sekkumisest ja suunistest ei piisa. Üleilmsete probleemide lahendamiseks on hädavajalikud inimeste elustiili- ja tarbimisharjumuste muutused, sh traditsioonilise mulla-põhise toidu kõrvale laboripõhise toidu tootmise juurutamine Aasias, mille rahvastik kasvab kiiresti ja mis on üha rohkem linnastunud.

Ökoloogiline olukord

Elurikkuse säilitamise ja ökoloogilise tasakaalu hoidmise surve kasvab kogu maailmas. Rahvaarvu suurenemise ja jätkuva linnastumise tõttu on maailma toiduainevajadus kasvanud 50–70% ning suureneb ka nõudlus energia ja puhta vee järele.

Põllumajandusmaa pindala ega biomassi kasutamist energeetikas ei saa aga kliimaeesmärke arvesse võttes suurendada, kuna maailm vajab metsi CO₂ sidumise, kliima stabiilsuse ja elurikkuse kaitsmise jaoks. Sagenenud erakordsed loodusnähtused (põuad, üleujutused, uusi haigusi ja viirusi kandvate loomad levik) muudavad nii keskkonnaolukorra kui ka rahvusvahelised suhted veelgi keerulisemaks, andes samas tõuke tehnoloogiliste lahenduste arenduste kiirendamisele. Kliimaprobleemide lahendamiseks ollakse valmis kasutama ka üha

radikaalsemaid geoinsenerimise lahendusi ning laiaulatuslikult investeerima CO₂ õhust püüdmise ja kasutamise tehnoloogiate levikusse.

4.4.3. Mida teeb Eesti?

Eesti arengu põhinügiid

Kui Eesti arenguvõimalused on olnud traditsioonilise biomajanduse (sh toidu- ja puittoodete tootmine) kontekstis üsna head, siis biorevolutsiooni algusega muutub olukord täielikult. Uue paradigma esilekerkimise tõttu ei piisa avatud rahvusvahelises majanduses konkurentsivõimelisena püsimiseks enam traditsiooniliste toodete ja tootmisviiside järkjärgulisest täiustamisest. Eriti puudutab see põllumajandust ja toiduainetootmist.

2020. aastatel on veel esmatähtis praegu teadaolevate uudsete võtete (nt täppispõllumajandus, juhita liikuv põllumajandustehnika) levitamine, ent järgnevatel aastakümnetel tuleb biorevolutsiooniga kaasa minna juba täiesti teistmoodi. See tähendab keskendumist fossiilsel toormel põhinevate materjalide ja toodete asendamisele ning uudsete protsesside ja käitumismustrite arendamisele ja laiendamisele. Arenenud riikides sünnivad täiesti uued, Eesti jaoks harjumatud tootmisviisid ja tehnoloogiad, näiteks sünteetiline bioloogia ja mullavaba põllumajandus. Need eeldavad uudseid tehnoloogilisi võimekusi ja ärimudeleid, pakkudes korraga nii suuri võimalusi kui ka suuri riske.

Seniste väärtusahelate loogika muutub ulatuslikult. Näiteks puit ja rohumaade biomass kujuneb uues biomajanduses sektoriülevalt üldkasutatavaks tootmissisendiks ning kasvab konkurents biomassi järele, samuti tekivad täiesti uued viisid merebiomassi, esmajoones karpide ja vetikate kasvatamiseks ja kasutamiseks. See loob peale ettevõtete ka tervetele riikidele ainulaadse võimaluse teha maamajanduse ümberkorraldamise abil hüpe majandusarengus.

Biorevolutsioon tähendab ka eelkõige tehnoloogilise mõtteviisi levikut Eesti biomajanduse arendamisel. Selle osa on arusaam, et maailma kestlikkusprobleemide lahendamise üks parimaid viise on just tehnoloogia areng, sh fossiilselt toormest materjalide või mullapõhise põllumajanduse ja loomse toidu asendamiseks.

Samas on biorevolutsiooni laiapõhjalisuse tõttu spetsialiseeruda ja tulevikku ennustada keeruline. Mõtteviisi oluline osa on nüüd avatus ja väle katsetamine, mis võimaldab käia kaasas biorevolutsiooni kiirete muutustega ning leida nišše ja spetsialiseerumisvõimalusi, kus Eesti kompetentsid ja võimekused osutuvad maailmas konkurentsivõimeliseks.

Selle stsenaariumi puhul ei ole võimalik Eestis kõiki vajalikke biomajandustooteid kohapeal ise arendada ja toota. Teatud toodete tootmine võib küll muutuda tänu tooraine komplekssele kasutamisele isegi lokaalsemaks (nt bioplasti tootmine kodusest toorainest, jääkide ja kaassaaduste biotehnoloogiline väärimine), kuid biorevolutsiooni aluseks olevaid olulisimaid baastehnoloogiaid tuleb enamasti importida.

Biorevolutsiooniga suudavad edukamalt kaasa minna riigid, kus on olemas piisav pädevus biotehnoloogiamahukate toodete kasutuselevõtuks ja edasiarendamiseks. Need ettevõtted ja riigid, mis on sel alal maailmas eesliinil – või vähemasti selle kiiresti areneva valdkonnaga väga

hästi kursis –, osutuvad majanduslikult väga konkurentsivõimelisteks. Ülejäänud püsivad majandusarengus paigal, mis tähendab järjest rohkem maha jäämist eesliinil olevatest riikidest.

Eesti biomajanduse keskne arenguloogika

Kuna tänu meditsiini, IKT ja geeniteaduste ning biomajanduse konvergenstsele tekib inimestel parem arusaam iseenda bioloogiast ja füsioloogiast, iseloomustab biorevolutsiooni enamiku toodete ja teenuste kasvav personaliseeritus ning teadlikkus CO₂ jalajäljest. See tähendab ulatuslikke muudatusi just toidusüsteemis, sest uued põlvkonnad käsivad toitumist kui teenust. Toitumisharjumuste aluseks saavad personaliseeritud tervise- (ja ilu-)nõuanded, mis põhinevad toitumis- ja terviseandmetel ning geeniuuringutel. Kasutusele võetakse toidu täishinnastamine, mis arvestab nii tootmise, kasvuhoonegaaside kui ka ökosüsteemide kulu ning toob kaasa nihkumise toidult toitainete disainimisele ja tootmisele laborites. Sellega kaasneb loomakasvatuse ja söödatootmise mahu vähenemine.

Kestlikkuse ja majandusarengu ühendamise ideaalpildi aluseks kujuneb arusaam, et biomass on peamiselt ökosüsteemi teenuste alus. Uued tehnoloogiad võimaldavad looduslikku biomassi asendada (mullavaba põllumajandus, laboriliha jm) või kasutada tervikliku kaskaadkasutuse kaudu senisest märksa tõhusamalt. Kõrvalsaadused ja jäägid suunatakse seejuures biotehnoloogilisse väärimisse (energeetika, biopõhised materjalid, farmaatsia).

Maakasutuse proportsioonide muutumine sõltub suures osas sellest, kui edukalt suudetakse levitada uusi tehnoloogiaid näiteks rohtsest biomassist uut laadi toodete, sünteetiliste biopõhiste materjalide või kütuste tootmiseks. Osa biomajanduse valdkondi, muu hulgas vetika- ja karbikasvatus, ei pruugi olla vähemalt tehnoloogiate ja praktikate algjärgus keskendunud mitte niivõrd eraldi müüdava toote saamisele, kuivõrd looduskeskkonna olukorra parandamisele.

Strateegilisest vaatepunktist tuleb biorevolutsiooni kontekstis eraldi käsitada bioressursi esmast kasutuselevõttu ja väärtusloomeketi kõrgemate astmetega seostuvat.

Biomassi esmase töötlemise süsteeme luues peab pidama silmas, et Eesti bioressursil ei ole naaberriikide oma ees ühtki suurt eelist ja Eesti tootjatel ei ole tavaliselt ka märkimisväärset mastaabieelist. Eesti impordib seejuures toidutootmise ja puidutöötlemise tehnoloogiaid. Biorevolutsiooni kontekstis on kõige tähtsam jälgida, et näiteks puidu keemilisse töötlemisse vms tehtavad suuremahulised investeeringud eelmise põlvkonna tehnoloogia kasutuselevõttu ei lukustaks Eesti ressursikasutust ja ettevõtteid järjest väheneva konkurentsivõimega tegevusaladele.

Seega ei ole biorevolutsiooni keskmes mitte võistlus ressursi pärast (nt millisesse ahelasse jätkub puitu), vaid uute ja vanade tehnoloogiate ja väärimisviiside konkurents. Küsimus on näiteks selles, kas hakata puitu n-ö osadeks võtma ja väärima mehhaaniliselt, keemiliselt või biotehnoloogiliselt.

Uute, biotehnoloogiarikaste toodete arendamisel ja tootmisel on seevastu esmatähtis ainulaadse tehnoloogiaga saavutatav konkurentsieelis. IT-valdkonnast paralleeli tuues võib öelda, et Eesti ettevõtted ei pea seejuures suutma luua omi mikroprotsessoreid ega ainulaadset

arvutiarhitektuuri. Küll aga on asjakohane püüelda välisinvesteeringute kaasamise teel üheks suurimaks biorevolutsiooni kandvate baastehnoloogiate tootjaks Euroopas (rakuvabrikute disainimine, personaalmeditsiini lahendused jm). Sama asjakohane on püüda saada biorevolutsiooni toetava nn rakendustarkvara tootjaks (pilvepõhise rakuvabriku teenused, personaalmeditsiini ja personaalse toidunõustamise teenused jm).

Eestil on biotehnoloogia laialdase kasutuselevõtu eelduseks olevaid baasvõimekusi ja taristu komponente. Üks selliseid on personaalmeditsiini ja ravimiarenduse eelduste arendamisele keskendunud geenivaramu ning seda toetav bioinformaatikavõimekus. Samuti on olemas liha- ja piimatoodete taimsete asendustoodete pädevus (nt AS Toidu- ja Fermentatsioonitehnoloogia Arenduskeskus), puidubiomassi biotehnoloogilise väärimise katsevõimekus (nt Graanul Biotech OÜ) jm.

Need võimekused ei ole siiski juba biotehnoloogia ekspertide arvult veel biorevolutsioonis osalemiseks piisavad. On ülivajalik, et ajaks, mil rahvusvahelisel turul tekib laialdane nõudlus uudsel teel toodetud biotehnoloogiarikaste toodete järele, oleks Eestis olemas selle valdkonna kiiresti kasvav äriökosüsteem, mille osised on kvalifitseeritud töötajad, tehnoloogiatele ja patentidele ligipääsetavus, soodne õiguskeskkond ning finantsvõimekus.

Biorevolutsiooniga kaasnev tehnoloogiamahukuse kasv majanduses mõjutab tugevalt ka energia tootmist ja tarbimist. Biorevolutsiooni ootus on, et biotehnoloogiarikkad uued lahendused võimaldavad väärimada varem energia tootmiseks kasutatud biomassi (puiduhake vmt) teistes valdkondades märksa suurema lisandväärtusega. Biomassi sisendenergeetikasse võib seega kahaneda ning oluliseks muutub varustuskindluse tagamine muude allikate ja rahvusvaheliste ühenduste toel.

Teiselt poolt on aga näiteks sünteetilist bioloogiat toetavad suurandmete analüüsi lahendused suure ja järjest kasvava energiavajadusega. Suurte vertikaalsete (mullavaba) põllumajanduskomplekside energiavajadus on samuti väga ulatuslik. Seetõttu on äärmiselt tähtis, et Eestil oleks päikese- ja tuuleparkide kõrval elektrienergia tootmiseks ka muud konkurentsivõimelise hinnaga ja kliimasõbralikud, juhitavad võimsused. Tehnoloogilise arengu positiivne kuvand toetab seejuures tõenäoliselt ettevõtjate plaane vesiniku- ja ka näiteks tuumaenergeetika puhul kas omaenda võimekusena või osana lähipiirkonna energiaturust.

Kõike kirjeldatud ellu viies tuleb pidada silmas maaelu ümbermõtestamise vajadust. Üleilmse biorevolutsiooni tingimustes on paratamatu, et traditsiooniliselt maamajandusele omaseks peetud töökohtade arv väheneb ka tulevikus. Uute, revolutsiooniliste läbilöögisuundade valdavaks saamine biomajanduses tähendab väga automatiseeritud ja andmepõhist majandustegevust, milleks on vajalik senisest hoopis teistsuguse kvalifikatsiooniga tööjõud.

Samuti võib eeldada, et biotehnoloogia laialdane kasutuselevõtt seob töökohad rohkem lahti bioressursi asukohast. Biorevolutsiooni ajastu kontekstis on ootuspärane, et osa inimesi eelistab elulaadilistel põhjustel elada linnas, ent teised väljaspool suuremaid keskusi. Ka suhteliselt väikese tehnoloogiaettevõtte puhul võib seejuures arvata, et selle töötajaskond elab ja töötab eri maailmajagudes.

4.5. Stsenaarium nr 4. Keskkonnateadlik ja kogukondlik kohanemine biorevolutsiooniga

4.5.1. Stsenaariumi narratiiv

Üleilmne biorevolutsioon on toonud kaasa põhjanevaid muutusi ühiskonna tehnoloogilises baasis. See võimaldab korraldada ümber sisuliselt kogu majanduse, sh asendada suurema osa fossiilse toorme kestlikuma biotoormega selleks, et tulla toime kliimamuutustega ning säilitada bioloogiline mitmekesisus, samuti teha võimalikuks personaalne lähenemine toidule ja meditsiinile.

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

Seepärast on biorevolutsioon Euroopas kitsenenud eeskätt meditsiini-, materjali- ja energeetikasektorisse. Toidusüsteemis ja looduskeskkonnas on ülekaalus kohalikkus, vastustus- tundlikkus, mahedus ja tervislikkus. Biotehnoloogiliste läbimurrete kasutuselevõtu suhtes on valdav pigem ühiskondlik ettevaatlikkus, ent leidub ka nišitooteid (nt laboris kultiveeritud liha, mullavaba vertikaalne põllumajandus linnades) ning on olemas nende üleilmne turg, sh metsanduse ja toidusüsteemi jääkide ja kaassaaduste kasutamiseks muudes sektorites.

Eesti biomajanduse põhiline arengusuund on panustamine tehnoloogilisse arengusse nii biotehnoloogias kui ka infotehnoloogias. See kiirendab fossiilse toorme ja materjalide asendamist biopõhistega ning tõhustab kohaliku biomassi kestlikku kasutamist, sh ökosüsteemide hoidmist. Infotehnoloogia kompetentside põhjal töötatakse välja lahendusi kogukondlike toidu- ja energiasüsteemide tõhususe ja kestlikkuse tagamiseks.

Juhtmõte: biomajanduse arendamise ja kliimamuutuste pidurdamise keskmes on nutikas kohandamine, looduse väärtustamine ning uute tehnoloogiate keskkonnateadlik kasutamine. Koos uute toodete turulejõudmisega toimub muutus ka inimeste väärtushinnangutes ja käitumismallides ning esiplaanile seatakse kohaliku/kogukondliku, maheda, loodusliku ja ökosüsteemide hoidmine.

4.5.2. Maailma biomajandus 2050. aastal

Rohepööre

Maailma iseloomustab piirkonniti varieeruv entusiasm ja võimekus uusi biotehnoloogiaid arendada ja kasutusele võtta, samuti erinevad hinnangud sellega seotud ühiskondlikele ja keskkonnariskidele. See toob kaasa erineva suhtumise biorevolutsioonilahenduste aktsepteerimisse (eriti toidu, biomassi tootmise ja looduskeskkonna puhul).

Ameerikat ja Aasiat iseloomustab avatum katsetamine ja kasutuselevõtt ning kiirem areng. Euroopa Liidul on õnnestunud institutsionaliseerida oma kogukondliku **bioringmajanduse valitsemismudel**, mille keskmes on elurikkust ja euroopalikke väärtusi (n-ö sotsiaalne ja ökoloogiline turumajandus) hoidev rohe- ja digipööre ning ühiskondlike käitumismustrite muutus.

Poliitika ja õiguskeskkond

Aasia majandusliku ja tehnoloogilise mõjuvõimu kasvu tulemusena muutuvad rahvusvahelised jõujooned. Senised lääneriikide domineeritud rahvusvahelised institutsioonid teisenevad ja tekivad uued platvormid, mis võimaldavad kiiresti kasvanud Aasia riikidel osaleda rahvusvahelises suhtluses senisest jõulisemalt.

Rahvusvahelisi suhteid määravad esmajoonel USA, Aasia ja Euroopa omavahelised suhted ja koostöövormid. Venemaa roll Euroopale energia ja bioressursi tarnijana väheneb seoses rohepöördega märkimisväärselt ning ta orienteerub hoopis kiiresti kasvavale Hiina ja India turule.

Rahvusvahelistest võrgustikest ja konverentsidest (nt G20, IPCC, WEF) kasvavad välja uued koostöölepped, standardid ja organisatsioonid, mis võtavad üle rohepöörde üleilmse valitsemise ja reeglite kehtestamise. USA ja Aasia on tehnoloogilisele katsetamisele altimad ning Euroopa oma väärtuste ja traditsioonide alusel pigem alalhoidlik ja ettevaatlik.

Seetõttu on rahvusvaheliste suhete ja kokkulepete kaalukas aruteluküsimus **looduse nn inseeerimise** (bioinseneeria, geoinseneeria jms) õigusnormid, bioloogilise mitmekesisuse säilitamine ning ökoloogiline õiglus, mille suhtes on maailma piirkondades üsna erinevad arusaamad. Lepitakse kokku rahvusvahelised miinimumstandardid ja piirid, sealhulgas läbi- paistvus ja turvalisus.

Majanduskeskkond

Majanduse struktuursed nihked – Aasia esiletõus, tehnoloogilised läbimurded, üleminek fossiilselt majanduselt biotoormel põhinevale majandusele, uued tarbimiseelistused – on loonud pinnase seniste majandusmudelite ümbermõtestamisele:

- USAs säilib eelkõige finantskapitali ja uute tehnoloogiaettevõtete (mis on võtnud üle seniste suurkorporatsioonide keske rolli) eest veetud ning uute, roheinnovatsioonil põhinevate toodete turuletoomisele keskenduv majandusmudel, milles on eelistatud turupõhine katsetamine ja minimaalne reguleerimine;
- Aasia riikides säilib pigem riikide koordineeritud tugev majandusmudel, mille keskmes on üleilmselt arendatud tehnoloogiate kasutuselevõtu kõrval kasvavalt ka oma, täiesti uudsete tehnoloogiate turulepaikamine; suurriigid (India, Hiina), kus rahvastiku kasv on kiire, paistavad eriti silma geo- ja bioinseneerimise suuremahuliste algatustega;
- suutmatuse konkureerida USA ja Aasia suurkorporatsioonide ja tehnoloogiainvesteeringutega sunnib Euroopat ikka veel otsima ainulaadseid nišše tehnoloogiate kohendamisel ning uute ärimudelite disainimisel, mis põhinevad teiste loodud baastehnoloogiate kõrgetasemelisel ja kiirel kohendamisel; Euroopa Liit kasutab uute, biopõhiste toodete turulejõudmise kiirendamiseks erinevaid instrumente CO₂ maksustamisest kuni fossiilsel toormel põhinevate toodete keskkonnanõuete karmistamiseni;
- vähem arenenud lõunapoolkera riigid on endiselt maailma ressursipank ning sõltuvad oma majandusarengus ja heaolus USA, Aasia ja Euroopa konkureerivatest tehnoloogiatest ning investeeringutest. Seejuures muudab maailma üleminek rohetechnoloogiale ning fossiilsel energial põhinevate tööstusharude sulgemine ja mittetolereerimine nende riikide autonoomsed arenguvõimalused veelgi ahtramaks.

Tehnoloogiline keskkond

Biotehnoloogia läbimurded, sh IKT ja biomajanduse lõimimise tulemusena sündinud bioinseneerialahendused (toit, materjalid, energia, meditsiin) jõuavad turule 2035.–2050. aastal. See võimaldab struktuurseid muutusi enamikus eluvaldkondades. Näiteks toidusektoris tulevad meditsiiniteaduste toetatud personaliseeritud toitumisviisid ning mullavaba põllumajanduse ja traditsioonilise põllumajanduse tootlikkus kasvab tänu IKT ja bioinseneeria toele.

Kui (bio)farmaatsiatööstus on kõikjal maailmas traditsiooniliselt tugevasti reguleeritud majandusharu, siis biotehnoloogia kasutamise kohta toiduainetootmises luuakse alles esimesi rahvusvahelisi standardeid ja kokkuleppeid. Seetõttu levivad uued tehnoloogilised läbimurded ja muutused eri piirkondades eelistuste ja võimaluste tõttu valikuliselt. Selle tulemusena tekivad üleilmsed biomajanduse variatsioonid:

- kasvava rahvastikuga ning tehnoloogilise arengu usku USAs ja Aasias võetakse uusi rakendusi kasutusele kõikidel elualadel, sh toidu-, energia-, transpordi- ja meditsiinisüsteemis. See aitab lahendada probleeme, mis on seotud kasvava linnastumise, fossiilkütustest ja materjalidest loobumise ning elanike tervisekäitumisega;
- traditsioonilist tervislikku toitu väärtustav, vananeva ja väheneva rahvastikuga Euroopa hoiab põllumajanduses ja toiduainetootmises biotehnoloogia kasutamisel ettevaatlikku joont; laialdasi bioinseneeriakatsetusi toiduainetootmisel peetakse võimalike ettenägematute keskkonna- ja tervisemõjude tõttu riskantseks ning sellist tegevust piiratakse suurel määral („Toiduga ei mängita!“). Euroopa spetsialiseerub biorevolutsioonis põhiliselt (bio)farmaatsia-, keemia- ja materjalitööstusele. Biomassi kasvatamisega seotud valdkondades (metsandus ja põllumajandus) säilib pigem looduslikumate ja mahelahenduste eelistus (mille tootlikkust suurendatakse IKT-lahenduste ja agroökoloogia põhimõtete põimitud leviku abil); biotehnoloogilised rakendused jäävad valdavalt tugevasti reguleeritud kallimateks nišitoodeteks (küll võivad nt geeniuuringute toel tekkida personaliseeritud toitumissoovitused ja -eelistused, mis mõjutavad muu hulgas toidusüsteemi arengut).

Sotsiaalne keskkond

Maailma elanike arv on 2050. aastaks kasvanud ligikaudu 10 miljardi inimeseni. Pool rahvastiku kasvust on tulnud Aafrikast ja kolmandik Aasiast. Euroopa ja Ameerika rahvastik on tööealiste arvu vähenemise tõttu kiiresti vananenud.

Ühiskondlikku arutelu iseloomustab teatav polariseerumine tehnoloogilisse arengusse uskujate ja pigem kogukondlikku isiklikku vastutustundlikkust rõhutavate maailmavaadete vahel. Uudse mõttelaadina levib nn kosmolokaalsus kui uus kompromiss tehnoutopistide ja traditsioonide hoidjate vahel. Selle järgijad rõhutavad tasakaalupunkti leidmist uute tehnoloogiliste võimaluste ja traditsioonilisemate kogukondlike praktikate vahel, kui tegeldakse üleilmsete probleemide, näiteks kliimamuutustega.

Väärtuste muutumise konteksti iseloomustavad arutelud ühiskonna paljude toimeoloogiate ümbermõtestamise üle. Üks selliseid on arutelu SKP ja lisandväärtuse määratluse muutmise üle, et saastamine ei oleks tulus ning ökosüsteemiteenustel oleks selge ja ühiselt mõistetud väärtus, samuti arutelu CO₂ maksustamise (CO₂ kauplemise süsteemid, kaitsetollid) ning

muude rohefinantsiilingute (ökosüsteemi teenuste hinnastamine, pensionifondide ja muude investeerimisfondide CO₂-neutraalsus/positiivsus) üle, samuti vajaduse üle peatada maailma elurikkuse kiire vähenemine.

Arenenumate riikide ja nooremate põlvkondade kliimateadlikkus on toonud kaasa käitumisharjumuste sammsammulise muutumise. Selle tulemusena kujunevad kliimateadlikumaks ja kõikjal maailmas vastutustundlikumaks ka paljud kultuurilised tarbimisharjumused, näiteks toitumine, riietumine ja transpordikasutus, milles hakatakse võtma arvesse looduse ja ökosüsteemide taluvuse piire. Muu hulgas on märgatavalt vähenenud loomse ja mullapõhise imporditud või impordist sõltuva (nt sööda puhul) toidu tarbimine, et tagada maailmas võimalikult hea ligipääs tervislikule toidule. Euroopa eeskujul on USA asendanud kogu lühivahemaade lennunduse kestlikuma ühistranspordiga maismaad mööda ning tarbekaupade (mööbel, riided, transpordivahendid, IKT-vahendid jm) puhul on ülekaalus keskkonnateadlikud rendi- ja ringmajanduse kasutusmudelid.

Kui 20. sajandi tsentraliseeritud masstootmise paradigma keskmes olid suured hierarhilised organisatsioonid (sh suured tootmisettevõtted, elektrijaamad), siis mõttemallide muutusega tõuseb selle kõrvale **detsentraliseeritud modulaarsuse paradigma**. See puudutab nii majanduse väärtusahelate ülesehitust (nt „Talust taldrikule“-toidusüsteemid, hajutatud kogukonnaenergeetika, ringmajandus) kui ka sotsiaal-majanduslike suhteid laiemalt. Toetust koguvad näiteks isevarustavad kogukonnad ja linnad, detsentraliseeritud kommunikatsioon, organisatsioonid ja võrgustikud ning rohujuuretasandi otsedemokraatia ja koosloomeline valitsemine. IKT-valdkonna tegutsemisloogika ülekandumine organisatsioonide äri- ja valitsemismudelitesse võimendab modulaarsusparadigma esilekerkimist.

Ökoloogiline keskkond

Elurikkuse säilitamise ja ökoloogilise tasakaalu hoidmise surve kasvab kõikjal. Rahvaarvu suurenemise ja jätkuva linnastumise tõttu on maailma toiduainevajadus kasvanud 50–70% ning suureneb nõudlus ka energia ja puhta vee järele. Põllumajandusmaa pindala ja biomassi kasutus energeetikas ei saa aga kliimaeesmärke arvesse võttes suureneda, kuna maailm vajab metsi CO₂ sidumise, kliima stabiilsuse ja elurikkuse kaitsmise jaoks.

Sagenenud erakordsed loodusnähtused (põuad, üleujutused, uusi haigusi ja viirusi kandvate loomad levik) muudavad nii keskkonnaolukorra kui ka rahvusvahelised suhted veelgi keerulisemaks, ent need loodusnähtused ja mõjud avalduvad maailma eri piirkondades erinevalt. Näiteks Põhja-Euroopas muutub kliima biomassi kasvu seisukohalt soodsamaks, kuid erakordsed loodusnähtused muudavad biomassi kasutamise ja kättesaadavuse ebakindlamaks. Lõuna-Euroopas, Aafrikas ja mujal on seevastu järjest suurem probleem keskmise temperatuuri tõus ning sademete hulga vähenemine.

See annab omakorda tõeke maakasutuse ja biomassi senisest süsteemsemale korraldamisele ja majandamisele, et tagada ressursikasutusel senisest terviklikum tasakaal inimeste vajaduste ning ökosüsteemide ja elurikkuse säilitamise vahel. Osas riikides jätkub seetõttu metsade langetamine ning maa kasutamine toidu ja energeetika eesmärkidel, teised riigid metsastavad seevastu üha rohkem (varem ebatõhusalt kasutatud) maad, et püüda pidurdada kliima soojenemist ning tagada ühtlasi biomassi püsiv pakkumine.

Samal ajal muutub vajalikuks kliimamuutuste tõttu rohkem kannatavate piirkondade toetamine. Üleilmse arenguabi ja rahvusvahelise koostöö üheks fookuseks saab maailma biomassi kättesaadavus (sh õiglane jagunemine) ja tõhus kasutamine ning maailma ökosüsteemi hoidmine (nt luuakse üleilmne „Natura 2100“ ökosüsteemide võrgustik).

4.5.3. Mida teeb Eesti?

Eesti arengu põhinügi

Maailmas toimuv jõuab Eestisse endiselt ennekõike Euroopa ühisväärtuste, poliitikate ja siseturu kaudu. Väikeriigina liigub Eesti maailma biomajanduses pigem Euroopa Liidu üldiste arengutrendidega kaasa. Eesti võimalus selles on eeskätt panustamine biorevolutsiooni üksikutesse niššidesse ning kompaktse keskkonnateadliku riigi väärtuspakkumine (tehnoloogiaettevõtete töötajad saavad korraga elada nt globaalses Tallinnas või diginomaadina nt Shanghais ning lokaalses ja mahedas Eestis). Selline paradoksaalne maheda ja tehnoloogilise kombinatsioon sobitub hästi ka Eesti traditsioonidest ja IKT-ajastu edulugudest mõjutatud rahvuskultuuri.

Eestis mõtestatakse oma rolli üleilmsete kestlikkusprobleemide lahendamisel valdavalt kahel viisil: kasutada kodumaist ja kohalikku biomassi kestlikult (hoida ja parandada ökosüsteeme, tarbimise eetilisus ehk biomassi impordi piiramine, et tagada üleilmne ligipääs kõigile) ning fookustatud osalus tehnoloogia arendamises (ressursikasutuse tõhusus ja fossiilsete materjalide asendamine).

Biorevolutsiooni uute tehnoloogiate teke ja levik (sh IKT-integratsioon, sünteetilise bioloogia ja biotehnoloogiate levik) loob ühelt poolt võimalusi uute, tehnoloogiamahukate tegevusalade tekkeks (nt personaliseeritud toidusüsteem, toidu- ja metsatööstuse jääkide väärdamine biotehnoloogiaahelates), teiselt poolt aga sisenemiseks üleilmsetesse biotehnoloogiaahelatesse (tehnoloogiliste ja IKT-inseneriteaduslike lahenduste ja pädevuste eksport). Seejuures ei pruugi osa biomajandustegevusi (nt vetika- ja karbikasvatus) olla vähemalt tehnoloogiate ja praktika algjärgus keskendunud mitte niivõrd müüdava toote saamisele, kuivõrd looduskeskkonna olukorra parandamisele.

Samal ajal sõltuvad Eesti 2050. aasta arengusuunad ja spetsialiseerumine tugevalt esiteks väliskapitali valikutest ja tehnoloogiate kasutuselevõtust ning teiselt Eesti enda 2020. aastate valikutest kõrghariduse ning teadus- ja innovatsioonipoliitika alal. 2020. aastatel on Eestis olemas teaduslik baasvõimekus osaleda biorevolutsioonis pigem IKT-integratsiooni valdkonnas ning üksikutes sünteetilise bioloogia niššides (toidubiotehnoloogia, fermentatsiooni ja gasifitseerimise tehnoloogiad, personaal- ja biomeditsiinisektor, bioinformaatika). Need võimekused on siiski tekkinud esmajoones üksikute teadlaste ettevõtlikkuse ja järjepidevuse, mitte strateegilise planeerimise tulemusena.

Eesti biomajanduse keskne arenguloogika

Eesti biomassipõhist biomajandust iseloomustab **bioressursi paradoks**: elaniku kohta on siin üsna palju biomassi, ent üleilmses masstootmise paradigmas osalemiseks on seda selgelt liiga vähe. Suurte skaleeritud lahenduste (nt puidu keemilisel töötlemisel, biomassi energeetilisel väärdamisel) jaoks oleks tarvis ligipääsu vähemalt kogu Baltikumi biomassile. See paneb Eesti võrreldes suuremate riikidega raskemasse konkurentsiolukorda juba baasressursi

tasemel, sest selleks on vaja teha piirkonnaülest koostööd ja/või arendada väiksemaid või biomassi väärimise modulaarseid tehnoloogiaid.

Kaskaadkasutuse keskset loogikat iseloomustab biomassi kasutamine kestlikkuse piirides:

- biomajanduse arendamist mõtestatakse eelkõige läbi ökosüsteemi teenuste kvaliteedi prisma (nt metsade ja rohumaade CO₂ sidumise võime, vetika- ja karbikasvatus ja -majandus kolme põhitöötlemendi (NPK) sidumiseks mereveest);
- toidusektoris väärimistatakse mahedat ja personaliseeritud tervislikkust, mis avaldub nii põllumajanduspraktika muutuses (mahepõllumajanduse levik, katmikalade osakaalu kasv) kui ka tarbimiseelistustes (liha ja piima tarbimise vähenemine, nõudlus läbipaistvalt kestliku toidu pakendamise jms järele);
- puidusektoris väärimistatakse esmalt CO₂ sidumist nii puitoodetest kui ka metsades (sh võib tuua toidusektori maakasutuse vähenemine kaasa metsade osakaalu kasvu, nt CO₂ sidumise teenuse müügi kaudu). Metsamajandamise tootlikkus ja tõhusus kasvab ennekõike tänu parematele praktikatele ja planeerimisvõimekuse arendamisele kui üleminekule näiteks metsade väetamisele või biotehnoloogilisele arendamisele;
- toidu- ja puidusektori jääkide väärimise esmane fookus on biotehnoloogilised lahendused suure väärimisega ahelates (materjalid, farmaatsia) eesmärgiga väärimada seni väärimamata ja ülejäävat ressursi (nt rohumaade biomass) ning võimalusena asendada fossiilset tooret. Eesti arengu tagab peamiselt keskendumine tehnoloogia arendamisele ja uute lahenduste katsetamisele (bioinseneria kui teenuse võimekuse arendamine);
- ei ole välistatud, et aastateks 2040–2050 võib väheneda ka keemiliseks ja biotehnoloogiliseks väärimamiseks kättesaadava biomassi maht, sest ühelt poolt on metsade raiemaht nende kasvutsükli ja CO₂ sidumise eesmärkide tõttu vähenenud ning teiselt poolt on senist toidusüsteemi tõhustatud ja see on kokku tõmbunud.

Eesti biomajanduse lisandväärimise kasvatamise tipunišiks ei ole heade eelduste kokkusaamise tulemusel kujunenud mitte biomassi töötlemise, vaid väärimise tehnoloogia eelisarendus ja sellega seotud innovatsioonivõimekuse müük rahvusvaheliselt. Vähemalt ühest senisest valdkonna arenduskeskusest (BioCC OÜ, AS Toidu- ja Fermentatsioonitehnoloogia Arenduskeskus, Graanul Biotech OÜ, OÜ E-Agronom jt) on saanud Euroopa mõistes arvestatav tehnoloogiaettevõtte ja üksjarvik, mille platvormlahendused on tähtis lüli üleilmses väärimisahelas.

Siiski jäävad vähemalt tööhõive puhul nii Eestis kui ka teistes Kesk- ja Ida-Euroopa riikides valdavaks biomajanduse traditsioonilised valdkonnad. Kohaliku biomassi väärimamine ökosüsteemiteenusena ja selle kestlik väärimamine annab tõuke just lühikestel tarneahelatel põhinevate ja kogukondliku öko-biomajanduse arendamisele.

Sellise biomajanduse konkurentsivõime ja kasumlikkuse (eriti toidusektoris) eeldus on ühelt poolt muude majandussektorite (peamiselt IKT-põhine üleilmne teenusmajandus) lisandväärimise edasine kasv ja panus Eesti majandusse ning teiselt poolt toidusektori suutlikkus siseneda eelkõige lähipiirkonna suurema ostujõuga riikidesse, kus üha rohkem hinnatakse

toidusüsteemi läbipaistvat eetilistust ja kestlikkust. Võib eeldada, et kui Eestis hakatakse eelistama eetilist mahetoitu, siis tehakse seda ka näiteks Põhjamaades.

Toidusektor annab aastail 2020–2050 tooni kohaliku ja lähipiirkonna maheturu areng ning selle teenindamine, sh üleminek mahepõllumajanduselt kestlikult toidusüsteemile, st kogu tarneahela rohepööre. Samal ajal levivad koos personaalmeditsiiniga personaliseeritud toitumiseelistused (personaalsed ja kodused glükoositestid, geeniuuringupõhised toitumissoovitused kui selle võimendajad). Nende kahe trendi koosmõjul ja IKT-lahenduste toel asenduvad rahvusvahelised toidukaubaketid kohaliku ahelat toetava digiplatvormiga, mis võib eelduste kokkulangemisel saada alguse Eestist ning kujuneda kogu Euroopa ühisplatvormiks.

Sinimajandusele loob soodsa tausta tehnoloogia kiire areng, mida saadavad keskkonna- ja loodushoiueesmärgid. See tähendab nii looduskeskkonnas kasvanud mereandide väärtustamist kui ka püüdlusi leida merelisele biomassile (nt vetikatele) uudseid, tööstuslikke kasutusvõimalusi. Kuna sedalaadi biomassi väärimise tehnoloogiad on alles otsingute järgus, siis on see suhteliselt suuremate riskidega valdkond.

Puidusektori arengus on uue turuna tekkinud piirkonna renoveerimislaine ja üleminek puitehitistele, sh paneelmajade renoveerimine tarkadeks puitmajadeks. Ka puitehitiste sektoris tekivad uued, digitaliseeritud täislahendused (disaini-planeeri-ehita-sisusta-kolirendi), kus Eesti tugeval ja paindlikul puitmajaehituse sektoril on võimalus luua koostöös IKT-sektoriga uusi tehnoloogilisi elustiiliplatvorme. Uute keemiliste ja biotehnoloogiliste väärimissuundade teke sõltub 2020. aastate otsustest, muu hulgas kohalike ja välisinvestorite ning riigi koostöösuhetest ja valmisolekust.

Nii traditsioonilise toidu kui ka puidusektori kontekstis tähendab see traditsiooniliste töökohtade ja -mahu vähenemist automatiseerimise tõttu (võimendub traditsioonilise biomajanduse kui osalise tööhõive trend), kuid mahedale ja digitaalsele keskendumine toob omakorda kaasa maaelu ja -töö mitmekesistumise. Klientide soov vastutustundlikult tarbida tekitab nõudluse tugevama turundamise ja teenusepakkumise järele. Näiteks luuakse talude oma kliendibaasi sotsiaalmeedia platvormid, mis võimaldavad klientidel elada toidu kasvatamisele kaasa ja sellesse panustada, ning puitmajasektoris on oodata disaini ja tootmise konvergenti.

Lisaks tekivad uute ärimudelitena traditsioonilise ja modulaarse laboritoidu ühisfarmid (sh maa- ja linnapõllumajanduse lõimumine), kus põllumehed töötavad nii põllul kui ka laboris ning saavad pakkuda erinevate eelistustega jõukamatele klientidele nii kestlikku mullapõhist kui ka mullavaba toodet.

Uute laiapõhjaliste traditsiooniliste biomajandussektorite iseseisev teke (nt rõiva- ja tekstiilitööstus) oleks Eestis äärmiselt keeruline, sest puuduvad sobiv biomass ning laiapõhjalised ärikogemused. Pigem oleks ka siin Eesti võimalus kestlik ja eetiline disain ning seda toetavate platvormilahenduste arendamine (nt tekstiilijäätmete ringmajanduse platvormid, tekstiilisektori eetilise tootmise tagamise IKT-lahendused), samuti sünteetilise bioloogia tipp- tehnoloogilised lahendused ja teenused (nt biokeemiatehaste sisend maailma rõiva- ja tekstiilitööstusesse).

Kuigi **biomajandussektori nõudlus energia järele võib kasvada** (katmikalade, mullavaba põllumajanduse, keemilise ja biotehnoloogilise väärimise uus ja suurem energiakulu), siis see nõudlus tagatakse peamiselt biomassist sõltumatu päikese- ja tuuleenergia ning rahvusvahelise turu ja ühenduste toel. Biomassi osa energeetikas piirduks seega ühelt poolt juhitava baasvõimsuse tagavaraga, ent teiselt poolt toetab kestliku mahetootmise trend kohalike energiakogukondade teket ning uute ringmajanduse ärimudelite teket (põllumajandus- ja toidutootmisjäätmeid kasutatakse kohaliku energianõudluse tagamiseks tootmises ja toidu transpordis).

Eesti ja üleilmsete toitumiseelistuste muutus võib vähendada põllumajandusega seotud maa-kasutust. See annab võimaluse kasutada maakasutuse ülejääke energeetikas, näiteks rakendada ülejäävaid põllu- ja rohumaid energeetilise biomassi tootmiseks ja/või metsastamiseks.

5. Biomajanduse panus Eesti sotsiaal-majanduslikku arengusse ja keskkonda

Alapeatükis 5.1 võtame kokku Eesti biomajanduse valdkondlikud prioriteedid kõigi nelja tulevikustsenaariumi korral. Alapeatükk 5.2 täiendab uuringu tööpaketis 2.1 koostatud bioressursi baasprognoose stsenaariumitest lähtuvate toidusüsteemi ja seotud maakasutuse prognoosidega.⁷¹ Alapeatükis 5.3 käsitleme maakasutusmuutuste mõju kliima- ja keskkonnaeesmärkide täitmisele ning alapeatükis 5.4 esitame eksperdi hinnangud stsenaariumite mõju kohta ökosüsteemiteenuste pakkumisele ja nõudlusele.

5.1. Valdkondlikud prioriteedid Eesti biomajanduse arendamisel

Eesti biomajanduse lisandväärtuse potentsiaali analüüsis lähtume tõdemusest, et kõik tooterühmad ja majandustegevused ei ole panuselt majandusarengusse ühesugused (vt ptk 2). Võtame stsenaariumianalüüsis esile kerkinud Eesti biomajanduse arengusuundade täpsemaks analüüsiks ja valideerimiseks kasutusele Cesar Hidalgo ja Ricardo Hausmanni väljatöötatud toodete keerukuse analüüsi.⁷² See loob üleilmse kaubavahetuse andmete põhjal seose ekspordi struktuuri ja riigis loodava lisandväärtuse vahel.

Eesti biomajandustoodete praegust ekspordimahtu ja keerukusindeksit kombineerides saame maatriksi (joonis 17). Selle paremas ülemises kvadraadis on potentsiaalselt suhteliselt suurema keerukusega (kasumi teenimise potentsiaaliga) ja Eestile praegu ekspordi seisukohalt olulised biomajandustooted, nt tehase majad (9406) ja puidust tisleritooted (4418). Need on seni olnud Eesti biomajanduse nn tähttooted, mille konkurentsivõimet tuleb hoida. Vasemal üleval kvadraadis on suhteliselt suurema keerukusega tooted, mis igaüks moodustavad 1–2% Eesti biomajandustoodete ekspordist: nt poolkeemiline puitmass (4705) ja ravimid (3004). Need on paar näidet tervest hulgast toodetest, mille puhul tasub otsida võimalusi maailmaturu osakaalu suurendamiseks.

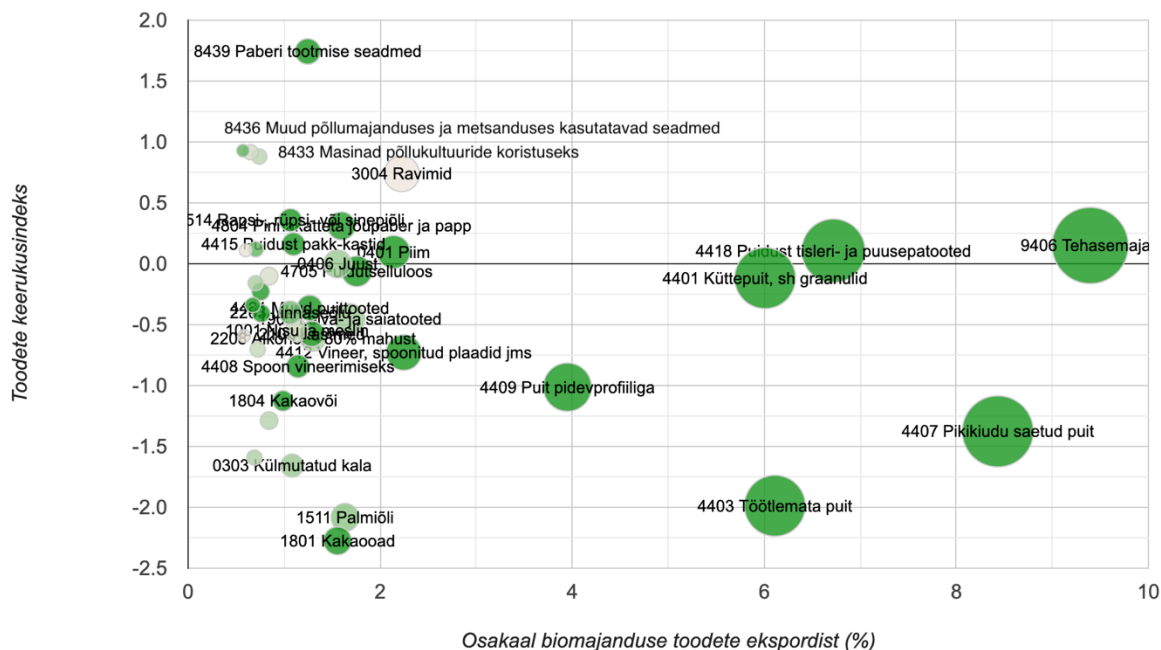
Toodete keerukuse analüüsist kerkib ühe potentsiaalselt huvipakkuva eraldi tootekategooriana esile veel biomajandust toetavate seadmete tootmine. Nii näiteks on Eesti juba praegu – hoolimata tervikliku kodumaise paberitootmise väärtusahela puudumisest – konkurentsivõimeline paberitootmise seadmete (8439) tootja. Eesti biomajandusega seotud põhiliste toodete ekspordi analüüsist paistab suure keerukuse, kuid ebapiisava konkurentsivõimega (RCA < 1) tooterühmadest silma ka põllumajandusseadmete (8433, 8436) tootmine.

Toodete puhul, mille keerukusindeks on alla nulli, on põhiküsimus, kas neis tooterühmades on näha ette suuri teaduslikke, tehnoloogilisi vm läbimurdeid, mis annaksid Eesti toodetele ainulaadse konkurentsieelise. Juhul kui ainulaadsetest kvaliteediomadustest tuleneva konkurentsieelise loomine ei ole tõenäoline, tuleks otsida võimalusi toorme edasiseks väärindamiseks ja suurema lisandväärtusega toodangu osakaalu kasvatamiseks Eesti

⁷¹ Metsanduse ja merenduse kohta lisaprognose ei koostatud, sest analüüsi fookuses oleval ajavahemikul ei ole (erinevalt toidu tootmise ja tarbimise baasprognoosidest) sektorite arengu pikaajalise dünaamika alusel väga erinevaid arengusuundi põhjust eeldada.

⁷² Cesar A. Hidalgo *et al.*, The Product Space Conditions the Development of Nations, *Science*, 317(5837), 2007, 482-487, <https://doi.org/10.1126/science.1144581>.

ekspordis. Nii näiteks on lihtsa töötlemata puidu (4403) või ka saematerjali (4407) eksport Eesti majanduse ressursitõhususe vaates raiskav.



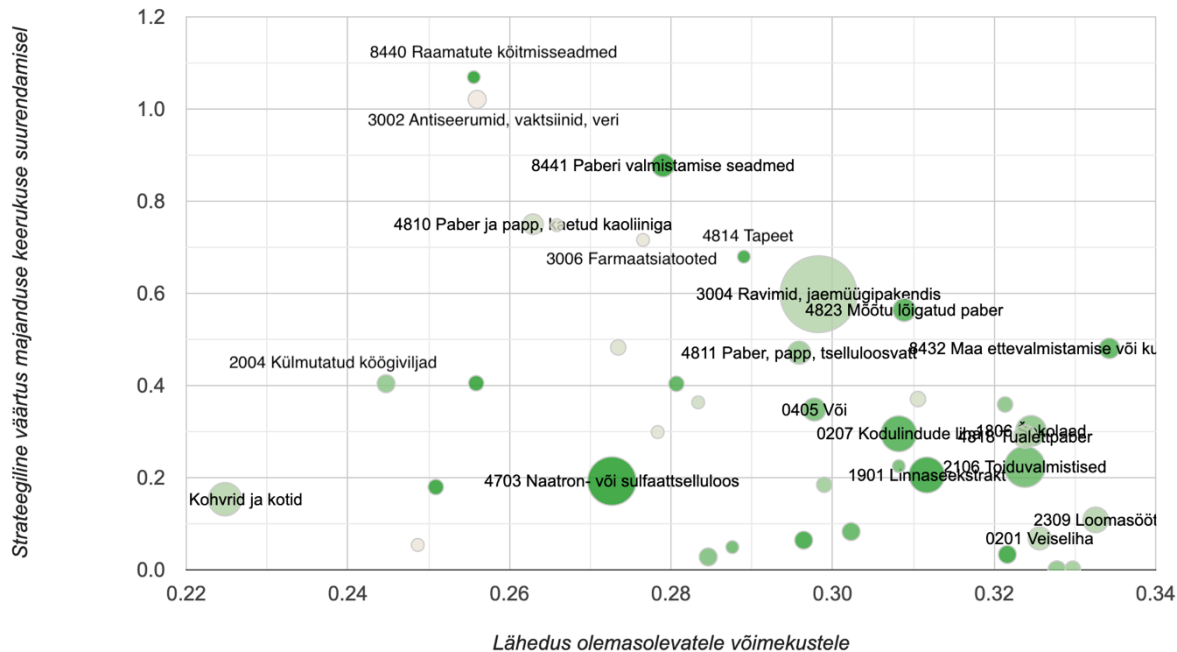
Joonis 17. Eesti biomajanduse olulisimate eksportkaupade keerukus

Märkus. Mida tumedam roheline toon, seda konkurentsivõimelisem on Eesti eksport (inglise *revealed comparative advantage*, RCA) selles kaubarühmas. Allikas: Harvard University, 2020; Tiits & Kalvet, 2020.

Väliskaubanduse andmete alusel saab lisaks toodete keerukusele analüüsida ka tooterühmade kaugust üksteisest. See on oluline, kuna **ettevõtjad ja terved riigid on üldjuhul edukamad siis, kui nad liiguvad sellistesse uutesse tooterühmadesse, mis on suhteliselt lähedasemad nende senistele teadmistele ning tehnoloogilistele, taristuga seotud jm võimekustele** (ingl *closeness*). Ka Euroopa Liidu nutika spetsialiseerumise strateegia lähtub sarnasest loogikast.

Uutesse tooterühmadesse sisenemisega seotud riskid ei piirdu siiski ainult olemasolevate võimekustega: konkurentsiolukord turul, turunõudluse dünaamika jmt on vähemalt sama tähtsad. Tulevaste investeeringuvaldkondade kaalumisel tasub seetõttu võtta toote keerukuse kõrval arvesse ka tooterühmade strateegilist huvipakkuvust. Mõõdame seda indeksiga, mis näitab, kui suurde hulka uutesse, suure keerukusega tooterühmadesse liikumiseks loob teatud tooterühma sisenemine võimekuse (ingl *complexity outlook gain*).

Kui asetame horisontaalteljele läheduse senistele võimekustele ja vertikaalteljele toote strateegilise huvipakkuvuse ning võtame ühtlasi arvesse Eesti praegust ekspordimahtu, siis saame joonise, mille paremas ülemises kvadraadis tulevad Eesti biomajandusele potentsiaalselt huvipakkuvaimate valdkondadena esile tselluloosi- (4703), paberi- (4810, 4823) ja farmaatsia- tooted (3004, 3002), aga toiduainetest näiteks nisugluteen (1109). Kui laiendame otsingut biomajandust toetavatele seadmetele, siis on strateegiliselt huvipakkuvate tooterühmade seas veel paberi ja pabertoodete tootmiseks vajalikud seadmed (joonis 18).



Joonis 18. Eesti biomajanduse võimalused siseneda uutesse tooterühmadesse

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

Allikas: Harvard University, 2020; Tiits & Kalvet, 2020.

Toodete keerukuse analüüs pakub analüütiliselt neutraalset matemaatilist aparatuuri majandusarengu prioriteetide kujundamiseks, kuid ei arvesta Eesti biomajanduse võimalusi kaasata lisaressursse, juurdepääsu turgudele ega tehnoloogia eesliinil toimuvat. Majanduse keerukuse analüüsi tuleb seetõttu kombineerida stsenaariumite analüüsist saadud kvalitatiivsete andmetega.

1. Turvalist iseolemist tagava biomajanduse stsenaariumis kirjeldatud väliskeskkond sunnib Eestit keskenduma varustuskindluse tagamisele ja kohaliku ressursi kasutamisele. Kodumaise turu maht on väga piiratud ja investeringuteks vajaliku kapitali leidmine raskendatud. Vajadus tagada isevarustus toob küll kaasa toidu- ja puittoodete portfelli mõningase mitmekesistumise lihtsamate toodete puhul, kuid see ei aita märkimisväärselt kaasa Eesti biomajanduse lisandväärtuse ega elatustaseme kasvule.

Toidu- ja puittoodete tootmine, esmajoones mehhaaniline töötlemine, moodustavad selles stsenaariumis ka 2050. aastal jätkuvalt valdava osa Eesti biomajanduse müügi- ja ekspordikäibest ning lisandväärtusest. Keskseks teemaks kujuneb toiduaine- ja puidutööstuse digitaliseerimine, mille eesmärk on suurendada bioressursi töötlemist ja energiatõhusust ning vähendada keskkonnajalajälge.

Esimese stsenaariumi puhul on otstarbekas:

- 1) suurendada tervisliku toiduga isevarustamise võimet, st ennekõike suurendada kodumaiseks tarbimiseks mõeldud köögiviljade, puuviljade ja marjade toodangut ning vähendada veise- ja sealiha tootmist (pikemalt vt alaptk 5.2);

- 2) toota puidust kestvustooteid, sh tehasemaju ja ehitustisleritooteid, mis on tähtsad CO₂ pikaajalised talletajad ning vähendavad asendustoodetena tsemenditootmise keskkonnavalajälge;
- 3) arendada toidutootmise ja puidutöötlemise väärtusahelate tõhusust suurendavaid digilahendusi, st arendada suurandme- ja tehisintellektimahukat täppispõllumajandust ning tööstuse tarneahelate juhtimise uudseid lahendusi (ning võtta need kasutusele).

Eeldusel, et Läänemere piirkonna kaubavahetus põhiosas jätkub, ent juurdepääs kaugematele turgudele muutub keerukamaks, kasvab Eesti biomajanduse ettevõtete tootlikkus naaberriikide majanduskasvuga võrreldavas mõõdukas tempos. Eesti biomajandustoodete keerukus ja lisandväärtus töötaja kohta jääb sellise arengu korral endiselt Põhjamaade ja Saksamaa näitajast kaks-kolm korda väiksemaks. Eesti ettevõtlussektori lisandväärtuses ja tööhõives on biomajanduse osakaal ligikaudu 10%.

2. Üleilmastunud ja traditsioonilise biomajanduse stsenaariumit ilmestab avatud ja koostöömeelne keskkond, mis pakub Eestile soodsaid võimalusi välisinvesteeringute kaasamiseks ja ekspordipõhiseks majandusarenguks. Selle majandusarengumudeli keskmes on mujal loodud tehnoloogia ja ärimudelite kasutamine võimalikult tõhusal viisil ning mastaabisäästuga kaasnev tootlikkuse kasv. Eesti (bio)majanduse arendamise mõttes on see tuttavlik keskkond, mida võib suures osas vaadelda seniste ärimudelite ja avaliku poliitika lähtealuste jätkumisena koos mõningate täiendustega.

Toidu- ja puittoodete tootmine moodustab selle stsenaariumi korral 2050. aastal märkimisväärse osa Eesti biomajanduse müügi- ja ekspordikäibest ning lisandväärtusest.

Teise stsenaariumi puhul on otstarbekas:

- 1) arendada puidu keemilist töötlemist, sh nii tselluloosi- kui ka paberitööstuses;
- 2) arendada ja toota (bio)farmaatsiatooteid, tugevdades seejuures märgatavalt bioloogiliste ja terviseandmete analüüsi võimekusi ja taristut, sh geenivaramut;
- 3) toota põllumajandust ning toidu- ja puittoodete tootmist toetavaid seadmeid, sh auto- noomseid isejuhtivad aia- ja põllutöömasinad.

Need kolm ärisuunda on Eesti biomajanduse praegusest võimekusest ja ekspordi spetsialiseerumistest kaugemal kui esimese stsenaariumi juures loetletud prioriteedid. Edukas tegutsema hakkamine neil tegevusaladel annab võimaluse oluliseks arengukiirenduseks, ent nende jaoks on tarvis senistest hoopis rohkem uusi kompetentse ja kapitali. Riskide jagamise seisukohalt on selles stsenaariumis seetõttu omal kohal selgete valdkondlike prioriteetidega välisinvesteeringustrateegia arendamine.

Eesti metsanduse ja põllumajanduse ning nendega seotud töötleva tööstuse tootlikkus on praegu nii tööjõu tootlikkuse kui ka hektari kohta teenitava tulu poolest Põhjamaadest vähemalt poolteist kuni kaks korda väiksem. Eeldusel, et Eesti biomajanduse ekspordi struktuur muutub 2050. aastaks Soome, Rootsi või Taani praeguse biomajanduse sarnaseks, jõuab ka Eesti biomajanduse ettevõtete lisandväärtus töötaja kohta kuni kolme neljandiku tasemele nende riikide näitajast.

Biomajanduse osakaal võib uute tehnoloogia- ja kapitalimahukate tegevusalade (nt puidu keemiline töötlemine ja (bio)farmaatsiatööstus) rajamise puhul suurenda hinnanguliselt ja naaberriikide kogemuste alusel umbes 15%ni Eesti ettevõtlussektori lisandväärtuses, samal ajal kui osakaal tööhõives püsib 10% lähedal.

3. Biorevolutsioonist raputatud üleilmse majanduse stsenaariumit iseloomustab usk, et uued revolutsioonilised võimekused bioteaduste ja -tehnoloogia alal aitavad muuta 21. sajandi maailma senisest paremaks paigaks. Seda stsenaariumit ilmestavad täiesti uued teadmismahukad tervisetooted ja toidud, uued biopõhised materjalid jms.

4. Keskkonnateadlik ja kogukondlik biorevolutsiooniga kohanemise stsenaarium sarnaneb kolmanda stsenaariumiga, kuid selle puhul otsitakse tasakaalu üleilmsete tehnoloogiliste uuenduste, kogukondliku eluviisi ning looduskeskkonna säilitamise vahel.

Kolmanda ja neljanda stsenaariumi korral ei ole Eesti biomajanduse peamised konkurentsieelised mitte bioressursi kättesaadavus ning oskus seda laialt levinud tehnoloogiaga töödelda, vaid hoopis ettevõtete võime luua ainulaadsete kvaliteediomadustega uusi tooteid, mida konkurendid ei suuda jäljendada. Mõlema stsenaariumi keskne osis on info- ja biotehnoloogiate sümbioos, mille puhul aitavad suurandmed ja tehisintellektilahendused inimkonnal mõista bioloogiliste organismide toimimist senisest paremini. See paneb omakorda aluse nende organismide muundamisele ja uute, sünteetiliste biopõhiste materjalide loomisele.

Kolmanda ja neljanda stsenaariumi puhul on otstarbekas:

- 1) arendada biotehnoloogiamahukat (bio)farmaatsiatööstust;
- 2) pakkuda personaliseeritud tervislikku toitu, otsides seejuures tasakaalu loodusliku mahe- toidu ning uudsete toiduainete, sh taimsete liha- ja piimaasendajate ning laboris kultiveeritud liha vahel;
- 3) arendada ja toota uusi, sünteetilise bioloogia põhiseid tooteid, materjale, rakendusi jmt.

Soome ja Rootsi kogemus näitab, et väikeriikidel, kellel õnnestub luua omatooteid täiesti uutes majandusharudes nende varases kasvufaasis, tekib võimalus teha arenguhüpe maailma kõige konkurentsivõimelisemate riikide sekka. Biorevolutsioonist kantud biomajanduse lisandväärtus võib kolmanda ja neljanda stsenaariumi korral ulatuda 20–25%ni ettevõtlussektori lisandväärtusest, samal ajal kui osakaal tööhõives suureneb kuni 15%ni. Biotehnoloogia rakendamise teistel elualadel saavutatav kaudne mõju on veelgi suurem.

5.2. Toidutootmise pikaajalised prognoosid

Järgnevas vaatleme esmalt Eesti toidutootmise võimalikke muutusi biomajanduse stsenaariumite alusel, sh maakasutuse ja biomassi dünaamikat. Seejärel hindame stsenaariumite mõju sotsiaal-majanduslike, keskkonna- ja kliimaeesmärkide saavutamisele.

Rahvastiku toiduga varustatuse tagamine on mis tahes biomajanduse stsenaariumis põhjapanevalt kriitiline, kuid igas stsenaariumis ei ole isevarustatuse tagamine ilmtingimata vajalik ega otstarbekas. Võimalikud muutused inimeste toitumises avalduvad maakasutuse muutustes märksa kiiremini kui näiteks puidunõudluse muutusest tulenevad muutused metsanduses. Toidutootmise võimaluste analüüsis ei vaatle me seega mitte ainult kitsalt

elanike toiduga isevarustamise võimalikkust, vaid kirjeldame piire, mille ulatuses on Eestil võimalik teha bioressursside tootmisel strateegilisi valikuid.

Kuna toitumis- ja tarbimiseelistuste võimalik muutus on seotud muude arengusuundadega (nt põlvkondade vahetumine, terviseteadlikkuse ja kliimateadlikkuse koosmõju), siis on prognoose koostades arvesse võetud nii üleilmselt kestlikke ja tervislikke soovitusi arendanud EAT-Lanceti kogukonna⁷³ kui ka Eesti Tervise Arengu Instituudi (TAI)⁷⁴ toitumissoovitusi. Selliselt leitud Eesti toidutootmise prognoosid aitavad hinnata Eesti toiduga isevarustamise võimet, aga ka kas või seda, kui palju põllumajandusmaad saab kasutada enamaks kui toiduga isevarustatuse tagamiseks (nt toidu ja sööda ekspordiks, metsastamiseks ning biotehnoloogiliseks väärindamiseks kasutatava rohtse biomassi tootmiseks).

Eestis toodetud (põllumajandusliku) bioressursi, sellest toodetud kaupade tootmise mahu ning ekspordi-impordi mahu analüüsist selgus, et Eestis tarbitakse aastas elaniku kohta 803 kg toitu (tootekaalus, 2017.–2019. a keskmine). Toitumissoovitustes esitatud toidurühmade võrdlusest ilmneb, et Eesti elanikud võiksid tarbida rohkem teraviljatooteid, köögivilja, puuvilju ja marju, pähkleid ja õliviljade seemneid ning neist valmistatud tooteid. Märksa vähem tuleks aga tarbida kartulit, piimatooteid, liha ja lisatud suhkruid (tabel 2).

Vajadus katta kogu soovitav nõudlus kohaliku toodanguga paneks Eesti toidutootmise keerulisse olukorda. Näiteks köögi- ja puuviljade ning marjade aastaringne tootmine, aga ka säilitamine on energiamahukas. Lisaks ei ole võimalik Eestis toota pähkleid ega muid õlivilju (oliivid, avokaadod jm).

Veel tuleb tähele panna, et Eesti toidutarneahelas tekivad nii kodumajapidamiste kui ka kaubanduse puhul suurimad toidukaod aed- ja juurviljade, aga ka puuviljade ja marjade toidurühmas⁷⁵. Ka töötlevas tööstuses tekib kõige rohkem toidujäätmeid (52% kõikidest seal tekkinud toidujäätmetest) just puuviljade ja marjade puhul. Need on kõige suuremat tarbimismustrite muutust vajavad toidurühmad.

⁷³ *Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems*, <https://eatforum.org/eat-lancet-commission/eat-lancet-commission-summary-report/>

⁷⁴ *Eesti toitumis- ja liikumissoovitused*, 2015, <https://bit.ly/3ztIIQy>.

⁷⁵ Evelin Piirsalu et al., *Toidujäätmete ja toidukao teke Eesti toidutarneahelas*, SEI Tallinn, 2021.

Tabel 2. Eesti elanike 2017.–2019. a tegelik ning soovituslik tervislik ja jätkusuutlik toiduainetarbimine inimese kohta aastas kg EAT-Lanceti ja Tervise Arengu Instituudi (TAI) võrdluses

	Eesti 2017.–2019. a keskmine tooraine tarbimine tootekaalus	Soovitatav kogus 2500 kcal päevas		Soovitatav tarbimise muutus	
		EAT-Lancet	TAI	EAT-Lancet	TAI
Teraviljatooted	65,2	84,7	79,4	19,5	14,2
Kartul	89,4	18,3	54,8	–71,1	–34,6
Köögiviljad	106,5	109,5	200,8	3,0	94,3
Puuviljad ja marjad	67,1	73,0	109,5	5,9	42,4
Piimatooted (täispiima ekvivalendis)	318,7	91,3	200,8	–227,5	–118,0
Veise-, sea-, lambaliha	37,9	5,1	6,2	–32,8	–31,7
Kanaliha	22,3	10,6	14,6	–11,8	–7,7
Munad	20,2	4,7	10,2	–15,4	–9,9
Kala	22,1	10,2	44,9	–11,9	22,8
Kaunviljad*	–	27,4	–	–	–
Pähklid, õliviljad	1,7	18,3	9,9	16,5	8,1
Lisatud rasvad	11,9	18,9	14,6	7,0	2,7
Lisatud suhkur	40,2	11,3	5,8	–28,9	–34,4
Kokku	803,2	483,2	751,4	–	–

* Andmed puuduvad.

Allikas: *Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems (EAT-Lancet)*; Eesti toitumis- ja liikumissoovitused 2015 (TAI); Statistikaamet; autorite arvutused.

Toitumissoovituste põhjal arutati toidurühmade vajalikud toidukogused, mis jaotati tava-, mahetoodangu ning nn laboris ja vertikaalses taimekasvatuses toodetavaks koguseks.⁷⁶ Tarbimiseks vajaliku toodangu alusel arutati omakorda vajalik kasvupindala ja loomade arv. Kasvupinda arvutades võeti peale inimtarbimise arvesse ka loomasööda tootmiseks ning seemne, varu ja kadude katmiseks vajaminev pindala. Seega on prognoosarvutuste aluseks lineaarselt modelleeritud vajaminev inimtarbitav kogutoodang (terakaalus), arvestades nii EAT-Lanceti kui ka TAI toitumissoovitusi.

1. Turvalist iseolemist tagava biomajanduse prognoosarvutuses lähtuti eeldusest, et Eesti liigub 2050. aastaks toiduks vajaliku, aga ka muuks otstarbeks kasutatava biomassi tootmisel isevarustamise tagamiseks nõutavale tasemele. Eesti biomassi ekspordi-impordi

⁷⁶ Prognoosarvutustes ei rakendatud toitumissoovitusi teise stsenaariumil korral, sest selle puhul jätkuvad varasemaga sarnased toitumistrendid. Ülejäänud stsenaariumite prognoosarvutustes kasutati kas EAT-Lanceti või TAI toitumissoovitusi.

maht väheneb märkimisväärselt ja peaauglikult keskendutakse kohaliku ressursi väärindamisele. Prognoosi üks põhieeldus on biomassi eksporditurgude vähenemine kogu maailmas ja tootmine ennekõike siseturule. Võimaluse korral müüakse toodangut ka lähiturgudele Läänemere piirkonnas ning Kesk- ja Ida-Euroopas.

Mahetoodang moodustab kuni 30% kogutoodangu mahust. Tarbija eelistustes on esikohal traditsiooniline piirkondlik toodang. Kuna stsenaariumis rõhutatakse lühikesi tarneaheleid, mida toetab võimalikult säästlik tarbimine (tuleneb toitumissoovitusel), siis jälgiti prognooside koostamisel TAI soovitatud inimtarbimise toidukoguseid.

Põllukultuuride saagikus ja piimalehmade produktiivsus püsivad keeruka majanduskeskkonna ja aeglase tehnoloogilise arengu tõttu 2020. aasta tasemel. Kuna eksporditurgudele toodab Eesti toitu, sööta ja toorainet minimaalselt, siis väheneb peamiste põllumajanduskultuuride (teravili, raps- ja rüps, kartul, söödakultuurid) kasvupind ja rohumaa 25–79%. Osa teraviljade (riis, kõvanisu, tatar jm) ja nendest valmistatud toodete, samuti pähklite jt õliviljade ning suhkru importimist peab jätkama, kuna neid kultuure ei ole Eestis võimalik kasvatada.

Märkimisväärselt (2,5–17 korda) tuleks suurendada nii tavatootmises kui ka mahetunnustatud köögi- ja puuviljade ning marjade kasvupinda. Arendamine ja kasvuvajadus sõltub sellest, kui palju suureneb köögivilja aastaringne tootmine. Kartuli kasvupindala väheneks toitumissoovituse alusel veelgi (4000 hektarile 2050. a, tarbimine inimese kohta 54,8 kg-ni aastas), kuid mahetunnustatud kartuli tootmise ala oleks vaja suurendada (4,2 korda).

Eesti vajab sellises stsenaariumis riigisiseseks tarbimiseks 347 000 ha põllumajandusmaad, mis sisaldab ka põllumaad, marja- ja puuviljaaedu. See on ligikaudu 40% praegu kasutatavast põllumajandusmaast. **Ligikaudu 60% põllumajandusmaa puhul, millele lisandub seni vähese kasutusega hooldatav püsirohumaa, oleks selle stsenaariumi korral võimalik valida, milleks seda kasutada.**

- 2. Eesti üleilmastunud ja traditsioonilises biomajanduses:** seda stsenaariumit iseloomustab püüd spetsialiseeruda üleilmsetes väärtusahelates suurema lisandväärtusega toodetele, mistõttu muutub nii põllumajanduskultuuride valik ja loomakasvatus kui ka Eestis toodetavate toiduainete ja jookide sortiment. Eeldame, et loomset päritolu toidu osakaal väheneb üleilmsete trendide ja tervisesoovituste mõjul kuni 20%, kuid põhiosas säilivad Eestis väljakujunenud toitumistavad. Mahetoodang moodustab eeldatavalt kuni 20% kogutoodangu mahust ning nn laboris toodetud liha ja vertikaalne taimekasvatus jõuavad 2050. aastaks nišitoodetena 5%ni kogutoodangust.

Selle stsenaariumi korral põllumajandussaaduste, toiduainete ja jookide ekspordi tõttu põllumajandusmaa kasutus ei vähene. Kuna rohtse biomassi tootmiseks on kasutusele võetud kogu maaressurss, on püsirohumaalt heina tootmise pindala 294 000 ha (21% suurem kui seni). Loomade arvu vähenemine mõjutab sealjuures riigisisest tarvet ning tänu sellele on võimalik toota rohkem rohtset biomassi muuks otstarbeks, väljapoole põllumajandust (nt energieetika ja materjalide jaoks).

Kuna stsenaariumis ei rakendata märkimisväärseid toitumissoovitusi ning isevarustus püsib 45% tasemel köögi- ja puuviljade ning marjade kogutarbest, ei muutu nende ega kartuli kasvupindala. Loomade arvust sõltuvalt vajatakse ligikaudu 235 000 ha rohumaad söödakultuuride ja rohtse biomassi tootmiseks, mistõttu oleks 197 000 ha võimalik kasutada ekspordiks või muu tööstustoodangu tooraine tootmiseks.

- 3. Biorevolutsioonist raputatud üleilmse majanduse** stsenaariumis on Eesti primaarsektor, aga ka töötlev tööstus läinud 2050. aastaks kaasa biotehnoloogia kiire arenguga. See võimaldab asendada suure osa biomassi mullapõhisest tootmisest vertikaalse taimekasvatusega ning traditsioonilise lihatootmise laboris toodetud loomse valguga, samuti taimset päritolu lihaalternatiividega. Eesti biomajandust iseloomustavad tipp tehnoloogilised ettevõtted, kes tagavad toiduainetootmise EAT-Lanceti soovitustele vastaval isevarustatuse tasemel. Köögi- ja puuviljade ning marjade puhul jääb Eesti sõltuvaks importtoodangust.

Traditsiooniline biomass, näiteks mullapõhiselt toodetud köögivilja (sh kartul) ja rohusöödal toodetud liha, hakkab muutuma nišitooteks. Mahetoodete osakaal kogutoodangus on kuni 10% , samal ajal kui nn laboris toodetud liha ja vertikaalne taimekasvatuse moodustavad 40% kogutoodangust.⁷⁷

Kuna üleilmne nõudlus toidu järele suureneb, on Eesti korraga nii toiduainete eksportija kui ka importija. Põllumajandusmaa kasutus ekspordi teenindamise tõttu ei vähene ja sarnaneb baasprognoosi omaga, mille puhul on peamiste kultuuride ja rohumaade pindala kokku 962 000 ha.

Eesti vajab saagikuse suurenemise, ent eelkõige EAT-Lanceti soovituste tõttu riigisisese toidu- ja söödatarbe tagamiseks jaoks varasemast märksa vähem põllumaad: 2050. aastal 150 000 ha, mis on 16% kogu peamiste kultuuride ja liikide põllumajandusmaa pindalast. Loomade arvu vähenemisega seoses on söödakultuuride ja rohtse biomassi tootmiseks tarvis 52 600 ha rohumaad, mistõttu on võimalik kasutada 387 000 hektarit ekspordi teenindamiseks või muu tööstustoodangu tooraine tootmiseks.

- 4. Keskkonnateadliku ja kogukondliku biorevolutsiooniga kohanemise** stsenaariumi prognoosarvutustes on lähtutud eeldusest, et mahetoodete osakaal kogutoodangus on umbes 60%, samal ajal kui nn laboris toodetud liha ja vertikaalse taimekasvatuse osakaal on 20%. Eesti tagab seejuures vähemalt 80% isevarustatuse taseme ka toidurühmades (nt köögi- ja puuviljad, marjad), mille isevarustus oli 2020. aastal palju halvem.

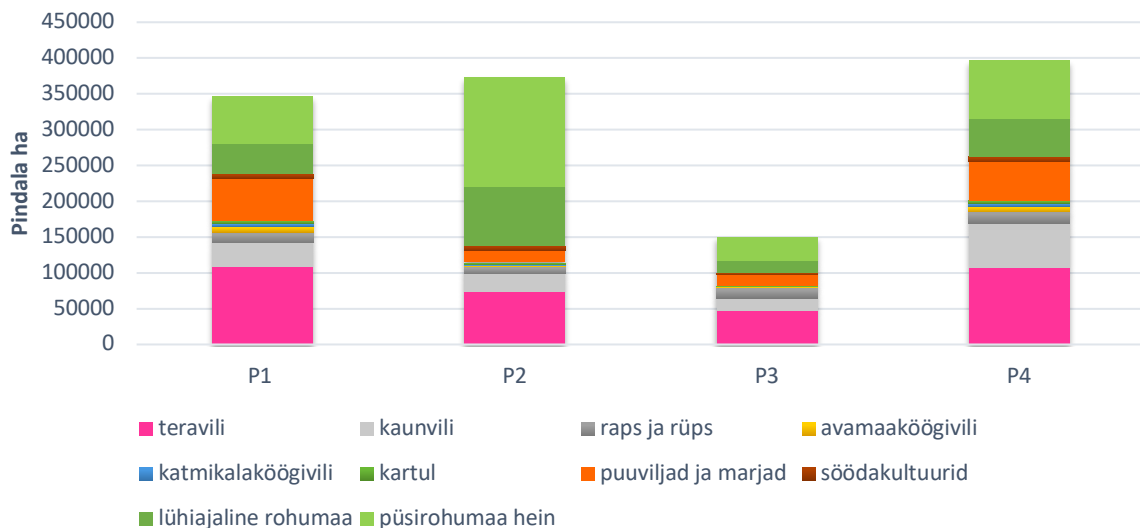
Kuna stsenaariumis on tähtis lühikeste tarneahelate arendamine ja säästlik tarbimine, siis põhinevad prognoosarvutused TAI toitumissoovitustel. Eestis kasvab märkimisväärselt mahetoodangu osakaal ning sellele lisandub uudne vertikaalne taimekasvatuse ja nn laboriliha. Seepärast väheneb köögivilja tootmine traditsioonilisel katmikalal ja rohusööda tootmiseks vajaliku maa pindala.

⁷⁷ Arvestuse alus tuleneb seni kasutusel oleva mahetootmise õigusnormide kestmise eeldusest, mis sarnaneb põllumajandusministri 20.02.2009. a määruses nr 25 „Mahepõllumajandusliku tootmise nõuded“ tooduga.

Kuigi üldine maakasutus Eestis ei muutuks eriti (stsenaariumi järgi suureneb maailmas nõudlus toidu järele ja toimib avatud majandus), on Eesti-sisese toidu ja loomasööda vajaduse tagamiseks vaja kõigest 397 000 ha põllumajandusmaad.

2050. aastaks prognoositav riigisisese toidutarbe tagamiseks vajalike põllumajanduskultuuride kasvupinna suurus sõltub peasjalikult toitumissoovitusest (joonis 19). Erinevus kultuuride kasvupinnas on tingitud ennekõike (veise)liha tootmisest, milleks on vaja suuri rohumaid. Samuti sõltub toitumissoovitusest köögiviljade ja marjade kasvupind. Kuna teise stsenaariumi prognoosis (P2) eeldatakse loomakasvatustoodete riigisisese tarbimise vähenemist üksnes 20%, siis vajatakse söödatootmiseks ka rohumaa suhteliselt suurt (63%) osakaalu.

Kolmes ülejäänud stsenaariumis rakendati EAT-Lanceti (P3) või TAI (P1 ja P4) toitumissoovitusi. Seepärast väheneb nende stsenaariumite puhul riigisisese tarbimise oodatava kahane-mise tõttu loomakasvatus ja sellega seoses ka toidutootmiseks vajalike rohumaa osakaal.

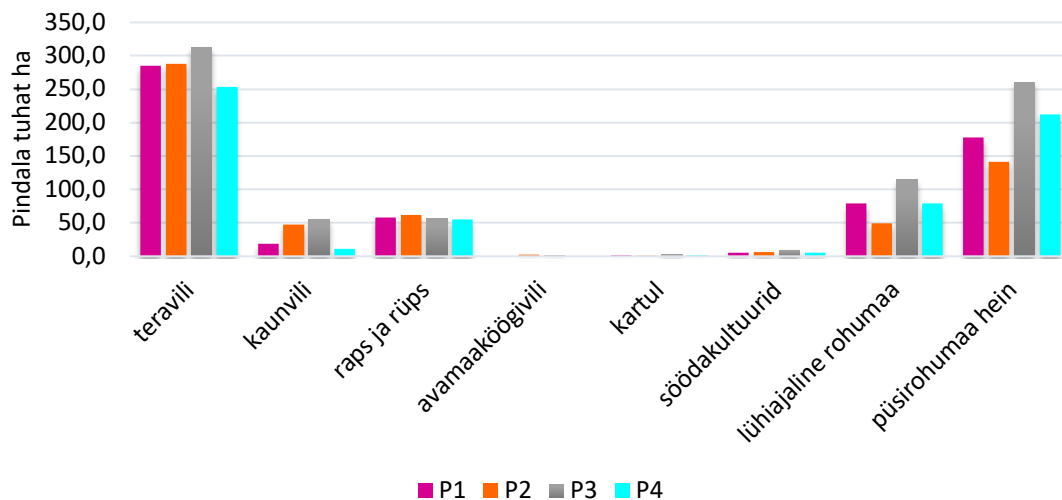


Joonis 19. Eesti riigisisese toidutarbe jaoks vajalik taimekasvatuskultuuride pindala ha nelja stsenaariumi prognoosi (P1–P4) korral

Allikas: autorid.

Kuna eksporditurgudele pääs ei ole teise, kolmanda ja neljanda stsenaariumi korral takistatud, on võimalik kasutada olulist osa põllumajandusmaast bioressursi täiendavaks tootmiseks. Sõltuvalt stsenaariumist on vähemalt 250 000 ha põllumaal võimalik viljeleda teravilja, kuni 50 000 ha kaunvilja ning kuni 61 000 ha rapsi ja rüpsi (joonis 20).

Eesti oma toidu- ja söödatarbe tagamiseks piisab sõltuvalt stsenaariumist 107 000 – 139 000 tonnist teraviljast. Juhul kui teravilja tootmise pindala ei vähendata, on võimalik toota teise, kolmanda ja neljanda stsenaariumi korral tööstustoormena või ekspordiks veel ligikaudu 1,8 miljonit tonni teravilja.



Joonis 20. Eesti riigisisese toidu ja sööda tootmiseks mittevajalik taimekasvatuskultuuride pindala ha nelja stsenaariumi prognoosi (P1–P4) korral

Allikas: autorid.

Eesti oma kaunviljavajadus on 40 000 – 50 000 tonni ning õlikultuuride (põhiliselt rapsi ja rüpsi) vajadus 30 000 – 45 000 tonni. Kaunviljade puhul jääb seega baasprognoosiga võrreldes umbes 80 000 – 150 000 tonni ja õlikultuuride puhul umbes 190 000 – 200 000 tonni toodangut tööstuslikuks kasutamiseks või ekspordiks (tabel 3).

Baasprognoosis eeldati avamaaköögiviljade toodangu kasvu 2050. aastaks kuni 140 000 tonnini aastas. Esimese stsenaariumi korral oleks TAI toitumissoovituste alusel isevarustatuse tagamiseks vaja toota 162 000 tonni avamaaköögivilja ja 219 000 tonni katmikalaköögivilja, mis suurendaks toidusüsteemi energiavajadust ulatuslikult.

Teise ja kolmanda stsenaariumi puhul on tarbimisvajadus ja isevarustatuse tase palju väiksemad, mistõttu piisab Eestil oma tarbe tagamiseks kuni 50 000 tonnist avamaaköögiviljast ja ligikaudu sama suurest kogusest katmikalaköögiviljast. Kolmanda stsenaariumi puhul lisandub suures mahus nn vertikaalselt toodetud köögivilja, mis vähendab märkimisväärselt traditsioonilisel katmikalal toodetava toodangu vajadust.

Baasprognoosis suurenes tunduvalt kartuli ja ka rohusöötade toodangu kogus. Siinsetele stsenaariumitele vastavad tootmismahud on väiksemad, kuna kartulit tarbitakse vähem, nagu toitumissoovitustes kirjas. Samuti on vaja vähem toota rohusööta, sest liha tarbimine ja loomade arv kahanevad märkimisväärselt.

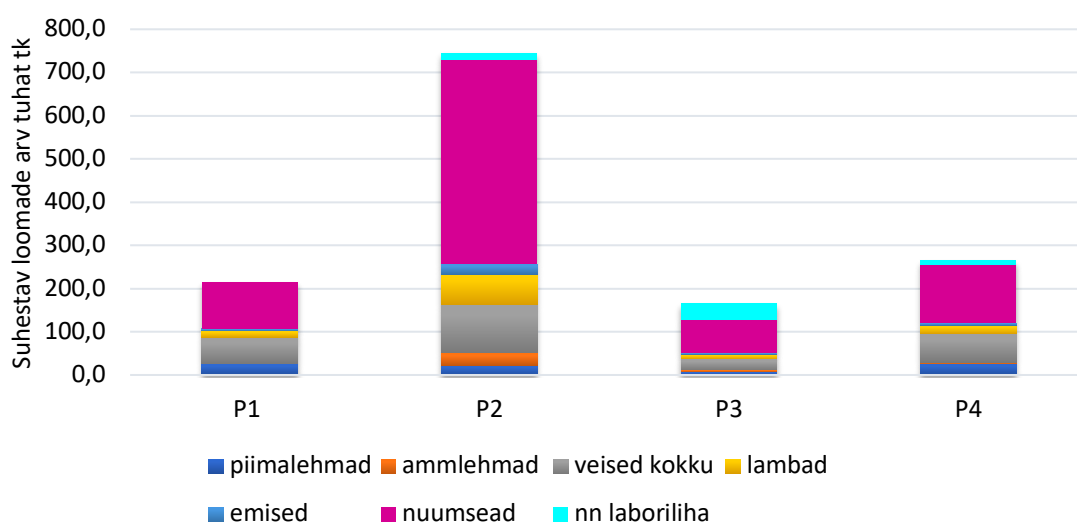
Tabel 3. Eesti taimekasvatustoodang 2050. a nelja stsenaariumi prognoosi (P1–P4) võrdluses tuhandetes t

	Taimne bioressurss tuhandetes t aastas							
	Eesti oma toidutarbe tagamine				Eksport-import*			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
Teravili								
Nisu	66	55	71	66	0	934	918	922
Oder	2	1	2	2	0	695	695	695
Kaer	4	4	5	4	0	144	143	143
Rukis	45	37	48	45	0	47	37	40
Muu*	13	11	14	13	-31	-31	-20	-31
Kokku	130	107	139	130	-31	1820	1791	1799
Kaunvili								
Hernes	36	26	25	65	0	108	110	69
Uba	19	17	16	48	0	41	42	10
Kokku	54	43	41	113	0	149	152	79
Õlikultuurid								
Raps ja rüps	40	31	46	45	0	201	186	186
Köögivilid								
Avamaa-köögivilid	162	48	45	149	0	77	81	-24
Katmikala-köögivilid	219	50	19	296	0	-39	-16	-59
Nn vertikaal-tootmine	0	6	54	22	0	-	-	-
Rühvelkultuurid								
Kartul	76	124	25	76	0	16	114	64
Puuviljad ja marjad								
Puuviljad ja marjad	695	251	256	608	0	-109	-51	-122
Söödakultuurid								
Mais	51	80	21	65	0	391	449	406
Rohumaa								
Lühiajaline rohumaa	325	654	140	392	0	823,6	1338	1086
Püsi-rohumaa	336	1200	256	594	0	534	1477	1139
Kokku	660	1854	396	986	0	1357	2815	2225

Allikas: autorid.

Kõige vähem on loomi tarvis Eesti-sisese piima- ja lihatoodangu tagamiseks kolmanda stsenaariumi korral, sest siis rakendatakse EAT-Lanceti toitumissoovitusi. Selles stsenaariumis on samuti oluline nn laboriliha osakaal, mis katab veiseliha vajaduse. Kui aga soovitakse tarbida piimatooteid, toodetakse veiseliha piimatootmise kaassaadusena. Seetõttu võib üldistavalt järeldada, et kolmanda stsenaariumi puhul ei ole vaja Eestis lihaveiseid kasvatada. Sarnane olukord tekib esimese stsenaariumi puhul, sest piimatootmise käigus sündivad pullid ja lehmvasikad ning piimalehmade praakimine katavad riigisisese veiseliha vajaduse.

Teise stsenaariumi prognoosarvutus, milles Eesti lähtub senistest toitumistavadest, eristub seakasvatuse mahu poolest väga selgelt kõikidest teistest stsenaariumitest, mis võtavad arvesse EAT-Lanceti ja TAI toitumissoovitusi (joonis 21).



Joonis 21. Eesti-sisese toidutarbe jaoks vajalik loomade arv nelja stsenaariumi prognoosi (P1–P4) korral

Allikas: autorid.

Eeldatava riigisisese toidutarbe tagamiseks vajalik toorpiima kogumaht on eri stsenaariumites vahemikus 120 000 – 336 000 tonni. Maht sõltub eelkõige valitud toitumispõhimõtetest. Kolmanda stsenaariumi puhul eeldatakse kõige väiksemat piimatoodete tarbimist, aga teise stsenaariumi puhul on see näitaja üksnes 20% väiksem 2017.–2019. aasta keskmisest. Kuna baasprognoosi järgi on võimalik toota 2050. aastaks kuni 200 000 tonni toorpiima aastas rohkem kui 2017.–2019. aastal keskmiselt, siis saab teise ja kolmanda stsenaariumi puhul toota toorpiima või sellest valmistatud tooteid suures koguses ekspordiks (tabel 4).

Nagu toorpiima toodang nii väheneb ka lihatoodang esimese, kolmanda ja neljanda stsenaariumi puhul ulatuslikult. Munatoodangut on vaja esimese ja teise stsenaariumi puhul isevarustatuse jaoks suurendada. Sea- ja lambaliha tarbimine kahaneb kolmanda ja neljanda stsenaariumi korral ning kui loomade arvu ei vähendata, on võimalik liha või sellest valmistatud tooteid ekspordida.

Tabel 4. Eesti loomakasvatustoodang 2050. a nelja stsenaariumi prognoosi (P1–P4) võrdluses tuhandetes t

Liik	Loomakasvatustoodang tuhandetes t aastas							
	Eesti oma toidutarbe tagamine				Eksport-import*			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
Piimatoodang								
Toorpiim	264,6	336,0	120,3	264,6	0	745,8	961,5	471,4
Lihatoodang								
Veiseliha	7,5	13,9	3,2	8,2	0	-1,6	9,2	4,2
Lambaliha	0,1	0,6	0,1	0,2	0	0,1	0,6	0,5
Sealiha	8,5	38,4	6,0	10,5	0	4,3	36,7	32,2
Linnuliha	31,3	39,6	19,2	38,5	0	-19,0	1,5	-17,9
Nn laboriliha	0	3,7	9,8	2,9	0	-	-	-
Kokku	47,5	96,2	38,3	60,3	0	4,4	48,0	36,9
Munatoodang								
Kanamunad, tuhat tk	254,1	237,7	59,6	233,8	0	-49,8	135,2	194,8

* Netoimport on isevarustatuse eeldusest tulenevalt esitatud miinusemärgiga (ei arvestata summeerimisel).

Allikas: autorid.

See, milliseks majandustegevuseks kasutada põllumajandusmaad edaspidi, on tähtis valik.

Ühelt poolt ei oleks metsastatavatelt aladelt metsa kasvukiiruse tõttu järgmise 30–40 aasta jooksul võimalik saada arvestatavas koguses biomassi, ent metsastamine aitaks kaasa kliimaeesmärkide saavutamisele ja bioloogilise mitmekesisuse säilimisele.

Teiselt poolt võib põllumajandus- ja püsirohumaadele leida ka muid rakendusi. Esimese stsenaariumi puhul on tõenäolisem, et vähemalt osa maad metsastatakse ja kasutatakse energianõudluse tagamiseks, ning katmikalade suurem energiavajadus loob võimalused näiteks piirkonnas uuteks bioringmajanduse ärimudeliteks. Teise stsenaariumi puhul on tõenäoline vähemalt esialgu ekspordi jätkamine, kuid puidu raiemahu vähenemise ja puidu väärimise võimaluste konkurentsi tingimustes on tõenäoline, et hakatakse arendama ka n-ö rohelist biorafineerimist (ingl *green biorefinery*) eesmärgiga kasutada rohumaid väljaspool toidusüsteemi (st biogaas, materjalid, söödaproteiinid). Kolmanda ja vähemal määral ka neljanda stsenaariumi korral võib peatähelepanu alla sattuda teise stsenaariumi loogikaga sarnane biotehnoloogiline väärimine, et asendada vähenevat puiduressurssi.

5.3. Maakasutuse muutuste mõju keskkonna- ja kliimaeesmärkide saavutamisele

Ligikaudu 70% maailma kasvuhoonegaaside heitest tuleneb töötleva tööstuse, hoonete ja transpordi energiatarbest. Energiatootmist maailmas iseloomustab seejuures kiire tehnoloogiline areng, täpsemalt ennekõike päikese- ja tuuleenergia ning teiste taastuvate energiaallikate ulatuslik kasutuselevõtt.⁷⁸

Euroopal on võimalik saavutada energeetika- ja transpordisektoris kasvuhoonegaaside heite vähendamisel suhteliselt kiiresti suuri võite (joonis 11, lk 28). Kliimaeesmärkide saavutamisel kujunevad seetõttu eeldatavasti 2030. aastani kesketeks teemadeks elektri- ja soojusenergia tootmisel fossiilkütuste asendamine energiaallikatega, millel on väiksem CO₂ jalajälg, lisaks energiasääst tööstuses ja kodumajapidamistes ning transpordi elektrifitseerimine.

Elektrienergia- ja soojatootmine on ka Eestis konkurentsilt suurim kasvuhoonegaaside heite allikas: sealt tuleb 70% heitest.⁷⁹ Suuruselt järgmine allikas on transpordisektoris (valdavalt maanteetranspordis) kasutatavad sise põlemismootorid (17%). Põllumajandusest pärit 7% kasvuhoonegaaside heitest jaguneb võrdselt loomakasvatuse (põhiosas veisekasvatuse) ja maaharimisega seotud heite vahel. Kütuste kasutamine töötlevas tööstuses ja ehituses ning tööstusprotsessid annavad mõlemad umbes 3% Eesti heitest.⁸⁰

Eesti võimalused kahandada toidutootmisega seotud kasvuhoonegaaside heidet on üldpildis pigem väikesed. Stsenaariumianalüüsi järgi väheneks heide turvalist iseolemist tagava biomajanduse stsenaariumi (stsenaarium nr 1), st peaaegu täieliku isevarustatuse korral u 20%. Muudatus toimuks peamiselt piimatoodangu vähendamise (peaaegu kaks korda, kuna 2018. a eksporditakse u pool piimatoodangust) ja teraviljatootmise (sh sööda tootmine ja eksport) vähendamise tulemusena (joonis 22).

Juhul kui põllumajandustoodete tootmine kasvaks üleilmastunud ja traditsioonilise biomajanduse stsenaariumi korral (stsenaarium nr 2) tasemeni, mis tagab kohalike tarbijate vajaduste täieliku rahuldamise ja toidukaupade ekspordi 2018. aasta tasemel, siis suureneks kasvuhoonegaaside heide 30% võrra.⁸¹ Selle alus oleks eeskätt loomsete saaduste ja teravilja tootmismahu kasv.

Biorevolutsioonist raputatud üleilmse majanduse stsenaarium (stsenaarium nr 3) näeb ette taimsete liha- ja piimaasendajate turuletuleku, mistõttu loomsete saaduste tootmine ja tarbimine väheneb. Prognoosarvutused, mis viivad selle arengusuundumuse äärmusse, näitavad,

⁷⁸ Selles peatükis kasutatakse ja laiendatakse järgnevatel dokumentides toodud analüüsi: Raivo Vilu & Olga Gavrilova, *Teekond kliimaneutraalse biomajanduseni: täiendavad arvepidamise ja poliitika alused*, TalTech/TFATK, 2021; Mati Valgepea et al., *Maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse sektori sidumisvõimekuse analüüs kuni aastani 2050*, Keskkonnaagentuur, Eesti Maaülikool, 2021, <https://doi.org/10.15159/eds.rep.21.01>.

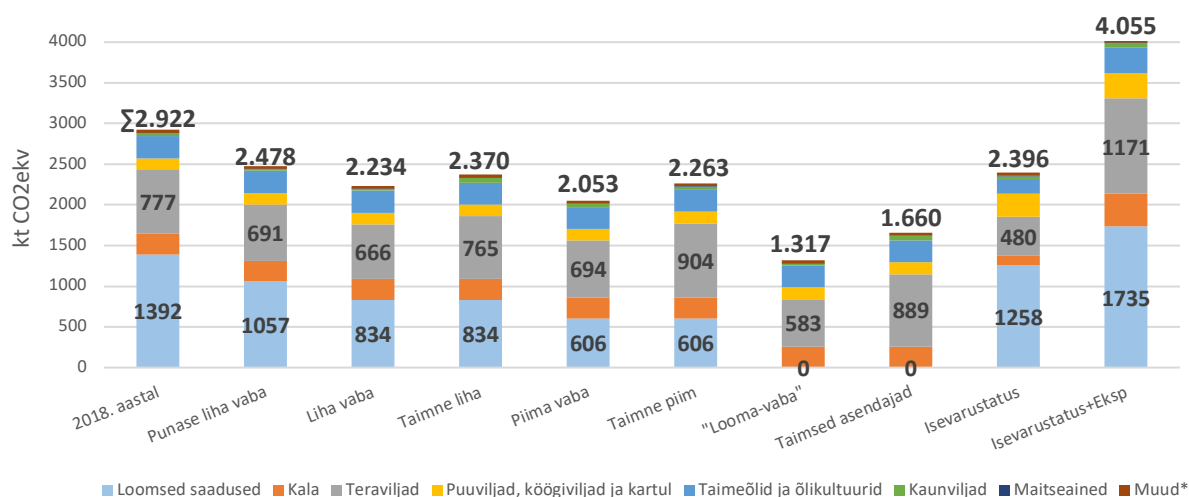
⁷⁹ Põlevkivist toodetud elektrienergia on osutunud viimastel aastatel saastekvootide kiire kallinemise tõttu turul muude energiaallikatega võrreldes konkurentsivõimetuks. Euroopa rohelist kokkulepet arvestades eeldame, et 2021. a sügis-talv kujuneb Euroopa strateegilisi eesmärke vaadates erandlikuks. Mitmes Euroopa riigis on asunud energiatootmist ümber korraldama või tootmisvõimsusi remontima. See on põhjustanud elektrienergia kallinemise hinnatasemele, mis on võimaldanud ka Eestis eeldatavalt ajutiselt hakata taas tootma elektrienergiat põlevkivist.

⁸⁰ *Greenhouse gas emissions by source sector*, Eurostat database, Eurostat, 2021.

⁸¹ Import koosneks seejuures ainult toidukaupadest, mida on Eesti kliimatingimustes võimatu toota.

et üleminek (punase) liha või piima taimsetele analoogidele ei põhjustaks kasvuhoonegaaside heite märkimisväärset kahanemist, kuna nõudlus tera- ja kaunviljade järele (taimse liha ja piima tootmise tooraine) kasvaks. Toiduainetootmisega seotud kasvuhoonegaaside heite otsustav vähendamine oleks võimalik ainult loomakasvatussaaduste tootmise täieliku lõpetamise korral. Kui aga loomakasvatussaaduste tarbimise muster ja maht Eestis suurel määral ei väheneks, tähendaks see, et esmajoones veiseliha ja piima tarbimisega seotud CO₂ jalajalg kanduks koos loomakasvatusega välismaale, Eesti peamiste impordipartnerite juurde.

Keskkonnateadliku ja kogukondliku biorevolutsiooniga kohanemise stsenaarium (stsenaarium nr 4) eristub kolmandast stsenaariumist selle poolest, et selles seatakse oluliste väärtustena esiplaanile hästi hoitud looduskeskkond ja kvaliteetne kohalik toit. Biorevolutsioon avaldub neljandas stsenaariumis just tervisevaldkonna kiires arengus ja uute, sünteetilise bioloogia põhiste materjalide laialdases kasutuselevõtus. Taimsest toormest valmistatava liha-, piima- jm asendajad jäävad nišitoodeteks. See tähendab, et toidutootmisega seotud kasvuhoonegaaside heide püsib ligikaudu praegusel tasemel või isegi kasvab veidi.

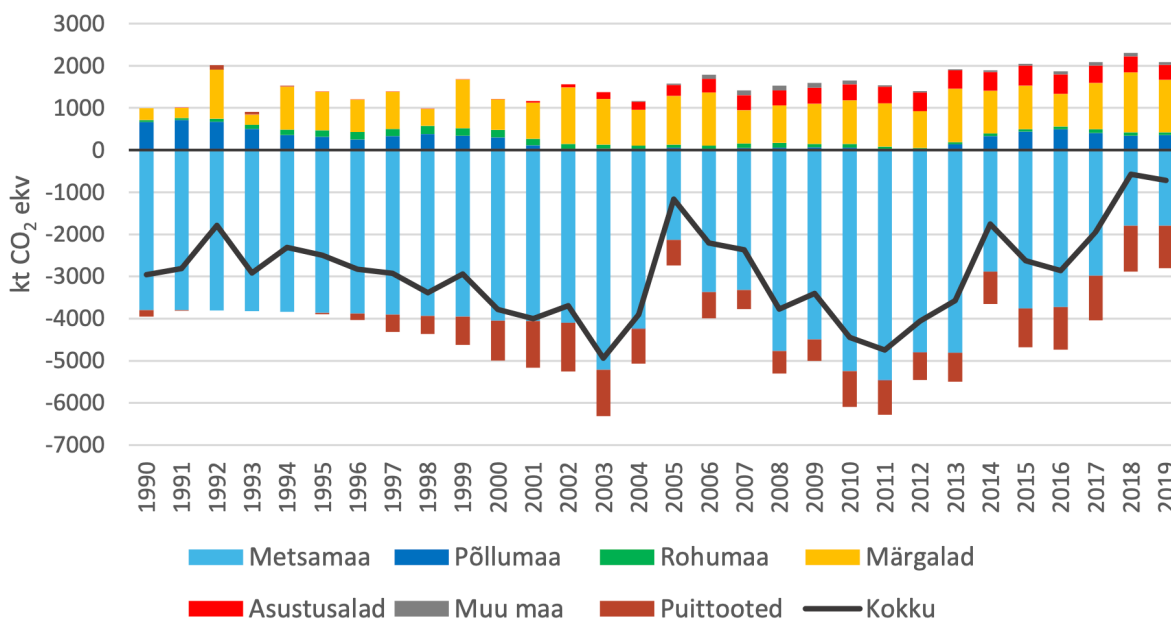


Joonis 22. Toidutootmisega seotud CO₂ekv heitkoguste prognoosarvutused

Allikas: Raivo Vilu ja Olga Gavrilova, *Teekond kliimanetraalse biomajanduseni: täiendavad arvepidamise ja poliitika alused*, TALTECH/TFATK, 2021.

Nelja stsenaariumi analüüsist nähtub, et Eesti võimalused vähendada põllumajanduse ja toiduainetootmisega seotud kasvuhoonegaaside heidet selle praeguse kogumahuga võrreldes on väga piiratud.

Eesti maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse sektor (LULUCF) seevastu sidus 2018. aastal umbes 2000 kt CO₂ekv kasvuhoonegaase ehk tasakaalustas ligikaudu 10% nende koguheitest. Kasvuhoonegaaside heidet ja sidumist Eesti LULUCFi sektoris mõjutavad kõige rohkem metsade vanuseline struktuur, metsamaal (sh raiemaht) ja põllumaal majandamise praktikad, kuivendatud turvasmuldadest tulenev ja aiandusturba heide ning CO₂ sidumine puittoodetes (joonis 23).



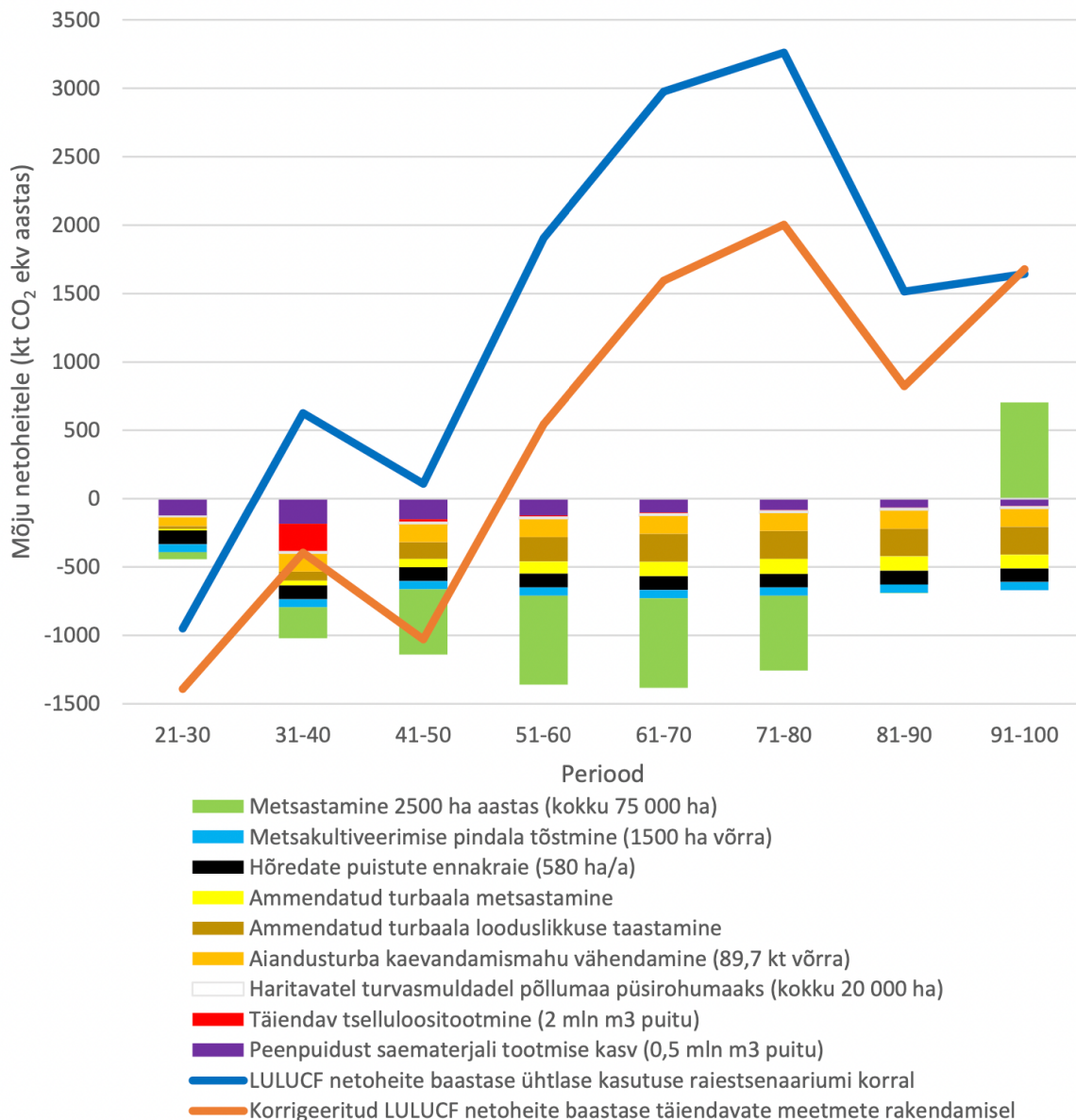
Joonis 23. Kasvuhoonegaaside heide ja sidumine Eesti LULUCFi sektoris 1990–2019

Allikas: Mati Valgepea et al., *Maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse sektori sidumisvõimekuse analüüs kuni aastani 2050*, Keskkonnaagentuur, Eesti Maaülikool, 2021.

Metsal ja puittoodetel on seejuures majandus- ja kliimaeesmärkide seisukohalt kahetine roll. Metsad on ühelt poolt puidu-, tselluloosi- ja paberitööstuse, aga ka elektri- ja soojusenergia tootmise tähtis toormeallikas. Samal ajal on metsad ka suured kasvuhoonegaaside sidujad, mis loovad CO₂ pikaajalise reservuaarina kliimaeesmärkide poole liikumisel reservi, mida saab kasutada sellise kasvuhoonegaaside heide kompenseerimiseks, mida pole võimalik kiiresti vähendada (nt toiduainetootmisest tulenev heide).

Maakasutuse vaates tuleb samuti tähele panna, et turvasmuldade harimine põhjustab Eestis ligikaudu 40% põllumajanduse kasvuhoonegaaside heitest. Kui muuta selline põllumaa püsirohumaaks, taastada märgalana (sh märgalaviljelus) või metsastada, väheneks ka kasvuhoonegaaside heide. 1000 ha püsirohumaaks muutmise korral oleks heide vähendamise kumulatiivne mõju 2050. aastaks 19 kt CO₂ ekv ja metsastamise korral 40 kt CO₂ ekv. Lisaks on heide vähendamist toetavates maakasutusmuudatustes kaalukal kohal jääksoode taastamine ja aiandusturba kaevandamise piiramine.

Joonis 24 näitab LULUCFi sektori kasvuhoonegaaside netoheite vähendamise võimalike meetmete koondmõju prognoosi. Selgub, et kuni 2050. aastani on heide vähendamisel ja CO₂ sidumise suurendamisel selgesti kõige mõjusamad meetmed metsastamine, ammandatud turbaalade taastamine ja aiandusturba kaevandamise mahu piiramine, samuti peenpuidu ulatuslikum kasutuselevõtt saematerjali tootmisel ning puidu keemilise ja biotehnoloogilise väärindamise arendamine.



Joonis 24. LULUCFi sektori netoheite vähendamise meetmete koondmõju

Allikas: Mati Valgepea et al., *Maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse sektori sidumisvõimekuse analüüs kuni aastani 2050*, Keskkonnaagentuur, Eesti Maaülikool, 2021.

Ammendunud turbaalade looduslikkuse taastamine ja metsastamine on kasvuhoonegaaside heite sidumise ja CO₂ tasakaalu leidmise seisukohalt kindlasti kõige mõjusamad tegevussuunad. Metsastamine peab aga avatud, ekspordipõhises majanduses paratamatult konkureerima teiste investeeringute kiiremat tasuvusaega töotavate maakasutusviisidega.

Turvalist iseolemist tagava biomajanduse stsenaariumi (stsenaarium nr 1) eeldus on asjaolu, et Eesti on valmis end suures osas ise varustama toiduainete, puittoodete, elektri- ja soojusenergia tootmiseks vajalike sisenditega. Eesti metsa- ja puidutööstuses jääksid selle stsenaariumi korral valdavaks puidu mehhaaniline töötlemine (sae- ja hõõvlitööstus, puidust ehitusmaterjalide ja tehase majade tootmine) ning metsa varumisel ja mehhaanilisel töötlemisel tekkivat hakkepuitu ja jäätmeid kasutatakse peamiselt energiapuiduna (sh graanulid). Pika kasutuseaiga puittoodete väärtustamine (sh puidu laiaulatuslik kasutamine elamuehituses ja

hoonete renoveerimisel) vähendaks tsemenditootmisest tulenevat kasvuhoonegaaside heidet, mis moodustab ligikaudu poole Eesti tööstusprotsessidega seotud heitest. Varem ekspordi suunatud küttepuidu kasutamine kohapeal – suure kasuteguriga koostootmisjaamades – loob päikese- ja tuuleenergia kõrvale uue juhitava energiaallika ning aitab vähendada fossiilkütuste kasutamisest tulenevat kasvuhoonegaaside heidet.

Üleilmastunud ja traditsioonilise biomajanduse stsenaarium (stsenaarium nr 2) näeb ette Eesti majanduse ekspordipõhise kasvu, sh uute, suurema keerukusega tegevusalade väljaarendamise. Puidutööstuse vaates on nii CO₂ tasakaalu kui ka sotsiaal-majanduslikust aspektist suurima mõjuga paberipuidu ekspordi asendamine Eestis töötlemisega. Paberipuitu saaks kasutada peenemõõdulisest puidust saematerjali tootmisel või puidu keemilisel väärindamisel tselluloosi- või puidurafineerimistehastes. Kui keemiliseks töötlemiseks sobiliku toorme ekspordi maht väheneks 3,4 mln tihumeetri võrra ja see tooraine väärindataks Eestis, looks siinne metsa- ja puidutööstus 458 mln eurot täiendavat lisandväärtust (sektori lisandväärtus suureneks 18% võrra kokku 2641 mln euron) ning töökohtade arv kasvaks 11% võrra 65 749 töökohani.⁸²

Biorevolutsioonist raputatud üleilmse majanduse stsenaariumi (stsenaarium nr 3) alus on Eesti aktiivne osalus uutes, biotehnoloogiapõhistes majandusharudes, kus keskendutakse tervise ja tervisliku toiduga seotud uutele võimalustele (sh taimetoidupõhiste liha- ja piimaasendajate turuletoomine). Kolmandas stsenaariumis on tähtsal kohal ka maakasutuse muutus, sh vertikaalse põllumajanduse kasutuselevõtt ning korruga saagikuse suurendamise ja optimaalse väetisekasutuse poole püüdleva täppispõllumajanduse arendamine.

Keskkonnateadliku ja kogukondliku biorevolutsiooniga kohanemise stsenaarium (stsenaarium nr 4) näeb ette sünteetilise bioloogia kiire arengu ning uute, biotehnoloogiliselt rikastatud materjalide laialdase kasutuselevõtu. Puidust või muust biomassist saadud materjalide kasutamine suure keskkonnajalajäljega materjalide (nt betoon, metall) ja fossiilkütuste asemel vähendab omakorda CO₂ õhkupaiskumist. Metsadel on selles stsenaariumis kahetine roll: need on ühelt poolt biotehnoloogiliseks väärindamiseks kasutatava ressursi allikas ning teiselt poolt looduslike ökosüsteemide ja elurikkuse hoidmise oluline element.

5.4. Stsenaariumitest lähtuvad muutused ökosüsteemiteenustes

5.4.1. Ökosüsteemiteenuste hindamise meetodika

Stsenaariumianalüüsi käigus korraldati eksperdi hinnangutel põhinev ökosüsteemiteenuste hindamine⁸³, millesse hõlmati nii maismaa ökosüsteemid (mets, soo, niit ja põllumajanduslikud ökosüsteemid) kui ka vee ökosüsteemid (siseveekogud ja rannikumeri). Ökosüsteemiteenuste nimekirja koostamiseks ja klassifitseerimiseks kasutati CICES-süsteemi.⁸⁴ Selle järgi

⁸² *Metsa- ja puidusektori sotsiaalmajandusliku mõju analüüs*, Ernst & Young Baltic AS, detsember 2020, <https://bit.ly/3ic2oTI>.

⁸³ Maismaa ökosüsteemiteenuste hindamisel lähtutakse allikast: A. Helm jt, *Metsa-, soo-, niidu- ja põllumajanduslike ökosüsteemide seisundi ning ökosüsteemiteenuste baastasemete üleriigilise hindamise ja kaardistamise lõpparuanne*, ELME projekt, 2020 (täiendatud 2021), <https://bit.ly/3jflhUW>. Rannikumere ja siseveekogude ökosüsteemiteenuste puhul lähtutakse allikast: A. Kosk, *Mere ja siseveekogude ökosüsteemiteenuste määramise ja kaardistamise metodoloogia väljatöötamine*, Tartu, 2016, <https://bit.ly/3IUt2IN>.

⁸⁴ R. Haines-Young & M. Potschin, *Common International Classification of Ecosystem Services*, 2013, <http://www.cices.eu>.




liigitatakse otsesed ökosüsteemiteenused (teenused, mida ühiskond saab oma heaolu suurendamiseks otseselt kasutada) varustavateks, reguleerivateks ja säilitavateks ning kultuurilisteks teenusteks.

Ökosüsteemiteenuste hindamist alustati teenuste potentsiaalse pakkumise hindamisest. Analüüsiti, kas stsenaariumi rakendumine mõjutaks teenuse pakkumist ja kas teenuse pakkumisel on positiivne mõju (suureneb) või negatiivne mõju (väheneb) ning kui suur on mõju. Tuleb rõhutada, et negatiivne pakkumine ei tähenda alati negatiivset mõju loodusele.

Ökosüsteemiteenuse nõudlusele andsid eksperdid põhisuundumuse hinnangu. Ökosüsteemi seisundile anti stsenaariumite kaupa hinnang, mida mõjutab teenuse nõudluse ja pakkumise koosmõju.⁸⁵





Stsenaariumi mõju hinnangut ökosüsteemiteenuse pakkumisele hinnati järgneval viieastmelisel skaalal:

-2	olulise negatiivse mõjuga / teenuse pakkumine väheneb oluliselt
-1	negatiivse mõjuga / teenuse pakkumine väheneb
0	neutraalne / teenuse pakkumine ei muutu
+1	positiivse mõjuga / teenuse pakkumine suureneb
+2	olulise positiivse mõjuga / teenuse pakkumine suureneb oluliselt

Ökosüsteemiteenuste nõudluse puhul hinnati, kas nõudlus teenuse järele kasvab , kahaneb  või on stabiilne .

5.4.2. Maismaa ökosüsteemiteenuste pakkumine ja nõudlus

Toit (põllukultuurid)

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
-2	0	-2	-1	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

Esimese stsenaariumi korral pakutakse eksporditurgudele toitu minimaalselt. Toiduks mõeldud põllukultuuride kasvupind väheneb märkimisväärselt ja nõudlus kohaliku tooraine järele säilib. Kuna tehnoloogiline areng on aeglane, siis looduse

koormamine väetiste ja pestitsiididega küll kahaneb, kuid aeglaselt. Samas on teenuse seisundile soodne, et hoogsalt kasvab mahetoodangu osakaal kogutoodangus.

Teise stsenaariumi korral jätkub põllumajandusmaa senine kasutamine või selle pindala mõnevõrra suureneb. Teenuse pakkumist see ei mõjuta. Nõudluse poolest jätkub üleilmsete trendide järgimine ning Eesti sõltub osa toiduainete puhul endiselt impordist. Kuna väetiste


⁸⁵ Ökosüsteemiteenuste pakkumine tähendab ökosüsteemi võimet pakkuda kaupu ja teenuseid. Ökosüsteemiteenuste nõudlus tähendab ökosüsteemi kaupu ja teenuseid, mida tarbitakse või kasutatakse teatud alal teatud ajavahemikul. Nõudlus tavaliselt muutub aja jooksul ja on eri paikades erinev ning ei pruugi sõltuda tegelikust pakkumisest. Ökosüsteemi seisund on tema võime pakkuda ökosüsteemiteenuseid: heas seisundis ökosüsteemid pakuvad ökosüsteemiteenuseid suuremal hulgal. Ökosüsteemi seisundi muutuse korral muutuvad selle struktuur ja protsessid. Suurendades survet ökosüsteemile või muutes maakasutust (ja sellega eelmist ökosüsteemi tugevalt mõjutades või hävitades), mõjutavad inimesed ökosüsteemiteenuste pakkumist või laadi.

ja pestitsiidide kasutus püsib 2020. aasta tasemel (seda ei ole täppispõllumajandus veel nii suurel määral mõjutanud), siis see mõjutab teenuse seisundit negatiivselt.

Kolmanda stsenaariumi korral väheneb põllumaa pindala ja seetõttu ka toiduks kasvatatavate põllukultuuride kasvupind. Teenuse pakkumin on seega negatiivselt mõjutatud. Nõudluse poolel väärtustatakse teaduslikku lähenemist toitumisele (sh laboris toodetud toit). Mahe- toodangu osakaal kogutoodangus on väga väike. Looduse jaoks on soodne, et intensiiv- põllumajanduse mahtu vähendatakse. Väetiste ja pestitsiidide kasutust optimeeritakse täppispõllumajanduse abil, mis mõjutab teenuse seisundit mõnevõrra positiivselt.

Neljanda stsenaariumi korral suureneb põllumaa kasutamine uute, biopõhiste materjalide tootmiseks vajaliku biomassi kasvatamiseks. Väheneb toiduks kasvatatavate põllukultuuride pakkumine. Nõudluse poolel hinnatakse ja väärtustatakse rohkem mahedat ja kvaliteetset toitu ning kestlikku toidusüsteemi. Teenuse seisundile on igati soodne, et kahaneb mineraal- väetistest ja intensiivpõllumajandusest tulenev koormus maastikele.


Sööt (põllukultuurid ja looduslikud taimed)

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
-1	0	-2	-1	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

Esimese, kolmanda ja neljanda stsenaariumi korral rakendatakse EAT-Lanceti või TAI toitumissoovitust, mistõttu väheneb loomakasvatus ning koos sellega ka söödatootmiseks vajaliku rohumaapindala. Teise stsenaariumi korral loomsete toodete

tarbimine küll kahaneb, kuid sööda tootmiseks vajalike rohumaade osakaal on endiselt suhteliselt suur. Kolmanda stsenaariumi puhul mõjutab teenust laboritoidu osakaalu kasv, mistõttu väheneb nõudlus sööda järele. Teenuse seisund sõltub sellest, millisel otstarbel kasutatakse toiduainetootmisest vabanevat maad (biotehnoloogiliseks väärimiseks, metsastamiseks vm).

Toit (looduslikud taimed)

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
+2	+1	+1	+1	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

Eeldame, et toidu ja sööda tootmiseks vajaliku kasvupinna vähenemise tõttu ülejäänud maa rohumaastatakse, metsastatakse, võsastub või metsastub. Kõikide stsenaariumite korral teenuse pakkumine suureneb või suureneb märkimisväärselt.

Esimese stsenaariumi korral ei ole konkurents vabanevale maale nii suur kui ülejäänud kolme stsenaariumi korral. Nõudlus looduslike taimede kasutamisele püsib teise ja kolmanda stsenaariumi korral stabiilsena.

Esimese stsenaariumi korral on kohaliku toiduga isevarustus tähtsal kohal, mistõttu nõudlus kohalike taimede järele kasvab. Neljanda stsenaariumi korral suureneb looduslike taimede tarbimine seepärast, et inimeste teadlikkus kasvab. Teenuse seisundile on igati kasulik, et seni toidu ja sööda intensiivtootmiseks kasutatud maa leiab uut rakendust, sest see võimaldab looduslike taimede levikuala ja liigirikkuse teatavat suurenemist.

Toit (looduslikud marjad)

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
+1	+1	+1	+1	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

(nt pohlad, vaarikad ja metsmaasikad) kasvavad raiesmikel hästi, mis mõjutab teenuse pakkumist soodsalt. Soode taastamine suurendab seal kasvavate marjade (nt jõhvikas, murakas) saaki.

Kuna looduslike marjade saagikus sõltub tugevalt ilmastikuoludest kogu vegetatsiooniperioodi vältel, siis vähendavad põuad, kliimamuutusetega kaasnevad haigused ja kahjurid marjade saagikust ning kõlblikkust neid marju korjata ja süüa. Nõudlus looduslike marjade järele on suurim esimese ja neljanda stsenaariumi korral, sest siis väärtustatakse enam kvaliteetset ja kohalikku mahetoitu.

Toit (seened)

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
+1	+1	+1	+1	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

sest siis väärtustatakse kvaliteetset ja võimalike levialade laienemine soodsalt.

Metsade ja rohumaa pindala kasv loob kõikide stsenaariumite korral seente levikuks paremad tingimused, ent teenuse pakkumine on seotud kliimamuutustega. Nõudlus seente järele on suurim esimese ja neljanda stsenaariumi korral, kohalikku mahetoitu. Teenuse seisundile mõjub

Toit (metsloomad)

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
+1	+1	+1	+1	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

loomaliha kui nišitoote järele püsib. Suureneb jahiloomade arvukuse piiramine teistel viisidel (trofeede kogumine, jahiturism, vereta jaht jne). Jahinduse sotsiaalne roll ühiskonnas muutub hobist ulukite populatsioonide reguleerijaks. Kliimatingimuste muutumise tõttu võib prognoosida mõne uluki arvukuse märgatavat suurenemist, mis tähendab omakorda tugevat mõju selle liigi toidubaasile.

Metsade ja rohumaa pindala kasv mõjub kõikide stsenaariumite korral ulukite arvukusele hästi. Teenuse pakkumine suureneb, kuna võimalike elupaikade pindala kasvab. Üldine nõudlus loomse toidu tarbimise järele väheneb, kuid nõudlus mets-

Puidutooraine bioenergiaks, keemiliseks või biotehnoloogiliseks väärimiseks

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
+1	+1	+1	+1	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

tuntavalt. Esimese stsenaariumi korral

Toidutootmise muutuste tõttu põllumaa vabaneb või jääb sööti ning see metsastatakse, seepärast suureneb kõikide stsenaariumite korral puidumassi maht. Seega kasvab teenuse pakkumine. Puidutooraine nõudlus erineb aga stsenaariumiti kasvab puidu kasutus energiasektoris. Teise ja

kolmanda stsenaariumi korral suureneb puidu mehhaanilise ja keemilise töötlemise maht, kuid mõlemat on võimalik osaliselt tagada impordi teel. Teise stsenaariumi korral konkureerib puidu keemiline ja neljanda stsenaariumi korral puidu biotehnoloogiline töötlemine bioenergia tootmisega samale toormele.

Kohalike puidutootmisjääkide, samuti harvendus- ja hooldusraietest tekkinud väheväärtusliku puitmaterjali kasutamine ennekõike keemiliseks või biotehnoloogiliseks väärimiseks on nii majanduslikult kui ka ökosüsteemiteenuse seisukohalt hea. Töötlemata puidujäägid lagunevad looduses kiiresti ja vabastaksid süsinikdioksiidi. Neljanda stsenaariumi korral on ökosüsteemi seisund parem, kuna metsamajandamise ainus eesmärk ei ole suurendada biomassi, vaid säilitada ka metsa elurikkust, vastupanuvõimet looduslikele häiringutele jms.

Rohtne biomass bioenergiaks

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
+2	+1	+2	+1	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

Põllumajandusmaa (sh turvasmuldade) rohumaastamise tulemusel kasvab kõikide stsenaariumite korral võimaliku rohtse biomassi hulk ja teenuse pakkumine seega suureneb. Kõige rohkem kasvab rohumaad esimese ja kolmanda stsenaariumi korral.

Teise, kolmanda ja neljanda stsenaariumi korral suureneb ennekõike biomassist sõltumatu elektrienergia nõudlus. Nõudlus rohumaadest toodetud biogaasi ja bioenergia järele on stabiilne või väheneb. Neljanda stsenaariumi korral kasvab samas eeldatavalt nõudlus uute, biopõhiste materjalide tootmiseks kasutatava rohtse biomassi järele.

Tuuleenergia

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
+1	+1	+2	+2	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

Tuuleenergia on Eesti kui avatud mereriigi üks peamisi taastuvenergiaressursse, millele tuleb pöörata kliima- ja energiapoliitikas seatud eesmärkide täitmisel tähelepanu. Esimese stsenaariumi korral on puidupõhisel bioenergiatootmisel

kui juhitaval energiaallikal energiavarustuse tagamisel tähtis osa (tuuleenergia kõrval), kuid tuuleenergia tootmine on nii majanduslikult kui ka ökosüsteemide vaates selgelt eelistatud.

Teise, kolmanda ja neljanda stsenaariumi korral annavad rohepööre ja avatud energiakaubanduses osalemine lisamotivatsiooni rajada maismaale ja merele tuuleparke. Suurenevad nii teenuse pakkumine kui ka nõudlus tuuleenergia järele. Tuuleenergia kasutamise soodne mõju ökosüsteemidele on fossiilkütuste asendamine taastuvenergiaga, ent samas kaasnevad tuuleparkide rajamisega müra- jt häiringud inimestele, loomadele ja lindudele.

Päikeseenergia

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
+1	+1	+2	+2	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

Esimese stsenaariumi korral peab Eesti kasutama maksimaalselt kohalikke taastuvaid energiaallikaid. Päike ja tuul on seejuures puidu või kivi-sõega võrreldes selgelt eelistatud. Kolmanda- neljanda stsenaariumi korral jätkub rohepöörde

käigus päikeseparkide laialdane rajamine, suureneb päikest neelavate elementide kasutus ehitusmaterjalides (nt liginullenergiahooned) jmt. Nii teenuse pakkumine kui ka nõudlus taastuvenergia järele suurenevad märkimisväärselt. Samas konkureerib päikeseelektrijaamade rajamine maakasutuse puhul toidu- ja söödatootmisega.

Tolmeldamine, bioloogiline tõrje

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
-1	0	+1	+2	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

Tolmeldamise ja bioloogilise tõrje teenuse pakkumine on seotud väetiste ja pestitsiidide kasutamisega põllumajanduses. Täppispõllumajandus, sh teadlikum väetisekasutus, ja mahepõllumajanduse osakaalu kasv soodustab loodust säästvat

põllumajandust, aidates kaasa tolmeldajate heaolule ja tagades kahjurite tõrje bioloogilisel viisil.

Esimese stsenaariumi korral on väetiste ja pestitsiidide kasutus mõnevõrra langustrendis, kuid stsenaarium mõjub ka tolmeldajate elutegevust negatiivselt. Teise stsenaariumi korral püsib väetiste kasutamine 2020. aastate tasemel, kuid muutub täppisviljeluse abil tõhusamaks. Kolmanda-neljanda stsenaariumi korral väheneb tänu täppispõllumajandusele väetisekasutus ulatuslikult ning seetõttu teenuse pakkumine suureneb või suureneb oluliselt.

Nõudlus tolmeldajate ja bioloogilise tõrjele järele on esimese ja teise stsenaariumi korral püsiv. Kolmanda stsenaariumi korral on tähtsal kohal laboritoit jt tehnoloogilised uuendused, mistõttu nõudlus tolmeldajate järele väheneb. Neljanda stsenaariumi korral kasvab mahepõllumajanduses nii nõudlus tolmeldajate kui ka bioloogilise tõrje järele.

Elupaikade pakkumine ja sidusus, liikide levi toetamine

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
+2	+2	+2	+2	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

Kõikide stsenaariumite puhul suureneb maakasutuse muutuste mõjul elupaikade pakkumine: põllumaa asemele luuakse rohumaid ja metsastatud alasid. Need ühendavad olemasolevaid heas seisundis elupaiku ja aitavad nii kaasa liikide levi

toetamisele. Teenuse pakkumine muutub märksa paremaks. Nõudlus elupaikade pakkumise järele on eri stsenaariumites ühtlane, kuid kõige rohkem tähtsustatakse elurikkuse säilitamist neljanda stsenaariumi korral.

Kliimaregulatsioon (biomassi CO₂ varu)

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
+2	+2	+2	+2	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

Raiemahu kasv jätkub eeldatavalt 2030. aastani, seejärel raiemaht väheneb raieküpse puidu varude kahanemise tõttu. Õigel ajal kasutamata puit jääb aga mehhaaniliseks töötlemiseks liiga vanaks ja saematerjalina selle kvaliteet halveneb. See

suurendab vähem väärtusliku puidu kasutamist energiatootmises.

Majandamata ja kahjustatud metsad muutuvad CO₂ allikaks, tekivad soodsamad tingimused puidukahjurite ja haiguste levikuks ning tormimurdudeks. Põllumajandusmaade metsastamise ja rohumaastamise tõttu suureneb samas CO₂ sidumine. Teenuse seisund muutub märgatavalt paremaks. Puidu kasutamise laialdane soodustamine elamuehituses ja hoonete renoveerimisel aitab vähendada tsemenditootmisega seotud kasvuhoonegaaside heidet.

Nõudluse poolel säilib esimese stsenaariumi korral puidupõhise energia kasutus arvestatavas mahus, mis on nii majanduslikult kui ka keskkonna vaates raiskav. Kolmanda ja neljanda stsenaariumi korral pakuvad uued biotehnoloogiad CO₂ sidumiseks ja kasutamiseks uusi viise, mis aitab parendada kliimaregulatsiooni teenust tervikuna.

5.4.3. Veekogude ökosüsteemiteenuste pakkumine ja nõudlus

Kalavaru

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
0	0	+1	+1	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

Sõltumata stsenaariumist kasvab seoses liha tarbimise vähenemisega nõudlus kala järele. Esimese stsenaariumi korral sõltutakse kodumaisest toorainest, kuid kalandus areneb vähe. Teine stsenaarium ei muuda tõenäoliselt kalavarude pakkumist:

vajaduse korral toiduaineid imporditakse ja puudub majanduslik motivatsioon arendada kodumaist kalandust. Kolmanda ja ennekõike neljanda stsenaariumi korral kasvab nõudlus kvaliteetse kala järele ning looduskeskkonna suurem väärtustamine suurendab teenuse pakkumist.

Tööstus- ja põllumajandusvesi

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
+1	0	+2	+2	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

Esimese stsenaariumi korral väheneb tööstus- ja põllumajandusvee nõudlus põllumajandustootmise mahu kahanemise tõttu. Teise stsenaariumi korral suurendab vee nõudlust puidu keemiline töötlemine. Kolmanda-neljanda stsenaariumi korral on veekasutus põllumajandustootmise vähenemise ja kiire tehnoloogilise arengu tõttu tõhusam ning nõudlus seetõttu langustrendis. Veevarude ja väetiste optimaalsem kasutus põllumajanduses mõjub vee ökosüsteemide seisundile hästi.

Kolmanda-neljanda stsenaariumi korral suureneb pilliroo potentsiaalne pakkumine eelkõige põhjusel, et väheneb lihaste kasvatamine, mis soodustab roostike laienemist. Samuti loob sünteetiline bioloogia uusi võimalusi pilliroo paremaks väärindamiseks.


Roostik

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
+1	+1	+2	+2	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

Pillirool on biomassina mõningane kasutamata potentsiaal nii energiaallika kui ka ehitusmaterjalina. Esimese-teise stsenaariumi korral püsib nõudlus muutumatuna, kuna roostiku looduslik juurdekasv ja nõudluse kasv on sarnased.

Kolmanda-neljanda stsenaariumi korral suureneb pilliroo potentsiaalne pakkumine eelkõige põhjusel, et väheneb lihaste kasvatamine, mis soodustab roostike laienemist. Samuti loob sünteetiline bioloogia uusi võimalusi pilliroo paremaks väärindamiseks.

Elupaikade säilimine

1.	2.	3.	4.	Stsenaarium
0	-1	0	+1	Pakkumise hinnang
				Nõudluse hinnang

Mere- ja siseveekogude pakutavate ressursside optimaalsem kasutus vähendab koormust maismaale, kuid suurendab survet vee-elupaikadele. Vee-elupaikade pakkumine ja nõudlus püsivad siiski suures osas muutumatuna.

Esimese kolme stsenaariumi korral säilivad poollooduslikud kooslused, roostikud, mis pakuvad elupaiku veekogude kallastel. Samuti toimivad roostikud puhveraladena, mistõttu on tähtis kasutada pilliroogu jätkusuutlikult ja õigete majandamisvõtetega. Teise stsenaariumi korral halvendavad põllumajanduse keskkonnamõjud vesikeskkonna olukorda. Nõudlus elupaikade pakkumisele on stsenaariumite puhul ühtlane. Elurikkust väärtustatakse kõige rohkem neljanda stsenaariumi korral.

5.4.4. Stsenaariumite ja ökosüsteemiteenuste seosed

Turvalist iseolemist tagava biomajanduse stsenaariumi (stsenaarium nr 1) korral peab Eesti olema valmis end toiduainete, puittoodete, elektri- ja soojusenergia tootmiseks vajalike sisenditega ise varustama. Stsenaariumi järgi vähenevad ekspordi kahanemise tõttu piima- ja teraviljatoodang, samuti söodatootmine. Vähemalt osa ülejäävaid põllu- ja rohumaid metsastatakse ning kasutatakse energianõudluse tagamiseks. Ökosüsteemide seisundile mõjub hästi asjaolu, et põllumajandustootmine on muutunud mahu vähenemise tõttu ekstensiivsemaks, soodustatakse väiketootjaid, oluliseks peetakse kohalikku päritolu, kvaliteetset ja keskkonnasäästlikult toodetud toitu.

Eeldusel, et väetisi ja pestitsiide kasutatakse optimaalses koguses ning eelistatakse väiksemaid mosaiikseid põlde, ökosüsteemi seisund paraneb. Ka elupaikade pakkumine suureneb, sest kasvab selliste hooldatud poollooduslike koosluste ja metsastatud põllumaade pindala, mis ühendavad olemasolevaid heas seisundis maastikuelemente ja looduslikke alasid. Suureneb nõudlus looduslike marjade, taimede ja kala järele.

Kuna põllumajandustootmine ja selle intensiivsus vähenevad, paraneb veevarude kättesaadavus, kuid vee kvaliteeti mõjutab endiselt investeeringute kättesaadavus. Metsa- ja puidutööstuses on selle stsenaariumi korral valdav puidu mehhaaniline töötlemine. Varem ekspordi suunatud küttepuidu pakkumine suureneb ja seda hakatakse kasutama Eestis energia-puiduna. Puidu kasutus energiasektoris on majanduslikult väiksema lisandväärtusega ning puidu põletamisel on ühtlasi ebasoovitavad tagajärjed nii metsale, elurikkusele kui ka CO₂ heitele. See mõjub ökosüsteemide seisundile halvasti.

Pika kasutuseaiga puittoodete rakendamine elamuehituses ja hoonete renoveerimisel, toidutootmise mahu vähenemine ja põllumaade metsastamine soodustavad CO₂ pikaajalist sidumist. Sinimajandus jääb muude valdkondadega võrreldes kõrvaliseks, mis mõjutab veeökosüsteeme pigem halvasti (veekvaliteedi halvenemine, elupaikade kadu).

Üleilmastunud ja traditsioonilise biomajanduse stsenaariumi (stsenaarium nr 2) korral jätkab Eesti majandus ekspordipõhist kasvu. Teravilja tootmise maht suureneb nii kohaliku

nõudluse kui ka ekspordi tõttu ning ka loomakasvatuse maht ei vähene. Ekspordile suunatud intensiivne tootmine mõjub ökosüsteemide seisundile halvasti. Põllumajanduses ja tööstuses toimuv digitaliseerimine võimaldab kasutada ressursse tõhusamalt ja negatiivseid mõjusid sel viisil minimeerida.

Põllumaa kasutuse parendamine (vähendatakse monokultuuride kasvatust suurtel maaladel, põllulapid on ümbritsetud vaheribadega jne) parandab ökosüsteemi seisundit. Pestitsiidide optimaalne kasutus soodustab ka tolmeldajate heaolu. Elupaiku pakuvad püsirohumaad ja poollooduslikud kooslused, mida hooldatakse lihaveiseid karjatades. Sõltuvalt karjatamiskoormusest võib koosluste liigirikkus väheneda ja kasvuhoonegaaside heide suureneda. Kuna põllumajandustootmise maht ei muutu, siis jätkub nii siseveekogude kui ka rannikuvee eutrofeerumine, mis mõjub ökosüsteemide seisundile halvasti. Puidu keemilise töötlemise arendamisel on hädavajalik valida selline tehnoloogia ja tegevuskoht, mis ei halvendaks vee kvaliteeti, vee-elupaiku ega liigilist koosseisu.

Biorevolutsioonist raputatud üleilmse majanduse stsenaariumit (stsenaarium nr 3) ilmes-tavad täiesti uued tehnoloogiamahukad tervisetooted ja toidud. Põllumajandust iseloomustab vertikaalse tootmise kasutuselevõtt ning saagikuse suurendamise ja optimaalse väetisekasutuse poole püüdleva täppispõllumajanduse arendamine. Laboriliha osatähtsuse kasv toob kaasa veiseliha tootmise ja tarbimise märgatava vähenemise. Toidu- ja sööda-tootmisest ülejäävaid põllu- ja rohumaid kasutatakse biotehnoloogiliseks väärimiseks ning metsastamiseks. See mõjub ökosüsteemide seisundile tervikuna hästi.

Elupaikade pakkumine ja liigirikkus suurenevad. Biomassi varumise ja töötlemise tehnoloogia ja maht mõjutavad sealjuures otseselt elupaikade pakkumist. Juhul kui lihaveisekasvatuseks eelistatakse kasutada kultuurrohumaad, võivad poollooduslikud kooslused jääda tootmis-mahu vähenemise tõttu kasutusest välja. Täppispõllumajanduse kasutusega väheneb väetiste ja pestitsiidide negatiivne mõju kasvuhoonegaaside heitele, veekeskkonnale ja tolmeldajatele, parandades nii ökosüsteemide seisundit.

Biomajanduse ja maakasutuse panus keskkonna- ja kliimaeesmärkide saavutamisse avaldub päikese- ja tuuleparkide suurenenud energiatootmises, veisekasvatuse mahu vähenemises ning vabanenud maa metsastamises. Biotehnoloogia areng loob ka sinimajanduse kontekstis uusi võimalusi looduslikult uueneva bioressurssi nutikamaks kasutamiseks, millega ei kahjustata liigselt elupaiku.

Keskkonnateadliku ja kogukondliku biorevolutsiooniga kohanemise stsenaariumi (stsenaarium nr 4) korral suureneb Eestis mahetoodangu osatähtsus märkimisväärselt. Olulisel kohal on vertikaalne taimekasvatus, mis vähendab traditsioonilist katmikalal kasvatust. Kahaneb ka loomakasvatuseks vajalike rohumaa pindala. Stsenaariumile on väga iseloomulik uudsete, biopõhiste materjalide kasutuselevõtt, seega väärtustatakse samal ajal ka looduskeskkonna säilitamist. Maakasutuse muutused (põllumaa kasutus toidukasvatuseks väheneb ning rohtse biomassi ja metsa kasvatamine suureneb) mõjuvad ökosüsteemide seisundile hästi. Täppispõllumajandus, sh teadlikum väetisekasutus, ja mahepõllumajanduse osakaalu kasv soodustavad loodustsäästvat põllumajandust.

Seni toidu tootmiseks kasutatud maa leiab uut rakendust, mis võimaldab suurenda looduslike taimede levikualal ja elurikkusel. Eelkõige kasvab elurikkus tänu sellele, et kasvab maastike mosaiiksus (põldude ümber luuakse rohkem põllusaari ja põldude vahele laiu vahebasid, lähedusse metsaalasid) ning väheneb ülisuurte ja monokultuursete põllualade pindala. Toidutootmiseks kasutatava põllumajandusvee koguste vähenemine mõjub hästi veevarude säilimisele. Pestitsiidide kasutamise kahandamine ja mahepõllumajandus tervikuna suurendab tolmeldajate arvukust märkimisväärselt. See on üks põhilisi ökosüsteeme reguleeriv teenus, mis loob paremad eeldused nii kogukondliku mahepõllumajanduse arendamiseks kui ka looduslike taimede säilimiseks.

Kliimaregulatsiooni seisukohalt sarnaneb see stsenaarium kolmanda stsenaariumiga. CO₂ sidumine kasvab nii tänu maakasutuse muutustele kui ka tehnoloogia arengule. Päikese- ja tuuleenergia laialdane rakendamine vähendab ulatuslikult fossiilkütustest tulenevat ebasoodsat mõju loodusele, kuid oma keskkonnamõjud on ka uutel päikese- ja tuuleparkidel. Meretuuleparkide ja vesiviljeluse kombineerimine võimaldab kasutada ressursse paremini ning vähendab konkurentsi maismaale. Suurtele maa-aladele rajatavate päikeseparkide puhul tuleb siiski kaaluda, millist lisaväärtust saaks sellele maale veel anda eesmärgiga säilitada või suurendada võimaluse korral ökosüsteemi liigirikkust.

6. Kokkuvõte. Eesti biomajanduse strateegilised läbilöögisuunad

Tänapäevases majandusanalüüsis lähtutakse tõdemusest, et kõik majandustegevused ei ole panuselt majanduse konkurentsivõimesse ja elatustaseme tõusu ühesugused. Nii biomajanduse maakasutusmuster, bioressursi ühiku kohta loodav lisandväärtus kui ka keskkonnakoormus sõltuvad väga suurel määral sellest, millistele tegevustele ja toodetele ettevõtted spetsialiseeruvad.

Riigis loodava lisandväärtuse kasvu ja elatustaseme tõusu üks tähtis osis on seejuures majanduse lahtisidumine kohalikust (bio)ressursist. See väljendub tegevusalade ja ekspordi tooteportfelli mitmekesistamises viisil, et ressursimahukate toodete kõrvale ja asemele luuakse üha rohkem tehnoloogia- ja kapitalimahukaid tooteid. Eesti biomajanduse lisandväärtuse ja ressursitõhususe suurendamise eeldus on seega eeskätt uute, keerukamate ja lisandväärtuse ühiku kohta märksa väiksema bioressursimahukusega toodete turuletoomine.

Eesti biomajanduse arenguväljavaated, sh võimalus liikuda uutesse tooterühmadesse, sõltuvad ülisuurel määral ümbritsevast maailmast, ent maailm on praegu mitmes küsimuses murdepunktis. Planeet vajab kliimasoojenemise pidurdamiseks otsustavat tegutsemist. Selleks on vaja seada esiplaanile pikemaajalised ühishuvid ja tagada väga erinevate lähtekohtadega riikide tõhus koostöö. Mitme maailma majanduses võtmetähtsusega riigi avalik arvamus nõuab seevastu järjest valjuhäälselt riigisiseste huvide esikohale seadmist. Kodumaiste tarnijate eelistamist ja strateegilise autonoomia arendamist nähakse seal nii majandusliku turvalisuse kui ka töökohtade hoidmise tagajana.

Rahvusvaheline finantskapital⁸⁶ panustab sellele, et maailm seisab uuele laiapõhjalisele majanduskasvule alust paneva biotehnoloogia revolutsiooni lävel. See on maailm, kus biotehnoloogia teeb võimalikuks põhjapanevalt uued tooted ja majandusharud, millel on potentsiaal märkimisväärselt muuta meid ümbritsevat tehiskeskkonda, inimeste tervisekäitumist ja toitumist. See on maailm, kus kuni 60% praegustest materjalidest on keskkonnasäästlikud biotooted. Sünteetilise bioloogia kiire areng, sh biohäkkerlus, võib aga tuua kaasa ka täiesti uudseid bioloogilisi, ühiskondlikke ja majandusriske.

Me ei tea, millises suunas ja millise kiirusega maailm neis ning teistes suure mõjuga valdkondades eelolevatel kümnenditel edasi liigub. Selles analüüsis esitatud Eesti biomajanduse arengustsenaariumeid ei tuleks seetõttu vaadata kui tõsikindlat püüet ennustada tulevikku. Stsenaariumite eesmärk on luua strateegilist planeerimist toetav raamistik, mis aitab Eesti biomajandusel tulla edukalt toime väga erinevates maailmades.

Tabel 5 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 uutes, suurema keerukusega tooterühmades, sh puidu keemilise töötlemise, (bio)farmaatsiatoodete 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 aspektid.

⁸⁶ Vt nt *Engineering biology: the next frontier*, Exponential view with Azeem Azhar, <https://bit.ly/3AzC4ZA>.

Tabel 5. Eesti biomajanduse neli arengustsenaariumit aastateks 2030–2050

	1. Turvalist iseolemist tagav biomajandus	2. Eesti üleilmastunud ja traditsioonilises biomajanduses	3. Biorevolutsioonist raputatud üleilmne majandus	4. Keskkonnateadlik ja kogukondlik kohane mine biorevolutsiooniga
Väliskeskonna peamised mõjutegurid	Üleilmne ebakindlus: vajadus tagada isevarustatus olulisimate toodetega	Avatud kaubavaetus ja kapitali liikumine loovad eeldused otsida üleilmses tööjaotuses paremat kohta	Biotehnoloogia muudab biomassi kasutamise tavadid ja toob kaasa täiesti uued biomajanduse valdkonnad	Euroopa otsib tasa kaalu uudse biotehnoloogia rakendamise ning traditsiooniliste öko- ja toidusüsteemide hoidmise vahel
Eesti biomajanduse spetsialiseerumine	Senine spetsialiseerumine jätkub, sh toiduga isevarustatus ning puidu laialdane kasutamine ehituses, aga ka kohaliku juhitava energiaallikana	Eesti eksport liigub toidu ja puidu väärtusahelates edasi keerukamatele toodetele, sh puidu keemilisse töötlemisse. Uue tegevussuunana lisandub (bio)farmaatsia-toodete tootmine	Eesti otsib võimalusi asuda tegutsema üleilmse biorevolutsiooni käigus sündinud uutes, biomaterjalide, terviseedendamise ja toidutootmisega seotud tooterühmades	Biotehnoloogiliselt loodud uudsete materjalide tootmise kõrval edendatakse traditsioonilist toidutootmist ja kogukondlikke ärimudeleid
Eesti biomajanduse keskne arenguloogika lisandväärtuse suurendamiseks	Infotehnoloogia lahendused isevarustatuse suurendamiseks bioressursi kaskaadkasutuse ja ringmajanduse toetamise kaudu	Suuremahulised investeeringud parima võimaliku tehnoloogia soetamise ning väheväärdatud toorme (teravili, piim, puit ja rohumaad) paremasse kasutamisse	Uudsete biotehnoloogialahenduste (sh rakuvabrikud, DNA sünteesimine) laialdane kasutuselevõtt, neil põhinevate uudsete biotoodete loomine	Valikuline jõudmine biorevolutsiooni tegijate hulka (ennekõike materjalide ja energeetika alal). Andmepõhised lahendused traditsioonilise toidutootmise toetuseks
Biomajanduse panus sotsiaalmajanduslikku arengusse	Biomajanduse osakaal ettevõtlussektoris püsib 10% tasemel. Tööjõu tootlikkus on endiselt kaks-kolm korda väiksem Põhjamaade näitajast	Eesti biomajanduse tööjõu tootlikkus jõuab kolme neljandiku tasemele Põhjamaade näitajast. 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 keskkonnan ja kliimaeesmärkide saavutamisse	Metsastamine ja pikaajalise kasutusega puittootete (sh puitehitiste) tootmise osakaalu kasv toetab CO ₂ sidumist	Rahvusvahelises majanduses keerukamatele toodetele ja tegevusaladele spetsialiseerumine võimaldab vabaneda suure keskkonnavalajäljega tegevustest	Uute toiduainetega kaasnev veisekasvatuse mahu vähenemine kahan dab kasvuhoonegaaside heidet ja vabastab rohumaid muuks otstarbeks, sh väärindamiseks või metsastamiseks	Keskkonnateadlik osalemine biorevolutsioonis täidab korraka majandus ja keskkonnaeesmärke

Allikas: autorid.

Neli stsenaariumit erinevad üksteisest väga erineva väliskeskonna poolest, milles Eesti teeb oma biomajanduse arendamise valikuid. Stsenaariumitel on ühtlasi täiesti erinev keskne arenguloogika ning nad toovad kaasa maakasutuse, lisandväärtuse kasvu ja teiste näitajate väga erinevad tulemused.

Me ei tea veel, kui kiireks osutub biotehnoloogia kasutuselevõtt ning milliseks kujunevad eelolevatel kümnenditel maailmas kliimaneutraalsuse, elurikkuse säilitamise ja majanduskokkulepped. Seetõttu poleks õige püüda siinkohal otsustada, millise stsenaariumi teostumist me ennekõike eelistaksime. Stsenaariumianalüüsi mõte on suurendada Eesti biomajanduse tulevikukindlust ja valmisolekut erinevateks tulevikeks.

Järgnevalt nimetame peamised strateegilised läbilöögisuunad, mis võimaldavad Eesti biomajandusel edukalt kasvada mis tahes oludes.

I Spetsialiseerumine keerukamale majandustegevusele ja sõltuvuse vähendamine kohalikust toormest

Selleks et Eesti tööjõu tootlikkus ja elatustase läheneksid Põhjamaade või Saksamaa omale, peab tuntavalt kasvama keerukamate toodete osakaal Eesti ekspordis, sh biomajanduse puhul. Eesti biomajanduse kontekstis on selleks eeldatavasti vajalikud miljarditesse eurodesse ulatuvad investeeringud puidu keemilise töötlemise, (bio)farmaatsiatööstuse, biomajandust toetavate IKT-lahenduste ja masinate arendamisse.

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

Puidu keemilise töötlemise või (bio)farmaatsiatööstuse 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.⁸⁷

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.

⁸⁷ Vt nt *Metsä Group builds a new bioproduct mill in Kemi, Finland*, Metsä Group, 2021, <https://bit.ly/3oLpz3>.

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

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

Biomajanduse arengu toetamisega seotud tehnoloogilisi konkurentsieeliseid tasub esmajärjekorras otsida kiiresti arenevast pilvarvutuse, masinõppe ja tehisintellekti valdkondadest. Need on madalama sisenemisbarjääri ja suure potentsiaaliga alad, kus on Eesti ettevõtetel võimalik iseseisvalt edu saavutada. Spetsialiseeritud toiduainetootmise ja puidutöötlemise seadmete tootmist jmt iseloomustavad teisalt järjest aeglasem tehnoloogiline areng ning kasvav mastaabimahukus. Sellistesse väljakujunenud valdkondadesse sisenejatel on kasulik mõelda välisinvesteeringute kaasamisele, liitumistele ja ülevõtmistele.

II Biorevolutsioon ja osalemine tärkava uue majanduse eesliinil

- **Eesti teadus ja kõrgharidus peavad absoluutse miinimumina järgima bioteaduste ja -tehnoloogiate eesliinil toimuvat ning arendama võimekusi, mis lubavad asuda mujal loodud tehnoloogiad kiiresti kasutusele võtma ja edasi arendama.** 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.

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

- **Mahukamate teadus- ja tehnologiainvesteeringute 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 varase faasi investeeringud biorevolutsiooniga seotud uutesse baastehnoloogiatesse on Eesti ja ka Põhjamaade ettevõtete jaoks kaugelt liiga riskantsed, siis on omal kohal riskide jagamine naaberriikidega.

Singapuri biotehnoloogiastrateegia näitel eeldab isegi välisinvesteeringupõhise biotehnoloogiastrateegia kasutamine avaliku ja erasektori üksteist täiendavaid investeeringuid, mille maht ulatub kümnekonna aasta jooksul miljarditesse eurodesse.⁸⁸

III Avatud ja usaldusväärne rahvusvaheline majanduskeskkond

- **Eestile on toimiva koostöö hoidmine ja arendamine Põhjamaade ning 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.
- **Eestile on äärmiselt tähtis rääkida Euroopa Liidu ja rahvusvaheliste organisatsioonide kaudu aktiivselt kaasa kliimaeesmärke, biotehnoloogiat ja (bio)majandust puudutavate rahvusvaheliste kokkulepete kujundamises.** Euroopa riigid on hoidnud biotehnoloogia kasutuselevõtul seni paljudest suurriikidest märksa konservatiivsemat joont, kuid Euroopa Liit püüab rohepöördega seoses positsioneerida end eestvedaja rolli. Samas kulgeb paljude valdkondade areng Euroopas ja maailmas Eestist sõltumatult. Eesti peab seega olema valmis võtma täiesti uudsed tehnoloogiad kiiresti kasutusele näiteks tervishoius, toiduaine- ja uudsete biomaterjalide tootmises, kuid selliste tehnoloogiate kasutamist puudutavad reeglid sünnivad mujal.

⁸⁸ Vt nt David Finegold, Poh-Kam Wong & Tsui-Chern Cheah, „Adapting a foreign direct investment strategy to the knowledge economy: the case of Singapore’s emerging biotechnology cluster“, *European Planning Studies*, 12, 2004, 7.