

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
Majandusteaduskond
Majandusanalüüsi ja rahanduse instituut

Sten Raadel

**TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUSELE TEHTUD KULUTUSTE
EFEKTIIVSUS EUROOPA REGIOONIDES**

Magistritöö

Õppekava TAAM, peeriala majandusanalüüs

Juhendaja: Heili Hein, MA

Tallinn 2022

Deklareerin, et olen koostanud töö iseseisvalt ja olen viidanud kõikidele töö koostamisel kasutatud teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele, ning ei ole esitanud sama tööd varasemalt ainepunktide saamiseks. Töö pikkuseks on 10196 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Sten Raadel

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 192453TAAM

Üliõpilase e-posti aadress: sten.raadel@gmail.com

Juhendaja: Heili Hein, MA:

Töö vastab kehtivatele nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri, kuupäev)

SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE	4
SISSEJUHATUS	5
1. TEADUSPROTSESSI EFEKTIIVSUS	7
1.1. Teadus- ja arendustegevuse olemus.....	7
1.2. Teadus- ja arendustegevuse olulisus.....	10
1.3. Teadus- ja arendustegevust pärssivad tegurid	13
1.4. T&A tegevusprotsessi soodustavad tegurid.....	16
1.5. . Varasemad empiirilised uuringud	19
2. METOODIKA JA ANDMED.....	23
2.1. Metoodika	23
2.2. Andmed ja muutujad.....	31
3. ÖKONOMEETRILINE ANALÜÜS JA TULEMUSED	37
KOKKUVÕTE	45
SUMMARY	47
VIIDATUD ALLIKAD	49
LISAD	54
Lisa 1. Lihtlitsents.....	54

LÜHIKOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärk on hinnata, kui efektiivselt kasutavad Euroopa regioonid teadus- ja arendustegevusse suunatud ressursse ning uurida, kuidas on see efektiivsus ajas muutunud. Teadusprotsessi sisendina kasutatakse teadus- ja arendustegevusele tehtud kulutusi ning väljundiks loetakse patenditaotlusi ning tunnustatud teadusajakirjades avaldatud teadusartikleid. Regioonide efektiivsuse hindamiseks kasutatakse andmeraja analüüsi ning selle edasiarendust order-m meetodit ning efektiivsuse dünaamika vaatlemiseks rakendatakse Malmquisti indeksit.

Andmed kogutakse andmebaasidest OECD REGPAT, Web of Science ja Eurostat. Töös eeldatakse, et teadusprotsessi sisendid transformeeritakse väljunditeks kaheaastase viitajaga. Seetõttu on teadusartiklite ja patenditaotluste arvu puhul kasutatud 2016. aasta andmeid ning teadus- ja arendustegevusele tehtud kulutuste puhul on kasutatud 2014. aasta andmeid. Dünaamilise analüüsi jaoks võetakse võrdlusaastateks vastavalt 2004 ja 2002. Valim koosneb Euroopa Liidu territoriaalüksuste liigituse NUTS taseme 2 regioonidest.

Teemakohase teaduskirjandusega tutvumisel leitakse, et efektiivsust hinnatakse üldjuhul andmeraja analüüsi, stohhastilise piiranalüüsi või indeksmeetodite abil. Varasemad empiirilised uuringud on jõudnud erinevate tulemusteni sõltuvalt kasutatud meetodist, perioodist ja valimist. Andmeanalüüsi tulemusena leiab töö autor, et efektiivsemad regioonid paiknevad Lääne- ja Põhja-Euroopas ning vähemefektiivsemad regioonid on Kesk- ja Ida-Euroopas ning Lõuna-Euroopas. Ajalises vaates on keskmine efektiivsustase tõusnud eeskätt Kesk- ja Ida-Euroopas ning Põhjamaades (välja arvatud Taanis); soorituse halvenemisega paistavad silma mitmed Prantsusmaa, Hispaania ja Taani regioonid.

Võtmesõnad: efektiivsus, teadus- ja arendustegevus, andmeraja analüüs

SISSEJUHATUS

Uued teadmised ning nende rakendamine on majandusliku heaolu ja konkurentsivõime kasvatamise seisukohast kriitilise tähtsusega. Kui teadus- ja arendustegevusse (T&A) suunatud ressursse kasutatakse ebaefektiivselt, siis aitavad täiendavad investeeringud vähe kaasa majanduslikule kasvule. Seetõttu on oluline teadusprotsessi efektiivsuse hindamine.

Majanduslik kasv on tuletatud riigi võimest toota kaupu ja teenuseid võrreldes eelnevate perioodidega. Piiratud ressursside kättesaadavus ja kahanev mastaabisääst on rohkem rõhku pannud optimaalsetele lahendustele, mis aitaksid säilitada positiivset kasvu. Endogeenne kasvuteooria rõhutab inimkapitalile ja selle olulisusele majanduslikus kasvus. Teadmiste põhises majanduses on teadus- ja arendustegevusel võtmeroll teadmiste loomisel, levitamisel ja rakendamisel. Teadus- ja arendustegevused võivad erinevate asjaolude tõttu luua sarnaste sisenditega erinevaid väljundeid. (Nieminen, Kaukonen 2001)

Töö eesmärgiks on hinnata, kui efektiivselt kasutavad Euroopa regioonid teadus- ja arendustegevusse suunatud ressursse ning efektiivsushindajate dünaamikat. Töö põhilised uurimisküsimused on järgnevad:

- Milline on teadus- ja arendustegevusele tehtud kulutuste suhteline efektiivsus Euroopa regioonides?
- Kuidas on efektiivsushindamise dünaamika ajas muutunud?

Töö esimene peatükk annab ülevaate teadusprotsessi olemusest, selle võimalikest sisenditest ja väljunditest ning kirjeldab, millised tegurid võiksid teadustegevuse efektiivsust mõjutada. Lisaks antakse ülevaate varasematest empiirilistest uuringutest, kus teadusprotsessi efektiivsust on hinnatud.

Töö teine peatükk tutvustab efektiivsuse analüüsiks kasutatavaid andmeid, meetodikat, lähenemist ja eeldusi. Antud peatükk on olulisel kohal lahti seletamiseks mudeli olemust ning aitab püstitada vajalikud eeldused. Teadusprotsessi sisenditena kasutatakse T&A-le tehtud kulutusi ning teadusprotsessi väljunditeks loetakse teaduspublikatsioonid ning patenditaotlused. Varasemale kirjandusele tuginedes eeldatakse, et sisendite ja väljundite vahel on kaheaastane viitaeg. Andmed võetakse andmebaasidest Eurostat, OECD REGPAT ja Web of Science. Uuritakse T&A

ressursside kasutamise efektiivsust Euroopa regioonides. Regioonide määratlemisel kasutatakse statistiliste territoriaaljaotuste nomenklatuuri NUTS (*nomenclature of territorial units for statistics*, NUTS), täpsemalt kasutatakse NUTS2 taseme regioonide.

Töö kolmandas peatükis viiakse läbi ökonomeetriline analüüs. Regioonide T&A efektiivsuse arvutamiseks rakendatakse nii andmeraja analüüsi (*Data Envelopment Analysis*, DEA) kui ka order-m meetodikat, mis on andmeraja analüüsi edasiarendus. Order-m peamiseks eeliseks on, et lähenemine on erindite ning mõõtmisvigade suhtes vähem tundlik kui DEA. Kasutatakse varieeruva mastaabiefektiga (*variable returns to scale*) DEA mudelit, mis võimaldab võtta arvesse asjaolu, et regioonidel pole oma teadustegevuse mastaapi seoses erineva rahvaarvu ja majanduse suurusega kuigi lihtne muuta; ka order-m eeldab varieeruvat mastaabisäästu. Analüüsi teises etapis kasutatakse Malmquisti indeksi lähenemist, et hinnata efektiivsusmuutusi ajaperioodil 2002–2014 sisendi suhtes ja 2004–2016 väljundite suhtes.

1. TEADUSPROTSESSI EFEKTIIVSUS

Antud peatükk jaotub viite alapeatükki, kus alapeatükk 1.1 kirjeldab teadusressursside kasutamise panust tootlikkusse ning seda, kuidas innovatsioon võib väljenduda nii uute teadmiste hankimisel kui olemasoleva informatsiooni kasutamisel. Alapeatükk 1.2 rõhutab teadus- ja arendustegevuse olulisust ning seda, kuidas seostatakse teadus- ja arendustegevus majandusliku tootlikkusega. Alapeatükk 1.3 toob välja teadus- ja arendustegevust pärssivad tegurid, mis võivad vähendada tegelikku finantseerimist projektidele ning kirjeldab, kui oluline on risk teadus- ja arendusprojektides. 1.4 kujutab teadus- ja arendustegevuse investeeringute soodustavaid tegureid. 1.5 toob välja eelnevad empiirilised uuringud, kus on kasutatud erinevaid meetodeid teadus- ja arendustegevuse efektiivsuse hindamiseks, olulisemad tulemused ja eelnevad efektiivsushinnangud nii eraldiseisvatele institutsioonidele kui tervetele regioonidele või riikidele.

1.1. Teadus- ja arendustegevuse olemus

Majanduslik kasv on tuletatud riigi võimest toota kaupu ja teenuseid võrreldes eelnevate perioodidega. Piiratud ressursside kättesaadavus ja kahanev mastaabisääst on rohkem rõhku pannud optimaalsetele lahendustele, mis aitaksid säilitada positiivset kasvu. Endogeenne kasvuteooria rõhutab inimkapitalile ja selle olulisusele majanduslikus kasvus. Teadmiste põhises majanduses on teadus- ja arendustegevusel võtmeroll teadmiste loomisel, levitamisel ja arendamisel. (Nieminen, Kaukonen 2001)

Majandusliku edukust on seostatud innovatsiooni olemasoluga. Kuid seos innovatsioonil ja majandusel on sõltuvalt teadlastest väga varieeruva tähendusega. Kolmest põhilisest kirjeldusest, on ökonomistide seas kõige rohkem vastu võetud idee, kus kehtib lineaarne seos teadus- ja arendustegevuste kulutuste ning T&A põhjustatud kasvu vahel. Teine mõttelaad tunnustab teadust ja arendust kui sotsiaalset keskust, kus rõhk innovatsioonile on kehtestatud läbi normide ja eelistuste. Kolmas koolkond leiab, et T&A aitab kaasa kasvule läbi innovatsiooni, ning

innovatsiooni saab tõsta läbi teadmiste kandumise või tänu teadmiste levikule. Eelnevalt nimetatud mõttelaadid on kõik kinnitust saanud empiiriliste analüüsidega, kuid on tihti süvitsi ainult analüüsinud enda mõttelaadi toetust, välistades võimalikku seost kõigi kolme vahel. Pose ja Crescenzi (2010) leidsid Euroopa Liidus positiivse seose kõigi kolme tunnuse vahel, kus lineaarne seos innovatsiooni ja teadus ja arenduse vahel oli olemas, aga leidis ka kinnitust teadmiste ülekandumine 200 km piires ja kohalikud tingimused innovatsiooni loomiseks. Institutsioonid, mis olid rohkem keskendunud innovatsioonile ja sellest tulenevale pingele teadmiste kogumiseks olid suurema tõenäosusega teadmiste jagajad ja tõstsid innovatsiooni taset läbi sisemiste tegurite. Suurimaks raskuseks innovatsiooni loomisel Euroopa Liidus toodi välja uute teadmiste omistamine ja nende rakendamine, mis olid madala leviku tasemega ja sõltuvalt keskkonnast ei pruukinud levida. (Pose, Crescenzi 2010)

Uute ideede leiutamine läbi teadmiste suurendamise on teadus- ja arendustegevuse vundament. Tulemuste mõõtmiseks kasutatakse tihti efektiivsushindajaid, kus tulemused sõltuvad valitud sisenditest ja väljunditest. Sisenditeks võivad olla olemasolev kapital, kulutused teadus- ja arendustegevusse, või muu teadustöödega seotud tegur. Arvestades teadus- ja arendustegevuse kahanevat piirtootlikkust ja tootlikkuse otsest mõjutamist, sarnaneb teadus- ja arendustegevus rohkem investeeringuga kui kulutusega. (Parham, 2009)

Investeeringud teadus- ja arendustegevusse toob väljundiks tehnoloogia. Tehnoloogiat iseloomustab võime asutustel samaaegselt panustada tehnoloogilisse arengusse ning teiste ettevõtete tehnoloogiliste arengute osaline imiteerimine. Tehnoloogiliste arengute kaitseks pakuvad riigid omandiõiguse kaitset või füüsilise toote puhul on patenteerimine ka võimalik, aga teadmisi on raske kindale indiviidile patenteerida, mistõttu tekib paratamatult teadmiste ülekandumine, kus teadmiste autorid ei saa kompensatsiooni või lisandväärtust nende idee kasutamise eest. Patenteerimine ei saa laieneda kõikidesse sektoritesse, nagu näiteks tarkvaraarendus, mida on väga raske mõõta teadus- ja arendustegevuse väljundina. Oskustöölise kõrge volatiilsus tööturul võimendab samuti teadmiste levikut. (Grossman, Helpman 1991)

Innovatsiooni tootlikkust väljendavad patendid ja teadusartiklid. Uute teadmiste alguses faasis väljendavad patenditaotlused algset tootearendust. Kuid kõiki tehnoloogilisi saavutusi ei ole võimalik omandiõigusega kaitsta, mistõttu paljud idee autorid väljastavad ka teadusartikleid väljendamaks tehtud töö innovaatilisust ja omapära, mis hiljem võimaldab autoreid kaitsta tehtud tööd. Seega on ratsionaalne teadus- ja arendustegevuse mõõtmisel kasutada mitu väljundit, nagu

näiteks patendid ja teadusartiklid. Ajapeale on kasutatud mitmeid väljundeid innovatsiooni taseme mõõtmiseks, nagu näiteks autoritasud, litsenseerimistasud, kõrgtehnoloogia eksport ja kolmanda taseme hariduse lõpetanute arv, kuid patendid ja teadusartiklid on leidnud ka empiirilist kinnitust kui sobivad mõõtevahendid tegeliku innovatsiooni väljunditeks. (Zoltan *et al.* 2002)

Teadus- ja arendustegevuse analüüsimisel on oluline välja tuua nii väljundid kui ka sisendid, kui väljundite meediumid on üldjuhul vaieldud, siis sisendiks on ühiselt leitud, et kulutused teadus- ja arendustegevusse on sobivaim sisend. Kuid panused innovatsiooni arendamisele läbi teadus- ja arendustegevuse kulutuste erineb investeeringutest kõrgema riski suhtes. Kulutused teadus- ja arendustegevusse ei taga investeeringute tulusust ning – arvestades kõrgeid kulutusi – on paljud ettevõtted kohustatud otsima finantsallikaid firma väliselt. Innovatsiooni finantseerimisel esineb ka tihedamini informatsiooni asümmeetria, kõrgem ettevaatlikkus ja trendide jälgimine, mis teeb väliste investorite leidmise ettevõttele keeruliseks. Kuna tegelik tootlikkus innovatsioonile on raskesti mõõdetav ja kaubelda varana on keeruline, on ettevõtted tihti kohustatud leidma investeeringuid innovatsiooni läbi firmasisesest investeeringu. Kuid ebapiisav finantseerimine lõpetab projekti enneaegselt, mis põhjustab ebaefektiivsust ja kaotsi läinud potentsiaali. Seetõttu paljud idufirmad, kes sõltuvad välistest investeeringutest, võivad sattuda raskustesse vajaliku finantseeringu saavutamiseks. (Hall *et al.* 2015)

Oluline erinevus investeeringutel kapitali ja innovatsiooni leidub pikaajalisel mõjul. Waddock ja Graves (1994) kasutasid 1967–1986 Compustat andmebaasi, kus võrreldi kokku üle 1500 ettevõtte edukust 42 sektoris. Sõltuva tunnuseks kasutati varade tootlust ning võrreldi T&A ning kapitali kulutuste mõju tootlusele. Autorid leidsid, et kõrge kapitali investeeringuga ja madala T&A kulutustega ettevõtted olid vähem kasumlikumad; näiteks ehitussektor, jaekaubandus ja optika ei leidnud sama kõrget kasvu kui teised sektorid. Sektoreid eraldi analüüsid leidis kinnitust ka hüpotees, et kulutused T&A-le on pikaajalises perspektiivis oluline määraja ettevõtete kasvule. (Waddock, Graves 1994)

Tuleb ka arvestada, et pikaajaline kasv läbi investeeringute T&A innovatsiooni saavutamiseks ei ole üldjuhul edukas. Innovaatilisus on kõrge kapitalikuluga, mis ei pruugi tähendada olulist konkurentsieelist majandusliku kasvu saavutamiseks. Patendid seevastu pakuvad lühiajalist kaitset ja turueelist, kuid ei tõsta loomuliku konkurentsi taset ega ei paku kaitset amortisatsiooni eest, mis tootmises tihtipeale esineb. Seevastu investeeringud inimkapitali läbi teaduse omandamise on

pikaajalisemad ja pakuvad lisaks heaolu taseme tõusu ja konkurentsi eelist. Seega investeringute tegemisel tuleb hinnata projekti tegeliku väärtust. (Pakes, Schankerman 1984)

Teadus- ja arendustegevuse investeringud võivad olla mõjutatud ka ettevõtte vanusest. Nooremate ettevõtete panused innovatsiooni aitab rohkem kaasa tootlikkuse tõusule ettevõttes, kuid on kõrgema varieeruvusega tasuvuse suhtes. Tõenäoliselt on noored ettevõtted riskialdid, mis põhjustab rohkemate projektide läbiviimist, olenemata tegelikust kasust. Seevastu vanemad ettevõtted, kes on töötanud enam kui 10 aastat iseloomustab stabiilsema, kuid oluliselt väiksema teadus- ja arendustegevusest põhjustatud tootlikkuse kasvuga. (Coad *et al.* 2016)

1.2. Teadus- ja arendustegevuse olulisus

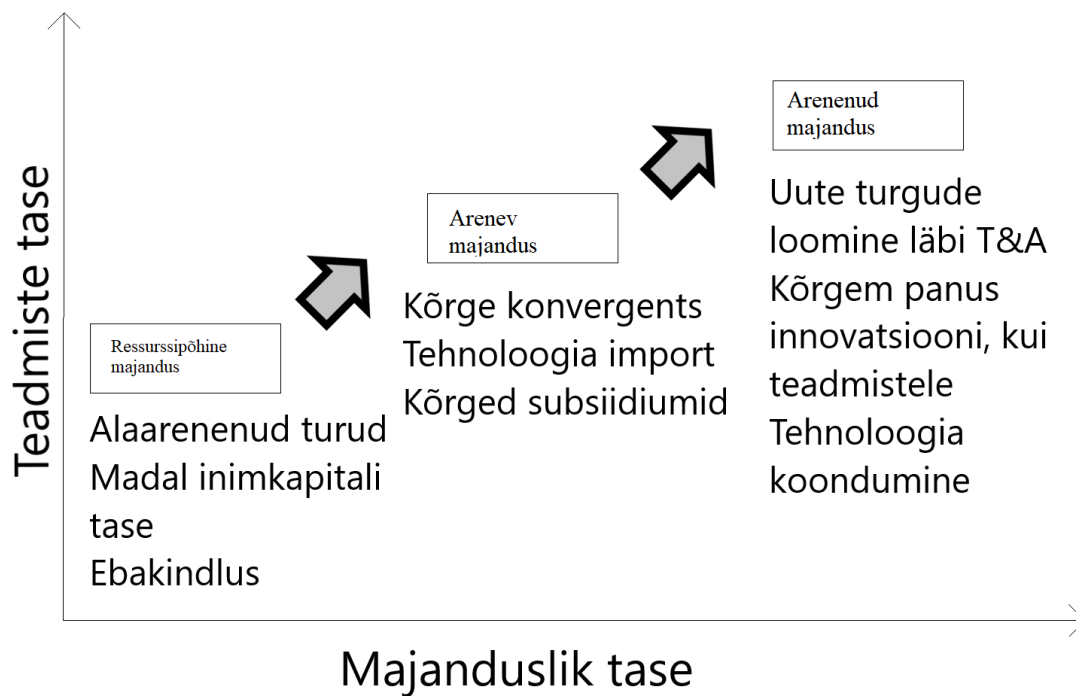
Kirjandus on otsinud ka seoseid tootlikkuse ja innovatsiooni taseme vahel. Audretsch ja Belitski (2020) uurisid teadus- ja arendustegevuse ja teadmiste ülekandumise mõju innovatsioonile ja tootlikkusele Ühendkuningriigis ettevõtte tasemel. Kasutades mikroandmeid ajaperioodil 2002–2014 ja CDM (akronüüm autoritele: Crépon, Duguet ja Mairesse) meetodit, leidsid autorid, et tootlikkuse taseme tõus toob samaaegselt innovatsiooni ja teadmiste ülekandumise tõusu. Ettevõtted, kes tegid koostööd valitsusega olid suurema tõenäosusega valmis imiteerima innovatsiooni. Kõrge inimkapitaliga ettevõtted teevad vähem koostööd teiste ettevõtetega uute toodete arendamiseks, kuid ei panusta rohkem toodete arendamiseks. See vihjab võimalikule asjaolule, et kõrge inimkapitaliga ettevõtted panustavad teadus- ja arendustegevuse võimekusele teadmisi omandada ja säilitada. Autorid leidsid samuti, et ettevõtted ja sektorid, kus teadmiste levik on kõrge, kulutavad keskmiselt vähem teadus- ja arendustegevusse ja on suurema tõenäosusega tehnoloogilisi arenguid ostma või imiteerima, kui ise leiutama. (Audretsch, Belitski 2020)

Innovatsiooni suunatud ressursside ja väljundite omavaheliste seoste teoreetilisi aluseid uuris põhjalikumalt Griliches, kes rõhutas teadus- ja arendustegevuse mõõdetavust majanduslikus kontekstis. Konstantsed kulutused teadus- ja arendustegevusse vähendavad pikaajalist projektide mõõdetavust, mis agregaattasemetel ei ole võimalik selgeid tulemusi analüüsida. Seetõttu on teadus- ja arendustegevuse olulisust mõõdetud väiksematel tasemetel, kus patendid on tugev indikaator väljunditeks. (Griliches 1981)

Patentide väärtus seisneb innovatsiooni lõpptaseme indikaatorina, kus tehtud kulutused teadus- ja arendustegevusele kanduvad lõpuks üle kindlale platvormile, milleks on tihtipeale patendid. Innovatsiooni mõõtmiseks kasutatakse teadus- ja arendustegevuses teadmiste tootmise funktsiooni (ingl. *knowledge production function*), kus innovatsiooni indikaatorid on otseselt seotud faktoritega, mis mõjutavad innovatsiooni aktiivsust. Teadmiste tootmise funktsiooni kasutatakse teadus- ja arendustegevuse hindamiseks kogutootlikuses kui eraldiseisva tootmisprotsessina, mis on põhjendatud läbi innovatsiooni tegurite. (Griliches 1981)

Teadus- ja arendustegevuse intensiivsus võib tulla majanduslikust tasemest, kui ka loomulikust konkurentsi tasemest antud regioonis. Ettevõtted eelistavad teadus- ja arendustegevust sooritada väljaspool ettevõtet, kui mastaabitegur sihtriigis on kõrgem kui algsest asukohast. Potentsiaalne kasv julgustab ettevõtteid investeerima globaalselt, tuues kaasa loomuliku majanduse elavdamise. Seevastu võib välisriikide finantseerimine kahandada loomuliku konkurentsi taset riigisisesele võttes ära potentsiaalsed töötajad. Samuti ei piisa ainult välismaistest investoritest, et tõsta sihtriigi loomulikku konkurentsi taset, mis võib aeglustada loomuliku struktuuri loomist. (Zedtwitz 2006)

On leitud positiivseid seoseid riigi majandusliku taseme ja teadmiste tasemega. Kõige vähem arenenud riigid, mis tegutsevad peamiselt ressursipõhisel majandusel on madala inimkapitali tasemega, ning puudub lai teadmiste ala või kulutused teadus- ja arendustegevusse, mistõttu antud riikides esineb suurem konvergens ja kõrgem kasv, mis võib põhjustada ettevõtetete suurenenud investeeringuid riigi teadus- ja arendustegevusse. Arenenud majanduses on riigid tihtipeale innovatsiooni liidrid, rõhutades innovatsiooni läbi arenduse, mis võib kaasa tuua uued tooted või teenused sõltuvalt vajadusest. Antud riikides on institutsioonidel ja ülikoolidel teadus- ja arendustegevuses teistsugune roll, kontrollides olemasolevaid teadmisi ja luues uusi teoreetilisi aluseid. (Zedtwitz 2006) Joonis1 illustreerib teadmiste taseme ja majandusliku taseme seost.



Joonis 1. Teadmiste taseme ja majandusliku taseme seos
Allikas: Autori koostatud

Teadus- ja arendustegevuse kasvu üks olulisemaid avastusi viimasel sajandil on regionaalsete investeeringute olulisus. Paratamatu nähtus teadus- ja arendustegevuses on teadmiste ülekandumine, kus ühe ettevõtte kulutused teadus- ja arendustegevusse võivad tõsta teiste ettevõtete loomuliku teadmiste taset. Kõrged kulutused ja ebakindlus võivad negatiivselt mõjutada individuaalseid projekte, kuid kasumi maksimeerimine on ettevõtete eesmärk, mis võib olla saavutatud läbi turuliidri olemise. Turuliidri olemine nõuab kõrgeid kulutusi teadus- ja arendustegevusse, mis aitavad tõsta innovaatsilisust, kuid samuti toob välja riski, kus teadmiste liikumine võib põhjustada vähendatud kasumlikust projektide suhtes. (Chen *et al* 2013)

Oluline on ka eraldi välja tuua globaliseerunud teadus- ja arendustegevusse eelised ja riskid. Suurettevõtted, kes mängivad suurt rolli teadus- ja arendustegevuse globaalsel levikul võivad olulisel määral tõsta riigi majanduslikku heaolu, pakkudes arenevatele majandustele ligipääsu tarbeahelatele ja välismaa klientidele, mis võivad tõsta riigi kommertstaset. Ettevõtte sihtriigi määramisel võib oluliselt mõjutada kohalik infrastruktuur, inimkapital või kõrge omandiõigus. Peale valiku tegemist ja protsessi kinnitamist, võib tekkida takistused turule sisenemiseks või kõrgeid kulud riigi või regiooni vahetamisel. Seevastu võib areneval majandusega riigis puududa vilumus või soov saavutada tugev konkurentsipõhine majandus, mis võib aeglustada ettevõtete kasvu. (Zedtwitz 2006)

1.3. Teadus- ja arendustegevust pärssivad tegurid

Finantspiirangud on eelnevas kirjanduses leitud, kui ainuke oluline mõjutaja innovatsiooni tasemele. Coad, Pellegrino ja Savona (2015) analüüsisid finantspiirangute ja muude piirangute mõju innovatsioonile, mis oli väljendatud T&A kulutustes. Andmeteks kasutati nelja Ühendkuningriikide ühiskonna innovatsiooni küsitlust (*UK Community Innovation Survey*) ajaperioodil 2002-2010, kus oli juhuslikult valitud iga kahe aastase küsitluse jaoks 28 566 ettevõtet. Analüüsiks kasutati viie kvantiiliga kvantiilregressiooni ja kalduvusskoori sobitamist, et jälgida keskkonnategurite mõju ettevõttele. Analüüsi tulemusel selgus, et kulutused T&A-le ja finantspiirangud olid ainsad statistiliselt olulised mõjutajad produktiivsusele, mis esines kõikide ettevõtete puhul. Oskustöölise olemasolu mõjutas ainult kõrgemates kvantiilides ja turunõudlus ning turu struktuur ei leidnud statistilist kinnitust üheski kvantiilis. (Coad *et al.* 2015) Seega aitab antud uuring osaliselt kinnitada ideed, et innovatsiooni arendamisel on finantspiirangud oluline mõjutaja.

Investeeringud teadusressurssidesse ei väljendu ainult uue toote või tehnoloogilise edu saavutamisel ettevõtte siseselt, kuid on oluline ka adapteeruda ettevõtteväliste tehnoloogiliste arengutega. Ettevõtted, mis panustavad sisemisse teadus- ja arendustegevusse on suurema tõenäosusega edukad väliste tehnoloogiliste arengute tuvastamises ja uute teadmiste rakendamises. Samuti mängib olulist rolli koostöö teiste ettevõtete või asutustega, kus ettevõtte kohanemisvõime uue tehnoloogiaga paraneb. Seega on oluline tunnustada, et teadus- ja arendustegevus mängib olulist rolli uute teadmiste arendamises ettevõtte siseselt kui ka teadmiste omandamise võimekuses teadmiste ülekandumise korral. (Cohen, Levinthal 1989)

Hottenrott, Czarnitzki ja Hall (2014) kasutasid 1135 Belgia ettevõtte bilansikontot, kus sõltuvaks muutujaks oli ettevõtte kulutused T&A-le ja kasutati ettevõtete bilansikontot analüüsiks. Uuringus leiti positiivne seos väliste investeeringute mahu ja patenditaotluste esinemise vahel väikeettevõtete puhul Belgias. Väikesed ettevõtted, kellel puudusid patenditaotlused sõltusid rohkem firmasisestest finantseeringutest T&A kulutused kinni katta. Tulemused leidsid samuti, et patenditaotluste olemasolu tõstis paljude ettevõtete võimalus saada välist finantseeringut, mis oleks aidanud projekti edukalt sooritada. Tuleb arvestada, et finantseerimise süsteem võib erineda Euroopas riigiti, mistõttu ei saa tulemusi laiemalt kehtestada, kuid ühise kinnituse on leidnud asjaolu, et paljud väikeettevõtted sõltuvad välistest investeeringutest. (Czarnitzki *et al.* 2014)

Brown ja Peterson (2011) uuringus toodi välja T&A kulude tõusu viimaste aastatel, mis survestab ettevõtteid rohkem likviidsuse peale panustama. Andmeteks võetakse avalikult kaubeldavad tööstusettevõtted kolmel ajaperioodil: 1970–1981, 1982–1993 ja 1994–2006. Kasutades üldistatud momentide meetodit leiavad autorid, et korvamaks kõrgeid T&A kulutusi sõltuvad paljud ettevõtted rahalisest tagavarast, mis on kõige raskem saavutada väikeettevõtetel. Seetõttu kasutavad paljud ettevõtted T&A kulude korvamiseks väliseid investoreid. Samuti leidsid autorid, et olenemata likviidsuse vara olemasolust ei olnud ettevõtted nõus T&A kulutusi muutma, mis võib olla tingitud T&A kõrgeist kulutusest ja ajalisest kulust ümber harjumiseks, mistõttu paljud ettevõtted keskenduvad väliste investeeringute saamisele, mis aitaksid innovatsiooniprojektid edukalt sooritada. (Brown, Petersen 2011)

Arenevate riikide majandusstruktuuris võib esineda turu ebaefektiivsusi, mis võivad olla põhjustatud info asümmeetriast. Üks tootlikkust pärssiv majandustegur on krediidi normeerimine, kus laenuandjad ei ole nõus rohkem laenuvõtjaid finantseerima antud turu intressiga või turu tingimustes. Info asümmeetria võib tekkida turu tingimustes, kus esineb kõrgel määral riskantseid investeeringuid. Tõstes keskmist riskitaset, on laenuandjad ettevaatlikumad, mis põhjustab ebaefektiivsust turu tingimustel. Yu ja Fu (2021) uurisid krediidi normeerimise mõju tootlikkusele ja innovatsioonile Hiina turus. Andmeteks kasutati 13 656 ettevõtte kuist finantsnäitajaid koos Tobit mudeliga ja tulemused leidsid, et ettevõtted, kellele keelati laenu andmine läbi krediidi normeerimise kannatasid kõige enam innovatsiooni kulutuste all. Oluliselt mõjutas ettevõtte laenu saamise tõenäosust ka varade olemasolu, mis võis olla paljude ettevõtte tagatis finantsvõimenduse saamiseks. (Yu, Fu 2021)

Guariglia ja Liu (2014) kasutasid Hiina riikliku statistikabüroo andmeid ajavahemikus 2000-2007. Kasutati augmenteeritud Euleri võrrandit, kus eristati tunnused kas riigi omatud, eraettevõtted, välisettevõtted või kollektiivettevõtted. Regressiooniks kasutati juhuslike efektidega tobit mudelit ja instrumenteeritud muutujatega tobit mudelit, ning tulemused leidsid, et eraettevõtted ja väikeettevõtted kannatavad kõige enam sisemise finantseeringu puudusest, mis vähendab kulutusi T&A-le. Antud tulemused vihjavad ebaefektiivsusele turus, mis võib olla põhjustatud väliste investeeringute puudumisest. (Guariglia, Liu 2014)

Gugler (2003) leidis, et dividendi maksmise tõusu korral vähenevad kulutused teadus- ja arendustegevusse ja kapitali peaaegu sama võrra. Ettevõtted, kes ei panusta teadus- ja arendustegevusse maksavad rohkem välja dividendide määrades, kui ettevõtted kes panustavad

teadus- ja arendustegevusse. Uuring leidis samuti, et kõrgemate T&A kulutustega ettevõtted on üldjuhul käibe poolest suuremad ning nende kasum on kõrgem. Riigi poolt hallatud asutused olid ebaefektiivsemad, kasutades kõrgeid dividendide määrase ja ei muutnud dividendide väljamakseid olememata kulutustest teadus- ja arendustegevusele. (Gugler 2003)

Sasidharan, Lukose ja Komera (2015) uurisid T&A-ga seotud tegureid India näitel. Andmebaasina kasutati PROWESS pakutud informatsiooni ajavahemikus 1991–2011 ning sisaldas kokku 315 ettevõtet, kellel oli positiivne märk T&A kulutuste andmete. Analüüsiks kasutati üldistatud momentide meetodit ja tulemustes leiti, et ei esine seos T&A kulutuste ja väliste finantseeringute vahel. Antud tulemused erinevad teistest suurriikidest, kes on rõhutanud väliste finantsinvesteeringute olulisusest T&A arendamiseks. Autorid leidsid samuti, et ettevõtetel olid raskusi finantslikviidsusega, mis vähendas kokkuvõttes innovatsioonile panustatud kulutusi. Antud nähtus võib pikaajaliselt tähendada, et arenevad riigid nagu India ei saa majanduslikult konvergeeruda arenenud riikide tasemele. (Sasidharan *et al.* 2015)

Innovatsiooni kasv on oluliselt mõjutatud finantseerimise piirangutest, kus olulisemad tulemused võtab kokku tabel 1. Antud uuringud analüüsisid ettevõtete tasemel ning kasutati uuringuid, mille regiooniks on Euroopa. Antud valiku põhjendus on osade regioonide vähene empiiriliste uuringute analüüs kui ka erinevused analüüsi tulemustes. Järgnevad peatükk toob välja T&A tehtud kulutuste soodustavaid tegureid, mis on kondenseeritud tulemustena tabelis 2.

Tabel 1. Teadus- ja arendustegevuse finantseerimise piirangute mõjutajad

Autor(id)	Andmed	Meetod	Tulemused
Coad <i>et al.</i> , 2015	28 566 ettevõtet Inglismaal	Kvantiilregressioon	Finantspiirangud ainuke oluline mõjutaja innovatsioonile
Hottenrott <i>et al.</i> (2014)	1135 Belgia ettevõtet ajaperioodil 2000-2009	Tobit koos juhuslike efektidega	Väiksed ettevõtted rohkem mõjutatud finantspiirangutest, ei saa patenditaotlusi lubada
Brown, Petersen (2011)	Ameerika Ühendriikides alla 10 aastased avalikud ettevõtted	Tööstusettevõtted, Compustat andmebaas	Väikeettevõtted sõltuvad rohkem välistest investeeringutest
Yu, Fu (2021)	13656 Hiina ettevõtet	Tobit mudel koos juhuslike efektidega	Info asümmeetria negatiivselt mõjutab T&A kulutusi
Guariglia, Liu (2014)	Hiina	120 753 ettevõtet ajavahemikus 2000– 2007	Sisemine finantseerimine mõjutab kõige vähem riigi omatud ettevõtteid ja kollektiive
Gugler (2003)	Austraalia ettevõtted, paneelandmed	<i>Three-stage-least- squares</i>	Dividendide väljamakse vähendab kulutusi teadus- ja arendustegevusele
Sasidharan <i>et al.</i> 2015	India	315 T&A seotud ettevõtet ajavahemikus 1991–2011	India näitel ei leitud seost T&A kulutuste ja väliste investeeringute vahel

Allikas: Autori koostatud

1.4. T&A tegevusprotsessi soodustavad tegurid

Altomonte, Gamba, Mancusi ja Vezzuli (2015) vaatasid samaaegselt võimalikku seost finantseerimispiirangute, innovatsiooni, ekspordi ja koguteguritootlikkuse (*total factor productivity*, edaspidi TFP) vahel. Analüüsiks kasutati EFIGE (*European firms in a global economy*) andmebaasi, kuid andmete puudulikkuse tõttu eemaldati ligikaudu 50% valimist ehk alles jäi 5573 ettevõtet neljas Euroopa riigis. Kasutades viiteajaga ja instrumentaalseid muutujaid, leidsid töö autorid, et finantspiirangud ei mõjuta T&A kulutusi otseselt, kuid ei saa välistada, et kaused tegurid ekspordis või tootlikkuses võivad mõjutada T&A kulutusi. Välised finantsvõimendused on kulutatud ekspordi suurendamise peale, kuid ei leita seost T&A kulutustega. Töö autorid leiavad ka kinnituse, et kogutootlikkus mõjutab eksportimise võimekust,

T&A kulutusi, ning vähendab ettevõtte finantspiiranguid. Seeläbi leiavad autorid põhjenduse, et ettevõtete edukus on oluliselt mõjutatud läbi efektiivsuse. (Altomonte *et al.* 2015)

Neicu, Terirlinck ja Kelchtermans (2014) kasutasid 177 ettevõtte tulumaksuvabastuse infot Belgias ning lisasid ka kontrollgrupi, kus esines 105 ettevõtet. Valimis kasutatavate andmete ajaperiood oli 2006-2010. Belgias kehtib maksusoodustus kõikidele magistriharidusega indiviidele, välja arvatud sotsiaalteadused. Antud maksusoodustuse eesmärk on julgustada ettevõtteid panustama rohkem innovatsiooni arengusse, pakkudes ettevõtetele kulu soodustust personali arvelt. Autorid võrdlesid ettevõtete teadus- ja arendustegevuse kulutusi ja hinnangulist T&A prognoositavat aega, juhul kui ettevõtted on liitunud antud maksusoodustusega. Kontrollgruppi kasutati regressioonanalüüsis probit mudeliga võrdluseks. Tulemused leidsid, et ettevõtted, mis said subsiidiume ja maksusoodustust olid palju rohkem avatud T&A kasutamiseks teaduse arendamiseks ning saavutasid oluliselt kiiremini teadustöödega soovitud tulemused. Samuti leidis osalist kinnitust ka ettevõtete T&A-le suunatud mastaabisääst, kus maksusoodustusi ja subsiidiumeid saavad ettevõtted kasutada saadud sisendeid rohkem T&A seotud projektide loomiseks. (Neicu *et al.* 2016)

Yang ja Cheng (2012) kasutavad Indoneesia innovatsiooni uuringuid aastast 1998-2000. Kasutades üldistatud momentide meetodit viiteajata analüüsi 38637 tootmisele keskendunud ettevõtte andmeid. Autorid leiavad, et kapitaliintensiivsus mõjutab T&A-d positiivselt. Rahvusvahelised ettevõtted ei kuluta rohkem T&A-le võrreldes teiste ettevõttega. Autorid väidavad, et rahvusvaheliste ettevõtete tootlikkust mõjutavad kõige enam odav tööjõud ja looduslike ressursside kasutamise võimalus, mis alandab ettevõtte kulutusi. Tasub välja tuua, et antud uuring koosneb 77% ulatuses keskmise suurusega ettevõtetest ja ülejäänud osa moodustavad suured ettevõtted. Antud valim ei pruugi esindada tegelikku innovatsiooni allikaid, kus eelnevalt nimetatud uuringutest on leitud, et väiksed ettevõtted panustavad rohkem innovatsiooni kui suurettevõtted. (Yang, Cheng 2012)

Lööf ja Nabavi (2016) uurivad kuidas ettevõtte finantsnäitajad mõjutavad investeerimisega seotud otsuseid äriotsustust ja ekspordist sõltuvalt. Kasutades 8300 Rootsi ettevõtte finantsinfot koos patenditaotluste ja kaubanduse statistikaga ajaperioodil 1997-2007 moodustavad autorid negatiivse binoomjaotusega regressiooni. Ettevõtted, kes on keskendunud ekspordile on keskmiselt rohkem innovaatilised, kõrgema kapitali intensiivsuse ja esineb rohkem oskuslikku tööjõudu. Tulemused leiavad, et ekspordivad ettevõtted koos kõrge tehnoloogilise tasemega on

vastupidavad nõudlusšokkidele. Seevastu uute leiutiste kasutamine sõltuva tunnuseks ei leidnud statistilist olulisust. Antud tulemused võivad tähendada, et uued leiutised väljundina ei ole sobiv indikaator innovatsiooniks. (Lööf, Nabavi 2016)

Tsuji, Ueki, Shigeno, Idota ja Bunno (2018) kasutasid küsitluse meetodit, et tuvastada erinevused T&A-s tegutsevate ning mittetegutsevate ettevõtete vahel. Andmeteks koguti 1061 ettevõtte vastused viies riigis, milleks olid Laos, Indoneesia, Filipiinid ja Tai. Analüüsis jaotati ettevõtted madala panusega T&A ning kõrge panusega T&A gruppidesse. Arvestades ettevõtte struktuuri, finantsvõimekust ja tehnoloogilisi väärtuseid moodustati probit mudel, kus leiti, et ettevõtted, kellel T&A mängib olulist rolli ettevõttes, väärtustasid rohkem koostööd ettevõtte siseselt kui ka väliselt. Ettevõtted, kes ei panustanud T&A-sse saavutasid innovatsiooni läbi tööliste oskuste ja teadmiste. Antud erinevus võib olla põhjustatud oskustöölise või kapitali puudusest madala panusega T&A ettevõtetes, mis kahjustab ettevõtte keskmist kasvu. (Tsuji *et al.* 2018)

Tabel 2. T&A tegevusprotsessi soodustavad tegurid

Autorid	Regioon/Riik	Andmed	Tulemus
Altomonte <i>et al.</i> (2015)	5573 ettevõtet Prantsusmaalt, Saksamaalt, Hispaaniast ja Itaaliast	Probit, <i>two-stage least squares</i> , instrumentaalsed muutujad	Kogutootlikkuse kasv seotud T&A kulutustega, efektiivsus oluline
Neicu <i>et al.</i> (2016)	177 Belgia ettevõtet ajaperioodil 2006-2010	<i>Difference-in-difference</i> , koos probit mudeliga	Maksuvabastus koos subsiidiumitega kiirendab T&A protsessi
Yang, Cheng (2012)	Indoneesia	Indoneesia tööstuse uuring 1998–2000, 38637 ettevõtet	Suurettevõtted ei panusta rohkem T&A
Lööf, Nabavi (2016)	8300 eksportivat ettevõtet Rootsis perioodil 1997-2007	Negatiivne binoomjaotusega regressioon	Kõrge eksport soodustab T&A kulutusi
Tsuji <i>et al.</i> (2018)	ASEAN	1061 küsitluse tulemust ajaperioodil 2013–2014	T&A seotud ettevõtted teistsugune kohanemisvõime

Allikas: Autori koostatud

1.5. Varasemad empiirilised uuringud

T&A kulutused innovatsiooni saavutamiseks erinevad olulisel määral tavalisest investeeringust. On oluline rõhutada, et empiirilised uuringud T&A ja innovatsiooni kohta ei ole alati kooskõlas teoreetiliste käsitlustega. Olenevalt uuringust on innovatsiooni ja finantseerimise vahel leitud erinevaid seoseid. Järgnev peatükk kirjeldab finantspiirangute mõju innovatsioonile, kui ka erinevate geograafiliste regioonide tulemusi.

Eelnevast kirjandusest võib välja tuua, et T&A kulutuste finantseeringu saamine on oluliselt mõjutatud geograafilisest piirkonnast, otsustusüksuste suurusest, patenditaotluste aktiivsusest ja ettevõtte struktuurist. Olulised indikaatorid, mida kasutatakse väljunditeks innovatsiooni hindamisel nagu näiteks patendid, ei pruugi alati pakkuda tegelikku lisandväärtust. Deng (2007) kasutas Euroopa patendiameti (*European Patent Office*) kogutud patenditaotlusi ajaperioodil 1978–1996, et leida võimalik korrelatsioon patenditaotluse pikkuse ja geograafilise piirkonna vahel. Uuring leidis, et patendid, mis on esitatud läbi Euroopa patendiameti on kõrgema väärtusega võrreldes patenditaotlustega, mis on individuaalses riigis taotletud. Põhjuseks võib olla kõrgem kulu patendi esitamiseks, mis eemaldab madala tootlikkusega patenditaotlused. Samuti tähendavad kõrgema väärtusega patendid suuremat soovi kaitsta teadmisi, mistõttu patenditaotlus esitatakse mitmes riigis ja patendi keskmine iga on oluliselt kõrgem. Riigi majanduslik suurus on otseselt seotud patenteerimisaktiivsusega, kus kõrgema tootlikkusega riigid esitavad rohkem kõrge lisandväärtusega patenditaotlusi. (Deng 2007)

Samade autorite uuring Ameerika Ühendriikide teadmiste üle kandumisest on leidnud seevastu vastandlikke tulemusi. Tulemused kirjeldavad, kuidas kulutused teadus- ja arendustegevusele aitab oluliselt kaasa innovatsiooni taseme tõusule, kuid innovatsioonikeskused on väga spetsialiseerunud ja fokuseeritud, mis vihib kõrgele mastaabisäästule. Autorid toovad ka välja Ameerika ühendriikide rahastamise süsteemi, kui olulise faktori kõrgele kontsentratsioonile teadusinvesteeringutes. Omandatud teadmised ei kandu tihtipeale üle olenemata regioonide heterogeensuse või spetsialiseerituse tasemest. Seevastu pikaajaline investeeringute osakaal Ameerika Ühendriikides on küllaltki volatiilne, kus traditsioonilised innovatsioonikeskused võivad tähtsuse kohapealt väheneda ja ülejäänud ressursid kanduvad üle teistesse piirkondadesse. Antud nähtus on väga erinev võrreldes Euroopa Liiduga, kus teadmised kanduvad üle pikema vahemaa, kuid innovatsioonikeskused on üldjuhul samad. (Pose, Crescenzi 2013)

Efektiivsustaseme hindamine on oluline, kuid peab ka arvestama üldist investeringuid teadus- ja arendustegevusse. Castello, Ciupagea, Smith, Tübke ja Tubbs (2010) võrdlesid Euroopa ja Ameerika Ühendriikide investeringuid teadus- ja arendustegevusse, kasutades andmeteks sektorite T&A intensiivsusest, ning kui suure osakaalu moodustab kindel sektor kõikidest teadus- ja arendustegevust Euroopas ja Ameerika Ühendriikides. Tulemused tõid selgelt välja, et Euroopas panustatakse oluliselt vähem sektoritesse, kus kehtib kõrgem intensiivsus, mis võib tuua ka investoritele suurema tootluse, pakkudes kõrgemat kasvu. Olulised sektorid kõrge intensiivsusega olid biotehnoloogia, tarkvara, meditsiin, telekommunikatsioon, ja pooljuhtplaadid. Kõik eelpool nimetatud sektorid moodustavad eraldi vähem kui 1% kõikidest investeringutest. Seevastu on Ameerika Ühendriikides samad sektorid vähemalt 3% kõikidest investeringutest. (Castello *et al.* 2010)

Euroopa Liidu efektiivsustase ülikoolides riigiti on mediaanis kõrgem kui Ameerika Ühendriikides ning on oluliselt mõjutatud valitsuse rahastuse poolt, kuid puudub seos riigi poolse rahastuse ja efektiivsuse tasemel Ameerika Ühendriikides. Seevastu efektiivsustase Euroopa Liidu siseselt on väga nõrk ja vihjab, et enamus innovatsioon kaldus üle pigem sisemistele turgudele. Uuringu autorid tõid välja asjaolu, et tõenäoliselt on põhjuseks riikide heterogeensus ja spetsialiseerituse tase (Wolszczak-Derlacz 2017)

Austraalia arvestab ressursside jaotamises ka otsustusüksuste tootlikkuse efektiivsusega, mis on arvestades madalat efektiivsuse taset võimalik ka järjestada pingeritta. Perioodis 2011–2015 uuritud efektiivsusest on leitud, et kõrget tähelepanu on vaja teadmiste levitamises, aga panused teadus- ja arendustegevusse on minimaalsed ja ebaefektiivsed. Üldine efektiivsuse tase on madal ning parandamiseks üldist taset on soovitatud kõrgemat rõhku panna oskustöölise teadmiste rõhutamisele, kuna see on vaadeldud kui lihtsam meetod tootlikkuse tõstmiseks. (Duan 2019)

Uuring Lee (2020) poolt käsitles teadustööde tootlikust mõjutavaid faktoreid otsustusüksutel Lõuna-Korea näitel. Palkade tõstmine tõstis tootlikkust marginaalsel tasemel, mis vihjab vähenevale piirtootlikkusele. Tulemuspõhine palk seevastu käitus U-kujulise joonena, kus keskmises olukorras palga tõstmine suurendaks ka tootlikkust, aga sõltuvalt indiviidi asukohast joonel võib anda ka negatiivse mõju tootlikkusele. Huvitav leid autorite poolt, oli asjaolu, et efektiivsuse hindamisel avalikel otsustusüksustel ei mänginud rolli osakondade suurus. (Lee 2020)

Eraldi uurides valitsussektori efektiivsust teadus ja arendus tegevustel Lõuna-Korea näitel toob välja huvitava olukorra, kus investeringud teadus- ja arendustegevusse on ajavahemikus 2007 ja

2013 peaaegu kahekordistunud, kuid tegelik efektiivsushinnang ei ole muutnud. Antud uuring kasutas biotehnoloogia investeeringuid valitsuse poolt ja leidis, et suur osa investeeringutest tehakse kindlatesse kategooriatesse, ning üldine efektiivsushinnang oli madal, mis võib olla põhjustatud vähesest kontrollist projektide üle. Samuti mõjutab tulemusi valitsuse investeeringute valikud, mis võivad olla rohkem julgustatud pikaajalisele sotsiaalsele kasule, kui lühiajalisele majanduslikule kasule, mille tõttu ei pruugi viiteajad, sisendid ega väljundid olla sobivad analüüsiks. (Jung, Kwangsoo 2018)

Autorite leiud kehtivad ka sektori tasemel, kus võrdluseks Eesti ehitussektor on näidanud madalat tootlikkust ja aeglast lisandväärtuse kasvu, ning madalat innovatsiooni taset. Ehitussektoris on teadmiste levik kõrge ja kulutused teadus- ja arendustegevusse madalad, mis põhjustab tehnoloogilise mahajäämuse. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi tellitud aruandes leitakse, et pikaajalise tootlikkuse kasvu pärssib madal rõhk teadus- ja arendustegevusse. Arvestades ehitussektori majanduslikku tähtsust on oluline parandada ja tõsta sektori konkurentsivõimet. (Kask *et al.* 2018)

Teadus- ja arendustegevuse efektiivsuse hindamisel on oluline arvestada ka erinevusi ettevõtete ja valitsuse eesmärgil teadus- ja arendustegevuses. Ettevõtted tihtipeale maksimeerivad mastaabitegurit, et mitmekordistada ettevõtte kasv ja majanduslik heaolu. Tihtipeale saavutatakse antud tulemus läbi uute toodete või teenuste arendamise, mis on vastand valitsuste investeeringutele teadus- ja arendustegevusse. Valitsused tihtipeale investeerivad projektidesse, mis ei ole õigustatavad ettevõttele või on turutingimustes alaarenenud (kosmosetööstus, mikrobioloogia). (Jung, Kwangsoo 2018)

Põhjenduseks erinevatele tulemustele innovatsioonis on ka mõjutatud asjaolust, kas otsustusüksus on avalik või eraomandis. Otsustusüksused, kes olid iseseisvamad, said kõrgema efektiivsusskoori, mis võis olla tingitud väiksemast regulatsioonist ja võimest nõudlusele reageerida, mis aitas ka vajadusel struktuuri muuta kiiremini, juhul kui nõudlus muutub. Autonomia regulatsioonide ja rahastuse üle julgustab kõrgemat rõhku efektiivsusele, kuna ressursside hankimine on piiratud ja konkurentsitihe. Seevastu liiga kõrge mõjuvõim enne tehnoloogilist arengut võib pärssida tegelikku efektiivsuse taset. (Sandström, Besselaar 2018)

Investeeringud teadus- ja arendustegevusse võivad olla ka mõjutatud eelnevatest kogemustest. Indiviidide eelnevad teadustööd ja taust võib oluliselt mõjutada investeeringute arvu. Matthew

efekt kirjeldab, kuidas teoreetilises olukorras, kus valitakse kahe võrdse teadlase vahel, võib võitja olla pikas perspektiivis kordades edukam kui kaotaja. Antud nähtus kirjeldab tendentsi positiivsele trendile, kus eelnevad võidud põhjustavad kumulatiivse kogumise kogemustes. Kaotaja tihtipeale hakkab vähem osalema teadustööde konkurssidel piiratud ressursside ja negatiivsete kogemuste tõttu. Seevastu varajane positiivne kogemus julgustab rohkem osa võtma ja panustama teadustööde arengusse, mis võib omakorda veel suurendada lõhet saadavate investeeringute vahel. Matthew efekt aitab ka seletada, miks kauem töötanud positiivsete tulemustega teadusinstituutsioonid võivad olla edukamad finantseeringu saavutamises võrreldes teiste instituutsioonidega. Kuid tegelik ebavõrdsus võib olla ka tingitud lubaduste mittetäitmisel akadeemilisel tasemel, mistõttu keskmine kvaliteet antud instituutsioonis väheneb. (Bol *et al.* 2018)

Teadlaste edukuse tagamiseks on oluline roll rahastuse saavutamisel projektide edukaks läbimiseks. Kõrgem rahastuse tase aitab ka kiirendada innovatsiooni taset teadus- ja arendustegevuses. Ma *et al.* (2015) leidsid suureneva ebavõrdsuse instituutsioonide vahelises projektide rahastamises, kus kõrgema staatusega instituutsioonid olid tihtipeale suurema tõenäosusega saavutama rahalise toetuse, olenemata teistest faktoritest. Uuring leidis samuti, et 80% kõikidest ebavõrdsusega seotud olukordadest oli seotud sisemiste probleemidega instituutsioonis. Teadlase vanus, sugu, akadeemiline edukus, kirjastuste arv ja tiitel on domineeriv põhjus ebavõrdsuseks ressursside jagamiseks instituutsioonides. Ebavõrdsuse hindamine aitab määratleda ka efektiivsuse olulisust, kus kõrgem ebavõrdsus võib ka täheldada vähenenud sisendeid, olenemata kõrgest efektiivsuse tasemest antud ressurssidega. (Dengsheng *et al.* 2018)

Tehnoloogilised arengud koos sotsiaalsete normide muutustega kultuurikeskkonnas on toonud kaasa tõusu andmete mahus digimaailmas. Suurandmed, mis on tavatingimustes töötlemiseks liiga mahukad, panevad rohkem rõhku teadmiste analüüsimisele ja tõlgendamisele. Ettevõtted seisavad silmitsi võimalusega rakendada uusi otsuseid, mis aitaksid kaasa ettevõtte kasvule, kui andmed on korrektselt tõlgendatud. Uued andmekogumise meetodid ja allikad on toonud välja väärtuse ka teadmiste väärtuse andmetes. Läbi suurandmete on võimalik jälgida tarbija harjumusi või hoiakuid, mis aitavad kaasa uue toote kujunduse protsessis ja vähendab riski, kui toote arendamisel on silmas peetud laialdast omandamist. Suurandmete töötlemine ja analüüsimine on empiirilises analüüsis leidnud ka kinnitust kui innovatsiooni võtmetegur, kus ettevõtted, kes tegelevad suurandmete analüüsimisega on tõenäolisemad innovatsioone rakendama. (Niegel *et al.*, 2018)

2. METOODIKA JA ANDMED

Järgnev peatükk kirjeldab andmeraja analüüsi metoodikat ja olulisemaid omadusi ning lisaks kirjeldatakse Daouia ja Gijbels (2011) order-m analüüsi metoodikat, mis on andmeraja analüüsi edasiarendus ning erindite suhtes vähem tundlik. Tutvustatakse ka Malmquisti indeksi olemust, mis võimaldab uurida efektiivsuse muutumist ajas. Lisaks tuuakse välja kasutatavad andmed, nende andmebaasid ja illustreeritakse olulisemaid statistilisi näitajaid graafiliselt.

2.1. Metoodika

Efektiivsuse hindamiseks on kasutusele võetud meetodeid tulemuslikkuse mõõtmiseks. Kuid süstematiseeritud kontroll võib kahjustada pikaajalist kasvu, vähendades riski talutavust, mis omakorda langetab investeeringute otsuseid ja võib ka põhjustada ebavõrdsuseid investeeringutes. Efektiivsuse hindamiseks on välja toodud ka teadusartiklite arv võrreldes tehtud investeeringutega, kuid see kannatab kriitika all, et tõus teadusartiklite arvus ei pruugi tähendada tõusu kvaliteedis. Seega mõlemad näitajad on andmeraja analüüsis kasutatavad väljundid, mis on põhjendatud kriitika osalisteks saanud. Seevastu kõrge korrelatsioon ja sarnasused efektiivsuskoores tähendavad võimalikku asendamist üksteisega. On üsnagi tõenäoline, et otsustuüksused, kes on suutelised hankima investeeringud on ka vastavas kvaliteedis teadusartiklite väljastamises. (Gralka *et al.* 2019)

Efektiivsuse hindamiseks väljundites kasutatakse ka väljastatud teadusartiklite tsiteeringute arvu, näiteks kasutatakse tsitaatide arvu tuntud teaduskirjanduses. Antud väljund on tihti seostatud efektiivsusega, kuna kõrge kvaliteediga teadustööd on suurema tõenäosusega saama laialdast tunnustust. Kõrge efektiivsuse tase ei garanteeri ka populaarsust tsiteeringutes, kuid olla teatud alas esimene suurendab tunnustust rohkem olenemata tegeliku töö kvaliteedist. (You *et al.* 2016) Seega tuleb arvestada, et kõige rohkem tsiteeritud ja tunnustatud artiklid ei väljenda tegelikku efektiivsuse taset. Kuid põhjalikum tsiteeringute ülevaade, arvestades ka ressursside

kättesaadavuse, meeskonnatöö, regulatsioonide ja inimkapitali harmoonilisest mõjust efektiivsusele ei ole eelnevalt uuritud ega kaalutletud.

Esialgsed efektiivsuse hindamismeetodid, mis pani rõhku tulemuste saavutamisele läbi sisendite minimeerimise või väljundite maksimeerimise ei olnud tihtipeale optimaalsed ja kergesti rakendatavad. Esmased analüüsid keskendusid rohkem sisenditele ja nende minimeerimisele, kuna piiratud ressursside efektiivne kasutamine võib olla olulisem, kui soovitud tulemuste saamine olenemata kulutustele. Teaduskirjanduses esimesed efektiivsusele rõhku panev teaduslik artikkel pärineb Lee, Clayton (1972) poolt, kes kasutasid sisendite ja väljundite optimeerimiseks mitme kriteeriumiga otsuste analüüsi, millel oli kolm põhilist eesmärki: (1) leida minimaalne kogus vajalikke ressursse, et saavutada soovitud tulemus, mis oleks teoreetiline optimaalne suhe, (2) empiiriline analüüs, mis tutvustas andmetes olevat sisendite ja väljundite efektiivsuse suhet, ning (3) võimalikud alternatiivid sisenditele, muutes erinevate tunnuste olulisust. (Johnes 2015)

Mitme kriteeriumiga otsuse analüüsis luuakse põhiline eesmärk, ning alapunktid, mis samuti võiks täita. Probleem antud meetodil esineb tõsiasjas, et suhted tuleb luua hierarhilise struktuuriga, mis võivad oluliselt vähendada saadud tulemuste korrektsust, ning ei pruugi illustreerida tegelikku olukorda, vaid valitud andmestikuga sobiv lahendus. Tihtipeale on saadud osakaalude väärtused hüpoteetilised ja raskesti jäljendatavad empiirilises analüüsis. Kuna mitme kriteeriumiga otsuse analüüs nõuab palju eeldusi ja on sõltuv määratud kaaludest, on antud meetod tänapäeval mitte kasutuses, kuid annab mõista, kuidas efektiivsuse mõõtmine on aja arenedes muutunud. (Johnes 2015)

Teaduskirjandus jaotab efektiivsuse hindamise meetodid üldjuhul kahte leeri: parameetrilised ja mitteparameetrilised lähenemised. Parameetriliste lähenemise puhul tehakse andmete jaotuse kohta kitsendavaid eeldusi, mitteparameetriliste meetodite puhul seda ei tehta või pole eeldused kuigi piiravad. Populaarseim parameetiline meetod efektiivsuse hindamiseks on stohhastiline piiranalüüs (*stochastic frontier analysis, SFA*). Stohhastilise piiranalüüsi eeliseks mitteparameetriliste meetodite ees on väiksem tundlikkus statistilise müra suhtes: teadvustatakse, et ebaefektiivsus, mille mudel tuvastab, võib tuleneda nii juhuslikust mürast kui tõelisest ebaefektiivsusest. Levinuim mitteparameetiline meetod efektiivsuse uurimiseks on andmeraja analüüs (*data envelopment analysis, DEA*). DEA eeliseks on paindlikkus: protsessi funktsionaalse kuju kohta ei tehta rangeid eeldusi. Meetodi puuduseks on selle deterministlik iseloom, mis muudab DEA nii juhusliku statistilise müra kui andmetes sisalduvate erindite suhtes väga

tundlikuks. Selle puuduse kõnetamiseks on välja töötatud uusi meetodeid: order-m ja order-alpha, mis on DEA edasiarendused, on erindite suhtes vähem tundlikud kui DEA. (Amara *et al.* 2020)

Efektiivsust on võimalik ka tuua välja väljunditele keskendunud mudelis, kuid esialgsed artiklid (näiteks Verry ja Layard (1975), Brovender (1974)) keskendusid ühele väljundile, milleks oli kas lõpetanute arv, teadusartiklite arv või lõpetanute arv osakondadena, või töötatud tundide arv, mille aluseks oli tihtipeale endogeense näitajana kulud. Teadusinstituutsioonid pakuvad mitmeid väljundeid, mistõttu ühele väljundile fokuseerimine võib paisutada või üle hinnata tegelikku kulu, põhjustades piiratud väärtustega tulemusi. (Blecich 2020)

Korrektsete sisendite ja väljundite valimine mitteparameetrilises mudelis on määrava tähtsusega tegeliku tulemuste saavutamiseks. Endogeensete näitajate kasutamine sisenditena võib oluliselt kallutada efektiivsusanalüüsis saadud tulemusi. Tuues näitena välja rahalised toetused projektide edukaks sooritamiseks tuleb arvestada, kas tegemist on endogeense või eksogeense näitajaga, mis võib olla nii sisend kui ka väljund. On ka võimalik, et tegemist on endogeense sisendiga, mis aitab kaasa panustada teadusartiklite ja teadustööde sooritamisele, aga rahastuse suurus võib sõltuda tehtud töö kvaliteedist, mis ei ole otseselt määratav läbi andmeraja analüüsi. Juhul, kui esinevad endogeensed näitajad sisenditena, siis optimaalne lahend on eksogeensete näitajate välja toomine, mis võimaldab eristada otsustusüksuste tegelikku tootlikusse taset andmeraja analüüsis. Eksogeensete andmete kasutamine võib ka kallutada tulemusi, kuna pole otsustusüksuste poolt võimalik otseselt mõjutada. (Mayston 2017)

Paljud eelnevad uuringud kasutavad ettevõtteid, et vältida võimalikku heterogeensust agregeeritud andmete kasutamise korral. Andmete analüüsiks kasutati seetõttu tihti tobit või muud regressioonanalüüsi meetod, kuid agregeeritud andmete kasutamise korral on võimalik kasutada ka teisi meetodeid. Autor toob ka välja eelneva kirjanduse põhjal esinevad tulemused erinevate meetodite kasutamisega T&A innovatsiooni mõõtmiseks.

Salimi ja Rezaei (2018) kasutavad T&A tootlikkuse hindamiseks parim-halvim meetod, kus uuriti kokku 50 ettevõtet Hollandis, kes olid töötajate arvu poolest keskmise või väikse suurusega. Autorid toovad välja, et kuna T&A efektiivsus on mitme kriteeriumiga, on optimaalne lahendada mitme kriteeriumiga meetodit kasutades, mis ei ole ideelist uus, vaid on juba empiirilises kirjanduses kasutatud näiteks Lee ja Claytoni (1972) poolt, kuid parim-halvim meetod on uudne lahendus, mis kasutab kahte andmestikku analüüsiks. Esimene andmestik koosneb optimaalsetest

lahendustest, kus määratakse kõige ihaldatumad tunnused ja seejärel kõige vähem ihaldatud tunnused järjestusskaalal. Seejärel rakendatakse esimeses andmestikus saadud skaalad ümber kaaludeks teises andmesitkus, kus eesmärk on minimeerida kogumuutlikkust parimate ja halvimate suhtes. Antud metoodika on lahendus ettevõtete omavahelisel võrdlusel arendamise eesmärgil, kuid eeldab kaalude määramist, mis tihtipeale ei pruugi olla kooskõlas andmetega. Lisaks ei paku meetod võimalusi võrrelda keskkonnategurite mõju antud tulemustele või heterogeensuse olemasolu, mis suurema andmestiku korral võib esineda. (Salimi, Rezaei 2018)

Kolmeastmeline hinnangumeetod efektiivsuse hindamiseks riigiti kasutades andmeraja analüüsi ja tobit regressioonanalüüsi kolme sisendiga võimaldab otsest võrdlust riikide efektiivsuse vahel, kasutades andmeraja analüüsis tekkinud lõtve hindamiseks tobit regressioonanalüüsis sisendite võimalikke mõjutajaid. Viimase astmena tehakse andmeraja piiranalüüs koos tobit regressiooni koefitsientidega, mis on korrigeeritud algsete sisenditega andmeraja analüüsis. Tulemused näitavad, et algselt olid pooled riikidest efektiivsed, kuid peale regressioonanalüüsi rakendamist, mis arvestas ka võimaliku lõtvusega, langes efektiivsete riikide arv drastiliselt ja keskmine efektiivsustase oli samuti langenud. (Wang, Huang 2007)

Efektiivsuse hindamiseks kasutatakse tihti staatilisi süsteeme, mis ei arvesta pikaajalise efektiivsuse muutumisega. Probleemi leevendamiseks on kasutatud ka mitme perioodiga andmeid, aga jäetakse välja kahe või enama järjestikuse perioodi käitumise mõju üksteisele. Ühe perioodi tarbimine sisendite või tootlikkus väljundite suhtes võib oluliselt mõjutada järgneva perioodi saadusi. Kulutused teadus- ja arendustegevusele on otseselt seotud väljunditega, mis võivad väljenduda patenditaotlustes kui ka teadusartiklites. Kuid tulemuste saavutamine ei ole kohene ja üldjuhul ei saabu ka kõik korraga, vaid jooksvalt osadena. Seetõttu eeldati analüüsides ka dünaamilist viiteaega projektide rahastamiseks. Uuringus kasutatud kaheastmeline andmeraja analüüs andis tulemuseks, et kuigi teadus- ja arendustegevus on küllaltki efektiivne, siis uute teadmiste omistamine ja rakendamine on aeglane ja mitte piisavalt efektiivne. Samuti leidsid uuringu autorid, et väiksema suurusega otsustusüksused olid efektiivsemad ressursside kasutamises, aga kehtis kõrgem haldamiskulu, seevastu suuremad otsustusüksused ei olnud nii efektiivsed ressursside jaotamises, aga esines vähem mõju haldamiskulude poolt. Tõenäoliselt on väiksemad otsustusüksused võimelised kiiremini muundama kulutatud sisendeid väljunditeks, mis on tingitud ettevõtte säilitamise printsiibist. Analüüs ei leidnud olulist mõju dünaamilise või fikseeritud viiteaja vahel. Autorid tõid ka välja, et teadus- ja arendustegevuse efektiivsuse hindamiseks ei pruugi alati teadusartiklid ja patendid olla sobivad väljundid. Sõltuvad programmi

eesmärgist, võib lõpptulemustel olla väga väike seos nimetatud väljunditega, või teistsugune viiteaeg, mis samuti muudab analüüsi tulemusi (Xion *et al.* 2018)

Andmeraja analüüs on matemaatiline tulemuslikkuse mõõtmise meetod, mis põhineb võrreldavate üksuste hindamisel. Efektiivsushinnang antakse suhtena kasutatud sisenditele toodetud väljunditele sarnaste näitajate juures. Otsustusüksust loetakse efektiivseks juhul, kui väljundit ei ole võimalik suurendada ilma sisendit muutmata või ei ole võimalik saavutada sama väljundit vähendades sisendit. Andmeraja analüüsis on vaba asendatavus eelduseks, et iga osalev otsustusüksus on võimeline vabalt loobuma sisendite ja väljundite ülejääkidest tootmisvõimekuse piires, et tõsta enda efektiivsuse taset. (Charnes *et al.* 1978)

Sisendite ja väljundite valimises piiranalüüsis peab olema valiv sobivate sisendite ja väljundite suhtes. Mudeli liigne paisutamine põhjustab liiga palju juhuslikke väärtusi, mis esinevad efektiivsetena. Eeldades optimaalset jaotust, esineks nelja sisendi ja nelja väljundiga kokku 16 efektiivset üksust. Seetõttu on sobivate sisendite arvu valimine oluline. Juhul, kui esinevad sisendid, millel on hinnad olemas, siis kaalutud väärtusi pole tarvis, mis suurendab eraldamise võimet mudelis. Samuti tuleb valida väljundid, mis on lähedalt seotud uuritavate tegevusalaga. Analüüsi tegemisel peab arvestama ka sisendite või väljundite omavahelist korrelatsiooni. Ühe sisendi ja väljundi vaheline korrelatsioon ei ole negatiivne nähtus, kuna illustreerib omavahelist seotust. Seevastu kahe või enama sisendi või väljundi kõrge korrelatsioon võib oluliselt mõjutada tegeliku efektiivsushinnangut. Juhul, kui tegemist pole täiusliku korrelatsiooniga, võib ühe näitaja eemaldamine mõjutada efektiivsushinnangut kõigi teiste väljundite suhtes. Andmeraja analüüsis tuleb ka vältida indekse, protsentide ja mahtude samaaegset kasutamist. (Dyson *et al.* 2001)

Charnes, Cooper ja Rhodes (1978) arendasid Farelli (1957) efektiivsuse hindamist läbi tootmisvõimaluse kõvera, lisades lineaarse lahendamise, mis oli saavutatud läbi kaalutud väljundite suhe kaalutud sisendite suhtes. Järgnev mudel on standardne andmeraja analüüsi efektiivsuse suhe, milles väljunditeks on s ja sisenditeks m . X_j on $m \times n$ maatriks ja Y_j on $s \times n$ maatriks. u on kaalutud väljundite vektori veerg ja v on kaalutud sisendite vektorite veerg. Lisaks on tingimusteks E sobiliku väärtuse lõik nulli ja ühe vahel, ning kõik sisendite ja väljundite osakaalud on positiivsed. Kergendatud mudelis on u ja v suurem või võrdne nulliga. (Dyson *et al.* 2001)

$$E(j_0, u, v) = u^T Y_{j_0} / v^T X_{j_0}$$

Banker, Charnes ja Cooper (1984) täiendasid CCR mudelit, tuues välja, et saadud efektiivsustase ei erista mastaabisäästu efektiivsust tehnilisest efektiivsusest, mistõttu tõid autori enda mudeli välja nimega BCC, milles oli lisatud ka kumeruse piirang. Muudatused võimaldasid analüüsida eeldusega, et otsustusüksuste vahel ei esine konstante mastaabisääst, mis kattub rohkem reaalsusega, kus otsustusüksuste sisendid ja väljundid on erinevad. Olenemata muutustes hinnangumeetodis on ebaefektiivsete otsustusüksuste puhul võimalik eristada, kas efektiivsuse tõus oli tingitud mastaabisäästu paranemisest või tehnilise efektiivsuse tõusust. Teine vaidluspunkt varieeruva mastaabisäästuga mudeli puhul on tõsiasi, et kõige produktiivsem skaala on otsene mõjutaja mastaabisäästul. (Banker, Thrall 1992)

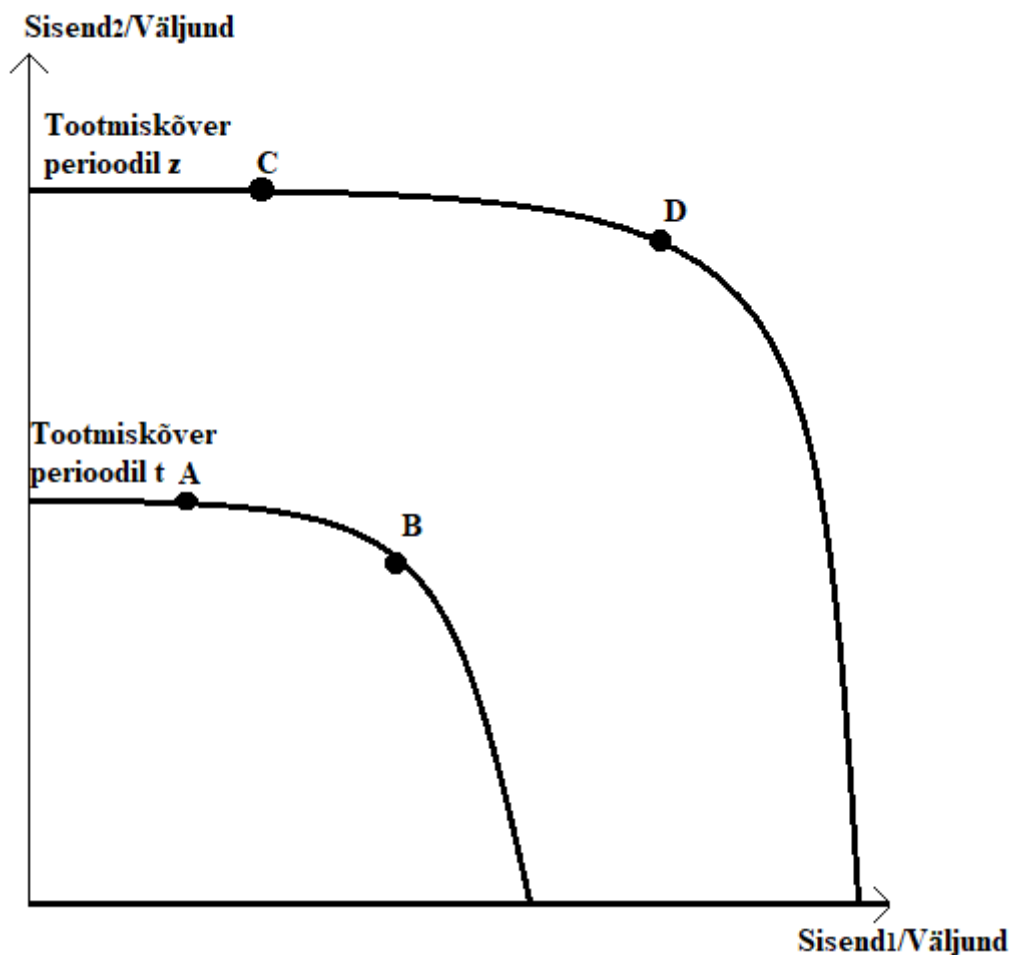
Andmeraja analüüsi prognoosi tegemisel seisab analüüsi valikus kas fokuseerida kulude vähendamisele ehk sisendite minimeerimisele või tulemuste suurendamisele ehk väljundite maksimeerimisele. Erinevad koolkonnad on süvitsi põhjendanud mõlemat valikut. Põhilised seisukohad, miks fokuseerida sisendite minimeerimisele on seetõttu, et sisendite vähendamisele keskendunud funktsioonis on positiivse koefitsiendiga muutuja väljund ja negatiivse koefitsiendiga muutuja sisend. Seevastu väljundite maksimeerimisele keskendunud artiklid on tihtipeale leidnud, et institutsioonide, ülikoolide, eraettevõtete ja muude otsustusüksuste raskusteks ei pruugi olla sisendite vähendamine, vaid tegelike väljundite suurendamine läbi teadusartiklite või patenditaotluste. Tihtipeale sisendite suurendamine sõltuvalt mastaabisäästust ja kahanevast piirtootlikkuse määrast võib vähendada tegeliku väljundite lisandväärtust. (Cook, Bala 2007)

Andmeraja analüüsis tuleb järgida olulisi samme, et garanteerida tulemuste korrektsuses. Tihtipeale kasutatakse heterogeenseid andmeid ilma vajalike protseduurita, mis võivad välja tulla otseselt andmetes, kui ka erinevused keskkonna suhtes. Näiteks kui tegemist on mittesoovitava rajooniga, siis investeringute koguarv antud piirkonda võib olla oluliselt väiksem. Et vältida probleeme andmete heterogeensuses on soovitatud kasutada klastritesse koondumist või kontrollnäitajate lisamine. (Dyson *et al.* 2001)

Kasutades andmeraja analüüsi, tulevad otsustusüksuste efektiivsuskoorid lõigus 0 kuni 1, kus parimate tulemustega otsustusüksused saavad hinde 1. Traditsioonilises andmeraja analüüsis hinnatakse otsustusüksuseid omavahel, mis võib kaasa tuua ka erandeid tulemustes. Tihtipeale on

parima tulemusega üksuseid mitu, mistõttu on antud meetodiga võimatu koostada järjekord. Potentsiaalne lahendus antud probleemidele on supereffektiivsus (*super-efficiency*). Supereffektiivsus koosneb iga otsustusüksuse hindamisest ühiskonnale, kasutades sisendite ja väljundite määratud tähtsust. Kuna puudub tegelik vahemik lõplike väärtuste hindamisel, on võimalik ka eristada erandeid. Antud meetod on suurepärase lahendus erandite välja toomises, kuid on mõnevõrra probleemne järgu koostamisel. (Noura *et al.* 2011)

Malmquist indeks aitab kvantitatiivselt mõõta otsustusüksuste efektiivsushinnangute muutust määratud ajaperioodil, kus eelduseks on andmeraja analüüsis võimaliku tootmise piiri muutus. Malmquisti indeks arvutatakse sisendite ja väljundite kaugust võimalikust tootlikkuse piirist, mistõttu puudub vajadus lisada hinnad või kaalud. (Bogetoft, Otto 2011)



Joonis 2 . Malmquist indeks kirjeldav joonis
Allikas: Autori koostatud

Malmquisti indeksi hinnang põhineb efektiivsushinnangu ja tehnoloogise muutuse korrutises. Efektiivsushinnang kirjeldab regioonide efektiivsust, mis vihjab järele jõudmisele teiste võrreldavate regioonidega. Tehnoloogine muutus on tehnoloogiline muutus, mis aitab maksimeerida väljundeid vähendamata sisendeid. Malmquisti indeksi hindamisel kasutatakse varieeruvat mastaabisäästu või konstantset mastaabisäästu. Antud töö kasutab varieeruvat mastaabisäästu, kuna konstante mastaabisääst võib tuua veatermineid, kui on tegemist mitme sisendi või väljundiga. (Bogetoft, Otto 2011) Matemaatilises võrrandis koosneb dekomponeeritud Malmquisti indeksi esimesel poolel efektiivsushinnang, mis on korrutises tehnoloogilise muutusega. Malmquisti indeksi arvutuslik muutus ajaperioodis t ja z on väljendatud järgnevalt:

$$M^{t,z} = (x^z, y^z, x^t, y^t) = \frac{D^z(x^z, y^z)}{D^t(x^t, y^t)} x \sqrt{\left(\frac{D^t(x^z, y^z)}{D^z(x^z, y^z)}\right) \left(\frac{D^t(x^t, y^t)}{D^z(x^t, y^t)}\right)}$$

kus

M – Malmquisti indeks

D – Efektiivsushinnangute kaugus piirmäära tootmisfunktsioonist

x – sisendite vektorid

y – väljundite vektorid

z – lõpp-periood

t – algperiood

Superefektiivsuse kasutamisel erandite leidmiseks on vaidluspunktiks konstantse mastaabisäästu või varieeruva mastaabisäästu kasutamine. Banker ja Chang (2006) illustreerisid, kuidas varieeruva mastaabisäästu puhul on müra olemasolu korral võimalik kergelt leida tulemustes erandeid. Müra eemaldamine vähendas tegelikku hindamise efektiivsust, kuid müra suurendamine parandas normatiivsete väärtuste õiget hindamist, kuid vähendas ekstreemumite korrektset hindamist. Konstantse mastaabisäästu eeldus võib olla häiritud tänu asjaolule, et funktsioonid võivad olla koos positiivsete täisarvuliste eksponentidega, mis konstantse mastaabisäästuga funktsioonil ei tohiks esineda. Seetõttu on varieeruva mastaabisäästuga hinnangud realistlikumad tegelikust olukorrast, kuna otsustusüksuste suurus on heterogeenne ja tuleks võrrelda sarnaste suurusetega üksuseid omavahel. Antud empiiriline uuring leidis samuti, et otsustusüksuseid ei ole võimalik korrektselt järjestada väikese panusega osapoolte tõttu, kes nihutavad tegelikku efektiivsuse taset. (Banker *et al.* 2017)

Erindite probleemi kõnetab laialdast tunnustust saanud order-m analüüs. Order-m analüüsi puhul ei kasutata efektiivsuse hindamiseks kogu valimi põhjal konstrueeritud tootmispiiri, vaid valimist

võetakse teatud arv (m) teatud tingimustele vastavaid vaatlusi. Kuna order-m analüüs ei kasuta efektiivsusskooride kõiki andmepunkte efektiivsusskooride arvutamiseks, on order-m analüüs võrreldes andmeraja analüüsiga erinditele oluliselt vähem tundlik. (Daouia, Gijbels 2011).

2.2. Andmed ja muutujad

Kasutatav andmeraja analüüs põhineb ühe sisendi ja kahe väljundiga mudelile, pannes rõhku väljundite optimeerimisele. Analüüsi sisendiks on kogukulutused teadus- ja arendustegevusele regiooniti mõõtühikuna miljonites eurodes, ning väljunditeks regioonide patenditaotlused ja teadusartiklite arv, mis on väljastatud tunnustatud ajakirjades. Tunnustatud teadusajakirjadeks loetakse ajakirjad, mille populaarsuse tase on kõikide väljastajate hulgas 10%. Sisendite mõjutamisel väljunditel on eeldatud kaheaastaline viiteaeg, pärinedes eelmistele empiirilistele uuringutele (Guan, Chen 2010). Info patenditaotluste kohta on võetud OECD REGPAT andmebaasist, teadusartiklite arv on pärit Web of Science andmebaasist ja ülejäänud tunnused on võetud Eurostat ja ARDECO andmebaasist. Kõik näitajad on viidud ühtlasele mõõtepulgale, kus patendid, teadus- ja arendustegevuse kulutused ja edukate publikatsioonide arv on jaotatud aktiivse tööjõuga vastava regiooni puhul. Valim koosneb 269 regioonist, mis moodustab kokku 28 riiki, milleks on: Austria, Belgia, Bulgaaria, Tšehhi, Küpros, Taani, Saksamaa, Eesti, Kreeka, Hispaania, Soome, Prantsusmaa, Horvaatia, Ungari, Itaalia, Luksemburg, Läti, Malta, Holland, Poola, Portugal, Rumeenia, Rootsi, Sloveenia, Slovakkia, Ühendkuningriigid, Iirimaa ja Leedu. Regioonide standardite muutumise ja andmete puudumise tõttu jäid Ungari regioonid Budapest (HU11) ja Pest (HU12) välja. Regioonid, kus puudusid sisendid või väljundid jäid valimist samuti välja, need olid: Thessalia (EL61) Kreekas, Ciudad Autónoma de Ceuta (ES63) ja Ciudad Autónoma de Melilla (ES64) Hispaanias, Região Autónoma da Madeira (PT30) Portugalis ja Åland (FI20) Soomes.

Analüüsiks on ka oluline välja tuua kasutatavad andmed, mis aitavad paremini mõista analüüsis saadud tulemusi. Kasutatud andmete olulisemad tunnused on välja toodud tabel 3, kus kõik tunnused on võetud suhtena tööjõusse. Suhete kasutamine muudab regioonid omavahel paremini võrreldavaks. Eeldades viiteaega sisendite muundamisel väljunditeks, on võetud sisendiks kulutused teadus- ja arendustegevusse aastal 2014, ning väljundid patenditaotlused ja teadusartiklid aastal 2016. Malmquisti indeksi analüüsiks on sisendid aastast 2002 ja väljundid

aastast 2004. Kõik tunnused tabelis on välja toodud tuhande elaniku kohta. Andmete täiendamiseks on kasutatud lineaarset interpoleerimist.

Antud mudel kasutab ühte sisendit ja kahte väljundit väljundipõhisel mudelil, kuid ühe näitaja juurde toomine sisendi kujul võib oluliselt mõjutada efektiivsushinnanguid. Tihtipeale kasutatakse personali arvu, kes on otseselt seotud T&A protsessis, kuid olenevalt tingimustest võib antud näitaja olla kasutatud kui väljundina või sisendina. Sõltuvalt riigi majanduslikust tasemest võib olla tugev soov tõsta inimeste arvu, kes osalevad teadus- ja arendustegevuses. Seeläbi oleks antud valimis arvestades regioonide heterogeensust raske õigustada teadus- ja arendustegevuse personali arvu sisendina kasutamist.

Kirjeldavas statistikas on eemaldatud regioonid, kelle andmed olid puudulikud või mittesobilikud. Andmeraja analüüsis ei saa sisendi või väljundi väärtuseks olla 0, mistõttu antud regioonid on analüüsist eemaldatud. Andmete puudulikkuse tõttu aastast 2013 kasutati väljundite hindamiseks Prantsusmaal regressioonimudelit, kuid antud hinnangud võivad olla ekslikud ja tasub meele pidada Prantsusmaa efektiivsuse hindamisel

Tabel 3. Kirjeldav statistika

Tunnus	Miinumum	Maksimum	Aritmeetiline keskmine	Mediaan	Standardhälve
T&A kulutused, mln EUR, 2014	11,89	18664,3	1104,7	521,3	1833,39
T&A kulutused, mln EUR, 2002	3,78	14670,77	670,42	284,46	1329,26
Patenditaotlused, 2016	1	2791,63	188,47	77,3	413,26
Patenditaotlused, 2004	1	2276,218	154,23	56,8	293,54
Teadusartiklid, 2016	6,436	16095	815,4	552,5	1179,66
Teadusartiklid, 2004	1	3792	294,31	131	454,21

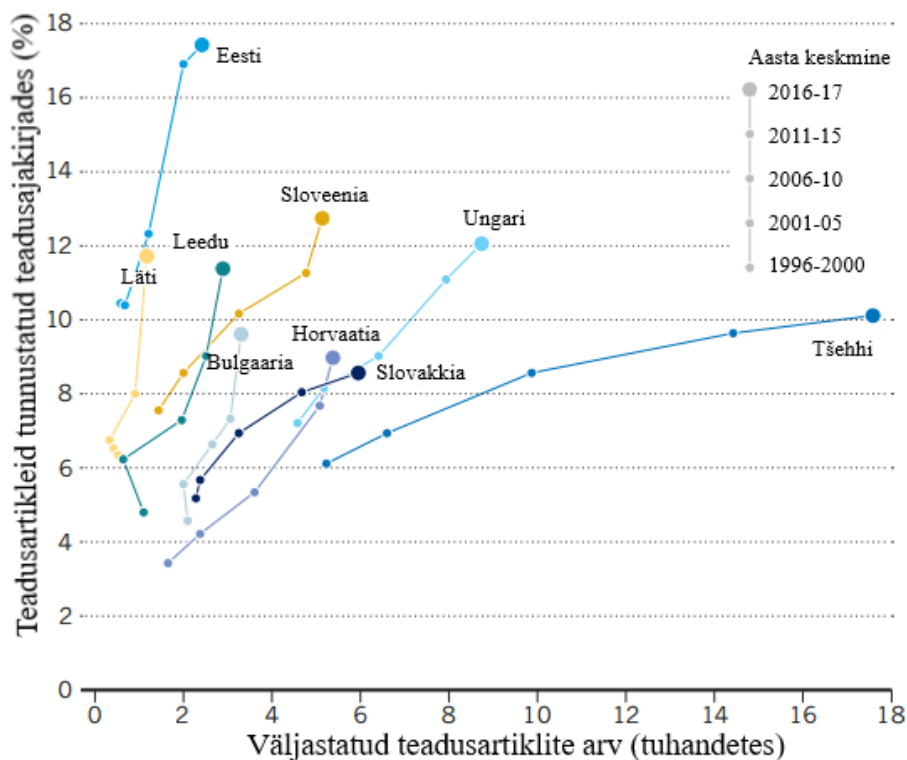
Allikas: Autori koostatud

Idabloki lagunemine aitas luua huvitava võrdluspunkti endise liidu riikides. Enamus riigid idablokis alustasid sarnastes tingimustes, kus tsentraliseeritud majandus oli põhjustanud vananenud tehnoloogia kasutamise, ebaefektiivse ressursside jaotumise ja madala tootlikkuse. Teadus- ja arendustegevus oli suunatud sõjategevusele, mis ei pruukinud olla kõige efektiivsem (antud ajast puuduvad andmed ja meetodid hindamaks teoreetilist efektiivsust), kuid üleminek

tsiviilteadusele ja ümberkohanemine varieerus suurelt riigiti, kus kõrgem omandiõigus, parem infrastruktuur ja turvalisem ärikeskkond aitasid kaasa riikide taastumisele peale NSVL lagunemist.

Joonis 3 kirjeldab endiste idabloki alla kuulunud riikide väljundi tõusu teadusartiklite arvel. Tuues eraldi välja teadusartiklite koguarvu ja tunnustatud ajakirjades väljastamise protsendi suhet ilmneb riigiti erinevad tõusud, kus kõige kõrgema edukuse määraga on Eesti, kuid ei esine ka olulist muutust väljastatud teadusartiklite arvus. Seevastu Tšehhi on näinud suurimat tõusu väljastatud teadusartiklites, kuid osakaal tunnustatud teadusajakirjades ei ole tõusnud lineaarsel trendil. Antud võrdlusest jäi Poola ja Venemaa välja, kuna puudusid vajalikud andmed.

Teadusartiklite tõus

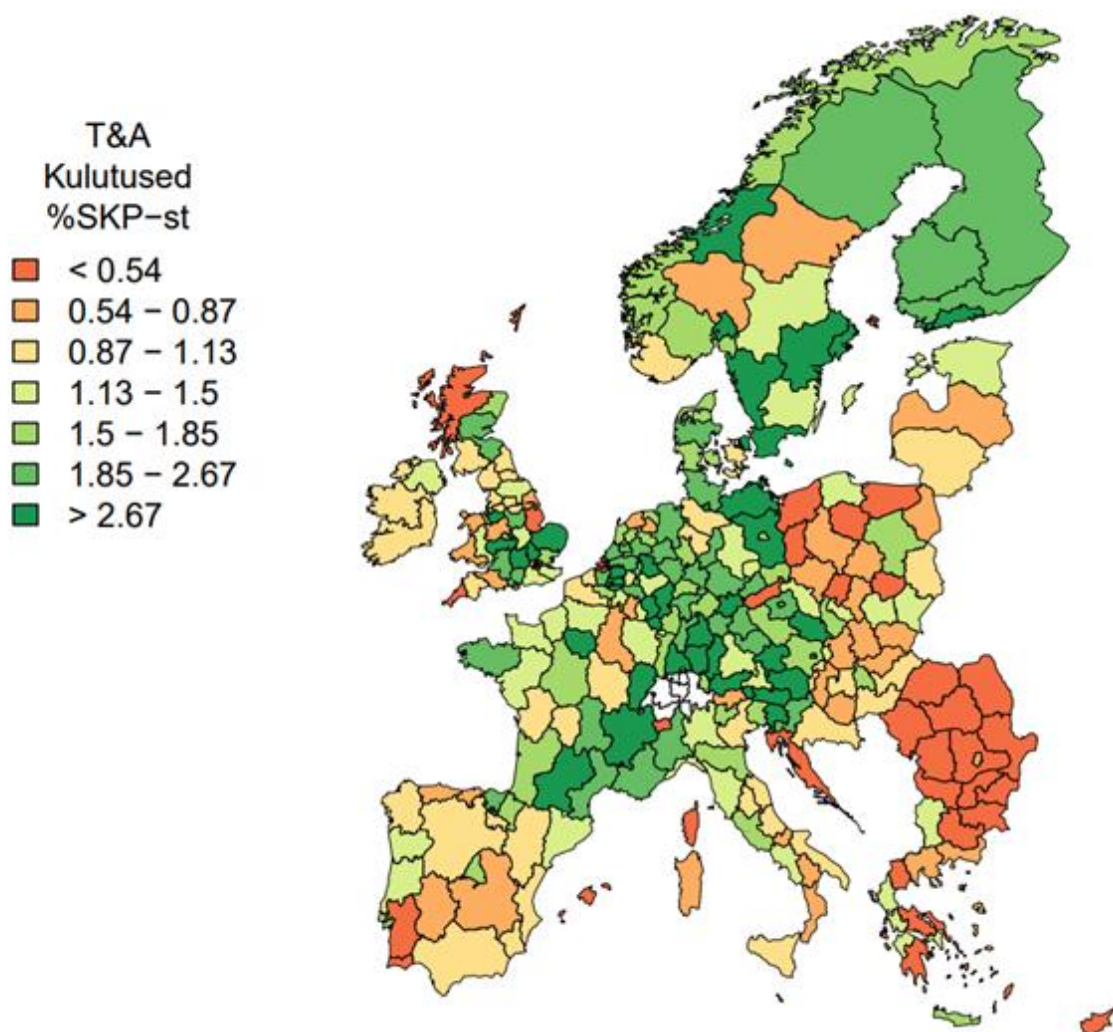


Joonis 3. Väljastatud teadusartiklite ja tunnustatud teaduskirjanduse suhe valitud riikides
Allikas: Autori koostatud

Tuues välja sisendite ja väljundite jaotumist regiooniti, kasutati illustreerimiseks Euroopa regioonide kaarti, mis on jaotatud NUTS2 kategooria järgi. Kõik NUTS2 regioonide jaotus vastab NUTS2013 standardile. Alustades sisenditest, näitab joonis 4 T&A kulutusi protsendina SKP-st. Absoluutväärtustena on ajaperioodil 2002–2014, keskmine kulutuste muutus olnud 76,67%. Kõige kõrgem tõus riigiti esines Poolas, kus tõus oli 230,83%, kellele järgnes Eesti tõusuga 214,65%.

Kõige rohkem vähenes kulutuste arv riigiti Horvaatias väärtusega $-14,22\%$, kellele järgnes Soome väärtusega $-1,2\%$.

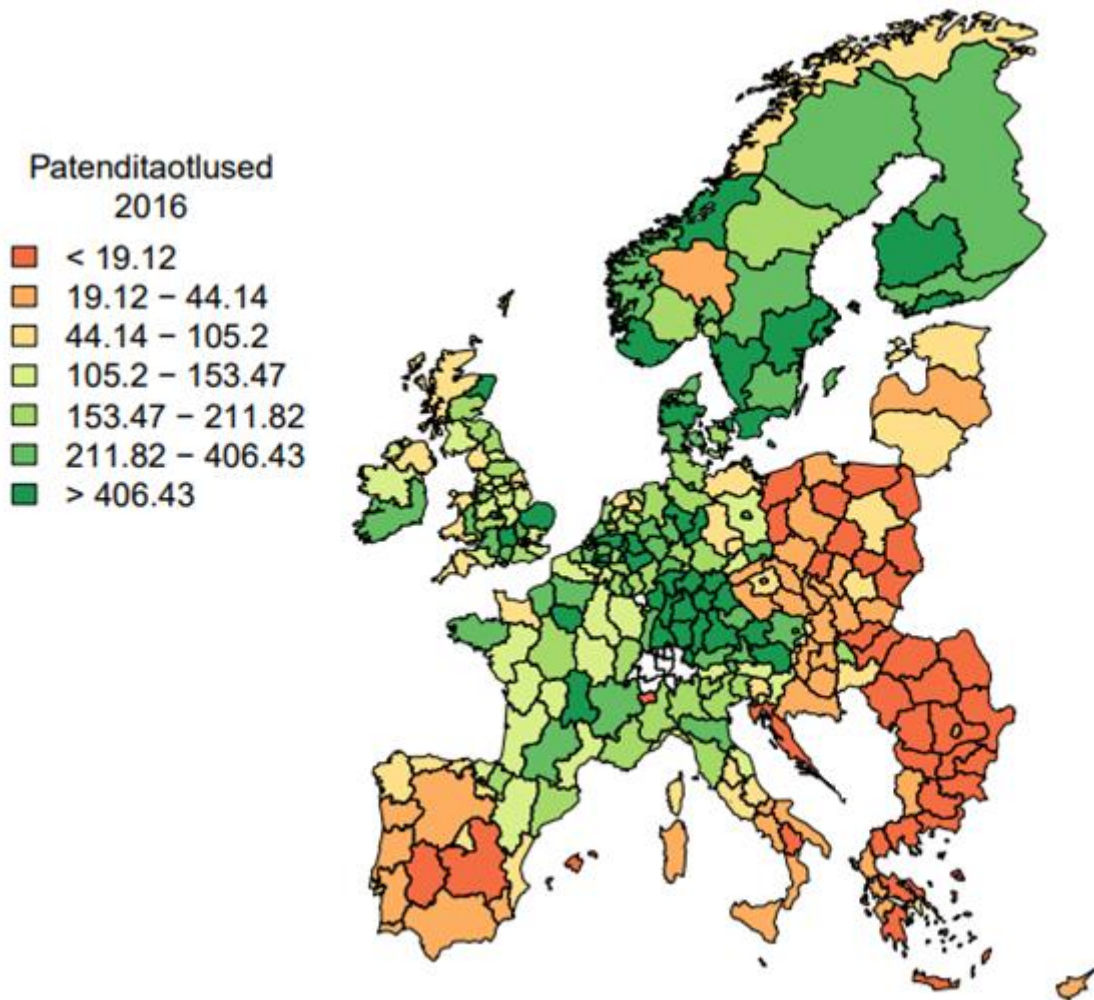
Autor toob ka välja, et joonis 4 kasutab illustreerimiseks suhet (T&A kulutuste %SKP-st), mis aitab paremini mõista hilisemate analüüside tulemusi, kuid andmeraja analüüsis kasutatakse tootmisprotsessi funktsionaalset kuju, et hinnata otsustusüksuste kaugust potentsiaalsest tootmismahust. Seetõttu ei saa kasutada andmeraja analüüsis suhteid sisendites või väljundites.



Joonis 4. T&A kulutused 2014, % SKP-st
Allikas: Autori koostatud

Joonis 5 kujutab Euroopas asuvate riikide patenditaotluste arvu aastal 2016. Ajaperioodil 2004–2016 oli keskmine patenditaotluste muutus $88,29\%$. Kõige rohkem tõusis patenditaotluste arv riigiti Portugal väärtusega $560,97\%$, kellele järgnes Rumeenia väärtusega $464,2\%$. Kõige rohkem vähenes patenditaotluste arv riigiti Horvaatias väärtusega -40% , kellele järgnes Soome väärtusega $-8,68\%$.

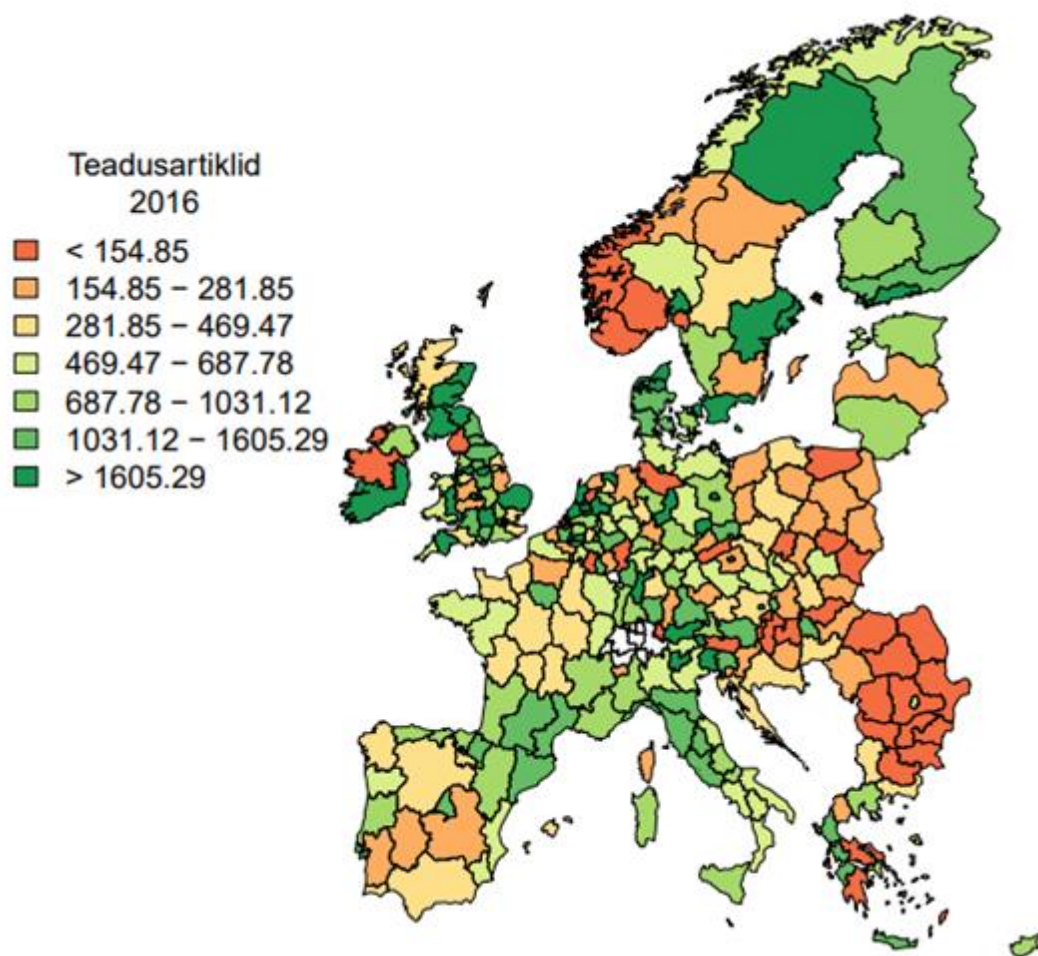
Patenditaotlused arvestavad patenditaotlusi antud regioonis, olenemata asjaolust, kas patenditaotluse autor tegutseb peamiselt selles regioonis, või on tegemist globaliseerumise tulemusena sihtregiooni näol. Olenemata asjaolust, tuleb hinnata kõiki patenditaotlusi efektiivsuse hindamiseks, olenemata tegelikust väärtusest.



Joonis 5. Patenditaotlused 2016, suhestatud tööjõudu
Allikas: Autori koostatud

Joonis 6 illustreerib 2016 teadusartiklite jaotust NUTS2013 kategooria järgi. Teadusartiklite jaotus regiooniti on väga erinev, mis võib olla põhjustatud majandusstruktuuri omapäradest, erinevusest innovaativsest võimekusest, kultuurilistest eripäradest, keelelistest takistusest või juriidilistest põhjustest. Antud joonisel on teadusartiklite arv võetud suhtena tööjõusse, mis võimaldab paremini arvestada erinevustega populatsioonis. Keskmise muutuse ajaperioodil 2004–2016 väljastatud teadusartiklite arvus oli 76,67%. Kõige kõrgem tõi riigiti oli Slovakkia

väärtusega 1660,34%, kellele järgnes Rumeenia väärtusega 1333,44%. Kõige väiksem tõus teadusartiklite arvus on Soome väärtusega 162,12%, kellele järgneb Saksamaa väärtusega 167,03%



Joonis 6. Tunnustatud teadusartiklid 2016, suhtena tööjõusse
Allikas: Autori koostatud

Kasutades Pearsoni meetodit, leiti korrelatsioonianalüüs T&A kulutuste ning teadusartiklite ja patentide vahel. Tulemused leiavad, et korrelatsioonianalüüs T&A kulutuste ning teadusartiklite vahel on väärtusega 0,51. Korrelatsioonianalüüs T&A kulutuste ja patentide vahel on 0,47. Korrelatsioonianalüüs teadusartiklite ja patentide vahel andis korrelatsioonikordajaks 0,53. Kõik korrelatsioonianalüüsid olid statistiliselt olulised 5% olulisuse nivoo peal.

Järgmine peatükk kirjeldab andmeraja analüüsi, order-m analüüsi ja Malmquisti indeksi analüüsi tulemusi.

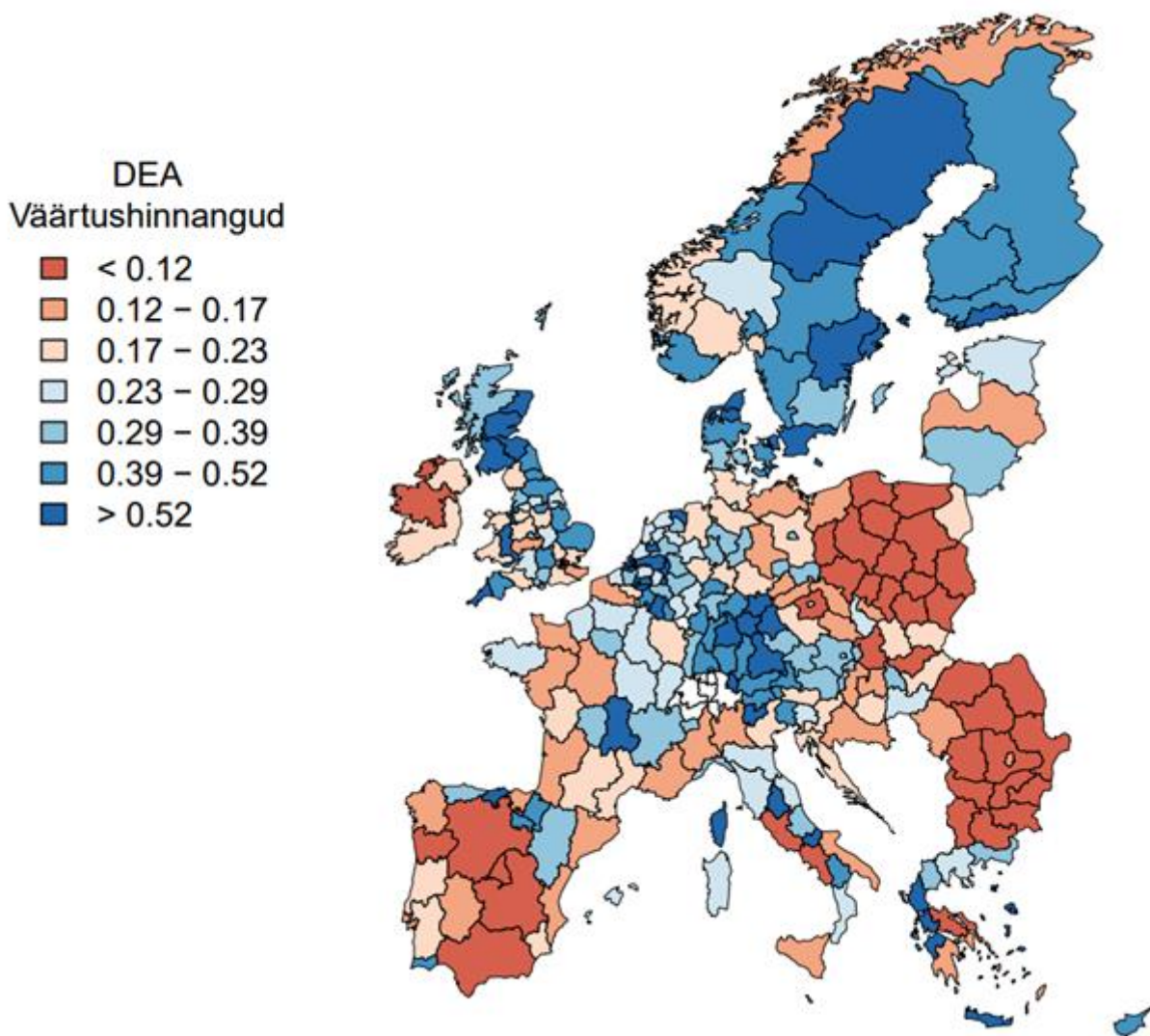
3. ÖKONOMEETRILINE ANALÜÜS JA TULEMUSED

Antud peatükk põhineb Daouia ja Gijbels (2011) väljatöötatud metoodikale, mis on eelnevalt teises peatükis teoreetilisel astmel lahti seletatud ja alus empiiriliseks analüüsiks. Sarnaselt eelnevalt välja toodule, on oluline esimene samm välja tuua potentsiaalsed erindid, kus enne andmeraja analüüsi on allesjäänud valimis suurus 242 regiooni, millest eemaldades regioonid, kus puuduvad tunnustatud publikatsioonid ning puudulik patentide arv, on allesjäänud valimi suuruseks 234 regiooni. Antud valimist jäid välja Thessalia (EL61) Kreekas, Ciudad Autónoma de Ceuta (ES63), Ciudad Autónoma de Melilla (ES64), Região Autónoma da Madeira (PT30), Åland (FI20) Soomes, Budapest (HU11) ja Pest (HU12) Ungaris andmete vähesuse tõttu. Lisaks ilmnes analüüsi käigus, et potentsiaalsed erindid on Inner London – West (UKI3) ja Severoiztochen (BG32) Bulgaarias.

Analüüs kasutab väljundi põhise mudelit, kus eeldades fikseeritud sisendeid, leitakse optimaalne teoreetiline tootlikkuse piirkõver. Kõikide regioonide väärtused võetakse kaugusena piirkõverast, kus 1 kujutab piirkõveral asumist, ehk regioon täieliku efektiivsuse juures, või juhul kui on tegemist ebaefektiivse regiooniga, läheneb efektiivsuskoor nullile. Traditsiooniliselt on väljundi-põhistel mudelitel vastupidine seos, kuid parema arusaadavuse eesmärgil on andmeraja piiranalüüsi, kui ka order-m tulemustest võetud pöördväärtus. Joonis 7 illustreerib Euroopa riikide efektiivsushinnanguid kasutades sisenditeks kulutusi teadus- ja arendustegevusse suhtena tööjõusse ja väljunditeks patenditaotluste arv ja väljastatud teadusartiklite arv tunnustatud ajakirjades suhtena tööjõusse. Arvestades andmeraja analüüsi tundlikkust mürale ja võimalikule ebatäpsusele andmete esitamises, on esialgse joonise eesmärk paremini kujutada efektiivsushinnanguid. Kuid analüüsist saadud tulemused võivad olla ka mõjutatud andmete esitamise korrektsusest, mis otseselt mõjutab efektiivsushinnanguid. Kui regioonid alahindavad tegelikke teadus- ja arendustegevuse kulutusi, võib regiooni efektiivsus tunduda kõrgem

Lähtudes teoreetiliste käsitlustele, tuleb arvestada arenevate ja arenenud riikide teadus- ja arendustegevuse taset, kus arenenud riikides on kõrgem roll ettevõtetel, mis toob kaasa lühiajalise

majandusliku kasvu suurenemise läbi patentide, võrreldes arenevate riikidega, kus teadus- ja arendustegevus esineb läbi subsidiumite, lühiajaliste valitsuste investeeringute või institutsioonide teadus- ja arendustegevuse projektidega.

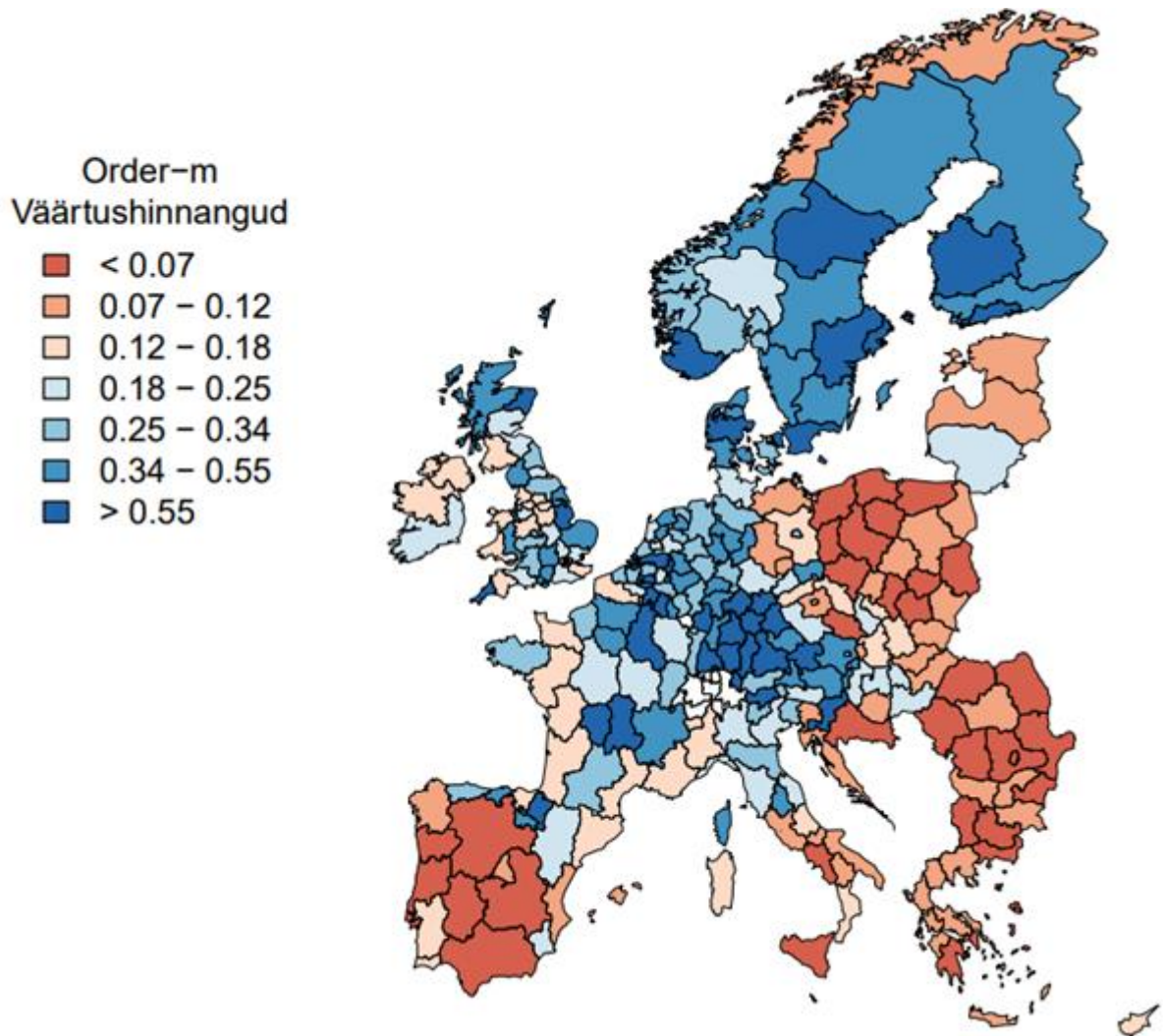


Joonis 7. Andmeraja analüüs
Allikas: Autori koostatud

Daraio ja Simar (2005) aitasid kaasa mitteparameetriliste näitajate modelleerimisel valimi sees. Ühe sisendi ja mitme väljundiga mudelis on tegelik valimi suurus vähem mõjutatud robustse order-m analüüsis, võrreldes absoluutsete piirhinnangutega. Sobiva m, ehk näidisvalimi suuruse valimisel on oluline arvestada mudeli kuju, kus mitme sisendi ja väljundiga mudelid on kõige tundlikumad, kuid seevastu on erindite leidmine kergendatud. Väike valim toob välja rohkem superefektiveid üksuseid, kuid on ka tundlikum, mis võib kergendada eraldatavust, aga suurendab potentsiaalsed veaterminid. (Daraio, Simar 2005)

Kasutades Daouia ja Gijbels (2011) meetodikat võimaldab order-m analüüs tuua välja superefektiivsed üksused. Arvestades, et töö kasutab meetodiks väljundi põhise lähenemist, ehk augmenteerides väljundite arvu, muutmata sisendite väärtusi. Väljundi põhise mudelitel on superefektiivsed regioonid väärtusega üle 1. Eemaldades traditsioonilise andmeraja analüüsi miinused, on mudeli tulemused ja põhjalikkus sarnane stohhastilisele piiranalüüsile. (Daouia, Gijbels 2011) Antud order-m analüüs kasutab väärtust 150.

Joonis 8 kuvab antud valimiga order-m arvutusega saadud efektiivsushinnanguid, kus esines kokku 25 superefektiivset regiooni, mis moodustab 10,7% valimist. Analüüsist ilmneb, et paljude regioonide tulemused kattuvad andmeraja analüüsis saadud tulemusega.



Joonis 8. Order-m analüüsi tulemused
Allikas: Autori koostatud

Oluline on märkida, et vaadates jooniseid kirjeldavast statistikast ja ökonomeetrisest analüüsist ilmneb asjaolu, et paljud joonised satuvad sarnase mustri alla, kus regioonid, mille patenditaotlused ja/või tunnustatud teadusartiklid on alla keskmise, esineb ka madal efektiivsushinnang väljundi põhisel mudelil. Erinevalt sisendi põhisest mudelist, kus üritatakse minimaliseerida sisendeid võiksid antud regioonid tunduda superefektiivsed, kuna tegelik väljundite arv ei ole sellisel mudelil oluline. Kulutuste kokkuhoidmine võib olla kindlatel tingimustel olla lihtsam, kui väljundite maksimeerimine. Põhjuseks võib olla alaarenenud infrastruktuur või turg pole piisavalt konkureeriv, mis võib põhjustada ebaefektiivsusi turgudel.

Üleüldine efektiivsuse tase kasutades andmeraja analüüsi on üldjuhul allapoole keskmise, kus 18,2% kõikidest regioonidest saavutasid kõrgema efektiivsushinnangu kui 0,5. Tihtipeale kasutatakse patenditaotlusi omandiõiguse saavutamiseks, mis vihjab teadus- ja arendustegevusele läbi ettevõtte, kus valitseb vajaduspõhine tehnoloogia arendus. Seevastu teadusartiklid kirjeldavad kõige paremini teadmiste arenemises, kus uute tehnoloogiliste teadmiste saavutamine on laialdaselt jagatud teistega. Antud erinevused põhimõttes ei ole asendatavad, ning on võimalik kasutada indikaatorina regiooni struktuurist teadus- ja arendustegevuses.

Kõige vähem efektiivsed regioonid andmeraja analüüsis olid Sud-Muntenia (RO31) Rumeenias väärtusega 0,024, millele järgnes Mazowieckie (PL12) Poolas väärtusega 0,055 ning Severozapaden (BG31) Bulgaarias sai efektiivsushindaja väärtuseks 0,063. Sarnased madala väärtusega tulemused pärinevad samadest riikidest, mis võib vihjata kultuurilistele erinevustele teadus- ja arendustegevuse protsessis või loomulikku ebaefektiivsust.

Seevastu täiusliku efektiivsusega ehk andmeraja analüüsis väärtuse 1 saanud regioone oli kokku 7; need on järgnevad: Vorarlberg (AT34) Austrias, Oberpfalz (DE23) Saksamaal, Ipeiros (EL54) Kreekas, Groningen (NL11) j, Noord-Brabant (NL41) Hollandis ning North Eastern Scotland (UKM5) Suurbritannias. Antud regioonide täiuslik efektiivsus võib olla tingitud madalast kulutustest teadus- ja arendustegevusse, ning arvestades, et andmeraja analüüs hindab otsustusüksuste omavahelist kaugust võimalikust tootlikkuse määra, kus väljundi-põhistel mudelitel on sisend muutmata väärtustega, ning seetõttu regioonid madala kulutustega võivad tunduda efektiivsemad, kui teised regioonid.

Teadmiste levik regioonides leiab osaliselt kinnitust, kus regioone efektiivsustase on ühtlaselt jaotatud riigiti, mis vihjab teadmiste levikule riigisiselt, kuid levik kaugemale on raskendatud, mis võib olla tingitud kultuurilistest erinevustest, väärtuste erinevusest või üldine turuebaefektiivsus.

Kasutades order-m efektiivsusanalüüsi, tõuseb keskmine efektiivsuhinnang 0,60 peale, mis on 87,5% kõrgem DEA aritmeetilisest keskmisest. Kõige halvemini sooritavate regioonides asendus Severozapaden (BG31) regiooniga Bulgaarias, Střední Čechy (CZ02) Tšehhis, mis sai väärtushinnanguks 0,14. Sud-Muntenia (RO31) Rumeenias sai hinnanguks 0,06 ja Mazowieckie (PL12) Poolas efektiivsuhinnang oli valimis 0,14. Kõige kõrgema efektiivsuhinnangu sai Inner London – West (UKI3) väärtusega 1,74. Antud tulemusele järgnes Sydsverige (SE22) efektiivsuhinnanguga 1,28, ning Saksamaal Oberpfalz (DE23) efektiivsuhinnanguks oli 1,26.

Superefektiivseid regioone oli kokku 25, ehk 10,7% koguvahimist. Superefektiivsed väärtused viitavad võimalikele erinditele, kus liiga kõrge või madal väärtus võib oluliselt mõjutada keskmiseid hinnanguid. Madala efektiivsuhinnanguga regioonid on tihtipeale pärit Rumeeniast, Bulgaariast või Poolast. Väljundi-põhisel mudelil on tegemist regioonidega, kus väljundid olid ekstreemselt madalad, tihti moodustades kirjeldavas statistikas miinimumi, kuid antud regioonide eemaldamine ei ole seetõttu veel õigustatud, ning ei pakuks olulisi muudatusi efektiivsuhinnangute tulemustele. Kõrgete väärtustega regioonid, mis võisid samuti kujutada erindeid. Kahjuks ei ole teadus- ja arendustegevuse eripärasusi regioonide agregaatidena avalikult kättesaadav info, mistõttu on vaieldav, kas superefektiivsete regioonide eemaldamine antud valimis oleks õigustatud, kuid analüüsid kinnitavad, et superefektiivsete regioonide eemaldamine ei mõjuta üldist efektiivsuhinnangute tulemusi. Teisisõnu antud regioonid ei kalluta analüüsi tulemusi. Tabel 4 näitab efektiivsuhinnangute kogujaotumist andmeraja analüüsi, kui ka order-m suhtes.

Eelnevates joonistest ilmneb muster, kus üldjuhul regioonid lõunas või ida-lõunas tegutsevad keskmiselt madalama efektiivsusega, võrreldes põhjamaa riikidega. Arvestades Euroopa regioonide heterogeensust töökultuuri suhtes, võib teadus- ja arendustegevuse efektiivsusel oluliselt mõjutada ka järelevalve ja kontroll või loomulik konkurentsitas. Vaadates joonistelt patenditaotluste ja teadusartiklite erinevust põhja-Euroopa ja ida-lõuna Euroopa suhtes ilmneb, et paljud vähemefektiivsed riigid ei pane suuremat rõhku patenditaotlustele, mis võib viidata väiksemale konkurentsi tasemele antud regioonides. Samuti võib ka erinevused olla põhjustatud

infrastruktuuri arengust, kus vähem efektiivsemad riigid võivad olla mõjutatud turu moonutustest, mis vähendavad ettevõtete osalust regioonide T&A tegevustes.

Tabel 4. Efektiivsushinnangute jaotumine

Efektiivsusvahemik	DEA, sagedus n	DEA, sagedus, %	Order-m, sagedus n	Order-m, sagedus %
>1	-	-	25	10,7%
x=1	7	2,9%	12	5,1%
1 <x< 0.9	1	0,4%	9	3,8%
0.9<x<0.8	5	1,7%	19	8,1%
0.8<x<0.65	10	4,3%	29	12,4%
0.65<x<0.5	21	8,9%	37	15,8%
0.5<x<0.2	110	47%	89	38%
0.2<x<0.1	67	28,7%	12	5,1%
0.1<x<0.01	14	5,9%	2	0,9%

Allikas: Autori koostatud

Tabel 5 kirjeldab statistilisi efektiivsusskoore kasutades erinevaid meetodeid. Pakkudes lühiülevaadet saadud olulisematele efektiivsushinnangute tulemusele aitab paremini illustreerida ja mõista erinevate meetodite hindamisväärtuseid. Ootuspäraselt on order-m abil arvutatud efektiivsusskooride mediaan (0,55) kõrgem kui DEA abil arvutatud efektiivsushinnangute mediaan (0,27).

Võrreldes jooniste erinevusi, paistab silma sarnasus tulemuste vahel. Olenemata mediaani tõusust, on jooniste regioonide vahelised mustrid olemas ja võrreldavad andmeanalüüsi meetodite vahel. Antud tulemused aitavad valideerida andmete korrektsust ja mõõdetavust. Mitmed regioonid Hispaanias, Poolas, Prantsusmaal, Bulgaarias ja Rumeenias paistavad silma madalate efektiivsushindajatega

Tabel 5. Keskmised efektiivsushinnangud

Tunnus	Min	Kvartiil 1	Mediaan	Keskmine	Kvartiil 3	Max
DEA	0,002	0,16	0,27	0,32	0,43	1
Order-m	0,06	0,33	0,55	0,60	0,82	1,74

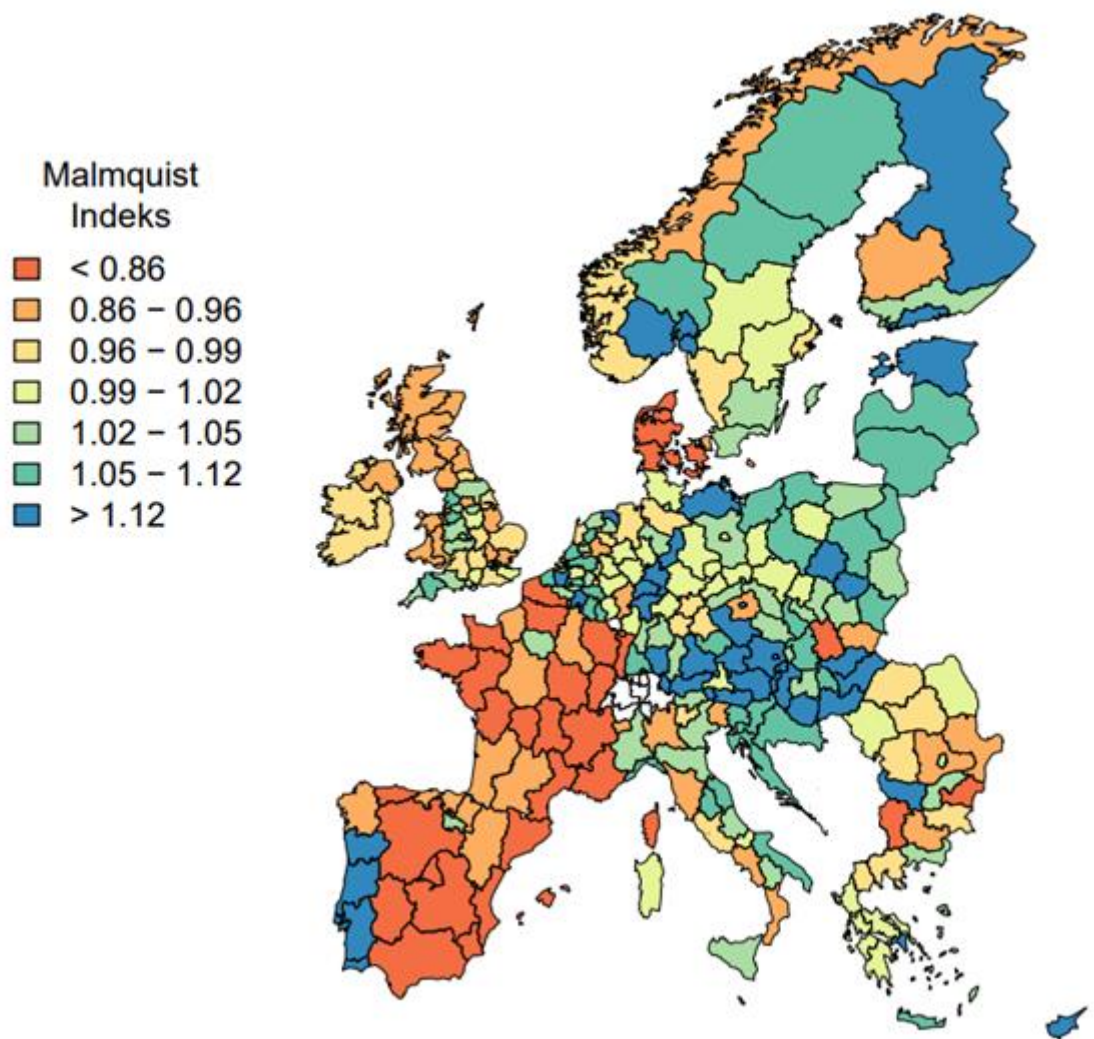
Allikas: Autori koostatud

Joonis 9 kirjeldab Malmquisti indeksi dekomponeeritud sisendite muutust ajaperioodil 2002–2014 ja väljundite muutust ajaperioodil 2004–2016. Väljundid on kasutatud patenditaotlused ja teadusartiklid, ning sisendiks teadus- ja arendustegevuse kulutused. Malmquisti indeksi harmooniline keskmine antud valimiga on 1,05, mis tähendab 5% tõusu Malmquisti indeksis. Tootlikkuse muutuse keskmine kasv on 13 protsendipunkti. Keskmine efektiivsuse muutuse koefitsient on 0,9, ehk antud ajaperioodil on efektiivsushinnangud muutunud –10%.

Võrreldes andmeraja analüüsiga ilmneb üldine vastand eelnevatele tulemustele, kus tihtipeale regioonid suurepärase tulemustega võisid Malmquisti indeksi alusel olla kahanenud väärtusega. Antud nähtus võib olla põhjustatud konvergeerumisest, kus vähem arenenud regioonid on kõrgemaid muutusi teinud samal ajaperioodil võrreldes rohkem arenenud regioonidega, kes võisid seetõttu saada kõrgemaid hinnanguid andmeraja analüüsis. Tihtipeale ei saa regioonid olla suurepärase efektiivsusega, kuid samal ajal teha ka olulisi muutusi efektiivsushinnangutes, kuid antud normile esineb ka paar erindit.

Andmete analüüsimise käigus ilmneb ka potentsiaalne seos Euroopa Liitu astujate ja T&A kulutuste tõusule, mis võis mõjutada regioonide tulemusi Malmquisti indeksi analüüsimise käigus. Antud nähtus võib olla põhjustatud Euroopa Liidu rahalistest toetustest innovatsiooni arenguks, kuid nõuab rohkem süvitsi analüüsi.

Arvestades analüüside tulemusi, ilmneb asjaolu et esineb regioone, mis arenevad aeglasemas sammus, kui teised regioonid. Hispaania ei paistnud silma positiivsete efektiivsushinnangutega, kuid väljundite ja sisendite tootmistehnoloogia ei ole paranenud, vaid halvenenud. Malmquisti indeksil näitab väärtused alla 1, et efektiivsuse muutuse koefitsiendi ja tootlikkuse muutuse koefitsiendi korrutis ei ole toonud positiivse muutuse antud ajaperioodil. Efektiivsushinnang kirjeldab regioonide efektiivsust, mis vihjab järele jõudmisele teiste võrreldavate regioonidega. Tehnoloogiline muutus on tehnoloogiline muutus, mis aitab maksimeerida väljundeid vähendamata sisendeid. Seetõttu on oluline mainida regioone või isegi riike, kus efektiivsushinnangud on madalad, kuid ei jõuta ka teistele järgi ja/või ei suudeta tõsta väljundeid ilma sisendeid muutmata. Antud regioonid nõuavad kõrgemat järelevalvet ja rangemaid meetmeid, et välja selgitada, kas tegemist on laialdasema probleemiga.



Joonis 9. Malmquist indeks muutus ajaperioodil 2002–2014
Allikas: Autori koostatud

Võib ka järeldada, et kuigi üldine efektiivsushinnang on positiivne, ilmneb paljudel regioonidel arenguruumi, kuid ei ole realistlik oodata täiuslikku tulemust igas regioonis, ning oleks ka ilmselt halb märk ennetuseks, et puudub tehnoloogiline koondumine, mis võib kahjustada loomulikku pikaajalist kasvu.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli hinnata, kui efektiivselt kasutavad Euroopa regioonid teadusesse suunatud ressursse ning uurida, kuidas on see efektiivsus ajas muutunud. Analüüsiks koguti empiirilistel analüüsidel põhinevalt sobivad sisendid ja väljundid, kus sisendiks oli teadus- ja arendustegevuse kulutused kõikides sektorites, ning väljunditeks tunnustatud ajakirjanduses väljastatud artiklite arv ja patenditaotluste arv. Arvestades regioonide erinevusi populatsioonis, võeti kõik tunnused suhtena tööjõusse. Antud suhe võimaldas objektiivsemalt hinnata andmeraja analüüsi tegeliku efektiivsustaset. Töö eripära põhines NUTS2 kategooria kasutamises efektiivsushinnangute andmisel, mis võimaldas paremini eristada Euroopas statistiliste regioonide efektiivsust teadusressursside kasutamisel, ning aitas luua üldise pildi erinevate regioonide efektiivsushinnangutest. Kõrgema täpsusega, ehk maakonniti jaotus, mida esindab NUTS3, ei olnud võimalik andmete kättesaadavuse tõttu. Efektiivsuse muutuse hindamiseks kasutati Malmquisti indeksit, kus sisenditeks ja väljunditeks olid samad näitajad, mis olid ka andmeaja piiranalüüsil. Kokku oli valimis 242 regiooni, millest 234 jäid alles peale erindite ja puudulike andmetega regioonide eemaldamist

Võrreldes NUTS2 regioonide muutust, on oluliselt tõusnud kulutused teadus- ja arendustegevusse, patenditaotluste arv ja teadusartiklite arv ajaperioodi 2002–2014. Keskmise kulutuste muutus oli 76,67%. Kõige kõrgem tõus riigiti esines Poolas, kus tõus oli 230,83%, kellele järgnes Eesti tõusuga 214,65%. Kõige rohkem vähenes kulutuste arv riigiti Horvaatias väärtusega –14,22%, kellele järgnes Soome väärtusega –1,2%. Keskmise tõus väljastatud teadusartiklite arv oli 76,67%. Kõige kõrgem tõus riigiti oli Slovakkia väärtusega 1660,34%, kellele järgnes Rumeenia väärtusega 1333,44%. Kõige väiksem tõus teadusartiklite arvus on Soome väärtusega 162,12%, kellele järgneb Saksamaa väärtusega 167,03%. Keskmise patenditaotluste muutus antud perioodil oli 88,29%. Kõige rohkem tõusis patenditaotluste arv riigiti Portugal väärtusega 560,97%, kellele järgnes Rumeenia väärtusega 464,2%. Kõige rohkem vähenes patenditaotluste arv riigiti Horvaatias väärtusega –40%, kellele järgnes Soome väärtusega –8,68%.

Üleüldine efektiivsuse kasutades andmeraja analüüsi on üldjuhul allapoole keskmise, kus 18,2% kõikidest regioonidest saavutasid kõrgema efektiivsushinnangu kui 0,5. Kõige vähem efektiivsed regioonid andmeraja analüüsis olid Sud-Muntenia (RO31) Rumeenias väärtusega 0,024, millele järgnes Mazowieckie (PL12) Poolas väärtusega 0,055; kolmandana sai Severozapaden (BG31)

Bulgaarias efektiivsushindaja väärtuseks 0,063. Sarnased madala väärtusega tulemused pärinevad samadest riikidest, mis võib vihjata kultuurilistele erinevustele teadus- ja arendustegevuse protsessis või loomulikku ebaefektiivsust. Kasutades order-m efektiivsusanalüüsi, tõuseb keskmine efektiivsushinnang 0,60 peale, mis on 87,5% kõrgem DEA aritmeetilisest keskmisest, kuid ei esine olulisi muudatusi regioonide üldistes tulemustes, mis viitab andmete korrektsusele.

Eelnevates joonistest ilmneb muster, kus üldjuhul regioonid Lõuna-Euroopas või Kagu-Euroopas tegutsevad keskmiselt madalama efektiivsusega, võrreldes põhjamaa riikidega. Arvestades Euroopa regioonide heterogeensust töökultuuri suhtes, võib teadus- ja arendustegevuse efektiivsusel oluliselt mõjutada ka järelevalve ja kontroll või loomulik konkurentsitas. Vaadates joonistelt patenditaotluste ja teadusartiklite erinevust Põhja-Euroopa ja Kagu-Euroopa suhtes ilmneb, et paljud vähemefektiivsed riigid ei pane suuremat rõhku patenditaotlustele, mis võib viidata väiksemale konkurentsi tasemele antud regioonides. Samuti võib ka erinevused olla põhjustatud infrastruktuuri arengust, kus vähem efektiivsemad riigid võivad olla mõjutatud turu moonutustest, mis vähendavad ettevõtete osalust regioonide teadus- ja arendustegevusel. Mitmed regioonid Hispaaniast, Bulgaariast, Rumeeniast ja Poolast paistavad silma madalate efektiivsushindajatega.

Malmquisti indeksi harmooniline keskmine antud valimiga on 1,05, mis tähendab 5% tõusu Malmquisti indeksis. Samal perioodil oli tootlikkuse muutuse keskmine kasv 13 protsendipunkti ja efektiivsuse muutuse koefitsient on 0,9, ehk antud ajaperioodil on efektiivsushinnangud vähenenud 10 protsendipunkti.

Antud teema vajab põhjalikumat uurimist, et välja selgitada regioonide sõltuvus teadus- ja arendustegevuse rahastuse tüübist, ning osakaalude seos regiooni keskmise teadmiste tasemega. Näiteks regioonid, mis sõltuvad rohkem subsiidiumitest kasutavad pakutud ressursse rohkem patenditaotluste või teadusartiklite loomiseks. Arvestades andmeraja analüüsi tundlikkust andmetele, tuleks ka võrrelda erinevate näitajate sobivust efektiivsushinnangu andmiseks. Paljudel näitajatel võivad esineda poolikud andmed, mis raskendavad analüüsi või võivad olla kõrgelt seotud eelnevate näitajatega, mis tõstaks ka mudelis regioonide väärtushinnangu tasemeid.

SUMMARY

EFFICIENCY OF RESEARCH & DEVELOPMENT SPENDING IN EUROPEAN REGIONS

Sten Raadel

Research and development are a vital part of sustainable and robust economic growth. It serves as an endogenous source of growth for an organization, region, or country. Therefore, it is appropriate to evaluate the efficiency at which these units operate. Often analogies for investments are brought up, as research and development also require certain inputs to create outputs. For inputs, labor stock and capital stock are often used, but total investments in R&D have also been used in previous literature. As outputs patent applications and articles published in the top 10% of academic journals are used. Previous empirical research has found various results, depending on the location, data used, and method used to evaluate the efficiency. However, the former inputs and outputs have been confirmed as viable options for measurement of R&D efficiency.

The main purpose of this research is to rate the efficiency of different regions in Europe. To achieve that goal, data envelopment analysis and the order-m method is used. This method allows for a creation of the production possibility frontier, with the data given. Since inputs can't be instantaneously converted to outputs, a time delay of two years is applied. For inputs, the analysis year is 2014 and outputs 2016. A comparison between 2002–2014 is also made using Malmquist index, which follows a similar to logic to data envelopment analysis in terms of method. In order to compensate the differences in region population, every variable is taken as a share of total active workforce. In total there were 242 regions, of which 8 were removed due to partial data or potential outliers.

The research questions were as follows:

- What is the efficiency of R&D in European regions?
- How has efficiency changed between 2002–2014?

The first part of the thesis brings out the importance of research and development, including describing the methods that have been used to analyze R&D efficiency. It also includes an

overview of previous empirical works, which helps to analyze the importance of research and development, in order to innovate, but also to be able to absorb knowledge from external sources.

The second chapter introduces data envelopment analysis, gives a slight historical overview and also gives explanation to the data used, in order to full analysis in chapter three. The third chapter includes data envelopment analysis, order-m and the Malmquist index.

The average efficiency rating via data-envelopment analysis in an output-oriented model is 0.32 and the average rating with order-m is 0.28. These averages are quite low and indicate a large potential growth in most regions. This growth can be achieved by higher administration or more efficient investment decisions. During the time period of 2002–2014 the average Malmquist index rose by 5%.

There is a significant difference in average efficiency rating using data-envelopment analysis. Regions in Northern- and Western Europe are generally more efficient than Eastern European and Southern European regions. Analyzing the results of change in time dynamic efficiency rating, the biggest reduction in efficiency are regions in France, Spain and Denmark. Biggest growth is seen by regions in Northern Europe and Central Europe. The overall Malmquist index of Eastern European regions is higher than the overall rating in Western European regions.

VIIDATUD ALLIKAD

- Altomonte, C., Gamba, S., Mancusi, M., L., Vezzuli, A. (2015). R&D investments, financing constraints, exporting and productivity. *Economics of Innovation and New Technology*, 25(3), 283–303.
- Amara, N., Rhaïem, M., Halilem, N. (2020). Assessing the research efficiency of Canadian scholars in the management field: Evidence from the DEA and fsQCA. *Journal of Business Research*, 115, 296–306.
- Audretsch, B. D., Belitski, M. (2020). The role of R&D and knowledge spillovers in innovation and productivity. *European Economic Review*, 123(1), 1003391.
- Banker, R. D., Thrall, R. M. (1992). Estimation of returns to scale using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 62(1), 74–84.
- Banker, R., Chang, H., Zheng, Z. (2017). On the use of super-efficiency procedures for making efficient units and identifying outliers. *Annals of Operations Research*, 250(1), 21–35.
- Blecich, A. A. (2020). Factors affecting relative efficiency of higher education institutions of economic orientation. *Management*, 25(1), 45–67.
- Bogetoft, P., Otto, L. (2018). Benchmarking with DEA, SFA, and R. International Series in Operations Research & Management Science
- Bol, T., Vaan, M de, Rjit, A van de. (2018). The Matthew effect in science funding. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 115(9), 4887–4890.
- Brovender, S. (1974). On the Economics of a University: Toward the Determination of Marginal Cost of Teaching Services. *Journal of Political Economy*, 82(3), 657–64.
- Brown, J. R., Petersen, B. C. (2011). Cash holdings and R&D smoothing. *Journal of Corporate Finance*, 17(3), 694–709.
- Castello, P. M. M., Ciuapagea, C., Smith, K., Tübke, A., Tubbs, M. (2010). Does Europe perform too little corporate R&D? A comparison of EU and non-EU corporate R&D performance. *Research Policy*, 39(4), 523–536.
- Chen, S. S., Chen, Y. S., Liang, W., Wang, Y. (2013). R&D Spillover Effects and Firm Performance Following R&D Increases. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 48(5), 1607–1634.
- Coad, A., Pellegrino, G., Savona, M. (2015). Barriers to innovation and firm productivity. *Economics of Innovation and New Technology*, 25(3), 1–14.
- Coad, A., Segarra, A., Teruel, M. (2016). Innovation and firm growth: Does firm age play a role? *Research Policy*, 45(2), 387–400.

- Cohen, W. M., Levinthal, D. A. (1989). Innovation and learning: two faces of R&D. *The Economic Journal*, 99(397), 569–596.
- Cook, W. D., Bala, K. (2007). Performance measurement and classification data in DEA: Input-oriented model. *Omega*, 35(1), 39–52.
- Czarnitzki, D., Hall, B. H., Hottenrott, H. (2014). Patents as quality signals? The implications for financing constraints on R&D. *Economics of Innovation and New Technology*, 25(3), 197–217.
- Daouia, A., Gijbels, I. (2011). Robustness and inference in nonparametric partial frontier modeling. *Journal of Econometrics*, 161(2), 147–165.
- Daraio, C., Simar, L. (2005). Introducing Environmental Variables in Nonparametric Frontier Models: A Probabilistic Approach. *Journal of Productivity Analysis*, 24(1), 93–121.
- Deng, Y. (2007). Private value of European Patents. *European Economic Review*, 51(7), 1785–1812.
- Dengsheng, w., Lili, Y., Ruoyun, L., Jiangping, L. (2018). Decomposing inequality in research funding by university-institute sub-group: A three-stage nested Theil index. *Journal of Infometrics*, 12(4), 1312–1326.
- Duan, S. X. (2019). Measuring university efficiency: An application of data envelopment analysis and strategic group analysis to Australian universities. *Benchmarking: An International Journal*, 26(4), 1161–1173.
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S., Shale, E. A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, 132(2), 245–259.
- Gralka, S., Wohlrabe, K., Bornmann, L. 2019. How to measure research efficiency in higher education? Research grants vs publication output. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 41(3).
- Griliches, Z. (1981). Market value, R&D, and patents. *Economic Letters*, 7(2), 183–187.
- Grossman, G. M., Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*. MIT press: Cambridge, MA.
- Guan, J., Chen, K. (2010). Modeling macro-R&D production frontier performance: an application to Chinese province-level R&D. *Scientometrics*, 82, 165–173.
- Guariglia, A., Liu, P. (2014). To what extent do financing constraints affect Chinese firms' innovation activities? *International Review of Financial Analysis*, 36, 223–240.
- Gugler, K. (2003). Corporate governance, dividend payout policy, and the interrelation between dividends, R&D, and capital investment. *Journal of Banking & Finance*, 27(7), 1297–1331.

- Hall, B. H., Castello, P. M. P., Montresor, S., Vezzani, A. (2015). Financing constraints, R&D investments and innovative performances: new empirical evidence at the firm level for Europe. *Economics of Innovation and New Technology*, 25(3), 183–196.
- Johnes, J. (2015). Operational Research in Education. *European Journal of Operational Research*, 243(3), 683–696.
- Jung, H. P., Kwangsoo, S. (2018). Efficiency of Government-Sponsored R&D Projects: A Metafrontier DEA Approach. *Sustainability*, 10(7), 2316.
- Kask, K., Veemaa, J., Puolokainen, T., Varblane, U., Vörk, A., Unt, T., Lees, K., Keerber, C. M. (2018). Ehitussektori tootlikkuse, lisandväärtuse ja majandusmõju analüüs. Kättesaadav: https://www.mkm.ee/sites/default/files/ehitussektori_tootlikkuse_lisandvaartuse_ja_majandusmoju_analuus.pdf, 28. aprill.2021
- Lee, S. M., Clayton, E. R. (1972). A Goal Programming Model for Academic Resource Allocation. *Management Science*, 18(8), 395–408.
- Lee, Y. (2020). Determinants of research productivity in Korean Universities: the role of research funding. *The Journal of Technology Transfer*.
- Lööf, H., Nabavi, P. (2016). Innovation and credit constraints: evidence from Swedish exporting firms. *Economics of Innovation and New Technology*, 25(3), 269–282.
- Mayston, D. J. (2017). Data Envelopment Analysis, endogeneity and the quality frontier for public services. *Annals of Operations Research*, 250, 185–203.
- Neicu, D., Teirlinck, P., Kelchtermans, S. (2016). Dipping in the policy mix: Do R&D subsidies foster behavioral additionality effects of R&D tax credits? *Economics of Innovation and New Technology*, 25(3), 218–239.
- Niebel, T., Rasel, F., Viete. (2018). BIG data – BIG gains? Understanding the link between big data analytics and innovation. *Economics of Innovation and New Technology*, 28, 293–316.
- Nieminen, M., Kaukonen, E. (2001). Universities and R&D networking in a knowledge-based economy: A glance at Finnish developments, SITRA. Sitran raportteja No. 11
- Noura, A. A., Lofti, F. H., Jahanshahloo, G. R., Rashidi, S. F. (2011). Super-efficiency in DEA by effectiveness of each unit in society. *Applied Mathematics Letters*, 24(5), 623–626.
- OECD, REGPAT database, January 2020.
- Pakes, A., Schankerman, M. (1984) The Rate of Obsolence of Patents, Research Gestation Lags, and the Private Rate of Return to Research Resources. *National Bureau of Economic Research*, 73–88.
- Parham, D. (2009). Empirical Analysis of the Effects of R&D on Productivity: Implications for productivity measurement? OECD Publishing: Paris.

- Rodríguez-Pose, A. Crescenzi, R. (2010). R&D, Research and Development Spillovers, Innovation Systems, and the Genesis of Regional Growth in Europe. *Regional studies*, 42(1), 51–67.
- Rodríguez-Pose, A. Crescenzi, R. (2013). R&D, Socio-Economic Conditions, and Regional Innovation in the U.S. *Growth and Change*, 44 (2), 287–320.
- Salimi, N., Rezaei, J. (2018). Evaluating firms' R&D performance using best worst method. *Evaluation and Program Planning*, 66, 147–155.
- Sandström, U., Besselaar, P, Van den. (2018) Funding, evaluation, and the performance of national research systems. *Journal of Infometrics*, 12, 365–384.
- Sasidharan, S., Lukose, P, J, J., Komera, S. (2015). Financing constraints and investments in R&D: Evidence from Indian manufacturing firms. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 55, 28–39.
- Tsuji, M., Ueki, Y., Shigeno, H., Idota, H., Bunno, T. (2018). R&D and non-R&D in the innovation process among firms in ASEAN countries: based on firm-level survey data. *European Journal of Management and Business Economics*, 27(2), 198–214.
- Verry, D, W., Layard, P, R, G. (1975). Cost Functions for University Teaching and Research. *Economic Journal, Royal Economic Society*, 85(337), 55–74.
- Waddock, S, A., Graves, S, B. (1994). Industry performance and investment in R&D and capital goods. *The Journal of High Technology Management Research*, 5(1), 1–17.
- Wang, C, E., Huang, W. (2007). Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach. *Research Policy*, 36, 260–273.
- Wolszczak-Derlacz, J. (2017). An evaluation and explanation of (in)efficiency in higher education institutions in Europe and the U.S with the application of two-stage semi-parametric DEA. *Research Policy*, 46(9), 1595–1605.
- Xiong, X., Yang, G., Guan, Z. (2018). Assessing R&D efficiency using a two-stage dynamic DEA model: A case study of research institutes in the Chinese Academy of Sciences. *Journal of Infometrics*, 12(3), 784–805.
- Yang, C, H., Chen, Y, H. (2012). R&D, productivity and exports: Plant-level evidence from Indonesia. *Economic Modelling*, 29(2), 208–216.
- You, Z, Q., Han, X, P., Hadzibeganovic, T. (2016). The role of research efficiency in the evolution of scientific productivity and impact: An agent-based model. *Physics Letters A*, 380(7).
- Yu, J., Fu, J. (2021). Credit rationing, innovation and productivity: Evidence from small-and medium-sized enterprises in China. *Economic Modelling*, 97, 220–30.

Zoltan, J, A., Anselin, L., Varga, A. (2002). Patents and Innovation Counts as Measures of Regional Production of New Knowledge. *Research Policy*, 31(7), 1069–1085.

LISAD

Lisa 1. Lihtlitsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Sten Raadel

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Teadus-ja arendustegevustele tehtud kulutuste efektiivsus Euroopa regioonides,

mille juhendaja on Heili Hein

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

_____ (kuupäev)

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.