



HARIDUS- JA
TEADUSMINISTEERIUM



ESF projekt „Kutsesüsteemi reform“

Oskuste ja tööjõuvajaduse seire- ja prognoosisüsteem OSKA

Ettevõtlussektori uurimis- ja arendustöötajate tööjõu- ja oskuste vajadus

Uuringu terviktekst

Tallinn 2023

Kutsekoda

Koostajad: Anneli Leemet ja Urve Mets, SA Kutsekoda

Retseksendid: Agu Leinfeld, ValueSpace OÜ; Alar Saluste, Ragn Sells AS; Indrek Tammeaid, Finsight OY; Meelis Einstein, AS Kunda Nordic Tsement; Seth Lackman, Fujitsu Estonia AS; Terje Kaelep, Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus

Akadeemiline toimetaja: Olav Aarna, SA Kutsekoda

Keeletoimetaja: Killu Mei

Täname uuringu valmimisele kaasaaitamise eest: Ivo Suursoo, Columbus Eesti AS / Teadus- ja Arendusnõukogu; Mart Toots, Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus; Oliver Mets, Insero OÜ / Eesti Masinatööstuse Liit; Silja Lassur, Andres Viia, Helin Kask, Ave Ungro, SA Kutsekoda; intervjuueeritud, retseksendid jt eksperdid

Rakendusuring on valminud „Ühtekuuluvuspoliitika fondide rakenduskava 2021–2027“ poliitikaeesmärgi „Sotsiaalsem Eesti“ erieesmärgi (g) „edendada elukestvat õpet, eelkõige kõigile kättesaadavaid paindlikke oskuste täiendamise ja ümberõppe võimalusi, võttes arvesse ettevõtlus- ja digioskusi, paremini prognoosida muutusi ja uusi vajalikke oskusi tööturu vajaduste põhjal, hõlbustada karjäärialaseid üleminekuid ning soodustada ametialast liikuvust“ saavutamiseks.

Sellega panustatakse pikaajalise arengustrateegia „Eesti 2035“ strateegilistesse sihtidesse „Eestis elavad arukad, tegusad ja tervist hoidvad inimesed“ ning „Eesti majandus on tugev, uuendusmeelne ja vastutustundlik“.

Väljaandja: SA Kutsekoda

Autoriõigus: SA Kutsekoda, 2023

Väljaandes sisalduva teabe kasutamisel palume viidata allikale: Leemet, A., Mets, U. (2023). Ettevõtlussektori uurimis- ja arendustöötajate tööjõu- ja oskuste vajadus. Uuringuaruanne. Tallinn: SA Kutsekoda.

Saateks

Uurimis- ja arendustöötajad määravad meie järgmiste põlvete heaolu, põhimõtteliselt nende käes on võimalus päästa Eesti majandus!

Visalt, aga kindlalt on selginemas arusaam Eesti järgmise arenguhüppe eeldustest. Räägime need esmalt lahti, sest seeläbi selgub, miks sinne uuring on Eesti kriitilise arenguhüppe üheks alustalaks.

Me oskame nii poliitikas kui ka majanduses sageli nimetada soovitud tulemeid, kuid sama sageli jääme hätta kirjeldamisega, mis on soovitud tulemuste saavutamise kriitilised edutegurid.



Me soovime, et Eesti oleks kaitstud, me soovime, et sotsiaalhoolekandes oleks piisavalt raha, me soovime, et õpetajate ja hariduse finantseerimine oleks õiglane, ja me soovime suuremaid keskkonnainvesteeringuid ning samal ajal soodsat energiat. Need on kõik päriselt ka olulised muutused!

Liiga harva mõtestame nende soovitud muutuste juures nende rahastamise tegelikku ahelat, mis toimib suures pildis sellisena:

- >80% Eesti riigieelarvest kogutakse tööjõu- ja tarbimismaksudena;
- eelnev on otseses seoses Eesti ettevõtete võimekusega maksta kõrgemat töötasu;
- kõrgemat töötasu suudavad maksta kõrgema lisandväärtusega ettevõtted;
- kõrgem lisandväärtus on üldjuhul nendel ettevõtetel, kes saavutavad konkurentsieelise pidevalt oma tooteid teenuseid uuendades/innoveerides.

Siinjuures on oluline, et ahel ei tööta ülevalt alla, vaid just alt üles – esmalt toimub uute toodete ja teenuste arendus, mis tagab kõrgema lisandväärtuse, seeläbi kasvavad palgad ja alles siis riigieelarve!

Arenguhüpe uuendusmahukasse ehk innovaatilisse majandusse loob eeldused kasvada jõukaks riigiks, kus on õnnelikud ja rahulolevad kodanikud.

See seletab, miks me iga Eesti unistuse juures peaksime rääkima ka uurimis- ja arendustöötajatest, kelle panus saab luua eeldused unistuste realiseerimiseks.

Tagasihoidlik uurimis- ja arendustöötajate arv Eesti majanduses (umbes 60% EL-i keskmisest) on üks võtmepõhjuseid, miks meil on raske saavutada „Eesti 2035“ ja TAIE eesmärki – Eesti erasektor panustab uurimis- ja arendustegevusse 2% SKP-st.

Tänane Eesti erasektori UA investeeringute tase on ca 1% juures SKP-st, mis on ligikaudu pool „Eesti 2035“ visioonis seatud eesmärgist, kuid korreleerub hästi seda tööd tegevate inimeste arvuga – võrreldes EL-i keskmisega on meil poole vähem inimesi panustamas ja pool investeeringutest.

Kumb aga peab tulema enne, kas inimesed või investeeringud? Kõlab nagu muna või kana küsimus, aga erinevalt munast/kanast on UA tegevuse korral vaja neid suures pildis üheaegselt. Siiski võiks arvata, et UA tegevuse käivitamise eelduseks on seda valdkonda eest vedava inimese olemasolu, seega peame suutma neid mune juurde haududa, küll siis koos nendega tulevad ka investeeringud.

Uurimis- ja arendustöötaja on sügavate erialaste ning interdistsiplinaarsete teadmiste ja oskustega intellektuaalselt võimekas spetsialist.

See sai selgeks, et esmalt on vaja leida inimesed. Nüüd vajame arusaamist nende inimeste arendamise võtmeteguritest. Analüüsime seda läbi tavalise töötaja ja arendustöötaja töö iseloomu kõige eristatavama teguri ehk määramatuse kaudu.

Igas töös on hulk määramatust, seda eriti ebakindlate tarneahelate ja kõikuva nõudluse tõttu. Vaatamata uuringu ajal valitsenud keerulistele väliskeskonna mõjudele on oma tööprotsessis toimetaval töötajal siiski alati võimalik jälgida oma töö raame. Arendus- ja uurimistöötajate vajalik valmisolek tulla toime määramatusega on veelgi suurem. Just määramatuse hulk on see, mis eristab uuenduslikku toodet/ideed varasemast – sa lihtsalt veel ei tea kõike. Samas on ka nende määramatustega töötamiseks olemas hulk parimaid praktikaid ja meetodikaid – nende valdamine eristab hästi toimiva uurimis- ja arendustöötaja nõrgast.

Eesti rikkuse allikas on kõrgema lisandväärtusega uuenduslikud ettevõtted, kus toimub innovatsiooniprotsesse tundvate uurimis- ja arendustöötajate käe läbi pidev toodete-teenuste lisandväärtuse kasvatamine ning uute, maailma muutvate toodete-teenuste süünd. Nii me päästamegi Eesti majanduse!

Kõigi nende teemade analüüsiks ja tulevikusihtide seadmiseks annab siinne uuring head sisendid.

Edu mõistlike otsuste tegemisel!

Ivo Suursoo

IT-ettevõtja, OIXIO, Columbus, juhatuse esimees

Tööandjate Keskliidu innovatsiooni käivituskaja juht

Vabariigi Valitsuse teadus- ja arendusnõukogu liige

Sisukord

Saateks (eessõna asemel).....	3
Sisukord	5
Uuringus kasutatavad mõisted ja lühendid	7
Uuringu olulisemad tulemused	13
Sissejuhatus	18
Metodoloogiline lähenemine ja uurimisprotsess.....	20
1. Uuritava valdkonna määratlus	24
1.1. Uurimis- ja arendustegevus ettevõtluses.....	24
1.2. Uurimis- ja arendustöötaja määratlus.....	25
1.3. Peamised uurimis- ja arendustegevusega seotud tööülesanded.....	28
2. Statistiline ülevaade Eesti ettevõtete UA töötajatest ning teadmusmahukuse ja tootlikkuse seostest võrdluses Euroopa innovatsiooniliidritega	31
2.1. Ülevaade uurimis- ja arendustöötajatest Eesti ettevõtetes ning majandustegevusalade teadmusmahukusest läbi hõive dimensiooni.....	31
2.1.1. Ülevaade uurimis- ja arendustöötajatest Eesti ettevõtetes.....	31
2.1.2. Majandustegevusalade võrdlus uurimis- ja arendustegevustesse hõlmatud töötajate osakaalu alusel	39
2.2. Eesti ettevõtlus võrdluses Euroopa innovatsiooniliidritega hõives avalduva teadmusmahukuse ja lisandväärtusel põhineva tootlikkuse seoste alusel	44
2.3. Kokkuvõte ja järeldused statistilise ülevaate põhjal	59
3. Teadmusmahukuse kasvupotentsiaaliga tegevusvaldkonnad	62
3.1. Bio- ja tervisetehnoloogiad	62
3.2. Infotehnoloogia ja digilahendused	63
3.3. Elektroonika, elektriseadmed, transpordivahendid.....	65
3.4. Energialahendused	66
3.5. Kohalike ressursside väärimine – puit, toit, maapõu, jäätmed.....	67
3.5.1. Puiduressursside väärimine.....	69
3.5.2. Toiduressursside väärimine.....	70
3.5.3. Maapõueressursside väärimine	71
3.5.4. Teisese toorme ja jäätmete väärimine.....	71
3.6. Järeldused uurimis- ja arendustöötajate tööjõuvajaduse kohta teadmusmahukuse kasvupotentsiaaliga aladel	73
4. Uurimis- ja arendustöötajate oskuste vajadus.....	78
4.1. Kasvava tähtsusega oskused	80
4.1.1. Uurimis- ja arendusvajaduse kavandamine	81
4.1.2. Uurimis- ja arendustegevuse kavandamine ja juhtimine	83

4.1.3.	Uurimis- ja arendusprojekti juhtimine	89
4.1.4.	Uurimis- ja arendusmeeskonna juhtimine	90
4.1.5.	Kommunikatsioonijuhtimine	92
4.2.	TAIE fookussuundadest tulenev täiendav teadmiste ja oskuste vajadus.....	93
4.2.1.	Digilahendused igas eluvaldkonnas.....	93
4.2.2.	Tervisetehnoloogiad ja -teenused	98
4.2.3.	Kohalike ressursside väärindamine	99
4.2.4.	Nutikad ja kestlikud energialahendused	105
4.3.	Kokkuvõtte oskuste vajadusest	107
5.	Ettepanekud ja soovitused	110
5.1.	Ettevõtete uurimis- ja arendusvõimekuse kasvatamine	110
5.2.	Ettevõtete uurimis- ja arendustöötajate oskuste arendamine	111
	Kasutatud allikad	113
	LISAD.....	116
	LISA 1 Uuringus osalenud ja intervjueeritud eksperdid	116
	LISA 2 Eksperdiintervjuu kava	119
	LISA 3 Tehnoloogilise valmiduse tasemed	120
	LISA 4 Uurimis- ja arendustegevusega hõivatud töötajate osatähtsus tegevusala hõivest.....	122
	LISA 5 Töötleva tööstuse tegevusalade tootlikkus	125

Uuringus kasutatavad mõisted¹ ja lühendid

AK – rahvusvaheline ametite klassifikaator (ingl *ISCO*)

BA – bakalaureuseõpe

DOK – doktoriõpe

EAP – Euroopa ainepunktisüsteemi ainepunkt

EAS / Kredex – Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus

EHIS – Eesti hariduse infosüsteem

EKKA – Eesti Kõrg- ja Kutsehariduse Kvaliteediagentuur

EKR – Eesti kvalifikatsiooniraamistik

EL – Euroopa Liit

EMTAK NACE – Eesti majandustegevusalade klassifikaator, siinses töös kasutatakse klassifikaatori 2008. aasta versiooni

ERDF – Euroopa Regionaalarengu Fond

HTM – Haridus- ja Teadusministeerium

IKT – info- ja kommunikatsioonitehnoloogia

ISCED – rahvusvaheline ühtne hariduse liigitus, siinses töös kasutatakse klassifikaatori versiooni, mis on kättesaadav (kuni 2016. aastani 1997. aasta versioon).

LV – lisandväärtus

MA – magistriõpe

MKM – Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium

MTA – Maksu- ja Tolliamet

NS – nutikas spetsialiseerumine

OECD – Majanduskoostöö ja Arengu Organisatsioon

OSKA – tööjõu- ja oskuste vajaduse seire- ja prognoosisüsteem

RAK – rakenduskõrgharidusõpe

RM – Rahandusministeerium

RUK – Rakendusuuringute Keskus

RUP – Rakendusuuringute programm

¹ Uuringus on üldjuhul aluseks võetud „Eesti teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arengukava 2021–2035“ mõistete kirjeldusi.

SA ETAg – Sihtasutus Eesti Teadusagentuur

SKP – sisemajanduse koguprodukt

TA – teadus- ja arendus(-tegevus, -asutus, -projekt)

TAI – teadus- ja arendustegevus ning innovatsioon

TAIE – teadus- ja arendustegevus, innovatsioon ning ettevõtlus

TAN – Teadus- ja Arendusnõukogu

TalTech – Tallinna Tehnikaülikool

TÜ – Tartu Ülikool

TÖR – Maksu- ja Tolliameti töötamise register

UA – uurimis- ja arendus(-tegevus, -töötaja, -projekt)

VKE – väike- ja keskmise suurusega ettevõtte

Ametite klassifikaator – *ISCO* on ametite klassifikaator, siinses töös viidatakse selle lühendiga klassifikaatori 2008. aasta versioonile 1.5b.

Amet, ametikoht – *occupation/job* on tööülesannete kogum, mida isik täidab oma töökohal ja mille eest ta saab tasu. Ametnimetused ja kutsenimetused võivad kokku langeda.

Ametiala – *occupation* on sarnaste ametite kogum.

Ametirühm – *group of occupations* on sarnaste ametialade kogum ametite klassifikaatoris (AK).

Arendustegevus – uuringute ja kogemuste kaudu saadud teadmiste rakendamine uute materjalide, toodete ja seadmete tootmiseks, protsesside, süsteemide ja teenuste juurutamiseks või nende oluliseks täiustamiseks.

Ettevõtlussektor – siia alla kuuluvad kõik ettevõtted, organisatsioonid ja institutsioonid, mille põhitegevus on kaupade tootmine või teenuste (v.a kõrgharidusteenuste) pakkumine müügiks majanduslikult tasuva hinna eest.

Eriala – *speciality* on teaduse, tehnika, kunsti vms kitsam, suhteliselt kindlamini piiritletud ala; spetsiaalala. Eriala seostub eelkõige õppimise ja õppekavaga, vahel spetsialiseerumisalaga õppekavas. Eriala nimetusena kasutatakse tegevusala nimetust (mitte tegijanime, nagu kutse puhul).

Hargettevõtte ehk spin-off – teadus- ja arendusasutusest, sh ülikoolist välja kasvanud äriühing, mille asutajateks ja/või osanikeks on TA asutus, sh ülikool ja/või selle töötajad/üliõpilased, mis kasutab oma tegevuses TA asutuse intellektuaalset kapitali (teadmisi, informatsiooni, intellektuaalset omandit, kogemusi jms) ja/või infrastruktuuri.

Hõives avalduv teadusmahukus (teadusmahukus hõive alusel) – traditsiooniliselt on teadusmahukust (*R&D intensity*) määratletud n-ö finantsintensiivsuse kaudu kui uurimis- ja (eksperimentaal)arendustegevuse kulude suhe kas kogukulusse, müügitulusse, lisandväärtusse või

SKP-sse (riigi tasandil).² Kuna siinse uuringu fookuses on uurimis- ja arendustegevusega seonduv tööjõu- ja oskuste vajadus, siis on analüüsitud eeskätt ettevõtlussektori teadusmahukust hõive ja n-ö inimkapitali vaatepunktist. Seetõttu on käsitletud uurimis- ja arendustegevusse hõlmatud töötajate osatähtsust tegevusala hõivest kui üht teadusmahukuse dimensiooni. Näitaja võimaldab võrrelda majandustegevuse alasid nii riikideülelset kui ka ühe riigi piires. Analüüsitulemuste tõlgendamisel on oluline silmas pidada, et ettevõtlussektori teadusmahukust on võimalik lisaks uurimis- ja arendustegevusse panustavate töötajate osatähtsuse suurendamisele kasvatada ka muudel viisidel, nt läbi teadussuure (koostöö teadusasutustega, intellektuaalomandi sisselitsenseerimine, teadusmahukate ettevõtete üleostmine jms).

Iduettevõtte ehk *start-up* – Eestis registreeritud äriühingule kuuluv majandusüksus, mille eesmärk on välja töötada ja käivitada globaalse kasvupotentsiaaliga, innovaatiline ja korratav ärimudel, mis aitab oluliselt kaasa Eesti ettevõtluskeskkonna arengule.

Innovatsioon – uute ideede ja teadmiste kasutamine uudsete lahenduste rakendamiseks. Innovatsioon hõlmab toodete ja teenuste väljatöötamist ja uuendamist (tooteinnovatsioon), turgude hõivamist ja laiendamist (turinnovatsioon), uute tootmis-, tarne- ja müügimeetodite loomist ja juurutamist (protsessiinnovatsioon), uuendusi juhtimises ja töökorralduses (organisatsiooniinnovatsioon) ning töötingimuste ja personali oskuste arendamist (personaliinnovatsioon).

Teadus- ja arendustegevus võib, aga ei pruugi olla innovatsiooni osa, kuid see on vaid üks paljudest võimalikest innovatsioonitegevustest³.

Kompetentsus (*competence*) – edukaks kutsetegevuseks vajalike kompetentside kogum (asjatundlikkus).

Koordinatsioonikogu – põhiülesandeks on tööturu koolitustellimuse formeerimise juhtimine ja tasakaalu leidmine kutsetegevuse valdkondade vajaduste vahel. OSKA koordinatsioonikogu moodustab vastutav minister seaduse alusel⁴.

Kvalifikatsioon (*qualification*) – hindamise ametliku tulemusena tunnustatud kompetentsus. Kvalifikatsioonid jagunevad järgmiselt: hariduslikud kvalifikatsioonid (*educational qualifications*) ja kutsekvalifikatsioonid (*occupational qualifications*).

Kompetents (*competency*) – tegevuses väljenduv teadmiste, oskuste ja hoiakute kogum, mis on eelduseks teatava tööosa täitmisel. Kompetentsid jagunevad üldisteks ja kutsespetsiifilisteks kompetentsideks.

² Glossary: R&D intensity. Statistics Explained. Eurostat. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:R_%26_D_intensity.

Moncada-Paterno-Castello, P., Amoroso, S., Cincera, M. (2020). Corporate R&D intensity decomposition: different data, different results? *Science and Public Policy*, 47(4), 458–473.

³ Frascati käsiraamat 2015. © OECD 2015.

⁴ Koordinatsioonikogusse kuuluvad HTM-i, MKM-i, SoM-i, RM-i, SiM-i, ETKL-i, EKTK, TALO, EAK, Töötukassa ja Eesti Panga esindajad. Vastavalt ministri korraldusele on koordinatsioonikogu esimees haridus- ja teadusministeeriumi asekancler.

Üldised kompetentsid – sisaldavad suures ulatuses kõikidele kvalifikatsioonidele ülekantavaid käitumuslikke kompetentse, mis on seotud hoiakutega ja inimese võimega oma oskusi rakendada (nt suhtlemine, kohanemine ja toimetulek). Samuti kuuluvad üldiste kompetentside hulka keskmise ja suure ülekantavusega teadmistel ja oskustel põhinevad kompetentsid (nt IKT-, õigus-, majandusalane ja keskkonnateadlikkus).

Kutsespetsiifilised kompetentsid (*specific hard skills*) – tööosade ja tööülesannetega otseselt seotud kompetentsid. Need kompetentsid on madala ülekantavusega.

Lisandväärtus – rahalises väljenduses toodang (teenused), millest on maha arvatud vahetarbimine.

Nutikas spetsialiseerumine – Euroopa Liidu ühtekuuluvuspoliitikas kasutusel olev eksperimenteerimist ja pidevat otsinguprotsessi toetav kohapõhine lähenemine selliste ettevõtlusvaldkondade väljaselgitamiseks, millel on keskmisest suurem kasvupotentsiaal ja loodav lisandväärtus ning võimalus teadus- ja arendustegevuse investeringute kaasabil saavutada suurem regionaalne konkurentsieelis. Nutika spetsialiseerumise raskuskese on kaasaval ettevõtlikul avastusprotsessil ning alt-üles initsiatiivide toetamisel.

OSKA (*system for monitoring and anticipating labour market training needs*) – tööjõu- ja oskuste vajaduse seire- ja prognoosisüsteem.

OSKA valdkond (*sector for labour market training needs monitoring and forecasting*) – sarnaste majandustegevus- või kutsealade kogum, mille ulatuses koostatakse valdkondlik tööturu koolitusvajadus ja tegutseb eksperdikogu.

Oskuste vajadus (*skills anticipation*) – teave valdkonnas edukaks hakkamasaamiseks vajalikest olulistest kompetentsidest ning nende puudujääkidest töötajatel; kahaneva ja kasvava vajadusega kompetentsidest; tulevikuoskustest; kompetentsiprofiilide kirjeldamise vajadusest (ka kutsestandardite olemasolust).

TAIE fookusvaldkonnad – Eesti arenguvajaduste ja -võimaluste täitmisse panustavad riigi, ettevõtete ja teadusasutuste koostöös eelisarendatavad teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ja ettevõtluse valdkonnad. Ettevõtluse ja majandusliku arengupotentsiaaliga TAIE fookusvaldkonnad on ühtlasi Eesti nutika spetsialiseerumise valdkonnad EL-i tõukefondide vahendite kavandamiseks.

Teadusasutus – teadus- ja arendustegevuse korralduse kontekstis asutus, mille põhitegevuseks on teadustöö, kuhu kuuluvad selleks vajalikud teadlased ning mis võib põhitegevusele lisaks teaduslikke teadmisi levitada õpetamise, publitseerimise või tehnoloogiasiirde kaudu. Teadusasutused on kõik Eestis positiivselt evalveeritud teadus- ja arendusasutused.

Teadus- ja arendusprojekt (TA projekt)⁵ – enamikul juhtudel on võimalik teadus- ja arendustegevusi rühmitada, nii et moodustuvad teadus- ja arendusprojektid. Iga teadus- ja arendusprojekt koosneb paljudest teadus- ja arendustegevustest, see on korraldatud ja seda juhitakse teatud kindlal eesmärgil ning isegi väga vähesel formaalsel korraldusel on sellel kindlad eesmärgid ja eeldatavad tulemused.

⁵ Frascati käsiraamat 2015. © OECD 2015.

Teadus- ja arendustegevus (TA tegevus)⁶ – hõlmab süstemaatilist loominguulist tegevust selleks, et suurendada teadmiste, sh inimest, kultuuri ja ühiskonda käsitlevate teadmiste hulka ning kasutada neid teadmisi uute rakendusvaldkondade leidmiseks.

TA eesmärk on alati uued leiud (uute teadmiste loomine), mis põhinevad algupärastel ideedel (ja nende tõlgendustel) või hüpoteesidel. Selle tulemus ei ole suures osas ette teada (vähemalt ei ole teada selle saavutamiseks kuluv aja ja ressursside hulk); see on planeeritud ja eelarvestatud (ka juhul, kui sellega tegelevad üksikisikud) ning sellega soovitakse saavutada vabalt ülekantavaid või turul kaubeldavaid tulemusi.

TA üldmõiste hõlmab kolme liiki tegevust:

- **alusuuringud** – teoreetilised ja eksperimentaalsed uuringud uute teadmiste saamiseks nähtuste ja sündmuste põhialuste kohta, seadmata eesmärgiks nende teadmiste kohe rakendamist;
- **rakendusuurimised** – algupärased uuringud uute teadmiste saamiseks ja rakendamiseks kindlas valdkonnas suhteliselt lühikese aja jooksul;
- **eksperimentaalarendus** – tootearenduse osa, millega luuakse uut teadmist uurimistegevusega saadud teadmiste ja praktiliste kogemuste baasil. Loodud teadmist kasutatakse uute või seniste toodete, teenuste või protsesside arendamiseks või täiustamiseks.

TA tegevuse kolme nimetatud liigi loetlemise järjekord ei tähenda, et alusuuringutele järgnevad tingimata rakendusuurimised ja seejärel eksperimentaalarendus. Teadus- ja arendustegevuse süsteemis on palju teabe ja teadmiste vooge. Eksperimentaalarendus võib luua alusuuringutes kasutatavaid teadmisi ning alusuuringute tulemuseks võivad mõnikord olla ka kohe uued tooted või protsessid.

Tehnoloogilise valmiduse tasemed, TVT (ingl *technology readiness levels, TRL*) – eri tootearendusetappide eristamise kriteeriumid Euroopa Liidu teadusuuringute ja raamprogrammi „Horisont 2020“ tehnoloogiaklassifikaatoris.

Tööjõu tootlikkus lisandväärtuse alusel (edaspidi: tootlikkus) ehk tööviljakus – näitab, kui palju lisandväärtust on loodud tööga hõivatud isiku kohta (lisandväärtuse ja tööga hõivatud isikute arvu suhe).⁷

Tööjõu vajaduse prognoos (*labour demand forecast*) – võimalikke tööturu arengusuundumusi arvestav ja töötajate vajadust kirjeldav arvuline hinnang, kui palju võiks olla vaja täiendavaid töötajaid erinevates OSKA valdkondades, ametirühmades ning haridustasemetel.

Tööjõu vajaduse seire (*monitoring of labour demand*) – majanduses rakendatud tööjõu ning OSKA valdkondades esineva tööjõuvajaduse kohta andmete kogumine, analüüsimine ja avaldamine nii

⁶ Frascati käsiraamat 2015. © OECD 2015.

⁷ Täpsemalt: National accounts based productivity indicators. Eurostat.
https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nama_10_prod_esms.htm.

tervikuna kui ka ametirühmade, valdkondade ja haridustasemete kaupa, kasutades nii kvantitatiivseid kui ka kvalitatiivseid meetodeid.

Tööturu koolitusvajadus (*labour market training needs and the number of commissioned study places*) – tööjõuvajaduse prognoosist ja oskuste vajadusest lähtuv OSKA valdkondade põhine ettepanekute ja soovitude kogum koolituskohtade planeerimiseks ja õppesisu arendamiseks erinevate haridusliikide ja -tasemete ning õppevaldkondade lõikes.

Uurimis- ja arendustegevus ettevõtetes (UA tegevus) – siinse uuringu keskmes on TA ja sellega hõlmatud töötajate tööjõu- ja oskuste vajadus spetsiifiliselt ettevõtluses. Enamasti on tegemist rakendusuuringute ja eksperimentaalarendusega, mis jääb tehnoloogia valmiduse tasemetele (ingl *technology readiness levels*)⁸ 4–7. Edaspidi on uuringus eelkirjeldatud tegevuste tähistamiseks kasutatud mõistet **uurimis- ja arendustegevus**.

Uurimis- ja arendustöötajad ettevõtetes (UA töötajad) – ettevõtete tippspetsialistid (ametite klassifikaatori mõistes), kes vähemalt 10% tööajast pühendavad loovale süstemaatilisele tööle, mille eesmärk on uute teadmiste saamine ja rakendamine valdavalt rakendusuuringute ja eksperimentaalarenduse kaudu. UA töötajad täidavad lisaks UA tegevusega seotud ülesannetele sageli ka teistele ametialadele iseloomulikke tööülesandeid.

Õppekavagrupp, ÕKG – on kõrgharidusstandardis kehtestatud liigitus, mis hõlmab õppesuundi või õppekavade rühmi ja mille alusel saab õppeasutus taotleda ja Vabariigi Valitsus anda õppeasutusele õiguse viia läbi kõrgharidustaseme õpet ning väljastada vastavaid akadeemilisi kraade ja diplomeid.

⁸ ETAG tehnoloogilise valmiduse tasemed vastavalt EL-i teadusuuringute ja raamprogrammi „Horisont 2020“ tehnoloogiaklassifikaatorile. <https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2019/01/Tehnoloogilise-valmiduse-tasemed.pdf>.

EASi ja KredExi ühendatud (2021). Teadus- ja arendustegevuse määratlemine tootearenduse etappides. <https://eas.ee/teadus-ja-arendustegevuse-maaratlemine-tootearenduse-etappides/#>.

Uuringu olulisemad tulemused

Peatükis esitatakse OSKA uurimis- ja arendustöötajate (UA töötajate) tööjõu- ja oskuste vajaduse rakendusuringu olulisemad tulemused. Uuringu eesmärk oli selgitada välja, millistes valdkondades tooks teadmismahukuse kasvatamine kaasa potentsiaalselt kõige suurema arenguhüppe kõrgema lisandväärtuse suunas, kuidas muutub UA töötajate tööjõuvajadus tulevikus ja millise oskuste profiiliga UA töötajaid vajab ettevõtlussektor pikema perioodi vältel, aastani 2035, et Eesti saaks tulemuslikumalt liikuda teadmispõhise majanduse poole. Kuna selle uuringu keskmes on UA tegevus spetsiifiliselt ettevõtluses, keskendutakse eeskätt rakendusuringute ja eksperimentaalarenduse faasile.

2021. aastal oli Statistikaameti andmetel Eesti ettevõtetes hõivatud kokku umbes 3200 uurimis- ja arendustöötajat ehk oma eriala tippspetsialisti, kes vähemalt 10% tööajast panustasid uurimis- ja eksperimentaalarendustegevustesse. Kümme aastat tagasi oli neid ligi kolmandiku võrra vähem. Uurimis- ja arendustegevus Eesti ettevõtetes on koondunud suhteliselt piiratud tegevusalade ringi.

- 84% UA töötajatest koondus kümnele tegevusalale (**info ja side, energeetika, kutse-, teadus- ja tehnikaalane tegevus ning töötleva tööstuse tegevusaladest keemia, farmaatsia, elektroonika, elektriseadmed, mootorsõidukid, muud transpordivahendid, masinad ja seadmed**), mille arvele langes 21% ettevõtlussektori kogu hõivest ja 26% loodavast lisandväärtusest. **Tegemist on üldjuhul tegevusaladega, mis veavad innovatsiooni ka teistes majandusharudes.**
- Uurimis- ja eksperimentaalarendustöötajate äärmiselt madal või lausa olematu osatähtsus töötajaskonnast iseloomustab **pea pooli Eesti töötleva tööstuse tegevusalasid** (nt trükindus, paberitööstus, mööblitootmine, tekstiili- ja rõivatootmine, puidutöötlemine ja puittoodete tootmine, masinate remont ja paigaldus, toidu ja joogi tootmine, metalltoodete tootmine, kummi- ja plasttoodete tootmine), **tooraine hankimisega tegelevat primaarsektorit** (põllumajandus, metsandus, mäetööstus) ning **valdavalt osa teenuste pakkumisega seotud aladest** (jäätmemajandus, ehitus, kaubandus, logistika, majutus ja toitlustus, kinnisvaraalane tegevus, haldus ja abitegevused).
- Eesti ettevõtluse tegevusalade näitel võivad **keskmisest kõrgema uurimis- ja arendustegevusse hõlmatud töötajate osatähtsusega alade lisandväärtusel põhinevad tootlikkuse näitajad varieeruda** – kaasneda võib keskmisest (41 200 eurot töötaja kohta) kõrgem tootlikkus lisandväärtuse alusel (nt energeetika 149 500; kutse-, teadus- ja tehnikaalane tegevus 55 100; keemia 56 300; farmaatsia 42 100; IKT 54 100), aga ei pruugi (nt transpordivahendite tootmine 28 800; muu tootmine 30 800; elektriseadmete tootmine 34 700; mootorsõidukite tootmine 36 800; elektroonika 38 000).
- Kõige jõulisemalt viimastel aastatel (2016–2021) uurimis- ja arendustöötajate osatähtsust kasvanud valdkonnad on **elektroonika, farmaatsia, mootorsõidukite tootmine, energeetika, IKT, keemia, elektriseadmed.**

Kui Euroopa Liidus (EL) keskmiselt on ettevõtluses ligi 7 uurimis- ja arendustegevustesse panustavat tippspetsialisti ja innovatsiooniliidritel 12 iga 1000 tööturul hõivatud inimese kohta, siis Eestis on vastav näitaja 4 (umbes 60% EL-i keskmisest, 35% innovatsiooniliidrite näitajast).

- **Mahajäämus** nii innovatsiooniliidritest kui ka EL-i keskmisest on viimasel kümnendil pigem suurenenud, kuid eksperdi hinnangu kohaselt annab lootust olukorra paranemiseks **ettevõtete senisest teadlikum panustamine UA tegevustesse**. Seda peegeldab ka näiteks Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutuse rakendusuringute programmi (RUP) projektitaotluste ja neid esitanud ettevõtete arvu suurenemine koos projektide paraneva kvaliteedi ja arendussuundade mitmekesisetumisega⁹.
- Kõrvutades hõives väljenduva teadmusmahukuse ja tootlikkuse seosmustreid Eestis ja Euroopa innovatsiooniliidritel, tõuseb **laiemate majandusharude võrdluses kõige reljeefsemalt esile töötleva tööstuse mahajäämus mõlemas dimensioonis**. Mõnevõrra vähem silmatorkaval, kuid siiski olulisel määral ilmneb mahajäämus mõlema näitaja suhtes ka **jäätmemajanduses**.
- Suurim kokkulangev mahajäämus uurimis- ja arendustöötajate osakaalus ja tootlikkuses töötleva tööstuse siseselt seonduv peamiselt keskmisest tootlikumate ja kõrgema teadmusmahukusega tööstusharudega (nii meil kui ka võrdlusriikides), nagu farmaatsia, keemia, elektroonika, erinevad seadmed (sh elektriseadmed). Vähim mahajäämus seevastu ilmneb aladel, mis langevad nii tootlikkuse kui ka teadmusmahukuse skaala madalamasse otsa nii meil kui ka võrdlusriikides (puidutööstus, trükindus, masinate remont ja paigaldus, mööbli- ja metalltoodete tootmine). Seega, **mahajäämus on suurim nendel tööstuse tegevusaladel, kus meil läheb hästi, aga eeskujuriikidel veel paremini**. Ilmselt on see ka koht, millele mahajäämuslõhe ületamisel panustada, lootuses, et teadmusmahukuse kasvatamine aitab pikemas perspektiivis suurendada ka lisandväärtust ja seeläbi tootlikkust. Sealjuures peaks silmas pidama erinevaid tootlikkuse-teadmusmahukuse seosmustreid.

Valdkonnad, kus teadmusmahukuse kasvatamine annaks kõige suurema tõuke lisandväärtuse kasvule, arvestades nii EL-i innovatsiooniliidrite kogemust kui ka digi- ja rohepöörde ning riigi strateegilise eesmärgiseade kompleksset mõju, on järgmised:

- bio- ja tervisetehnoloogiad, keemiatööstus, mootorsõidukite ja muude transpordivahendite tootmine (autonoomsed ja kaugjuhitavad sõidukid, dronid), nutikad ja kestlikud energialahendused, teise toorme ja jäätmete ning maapõueressursside väärindamine, puidu keemiline ja mikrobioloogiline töötlemine – **uurimis- ja arendustöötajate arvu senine kasvutrend võimendub prognoosi kohaselt märkimisväärselt;**
- elektroonika ja elektriseadmete tootmine, info- ja kommunikatsioonitehnoloogiad – **uurimis- ja arendustöötajate arv jätkab prognoosi kohaselt kasvamist senises, keskmisest kiiremas tempos.**

Kohaliku toorme väärindamisega seotud tegevusaladel oleks tootlikkuse mahajäämuse ületamiseks esmajoonel vajalik automatiseerimise-digitaliseerimise ümber koonduv protsessiinnovatsioon, mis võiks ühtlasi luua paremaid eeldusi ka eksperimentaalarendusvõimaluste laiendamiseks (nt seonduvalt andmetöötuse, energiasäästu, mõõtmistehnoloogiate, jääkide taaskasutus-tehnoloogiatega jms) nii protsessi- kui ka tootearenduse suunal.

⁹ Puusild, H. (2023). Laborist masstoodanguni: kuidas vältida innovaatiliste toodete rahastuse surmaorgu? Fookuses: tark tööstus. <https://www.aripaev.ee/saated/2023/01/26/laborist-masstoodanguni-kuidas-valtida-innovaatiliste-toodete-rahastuse-surmaorgu>.

- **Kohalike ressursside maksimaalne väärindamine ja väärtusahela pikendamine** (sh keemilise töötlemisega, et anda toorainele mehaanilise töötlemisega võrreldes oluliselt kõrgemat lisandväärtust), võimaldab laiemat majanduslikku mõju ühendada rohe-eesmärkide täitmisega (jäädid, teisene toore).
- Perspektiivikas oleks suunata ettevõtjate valmisolekut arendada äriideid kõrgema lisandväärtusega toodete loomiseks ning kasvatada ettevõtete potentsiaali absorbeerida seniseid teadmisi ja luua uusi läbi rakendusuringute ja eksperimentaalarenduse nende teadussuundade baasil, milles oleme maailmas esirinnas, samuti aladel, kus teistel riikidel edumaa puudub, näiteks spetsiifilistes jätmete väärindamise tehnoloogiates.

Ettevõtte teadusmahukust (ettevõtlussektori UA töötajate arvu) võimaldab kasvatada senisest suurema osa valdkondliku töökogemuse ja UA tegevuseks vajalike oskustega kõrgharidusega töötajate kaasamine uurimis- ja arendustegevustesse. Samuti on tähtis kindlustada doktoritasemel ettevalmistusega uurimistegevuses ja eksperimentaalarenduses juhirolli täitvate asjatundjate olemasolu prognoosiga kaetud kasvualadel.

- Viimasel viiel aastal on uurimis- ja arendustegevustesse haaratud töötajate arvu suurenedes nende hulgas kasvanud kõrghariduse I astme (BA ja RAK) omandanute osatähtsus. Ekspertide hinnangul uurimismeeskonna liikmetele arvestataval tasemel erialastest ja headest üldoskustest valdkondliku töökogemuse taustal võib piisata, kui neile lisanduvad uurimis- ja arendustegevusega seotud spetsiifilised oskused. Seetõttu muutub järjest olulisemaks mitmekesiste võimaluste olemasolu neid oskusi paindlikult täiendada (vt peatükk 4).
- Uurimis- ja eksperimentaalarendusprotsessis erinevate **juhtrollide täitmiseks** on jätkuvalt **oluline ette valmistada piisaval hulgal doktoritasemel asjatundjaid**, vajaduse korral peaks selle eesmärgi täitmiseks **suurendama vastuvõttu prognoosiga kaetud kasvualadel**.
- Ettevõtete senine praktika toetab doktoritasemel ettevalmistusega **välisekspertide kaasamist** eriti aladel, kus eeldatakse kitsast ja sügavat spetsialiseerumist.

Uurimis- ja arendustöötaja on sügavate erialaste ning interdistsiplinaarsete teadmiste ja oskustega intellektuaalselt võimekas spetsialist. Tal on teadmised ja oskused uurimis- ja arendustegevuse kavandamiseks, juhtimiseks ja läbiviimiseks. Üldoskustel, sh enesejuhtimisoskustel on üha suurenev roll nii arendustegevusetes kui ka uute vajalike teadmiste ja oskuste omandamisel ning arendamisel.

- Organisatsiooni juhust sõltub, kuidas on innovatsiooniprotsess ettevõttes korraldatud, kuidas toetatakse uuenduste loomist, milline on ettevõtte innovatsioonikultuur. Juhtidel on vaja oskust kasutada uurimis- ja arendustegevuse, sh **innovatsiooni juhtimiseks** sobivaid tehnikaid ja põhimõtteid, et muuta arendustegevus ettevõttes süsteemseks ja tulemuslikuks protsessiks.
- Tarbijale kõrgemat väärtust pakkuva uue toote ja teenuse loomiseks tuleb osata **väärtuspakkumist analüüsida** (sh äriideid eelnevalt disainida, testida ja hinnata). **Kliendikogemuse mõistmine** ja sellega arvestamine on lahutamatu tootearendusprotsessi osa. Vaja on oskust laiendada arendusprobleeme diskreetsetest tooteomadustest üldise väärtuse pakkumise ja ärimudelini.

- Uurimis- ja arendustöötaja peab nägema **UA tegevust tervikprotsessina** ehk idee väljatöötamisest kuni müügin. Kitsaskohana märgiti, et sageli takerduvad teadusmahukad ettevõtted n-ö arendustegevuse „lõksu“ – fookus on arendusel, aga **puudub kommertsialiseerimise vaade**.
- Kitsaskohana märgiti ülikoolis omandatud teadmiste rakendamist tegelikus tööelus ehk vaja on arendada **rakenduslikku mõtlemist**, st oskust näha ja pakkuda välja uusi ärivõimalusi, mis tugineksid valdkonna teadustöödele (sh alusuuringutele).
- UA töötajal on vaja nii põhjalikke erialaseid teadmisi, et probleemi lahendamisele erialaspetsiifiliselt läheneda, kui ka interdistsiplinaarseid teadmisi. UA töötaja tuleviku võtmeoskused on seotud **interdistsiplinaarsusega**, eelkõige infotehnoloogiliste oskuste ja valdkondlike teadmiste lõimimisega. Ettevõtjate valmisolek uute digilahenduste ja tehnoloogiate arendamiseks ning rakendamiseks sõltub suurel määral juhtide, aga ka UA töötajate digivõimekusest.
- Suure potentsiaaliga on **andmetele tuginevate uute ärivõimaluste loomine**, mis loob eelduse teadmispõhiseks otsustamiseks, tootlikkuse suurendamiseks, ressursside säästlikumaks kasutuseks, paremaks koostööks. Andmepõhine lähenemine innovatsioonile kasvatab vajadust näha andmete kasutamises peituvaid võimalusi, neid analüüsida ja sünteesida.
- UA tegevus eeldab oskust eri osapooli **aktiivselt kuulata**, st oskust teist osapoolt mõista ning tõlgendada teise poole probleeme ja vajadusi, pakkuda välja lahendusi ja kirjeldada võimalikke kõrvalmõjusid.
- Uudsete lahenduste väljatöötamise eelduseks on **toote-, teenuse- ja äriprotsesside tervikvaate mõistmine**. See hõlmab nii leidlikkust, loovust kui ka teadmiste kasutamist probleemi või vajaduse määratlemisel, vajaliku teabe kogumisel ja analüüsimisel, uudse ideelahenduse disainimisel, lahenduskava planeerimisel, prototüübi loomisel ja tulemuse vastavuse hindamisel – sammud lahenduse väljatöötamisest kuni tootmiseni. Eksperdid märkisid vajadust keskenduda õppes senisest enam ka **tootmise tervikprotsessi vaate** kujundamisele, sh tootmistehnoloogiatele.
- Toote kvaliteedi ja usaldusvääruse vastavuse tagamiseks on loodava lahenduse testimine ja katsetamine arendusprotsessi lahutamatu osa. Vaja on teadmisi eri tasemel testimise vajalikkusest ja eesmärkidest ning oskusi **testiplaani väljatöötamiseks ja katseseeriate korraldamiseks**.
- Teadmised **intellektuaalomandi kaitsmisest** on tervikuna vähesed. Teatakse ja osatakse patentidega seotud dokumentatsiooni vormistada, aga mida patenteerida, kuidas tagada õigused ja loodud lahenduse kaitse, kuidas jälgida, et tootearendusprotsessis ei riivataks kellegi teise intellektuaalomandi õigusi, millest alustada intellektuaalomandi kaitsmisel ja kuidas riske maandada – seda teadmist napib.
- Arendamist vajavana märgiti **projektijuhtimise põhimõtete rakendamist eksperimentaalarenduse projektis** – hoida fookust eesmärgil, hinnata riske ja vajaduse korral paindlikult muudatusi sisse viia. Kuna eksperimentaalarenduse tulemused ei ole ette teada, tuleb suurt tähelepanu pöörata ajajuhtimise kõrval muudatuste juhtimisele.

- Keeruline on eri meetmetest toetuse taotlemine alustavale ettevõttele, kel puudub n-ö varasem UA tegevuse ajalugu. Selleks napib oskusi alates projektitaotluse kirjutamisest kuni lõpparuande koostamiseni. Teadmine Eestis ja mujal (nt Euroopa Liidu teadusuuringute ja innovatsiooni raamprogramm) pakutavatest rahastamisvõimalustest, sh millised on programmid ja millised on toetuse saamise tingimused, on vähene.

Sissejuhatus

Juba 2018. aastal tõi Arenguseire Keskus välja tootlikkuse arengustsenaariume¹⁰ koostades, et Eestis **ei ole piisavalt tiptasemel tootlikkusega ettevõtteid** üldist majanduskasvu vedamas. Väliskapitali rohkus on küll andnud kiirenduse protsessiinnovatsioonile, kuid hoidnud tagasi kasumlikumat tooteuendust ning teadus- ja arendustegevust. Suundumuse jätkumist kinnitavad ka siinse analüüsi tulemused.

Teaduse, arendustegevuse, innovatsiooni ja ettevõtluse arengukavas¹¹ on püütud seda kitsaskohta lahendada, seades muu hulgas eesmärgiks **teadmismahuka ettevõtluse tekke ja kasvu ning kõrgema lisandväärtusega toodete ja teenuste loomise ja ekspordi**. Arengukava üks mõõdikuid on kolm korda suurem UA töötajate arv erasektoris 2035. aastal võrreldes 2019. aastaga (4,54 vs. 1,47 töötajat 1000 elaniku kohta), milles keskset rolli lisaks ettevõtluse ja teaduse koostööd soodustavatele meetmetele nähakse ka rohe- ja digipöördel. Struktuursete nihete esilekutsumine teadmistepõhise majanduse suunas ja **teadmismahuka ettevõtluse soodustamine** eeldab tõenduspõhist infot UA töötajate vajaduse kohta ettevõtetes – millistel tegevusaladel nõudlus kasvab ja milline peaks olema nende oskuste profiil. Samuti on oluline mõista, milline on UA töötajate ettevalmistuse koostöela tööturu ootustega väljaspool kõrgharidussektorit.

Selles uuringuaruandes esitatakse OSKA uurimis- ja arendustöötajate tööjõu- ja oskuste vajaduse rakendusuuringu tulemused. **Uuringu eesmärk oli selgitada välja, kuidas muutub UA töötajate tööjõuvajadus tulevikus ja millise oskuste profiiliga UA töötajaid vajab ettevõtlussektor pikema perioodi vältel, aastani 2035.** Uuringust saadav teave on vajalik selleks, et kujundada sekkumised, mille tulemusel jõuaks ettevõtlussektoris tulevikus rohkem sobivate oskustega UA töötajaid, et Eesti saaks tulemuslikumalt liikuda teadmistepõhise majanduse poole.

Uuringus otsiti vastuseid kolmele uurimisküsimusele:

- kui palju on Eestis erinevates valdkondades UA töötajaid ning kuidas muutub nende vajadus tulevikus?
- millised on valdkonnad, kus teadmismahukuse kasvatamine Eestis tooks kaasa potentsiaalselt kõige suurema arenguhüppe kõrgema lisandväärtuse suunas?
- milliste oskuste profiiliga UA töötajaid on nendesse valdkondadesse ettevõtetel vaja?

Kuna selle uuringu keskmis on UA tegevus ning sellega hõlmatud töötajate **tööjõu- ja oskuste vajadus spetsiifiliselt ettevõtluses**, keskendutakse eeskätt **rakendusuuringute ja eksperimentaalarenduse** faasile, mis jääb vastavalt Euroopa Liidu teadusuuringute ja raamprogrammi „Horisont 2020“ tehnoloogiaklassifikaatorile tehnoloogia valmiduse tasemetele (ingl *technology readiness levels*)¹² 4–7

¹⁰ Rell, M. (2018). Tootlikkuse arengustsenaariumid 2035. Arenguseire Keskus.

¹¹ TAIE arengukava 2021–2035. https://www.hm.ee/korgharidus-ja-teadus/teadus-ja-arendustegevus/taie-arengukava-2021-2035?view_instance=0¤t_page=1.

¹² Tehnoloogilise valmiduse tasemed vastavalt EL teadusuuringute ja raamprogrammi „Horisont 2020“ tehnoloogiaklassifikaatorile. ETAg. <https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2019/01/Tehnoloogilise-valmiduse-tasemed.pdf>.

EASi ja KredExi ühendasutus. (2021). Teadus- ja arendustegevuse määratlemine tootearenduse etappides. <https://eas.ee/teadus-ja-arendustegevuse-maaratlemine-tootearenduse-etappides/#>.

(vt alapeatükk 1.1). Uuringus lähtutakse UA töötaja määratlemisel TAIE arengukava mõõdikust, milleks on **ettevõtluses rakenduvate teadlaste ja inseneride arv**. Analüüsitud ei ole UA tegevuses osalevate tehnikute, samuti teenindava personali ega abitööjõu tööjõu- ja oskuste vajadust (vt alapeatükk 1.2).

Uuringus on eesmärgi saavutamiseks kasutatud nii kvantitatiivseid kui ka kvalitatiivseid uurimismeetodeid. Andmeallikateks olid intervjuud ettevõtete UA tegevusega seotud ekspertidega, sh juhtidega, TA ja ettevõtete majandusnäitajate statistika, varem Eestis ja mujal maailmas tehtud uuringud, strateegilised dokumendid ja arengukavad jms. Kuna sinne uuring hõlmab laia ringi majandustegevusalasid, siis OSKA valdkonnauuringutele tüüpilist eksperdikogu ei moodustatud. Küll toetasid uuringumeeskonda võtmeekspertidena Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutuse rakendusuringute programmi (edaspidi: RUP) esindajatest asjatundjad ja tööandjatest visionäärid. Uuringu protsessi ja meetodika detailsem kirjeldus on esitatud järgmises peatükis.

Uuringuga ei püüta mitte niivõrd ennustada tööjõuvajaduse lähituleviku arengusuundumusi, vaid vahendatakse ekspertide hinnanguid ettevõtlussektori soovitud tulevikuseisundi kohta. Seega **pakub uuring poliitikakujundajatele tuge, millistele eeldustele tuginevalt tulevikku juhtida**.

Töövaldkonna ekspertide kaasabil sõnastati peamised järeldused ning arenguvajadused ja -võimalused, et Eesti saaks tulemuslikumalt liikuda teadmispõhise majanduse poole. Siinses uuringus sõnastatud ettepanekud on aluseks riiklike sekkumiste kujundamiseks, mille tulemusel jõuaks ettevõtlussektorisse tulevikus rohkem ettevõtluse vajadusele vastava oskuste profiiliga UA töötajaid. Kuigi ettepanekud on sõnastatud tegevustena, pole tegu mitte rakenduskavaga, vaid soovitustega, mille põhjal saavad osalised koostada oma tegevusplaani.

Ettepanekute täitmist seiratakse ja koos ekspertidega hinnatakse nende täitmist. Samuti vaadatakse koos ekspertidega üle tööjõu- ja oskuste vajaduse täitmise põhisuunad juhul, kui aja jooksul ilmneb olulisi tegureid ja mõjutajaid, mida uuringu kestel ei olnud võimalik ette näha.

Kutsekoda tänab suure panuse eest võtmeeksperte, intervjuueerituid, retsensente jt valdkonna esindajaid, kes on aidanud kaasa uuringuaruande valmimisele.

Rakendusuringu tellis Haridus- ja Teadusministeerium ning Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium.

UA töötajate tööjõu- ja oskuste vajaduse uuringu on koostanud SA Kutsekoda tööturu seire ja prognoosi ning oskuste arendamise koordinatsioonisüsteemi (OSKA) raames. OSKA eesmärk on paremini siduda tööturu vajadusi ja koolituspakkumist ning aidata kaasa sellele, et tööturul toimuvad muutused ja ühiskonna vajadused jõuaksid koolituspakkumisse võimalikult kiiresti. See on tähtis, kuna Eesti pikaajalises arengustrateegias „Eesti 2035“ on olulisel kohal inimeste teadmiste, oskuste ja hoiakute kooskõla tagamine tööturu vajadustega¹³ ning majanduse struktuurimuutustega, samuti arenguvajaduste lahendamine ning tootlikkuse ja lisandväärtuse kasv.

¹³ Strateegia „Eesti 2035“. <https://www.riigikantselei.ee/et/eesti2035>.

Metodoloogiline lähenemine ja uurimisprotsess

Erasektori uurimis- ja arendustöötajate tööjõu- ja oskuste vajaduse uuringu eesmärk on selgitada välja, millise oskuste profiiliga uurimis- ja arendustöötajaid vajab ettevõtlussektor pikema perioodi vältel (aastani 2035) ja kuidas muutub nende tööjõuvajadus tulevikus. Uuringu kontseptuaalne raamistik ja prognoosi ajaline vaade on kooskõlas TAIE arengukavaga, mis omakorda toetub Eesti pikaajalisele arengustrateegiale „Eesti 2035“. TAIE arengukava on koostatud 15 aastaks, kuna valdkonnas vajalikud struktuursed muutused eeldavad järjekindlust ja püsivust poliitikasihtides ning kavandatavate poliitikameetmete tulemused ja mõju ilmnevad pikema aja jooksul. Uuringust saadav teave on vajalik selleks, et kujundada sekkumised, mille tulemusel jõuaks ettevõtlussektorisse tulevikus rohkem ettevõtluse vajadusele vastavaid UA töötajaid, et Eesti saaks tulemuslikumalt liikuda teadmistepõhise majanduse poole.

Uuringus otsitakse vastust järgmistele küsimustele.

1. Millised on valdkonnad, kus Eesti ettevõtete teadmismahukuse kasvatamine, sh UA töötajate arvu suurendamine, tooks kaasa potentsiaalselt kõige suurema arenguhüppe kõrgema lisandväärtuse suunas? Ehk tuua välja valdkonnad, kus madal teadmismahukus on kõige ilmsem piirang lisandväärtuse kasvule.
2. Millise oskuste profiiliga UA töötajaid on nendesse valdkondadesse ettevõtetele vaja, et suurendada ettevõtete arengut kõrgema loodud lisandväärtuse suunas?
3. Kui palju on Eestis eri valdkondades UA töötajaid ning kuidas muutub nende vajadus tulevikus¹⁴, arvestades majanduses ees seisvaid struktuurseid muutusi?

Uuring liigitub OSKA **temaatiliste uuringute** hulka. Selle jaoks koostati uurimismetoodika vastavalt uurimisülesandele, integreerides elemente OSKA tavapärasest metoodikast, eeskätt prognoosimeetodeid¹⁵ ja kvalitatiivseid eksperdiintervjuusid. Uurimisülesande lahendamiseks kasutati nii kvalitatiivseid kui ka kvantitatiivseid andmeallikaid ja uurimismeetodeid. Lisaks teostati ka dokumendianalüüs, et saada ülevaade varasematest uurimistulemustest, strateegilistest arengusuundadest, üleilmsetest tulevikutrendidest jms, et luua kontekstuaalne raamistik UA töötajate oskuste analüüsimiseks ja tööjõuvajaduse prognoosimiseks.

Kvantitatiivses analüüsis kasutati statistilisi andmestikke, et koostada ülevaade hõlmatud UA töötajatest ning majandusvaldkondade teadmismahukuse ja tootlikkuse tasemest rahvusvahelises võrdluses. Peamised **andmeallikad** olid **TA tegevust puudutav statistika ning ettevõtete majandustegevuse statistika** Eesti Statistikaameti ja Eurostati andmebaasidest. Taustainfona kasutati ka tööturu ja haridusstatistikat ning Maksu- ja Tolliameti töötamise registri andmeid seotuna haridusandmestikega.

¹⁴ Arutelul tellija esindajatega jõuti järeldusele, et tööjõuvajaduse prognoosi optimaalne täpsusaste jääb n-ö valgusfoori tasemele.

¹⁵ OSKA valdkondlike tööjõu- ja oskuste vajaduse uuringute eesmärk on analüüsida ning prognoosida, kuidas muutuvad lähema kümne aasta jooksul valdkonna põhikutsealadel hõive ja vajatavad oskused. Kutsekoda (2022) OSKA 2020+ tööjõu- ja oskuste vajaduse metoodika. Versioon 3.0. https://oska.kutsekoda.ee/wp-content/uploads/2023/01/OSKA_metoodika_3.0_2022_nov.pdf.

Kvalitatiivne andmekogumine ja analüüs hõlmas eksperdiintervjuusid (sh fookusgrupi intervjuusid) UA tegevuse kogemusega ettevõtjate, töötajate ja vilistlastega, et selgitada välja UA töötajate vajalikud oskuste profiilid ning tööjõuvajadus. Uuringusse kaasati ennekõike tugeva visiooniga ja ambitsioonikad ettevõtted, kellel on kogemus UA tegevusega ning kes suudavad hinnata võimalikke tehnoloogia ja turu arengusuundumusi piisavalt pika aja vaates ette.

Intervjuud ja fookusarutelud toimusid nii veebi vahendusel kui ka silmast silma 2022. aasta kevadest kuni 2023. aasta jaanuarini. Kokku tehti üle 40 eksperdiintervjuu enam kui 80 eksperdiga eri majandussektoritest. Lisaks toimus kolm fookusrühma arutelu haridusasutuste esindajatega ning kaks arutelu tellija esindajatega.

Uuringusse kaasatud võtmeekspertide **ülesanne oli täiendada uuringumeeskonna kogutud infot ning toetada uuringumeeskonda selle tõlgendamisel, valideerimisel ja järelduste tegemisel**. Protsess oli kahe-suunaline:

- ühelt poolt andsid eksperdid oma hinnangu analüüsi vahetulemustele;
- teiselt poolt käsitleti eksperdirühma arutelusid osana kogutavast empiirilisest materjalist.

Ekspedirühma arutelude käigus antud eksperdihinnangud kajastuvad uuringutulemustes.

Uuringus kasutati järgmist etapiviisilist lähenemist.

1. Koondati andmed UA töötajatest Eesti ettevõtetes ja tegevusalade teadmusmahukusest läbi hõive dimensiooni (vt peatükk „Uuringus kasutatavad mõisted ja lühendid“) ja analüüsiti neid. Vastuseid otsiti järgmistele küsimustele.

- Kui palju on Eestis eri tegevusvaldkondades UA töötajaid? Milline on nende jagunemine majandusharude, tegevusalade ja eri suurusega ettevõtete vahel? Millised on peamised muutused ajas?
- Milline on UA töötajate hariduslik ja vanuseline struktuur?
- Milline on majandustegevusalade teadmusmahukus hõivest lähtuvalt ehk UA töötajate osakaal tegevusalade hõives ja selle dünaamika viimasel kümnel aastal?

Vastuste leidmiseks kasutati kvantitatiivset andmeanalüüsi: töö Statistikaameti andmestikega, et koostada ülevaade UA tegevusega hõivatud töötajatest ja võrrelda majandusvaldkondi UA töötajate osakaalu alusel. Analüüsitulemusi valideeriti võtmeekspertidega.

2. Koondati andmed Euroopa innovatsiooniliidrite¹⁶ hõives avalduva teadmusmahukuse ja tootlikkuse kohta ja analüüsiti neid võrdluses Eestiga. Vastuseid otsiti järgmistele küsimustele.

¹⁶ Määratletud Euroopa innovatsiooni tulemustabelis, kus üle 30 eri näitaja alusel hinnatakse riikide (teadus)uuringute ja innovatsiooni tulemuslikkust (2022. aastal Belgia, Holland, Rootsi, Soome, Taani ja väljaspool EL-i Šveits). https://research-and-innovation.ec.europa.eu/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard_en. Leidus ka eksperte, kes juhtisid tähelepanu võimalikele valiidsusprobleemidele innovatsiooni tulemuslikkuse hindamisel ning kelle hinnangul ei tule tulemustabeli näitajate hulgas piisavalt reljeefselt ja kaalukalt esile Eesti idusektori panus.

- Milline on Eesti ja Euroopa innovatsiooniliidrite UA töötajate arv 1000 töötaja kohta ning UA tööjõu trendid?
- Milline on Eestis UA töötajate osakaal ja selle seos tegevusala lisandväärtusega hõivatu kohta võrreldes Euroopa innovatsiooniliidritega?
- Millised on valdkonnad, kus ettevõtlussektori teadmusmahukuse kasvatamine Eestis, sh UA töötajate arvu suurendamine, tooks kaasa potentsiaalselt kõige suurema arenguhüppe kõrgema lisandväärtuse suunas?

Vastuste leidmiseks kasutati kvantitatiivset andmeanalüüsi: töö Eurostati andmestikega, et koostada majandusvaldkondade hõivepõhise teadmusmahukuse ja lisandväärtusel põhineva tööjõutootlikkuse suhet peegeldav rahvusvaheline võrdlus. Analüüsitulemusi valideeriti võtmeekspertidega.

3. Kirjeldati teadmusmahukuse kasvupotentsiaaliga tegevusvaldkonnad. Vastust otsiti järgmisele küsimusele.

- Milline on nõudlus UA töötajate järele aastani 2035, arvestades majanduse ees seisvaid struktuurseid muutusi?

Vastuste leidmiseks kasutati nii kvalitatiivset andmekogumist kui ka kvantitatiivset andmeanalüüsi: kirjanduse ja varasemate uuringute analüüs; intervjuud ja fookusgrupid ettevõtete esindajatega ning arutelud eksperdirühmaga, et selgitada välja suurima kasvupotentsiaaliga tegevusvaldkonnad ning rohe- ja digipöörde mõju teadmusmahukusele; töö statistiliste andmestikega, et selgitada välja valdkonnad, kus teadmusmahukuse kasvatamine, sh UA töötajate arvu suurendamine Eestis, tooks kaasa potentsiaalselt kõige suurema arenguhüppe kõrgema lisandväärtuse suunas. Analüüsitulemusi valideeriti võtmeekspertidega.

4. Koguti ja analüüsiti eksperdihinnanguid töötajate oskuste vajaduse kohta pikemas perspektiivis (kuni aastani 2035). Vastuseid otsiti järgmistele küsimustele.

- Millise oskuste profiiliga UA töötajaid on ettevõtetel vaja, et soodustada arengut kõrgema lisandväärtuse suunas?
- Milliseid oskusi on praegusel töötajaskonnal ebapiisavalt? Millised on kasvava tähtsusega oskused? Milliste oskuste vajadus muutub olulisemaks TAIE arengusuundadest lähtuvalt?

Vastuste leidmiseks kasutati kvalitatiivseid andmekogumise meetodeid ja analüüsi: intervjuud ja fookusgrupid ettevõtete, töötajate ja vilistlastega, et selgitada välja UA töötajate vajalikud oskuste profiilid. Analüüsiti rahvusvahelisi TA töötajate oskuste profiile ning koostati Eesti ettevõtetele sobivaim lahendus, mis võeti aluseks ettevõtte UA töötaja oskuste vajaduse kirjeldamisel. Analüüsitulemusi valideeriti võtmeekspertidega.

5. Eelneva põhjal tehtud järelduste alusel sõnastati vajalike muutuste esilekutsumiseks ettepanekud ja soovitusel eri osapooltele.

- Ettepanekud HTM-ile riiklike sekkumiste kujundamiseks, et tagada UA töötajate oskuste profiili vastavus erasektori tööjõuturu ootustele, vastavalt eelnevast analüüsist välja joonistunud valdkondades.

- Ettepanekud kõrgkoolidele, et paremini ette valmistada tööturu ootustele vastavate oskustega UA töötajaid.
- Ettepanekud MKM-ile ja HTM-ile ettevõtluse ja teaduse koostööd soodustavate meetmete kujundamiseks, et rohkem UA töötajaid jõuaks ettevõtlussektorisse.

Soovituste ja ettepanekute vormistamisel kasutati eeskätt eelnevate uurimisküsimuste vastustes tehtud järeldusi, mida arutati võtmeekspertidega.

1. Uuritava valdkonna määratlus

Peatükis kirjeldatakse uurimisvaldkonda ja selle piire statistiliste andmete kogumise aluseks olevate määratluste ja klassifikaatorite abil. Keskseks on siinkohal OECD (2015) Frascati käsiraamat¹⁷ – rahvusvaheliselt tunnustatud raamistik teadus- ja rakendusuuringuid ning eksperimentaalarendust käsitlevate andmete kogumiseks ja esitlemiseks.

Kui tavapäraselt on OSKA uuringutes uurimisvaldkonna määratlemisel andmeallikatest tulenevalt kesksel kohal ametite klassifikaator (AK, rahvusvaheliselt ISCO¹⁸) ja Eesti majanduse tegevusalade klassifikaator (EMTAK), on siinses uuringus vastavate seoste väljatoomine võimalik vaid kaudselt (nt indikatiivne seos teadus- ja arendustöötajate (TA töötajate) funktsionaalse jaotuse ja AK pearühmade vahel).

1.1. Uurimis- ja arendustegevus ettevõtluses

Teadus- ja arendustegevus (sh eksperimentaalarendus) hõlmab süstemaatilist loominguist tegevust selleks, et suurendada teadmiste hulka ning kasutada neid teadmisi uute rakendusvaldkondade leidmiseks. TA tegevuse alla kuuluvad teoreetilised või eksperimentaalsed uuringud uute teadmiste saamiseks, seadmata eesmärgiks saadud teadmiste kohest rakendamist (**alusuuringud**), uuringud uute teadmiste saamiseks esmase eesmärgiga rakendada neid teadmisi kindlas valdkonnas (**rakendusuuringud**) ja süstemaatiline töö, mis põhineb uurimistegevuse tulemusena saadud teadmistel ja praktilisel kogemusel ning loob uut teadmist eesmärgiga valmistada uusi tooteid, võtta kasutusele uusi protsesse või täiustada praeguseid tooteid ja protsesse (**eksperimentaalarendus**).

Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus (EAS / Kredex)¹⁹ on teadus- ja arendustegevuse määratlemisel rõhutanud vajadust teha vahet mõistetel „teadus- ja arendustegevus“ ning „teadusarendustegevus“²⁰. Viimasega tegeletakse ülikoolides ja teadusasutustes ning ettevõtted selle valdkonnaga üldjuhul kokku ei puutu. See-eest on teadus- ja arendustegevus tootearendusetapis seotud just rakendusuuringute ja eksperimentaalarendusega.

Kuna siinse uuringu keskmeks on teadus- ja arendustegevus ning sellega hõlmatud töötajate tööjõu- ja oskuste vajadus spetsiifiliselt ettevõtluses, keskendutakse eeskätt rakendusuuringute ja eksperimentaalarenduse faasile, mis jääb vastavalt Euroopa Liidu teadusuuringute ja raamprogrammi „Horisont 2020“ tehnoloogiaklassifikaatorile tehnoloogia valmiduse tasemetele (ingl *technology readiness levels*)²¹ 4–7. Edaspidi on uuringus selguse eesmärgil eelkirjeldatud tegevuste tähistamiseks kasutatud mõistet **uurimis- ja arendustegevus**.

¹⁷ OECD. (2015). Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris.

¹⁸ International Standard Classification of Occupations.

¹⁹ Vt <https://eas.ee/teadus-ja-arendustegevuse-maaratlemine-tootearenduse-etappides/>.

²⁰ Traditsiooniliselt on nimetatud ka „teadustegevuseks“.

²¹ EAS-i ja KredExi ühendasutus (2021). Teadus- ja arendustegevuse määratlemine tootearenduse etappides. <https://eas.ee/teadus-ja-arendustegevuse-maaratlemine-tootearenduse-etappides/#>.

Sarnaselt teadus- ja arendustegevusega saab tegevust määratleda uurimis- ja arendustegevusena juhul, kui see vastab viiele põhitingimusele ehk kui see on

- uudne – ettevõtlussektoris tuleb uurimis- ja arendusprojektide võimalikku uudsust hinnata võrdluses valdkonna praeguste teadmistega. UA tegevuse tulemuseks peavad olema järelused, mis on vastava tegevusala jaoks uudsed ning mida ei ole selles majandusharus varem kasutatud;
- loominguiline – uurimis- ja arendusprojekti eesmärk peab olema leida uusi käsitlusi või ideid, mis täiendavad seniseid teadmisi. Seega jäävad UA tegevuse mõiste alt välja kõik korralised toodete või protsesside muudatused;
- ettemääramatu tulemusega – UA tegevusega kaasneb ebaselgus. UA projekti alguses ei ole võimalik täpselt kindlaks määrata saavutatavat lõpptulemust ja soovitud eesmärkide saavutamise kulu (sh raha- ja ajakulu);
- süstemaatiline – UA tegevus on süstemaatiliselt korraldatud ametlik tegevus, mis toimub vastavalt plaanile ning nii protsessid kui ka saadud tulemused dokumenteeritakse;
- ülekantav ja/või korratav – UA projekti tulemusena peaks tekkima võimalus uute teadmiste siirdamiseks, et need kasutusele võtta ning võimaldada teistel teadlastel tulemusi oma teadus- ja arendustegevuses korrata. See kehtib ka negatiivse tulemusega UA tegevuse kohta, mille korral algne hüpotees ei leia kinnitust või selgub, et toodet ei ole võimalik soovitud moel välja töötada.

Ettevõtlussektoris uurimis- ja arendustegevuse piiritlemisel on äärmiselt oluline kontekstitundlikkus. Üldpõhimõtte, mille kohaselt UA tegevuseks liigitamise eelduseks on uute teadmiste sünd (mitte uute teadmiste rakendamise tulemusena loodud uued või oluliselt täiustatud tooted või protsessid), kehtib siingi, kuid võimaliku uudsuse üle tuleb otsustada võrdluses valdkonna praeguste teadmistega – UA tegevuste tulemuseks peavad olema järelused, mis on vastava tegevusala jaoks uudsed ning mida ei ole selles majandusharus varem kasutatud.²²

1.2. Uurimis- ja arendustöötaja määratlus

Siinses uuringus on uurimis- ja eksperimentaalarendustöötajate (edaspidi: uurimis- ja arendustöötajad, UA töötajad) määratlemise lähtealuseks OECD Frascati käsiraamatu²³ kontseptuaalne raamistik teadus- ja arendustegevuse ning sellega seotud töötajate kohta, mida on kohandatud vastavalt ettevõtlussektori kontekstile. Teadus- ja arendustöötajatena (TA töötajatena) peetakse käsiraamatus silmas spetsialiste, kes **vähemalt 10% oma tööajast tegelevad teadus- ja arendustegevusega** (TA tegevusega) ehk loova süstemaatilise tööga, mille eesmärk on uute teadmiste

²² OECD. (2015). Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris. Lk 46, p 2.15, 2.16.

²³ OECD. (2015). Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris. Frascati käsiraamatus toodud määratlustele tuginevad ka Eurostat ja Eesti Statistikaamet teadus- ja arendustegevuse kohta andmete kogumisel ja avaldamisel, nagu ka „Eesti teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arengukava 2021–2035“.

saamine. Laiem TA töötaja mõiste (ingl *R&D personnel*) kaasab kõiki otseselt TA-ga tegelevaid töötajaid nii ettevõtetes kui ka muudel elualadel, sh teenindavat personali ja tehnikuid.

Frascati käsiraamatus jaotatakse TA tegevusega seotud töötajad kolme kategooriasse:

- teadlased ja insenerid (ingl *researchers*; **siinse uuringu kontekstis on ettevõtluses rakenduv osa sellest rühmast määratletud uurimis- ja arendustöötajatena**) — kõik teaduskraadiga või kõrgharidusdiplomiga isikud, kes tegelevad professionaalidena alus- ja rakendusuuringutega või teevad katse- ja arendustöid uute teadmiste, toodete, protsesside, meetodite ja süsteemide loomiseks, kõik TA-ga seotud akadeemilised töötajad, samuti teadusasutuste ja nende allüksuste juhid, kes kavandavad või korraldavad teaduslik-tehnilisi projekte; algupäraste uuringutega tegelevad doktorandid ja magistrandid²⁴;
- tehnikud (ingl *technicians*) — TA-ga seotud isikud, kellel on kutseharidust või tehnilist ettevalmistust kinnitav dokument ja kes töötavad teadlaste või inseneride juhtimisel; tehnikutega samaväärsed on sotsiaal- ja humanitaarteaduste valdkonnas teadlaste ja inseneride juhendamisel oma tööülesandeid täitvad töötajad;
- teenindav personal (ingl *other supporting staff*) ehk abitöötajad — oskustöölised, ametnikud, sekretärid, kes osalevad TA projektides või on otseselt nendega seotud.

Järgnev tabel annab ülevaate TA töötajate proportsionaalsest jaotusest eri funktsioonide ja institutsionaalsete sektorite vahel 2021. aasta andmete põhjal Eestis.

Tabel 1. TA töötajate jaotus 2021. aastal

Ametite klassifikaator ²⁵	TA töötajate jaotus funktsioonide järgi ²⁶	Ettevõtlussektoris hõivatud	Kasumitaotlusteta institutsionaalsetes sektorites (kõrgharidus, riiklik sektor, kasumitaotluseta erasektor) hõivatud
2 Tippspetsialistid (ingl <i>professionals</i>) (lisaks ametiala 1223 juhid teadus- ja arendusalal (ingl <i>research and</i>	Teadlased ja insenerid (ingl <i>researchers</i>)	Uurimis- ja (eksperimentaal)arendustöötajad 3202	5831

²⁴ Uuring ei käsitle TA-ga seotud õppejõudude, samuti teadusasutuste ning nende allüksuste juhtide tööjõu- ja oskuste vajadust.

²⁵ Seosed Frascati käsiraamatu p 5.34 põhjal.

²⁶ Statistikaameti, Eurosati / Frascati käsiraamatu mõisted (statistika kogumisel ja esitamisel kasutatavad Frascati käsiraamatu mõisted).

<i>development managers</i>)			
3 Tehnikud ja keskastme spetsialistid (ingl <i>technicians and associate professionals</i>)	Tehnikud (ingl <i>technicians</i>)	706	843
4, 6–8 Kontoriametnikud ja oskustöötajad	Teenindav personal ehk abitöötajad (ingl <i>other supporting staff</i>)	424	796
TA töötajad kokku		4332	7470

Allikas: Statistikaamet, TD021 (kollasel taustal uuringu fookuses olev osa hõivatutest)

Kitsamalt on siinse uuringu fookuses uurimis- ja arendustegevus ettevõtluses ning sellega seonduv tippspetsialistide tasemel tööjõu- ja oskuste vajadus. Funktsionaalse jaotuse alusel on see segment, mida ingliskeelses kirjanduses tähistatakse mõistega *researchers*. Statistikaamet on vastava kategooria tõlkevasteks määranud „teadlased ja insenerid“. Kuna see nimetus katab horisontaalselt kõiki sektoreid, on uuringu autorid täpsuse ja selguse huvides **ettevõtluses rakenduvat osa edaspidi tähistanud nimetusega uurimis- ja (eksperimentaal)arendustöötajad** (UA töötajad).

Seega peame siinses uuringus uurimis- ja arendustöötajate all (tabelis 1 kollasel taustal) silmas ettevõtete tippspetsialiste (ametite klassifikaatori mõistes), kes tegelevad vähemalt 10% tööajast loova süstemaatilise tööga, mille eesmärk on uute teadmiste saamine ja rakendamine valdavalt läbi rakendusuringute ja eksperimentaalarenduse.

Silmas tuleb pidada, et ettevõtete uurimis- ja arendustöötajatest saab rääkida pigem kui kvaasikategooriast ametialade mõttes, st enamasti täidavad nad tööprotsessis ka muid rolle. Lisaks peab arvestama, et uuringu raames läbiviidud eksperdiintervjuude põhjal on alust eeldada raporteerimisprobleemidest tulenevat alakaetust statistikas (sh idusektoris²⁷, IKT-ettevõtetes, inseneribüroodes).

Väike- ja keskmise suurusega ettevõtetes (VKE) ei ole üldjuhul eraldi teadus- ja arendusosakonda ning TA tegevus on üks osa ettevõtte põhitegevusest. Neis ettevõtetes võivad uurimis- ja arendusprojekte eest vedada ning neis osaleda eri ametialade esindajad, sageli on **ühe töötaja kanda mitmele kutsealale omased tööülesanded**. Nii võibki arendustegevust ettevõttes juhtida lisaks tootmis- ja arendusjuhile näiteks tööstuse tegevusaladel insenerid, sh mehaanika-, tarkvara-, riistvara-, elektri-, elektroonika- ja materjaliinsenerid. Väikese suurusega ettevõttes võib arendustegevust juhtida ka näiteks ettevõtte juht. Üha enam kuulub arendusmeeskonda kvaliteedijuht, kes vastutab

²⁷ Eksperdi hinnangu kohaselt võivad iduettevõtete töötajatest (umbes 9000 inimest) umbes pooled panustada kümnendiku oma tööajast UA tegevustele TVT tasemetel 4–7 ehk siis kvalifitseeruda UA töötajateks.

kvaliteedikäsiraamatus kirjeldatud põhimõtete täitmise eest, tagab tootmisprotsessi vastavuse kvaliteedinõuetele, sh arendatava toote veaanalüüsi läbiviimise ja töökindluse (*reliability engineering*) hindamise. Toidutööstuse ettevõtetes on sarnaselt teiste tööstusvaldkondadega arendustöötaja tööülesanded ühitatud muude funktsioonidega ja arendustegevust võib eest vedada ka näiteks tootejuht, tehnoloog või turundusjuht. Uurimis- ja arendusprojekte võib ettevõttes juhtida ka tandemina, nt sisuekspert koos projektijuhiga. Sisuliselt tähendab see **kompetentsuse ootuste nihkumist ametitelt ja ametikohtadelt inimestele ja nende oskustele. Olulisemaks peetakse organisatsiooni oskuste vajaduse täitmist, mitte fikseeritud tööosade ja -ülesannetega ametikohtade täitmist.**

Kui teadusasutuses on TA tegevus jaotatud pikema perioodi peale, siis ettevõtetes toimub arendustegevus sageli projektipõhiselt, st lühema aja jooksul koos kindla alguse ja lõpuga. Selgelt on defineeritud arendustulemus – milleks ei ole mitte uus teadmine (mis on TA tegevuse määratlemise ja mõõtmise aluseks Frascati järgi), vaid uus toode, teenus või protsess.²⁸ Ettevõtted ei pruugi kohe jätkata valminud toote või teenuse edasist arendamist. See on tõenäoliselt ka üks põhjustest, miks ettevõtted ei ole valmis tähtajatu töölepinguga värbama enda organisatsiooni eraldi uurimis- ja arendustöötajat. Ideaalis hindasid eksperdid, et **UA tegevus ettevõttes ei peaks olema projektipõhine, vaid portfelli põhine**, st ettevõtte on määratlenud olulise arendussuuna ja eesmärgi saavutamiseks on käimas mitu eri projekti, et selgitada nende hulgast välja parim lahendus. Praktikast sellist **võimekust, et tegeleda portfelli põhise arendustegevusega, Eesti väikeettevõtetel ei ole.** Võib eeldada, et sarnane mudel, kus üks ekspert täidab ettevõttes eri tööülesandeid, toimib ka edaspidi.

1.3. Peamised uurimis- ja arendustegevusega seotud tööülesanded

Uurimis- ja arendustöötaja tööülesanded sõltuvad ettevõtte tegevusvaldkonnast ja suuruselt, samuti uurimis- ja arendusvajadusest. UA töötajad ettevõttes kavandavad, juhivad, koordineerivad ja viivad ellu organisatsiooni uurimis- ja arendustegevust või tegelevad sellega ettevõtetes, mis pakuvad seotud teenuseid teistele organisatsioonidele.²⁹ UA tegevuse eesmärk ettevõtetes on uute toodete, teenuste ja protsesside väljatöötamine ja/või seniste täiustamine.

UA töötajate peamised tööülesanded on järgmised.

- **Ettevõtte üldise uurimis- ja arendusvajaduste ning arenduskava ja eelarveliste vajaduste ning võimaluste määratlemine**, kasvatamaks ettevõtte konkurentsieelist uute toodete, teenuste ja protsesside väljatöötamise ja/või täiustamise kaudu.
- **Uurimis- ja arendustegevuse (sisu) kavandamine, juhtimine ja koordineerimine, sh**
 - uurimis- ja arenduseesmärkide määratlemine;
 - valdkonnaga seotud uue teabe hankimine, sh uute lahenduste ning nende rakendamise võimaluste uurimine ja analüüs;
 - uute toodete, teenuste ja protsesside väljatöötamine ja/või olemasolevate täiustamine;

²⁸ Ka teadusasutuses võib teadus- ja arendustegevus olla projektipõhine, kuid projektid võivad olla põimunud.

²⁹ Vt ametite klassifikaator.

- uute kontseptsioonide, töömeetodite, mudelite, tehnikate, mõõteriistade, tarkvara väljatöötamine ja rakendamine ning vajaduspõhine kohaldamine;
 - uuringute ja katsete läbiviimine;
 - uurimisandmete (sh katsed, testid) kogumine, töötlemine, hindamine, analüüsimine, tõlgendamine ja dokumenteerimine (nõuetele vastavuse tagamine). Järelduste tegemine, kasutades mitmesuguseid tehnikaid ja mudeleid, sh pakutavate lahenduste rakendatavuse hindamine;
- uurimisaruannete koostamine, sh teadmiste süstematiseerimine;
- intellektuaalomandi kaitsmine.
- Uurimis- ja arendus**projekti** juhtimine ja tegevuste koordineerimine lähtuvalt uurimis- ja arenduseesmärgist, sh
 - arendusprojekti tegevuskava koostamine, jälgimine ja sellesse vajaduse korral muudatuste sisseviimine, sh vahe-eesmärkide määratlemine, eelarve koostamine ja ressursivajaduse hindamine;
 - arendusprojekti tegevuste läbiviimine / läbiviimise korraldamine, sh ühtse arusaama loomine projekti protsessidest, dokumentatsioonist – juhiste, protseduurireeglite ja tööjuhendite koostamine ning täitmise jälgimine; projekti nõupidamiste ettevalmistamine ja läbiviimine;
 - projekti edenemise jälgimine, sh
 - tähtaegadest kinnipidamise kontrollimine;
 - kulude kontrollimine ja eelarvest kinnipidamise jälgimine;
 - tööhusa ressursikasutuse tagamine;
 - projekti aruandluse korraldamine.
- Uurimis- ja arendus**meeskonna** tegevuse juhtimine ja korraldamine, sh
 - arendusmeeskonna komplekteerimine vajalike oskustega personaliga;
 - meeskonna igapäevase töö kavandamine ja juhtimine, meeskonna tööülesannete täitmise jälgimine;
 - töötajate motiveerimine ja juhendamine, vajaduse korral meeskonna liikmete väljaõppe tagamine.
- Sujuva kommunikatsiooni tagamine, sh
 - koostöö korraldamine eri osapoolte vahel;
 - projekti esindamine tellija ja/või juhtkonna ees, sh vajalike sisemiste ja välimiste kooskõlastuste tagamine;

- ettevõttesiseste või -väliste klientide nõustamine ja toetamine uurimistulemuste rakendamisel;
- uurimistulemusi tutvustavate teaduslike artiklite kirjutamine ja nende esitamine teadusajakirjadele;
- ettevõtte esindamine konverentsidel, seminaridel ja aruteludel.

2. Statistiline ülevaade Eesti ettevõtete UA töötajatest ning teadmusmahukuse ja tootlikkuse seostest võrdluses Euroopa innovatsiooniliidritega

Peatükis antakse ülevaade Eesti ettevõtetes uurimis- ja arendustegevustesse hõlmatud töötajatest läbi mitmesuguste statistiliste näitajate. Võrreldakse ka majandustegevusalade hõivest lähtuvat teadmusmahukust ja selle dünaamikat. Lisaks võrreldakse Eestit Euroopa innovatsiooniliidritega hõives avalduvat teadmusmahukust peegeldava UA töötajate osatähtsuse ja tootlikkuse suhestumise kaudu majandustegevusalade tasandil. Antakse indikatsioon, millistel aladel võiks hõivepõhise teadmusmahukusega kasvuga kaasneda potentsiaalselt suurim arenguhüpe kõrgemal lisandväärtusel põhineva tootlikkuse suunas.

2.1. Ülevaade uurimis- ja arendustöötajatest Eesti ettevõtetes ning majandustegevusalade teadmusmahukusest läbi hõive prisma.

Peatükis antakse ülevaade Eesti ettevõtetes uurimis- ja arendustegevustesse hõlmatud töötajatest mitmesuguste statistiliste näitajate abil – nende jagunemine majandusharude, tegevusalade ja eri suurusega ettevõtete vahel ning hariduslik ja vanuseline struktuur. Võrreldakse ka majandustegevusalade teadmusmahukust hõivest lähtuvalt ehk uurimis- ja arendustöötajate osakaalu tegevusalade hõives ja selle dünaamikat ajas.

2.1.1. Ülevaade uurimis- ja arendustöötajatest Eesti ettevõtetes

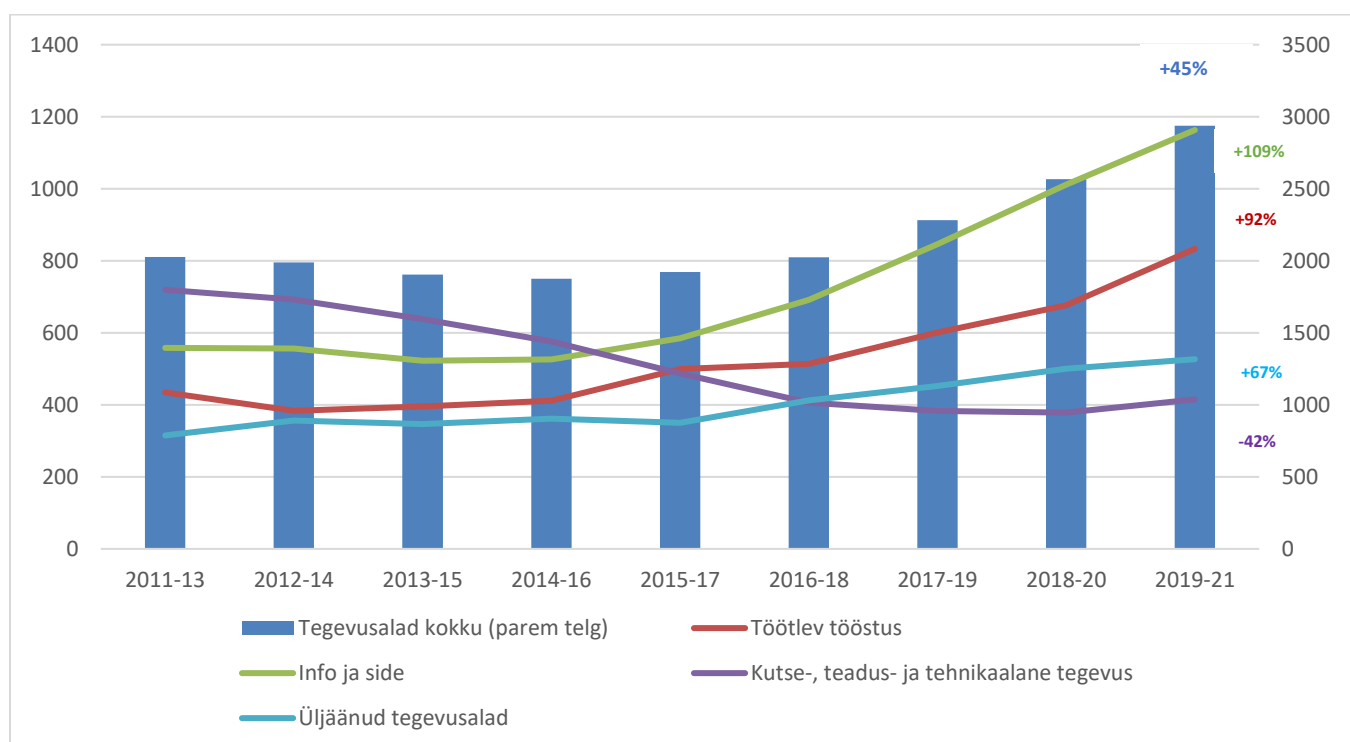
2021. aastal oli Statistikaameti andmetel Eesti ettevõtetes hõivatud kokku umbes 3200 UA töötajat ehk oma eriala tippspetsialisti, kes vähemalt 10% tööajast panustasid UA tegevustesse (vt joonis 2). Tegevusalade üleselt kulutas 2021. aastal üks uurimis- ja arendustegevustesse hõlmatud töötaja selleks keskmiselt umbes 72% oma tööajast. Kuna ettevõtete uurimis- ja arendustegevus on üldjuhul projektipõhine, varieerub see näitaja tegevusalade vaates ja on ajalises mõõtmises volatiilne. Kui võtta aluseks ettevõttesisesed kulutused uurimis- ja arendustegevusele³⁰, võib väita, et valdavas osas on tegemist katse- ja arendustöödega (72% kuludest 2019–2021 keskmisena), kuid viiakse läbi ka rakendusuringuid (25% kuludest) ning alusuuringuid (3% kuludest). Proportsionaalselt enam kulutasid alusuuringutele teadus- ja arendustegevuse alaseid turuteenuseid pakkuvate ettevõtete kõrval farmaatsia (11% kuludest), muu tootmise (koondab laia spektrit eri tootegruppidest alates muusikariistadest kuni isikukaitsevahendite, meditsiininstrumentide ja -materjalideni, 6%) ning programmeerimisega tegelevad ettevõtted (8%). Kõrgeima rakendusuringute osakaaluga paistsid silma ehitusmaterjalide tootmise (muude mittemetalsetest mineraalidest toodete tootmine, 66% kuludest), põllumajanduse (55%), programmeerimise (48%) tegevusalad ning teadus- ja arendustegevusele spetsialiseerunud ettevõtted (39%).

Tasandamaks lühiajaliste kõikumiste mõju, kaardistasime pikaajalisemaid suundumusi uurimis- ja arendustöötajate arvu dünaamikas kolme aasta libisevate keskmiste näitajate alusel.

³⁰ Statistikaamet TD026.

Kümne aasta eest tegeles Eesti ettevõtetes kokku umbes 2000 töötajat UA tegevusega ehk praegusest umbes kolmandiku võrra vähem (vt joonis 1). Alates 2017. aastast on nende arv jõudsalt kasvanud, lisaks on toimunud struktuursed nihked tegevusalade tasemel. Info- ja side-ettevõtetes on kasv olnud kõige jõulisem (üle kahe korra), väga palju ei jää alla ka töötlev tööstus (kasv 92% ehk 1,9 korda), samal ajal on aga kutse-, teaduse- ja tehnikaalases tegevuses, mille hulgas kajastuvad ka UA tegevusele suunatud turuteenuseid pakkuvad ettevõtted, UA töötajate arv märkimisväärselt kahanenud (–42%)³¹.

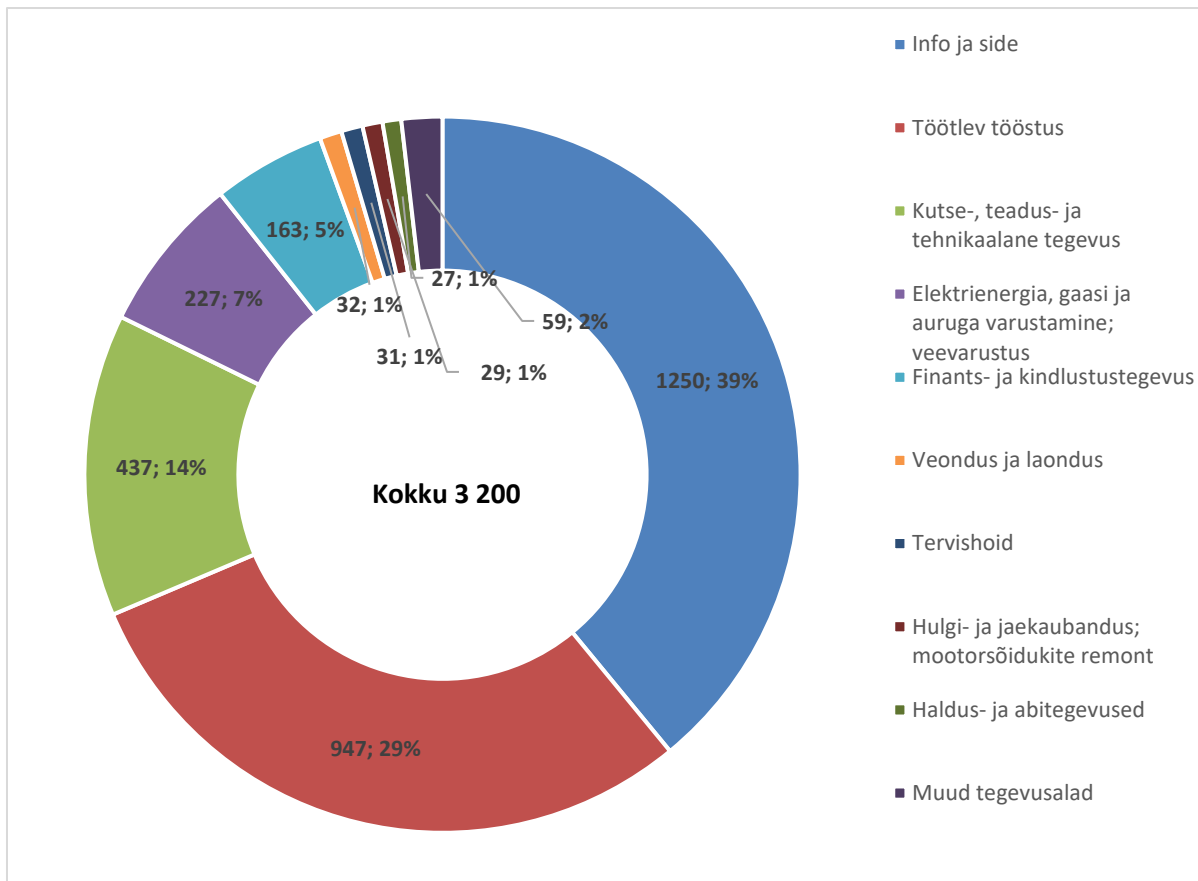
Kui kümme aastat tagasi moodustasid kutse-, teadus- ja tehnikalase tegevuse ettevõtetes hõivatud üle kolmandiku (35%), infos ja sides 28% ning töötlevas tööstuses 24% kõigist ettevõtlussektori uurimis- ja arendustöötajatest, siis praegu on vastavad osakaalud 14%, 39% ja 30%.



Joonis 1. Ettevõtetes uurimis- ja arendustegevusega hõivatud tippspetsialistide arv kolme aasta libisevate keskmiste alusel (2011/2013–2019/2021). Allikas: Statistikaamet TD021

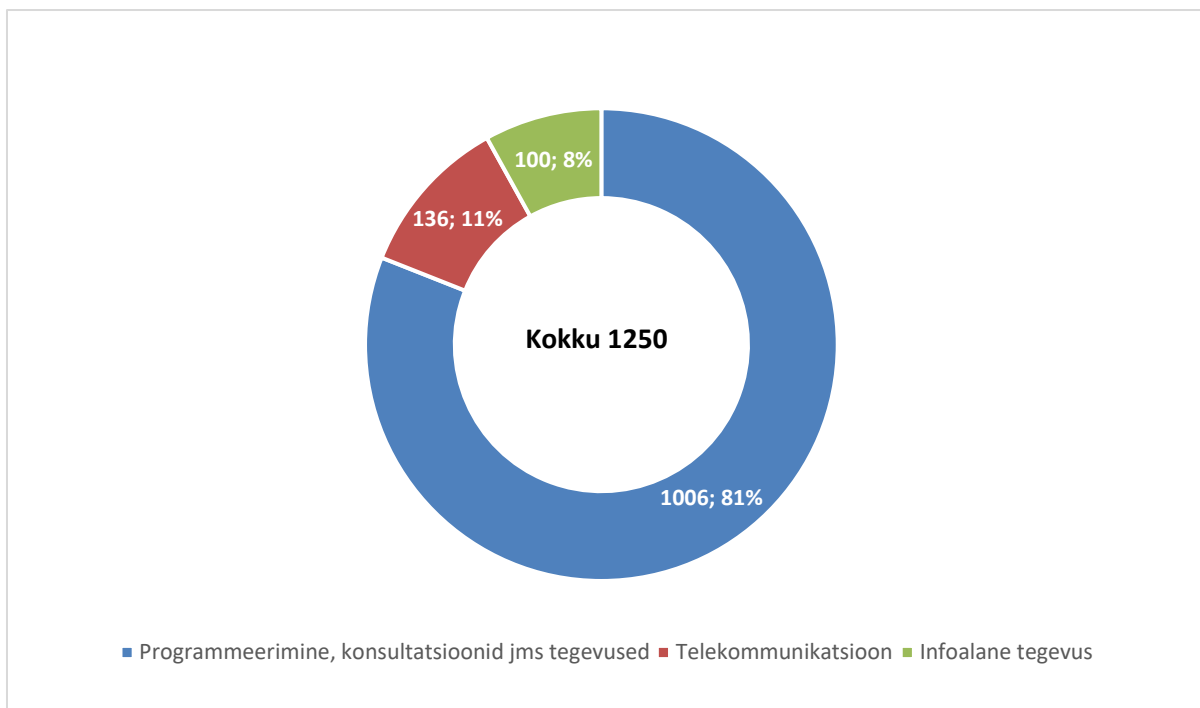
2021. aastal rakendus kõigist uurimis- ja arendustegevusega hõivatud töötajatest ligi 40% (1250) info ja side tegevusala ettevõtetes, veidi alla kolmandiku (u 950) töötlevas tööstuses, 14% (u 440) kutse-, teadus- ja tehnikaalases tegevuses, 7% (u 230) energeetika ja veevarustuse ning 5% (u 160) finants- ja kindlustustegevuse alal. Eelmainitud viie laiema tegevusala ettevõtete arvele langeb ligi 94% uurimis- ja arendustegevustöötajate hõivest. Ülejäänud 6% jaguneb logistika, tervishoiu, kaubanduse, ehituse, jäätmemajanduse ja primaarsektori vahel.

³¹ Ettevõtete arv sel tegevusalal vaatlusalusel perioodil vähenenud ei ole, küll aga töötajate üldarv, enim teadus- ja arendustegevuses loodus- ja tehnikateaduste vallas.



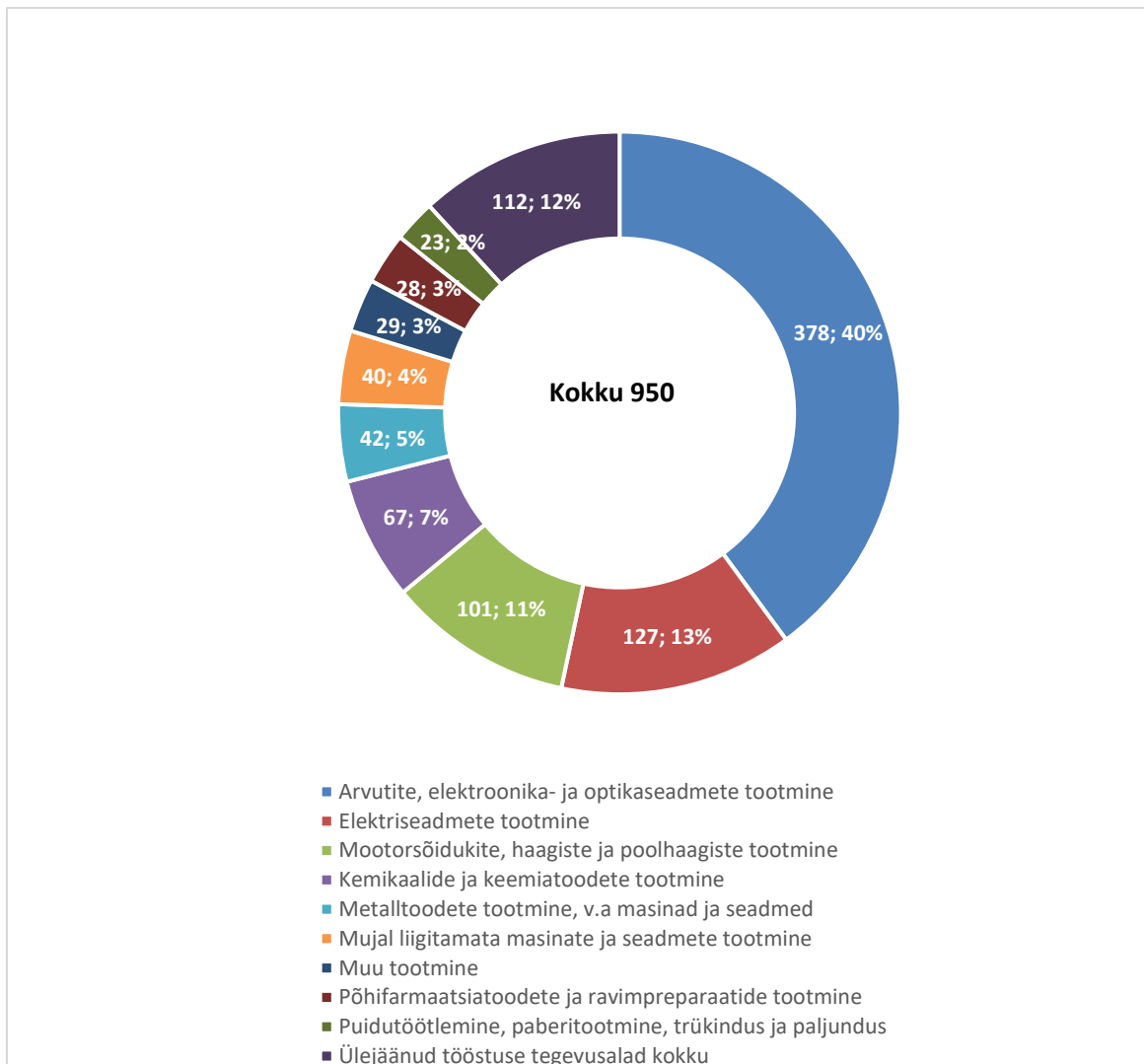
Joonis 2. Ettevõtetes uurimis- ja arendustegevusega hõivatud tippspetsialistid 2021 (EMTAKi jagude kaupa). Allikas: Statistikaamet TD021; * muud tegevusalad: põllumajandus, mäetööstus, jäätmekogumine ja saastekäitlus, ehitus, kinnisvara, riigikaitse.

Vaadates lähemalt UA töötajate poolest arvukaimat, info ja side tegevusala, ilmneb, et valdav osa (80% ehk üle 1000 inimese) siinsetest UA tegevusega seotud töötajatest rakendub programmeerimis-, süsteemihaldus- ja konsultatsiooniettevõtetes, veidi üle kümnendiku (140) telekommunikatsioonis ja 8% (100) infoalases tegevuses (hõlmab andmetöötlust, veebimajutust, veebiportaale, voogedastust jms) (vt joonis 3).



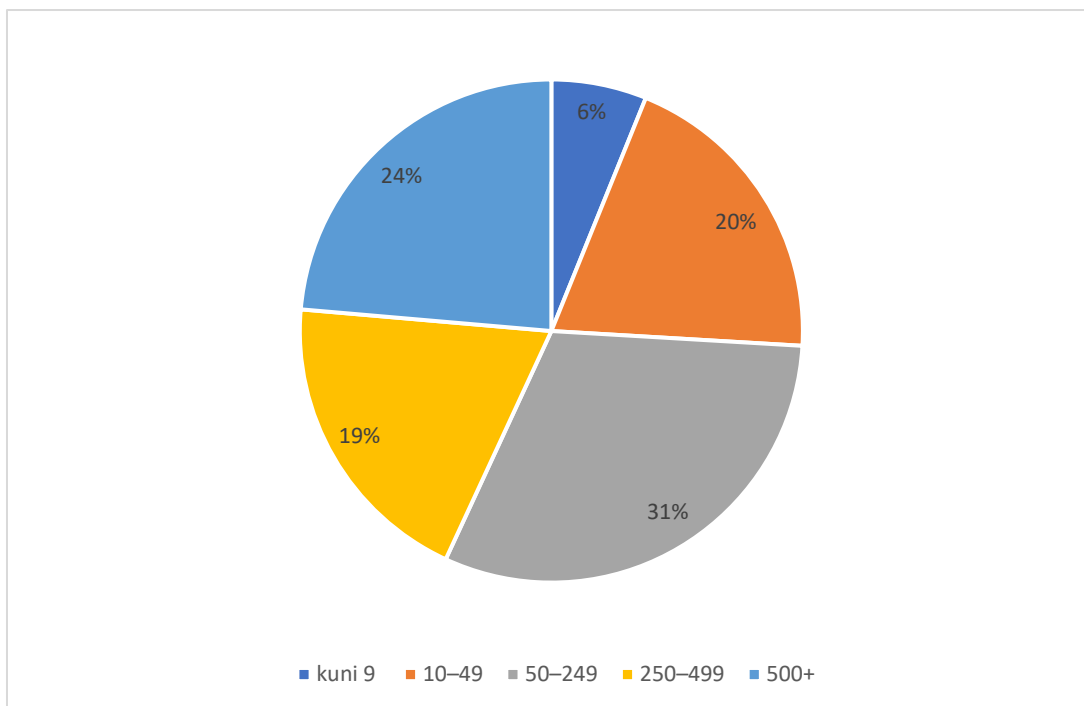
Joonis 3. Info ja side tegevusala ettevõtete UA töötajate arv ja jagunemine 2021. Allikas: Statistikaamet TD021

40% (380) töötlevas tööstuses rakenduva uurimis- ja arendustöötaja tööandjaks on mõni arvutite, elektroonika- või optikaseadmete tootmisega tegelev ettevõtte (vt joonis 4). Edasi jagunevad tööstussektori uurimis- ja arendustegevusega hõivatud järgnevalt: 13% (130) on hõivatud elektriseadmeid, 11% (100) mootorsõidukeid ja haagiseid tootvates ettevõtetes, 7% (70) keemiatööstuses, 5% (42) metalltooteid (metallkonstruktsioonid, ukсед-aknad, katlad jms) ning 4% (40) masinaid ja seadmeid (mootorid, turbiinid, pumbad, kompressorid, ventiilid, laagrid, ajamid, ahjud, põllu-, metsa-, ehitus-, tööstusmasinad, robotid, ventilatsiooni-, külmutus-, tõsteseadmed jne) tootvates ettevõtetes. Farmaatsiatööstuse arvele langeb 3% (28) ja puidutööstusesse 2% (23) uurimis- ja arendustöötajate hõivest. 3% (29) on seotud muu tootmise (muusikariistadest, isikukaitsevahenditest meditsiiniinstrumentide ja materjalideni) ja 12% (110) ülejäänud töötleva tööstuse tegevusaladega (sh toit ja jook, muud transpordivahendid (sh laevad, paadid, õhusõidukid, militaarveokid, raudteeveerem jms), kummi ja plast, ehitusmaterjalid, mööbel jne).



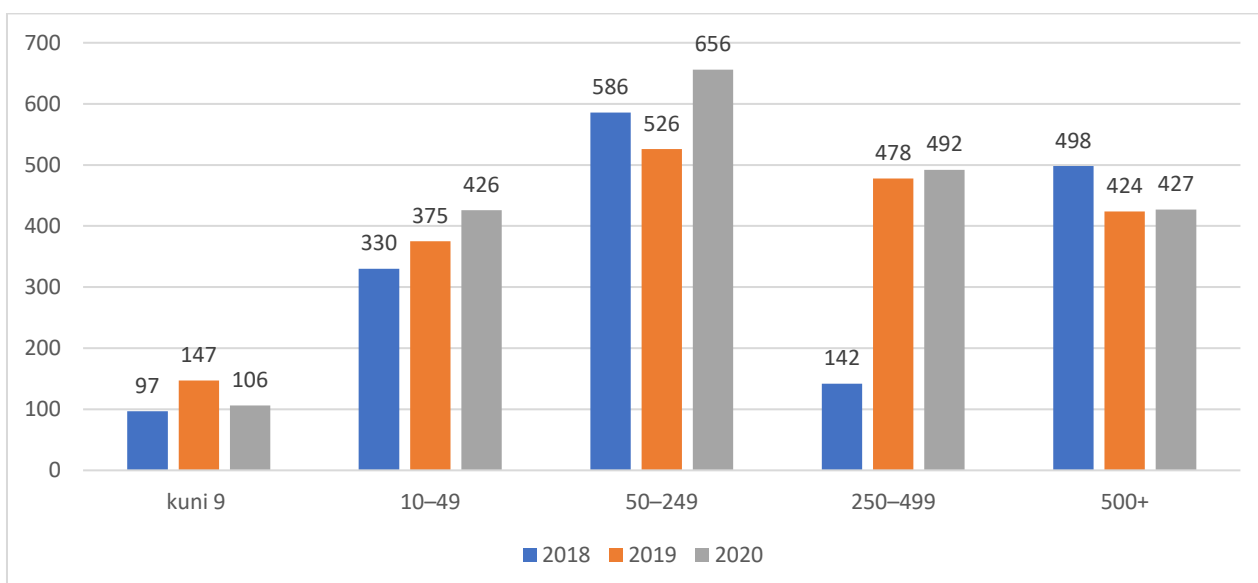
Joonis 4. Töötleva tööstuse UA töötajate arv ja jagunemine tegevusalade vahel 2021. Allikas: Statistikaamet TD021 * Ülejäänud tegevusalad: muude mittemetalletest mineraalidest toodete tootmine; toiduainete, joogi ja tubakatoodete tootmine; mööblitootmine; koksi ja puhastatud naftatoodete (sh turbabriketi) tootmine; muude transpordivahendite tootmine

Järgnevalt vaatame, kuidas jaotub uurimis- ja arendustöötajate hõive eri suurusega ettevõtete vahel. Viimaste kättesaadavate Eurostati andmete kohaselt leidub neid kõigis suurusgruppides, kuid raskuskese kipub kalduma siiski pigem keskmiste ja suuremate ettevõtete poole (vt joonis 5). Nii näiteks **rakendus aastate 2018–2020 keskmisena kuni 9 töötajaga mikroettevõtetes 6%, 10–49 töötajaga väikeettevõtetes viiendik (20%), 50–249 töötajaga keskmise suurusega ettevõtetes veidi alla kolmandiku (31%) ning sellest suuremates, 250 ja enama töötajaga ettevõtetes üle kahe viiendiku (43%) kõigist uurimis- ja arendustöötajatest.**



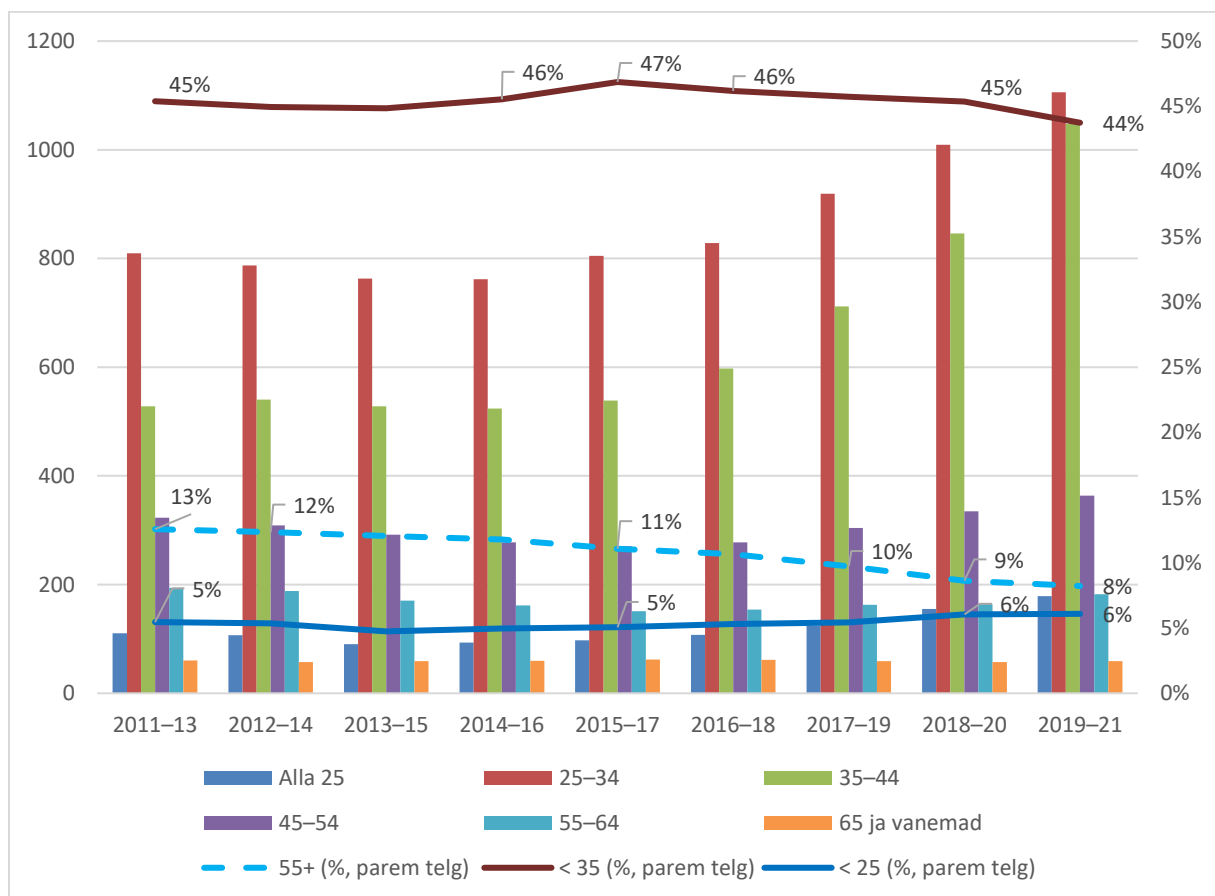
Joonis 5. Uurimis- ja arendustegevusega hõivatud töötajate jagunemine ettevõtte suuruse järgi, 2018–2020 keskmiste, täistööajale taandatud näitajate alusel. Allikas: Eurostat, RD_P_PERSSIZE, autorite arvutused

Joonis 6 toob välja muutused uurimis- ja arendustegevustesse haaratud töötajate arv (täistööajale taandatuna) eri suurusega ettevõtetes aastatel 2018–2020. Kolme aastaga suurenes nende hulk kokku 27% võrra, enim aga 250–499 töötajaga ettevõtetes (üle 3 korra), stabiilset ja jõudsat kasvu näeme ka 10–50 töötajaga ettevõtetes (29%). Kõige suuremates, üle 500 töötajaga ettevõtetes on näitaja aga hoopis langenud (–14%). Arvestades aegrea lühidust ja näitajate kõikumist selle ala statistikas laiemalt, ei ole võimalik siinkohal põhjapanevaid järeldusi veel teha.



Joonis 6. Ettevõtluses uurimis- ja arendustegevusega hõivatud töötajate arv (täistööajale taandatud) tööandja suuruse järgi. Allikas: Eurostat, RD_P_PERSSIZE

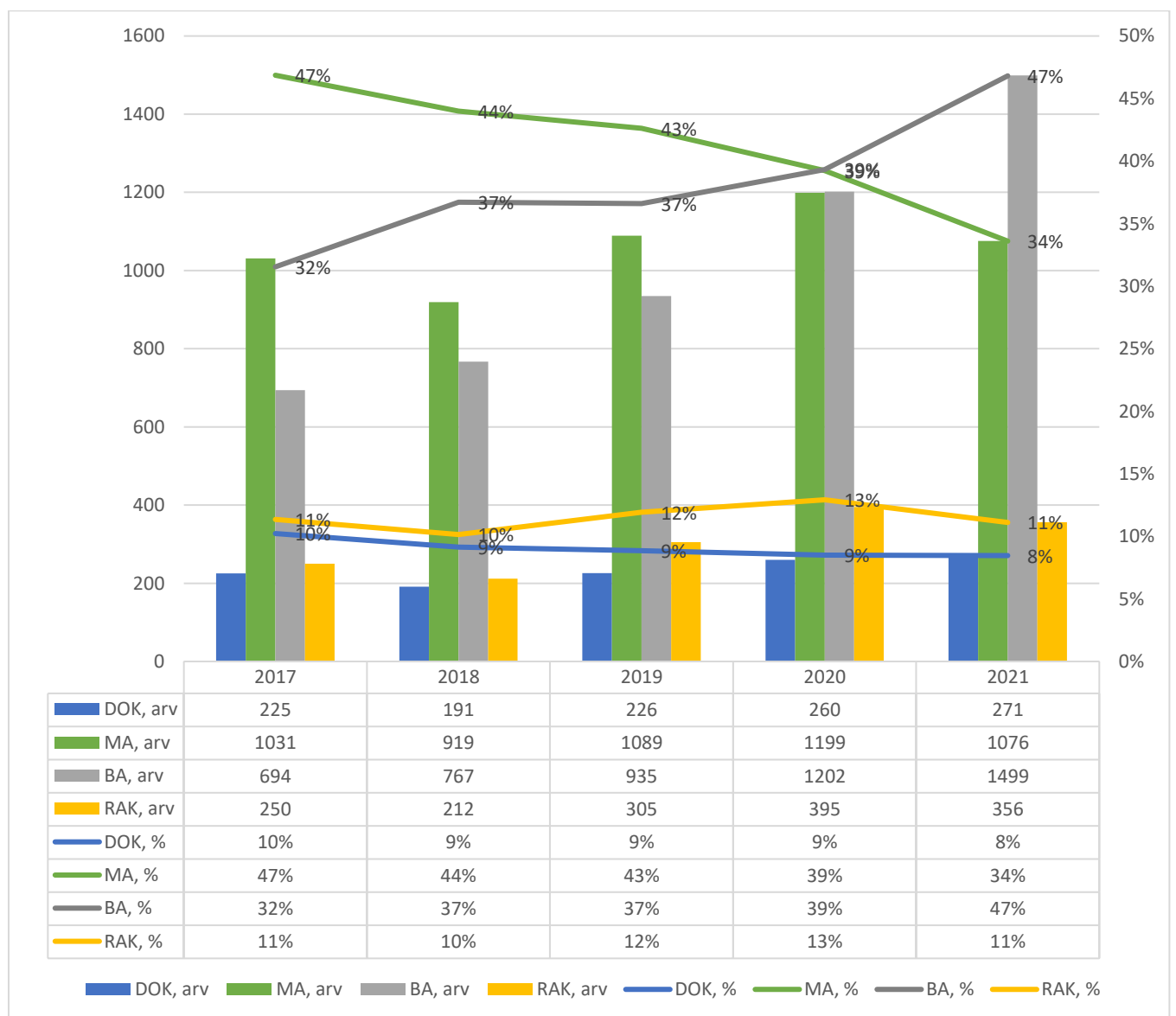
Võttes vaatluse alla ettevõtete uurimis- ja arendustöötajate vanusstruktuuri ning selle muutumise ajas, torkab esmalt silma stabiilselt kõrgel (45% lähistel) püsinud alla 35-aastaste osatähtsus läbi viimase kümnendi (vt joonis 7). Samuti võib täheldada 55-aastaste ja vanemate osakaalu kahanemist 13%-lt aastate 2011–2013 keskmisena 8%-ni vaatlusperioodi lõpuks. Läbivalt näeme viimasel kümnel aastal arvukaimana vanusrühma 25–34, kõige kiiremini on kasvanud aga 35–44-aastaste arv, mille tulemusena jääb praeguseks vanusvahemikku 25–44 juba pea kolmveerand kõigist uurimis- ja arendustöötajatest.



Joonis 7. Ettevõtluses uurimis- ja arendustegevusega hõivatud töötajate vanuseline jaotus 2011–2021. Allikas: Statistikaamet TD028

Milline on ettevõtetes uurimis- ja arendustegevusega hõivatud töötajate hariduslik jaotus? 2021. aastal olid ligi pooled uurimis- ja arendustöötajad bakalaureusekraadiga, kolmandik magistrikraadiga, kümnendik rakenduskõrgharidusega ning 8% doktorikraadiga (vt joonis 8). Viimase viie aasta jooksul on olulisim struktuurne nihe toimunud BA ja MA tasemel ettevalmistusega töötajate osatähtsuse muutumises, suhtarvud olid 2017. aastal täpselt vastupidised. Lisaks on paari protsendipunkti võrra kahanenud doktorikraadi omanike osakaal. Samal ajal kui magistritasemel ettevalmistusega töötajate arv on püsinud konstantsena, on bakalaureusetasemel ettevalmistusega töötajate arv kasvanud pea poole võrra (ligi 700-lt 1500-ni), rakenduskõrgharidusega töötajate arv ligi kahe viiendiku võrra (250-lt 350-ni). Sellest poole aeglasem kasv on toimunud doktorikraadi omandanute seas (225-lt 270-ni). Seega kokkuvõttes – viimasel viiel aastal on uurimis- ja arendustegevustesse haaratud töötajate arvu

suurenedes nende hulgas kasvanud kõrghariduse I astme (BA ja RAK) omandanute osatähtsus. Ka eksperdid rõhutasid, et järjest enam rakendatakse uurimis- ja arendustegevustes BA ja RAK õppe läbinud töötajaid. Arvestatava valdkondliku töökogemuse ja sobivate isikuomaduste (OSKA mõistes sellised üldoskused nagu õppimisvõime, uudishimu jms, vt täpsemalt peatükk 4 oskuste vajaduse kohta) kombinatsioonis sellest ka tööandjate hinnangul uurimismeeskonna liikmele enamasti piisab. Siiski rõhutatakse uurimis- ja eksperimentaalarendusprotsessis mitmesuguseid juhtrolle täitvate töötajate puhul doktoritasemel ettevalmistuse olulisust. Ettevõtjatega läbiviidud intervjuudest ilmnes, et levinud praktikaks on kaasata doktoritasemel ettevalmistusega väliseksperte, eriti neil aladel, kus Eestis vajalikul tasemel tööjõudu napib või eeldatakse kitsaid ja sügavaid spetsiifilisi erialateadmisi.

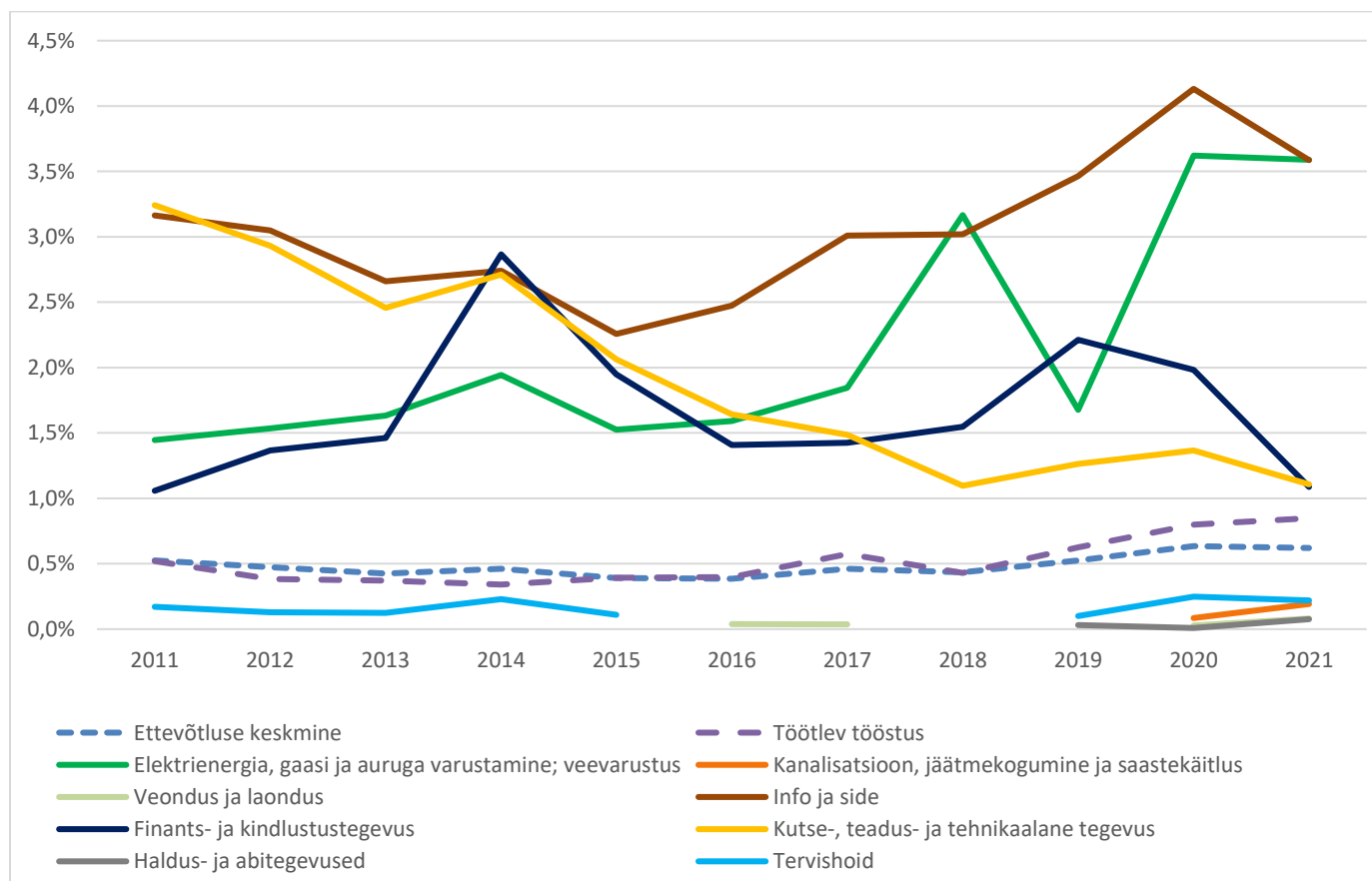


Joonis 8. Ettevõtetes uurimis- ja arendustegevusega hõivatud tippspetsialistide hariduslik jaotus 2017–2021. Allikas: Statistikaamet, andmetellimus

2.1.2. Majandustegevusalade võrdlus uurimis- ja arendustegevustesse hõlmatud töötajate osakaalu alusel

Eelnevalt vaatasime, kui palju on teadusmahukasse arendustegevusse (rakendusuuringud, eksperimentaalarendus) kaasatud töötajaid erinevatel ettevõtluse tegevusaladel viimaste kättesaadavate andmete alusel absoluutarvudes. Kui aga soovime võrrelda eri alade teadusmahukust ja selle muutumist ajas, võttes aluseks hõive dimensiooni, peaksime seda tegema uurimis- ja arendustöötajate osatähtsuse põhjal mingi tegevusala töötajaskonna hulgas. Analüüsitulemuste tõlgendamisel on oluline silmas pidada, et ettevõtete teadusmahukust on lisaks uurimis- ja arendustegevusse panustavate töötajate osatähtsuse suurendamisele võimalik kasvatada ka muudel viisidel, näiteks teadmussiirde kaudu (koostöö teadusasutustega, intellektuaalomandi sisselitsenseerimine, teadusmahukate ettevõtete üleostmine jms).

Eesti ettevõtetes on viimasel kümnendil keskmine uurimis-arendustöötajate osatähtsus kõikunud 0,4–0,5% ümber töötajaskonnast, tõustes 2020. ja 2021. aastal 0,6%-ni (vt joonis 9). See tähendab, et 2021. aastal oli ettevõtlussektoris keskmiselt 6 uurimis-arendustegevustesse panustavat töötajat 1000 ettevõtluses hõivatu kohta. Kõige kõrgem oli 2021. aastal uurimis- ja arendustöötajate osakaal info ja side tegevusalal ja energeetikas – mõlemal 3,6%, järgnesid finants- ja kindlustustegevus ning kutse-, teadus- ja tehnikaalane tegevus 1,1%-ga.



Joonis 9. Ettevõtete uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus tegevusala hõivest (EMTAKi jagude kaupa) 2011–2021. Allikas: Statistikaamet TD021, EM001, TT0200; autorite arvutused

Joonisel on näha mitme, keskmisest teadmusmahukama tegevusala puhul viimasel aastal UA töötajate osatähtsuse vähenemist. Üheks põhjuseks võib pidada COVID-19 pandeemiast tulenevaid mõjusid. Näiteks märgiti OSKA COVID-19 mõjude eriuuringus³², et kriisi tingimustes seiskus ettevõtete ja teadusasutuste koostöö, samuti pidurdus paikvaatlusi eeldavate rakendusuuringute tegemine. Seega võib eeldada, et ka uurimis- ja arendustegevused ettevõtluses laiemalt olid pärsitud – lõpetati küll käimasolevaid, kuid uusi projekte ei algatatud. Kriisist taastumise korral tõenäoliselt UA tegevused taastuvad ning UA töötajate osakaalu näitajad jätkavad varasemal kursil.

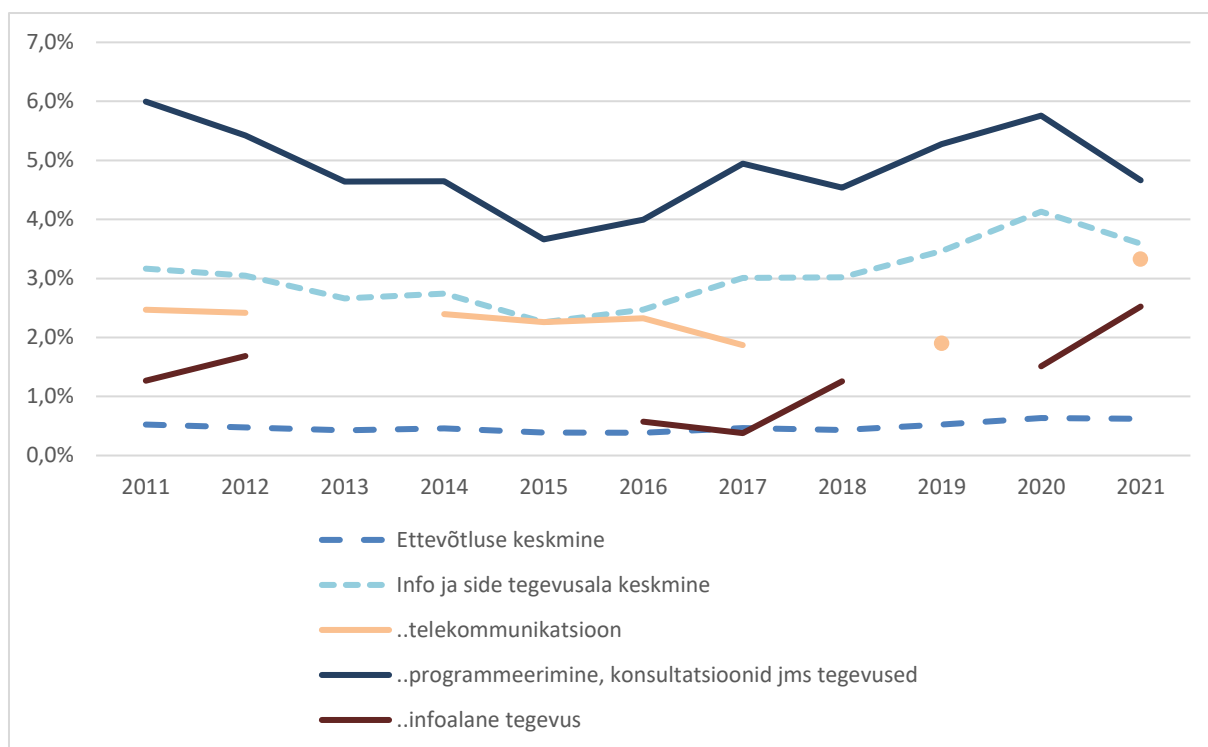
Energeetika puhul torkab näitaja suhteliselt kõrge taseme kõrval silma ka selle volatiilsus aastate lõikes, n-ö kõikumine ja lüngad aegridades on iseloomulik uurimis-arendustegevust ilmestavale ettevõtlusstatistikale üldisemalt ning võib tuleneda erinevatest põhjustest. Esiteks on enamasti tegemist mitte pideva protsessi, vaid projektipõhise tegevusega, mille ulatus ja mahud võivad aastati märkimisväärselt erineda. Teiseks peab arvestama, et infot ei koguta kõikselt, vaid valikuuringuga, mis muudab andmed omakorda ebakindlamaks³³. Ettevõtjatega läbiviidud intervjuude põhjal on alust eeldada ka alakaetust andmetes (statistikaaruannete mittetäitmine), mistõttu probleemi ulatust on keeruline hinnata.

Ettevõtluse keskmisest märksa tagasihoidlikumal määral on uurimis-arendustöötajad esindatud tervishoiu, jäätmekogumise ja saastekäitluse (mõlemad 2021. aastal 0,2%), haldus- ja abitegevuste, veonduse- ja laonduse (mõlemad 2021. aastal 0,1%) ettevõtetes. Tegevusalad, mille puhul vaadeldava näitaja osatähtsus püsis alla 0,1%, joonisel 9 ei kajastu.

Tegevusalade võrdluses kõige kõrgema uurimis- ja arendustöötajate osatähtsusega paistab silma info ja side tegevusala. Seda detailsemalt vaadates näeme ettevõtluse keskmisest märksa kõrgemaid näitajaid kõigi alamtegevusalade puhul (vt joonis 10). Infoalases tegevuses (hõlmab andmetöötlust, veebimajutust, veebiportaale, voogedastust jms) on alates 2017. aastast näitaja kasvanud 0,4%-lt 2,5%-ni 2021. aastaks, telekommunikatsioonis vastavalt 1,9%-lt 3,3%-ni, programmeerimise puhul toimus kasv 4,9%-lt 5,8%-ni 2020. aastal, seejärel aga 2021. aastal kukumine 4,7%-ni. Selle muutuse taga on programmeerimisetevõtetes hõivatute üldarvu hüppeline suurenemine 2021. aastal (aastane kasv üle viiendiku: 17 900 vs. 21 600), samal ajal kui uurimis-arendustöötajate absoluutarv jäi eelneva aasta tasemele (veidi üle 1000 töötaja). Ka infoalases tegevuses on hõive kasvutrendis, kuid uurimis-arendustöötajate arv on kasvanud hõivatute üldarvust kiiremini. Telekommunikatsioonis näeme küll pigem töötajate üldarvu kahanemist, kuid uurimis-arendustöötajate arv on hoopis suurenenud.

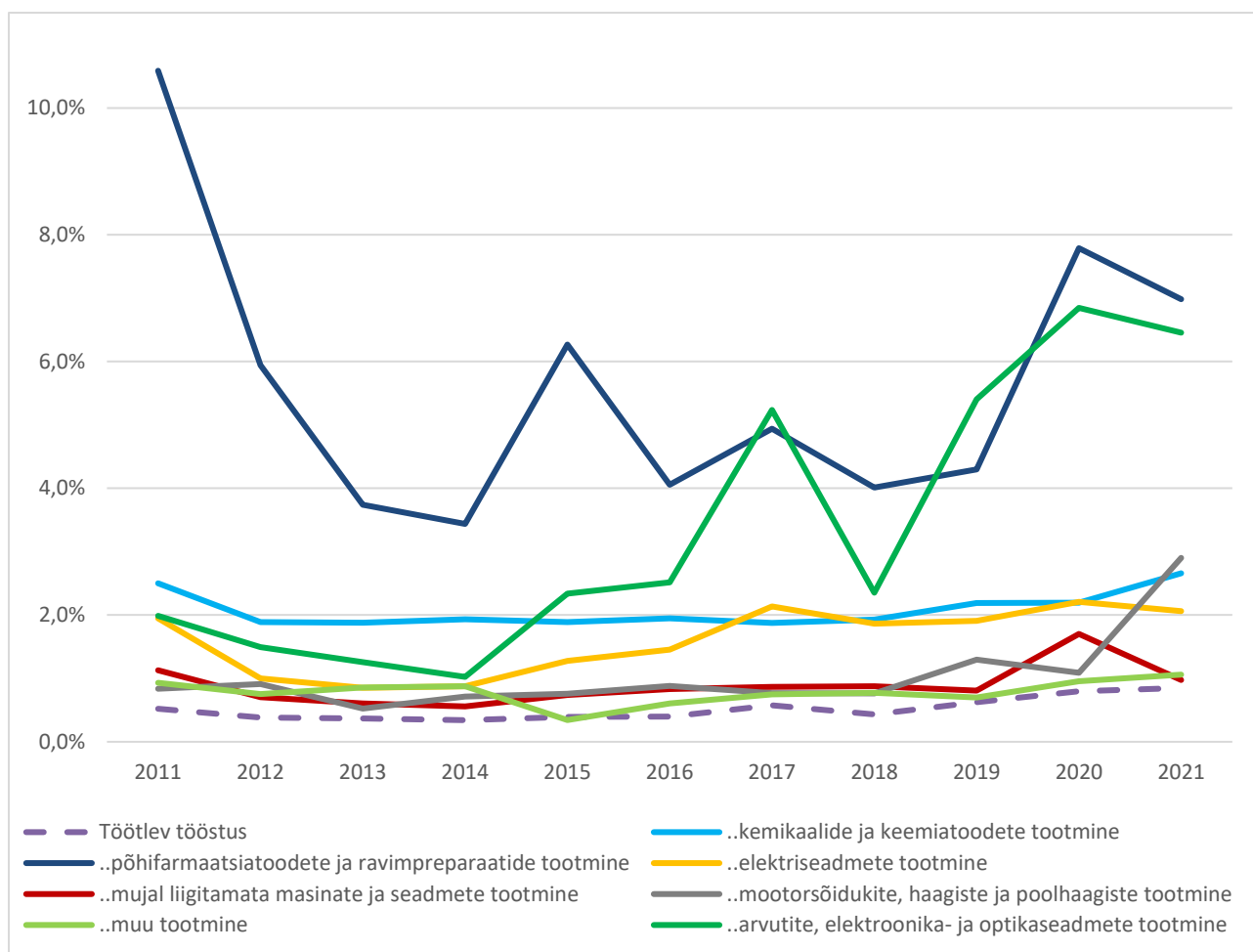
³² Rosenblad, Y., Tilk, R., Mets, U., Pihl, K., Ungro, A., Uiboupin, M., Lepik, I., Leemet, A., Kaelep, T., Krusell, S., Viia, A., Leoma, R. (2020). COVID-19 põhjustatud majanduskriisi mõju tööjõu- ja oskuste vajaduse muutusele. Uuringuaruanne. Tallinn: SA Kutsekoda, tööjõuvajaduse seire- ja prognoosisüsteem OSKA.

³³ See mõjutab ühtlasi andmekvaliteeti aladel, kus vastamas on vähe ettevõtteid, mistõttu võib juhtuda, et andmekaitsepiirangute tõttu ei ole info kättesaadav ja aegridadesse tekivad n-ö augud.



Joonis 10. Uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus info ja side tegevusala hõivest 2011–2021. Allikas: Statistikaamet TD021, EM001; autorite arvutused

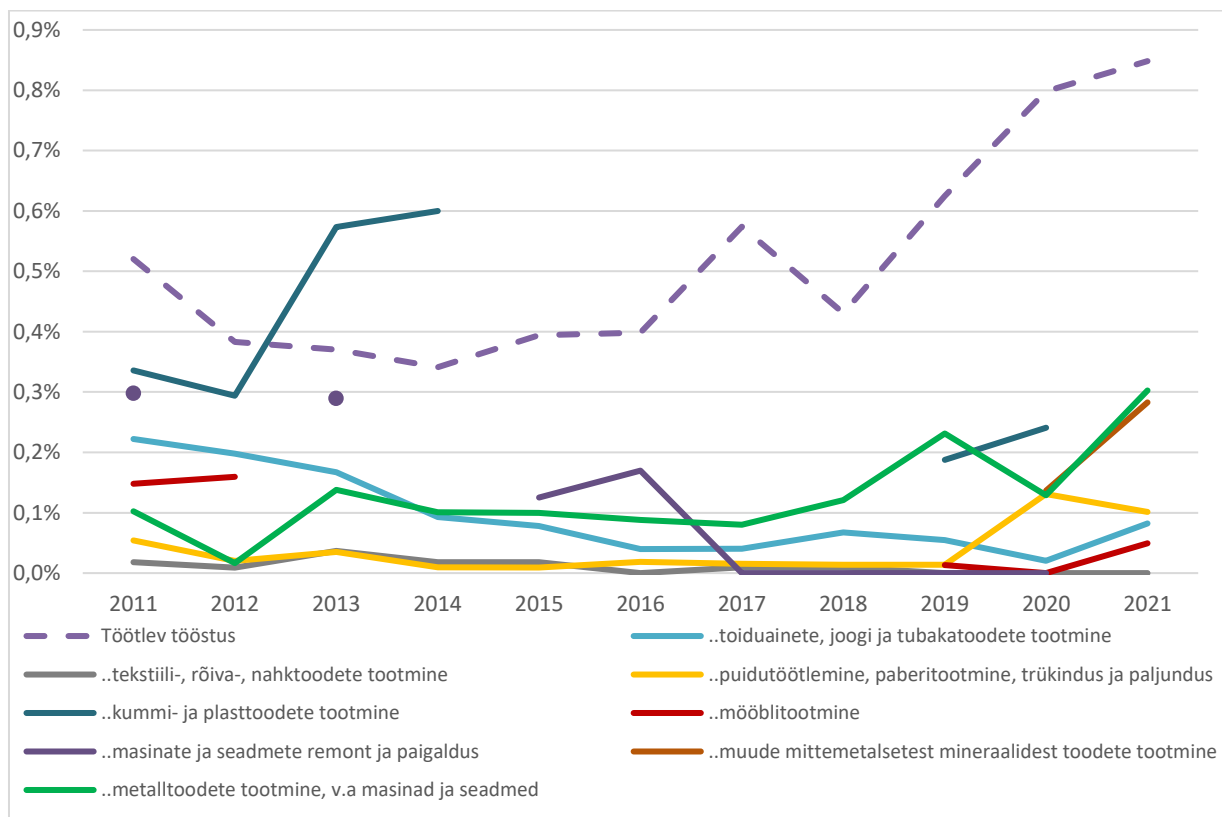
Keskmisest pisut kõrgem uurimis-arendustöötajate osatähtsus on ka töötlevas tööstuses, kus vastav näitaja kasvas ettevõtluse keskmisega võrreldes tempokamalt 2019. ja 2020. aastal. Joonisel 11 on välja toodud need **seitse tööstusharu, mida võib uurimis-arendustöötajate hõivet aluseks võttes pidada tööstuse tegevusalade võrdluses teadmumamahukamateks. Farmaatsia ja elektroonikaettevõtetes oli 2021. aastal uurimis-arendustegevustesse haaratud töötajate osatähtsused kõige kõrgemad (vastavalt 7% ja 6,5%).** Kui farmaatsiaettevõtetes on trend olnud kuni 2018. aastani pigem langev ja sealt edasi väikese tõusuga, siis elektroonikas, küll kõikumistega, aga samas pikemas, kümne aasta vaates siiski kasvav. Neile järgnevad viimastel aastatel jõulise hüppe teinud **mootorsõidukite tootmine**, suhteliselt stabiilset suundumust esindav **keemiatööstus** ning alates 2014. aastast järjepidevalt keskmisest kiiremini uurimis-arendustöötajate osatähtsust kasvatanud **elektriseadmete tootmine** (vastavalt 2,9%, 2,7%, 2,2% aastal 2021). Tööstuse keskmisest enam oli uurimis-arendustöötajaid veel ka **masinate ja seadmete ning muu tootmise** tegevusalal (2021. aastal umbes 1% töötajaskonnast). **Eelnevalt välja toodud seitsme tegevusala ettevõtetesse koondus 2021. aastal veidi üle viiendiku (23%) kogu töötleva tööstuse hõivest ning tervelt neli viiendikku (81%) uurimis- ja arendustegevusega hõivatud töötajatest.** Nendelt tegevusaladelt pärineb ka 23% töötlevas tööstuses loodavast lisandväärtusest.



Joonis 11. Töötlevas tööstuses hõivatud uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus tegevusala hõivest 2011–2021 – töötleva tööstuse keskmisest kõrgema osakaaluga tegevusalad. Allikas: Statistikaamet TD021, EM001; autorite arvutused

Töötleva tööstuse keskmisest tagasihoidlikuma teadmusmahukamate tegevusalade uurimis- ja arendustöötajate osatähtsust ja dünaamikat peegeldab joonis 12. Viimaste kättesaadavate andmete alusel võib siin eristada kaht rühma.

- **Kummi- ja plasttoodete, ehitusmaterjalide** (muude mittemetalletest mineraalidest toodete tootmine) ning **metalltoodete** tootmise tegevusaladel jäi uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus tegevusala ettevõtete hõives vahemikku 0,2–0,3%. Pikemat aegrida on siinkohal võimalik jälgida vaid metalltoodete tootmise tegevusala puhul, kus viimase viie aasta vaates võib välja lugeda küll tagasihoidlikku, kuid siiski kasvavat suundumust.
- Äärmiselt tagasihoidlikul määral (alla 0,1%) leidis teadmusmahuka uurimis- ja arendustegevustega hõivatuid **puidu- ja paberi-, toidu-, tekstiili-, mööblitootmise ning masinate ja seadmete remondi ja paigaldusega** tegelevate ettevõtete töötajaskonna hulgas. Eelnevalt loetletud madalaima teadmusmahukusega aladega on seotud üle poole (2021. aastal 54%) töötleva tööstuse hõivest ja loodavast lisandväärtusest (2021. aastal 51%). Siiski võib ka selles rühmas viimastel aastatel täheldada tagasihoidlikke positiivseid muutusi. Üksnes tekstiili- ja rõivatootmises ning seadmete remondis ja paigalduses ei ole märgata uurimis- ja arendustöötajate osatähtsuse suurenemist.



Joonis 12. Töötlevas tööstuses hõivatud uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus tegevusala hõivest 2011–2021, töötleva tööstuse keskmisest madalama osakaaluga tegevusalad. Allikas: Statistikaamet TD021, EM001; autorite arvutused

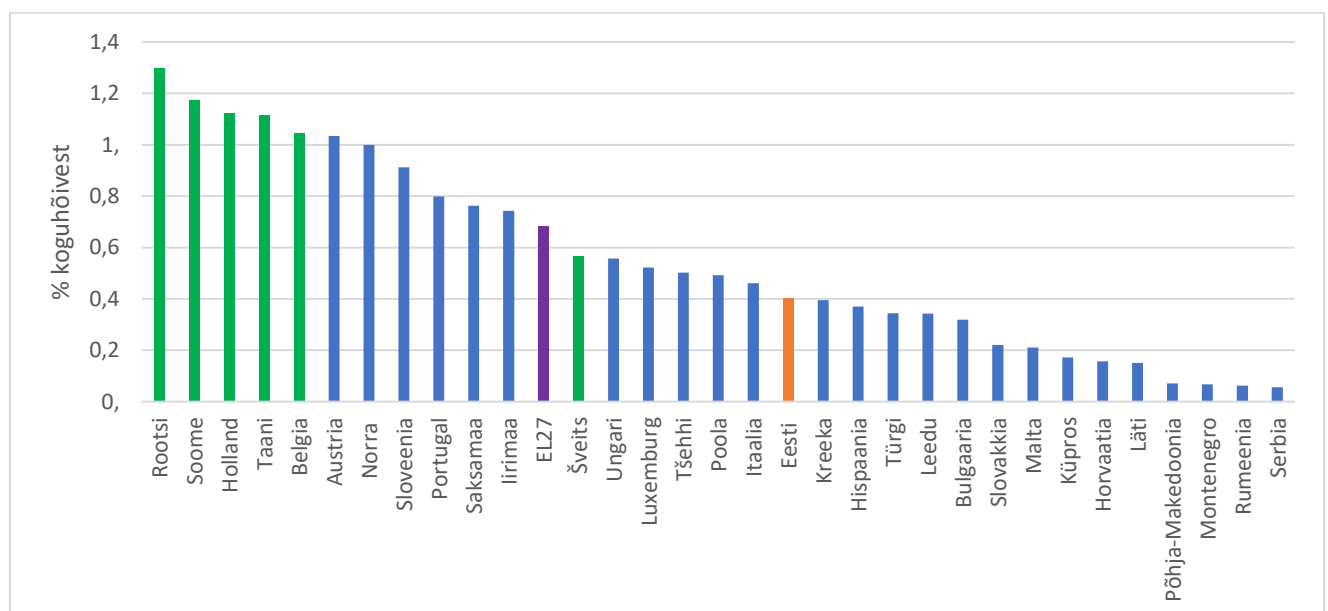
Ettevõtluseüleses tegevusalade teadmusmahukuse võrdluses uurimis- ja arendustöötajate osatähtsuse alusel tõusid keskmisest kõrgemate näitajatega esile **energeetika** ning **info ja side** tegevusalad ning tööstussektorist **farmaatsiatoodete, kemikaalide ja keemiatoodete, elektroonika- ja elektriseadmete, mootorsõidukite, muude transpordivahendite, masinate ja seadmete tootmine**. Lisaks leidub ettevõtluse keskmisest enam uurimis- ja arendustööga hõivatuid ka **kutse-, teadus- ja tehnikalase tegevuses**, mis hõlmab muu hulgas ka spetsiifiliselt teadus- ja arendustegevuse alastele turuteenustele spetsialiseerunud ettevõtteid. Nende tegevusaladega oli 2021. aastal andmete kohaselt seotud 21% ettevõtlussektori hõivest (107 000 in), 84% uurimis- ja arendustöötajatest (u 2680 inimest), 26% ettevõtluses loodavast lisandväärtustest (üle 5 miljardi euro). Mis puudutab nende tegevusalade töövõljalikust lisandväärtuse alusel, siis siin avaldub märkimisväärne variatiivsus – tootmistegevuste puhul peame kohati nentima nii ettevõtluse keskmisele (2021. aastal 41 200 eurot hõivatu kohta) kui ka töötleva tööstuse keskmisele (37 700 eurot) oluliselt alla jäävat tootlikkuse taset (transpordivahendite tootmine 28 800; muu tootmine 30 800; elektriseadmete tootmine 34 700; mootorsõidukite tootmine 36 800) ja vaid keemiatööstuste puhul saame rääkida ettevõtluse keskmisest umbes kolmandiku võrra kõrgemast tootlikkusest (56 300). Samasse suurusjärku langevad ka info ja side (54 100) ning kutse-, teadus- ja tehnikalase tegevuse (55 100) näitajad. Klass omaette on aga energeetika, kus tootlikkuse näitaja ületas 2021. aastal ettevõtluse keskmist 3,6 korda.

Seega, keskmisest kõrgema uurimis- ja arendustegevusse hõlmatud töötajate osatähtsusega võib, aga ei pruugi kaasneda suurem tootlikkus lisandväärtuse alusel.

2.2. Eesti ettevõtlus võrdluses Euroopa innovatsiooniliidritega hõives avalduva teadmismahukuse ja lisandväärtusel põhineva tootlikkuse seoste alusel

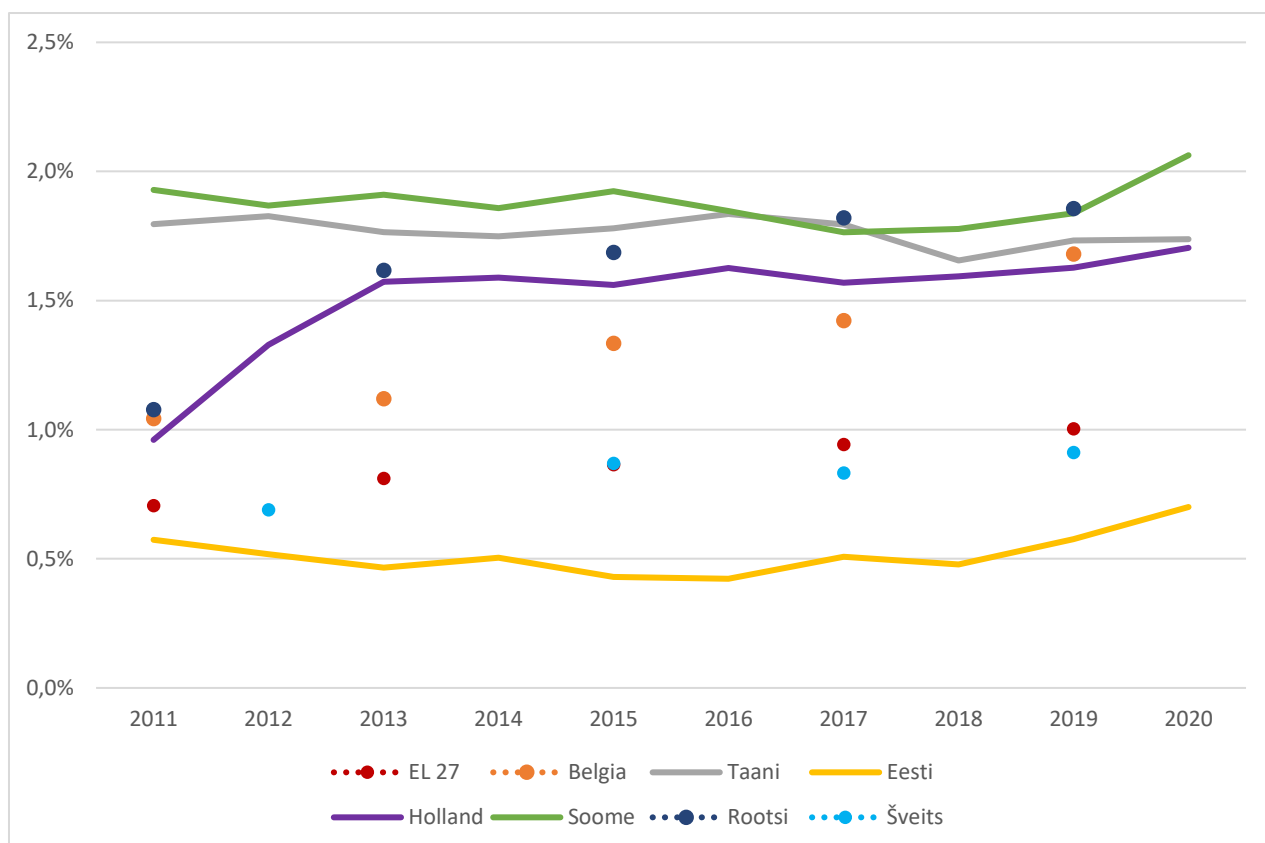
Peatükis võrreldakse Eestit Euroopa innovatsiooniliidritega hõives avalduva teadmismahukuse ja tootlikkuse suhestumise kaudu majandustegevusalade tasandil. Vaadatakse, milline on Eestis UA töötajate rakendus ja selle seos tegevusala lisandväärtusega hõivatute kohta võrreldes innovatsiooniliidritest eeskujuriikidega. Antakse ülevaade tegevusaladest, kus ilmneb suurim ja väiksem mahajäämuslõhe UA töötajate osatähtsuses ja lisandväärtuses töötaja kohta. Antakse indikatsioon, millistel aladel teadmismahukuse kasvatamisega ja UA töötajate arvu suurendamisega võiks kaasneda potentsiaalselt suurim arenguhüpe kõrgemal lisandväärtusel põhineva tootlikkuse suunas.

Euroopa 2022. aasta innovatsiooni tulemustabeli³⁴ põhjal on Euroopa kõige tulemuslikumad uuendajad Belgia, Holland, Rootsi, Soome, Taani ja väljaspool EL-i Šveits. Eesti kuulub mõõdukate novaatorite hulka koos Leedu, Sloveenia, Tšehhi ning mitme Lõuna-Euroopa riigiga, kelle näitajad jäävad EL-i keskmisele mõnevõrra alla. Innovatsiooniliidrite puhul (v.a Šveits) saame rääkida ka konkurentsivõimsest kõrgeimast ettevõtete uurimis- ja arendustöötajate osatähtsusest kõigist tööturul hõivatutest (riikide võrdluses vt joonis 13). Rootsi puhul läheneb erinevus EL-i keskmisest kahele korrale, ülejäänute näitajad ületavad EL-i keskmist 53–72% võrra. Kui EL-is keskmiselt on ligi 7 ettevõtluses uurimis- ja arendustegevustesse panustavat tippspetsialisti iga 1000 tööturul hõivatud inimese kohta, siis Eestis on vastav näitaja 4, millega oleme umbes 60% juures Euroopa keskmisest, meist eespool on 16 liikmesriiki. Võrreldes innovatsiooniliidrite keskmisega (11,5 ettevõtluses töötavat uurimis- ja arendustöötajat 1000 tööturul hõivatute kohta) on vahe pea kolmekordne.



Joonis 13. Ettevõtete uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus hõivatutest 2019. Allikas: Eurostat, RD_P_PERSLF

³⁴ Euroopa Komisjon. (2022). Euroopa Innovatsiooni tulemustabel. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard_en.



Joonis 14. Ettevõtete uurimis- ja arendustöötajate osakaal ettevõtluses hõivatutest 2011–2020, Eesti võrdluses innovatsiooniliidrite ja EL-i keskmisega. Allikas: Eurostat RD_P_BEMPOCCR2; SBS_NA_SCA_R2; autorite arvutused

Järgnevalt võrdleme ettevõtete tead(m)usmahukust hõive alusel ja selle dünaamikat Eestis, innovatsiooniliidritel ning EL-is keskmiselt, kasutades **indikaatorinäitajana uurimis- ja arendustöötajate osatähtsust kõigist ettevõtluses hõivatutest.**

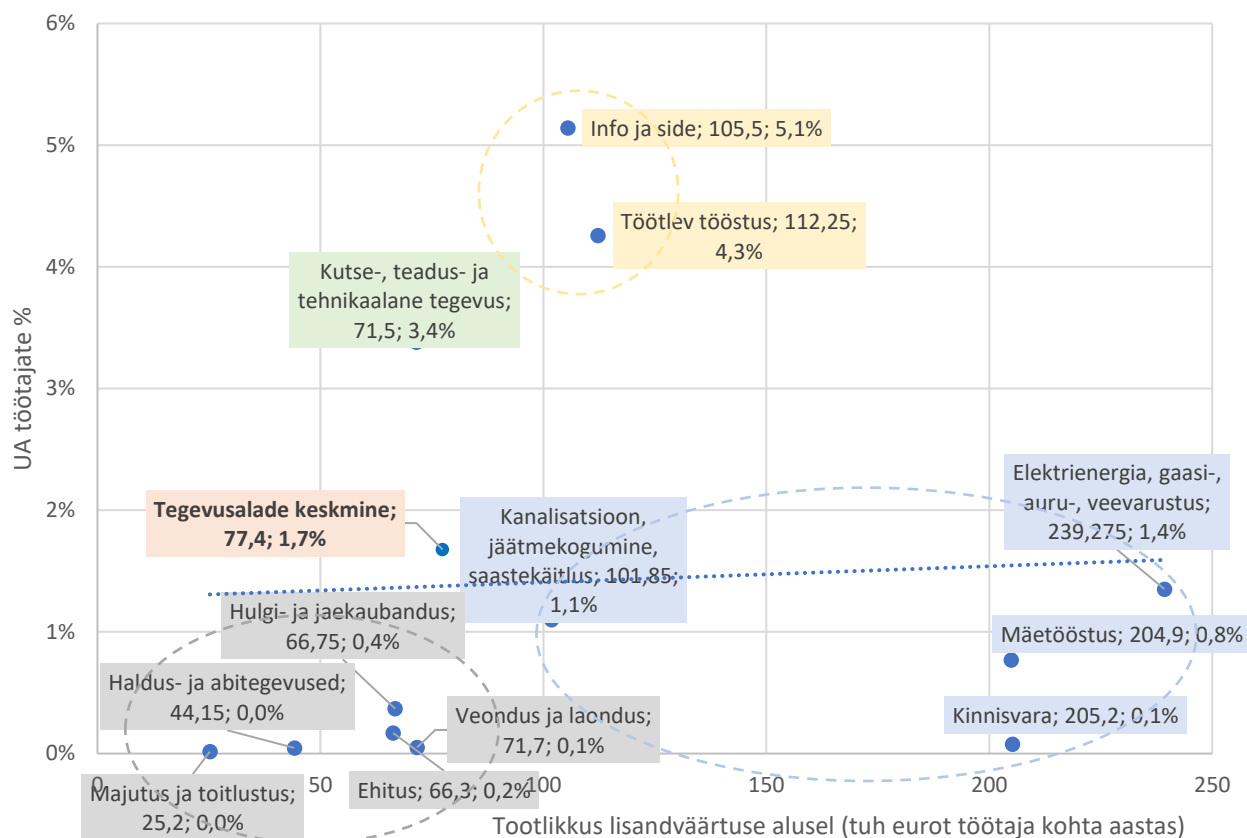
Viimasel kümnendil on see näitaja nii Soomes kui Taanis püsinud läbivalt kõrgel, 1,8–1,9% tasemel (vt joonis 14). Soomes on toimunud hüppeline uurimis- ja arendustöötajate osakaalus suurenemine vaatlusperioodi viimasel, 2020. aastal (2,1%-ni töötajaskonnast). Kõige suuremad muutused on aga kümne aasta jooksul toimunud Hollandis (1%-lt 1,7%-ni ehk 77%) ja Rootsis (1,1%-lt 1,9%-ni ehk 72%). Võrdluseks – EL-i keskmine kasvas samal perioodil 0,7%-lt 1,0%-ni, kokku 42%). Ka Belgias on TA-mahukus EL-i keskmisest jõudsamalt suurenenud (1,0%-lt 1,7%-ni ehk kokku 61%). Eesti puhul oleme sunnitud tõdema, et **vahe nii innovatsiooniliidrite kui ka EL-i keskmisega kipub paraku suurenema** – kui kümnendi eest olime 0,6%-ga umbes 80% tasemel EL-i keskmisest, siis vahepealsete aastate seisaku ja kohatise tagasilanguse tulemusena olime 2019. aastal samasse punkti (0,6%) tagasi jõudes kukkunud juba 57%-ni.

Kuivõrd siinse analüüsi üks eesmärke on välja selgitada, millistel tegevusaladel on Eestil võrreldes Euroopa innovatsiooniliidritega suurim mahajäämus ja enim potentsiaali suurendada teadusmahukuse kasvatamise toel ettevõtluses loodavat lisandväärtust ja tootlikkust, võtame selleks appi Eurostati uurimis- ja arendustegevuse (ingl *research and development*) ja ettevõtlusstatistika (ingl *annual enterprise statistics*) andmed.

Üldjuhul on uurimis- ja arendustegevust puudutavad andmed kättesaadavad üsna laiade tegevusalade tasemel, vaid töötlev tööstus ning info ja side tegevusala võimaldavad veidi üksikasjalikumat sissevaadet. Lisaks torkab silma, et osa riikide puhul on andmed kättesaadavad vaid paaritute aastate ning suuremate tegevusalade kohta. EL-i riikide koondnäitajat uurimis- ja arendustöötajate arvu kohta kahjuks tegevusalade tasemel ei avaldata. Eelnimetatud asjaolud seavad paratamatult piirid ka analüüsi ulatusele ja detailsusastmele.

Esmalt vaatamegi, kuidas suhestuvad hõives väljenduv teadmusmahukus (uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus) ning tootlikkus laiemate tegevusalade tasandil innovatsiooniliidrite puhul. Esimese näitaja puhul on aluseks võetud aastate 2015–2019 keskmine, tööjõu tootlikkus lisandväärtuse alusel põhineb 2020. aasta andmetel, mis olid analüüsi kirjutamise ajal viimased kättesaadavad. Eri riikide näitajate põhjal on innovatsiooniliidrite rühma keskmise tendentsi peegeldamiseks leitud mediaanväärtused tegevusalade tasemel. Paigutades tegevusalad tootlikkuse ja teadmusmahukuse alusel teljestikule (joonis 15), joonistub välja järgmine tüpoloogia:

- 1) **keskmisest madalam nii tootlikkus kui ka teadmusmahukus** – majutus ja toitlustus, haldus- ja abitegevused, ehitus, hulgi- ja jaekaubandus, veondus ja laondus;
- 2) **keskmisest kõrgem tootlikkus keskmisest madalama teadmusmahukuse juures** – energeetika, mäetööstus, kinnisvara ning jäätmemajandus;
- 3) **keskmisest kõrgem teadmusmahukus koos keskmisest kõrgema tootlikkusega** – info ja side, töötlev tööstus;
- 4) **keskmisest kõrgema teadmusmahukuse juures keskmisest tagasihoidlikum tootlikkus** – kutse-, teadus- ja tehnikaalane tegevus.



Joonis 15. Euroopa innovatsiooniliidrite (Rootsi, Soome, Taani, Belgia, Holland, Šveits; aluseks riikide mediaannäitajad) ettevõtluse tegevusharude võrdlus tootlikkuse ja hõivepõhise teadusmahukuse alusel. Tootlikkus lisandväärtuse alusel (tuhat eurot töötaja kohta 2020. aastal, horisontaalteljel), uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus tegevusala hõivest (aastate 2015–2019 keskmine, vertikaalteljel). Allikas: Eurostat RD_P_BEMPOCCR2, SBS_NA_SCA_R2; autorite arvutused

Moodustades Eesti kohta samuti tootlikkuse ja teadusmahukuse suhet peegeldava maatriksi (vt joonis 16) ja kõrvutades seda innovatsiooniliidrite omaga, ilmneb mitmeski mõttes üsna sarnane muster. Tegevusalade suhtelises järjestuses horisontaal- ehk tootlikkuse skaalal on kattuvust enam, erinevused on suuremad just paiknemises teadusmahukuse kontiinumil.

Madala tootlikkuse ja teadusmahukusega alad (majutus ja toitlustus, haldus- ja abitegevused, ehitus, hulgi- ja jaekaubandus) on mõlemal juhul samad – vaid selle erandiga, et Eesti puhul paikneb veondus ja laondus tootlikkuse mõttes tegevusalade keskmisest õige pisut kõrgemal.

Keskmisest kõrgema tootlikkuse, kuid madalama teadusmahukusega tegevusalade rühma paigutuvad nii Eesti kui ka innovatsiooniliidrite puhul lisaks veel kinnisvara ja jäätmemajandus. Energeetikas, mis näib nii meil kui ka võrdlusriikides olevat üks tootlikkuse lipulaevadest, kuid innovatsiooniliidritel liigitus samuti keskmisest madalama teadusmahukusega tegevusalade segmenti, on Eestis mõnevõrra üllatavana uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus innovatsiooniliidrite mediaaniga võrreldes suuremgi (vastavalt 2% vs. 1,4%). Eesti siseses tegevusalade võrdluses ületas seda vaid info ja side tegevusala 2,9%-ga. Paradoksaalsel kombel ei ole kõrgem teadusmahukus kaasa toonud eelist tootlikkuses, mis oli meil energeetikas võrdlusriikidest 2,44 korda madalam (tegevusalade ülene keskmine mahajäämus tootlikkuses oli 2020. aastal 2,37 korda).

Kahjuks puuduvad võrdlusandmed Eesti mäetööstuse teadmusmahukuse kohta, kuid tootlikkuse mahajäämus on siin energeetikast suuremgi (üle 4 korra).

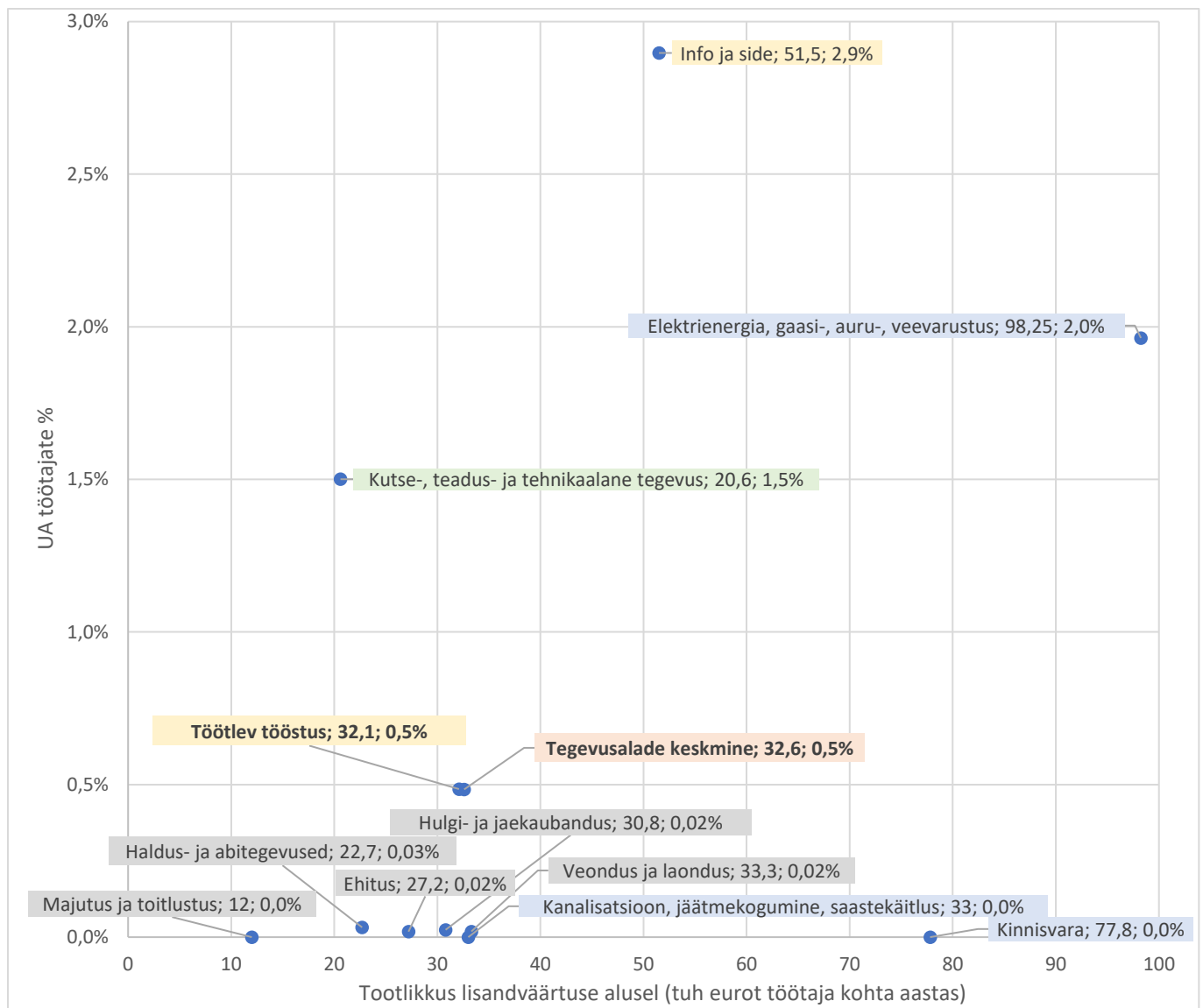
Lisaks väärrib tähelepanu, et kui jäätmemajanduses oli innovatsiooniliidritel küll uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus (1,1%) teiste tegevusaladega (1,7%) võrreldes ligi kolmandiku võrra madalam, olid nad siiski esindatud. Eestis ettevõtete puhul paraku ei kajastu vaatlusalusel perioodil (2015–2019) sel tegevusalal mitte ühtegi uurimis- ja arendustegevusse kaasatud töötajat (2020. aasta kohta raporteeriti neid 2).

Kutse-, teadus- ja tehnikaalane tegevus on nii Eestis kui ka võrdlusriikides **kõrge teadmusmahukuse juures keskmisest madalama tootlikkusega**. Uurimis- ja arendustöötajate märkimisväärne osatähtsus tuleneb siin ilmselt asjaolust, et selle tegevusala hulka kuuluvad ka teadus- ja arendustegevuse alastele turuteenustele spetsialiseerunud ettevõtted, kes panustavad lisandväärtuse ja tootlikkuse kasvu pigem teistel tegevusaladel. Sellel tegevusalal hõivatute osatähtsus kõigist ettevõtluse uurimis- ja arendustöötajatest võib riigiti varieeruda, Eestis ja Soomes on see tagasihoidlikum (2020. aastal 14% ja 15%), kuid näiteks Belgias ja Taanis märkimisväärselt kaalukam (2019. aastal 25% ja 22%).

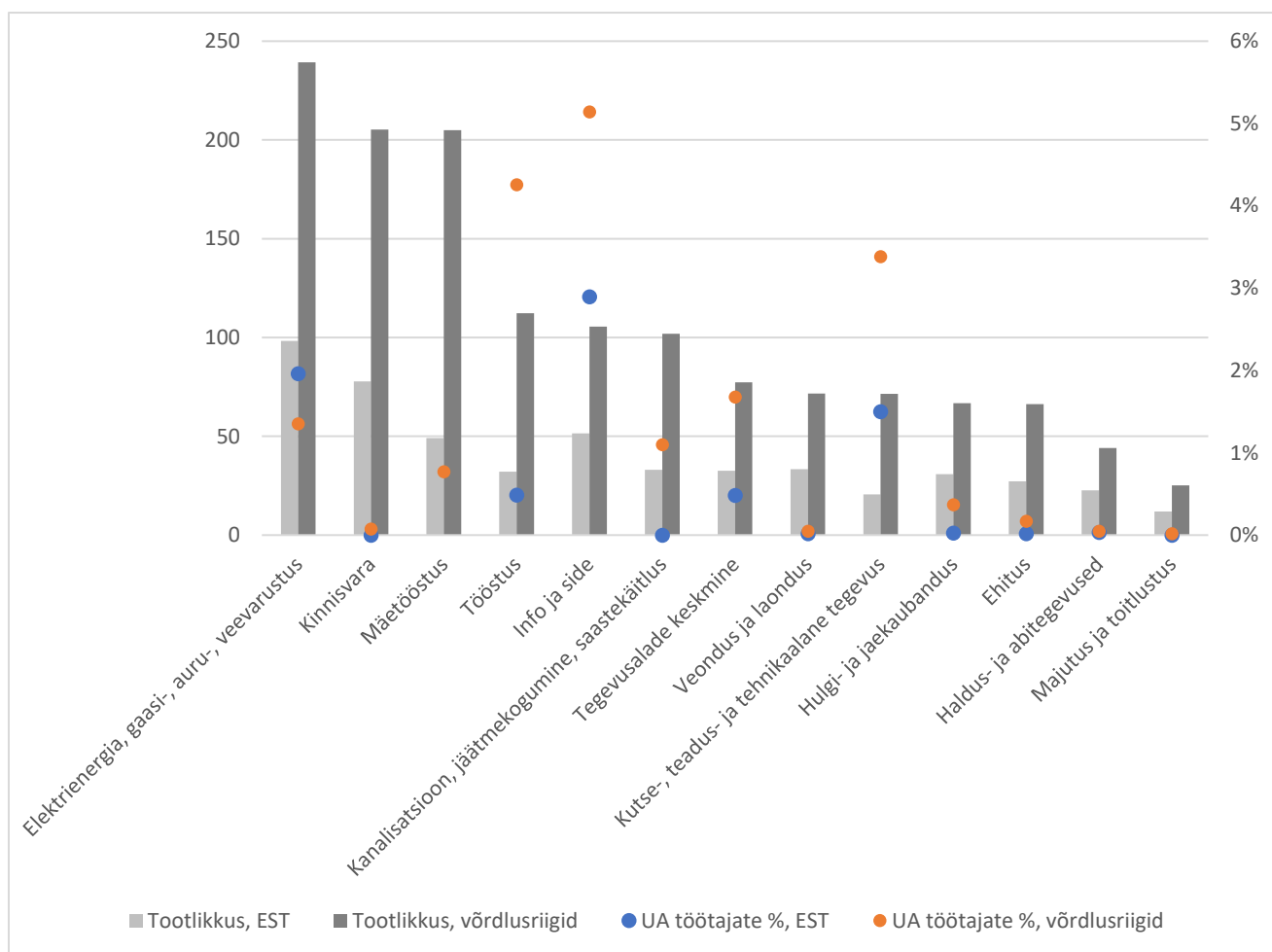
Keskmisest kõrgema tootlikkuse ja teadmusmahukusega paistab info ja side tegevusala silma nii Eestis kui ka innovatsiooniliidritel. Eesti puhul ilmneb innovatsiooniliidritega võrreldes poole suurem (ligi kuuekordne) vahe ettevõtluse keskmise uurimis- ja arendustöötajate osakaaluga (2,9% infos ja sides vs. 0,5% keskmiselt) ning 58% võrra kõrgem tootlikkus (51 500 vs. 32 600). Innovatsiooniliidrite puhul saame rääkida kolmekordsest erinevusest ettevõtluse keskmisega (5,1% vs. 1,7%) ja vaid 36% võrra keskmisest kõrgemast tootlikkusest (105 500 vs. 77 400).

Selgub, et nii meil kui ka mujal teadmusmahukuse dimensioonil liidripositsiooni hoidva info ja side tegevusala ettevõtete tootlikkuses on keskmisest oluliselt väiksemad käärid Eesti ja innovatsiooniliidrite vahel (2,05 vs. 2,37 korda). Nii väikse erinevusega suudavad konkureerida vaid alad, mille võrdlusbaas on suhteliselt madal, st mis on eeskujuriikidel keskmisest vähem tootlikumad ja teadmusmahukamad (sh haldus ja abitegevused, tööstusest puit ja trükindus; isegi nt majutuses ja toitlustuses, kaubanduses, transpordis ja logistikas on vahe pisut suurem).

Silmapaistvaim erinevus Eesti ja innovatsiooniliidrite vahel puudutab aga töötleva tööstuse positsiooni tootlikkuse-teadmusmahukuse teljestikul. Kui võrdlusriikides on tööstussektoris tervikuna nii tootlikkus kui ka uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus keskmisest kõrgemad, siis Eestis paikneb tööstus mõlemal teljel märksa madalamal, ettevõtluse keskmisega samal tasemel. Tootlikkuselt jääme võrdlusbaasile alla 3,5 korda, teadmusmahukuselt aga koguni ligi 9 korda. Siin on näha ilmselt suurimad „käärid“ laiemate tegevusalade tasemel (vt ka joonis 17). Järgnevalt uurime, milline pilt avaneb lähemal vaatlusel eri tööstusharude kohta.



Joonis 16. Eesti ettevõtluse tegevusharude võrdlus tootlikkuse ja hõivepõhise teadmismahukuse alusel. Tootlikkus lisandväärtuse alusel (tuhat eurot töötaja kohta 2020. aastal, horisontaalteljel), uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus tegevusala hõivest (aastate 2015–2019 keskmine, vertikaalteljel). Allikas: Eurostat RD_P_BEMPOCCR2, SBS_NA_SCA_R2; autorite arvutused



Joonis 17. Ettevõtluse tegevusharude võrdlus tootlikkuse ja hõivepõhise teadusmahukuse alusel Eestis ja innovatsiooniliidritel (Rootsi, Soome, Taani, Belgia, Holland, Šveits; aluseks riikide mediaannätajad). Tootlikkus lisandväärtuse alusel (tuhat eurot töötaja kohta 2020. aastal, vasak telg), uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus tegevusala hõivest (aastate 2015–2019 keskmine, parem telg). Allikas: Eurostat RD_P_BEMPOCCR2, SBS_NA_SCA_R2; autorite arvutused

Kuidas paiknevad üksteise suhtes tootlikkuse-teadusmahukuse telgedel eri tööstusharud innovatsiooniliidritel, ilmneb jooniselt 2.2.D. Tinglikult on siin võimalik välja tuua viis n-ö klassist:

- 1) **keskmisest madalam nii tootlikkus kui ka teadusmahukus** – trükindus, mööbli-, tekstiili- ja rõivatootmine, masinate ja seadmete remont ja paigaldus, puit- ja metalltoodete tootmine;
- 2) **keskmisest kõrgem tootlikkus keskmisest madalama teadusmahukuse juures** – kummi ja plast, ehitusmaterjalid, paber, toit-jook. Kahel viimasel juhul on tegemist mitte lihtsalt ettevõtluse keskmisest tootlikumate, vaid töötleva tööstuse keskmist töövõime ületavate tegevusaladega;
- 3) **ettevõtluse keskmisest kõrgem tootlikkus ja teadusmahukus, mis jääb siiski alla töötleva tööstuse keskmistele** – mootorsõidukite ja haagiste, muude transpordivahendite tootmine ja muu tootmine (sh meditsiini- ja hambaraviinstrumendid ja materjalid);
- 4) **töötleva tööstuse keskmisest madalam tootlikkus keskmisest kõrgema teadusmahukuse juures** – elektriseadmete ning muude masinate ja seadmete tootmine;
- 5) **keskmisest kõrgem nii tootlikkus kui ka teadusmahukus** – arvutid, elektroonika, optika; keemia, farmaatsia.

Kui töötleva tööstuse tegevusalade kohta joonistatud maatriksi põhjal otsida vastust küsimusele, kas suurem uurimis- ja arendustöötajate suhtarv mingil alal tähendab ühtlasi ka kõrgemat lisandväärtust hõivatud kohta, siis selline seos näib reljeefsemalt ilmnevat pigem siin kui laiemate majandusharude tasemel (vrd joonis 15). Siiski, keskmiste väärtuste lähistel näib seos olevat ilmsem, kuid nii madalamate kui ka just kõrgemate väärtustega aladel on hajuvus märkimisväärselt suurem.

Mõningase lihtsustuse ja suure üldistusastme juures võiks väita, et joonistub välja (joonised 18 ja 19) kaks eri kaldenurgaga vektorit. Teravam nurgaga ehk jõulisema tootlikkuse kasvuga suund, mida iseloomustab tootlikkuse kiirem kasv võrreldes teadmusmahukusega (joonisel alates ehitusmaterjalidest, paberist, toidust-joogist kuni keemia ja farmaatsiani) võiks teatavate reservatsioonidega viidata materjalide töötlemisele-väärindamisele ja n-ö pidevtootmisele. Teise vektori, mille puhul ei kaasne teadmusmahukuse suurenemisega nii kiiret tootlikkuse kasvu, võiks tinglikult tõmmata olulisemalt järsuma nurga all alt vasakult üles, joonisel metalltoodetest elektroonikani (vahepeal mootorsõidukid, muud transpordivahendid, masinad, seadmed). Koondudes ümber laia spektri mitmesuguste masinate ja seadmete tootmise, iseloomustab seda suunda pigem tükktootmine ja/või projektipõhine tootmine.

Seega võiks tööstuse puhul hea tahtmise korral rääkida teatavast lahknevusest tootlikkuse ja teadmusmahukuse seosmustrites – materjalide väärindamise ja vooltootmise puhul näib teadmusmahukuse suurenedes kasvavat tootlikkust kiiremini.

Kui võrrelda Eesti tööstuse tegevusalade paiknemist tootlikkuse-teadmusmahukuse teljestikul (joonis 19) innovatsiooniliidrite puhul ilmnenuid mustriks (joonis 18), siis suures plaanis jätab see võrdlemisi sarnase mulje. Olulisemad erinevused torkavad silma pigem keskväertuse läheduses ja liidrite omavahelises suhestumises.

Innovatsiooniliidrite tegevusalade jaotusest on selgelt näha, kuidas kõige tootlikumad tegevusalad (farmaatsia, keemia) tõmbavad tööstuse keskmist kõrgemale – mediaan (pooled väärtustest kõrgemad, pooled madalamad) paikneb 85% juures töötleva tööstuse aritmeetilisest keskmisest (tööstuse keskmisest tootlikumad on vaid 6 tegevusala 20-st). Eestis, vastupidi, tõmbavad kõige madalamad väärtused (tekstiil, rõivas, mööbel) tööstuse keskmist tootlikkust suurel määral alla – aritmeetiline keskmine on mediaanist 11% madalam (13 tegevusala 20-st on tööstuse keskmisest tootlikumad, vt joonised lisas 7).

Keskmisest madalama tootlikkuse ja teadmusmahukusega rühmas ilmneb tootlikkuse mõttes märksa suurem hajuvus, näiteks lahkneb Eesti kontekstis selgelt puidutöötlemine, kus tootlikkus on keskmisest isegi kõrgem. Võrdluses eeskujuriikidega ilmneb siin teistest klastritest väiksem vahe tootlikkuses (2,4 korda), samas väga suur erinevus uurimis- ja arendustöötajate osakaalus, seda eeskätt seetõttu, et Eesti ettevõtete puhul on see näitaja suisa nullis või selle lähistel.

Keskmisest kõrgem tootlikkus keskmisest madalama teadmusmahukuse juures tähendab siinsetele ehitusmaterjalide, kummi- ja plasti-, paberi-, toidu- ja joogitootjatele keskmiselt siiski ligi viiekordset mahajäämust innovatsiooniliidritest tootlikkuses ning ülisuurt vahet uurimis- ja arendustöötajate osakaalus (rühma keskmine < 0,1% vs. 1,1% võrdlusriikides).

Innovatsiooniliidrite kolmas ja neljas klaster, **mis kokku katavad mõlemal teljel keskväertuste lähipiirkonda ja sealt ülespoole kõrgema teadmusmahukusega ala**, on Eesti kontekstis omavahel segunenud. Sinna kuuluvad valdavalt masina- ja metallitööstusega seotud tegevusalad ehk

mootorsõidukite, muude transpordivahendite, erinevate masinate ja seadmete tootmine. Eesti puhul on tegemist selgelt meie töötleva tööstuse keskmisest kõrgema uurimis- ja arendustöötajate osakaaluga, tootlikkuse näitajate juures ilmneb võrdlusriikidest suurem hajuvus, masinate ja seadmete ning mootorsõidukite tegevusalad on meil keskmisest mõnevõrra tootlikumad.

Võrdluses töötleva tööstuse keskmisega on sel segmendil keskmisest tagasihoidlikum mahajäämus nii tootlikkuses (35 000 vs. 92 000; 2,6 korda) kui ka uurimis- ja arendustöötajate osatähtsuses (0,7% vs. 2,6%, 3,7 korda). Siiski väärub eraldi väljatoomist, et masinate ja seadmete tootmises, kus toimuv arendustegevus peaks võimaldama teistel tegevusaladel luua suuremat lisandväärtust ja kasvatada tootlikkust (valmistades seadmed ja robotid teistele tööstusharudele, põllu-, metsamajandus-, ehitusmasinaid jms), on paraku silmatorkavad käärid uurimis- ja arendustegevustesse panustavate töötajate osakaalus võrreldes eeskujuriikidega (1% vs. 5%).

Keskmisest kõrgem tootlikkus ja teadmismahukus kombineeruvad innovatsiooniliidritel farmaatsia-, keemia- ja elektroonikatööstuse ettevõtetes. Ka Eesti puhul paiknevad üleval paremas kvadraadis samad tegevusalad, lisaks leiame sealt ka koksi ja puhastatud naftatoodete (sh turbatoodete) tootmise, mille kohta võrdlusriikidel kahjuks teadus- ja arendustegevust puudutavad andmed puuduvad. Tootlikkuse mahajäämus on siin tööstuse keskmisest suurem (ligi 5 korda) ja vaatamata Eesti tingimustes kõrgele uurimis- ja arendustöötajate osakaalule (3,4%), tuleb vahe siiski üle nelja korra.

Silmapaistvaim erisus on aga vast selles, et innovatsiooniliidrite puhul tootlikkuse lipulaeva staatuses olev farmaatsia jääb Eestis tootlikkuselt keemiatööstusele alla, vaatamata üle kahe korra kõrgemale teadmismahukusele (vt ka joonised 20 ja 19). Tootlikkuse mahajäämuse pingerida tööstuses juhibki farmaatsia umbes 7-kordse erinevusega võrdlusriikidest, keemias ja elektroonikas on see näitaja 3,5 kanti.

Uurimis- ja arendustöötajate osatähtsuse mahajäämus on selles kvadraadis kõrgeim ehk üle 7 korra elektroonikatööstuses (25,6% vs. 3,6%). Farmaatsias (11,8% vs. 4,7%) ja keemias (4,8% vs. 2%) seevastu oluliselt tagasihoidlikum, mõlemal umbes 2,5 korda. Siin on ühtlasi näha tööstuse tegevusalade võrdluses kõige väiksem vahe, kui mõõta erinevust kordades, samas suurima, kui lähtuda vahest protsendipunktides.

Ülevaate sellest, kui suured on vahed uurimis- ja arendustöötajate osatähtsuses ja tootlikkuses lisandväärtuse alusel Euroopa innovatsiooniliidritega, leiab jooniselt 20. Punasega on markeeritud alad, kus mahajäämus on võrreldes teiste tegevusaladega suurim korraga mõlemas dimensioonis, rohelisega alad, kus see on kõige väiksem.

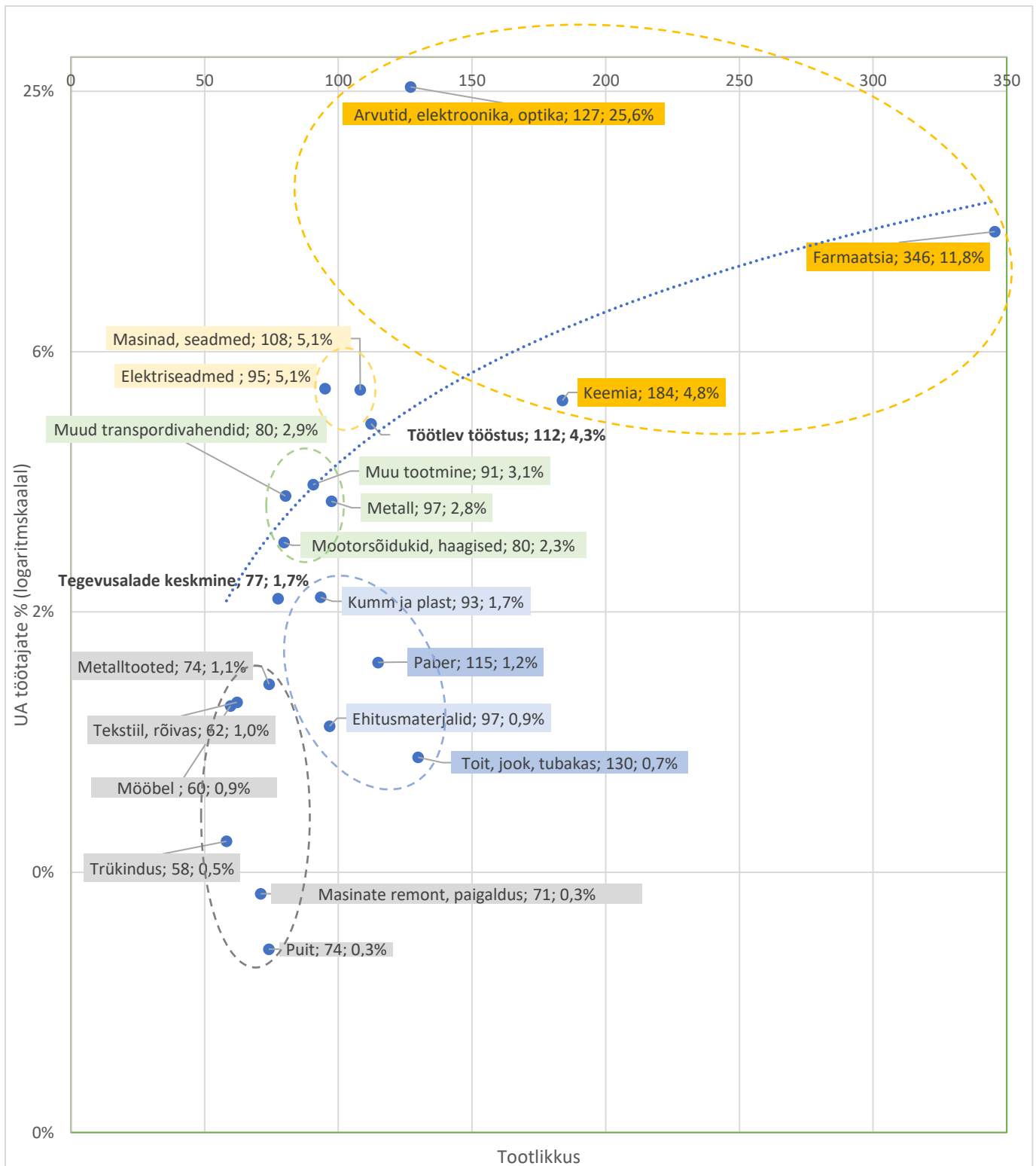
Tööstuse tegevusalade võrdluses on mahajäämus tootlikkuses suurim farmaatsias (7,4 korda), keemias (3,6), elektroonikas (3,6), tekstiilis ja rõivas (3,3), toidus ja joogis (3,3), muus tootmises (3,1), paberis (3,1), masinate ja seadmete ning elektriseadmete tootmises (2,9). Valdavalt (v.a tekstiil ja rõivas, muu tootmine) on need alad nii meil ka kui innovatsiooniliidritel keskmisest kõrgema tootlikkusega.

Uurimis- ja arendustöötajate väga madal või lausa olematu osatähtsus iseloomustab pea pooli Eesti töötleva tööstuse tegevusalasid. Selle tõttu kujunevad ka erinevused kordades mõõdetuna ebaproportsionaalselt suurteks, keeruline on tegevusalasid mahajäämuse alusel järjestada (andmete põhjal ei ole alati võimalik vahet teha konfidentsiaalsuspiirangutest tulenevate puuduvate väärtustega ja olukorraga, kus näitaja on ka tegelikult nullis). Alad, kus meil vaatab vastu n-ö nulliring või sellele

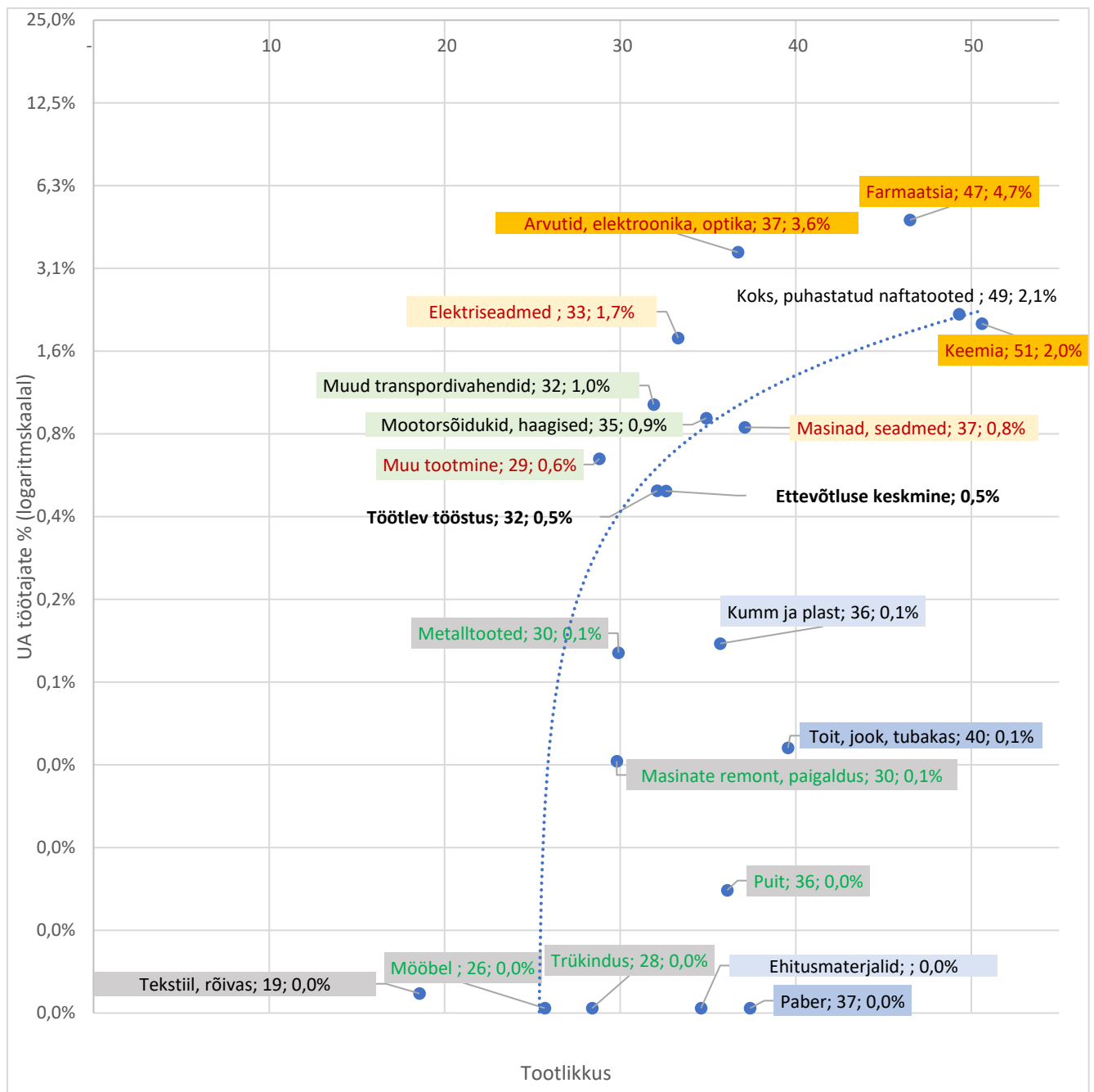
lähedane olukord ja innovatsiooniliidrite näitajad on samuti madalad (alla 0,5%), on puit ja trükindus; 1% kandis referentsväärtused leiab ehitusmaterjalides, mööblis, tekstiilis ja rõivas, toidus, paberis. Kummis ja plastis on mahajäämus 13-kordne (0,1% vs. 1,7%), elektroonikas, mis esindab võrdlusriikide kõrgeimat näitajat tööstuses ja on meil farmaatsia järel teisel kohal, on vahe 7-kordne (3,6% vs. 25,6%). Töötleva tööstuse puhul on suure hulga väga madalate väärtuste tõttu keskmine vahe kordades umbes 9 ehk ettevõtluse keskmisest 2,5 korda suurem.

Tööstuse tegevusalad, kus suurim mahajäämus tootlikkuses langeb kokku suurima erinevusega uurimis- ja arendustöötajate osakaalus³⁵, on elektroonika (22 PP), farmaatsia (vahe 7,2 PP), masinad ja seadmed (4,3 PP), elektriseadmed (3,4 PP), keemia (2,8 PP), muu tootmine (2,4 PP). Paradoksaalselt on need nii meil kui ka võrdlusriikides keskmisest tootlikumad (v.a muu tootmine) ja kõrgema uurimis- ja arendustöötajate osatähtsusega tööstusharud. Vähim mahajäämus nii tootlikkuses kui ka teadusmahukuses on puidutööstuses, trükinduses, masinate remondis ja paigalduses, mööbli- ja metalltoodete tootmises. Need on alad, mis jäävad tootlikkuse ja teadusmahukuse skaalade madalamasse otsa nii meil kui ka mujal. Seega lihtsustatult kokku võttes – mahajäämus on suurim seal, kus meil läheb hästi, aga eeskujuriikidel veel paremini.

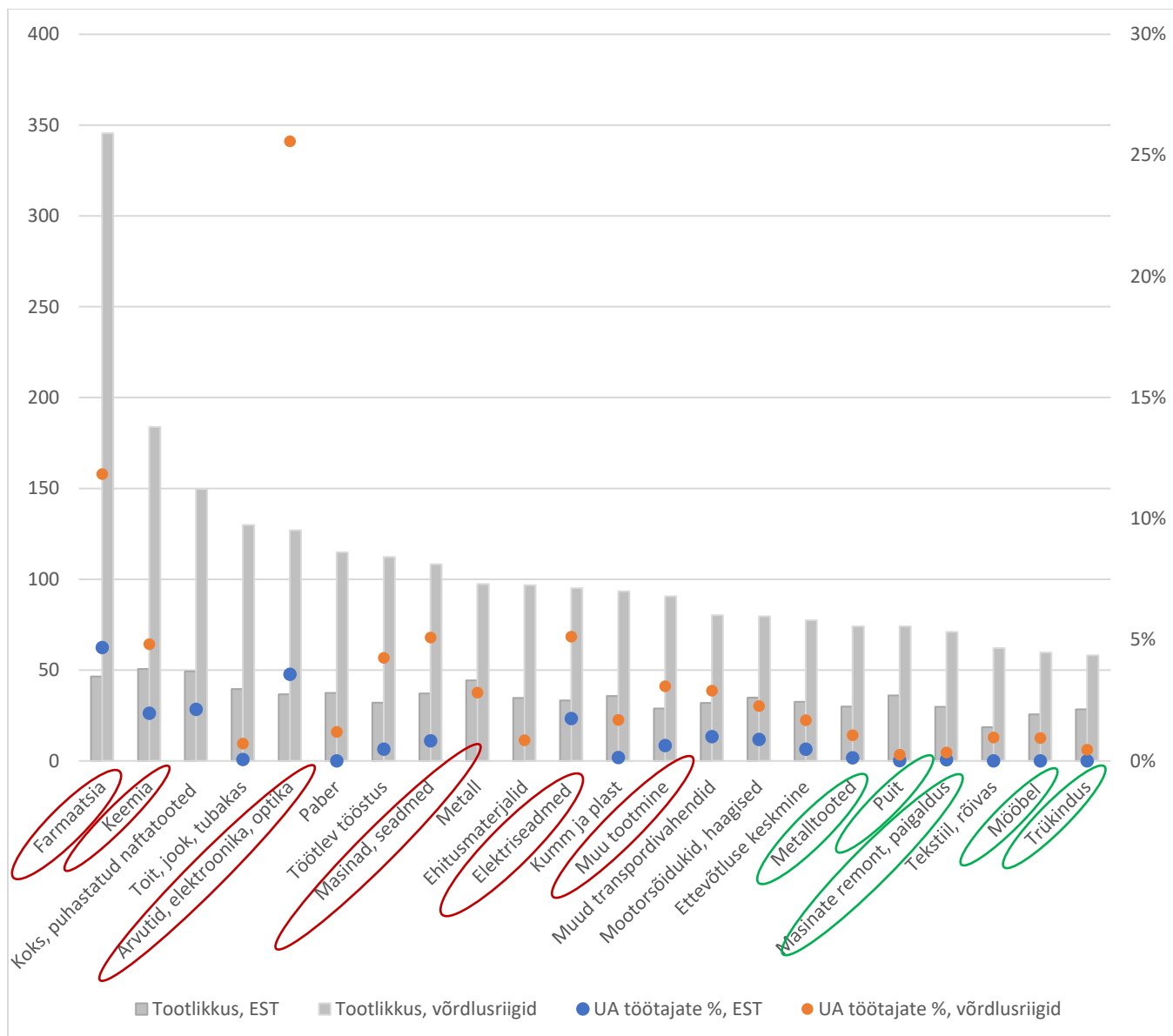
³⁵ St vahe mitte kordades, vaid intervall protsendipunktides (PP).



Joonis 18. Tööstuse tegevusalade võrdlus tootlikkuse ja hõivepõhise teadusmahukuse alusel Euroopa innovatsiooniliidritel (Rootsi, Soome, Taani, Belgia, Holland, Šveits; aluseks riikide mediaannäitajad). Tootlikkus lisandväärtuse alusel (tuhat eurot töötaja kohta 2020. aastal, horisontaalteljel), uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus tegevusala hõivest (aastate 2015–2019 keskmine, vertikaalteljel). Allikas: Eurostat RD_P_BEMPOCCR2, SBS_NA_SCA_R2; autorite arvutused



Joonis 19. Eesti tööstuse tegevusalade võrdlus tootlikkuse ja hõivepõhise teadusmahukuse alusel. Tootlikkus lisandväärtuse alusel (tuhat eurot töötaja kohta 2020. aastal, horisontaalteljel), uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus tegevusala hõivest (aastate 2015–2019 keskmine, vertikaalteljel). Punasega on markeeritud tegevusalad, kus mahajäämus on suurim, ja rohelisega väiksem nii tootlikkuses kui ka uurimis- ja arendustöötajate osatähtsuses. Allikas: Eurostat RD_P_BEMPOCCR2, SBS_NA_SCA_R2; autorite arvutused.



Joonis 20. Tööstusharude võrdlus tootlikkuse ja hõivepõhise teadmismahukuse alusel Eestis ja innovatsiooniliidritel (Rootsi, Soome, Taani, Belgia, Holland, Šveits; aluseks riikide mediaannäitajad). Tootlikkus lisandväärtuse alusel (tuhat eurot töötaja kohta 2020. aastal, vasak telg), uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus tegevusala hõivest (aastate 2015–2019 keskmine, parem telg). Punasega on markeeritud tegevusalad, kus mahajäämus on suurim, ja rohelisega väiksem nii tootlikkuses kui ka uurimis- ja arendustöötajate osatähtsuses. Allikas: Eurostat RD_P_BEMPOCCR2, SBS_NA_SCA_R2; autorite arvutused

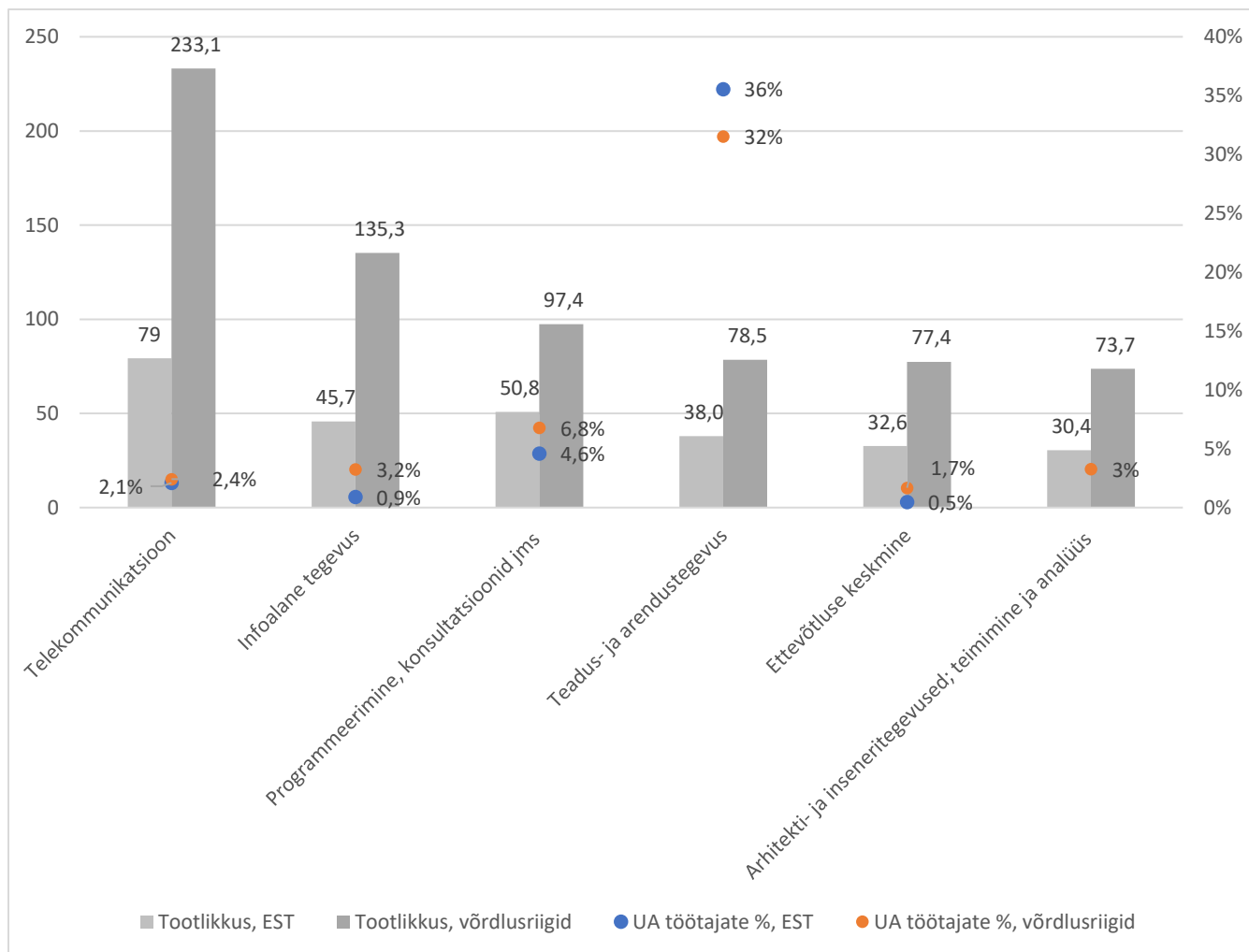
Järgnevalt sissevaade kahte teenuste sektorisse kuuluvasse alasse, mis töötleva tööstuse kõrval on olulisemad uurimis- ja arendustöötajate tööandjad. Info ja side ning kutse-, teadus- ja tehnikaalases tegevuses luuakse lahendusi, mis aitavad eri elualadel teadmusintensiivsust ja lisandväärtust kasvatada.

Uurimis- ja arendustöötajate osakaal on siin ettevõtluse keskmisest ootuspäraselt valdavalt kõrgem, infos ja sides tootlikkus samuti, kutse-, teadus- ja tehnikaalases tegevuses nii meil kui ka võrdlusriikides ettevõtluse keskmise lähedal (vt joonis 21). Programmeerimises on tootlikkuse mahajäämus kogu ettevõtluse madalaim (vahe 1,92 korda), teadusmahukuses on vahe võrreldes teiste aladega pigem väike (4,6% vs. 6,8%), tootlikkuse erinevus kõigist tegevusaladest madalaim (alla kahe korra).

Nii Eestis kui ka võrdlusriikides tootlikemate tegevusalade hulka kuuluvates telekommunikatsioonides on vahe uurimis- ja arendustöötajate osatähtsuses veelgi väiksem (2,1% vs. 2,4%), küll aga ilmneb tootlikkuses keskmisest märksa suurem, pea kolmekordne erinevus (79 000 vs. 233 000).

Infoalane tegevus, mille alla kuuluvad muu hulgas andmetöötlus ja veebihosting, eristub teistest info ja side harudest märkimisväärselt suurema vahega uurimis- ja arendustöötajate osakaalus (0,9% vs. 3,2%, st 3,6 korda), tootlikkus erineb ligi 3 korda (46 000 vs. 135 000), nagu telekommunikatsiooniski.

Teadus- ja arendustegevuses on ootuspäraselt tegevusalade võrdluses suurim uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus, Eestis on see energiaalal ainus ala, kus meie näitaja ületab innovatsiooniliidrite oma (36% vs. 32%). Arhitekti- ja inseneritegevuste, teimimise ja analüüsi tegevusalade kohta meil vaatlusperioodil kahjuks andmed kättesaadavad ei ole. Innovatsiooniliidritel on siin uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus üle 3%, ettevõtete keskmisest ligi 2 korda kõrgem. Selle valdkonna ettevõtjatega läbiviidud intervjuude põhjal on alust eeldada statistikas alakaetust – aruandeid peetakse ebaproportsionaalselt koormavaks, levinud praktikaks on need täitmata jätta.



Joonis 21. Info ja side ning kutse-, teadus- ja tehnikaalase tegevuse tegevusalade võrdlus tootlikkuse ja hõivepõhise teadmismahukuse alusel Eestis ja innovatsiooniliidritel (Rootsi, Soome, Taani, Belgia, Holland, Šveits; aluseks riikide mediaannäitajad). Tootlikkus lisandväärtuse alusel (tuhat eurot töötaja kohta 2020. aastal vasak telg), uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus tegevusala hõivest (aastate 2015–2019 keskmine, parem telg). Allikas: Eurostat RD_P_BEMPOCCR2, SBS_NA_SCA_R2; autorite arvutused

2.3. Kokkuvõte ja järeldused statistilise ülevaate põhjal

- 2021. aastal oli Statistikaameti andmetel Eesti ettevõtetes hõivatud kokku umbes 3200 uurimis- ja arendustöötajat ehk oma eriala tippspetsialisti, kes vähemalt 10% tööajast panustasid uurimis- ja arendustegevustesse. Kümme aastat tagasi oli neid ligi kolmandiku võrra vähem.
- Keskmiselt panustavad UA töötajad 72% tööajast uurimis- ja arendustegevustele. Valdavalt on tegemist katse- ja arendustöödega, kuid viiakse läbi ka rakendusuuringuid ja vähesel määral alusuuringuid (suhe umbes 72%, 25%, 3%).
- Uurimis- ja arendustöötajaid on enim (43%) suurte, üle 250 töötajaga ettevõtete hulgas ja vaid 6% alla 10 töötajaga mikroettevõtetes. Ettevõtlussektori töötajaskonnas tervikuna on suundumus pigem vastupidine – 34% kõigist hõivatutest rakendub mikroettevõtetes ja 19% suurettevõtetes³⁶.
- 2021. aastal olid ligi pooled uurimis- ja arendustöötajad bakalaureusekraadiga, kolmandik magistrikraadiga, kümnendik rakenduskõrgharidusega ning 8% doktorikraadiga. **Viimasel viiel aastal on uurimis- ja arendustegevustesse haaratud töötajate arvu suurenedes nende hulgas kasvanud kõrghariduse I astme (BA ja RAK) omandanute osatähtsus.** Tööandjate hinnangul uurimismeeskonna liikmetele kõrghariduse esimesel astmel (BA, RAK) pakutavast ettevalmistusest enamasti piisab, kui sellega kaasneb ka arvestatav valdkondlik töökogemus ja tugevad üldoskused. Siiski rõhutatakse uurimis- ja eksperimentaalarendusprotsessis erinevaid juhtrolle täitvate töötajate puhul doktoritasemel ettevalmistuse olulisust.
- Ettevõtetes uurimis- ja arendustegevustesse kaasatud töötajatest kolmveerand on vanuses 25–44 aastat³⁷.
- 91% uurimis- ja arendustöötajate hõivest on koondunud info ja side (1250; 39%), töötleva tööstuse (950; 29%), teadus- ja arendustegevuse alaste turuteenuste (350; 11%), energeetika ja veevarustuse (230; 7%) ning finants- ja kindlustusettevõtetesse (160; 5%).
- Kui EL-is keskmiselt on ligi 7 ettevõtluses uurimis- ja arendustegevustesse panustavat tippspetsialisti iga 1000 tööturul hõivatud inimese kohta, siis Eestis on vastav näitaja 4, millega oleme umbes 60% juures Euroopa keskmisest ja meist eespool on 27-st liikmesriigist 16. **Võrreldes innovatsiooniliidrite keskmisega (11,5 ettevõtluses töötavat uurimis- ja arendustöötajat 1000 tööturul hõivatuga) on vahe pea kolmekordne. Mahajäämus** nii innovatsiooniliidritest kui ka EL-i keskmisest on varasemal kümnendil pigem suurenenud.
- Ettevõtluseüleises tegevusalade teadmusmahukuse võrdluses uurimis- ja arendustöötajate osatähtsuse alusel tegevusala hõivest tõusid keskmisest (2021. aastal 0,6%) kõrgemate näitajatega esile **energeetika** ning **info ja side** tegevusalad (ühtlasi viimase kümnendi jõulisemad hõivepõhise teadmusmahukuse kasvatajad laiemate majandusharude võrdluses, mõlemad 2021. aastal 3,6%). Tööstussektorist paistsid silma **farmaatsiatoodete tootmine** (7%; varasem kõikum trend, viimastel aastatel pigem kasvanud), **kemikaalide ja keemiatoodete tootmine** (2,7%; stabiilne trend,

³⁶ 2018–2020 keskmiste näitajate alusel.

³⁷ 2019–2021 keskmiste näitajate alusel.

viimastel aastatel kasv), **elektronika- ja elektriseadmete tootmine** (6,5%, 2,1%; mõlemal pikemajaliselt silmatorkav kasv), **mootorsõidukite tootmine** (2,9%; kasv kiirenenud alates 2018. aastast), **muude transpordivahendite** (1,8%) ning **masinate ja seadmete tootmine** (1%). Lisaks leidub ettevõtluse keskmisest enam uurimis- ja arendustööga hõivatuid ka **kutse-, teadus- ja tehnikaalases tegevuses** (1,1%), mis hõlmab muu hulgas ka spetsiifiliselt teadus- ja arendustegevuse alastele turuteenustele spetsialiseerunud ettevõtteid (UA töötajate osatähtsus 24%)³⁸. **Need on üldjuhul tegevusalad, mis veavad innovatsiooni ka teistes majandusharudes.**

- Eelmainitud kümne tegevusalaga oli 2021. aastal seotud 21% ettevõtlussektori hõivest (107 000 inimest), 84% uurimis- ja arendustöötajatest (u 2680 inimest), 26% ettevõtluses loodavast lisandväärtusest (üle 5 miljardi euro). Nende tegevusalade tööviljakuses lisandväärtuse alusel avaldub märkimisväärne variatiivsus – tootmistevõtte puhul peame kohati nentima nii ettevõtluse keskmisele (2021. aastal 41 200 eurot hõivatu kohta) kui ka töötleva tööstuse keskmisele (37 700 eurot) rohkemal või vähemal määral alla jäävat tootlikkuse taset (transpordivahendite tootmine 28 800; muu tootmine 30 800; elektriseadmete tootmine 34 700; mootorsõidukite tootmine 36 800), **vaid keemiatööstuste puhul** saame rääkida ettevõtluse keskmisest arvestatavast, umbes kolmandiku võrra kõrgemast tootlikkusest (56 300). Samasse suurusjärku langevad ka info ja side ning kutse-, teadus- ja tehnikalase tegevuse näitajad. Klass omaette on energeetika, kus tootlikkuse näitaja ületas 2021. aastal ettevõtluse keskmist 3,6 korda. **Seega, keskmisest kõrgema uurimis- ja arendustegevusse hõlmatud töötajate osatähtsusega võib, aga ei pruugi kaasneda suurem tootlikkus lisandväärtuse alusel.** Arvestada tuleb ka, et innovatsioon on vähemalt esialgu lisaks riskantsusele ka kulukas ning tasuvus võib ilmneda märkimisväärse viitajaga.
- Seitsme teadusmahukama tööstusharu – keemiatööstus, farmaatsiatoodete tootmine, elektronika-, elektriseadmete tootmine, mootorsõidukite tootmine, masinate ja seadmete tootmine, muu tootmine (sh meditsiiniseadmed) – ettevõtetesse koondus 2021. aastal **veidi üle viiendiku (23%) kogu töötleva tööstuse hõivest ning tervelt neli viiendikku (81%) uurimis- ja arendustegevusega hõivatud töötajatest.** Nendelt tegevusaladelt pärineb ka 23% töötlevas tööstuses loodavast lisandväärtusest.
- Kõrvutades hõives väljenduva teadusmahukuse ja tootlikkuse seoseid Eestis ja Euroopa innovatsiooniliidritel, tõuseb **laiemate majandusharude võrdluses kõige reljeefsemalt esile töötleva tööstuse mahajäämus mõlemas dimensioonis.** Mõnevõrra vähem silmatorkavana, kuid siiski olulisena ilmneb mahajäämust mõlema näitaja puhul ka **jäätmemajanduses.** Intrigeeriv on, et **energeetika** puhul näeme innovatsiooniliidrite keskmisest tasemest kõrgemagi uurimis- ja arendustöötajate osakaalu juures siiski kordades tagasihoidlikumat tootlikkust. Kuna tegevusalade paiknemisel teljestikul ilmnis Eestis ja võrdlusriikides sarnane muster, millest eelmainitud tegevusalad kõige silmatorkavamalt hälbisid, **on põhjust eeldada, et Eesti töötleva tööstuse ja jäätmemajanduse ettevõtete teadusmahukuse suurenemine (nii protsessi- kui ka tooteinnovatsiooni puhul) võiks nende lisandväärtus kasvatada ja seeläbi parandada ka positsiooni tootlikkuse teljel.**
- **Töötleva tööstuse siseselt ilmnis lahknevus tootlikkuse ja teadusmahukuse seosmustrites –** valdavalt materjalide (sageli keemilisele) väärindamise / pidev- ehk vooltootmise

³⁸ Uurimis- ja arendustöötajate osatähtsust peegeldavad näitajad on toodud läbivalt 2021. aasta kohta.

(ehitusmaterjalid, paber, toit-jook, keemia ja farmaatsia) puhul näib teadmusmahukuse suurenedes tootlikkus jõudsamalt kasvavat. Seevastu masinate ja seadmete tootmise puhul, mida iseloomustab pigem tükk- ja projektipõhine tootmine koos mehaanilise töötlemisega (metalltooted, mootorsõidukid, muud transpordivahendid, masinad, seadmed elektroonika), kasvab tootlikkus seevastu märksa aeglasemalt. Sarnane muster ilmnes nii Eesti kui ka innovatsiooniliidrite näitajates, viimastel küll joonistus veidi selgemalt välja.

- Suurim kokkulangev mahajäämus uurimis- ja arendustöötajate osakaalus ja tootlikkuses seondub peamiselt keskmisest tootlikumate ja kõrgema teadmusmahukusega tööstusharudega (nii meil kui ka võrdlusriikides), nagu farmaatsia, keemia, elektroonika, erinevad seadmed (sh elektriseadmed), muu tootmine. Vähim mahajäämus seevastu ilmneb aladel, mis langevad nii tootlikkuse kui ka teadmusmahukuse skaala madalamasse otsa nii meil kui ka võrdlusriikides (puidutööstus, trükindus, masinate remont ja paigaldus, mööbli- ja metalltoodete tootmine). Seega, **mahajäämus on suurim seal, kus meil läheb hästi, aga eeskujuriikidel veel paremini. Ilmselt on see ka koht, millele mahajäämuslõhe ületamisel panustada, lootuses, et teadmusmahukuse kasvatamine aitab pikemas perspektiivis suurendada ka lisandväärtust ja seeläbi tootlikkust.** Sealjuures peaks silmas pidama erinevaid tootlikkuse-teadmusmahukuse seosmustreid ehk seda, et näiteks mitmesuguste seadmete tootmisega seotud suundadel ei pruugi tootlikkuse näitaja käituda sarnaselt keemia või farmaatsiaga.
- Valikuuringuga kogutava ettevõtete uurimis- ja arendustegevusi peegeldava statistika kvaliteet vajaks eraldi analüüsi, esmapilgul torkab silma näitajate volatiilsus, aegriidade katkendlikkus ja konfidentsiaalsusklauslist tulenevad rohked n-ö augud andmetes. Keeruline on hinnata, kui suur osa selles on **valikuuringu eripäradel** ja kui kaalukat rolli mängib asjaolu, et **ettevõtete uurimis- ja arendustegevus kipub paljuski olema projektipõhine ja mittejärjepidev.** Intervjuud ettevõtjatega lubavad oletada ka raporteerimisprobleemidega seotud alakaetust, sh idusektoris.

3. Teadmumamahukuse kasvupotentsiaaliga tegevusvaldkonnad

Selles peatükis püüame teadmumamahukuse potentsiaali kasvu mõtestada – millistel aladel võiks seda oodata, milliste suundade ja trendidega on see seotud ja milline võiks olla nende mõju UA töötajate arvule. Prognoosi on haaratud eelnevast võrdlusanalüüsist väljakoornud alad, mille puhul võiks eeldada teadmumamahukuse suurendamise kaudu potentsiaali lisandväärtuse ja tootlikkuse kasvatamisel. Lisaks on valiku puhul arvestatud rohe- ja digipöördega seotud globaalsetest suundumustest ning TAIE arengukava strateegilistest eesmärgisest tuleneva mõju ning võimendusega valdkondade arengule. Selleks, et Eesti majanduse areng tugineks teadmuspõhiste ja innovaatilistele lahendustele, oleks vaja suurendada uurimis- ja arendustöötajate arvu erasektoris 2035. aastaks kolm korda võrreldes 2019. aastaga (4,54 vs. 1,47 töötajat 1000 elaniku kohta)³⁹.

Seega võib öelda, et prognoosis on välja toodud valdkonnad, kus teadmumamahukuse kasvatamine annaks kõige suurema tööke lisandväärtuse kasvule, arvestades nii EL-i innovatsiooniliidrite kogemust kui ka digi- ja rohepöörde ning riigi strateegilise eesmärgisest kompleksset mõju Eesti majanduse tulevikuperspektiividele.

Paljuski on tegemist aladega, kus juba praegu on UA töötajate arv kasvutrendis. Seetõttu võtsime prognoosimisel võimaluse korral aluseks UA töötajate arvu muutuse viimasel viiel aastal ning selgitasime välja peamised suundumused, mis võiksid UA töötajate arvu senist dünaamikat mõjutada. Prognoosi esitame pigem üldisel tasemel, eristades n-ö valgusfoori põhimõttel kolme võimalikke muutusi peegeldavat kategooriat (UA töötajate arvu kasv kiireneb ehk senine trend võimendub, kasv jätkub senises tempos ehk trendipikendus, arv jääb praegusele tasemele).

Silmas tuleb pidada, et kuna **ettevõtete uurimis- ja arendustöötajatest saab rääkida pigem kui kvaasikategooriast (ametialade mõttes), st enamasti täidavad nad ka muid ülesandeid, siis ei pruugi kasvav prognoos tähendada töökohtade arvu / tööjõuvajaduse suurenemist, vaid näiteks suurema arvu töötajate haaramist uurimis- ja eksperimentaalarendusprojektidesse**. See omakorda võib viidata ka uurimis- ja arendustegevuseks vajalike spetsiifiliste oskuste (vt alapeatükk 4.2) vajaduse suurenemisele.

3.1. Bio- ja tervisetehnoloogiad

Teadmumamahuka tootearenduse potentsiaal on bio- ja tervisetehnoloogiate alal väga suur, siin ilmneb **kõrge teadmumamahukuse kombinatsioon potentsiaalselt suurel lisandväärtusel põhineva tootlikkusega**. Eksperdid rõhutasid eelkõige kõrget lävendit selle valdkonna ettevõtlusesse sisenemisel seoses olemusliku teadmumamahukusega ning vajadusega suurte investeeringute ja kõrgelt kvalifitseeritud tööjõu järele. Sellest hoolimata hinnati märkimisväärsete kulude-riskide taustal kasumipotentsiaali siiski kõrgeks, mida kinnitab ka võrdlus innovatsiooniliidritega – tegevusalade võrdluses esindavad need segmendid kõrgeimat võimalikku lisandväärtusel põhinevat tootlikkust. Eksperdid rõhutasid, et kasumlikkus pikemas vaates eeldab sellel alal pigem suuri ettevõtteid – kui ka alustatakse näiteks ravimiarenduse kliinilises faasis VKE-na, siis tüüpilistel juhtudel ostetakse nad edaspidi suuremate poolt ära.

³⁹ TAIE arengukava mõõdiku järgi.

Kui juba varem tingis vananev elanikkond kasvava nõudluse erinevate terviseiga seotud toodete ja teenuste järele, siis COVID-19 pandeemia foonil on selle valdkonna areng veelgi võimendunud. Spetsiifiliselt pandeemiatõrjumustest alguse saanud probleemide lahendamisele keskendunud meeskonnad tõenäoliselt jätkavad, laiendades haaret uutele aladele.

Vajadus uurimis- ja arendustöötajate järele kasvab jätkuvalt farmaatsia- ja keemiatööstuses, samuti teadus- ja arendustegevuses biotehnoloogia vallas, eeldatavalt varasemaga võrreldes kiiremas tempos. Tõenäoline on ülikoolidest lähtuva, mingi konkreetse tehnoloogia kommertsialiseerimiseks loodud n-ö *spin-off*-ettevõtluse hoogustumine. Siiski peaks silmas pidama, et kuna tegemist on väikse valdkonnaga, võib ühe ettevõtte käekäik statistilisi koondnäitajaid ebaproportsionaalselt suurel määral mõjutada. Lisaks peab arvestama, et käivitumas või hoogu kogumas on mitmeid, ka globaalses kontekstis uusi suundi (nt mikrobiom), mille potentsiaalset mõju ettevõtete tööjõuvajadusele on veel keeruline hinnata.

Oluline on siinkohal rõhutada potentsiaalset kasvavat vajadust uurimis- ja arendustöötajate järele seoses võimalustega, mis tekivad biotehnoloogia ja tervisevaldkonna lõikumisel teiste aladega, nt e-tervise digilahenduste puhul suurandmete ja andmeanalüütikaga, mille tulemusel tõenäoliselt kasvab vajadus vastava eksperimentaalarenduse võimekusega spetsialistide järele infotehnoloogia vallas.

Rääkides materjaliarendusest läbi biotehnoloogia prisma, on võimalik ette kujutada sisendit väga erinevatel toorainetel põhinevatesse väärtusahelatesse ning vajaduse kasvu uurimis- ja arendustegevuse järele sünergias teiste tegevusaladega.

3.2. Infotehnoloogia ja digilahendused

IKT-sektoris oleme seni näinud konkurentsilt kiireimat teadusmahukuse kasvu võrreldes teiste majandusharudega. Ettevõtete teadusmahukuse tase on siin tegevusalade võrdluses üks lähimaid innovatsiooniliidritele (vahe 1,8 korda vs. ettevõtluse keskmine 2,4 korda).

Varasemates analüüsides⁴⁰ on rõhutatud valdkonna ettevõtete suurenevat huvi UA potentsiaali kasutamise vastu, nagu ka paranenud positsiooni globaalsetes väärtusahelates. Suurenenud on nende ettevõtete arv, kes tegelevad terviklahenduste pakkumisega, mitte ei müü lihtsalt madalama väärtusega töö teenust digisektoris. Lisaks oleme muutunud digispetsiifilist teadmust importivast riigist ka eksportijaks.

Teenust osutava valdkonnana on IKT arendustegevuse suunad ja tulevikuväljavaated paljuski läbi põimunud teiste valdkondade vajadustega, samas moodustub siin arendatavatest tehnoloogiatest tulevikumajanduse selgroog. Nii mõnigi kord on keeruline piiritleda, kas näiteks platvormiettevõtetes loodavad lahendused esindavad kaalukamat innovaatilist arendustegevust IKT-s või siiski pigem valdkonnas, mille probleeme digivahenditega üritatakse lahendada (ei ole välistatud, et mõlemas korraga). OSKA intervjuudeski oleme täheldanud, et „tehnoloogiaettevõtte“ on levinud enesemääratlus ka pealtnäha üsna tehnoloogikaugetes majandusharudes.

⁴⁰ Toots, M. (2021). Eesti IKT sektori teadus- ja arendustegevuse ülevaade ning vajadused. ITL.

Veemaa, J., Pulk, K., Sepp, V., Espenberg, S. (2021). Nutika spetsialiseerumise seiresüsteem ja tõhus valitsemine. Digivaldkonna areng. RITA 4: TAI poliitika seire. TÜ, RAKE.

Kindlasti leidub Eestis ettevõtteid, kellel on märkimisväärne võimekus arendada n-ö baastehnoloogiaid, kuid uurimis- ja arendustegevustega seotud tööjõuvajaduse põhihoovust suunavad ilmselt jätkuvalt nende pinnalt sündivad rakendusvõimalused uuenduslike toodete ja teenuste loomiseks eri eluvaldkondade tarbeks.

Prognoosimise tarbeks ekspertide abil selekteeritud peamised n-ö baastehnoloogiad, mille kasutusala tulevikus laieneb ja millest lähtuvalt / mille pinnalt oleks realistlik Eesti ettevõtetele panustada uurimis- ja arendustegevusse (n-ö meie teemad, kus on juba nii kogemust kui ka ambitsioone), puudutavad eeskätt küberturvalisust, masinõpet (AI), asjade internetti (IoT). Ebakindlamad, kuid siiski mõeldavad uued tulevikurajad on seotud plokiahelal põhinevate lahendustega ja spetsiifilisema suunitlusega teemadega, nagu digitaalsed kaksikud isejuhtivate sõidukite või mängude kontekstis ning sidetehnoloogia seoses droonide ja militaarotstarbega. Eelnevat n-ö punase niidi või metateemana läbistavad suurandmed ja nende analüüs, mille puhul nähakse lisaks seni kasutamata potentsiaalile ka võimalikke põrkumisi märkimisväärsetele barjääridele (nt (avaandmete) kättesaadavus). Juba varem on täheldatud⁴¹, et suuremad IT-ettevõtted on juba hakanud looma spetsiaalseid andmetötluse tiime, kuivõrd andmete roll kasvab ühiskonnas laiemalt, ettevõtluses ja avalikus sektoris (nt e-tervise lahendused), samuti IT-valdkonnas toodete ja teenuste kujundamisel ning turukõlblikuks arendamisel.

Kirjeldasime ulatuslikku turunõudluse kasvu mitmesuguste arenduste järele, kuid siiski ei tohiks võimalikke tulevikumuutusi ette nähes unustada, et digilahenduste valdkonna senises teadmusmahukuse kasvus on silmapaistvat rolli mänginud riigi toetused ja tõenäoliselt mängivad ka edaspidi.

Uurimis- ja arendustöötajate hõiveprognoos info ja sidetehnoloogia harus on kokkuvõttes jätkuvalt kasvav, kuid tegevusalade lõikes diferentseerunud.

Programmeerimises, kuhu koondub umbes kolmandik ettevõtlussektori uurimis- ja arendustöötajatest, on viimase kuue aasta jooksul (2016–2021) toimunud märkimisväärne, umbes 2,4-kordne uurimis- ja arendustöötajate arvu kasv (427 vs. 1006). Tervikuna tarkvaraarenduses jätkab UA töötajate arv kasvu senisel kursil. Kuigi statistilised andmed seda veel ei kinnita, on ekspertide sõnul investeringud IKT iduettevõtlusesse juba langusesse pööranud, mistõttu UA töötajate arvu kasvutrend ei pruugi seal tõenäoliselt senise tempoga jätkuda, vähemalt lähiaastatel.

Telekommunikatsioon on uurimis- ja arendustöötajate tööjõuvajaduse prognoos stabiilne, st kasv jätkub senises tempos. Revolutsioonilisi muutusi silmapiiril jõuliselt esile ei tõuse (v.a militaarotstarbel), pealegi on üldlevinud praktikaks teha olulisi arendusi valdavalt ematettevõtetes väljaspool Eestit.

Infoalases tegevuses, mis hõlmab andmetötlust, veebimajutust ja portaale, on mõõduka kasvuga üldise prognoosisuuna varjus ette näha kompleksseid ja kohati ka vastuolulisi tõmbetegureid, mis võivad viia lahknevate suundumusteni UA töötajate tulevikuvajaduses alavaldkonniti. Arvestades, et eri majandussektorites tekib juurde potentsiaali senisest paremini kasutada digitaliseerimise tööriistu, näha vajadusi andmete järele ning osata neid andmeid ka juhtimises, protsessides ja teenuste

⁴¹ (*ibid.*) Veemaa, J., Pulk, K., Sepp, V., Espenberg, S. (2021). Nutika spetsialiseerumise seiresüsteem ja tõhus valitsemine. Digivaldkonna areng. RITA 4: TAI poliitika seire. TÜ, RAKE.

kujundamisel ära kasutada⁴², võiks andmetöötles UA töötajate kasv kõigi eelduste kohaselt jätkuda. Veebimajutuse maailma varjutab globaalsete turuliidrite ambitsioonidest lähtuv konsolideerumise oht, kus motivatsioon ja ärimudelid on selgelt andmete kogumise ja töötlemise ümber koondunud. Väga palju on siiski õiguslikust raamistikust, välistatud ei ole ka protektsionistlikud meetmed riskide hajutamiseks. Siiski ei näe eksperdid siin ülearu ruumi kasvutrendi jätkumiseks, pigem võiks eeldada UA töötajate arvu stabiliseerumist praegusel tasemel.

3.3. Elektroonika, elektriseadmed, transpordivahendid

IKT-maailma suundumustega on teistest aladest vast tihedamalt põimunud elektroonika, erinevate seadmete ja transpordivahendite tootmine, mille arenguks on üldine digitaliseerumine ja nutikate lahenduste kasv loonud soodsa pinnase. Eestis paistavad selle ala ettevõtted silma märkimisväärse ekspordipotentsiaaliga (2021. aastal 80–90% müügitulust), töötleva tööstuse keskmist ületava tootlikkuse ning uurimis- ja arendustöötajate osatähtsusega.

Viimasel kümnendil on selles valdkonnas uurimis- ja arendustöötajate arv märkimisväärselt kasvanud – kui kümne aasta eest töötas siin kümnendik kõigest UA töötajatest, siis 2021. aastal juba viiendik. Uurimis- ja arendustöötajate osatähtsust töötajaskonnas on enim suurendanud elektroonikaseadmete ja mootorsõidukite tootmine (vastavalt 6,5% ja 2,9%-ni), tagasihoidlikumal määral elektriseadmete ja muude transpordivahendite tootmine (2,9% ja 1,8%-ni). Kui teistel tegevusaladel on hõives peegelduv teadusmahukuse tase kasvanud ühtlaselt pikema perioodi jooksul, siis mootorsõidukite tootmises on UA töötajate arv hüppeliselt suurenenud vaatlusperioodi viimasel, 2021. aastal (35-lt 100-ni). Siiski on Eesti ettevõtete mahajäämus innovatsiooniliidritest pigem suurem uurimis- ja arendustöötajate osatähtsuses (3,9 korda) kui tootlikkuses (2,8 korda).

Elektroonikasektori teadus- ja arendustegevuse ülevaatest⁴³ selgub, et valdav enamik siin toimetavatest ettevõtetest on seotud n-ö tööstuselektroonika haruga (defineerivaks tunnuseks n-ö sardsüsteemid, eristub autonoomseid süsteeme kasutavast tarbeelektroonikast), mis hõlmab nii tööstusrakendusi ja robotikat kui ka sisendit auto-, lennundus-, meditsiini ja kaitsetööstusesse. Tarbeelektroonika (side, arvutid ja andmetöötlus, audio-, video- ja koduseadmed) suund on samuti esindatud, kuid märksa tagasihoidlikumas ulatuses. Samuti tuuakse aruandes välja, et märkimisväärsel osal valdkonna ettevõtetest on otsene või kaudne huvi käivitada uusi TA koostöösuundi, projekte või suisa allüksusi, valdavalt eksperimentaalarenduseks uute toodete või süsteemide loomisel.

Selgub ka, et valdkonnas juba läbiviidav eksperimentaalarendus hõlmab märkimisväärselt laia teemaringi test- ja mõõteseadmetest, tootmis- ja IoT-süsteemidest, masinnägemise, optilise side, raadioelektroonika ja (taastuv)energeetikarakendustest pakiautomaatide, kullerrobotite, autonoomsete maismaa- ja veesõidukiteni. Originaalseadmete tootjad katavad enamasti oma jõududega nii riistvara, tarkvara kui ka mehaanikaalase arendustöö.

⁴² (*Ibid.*) Veemaa, J., Pulk, K., Sepp, V., Espenberg, S. (2021). Nutika spetsialiseerumise seiresüsteem ja tõhus valitsemine. Digivaldkonna areng. RITA 4: TAI poliitika seire. TÜ, RAKE.

⁴³ Usk, A. (2021). Teadus- ja arendustegevus Eesti elektroonikasektoris. Lõpparuanne. Eesti Elektroonikatööstuse Liit.

RUP-i raames koostatud ettevõtluse teadus- ja arendustegevuse kaardistusuuringu⁴⁴ tulemustest lähtuvalt võib kõige perspektiivikamateks ning enim uurimis- ja arendustöötajate vajadust kasvatavateks tulevikusuundumusteks pidada isejuhtivate maismaasõidukite ja mehitamata õhusõidukite arendamist, elektroonikat militaar- ja energeetikarakenduste tarbeks ning meretranspordilahendusi. Ekspertide hinnangul väärksid kõik militaarvaldkonnaga puutumust omavad nišid (nt nii autonoomsed, kaugjuhitavad kui ka mehitatud sõidukid) siinjuures rõhutatud tähelepanu. Tarbeelektronika arendamise vajaduse ja potentsiaali esilekerkimist võiks tulevikus hea tahtmise korral ette kujutada seoses süveneva *nearshoring'*uga⁴⁵.

Seega kokkuvõttes, kui elektroonika ja elektriseadmete tootmine on end juba tõestanud teadusmahuka arendustegevuse potentsiaaliga valdkonnana, kus on igati alust eeldada uurimis- ja arendustegevustesse hõlmatud töötajate arvu suurenemist senisega vähemalt samas tempos, siis mootorsõidukite ja transpordivahendite tootmise suunalt võib võrreldes varasema perioodiga oodata märksa kiiremat kasvu.

Ettevõtjate avatus potentsiaalsetele arendusprojektidele lubab oletada, et **vajadus uurimis- ja arendustöötajate järele siin valdkonnas jätkuvalt suureneb, elektroonikas eeldatavalt senises mahus, mootorsõidukite ja muude transpordivahendite vallas aga võib oodata uurimis- ja arendustöötajate arvu kasvutempo kiirenemist**, mida peamiselt veavad arendustegevused mehitamata õhusõidukite, meretranspordi ja militaarsõidukite vallas.

3.4. Energialahendused

Euroopa Liidu kliimaeesmärkidest lähtuva energiapöörde kontekstis peame prognoosides arvestama üleminekuga taastuvatel allikatel põhinevale energeetikale. TAIE arengukava⁴⁶ näeb ette tuule-, päikese-, geotermaal-, mereveesoojus- ja tuumaenergial ning biokütustel põhinevat hajutatud energiatootmise portfelli koos nutikate võrkude ja salvestusvõimalustega, mille arendusse panustatud teadus- ja arendustegevuse toel paraneb varustuskindlus ja energiajulgeolek ning tekivad uued äri- ja ekspordivõimalused. Kogemus näitab, et targa ja säästliku energiatehnoloogia lahendustega on märkimisväärset edu saavutanud juba paljud Eesti ettevõtted.

RUP-i raames koostatud ettevõtluse teadus- ja arendustegevuse kaardistusuuringus⁴⁷ märgitakse, et valdkonna areng Eestis on lähiaastatel keskendunud eelkõige tuule- ja päikeseenergeetika arendamise ümber. Kõige jõulisemat edenemist oodatakse energiasalvestuse ja tahkeoksiid-kütuseelementide arenduse ja tootmise vallas. Taastuvenergeetikale ülemineku juures mängib kaalukat rolli eelkõige

⁴⁴ Laheäär, A., Lauk, P., Lorents, E., Parts, Ü., Pavel, H., Veiman, K-L., Toots, M., Reede, K., Raukas, M. (ilmumisel). Eesti ettevõtete teadus- ja arendustegevuse (TA) kaardistusuuring. Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus, Rakendusuuringute Programm.

⁴⁵ *Nearshoring* – lähemalt hankimine, võimaldab muuta rahvusvahelisi väärtusahelaid riskikindlamaks. Paljud Euroopa ettevõtted soovivad väärtusahela teatud etappe kaugturgudelt tagasi tuua (*reshoring*) või leida uusi partnereid senisest lähemalt (*nearshoring*), mis loob Eesti ettevõtetele uusi äri võimalusi. Arenguseire Keskuse aastaraamat 2020. <https://bit.ly/3IMz5eu>.

⁴⁶ Vt nt TAIE fookusvaldkondade teemalehed. Teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arengukava 2021–2035 lisamaterjal.

⁴⁷ Laheäär, A., Lauk, P., Lorents, E., Parts, Ü., Pavel, H., Veiman, K-L., Toots, M., Reede, K., Raukas, M. (ilmumisel). Eesti ettevõtete teadus- ja arendustegevuse (TA) kaardistusuuring. Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus, Rakendusuuringute Programm.

rohevesiniku ja teiste energiasalvestustehnoloogiate kasutuselevõtt. Uuteks aladeks on lisaks ka biokütustega seonduvate tootmiste arendamine. **Edaspidi saab määravaks energia salvestusvõimsuste arendamine (seos elektroonika valdkonna UA töötate kasvuvajadusega).**

Varasemates analüüsid⁴⁸ on leitud, et valdkonna ettevõtete teenuste ja toodete portfelli nõuab senisest märksa enam nii tehnoloogiliste muutuste kui ka tarbijakäitumise alase teadusliku teadmise kaasamist. Teadmusmahukas tehnoloogia on viimastel aastatel arenenud eriti tuule- ja päikeseenergia ettevõtetes (sh salvestustehnoloogia). Selge teadmusmahukuse kasv on täheldatav ka neis ettevõtetes, mis pööravad kõrgendatud tähelepanu tarbijate rollile teenuste ja toodete arendamisel. Võimekuse kasv on seotud olulisel määral riiklike meetmete kasutamisega, valdkonna ettevõtete panus peaks olema suurem. Lisaks leiti, et infotehnoloogia ja salvestusseadmete turule tulemisega on energeetikaturg muutumas palju detsentraliseeritumaks ja lisanduma peaks erinevaid uusi teenuseid. Eelnevalt tulenevalt võiks eeldada nii konkurentsi kui ka ettevõtete arvu kasvu valdkonnas.

Energeetika on Eesti ettevõtluse tegevusalade võrdluses üks tootlikumaid (2020. aastal 98 000 eurot töötaja kohta, 77% EL-i keskmisest), 2%-lise uurimis- ja arendustöötajate osakaaluga tegevusala hõivest oleme samal tasemel Soomega, ületades näiteks Belgia ja Taani vastavaid näitajaid. Nii uurimis- ja arendustöötajate absoluutarv kui ka nende osakaal töötajaskonnast on viimasel viiel aastal kasvanud ettevõtluse keskmisest kiiremini (arv suurenenud vahemikus 2016–2021 üle kahe korra 99-lt 227-ni, osakaal 1,6%-lt 3,6%-ni).

Eksperdid leidsid, et **uurimis- ja arendustöötajate arv ja osatähtsus energeetika valdkonnas võib edaspidi kasvada senisest veelgi kiiremini**. Suur määramatus seonduv tuumaenergia põhinevate lahenduste arendamisega, otsustamisprotsessile eelnevad teostatavusanalüüsid on alles valmimisel.

3.5. Kohalike ressursside väärimine – puit, toit, maapõu, jäätmed

TAIE arengukava⁴⁹ üks eelisarendatavaid valdkondi on kohalike ressursside väärimine. Eesmärk on luua teaduse ja ettevõtluse koostöös lahendusi, mis võimaldaksid kasutada kohalikke ressursse kestlikult ja lisandväärtust luues, võimendades samal ajal ringmajandust⁵⁰. Tähelepanu all on kohaliku esmase toorme (toidu-, puidu- ja maapõueressursside) maksimaalse väärimise kõrval ka teisese toorme ja jäätmete ressursitootlikkus⁵¹.

Kohalike ressursside väärimisega otseselt seotud tegevusaladel (puit, toit, maapõu, jäätmed) luuakse 18% ettevõtluses tekkivast lisandväärtusest ja 22% kogu ekspordist. Valdkonna tegevusaladel

⁴⁸ Toots, M. (2021). Eesti IKT sektori teadus- ja arendustegevuse ülevaade ning vajadused. ITL.

Veemaa, J., Pulk, K., Sepp, V., Espenberg, S. (2021). Nutika spetsialiseerumise seiresüsteem ja tõhus valitsemine. Digivaldkonna areng. RITA 4: TAI poliitika seire. TÜ, RAKE.

⁴⁹ Eesti teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arengukava 2021–2035. https://www.hm.ee/korgharidus-ja-teadus/teadus-ja-arendustegevus/taie-arengukava-2021-2035?view_instance=0¤t_page=1.

⁵⁰ Ringmajandus võimaldab kasutada ressursse efektiivselt alates tootmisest ja tarbimisest kuni jäätmete käitluse ja taaskasutuseni, luues praegustest ressurssidest rohkem väärtust ning tekitades samas vähem jäätmeid.

⁵¹ Eestis tekkivaid jäätmeid saab käsitada kohaliku ressursina, mille töötlemine ja väärimine võimaldaks vähendada sõltuvust nende materjalide impordist.

töötab üle 70 000 inimese, mis moodustab ligikaudu 15% ettevõtluses hõivatutest ja kümnendiku koguhõivest Eestis. Kõigist ettevõtluses hõivatud uurimis- ja arendustöötajatest rakendub nendel tegevusaladel umbes 2%. Andmed on äärmiselt lünklikud, kuid näib, et suhtarv on püsinud umbes samas suurusjärgus viimase kümne aasta jooksul.

Valdkonna tegevusalade tootlikkuse mahajäämus innovatsiooniliidritest on ligi kolm korda ehk pigem kõrgem kui ettevõtluses keskmiselt (2,4 korda). Siia kõrvale on võrdluseks vahet uurimis- ja arendustöötajate osatähtsuses keeruline välja tuua, kuna Eesti puhul on näitajad ülimalad (erandiks kooksi ja puhastatud naftatoodete tootmine 2%-ga hõivest). Samas ka innovatsiooniliidrite puhul on tegemist hõive kontekstis pigem madala teadmismahukusega aladega (valdkonna keskmine 0,8%, ettevõtluse keskmine 1,7%; valdkonnasiseselt teistest kõrgemad näitajad paberitootmises 1,2% ja jäätmemajanduses 1,1%).

Nutika spetsialiseerumise seireuringus⁵² hinnati ressursside väärimisega seotud valdkondade teadusasutustest lähtuvat teadus- ja arendusvõimekust ning potentsiaali valdavalt heaks, kuid nii teadussuurevõimekust kui ka üldist ettevõtluse ja ettevõtete teadmismahukuse arengut pigem madalaks. Kuigi Eesti teadlased on mitmes ressursside väärimisega seotud valdkonnas maailma tipus, ei jõua teadustulemused majandusse, vaid jäävad pidama madalamate tehnoloogia valmiduse tasemete juurde⁵³. Perspektiivikas oleks kõrgema lisandväärtusega toodete loomiseks suunata ettevõtjate valmisolekut arendada äriideid teadussuundade baasil, milles oleme maailmas esirinnas.

Keskne roll eranditult kõigis kohalikel ressurssidel põhinevates väärtussahelates (puit, toit, maapõu, jäätmed) on **keemiatööstusel**, kus eksperdid nägid seoses erinevate suundadega (sh haruldased muldmetallid, põlevkivi, puidu keemiline töötlemine; plastijätmete ümbertöötlemine, puidukeemia, nanomaterjalid; keskkonnasõbralikumad tarbe- ja tööstuskemikaalid) **UA töötajate vajaduse märkimisväärselt kiiremat kasvu võrreldes senisega**.

Keeruline on hinnata, mis konkreetselt aitaks kohalike ressursside väärimisega seotud tegevusaladel tootlikkuse mahajäämust kõige kiiremini seljendada – kas automatiseerimise-digitaliseerimise ümber koonduv **protsessiinnovatsioon** (pigem n-ö madalal rippuvad õunad) või lootus hüppelisele lisandväärtuse kasvule läbi teadmismahuka tootearenduse. Pisut provokatiivselt väidame, et pigem esimene, mis samas looks eeldusi ka teisele. Seega – valdavalt ei ole tegemist (kitsalt tegevusalade tasemel võrreldes) aladega, kus madal teadus- ja arendusmahukus on kõige ilmsem piirang lisandväärtuse kasvule või kus teadmismahukuse kasvatamine ning uurimis- ja arendustöötajate arvu suurendamine tooks kaasa potentsiaalselt suurima arenguhüppe kõrgema lisandväärtuse suunas. Olulisem on, et nendelt tegevusaladelt pärineb sisend, mida edasi väärimada järgmistes väärtusahela etappides (keemiatööstuses ja sealt edasi järgnevatel tegevusaladel) ning seeläbi saavutada laiem majanduslik mõju. Pealegi väljavaade seista näiteks jäätmete väärimise tehnoloogiates n-ö samal stardijoonel olukorras, kus teistel edumaa puudub, tundub olevat võimalus, mida ei tohiks käest lasta. Rohe-eesmärkidest tulenevalt ei ole ülearu palju manööverdamisruumi –

⁵² Veemaa, J., Pulk, K., Sepp, V., Espenberg, S. (2021). Nutika spetsialiseerumise seiresüsteem ja tõhus valitsemine. RITA 4: TAI poliitika seire. TÜ, RAKE. <https://datadoi.ee/handle/33/356>.

⁵³ Eesti teadlased on ressursside väärimisega seotud valdkondades mõjukuselt globaalselt silmapaistvad molekulaarbioloogias ja geneetikas, füüsikas, taime- ja loomateadustes, ökoloogias, farmakoloogias ja toksikoloogias, bioloogias ja biokeemias ning mikrobioloogias. TAI fookusvaldkondade teemalehed. Teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arengukava 2021–2035 lisamaterjal.

peame võtma nende alade uurimis- ja arendustöötajate kasvatamise eesmärgiks, olenemata sellest, et võrdlusanalüüs innovatsiooniriikidega viitas pigem keskmisest madalamale teadusmahukusele sealsetes ettevõtetes.

3.5.1. Puiduressursside väärindamine

Puidu valdkonna TAIE teekaardis⁵⁴ nähakse kõige olulisema suunana puidu keemilist ja molekulaarset väärindamist, et eraldada aineid, mida kasutada sisendina laia ringi toodete puhul (sh pakendid, tekstiil, komposiitmaterjalid, keemiatooted, kosmeetika, farmaatsia, kütused jms). Sel viisil on võimalik luua kordades kõrgemat lisandväärtust võrreldes puidu mehaanilise töötlemisega (eriti kõrge võiks see olla mikrobioloogilise töötlemise puhul).

Teekaardis tuuakse kitsaskohana esile, et enamik Eesti puidutöötlemisettevõtetest uurimis- ja arendustegevustesse ei panusta. See peegeldub ka statistikas – kuigi ettevõtete uurimis- ja arendustöötajate arv on viimasel kahel aastal veidi kasvanud, jäi nende osatähtsus tegevusala hõives siiski äärmiselt madalale tasemele (0,1%). Tulevikus näevad ettevõtted pigem vajadust organisatsioonisisese uurimis- ja arendustegevuse kui koostöö järele teadusasutustega⁵⁵.

RUPi raames koostatud ettevõtluse teadus- ja arendustegevuse kaardistusuuringus⁵⁶ tuuakse välja, et suhteliselt madal keskmine TAI (teadus- ja arendustegevus ning innovatsioon) intensiivsus puidusektoris on seletatav tõsiasjaga, et seniste toodete (nt palk, saematerjal, tiseritooted, graanulid) järele on nõudlus jätkuvalt suur. Siiski on puidusektori ettevõtted väga hästi kapitaliseeritud, mistõttu võib eeldada võimekust tulevikus vajaduse korral uurimis- ja arendustegevust finantseerida.

Ekspertid puiduvaldkonna ettevõtete arvu hüppelist suurenemist ette ei näe, tehaste potentsiaalne arv on piiratud kohaliku tooraine kättesaadavusega (isegi kui juurde arvestada muud võimalikud biomassid). Küll aga võib prognoosida, et **potentsiaalselt tootlikematel, puidu keemilist ja molekulaarset töötlemist rakendavatel tegevusaladel hakkab uurimis- ja arendustöötajate arv senisest märksa kiiremas tempos kasvama**. Samuti võib eeldada, et ettevõtlus (sh iduettevõtlus) võib hoogustuda ning uurimis- ja arendustöötajate vajadus võimenduda väärtusahela järgmistes lülides, et eelmainitud saaduste baasil luua innovaatilisi tööstustooteid ja tehnoloogiaid.

Puidu mehaanilist töötlemist rakendavatel aladel ja mööblitootmises võib ilmselt samuti ette näha evolutsioonilist liikumist kõrgema tootlikkuse suunas (protsessiinnovatsioon, keerukamad lõpptooted), kuid ilmselt siiski mitte revolutsioonilise iseloomuga teadusmahuka eksperimentaalarendusprotsessi tulemusena. Seetõttu võib eeldada, et vajadus uurimis- ja arendustöötajate järele puidu mehaanilise väärindamise tegevustes jääb pigem kasvama senises (pigem tagasihoidlikus) tempos. Siinkohal väärib eraldi märkimist, et puidutöötlemise ja puittoodete

⁵⁴ TAIE arengukava 2021–2035 fookusvaldkondade teemalehed. <https://hm.ee/korgharidus-ja-teadus/teadus-ja-arendustegevus/taie-fookusvaldkonnad>.

⁵⁵ Kaudviide teekaardis viidatud uuringule.

⁵⁶ Laheäär, A., Lauk, P., Lorents, E., Parts, Ü., Pavel, H., Veiman, K.-L., Toots, M., Reede, K., Raukas, M. (ilmumisel) Eesti ettevõtete teadus- ja arendustegevuse (TA) kaardistusuuring. Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus, rakendusuuuringute programm.

tootmise⁵⁷ tegevusalal küünib tootlikkus juba 90%-ni EL-i keskmisest⁵⁸, teisisõnu tegevusalade võrdluses on see üks vähima mahajäämusega aladest. Lisaks peaks arvestama, et ka näiteks innovatsiooniliidrite puhul on puidu mehaanilise väärindamise tegevusaladel keskmisest oluliselt madalam teadusmahukus (uurimis- ja arendustöötajate osatähtsus 0,3% tegevusala hõivest) (vt joonis 18).

3.5.2. Toiduressursside väärindamine

Tegevusaladel, mis hõlmavad toidu ja jookide tootmist (C10–C12), ilmneb tööstusharude võrdluses keskmisest suurem mahajäämus innovatsiooniliidritest tootlikkuses. Nii meil kui ka innovatsiooniliidritel on see töötleva tööstuse kontekstis keskmisest tootlikum, kuid keskmisest madalama uurimis- ja arendustöötajate osakaaluga ala (vt joonis 18).

Toiduvaldkonna puhul võib praktikas olla kohati üsna keeruline kontseptuaalselt eristada tavapärasest tootearendust teadusmahukast eksperimentaalarendusest. Olukorras, kus laboritööl põhinev tootearendus on ettevõtetes üldjuhul järjepidev igapäevane protsess, ei pruugi ka eksperdid intervjuudes neil väga selget vahet teha. Siiski toonitatakse TAIE arengukava fookusvaldkondade teemalehtedel⁵⁹, et „Eesti toiduainetööstuse ettevõtted tegelevad peamiselt tootearendusega ning teadus- ja arendustegevus toimub enamasti välismaistele ettevõtetele kuuluvates ettevõtetes väljaspool Eestit“. Samas rõhutavad eksperdid Eesti ettevõtjate ja teadlaste pikaaegset koostöökogemust, torkab silma ka toiduvaldkonnaga seotud uurimisrühmade ja kompetentsikeskuste rohkus (vt nt toiduvaldkonna ettevõtete teadus- ja arendustegevuse vajaduste kaardistus⁶⁰).

See on ettevõtetusvaldkond, kus hõives avalduvat teadusmahukust (uurimis- ja arendustöötajate arvu ja osatähtsust) peegeldavad näitajad on viimasel kümnendil olnud madalad ja heitlikud, pikemas perspektiivis koguni languskursil. Ekspertide hinnangul võiks siiski toimuda pööre, st uurimis- ja arendustöötajate arv suureneda nii toiduainete kui ka jookide tootmises – esimeses, arvestades võimalike esile tõusvate arendussuundade rohkust ja spetsiifilisust (vt nt alapeatükk 4.2), mõnevõrra tempokamalt võrreldes teisega. Hinnangut kasvu kiirusele mõjutab ka asjaolu, et baastase on väga madal.

TAIE teekaardi rõhuasetused lubavad eeldada, et suurim proovikivi on hoopiski seotud teadusmahuka protsessiinnovatsiooniga, millele on esmalt vaja luua eeldused automatiseerituse ja digitaliseerituse taseme tõstmisega (senine tempo on olnud väga aeglane). Võib eeldada, et siin peitub suurim risk andmetele tuginevate tõenduspõhiste andmepõhiste arendussuundade realiseerumisele (nt tööstussümbioos⁶¹, toiduvaldkonna kaas- ja kõrvalsaaduste ning jääkide väärindamine, ka

⁵⁷ EMTAKi järgne tegevusala täisnimetus „C16 Puidutöötlemine ning puit- ja korktoodete tootmine, v.a mööbel; õlest ja punumismaterjalist toodete tootmine“.

⁵⁸ 2020. aastal 36 100 eurot töötaja kohta Eestis vs. 40 300 EL-is keskmiselt.

⁵⁹ (*ibid.*) TAIE AK 2021–2035 fookusvaldkondade teemalehed. <https://hm.ee/korgharidus-ja-teadus/teadus-ja-arendustegevus/taie-fookusvaldkonnad>.

⁶⁰ Huik, Ü. (2022). Valdkondliku teadus- ja arendustegevuse tugevdamise programmi (RITA) tegevuse 7 „Arendusnõunike ametikohtade toetamine erialaliitustes“ raames läbi viidava valdkonna ettevõtete teadus- ja arendustegevuse vajaduste kaardistamine. Kaardistusuuringu lõpparuanne. Eesti Toiduainetööstuse Liit.

⁶¹ Tööstussümbioosi puhul on ühe tööstuse kõrvalsaadused teise tööstuse toormeks, ühe protsessi jääk teise protsessi lähteaineks. Näiteks oleks toidu- ja põllumajandusvaldkonnas tekkivaid jääke võimalik kasutada biodiiselkütuste, biogaasi ja lennukikütuste tootmiseks.

energiatõhusus jms). Eelnevat arvestades joonistub tulevikus ettevõtete uurimis- ja arendustegevustes reljeefselt välja kasvav vajadus tööstusinseneeria ja (suur)andmetega tegelevate tippspetsialistide järele.

3.5.3. Maapõueressursside väärindamine

TAIE teekaardis⁶² märgitakse, et seni on olnud peamiseks väärindatavaks maapõueressursiks põlevkivi. Teisi ressursse on uuritud suhteliselt vähe, mistõttu ei ole Eestis ka arvestatavas mahus kohalikke maavarasid väärindavaid ettevõtteid. Samas on meil erinevaid, arvestatava globaalse nõudlusega maapõueressursse (sh fosforiit ja haruldased muldmetallid), mida veab **kasvav vajadus elektrisõidukite ja taastuenergeetika seadmete**, sh kõrgtehnoloogiliste metallide, eriti akumetallide, püsomagnetite ja elektrolüüserite komponentide järele. Piiratud ressursside tõttu prognoositakse lähikümnenditel nende elementide nõudluse ja hinna kiiret kasvu. Ettevõtete orienteerumist maavarade väärindamist puudutavale uurimis- ja arendustegevusele pörsib ebakindlus nende kättesaadavuse suhtes. Esmajärjekorras on vaja välja selgitada Eestis leiduvate maapõueressursside kasutuselevõtu võimalused.

Ettevõtete uurimis- ja arendustöötajate vajaduse prognoosimisel nägid eksperdid esmajoones **kasvavat vajadust seoses suundadega, mis tõukuvad maailmamajanduse orienteeritusest süsinikumahukuse vähendamisele**. Nende seas on nii potentsiaalselt uusi esilekerkivaid kui ka neid, mille puhul on võimalik uudsete, senisest n-ö **rohelisemate tehnoloogiate** arendamisel toetuda suurel määral ka Eesti teadusasutuste pikaajasele valdkondlikule kompetentsile. Näiteks **põlevkivi väärindamisel suund energeetikast ning kütustest põhi- ja peenkemikaalide tootmistehnoloogiatele**.

Seega kokkuvõttes – **mäetööstuses ja sellega külgnevatel tegevusaladel on UA töötajate kasvav vajadus seotud põlevkivi (ja tulevikus potentsiaalselt ka muude maapõueressursside) senisest keskkonnasõbralikumatel tehnoloogiatel põhineva väärindamisega**.

3.5.4. Teisese toorme ja jäätmete väärindamine

TAIE teekaardis⁶³ rõhutatakse teisese toorme ja jäätmete uuesti kasutusse võtmisega seonduva teadus- ja arendustöö olulisust ning perspektiivikust nii majanduslikust kui ka keskkonnaaspektist. Kuna tegemist on ühtlasi globaalse väljakutsega ja praegu kasutatavad tehnoloogiad on ajale jalgu jäänud (vt alapeatükk 4.2 teisese toorme ja jäätmete väärindamine), võiks Eestis loodud innovaatilistel lahendustel olla potentsiaalis lai kandepind. Ühelt poolt tuleks uurimis- ja arendustöös keskenduda materjalivoogude andmepõhisele seirele, millele toetuda väärindamist puudutavates otsustes. Teisalt tuleb välja töötada jääkide **vältimise, kogumise, sorteerimise ja ümbertöötlemisega ning kasutamise**ga seotud lahendused (sh materjalide, toodete ja pakendite arendamine selliselt, et neid saaks kauem kasutada, samuti ümber töödelda). Oluline on **eri valdkondi siduv interdistsiplinaarne teadus- ja arendustöö**, näiteks tuues uute teadmiste ja lahenduste loomiseks kokku materjali-, digi-

⁶² TAIE arengukava 2021–2035 fookusvaldkondade teekaardid. Lisa 6. Kohalike ressursside väärindamine (maapõueressurssid). (2022). [https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2023-02/Lisa%206.%20Kohalike%20ressursside%20v%C3%A4%C3%A4rindamine%20\(maap%C3%B5ueressurssid\).pdf](https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2023-02/Lisa%206.%20Kohalike%20ressursside%20v%C3%A4%C3%A4rindamine%20(maap%C3%B5ueressurssid).pdf).

⁶³ TAIE arengukava 2021–2035 fookusvaldkondade teekaardid. Lisa 7. Kohalike ressursside väärindamine (teisene toore ja jäätmed). (2022). [https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2023-02/Lisa%207.%20Kohalike%20ressursside%20v%C3%A4%C3%A4rindamine%20\(teisene%20toore%20ja%20j%C3%A4%C3%A4tmed\).pdf](https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2023-02/Lisa%207.%20Kohalike%20ressursside%20v%C3%A4%C3%A4rindamine%20(teisene%20toore%20ja%20j%C3%A4%C3%A4tmed).pdf).

keskkonna- ja sotsiaalteaduste valdkonna teadlased. Eraldi tähelepanu tuleb pöörata **käitumuslike, sotsiaalmajanduslike ja -kultuuriliste teemade käsitlemisele**, kuna ühiskonna ja inimeste valmisolek kohaneda muutustega ja võtta kasutusele uusi lahendusi on ringmajanduse eduka arengu võti.

Ekspertid nägid selles valdkonnas võimalust **ettevõtetes toimuva uurimis- ja arendustegevuse ja sellega seotud tööjõuvajaduse eksponentsiaalseks kasvuks** (eriti regionaalselt, nt Ida-Virumaal). Tärkava arendussuuna olemuslik interdistsiplinaarsus tingib vältimatu vajaduse ettevõtete ja teadusasutuste tihedaks koostööks. Küsitavusi võib tekkida seoses ettevõtete riskitaluvusega, eeldatavasti on siin soodne pinnas iduettevõtetele.

3.6. Järeldused uurimis- ja arendustöötajate tööjõuvajaduse kohta teadusmahukuse kasvupotentsiaaliga aladel

Uurimis- ja arendustöötajate arvu kasvutrend võimendub (kasv kiireneb) järgmistes valdkondades.

- **Bio- ja tervisetehnoloogiate** valdkonnas, kus tulevikus võiks oodata loodava lisandväärtuse suurenemist teadusmahuka tootearenduse toel. Vajadus uurimis- ja arendustöötajate järele kasvab jätkuvalt nii farmaatsia- ja keemiatööstuses kui ka teadus- ja arendustegevuses biotehnoloogia vallas, eeldatavalt varasemaga võrreldes kiiremas tempos. Eeldada võib ülikoolidest lähtuva, mingi konkreetse tehnoloogia kommertsialiseerimiseks loodud n-ö *spin-off*-ettevõtlike hoogustumist. Lisaks võivad biotehnoloogia ja tervisevaldkonnast lähtuvad suunad, lõikudes teiste aladega, nt e-tervise digilahenduste või materjaliarenduse puhul, võimendada vajadust eksperimentaalarendusvõimekusega spetsialistide järele ka teistel elualadel.
- **Mootorsõidukite ja muude transpordivahendite tootmises**, kus teadusmahukuse suurenemist veavad peamiselt arendustegevused mehitemata õhusõidukite, meretranspordi ja militaarsõidukite vallas. Kui pikemaajalises tagasivaates näeme, et kõigist tegevusalal hõivatutest moodustasid UA töötajad umbes 1%, siis viimastel aastatel on nii nende absoluutarv kui ka osatähtsus jõudsalt kasvanud.
- **Nutikate ja kestlike energialahenduste valdkonnas**, kus EL-i kliimaeesmärkidest lähtuva energiapöörde kontekstis peame prognoosides arvestama üleminekuga taastuvatel allikatel põhinevale energeetikale ja sellega seonduvale salvestusvõimsuste arendamise vajadusele. Kuigi juba praegu on uurimis- ja arendustöötajate osakaal energeetikas kõrge (u 2% töötajaskonnast), leidsid eksperdid, et see võib veelgi suureneeda. Lisaks peab arvestama energiavaldkonnast lähtuva mõjuga paljude teiste alade uurimis- ja eksperimentaalarendustega seotud tööjõuvajaduses (sh elektroonika, elektriseadmete tootmine, maavarade töötlemine, toiduainetööstus jms).
- **Teisese toorme ja jäätmete väärindamises**, kus teadus- ja arendustöö on perspektiivikas nii majanduslikust kui ka keskkonnahoiu aspektist. Tärkava arendussuuna olemuslik interdistsiplinaarsus tingib vältimatu vajaduse ettevõtete ja teadusasutuste tihedaks koostöök. Eeldatavasti on siin ka soodne pinnas iduettevõtetele, sh rahvusvahelise haardega ärivõimalustele, mida võimendavad EL-i nõuded materjalide taaskasutamisele.
- **Maapõueressursside väärindamises**, kus eksperdid näevad uurimis- ja arendustöötajate kasvavat vajadust esmajoones seoses suundadega, mis tõukuvad maailmamajanduse orienteeritusest süsinikumahukuse vähendamisele. Täpsemalt tugineb see kasvavale vajadusele elektrisõidukite ja taastuvenergeetika seadmete järele, sh kõrgtehnoloogilised metallid, eriti akumetallid, püsomagnetid ja elektrolüüserite komponendid ning nende valmistamiseks vajalikud maapõueressursid.
- **Puidu keemilises ja mikrobioloogilises töötlemises**, mis peaks kõigi eelduste kohaselt tooma kaasa jõulise lisandväärtuse ja tootlikkuse kasvu. Uurimis- ja arendustöötajate vajadus ei pruugi kasvada puidu mehaanilise töötlemisega seotud tegevusaladel, vaid sellega külgnevatel aladel (tselluloosi tootmine, keemiatööstus).
- **Keemiatööstuses, mis mängib kesket** rolli eranditult kõigis kohalikel ressurssidel põhinevates väärtussahelates (puit, toit, maapõu, jäätmed). Eksperdid nägid **UA töötajate vajaduse**

märkimisväärselt kiiremat kasvu võrreldes senisega seoses laia ringi arenevate suundadega (nt haruldaste muldmetallide, põlevkivi, puidu keemiline töötlemine; plastijäätmete ümbertöötlemine, nanomaterjalid; keskkonnasõbralikumad tarbe- ja tööstuskemikaalid). Keemiline töötlemine võimaldab anda toorainele ja materjalidele märksa kõrgemat väärtust võrreldes mehaanilise töötlemisega.

Uurimis- ja arendustöötajate arv jätkab kasvamist senises tempos järgmistes valdkondades.

- **Elektronikas ja elektriseadmete tootmises**, kus ettevõtjate avatus potentsiaalsetele arendusprojektidele lubab oletada, et vajadus uurimis- ja arendustöötajate järele suureneb jätkuvalt, eeldatavalt senises tempos. Innovatsiooniliidritel näeme elektronikas tegevusalade võrdluses kõige kõrgemat UA töötajate osatähtsust (26% töötajaskonnast), mis lubab oletada, et ka Eesti ettevõtetel (3,6%-ga töötajaskonnast) on veel küllalt kasvuruumi.
- **IKT-s**, kus senine UA töötajate kasv on olnud teiste tegevusaladega võrreldes märkimisväärselt suurem. Ekspertide hinnangul võib senine kasv mõnevõrra aeglustuda seoses investeringute vähenemisega iduettevõtlusesse. **Infoalases tegevuses (veebimajutus, portaalid, andmetöötlus)** ümbritseb prognoosi suur määramatus – ühelt poolt globaalsetest turuliidritest lähtuv konsolideerumissurve (mis võib tähendada UA tegevuse Eestist välja liikumist), teisalt võimalikud proteksionistlikud meetmed ja andmetöötlusega seonduv potentsiaalne arendusvajadus eri elualadel.

Kohaliku toorme väärimisega seotud tegevusaladel oleks tootlikkumahajäämuse ületamiseks esmajoonel vajalik automatiseerimise-digitaliseerimise ümber koonduv protsessiinnovatsioon (seoses nt andmetöötluse, energia säästmise, mõõtmis- ja jääkide taaskasutuse tehnoloogiatega jms), **mis võiks ühtlasi luua paremaid eeldusi ka teadmismahukaks tootearenduseks tulevikus**. Nendelt tegevusaladelt pärineb sisend, mida edasi väärimada järgmistes väärtusahela etappides (nt keemiatööstuse vahenditega) ja saavutada seeläbi laiem majanduslik mõju koos rohe-eesmärkide täitmisega.

Tabel 2. UA töötajate tööjõuvajaduse prognoositav muutuse suund aastani 2035. Allikad: Statistikaamet TD021, EM001; Eurostat RD_P_BEMPOCCR2, SBS_NA_SCA_R2, RD_E_BERDINDR2; autorite arvutused

	EMTAKi tegevusalad tabelis toodud andmete kohta	Tootlikkus LV alusel 2020			Ettevõttesiseste UA kulude ja LV suhe (kulude % LV-st) (2015–2019 keskm)		UA töötajate % tegevusala hõivest (2015–2019 keskm)		UA töötajad Eestis		UA töötajate hõive (tööjõuvajaduse) muutuse suund kuni 2035	Teadusmahukad kasvunišid, hinnang potentsiaalile, kommentaarid
		Eesti	EL-i 2020 keskmine	Innovatsiooni-liidrite mediaan	Eesti	Innovatsiooni-liidrite mediaan	Eesti	Innovatsiooni-liidrite mediaan	Arv 2021	Arvu muutus 2016–20 EST		
Infotehnoloogia ja digilahendused	J61 Elektroonilise side teenus	79,3 (2019)	165,1	233,1	3%	1%	2%	2%	136	39%	Senine kasvutrend jätkub.	Suuremad arendused emaettevõtetes Eestist väljas (innovatsiooni import).
	J62 Programmeerimine, konsultatsioonid jms	50,8	71 (2019)	97,4	9%	10%	5%	7%	1006	427>1006 /2x kasv (136%)	Kasv jätkub, kuid senisest märksa mõõdukamas tempos.	Tehnoloogiad: IoT, plokiahel, suurandmed ja analüütika, pilvetechnoloogiad, võrgu-/sidetechnoloogiad, digitaalsed kaksikud, (AI) masinõpe, küberturvalisus.
	J63 Infoalane tegevus	45,7	–	135,3	4%	5%	1%	3%	100	14>100/ 7x kasv	Andmetöötusega (analüütikaga) seotud kasv võimendub, veebimajutuses stabiliseerub.	Võimalikud pinged rahvusvaheliste konsolideerumisuundumuste ja proteksionismi pinnal.
Elektroonika, elektriseadmed, transpordivahendid	C26 Arvutite, elektroonika- ja optikaseadmete tootmine	36,7	–	127	9%	20%	4%	26%	378	144>378/2,5 x kasv (163%)	Senine kasvutrend jätkub.	Automatiseerimine-robotika, SARD-süsteemid, riistvara disain, dronid, autonoomsed sõidukid, militaarsõidukid (mehitatud ja mehitamata), „targa linna“ süsteemid (IOT, tarkvaraarendus ja elektroonika), digimeditsiini seadmed, meditsiinitehnika.
	C27 Elektriseadmete tootmine	33,3	65,4	95	4%	13%	2%	5%	127	48%		
	C29 Mootorsõidukite tootmine	34,9	69,5	79,7	3%	7%	1%	2%	101	27>101/ 4x kasv	Senine kasvutrend võimendub.	
	C30 Muude transpordivahendite tootmine	31,9	73,5	80,2	0%	8%	1%	3%	18(2020)	–		
Bio- ja tervise-tehnoloogiad	C21 Põhifarmaatsiatoodete ja ravimpreparaatide tootmine	46,5	196 (2019)	345,5	6%	18%	5%	12%	28	2x kasv		E-tervis (digilahendused), meditsiinkeemia, ravimiarendus, keemiliste ühendite süntees, toidulisandid, kosmeetika, reagentid, testid, biomaterjalid, desinfitseerimisvahendid, mikrobioom.
	C20 Kemikaalide ja keemiatoodete tootmine	50,6	–	183,8	3%	7%	2%	5%	67	46%	Senine kasvutrend võimendub.	
	M72 teadus- ja arendustegevus	38	58,8/	78,5	57%	63%	36%	32%	353	-15%		

	EMTAKi tegevusalad tabelis toodud andmete kohta	Tootlikkus LV alusel 2020			Ettevõttesiseste UA kulude ja LV suhe (kulude % LV-st) (2015–2019 keskmine)		UA töötajate % tegevusala hõivest (2015–2019 keskm)		UA töötajad Eestis		UA töötajate hõive muutuse suund	Teadmusmahukad kasvunišid, hinnang potentsiaalile, kommentaarid
		Eesti	EL 2020 keskmine	Innovatsiooni-liidrite mediaan	Eesti	Innovatsiooni-liidrite mediaan	Eesti	Innovatsiooni-liidrite mediaan	Arv 2021	Arvu muutus 2016–2020 EST		
Puidu väärindamine	A02 Metsamajandus, -varumine								5	–	Tööjõuvajadus püsib senisel (madalal) tasemel.	Puidu varumine konsolideerub.
	C16 Puidutöötlemine, puittooted	36,1	40	74	0%	1%	0%	0%	23	4>23/ 6x kasv	Tagasihoidlik kasv madalalt baastasemelt.	Majade, puidusaaduste, tislertoodete, ehituskonstruktsioonide tootmine – enam väärindatud toodete maht suureneb.
	C31 Mööblitootmine	25,7	33,7	59,7	0%	2%	0%	1%	4	–		Disainmööbel.
	C17 Paberitööstus	37,4	75	114,9	0%	2%	0%	1%	–	–	Tööjõuvajaduse kasv puidutöötlemise tootlikumas osas.	Keemiline, molekulaarne väärindamine.
	C20 Kemikaalide ja keemiatoodete tootmine	50,6	–	183,8	3%	7%	2%	5%	67	46%		
Toiduressursside väärindamine	A01 Taime- ja loomakasvatus; A03 Kalapüük, vesiviljelus								5	–	Tööjõuvajadus püsib senisel (madalal) tasemel.	Tooraine ja lisandite tootmine (sh vetikad).
	C10–C11 Toiduainetööstus, joogitootmine	40	134/	129,8	1%	2%	0%	1%	12	2x kasv	Tagasihoidlik kasv madalalt baastasemelt, toiduainete tootmises mõnevõrra kiirem võrreldes joogitootmisega. Jätkuv vajadus tugevate kompetentsi-keskuste järele.	Mahetooted, lemmikloomatoit, valmistoit, tehisoit (sh rakukasvatus, vetikate ümbertöötlemine), loodusravimid, funktsionaalne toit, loodussõbralik pakend, energiatõhusus, ressursisääst.

	EMTAKi tegevusalad tabelis toodud andmete kohta	Tootlikkus LV alusel 2020			Ettevõttesiseste UA kulude ja LV suhe (kulude % LV-st) (2015–2019 keskm)		UA töötajate % tegevusala hõivest (2015–2019 keskm)		UA töötajad Eestis		UA töötajate hõive muutuse suund	Teadmusmahukad kasvunišid, hinnang potentsiaalile, kommentaarid		
		Eesti	EL-i 2020 keskm	Innovatsiooni-liidrite mediaan	Eesti	Innovatsiooni-liidrite mediaan	Eesti	Innovatsiooni-liidrite mediaan	Arv 2021	Arvu muutus 2016–2020 EST				
Maapõueressursside väärindamine	B Mäetööstus	49,1	71	204,9	–	–	–	1%	12 (2020)	–	Kasv madalalt baastasemelt (uued suunad).	Potentsiaal uute suundade arendamiseks (sh akadeemiliste uuringute vajadus).		
	C19 Koksi ja puhastatud naftatoodete tootmine	49,3	84,4	149,6	8%	–	–	2%	–	–		Põlevkivi jt maapõueressursside senisest keskkonnasõbralikumatel tehnoloogiatel põhinev väärindamine, põlevkivikeemia, põlevkivijäätmete ümbertöötlemistehnoloogiad (nt plast sisendkemikaalideks), turbatooted (poorsed süsinikmaterjalid, tooraine meditsiini- ja kosmeetikatööstusele).		
	C23 Muude mittemetalletest mineraalidest toodete tootmine	34,6	60,3	96,8	–	–	–	2%	–	1%		13	Tööjõuvajadus püsib senisel (madalal) tasemel.	CO ₂ jalajälje vähendamine koostisosade asendamise ja uudsete tootmistehnoloogiate kaudu (madalamatel tasemetel (TVT) uurimistöö vajadus).
	C20 Kemikaalide ja keemiatoodete tootmine	50,6	–	183,8	3%	7%	2%	5%	67	46%		Senine kasvutrend võimendub.	Haruldased muldmetallid, elektrisõidukite, tuulegeneraatorite jms magnetite materjalid, nanomaterjalid, tarbe- ja tööstuskemikaalide keskkonnasõbralikumad koostisained, tootmistehnoloogiad, plastijäätmete ümbertöötlemistehnoloogiad (plastitööstuse sisendkemikaalideks).	
Jäätmete väärindamine	E37–E39 Kanalisatsioon, jäätmekogumine ja saastekäitlus	33	70	101,9	0%	1%	0%	1%	5	–	Kasv madalalt baastasemelt (uued suunad).	Jäätmete väärindamisel (ka vastavate seadmete-tehnoloogiate väljatöötamisel) suur potentsiaal, võimalik eksponentsiaalne kasv (nt Ida-Virumaa). Ettevõtete riskitaluvus küsitav, iduettevõtluse potentsiaal. Ringmajanduse põhimõtteid järgivad „targad“ tehnoloogiad, teisese toorme ja jäätmete (sh mineraalsed, tekstiil, plast jt) ressursitootlikkuse tõstmine.		
Energialahendused	D35–36 Elektrienergia, gaasi ja auruga varustamine; veevarustus	98	127	239,3	2%	1%	2%	1%	227	2x kasv	Senine kasvutrend võimendub.	Jätkusuutlik tuule-, päikese-, vesinikuenergeetika, kütuseelemendid, salvestustehnoloogiad.		

4. Uurimis- ja arendustöötajate oskuste vajadus

Peatükis analüüsitakse lähema kümnendi jooksul (aastani 2035) prognoositavaid muutusi ettevõttes uurimis- ja arendustegevuses osalevate töötajate vajalike teadmiste ja oskuste suhtes, keskendudes eelkõige arendamist vajavale ja kasvava tähtsusega osale.

Oskuste vajaduse teemal käsitletakse siinses uuringus spetsiifiliselt uurimis- ja arendustegevusega edukaks hakkamasaamiseks vajalikke teadmisi ja oskusi, millest osa võib tavakäsitluses langeda pigem hoiakute kategooriasse, kuid OSKA uuringute kontekstis liigitame need kontseptuaalselt siiski üldoskuste alla.

Eksperdid kirjeldasid ja hindasid uurimis-arenduse alal töötavate asjatundjate arendamist vajavaid ning kasvava tähtsusega üld- ja erioskusi. Eriuskused on defineeritud⁶⁴ kui konkreetse vaimse, materiaalse, sotsiaalse, tehnilise või korraldusliku ülesande lahendamiseks vajalikud oskused. Eriuskused on konkreetse tegevusliku väljundiga, mille sooritamiseks on eelduslikult muu hulgas vajalik üldoskuste olemasolu. Uurimis- ja arendustegevuseks ettevõtlussektoris on esmatähtsad valdkonnaspetsiifilised (erialased) teadmised ja -oskused, sageli ka varasem töökogemus, erioskustena juhtimis- ja uurimisoskused, ent uuringus intervjueritud eksperdid hindasid tööelu üldoskusi⁶⁸ (mis jagunevad enesejuhtimis-, lävimis- ja mõtlemisoskusteks) eelnimetatutega võrdselt oluliseks.

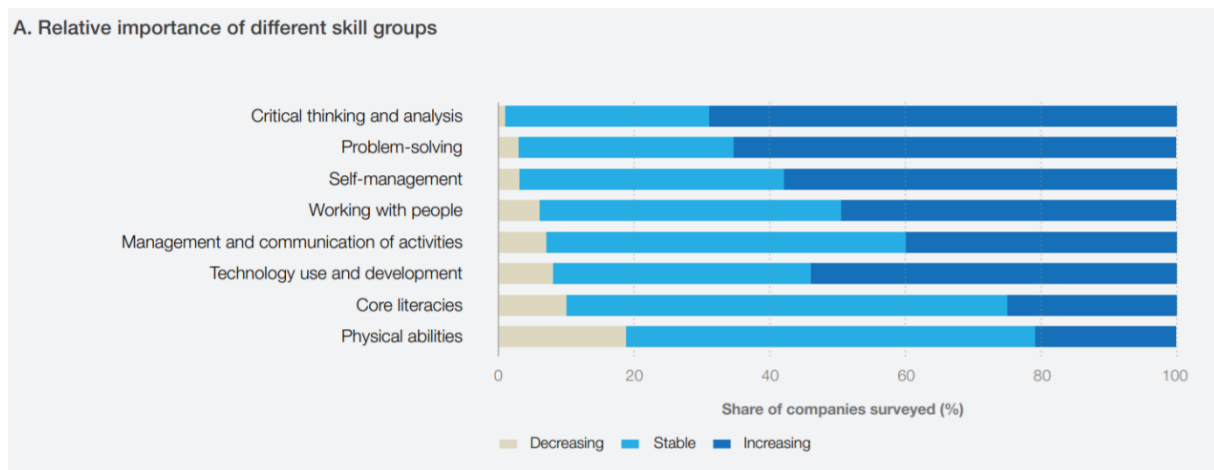
Arendustegevuseks vajalike kasvava tähtsusega oskustena rõhutasid siinses uuringus osalenud eksperdid võimekust teha koostööd, genereerida uusi ideid, algatada uusi tegevusi, oskust viia läbi uuringuid, teha vaatlusi, järeldusi, analüüse ja lahendada probleeme loovalt. Ka Maailma Majandusfoorumi 2020. aastal ilmunud aruandes „The Future of Jobs Report“⁶⁵ prognoositakse, et kasvutrendis on nii kriitilise kui ka analüütilise mõtlemise ja probleemide lahendamise oskus (vt joonis 22). Aruandes⁶⁶ on märgitud 15 oskust, mis on 2025. aastal võrdselt tähtsad: analüütiline ja innovaatiline mõtlemine; õppimisoskus ja õpistrateegiate rakendamise oskus; komplekssete probleemide lahendamise oskus koos argumenteerimisoskusega; kriitiline mõtlemine ja analüüsimine; loov ja uuenduslik tegutsemine, originaalsus ja initsiatiivi võtmine; veenmis- ja läbirääkimisoskus; emotsionaalne intelligentsus; vastupidavus, stressitaluvus ja paindlikkus; juhtimisoskused ja sotsiaalne mõjus; tehnoloogia oskuslik ja turvaline kasutamine; tehnoloogia disainimise ja programmeerimise oskus; veaotsing ja kasutajakogemuse rakendamine; teenindamisoskus; süsteemide analüüsimine ja hindamine. Etteruttavalt saab märkida, et selles loetelus toodud üldoskuste komplekt kõlab väga sarnaselt sellega, mida uurimis-arendustöös osalejalt oodatakse, ehk UA töötajat saab pidada tulevikuoskuste kehastuseks nüüdisaegses töömaailmas (ingl *the embodiment of future skills*). Võrdluses 2018. aasta Maailma Majandusfoorumi ülevaatega⁶⁷ on esile tõusnud enesejuhtimise ja tehnoloogia kasutamise oskus, kahanemist nähakse füüsilise võimekusega seotud oskuste rühmas.

⁶⁴ Siinses analüüsis on erioskuste määramisel aluseks uuringus „Tööelu üldoskuste klassifikatsioon ja tulevikuvajadus“ toodud definitsioon.

⁶⁵ The Future of Jobs Report. 2020. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf.

⁶⁶ *Ibid.*

⁶⁷ The Future of Jobs Report. 2018. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf.



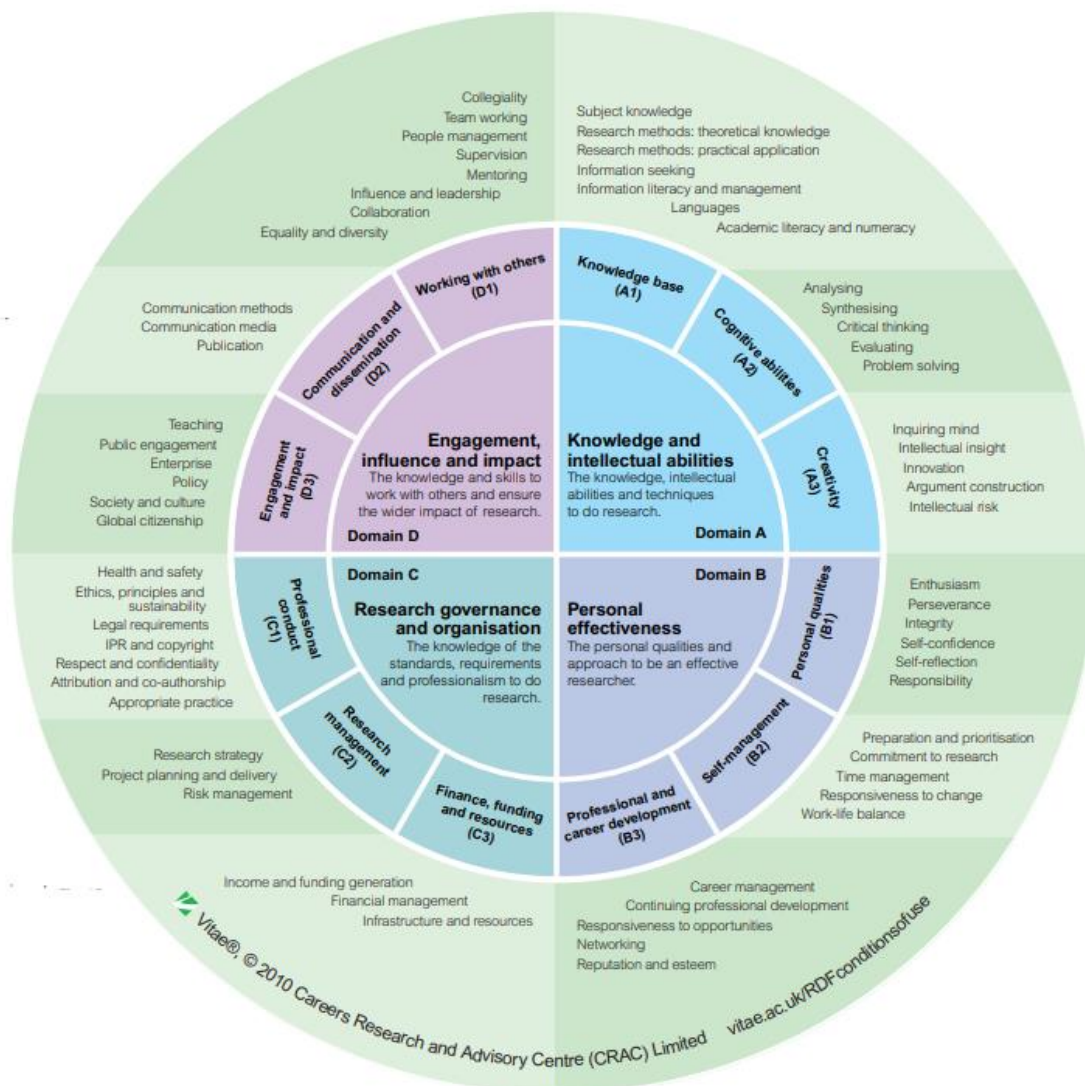
Joonis 22. Kasvava ja kahaneva tähtsusega oskused 2020. aastal. Allikas: The Future of Jobs Report

Uuringu autorid analüüsisid erinevaid rahvusvahelisi teadus- ja arendustöötajate oskuste mudelid, et kujundada Eesti ettevõtlussektoris töötavatele uurimis- ja arendustöötajatele sobivaim. Siinse uuringu raames on aluseks võetud empiirilistele andmetele tuginev raamistik Vitae Researcher Development Framework (RDF)⁶⁸ (vt joonis 23). Kirjeldatud on nii uurimistöös vajalikke teadmisi, oskusi, hoiakuid, intellektuaalseid võimeid kui ka isikuomadusi. Mudeli aluseks on neli valdkonda, mis omakorda jagunevad 12 alamvaldkonnaks ja nende detailseteks kirjeldusteks (kokku 64 jaotust, igas kolm eri taset). Raamistiku eesmärk on aidata teadustöötajal oma oskusi positsioneerida ja koostada tulevikku vaatavalt oskuste arendamise tegevuskava.

Mudeli neli põhivaldkonda:

- A. uurimistegevuseks vajalikud teadmised ja intellektuaalsed võimed, sh teadmised uurimistehnikatest;
- B. karjääri kujundamiseks ja tõhusaks uurimistegevuseks vajalikud enesejuhtimisoskused ja isikuomadused;
- C. teadusuuringute juhtimiseks ja korraldamiseks vajalikud teadmised ja oskused;
- D. koostöö (nii akadeemiline, sotsiaalne, kultuuriline kui ka majanduslik koostöö) juhtimiseks ja korraldamiseks ning kommunikatsiooniks vajalikud teadmised ja oskused.

⁶⁸ Vitae Researcher Development Framework (2011). <https://www.vitae.ac.uk/researchers-professional-development/about-the-vitae-researcher-development-framework/rdf-cou>.



Joonis 23. Teadustöötaja oskuste arendamise raamistik. Allikas: Vitaae Researcher Development Framework

Siinses uuringus analüüsiti ja sünteesiti uurimis- ja arendustöötaja oskuste kirjeldamise eesmärgil kvalitatiivseid empiirilisi andmeid (intervjuudest, fookusaruteludest), rahvusvahelisi TA töötaja oskusi kirjeldavaid raamistikke ning OSKA oskuste klassifikaatorit. Kirjeldatud on ettevõtlussektori UA tegevuseks peamised kasvava tähtsusega oskused tööülesannete vaates, sõltumata sellest, kas tegemist on üld- või erioskusega.

4.1. Kasvava tähtsusega oskused

Oskuste vajaduse prognoos põhineb tegevusala mõjutavate suundumuste ja ekspertidega tehtud intervjuude analüüsil, rahvusvahelistel oskusprofiili mudelitel ja uuringutel („Tööelu üldoskuste klassifikatsioon ja tulevikuvajadus“⁶⁹ ja „Oskuste register“⁷⁰).

⁶⁹ Tööelu üldoskuste klassifikatsioon ning tulevikuvajadus. Uuringu terviktekst. https://oska.kutsekoda.ee/wp-content/uploads/2022/03/Tooelu-uldoskused_-_terviktekst.pdf.

⁷⁰ Oskuste register. <https://www.kutsekoda.ee/oskused-2/>.

OSKA uuringus osalenud eksperdid seostasid nii üld- kui ka erialaste teadmiste ja oskuste muutumise vajadust eelkõige TAIE arengukava⁷¹ fookusvaldkondades sõnastatud arengusuundumustega, sh tehnoloogia arengu, rohepöörde ja majanduskeskkonna muutumisega.

Kuna üle 95% Eesti ettevõtetest on mikro- ning väike- ja keskmise suurusega (VKE), kaldub ka uuringu fookus pigem nende võimaluste ja vajaduste väljaselgitamisele. VKE-des ei ole üldjuhul eraldi uurimis- ja arendusosakonda ning arendustegevus on üks osa ettevõtte põhitegevusest. Uurimis- ja arendusprojektides osalevad ning neid juhivad eri ametialade esindajad. **Üldjuhul VKE-l puudub võimekus palgata eraldi UA töötajat ning sageli on ühe töötaja kanda mitmele kutsealale omased tööülesanded.** Eri ülesannete täitmine ettevõttes eeldab aga töötajalt märksa laiemat ja mitmekesisemat oskuste paletti.

Siinses uuringus on kirjeldatud UA tegevuseks ettevõtlussektoris peamised kasvava tähtsusega oskused **töösade ja tööülesannete vaates** (vt alapeatükk 1.2 „Uurimis- ja arendustöötaja määratlus“). See on nn jaotus paberil (analüütilistel eesmärkidel). Praktikas võivad oskused olla vähem selgelt eristatavad ja pigem läbipõimunud ning üleminekud võivad olla hajusad.

4.1.1. Uurimis- ja arendusvajaduse kavandamine

Ettevõtte üldiste uurimis- ja arendusvajaduste, arenduskava ja eelarveliste vajaduste ning võimaluste määramine, et kasvatada ettevõtte konkurentsieelist uute toodete, teenuste ja protsesside väljatöötamise ja/või täiustamise kaudu.

Tihe konkurents, lisanduvad nõuded ja pidevalt muutuv keskkond, sh tehnoloogiline keskkond, eeldab uurimis- ja arendustöötajalt oskust **kiiresti kohaneda** ning leida arengusuundi, arvestades paindlikult ja proaktiivselt uusi konkurentsieelist loovaid ärivõimalusi (sh arendades uusi tooteid ja teenuseid – tooteinnovatsioon) ja efektiivsust suurendavaid lahendusi (sh protsessiinnovatsioon). Rohepöördest tuleneb vajadus oma senist ärimudelit suurel määral muuta või kohandada. Näiteks toormaterjale tootvad ettevõtted peavad arvestama karmistuvate keskkonnanõuetega ning leidma keskkonda säästvamaid lahendusi, et vähendada süsiniku jalajälge kogu järgnevas väärtusahelas.

Uurimis- ja arendustöötajalt eeldatakse **oskust süüvida probleemide algpõhjusteni ning tegutseda nende lahendamiseks loovalt ja uuenduslikult.** See tähendab ka oskust püstitada ülesandeid ja töötada välja sobivaid lahendusi, võimekust viia ellu ideid ja valmisolekut riskida selle nimel, et head mõtted leiaksid rakendust. Uurimis- ja arendustöötajal on vaja julgust näha visiooni ning arendada tooteid ja teenuseid turutrendide põhjal, et leida uusi ärivõimalusi. (**iseseisev tegutsemine, kohanemisoskus, eesmärgi saavutamine**⁷²)

Ettevõtlussektoris on uurimis- ja arendustöötaja tulemusliku tegutsemise eelduseks oskus mõista ettevõtte äri- ja tugiprotsesse, hinnata valdkonna trende, ettevõtte võimalusi ja piiranguid ning pakkuda neist lähtuvalt välja uudseid lahendusi. Ekspertide hinnangul on esmatähtis tegeleda ennekõike nende teemade ja valdkondadega, kus ettevõttel on potentsiaalne konkurentsieelis, olgu eelneva kogemuse, asukoha või ressursside kaudu. UA on kõrge riskiga tegevus ja see tuleks võimalikult vara suunata sinna, kus oleks eelis/kasu kõige suurem.

⁷¹ „Eesti teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arengukava 2021–2035“. https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2022-09/3._taie_arengukava_kinnitatud_15.07.2021_0.pdf.

⁷² Oskuste kirjeldused sisaldavad viiteid oskuste registrile.

Ettevõtte **ärihuvide arvestamine** uurimis- ja arendustegevuse kavandamisel on esmatähtis, kuid pärast idee ärilise väärtuse hindamist on vaja osata hinnata ka loodava lahenduse turuvajadust ehk mõista, millist väärtust uus toode või teenus tarbijale loob. Ekspertid märkisid ühe esmavajaliku oskuse **väärtuspakkumise**⁷³ **analüüsimise** oskust. Eesmärgiga luua tarbijale konkurentidest eristuvat, kõrgemat väärtust pakkuvaid uusi tooteid ja teenuseid, tuleb osata äriideid eelnevalt disainida, testida ja hinnata. Tuleb hinnata, kas loodav toode on kliendile atraktiivne, et nad oleksid nõus seda ka kõrgema hinna eest ostma. Seega oluline on hinnata, kas uue innovaatilise toote väljatöötamine on otstarbekas, kulutõhus ja võimaldab luua ettevõttele **kõrgemat lisandväärtust**. Oskust laiendada arendusprobleeme diskreetsetest tootomadustest üldise väärtuse pakkumise ja ärimudelini, nagu ka **innovaatiliste toodete müügi**oskust, peavad eksperdid väga oluliseks.

Kliendikogemus võib olla kliendile isegi tähtsam kui kindla kvaliteediga teenus, näiteks paindlik sõiduteenususe tellimise võimalus võib olla kliendile olulisem kui sõiduteenust osutava auto klass (kas tellida taksoteenus traditsioonilisest vs. platvormettevõttest). Parema kliendikogemuse pakkumise olulisusele protsesside tõhustamise kõrval on tähelepanu juhitud ka nutika spetsialiseerumise seire uuringus⁷⁴.

Uute ideede seostamine ettevõtte vajaduste ja võimalustega on oluline oskus ärivõimaluste avastamiseks ja ärakasutamiseks. See tähendab valmisolekut **rakendada akadeemilisi teadmisi innovatsiooni loomiseks**. Värskest ülikooli lõpetanud rõhutasid, et juba õppe käigus võiks rohkem olla ettevõtetega koostöös nende vajadustest lähtuvaid praktilisi arendusprojekte, millel oleksid reaalsed rakendused. Vilistlased märkisid, et eriti ülikoolis omandatud teadmiste rakendamine praktikas võib olla väga keeruline, näiteks kuidas teadmisi rakendada ettevõtte tootlikkuse suurendamiseks. Ka ettevõtete esindajad nõustusid vilistlaste väitega, et lõpetajate erialased teadmised on piisavad, kuid neil jääb puudu oskusest omandatud teadmisi päris tööelus rakendada, sh muuta need äriliselt tasuvaks. Märgiti vajadust arendada **rakenduslikku mõtlemist**, st oskust näha ja pakkuda välja uusi ärivõimalusi, mis tugineksid valdkonna teadustöödele (alusuuringutele). See omakorda kasvatab vajadust luua seoseid eri teadusharude vahel.

Intervjueeritud ettevõtjate hinnangul peab UA töötaja olema **n-õ kastist välja ebakonventsionaalse mõtlemisega, valmis eksperimenteerima ja otsima uudseid lahendusi, olema avatud uutele ärivõimalustele ja tehnoloogiatele – seda olenemata sellest, kas tulemuseks on uus lahendus probleemile, uus meetod või seade**. Loovus tähendab olukorra hindamist uue nurga alt ning väärtuse loomist uues vormis, mõistmist, et see tuleb ka realiseerida. Uue loomiseks tuleb aga vabalt mõelda, liigne raamides mõtlemine võib olla takistuseks. Tehnoloogiaettevõtete esindajad märkisid intervjuude käigus puudujääke loovas ja uuenduslikus mõtlemises. (**loovmõtlemine**)

Intervjuudes rõhutasid eksperdid **võimekust näha n-õ suurt pilti** (eri vaatenurki arvestav üldistusoskus), mõista tegevuse või tootmise tervikprotsessi ja oma osa selles. Selle aluseks on kontseptuaalne mõtlemisoskus ja tõlgendamisoskus (induktiivne ja deduktiivne järeldamine, seoste loomine jms). Arusaamine, kus asub tootmine või tegevus nii ettevõtte kui ka globaalsete

⁷³ Protsessi tulemusena kliendile pakutav väärtus, mis sisaldab nii toote/teenuse kui ka tehingu kliendi poolt hinnatavat väärtust.

⁷⁴ Nutika spetsialiseerumise seiresüsteem ja tõhus valitsemine. Digivaldkonna areng. https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2021/11/NS_seire_loppraport.pdf.

arengusuundumuste vaates ja kuidas protsessi iga osa seda mõjutab, on vajalik igale UA töötajale. (analüüsioskus)

Eesti ettevõtete ressursivõimekus tegeleda uue toote või teenuse eksperimentaalarendusega on väike, eriti kui uurimus toimub madalal tehnoloogia valmiduse tasemel (TVL), kus tulemuslikkust ei ole veel võimalik hinnata. Selle üheks põhjuseks peetakse rahastuse võimaluste nappust. UA-alane tegevus Eesti ettevõtetes sõltub üldjuhul toetustest ja toimub mitmesuguste toetusskeemide kaudu. Arendustegevuseks vajalike **finantsressursside kaasamine** nõuab ettevõtetelt orienteerumist nii Eesti kui ka rahvusvahelistes arendustoetuste taotlemise võimalustes. Ettevõtete esindajad vajavad info, millistele arendustegevustele on võimalik saada toetust, kuidas toimub taotlemise protsess, mida tuleb selleks teha, kelle poole pöörduda, milliseid aspekte tuleb taotluse koostamisel arvestada ning kuidas kaasata koostööpartnereid. Eriti keeruliseks võib osutuda meetmetest toetuse saamine alustavale ettevõttele, kel puudub n-ö varasem UA tegevuse ajalugu. Positiivselt märgiti, et hindamiskomisjonid on viimasel ajal otsuste tegemisel varasemast enam lähtunud projektiga loodavast sisulisest väärtusest, mitte ainult formaalsete nõuete täitmisest.

Intervjuudel märkisid VKE-de esindajad, et isegi rakendusuringute programmist (RUP) toetuse taotlemine on neile keeruline ning **selleks napib ressursi ja oskusi alates projektitaotluse kirjutamisest kuni lõpparuande koostamiseni**. Enamikul Eesti ettevõtetel puudub võimekus osaleda rahvusvahelistes projektides. Eestis on teadaolevalt vaid mõni ettevõtte, kellel on tööl inimene, kes tegeleb rahvusvaheliste toetusvõimaluste (Horizon Europe) teemadega, samas kui suurtes Euroopa ettevõtetes on see n-ö vältimatu positsioon. Intervjueeritud ettevõtete esindajad märkisid vähest teadlikkust Eestis pakutavatest rahastamisvõimalustest, sh millised on programmid ja millised on toetuse saamise tingimused. Ettevõtete esindajad märkisid murekohana ka toetuste nappust selleks, et valmistootega turule jõuda. On küll olemas toetusmeetmed (nt rakendusuringute programm, innovatsiooniosakud), mis on suunatud uue toote või teenuse väljaarendamiseks kuni prototüübi valmimiseni, kuid **vaja on toetada** ka järgmisi etappe, st **kuni valmistooteni jõudmiseni**. Uue tootega turule tulemise vahel on sageli nn „surmaorg“, mis võib paljudele ettevõtetele saatuslikuks saada. (teenuste administreerimine, eelarve- ja finantshaldus)

4.1.2. Uurimis- ja arendustegevuse kavandamine, juhtimine ja koordineerimine

UA tegevuse kavandamine hõlmab uurimisprobleemi püstitamist, eesmärkide seadmist, probleemi lahendamise meetodite, ajakava, eelarve ja tulemuste saavutamiseks vajalike ressursside kirjeldamist. Optimaalsete tulemuste saavutamiseks peab UA töötaja olema võimeline **korraldama ajaplaneerimist**. Keerukust lisab veel lühikese aja jooksul mitme tööosa või tööülesande vaheldumisi täitmine. See eeldab võimet eri tegevuste vahel kiiresti ümber lülituda ja oskust tööaega eri tegevuste vahel jagada. Näiteks võib arendustöötaja lisaks eksperimentaaltoote arendusele olla seotud ka infrastruktuuri arendusega, olla konsultant majasisestes projektides või tootmisprotsessis. Oht läbi põleda on suur, kui töötaja peab tegelema mitmel väljal korraga. Seega vajab UA töötaja oskust hinnata oma käitumist ning reguleerida mõtteid ja emotsioone kiirelt muutuvates olukordades. (kohanemisoskus, sh kiire ümberlülitumine, stressijuhtimine)

- **Uue teabe hankimine, sh uute lahenduste ning nende rakendamise võimaluste uurimine ja analüüs.**

UA töötaja jaoks on väga tähtis **olla kursis valdkonna uuendustega, arvestada valdkonna ja eri distsipliinide teadmiste, teaduspõhisuse ja parimate praktikatega**. Väärt UA töötajat iseloomustab

uudishimu ja valmisolek järjepidevalt täiendada oma teadmisi ja oskusi ning omandada uusi teadmisi paljudest allikatest. Intervjueeritud tehnoloogiaettevõtete juhid rõhutasid, et kui ettevõtte tahab konkureerida maailma tipptegijatega, peab ta olema kursis kõige uuema – kui tootja avalikustab mingi uue toote või teenuse (nt uued radarid või kaamerad) või uue tehnoloogia, peab see teadmine kohe ka ettevõttesse jõudma. Seega on vaja teada, mis on homme maailmas tulemas, mitte saada seda teadmist tagantjärele. Kiiresti muutuv maailmas on pidev õppimisvalmidus ja avatus enesearendamise võimalustele vältimatud. **Uudishimu ja õppimisoskust** on eksperdid pidanud UA töötaja üheks oluliseks oskuseks. Kognitiivsed oskused koos loovuse ja õppimisoskusega loovad olulise eelduse uute äriühingute loomiseks ning aitavad ettevõtetel väärtust kasvatada (õppimisoskus, valdkonna arengu jälgimine).

Intervjuude käigus selgus, et tehnoloogiavaldkonna ettevõtted koguvad valdkonna uuendustega seotud infot eelkõige otse maailmaturult – välismessidelt, tootmiseseadmete ja materjalide tootjatelt ning tarnijatelt, sageli ka klientidelt. Lisaks peab arendustöötaja **oskama hankida infot nii teadus- kui ka erialakirjandusest** ning tal peab olema **oskus orienteeruda teadusandmebaasides**. Probleemidele lahenduste leidmisel on vaja teada, kuidas otsida teavet internetist ja teistest andmeallikatest, hinnata allikate usaldusväärsust, mainet, ajakohasust, autoriteeti ja asjakohasust. Tööstusettevõtete esindajad märkisid, et magistrakraadiga inimene peab olema kursis erialase teaduskirjandusega ning oskama seda sünteesida. Ettevõtete juhid väljendasid muret teadusandmebaasidest info leidmisega seotud oskuste puudulikkuse pärast, näiteks ei osata koostada suunatud infopäringuid (teabehaldus).

- **Uute toodete, teenuste ja protsesside väljatöötamine ja/või olemasolevate täiustamine, sh uuringute ja katsete läbiviimine; uurimisandmete kogumine, töötlemine ja tõlgendamine, sh pakutavate lahenduste rakendatavuse hindamine; testimine ja dokumenteerimine; intellektuaalomandi kaitsmine.**

Vaja on oskust näha UA tegevuse seost äriühingute eesmärkide saavutamisel. Ekspertide hinnangul on laiemalt innovatsiooni toetamise üks probleeme n-ö toetava ökosüsteemi killustatus. Eeskätt vajavad uurimis- ja arendusalast nõustamist ja tuge väikesed organisatsioonid, et näiteks positsioneerida end innovatsioonitrepil ja/või panna kokku ettevõtte uurimis- ja arendustegevuse teekaart. Eesti Tööstuste Keskliidu algatusel kokku kutsutud tööühingu ühisloominguna on valminud „Innovatsioonitrepp 2022“ ehk innovatsiooni ökosüsteemi raamistik⁷⁵. Innovatsioonitrepp visualiseerib ettevõttele tema uuenduslikkuse taseme ja pakub edasiseks arenguhüppeks tööriistakasti läbi erinevate arendamist vajavate võimekuste. Innovatsioonitrepp aitab hinnata ettevõtte asukohta teel uuenduslikuks ettevõtteks ja paremini arenguhüppeks vajalikke teenuseid valida ning riigil neid teenuseid sihipäraselt pakkuda. Positsioneerimine aitab ettevõtjal mõista, mis tasemel ta on ning millist abi ja teenuseid ta edasiseks arenguks vajab. Ehkki enam kui pooled Eesti ettevõtetest peavad end uuenduslikuks, siis ainult iga kümnes tegeleb selgelt eristuva toote või teenuse loomisega ja kõrge lisandväärtusega on vaid kümnendik Eesti ekspordist.⁷⁶ Väikeettevõtted on Eestis sageli oma ärimudeli üles ehitanud lähenemisele, et tehakse kõike, mis võimalik, ilma valikuta ehk hoitakse tegevusväli võimalikult lai ja avatud. **Tootlikkuse kasvu toob aga teine strateegia – vaja on leida oma nišš, oma toode, oma kaubamärk ja liikuda sellega sügavuti.** Eesmärk on liikuda innovatsioonitrepil ülespoole

⁷⁵ Eesti Tööstuste Keskliit <https://employers.ee/innovatsioonitrepp-kiirendab-ettevotete-arengut/>.

⁷⁶ Eesti Tööstuste Keskliit. <https://employers.ee/innovatsioonitrepp-kiirendab-ettevotete-arengut/>.

ja jõuda komertsialiseerimise, tootmismahu kasvatamise ja toote/teenuse või protsesside innovatsioonini.

Ettevõtte juhtimisel on suur mõju innovatsioonile üldisemalt, sh **uuenduste loomise toetamisele ja innovatsioonikultuuri kujundamisele**. Juhtidel on vaja oskust kasutada innovatsiooni juhtimiseks sobivaid tehnikaid ja põhimõtteid, et muuta **innovatsioonile orienteeritud arendustegevus süsteemseks ja tulemuslikuks protsessiks**. Innovatsioonile suunatud arendustegevus algab uute võimaluste märkamisega. Oluline on ka motiveerida töötajaid uusi ideid välja pakkuma ning koguda ja valida sobivaid ideid. Oht keskenduda liiga palju valele ideele ja liikuda tootearendusprotsessis edasi ilma testimisfaasi läbimata võib kaasa tuua liigse aja- ja rahakulu. Seetõttu on tähtis kõiki **ideid hinnata enne nende rakendamist ja testida nende müügipotentsiaali, kasutades selleks sobivaid tehnikaid, ning teha saadud info põhjal metoodiliselt õiged valikud**. Samas on tähtis loovprotsessi tulemusi talletada ja neid regulaarselt uuesti kaaluda, et väärt ideed ei läheks tuleviku tarbeks kaotsi. Headele, aga ettevõtte konteksti sobimatutele ideedele tuleb osata pidureid seada või leida neile võimalus „elada oma elu“ (nt tütarettevõtete loomine põhitegevustest kõrvale kalduva, kuid potentsiaaliga arenduste teostamiseks).

UA töötaja roll on n-ö targa tellijana kasvatada ettevõtte intellektuaalomandit. Tehes koostööd teadusasutustega, peab ta lisaks ärimaailmale orienteeruma ka teadusmaailmas. Näiteks tellides rakendusuringuid või eksperimentaalset arendustegevust teadusasutuselt, **peab tellija erialane kvalifikatsioon olema vähemalt sama kõrge kui teenuse osutajal**. See on nagu tööandja ja töövõtja suhe, kus mõlemad pooled peavad rääkima ning mõistma ühte ja sama keelt. Kui tellija ei suuda oma vajadust piisavalt täpselt sõnastada, siis teadlane teadusasutuses võib parima teadmise ja arusaama põhjal mitte suuta pakkuda tellija soovidele vastavat lahendust. Näiteks märkisid intervjueritud tööandjate esindajad, et **sageli jääb neil puudu oskusest sõnastada oma uurimis- ja arendusküsimus või ülesanne selgelt ja kontseptuaalselt**. Tehnoloogiaettevõtete esindajad märkisid, et tellija, st arendusmeeskonna juhi oskuste tase peab vastama süsteemiinseneri/-arhitekti teadmiste tasemele. On vaja täpselt kirjeldada probleemi olemust, tajuda süsteemi tervikvaadet ja esitada tellimus probleemile lahenduse leidmiseks – see on eelduseks viljakale koostööle. Tellimuse sõnastamine on sisuliselt sarnane hanke koostamisega. (toodete ja teenuste hankimine ja sisseostmine)

Kuna uurimis- ja arendustegevus on teadusuuringu printsiipe järgiv loominguine protsess, peavad ettevõtte arendusmeeskonna liikmed mõistma teadusuuringu protsessi olemust ning seda, kuidas toimivad teadusasutuste teadusrühmad. Ilma selle teadmisteta on suur tõenäosus, et omavaheline koostöö teadlastega ei toimi. Kui tulemus ei vasta ootustele või selleni jõudmine võtab liiga kaua aega, hakatakse teist poolt süüdistama pahatahtlikkuses – ei mõisteta, et tegelikult on see tavapärane teadusuuringu protsess. Arendusmeeskonna liikmed peavad tundma teadusuuringu põhimõtteid, oskama koostada ja rakendada sobivat uurimismetoodikat ning valideerida uurimistulemusi. See tähendab oskust planeerida eksperimente, kaardistada ja analüüsida tulemusi ning testida loodud lahendusi. Ettevõtte UA töötajal peab olema ülevaade teadusasutuste materiaalsest võimekusest, näiteks peab ta teadma, et dioksiini sisalduse määramiseks materjalis peab teadusasutusel olema sobiv kromatograaf. (teadusuuringu printsiipide rakendamine, uurimismetoodika koostamine, uurimistulemuste valideerimine)

Head uurimis- ja arendustöötajat iseloomustab oskus keskenduda põhjalikult teatud ülesandele ja olla tähelepanelik detailide suhtes, samal ajal hoida n-ö suurt pilti silme ees. Uurimist nõudvates rollides

võib reeglite järgimine ja protseduuride korrektne läbiviimine aidata saavutada läbimurdeid tootearenduses, samuti arendusvajaduste tuvastamisel. (eesmärgi saavutamine)

Kriitilise mõtlemise oskus on eelduseks probleemi süvitsi analüüsimisele ja järelduste tegemisele. See oskus aitab leida seotud andmeid, neid analüüsida ja tõlgendada. Et olla tõhus kriitiline mõtleja, on vaja osata jälgida, hinnata, analüüsida ja olla avatud meelega. **Analüüsi- ja sünteesioskus** on oluline, kuna ekspertide hinnangul kasvab analüütilise töö maht märkimisväärselt. Intervjuudes osalenud eksperdid rõhutasid näiteks digitaalselt kogutud suurandmete kasutusvõimaluste avardumist. Uurimis- ja arendustöötajad märkisid intervjuudes, et andmete analüüsimiseks lihtsama programmi kirjutamine (sh päringu koostamine) on juba baasoskus, mis eeldab baastasemel programmeerimist. Ei ole vaja tunda iga programmi toimimise loogikat, kuid on vaja mõista valdkonnaspetsiifilise tarkvara toimimise põhimõtteid, et teada, milliseid tööriistu kasutada erialaga seotud probleemide lahendamiseks ja uudsete lahenduste väljatöötamiseks. Suurandmete analüüsist tulenevate võimaluste kasutamine on hüppeliselt kasvav trend, mistõttu on andmete analüüsimise ja haldamisega seotud oskused üha enam nõutud (vt alapeatükk 4.2.1. „Digilahendused igas eluvaldkonnas“). (analüüsioskus, loovmõtlemine, (erialase) tarkvara kasutamine)

Sageli seondub analüüsioskusega otseselt või kaudselt **ka probleemi lahendamise oskus, loovus ja uuenduslikkus**. Et olla tõhus probleemide lahendaja, on vaja oskust märgata potentsiaalset probleemi, seda analüüsida, töötada läbi seotud teave, sõnastada lahendamist vajav küsimus ning hinnata võimalusi ja strateegiaid sellele vastuse leidmiseks. Arendustöötajat iseloomustab **proaktiivsus** ning suund vaadata teenuste ja toodete arendamisel ajas ettepoole. Selleks on vaja kasutada disainmõtlemist, mis eeldab erinevate üldoskuste (sh **analüüsioskus, probleemi lahendamise oskus, loovmõtlemine**) kombineerimist. Disainmõtlemise olulisust märkisid ka ehitusettevõtete esindajad, näiteks BIM-mudeli loomisel või ka punkt pilve mudeldamisel.

Kõigis tegevusvaldkondades, eriti aga nendes, kus kasutatakse programmeeritavaid lahendusi, on **erinevate turvalisuse dimensioonide tundmine** hädavajalik. Tähelepanu tuleb pöörata nii küberturvalisusele kui ka funktsionaalsele turvalisusele (ingl *functional safety*), et tagada häkkimiskindlus (küberturvalisusega seotud oskuste vajadust on kirjeldatud alapeatükis 4.2.1 „Digilahendused igas eluvaldkonnas“) ja esmatähtsate funktsioonide toimimine. Kui ettevõtte soovib pakkuda turule toodet koos turvalisuse garantiiga, peab ta kontrollima kogu tootearenduse protsessi, kaasa arvatud tootmist ja tarneahelat. Oluline on tagada ka ohutus, näiteks võivad suure võimsusega elektriautode laadijad takistada hädaabikõnede tegemist või kuidas tagada ohutus koostöörobotite kasutamisel.

Ekspertid rõhutasid, et UA töötajad peavad mõistma toote hinna kujunemist. Arendatav lahendus peab olema ettevõttele tootmiskuludelt majanduslikult tasuv ja suurtes mahtudes toodetav ning tarbija peab saama seda mõistliku hinna eest osta. (hinnastamine)

Innovaatiliste toodete, teenuste ja protsesside väljatöötamisel ning arendamisel on vajalikud sügavad valdkonnaspetsiifilised teadmised. Tööstusvaldkonna eksperdid märkisid, et konstruktiivse ja tulemusliku arendustöö aluseks on UA töötajate varasem tootmis- või tööstus**valdkonnas töötamise kogemus**. Oluline on tootmisprotsessi mõistmine ning arvestamine tootmise tingimustega, teades, millised on tootmist piiravad tegurid, milliseid materjale kasutada, kuidas tagada tootmise efektiivsus jm.

Lisaks efektiivsele tootmisprotsessile peab lahendus olema ka funktsionaalne – kergelt ja mugavalt kasutatav. Ülekantud tähenduses – mitte projekteerida maja, mis on küll arhitektuurselt ilus, kuid mida on võimatu ehitada ja ebamugav kasutada. Näiteks rõhutasid elektroonikatööstuse ettevõtete esindajad, et neil on vaja tootearenduse insenere, kes oskavad lahendusi projekteerida nii, et lisaks funktsionaalsetele omadustele on loodavat lahendust võimalik ka mõistliku hinnaga toota; kes jälgivad projekteerimisel töökindluse põhimõtteid; tunnevad mõõtmistehnoloogiaid (nt metroloogia); saavad aru seadmete ühilduvusest (ingl *electromagnetic compatibility*) ja oskavad sellega arvestada. Näiteks kui tootmises kasutatakse robotiseeritud lahendusi, peab projekteerimisel arvestama ka tingimustega, et toode oleks valmistatav robotseadmega. Ettevõtete esindajad märkisid korduvalt intervjuudel vajadust tootmistehnoloogiaalase (**teadmised tootmistehnoloogiast**) õppe järele (nt mikroraadiõpe). TA töötajad hindasid, et praeguses õppes on suurem fookus tootearendusel ja vähem tähelepanu saavad tootmisprotsessid (kuidas valmib toode). Ettevõtjad rõhutasid, et tootmistehnoloogia teemal on palju iseõppimist, sh seadmete õppimist. Samas on mitmel elektroonikavaldkonna ettevõttel konkurentsieeliseks efektiivne tootmise protsess – protsessiinnovatsioon.

Toiduainetööstuse ettevõtete esindajad tõid näiteks ettevõtete arendustegevus ülevaate⁷⁷ vastustes välja, et toote arendusprotsessis võib takistuseks saada ka n-õ labori mõttemaailma barjäärid ehk suletud keskkonnas protsessid toimivad, aga tööstuslikus keskkonnas, kus on rohkem muutujaid ja mõjutajaid, ei pruugi toimida. (**tööstuslike materjalide või toodete kavandamine; innovatsiooni juhtimine**)

Väga oluliseks komponendiks ettevõtluse kontekstis tervikprotsessi mõistmise ja mõtestamise juures on arusaam **väärtusahela eri osade omavahelisest sõltuvusest ja kooskõlast**. Kuna UA meeskonna liikmed projekteerivad sageli lahenduse eri osi, peavad nad kogu aeg silmas pidama tervikut ning mõistma, mis millega koos töötab ja mis millest sõltub. Näiteks ei hakka riistvara tööle ega ole kasutatav, kui sinna ei rakendata õigeid algoritme, samamoodi on andmetöötlusalgoritmid kasutud, kui puudub oskus toota sobilikku riistvara. Toode koosneb paljudest komponentidest, mis peavad koos töötama. Näiteks puidu keemiliseks väärindamiseks ja biomaterjali tootmiseks on vaja mõista metsa- ja puidutööstuse väärtusahelat tervikuna alates metsa kasvatamisest ja raiumisest kuni lõpptoote valmimiseni ning CO₂-na ringlusesse tagasi liikumiseni. UA töötaja peab omama tervikpilti, et osata näha loodavat lahendust kogu väärtusahela kontekstis. Eksperdid rõhutasid veel vajadust osata arvestada **rohepöörde mõjudega**. Näiteks tuleb teada, kuidas arendada energiasäästlikku toodet (sh vähendada tootmisel süsiniku jalajälge) ja milliseid materjale kasutada, milline on toote eluiga elutsükli vaates jm. Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liidu ettevõtete arendustegevus ülevaates⁷⁸ on märgitud, et rohepöördega seoses on vaja teadmisi puidutehnoloogiast, et lisaks puidu omaduste ja töötlemistehnoloogiate tundmisele osata arvutada tootmise ja toote elutsükli süsinikujalajälge ning arendada puitmaterjalide kaskaadkasutust. (**keskkonna jätkusuutlikkuse tagamine**)

Uudsete lahenduste väljatöötamise eelduseks on **tootmise või tegevuse tervikprotsessi mõistmine**. See hõlmab nii leidlikkust, loovust kui ka teadmiste kasutamist probleemi või vajaduse määratlemisel, vajaliku teabe kogumisel ja analüüsimisel, uudse ideelahenduse disainimisel, lahenduskava

⁷⁷ Huik, Ü. (2022). Ülevaade Eesti Toiduainetööstuse Liidu ettevõtete arendustegevustest. <https://etag.ee/wp-content/uploads/2022/09/EToL.pdf>.

⁷⁸ Meier, P. (2022). Ülevaade Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liidu ettevõtete arendustegevustest. <https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2022/05/EMPL.pdf>.

planeerimisel, prototüübi loomisel ja tulemuse vastavuse hindamisel – sammud lahenduse väljatöötamisest kuni tootmiseni. Sageli märgiti intervjuudel, et vajalike oskuste komplekt kujuneb uurimis- ja arendustöötajal aja jooksul, osaledes paljudes koostööprojektides. Täpsustati, et tööandja peab sellega arvestama, kui kaasab uusi töötajaid UA tegevustesse. Ettevõtjad soovivad siiski rakendada õppes senisest enam probleem- ja projektõpet, rühmatöid, praktilisi ülesandeid (sh äriplaanide, analüüside ja iduettevõtete kavandite koostamist, prototüüpide loomist), interaktiivset õpet. Soovitatakse kasutada õppeprotsessis ülesandeid, mis arendavad analüütilist mõtlemist, suhtlemisoskust ja meeskonnatööd. Tööandjad peavad tähtsaks, et õppekavad koostataks tulevikku vaatavalt ning neid uuendataks pidevalt, lähtudes olulistest arengusuundadest ja muutustest töökeskkonnas.

Toote kvaliteedi ja usaldusväarsuse tagamiseks on testimine väga tähtis. On vaja **arusaama eri tasemel testimistest ja nende eesmärkidest** – näiteks kas testimise eesmärk on hinnata lahenduse elektroonika komponendi toimivust, selle töökindlust süsteemis tervikuna, vastupidavust vibratsioonile, lekkekindlust või on tegemist seeriatootmise-eelse testimisega. Arendusprotsessis on vaja teadmisi uue toote või teenuse turunõuetega vastavusse viimisest (nt Euroopa Liidus CE-märgis⁷⁹). Ettevõtjad on märkinud, et tagasihoidliku praktilise kogemusega arendustöötaja ei näe sageli **testimist ja toodete katsetamist arendusprotsessi osana**.

Arendamist vajavana märgiti nii testiplaani väljatöötamise, katsete korraldamise kui ka katseseeriade ülesehitamise oskust. Näiteks meditsiinivaldkonnas on enne uute ravimite, vaktsiinide, seadmete või ravimeetodite turule toomist (sh enne tootmisloa saamist) vaja nende ohutust ja toimet süstemaatiliselt testida ning dokumenteerida. Kliinilised uuringud jagunevad neljaks standardseks etapiks, millest kolm peavad toimuma juba enne tootmisloa saamist. (uurimistulemuste valideerimine, testimine)

Iga eksperimentaalarenduses tehtava arenduse, sh mõõtmise või analüüsi tulemused tuleb **dokumenteeri**da täpselt, selgelt, ühemõtteliselt ja objektiivselt ning vastavuses konkreetse mõõtmise või analüüsi meetodikaga. Katsetulemuste dokumenteerimist peeti ülioluliseks näiteks nii tervisetehnoloogia- kui ka elektroonikaettevõtetes. Kuna tegemist on eksperimentaalarendusega, on tulenevalt erinevatest nõuetest dokumenteeritud katsetulemused eelduseks, et teenust või toodet saaks turustada. (dokumenteeringimine)

Ettevõtluses kaitstakse uurimis- ja arendustulemusi nende salastamise või muude intellektuaalomandi kaitse vahenditega, kuid sellegipoolest eeldatakse, et protsess ja tulemused dokumenteeritakse nii, et teadmised ettevõtte jaoks kaotsi ei läheks ja ka teistel sama tegevusala asjatundjatel oleks võimalik neid kasutada. **Teadmised intellektuaalomandi kaitsmisest**⁸⁰ on Eestis tervikuna napid, märkisid ettevõtjad. Sellealast teadmist on vähe, teatakse ja osatakse patentidega seotud dokumentatsiooni küll vormistada, aga mida patenteerida, kuidas tagada õigused ja loodud lahenduse kaitse, kuidas jälgida, et tootearendusprotsessis ei riivataks kellegi teise intellektuaalomandi õigusi, millest alustada intellektuaalomandi kaitsmisel – seda teadmist napib. Märgiti ka positiivselt teatud patentibüroode võimekust pakkuda ettevõtjatele tuge intellektuaalomandikaitse vormide valimisel. Lisaks pakub ka Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus intellektuaalomandialast strateegilist nõustamist. Ülikoolist saab teadmise, kuidas juriidiliselt toimetada – dokumendid esitada ja kus riigis kaitsta –, aga puudu

⁷⁹ Tõendatakse toote kvaliteeti, ohutust ja vastavust õigusaktide nõuetele.

⁸⁰ Tarkvaraalgoritmide kaitsmise alast infot Eestis napib.

jääb sisulisest teadmisest, mida saab ja mida on mõistlik patenteerida ning kuidas on see ettevõttele kasulik. Näiteks kuidas kaitsta ettevõttele olulist lihtsalt kopeeritavat teavet, kuidas kaitsta juhul, kui see ei ole kopeeritav, mismoodi kaitsta ärisaladust jm.

4.1.3. Uurimis- ja arendusprojekti juhtimine

Uurimis- ja arendusprojekti juhtimine ja koordineerimine lähtuvalt uurimis- ja arenduseesmärgist, sh tegevuskava ja eelarve koostamine, jälgimine ja muudatuste sisseviimine; ressursivajaduse hindamine; tegevuste läbiviimise korraldamine ja läbiviimine.

Projektijuhtimise oskuse kasvavat vajadust uurimis- ja arendustegevuses rõhutasid nii ettevõtete juhid kui ka värskelt ülikooli lõpetanud UA töötajad. Projektijuhtimise oskus on vajalik nii arendusmeeskonna juhtidel kui ka liikmetel ehk kõigil, kes teevad koostööd mitme osapoolega. Arendusmeeskonna liige peab mõistma projektijuhtimise põhimõtteid, et saada aru projektijuhi tegevuse loogikast. Eksperdid märkisid, et sageli sõltuvad töö tulemused ja töö tegemisele kuluv aeg suurel määral just tööprotsessi juhtimise asjakohasusest ning tõhususest, samuti ülesande või probleemi õigest sõnastamisest.

Prioriteetide seadmine eri tööülesannete täitmisel on keeruline ja eeldab võimekust hinnata tegevustele kuluvat aega, seda nii uurimistööd ettevõttes ise tehes kui ka väljast (nt teadusasutuselt) sisse ostes. Näiteks kui tellida uuring ülikoolilt, tuleb arvestada, et akadeemiliste töötajate tööülesannete spekter on lai (teadustegevus, õppetöö läbiviimine, üliõpilaste juhendamine jm) ning ettevõtluskoostööga kaasneb tööprotsessi killustatus. See omakorda mõjutab pühendumist välistele ettevõtlusprojektidele. Väikesemahulised tellimustööd panevad ülikoolidele suure koormuse, kuid töömaht ja saadav tulu ei pruugi olla sellega proportsioonis. Sageli põrkuvad arenduskoostöös erinevad huvid (erinev eesmärgiseade), **ettevõtete lahendamist vajavad uurimisprobleemid on pigem „kitsad“ ja/või insener-tehnilised, mitte teadusküsimused**, mis ei pruugi anda teadusasutusele materjali publikatsioonideks. Sageli märgiti intervjuudel ettevõtluskoostöö lühiajalisust ja **pikema perspektiivi puudumist**.

Kuna eksperimentaalarenduse tulemused ei ole ette teada, tuleb suurt tähelepanu pöörata ajajuhtimise kõrval ka muudatuste, rahakäibe ja riskide juhtimisele. Muudatuste juhtimisel on esmatähtis saavutada meeskonnaliikmete toetus muudatuse läbiviimiseks, selgitada sellega kaasnevat tegevusi, sageli lisatoiminguid ning pakkuda arendusmeeskonna liikmetele jooksvalt tuge ja tegutsemisjuhiseid. (organisatsioonijuhtimine, protsessi ja muudatuste juhtimine, varude juhtimine, riskijuhtimine)

Arendusmeeskonna juhi ülesanne on planeerida ja jälgida arendustegevusega seotud kulusid, samuti kajastada finantstehinguid vastavalt kas ettevõttes kehtestatud korrale või välistoetuse puhul taotluse tingimustes sätestatud nõuetele. Kuna eksperimentaalarendusega ei ole tulemused täpselt planeeritavad – arendusprojekt võib kesta ajaliselt kauem, vajalike ressursside maht võib algselt planeeritust märkimisväärselt erineda –, muudab see arendusprojekti finantsilise haldamise keerukaks ning nõuab head finantskirjaoskust. Näiteks võib kuluarvestus erineda sõltuvalt organisatsiooni tüübist. Ettevõtete esindajad märkisid näiteks teadusasutuselt uurimistööde tellimisel segadust tehtud tööde ajalise arvestuse, ressursikasutuse ja tasu kujunemisega. Akadeemiliste töötajate karjäärimudel ei toeta ettevõtluskoostööd, samuti ei ole võimalik ülikoolide meeskonna püsikulud jätkusuutlikult ettevõtluskoostöö raames finantseerida (jätkusuutlikkuse tagamine). Kui tagasiside tehtud tööde suhtes on ebaselge, muudab see keerukaks kogu arendusprojekti finantshalduse. (eelarve- ja finantshaldus)

4.1.4. Uurimis- ja arendusmeeskonna juhtimine

Uurimis- ja arendusmeeskonna tegevuse juhtimine ja korraldamine

- **Arendusmeeskonna komplekteerimine vajalike oskustega personaliga**

Innovaatiliste lahenduste loomine eeldab sageli sügavaid teadmisi eri distsipliinidest, mistõttu komplekteeritakse arendusmeeskond vajalike teadmistega ekspertidest. **Multidistsiplinaarne meeskond** on mitme valdkonna spetsialistide rühm, kes töötavad koos ühise eesmärgi nimel, otsides sobivamat lahendust.

Näiteks patsiendi taastumise nimel töötavad koos taastusarstid ja -õed, füsioterapeudid, logopeedid ja teised taastusravi spetsialistid. Keerulistes tingimustes (nt Kuul) töötavale kaamerale sobiva korpuse disainimiseks on vaja mitme eriala insenere: mehaanika-, peenmehaanika- ja optikainsenere, samuti materjaliteadlasi. Energiatõhusa küttesüsteemi väljatöötamiseks on vaja kütte- ja ventilatsiooniinsenere ning tarkvaraeksperthe. Insenerid töötavad välja süsteemi, arvestades olemasolevaid andmeid, ning programmeerijad arendavad sobiva süsteemilahenduse. Samuti eeldab mitme valdkonna spetsialistide koostööd ehitusse integreeritud päikesepaneelide väljaarendamine. Vaja on materjaliteadlasi, kes oskavad kombineerida omavahel erinevaid olemasolevaid materjale (nt teras, metall, klaas, päikeseelemendid) ja hinnata nende vastupidavust. Järgmises etapis on vaja testida lahenduse skaleeritavust ehk vaja on oskust luua sobiv tehnoloogia ehitusse integreeritud päikesepaneelide tootmiseks, st mõelda välja tootmiseseadmed, elektroonika- ja tootmise automatiseerimise lahendused. Sisuliselt on vaja nii mehaanika-, elektroonika-, masinaehitus- kui ka tarkvarainsenere.

Ka TAIE teekaardis on märgitud, et bio- ja ringmajanduse, ressursside väärindamise ja vastava innovatsiooni rakendamise teemad on oma olemuselt keerulised ja interdistsiplinaarsed ning eeldavad eri valdkondade koostööd (nt materjaliteadused, keskkonnateadused, sotsiaalteadused, IT). (meeskonna- ja koostööoskus)

Kuna valdavalt sünnivad innovaatilised lahendused eri distsipliinide kokkupuutest, eeldab arendusprojektis osalemine uurimis- ja arendustöötajalt nii **põhjalikke erialaseid teadmisi**, et probleemi lahendamisele erialaspetsiifiliselt läheneda, kui ka **interdistsiplinaarseid teadmisi**. Näiteks selleks, et elektroonikavaldkonnas töötav tarkvarainsener oskaks programmeerida protsessori tarkvara, peab ta lisaks mõistma elektriagamite toimimise põhimõtteid, omama baasteadmisi automaatjuhtimise teooriast, andmesidest, elektroonikast, sh jõuelektroonikast, kontrollerite programmeerimisest (kuidas oma erialaseid teadmisi tarkvarakeeles rakendada). Need on teadmised ja oskused, mis tarkvarainseneri oskuste paletti ei pruugi kuuluda, kuid elektroonikatööstuses arendusmeeskonna liikmest tarkvarainsenerile on baasteadmised neist valdkondadest vajalikud.

Intervjuudel leidis kinnitust, et ettevõtete uurimis- ja arendustöötajad pigem eelistavadki teadmiste laiendamist eri valdkondadest magistritasemel, mitte doktoriõpet, kus teema käsitus on sügavam ning õpe ajaliselt pikem ja akadeemilisem – pigem ulatus kui sügavus.

- **Arendusmeeskonna igapäevase töö kavandamine ja juhtimine, töötajate motiveerimine ja juhendamine**

Oskus arvestada meeskonnaliikmete vajaduste ja ühise eesmärgiga ning teha ülesannete täitmiseks teistega koostööd seab olulisele kohale koostööoskuse. UA töötaja tegevus ettevõttes eeldab

tulemuslikku koostööd eri valdkondade meeskonnaliikmetega, st oskust organiseerida multifunktsionaalseid meeskondi. Näiteks on uue toote arenduseks vaja lisaks erialainseneridele ka eksperte disaini-, tootmis- turundus- ja müügiosakonnast. Vaja on kaasata kvaliteedieksperte, sageli tehnikuid, spetsialiste laborist, teadustöötajaid partnerorganisatsioonidest, kliendi esindajaid jt. Korduvalt märkisid nii ettevõtete juhid kui ka UA töötajad vajakajäämisi selliste üldoskuste puhul nagu meeskonnatöö- ja koostööoskus ning suhtlemisoskus (eneseväljendus). Need oskused on järjest olulisemad üha levinumaks muutuva projekti- ja koostööpõhise töökorralduse puhul, kus kasvab vastutus- ja otsustusõigus nii enda kui ka kogu meeskonna töö eest. Kitsaskohana märgiti ka ebapiisavat **juhendamise oskust**, mis seisneb näiteks oskamatuses projekti osapooli nõustada probleemile lahenduse leidmisel, või selliste olukordade juhtimine, kus projekti pooled ei mõista üksteise eesmärke ja räägivad üksteisest mööda.

Eksperimentaalarenduse projektis osalemine eeldab UA töötajalt vajadust osaleda ka erialases diskussioonis, erialakogukondade ja rahvusvaheliste koostöövõrgustike ning uurimisrühmade töös. Eksperdid märkisid vajadust arendada senisest rohkem **interdistsiplinaarset koostööd teiste teadusdistsipliinide teadlastega**, sh koostööd rahvusvahelistes meeskondades. (**meeskonnatöö- ja koostööoskus**)

Uurimis- ja arendusprojektide puhul on sageli tegemist mingi konkreetse ülesande lahendamiseks moodustatud ajutise meeskonnaga. Meeskonda kaasatakse parima teadmisega eksperdid nii oma ettevõttest kui ka partnerorganisatsioonidest. Ühtlasi märgiti, et ülikoolide ja ettevõtete edukate koostööprojektidega võib kaasneda n-ö ajude äravoolu oht (ühesuunaline tee teadusest ettevõtlusesse).

Ettevõtete esindajate hinnangul on siiski oluline, et ärikriitiline valdkondlik teadmine oleks ettevõttes oma inimestega kaetud – töötajad, kes mõistavad ja oskavad hinnata turu vajadusi ning näevad, millised on arendusvõimalused ehk mis on turult puudu. Spetsiifiliste teadmistega spetsialiste on võimalik juurde värvata või ka teadmist teenusena sisse osta. Värvata arendusülesandest tulenevalt sobivate teadmiste ja oskustega UA töötajaid eeldab nii laia silmaringi, häid kontakte kui ka võimekust teha kindlaks erinevate ülesannete jaoks parim spetsialist. Selleks on vaja oskust hinnata ressursivajadust ja teada, kust ja kuidas vajalikku ressursi leida. (**personalarendus ja meeskonna komplekteerimine**)

Eksperimentaalarenduse meeskonna juhtimine eeldab võimet planeerida ja korraldada meeskonna ülesandeid, oskust määrata kindlaks meeskonnaliikmete töö eesmärgid, lähtudes arendusprojekti eesmärkidest. Meeskonnajuht peab olema tegevuste eestvedaja, vajaduse korral meeskonda juhtides või juhendades. Arendusmeeskonna juhtimine erineb oluliselt näiteks tootmismeeskonna juhtimisest, kus on paigas tootmisprotsessid ja selgelt määratletud tööülesanded. Seevastu arendusmeeskonna juhil on märksa suurem vabadus tegevuste ja meeskonna juhtimisel. Näiteks eesmärgist lähtuvalt võib olla vajalik ajakavas püsimiseks ja ressurside mõistlikuks kasutamiseks piirata teadlaste uurimistegevust, lõpetades uuringud 95% peal, jättes viimased 5% uurimata (mille peale võib kuluda veel sama palju aega). Samas tuleb insenere ohjata, et mitte alustada n-ö toore toote prototüübi arendamisega. Inimeste juhtimise oskust nimetati põhivajadusena arendusmeeskonna juhtide puhul, kes muu hulgas vastutavad töötajate motiveerimise ja arendamise eest. Arendusprojekti eesmärkide nimel teiste **innustamine ja inspireerimine innovaatiliste tulemuste saavutamiseks** on tõsine proovikivi. Uurimis- ja arendustöötajatest koosneva meeskonna juhtimisel on meeskonna juhil vaja tuvastada, mis kedagi motiveerib ja eesmärgi nimel tegutsema innustab. Mitu innovaatiliste ettevõtete

esindajat töid välja, et sageli motiveerib arendusvõimekusega inimesi töötasust enam võimalus luua uut väärtust, näiteks innovaatilist keskkonnale sõbralikku toodet/teenust. (meeskonna juhtimine, teiste motiveerimine)

Uurimis- ja arendustegevus saab olla tulemuslik vaid juhul, kui tootearendusprotsessi on integreeritud tervikuna teadus-, arendus- ja **kommertsialiseerimisalased** (oskus toode/teenus turule viia) tegevused, mitte eristatud neid eraldi järjestikuste etappidena. UA töötaja peab nägema tervikprotsessi idee väljatöötamisest kuni müügini, sõltumata sellest, kas tema põhiroll on seotud arendus- või müügiprotsessiga. Näiteks märkisid eksperdid, et meil on häid uurijaid ja arendajaid, samuti teadmist, aga napib oskust, kuidas sellest äri teha. Takistuseks võib olla, et senine ärimudel või müügistrateegia ei toeta uue lahenduse turustamist. Sageli võivad teadusmahukad ettevõtted takerduda n-ö teadus- ja arendustegevuse „lõksu“. Fookus on arenduses ja teaduses (TRL 3–7), aga puudub kommertsialiseerimise (TRL 8–9) vaade. Iduettevõtete ärimudel on teine – arendusprotsessis testitakse jooksvalt turuvajadust. Võrdluseks toodi Ameerika, kus osatakse uus teadmine ärisse panna isegi enne kui toode on päris valmis.

Ekspertide hinnangul vajavad arendamist ülikooli lõpetajate juhtimisalased oskused, kuidas **juhtida tulemuslikult innovatsioonile suunatud arendusmeeskonda**, kuidas neid motiveerida ja juhtida meeskonnas inimsuhteid. Vaja on õppes tutvustada erinevaid juhtimisviise, näiteks rolliharjutuste kaudu. Senisest enam oodatakse arendusmeeskonna liikmelt ettevõtjale omast mõtteviisi – ärieesmärkidele orienteerumist ning loovuse ja uuenduslikkuse (uute ideede seostamine, erinevate ideede kokkusobitamine) rakendamist. (organisatsioonijuhtimine)

4.1.5. Kommunikatsioonijuhtimine

Sujuva kommunikatsiooni tagamine, sh projekti esindamine; nõustamine ja toetamine uurimistulemuste rakendamisel; uurimistulemuste tutvustamine.

Selleks, et olla edukas arendustöötaja, tuleb UA töötajal kombineerida erinevaid lävimisoskusi, nagu suhtlemisoskus, meeskonnatöö- ja koostööoskus ning teabe esitamise oskus. Iga UA töötaja vajab heal tasemel eneseväljendusoskust (nii suuliselt kui ka kirjalikult), kes puutub kokku klientide või koostööpartneritega või osaleb meeskonnatöös. Uuringusse kaasatud eksperdid rõhutasid läbirääkimisoskuse arendamise vajadust uurimis- ja arendustöötajatel. Ekspertide hinnangul võivad erialaspetsialistid jääda hätta oma sõnumi edastamisega teistele osapooltele, näiteks kuidas veenvalt seletada ja põhjendada ettevõtte juhtkonnale või kliendile uue lahenduse arendamise vajadust, sellest tulenevaid võimalusi, aga ka riske ning selgitada oma töö sisu. Vajakajäämised suhtlemisoskuses (nn suhteturundus) takistavad muu hulgas koostööd teadusasutustega, ei kommuniqueerita vastastikku ootusi projektijuhtimisele ega projekti finantsarvestusele ja -aruandlusele, ei selgitata piisavalt projekti eesmärki (lähtumine teadus- või ärieesmärkidest). (suhtlemisoskus, teabe esitamine)

Võõrkeeltes suhtlemise oskusest rääkides pidasid paljud intervjuudes osalenud eksperdid inglise keele oskust iseenesestmõistetavaks ja vajakajäämisi selles ei täheldanud. Ettevõtetes, kus arendustegevusse on kaasatud ka teiste riikide teadusasutused või ettevõtted, nimetati vajadust osata arvestada meeskonnatöös eri rahvusest inimeste kultuurierinevustega. (suhtlemisoskus, keeleoskus)

Selleks, et sünniks kasutatav lõpptoode, peavad ühe valdkonna arendustöötajad olema suutelised lävima ka teiste valdkondade ekspertidega. Suhtlemine tarnijate ja klientidega eeldab head läbirääkimis- ja mõjutamisoskust. Vaja on oskust teist osapoolt aktiivselt kuulata, jagada teavet

arusaadavalt (see on eriti tähtis erialase info edastamisel), argumenteeritult ja täpselt ning põhjendada oma seisukohti loogiliselt (struktureeritult), mõistetavalt ja eesmärki järgides. Aktiivne kuulamine eeldab ka oskust mõista ja tõlgendada teise poole probleeme ja vajadusi ning pakkuda välja lahendusi ja kirjeldada võimalikke kõrvalmõjusid. Usalduslikud suhted klientidega muutuvad üha tähtsamaks, eriti arvestades Eesti ettevõtete väiksust ja nappi ajalugu. Oskust arendada ja säilitada usaldusväärseid suhteid klientidega rõhutasid tervisetehnoloogia valdkonnas tegutsevad ettevõtted. ([suhete loomine ja hoidmine](#))

4.2. TAIE fookussuundadest tulenev täiendav teadmiste ja oskuste vajadus

TAIE arengukava⁸¹ määratleb teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arendamise sihid ja tegevussuunad. Arengukava sihtide saavutamisel on keskne roll TAIE fookusvaldkondadel – Eesti arenguvajadustele ja -võimalustele vastavatel riigi, ettevõtete ja teadusasutuste koostöös eelisarendatavatel teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ja ettevõtluse valdkondadel. Need on eelisarendatavad teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ja ettevõtluse valdkonnad, kus koostöös ja koosloomes tegevusi tehes on potentsiaal majanduse ja ühiskonna väljakutseid lahendada suurim⁸².

TAIE viiest fookusvaldkonnast neli on ühtlasi nutika spetsialiseerumise kasvualadel (digilahendused igas eluvaldkonnas, tervisetehnoloogiad ja -teenused, kohalike ressursside väärimine ning nutikad ja kestlikud energialahendused), millel on märkimisväärne roll uurimis- ja arendustöötajate oskuste vajadusele tulevikus.

Nutika spetsialiseerumise kasvualade puhul on oluline pakutavate lahenduste majanduslik mõõde (kõrge äriine potentsiaal, lisandväärtuse loomine, skaleeritavus Eestist väljapoole, potentsiaalne globaalne mõju).

Selles peatükis on kirjeldatud UA töötaja täiendavaid teadmisi ja oskusi, mille vajadust suunab arendustegevus nutika spetsialiseerumise kasvualadel.

4.2.1. Digilahendused igas eluvaldkonnas

TAIE teekaardis⁸³ on märgitud, et digikompetentside puudus teistes majandussektorites on probleem, mida oskusliku poliitika ja meetmetega on võimalik tõhusalt vähendada. Ka 2021. aasta OSKA IKT uuring⁸⁴ märkis, et kui mujal Euroopas töötab umbes 60% IKT-spetsialiste teistes majandussektorites, siis Eestis on see suhe vastupidine. OSKA uuringus on märgitud, et eri ametialade spetsialistide erialaste digioskuste (nt digimuutuste juhtimise, küberturvalisuse, andmeteaduse, programmeerimise, tegevusprotsesside digitaliseerimise alased kompetentsid) tase vajab arendamist. Eesmärk on, et eri valdkondade ametialadel töötavad kõrgema taseme erialaste IKT-kompetentsidega spetsialistid. Väga

⁸¹ „Teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arengukava 2021–2035“.

https://www.hm.ee/sites/default/files/taie_arengukava_kinnitatud_15.07.2021.pdf.

⁸² Vt <https://www.hm.ee/korgharidus-ja-teadus/teadus-ja-arendustegevus/taie-fookusvaldkonnad>.

⁸³ TAIE fookusvaldkondade teekaardid. Lisa 2. Digilahendused igas eluvaldkonnas. (2022).

https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2023-02/Lisa%202.%20Digilahendused%20igas%20eluvaldkonnas_0.pdf.

⁸⁴ Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: info- ja kommunikatsioonitehnoloogia valdkond.

https://oska.kutsekoda.ee/wp-content/uploads/2022/01/OSKA_IKT_2021_terviktekst_.pdf.

tugeva mõjuga tööjõu- ja oskuste vajadusele on peaaegu kõigis majandus- ja eluvaldkondades automatiseerimine ja digitaliseerimine. Seejuures tuuakse järjest enam näiteid ka andmeanalüütika, pilvetehnoloogiate, masinõppe rakendamise eri valdkondades, mis peegeldab tõsiasja, et järjest enam tuleb keskenduda valdkonnaspetsiifiliste IKT-oskuste arendamisele eri elualadel. Uuringus on märgitud, et kui veel mõni aasta tagasi sai ideaalse tulevikutöötaja oskusi kirjeldada T-kompetentsiga – sügavad teadmised oma erialast ning oskus mõista ja omavahel siduda erinevaid teisi distsipliine ning nendega tegelevaid inimesi –, siis praegu on vaja juba π -kompetentsi tasemega spetsialisti. See tähendab, et lisaks sügavatele erialastele teadmistele ja oskustele on vaja juurde teise sambana erialaseid kõrgema taseme digioskusi – oskusi, mida on vaja IKT-süsteemide tõhusaks ja turvaliseks rakendamiseks, aga ka teadmisi tegevusprotsesside digitaliseerimise võimalustest, andmeanalüüsist, süsteemide ja seadmete planeerimisest, arendamisest, haldamisest, integreerimisest ja administreerimisest. Tehnoloogiline innovatsioon loob tingimused uutele tegevus- ja juhtimismudelitele, ka uute ärimudelitele tekkeks ja rakendamiseks. Tulevikutehnoloogia võimaldab kasutada kliendikesksemaid, tõhusamaid, sihipärasemaid, turvalisemaid ja nutikamaid lahendusi. IKT arengust sõltub Eesti majanduse areng praegu ja tulevikus veelgi rohkem. Digitehnoloogial põhinevate innovaatiliste võimaluste rakendamiseks on vaja igas valdkonnas digimuutuste eestvedamise oskusega juhte ning seda igal tasandil. See tähendab inimesi, kel on arusaam nii valdkonnaspetsiifilistest protsessidest ja vajadustest kui ka teadmine IKT kasutusvõimalustest. TAIE teekaardis on märgitud, et ettevõtjate valmisolek uute digilahenduste ja tehnoloogiate arendamiseks ning rakendamiseks sõltub juhtide digivõimekusest, juhtimisoskustest, strateegilise vaate ja ressursside (inimressurss, aga ka rahaline ressurss) olemasolust.

Digilahendustel põhineva äriprotsesside innovatsiooni (tõhusamad tootmisprotsessid; tootlikkuse kasv; uued tasuvamad töökohad) toetamiseks on vaja valdkonna UA töötajatel järgmist:

- teadmisi eri tehnoloogiatest, nende eelistest ja kasutusvõimalustest äriprotsesside efektiivsuse tõstmiseks ja tootlikkuse suurendamiseks (nt plokiahel, asjade internet, sardsüsteemid, digitaalsed kaksikud, mehitamata sõidukite süsteemid, 3D-printimine, V2X-kommunikatsioonid), sh
 - teadmisi metaversumi põhikontseptsioonidest;
 - teadmisi virtuaal- ja segareaalsusest ning nende tehnoloogiate kasutusvõimalustest;
 - teadmisi masinõppe kasutamise võimalustest eri eluvaldkondades.

Andmevaldkonna arendamiseks ja küberturvalisuse tagamiseks (andmepõhised digilahendused; teadmispõhised otsused; ressursside säästlikum kasutus; parem koostöö; andmetele tuginevad uued ärivõimalused; turvalised digilahendused) on valdkonna UA töötajatel vaja järgmist:

- teadmisi andmeteaduse rakendamise võimalustest;
- teadmisi eri tüüpi andmete kogumise põhimõtetest ja andmekvaliteedi tagamisest;
- teadmisi andmete kogumise, haldamise ja säilitamisega seotud riskidest;
- teadmisi alg- ja sünteetilistest andmetest ning nende kasutamise võimalustest;
- teadmisi andmebaaside riskitasutuse tulemusena tekkivatest võimalustest;

- teadmisi semantilise veebi olemusest ja selle kontseptsiooni kasutamise võimalustest eri eluvaldkondades;
- oskusi sõnastada üldisel tasandil andmete analüüsiga seotud probleemülesandeid;
- oskusi kasutada sobivaid andmeanalüüsi meetodeid, sh teadmisi masinõppe võimalustest suurandmete analüüsimisel;
- oskusi esitleda andmetöötluse tulemusi sobival viisil, võttes arvesse sihtrühma teadmisi ja huvi;
- teadmisi andmehalduse turbenõuetest (konfidentsiaalsus, terviklikkus ja kättesaadavus);
- teadmisi andmevahetuse, -side ning liidestuse tehnoloogiast, oskusi esitada nõudeid turvalisele info- ja andmevahetusele;
- teadmisi andmekaitse, andmete privaatsuse ja andme-eetika regulatsioonidest andmete privaatsuse tagamiseks;
- teadmisi peamistest küberturvalisuse ja infoturbe seadustest, regulatsioonidest ja eetilistest põhimõtetest;
- oskusi hinnata andmete haavatavust ja süsteemi arhitektuuri kitsaskohti, lähtudes andmeturbest;
- teadmisi digitaalse jalajälje kontseptsioonist.

Digilahendustel põhineva haridusteenuse (sh elukestvas õppes) tagamiseks (kvaliteetne, sh personaliseeritud ja kättesaadavam haridusteenus; töötajate kompetentsihaldus; ekspordipotentsiaali kasv) on valdkonna UA töötajatel vaja järgmist:

- teadmisi haridustehnoloogia aluseks olevatest kasvatusteaduslikest käsitustest ja nende arengusuundadest;
- teadmisi haridustehnoloogia aktuaalsetest probleemidest ja nende lahendusvõimalustest;
- oskusi seostada lahendusi õppetegevuse eri aspektidega;
- oskusi rakendada teaduslikke meetodeid ja haridustehnoloogilisi vahendeid õppeprotsessi ja õpikeskkonna jätkusuutlikkuse analüüsimiseks;
- teadmisi õppe- ja teadusmaterjalide muutmise võimalustest interaktiivseks ja personaliseerituks;
- oskusi analüüsida digiõppevara ning hübriid- ja kaugõppe platvorme (sh keeleõppe digiplatvorme), nende eeliseid ja piiranguid, sh oskus analüüsida VR/AR/XR⁸⁵ -õppevara;
- teadmisi õpianalüütika rakendamise võimalustest mängustatud ja VR/AR-õppe puhul;

⁸⁵ Liitreaalsus (ingl *augmented reality*, AR); virtuaalreaalsus (ingl *virtual reality*, VR). Mõnikord kasutatakse nende kõigi tähistamiseks ka terminit segarealsus (ingl *mixed reality*, MR) ehk lühendit XR.

- teadmisi autorvahendite kasutamise võimalustest ja digiõppevara intellektuaalomandi kaitsmisest;
- teadmisi hariduslike digilahenduste koosvõime tagamisest ja taaskasutamisest;
- teadmisi mängunduse (sh õpimängunduse) arengusuundadest, aktuaalsetest probleemidest ja nende lahendusvõimalustest;
- oskusi nõustada IT-spetsialiste ja mängudisainereid õppija arengut ja õppimist toetavate ning õppeprotsessi ja -keskkonda arvestavate õpimängude loomisel ja kasutamisel;
- teadmisi organisatsiooni digiküpsuse (ja keelepädevuse) hindamisest, oskust koostada pädevusmudeleid;
- teadmisi varasema õpi- ja töökogemuse (sh mikrokraadide) paindliku arvestamise võimalustest (sh õpimärke (*Open Badges*) kasutades).

Digilahendustel põhinevate intelligentsete transpordisüsteemide ning ehituse digitaliseerimisega seotud lahenduste arendamiseks (säästlikum ressursikasutus; parem elukeskkond (vähem saastet); intelligentsed transpordisüsteemid; kliimaneutraalsus aastaks 2050; jätkusuutlik tööstus ja transport) on valdkonna UA töötajatel vaja järgmist:

(intelligentsed transpordisüsteemid)

- baasteadmisi programmeerimisest ja oskusi programmeerida mõnes keeles, nt Python;
- teadmisi masinnägemisest, nt kuidas sensorika näeb ja reageerib;
- teadmisi pildituvastussüsteemi arendamise võimalustest;
- teadmisi autonoomsete radade planeerimise võimalustest;
- teadmisi masinõppe kasutusvõimalustest;
- teadmisi masinnägemise süsteemide ülesehitusest;
- teadmisi andmeteaduse rakendamise võimalustest (vt andmevaldkonna arendamine).

(ehituse digitaliseerimine)

- disainmõtlemise oskusi, mis eeldab erinevate üldoskuste (sh analüüsi oskus, probleemi lahendamise oskus, loovmõtlemine) kombineerimist;
- oskusi luua erinevaid konstruktsioone kasutades parameetrilise disaini võimalusi, sh oskusi teha algstaadiumis analüüse, uuringuid, kokku panna loogilisi jadasid; geomeetria ja detailide mudeldamise oskusi; konstruktsioonide optimeerimise oskusi;
- oskusi rakendada mudelprojekteerimist BIM (*Building Information Modelling*) kogu ehitise elukaare vältel alates disainist kuni hilisema haldamiseni;
- teadmisi punktilve mõõdistamise võimalustest ja punktilve mudeldamisest;
- teadmisi andmete struktureerimise vajadusest, nende tekkimisest, hoidmisest, nende ühendamise (integreerimise) võimalustest;

- oskusi kasutada failihaldust andmete edastamiseks ja vahetamiseks läbi hoone eri eluetappide;
- oskusi koostada lihtsamaid andmepäringuid (nt SQL-i andmebaasist);
- baastadmisi programmeerimisest ja oskus programmeerida mõnes keeles, nt Python;
- teadmisi praeguste lahenduste kohandamise ja rakendamise vajadusest vastavalt keskkonnanõuetele ning nende integreerimise võimalustest juba olemas olevate infosüsteemide vahel;
- teadmisi masinõppe loogikast ja süsteemide ülesehitusest ning kasutusvõimalustest ja riskidest;
- teadmisi „targa maja“ ja energiat tootva maja lahendustest.

Digilahendustel põhinevate innovaatiliste elektroonikaseadmete ja -süsteemide arendamiseks (digitaliseerimine, elektroonikaseadmed ja -süsteemid informatsiooni hankimiseks, edastuseks, analüüsiks ja kasutamiseks) on valdkonna UA töötajatel vaja järgmist:

- teadmisi asjade interneti (IoT) tehnoloogia kasutamisevõimalustest uute toodete ja teenuste arendamisel;
- teadmisi tehnoloogia (IoT) rakendamise mõjust (sh tasuvusaeg, lisanduvad halduskulud, piirangud, äriplaneerimine (väljund)) äriprotsessile;
- teadmisi andmete kogumise ja käitlemise nõuetest, sh andmete privaatsuse tagamisest (GDPR) ning kasutamise võimalustest. Näiteks väga väikese turu tõttu on Eesti suurepärane koht andmepõhiste teenuste arendamiseks, kuid takistuseks võib saada teenuse tarbijate piiratud maht. Näiteks IoT-tehnoloogial põhineva kauglugemisseadme tarbijaid on Eestis võrreldes teiste riikidega kordades vähem, see muudab halduskulu (arendada ja hallata on vaja vaid ühte platvormi) Eestis teistega võrreldes suuremaks ning teenuse kasutamise tarbijale kulukamaks;
- teadmisi **anduritel/sensoritel põhinevate** ärivõimaluste kasutamisest. Näiteks väga väikese voolutarbimisega kiirendusandurid löid eelduse uute teenuste kasutamiseks nutitelefonides, sammulugejates ja droonides (püsib õhus ühe koha peal, liigub soovitud suunas). Või andur, mis mõõdab reaalajas CO₂ sisaldust õhus, et juhtida kulusäästlikult (tõenduspõhiselt) hoonete ventilatsioonisüsteeme;
- teadmisi **masinnägemisest**, nt kuidas sensorika näeb ja reageerib;
- teadmisi madala voolutarbimisega **sidetehnoloogiatest**, nt mobiilivõrkude põhistest tehnoloogiatest, samuti teadmisi andmesidekanali kasutamise seotud piirangutest. Näiteks pakiroboti juhtimine põhineb pilditöötlusel (mis on väga energiamahukas), esmatähtis on, et üle andmesidekanali liigutatakse vaid vältimatult vajalikke andmeid ja andmete töötlus (pilditöötlus) toimuks kohapeal;
- teadmisi **hajusa võrgu** toimimise põhimõtetest (andmete turvaline liigutamine ühelt andurilt/sensorilt teisele, iseõppiva süsteemi võimaluste kasutamine) ja tehnoloogia kasutamise võimalustest.

4.2.2. Tervisetehnoloogiad ja -teenused

Tervisetehnoloogiate ja -teenuste valdkonna eesmärk on teaduse ja ettevõtluse koostöös arendada paremaid, kättesaadavamaid ja personaalseid tervishoiuteenuseid, mis pakuksid samal ajal ärivõimalusi ka ettevõtetele, on märgitud TAIE teekaardis⁸⁶. Enim arendamist vajava suunana on esile toodud biomeditsiini ja biomeditsiinitehnoloogiad, mis hõlmab tervet rida teadusi, nt bioloogia, keemia, füüsika, mis on seotud inimese tervise kujunemisega ja on ka personaalmeditsiini aluseks. Samavõrra olulisena on teekaardis rõhutatud vajadust pöörata tähelepanu **uute tervisetoodete ja -teenuste väljatöötamisele**, mis võimaldavad lihtsalt ja arukalt kasutada erinevaid **terviseandmeid**. Kaasav lähenemine haiguste ennetamisel, diagnoosimisel ja ravis vajab koostööd eri valdkondade vahel, nt digi-, andme-, meditsiini-, materjali- ja käitumisteadused. **Ka siinse uuringu raames intervjueeritud eksperdid hindasid meditsiini valdkonnas suurimat kasvupotentsiaali kombinatsioonis IKT-ga**. Sarnase järeldotseni jõuti ka OSKA tervishoiu valdkonna uuringus (2017)⁸⁷, kus eri tehnoloogiate kombineeritud lahendusi on hinnatud tervisetehnoloogiate valdkonnas prioriteetse suunana. Potentsiaali nähakse mobiilsetes multifunktsionaalsetes diagnostika-, prognostika- ja seireseadmetes, mis kasutavad bio-, sensor- ja nanotehnoloogiat ja nende kombinatsioone. OSKA uuringus leitakse, et Eesti potentsiaal on kõige suurem biotehnoloogias (tugev teaduslik baas) ja e-meditsiinis (IKT kasutamine meditsiiniteenuste ja -toodete arendamiseks). Siinse uuringu raames intervjueeritud eksperdid märkisid arenguvõimalusena uute tervisetoodete ja -teenuste ekspordi, mis eeldab vajadust kasvatada Eesti tervisetehnoloogiate valdkonna usaldusväärset. Ekspertid rõhutasid tervisetoodete ja -teenuste arendustegevuses vajadusele edendada kvaliteedikontrolli läbiviimise protsesse ja tervikuna pöörata suuremat tähelepanu kvaliteedi tagamisele. TAIE teekaardis on arendamist vajavana märgitud ka loodavate lahenduste hindamise ja testimise võimalused ning keskkonnad. Sarnaselt teiste majandusvaldkondadega rõhutasid intervjueeritud eksperdid terviseandmetega seotud lahenduste (sh tervise teenused ja -tooted) arendamise võimalusi. TAIE teekaardis on rõhutatud ka vajadust hoogustada tervisevaldkonnas iduettevõtluse teket. Arvestama peab, et tervisetehnoloogiate ja -teenuste valdkonnas on arendusprotsess aeganõudev.

Digilahendustel põhineva tervisetehnologia- ja teenuste valdkonna arendamine (biomeditsiin ja biomeditsiinitehnoloogiad; interdistsiplinaarne teadus- ja arendustegevus innovaatiliste tervisetehnoloogiate ja -teenuste väljatöötamiseks; andmepõhised ja infotehnoloogilised lahendused tervisetehnoloogiates ja -teenustes; inimkesksete ja inimest kaasavate tervisetehnoloogiate ja teenuste arendamine, sh tervisedendust ja -ennetust, tervisekäitumist ja inimese terviklikku tervise- ja raviteekonda käsitlevad lahendused).

Järgnevalt on kirjeldatud valdkonna UA töötajatel **digilahendustel põhineva tervisetehnologia ja teenuste** valdkonna arendamiseks vajalikke teadmisi ja oskusi.

- Biomeditsiini uurimisteedad on seotud erinevate haigusmehhanismide mõistmise ning ennetus-, diagnoosimis- ja ravivõimaluste otsimisega. Vaja on **oskusi leida innovaatilisi lahendusi eri distsipliinide kokkupuutest**, nt liites kokku teadmised inseneriast ja

⁸⁶ TAIE arengukava 2021–2035 fookusvaldkondade teekaardid. Lisa 3. Tervisetehnoloogiad ja -teenused (2022). <https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2023-02/Lisa%203.%20Tervisetehnoloogiad-%20ja%20teenused.pdf>.

⁸⁷ Mets, U., Veldre, V. (2022). Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: tervishoid. Tallinn: SA Kutsekoda.

bioinformaatikast või teadmised füsioloogiast, inseneeriast ja tehnoloogia arendusprotsessist. Biomeditsiin keskendub tervishoiuga seotud bioloogia, keemia ja füüsika rakendustele.

- **Interdistsiplinaarsed ja koostööoskused** tervisevaldkonnas. Integreerides näiteks kliinilisi ja tervisekäitumise alus- ja rakendusuringuid (reaalajas) terviseandmete jälgimise, digilahenduste ja andmeanalüütikaga. Näide edukast teaduskoostööst: alusuuring (koos ülikooliga) mikroobitüvede kollektsiooni teemal, millele järgnevad kliinilised uuringud nende tüvede kasutamiseks põletikuliste seisundite mahasurumiseks (TVT 3–4) (akadeemia koos äripartneritega), järgmises etapis ravikreemi tootmine, kasutades loodud mikroobitüvesid (koostöö tööstusettevõttega).
- Terviklik lähenemine terviseandmetele: andmete kogumine, edastamine reaalajas, töötlemine, kaitse, analüüs, tõlgendamine ja esitamine. Terviseandmete efektiivne kasutamine suurendab otsuste ja sekkumiste tõenduspõhisust, samuti loob eelduse ressursi paremaks kasutamiseks (aeg, raha, tööjõud) ning koostööks eri osapoolte vahel. Andmepõhiste ja infotehnoloogiliste lahenduste arendamine tervisetehnoloogiates ja -teenustes eeldab **teadmisi ja oskusi andmete kogumisest, analüüsimisest ja tõlgendamisest** (andmehalduse ja -analüüsi oskuste ning digilahenduste arendamisega seotud oskuste detailsem kirjeldus on alapeatükis „Digilahendused igas eluvaldkonnas“).
- Teadmised eksperimentaaltoote arenduse kõigist etappidest kuni müügini, sh oskus arvestada lahenduste disainimisel kasutajakogemusega, oskus seletada arusaadavalt valdkonnaspetsiifilist infot eri osapooltele, näiteks haigestumisriskide hinnangu kommunikatsioonitavade valdkonna spetsialistile arusaadaval viisil.
- Teadmised kvaliteedikontrolli olulisusest meditsiiniteenuse arendustegevuses, nt korduva testimise tähtsus, et tagada kõigi tegevuste vastavus tingimustele kogu ahela ulatuses. Koostöö ja interdistsiplinaarsus on oluline ka uudsete tehnoloogiate katsetamisel ja mõju hindamisel.

4.2.3. Kohalike ressursside väärindamine

Kohalike ressursside väärindamise valdkonna eesmärk⁸⁸ on teaduse ja ettevõtluse koostöös luua lahendusi, mis võimaldaksid kasutada kohalikke ressursse kestlikult ja lisandväärtust luues, võimendades samal ajal ringmajandust, mis võimaldab kasutada ressursse efektiivselt alates tootmisest ja tarbimisest kuni jäätmete käitluse ja taaskasutuseni, luues senistest ressurssidest rohkem väärtust ning tekitades samas vähem jäätmeid.

Tööandjate manifestis (2022) on märgitud ühe olulise järeldusena kohalike bioressursside senisest suuremat väärindamist ning sellealast innovatsiooni kui ühte jätkusuutlikkuse nurgakivi, seda nii riigi kui ka ettevõtjate jaoks⁸⁹. Manifestis on rõhutatud vajadust tagada, et taastuvad biovarad oleksid võimalikult tõhusalt kasutusele võetud. Ettevõtjad märkisid siinse uuringu raames vajadust muuta

⁸⁸ TAIE arengukava 2021–2035 fookusvaldkondade teekaardid. (2022). <https://www.hm.ee/korgharidus-ja-teadus/teadus-ja-arendustegevus/taie-fookusvaldkonnad>

⁸⁹ Eesti Tööandjate Keskliit. (2022). Tööandjate manifest. <https://employers.ee/manifest/>.

lävend ressursside väärimdamise valdkonda madalamaks, et meil hakkaks tekkima iduettevõtteid ka väljaspool IKT-d.

Kohalike ressursside valdkonnas pööratakse eraldi tähelepanu **puiduressursside, maapõueressursside, toiduressursside ning teisese toorme ja jäätmete väärimdamisele.**

Järgnevalt on kirjeldatud valdkonna UA töötajatel kohalike ressursside väärimdamiseks vajalikke teadmisi ja oskusi.

Puiduressursside väärimdamine

Puiduressursi väärimdamise valdkond hõlmab kogu puitmaterjali väärimdusahelat puu kasvatamisest metsas kuni lõpptoote valmimise ja turustamiseni. Teekaardis⁹⁰ on kõige olulisema arenguvaldkonnana rõhutatud puidu keemilist ja molekulaarset väärimdamist, mille puhul puidust eraldatakse teatud aineid selleks, et neid kasutada millegi muu, nt pakendite või tekstiili tootmiseks. Ka OSKA metsanduse ja puidutööstuse uuring (2022)⁹¹ märgib, et puidul on väikese ökoloogilise jalajäljega biopõhiste väärimdusahelate loomisel suur potentsiaal, kuid Eesti puidu väärimdusahel põhineb suurel määral puidu mehaanilisel väärimdamisel. Samas rõhutab uuring, et maailmaturu trende vaadates ei ole selline suund jätkusuutlik ning konkurentsipüsimeks tuleb hakata puitu kõrgemalt väärimdama. Näiteks ekspordib Eesti puidusektoris suures mahus ümarpalki ja saematerjali, mille lisandväärimdus võrdluses Soomega, kes ekspordib suures mahus puidu keemilisel ja mikrobioloogilisel ümbertöötlemisel saadud algaineid ja nendest valmistatud tooteid, on kümneid kordi madalam. Siinse uuringu käigus intervjueritud ekspertide hinnangul võimaldab puidu (ja ka muu haljasmassi, nt teravilja, kõrreliste) keemiline ja molekulaarne väärimdamine märgatavalt tõsta puidul põhinevates väärimdusahelates loodud lisandväärimdust. OSKA MP uuringus on ühe peamise kitsaskohana esile tõstetud tööstuslike bioprotsesside tehnoloogia ja inseneria teadmistega spetsialistide nappust ja vastava väljaõppe puudust – puidukeemia tehnoloogid ja insenerid vajavad spetsiifilisi teadmisi. Suureks puuduseks puidu keemilise ja mikrobioloogilise ümbertöötlemise vallas märgiti skaleerimisplatvormi puudumist Eestis. Meil on hea võimekus ülikoolides laboratoorses skaalas väikese mahuga reaktorite suhtes, kuid puudu on suuremahuliste reaktorite (nt 200 l ja enam) katsetusvõimekus. Uute tehnoloogiate katsetamise, sh skaleeritavuse hindamise võimalused on keerulised või teadmine neist on puudu. Eesti ettevõtted on liiga väikesed, et välispartnerid neid arvestavalt võtaks.

Kuna puidu keemilist ja molekulaarset väärimdamist ning puidu kui teisese toorme, puidujääkide taaskasutust nähakse puidutööstuses kõige olulisema arengusuunana, mille kaudu oleks võimalik tõsta jõuliselt kogu sektori lisandväärimdust, on arendustöötajate valdkonnaspetsiifiline teadmiste ja oskuste vajadus kirjeldatud neis fookusvaldkondades.

Uurimis- ja arendustegevuste laiendamiseks puidu-, tselluloosi- ja ligniini-keemia valdkonda ning väheväärimdusliku puiduressursi kasutamiseks tööstuslikul eesmärgil on valdkonna UA töötajatel vaja järgmist:

⁹⁰ TAIE arengukava 2021–2035 fookusvaldkondade teekaardid. Lisa 5. Kohalike ressursside väärimdamine (puit). [https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2023-02/Lisa%205.%20Kohalike%20ressursside%20v%C3%A4%C3%A4rimdamine%20\(puit\).pdf](https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2023-02/Lisa%205.%20Kohalike%20ressursside%20v%C3%A4%C3%A4rimdamine%20(puit).pdf).

⁹¹ Tiik, R., Kruusmaa, E.-K. (2022). Tulevikuvaade töötõu- ja oskuste vajadusele: metsandus ja puidutööstus. Tallinn: SA Kutsekoda

- üldisi teadmisi keemiast, sh orgaanilisest ja polümeeride keemiast, analüütilisest, rohelisest, meditsiinilisest keemiast;
- teadmisi puidu ehitusest makroskoopilisel ja mikroskoopilisel tasandil;
- teadmisi puidu keemilisest koostisest;
- teadmisi keskkonnakeemiast, analüütilisest ja orgaanilisest keemiast;
- baasteadmisi füüsikast;
- teadmisi puidutööstuse ja plastitehnoloogiast;
- teadmisi puitpolümeerkomposiididest. Tehnoloogiad puidu kaskaadkasutuseks Eestis – puidu kasutuse suurendamine pikaajalistes toodetes ja sealt uuesti liimpuittaladeks, puitlaastplaadiks ja puidukiuks;
- teadmisi säästlikumast ja puhtamast tootmisest;
- teadmisi puidu-, tekstiili- ja plastijäätmete ringlussevõttust ja energiakasutusest (alates puidust saadavate algmaterjalide tootmise arendamisest kuni saadud toorainest lõpptarbijale suunatud toodete valmistamiseni).

Maapõueressursside väärimine

Maapõueressursside väärimine⁹² on tähtis, et anda Eestis leiduvale toorainele võimalikult suur majanduslik lisaväärtus. Seejuures on oluline kaardistada Eestis leiduvaid ressursse ja uurida nende kasutuselevõtu võimalusi ning rakendada maavarade kaevandamisel ja väärimisel tehnoloogiaid, mis säästaksid toorainet ja koormaksid võimalikult vähe keskkonda. Üks olulisi arengusuundi on fosforiidiuuringud, kuna fosforiit on oluline haruldaste muldmetallide tootmiseks. Samavõrd oluline on metallimaakide leviku ja kasutusvõimaluste väljaselgitamine, kuna Eestis on kõrge potentsiaal mitme aku- ja väärismetalli esinemiseks. Tähtis on toetada põlevkiviresursi kasutuselevõttu keemiatööstuses, seda ennekõike kõrge lisandväärtusega peenkeemiatoodete toorainena näiteks ravimi- ja elektroonikatööstuse jaoks. Oluline on turba füüsilis-keemiline väärimine näiteks turbast sünteesisitud süsinikmaterjalide arendamiseks ja tootmiseks. Vaja on välja selgitada, kas ja kuidas Eesti oludes kasutada maapõue- ehk geotermaalenergiat. Järjest olulisemaks muutub vajadus taaskasutada ja väärimada tööstuses tekkivaid jäätmeid, nagu mineraalsed kaevandus- ja tööstusjäätmed, ning ehitusmaavarasid, nagu liiv, kruus ja dolomiit.

Uurimis- ja arendustegevuseks maapõueressursside väärimisel (sh fosforiit, põlevkivi, metallimaagid, ehitusmaavarad, põhjavesi leviku ja majandusliku potentsiaali väljaselgitamisel; mineraalsete kaevandus- ja tööstusjäätmete taaskasutusel ning väärimisel teisese toormena; turba füüsikalise-keemilise väärimisel; geotermaalenergia kasutusvõimaluste väljaselgitamisel) on valdkonna UA töötajatel vaja järgmist:

⁹² TAIE arengukava 2021–2035 fookusvaldkondade teekaardid. Lisa 6. Kohalike ressursside väärimine (maapõueressurssid). (2022). [https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2023-02/Lisa%206.%20Kohalike%20ressursside%20v%C3%A4%C3%A4rimine%20\(maap%C3%B5uressurssid\).pdf](https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2023-02/Lisa%206.%20Kohalike%20ressursside%20v%C3%A4%C3%A4rimine%20(maap%C3%B5uressurssid).pdf).

- üldisi keemia- (sh orgaaniline, anorgaaniline, analüütiline, geo-, arvutus- (mudeldamine), meditsiiniline, keskkonnakeemia), füüsika- ja geoloogiateadmisi;
- üldisi teadmisi geoloogiast, hüdrogeoloogiast;
- üldisi teadmisi füüsikast ja bioloogiast;
- üldisi teadmisi termodünaamikast, et selgitada välja geotermaalenergia kasutamise võimalusi;
- inseneeriateadmisi tootmistehnoloogiate arendamiseks;
- üldisi keskkonnateadmisi, sh teadmisi keskkonnamõjude hindamisest, säästvast arengust, olelusringi analüüsist (ingl *life cycle assessment*);
- teadmisi keskkonnatehnoloogiatest, et säästa loodusressursse ja vähendada tekkivat saasteheidet ning jäätmeteket, sh mikroobsete protsesside, öko(süsteemide)-, geoheitmete töötlemise ja keskkonnaseire tehnoloogiat.

Toiduressursside väärimine

Kõige enam tuleb toiduressursside väärimisel⁹³ tähelepanu pöörata teaduspõhiste lahendustele, mis võimaldaksid kõige paremini uute toodete väljatöötamiseks ära kasutada toidu tootmisel tekkivaid kaas- ja kõrvalsaadusi ning jääke. Samavõrra olulised on teadus- ja arendustegevus ning tehnoloogiate arendamine, et väärimada nii taimset kui ka loomset toiduressurssi ning uurida uute toiduallikate kasutamise võimalusi ja -piiranguid, nt merevesiviljeluses, rakupõllumajanduses, taimse valgu kasutamises jne. Vaja on luua paremat teadmist ja lahendusi toidu ohutuse, säilivuse, kvaliteedi ja tervislikkuse tagamiseks, seejuures ka seoses pakendite mõjuga toidule.

Ka OSKA põllumajanduse ja toidutööstuse uuringus (2022)⁹⁴ on märgitud kiirelt arenevaks valdkonnaks biotehnoloogiat ning selle võimaluste kasutamist keskkonnasäästlikumas ja jätkusuutlikumas tootmises. Tööstustes võimaldab biotehnoloogia võtta kasutusele taaskasutatavad energiaallikad, nagu näiteks biokütus fossiilsete kütuste asemel. Uuringus on täheldatud, et toiduainetööstuses on juba kasutusel olevatele automatiseeritud tootmisliinidele kanda kinnitamas 3D-toiduprinterid ja pakenditeadus, mis on mõjutatud rohepöördest ja tarbijate soovidest. Ettevõtted peavad leidma alternatiive plast- ja teistele keskkonnale kahjulikele pakenditele. Innovatsiooni toiduainetööstuses veavad eest ka alternatiivvalgud, funktsionaalsed lisandid, toiduohutus ja -lähbipaistus ning isikustatud toitumine. Toidutöötlemistehnoloogiate edasiarendustena on märgitud ka külmpastöriseerimist, kõrgrõhu all töötlemist ning elusmikroobide ja/või mikrobioloogiliste komponentide kasutamist tootmises. Uuring rõhutab ringmajanduse tähtsust, et võtta ringlusesse bioloogilisi (st taastavaid) ressursse. Ringmajandusega seoses on ekspertide hinnangul oluline osa ka tootmisprotsessi kõrvalsaaduste väärimisel. Sealjuures on võtmeroll just inimeste oskustel, sest üleminek eeldab töötajatelt uute oskuste õppimist.

⁹³ TAIE arengukava 2021–2035 fookusvaldkondade teekaardid. Lisa 4. Toiduressursside väärimine. (2022). [https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2023-02/Lisa%204.%20Kohalike%20ressursside%20v%C3%A4rindamine%20\(toit\).pdf](https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2023-02/Lisa%204.%20Kohalike%20ressursside%20v%C3%A4rindamine%20(toit).pdf).

⁹⁴ Pihl, K., Krusell, S. (2022). Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: põllumajandus ja toiduainetööstus. Tallinn: SA Kutsekoda.

Uurimis- ja arendustegevus toidu tootmise kaas- ja kõrvalsaaduste ning -jääkide väärindamise valdkonnas (toidu tootmise kaas- ja kõrvalsaaduste ning tootmisjääkide väärindamine; jätkusuutlik toidutoorme väärindamine, sh jätkusuutlik taimse ja loomse toorme väärindamine, teadus- ja arendustegevus tuleviku- ja uuendtoidu valdkonnas, uute ja kestlike lahenduste väljatöötamine toidu- ja söödatootmiseks; teadus- ja arendustegevus toidu ohutuse ja kvaliteedi tagamiseks) on valdkonna UA töötajatel vaja järgmist:

(toidu tootmise kaas- ja kõrvalsaaduste ning -jääkide väärindamine)

- teadmisi kaskaadkasutuse põhimõttest;
- üldisi teadmisi bio-, meditsiinilisest, orgaanilisest ja füüsilisest keemiast;
- üldisi teadmisi füüsikast, bioloogiast;
- üldisi teadmisi biotehnoloogiast, geenitehnoloogiast (molekulaar- ja rakubioloogia), keskkonnatehnoloogiast;
- insener-tehnilisi lahendusi eeldavaid teadmisi massibilansist, sh selle arvutamisest ja mõõtmise meetoditest ning separatsiooniprotsesside printsiipidest ja tehnoloogiast;
- teadmisi olelusringi analüüsist (ingl *life cycle assessment*).

(jätkusuutliku toidutoorme väärindamine)

- teadmisi geenitehnoloogiast (sh molekulaar- ja rakubioloogiast, geneetikast), separatsiooniprotsessidest;
- üldisi teadmisi keemiast, sh biokeemiast, toidukeemiast, meditsiinilisest keemiast;
- teadmisi biotehnoloogiast, toidutehnoloogiast, keskkonnatehnoloogiast;
- teadmisi bioloogiast, sh mikrobioloogiast, rakubioloogiast;
- üldisi teadmisi füüsikast.

(toidu ohutuse ja kvaliteedi tagamine)

- üldisi teadmisi keemiast, sh toidukeemiast, meditsiinilisest keemiast, biokeemiast, analüütilisest keemiast, orgaanilisest keemiast (suunitlusega toidule), polümeeride keemiast;
- teadmisi biotehnoloogiast, toidutehnoloogiast, geenitehnoloogiast, keskkonnatehnoloogiast;
- teadmisi mikrobioloogiast.

Teisese toorme ja jäätmete väärindamine

Teekaardis⁹⁵ on märgitud vajadust keskenduda teisese toorme ja jäätmete voogude seire ja andmete targa kasutamise seotud teadus- ja arendustegevusele, et teada, millised toorme- ja jäätmevood

⁹⁵ TAIE arengukava 2021–2035 fookusvaldkondade teekaardid. Lisa 7. Kohalike ressursside väärindamine (teisene toore ja jäätmed). (2022). [https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2023-02/Lisa%207.%20Kohalike%20ressursside%20v%C3%A4%C3%A4rindamine%20\(teisene%20toore%20ja%20j%C3%A4%C3%A4tmed\).pdf](https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2023-02/Lisa%207.%20Kohalike%20ressursside%20v%C3%A4%C3%A4rindamine%20(teisene%20toore%20ja%20j%C3%A4%C3%A4tmed).pdf).

tekivad ja kuidas neid saaks väärindada. 2019. aasta OSKA vee- ja jäätmemajanduse ning keskkonna uuring⁹⁶ märgib olulisena suurandmeanalüüsi ja modellerimiste abil n-ö väärindatud info kasutamist keskkonnakorralduslike otsuste tegemiseks. Teekaardis on samavõrd tähtsana rõhutatud teisese toorme ja jäätmete vältimise, kogumise, sorteerimise ja ümbertöötlemisega ning kasutamisega seotud teaduspõhiste lahenduste väljatöötamise vajadust. Siia kuulub ka materjalide, toodete ja pakendite arendamine selliselt, et neid saaks kauem kasutada ja ümber töödelda. Ka OSKA VJK uuring toob ühe järeldusena esile kasvavat survet tõhusate lahenduste leidmiseks jäätmete liigiti kogumisele ja käitlemisele, mis tõstab vajadust innovatsioonijuhtimise ning IKT rakendamisega seotud arendustegevuste juhtimise oskuste järele jäätmemajanduses.

Siinse uuringu raames intervjueritud eksperdid nägid Eestil suurt potentsiaali jäätmete väärindamises – jäätmetest toormaterjali tootmises. Innovaatiliste ringmajandusel põhinevate lahenduste väljatöötamist soosib nii Eesti väiksus ja paindlikkus kui ka näiteks Ida-Virumaal ringmajanduseks sobiva materjali olemasolu. Ekspertide hinnangul on maailmas kasutatavad ressurside väärindamise tehnoloogiad vananenud ega vasta praegustele keskkonnanõuetele, teisisõnu on vaja uudseid tehnoloogiaid. See asjaolu loob Eestile teisese toorme ja jäätmete väärindamise suunal teiste riikidega võrdsed võimalused ehk oleme koos samal „stardijoonel“. Tähtis on luua tingimused, et Eesti ettevõtted saaks arendatavaid tehnoloogiaid katsetada. Olemas on tingimused väiksemal skaalal laborikatsetuste läbiviimiseks, kuid puudu on võimalused, mis toetavad laborikatsetused läbinud prototüüpide testimist reaalelu keskkonnas, et edu korral lahendusi võimendada. Hetkel Eesti ettevõtjatel need võimalused puuduvad ning uute tehnoloogiate katsetamine ja skaleeritavuse hindamine toimub väljaspool Eestit, mis lisaks tõstatab küsimuse intellektuaalomandi kaitsmise tingimustest⁹⁷. Ettevõtjate hinnangul tuleb muuta lävend ressurside väärindamise valdkonda sisenemiseks madalamaks, et meil hakkaks tekkima iduettevõtteid ka väljaspool IT-d. Probleemina märgiti ka katseprojektide opereerimise võimekusega spetsialistide nappust ning vajalike oskuste omandamise võimaluste puudumist. Ettevõtjad rõhutasid ka sünergia puudumist ja vähest kommunikatsiooni eri ametkondade vahel.

Uurimis- ja arendustegevus teisese toorme kasutamise ja jäätmete vältimise, kogumise, sorteerimise ja ümbertöötlemise valdkonnas (teisese toorme ja jäätmete voogude seire ja andmete kasutamine; teisese toorme kasutamise ja jäätmete vältimise, kogumise, sorteerimise ja ümbertöötlemise lahendused ning tehnoloogiate arendamine, sh materjalide ja toodete arendamine kasutusea pikendamise, korduskasutuse ja jäätmete ringlussevõtu võimaldamiseks; interdistsiplinaarne teadus- ja arendustegevus teisese toorme ja jäätmete väärindamiseks; bio- ja ringmajanduse, teisese toorme ja jäätmete väärindamise teemade käsitlemine kogukonna ja tarbijakäitumise vaatest ning sotsiaal- majanduslikest ja -kultuurilistest aspektidest) on valdkonna UA töötajal vaja järgmisi teadmisi ja oskusi:

- korduskasutuseks ja ringlussevõtuks sobivate materjalide, sh komposiitmaterjalide arendamine eeldab üldisi teadmisi keemiast, sh orgaanilisest ja anorgaanilisest keemiast, analüütilisest ja polümeeride keemiast, keskkonnakeemiast;

⁹⁶ Rosenblad, Yngve, & Tilk, Riina. (2019). Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: vee- ja jäätmemajandus ning keskkond. Uuringu terviktekst. Tallinn: SA Kutsekoda, tööjõuvajaduse seire- ja prognoosisüsteem OSKA.

⁹⁷ Intellektuaalomandi käsitlemise tingimused on riigiti erinevad.

- materjalide korduskasutamise ja ümbertöötlemise tehnoloogiate väljatöötamine eeldab teadmisi keskkonnatehnoloogiast, biotehnoloogiast, samuti keskkonnateadmisi, sh teadmisi kemikaaliohutusest;
- toodete/materjalide/jäätmete omaduste ja toodete/materjalide elutsükli analüüsimine tooraine hankimisest kuni selle jäätmeteks muutumiseni eeldab head laborijuhtimise oskust ning teadmisi standarditest ja regulatsioonidest (nt ISO, REACH-regulatsioonid);
- innovaatiliste tehnoloogiliste lahenduste arendamine jäätmetekke vähendamiseks ja vältimiseks, jäätmete kogumiseks, sorteerimiseks ja ümbertöötlemiseks eeldab interdistsiplinaarseid teadmisi nii inseneeriast (sh protsessitehnoloogiast, ingl *process engineering*) kui ka IKT-st.

4.2.4. Nutikad ja kestlikud energialahendused

Eesmärk jõuda 2050. aastaks kliimanetraalsuseni mõjutab otseselt ka Eesti valikuid. TAIE teekaardis⁹⁸ on märgitud vajadust leida madalama süsinikuheitega energiatootmisvõimalusi. Määrava tähtsusega on üleminek fossiilkütustel põhinevalt energiamudelilt erinevatel taastuvatel ja süsinikeitmeta allikatel põhinevale energeetikale ning otsida võimalusi, kuidas teadus- ja arendustegevuse toel tekkivaid uusi ärivõimalusi realiseerida ja loodavaid uusi lahendusi ekspordida. Mitmekesine, kombineeritud ja hajutatud energiatootmise portfell (tuule-, päikese-, geotermaal- ja mereveesoojusenergia, tuumaenergia ning biokütused) aitab kaasa ka kliimanetraalsuse eesmärgi täitmisele. Ka OSKA energeetika ja kaevandamise valdkonna uuringus (2016)⁹⁹ on märgitud suundumust elektri tootmisel energiaallikate mitmekesistamisele ja taastuvenergeetika osakaalu suurenemisele. Arenguvõimalusena on uuringus märgitud kasvavat vajadust taastuvenergeetika ja traditsiooniliste energiaallikate väärindamisega tegelevate spetsialistide järele. TAIE teekardis on märgitud juhitatute elektritootmisviisidega (päike, tuul, laine jmt) saadud energia paindlikustehnoloogiate (sh salvestamise ja koormuste juhtimise tehnoloogiate) arendamise olulisust, samuti vajadust panustada „tarkade võrkude“ arendamisse. Siinse uuringu raames intervjueritud eksperdid märkisid samuti kasvava trendina üleminekut tsentraalselt energiamajanduselt (tootmiselt) detsentraliseeritud tootmisele, mille alustalaks on innovaatilised tooted ja teenused. See tähendab nii IKT-lahendusi energiatarbimise paremaks juhtimiseks (nutikas energia kasutamine, süsteemi stabiliseerimine) kui ka elektri tootmiseks vajalike füüsiliste energiaallikate tootmist. Eksperdid rõhutasid, et sobivate lahenduste väljaarendamiseks on vaja teadmisi ja oskusi eri valdkondadest alates materjaliteadusest kuni valmistoote müümiseni. Kasvu hinnati eri energiaallikate mitmekesistamisele ja taastuvenergeetika osakaalu, eriti päikeseenergia kasvule. Viimast nähti võrreldes teiste taastuvenergia elektritootmise viisidega paindlikuma lahendusena – enamasti ei eelda erilubasid ega keskkonnamõjude hinnanguid. Positiivsena märgiti võrdluses naaberriikidega Eesti ettevõtete innovaatilisi päikeseenergia tootmise lahendusi, nende efektiivsust, disaini, paigalduslihtsust ja terviklikku müügistrateegiat. Samas rõhutati, et kiiresti areneva valdkonnana (uued materjalid ja tehnoloogiad) tähendab see pidevat eksperimentaalarenduse vajadust. Rohepöördega seonduvalt märkisid eksperdid vajadust uurida ja

⁹⁸ TAIE arengukava 2021–2035 fookusvaldkondade teekaardid. Lisa 8. Nutikad ja kestlikud energialahendused. (2022). <https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2023-02/Lisa%208.%20Nutikad%20ja%20kestlikud%20energialahendused.pdf>.

⁹⁹ Sömer, Kaire & Rosenblad, Yngve. (2016). Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: energeetika ja kaevandamine. Uuringu terviktekst. Tallinn: SA Kutsekoda, tööjõuvajaduse seire- ja prognoosisüsteem OSKA.

analüüsida erinevaid ärikaasuseid seoses vesinikuga, et tuvastada ja arendada uusi ärivõimalusi, seda nii vesiniku salvestamise, tootmise, muundamise kui ka ülekandega. Seni toodetakse ja kasutatakse elektrijaamades vesinikku vaid generaatorite jahutamiseks. Samas näiteks meretuuleparkidega seonduvalt tuleb uurida ja hinnata, mida on tuulikutega mõistlikum toota, kas elektrit või hoopis vesinikku.

Ekspertide hinnangul kasvab ka ootus mitmesuguste mugavuslahenduste järele. Kliendid soovivad ligipääsu andmetele, et reaajas näha elektri tarbimist, liitumispunktide võimsusi, taastuvenergia osakaalu oma tarbimises jm. Samuti kasvab vajadus kaugjuhitavate ja -parandatavate, samuti isetaastuvate võrkude järele.

Samuti rõhutati uue kasvuteemana elektromobiilsust ja sellega seonduvalt laadimistaristu arendusi.

Valdkonna ettevõtete juhid hindasid murekohana riistvara innovatsiooniga tegelevate ettevõtete toetusvõimaluste kättesaadavust. Kuna see on pikaajalisem, aeglasemalt skaleeritav protsess¹⁰⁰, on kapitali kaasata keeruline. Samas on mitu riiki – näiteks Rootsi, Saksamaa, Poola – töötanud välja meetmed (riikliku osalusega fondid), et hoida seda tüüpi ettevõtteid oma riigis ja motiveerida teiste riikide ettevõtteid oma innovatsiooni (koos arendusmeeskonnaga) nende juurde tooma. Eesti jaoks tähendab see, et ettevõtjal tekib surve kolida „tarkus“ teise riiki. Ettevõtete juhid väljendasid huvi nii *equity*-investeeringu kui ka iduettevõtetele sobivate laenuinstrumentide vastu¹⁰¹. Väga oluliseks hinnati asjakohaste instrumentide kiiret turule jõudmist, arvestades kiirenevat *cleantech*¹⁰²-buumi ja tugevnevat konkurentsipurvet välismaistelt iduettevõtetelt.¹⁰³

Samuti nähti vajadust kiirendada ja vähendada bürokraatiat valdkonnaga seotud katseprojektide läbiviimiseks.

Uurimis- ja arendustegevus nutikate ja kestlike energialahenduste valdkonnas (kliimaneutraalse energiatootmise tehnoloogiad¹⁰⁴; energia paindlikustehnoloogiad (sh salvestamistehnoloogiad) ja ülekandevõrgud; tõhusam ja ressursisäästlikum energiakasutus¹⁰⁵) eeldab valdkonna UA töötajalt järgmist:

- teadmisi energiatootmistehnoloogiatest;
- teadmisi ja oskusi andmete rakendamise võimalustest (kirjeldatud alapeatükis „Digilahendused igas eluvaldkonnas“);

¹⁰⁰ Näiteks investeeringute kaasamise puhul on eelis IT-sektoril tänu selle odavale prototüüpimisele ja kiirele arengule.

¹⁰¹ Pangalaen ei ole varases faasis iduettevõttele üldjuhul kättesaadav.

¹⁰² Mõiste *cleantech* tähistab puhtaid tehnoloogiaid, mis on väiksema keskkonnamõjuga ja efektiivsema ressursikasutusega, kuid samas majanduslikult konkurentsivõimelised konventsionaalsete tehnoloogiatega. Vt <https://et.wikipedia.org/wiki/Cleantech>.

¹⁰³ Vt esitlus „Eesti rohetehnoloogia startuppide kapitalivajadus 2021–2024“.

¹⁰⁴ Seosed fookusvaldkondadega „Ressursside väärindamine: puit“ ja „Ressursside väärindamine: maapõueressursid“.

¹⁰⁵ Seos fookusvaldkonnaga „Digilahendused igas eluvaldkonnas“.

- teadmisi ja oskusi digilahenduste loomiseks (kirjeldatud alapeatükis „Digilahendused igas eluvaldkonnas“).

4.3. Kokkuvõtte oskuste vajadusest

Kokkuvõtte ettevõttes uurimis- ja arendustegevuses osalevate töötajate arendamist vajavatest ja kasvava tähtsusega oskustest.

- Ettevõtte juhust sõltub, kuidas on innovatsiooniprotsess ettevõttes korraldatud, kuidas toetatakse uuenduste loomist, milline on ettevõtte innovatsioonikultuur. Juhtidel on vaja **oskust kasutada uurimis- ja arendustegevuse, sh innovatsiooni juhtimiseks sobivaid tehnikaid ja põhimõtteid**, et muuta arendustegevus ettevõttes süsteemseks ja tulemuslikuks protsessiks.
- Tarbijale konkurentidest eristuva, kõrgemat väärtust pakkuvate uute toodete ja teenuste loomiseks tuleb osata **väärtuspakkumist analüüsida** (sh äriideid eelnevalt disainida, testida ja hinnata). Tuleb hinnata, kas loodav toode on kliendile atraktiivne, et nad oleksid nõus seda ka kõrgema hinna eest ostma. **Kliendikogemuse mõistmine** ja sellega arvestamine on lahutamatu tootearendusprotsessi osa. Oluline on hinnata, kas uue innovaatilise toote väljatöötamine on otstarbekas, kulutõhus ja võimaldab luua ettevõttele **kõrgemat lisandväärtust**. Oskust laiendada arendusprobleeme diskreetsetest tooteomadustest üldise väärtuse pakkumise ja ärimudelini, nagu ka **innovaatiliste toodete müügi oskust**, peavad eksperdid väga oluliseks.
- Sageli takerduvad teadusmahukad ettevõtted n-ö teadus- ja arendustegevuse „lõksu“ – fookus on arendustegevustel, aga puudub **kommertsialiseerimise vaade**. Tootearendusprotsessi peab olema integreeritud ka kommertsialiseerimistegevused ehk UA töötaja peab nägema tervikprotsessi idee väljatöötamisest kuni müügini.
- Uurimis- ja arendustöötaja peab olema valmis eksperimenteerima ja otsima innovaatilisi lahendusi, olema avatud uutele ärivõimalustele ja tehnoloogiatele. Uute ideede seostamine ettevõtte vajaduste ja võimalustega on oluline oskus ärivõimaluste avastamiseks ja ärakasutamiseks. See tähendab valmisolekut **rakendada akadeemiline teadmine innovatsiooni loomiseks**.
- UA töötajal on vaja nii põhjalikke erialaseid teadmisi, et probleemi lahendamisele erialaspetsiifiliselt läheneda, kui ka **interdistsiplinaarseid teadmisi**. See tähendab võimekust märgata ja luua seoseid eri teadusharude vahel.
- UA töötaja peab lisaks ärimaailmale orienteeruma ka teadusmaailmas. Vaja on täpselt kirjeldada probleemi olemust, tajuda süsteemi tervikvaadet ning sõnastada **uurimis- ja arendusküsimuse selgelt ja kontseptuaalselt**.
- Oskus arendada ja säilitada usaldusväärseid suhteid eri osapooltega, sh tarnijate ja klientidega, eeldab head **läbirääkimis- ja mõjutamisoskust**. Vaja on oskust teist osapoolt aktiivselt kuulata, jagada teavet arusaadavalt, argumenteeritult ja täpselt ning põhjendada oma seisukohti loogiliselt, mõistetavalt ja eesmärki järgides.
- Uudsete lahenduste väljatöötamise eelduseks on **toote-, teenuse- ja äriprotsesside tervikvaate mõistmine**. See hõlmab nii leidlikkust, loovust kui ka teadmiste kasutamist probleemi või vajaduse määratlemisel, vajaliku teabe kogumisel ja analüüsimisel, uudse

ideelahenduse disainimisel, lahenduskava planeerimisel, prototüübi loomisel ja tulemuse vastavuse hindamisel – sammud lahenduse väljatöötamisest kuni tootmiseni.

- Toote kvaliteedi ja usaldusväarsuse vastavuse tagamiseks tuleb loodavat lahendust arendusprotsessis pidevalt testida ja katsetada. Vaja on teadmisi eri tasemel **testimise vajalikkusest ja eesmärkidest ning oskusi testiplaani väljatöötamiseks ja katseseeriate korraldamiseks**.
- Vaja on teadmisi **intellektuaalomandi kaitsmisest**. Teatakse ja osatakse patentidega seotud dokumentatsiooni küll vormistada, aga mida patenteerida, kuidas tagada õigused ja loodud lahenduse kaitse, kuidas jälgida, et tootearendusprotsessis ei riivataks kellegi teise intellektuaalomandi õigusi, millest alustada intellektuaalomandi kaitsmisel – seda teadmist napib. Näiteks kuidas kaitsta ettevõttele olulist lihtsalt kopeeritavat teavet, kuidas kaitsta juhul, kui see ei ole kopeeritav, mismoodi kaitsta ärisaladust jm.
- Arendusmeeskonna liige peab mõistma **projektjuhtimise põhimõtteid**. Sageli sõltuvad töö tulemused ja töö tegemisele kuluv aeg suurel määral just tööprotsessi juhtimise asjakohasusest ning tõhususest, samuti ülesande või probleemi õigest sõnastamisest. Kuna eksperimentaalarenduse tulemused ei ole ette teada, tuleb suurt tähelepanu pöörata ajajuhtimise kõrval ka muudatuste juhtimisele.
- Kuna eksperimentaalarendusega ei ole tulemused täpselt planeeritavad – arendusprojekt võib kesta ajaliselt kauem, vajalike ressursside maht võib algselt planeeritust märkimisväärselt erineda –, muudab see arendusprojekti finantsilise haldamise keerukaks ning nõuab head **finantskirjaoskust**, et kajastada finantstehinguid vastavalt ettevõttes kehtestatud korrale või välistoetuse puhul taotluse tingimustes sätestatud nõuetele.
- Keeruline on eri meetmetest toetuse taotlemine alustavale ettevõttele, kel puudub n-ö varasem UA tegevuse ajalugu. Selleks **napib oskusi alates projektitaotluse kirjutamisest kuni lõpparuande koostamiseni**. Teadmine Eestis ja mujal (nt Horisont) pakutavatest erinevatest rahastamisvõimalustest, sh millised on programmid ja millised on toetuse saamise tingimused, on vähene.
- Digitehnoloogial põhinevate innovaatiliste võimaluste rakendamiseks on vaja igas valdkonnas töötajaid, kel on arusaam nii valdkonnaspetsiifilistest protsessidest ja vajadustest kui ka teadmine IKT kasutusvõimalustest. Ettevõtjate valmisolek uute digilahenduste ja tehnoloogiate arendamiseks ning rakendamiseks sõltub suurel määral juhtide, aga ka UA töötajate **digivõimekusest**. Vaja on teadmisi eri tehnoloogiatest, nende eelistest ja kasutusvõimalustest äriprotsesside efektiivsuse tõstmiseks ja tootlikkuse suurendamiseks.
- Suure potentsiaaliga on **andmetele tuginevate uute ärivõimaluste** loomine, mis loob eelduse teadmispõhiseks otsustamiseks, tootlikkuse suurendamiseks, ressursside säästlikumaks kasutuseks, paremaks koostööks. Andmepõhine lähenemine innovatsioonile kasvatab vajadust näha andmete kasutamises peituvaid võimalusi, neid analüüsida ja sünteesida.
- Ettevõtete esindajad hindasid UA töötajate valdkonnaspetsiifilisi (erialaseid) oskuseid piisavaks, küll aga toodi esile kitsaskohti seoses **eksperimentaalarenduse juhtimise oskustega**. Eri ülikoolid pakuvad doktorantidele vastavaid teadmisi (nt innovatsioon, teadusprojektide juhtimine, innovatsiooni ja tehnoloogia juhtimine jms), kuid üldjuhul vaid **üleülikooliliste**

valikainete raames, mis ei pruugi tagada piisavat ettevalmistust UA tegevuseks ettevõtluses. Ettevõtjate hinnangul loob selleks märksa paremad eeldused n-ö tööstus-, ettevõtlus- või teadmussiirdedoktorantuur. Samas märgiti nii tööandjate kui ka ülikoolide poolt ettevõtete nappi võimekust doktorantide juhendamisel.

5. Ettepanekud ja soovitused

Peatükis on eelneva analüüsi põhjal sõnastatud vajalike muutuste esilekutsumiseks ettepanekud ja soovitused eri osapooltele. Lähtutud on uuringu eesmärgist: kuidas muutub spetsiifiliselt ettevõtluses uurimis- ja arendustöötajate tööjõuvajadus tulevikus ja millise oskuste profiiliga UA töötajaid vajab ettevõtlussektor pikema perioodi vältel, aastani 2035, et Eesti saaks tulemuslikumalt liikuda teadmispõhise majanduse poole.

Soovituste ja ettepanekute vormistamisel kasutati eeskätt eelnevate uurimisküsimuste vastustes tehtud järeldusi, mida arutati võtmeeksperimentidega. Sõnastatud on

- ettepanekud HTM-ile riiklike sekkumiste kujundamiseks, et tagada UA töötajate oskuste profiili vastavus erasektori tööjõuturu ootustele, vastavalt eelnevast analüüsist välja joonistunud valdkondades;
- ettepanekud kõrgkoolidele, et paremini ette valmistada tööturu ootustele vastavate oskustega UA töötajaid;
- ettepanekud MKM-ile ja HTM-ile ettevõtluse ja teaduse koostööd soodustavate meetmete kujundamiseks, et rohkem UA töötajaid jõuaks ettevõtlussektorisse.

5.1. Ettevõtete uurimis- ja arendusvõimekuse kasvatamine

- Haridus- ja Teadusministeerium (HTM) koostöös Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumiga (MKM) leiavad lahendused, et toetada **uurimis- ja arendustegevuse mentorprogramme** (prognoosiga kaetud) teadmismahukuse kasvupotentsiaaliga tegevusalade ettevõtetele sarnaselt Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutuse programmidega: digitaliseerimise meistriklasse, disaini meistriklasse (piiratud aeg, kohustuslik meeskonna kaasamine, toote/teenuse prototüübi kaitsmine jm).
- HTM ja MKM toetavad **erialaliite** eestvedamisvõimekusega **arendusnõunike palkamisel, et suurendada nende rolli** ettevõtete nõustajana uurimis- ja arendustegevuse kavandamisel (nt toetada ettevõtteid uurimis- ja arendustegevuse teekaardi koostamisel, tutvustada ja soovitada toetuse taotlemise võimalusi UA tegevuse eri etappides, nõustada intellektuaalomandi kaitsmise võimaluste suhtes).
- HTM toetab koostöös MKM-iga **erialaliitude arendusnõunike võimekuse kasvatamist** (nt seminarid, töötoad, koostöövõrgustikud, parimad praktikad eeskujuriikidest), et ettevõtteid uurimis- ja arendustegevuse kavandamisel nõustada.
- MKM-il tuleb motiveerida (prognoosiga kaetud) teadmismahukuse kasvupotentsiaaliga tegevusalade ettevõtteid **koostööle rakendusuringu arenduskeskusega**, sh suundades, kus teistel riikidel edumaa puudub (nt spetsiifilistes jäätmete väärindamise tehnoloogiates).
- Rahandusministeeriumil (RM) koos MKM-iga **kaaluda töötamise registri täiendamist uurimis- ja arendustöötajate identifitseeriva tunnusega**, et tulevikus teha kvaliteetsetele andmetele tuginevaid tõendus põhiseid otsuseid ettevõtlus- ja innovatsioonipoliitikas.

- Soovitame RM-il koos MKM-iga toetada Tööandjate Keskliidu algatust **uuendusmahukust kasvatava nügimispoliitika käivitamiseks**¹⁰⁶ (sh teadus-arenduskulutustega seotud finantsstiimulid, aruandlus, ettevõtjaportaali), et kasvatada ettevõtjate uurimis- ja arendusvõimekust (sh palgata UA töötajaid).
- MKM-il ja HTM-il toetada (prognoosiga kaetud) teadusmahukuse kasvupotentsiaaliga tegevusaladel **uurimis- ja arendusvõimekusega välistööjõu kättesaadavust**, kavandades selleks tegevusi uurimis- ja arendustöötajate, akadeemiliste töötajate, välisüliõpilaste Eestisse meelitamiseks ja nende kohanemise toetamiseks, et tuua parimat teadmist eeskujuriikidest (nt „Work in Estonia“ vms).
- Erialaliitudel (arendusnõunike eestvedamisel) koostöös kõrgkoolidega otsida võimalusi **teaduskommunikatsiooni paremaks „sihtimiseks“ valdkondlike uurimistulemuste tutvustamisel ettevõtjatele**, et soodustada teadustulemuste jõudmist ettevõtlusesse ning nende rakendamist uute kõrgema lisandväärtusega toodete ja teenuste loomiseks.
- Kõrgkoolidel toetada magistrante ja doktorante uurimistööst pinnalt looma algupärastele teadmistele põhinevaid *spin-off*-ettevõtteid.
- MKM-il töötada välja võimalused, et toetada ettevõtteid arendustegevuses kuni valmistooteeni jõudmiseni ja kommertsialiseerimiseni. Arendustegevuse ja uue tootega turule jõudmise vahel on sageli nn „surmaorg“, mis võib paljudel ettevõtetel saatuslikuks saada.

Tähelepanek

Selgitus: energialahenduste väljatöötamisega tegelevate ettevõtete juhid märkisid murekohana riistvara innovatsiooniga tegelevate ettevõtete toetusvõimaluste ebapiisavat kättesaadavust. See on aeglasemalt skaleeritav protsess, millesse on kapitali kaasata keeruline. Lisaks võib teiste riikide tegevus suurendada motivatsiooni viia eksperimentaalarendustegevus Eestist välja.

Ettevõtete juhid väljendasid huvi

- *equity*-investeeringu kui iduettevõtetele sobiva laenuinstrumendi vastu¹⁰⁷. Väga oluliseks hinnati asjakohaste instrumentide kiiret turule jõudmist, arvestades kiirenevat *cleantech*-buumi ja tugevnevat konkurentsivõimet välismaistelt iduettevõtetelt;¹⁰⁸
- kiirendada ja vähendada bürokraatiat valdkonnaga seotud pilootprojektide läbiviimiseks.

5.2. Ettevõtete uurimis- ja arendustöötajate oskuste arendamine

- HTM-il luua motiveerivad õppimisvõimalused ettevõtjatele **eksperimentaalarenduse juhtimise täiendusõppe** (sarnaselt TÜ mikrokraadi programmiga „Innovatsiooni juhtimine“) läbimiseks. Sealhulgas käsitleda selliseid teemasid, nagu väärtuspakkumise analüüs, kõrgemat

¹⁰⁶ Tööandjate manifest. (2022). <https://employers.ee/2-heaolu-kasvu-toob-majanduse-tootlikkuse-ja-lisandvaartuse-kasvatamine/>.

¹⁰⁷ Pangalaen ei ole varases faasis iduettevõttele üldjuhul kättesaadav.

¹⁰⁸ Vt esitlus „Eesti rohetehnoloogia startupide kapitalivajadus 2021–2024“.

lisandväärtust luua võimaldavate toodete ja teenuste arenduse juhtimine, eksperimentaalarenduse käigus loodud innovaatiliste toodete ja teenuste hinnastamine ning müük. Soovitus on kaasata õppesse väliskogemust ja parimat praktikat innovatsiooniliidritelt.

- Kõrgkoolidel koostada valik UA tööks vajalikke teadmisi ja oskusi arendavatest (vt peatükk 4 „Uurimis- ja arendustöötajate oskuste vajadus“) kursustest ning tutvustada (kaasates erialaliite) võimalusi neid läbida väljaspool tasemeõpet, et kasvatada ettevõtete UA võimekusega töötajate osatähtsust.
- Kõrgkoolidel analüüsida ja vajaduse korral täiendada erialaaineid uurimis- ja arendustegevuseks vajalike spetsiifiliste oskustega (peatükk 4) (nt **äriideede väärtuspakkumise hindamine ja testimine** konkreetsete meetodite/tehnikate baasil; **turuvajaduse hindamise meetodid**, sh antropoloogias kasutatavad uurimismeetodid; **intellektuaalomandi kaitsmine**; toote kvaliteedi ja usaldusväarsuse vastavuse tagamiseks loodava **lahenduse testimine ja katsetamine; andmeanalüütika rakendamine**).
- HTM-il koos ülikoolidega arvestada doktoriõppe kohtade planeerimisel, et vajadus uurimis- ja eksperimentaalarendusprotsessis juhtrolle täitvate doktorikraadiga spetsialistide (sh tööstusdoktorantuuri läbinute) järele (prognoosiga kaetud) teadmismahukuse kasvupotentsiaaliga tegevusaladel kasvab.
- Kõrgkoolidel koostöös tööandjate esindajatega töötada välja lahendused **õppekavade interdistsiplinaarsuse** suurendamiseks (nt õppekavade ülesed ühised arendusprojektid infotehnoloogiliste oskuste lõimimiseks; suurandmete analüüsi ja masinõppe võimaluste rakendamine valdkonnaga seotud innovaatiliste teenuste ja toodete arendamiseks).
- Kõrgkoolidel koostöös ettevõtete ja erialaliitudega kasvatada **ettevõtelt tulenevaid probleeme käsitlevate kursuse- ja lõputööde** osatähtsust (rakendusuringud, eksperimentaalarendus) ning soosida töid, millel oleks konkreetne huvitatud osapool ja/või juhendaja ettevõtlussektorist.
- Kõrgkoolidel rakendada õppes senisest enam **toote-, teenuse- ja äriprotsesside tervikvaate** kujundamiseks probleem- ja projektõpet, rühmatöid, praktilisi ülesandeid (sh äriplaanide, analüüside ja iduettevõtete kavandite koostamist, prototüüpide loomist, tootmisprotsessi kavandamist).

Kasutatud allikad

Ametite klassifikaator 2008.

http://metaweb.stat.ee/view_xml.htm?id=3005499&selectedRow=0&siteLanguage=ee.

Eesti arengustrateegia „Eesti 2035“. <https://valitsus.ee/strateegia-est-2035-arengukavad-ja-planeering/strateegia>.

Eesti hariduse infosüsteem. <http://www.ehis.ee/>.

Eesti majanduse tegevusalade klassifikaator 2008. <https://www.rik.ee/et/e-ariregister/emtak-tegevusalad>.

Eesti teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arengukava 2021–2035. https://www.hm.ee/korgharidus-ja-teadus/teadus-ja-arendustegevus/taie-arengukava-2021-2035?view_instance=0¤t_page=1.

Eesti Tööandjate Keskliit. <https://employers.ee/2-heaolu-kasvu-toob-majanduse-tootlikkuse-ja-lisandvaartuse-kasvatamine/>.

Eesti Tööandjate Keskliit. (2022). Tööandjate manifest. <https://employers.ee/manifest/>.

Euroopa Komisjon. (2022). Euroopa Innovatsiooni tulemustabel. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard_en.

Glossary: R&D intensity. Statistics Explained. Eurostat. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:R_%26_D_intensity.

Haridus- ja Teadusministeerium, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. 2021. Eesti teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arengukava 2021–2035. https://www.hm.ee/sites/default/files/taie_arengukava_kinnitatud_15.07.2021.pdf.

Huik, Ü. (2022). Valdkondliku teadus- ja arendustegevuse tugevdamise programmi (RITA) tegevuse 7 „Arendusnõunike ametikohtade toetamine erialaliitudes“ raames läbi viidava valdkonna ettevõtete teadus- ja arendustegevuse vajaduste kaardistamine. Kaardistusuuringu lõpparuanne. Eesti Toiduainetööstuse Liit. <https://etag.ee/wp-content/uploads/2022/09/EToL.pdf>.

Kutsekoda. (2022). OSKA 2020+ tööjõu- ja oskuste vajaduse meetodika. Versioon 3.0. https://oska.kutsekoda.ee/wp-content/uploads/2023/01/OSKA_meetodika_3.0_2022_nov.pdf.

Kutsekoda. (2023). Oskuste register. <https://www.kutsekoda.ee/oskused-2/>.

Laheäär, A., Lauk, P., Lorents, E., Parts, Ü., Pavel, H., Veiman, K.-L., Toots, M., Reede, K., Raukas, M. (ilmumisel) Eesti ettevõtete teadus- ja arendustegevuse (TA) kaardistusuuring. Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus, rakendusuuringute programm.

Leemet, A., Ungro, A. (2022). Tööelu üldoskuste klassifikatsioon ning tulevikuvajadus. Uuringu terviktekst. Tallinn: SA Kutsekoda. https://oska.kutsekoda.ee/wp-content/uploads/2022/03/Tooelu-uldoskused_-terviktekst.pdf.

Meier, P., Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liit. (2022). Valdkondliku teadus- ja arendustegevuse tugevdamise programmi (RITA) tegevuse 7 „Arendusnõunike ametikohtade toetamine erialaliitudes“

raames läbi viidava valdkonna ettevõtete teadus- ja arendustegevuse vajaduste kaardistamine. Kaardistusuuringu lõpparuanne. Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liit. <https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2022/05/EMPL.pdf>.

Mets, U., Veldre, V. (2022). Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: tervishoid. Tallinn: SA Kutsekoda.

Mets, U., Viia, A. (2021). Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: info- ja kommunikatsioonitehnoloogia valdkond. Uuringuaruanne. Tallinn: SA Kutsekoda. https://oska.kutsekoda.ee/wp-content/uploads/2022/01/OSKA_IKT_2021_terviktekst_.pdf.

Moncada-Paterno-Castello, P., Amoroso, S., Cincera, M. (2020). Corporate R&D intensity decomposition: different data, different results? *Science and Public Policy*, 47(4), 458–473.

Nutika spetsialiseerumise seiresüsteem ja tõhus valitsemine. Digivaldkonna areng. https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2021/11/NS_seire_loppraport.pdf.

OECD. (2015). Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris.

Pihl, K., Krusell, S. (2022). Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: põllumajandus ja toiduainetööstus. Tallinn: SA Kutsekoda.

Puusild, H. (2023). Laborist masstoodanguni: kuidas vältida innovaatiliste toodete rahastuse surmaorgu? Fookuses: tark tööstus. <https://www.aripaev.ee/saated/2023/01/26/laborist-masstoodanguni-kuidas-valtida-innovaatiliste-toodete-rahastuse-surmaorgu>.

Rell, M. (2018). Tootlikkuse arengustsenaariumid 2035. Arenguseire Keskus.

Rosenblad, Yngve, & Tilk, Riina. (2019). Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: vee- ja jäätmemajandus ning keskkond. Uuringu terviktekst. Tallinn: SA Kutsekoda, tööjõuvajaduse seire- ja prognoosisüsteem OSKA.

Rosenblad, Y., Tilk, R. (2021). OSKA COVID-19 eriuuring. Tallinn: SA Kutsekoda, tööjõuvajaduse seire- ja prognoosisüsteem OSKA. <https://oska.kutsekoda.ee/tulevikutrendid/covid-19-mojude-eriuuring/>.

Statistikaameti andmebaas. <http://pub.stat.ee>.

Strateegia „Eesti 2035“. <https://www.riigikantselei.ee/et/eesti2035>.

Sõmer, Kaire & Rosenblad, Yngve. (2016). Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: energeetika ja kaevandamine. Uuringu terviktekst. Tallinn: SA Kutsekoda, tööjõuvajaduse seire- ja prognoosisüsteem OSKA.

TAIE fookusvaldkondade teekaartide materjalid. (2022). <https://www.hm.ee/korgharidus-ja-teadus/teadus-ja-arendustegevus/taie-fookusvaldkonnad>.

TAIE fookusvaldkondade teemalehed. Teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arengukava 2021–2035 lisamaterjal.

Tallinna Tehnikaülikooli veebileht. <https://taltech.ee/>.

Tartu Ülikooli veebileht. <https://www.ut.ee/et>.

Tehnoloogilise valmiduse tasemed vastavalt EL teadusuuringute ja raamprogrammi „Horisont 2020“ tehnoloogiaklassifikaatorile. ETAg. <https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2019/01/Tehnoloogilise-valmiduse-tasemed.pdf>.

Tilk, R., Kruusmaa, E.-K. (2022). Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: metsandus ja puidutööstus. Tallinn: SA Kutsekoda.

Toots, M. (2021). Eesti Info- ja Kommunikatsioonitehnoloogia Liit. (2022). Valdkondliku teadus- ja arendustegevuse tugevdamise programmi (RITA) tegevuse 7 „Arendusnõunike ametikohtade toetamine erialaliituses“ raames läbi viidava valdkonna ettevõtete teadus- ja arendustegevuse vajaduste kaardistamine. Kaardistusuuringu lõpparuanne. Eesti Info- ja Kommunikatsioonitehnoloogia Liit. <https://etag.ee/wp-content/uploads/2022/09/EITL.pdf>.

Usk, A., Eesti Elektroonikatööstuse Liit. (2021). Valdkondliku teadus- ja arendustegevuse tugevdamise programmi (RITA) tegevuse 7 „Arendusnõunike ametikohtade toetamine erialaliituses“ raames läbi viidava valdkonna ettevõtete teadus- ja arendustegevuse vajaduste kaardistamine. Kaardistusuuringu lõpparuanne. Teadus- ja arendustegevus Eesti elektroonikasektoris. Lõpparuanne. Eesti Elektroonikatööstuse Liit. <https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2022/05/EETL.pdf>.

Veemaa, J., Pulk, K., Sepp, V., Espenberg, S. (2021). Nutika spetsialiseerumise seiresüsteem ja tõhus valitsemine. Digivaldkonna areng. RITA 4: TAI poliitika seire. TÜ, RAKE. https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2021/11/NS_seire_loppraport.pdf.

Vitae Researcher Development Framework 2011. <https://www.vitae.ac.uk/researchers-professional-development/about-the-vitae-researcher-development-framework/rdf-cou>.

World Economic Forum 2018. The Future of Jobs Report 2018. Cologny/Geneva Switzerland. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf.

World Economic Forum 2020. The Future of Jobs Report 2020. Geneva: WEF. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf.

LISAD

LISA 1. Uuringus osalenud ja intervjueritud eksperdid

Ailet Õis-Saar, Sutu

Aivar Usk, Eesti Elektroonikatööstuse Liit

Alar Konist, Tallinna Tehnikaülikool, energiatehnoloogia instituut

Alar Saluste, Ragn-Sells

Andres Anijalg, Roofit solar

Andres Siirde, Tallinna Tehnikaülikool, energiatehnoloogia instituut

Andri Haran, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium

Ann Laheäär, Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus

Arno Kolm, Eesti Elektroonikatööstuse Liit

Arno Kütt, Cleveron

Birgit Maaten, Tallinna Tehnikaülikool

Dan Bogdanov, Cybernetica

Eero Raun, Eesti Masinatööstuse Liit

Gert Jervan, Tallinna Tehnikaülikool

Hannes Plinte, GScan, GoSwift

Hardi Tamm, Tervisetehnoloogiate Arenduskeskus

Hele Tammenurm, Telia Eesti

Indrek Ots, ETAg

Indrek Tammeaid, Finsight OY

Indrek Tulp, ETAg

Sven Lange, Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus

Ivo Suursoo, Columbus Eesti AS, teadus- ja arendusnõukogu

Jaak Vilo, Tartu Ülikool

Johannes Mossov, Auve Tech

Jüri Jõema, Eesti Infotehnoloogia ja Telekommunikatsiooni Liit

Kadi-Liis Veiman, Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus

Kadri Raudvere, ETAg

Kalev Pihl, SK ID Solutions

Kaspar Hioväin, COOP Eesti

Katrin Kiisler, Riigikantselei

Katrin Pihor, Haridus- ja Teadusministeerium

Kaupo Reede, Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus

Kertu Metsoja, Eesti Kosmetööstuse Liit

Kristi Raudmäe, Haridus- ja Teadusministeerium

Kristiina Kaldas, Tallinna Tehnikaülikool, biotehnoloogia instituut (projekt Kerogen)

Kristina Laurand, ETAg

Kuno Peek, digitaalehituse klaster (fookusarutelul osales 14 klasteri liiget)

Lauri Raid, Viru Keemia Grupp

Leho Kuusk, ABB

Maarika Haavistu, COOP Eesti

Mari-Ann Meigo, Gelatex

Marika Meltsas, ETAg

Marju Ferenets, Stoneridge Electronics

Mart Noormaa, Milrem Robotics

Mart Toots, Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus

Meelis Einstein, Kunda Nordic Tsement

Mihkel Härm, Elektrilevi

Milko Milatškov, Stoneridge Electronics

Oliver Järvik, Tallinna Tehnikaülikool, energiatehnoloogia instituut

Oliver Mets, Insero, Eesti Masinatööstuse Liit

Peep Pitk, Fibenol

Pille Meier, Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liit

Rain Eisler, Tallinna Tehnikaülikool

Raul Kütt, Eesti Masinatööstuse Liit

Raul Prank, R8 Technologies

Seth Lackman, Fujitsu Estonia

Sigrid Rajalo, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium

Terje Kaelep, Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus

Tiina Ailt, Tallinna Tehnikaülikool, energiatehnoloogia instituut

Tõnis Vare, Eesti Elektritööstuse Liit

Urmo Männi, Levira

Üllar Huik, Eesti Toiduainetööstuse Liit

Ülo Kivine, Nordic Milk

LISA 2. Eksperdiintervjuu kava

Intervjueeritavad: valdkonna eksperdid, UA tegevuse kogemusega ettevõtjad, töötajad. Uuringusse kaasati ennekõike tugeva visiooniga ja ambitsioonikad ettevõtete esindajad, kellel on kogemus UA tegevusega ning kes suudavad hinnata võimalikke tehnoloogia- ja turumuutusi piisavalt pika aja vaates ette.

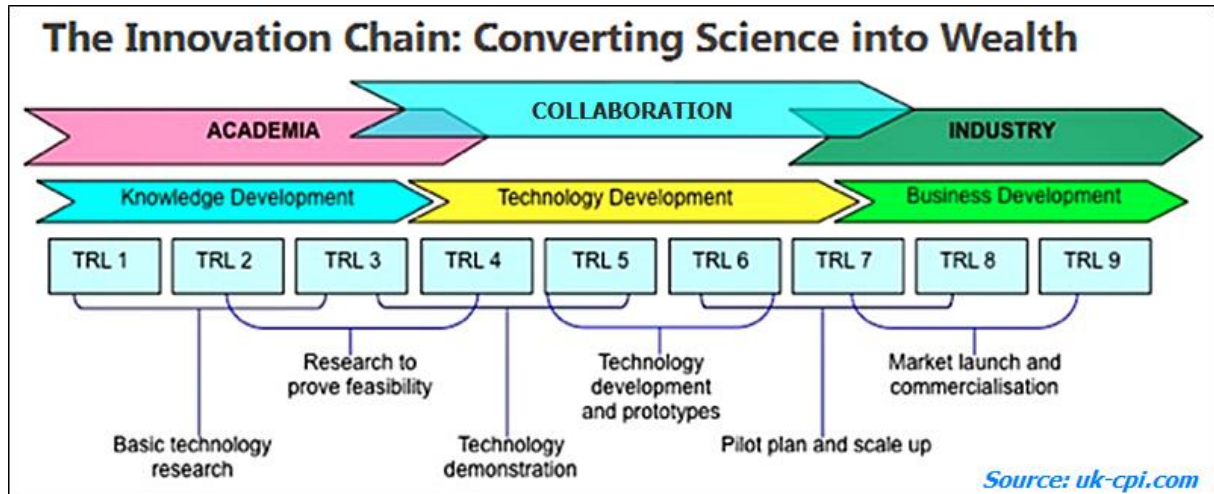
Intervjuu kestus 1,5 tundi.

Sissejuhatus. Uuringu eesmärk ja fookus: teadusmahukuse kasvupotentsiaal ettevõtluses, eksperimentaalarendus ja rakendusuringud ettevõtluses, arendustöötajate oskused.

- Millisena näete enda tegevusvaldkonnas innovatsioonipotentsiaali läbi uuringute ja eksperimentaalarenduse?
- Milline on selles tegevusvaldkonnas Eesti ettevõtete potentsiaal võrdluses naaberriikidega? Millised on meie konkurentsieelised?
- Millisena näete rohe- ja digipöörde mõju rakendusuringute läbiviimisele ja arendusprotsessile ettevõtluses (fookusega konkreetses tegevusvaldkonnas)? Kuidas need trendid võivad mõjutada UA töötajate oskuste ja tööjõuvajadust?
- Kirjeldage Teie ettevõtte näitel arendustegevust.
 - Kuidas paigutate ettevõtte uurimis- ja arendustegevuse tehnoloogia valmiduse tasemete (TRL) vaates: 1–3 alusuuringud, 4–6 rakendusuringud, 7–9 tootearendus. Palun kirjeldage.
 - Kellega koos plaanite tulemuseni jõuda?
 - Milliseid oskusi on lisaks juurde vaja?
 - Kes (milliste ametialade esindajad) tegelevad ettevõttes uurimis- ja arendustegevusega?
 - Kes on arendusmeeskonna liikmed, millised on nende töörollid?
- Milliste oskuste profiiliga TA töötajaid on ettevõtetel vaja, et suurendada ettevõtete arendustegevuse võimekust?
 - Millised on kõige olulisemad oskused eksperimentaalarenduse protsessis?
 - Millele peaks tähelepanu pöörama UA töötajate ettevalmistuses?

LISA 3. Tehnoloogilise valmiduse tasemed

Tehnoloogilise valmiduse tasemed vastavalt Euroopa Liidu teadusuuringute ja raamprogrammi „Horisont 2020“ tehnoloogiaklassifikaatorile. Erinevate tootearendusetappide eristamiseks on maailmas kasutusel tehnoloogilise valmiduse taseme ehk TVT (ingl *technology readiness levels, TRL*) kriteeriumid.



TVT 1 ja TVT 2 on alusuuringud¹⁰⁹

TVT 1 – uuritakse tehnoloogia põhiprintsiipe (ingl *basic principles observed*).

Selgitus: uuritakse teoreetiliselt tehnoloogia olulisi omadusi ja käitumist, nt kirjanduse ülevaated ja alusuuringud.

TVT 2 – tehnoloogiline kontseptsioon on sõnastatud (ingl *technology concept formulated*).

Selgitus: järgneb tehnoloogia põhiomaduste teoreetilistele uuringutele. Võimaliku tehnoloogia omadused on kirjeldatud, nt sõnastatakse vajalikud analüütilised uuringud ja katsed ning nende läbiviimise meetodika.

TVT 3 – TVT 5 on rakendusuuringud

TVT 3 – oluliste näitajate ja kontseptsiooni katseline tõestus (ingl *experimental proof of concept*).

Selgitus: alustatakse aktiivsete analüütiliste ja laboratoorsete uuringutega, näidatakse tehnoloogia üksikute komponentide tehnilist teostatavust piisavate andmete põhjal.

TVT 4 – tehnoloogia komponentide töö on kontrollitud laboris (ingl *technology validated in lab*).

Selgitus: viiakse läbi tehnoloogia oluliste komponentide projekteerimine, arendamine ja nende laboris testimine. Tehnoloogia põhilised komponendid suudavad koos toimida. Viiakse läbi katsed täiemahuliste probleemide või andmekogudega, võrreldes eeldatava lõpptootega on valmis suhteliselt ebatäpne prototüüp.

¹⁰⁹ Tehnoloogilise valmisoleku taseme etappide jaotuse aluseks on EAS-i teadus- ja arendustegevuse määratlemine tootearenduse etappides. <https://eas.ee/teadus-ja-arendustegevuse-maaratlemine-tootearenduse-etappides/>.

TVT 5 – tehnoloogia on kontrollitud asjakohases keskkonnas (ingl *technology validated in relevant environment*).

Selgitus: tehnoloogiat testitakse põhjalikult laboris ja asjakohases simuleeritud keskkonnas. Tehnoloogia põhilised komponendid on omavahel integreeritud. Võrreldes eeldatava lõpptootega on valmis suhteliselt täpne prototüüp.

TVT 6 ja TVT 7 on eksperimentaalarendus

TVT 6 – tehnoloogia on demonstreeritud asjakohases keskkonnas (ingl *technology demonstrated in relevant environment*).

Selgitus: tehnoloogia edasine arendamine toimub lähtuvalt reaalistest probleemidest. Tehnoloogia on osaliselt integreeritud seniste süsteemidega, loodud on piiratud mahus dokumentatsioon. Tehnoloogia võimalikkus on täielikult tõendatud asjakohases simuleeritud keskkonnas.

TVT 7 – tehnoloogia (prototüüp) on testitud ja demonstreeritud töökeskkonnas (ingl *system prototype demonstration in operational environment*).

Selgitus: tehnoloogia demonstreerimine töökeskkonnas. Tehnoloogia on täielikult toimiv või peaaegu toimiv, selle enamik komponente on kättesaadavad demonstreerimiseks ja testimiseks ning on hästi integreeritud lisateenustega. Olemas on piiratud mahus dokumentatsioon.

TVT 8 – TVT 9 on tootearendus

TVT 8 – tehnoloogia on valmis ja kontrollitud (ingl *system complete and qualified*).

Selgitus: tehnoloogia arendamine on lõpetatud, see on täielikult tööks valmis ning integreeritud vajalike riist- ja tarkvarasüsteemidega. Enamik kasutaja, koolituse ja hooldusdokumentatsioonist on valmis. Tehnoloogia kogu funktsionaalsus on testitud nii simuleeritud kui ka töökeskkonnas. Tehnoloogia vastab kõigile eeldatud nõuetele ja spetsifikatsioonidele ning täidab oma otstarvet.

TVT 9 – tehnoloogia toimib töökeskkonnas (ingl *actual system proven in operational environment*).

Selgitus: tehnoloogia on täielikult integreeritud töökeskkonnas toimiva riistvara- ja/või tarkvarasüsteemidega. Tehnoloogia on põhjalikult testitud ja demonstreeritud reaalses töökeskkonnas. Kogu dokumentatsioon on valmis ja täielikult lõpetatud. Olemas on jätkusuutlik insener-tehniline tugi.

LISA 4. Uurimis- ja arendustegevusega hõivatud töötajate osatähtsus tegevusala hõivest

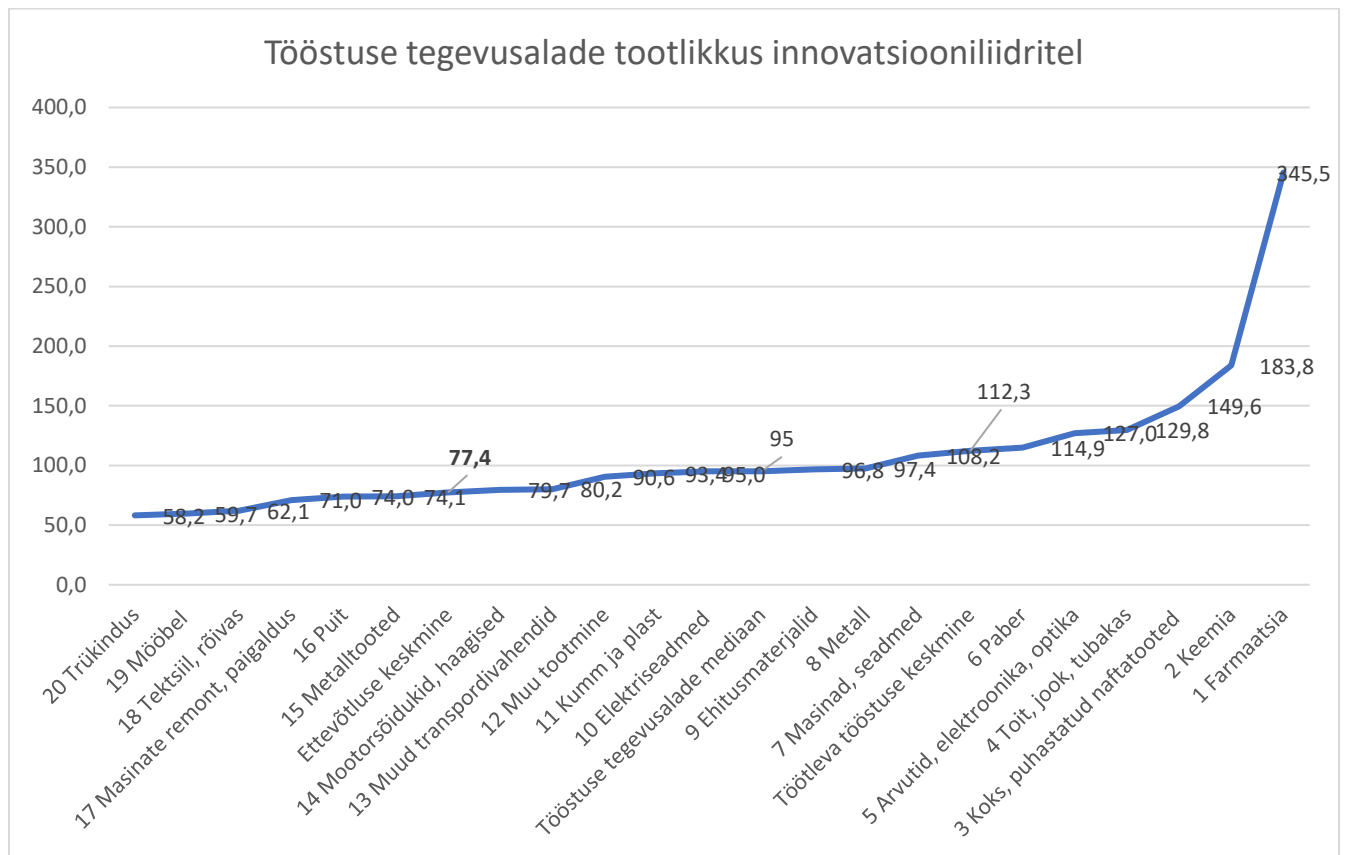
Tabel L4.1. Uurimis- ja arendustegevusega hõivatud töötajate osatähtsus tegevusala hõivest Eesti ettevõtetes 2011–2021

kood	EMTAKi tegevusala nimetus	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	Ettevõtluse keskmine	0,5%	0,5%	0,4%	0,5%	0,4%	0,4%	0,5%	0,4%	0,5%	0,6%	0,6%
A	Põllumajandus, metsamajandus ja kalapüük	0,0%					0,0%	0,0%	0,0%		0,0%	0,0%
B	Mäetööstus										0,4%	
C	Töötlev tööstus	0,5%	0,4%	0,4%	0,3%	0,4%	0,4%	0,6%	0,4%	0,6%	0,8%	0,8%
C10–C12	..toiduainete, joogi ja tubakatoodete tootmine	0,2%	0,2%	0,2%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%
C13–C15	..tekstiili-, rõiva-, nahktoodete tootmine	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
C16–C18	..puidutöötlemine, paberitootmine, trükindus ja paljundus	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%
C19	..koksi ja puhastatud naftatoodete (sh turbabriketi) tootmine		3,0%			2,3%	1,4%					
C20	..kemikaalide ja keemiatoodete tootmine	2,5%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	2,2%	2,2%	2,7%
C21	..põhifarmaatsiatoodete ja ravimpreparaatide tootmine	10,6%	5,9%	3,7%	3,4%	6,3%	4,1%	4,9%	4,0%	4,3%	7,8%	7,0%
C22	..kummi- ja plasttoodete tootmine	0,3%	0,3%	0,6%	0,6%			0,1%		0,2%	0,2%	
C23	..muude mittemetalletest mineraalidest toodete tootmine (ehitusmaterjalid: klaas, savist ehitusmaterjal, keraamika, tsement, lubi, kips, betoon jne)										0,1%	0,3%
C24	..metallitootmine (sh terastorud, metallivalu)											
C25	..metalltoodete tootmine, v.a masinad ja seadmed	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,3%

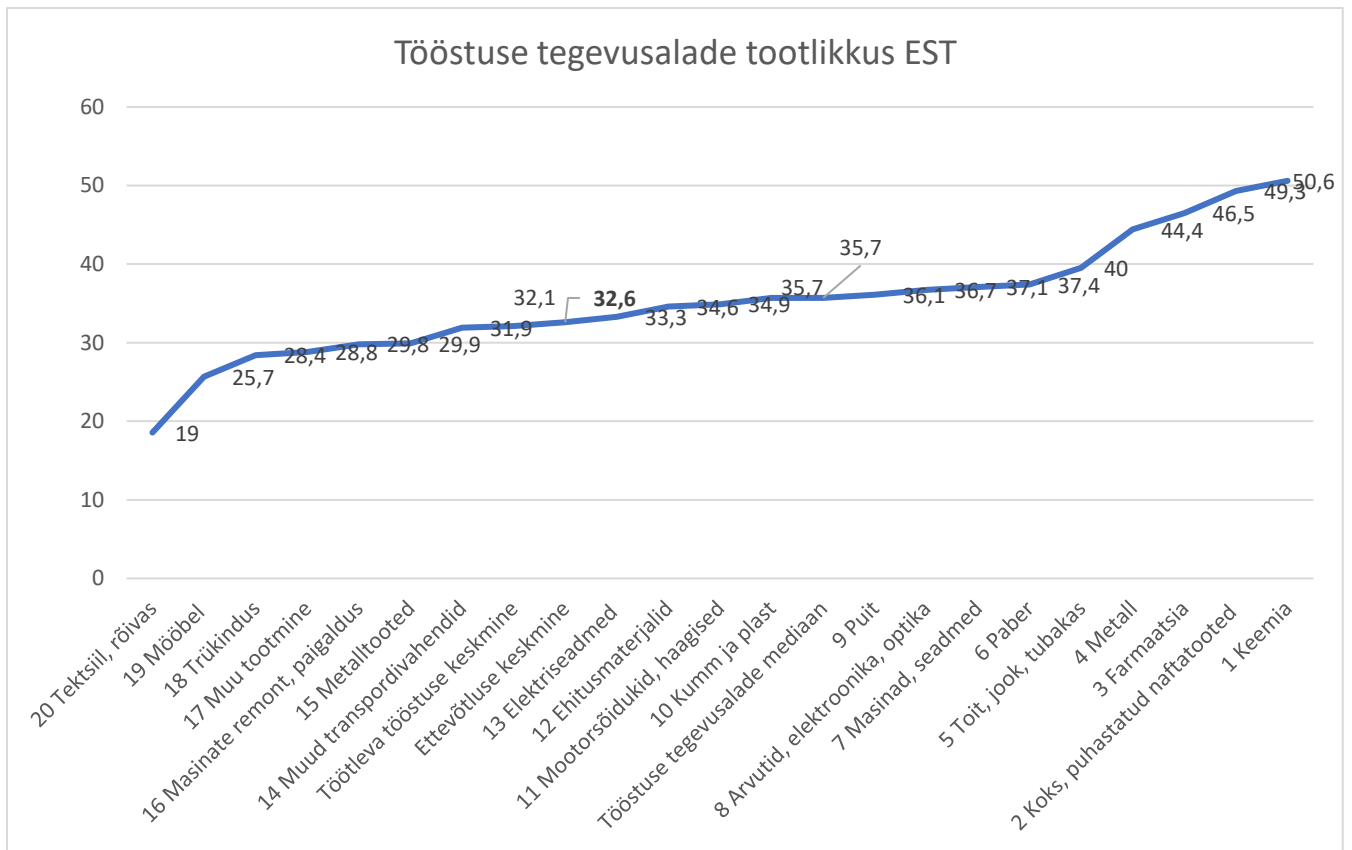
C26	..arvutite, elektroonika- ja optikaseadmete tootmine	2,0%	1,5%	1,3%	1,0%	2,3%	2,5%	5,2%	2,4%	5,4%	6,8%	6,5%
C27	..elektriseadmete tootmine	1,9%	1,0%	0,9%	0,9%	1,3%	1,5%	2,1%	1,9%	1,9%	2,2%	2,1%
C28	..mujal liigitamata masinate ja seadmete tootmine (sh tööstusseadmed; ehitus-, põllu-, metsamasinad; mootorid jms)	1,1%	0,7%	0,6%	0,6%	0,7%	0,8%	0,9%	0,9%	0,8%	1,7%	1,0%
C29	..mootorsõidukite, haagiste ja poolhaagiste tootmine	0,8%	0,9%	0,5%	0,7%	0,8%	0,9%	0,8%	0,8%	1,3%	1,1%	2,9%
C30	..muude transpordivahendite tootmine (sh laevad, paadid, raudteevedurid ja -veerem, õhusõidukid, militaarveokid, mootorrattad, jalgrattad)						1,0%				1,8%	
C31	..mööblitootmine	0,1%	0,2%			0,1%		0,0%		0,0%	0,0%	0,0%
C32	..muu tootmine (sh väärisesemed, muusikariistad, sporditarbed, mänguasjad, meditsiiniinstrumendid/materjalid, kaitsevahendid jne)	0,9%	0,8%	0,9%	0,9%	0,3%	0,6%	0,7%	0,8%	0,7%	1,0%	1,1%
C33	..masinate ja seadmete remont ja paigaldus	0,3%		0,3%		0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
D35–E36	Elektrienergia, gaasi ja auruga varustamine; veevarustus	1,4%	1,5%	1,6%	1,9%	1,5%	1,6%	1,8%	3,2%	1,7%	3,6%	3,6%
E37–E39	Kanaliseerimine, jäätmekogumine ja saastekäitlus (jäätmemajandus)										0,1%	0,2%
F	Ehitus	0,0%	0,0%			0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
G	Hulgi- ja jaekaubandus; mootorsõidukite ja mootorrattaste remont	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
H	Veendus ja laendus						0,0%	0,0%			0,0%	0,1%
I	Majutus ja toitlustus	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%				

J	Info ja side	3,2%	3,0%	2,7%	2,7%	2,3%	2,5%	3,0%	3,0%	3,5%	4,1%	3,6%
J61	..telekommunikatsioon	2,5%	2,4%		2,4%	2,3%	2,3%	1,9%		1,9%		3,3%
J62	..programmeerimine, konsultatsioonid jms tegevused	6,0%	5,4%	4,6%	4,6%	3,7%	4,0%	4,9%	4,5%	5,3%	5,8%	4,7%
J63	..infoalane tegevus	1,3%	1,7%				0,6%	0,4%	1,3%		1,5%	2,5%
K	Finants- ja kindlustustegevus	1,1%	1,4%	1,5%	2,9%	1,9%	1,4%	1,4%	1,5%	2,2%	2,0%	1,1%
L68	Kinnisvaraalane tegevus	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		0,0%	0,0%
M	Kutse-, teadus- ja tehnikaalane tegevus	3,2%	2,9%	2,5%	2,7%	2,1%	1,6%	1,5%	1,1%	1,3%	1,4%	1,1%
M72	..teadus- ja arendustegevus	53,4%	45,7%	42,3%	48,7%	38,4%	39,4%	38,8%	27,9%	33,2%	33,8%	24,0%
N	Haldus- ja abitegevused (sh rentimine, reisibürood, turvatöö, hoonete hooldus, konverentsikorraldus, inkasso jms)									0,0%	0,0%	0,1%
Q86	Tervishoid	0,2%	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%				0,1%	0,2%	0,2%
R	Kunst, meelelahutus ja vaba aeg	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			0,0%	0,0%	0,0%
S	Muud teenindavad tegevused; eksterritoriaalsete üksuste tegevus	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			0,0%

LISA 5. Töötleva tööstuse tegevusalade tootlikkus



Joonis L5.1. Töötleva tööstuse tegevusalade tootlikkus innovatsiooniliidritel



Joonis L5.2 Töötleva tööstuse tegevusalade tootlikkus Eestis