

TARTU ÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Katrin Krõlov

**BAASTEADUSE RAHASTAMISE TÄHTSUS
TEHNOLOOGILISE INNOVATSIOONI ALLIKANA EESTI
BIOTEHNOLOOGIA SEKTORI NÄITEL**

Magistritöö ärijuhtimise magistrikraadi taotlemiseks
ettevõtluse ja tehnoloogia juhtimise erialal

Juhendaja: Prof. Kadri Ukrainski

Tartu 2019

Suunan kaitsmisele

(juhendaja allkiri)

Olen koostanud töö iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, põhimõttelised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

.....

(töö autori allkiri)

SISUKORD

SISSEJUHATUS	4
1. BAASTEADUSE RAHASTAMISE TEOREETILISED ALUSED	8
1.1. BAASTEADUS KUI AVALIK KAUP JA SELLE FINANTSEERIMISE VAJADUS	8
1.2. INNOVATSIOONIMUDELID JA BAASTEADUSE ROLL INNOVATSIOONIS	12
1.3. BAASTEADUSE OLULISUS MAJANDUSKASVU SEISUKOHAST	17
1.4. PATENTIDE BIBLIOMEETRILINE ANALÜÜS TEADUSE JA TEHNOLOOGIA SEOSE UURIMISEKS.....	21
2. TEHNOLOOGILISE INNOVATSIOONI JA BAASTEADUSE SEOSE EMPIIRILINE ANALÜÜS.....	26
2.1. T&A TEGEVUSE FINANTSEERIMISE MAHT JA STRUKTUUR EESTIS JA MUJAL MAAILMAS.....	26
2.2. EESTI TEHNOLOOGILISE INNOVATSIOONI NÄITAJATE HINDAMINE	34
2.3. EESTI AVALIKU SEKTORI T&A INVESTEERINGUTE MÕJU INNOVATSIOONINÄITAJATELE.....	41
2.4. TEHNOLOOGILISE INNOVATSIOONI JA BAASTEADUSE SEOSE EMPIIRILINE ANALÜÜS EESTI BIOTEHNOLOOGIA SEKTORI NÄITEL	43
<i>Analüüsi teoreetiline raamistik.....</i>	44
<i>Analüüsi tulemused.....</i>	45
KOKKUVÕTE.....	51
VIIDATUD ALLIKAD	53
LISAD	60
LISA 1. BIOTEHNOLOOGIA PATENTIDE RAHVUSVAHELISE KLASSIFIKATSIOONI (IPC) KOODID.....	60
SUMMARY	62

Sissejuhatus

Baasuuringud on uudishimust tulenevad teadusuuringud, millel on ennustamatu ja juhuslik kulg. Baasteadusuuringud ei ole tavaliselt otseselt seotud ühegi otsese praktilise väljundiga, kuid nende teostamisel võidakse lähtuda potentsiaalsest rakendusest.

Baasteadusuuringud on liiga riskantsed, nende tulemused on ettearvamatud ning nende efektiivsust on raske kontrollida. Baasuuringute tulemuseks on informatsioon, mida on keeruline turustada ning millega kauplemine vajab spetsiaalse õiguskaitse olemasolu, nagu leiutiste patendikaitse. Neid põhjusi välja tuues põhjendasid Arrow ja Nelson, et erasektori huvi baasteaduse finantseerimise vastu ei saa kunagi olla piisav (Nelson 1959; Arrow 1962). Baasteaduse alatootmine põhjustaks turutõrgete tekke, kus vajadus teatud kaupade järele oleks suurem kui pakkumine turul ning väheneks ühiskonna üldine sotsiaalne heaolu. Sellega põhjendasid Arrow ja Nelson riigipoolse finantseerimise vajadust baasteaduses.

Arrow ja Nelsoni käsitlust on edasi arendatud ja leitud, et teadmusel on mitmeid erakauba jooni (*quasi-private nature*) (Antonelli 2005). Avaliku sektori ja erasektori teadusarendus (T&A) sisult väga erinev ning selle tulemusel saadud teadmused käsitletakse erinevalt (Archibugi, Filippetti 2018). Avaliku sektori T&A eesmärgiks on teadmiste ja sotsiaalse heaolu suurenemine. Avaliku sektori teadmused käsitletakse kui avalikku kaupa (*public good*) ning seda avalikustatakse ja levitatakse maksimaalselt. Erasektori T&A eesmärgiks on kasumit toovate teadmismahukate toodete, teenuste või protsesside arendus. Erasektori T&A tegevuse suunda määrab selle tõttu turuvajadus. Archibugi ja Filippetti (2018) käsitlevad erasektori teadmused kui erakaupa (*private good*), mille kasutamist ja levitamist piiratakse aktiivselt intellektuaalomandi strateegiaga nagu patenteerimine ja saladuses hoidmine.

Seega baasteaduse või kitsamalt võttes avaliku sektori baasteadusuuringute peamiseks eesmärgiks on luua avalikult kättesaadav teadmiste kogum, mida eraettevõtlus saab kasutada ärieesmärkidel T&A tegevust tehes. Erasektor loob innovatsioone ja turustab neid toetudes avaliku sektori loodud teadmusele (Kline, Rosenberg 1986). Baasteaduse kõige suuremaks kasuks majandusele seisnebki ennekõike avalikult kasutatava kasulikke teadmiste kogumi loomises ja pidevas täiendamises (Salter, Martin 2001). Ettevõtlus hindab baasteadust ennekõike sellepärast, et see toodab kvalifitseeritud tööjõudu, kes on võimeline avalikust teadmusest ammutama ettevõttesisesesse innovatsiooni jaoks vajalikke teadmisi ja oskusi.

Seega ollakse ühisarvamusel, et baasteadusuuringud on innovatsiooni ja majanduskasvu seisukohast hädavajalikud. Kuigi nende finantseerimise suurus ja osakaal erinevates T&A tegevustes tekitab teadlaste seas debatte. Eriti sellepärast et konkurents avaliku rahastuse peale on suur.

Riigid erinevad oluliselt oma võimekuse poolest baasteadusuuringute tulemusi rakendada kommertsiaalseks eesmärgiks. Selle taga seisavad nii kultuurilised kui ka regionaalsed eripärad (Kokko *et al.* 2015). Heaks näiteks siinkohal on USA Silicon Valleys väljakujunenud eriti soodne mikrokliima tehnoloogilise innovatsiooni arenguks (Salter, Martin 2001). Silicon Valley regiooni edukuse põhjusi on põhjalikult uuritud ja USA kui tehnoloogilise innovatsiooni liidri poliitikaid on proovitud rakendada ka teistes riikides. Kuid ühtset ja head valemit eduka innovatsioonipoliitika jaoks ei ole leitud.

Eesti on väike riik Euroopa äärealal, mistõttu pole tal suurriikide ja makro-regioonides asuvate riikide eeliseid (Bilbao-Osorio, Rodríguez-Pose 2004). Eduka innovatsioonipoliitika väljatöötamine Eesti jaoks on keerulisem ning edukate innovaatorriikide jäljendamine ei pruugi tagada oodatud tulemust.

Et baasteadusuuringute tulemusi levitataks rahvusvaheliselt, siis väikese riigi baasteadusinvesteeringute tasuvust on keerulisem hinnata. Iga riigi avalikke T&A investeeringute eesmärgiks on ennekõike suurendada iseenda majanduslikku kasvu. Paratamatult tekib väikeriikide puhul küsimus, kas nende investeeringud baasteadusesse ainult suurendavad avalikku teadmuse kogumit või on neil investeeringutel reaalselt kasu konkreetse väikeriigi majandusele. Seda küsimust toetab ka nn Rootsi paradoksi

olemasolu. Nimelt on mitmed uurijad täheldanud, et Rootsi suured investeeringud T&A-sse andsid tagasihoidlikuma mõju riigi majandusele, kui oleks arvatud. Suurriigid nagu USA kasutasid hoopiski Rootsi baasteadust ära. Seega küsimus baasteaduse rahastuse suuruse kohta on üsna aktuaalne. Ning praegu puudub ühene vastus sellele, kui palju peab riik investeerima baasteadusesse, et selle mõju majanduskasvule oleks optimaalne.

Käesoleva töö eesmärgiks on selgitada välja avaliku sektori tähtsus nii T&A finantseerija kui ka teostajana Eestis ning näidata, kui suurel määral toetub tehnoloogiline innovatsioon Eesti biotehnoloogia sektoris kohalikule baasteadusele.

Eesmärgi saavutamiseks on püstitatud järgnevad ülesanded: (i) iseloomustada ja võrrelda teiste riikidega Eesti avaliku sektori panust T&A-sse ja baasteaduse osakaalu kõikidest T&A tegevustest (ii) iseloomustada ja võrrelda teiste riikidega Eesti tehnoloogilise innovatsiooni näitajaid (patenteerimine ja publitseerimine) ja nende muutust ajas (iii) näidata kui suurel määral toetub Eesti tehnoloogiline innovatsioon Eesti biotehnoloogia sektoris kohalikule baasteadusele.

Eesmärgi saavutamiseks kasutatakse USA patentide ja patenditaotluste andmebaasi USPTO, Web of Science teaduslikke publikatsioonide andmebaasi ja Eurostat andmebaasi andmeid. Tehnoloogilise innovatsiooni ja baasteaduse seost Eesti biotehnoloogia sektoris analüüsitakse kasutades patentide bibliomeetrilist meetodit.

Töö teoreetilises osas antakse ülevaade baasteaduse olemusest, selle avaliku finantseerimise põhjendatusest ja kasust majanduslikust aspektist. Töös tutvustatakse erinevaid innovatsioonimudeleid, et näidata seost teaduse ja innovatsiooni vahel. Tuuakse välja viimastel aastatel mitme uurija poolt tõstatatud probleemi avalikku baasteadusesse investeeringute proportsionaalse vähenemise kohta, nn T&A privatiseerimine (Conceicao *et al.* 2004; Archibugi, Filippetti 2018; Mazzucato 2013; Godin 2006; Balconi 2010). Käsitletakse avaliku sektori T&A investeeringute majanduskasvule mõju sõltuvust riigist/regioonist. Viimaseks tutvustatakse teoreetilise osa lõpus patentide teaduspublikatsioonide viidete bibliograafilise analüüsi uuringuid hindamaks baasteaduse ja tehnoloogilise innovatsiooni seoseid erinevate majandusvaldkondade ja riikide/regioonide lõikes.

Käesoleva töö empiirilise osa alguses võrreldakse Eesti T&A tegevust teiste riikidega eesmärgil näidata kui suur on avaliku sektori roll Eesti T&A tegevuses (nii finantseerijana kui ka läbiviijana). Sealhulgas kirjeldatakse T&A jagunemist eriliikide lõikes (baasteadus, rakendusteadus, eksperimentaalne tootearendus), kogu T&A investeeringute suurust ja finantseerivate osapoolte (erasektor, avalik sektor, välismaa fondid vm) osakaalu, avaliku ja erasektori rolli T&A läbiviimises. Edasi keskendutakse Eesti avaliku ja erasektori T&A suuruse ja suhte hindamisele perioodil 1998-2016.

Järgmisena hinnatakse empiirilises osas Eesti patente ja teaduslikke publikatsioone kui innovatsiooni näitajaid ning näidatakse innovatsiooni näitajate seost T&A tegevuse finantseerimisega, keskendudes avaliku sektori T&A tegevusele.

Empiirilise osa viimases alapeatükis analüüsitakse eesti tehnoloogilise innovatsiooni ja baasteaduse seost Eesti biotehnoloogia sektori näitel. Selleks analüüsitakse Eesti biotehnoloogia patentides olevaid viiteid rahvusvahelistes teadusajakirjades avaldatud publikatsioonidele. Analüüsis keskendutakse kolmele punktile: (i) baasteaduse ja tehnoloogilise innovatsiooni vahelise seose tugevus, (ii) teadmuse ülekande aja hinnang baasteadusest innovatsiooni, (iii) viidete päritolumaa analüüs. Analüüsi tulemusena selgitatakse välja, kui suurel määral tugineb tehnoloogiline innovatsioon Eesti biotehnoloogia sektoris teiste riikide baasteadusele.

Tööd iseloomustavad märksõnad on baasteadus, innovatsioon, T&A, patendid, publikatsioonid, avaliku sektori T&A, teadmuse ülekanne.

1. BAASTEADUSE RAHASTAMISE TEOREETILISED ALUSED

1.1. Baasteadus kui avalik kaup ja selle finantseerimise vajadus

Üldjoontes saab teadusarendus (T&A) tegevust jagada kolmeks: baasteadusuuringud, rakendusuuringud ja eksperimentaalne tootearendus.

Baasteadusuuringute (ka fundamentaalteadusuuringud, alusuuringud) alla kuuluvad uudishimust tulenevad teadusuuringud, mille kulg ja eesmärk on teadlase kontrolli all ning ei ole otseselt seotud ühegi praktilise väljundiga. Samas arvestatakse baasteaduse alla ka strateegilisi uuringuid, mille teostamisel lähtutakse küll potentsiaalsest rakendusest, kuid mille taga ei seisa veel konkreetseid tooteid või protsesse (Salter, Martin 2001: 510). Baasuuringute oluliseks komponendiks peetakse juhuslikkust ja ettearvamatut kulgu (Gillies 2015).

Rakendusteadusuuringute eesmärgiks on baasteadusuuringute väljundite transformatsioon kommertsialiseeritavale kujule. Rakendusuuringutel on kindel praktiline väljund, mida saab rakendada konkreetsetes tootes või teenuses.

Eksperimentaalse tootearenduse all mõeldakse uurimistegevuse tulemusena saadud teadmiste/praktiliste kogemuste rakendamine uute toodete või protsesside väljatöötamiseks, olemasolevate täiustamiseks.

Baasteadusuuringud on tavaliselt avalikult rahastatud ning neid teostatakse enamasti avalikes asutustes nagu ülikoolid ja teadusinstituudid. Nelson (1959) ja Arrow (1962) tutvustasid esmakordselt baasteaduse kui „avaliku kauba“ (*public good*) ideed ja põhjendasid selle finantseerimise vajadust just avaliku sektori poolt.

Majandusteadlased argumenteerivad tihti, et erakasu saamise võimalused suunavad ettevõtteid aladele, mis on ühiskonna poolt soositavad. Nelson (1959) viis esmakordselt tähelepanu baasteaduse rahastamise küsimusele, väites et vaatamata erasektori potentsiaalsetele kasu saamise võimalustele ei suuda baasuuringud kaasata ettevõtelt piisavalt rahastust. Nelson hakkas uurima alusuuringute ökonoomikat eesmärgil selgitada välja, kui palju peaks baasuuringutele kulutama.

Arrow (1962) järgi toodavad baasteadusuuringud enamuse jaolt informatsiooni, mida ettevõtteid ei saa otseselt rakendada toodetes või teenustes. Baasteadusuuringute käigus saadud informatsiooni saab aga kasutada rakendusteadusuuringutes ja edasi tootearenduses, mis viivad potentsiaalselt ettevõtte tulu suurendava tulemuseni. Seega baasuuringutesse investeerimine on ettevõtluse jaoks mitteatraktiivne just selle tõttu, et nende tulemusel saadud informatsiooni saab kasutada ainult sisendina teiste teadusuuringute jaoks. Arrow loetleb kolm peamist turutõrke põhjust, miks on ainult erasektori poolsed investeeringud baasteadusesse ebapiisavad:

(i) Ebakindel tulemus (*uncertainty*)

Enamus teadusuuringuid (eriti baasteaduse valdkonna uuringud) on kõrge riski tasemega, see tähendab et nende tulemust ei saa ennustada sisendite poolt. Kõrge riskitase võib piirata ettevõtluse valmidust teadusuuringutesse investeerida. Kõrge riskitasemega investeeringute põhjenduseks peavad olema suuremad kasumimäärad tulevikus (*Ibid*: 610).

(ii) Jagamatus (*indivisibility*)

Teadusarenduse tulemusena toodetud informatsioonist või teadmusest saab avalik kaup. Informatsiooni teadmine annab omanikule eelise ning annab võimaluse potentsiaalselt suuremaks kasuks. Samas kasu saamine piirdub ainult enda otstarbeks kasutamisega. Informatsiooniga kauplemine tähendab selle jagamist ostjaga ning eeldab informatsiooni avalikustamist ilma tasu saamiseta. Seega ilma spetsiaalse õiguskaitse olemasoluta, nagu leiutiste patendikaitse, pole võimalik informatsiooniga kaubelda (*Ibid*: 615).

(iii) Võimatu omastada kõiki kasusid (*inappropriability*)

Informatsiooni jaoks turu tekitamine on keeruline. Ostja saab informatsiooni väärtust hinnata ainult seda rakendades. See tähendab aga tihti ostjapoolset informatsiooni väärtuse alahindamist. Informatsiooni sotsiaalne kasu võib olla suurem kui erakasu ning eraettevõtluse stiimul selle tootmiseks on seega väiksem (*Ibid*).

Nendel põhjustel ei oleks ainult vabaturu poolt dikteeritavast vajadusest kunagi piisav teaduse finantseerimiseks, eriti fundamentaalteaduse valdkonnas. Alafinantseerimise tulemusel tekiks turutõrked, mis põhjustaks ebatõhusat kõrgtehnoloogiliste kaupade pakkumist vaba turu poolt ning tooksid endaga kaasa sotsiaalse heaolu vähenemise. Selle tõttu väidab Arrow, et baasuuringud peaksid olema finantseeritud valitsusasutuste poolt või asutuste poolt, keda ei reguleeri kasumi ja kahjumi kriteeriumid. Nii on läbi ajaloo ka olnud, et suurem osa baasteadusest teostatakse väljaspool erasektorit, ülikoolides, valitsusasutustes või eraisikute poolt (Arrow 1962: 623).

Kui Arrow (1962) ja Nelson (1959) põhjendasid avaliku sektori baasteaduse finantseerimise vajadust läbi ebapiisava erasektori huvi ja vabaturu vajaduse, siis Archibugi ja Filippetti (2018) rõhutavad erasektoris ja avalikus sektoris toodetud teadmuse põhimõttelisele erinevusele (Tabel 1). Uurijad leiavad, et nii avaliku sektori kui ka erasektori teadmusel on oluline roll innovatsiooni protsessis ning üks ei suuda teist asendada (Archibugi, Filippetti 2018).

Teadmus (*knowledge*) on informatsioon, mis hõlmab teadmiste kogu hierarhilist ülesehitust alates andmetest kuni oskusteni. Teadmus luuakse nii teadustöö tulemusena, kui ka saadakse väljastpoolt teadussektorit, näiteks klientidelt, tarnijatelt, konkurentidelt (Kline, Rosenberg 1986). Erasektori ja avaliku sektori teadmuse erinevus seisneb Archibugi ja Filippetti (2018) järgi ennekõike ressursside lähtekoha erinevusest. Avaliku sektori teadmuse kui avaliku kauba ressursside eraldamise eest vastutavad poliitilised protsessid (Salter, Martin 2001). Avaliku T&A uuringute suunad otsustatakse poliitikakujundajate poolt ning nende eesmärgiks on teadmiste ja sotsiaalse heaolu suurendamine. Erasektori teadmus on aga erakaup (*private good*) ning ressursse eraldatakse sellele eelkõige turumehhanismidest lähtuvalt (Ostrom V., Ostrom T., 1999). See tähendab, et erasektori T&A projekte selekteeritakse lähtuvalt suuremast

turupotentsiaalset ja potentsiaalsest kasumist. Nende peamiseks eesmärgiks on kasumit toovate teadmismahukate toodete, teenuste või protsesside arendus.

Teine suurim erinevus erasektori ja avaliku sektori vahel seisneb uue loodud teadmuse kasutamise piiramises. Avalikus sektoris toodetud teadmuse avalikustatakse täielikult ning levitatakse võimalikult laialt publitseerides seda rahvusvahelistes ajakirjades. Erasektor on aga nõus investeerima T&A-sse ainult juhul, kui see toob talle kasumit konkurentsieelise näol. Seda saavutatakse ennekõike välistades toodetud teadmuse kasutamist konkurentide poolt. Erasektor kasutab selleks erinevaid meetodeid intellektuaalomandi kaitsest kuni konfidentsiaalse informatsiooni saladuses hoidmiseni (Cohen *et al.* 2000; Arundel 2001: 615).

Avaliku kaubana võivad avaliku sektori teadmuse kasutada paljud ettevõtted sealjuures saades kasumit suhteliselt madalate lisakulutustega. Avaliku teadmuse väärtus ei kahane, kui sellel on mitu kasutajat (Caraca *et al.* 2009: 862).

Tabel 1. Erasektori ja avaliku sektori teadmuse erinevus (Archibugi, Filippetti 2018: 101 järgi)

Erasektori teadmus (<i>private good</i>)	Avaliku sektori teadmus (<i>public good</i>)
<ul style="list-style-type: none"> • Finantseerimist määravad turu mehhanismid • Peamiseks eesmärgiks on kasumit toovate teadmismahukate toodete, teenuste või protsesside arendus • Tulemuste kasutamise piiramine läbi aktiivse intellektuaalomandi strateegia (patenteerimine ja saladuses hoidmine) • Vaikiva teadmuse osakaal on suurem ning selle levitamist piiratakse 	<ul style="list-style-type: none"> • Finantseerimist määravad poliitilised protsessid • Eesmärgiks on teadmiste ja sotsiaalse heaolu suurenemine • Tulemuste täielik avalikustamine ja laialdane levitamine • Vaikiva teadmuse osakaalu hoitakse võimalikult väike ning selle levitamist võimalikult suurena

Toodetud uuel teadmusel on kaks komponenti. Väljendatud ehk ekplitsiitne (*explicit*) komponent on osa teadmusest, mida saab kirjeldada, kodeerida ja edasi anda. Varjatud ehk vaikiv (*tacit*) komponent on osa teadmusest, mida ei saa kirjeldada ja mida antakse edasi personaalsete interaktsioonide teel (Cowan *et al.* 2000; Rosenberg 1990; Senker 1995). Kolmas erinevus erasektori ja avaliku sektori teadmuse vahel seisneb varjatud teadmuse osakaalus. Erasektoris on vaikiva teadmuse osakaal oluliselt suurem ja selle

levimist piiratakse. Avaliku sektori teadmuse tootmisel proovitakse hoida vaikiva teadmuse hulk minimaalsena, et toodetud teadmused oleks võimalik levitada rahvusvaheliselt publitseerides (Archibugi, Filippetti 2018). Publitseerimise hea tava järgi kirjeldatakse viisi, kuidas uue teadmiseni jõuti sellisel kujul, et see oleks vajadusel korratav teiste uurijate poolt. Seega avaliku sektori teaduse puhul töötatakse aktiivselt vaikiva teadmuse komponendi minimiseerimise nimel, et teadmus oleks arusaadav ja ülevõetav võimalikult paljude kasutajate poolt.

Kuigi avaliku ja erasektori T&A vahel on selged erinevused, rõhutavad Archibugi ja Filippetti kahte olulist punkti: (i) avaliku sektori poolt finantseerimine ei taga automaatselt seda, et toodetud teadmus on avalikult kasutatav (ii) erasektori poolt toodetud teadmus ei jää kunagi täiel määral eraomandusse, vaid lekib mingil määral alati avalikkusesse (Archibugi, Filippetti 2018: 102). Seega selget joont avaliku ja erasektori teadmuse vahel ei saa alati tõmmata.

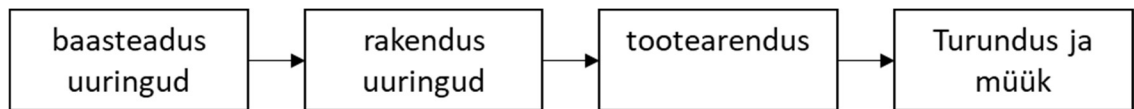
Seega avaliku sektori baasteadus on oluline sotsiaalse heaolu tõstmise ja kõrgtehnoloogilise ettevõtluse toetamise seisukohast. Samuti on avaliku sektori poolne panus baasteadusesse nii rahastaja kui ka teostajana asendamatu. Järgnevas peatükis käsitletakse, millist rolli mängib baasteadus innovatsiooniprotsessis tutvustades erinevaid innovatsioonimudeleid.

1.2. Innovatsioonimudelid ja baasteaduse roll innovatsioonis

Innovatsioon on definitsiooni järgi millegi uue loomine ja turustamine. Mida suurem on innovatsiooni uudsus, seda suurem on määramatus selle edukaks rakendamiseks nii tehnoloogilistel tasandil kui ka turu ja organisatsiooni võimekuse tasanditel (Kline, Rosenberg 1986).

Innovatsiooni all mõeldakse nii toote kui ka protsessi innovatsiooni. Innovatsiooni alla kuuluvad ka uus tootmisprotsess, tootes materjali asendamine, tootmise ümberorganiseerimine eesmärgil tõsta efektiivsust, meetodi või instrumentide parandamine (Kline, Rosenberg 1986: 279).

Lineaarne innovatsiooni mudel on üks esimesi kontseptuaalseid raamistikke, mis kirjeldas teaduse ja tehnoloogia seost majandusega (Godin 2006). Mudel postuleerib, et innovatsioon algab baasuuringutega, millele järgnevad rakendusuuringud ja tootearendus, ning lõpeb turunduse ja müügiga (Joonis 1).

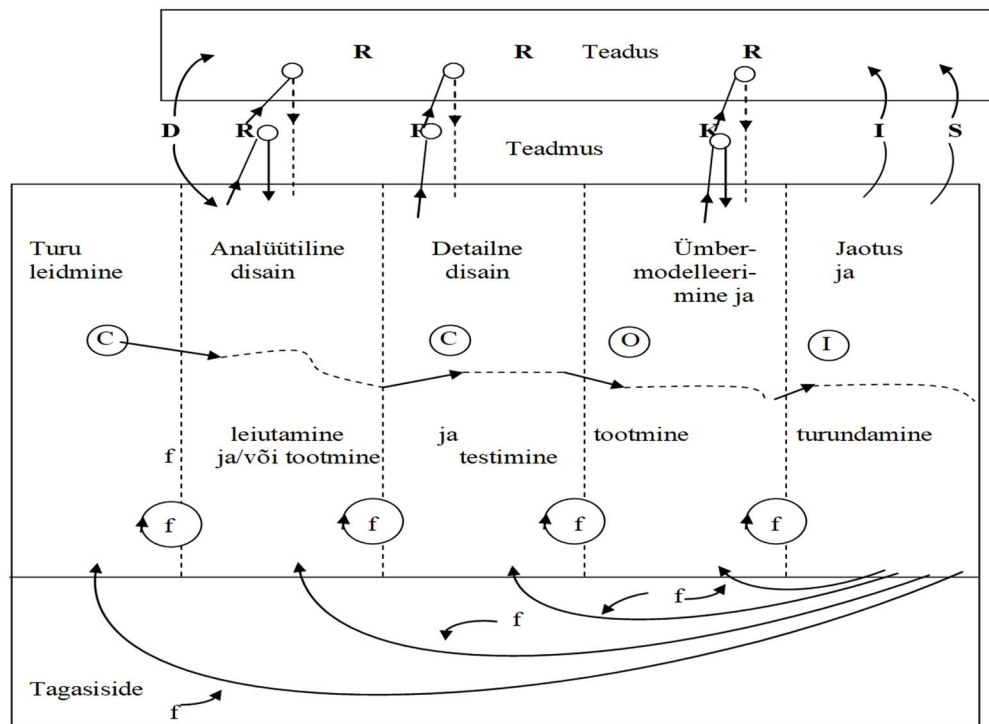


Joonis 1. Lineaarne innovatsioonimudel (Rothwell 1994: 8 järgi).

Lineaarse mudeli päritolu osas ei ole selget arvamust. Godin (2006) uuris mudeli ajalugu ning pakkus välja, et selle areng oli kolmeastmeline. Esimese astmena ühendati baasuuringud rakendusuuringutega. Seda ühendust täheldasid akadeemia ja tööstuse loodusteadlased, kes arendasid välja retoorika, et baasuuringud annavad sisendi rakendusuuringute või tehnoloogia jaoks. Teise astmena liideti skeemile juurde tootearendust. Seda tegid ärikoolidest tulnud teadlased, kes huvitusid tehnoloogia arendamise uurimistest ja teaduse tööstuslikust juhtimisest enne majandusteadlasi. Kolmanda ja viimase astmena liitsid majandusteadlased skeemile juurde tootmise ja levitamise osa ning pakkusid välja innovatsiooni kontseptsiooni (*Ibid*: 659).

Lineaarse mudeli suurimaks kriitikaks on selle lihtsustatud kuju. Lineaarne mudel näeb ette ainult ühesuunalist liikumist baasteadusest innovatsiooni suunas. Kline ja Rosenberg (1986) tõid välja, et innovatsiooni ideed saavad alguse nii turult kui ka teadusest. 75% innovatsioonidest algavad konkreetsest turunõudlusest ja ainult 25% tehnilistest võimalustest (Tushman ja Moore, 1982 viidatud Kline ja Rosenberg, 1986: 276 vahendusel). Valdav enamus leiutistest USPTO patentides ei ole kunagi kommercialiseeritud (Kline, Rosenberg 1986: 276). Samal ajal väga paljud nõudmised turul ei saa vastavaid lahendusi tehnoloogiliste piirangute tõttu. Seega eduka innovatsiooni jaoks on vajalik nii tehnoloogiline valmidusaste kui ka vastav turunõudlus. Ekslik on arvamus, et tähtsaimad innovatsioonid on seotud keerulisema tehnoloogilise tasemega (Kline, Rosenberg 1986). Turg ei soosi innovatsioone tehnoloogilisest keerukusest lähtuvalt.

Kline ja Rosenberg (1986) pakkusid välja esimese süsteemse innovatsioonimudeli (*chain-linked model*) (Joonis 2). Kline ja Rosenbergi mudeli järgi pole innovatsiooni seos teadusega üheetapiline, nagu pakub lineaarne mudel, vaid innovatsioon saab teadusest pidevalt tuge ja tagasisidet. Seega ka teaduse kasutamise oskus on innovatsiooni seisukohast hädavajalik. Erinevatel innovatsioonietappidel on vajalik aga erinevat tüüpi teadus. Innovatsiooni algusetappides kasutatakse rohkem puhast baasteadust (radikaalset innovatsiooni, „D“ Joonis 2). Hilisematel etappidel suunatakse teadustegevust kulude vähendamise ja protsessi optimeerimise suunas (Kline, Rosenberg 1986). Seega hilist innovatsiooniprotsessi võib kirjeldada pigem kui otsingut olemasoleva teadmuste baasi seas.



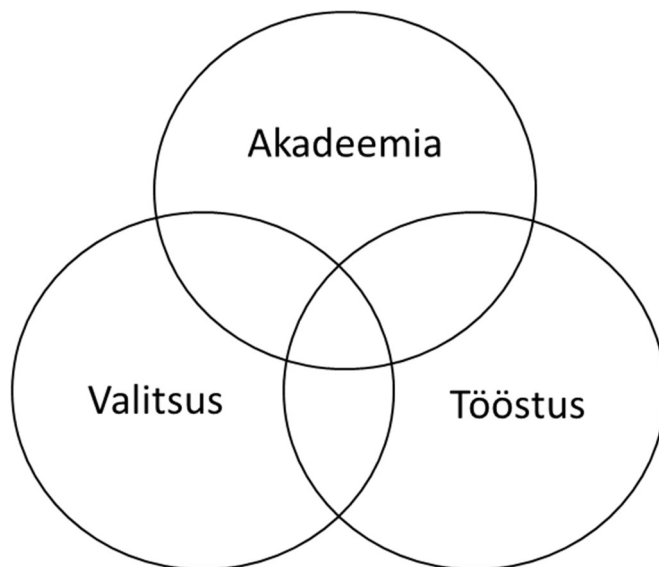
Joonis 2. Kline ja Rosenbergi innovatsioonimudel (1986: 290 põhjal) – *chain-linked model*. F – tagasiside (informatsioonivood); C-C-O-I – innovatsiooniprotsessi keskne ahel; K-R – teaduse ja teadmuse vahelised seosed, D – kahesuunaline otsene seos teaduse ja disaini vahel (ideede voog), I - instrumentid ja aparatuur, mida teaduses kasutatakse, S - tööstusettevõtetes asuvate laborite panus alusuuringutesse.

Kline ja Rosenberg (1986) rõhutavad teadustulemuste kui teadmiste kogumi tähtsust innovatsiooni seisukohast. Eelnev teadmiste kogum määrab ära kui kiiresti innovatsioon

turule tuuakse ja kui kulukas see on. See seletab kõrgtehnoloogiliste alade olemasolu, mille innovatsioon on väga aeglane ja kulukas, sest puudub vastav teaduse pagas.

Caraca *et al.* (2009) laiendasid Kline ja Rosenbergi innovatsioonimudelit detailiseerides veelgi seda avatud innovatsiooni suunas. Caraca *et al.* mudeli keksmes on ettevõtte, kui majandusinnovatsiooni suurim tootja (Caraca *et al.*: 864). Mudelil on küll säilinud Kleine ja Rosenbergi järjestikused innovatsiooni staadiumid, kuid Caraca *et al.* mudeli kohaselt võib innovatsioon alguse saada ükskõik millises etapis. Mudeli kohaselt pole olemas ühte universaalset teadmiste kogumit, vaid pigem väiksemad eristuvad teadmiste kogumid: (i) teaduslikud ja tehnoloogilised teadmised (ii) teadmised organisatsiooni ja juhtimisstruktuuride kohta (iii) teadmised turundusmeetodite, klientide vajaduste ja käitumise kohta. Ettevõtted kasutavad liideseid (interfaces), mis võimaldavad neil tuvastada ja omandada uusi ideid, et oma tootlikkust tõsta (*Ibid*: 864).

1996 pakkusid Loet Leydesdorff ja Henry Etzkowitz välja uue mudeli nn *triple helix*, mille järgi majanduslik ja sotsiaalne areng toimub akadeemia, tööstuse ja valitsuse koostöös (Joonis 3).

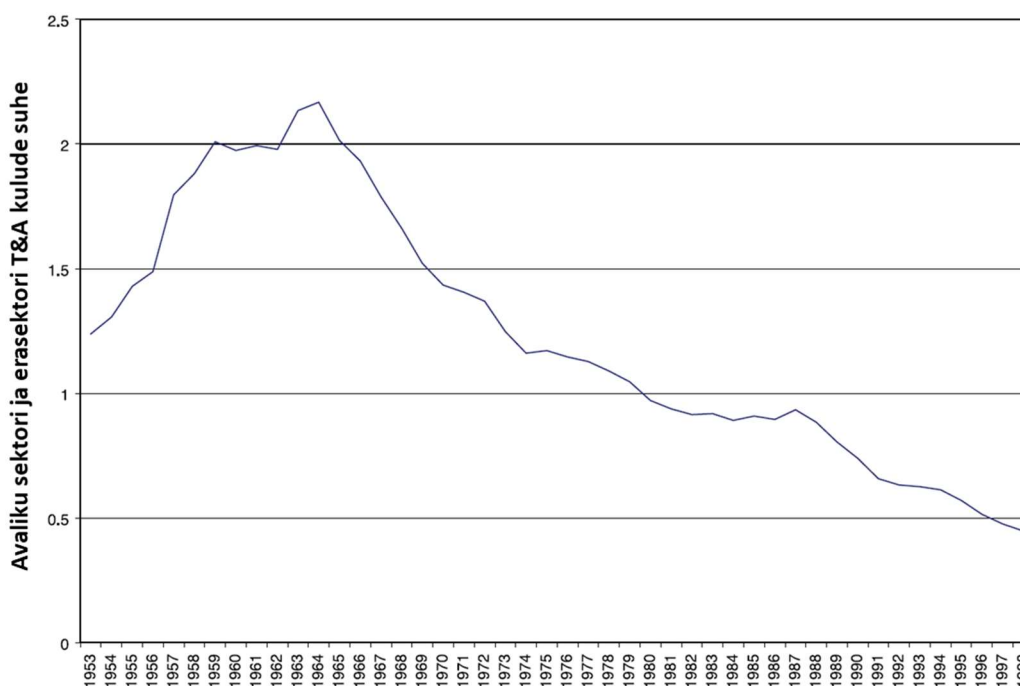


Joonis 3. *Triple helix* innovatsiooni mudel (Leydesdorff 2012: 32 järgi).

Mudel näeb ette kolme komponendi algsete rollide segunemist ja teiste komponentide rollide osalist adapteerimist. Nii ei ole ülikoolide rolliks puhtalt baasteaduse läbiviimine, ettevõtete rolliks kommertsiaalsete toodete ja teenuste pakkumine ning valitsuse roll

ainult turgude regulatsioon. *Triple helix* mudel innustas keskenduma kolme institutsiooni koostööle ning laiendas asutuste klassikalist rolli pannes aluse tehnoloogiasiirde osakondade ja teadusparkide tekkele.

Viimasel ajal on *triple helix* teooriale tekkinud aga vastasseis, kus probleemina tõstetakse avaliku T&A tähtsuse ja osakaalu vähenemist. Uurijad on täheldanud süstemaatilist ja pikaajast avaliku sektori ja erasektori T&A suhte vähenemist nii USA-s kui ka mujal maailmas (Joonis 4). Sellises T&A privatiseerimises nähakse probleemi innovatsiooni, pikaajalise majanduskasvu ja sotsiaalse heaolu seisukohast (Conceicao *et al.* 2004; Archibugi, Filippetti 2018). Mitmed uurijad tõstatasid uuesti riiklikke baasteaduse investeeringute tähtsuse teema, pöördudes tagasi lineaarse innovatsioonimudeli poole (Mazzucato 2013; Godin 2006; Balconi 2010).



Joonis 4. USA avaliku sektori ja erasektori T&A suhe 1953-1998. Allikas: (Conceicao *et al.* 2004: 557).

Archibugi ja Filippetti (2018) väidavad, et erasektori T&A tähtsuse tõus ja T&A privatiseerimine on oluliseks probleemiks innovatsiooni seisukohast, mõjutades pikas perspektiivis negatiivselt nii majandusarengut kui ka üldist heaolu. Uurijad leiavad, et kuna erasektori ja avaliku sektori teadmuse vahel on väga oluline erinevus, siis erasektori

T&A finantseerimine avaliku sektori T&A arvelt tingib seda, et teadmuse tootmine muutub aina konkureerivamaks protsessiks, mille peamiseks eesmärgiks on kasutajate välistamine. See on aga vastuolus sajandeid püsinud teaduse olemusega. Uurijad toovad näiteid ajaloost, nagu 1960ndate mehitatud maandumine Kuul ja 1970ndate vähivastasele teraapia arengule aluse pannud uuringud, mis olid suures osas avalikult rahastatud ja teostatud (Archibugi, Filippetti 2018: 104). Ka Mazzucato (2013) ütleb, et olulised tänapäeva majandustegevusharud, nagu info ja kommunikatsiooni tehnoloogia ja biotehnoloogia, said alguse avaliku sektori baasuuringutena ja arendati kommertsialiseeritavateks alles 15-20 aasta möödudes esmastest investeringutest (*Ibid*: 23, 31). Laserid, pooljuht komponendid, kiudoptika, mobiiltelefonid, meditsiiniline kuvamine (röntgenkiirte, ultraheli, magnetresonantsi abil) aga ka internet, töötati välja baasuuringute najale toetudes (Tijssen 2001: 510). Seega on teadusuuringutel oluline roll innovatsioonis ning järgnevalt iseloomustatakse baasteadusuuringute otsest ja kaudset positiivset mõju majandusele.

1.3. Baasteaduse olulisus majanduskasvu seisukohast

Avaliku sektori poolt rahastatud baasteadusuuringutel on nii otsene kui ka kaudne positiivne mõju majandusele. Salter ja Martin (2001) uurisid avaliku sektori poolt rahastatud baasteadusuuringute olulisust majandustegevuse seisukohast ning leidsid mitu positiivset otsest ja kaudset mõju, mida nad võtavad kokku kuue järgmise punktina (*Ibid*: 520):

1. Baasteadus suurendab kasulike teadmiste kogumit.

Baasteaduse kasulikkuse üks traditsioonilisemaid põhjendusi on, et see suurendab avalikke teadmiste kogumit, mida eraettevõtted saavad kasutada oma tehnoloogia arendamiseks. Kuigi otsest teed teadusavastusest praktilise rakenduseni on tihti keeruline mööta, näitasid Narin *et al.* (1997), et ettevõtted kasutavad oma uute ideede ja tehnoloogiliste lahenduste jaoks peamiselt avalikku teadust (*Ibid*: 330). Seega avaliku sektori T&A on ettevõtete innovaatsilisuse koha pealt hädavajalik ning selle tõttu on mitmed uuringud täheldanud avaliku T&A stimuleerivat mõju

eraettevõtete T&A-le (Rosenberg, Nelson 1994; Jaffe 1989: 968; Voutsinas *et al.* 2018: 168).

2. Baasteadus toodab kvalifitseeritud tööjõudu.

Ettevõtted näevad tihti suurimat kasu baasteadusuuringutest kvalifitseeritud tööjõu tootmise näol. Tööturule sisenevad värsked ülikooli lõpetajad toovad endaga kaasa nii teadmisi hiljutistest teadusuuringutest kui ka oskusi lahendada keerulisi probleeme, teostada eksperimente ja arendada ideid (Salter, Martin 2001: 522). Ülikooli lõpetajad toovad endaga kaasa ka võimekust omandada vaikivat teadmuse komponenti, mis on ettevõtetes uute toodete arenduse seisukohast esmatähtis (Senker 1995).

3. Baasteaduse käigus luuakse uusi instrumente ja meetodeid.

Seistes silmitsi teadusuuringute väljakutsetega, on teadlased sunnitud arendama uusi meetodeid, leiutama uusi tehnilisi lahendusi ja instrumente. Mitmed nendest on leidnud hiljem industriaalset kasutust. Seega paljud praegu ettevõtetes laialdaselt kasutatavad instrumendid ja vahendid, nagu pooljuht komponendid, on saanud alguse baasteadusuuringutest (Rosenberg 1992: 384). Seetõttu hindasid ettevõtted just instrumente tähtsusele teisele kohale baasteadusest saadud kasu kohapealt (Salter, Martin 2001: 523).

4. Baasteadus aitab kaasa võrgustikke kujundamisele ja sotsiaalse suhtluse stimuleerimisele.

Avalikult rahastatud baasteadusuuringutes osavõtt võimaldab sisenemist rahvusvahelisse teadusvõrgustikku. Callon (1994) näeb baasteaduses võimalust luua uusi võrgustikke inimeste ja organisatsioonide vahel, mida ettevõtted ise luua ei suuda, küll saavad aga hiljem neid adopteerida (*Ibid*: 411). Baasteaduslikud kontaktid suudavad luua mitmekesiseid ja heterogeenseid võrgustikke. Ettevõtted ise hindavad mitteformaalseid kontakte ja võrgustikke väga kõrgelt uute teadmiste omandamise seisukohast (Salter, Martin 2001: 521). Häid isiklikke suhteid peetakse üheks peamiseks eduallikaks erasektori ja avaliku sektori koostöös (Salter, Martin 2001: 523).

5. Baasteadus suurendab teaduslike ja tehnoloogiliste probleemide lahendamise oskust.

Mitmed ettevõtete tehnoloogilised probleemid vajavad lahenduseks keerulisi tehnoloogialahendusi ja teadmisi erinevatest distsipliinidest. Selliste probleemide lahendamine saab suuremat tuge baasteadusest kui praktilisi probleeme adresseerivast rakendusteadusest (Salter, Martin 2001: 525).

6. Baasteadus aitab kaasa uute ettevõtete loomisele.

Baasteadusuuringute käigus tekivad sageli uued *spin-off* ettevõtted. Kuigi nende ettevõtete edukuses võib kahelda, sest üldiselt vähesed akadeemikud suudavad viia ettevõtet olulise eduni, panustavad ülikoolid siiski oluliselt uute ettevõtete tekkesse. Seda tõendavad ka väikeettevõtete klastrid, mis on tekkinud teadusmahukate ülikoolide juurde, nagu Massachusettsi Tehnoloogiainstituut ja Stanfordini Ülikool (Salter, Martin 2001: 526).

Mitmed uuringud on otsinud seoseid avaliku sektori T&A investeeringute ja majanduskasvu vahel, kuid nende tulemused on vastandlikud. Cobbs-Douglas tootmisfunktsioonil põhinevad mudelid ei näita statistiliselt olulist seost avaliku sektori T&A investeeringute ja majanduskasvu vahel (Coe *et al.* 2009). Samas uuringud, mis võtavad arvesse riikide heterogeensust, leiavad pigem positiivset korrelatsiooni kahe näitaja vahel (Khan, Luintel 2006: 21). Avaliku sektori T&A investeeringute mõju hindamine on raskendatud, sest sageli pole nad otseselt suunatud tootlikkuse parandamiseks. Näiteks võivad meditsiinalaste uuringute tulemuseks olla lahendused, mis parandavad oluliselt tervishoiu kvaliteeti, kuid ei tingi otseselt majanduskasvu. Elk *et al.* leidis, et avaliku sektori T&A investeeringud ei põhjusta automaatselt majanduskasvu ning nende tasuvus sõltub rahvuslikust kontekstist (Elk *et al.* 2019: 76).

Gersbach *et al.* (2018) näitasid hiljuti, et investeeringud baasuuringutesse on mitte ainult vajalikud, kuid ka piisavad majanduskasvu jaoks. Uurijad pakkusid välja mudeli, kus majanduskasv võib olla tingitud üksnes investeeringutest baasuuringutesse tingimusel, et rakendusteadus opereerib teadmiste piiril kommertsialiseerides kõiki genereeritavaid ideid. Pikemaajalisem majanduskasv on selle mudeli järgi saavutatav baas- ja rakendusuuringutesse investeeringute abil ning stimuleeritav teadusuuringute toetuste näol (Gersbach *et al.* 2018: 435). Samuti leidsid uurijad, et baasuuringutes tulemuste vormistamine kommertsiaalseks tooteks võtab keskmiselt aega 11 aastat (*Ibid.*: 448).

T&A investeeringute mõju tasuvuse sõltuvust geograafilisest paiknemisest uurisid ka Bilbao-Osorio ja Rodríguez-Pose (2004). Viimased leidsid, et Euroopa perifeersetes regioonides on kogu T&A investeeringud ja kõrgharidussektori T&A investeeringud positiivses korrelatsioonis innovatsiooniga. Samal ajal kui mitte-perifeersetes Euroopa regioonides on innovatsiooni põhimootoriks erasektori poolne T&A (*Ibid*: 452). Autorid pakkuvad välja, et selline erinevus regioonide vahel võib olla tingitud ülikooli teadusuuringute sisulises erinevuses, kus perifeersete regioonide ülikoolid on kohandunud rohkem rakenduslikele uuringutele kompenseerimaks kohalikku nõrgemat erasektori panust T&A-sse (*Ibid*: 452). Uuring toetab arvamust, et regiooni spetsiifilised sotsiaalmajanduslikud faktorid mõjutavad oluliselt selle regiooni võimekust transformeerida T&A investeeringuid innovatsiooni ja seda omakorda majanduskasvuks.

Kokko et al. (2015) tegid metaanalüüsi tuginedes 49. uuringule ja 538. vaatlusele ning leidsid, et T&A investeeringute majanduskasvu stimuleeriv efekt EU15 riikides on olnud tagasihoidlikum kui teistes industrialiseeritud riikides (*Ibid*: 9, 10, 19). USA on suutnud T&A tegevusest genereerida kasumit süstemaatilisemalt kui Euroopa riigid. Kokko et al. soovivad Euroopa riikidel mitte ainult keskenduda T&A investeeringute tõstmisele, vaid rakendada lisaks poliitikameetmeid, mis tõstaksid erasektori T&A investeeringuid ning suurendaksid era- ja avaliku sektori koostööd (Kokko *et al.* 2015: 20).

Asukoha komponendi tähtsus tuleb esile ka vaikiva teadmuse levimise seisukohast. Vaikiva teadmise levitamine kirjalisel teel on keeruline ning see levib pigem lokaalselt isiklike kontaktide näol. Selle tõttu saavad kasu vaikivast teadmusest ennekõike selle tekkimise koha läheduses olevad institutsioonid (Archibugi, Filippetti *et al.* 2018: 102); Cowan *et al.* 2000: 217). Just vaikiva teadmuse komponendi tähtsuse innovatsiooni seisukohast ja selle levimise eripärasid arvestades saab seletada kõrgtehnoloogiliste ettevõtete ja teadusasutuste klastrite tekkimist (Salter, Martin 2001: 519).

Poliitikakujundajad tuginevad meeleldi lihtsatele innovatsiooni ja majanduskasvu mudelitele, mille kohaselt teadusesse investeerimine ei ole ainult vajalik vaid ka piisav stiimul innovatsioonist tuleneva majanduskasvu jaoks. Kõige olulisemaks Euroopa poliitiliseks meetmeks selle koha pealt oli Lissaboni Strateegia, mille kohaselt T&A investeeringuid tuleks tõsta 3%-ni SKP-st, sealjuures erasektori T&A kulusid 2%-ni SKP-st ja avaliku sektori T&A kulusid 1%-ni SKP-st (Caraca *et al.* 2009: 862). Paraku

tekkisid paradoksid, kus riiklikud ja rahvusvahelised investeeringud teadusesse ei peegeldunud otseselt innovatsiooni väljundites (*Ibid*: 863). Üheks selliseks on üsna tuntud Rootsi paradoks, kus riigi kõrge T&A kulutused ei ole efektiivselt transformeeritud produktiivsusesse ja majanduskasvu (Ejermo ja Kander, 2005: 2). Põhjaliku analüüsi tulemusena leiavad uurijad, et eksport kõrgtehnoloogilistel aladel on Rootsil alla OECD keskmise, kuigi nendel aladel töötajate hulk on muljetavaldavalt suur (*Ibid*). Väikese avatud majandusega riigile iseloomulikult on Rootsil ebatavaliselt kõrgem innovaatiliste ideede vahetus välisriikidega (*Ibid*). Uurijad kahtlustavad, et kuigi ideede väljavool on olnud kõrge, siis sissevool võrdlemisi tagasihoidlik. Lisaks on täheldatud ka rootslaste madalat huvi ettevõtlusrollide vastu, sealhulgas *start-up* ettevõtete vähesust ja üleüldist madalat ettevõtlusaktiivsust. Rootsis on vähe ka akadeemia juurtega ettevõtteid (*Ibid*). Selline rahvuslik eripära võib viia eeldatust madalamale T&A investeeringute tasuvusele. Lisaks sellele, toovad uurijad välja, et Rootsi innovatsioonisüsteemi nõrkus võib seisneda kõrge T&A kontsentratsioonis väga vähestes suurettevõtetes. Selline struktuur võib olla innovatsiooniprotsessile takistuseks (Ejermo, Kander 2005: 34).

Rootsi paradoks on heaks näiteks selle kohta, et investeeringud T&A-sse on küll eelduseks majanduskasvuks, kuid ei taga seda automaatselt. Riigi geograafiline paiknemine aga ka rahvuslikud eripärad nagu ettevõtlikkus ja selle populaarsus mängivad olulist rolli riikide võimekuses edukalt transleerida T&A investeeringuid tehnoloogiliseks innovatsiooniks.

1.4. Patentide bibliomeetriline analüüs teaduse ja tehnoloogia seose uurimiseks

Patente vaadeldakse tihti kui tehnoloogilise innovatsiooni materialiseerimise vahendeid. Selle tõttu on patenditaotluste arv oluline riigi tehnilist arengut ja konkurentsivõimet iseloomustav näitaja. Mitte iga innovatsioon ei lõppe patendiga, kuid patendid märgistavad radikaalsemaid innovatsioone, mille jaoks on baasteaduslik sisend eriti oluline.

Mitmed uurijad on otsinud seoseid patenditaotluste arvu ja T&A investeeringute vahel. Potužakova ja Öhm (2018) leidsid Euroopa T&A investeeringuid uurides, et ühe

protsendipunkti T&A rahastamise tulemusel genereeritakse keskmiselt 100 EPO patenditaotlust (*Ibid*: 184). Uurijad leidsid ka, et T&A investeeringute ja patenditaotluste arvu vahel on kõige tugevam korrelatsioon 2-3 aastase nihkega (*Ibid*: 184-185).

Kreeka patenditaotlusi uurides nägid Voutsinas et al. (2018) samuti T&A finantseerimise pikaajalist positiivset mõju innovatsioonile. Samuti avaldas erasektori innovatsioonile mõju ka avaliku sektori T&A investeeringud, just nende suurendamisele soovivad Voutsinas et al (2018) pöörata poliitikakujundajatel tähelepanu (*Ibid*: 168).

Detailne ja süstemaatiline baasteaduse ja industriaalse tehnoloogia vahelise seose uurimine on oluline põhjendamaks baasteaduse finantseerimist avaliku sektori poolt. Üheks võimaluseks mõõta teaduse ja tehnoloogia vahelist seost on analüüsida patentides olevaid viiteid teaduspublikatsioonidele.

Patendi autorid ja eksmineerijad on kohustatud tsiteerima olulist eelnevat informatsiooni (*prior art*), millele patentne leiutus toetub või mida ta parandab. Patendi tsiteeringud peavad näitama olemasolevat tehnoloogia tausta, et näidata kuidas uus leiutus on teadaoleva avaliku teadmise seotud ja rõhutada uue leiutise innovatiivset erinevust ehk leiutustaset (Collins, Wyatt 1988, viidatud Criscuolo, Verspagen 2008:1894 vahendusel). USA patendisüsteemis (USPTO) on leiutajad ja nende patendivolinikud kohustatud esitama *prior art* loetelu, mis on relevantne uue leiutise seisukohast. Selle '*duty of candour*' eiramine võib lõppeda patendi kehtetuks muutmise (Criscuolo, Verspagen 2008: 1895).

Tehnoloogia kiire arengu tõttu on enamus patentide viidetest varasematele patentidele (Tijssen 2001: 513). Nende viidete seas esineb ka teaduspublikatsioone, mis näitavad konkreetse leiutise seost eelneva baasteadusega.

Patentide bibliograafilist analüüsi võeti esmakordselt kasutusele 1980ndatel. Uurides USA biotehnoloogia patentide tsitaate leidsid Narin ja Noma (1984), et kõrgtehnoloogiliste alade patentidel on väga tugev seos teaduspublikatsioonidega (*Ibid*: 379). Analüüsides viiteid patenditaotlustel näitasid uurijad esmakordselt seost baasteadusuuringute ja tehnoloogia vahel.

Narin et al. (1997) avaldasid suuremahulist analüüsi, kus uurisid 430,000 USA patendi viidet (*Ibid*: 318). Nad avastasid, et 73% patentide teadusviidetest olid viited avaliku sektori teadusele akadeemias ja valitsusasutustes (*Ibid*: 328). Ainult 27% viidetest publikatsioonidele kuulusid ettevõtetes töötavatele teadlastele. Uurijad järeldasid, et avaliku sektori baasteadus mängib väga olulist rolli USA tööstuses olles viimase kõrgtehnoloogilise arengu peamiseks edasiviivaks jõuks (*Ibid*: 330). Samuti täheldasid uurijad tugevat riikliku komponenti tsiteerimisel, st iga riigi leiutajad tsiteerisid eelistatult oma riigi publikatsioone (*Ibid*: 322).

Meyer (2000) näeb patentide viidete analüüsis pigem teaduse ja tehnoloogia vastastikkust seost ja sektori spetsiifilist tehnoloogia ülekannet, kui teaduse ühepoolset stimuleerivat efekti tehnoloogia arengule. Meyer (2000) rõhutab, et bibliograafiline analüüs ei näita sektorispetsiifilist teadmuse ülekande efektiivsust. Tarkvaraarenduses näiteks kasutatakse vähe patenteerimist ning selles sektoris eelistatakse kiiret turule sisenemist ja oskusteabe kasutamist (*Ibid*: 426).

Guan ja He (2007) viisid läbi Hiina patentide viidete analüüsi ning leidsid, et kõige rohkem viiteid teaduspublikatsioonidele on biotehnoloogias ja ravimitööstuses. Kõrge teadusviidete arvu poolest paistsid silma ka orgaaniline keemia ja materjalikeemia, toidu ja põllumajandusvaldkond ning analüütiliste mõõtmiste valdkond (*Ibid*: 416). Väiksem teaduspublikatsioonidele viitamiste arv oli pooljuhtmaterjalide, optika, telekommunikatsiooni ja arvutielektronika valdkonnas (*Ibid*: 416). Kõrgem viitamine teaduspublikatsioonidele võib tähendada nende valdkondade innovatsiooni suuremat seostust baasteadusega. Väiksem viitamine teaduspublikatsioonidele ei tähenda aga nende valdkondade väiksemat teadusmahukust (Meyer 2000: 426; Tijssen 2001: 512).

Tussen et al. (2000) analüüsisid Hollandi kajastatust USA patentide andmebaasis ja leidsid, et rahvusvahelise tehnoloogia jaoks oluline baasteadus on publitseeritud kõrge kvaliteediga ajakirjades (*high impact factor*) (*Ibid*: 400). Samuti nägid uurijad aina kasvavat loodusteaduse tähtsust ning tugevamat fokuseeritust teaduskoostööle, nii siseriiklikule kui ka rahvusvahelisele, nii institutsioonide vahelisele kui ka asutuste sisesele (*Ibid*: 408).

Lo (2010) analüüsis geenitehnoloogia alaste patentide viiteid ja leidis väga tugevat seost baasteadusega, üle 90% kõikidest tsiteeringutest olid mitte patentidele (*Ibid*: 116). Lo analüüsis ka rahvuslikku esindatust ning leidis, et 69% teaduspublikatsioonidest olid USA-st. Sellele järgnesid Suurbritannia, Jaapan, Saksamaa ja Prantsusmaa, mis viitab nende riikide baasteaduse suuremat panust geenitehnoloogia alasesse innovatsiooni (*Ibid*: 117).

Zhao ja Lei (2013) leidsid, et Hiina biotehnoloogia patendid toetuvad suures osas USA baasteadusele (*Ibid*: 719). Veel täheldasid uurijad, et 83% patentide teaduspublikatsioonide viidetest tulevad avaliku sektori asutustest (*Ibid*: 719). See näitab avaliku sektori baasteadusuuringute olulist panust biotehnoloogia sektoris.

Patendiviidete analüüsi puhul on oluline arvestada, et patendiviited ei näita täielikku teadmuse ülekannet, vaid hõlmavad enda alla ainult neid ülekandeid, mille tulemusena tekib uus ja patenteeritav tehnoloogia (Criscuolo, Verspagen 2008: 1894). Patendi viiteid ei saa seega kasutada teatud mittepatenteeritava teadmuse ülekande kirjeldamiseks nagu vaikiv teadmus, õppimine läbi jäljendamise ja pöördkonstueerimine (*Ibid*).

Mets et al. (2015) kasutasid patendidokumentide tsiteeritavuse analüüsi hindamiseks Eesti patendidokumentide mõjukust. Uurijad leidsid, et ligi pooled Eesti leiutistest leiavad viitamist rahvusvahelistes patendidokumentides ning viiendik leiutistest tsiteeritakse järgnevates patendidokumentides viis või enam korda (Mets *et al.* 2015: 46). Seega 20% Eesti leiutistest võib pidada tehnoloogiliselt olulisteks (Karki, 1998, viidatud Mets *et al.* 2015: 41 vahendusel). Samuti oli täheldatav Eesti leiutiste puhul ebahühtlane jaotus patendiklasside vahel. Domineerivateks klassideks olid A ja C, kuhu kuuluvad teiste hulgas ka biotehnoloogia ja meditsiini valdkonna leiutised. Nendele kahele klassile kuulusid ka 2/3 kõikidest leiutistele tehtud viidetest (Mets *et al.* 2015: 45). Mets et al. (2015) järeldab, et Eesti leiutistest ja eriti tehnoloogiliselt olulistest leiutistest enim kuulub biotehnoloogia ja meditsiini valdkonda. Suurt biomeditsiini valdkonna patentide osakaalu kõikidest patentidest on täheldanud ka USA ülikoolide patente uurides 1990-ndate lõpus (Mowery, Sampat 2005: 121). Selline ebaproportsionaalne biomeditsiini patentide ülekaal võis olla tingitud suurenenud valitsuse T&A rahastusest, kiiretest teaduslikest edusammudest ja kasvavast ettevõtluse huvist nende valdkondade vastu (Mowery, Sampat 2005: 121).

Ülikoolide ja ettevõtete patentide tsiteeringute analüüs näitas, et ülikoolide ja avalike teadusasutuste patente tsiteeritakse hiljem suurema tõenäosusega kui eraettevõtete patente (Bacchiocchi, Montobbio 2009: 176). Samuti on täheldatud, et teadmuse levimise kiirus eraettevõtete patentide puhul madalam kui avalike teadusasutuste puhul (*Ibid*). Need tähelepanekud on kooskõlas avaliku ja erasektori teadmuse erinevuse seisukohtadega, mida töid välja Archibugi ja Filippetti (2018). Avalik teadus on oluline tehnoloogilist innovatsiooni edasiviiv jõud.

Ülikoolide ja avalikke teadusasutuste patente tsiteeritakse suurema tõenäosusega, kui nad kuuluvad keemia, ravimite, meditsiini ja mehaanika valdkondadesse (Bacchiocchi, Montobbio 2009: 177). Seega võib järeldada, et just nendes valdkondades on avalikul teadusel suurem roll tehnoloogilise innovatsiooni edendamisel. Huvitav oli ka uurijate tähelepanek, et selline erasektori ja avaliku sektori patentide erinevus oli selgelt täheldatav USA puhul. Erinevusel puudus aga statistiline olulisus Euroopa riikide puhul (*Ibid*: 177). Uurijad seletavad seda sellega, et Euroopa ülikoolide omanduses on ainult 30% akadeemiliste leiutajate patentidest (*Ibid*: 180).

Nii akadeemilise kui ka erasektori patentide puhul on täheldatud suuremat tsiteerimise tõenäosust juhul kui patent sisaldab leiutaja tsiteeringuid enese teadustööle (Sapsalis *et al.* 2006: 1640). Teisisõnu, kõige väärtuslikumad on need patentid, mille leiutajad valdavad baasteadust selles valdkonnas ning ilmselt suutsid kodeerida sellega kaasnevat vaikiva teadmuse komponenti tehnoloogilisse innovatsiooni (*Ibid*).

Kokkuvõtteks annavad patentide bibliograafilise analüüsi meetodid võimalust analüüsida teadmuse ülekannet avalikku teaduse ja tehnoloogilise innovatsiooni vahel, seda eriti biotehnoloogia ja meditsiini valdkondades, kus seos baasteadusega on tugevam ning esineb rohkem radikaalsemat tüüpi innovatsiooni, mis leiab kajastatust patentides.

2. TEHNOLOOGILISE INNOVATSIOONI JA BAASTEADUSE SEOSE EMPIIRILINE ANALÜÜS

2.1. T&A tegevuse finantseerimise maht ja struktuur Eestis ja mujal maailmas

T&A tegevust käsitletakse tihti innovatsiooni sisendina ning riigid erinevad väga olulisel määral oma T&A tegevustelt. Selles peatükis võrreldakse Eesti erinevaid T&A näitajaid teiste riikidega, et iseloomustada Eesti T&A tegevuse mahukust, T&A tegevuste liikide osakaalu, T&A tegevuse finantseerijate osakaalu, avaliku ja erasektori sektori panust T&A tegevusesse. Võrdlev analüüs on vajalik selleks, et näidata kus Eesti paikneb ning mis riikidele on Eesti oma T&A tegevuse iseloomuga kõige lähemal. Et T&A tegevusel on näidatud tugev seos innovatsiooniga, siis on huvitav hinnata, millised riigid on sarnasemad oma T&A näitajate poolest ja millised eristuvad selgelt teistest. Samuti saab teatud T&A tegevuse mustreid seostada innovatsiooni tasemega.

Võrdlusgruppi valiti USA kui ühte tehnoloogilise innovatsiooni liidritest, Aasia innovatsiooniliidrid Lõuna-Korea ja Jaapan, Hiina kui innovatsiooniliider keskmisest kõrgema sissetulekuga riikide seas, Põhjamaad (Soome, Rootsi, Norra), suuremad ja väiksemad riigid Lääne-, Kesk- ja Ida-Euroopast. Analüüsiks on kasutatud Eurostat andmebaasi andmeid ning analüüsiks võetud riikide valik oli kohati piiratud andmete kättesaadavuse tõttu andmebaasis.

Arenenud majandusega riikides peetakse investeringuid T&A tegevusse üheks oluliseks majanduskasvu stimuleerivaks faktoriks. Ka Euroopa Liit on tunnistanud T&A investeringute tähtsust soovitades oma liikmesriikidel tõsta T&A investeringuid 3%-ni SKP-st (Lissaboni strateegia, 2000). Piisavaid investeringuid T&A tegevusse peetakse oluliseks riigi konkurentsivõime ja pikaajalise majandusliku kasvu säilitamiseks.

Kui jälgida viimase 20 aasta statistikat, siis enamus riikides on T&A kulud kasvanud (Tabel 2, Joonis 5). USA, Holland, Jaapan, Itaalia, Saksamaa on oma T&A kulusid stabiilselt suurendanud (Tabel 2, Joonis 5).

Tabel 2. T&A kulude suurus (%SKP-st) ja muutus viimase kahe kümnendi jooksul.

	T&A kulud *	Muutus **
Lõuna-Korea	4.33	2.20
Šveits	3.37	1.05
Rootsi	3.31	-0.11
Jaapan	3.21	0.32
Austria	3.11	1.29
Taani	3.07	0.96
Saksamaa	2.95	0.63
Soome	2.80	-0.24
USA	2.76	0.20
Belgia	2.53	0.65
Prantsusmaa	2.24	0.14
Island	2.14	-0.12
Hiina	2.10	1.16
Sloveenia	2.02	0.69
Norra	2.02	0.41
Holland	1.99	0.21
Tšehhi	1.80	0.72
Suurbritannia	1.67	0.06
Itaalia	1.35	0.35
Eesti	1.34	0.72
Ungari	1.30	0.60
Portugal	1.28	0.61
Hispaania	1.20	0.34
Iirimaa	1.14	-0.01
Kreeka	1.03	0.46
Poola	1.00	0.34
Slovakkia	0.95	0.26
Leedu	0.92	0.38
Horvaatia	0.85	-0.10
Bulgaaria	0.83	0.32
Läti	0.53	0.14
Rumeenia	0.49	0.07

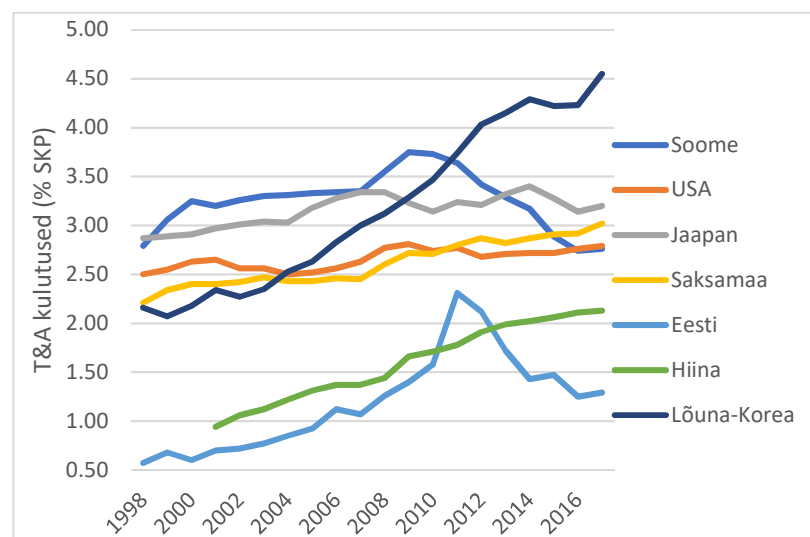
* T&A kulud on esitatud kui % SKP-st, 2015-2017 aastate keskmine

** Muutus on erinevus 1998-2000 aastate keskmise ja 2015-2017 aastate keskmise T&A kuludega (% SKP-st). Andmete kättesaadavuse tõttu on Hiina puhul kasutatud 2001 aasta andmeid ja Horvaatia puhul 2002 aasta andmeid. Allikas: (Eurostat), autori koostatud.

Ka Eestis on T&A kulud selle ajaga märkimisväärselt kasvanud, tegid hüppelise tõusu 2012-2013 ning siis taandusid jälle (Joonis 5). Väga aktiivselt on T&A kulud kasvanud Lõuna-Koreas, Hiinas, Austrias, Šveitsis ja Taanis (Tabel 2, Joonis 5). Soomes, Rootsis ja Islandis on aga T&A kulud selle ajaga vähenenud. Iirimaa, Suurbritannia ja Prantsusmaa on hoidnud viimasel kahel kümnendil oma T&A kulud stabiilsena (Tabel 2).

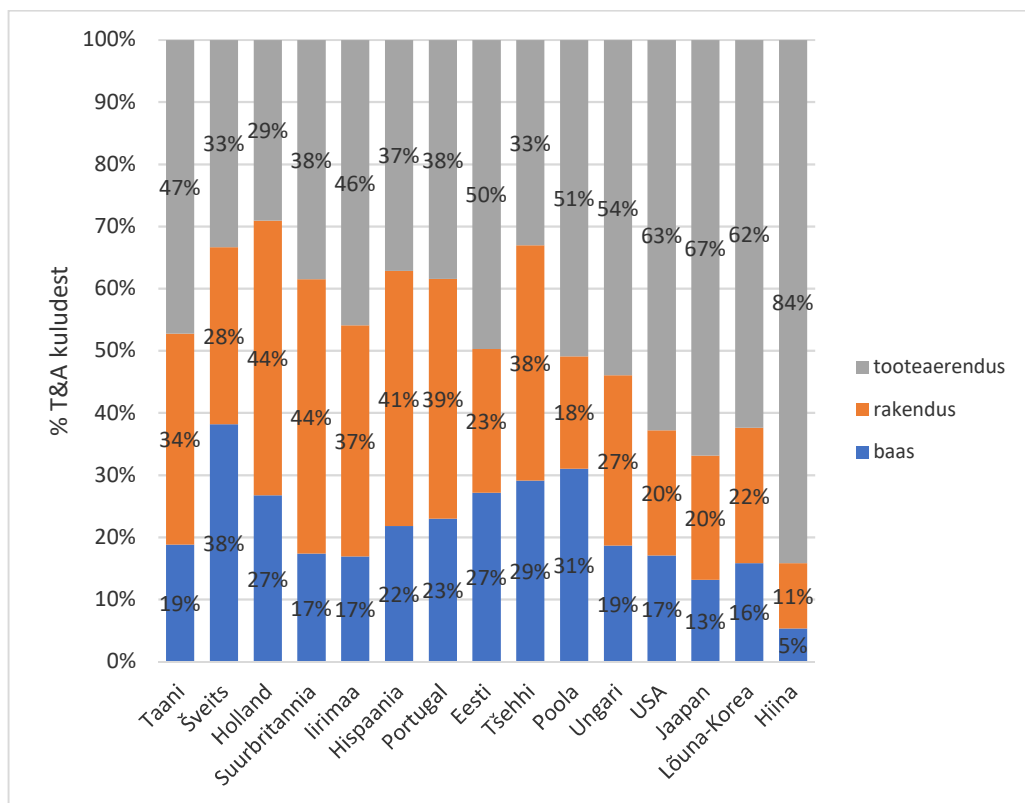
Kõige suuremad T&A kulud on Lõuna-Koreas ulatudes üle 4% SKP-st (Tabel 2, Joonis 5). USA, Jaapan, Saksamaa, Rootsi, Soome ja Šveits hoiavad oma T&A kulusid 3% SKP juures (Tabel 2, Joonis 5). Suurbritannias, Prantsusmaal, Hollandis, Tšehhis ja Hiinas moodustavad kogu T&A kulud ligi 2% SKP-st (Tabel 2, Joonis 5).

Kuigi Eestis on 2011-2012 aastatel tõusid T&A kulud üle 2%, moodustasid 2017 aastal T&A kulud 1.3% SKP-st (Joonis 5). Umbes 1% SKP-st kulutavad T&A-le ka teised Euroopa riigid, nagu Iirimaa, Ungari, Portugal ja Hispaania (Tabel 2). Seega kuigi Eesti T&A kulud on viimase kahekümne aasta jooksul oluliselt kasvanud, siis kogu T&A maht jääb siiski Euroopa keskmisele kõvasti alla (Euroopa Liidu liikmesriikide keskmine T&A 2015-2017 aastatel oli 2.05 % SKP-st, Eurostat). T&A kulude suuruse ja kasvu kiiruse poolest on Eesti kõige lähemal Portugalile ja Ungarile.



Joonis 5. T&A kulude % SKP-st. Allikas: (Eurostat), autori koostatud.

Kolme T&A alaliigi, baasteaduse, rakendusteaduse ja tootearenduse, osakaal on riigiti erinev (Joonis 6, 2015-2017 aastate keskmine). Euroopa riigid kulutavad keskmiselt 25% T&A-st baasteadusele, 41% rakendusteadusele ja 35% tootearendusele (Eurostat, 2015-2017 keskmine). Seega kulutavad Euroopa riigid suurema osa baas- ja rakendusuringutele, samal ajal kui USA-s, Jaapanis, Lõuna-Koreas, Hiinas on suurem rõhk eksperimentaalsel tootearendusel (Joonis 6). Tšehhis ja Šveitsis on T&A jaotatud kolme alaliigi vahel võrdlemisi võrdselt (Joonis 6). Suurbritannias, Iirimaa ja Taanis on baasteaduse osakaal Euroopa keskmisest oluliselt madalam, 17%-19% kõikidest T&A kuludest (Joonis 6). Nende riikide baasteaduse osakaal pigem lähemal USA ja Lõuna-Koreale kui Euroopa keskmisele. Siinkohal peaks ära märkima, et Suurbritannia, Iirimaa, Taani, USA ja Lõuna-Korea kuuluvad ülemaailmse innovatsiooni indeksi järgi esikümnesse (Cornell University, INSTEAD, WIPO, 2018).



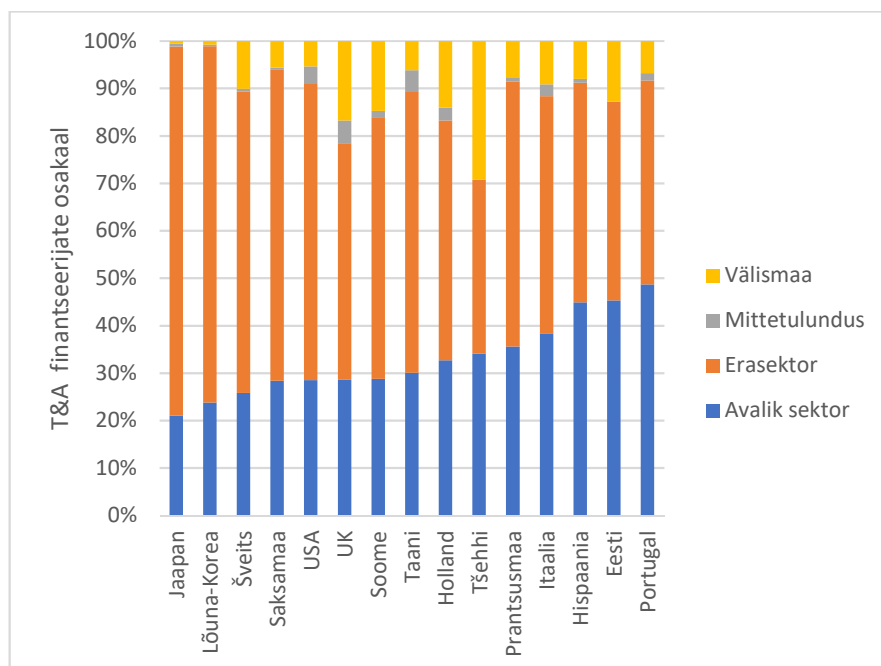
Joonis 6. T&A tegevuste osakaal Eestis ja mujal maailmas Allikas: (Eurostat), autori koostatud.

Eestis on Euroopa keskmisega võrreldes suurem rõhk eksperimentaalsel tootearendusel, mis moodustab 50% kogu T&A-st, ja väiksem rõhk rakendusteadusel, mis moodustab

23% kogu T&A-st (Joonis 6). Baasteaduse osakaal on Eestis Euroopa keskmisele väga lähedal, nii et suurem tootearendus on saavutatud rakendusteaduse arvelt (Joonis 6). T&A tegevuste liikide osakaalu poolest on Eesti kõige sarnasem Poolale ja Ungarile (Joonis 6).

T&A tegevuse peamiseks rahastajateks on erasektor, avalik sektor (valitsus- ja kõrgharidusesektor), mittetulundussektor ja välismaa fondid. Avaliku sektori panus T&A rahastusse jääb 20% ja 50% vahele (Joonis 7). Jaapanis, Lõuna-Koreas, Šveitsis, Saksamaal ja USA-s on avaliku sektori panus on 2-3 korda väiksem kui erasektori panus (Joonis 7).

Hispaania, Portugalis ja Eestis on aga avaliku sektori T&A kulud peaaegu võrdsed erasektori kuludega (Joonis 7). Kõrgemaid erasektori T&A kulusid peetakse üheks oluliseks tehnoloogilise innovatsiooni näitajaks, sest just erasektor kommertsialiseerib innovaatilisi tooteid/teenuseid.

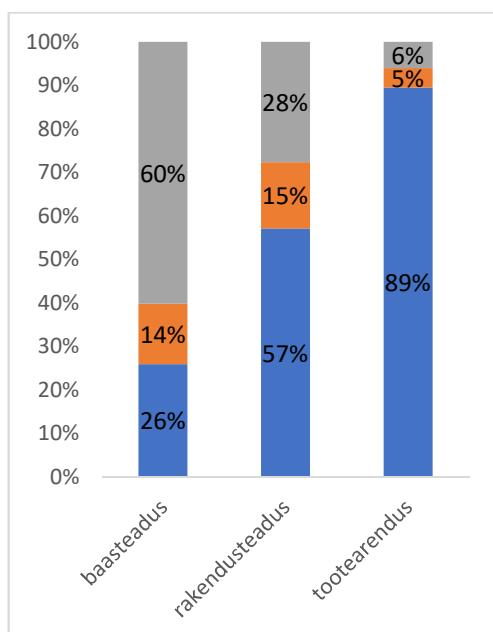


Joonis 7. T&A tegevuse finantseerimine (2014-2016 aasta keskmine). Allikas: (Eurostat), autori koostatud.

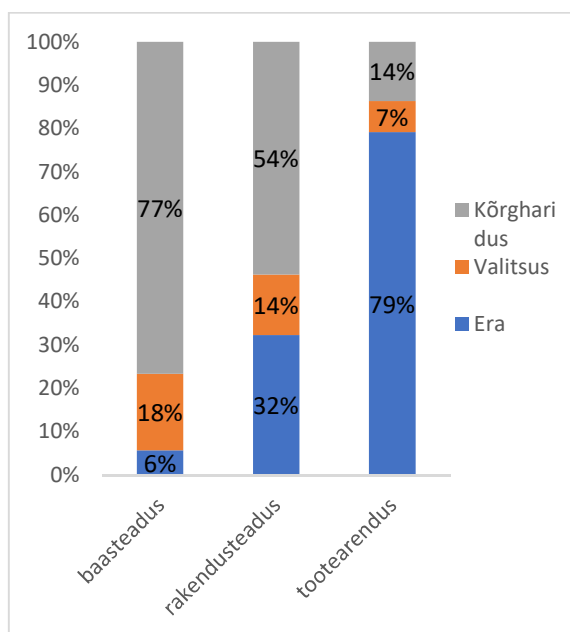
Baasteadusuuringuid viiakse läbi enamasti kõrgharidussektori poolt, ehk siis avalikult rahastatud teadus ja õppeasutustes. Keskmiselt teostab avalik sektor 74% baasuuringutest, 43% rakendusuuringutest ja 11% tootearendusest (Joonis 8.A, selekteeritud riikide keskmise arvutamiseks kasutati Taani, Iirimaa, Hispaania, Itaalia,

Hollandi, Austria, Portugali, Suurbritannia, Norra, Šveitsi, USA, Hiina, Jaapani ja Lõuna-Korea andmeid). Keskmisest suurem avaliku sektori panus kõikidesse T&A tegevustesse on ka Hiinas, Hispaanias, Portugalis ja Norras (Eurostat, 2015-2017). Eriti väike on erasektori osalus baas- ja rakendusuuringutes Hiinas, vastavalt 2% ja 22%. Keskmisest suurem erasektori panus T&A-sse on Jaapanis, Lõuna-Koreas ja Šveitsis, kus üle 40% baasuuringutest ja üle 70% rakendusuuringutest teostatakse erasektoris. Kõige suurem erasektori osalus baasuuringutes on Lõuna-Koreas, ulatudes 58%-ni (Eurostat, 2015-2017).

A. Riikide keskmine



B. Eesti

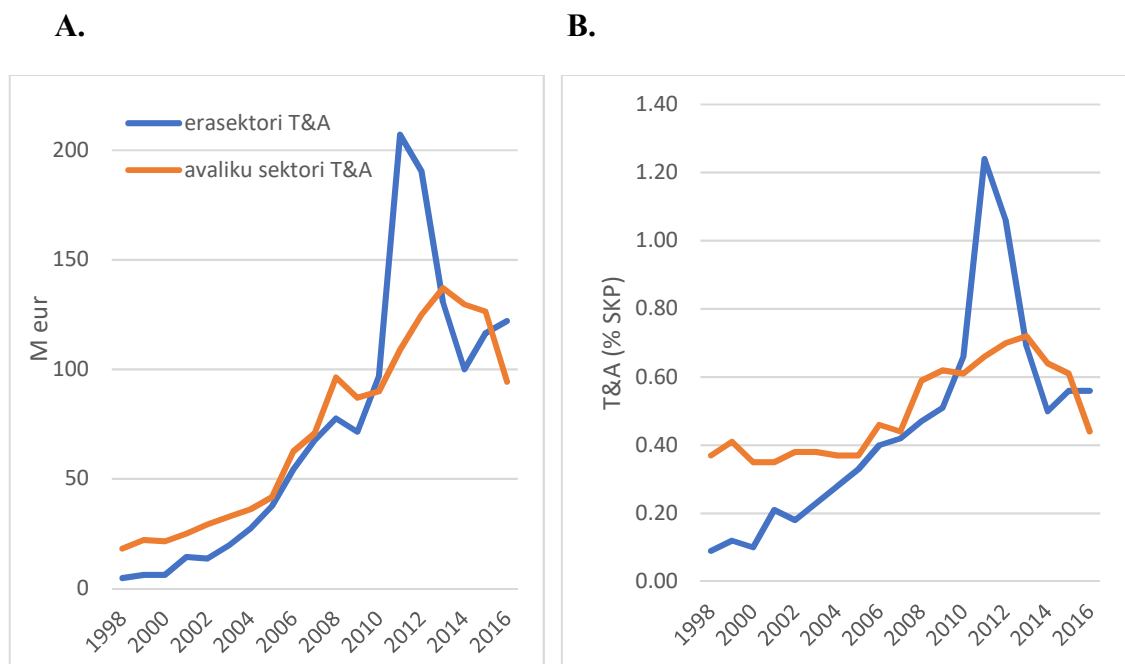


Joonis 8. T&A tegevus liigi ja teostaja järgi (2015-2017 keskmine, teostajatest on välja jäetud mittetulundussektor). Allikas: (Eurostat), autori koostatud.

Eestis on avaliku sektori panus kõikide T&A tegevuse liikidesse keskmisest oluliselt suurem. Avalik sektor teostab Eestis 94% baasuuringutest, 68% rakendusuuringutest ja 21% tootearendusest (Joonis 8.B). Suurem avaliku sektori panus oli täheldatud Euroopa perifeersetes regioonides ka Bilbao-Osorio ja Rodríguez-Pose (2004) poolt, kes leidsid, et nendes regioonides kompenseerib kõrgharidussektor nõrgemat erasektori panust viies läbi rohkem rakendus ja tootearenduse projekte (*Ibid*: 452). See muudab oluliselt ka ülikoolide rolli innovatsioonis.

Avaliku sektori T&A (kõrgharidussektori ja valitsusektori finantseeritud ja teostatud T&A) finantseerimist Eestis võib jagada kahte perioodi: (i) 1998-2013 kasvuperiood, keskmine kasv 15% aastas, (ii) 2014-2016 langusperiood, keskmine langus 11% aastas (Eurostat, Joonis 9.A).

Eesti erasektori T&A (erasektori finantseeritud ja teostatud T&A) on aga kasvanud 1998-2016 jooksul keskmiselt 20% aastas (Joonis 9.A). Kui jälgida T&A suurust %-na SKP-st, siis on näha, et Eesti kogu T&A tõus 1998-2016 perioodil (näidatud Joonisel 5) tuleneb suures osas erasektori T&A tegevuse intensiivistumisest, samal ajal kui avaliku sektori T&A on viimase kahe kümnendi jooksul jäänud samale tasemele, 0.4% SKP-st, kuigi tegi aastatel 2008-2015 hüppe 0.6% juurde (Joonis 9.B).



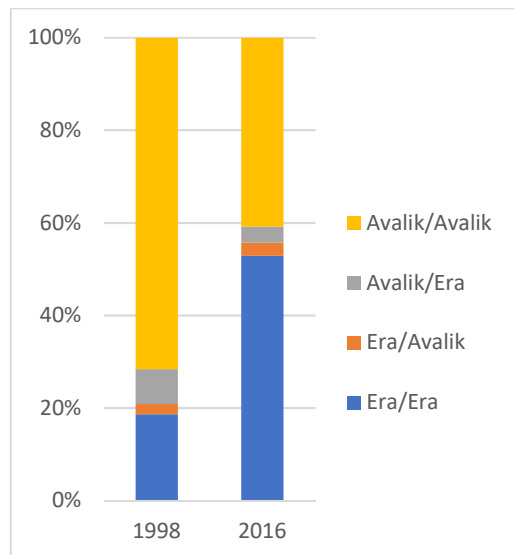
Joonis 9. Erasektori ja avaliku sektori T&A Eestis. Allikas: (Eurostat), autori koostatud.

Ajas stabiilselt kasvavat avaliku sektori T&A tegevust peetakse oluliseks T&A tegevuse atraktiivsuse tõusuks ka erasektoris (Archibugi, Filippetti 2018). Avaliku sektori baasteadusuuringud stimuleerivad eraettevõtteid komertsialiseerima neid tehnoloogilisteks innovatsioonideks, suurendades seeläbi ka eraettevõtete T&A (Rosenberg, Nelson 1994). Jaffe (1989) täheldas, et ülikoolide T&A stimuleerib eraettevõtete T&A tegevust, mitte aga vastupidi (*Ibid*: 968). Voutsinas et al. näitasid, et avaliku sektori T&A tegevusel on positiivne efekt erasektori T&A-le ja sellega ka

üleüldisele innovatiivsusele (Kreeka näitel, Voutsinas *et al.* 2018: 168). Eesti avaliku ja erasektori T&A tegevuse juures võib samuti täheldada üldist trendi, et avaliku sektori T&A stimuleerib erasektori T&A tegevust (Joonis 9).

Viimaste aastakümnete jooksul on enamus riikides avaliku T&A tegevuse finantseerimine langenud ja erasektori T&A tegevuse finantseerimine tõusnud (Archibugi, Filippetti 2018). OECD riikide keskmine valitsuse poolt finantseeritav T&A on langenud 1981-2013 jooksul üle 10%, samal ajal kui erasektori T&A on kasvanud 50% (Archibugi, Filippetti 2018). Kuigi riikide vahel esineb olulisi erinevusi. Jaapanis ja Lõuna-Koreas suurenes alates 1995 nii avaliku sektori kui ka erasektori T&A. Eriti märkimisväärne avaliku sektori T&A finantseerimise kasv toimus Lõuna-Koreas. USA-s, Kanadas, Suurbritannias ja Saksamaal on avaliku sektori T&A oluliselt vähenenud, samal ajal kui erasektori T&A oluliselt suurenenud (Archibugi, Filippetti 2018).

Archibugi ja Filippetti poolt täheldatud trend erasektori T&A osakaalu tõusus avaliku sektori T&A suhtes on täheldatav ka Eestis (Joonis 10; Archibugi, Filippetti 2018). Eesti erasektori T&A osakaal on alates 1998 aastast tõusnud 19%-lt 53%-le ning avaliku sektori T&A osakaal langenud 72%-le 41%-ni (Joonis 10).



Joonis 10. Erasektori ja avaliku sektori T&A tegevuste osakaal 1998 ja 2016 aastatel (teostaja/finantseerija). Allikas: (Eurostat), autori koostatud.

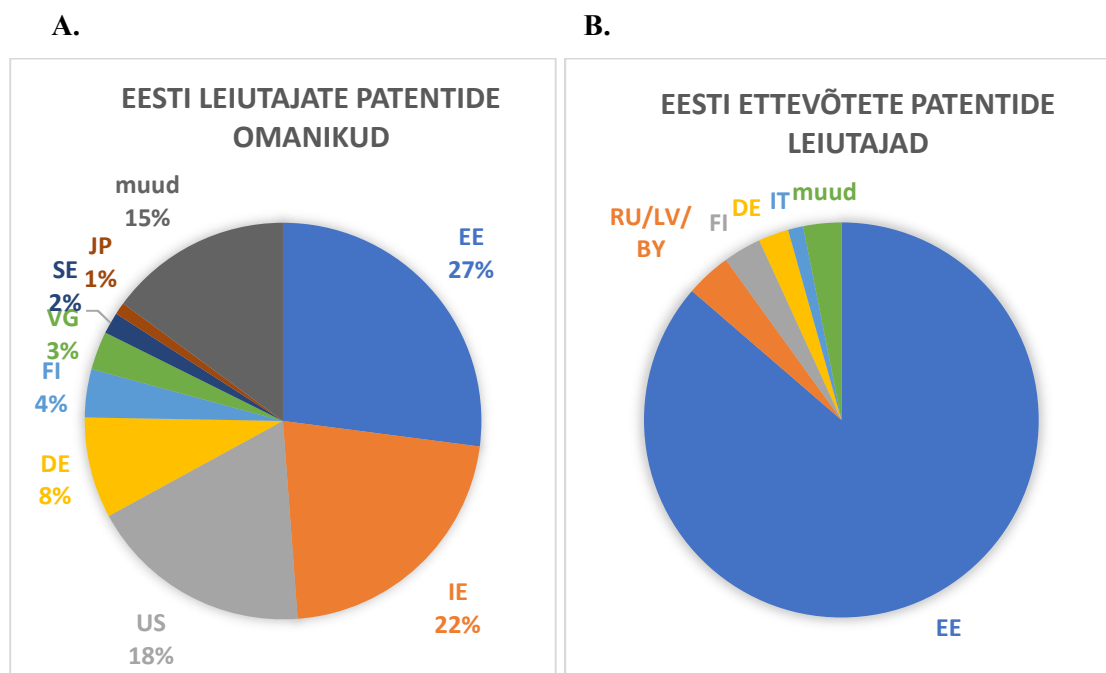
Seega ka Eesti on viimastel aastakümnetel liikunud T&A privatiseerimise suunas, st vähem toodetakse avalikku teadmust baasteadusuuringute raames ja rohkem teostatakse rakendusuuringsid ja tootearendust. Kuigi Archinbugi ja Filippetti (2018) näevad selles trendis pigem negatiivset mõju pikas perspektiivis tuleviku innovatsioonile, siis Eesti kontekstis võib seda tõlgendada ka kui eraettevõtlike huvi tõusu T&A vastu ning ettevõtete teadusmahukuse tõusu.

Kokkuvõtteks on Eestis avaliku sektori panus kõikide T&A tegevuste finantseerimisse üsna oluline, st Eesti T&A tegevus on suures osas riigi poolt finantseeritav. Samuti on Eesti puhul märgatav suurem keskendumine baasteadusele kõikidest T&A liikidest. Selle tõttu on eriti oluline hinnata nende investeringute põhjendatust.

2.2. Eesti tehnoloogilise innovatsiooni näitajate hindamine

Patenditaotluste ja väljaantud patentide arv on oluline näitaja, mis iseloomustab rahvusvahelist konkurentsivõimet, riigi majanduslikku tugevust, tehnilist arengut ja T&A taset (Potužakova, Öhm 2018: 178). Selle tõttu hinnati Eesti kajastatust USPTO (United States Patent and Trademark Office) väljaantud patentide ja patenditaotluste andmebaasides. Otsing teostati märtsis 2019.

USPTO andmebaasis leiti 510 väljaantud patenti, mille vähemalt ühe autori päritolumaaks oli märgitud Eesti. Nendest 27% kuulusid Eesti ettevõtetele, 36% Euroopa liidu riikidele (Iirimaa, Saksamaa, Soome, Rootsi) ning 18% Ameerika Ühendriikidele (Joonis 11.A). Sellest võib järeldada, et Eesti müüb suhteliselt suure osa oma tehnoloogilisest innovatsioonist välja. Teistest riikidest Jaapan ja Lõuna-Korea rakendavad ise üle 94%, Hiina – 58% oma innovatsioonidest (Tabel 3). Euroopa riikidest Põhjamaad, Saksamaa, Prantsusmaa ja Šveits rakendavad üle 50% oma innovatsioonidest enda ettevõtetes (Tabel 3). Kesk- ja Ida-Euroopa riikide vastav näitaja on aga oluliselt madalam ja jääb keskmiselt 20-30% vahele (Tabel 3). Seega Eesti on oma leiutiste rakendamisel pigem sarnasem Kesk- ja Ida-Euroopa riikidele.



Joonis 11 . A. Eesti leiutajate patentide omanikud. B. Eesti ettevõtete patentide leiutajad. Allikas: (USPTO, otsingud ICN/EE ACN ja ACN/EE ICN), autori koostatud.

Tabel 3. Riigi enda ettevõtetele kuuluvate patentide osakaal kõikide selle riigi leiutajate patentidest*

Riik	% kõikidest patentidest
Jaapan	96%
Lõuna-Korea	94%
Soome	78%
Saksamaa	75%
Rootsi	70%
Prantsusmaa	69%
Taani	63%
Hiina	58%
Norra	56%
Šveits	56%
Ungari	47%
Austria	46%
Singapur	45%
Suurbritannia	42%
Poola	31%
Iirimaa	30%
Eesti	27%
Tšehhi	20%
Slovakkia	19%

*Allikas: USPTO patentide andmebaas, otsingu näidis ICN/JP (and ACN/JP); autori koostatud.

Üheks põhjuseks, miks Eesti müüb suurema osa oma tehnoloogilisest innovatsioonist välja, võib olla Eesti riigi väiksus. Väikese riigina ei pruugi Eestil olla piisava suurusega erasektorit teadusmahukates valdkondades, kes suudaks toodetud intellektuaalomandit kasutada. Teise põhjusena võib olla ka see, et koostöö ja info vahetus riigi enda innovatsioonilise tehnoloogia loojate ja rakendajate vahel on suhteliselt nõrk.

Teiselt poolt analüüsi, kelle patendid on Eesti ettevõtete omanduses. Selgus, et 86% Eesti ettevõtete poolt kasutatavast intellektuaalomandist on ka Eestis leiutatud (Joonis 11.B). See viitab sellele, et Eesti kõrgtehnoloogiline ettevõtlus toetub väga suurel määral siin loodud intellektuaalomandile ning kinnitab kohaliku T&A tegevuse tähtsust teadusmahukate sektorite kasvu ja arengu jaoks.

Teiste Euroopa riikide näitajad jäävad enamasti Eestiga sarnaselt 80-90% vahele (Tabel 4). Aasia riikides on see näitaja pigem suurem ulatudes 97%-ni Jaapanis. Hollandi ja Šveitsi ettevõtted osatavad 50-60% oma intellektuaalomandist väljast, ning Singapuri ettevõtete omanduses on enamasti välisriikide intellektuaalomand (Tabel 4). See viitab avatud innovatsioonimudeli suuremale rakendamisele nendes riikides.

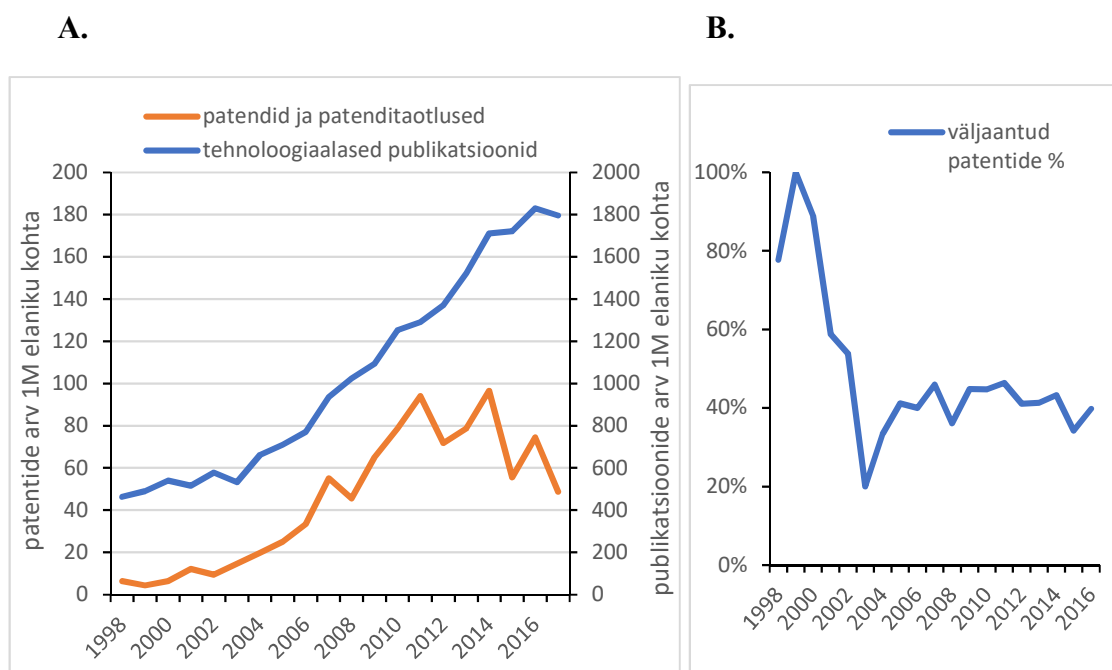
Tabel 4. Riigi enda leiutajatele kuuluvatele patentide osakaal kõikidest selle riigi ettevõtete omanduses olevatest patentidest*

Riik	% kõikidest patentidest
Jaapan	97%
Lõuna-Korea	97%
Saksamaa	92%
Hiina	91%
Eesti	86%
Suurbritannia	84%
Soome	80%
Rootsi	79%
Holland	59%
Šveits	57%
Singapur	47%

*Allikas: USPTO patentide andmebaas, otsingu näidis ACN/SG (and ICN/SG); autori koostatud.

Järgmisena iseloomustati Eesti tehnoloogilise innovatsiooni näitajate muutumist ajas. Lisaks USPTO patenditaotluste ja patentide arvule hinnati ka teaduspublikatsioonide arvu kasutades ISI Web of Science andmebaasi. Teaduspublikatsioonide arvukus on riigi

teadustegevuse edukuse näitaja. Et taheti iseloomustada teaduspublikatsioonide arvukust kui tehnoloogilise innovatsiooni väljundit, siis piirati ISI Web of Science andmebaasis publikatsioonide valdkondi välistades kunsti, humanitaar- ja sotsiaalteaduste publikatsioone ning arvestades sisse bioteaduste, biomeditsiini, füüsika ja tehnoloogia alaseid publikatsioone.



Joonis 12. A. USPTO patenditaotluste ja publikatsioonide arv 1 miljoni elaniku kohta Eestis. B. Väljaantud patentide osakaal kõikidest Eesti patenditaotlustest. Allikas: (USPTO otsing ICN/EE, ISI Web of Science), autori koostatud.

Viimase 20 aasta jooksul on Eestis tehnoloogiaalaste teaduspublikatsioonide arv kasvanud 3.5 korda (Joonis 12.A). See viitab sellele, et Eesti on suutnud oluliselt kasvatada oma tehnoloogiaalase baasteaduse produktiivsust. Teaduspublikatsioonide kvaliteedi hindamiseks võrreldi 1998, 2008 ja 2018 aastatel avaldatud publikatsioonide tsiteerimist. Võrdlevanalüüsi jaoks võeti publitseerimisest järgneva kolme aasta tsiteeringute arvu, mil tsiteerimine on tavaliselt ka kõige aktiivsem. Publikatsioonide arv kasvas 1998-2015 perioodil 4.3 korda (Tabel 5). Publikatsioonide tsiteeringute kumulatiivne arv kasvas aga 12 korda. Nii et kui 1998 Eesti publikatsioonidel oli keskmiselt 4.34 tsiteeringut publikatsiooni kohta (kolme järgneva aasta jooksul), siis 2015 keskmiselt 12.33 tsiteeringut (Tabel 5). Sellist tsiteerimiste kasvu võib seostada teaduse kvaliteedi tõusuga ja parema nähtavusega rahvusvahelises teadlaste kogukonnas. Samas autorite keskmine

arv publikatsiooni kohta kasvas sama perioodi vältel 3.8-st 68.2-ni ning tsiteeringute arv autori kohta vähenes selle tõttu üle 6 korra (Tabel 5). Seega kuigi publitseeritakse rohkem ja iga publikatsioon saab rohkem tsiteeringuid, autorite individuaalne keskmine panus publikatsiooni on oluliselt vähenenud. See on tingitud ennekõike Eesti teadlaste suuremast rahvusvahelisest koostööst ning suuremast osalemisest erinevates konsortsiumites. Seega võib järeldada, et 1998-2015 perioodil on tõusnud Eesti baasteaduse produktiivsus (suurem arv publikatsioone) ning oluliselt suurenenud rahvusvaheline koostöö.

Tabel 5. Eesti publikatsioonide tsiteerimine.

Aasta	Publikatsioonide arv*	Tsiteeringute arv**	Autorite arv kokku	Autorite arv publikatsiooni kohta	Tsiteeringute arv publikatsiooni kohta	Tsiteeringute arv autori kohta
2015	3,018	37,219	205,852	68.21	12.33	0.18
2008	1,659	10,006	11,471	6.91	6.03	0.87
1998	699	3,051	2,661	3.81	4.36	1.15

* kõik Eesti publikatsioonid (ISI Web of Sciece)

** tsiteeringute arv järgneva kolme aasta jooksul

Publitseerimise üldiselt aktiivsusest on Eesti jõudnud samale tasemele USA ja Saksamaaga (riikide omavaheliseks võrdlemiseks on publikatsioonide/patentide arv esitatud 1 M elaniku kohta, publikatsioonide analüüsil arvestati kõiki valdkondi, Tabel 6). Hiinaga võrreldes on Eestis publitseerimise tase pea 10 korda suurem (Tabel 6). Publikatsioonide arvu järgi otsustades on kõige tugevam baasteaduse tase Šveitsis, Iirimaa, Põhjamaades ja Hollandis, kus teaduslikke publikatsioonide arv 1M elaniku kohta on Eestist umbes 2 korda kõrgem (Tabel 6). Üldiselt võib võrdlusest järeldada, et Eesti publitseerimise tase on üpris heal tasemel. Allik (2015) hindas bibliomeetrilisi indikaatoreid kasutades Eesti teaduse taset. Uuri ja leidis, et Eesti on jõudnud publikatsioonide tsiteeringute taset ja kõrgelt tsiteeritud publikatsioonide osakaalu arvestades Saksamaa ja Prantsusmaaga samale tasemele (Allik 2015: 4). Samuti täheldas ta, et Eesti teaduse edukuse taga seisavad peamiselt traditsioonilised bioloogialased uuringud (Allik 2015: 7). Hirv (2019) näitas hiljuti aga, et Eesti publikatsioonide tsiteeringute tõus tuleneb pea täielikult määralt kõrge autorite arvuga rahvusvaheliste

kollaboratsioonide publikatsioonidest. Uurija näitab, et just need publikatsioonid seisavad Eesti teaduse mõjukuse tõusu taga aastatel 2005-2015. Kõige suurem osakaal kõrge autorite arvuga töödest on molekulaarbioloogia, geneetika, füüsika, kliinilise meditsiini ja multidistsiplinaarsetel aladel (*Ibid*). Hirv (2019) töö seletab, kuidas Eesti teadus suutis tõusta nii kiiresti nii kõrgele tasemele ilma olulise finantstoeta (Allik 2015: 18).

Tabel 6. Publitseerimise ja patenteerimise aktiivsus

	Patenditaotluste arv*		Publikatsioonide arv **
Lõuna-Korea	867	Šveits	5751
Šveits	865	Taani	4932
Rootsi	621	Iirimaa	4228
Soome	546	Rootsi	4200
Taani	463	Norra	4112
Saksamaa	436	Soome	3674
Austria	407	Holland	3673
Holland	400	Belgia	3100
Iirimaa	393	Austria	3041
Belgia	317	Portugal	2350
UK	269	Eesti	2330
Norra	262	Tšehhi	2279
Prantsusmaa	223	USA	2276
Itaalia	110	Saksamaa	2121
Tšehhi	76	Hispaania	2047
Eesti	76	Itaalia	1852
Hispaania	52	Prantsusmaa	1768
Ungari	45	Kreeka	1739
Portugal	26	Lõuna-Korea	1571
Kreeka	25	Slovakkia	1536
Slovakkia	24	Horvaatia	1487
Hiina	24	Leedu	1272
Poola	20	Poola	1127
Leedu	14	Ungari	1113
Horvaatia	14	Läti	1066
Läti	13	Hiina	290

* USPTO patendiaplikatsioonid ja väljaantud patendid, 2014-2016 aasta keskmine 1 miljoni inimese kohta

** ISI Web Of Science, 2014-2016 aasta keskmine 1 miljoni inimese kohta

USPTO patentide andmebaasi andmetel on Eesti patenteerimises samuti toimunud väga suured muutused. Kui 1998-2000 aastatel oli Eestis keskmiselt 6 patenditaotlust 1M elaniku kohta, siis 2014-2016 aastate keskmine on juba 76 patenditaotlust aastas (Joonis 12.A). See näitab, et patenteerimise aktiivsus suurenes Eestis viimase kahe aastakümne jooksul üle 12 korra, kuigi esialgne tase oli äärmiselt madal.

Erinevus esines ka väljaantud patentide osakaalus kõikidest taotlustest. 1998-2000 moodustasid 90% kõikidest taotlustest väljaantud patendid (Joonis 12.B). Seejärel, väljaantud patentide osakaal langes oluliselt ning stabiliseerus umbes 40% juures, nii on see keskmiselt ka teistes arenenud riikides (USPTO andmetel). See näitab üleüldisele patenteerimise aktiivsuse suurenemisel Eestis, suurenenud on nii teadlikkus kui ka julgus.

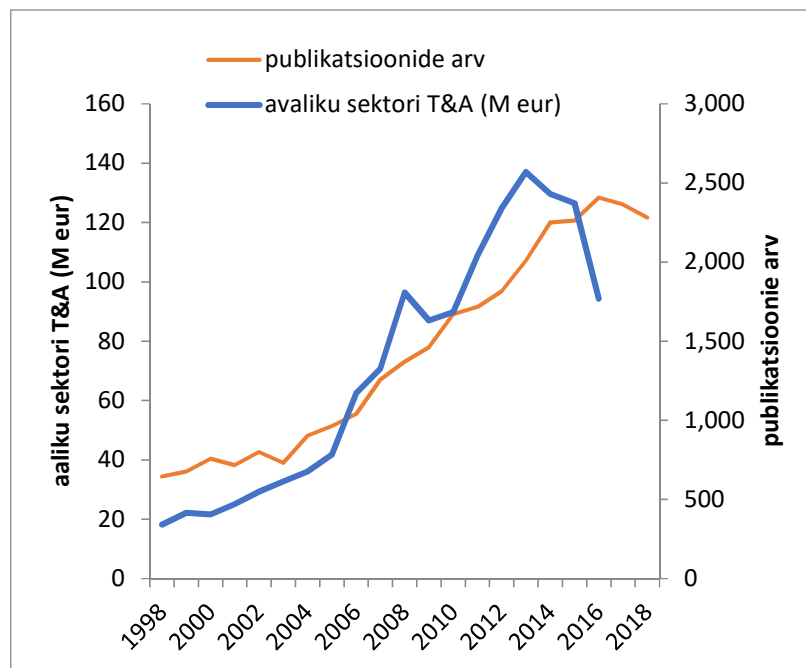
Patenteerimise aktiivsusele on Eesti jõudnud Itaalia, Hispaania ja Tšehhiga samale tasemele (Tabel 6). Samas Lõuna-Koreas ja Šveitsis on üle 10 korda suurem patenditaotluste arv 1M elaniku kohta. Ka Põhjamaad (Soome, Rootsi, Taani, Norra) edestavad Eestit patenteerimise aktiivsusele ligi 6 korda, keskmiselt 470 patenditaotluste arvuga 1M elaniku kohta (Tabel 6). Kuigi Eesti on teinud märkimisväärsed arenguid viimaste aastakümnete jooksul, jääb patenteerimise aktiivsus innovatsiooni liidritest riikidele oluliselt alla. Ka Ukrainski *et al.* (2018) hindavad Eesti patenteerimiseaktiivsust nõrgana ning rõhutavad, et teaduse rakendatavust ja seost majandusega on peetud vähem oluliseks. Samuti pole uurijate hinnangul Eestil õnnestunud arendada patenteerimise abil teadussüsteemist lähtuvaid majandusharusid (Ukrainski *et al.* 2008: 60).

Kokkuvõtteks võib öelda, et Eesti tehnoloogilise innovatsiooni näitajates on viimase kahekümne aasta jooksul toimunud märkimisväärne muutus. Eesti on suutnud oluliselt suurendada nii publitseerimise kui ka patenteerimise aktiivsust. Kui baasteaduse produktiivsusele ja kvaliteedile on Eesti järele jõudmas Lääne-Euroopa riikidele, siis patenteerimise aktiivsus on veel võrdlemise nõrk.

2.3. Eesti avaliku sektori T&A investeeringute mõju innovatsiooninäitajatele

Selles peatükis toome välja, kuidas on muutused Eesti avaliku sektori T&A finantseerimises kajastunud tehnoloogilise innovatsiooni näitajates, nagu patenditaotluste ja tehnoloogiaalaste teaduspublikatsioonide arvukuses.

Eesti avaliku sektori T&A ja tehnoloogiaalaste publikatsioonide vahel on positiivne korrelatsioon (Joonis 13). Eesti teaduspublikatsioonide arvukus on 1992-2016 vahemikus kasvanud keskmiselt 8% aastas. Eesti avaliku sektori T&A kasvas selle perioodi jooksul 11% aastas. Joonis 13 näitab, et muutused avaliku sektori T&A finantseerimise rahastamises avalduvad 2-3 aastase nihkega (2a nihke $R^2=0.9517$, 3a nihke $R^2=0.9618$). Ehk siis ressursid, mida investeeritakse Eestis täna avaliku sektori T&A-sse avalduvad 2-3 aasta möödudes publikatsioonide arvu tõusu näol.

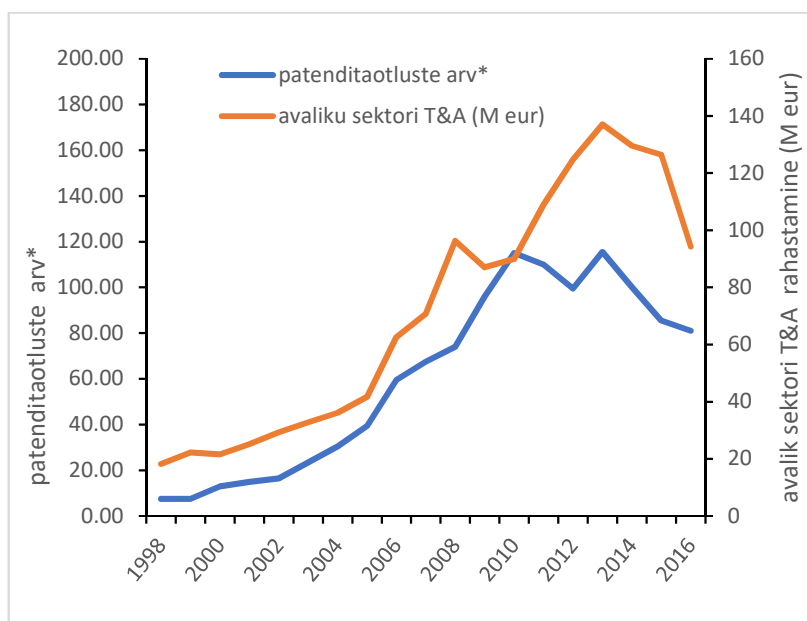


Joonis 13. Eesti tehnoloogiaalaste teaduslikke publikatsioonide arv ja avaliku sektori T&A suurus. Allikas: (ISI Web of Science andmebaas, Eurostat), autori koostatud.

Küllaltki tugev seos avaliku sektori T&A ja publikatsioonide arvu vahel näitab, et Eesti teadusvõimekust piirab pigem rahaliste ressursside vähesus ning rõhutab stabiilse ja kasvava avaliku T&A olulisust innovatsiooni jaoks tugeva baasteadusliku sisendi loomiseks. Euroopa Liidu riike uurides on leitud, et nende peamiseks majanduskasvu

stimuleerivaks faktoriks perioodil 1995-2013 oli just valitsuse T&A investeeringud (Szarowska 2016).

Eesti avaliku T&A suurus avaldab selgelt mõju ka patenteerimise aktiivsusele. Eesti patenditaotluste arv on positiivses korrelatsioonis avaliku sektori T&A tegevusega (periood 1998-2014, $R^2=0.9025$) (Joonis 14). Kusjuures avaliku sektori T&A avaldas mõju patenteerimisele samal ja järgneval aastal, hilisema nihkega muutusid seosed nõrgemaks. 2-3 aastast viivitust T&A investeeringute ja patenteerimise vahel on varem täheldanud ka Potužakova ja Öhm (2018: 184-185).



Joonis 14. Patenditaotluste arv ja avaliku sektori T&A rahastamine Eestis. *et vähendada aastate vahelist kõikumist patenditaotluste arvus (nende vähesuse tõttu) on näitaja puhul võetud selle ja järgmise aasta keskmist. Allikas: (Eurostat, USPTO otsing ICN/EE), autori koostatud.

Tugev seos avaliku sektori T&A ja patenteerimise vahel viitab sellele, et patenteerimiseni jõutakse Eestis pigem alusuuringute käigus, mitte hilisemates innovatsiooni rakendamise faasides nagu tootearendus ettevõtetes. Avaliku sektori T&A tugevam mõju tehnoloogilisele innovatsioonile Euroopa perifeersetes regioonides täheldasid Bilbao-Osorio ja Rodriguez-Pose (2004). Sellist seost võib täheldada ka Eesti puhul ning Eesti kui Euroopa perifeerias asuva väikeriigi tehnoloogiline innovatsioon võib sõltuda suuremal määral avaliku sektori T&A-st. Siinkohal tuleb märkida, et patenditaotlustes on

enamasti kajastatud radikaalsemat tüüpi innovatsioonid, mis ilmselt on juba oma olemuselt suuremal määral seotud baasteadusega.

2.4. Tehnoloogilise innovatsiooni ja baasteaduse seose empiiriline analüüs Eesti biotehnoloogia sektori näitel

Patente vaadeldakse kui tehnoloogilise innovatsiooni materialiseerimise vahendeid. Seetõttu hinnatakse tihti nende kaudu tehnoloogilist arengut ja innovatsiooni. Teaduslikke publikatsioone kasutatakse aga teadlaste poolt uuringute tulemuste avalikustamiseks. Publikatsioonidest on saanud oluline baasteaduse edukuse mõõdupuu.

Neid kahte näitajat on iseloomustatud eraldi eelnevates peatükkides, siin aga tuuakse välja nende vaheline seos Eesti biotehnoloogia sektori näitel. Selle seose kaudu on plaanitud iseloomustada baasteaduse panust tehnoloogilisse innovatsiooni Eesti biotehnoloogia sektoris.

Lisaks leiutise kirjeldusele sisaldavad patendid viiteid eelnevale teadmisele (*prior art*), et tõestada uue leiutise uudsust ja leiutustaset. Patendi viited sisaldavad enamasti viiteid eelnevatele patentidele, patenditaotlustele ja teaduskirjandusele. Bibliomeetrilist patendi viidete analüüsi on kasutatud baasuuringute ja tehnoloogilise innovatsiooni vahelise seose kirjeldamiseks alates 1980.

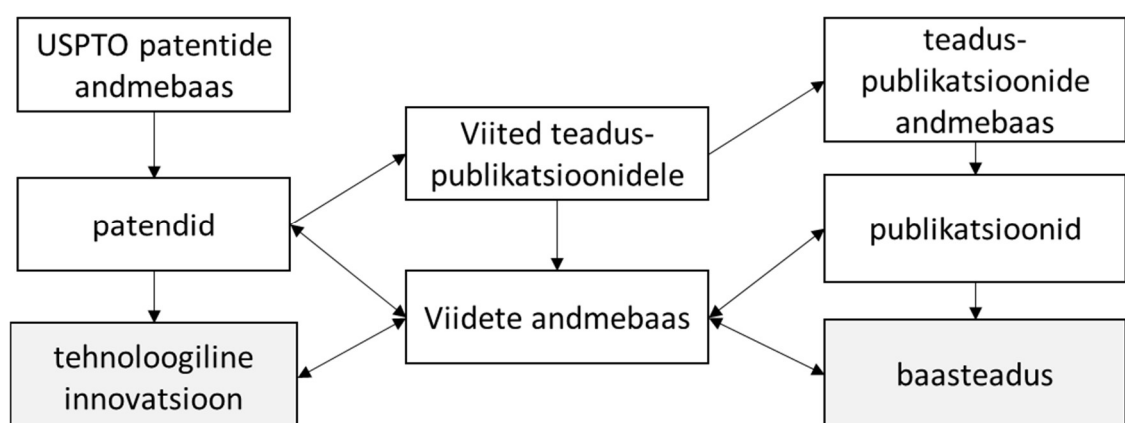
Patendi viidete hulk ja struktuur sõltub valdkonnast. Biotehnoloogia, meditsiini ja ravimite valdkonna patentide viited on suurel määral teaduspublikatsioonid eelretsenseeritud ajakirjadest, ning viidete arv ühe patendi kohta on suhteliselt kõrge (Zhao, Lei 2013: 717; Narin *et al.* 1997: 320). Narin *et al.* uurisid 1993-1994 USA patentide viiteid ja leidsid, et 73% nendest on viited avaliku sektori baasteadusele (44% USA päritolu ja 29% teiste riikide baasteaduse publikatsioonidele) (Narin *et al.* 1997: 328). Avaliku sektori teaduspublikatsioonidele viidete arv erines valdkonniti, moodustades 79% meditsiini ja ravimite valdkonna patentides, 76% keemia ja 49% elektriliste komponentide patentides, viidates valdkonnast sõltuvale avaliku sektori teaduse panusele (Narin *et al.* 1997: 328). Madalamat teaduspublikatsioonide viidete arvu patendi kohta on täheldanud ka keemia (keskmiselt 1.67 viidet patendi kohta),

arvutiteaduse ja ITK (0.19) ning mehhaanika (0.2) valdkondades Hiina patente uurides (Wen 2011, viidatud Zhao, Lei 2013: 717 vahendusel). Samal ajal kui Hiina biotehnoloogia valdkonna patentides on keskmiselt 5.17 viidet teaduspublikatsioonidele ühe patendi kohta (Zhao, Lei 2013: 717).

Analüüsiks valiti just biotehnoloogia valdkonna, sest see toetub suuremal määral baasteadusele ning selle majandusvaldkonna areng sõltub olulisel määral avaliku sektori panusest. Lisaks on biotehnoloogia olnud Eesti majanduspoliitika üks prioriteetsemaid valdkondi ning selle edendamiseks on suunatud mitmed programmid. Mets *et al.* (2015) leidsid, et Eesti leiutajate patendidokumentide koguarv ja ka mõjukus on kõrgeim just biotehnoloogia ja meditsiini valdkonnas (Mets *et al.* 2015: 45,46). Lisaks on biomeditsiini sektorile iseloomulik, et innovatsioon selles sõltub suuremal ja otsesemal määral ülikooli teadusuuringutest (Mowery, Sampat 2005: 116).

Analüüsi teoreetiline raamistik

Bibliograafiliseks analüüsiks kasutati USA patente andmebaasi - USPTO. Eesti patente otsinguks kasutati ICN (leiutaja päritolumaa) laiendit „EE“. Biotehnoloogia patente otsinguks kasutati rahvusvahelist klassifikatsiooni (IPC – *international patent classification*) koode vastavalt Eurostat soovitusel (Lisa 1). Otsing teostati märtsis 2019. Teaduspublikatsioonide andmebaasidena kasutati ISI Web of Science platformi (Thompson grupp).



Joonis 15. Tehnoloogilise innovatsiooni ja baasuuringute vahelise seose teoreetiline raamistik (autori koostatud Zhao, Lei 2013: 717 alusel).

Viidete andmebaasil teostatiti järgnevad analüüsid:

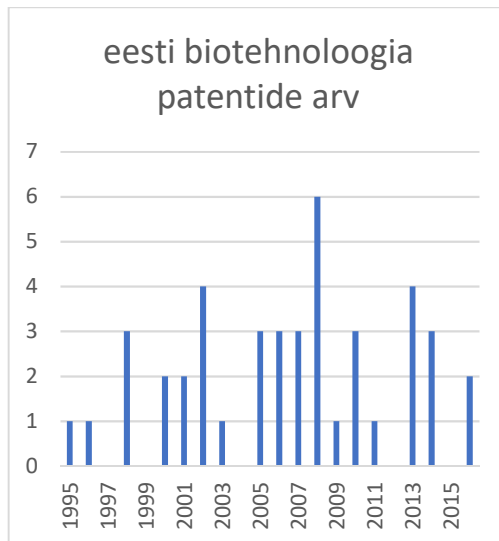
- (i) Baasteaduse ja tehnoloogilise innovatsiooni vahelise seose analüüs – seost iseloomustati keskmise teaduspublikatsioonide viidete arvuna patendi kohta ning teaduspublikatsioonide osakaaluna kõikidest patendi viidetest. Saadud keskmine viidete arv näitab, millisel määral tehnoloogiline innovatsioon sõltub selles valdkonnas baasteadusest.
- (ii) Teadmuse ülekande aja analüüs – teadmuse ülekande kiirust defineeriti kui ajalist vahet patenditaotluse sisseandmise aasta ja viidete publitseerimise aasta vahel. See aeg iseloomustab teadmiste ülekande kiirust baasteadusest tehnoloogilisse innovatsiooni. Et patendile lisatakse viiteid ka peale taotluse sisseandmist (näiteks eksamineerija poolt revideerimise käigus), siis osade viidete puhul oli ülekandeaeg negatiivne, st viited olid publitseeritud peale patenditaotluse sisseandmist (2.6% kõikidest viidetest). Analüüsil võrdsustati nende viidete puhul ajalist vahet 0-ga.
- (iii) Viiteid publitseerinud institutsiooni päritolumaa analüüs – analüüsiks selekteeriti eksamineerija poolt patenditaotlusele lisatud viited, et tagada viitamise erapooletust ning välistada andmete kallutatust autorite iseenda töödele viitamise tõttu (teaduses üsna levinud praktika). Viidete geograafilise jagunemise analüüs näitab, kui suurel määral tugineb Eesti biotehnoloogia teiste riikide baasteadusele ja iseloomustab riigi iseseisvust innovatsiooni läbiviimisel.

Analüüsi tulemused

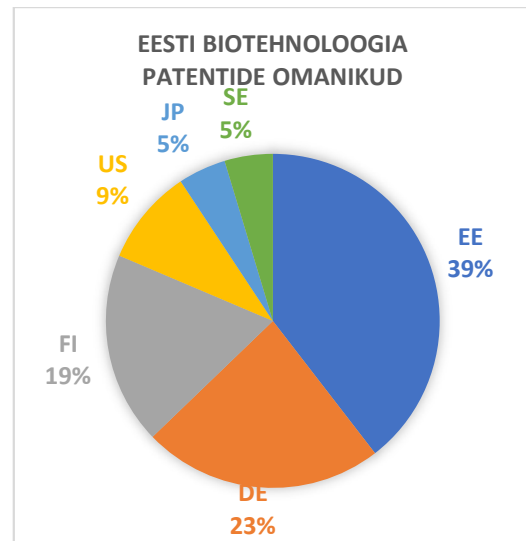
Kokku tuvastati USPTO andmebaasis 43 Eesti biotehnoloogia patenti taotluse sisseandmise aastatega 1995-2016 (Joonis 16.A.). 39% patentidest (17 patenti) oli Eesti ettevõtete omanduses, 61% (26 patenti) kuulusid Saksamaa, Soome, Rootsi, USA või Jaapani ettevõtetele (Joonis 16.B). Jaotus Eesti ja välisomanike vahel biotehnoloogia sektori patentides on sarnane kõikide Eesti patentide omaga (Joonis 11). Eesti ettevõtetest omavad biotehnoloogia valdkonna USA patente Icosagen Gruppi ettevõtted (4 patenti), Vähiuuringute Tehnoloogia Arenduskeskuse suurim osanik IBCC Holding AS (2 patenti), Solis Biodyne OÜ (1), Protobios OÜ (1), Cellin Technologies OÜ (1), Nartest AS (1) ning AS Laser Diagnostic Instruments (1). 4 patenti kuuluvad Tartu Ülikoolile ja

2 Eesti Biokeskusele. Seega üsna oluline osa biotehnoloogia patentidest kuulub Eestis avalikkele asutustele (35%).

A.



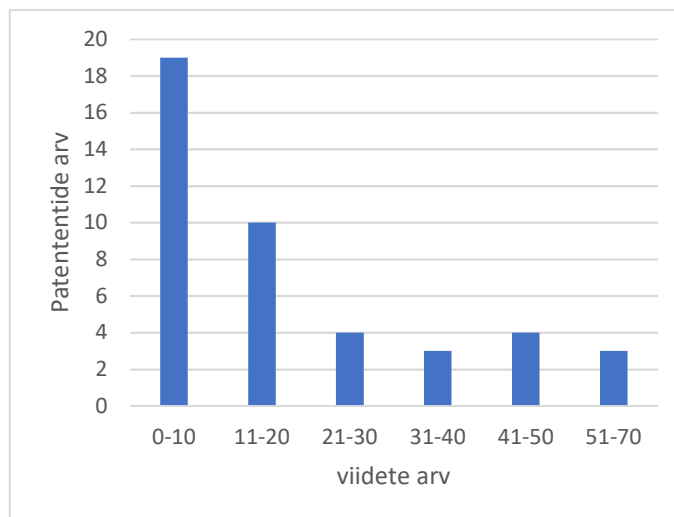
B.



Joonis 16. Eesti biotehnoloogia patende arv ja omanikud (EE – Eesti, DE – Saksamaa, FI – Soome, US – Ameerika Ühendriigid, JP – Jaapan, SE – Rootsi). Allikas: (USPTO), autori koostatud.

(i) Baasteaduse ja innovatsiooni vahelise seose analüüs Eesti biotehnoloogia sektoris.

43. Eesti biotehnoloogia patendil oli 858 viidet, millest 756 viidet (88%) olid teaduslikele publikatsioonidele. Kõige rohkem oli patente 0-10 teaduspublikatsiooni viitega, suuruselt teisel kohal on 11-20 viitega patentide grupp (Joonis 17). Keskmine viidete arv patendi kohta oli 17.6, mis viitab Eesti biotehnoloogia patentide väga suurele seotusele baasteadusega. Biotehnoloogia valdkonna suuremat seotust baasteadusega täheldasid ka Narin ja Noma (1984) ning Guan ja He (2007). Hiina biotehnoloogia patentide analüüs näitas 5.17 teaduspublikatsiooni viidet patendi kohta (Zhao, Lei 2013: 717). Seega Eesti biotehnoloogia sektor toetub baasteadusele suuremal määral kui Hiina biotehnoloogia sektor.

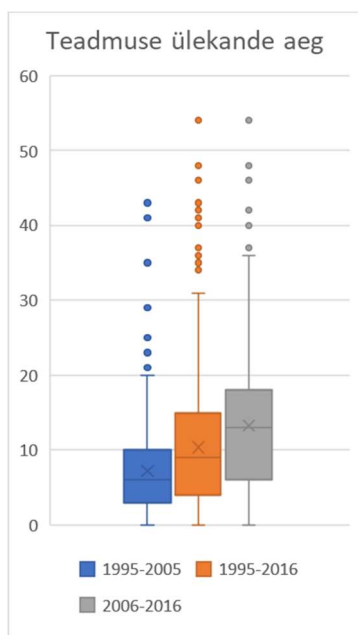
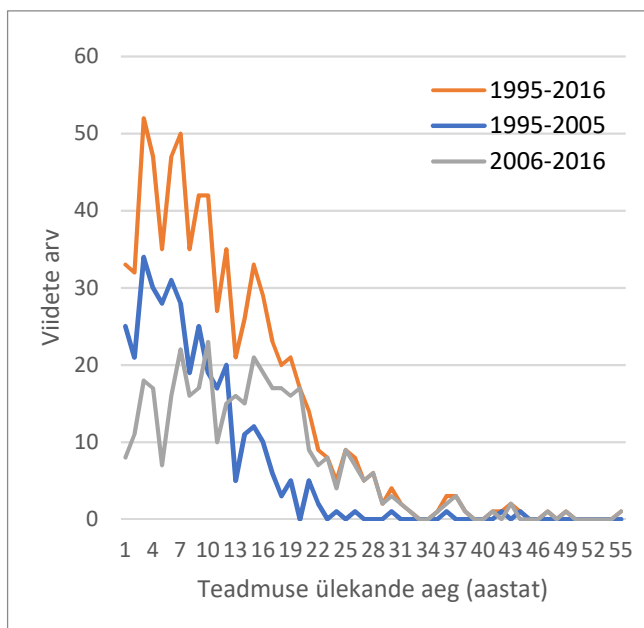


Joonis 17. Eesti biotehnoloogia valdkonna patentide teaduspublikatsioonide viidete arv. Allikas: (USPTO), autori koostatud.

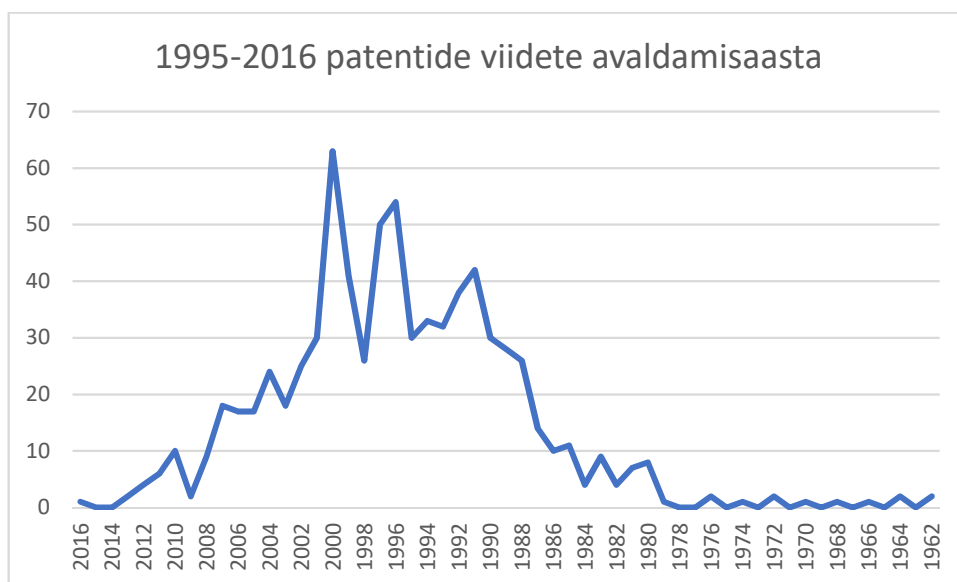
(ii) Teadmuse ülekande kiiruse analüüs Eesti biotehnoloogia sektoris

Teadmuse ülekande aja hindamiseks baasteadusest tehnoloogilisse innovatsiooni arvutati keskmine ajaline vahe patentide taotluse sisseandmise ja selle viidete vahel. Keskmiseks teadmuse ülekande ajaks Eesti biotehnoloogia sektoris on 10.4 aastat (mediaanväärtus 9 aastat) (Joonis 18.A). See on kooskõlas eelnevate uuringute andmetega, kus Hiina biotehnoloogia sektoris on hinnanguliseks keskmiseks teadmuse ülekande ajaks 8 aastat peale patendi väljaandmist (Zhao, Lei 2013: 719). Gersbach *et al.* (2018) andmetel kulub aga teadusavastuse viimiseks kommertsiaalse tooteni 11 aastat (*Ibid*: 448).

Edasi jagati patendid kahte gruppi 1995-2005 aastatel sisseantud patendid ja 2006-2016 aastatel sisseantud patendid, et uurida teadmuse ülekande aja erinevust ajas. Huvitaval kombel oli vanematel patentidel lühem teadmuse ülekande aeg (1995-2005 patentide keskmine 7.2 aastat, mediaan 6 aastat; 2006-2016 patentide keskmine 13.3 aastat, mediaan 13 aastat) (Joonis 18.A). Kuigi hilisematel patentidel on teadmuse keskmine ülekande aeg pikem, on graafikult näha, et nad toetuvad võrdsel määral nii hiljutistele kui 20 aasta vanustele avastustele (Joonis 18.B). See toetab jällegi pikaajalise ja stabiilselt täieneva avaliku teadmuse kogumi olulisust tehnoloogilise innovatsiooni seisukohast.

A.**B.**

Joonis 18. Eesti biotehnoloogia patentide ja viidete ajaline vahe, teadmuse ülekande kiirus Eesti biotehnoloogias. Grupid: 1995-2005 aastatel sisseantud patentid, 1995-2016 aastatel sisseantud patentid, 2006-2016 aastatel sisseantud patentid. Allikas: (USPTO, ISI Web Of Science), autori koostatud.

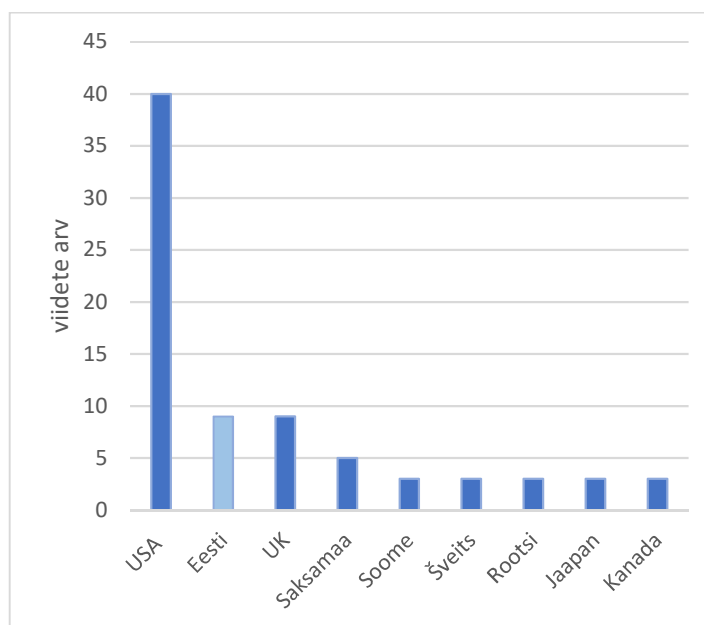


Joonis 19. 1995-2016 Eesti biotehnoloogia patentide viidete avaldamisaastad (autori koostatud).

Kõige sagedamini tsiteeritavateks töödeks eesti biotehnoloogia patentides on 1990-2000 vahemikus avaldatud artiklid (mediaan 1993; Joonis 19). See võib viidata sellele, et selles ajavahemikus tehti biotehnoloogias enim läbimurdvaid avastusi, nagu eukarüootse genoomi sekveneerimine, geeniteraapia, imetajaorganismi kloonimine ja esimene biosünteesilise raja modifikatsioon riisi taimes beeta karoteeni tootmiseks (sünteesilise bioloogia algus). Huvitav oleks võrrelda neid andmeid teiste riikidega, et aru saada, kas tegemist on Eesti eripäraga või üldise trendiga biotehnoloogias.

(iii) Viidete geograafilise päritolu analüüs

Viidete päritolumaa analüüsiks selekteeriti 88 eksamineerija poolt lisatud viidet Eesti biotehnoloogia patentides (22 patenti). Viidete geograafilise päritolu analüüs näitas, et Eesti biotehnoloogia innovatsioon toetub suurel määral USA baasteadusele (Joonis 20). Selline tulemus ei ole ootamatu arvestades USA riigi suurust, väga tugevat reputatsiooni baasteaduse alal ja tunnustatud tehnoloogilise innovatsiooni liidri positsiooni. Eesti päritolu viited aga on teisel kohal (Joonis 20), mis on märkimisväärne arvestades Eesti riigi väiksust ning viitab Eesti biotehnoloogia sektori tugevale sõltuvusele kohalikust baasteadusest.



Joonis 20. Eesti biotehnoloogia patentide eksamineerija poolt tsiteeritud viidete päritolumaa analüüs, näidatud on ≥ 3 viidet omavad riigid (autori koostatud).

Huvitav on see, et Eesti biotehnoloogia sektori viidete päritolumaa analüüsi tulemused on väga sarnased Zhao ja Lei poolt teostatud Hiina biotehnoloogia sektori viidete analüüsile, kus esimesel kohal olevale USA-le järgneb samuti UK, Saksamaa, Kanada, Šveits jt (Zhao, Lei 2013: 719). Nende riikide proportsionaalne panus Eesti ja Hiina biotehnoloogia innovatsiooni on samuti väga sarnane, mis viitab nende üldisele tugevale biotehnoloogia baasteaduse tasemele. Ka Lo (2010) leidis, et USA baasteaduse panus geenitehnoloogia alasesse innovatsiooni on suurim (Lo 2010: 117).

Analüüs kinnitab ka teiste uurijate poolt näidatud geograafilise positsiooni olulisust teadmuse leviku seisukohast. Eesti patentide viidetes on olulisel kohal Rootsi ja Soome baasteadus, samal ajal kui Hiina patentides oluliselt tugevam roll Jaapani baasteadusel (Zhao, Lei 2013: 719). Ka teised uurijad on täheldanud, et väiksem geograafiline distants suurendab viitamise tõenäosust ehk siis geograafiline lähedus suurendab tõenäosust teadmuse ülekande toimumiseks (Criscuolo, Verspagen 2008:1903). Ka Fisher *et al.* (2009) näevad suurt kalduvust teadmuse lokaalseks levikuks nii riiklikul kui ka regionaalsel tasandil. Sealjuures Eestile kõige lähemad tehnoloogilise patenteerimise mõjukaimad regioonid on Uusimaa (Soome) ja Stockholm (Rootsi) (Fischer *et al.* 2009: 335). Teaduspublikatsioonide autorite koosseisu uurides näitas Hirv (2019), et Eesti teeb kõige rohkem koostööd Soome ja Rootsi, eriti loodusteaduste ja tervishoiu valdkondades.

Kokkuvõtteks kinnitas bibliograafiline analüüs biotehnoloogia valdkonna tugevat seost baasteadusega ja näitas, et Eesti biotehnoloogias on teadmuse ülekande ajaks baasteadusest rakendusse keskmiselt 9 aastat. Samuti näitas analüüs, et tehnoloogiline innovatsioon Eesti biotehnoloogia valdkonnas toetub väga suurel määral kohalikule baasteadusele.

Kokkuvõte

Baasteadus loob avalikku teadmiste kogumit, mida erasektor saab kasutada ettevõttesiseseks T&A tegevuseks innovaatiliste toodete/teenuste välja arendamiseks ja turustamiseks. Seega baasteadusel on oluline roll innovatsiooni ja majanduskasvu seisukohast. Et baasteaduse tulemusena toodetud teadmus on avalik kaup, siis selle finantseerimise eest vastutab suures osas riik.

Konkurents avaliku rahastuse peale on suur ning kuigi baasteaduse finantseerimise vajalikkuses oldakse ühel nõul, siis riikide panus T&A-sse on väga erinev. Eestis ja Euroopa riikides üleüldiselt on T&A tegevusel oluliselt suurem rõhk baas- ja rakendusteadusel kui tootearendusel. T&A finantseerimisse panustab Eestis 45% ulatuses avalik sektor. Eesti avalikul sektoril on oluline roll nii T&A finantseerija kui ka teostajana. Suuremat kõrgharidussektori panust rakendusuuringutesse on perifeersetes regioonides asuvate riikide puhul täheldatud ka varem (Bilbao-Osorio, Rodríguez-Pose 2004: 452). Seega Eestis on ülikoolide roll T&A-s oluliselt laiem kui puhtal kujul baasteadusuuringutele keskendumine.

Eesti avaliku sektori T&A kulutused on 1998-2016 perioodil kasvanud u 10% aastas. Avaliku sektori T&A kulutuste stabiilne kasv mõjus positiivselt ka erasektori T&A-le, mis kasvas samal perioodil 20% aastas. Sellega toetavad Eesti andmed teiste uurijate poolt täheldatud avaliku sektori T&A stimuleerivat mõju erasektori T&A-le (Jaffe 1989: 968; Voutsinas *et al.* 2018: 168; Archibugi, Filippetti 2018).

Stabiilselt kasvavad Eesti T&A kulutused on positiivselt mõjutanud ka innovatsiooninäitajaid. Tehnoloogialaste teaduslike publikatsioonide arv suurenes 1998-2016 perioodil 3.5 korda. Patentide taotluste arvukuses on tõus olnud veelgi märkimisväärsem kasvades enam kui 10 korda. Mõlema näitaja kasv on tugevas

korrelatsioonis Eesti avaliku sektori T&A kulutuste kasvuga, mis võiks viidata avaliku sektori T&A kulutuste stimuleerivale mõjule lisaks Eesti baasteaduslikele tulemustele ka tehnoloogilisele innovatsioonile.

Eesti leiutajate patendid on ainult 27% ulatuses Eesti ettevõtete omanduses. Väikeriigina müüb Eesti suurema osa oma leiutistest välja. Samas on Eesti ettevõtete omanduses olevad leiutised 86% ulatuses Eesti päritolu. See viitab sellele, et Eesti kõrgtehnoloogiline ettevõtetus toetub väga suurel määral kohalikule intellektuaalomandile.

Eesti biotehnoloogia patentide viidete bibliograafiline analüüs näitas selle sektori tugevat seost baasteadusega. Teadmuse ülekande aeg baasteadusest innovatsiooni on Eesti biotehnoloogias keskmiselt 9 aastat. Viidete päritolumaa analüüs näitas, et Eesti biotehnoloogia toetub olulisel määral Eesti baasteadusele. Seega Eesti investeeringud baasteadusesse on vajalikud Eesti kõrgtehnoloogiliste valdkondade innovatsiooni jaoks nagu biotehnoloogia.

Viidatud allikad

- Allik, J.** (2015). Progress in Estonian science viewed through bibliometric indicators (2004–2014). – Proceedings of the Estonian Academy of Sciences 64(2), 125–126.
- Antonelli, C.** (2005). Models of knowledge and systems of governance. J. Inst. Econ. 1, 51–73.
- Archibugi, D. ja Filippetti, A** (2018). The retreat of public research and its adverse consequences on innovation. Technological Forecasting and Social Change. Volume: 127, Pages: 97-111, Published: FEB 2018
- Arrow, K.** (1962). Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention, in: Nelson, R.R. (Ed). The Rate and Direction of Inventive Activity. Princeton University Press, Princeton, pp. 609–625.
- Arundel, A.** (2001). The relative effectiveness of patents and secrecy for appropriation. Res. Policy 30, 611–624.
- Bacchiocchi, E., F. Montobbio.** (2009). Knowledge diffusion from university and public research. A comparison between US, Japan and Europe using patent citations. Journal of Technology Transfer 34, 169–181.
- Balconi, M., Brusoni, S., Orsenigo, L.** (2010). In defence of the linear model: an essay. Res. Policy 39, 1–13.
- Bilbao-Osorio, B. and Rodríguez-Pose, A.** (2004). From R&D to Innovation and Economic Growth in the EU. Growth and Change, 2004, vol. 35, issue 4, 434-455

- Callon, M.**, (1994). Is science a public good? *Science, Technology and Human Values* 19, 345–424.
- Caraca, J.**, Lundvall, B.A., Mendonca, S (2009). The changing role of science in the innovation process: From Queen to Cinderella? *Technological Forecasting and Social Change*. Volume: 76, Issue: 6, Pages: 861-867
- Coe, D.**, Helpman, E., & Hoffmaister, A. (2009). International R&D spillovers and institutions. *European Economic Review*, 53(7), 723–741.
- Cohen, W.M.**, Nelson, R.R., Walsh, J.P. (2000). Protecting their intellectual assets: appropriability conditions and why US manufacturing firms patent (or not). In: National Bureau of Economic Research, (Working Paper No. 7552), Cambridge (MA).
- Collins, P.**, Wyatt, S. (1988). Citations in patents to the basic research literature. *Research Policy* 17, 65–74.
- Viidatud Criscuolo, P.**, B. Verspagen. (2008). Does it matter where patent citations come from? Inventor vs. examiner citations in European patents. – *Research Policy* 37, 1892–1908. vahendusel.
- Conceicao, P.**, Heitor, M.V., Sirilli, G., Wilson, R.(2004). The ‘Swing of Pendulum’ from public to market support for science and technology: is the U.S. leading the way? *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 71, 553–578.
- Cornell University, INSEAD, and WIPO** (2018). *The Global Innovation Index 2018: Energizing the World with Innovation*. Ithaca, Fontainebleau, and Geneva. ISSN 2263-3993. ISBN 979-10-95870-09-8
- Cowan, R.**, David, P.A., Foray, D., 2000. The explicit economics of knowledge. Codification and tacitness. *Ind. Corp. Chang.* 9, 212–253.
- Criscuolo, P.**, B. Verspagen. (2008). Does it matter where patent citations come from? Inventor vs. examiner citations in European patents. *Research Policy* 37, 1892–1908.

- D'Este, P., Guy, F., Iammarino, S.**(2012). Shaping the formation of university–industry research collaborations: what type of proximity does really matter? *J. Econ. Geogr.* 13, 537–558.
- Ejeremo, O., Kander, A.** (2005). The Swedish Paradox: Myth or Reality? Seminar at CIRCLE October 26th 2005.
- Elk, R., Bas ter Weel, Karen van der Wiel, Bram Wouterse** (2019). Estimating the Returns to Public R&D Investments: Evidence from Production Function Models. *De Economist*. March 2019, Volume 167, Issue 1, pp 45–87
- Etzkowit, H., Leydesdorff, L.** (2000). The Dynamics of Innovation: From National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of University-Industry-Government Relations. *Research Policy*, 29(2), 109-123.
- Filippetti, A., Savona, M.** (2017). University-industry linkages and academic engagements: individual behaviours and firms' barriers. Introduction to the special section. *JOURNAL OF TECHNOLOGY TRANSFER*, Volume: 42, Issue: 4, Pages: 719-729, Published: AUG 2017
- Fischer, M.M., T. Scherngell, E. Jansenberger.** (2009). Patents, Patent Citations and the Geography of Knowledge Spillovers in Europe. – Charlie Karlsson, et al. (Toim). *New Directions in Regional Economic Development*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 331-345.
- Gersbach, H., Sorgerb, G., Amonc, C** (2018). Hierarchical growth: Basic and applied research. *Journal of Economic Dynamics & Control* 90 (2018) 434–459
- Gillies, D.** (2015). Serendipity and chance in scientific discovery. In: Archibugi, D., Filippetti, A. (Eds.), *The Handbook of Global Science, Technology, and Innovation*. Wiley Blackwell, Oxford, pp. 525–539.
- Godin, B.** (2006). The linear model of innovation. *Sci. Technol. Hum. Values* 31, 639–667.

- Guan, J.** and He, Y. (2007). Patent-bibliometric analysis on the Chinese science–technology linkages. *Scientometrics*, 72, 403–425.
- Hirv, T.** (2019). Research Consortia Determine a Significant Part of the Bibliometric Visibility of Estonian Science. *Trames A Journal of the Humanities and Social Sciences*. Artikkel võetud vastu publitseerimiseks.
- Hsu, D.W.L.,** Shen, Y.-C., Yuan, B.J.C., Chou, C.J. (2015). Toward successful commercialization of university technology: performance drivers of university technology transfer in Taiwan. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 92, 25–39.
- Jaffe, A.,** (1989). Real effects of academic research. *American Economic Review* 79, 957–970.
- Karki, M.M.S.** (1998). Patent Citation Analysis: A Policy Analysis Tool. – *World Patent Information* 19(4), 269-212. Viidatud Mets, T., Kelli, A., Mets, A. (2015). Intellektuaalomandi (IO) protsesside süvaanalüüs, seire meetodika testimine ja analüüs ning Eestile sobivate IO poliitikasoovituste kujundamine. – TIPS uuringu 1.2 lõppraport vahendusel.
- Khan, M., & Luintel, K. B.** (2006). Sources of knowledge and productivity: How robust is the relationship? OECD Science, Technology and Industry working papers no. 2006/06. Paris: OECD.
- Kline, S.,** Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. In R. Landau & N. Rosenberg (Eds.), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington: National Academy Press.
- Kokko, A.,** Tingvall, P. G., Videnord, J. (2015). The growth effects of R&D spending in the EU: A meta-analysis. *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal* 1864-6042, Vol. 9, 2015-40, p1-26
- Lawton Smith, H.,** Bagchi-Sen, S. (2010). Triple helix and regional development: a perspective from Oxfordshire in the UK. *Tech. Anal. Strat. Manag.* 22, 805–818.

- Leydesdorff, L., Etzkowitz, H.** Emergence of a Triple Helix of university-industry-government relations. Conference report. *Science and Public Policy*, volume 23, number 5, October 1996, pages 279-286, Beech Tree Publishing, 10 Watford Close, Guildford, Surrey GU1 2EP, England.
- Leydesdorff, L.** (2012). The Triple Helix, Quadruple Helix, ..., and an N-Tuple of Helices: Explanatory Models for Analyzing the Knowledge-Based Economy? *Journal of the Knowledge Economy*. March 2012, Volume 3, Issue 1, pp 25–35
- Lo, S. C. S.** (2010). Scientific linkage of science research and technology development: a case of genetic engineering research. *Scientometrics*, 1, 109–120.
- Mazzucato, M.** (2013). *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths*. Anthem Press, London.
- Mets, T., Kelli, A., Mets, A.** (2015). Intellektuaalomandi (IO) protsesside süvaanalüüs, seire meetodika testimine ja analüüs ning Eestile sobivate IO poliitikasoovituste kujundamine. – TIPS uuringu 1.2 lõppraport. – <http://www.tips.ut.ee/index.php?module=32&op=1&id=3687>
- Meyer, M.** (2000). Does science push technology? Patents citing scientific literature. *Res. Policy*, 2000, 29, 409–434.
- Mowery, D., B. N. Sampat.** (2005). The Bayh-Dole Act of 1980 and university-industry technology transfer: A model for other OECD governments? – *Journal of Technology Transfer* 30, 115–127.
- Narin, F., Hamilton, K.S., Olivastro, D.** (1997). The increasing linkage between US technology and public science. *Research Policy*. Volume: 26, Issue: 3, Pages: 317-330. Published: OCT 1997
- Narin, F. and Noma, E.** (1985). Is technology becoming science? *Scientometrics*, 7, 369–381.
- Nelson, R.R.** (1959). The simple economics of basic scientific research. *Journal of Political Economy* 67, 323–348.

- Ostrom, V., Ostrom, E., (1999).** Public goods and public choices. In: McGinnis, M. (Ed.), Polycentricity and Local Public Economies. Readings From the Workshop in Political Theory and Policy Analysis. University of Michigan Press, Ann Arbor, pp. 75–105
- Potužakova, Z., Ohm, J (2018).** R&D Investments, EPO Patent Applications and the Economic Heterogeneity within the EU. Review of Economic Perspectives. Volume: 18, Issue: 2, Pages: 177-191, June 2018.
- Rosenberg, N., Nelson, R.R. (1994).** American universities and technical advance in industry. Research Policy. Volume: 23, Issue: 3, Pages: 323-348, Published: MAY 1994.
- Rosenberg, N. (1992).** Scientific instrumentation and university research. Research Policy 21, 381–390.
- Rosenberg, N., (1990).** Why do firms do basic research with their own money? Research Policy 19, 165–174.
- Rothwell, R. (1994)** "Towards the Fifth-generation Innovation Process", International Marketing Review, Vol. 11 Issue: 1, pp.7-31.
- Salter, A.J., Martin, B.R. (2001).** The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review. Research Policy. Volume: 30, Issue: 3, Pages: 509-532, Published: MAR 2001.
- Sapsalis, E., B. van Pottelsberghe de la Potterie, R. Navon. (2006).** Academic versus industry patenting: An in-depth analysis of what determines patent value. Research policy 35(10), 1631-1645.
- Senker, J. (1995).** Tacit knowledge and models of innovation. Industrial and Corporate Change 4 Ž2., 425–447.
- Szarowska, I. (2016).** Impact of public R&D expenditure on economic growth in selected EU countries. 9th International Scientific Conference “Business and Management 2016”, May 12–13, 2016, Article Number: UNSP bm.2016.16.

- Tijssen, R.** (2002). Science dependence of technologies: evidence from inventions and their inventors. *Res. Policy*, 2002, 31, 509–526.
- Tussen, R. J. W., Buter, R. K., van Leeuwen, Th. N.** (2000). Technological Relevance of Science: An Assessment of Citation Linkages between Patents and Research Papers. *Scientometrics*. February 2000, Volume 47, Issue 2, pp 389–412.
- Tushman, M.L., Moore W.L.** (1982). Reading in the management of innovation. *Research management*. Volume: 25, Issue: 4, Pages: 42-42. Viidatud Kline, S., Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. In R. Landau & N. Rosenberg (Eds.), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington: National Academy Press vahendusel.
- Ukrainski, K., Tammeaid, I., Timpmann, K., Kanep, H., Varblane, U.** (2019) Eesti arengumudeli muutmiseks tuleb muuta stiimuleid. *Riigikogu toimetised* 37/2018.
- Voutsinas, I., Tsamadias, C., Carayannis, E., Staikouras, C.** (2018). Does research and development expenditure impact innovation? theory, policy and practice insights from the Greek experience. *Journal of Technology Transfer*. Volume: 43, Issue: 1, Pages: 159-171. Published: FEB 2018
- Wen, X. F.** (2011). Analysis of scientific linkage of China's basic research and technology innovation based on patent citation. *Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing*, 2011. Viidatud Zhao, Z.Y., Lei, X.P. (2013) vahendusel.
- Zhao, Z.Y., Lei, X.P.** (2013). Empirical analysis of the relationship between technology innovation and basic research. *Current science*. Volume: 104, Issue: 6, Pages: 714-720. Published: MAR 25 2013.

Lisad

Lisa 1. Biotehnoloogia patentide rahvusvahelise klassifikatsiooni (IPC) koodid

IPC kood	Definitsioon (inglise keeles)
A01H 1/00	Processes for modifying genotypes
A01H 4/00	Plant reproduction by tissue culture techniques
A61K 38/00	Medicinal preparations containing peptides
A61K 39/00	Medicinal preparations containing antigens or antibodies
A61K 48/00	Medicinal preparations containing genetic material which is inserted into cells of the living body to treat genetic diseases; Gene therapy
C02F 3/34	Biological treatment of water, waste water, or sewage: characterised by the microorganisms used
C40B 40/00 -50/18	Libraries per se, e.g. arrays, mixtures, methods of creating libraries, e.g. combinatorial synthesis
C40B 70/00 - 80/00	Tags or labels specially adapted for combinatorial chemistry or libraries, e.g. fluorescent tags or bar codes, Linkers or spacers specially adapted for combinatorial chemistry or libraries, e.g. traceless linkers or safety-catch linkers
C40B 10/00	Directed molecular evolution of macromolecules, e.g. RNA, DNA or proteins
C12N	Micro-organisms or enzymes; compositions thereof propagating, preserving, or maintaining micro-organisms; mutation or genetic engineering; culture media
C12P	Fermentation or enzyme-using processes to synthesise a desired chemical compound or composition or to separate optical isomers from a racemic mixture
C12Q	Measuring or testing processes involving enzymes or micro-organisms; compositions or test papers therefor; processes of preparing such compositions; condition-responsive control in microbiological or enzymological processes
C12S	Processes using enzymes or micro-organisms to liberate, separate or purify a pre-existing compound or composition processes using enzymes or micro-organisms to treat textiles or to clean solid surfaces of materials
G01N 27/327	Investigating or analysing materials by the use of electric, electro-chemical, or magnetic means: biochemical electrodes
G01N 33/53*	Investigating or analysing materials by specific methods not covered by the preceding groups: immunoassay; biospecific binding assay; materials therefore
G01N 33/54*	Investigating or analysing materials by specific methods not covered by the preceding groups: double or second antibody: with steric inhibition or signal modification: with an insoluble carrier for immobilising immunochemicals: the carrier being

	organic: synthetic resin: as water suspendable particles: with antigen or antibody attached to the carrier via a bridging agent: Carbohydrates: with antigen or antibody entrapped within the carrier
G01N 33/55*	Investigating or analysing materials by specific methods not covered by the preceding groups: the carrier being inorganic: Glass or silica: Metal or metal coated: the carrier being a biological cell or cell fragment: Red blood cell: Fixed or stabilised red blood cell: using kinetic measurement: using diffusion or migration of antigen or antibody: through a gel
G01N 33/57*	Investigating or analysing materials by specific methods not covered by the preceding groups: for venereal disease: for enzymes or isoenzymes: for cancer: for hepatitis: involving monoclonal antibodies: involving limulus lysate
G01N 33/68	Investigating or analysing materials by specific methods not covered by the preceding groups: involving proteins, peptides or amino acids
G01N 33/74	Investigating or analysing materials by specific methods not covered by the preceding groups: involving hormones
G01N 33/76	Investigating or analysing materials by specific methods not covered by the preceding groups: human chorionic gonadotropin
G01N 33/78	Investigating or analysing materials by specific methods not covered by the preceding groups: thyroid gland hormones
G01N 33/88	Investigating or analysing materials by specific methods not covered by the preceding groups: involving prostaglandins
G01N 33/92	Investigating or analysing materials by specific methods not covered by the preceding groups: involving lipids, e.g. cholesterol

* allikas Eurostat, 2009.

SUMMARY

THE ROLE OF BASIC RESEARCH FOR TECHNOLOGICAL INNOVATION IN ESTONIA

Katrin Krõlov

Basic research is a scientific activity with unpredicted outcome that is mainly driven by scientist's curiosity rather than potential commercial applicability. Due to uncertainty, indivisibility and inappropriability of the basic science outcomes, private sector is not attracted to significant investments in this research and development (R&D) area. Thus, historically public sector has taken the lead in both funding as well as performing basic research.

Increasing the pool of publicly available knowledge is one of the main economic benefit of basic research. Because of its public nature, results of the basic science are widely disseminated using peer-reviewed international publication. According to Kline and Rosenberg (1986), the pool of knowledge created by basic research offers support for different stages of the innovative activities of the private sector. Thus, basic science provides an important input for innovation thereby significantly contributing to the economic growth.

High competition for public funding as well as indirect economic and social benefits of basic research has drawn a lot of attention to justification of this spending. In particular because there are substantial differences in R&D funding, structure and performing outcomes among different countries. Several researchers have paid attention to the importance of the socioeconomic and geographical factors for successful innovation by different regions/states.

Current study concentrates on Estonian public R&D effect on countries' innovative outcomes. Estonia is a small country located in the periphery of the European Union. The inevitable question rises concerning its investments in basic science: are they only a contribution to the international public pool of knowledge or do they result in an actual benefit to the innovation activities of the local high-technology sectors.

This work characterises Estonian R&D funding and structure during the period of 1998-2016 establishing the importance of public sector. The overview is given to Estonian patenting and scientific publication activities as important indicators of innovative activities, and effect of public R&D funding to these indicators is studied. Bibliographic analysis of patents references is used to estimate the importance of Estonian basic research for technological innovation in the biotechnology sector.

Significant role of the public sector R&D is seen in Estonia with involvement of the higher education sector with wider range of R&D activities. The stimulating effect of the Estonian public R&D to private R&D, international publication and patenting activities is also observed. High-technology sectors of Estonia largely rely on local inventions while Estonia still exports majority of its inventions abroad. Finally, this work shows high importance of the local basic science for radical innovation in high-technology sectors such as biotechnology.

In conclusion, this work shows public R&D and basic research as important stimuli for innovative activities in Estonia emphasizing the significance of their financing in high-technology sectors such as biotechnology.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Katrin Krõlov,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose,

**BAASTEADUSE FINANTSEERIMISE TÄHTSUS EESTI TEHNOLOOGILISE
INNOVATSIOONI SEISUKOHA**ST,

mille juhendaja on Kadri Ukrainski,

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Katrin Krõlov

23.05.2019