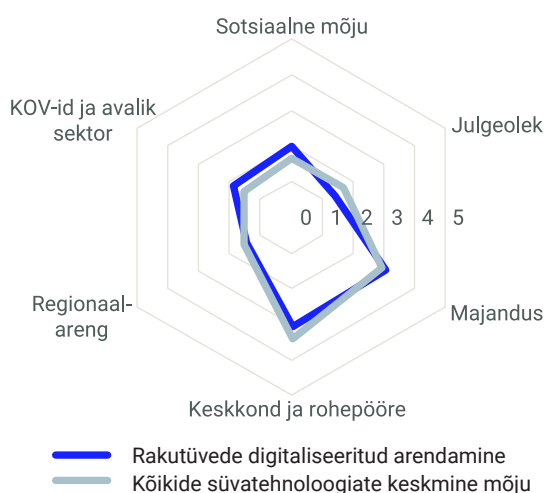


Rakutüvede digitaliseeritud arendamine: hetkeseis ja väljavaated

Rakutüvede digitaalne arendamine on tööriist parendatud või täiesti uute funktsionaalustega rakkude ja ensüümide konstrueerimiseks. Juhul kui teadus- ja arendustegevus jätkub praeguses tempos, võib suurim pikaajaline läbimurre – täielikult tehniliku ja iseseisva raku loomine – saada teoks lähima 20 aasta jooksul.

Samas tuleb arvestada, et vajalikud arvutusmeetodid on energiamahukad ning maandada tuleb sünteetiliste organismide keskkonda sattumise risk. Ekspertide hinnangul on rakutüvede digitaliseeritud arendamine üks kuuest Eesti jaoks kõige olulisemast süvatehnoloogiast, kus hoogustada nii teadus- ja arendustegevust kui iduettevõtlust. Arendustegevuse tulemid on kasutatavad ravimiarenduses, biomassi väärdandamises ja toiduainetööstuses.



Joonis 1. Süvatehnoloogia rakendumise valdkondlik mõju
Allikas: Koppel et al. 2023

Rakutüvede digitaalne arendamine võimaldab välja töötada lahendusi, mis aitavad kaasa jätkusuutlikkusele ja keskkonnanohiule, alates keskkonnasaaste jälgimisest ja kõrvaldamisest, invasiivsete kahjuritite ja patogeenide ohjamisest kuni ohustatud liikide taaselustamiseni. Tuleviku seisukohast tähtsad rakenduskohad hõlmavad süsiniku püüdmist ja kasutamist (efektiivsemad mikroorganismid süsinikdioksiidi fikseerimiseks tööstuslikest heitgaasidest ja selle kemikaalideks või materjalideks konverteerimine), põllumajandusväetistele keskkonnasõbralikumate alternatiivide pakkumist (lämmastikku fikseerivad mikroobid, mis kinnituvad taimede juurtele), pikemas plaanis ka biopõhiseid materjale (nt ehitus-, kätte-, pakkematerjalid) ning biokemikaalide tootmist tööstusjääkidest. Samas nõuab digitaalsete tööriistade ja arvutusmeetodite kasutamine rakutüvede digitaliseeritud arendamisel märkimisväärsel hulgal energiat.

Areneguseire Keskuse uurimissuunas „Rohepöörde trendid ja stsenaariumid Eestis“ käsitletakse keskeid valikuid rohepöörde edasise elluviimisel ning analüüsitakse, millised alternatiivsed stsenaariumid rohepöörde elluviimiseks Eestis erinevate edasiste arengute ja põhimõtete valikute korral kujunevad.

Tehnoloogiaseire raames hinnati Eestile olulisemaid süvatehnoloogiaid ning nende puutumust rohepöördega.

Uurimissuuna materjalid: www.areneguseire.ee

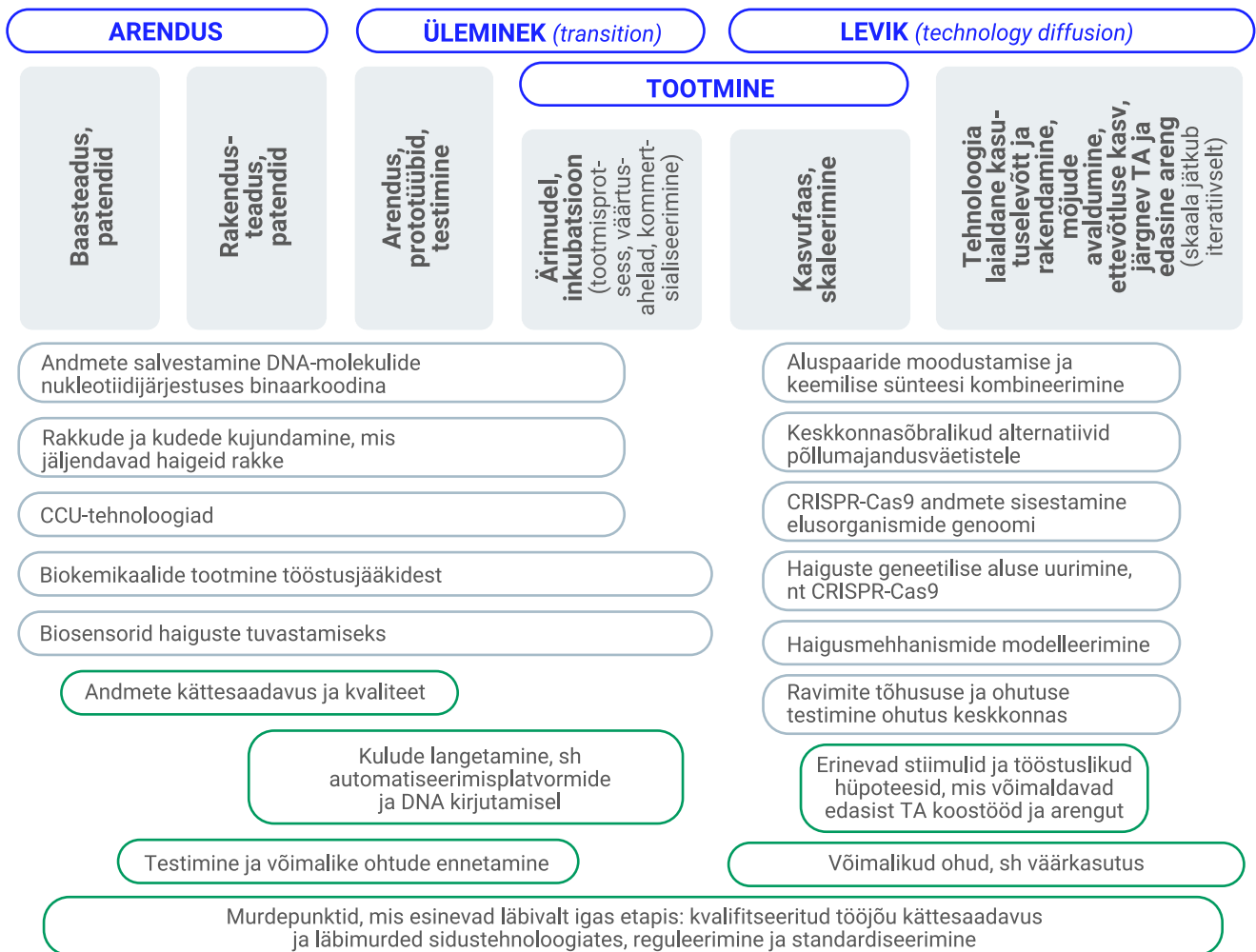
Rakutüvede digitaalne arendamine tähistab rakkude ja ensüümide konstrueerimise protsessi, mis ühendab sünteetilise bioloogia ja IT võimalused, loomaks parendatud või täiesti uute funktsionaalsustega rakke. Rakutüvede digitaalne arendamine hõlmab nii suurandmete automatiseeritud kogumist ja töötlemist kui ka rakkude pärikkuse informatsiooni kandja (DNA) modifitseerimist, et muuta rakkude funktsionaalsust.

Digitaliseeritud rakutüvede arendus vähendab vajadust laborikatsete järele ning kiirendab rakkude konstrueerimist, sest kasutab parimate kombinatsioonide leidmiseks masinõpet – tegemist on justkui kiirendatud bioloogilise evolutsiooniga. Rakutüvede digitaliseeritud arendamine on horisontaalne tööriist, mis on rakendatav erinevates valdkondades, näiteks toidutööstuses või meditsiinis, ning selle majanduslik potentsiaal on väga suur.

Hinnanguliselt kuni 60% maailmamajanduse füüsilisest sisendist saab toota bioloogiliste süsteemide kaudu ning järgmise 20 aasta jooksul võib valdkonna majandusmõju ulatuda enam kui 4 triljoni dollarini aastas.¹

Rakutüvede digitaliseeritud arendamine on seotud ka julgeolekuga, võimaldades bioloogiliste ohtude vastaste vaktsiinide ja ravimite kiiret väljatöötamist ja tootmist.² Sellega kaasneb vajadus kõrgel tasemel järelevalve ja isoleerimissüsteemide järele, kuivõrd juurdepääs patogeenide bioandmetele võib hõlbustada muudetud ja/või uute patogeenide väärkasutust – näiteks bioterrorismi oht või sünteetiliste organismide sattumine keskkonda.

Suure potentsiaaliga on ka meditsiiniga seotud rakendusvõimalused – näiteks uute ravimite väljatöötamine, konstrueerides rakke spetsiifiliste molekulide või valkude tootmiseks, haiguste mehhanismide parem mõistmine, aga ka regeneratiivses meditsiinis elundite ja rakuteraapiate arendamine.³



Joonis 2. Tehnoloogia ajatelg. Allikas: Koppel et al. 2023

Eeldused: Rakkude digitaliseeritud arendamine on kompleksne tehnoloogia, mille areng sõltub edusammudest sidustehnoloogiate, eelkõige sünteetilise bioloogia, tehisintellekti, geeniredigeerimise, IoT, nanotehnoloogiate ja robotika vallas.

Läbivalt on nende tehnoloogiate arengu edasised murdepunktid seotud andmete kättesaadavuse ja kvaliteediga, kuluefektiivsuse tõstmisega, testimisel esile kerkivate

ohtude ennetamise võimalustega (nt kuidas tagada andmekaitse andmete salvestamisel DNA-le) ning võimaliku väärkasutuse jt ohtudega, mis tehnoloogiate levikul ette tulevad.

Juhul kui teadus- ja arendustegevus jätkub praeguses tempos, võib suurim pikaajaline läbimurre – täielikult tehisliku ja iseseisva raku loomine – saada uuringus osalenud ekspertide hinnangul teoks lähima 20 aasta jooksul.

Eesti TA ja majanduslik võimekus

Eesti võimalused rakutüvede digitaliseeritud arendamise alases teadus-arendustegevuses on seotud eelkliinilise väärtusahela loomisega ravimite arendamiseks, keskendudes eelkõige geneetilisele teraapiale ja personaalmeditsiinile. Eesti üheks eelseks on tervisevaldkonna registriandmed, sh geeniandmed. Pikemas plaanis on perspektiivikas rakutüvede digitaliseeritud arendamise kasutamine personaalmeditsiinis, sh integreerimine arstide igapäevasesse tegevusse.

Eesti võimalused rakutüvede digitaliseerimise rakendusteks peituvad ka biomassi väärindamises ja toiduainetööstuse arendustegevuses. Eestis on Tartu Ülikooli sünteetilise bioloogia keskuses juba alustatud rakuvabrikute arendamisega eesmärgiga luua biokemikaale ja ravimeid tootvaid mikroobitüvesid, mis areneks uueks jätkusuutliku biotööstuse sektori ja võiks tulevikus anda suure panuse Eesti keemia-

tööstusse. Pikemaks perspektiiviks on praeguse põlevkivi baseeruva keemiatööstuse asendamine jätkusuutliku biotööstusega. Kõrgkoolides tegutseb mitmeid teadusgrupe, mis on tugeval rahvusvahelisel tasemel ja saavad olla kasulavaks tehnoloogiaid turule viivatele ettevõtetele, näiteks sünteetilise bioloogia, rakkude digitaalse disaini ja geenitehnoloogia vallas.

Näited Eesti ettevõtetest: Icosagen Cell Factory OÜ ja Icosagen AS (terapeutilised antikehad ja rekombinantset valgud teadusuuringuteks ja diagnostikaks), Solis BioDyne OÜ (stabiliseeritud valkude tootmine diagnostikaks ja teadusuuringuteks), ÄiO Tech OÜ (mikroorganismide abil toodetud jätkusuutlikud asendused loomsetele rasvadele, palmi- ja kookosõlile), Gearbox BioSciences OÜ. (valkude tootmine mikroorganismides antibiootikume kasutamata).

Viited:

1. McKinsey (2020). [The Bio Revolution: Innovations transforming economies, societies, and our lives.](#)
2. Collett MS. (2006). [Impact of Synthetic Genomics on the Threat of Bioterrorism with Viral Agents.](#) In: *Working Papers for Synthetic Genomics: Risks and Benefits for Science and Society.*
3. Mason, Chris, and Peter Dunnill (2008). [A brief definition of regenerative medicine.](#)